NRI-ER-663-PCOPN32-99-L

پژوهشگاه نیرو

طراحی خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

مدیر پروژه: فرزانه مرتضوی

مجری پروژه: شیدا سیدفرشی

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

بسم الله الرحمن الرحيم

طراحی خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

مدیر پروژه: فرزانه مرتضوی

همکاران پروژه: فرزانه مرتضوی، آروین قطبو، الهه حبیبی، مهرنوش عابدی، یحیی سلیمی خلیق، محسن ظهیر، فائزه قلی‌پور

مجری: شیدا سیدفرشی

انتشارات پژوهشگاه نیرو

۱۳۹۹

کد گزارش: NRI-ER-663-PCOPN32-99-L

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

ایران. وزارت نیرو. پژوهشگاه نیرو. گروه پژوهشی فناوری اطلاعات و ارتباطات

طراحی خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا/ فرزانه مرتضوی. کارفرما: پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۹.

۵۲۵ ص.: مصور، نمودار، جدول

۱. مرتضوی، فرزانه، همکار پروژه. ۲. قطبو، آروین، همکار پروژه. ۳. حبیبی، الهه، همکار پروژه. ۴. عابدی، مهرنوش، همکار پروژه. ۵. سلیمی خلیق، یحیی، همکار پروژه. ۶. ظهیر، محسن، همکار پروژه. ۷. قلی‌پور، فائزه، همکار پروژه. ۲. سیدفرشی، شیدا، مجری.

انتشارات پژوهشگاه نیرو

گروه پژوهشی فناوری اطلاعات و ارتباطات

کلیه حقوق قانونی این اثر متعلق به پژوهشگاه نیرو است.

نشانی: تهران،شهرک‌غرب،انتهای‌بلوارشهیددادمان،پژوهشگاه‌نیرو، کدپستی: ۱۴۶۸۶۱۳۱۱۳

تلفن: ۹-۸۸۰۷۹۴۰۱

نمابر: ۸۸۰۷۸۲۹۶

وبگاه: www.nri.ac.ir

پست الکترونیک انتشارات: publications@nri.ac.ir

فرم تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب فرزانه مرتضوی متع‌هد می‌شوم که مطالب مندرج در این گزارش حاصل کار پژوهشی اینجانب و همکاران به شرح زیر است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مآخذ ذکر گردیده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به پژوهشگاه نیرو است.

همکاران :

۱. آروین قطبو

۲. الهه حبیبی

۳. مهرنوش عابدی

۴. یحیی سلیمی خلیق

۵. محسن ظهیر

۶. فائزه قلی‌پور

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

پیشگفتار

در اینترنت اشیاء، شبکه‌ای از اشیا به منظور تبادل داده و کنترل، به یک چارچوب ارتباطی مشترک متصل هستند. اشیاء موجود در این شبکه به حسگرها، عملگرها و فناوری‌های ارتباطی و محاسباتی مجهز هستند و می‌توانند اطلاعاتی شامل وضعیت و شرایط محیط را دریافت کرده و برای یکدیگر ارسال کنند. به این ترتیب با استفاده از اینترنت اشیا داده‌های جامع و دقیق‌تری از تجهیزات و محیط کسب می‌شود که با کمک اطلاعات حاصل از آن‌ها می‌توان تصمیم‌گیری‌های بهینه برای مدیریت سیستم‌ها انجام داد.

یکی از کاربردهای اینترنت اشیا در پیاده‌سازی خانه‌های هوشمند است. خانه هوشمند یک محیط زندگی هوشمند برای زندگی روزمره فراهم می‌کند. در خانه هوشمند حسگرها، عملگرها، تجهیزات و لوازم خانگی هوشمند می‌توانند از طریق یک شبکه ارتباطی به اینترنت متصل شوند و به این ترتیب از راه دور مورد نظارت و کنترل قرار گیرند. همچنین با تحلیل هوشمندانه داده‌های خانه و ساکنان آن، خدمات هوشمندانه‌ای توسط خانه به ساکنان‌اش ارائه می‌شود که می‌تواند در افزایش کیفیت زندگی، راحتی، ایمنی، امنیت و صرفه‌جویی در مصرف انرژی مؤثر باشد.

گزارش حاضر مربوط به پروژه «طراحی خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا» بوده و به توصیف خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در قالب هفت بخش و بیست و سه فصل می‌پردازد. بخش اول به بررسی پیشینه کارهای انجام‌شده در حوزه خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا اختصاص یافته است. به این منظور فصل اول این گزارش شامل بررسی مفهوم خانه هوشمند، تعیین مزایا و چالش‌های خانه هوشمند است و فصل دوم گزارش به بررسی محصولات تجاری خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا و پیشنهادات شرکت‌های تجاری بزرگ در این زمینه می‌پردازد.
بخش دوم این گزارش به بررسی روش‌های تعامل با کاربر و همچنین استخراج نیازمندی‌های خانه هوشمند می‌پردازد. این بخش شامل فصل‌های ۳ تا ۷ است. در فصل سوم سکوها و چارچوب‌های توسعه وب مورد بررسی قرار گرفته‌اند. ابزارهای توسعه وب نیز در فصل چهارم مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. در فصل پنجم گزارش سکوهای توسعه برنامه کاربردی موبایل مورد بررسی قرار گرفته و ابزارهای توسعه برنامه کاربردی موبایل در فصل ششم ارائه شده‌اند. فصل هفتم به بررسی نمونه‌هایی از برنامه‌های کاربردی خانه هوشمند می‌پردازد.

در بخش سوم گزارش سکوی ابری خانه هوشمند بررسی می‌شود. این بخش شامل فصل‌های ۸ تا ۱۱ است. فصل هشتم به بررسی نقش و وظایف ابر در کاربردهای اینترنت اشیا تخصیص یافته است. نقش و وظایف ابر در خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در فصل نهم مورد مطالعه قرار گرفته است. در فصل دهم گزارش، تعدادی از شرکت‌های داخلی و خارجی ارائه‌دهنده خدمات ابری معرفی شده و سرویس‌های ارائه‌شده توسط آنها بررسی شده است. در فصل یازدهم سرویس‌های ابری مورد نیاز خانه هوشمند استخراج شده و مواردی از آنها که توسط ارائه‌دهندگان سرویس‌های ابری داخلی قابل فراهم‌سازی است، مشخص شده است. به منظور تأمین سایر سرویس‌ها لازم است ابر سازمانی تشکیل داده شود.

بخش چهارم گزارش نحوه جمع‌آوری داده و کنترل اشیا در خانه هوشمند را مورد مطالعه قرار می‌دهد. این بخش شامل فصل‌های ۱۲ تا ۱۶ است. در فصل دوازدهم به بررسی چند خانواده از بوردهای اینترنت اشیا شامل بوردهای رزبری‌پای، آردوینو و nRF پرداخته شده است. در فصل سیزدهم حسگرها و عملگرهای مورد نیاز در خانه هوشمند به تفکیک زیرسیستم‌های خانه ارائه شده است. فصل چهاردهم به بررسی دروازه خانه هوشمند و وظایف آن می‌پردازد. فناوری‌های بی‌سیم مطرح در اینترنت اشیا و قابلیت استفاده از آنها در خانه هوشمند در فصل پانزدهم مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. فصل شانزدهم به معرفی پروتکل‌های لایه کاربرد اینترنت اشیا و ویژگی‌های آنها پرداخته و موارد کاربرد هر پروتکل در خانه هوشمند مشخص شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

بخش پنجم این گزارش در قالب فصل‌های ۱۷ تا ۱۹ به طراحی معماری خانه هوشمند و ساخت یک نمونه MVP می‌پردازد. فصل هفدهم به شرح Prototype وب خانه هوشمند می‌پردازد. Prototype برنامه موبایل خانه هوشمند در فصل هجدهم معرفی شده است. در فصل نوزدهم MVP ایجاد شده برای کنترل LED از طریق برنامه موبایل و برنامه وب شرح داده شده است.

بخش ششم گزارش به تحلیل اقتصادی خانه هوشمند تخصیص یافته است. این بخش شامل فصل‌های ۲۰ تا ۲۲ می‌باشد. فصل بیستم شامل بررسی مقالات و پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه تحلیل اقتصادی خانه هوشمند با هدف آشنایی با روند انجام تحلیل اقتصادی است و فصل بیست و یکم گزارش به بررسی مفاهیم تحلیل اقتصادی و سپس جمع‌آوری اطلاعاتی در زمینه هزینه‌ها و درآمدهای خانه هوشمند و امکان‌سنجی انجام تحلیل با اطلاعات موجود می‌پردازد. در فصل بیست و دوم گزارش نقاط قوت و ضعف، فرصت‌ها و ریسک‌های اقتصادی خانه هوشمند بررسی می‌شود.

بخش هفتم گزارش شامل فصل ۲۳ بوده و به بررسی پیشنهادهایی برای پروژه‌های آتی در زمینه خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا اختصاص یافته است.

این گزارش با همکاری افراد زیر تهیه شده است:

- مهندس فرزانه مرتضوی– مدیر پروژه
- مهندس آروین قطبو– همکار پروژه
- مهندس الهه حبیبی– همکار پروژه
- مهندس مهرنوش عابدی– همکار پروژه
- مهندس یحیی سلیمی خلیق– همکار پروژه
- دکتر محسن ظهیر– همکار پروژه
- مهندس فائزه قلی‌پور– همکار پروژه

خانم مهندس شیدا سیدفرشی مجری پروژه و آقای مهندس بهزاد دایمی نظارت پروژه را بر عهده داشته‌اند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیشگفتار.....أ
مقدمه ۱
بخش اول – معرفی خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا.....۳
فصل اول– تعریف خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء و مزایا و چالش‌های آن.....۴
۱–۱ مقدمه.....۵
۱–۲ تعریف خانه هوشمند.....۵
۱–۳ مزایای خانه هوشمند.....۶
۱–۴ چالش‌های خانه هوشمند.....۷
۱–۴–۱ چالش‌های امنیت و حریم خصوصی.....۷
۱–۴–۲ چالش‌های مرتبط با مدیریت داده.....۹
۱–۴–۳ چالش‌های ارتباطی.....۱۱
۱–۴–۴ همکارپذیری.....۱۲
۱–۴–۵ قابلیت اطمینان.....۱۲
۱–۴–۶ قابلیت استفاده.....۱۳
۱–۴–۷ هوشمندسازی خانه‌های موجود یا از ابتدا ساختن خانه هوشمند.....۱۳
فصل دوم– بررسی چند نمونه محصولات خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء و ویژگی‌های آن‌ها.....۱۴
۲–۱ مقدمه.....۱۵
۲–۲ شرکت Nest.....۱۸
۲–۲–۱ ترموستات‌ها.....۱۸
۲–۲–۱–۱ حسگر دمایی Nest.....۱۹
۲–۲–۲ دوربین‌ها.....۲۰
۲–۲–۳ زنگ درب تصویری.....۲۱
۲–۲–۴ سیستم‌های هشدار و امنیتی.....۲۲
۲–۲–۴–۱ Nest Guard.....۲۲
۲–۲–۴–۲ Nest Detect.....۲۳
۲–۲–۴–۳ Nest Tag.....۲۴
۲–۲–۵ Nest Connect.....۲۴
۲–۲–۶ قفل‌های درب.....۲۵

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲-۲-۷ حسگر گاز و دود ۲۶
۲-۲-۸ خدمات ابری Nest ۲۷
۲-۲-۹ واسط‌های برنامه‌نویسی Nest ۲۷
۲-۲-۹-۱ Nest Home Simulator ۲۸
۲-۲-۱۰ Nest App ۲۸
۲-۳ شرکت Google ۳۰
۲-۳-۱ هاب خانگی Google ۳۰
۲-۳-۲ Google Home ۳۲
۲-۳-۳ Google Home Mini ۳۲
۲-۳-۴ Google Home Max ۳۳
۲-۳-۵ Google Wi-Fi ۳۴
۲-۴ شرکت Amazon ۳۵
۲-۴-۱ سیستم‌عامل همگام‌شده با خدمات ابری Amazon برای ابزارهای خانه هوشمند ۳۵
۲-۴-۲ خدمات حفظ امنیت ابزارهای خانه هوشمند ۳۶
۲-۴-۳ AWS IoT Greengrass core ۳۶
۲-۴-۳-۱ ارائه خدمات ارتباطات به صورت محلی ۳۶
۲-۴-۳-۲ ارائه خدمات ارتباطات به صورت آفلاین ۳۶
۲-۴-۳-۳ واسط یادگیری ماشین ۳۶
۲-۴-۳-۴ بروزرسانی از راه دور ۳۷
۲-۴-۴ AWS IoT Core ۳۷
۲-۴-۴-۱ ارتباطات مطمئن و پایدار ۳۷
۲-۴-۴-۲ قابلیت پاسخگویی به موقع ۳۷
۲-۴-۴-۳ مدیریت دستگاه‌ها ۳۷
۲-۴-۴-۴ تشخیص ناهنجاری‌ها ۳۷
۲-۴-۵ ماکروفر Amazon ۳۸
۲-۴-۶ ساعت Amazon ۳۸
۲-۵ Rachio ۳۹
۲-۵-۱ کنترل‌کننده آبیاری Rachio 3 ..... ۳۹
۲-۵-۲ اندازه‌گیر هوشمند آب Rachio ۴۰

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲-۵-۳ برنامه Rachio برای کنترل ابزارها ۴۱
۲-۶ شیائومی ۴۳
۲-۶-۱ لامپ کنار تخت‌خوابی هوشمند ۴۳
۲-۶-۲ لامپ هوشمند شیائومی ۴۳
۲-۶-۳ لامپ رومیزی شیائومی ۴۴
۲-۶-۴ پریز هوشمند شیائومی ۴۵
۲-۶-۵ دوربین امنیتی خانه شیائومی ۴۶
۲-۶-۶ جارو هوشمند شیائومی ۴۶
۲-۷ TP-Link ۴۷
۲-۷-۱ پریز هوشمند ۴۷
۲-۷-۲ لامپ هوشمند ۴۸
۲-۷-۳ دوربین خانگی ۴۹
۲-۸ Wink ۵۰
۲-۸-۱ Wink Hub ۵۰
۲-۸-۲ پرده موتوری Bali ۵۱
۲-۸-۳ پنکه سقفی Gardinier ۵۱
۲-۸-۴ آبگرمکن Rheem ۵۲
۲-۸-۵ کلید هوشمند Leviton ۵۲
۲-۹ آسانه ۵۳
۲-۹-۱ ابزار قطع و وصل پریز برق ۵۳
۲-۹-۲ پنل لمسی ۵۴
۲-۹-۳ پنل کولر ۵۴
۲-۹-۴ کنترل‌کننده مرکزی ۵۵
۲-۹-۵ بلاستر مادون قرمز ۵۶
۲-۹-۶ ماژول درب بازکن و پرده برقی ۵۶
۲-۹-۶-۱ گجت آبیاری ۵۶
۲-۱۰ فرینه فناور ۵۷
۲-۱۰-۱ درگاه خانه و ساختمان ۵۷
۲-۱۰-۲ کنترل‌کننده اتاق ۵۸

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۳-۱۰-۲ رله بی‌سیم ۵۹
۲-۱۱ IFTTT ۵۹
۲-۱۲ Sense ۵۹
فصل سوم- بررسی روش‌های تعامل خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا با کاربر ۶۲
سکوها و چارچوب‌های توسعه وب ۶۴
۳-۱ مقدمه ۶۵
۳-۲ سکوها (پلتفرم‌ها)/ زبان‌های برنامه‌نویسی وب ۶۵
۳-۲-۱ زبان PHP ۶۵
۳-۲-۲ زبان JavaScript ۶۶
۳-۲-۳ زبان Python ۶۷
۳-۲-۴ زبان Ruby ۶۸
۳-۲-۵ زبان Java ۶۸
۳-۲-۶ زبان C# ۶۹
۳-۲-۷ زبان Golang ۷۰
۳-۲-۸ سایر زبان‌ها ۷۰
۳-۲-۹ مقایسه زبان‌ها ۷۱
۳-۳ چارچوب‌ها ۷۴
۳-۳-۱ چارچوب‌های Front-end ۷۶
۳-۳-۱-۱ چارچوب AngularJS ۷۶
۳-۳-۱-۲ چارچوب Twitter Bootstrap ۷۸
۳-۳-۱-۳ چارچوب Foundation ۷۹
۳-۳-۱-۴ چارچوب Semantic UI ۸۱
۳-۳-۲ چارچوب‌های Back-end ۸۲
۳-۳-۲-۱ چارچوب‌های زبان PHP ۸۲
۳-۳-۲-۲ چارچوب‌های JavaScript و Node.JS ۸۵
۳-۳-۲-۳ چارچوب‌های زبان Ruby ۸۷
۳-۳-۲-۴ چارچوب‌های زبان Java ۸۸
۳-۳-۲-۵ چارچوب‌های زبان Python ۹۰
۳-۳-۲-۶ چارچوب‌های زبان Golang ۹۱

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۷-۲-۳-۳ چارچوب‌های مناسب برای برای چند زبان مختلف ۹۳
فصل چهارم- ابزارهای توسعه برنامه وب و امکانات آنها ۹۵
۴-۱ مقدمه ۹۶
۴-۲ ویرایش‌گر و محیط‌های یکپارچه توسعه وب ۹۶
۴-۲-۱ Visual Studio Code ۹۶
۴-۲-۲ Atom ۹۷
۴-۲-۳ Notepad ++ ۹۸
۴-۲-۴ Visual Studio ۹۹
۴-۲-۵ Eclipse ۹۹
۴-۲-۶ NetBeans ۹۹
۴-۲-۷ Brackets ۱۰۰
۴-۲-۸ Jetbrains PHPStorm ۱۰۰
۴-۲-۹ JetBrains PyCharm ۱۰۱
۴-۲-۱۰ انتخاب ویرایش‌گر مناسب [116] ۱۰۱
۴-۳ سیستم مدیریت محتوا ۱۰۱
۴-۳-۱ WordPress ۱۰۲
۴-۳-۲ Joomla ۱۰۳
۴-۳-۳ Drupal ۱۰۴
۴-۴ خدمت‌دهنده‌های وب ۱۰۴
۴-۵ خدمت‌دهنده‌های Git ۱۰۷
فصل پنجم- سکوهای توسعه نرم‌افزار موبایل ۱۰۹
۵-۱ مقدمه ۱۱۰
۵-۲ سکوهای توسعه برنامه کاربردی موبایل ۱۱۰
۵-۳ سیستم‌عامل Android ۱۱۲
۵-۳-۱ ساختار سیستم‌عامل Android ۱۱۳
۵-۳-۲ زبان‌های رسمی توسعه برنامه‌های کاربردی Android ۱۱۵
۵-۴ سیستم‌عامل iOS ۱۱۵
۵-۴-۱ ساختار سیستم‌عامل iOS ۱۱۵
۵-۴-۲ زبان‌های رسمی توسعه برنامه‌های کاربردی iOS ۱۱۷

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل ششم- ابزارهای توسعه برنامه کاربردی موبایل و امکانات آنها ۱۱۸
۶-۱ مقدمه ۱۱۹
۶-۲ محیط‌های توسعه بومی ۱۱۹
۶-۲-۱ محیط برنامه‌نویسی Android Studio ۱۱۹
۶-۲-۲ محیط برنامه‌نویسی Eclipse ۱۲۰
۶-۲-۳ محیط برنامه‌نویسی XCode ۱۲۰
۶-۳ محیط‌های توسعه چندسکویی ۱۲۰
۶-۳-۱ محیط برنامه‌نویسی Xamarin ۱۲۱
۶-۳-۲ محیط برنامه‌نویسی React Native ۱۲۱
۶-۳-۳ محیط برنامه‌نویسی Flutter ۱۲۱
۶-۴ محیط‌های توسعه هیبریدی ۱۲۲
۶-۴-۱ محیط‌های برنامه‌نویسی Apache Cordova و Adobe PhoneGap ۱۲۲
۶-۴-۱-۱ محیط برنامه‌نویسی Apache Cordova ۱۲۲
۶-۴-۱-۲ محیط برنامه‌نویسی Adobe PhoneGap ۱۲۳
۶-۴-۲ محیط برنامه‌نویسی Ionic ۱۲۴
۶-۵ مقایسه محیط‌های توسعه برنامه کاربردی موبایل ۱۲۵
۶-۵-۱ مقایسه رویکردهای توسعه بومی، چندسکویی و هیبریدی ۱۲۵
۶-۵-۲ مقایسه ابزارهای توسعه برنامه کاربردی موبایل ۱۲۷
فصل هفتم- نمونه برنامه‌های کاربردی خانه هوشمند ۱۲۹
۷-۱ مقدمه ۱۳۰
۷-۲ Nest App ۱۳۰
۷-۳ Samsung Smartthings ۱۳۲
۷-۴ Stringify ۱۳۶
۷-۵ Google Home ۱۳۸
۷-۶ Vivint ۱۴۱
۷-۷ Wink ۱۴۲
۷-۸ Xfinity ۱۴۳
۷-۹ Apple Home App ۱۴۴
بخش سوم- سکوی ابری خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا ۱۴۶

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل هشتم- نقش و وظایف ابر در کاربردهای اینترنت اشیا..... ۱۴۷
۸-۱ مقدمه..... ۱۴۸
۸-۲ تعریف رایانش ابری..... ۱۴۸
۸-۲-۱ تاریخچه رایانش ابری..... ۱۴۹
۸-۲-۲ لایه‌ها در رایانش ابری..... ۱۵۰
۸-۲-۳ انواع ابر..... ۱۵۲
۸-۲-۴ مزایای رایانش ابری..... ۱۵۳
۸-۲-۵ چالش‌های رایانش ابری..... ۱۵۳
۸-۳ نقش و وظایف ابر در کاربردهای اینترنت اشیا..... ۱۵۴
۸-۳-۱ ادغام رایانش ابری و اینترنت اشیا..... ۱۵۵
۸-۳-۲ کاربردهای ادغام رایانش ابری و اینترنت اشیا..... ۱۵۷
فصل نهم- نقش و وظایف ابر در خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا..... ۱۶۰
۹-۱ مقدمه..... ۱۶۱
۹-۲ ویژگی‌های خانه هوشمند مبتنی بر رایانش ابری..... ۱۶۱
۹-۳ بررسی تأثیر ابر بر الزامات خانه هوشمند..... ۱۶۳
فصل دهم- انواع محیط‌های ابری و ویژگی‌های آنها..... ۱۶۸
۱۰-۱ مقدمه..... ۱۶۹
۱۰-۲ ابر آمازون (AWS)..... ۱۶۹
۱۰-۲-۱ سرویس‌های ارائه شده توسط AWS..... ۱۶۹
۱۰-۲-۲ سرویس‌های اینترنت اشیاء آمازون..... ۱۷۲
۱۰-۲-۲-۱ Amazon FreeRTOS ۱۷۲
۱۰-۲-۲-۲ AWS IoT Greengrass..... ۱۷۳
۱۰-۲-۲-۳ سرویس AWS IoT Core..... ۱۷۴
۱۰-۲-۲-۴ سرویس AWS IoT Device Defender..... ۱۷۵
۱۰-۲-۲-۵ سرویس AWS IoT Device Management..... ۱۷۶
۱۰-۲-۲-۶ سرویس AWS IoT Things Graph..... ۱۷۷
۱۰-۲-۲-۷ سرویس AWS IoT 1-Click..... ۱۷۷
۱۰-۲-۲-۸ سرویس AWS IoT Analysis..... ۱۷۸
۱۰-۲-۲-۹ سرویس AWS IoT Events..... ۱۷۸

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۰-۲-۲-۱۰ سرویس AWS IoT SiteWise ۱۷۹
۱۰-۲-۳ هزینه و نحوه استفاده از سرویس‌ها ۱۸۰
۱۰-۳ ابر مایکروسافت (Azure) ۱۸۰
۱۰-۳-۱ سرویس‌های ارائه‌شده توسط Azure ۱۸۱
۱۰-۳-۲ سرویس‌های اینترنت اشیاء Azure ۱۸۱
۱۰-۳-۲-۱ سرویس Azure IoT Edge ۱۸۴
۱۰-۳-۲-۲ سرویس Azure IoT Hub ۱۸۶
۱۰-۳-۲-۳ سرویس IoT Hub DPS ۱۸۶
۱۰-۳-۲-۴ سرویس Azure Stream Analytics ۱۸۸
۱۰-۳-۲-۵ سرویس Azure Functions ۱۸۹
۱۰-۳-۲-۶ سرویس Azure Cosmos DB ۱۹۰
۱۰-۳-۲-۷ سرویس Azure Blob Storage ۱۹۱
۱۰-۳-۲-۸ سرویس یادگیری ماشین ۱۹۱
۱۰-۳-۲-۹ سرویس Azure Logic Apps ۱۹۱
۱۰-۳-۲-۱۰ سرویس Azure Active Directory ۱۹۲
۱۰-۳-۳ هزینه و نحوه استفاده از سرویس‌های Azure ۱۹۳
۱۰-۴ ابر گوگل (GCP) ۱۹۳
۱۰-۴-۱ سرویس‌های ارائه‌شده توسط ابر گوگل ۱۹۴
۱۰-۴-۲ سرویس‌های اینترنت اشیاء گوگل ۱۹۶
۱۰-۴-۳ هزینه و نحوه استفاده از سرویس‌های ابری گوگل ۱۹۹
۱۰-۵ ابر آروان ۱۹۹
۱۰-۵-۱ سرویس‌های ارائه شده توسط ابر آروان ۲۰۰
۱۰-۵-۱-۱ زیرساخت ابری ۲۰۰
۱۰-۵-۱-۲ فضای ابری ۲۰۱
۱۰-۵-۱-۳ سکوی ابری ۲۰۱
۱۰-۵-۱-۴ DNS ابری ۲۰۱
۱۰-۵-۱-۵ امنیت ابری ۲۰۱
۱۰-۵-۱-۶ شبکه توزیع محتوا (CDN) ۲۰۳
۱۰-۵-۱-۷ سکوی ویدئو و پخش زنده ۲۰۳

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۸-۱-۵-۱۰ تبلیغات ویدئو..... ۲۰۴
۲-۵-۱۰ سرویس‌های اینترنت اشیا..... ۲۰۴
۳-۵-۱۰ هزینه و نحوه استفاده از سرویس‌ها..... ۲۰۴
۴-۵-۱۰ مشتریان..... ۲۰۵
۶-۱۰ ابر بکتوری..... ۲۰۶
۱-۶-۱۰ سرویس‌های ارائه شده توسط بکتوری..... ۲۰۶
۱-۱-۶-۱۰ سرویس مدیریت کاربران بکتوری..... ۲۰۶
۲-۱-۶-۱۰ سرویس پایگاه داده بکتوری..... ۲۰۷
۳-۱-۶-۱۰ سرویس مرکز بازی بکتوری..... ۲۰۷
۴-۱-۶-۱۰ سرویس رایانش بکتوری..... ۲۰۸
۵-۱-۶-۱۰ سرویس بی‌درنگ بکتوری..... ۲۰۸
۶-۱-۶-۱۰ سرویس فایل بکتوری..... ۲۰۹
۷-۱-۶-۱۰ سرویس درون‌پرداخت امن..... ۲۰۹
۸-۱-۶-۱۰ سرویس شبکه توزیع محتوا (CDN)..... ۲۱۰
۹-۱-۶-۱۰ سرویس‌های ویدئویی بکتوری..... ۲۱۰
۲-۶-۱۰ سرویس‌های اینترنت اشیا..... ۲۱۰
۳-۶-۱۰ هزینه و نحوه استفاده از سرویس‌ها..... ۲۱۱
۴-۶-۱۰ مشتریان..... ۲۱۱
۷-۱۰ ابر زس (Xaas)..... ۲۱۲
۱-۷-۱۰ سرویس‌های ارائه شده توسط زس..... ۲۱۳
۱-۱-۷-۱۰ مرکز داده ابری..... ۲۱۳
۲-۱-۷-۱۰ سرور ابری..... ۲۱۳
۳-۱-۷-۱۰ سکوی ابری..... ۲۱۳
۴-۱-۷-۱۰ درایو ابری..... ۲۱۳
۵-۱-۷-۱۰ گرافیک ابری..... ۲۱۴
۶-۱-۷-۱۰ کلان‌داده ابری..... ۲۱۴
۲-۷-۱۰ سرویس‌های اینترنت اشیا..... ۲۱۴
۳-۷-۱۰ هزینه و نحوه استفاده از سرویس‌ها..... ۲۱۴
۴-۷-۱۰ مشتریان..... ۲۱۷

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل یازدهم- انتخاب محیط ابری مناسب برای خانه هوشمند ۲۱۹
۱-۱۱ مقدمه ۲۲۰
۲-۱۱ سرویس‌های ابری مورد نیاز در خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا ۲۲۰
۳-۱۱ انتخاب محیط ابری مناسب برای خانه هوشمند ۲۲۱
بخش چهارم- نحوه جمع‌آوری داده و کنترل اشیا در خانه هوشمند ۲۲۳
فصل دوازدهم- بررسی نمونه‌هایی از بوردهای اینترنت اشیا ۲۲۴
۱-۱۲ مقدمه ۲۲۵
۲-۱۲ بوردهای خانواده رزبری‌پای ۲۲۵
۱-۲-۱۲ ساختار و معماری بورد ۲۲۷
۲-۲-۱۲ میزان سازگاری بورد رزبری‌پای با سایر بوردها و حسگرها ۲۲۹
۳-۲-۱۲ زبان برنامه‌نویسی و نحوه برنامه‌نویسی بورد ۲۲۹
۱-۳-۲-۱۲ زبان برنامه نویسی Python ۲۳۰
۲-۳-۲-۱۲ زبان برنامه‌نویسی Scratch ۲۳۱
۴-۲-۱۲ پشتیبانی از سیستم‌عامل‌ها ۲۳۱
۵-۲-۱۲ بررسی دسترسی به بورد رزبری‌پای در ایران و هزینه آن ۲۳۲
۳-۱۲ بوردهای خانواده آردوینو ۲۳۵
۱-۳-۱۲ ساختار و معماری بورد آردوینو ۲۳۸
۲-۳-۱۲ میزان سازگاری بورد آردوینو با سایر بوردها و حسگرها ۲۴۰
۳-۳-۱۲ زبان برنامه‌نویسی و نحوه برنامه‌نویسی بورد آردوینو ۲۴۰
۱-۳-۳-۱۲ Arduino IoT Cloud ۲۴۱
۴-۳-۱۲ بررسی دسترسی به بورد آردوینو در ایران و هزینه آن ۲۴۱
۴-۱۲ بوردهای خانواده nRF ۲۴۴
۱-۴-۱۲ ساختار و ویژگی‌های بوردهای nRF ۲۴۴
۱-۱-۴-۱۲ کیت‌های توسعه ارتباطات بی‌سیم کوتاه-برد ۲۴۵
۲-۱-۴-۱۲ کیت‌های توسعه سلولی اینترنت اشیا ۲۴۷
۳-۱-۴-۱۲ ماژول‌های شرکت‌های ثالث بر مبنای چیپ‌های Nordic ۲۴۸
۲-۴-۱۲ میزان سازگاری بوردهای خانواده nRF با سایر بوردها و حسگرها ۲۵۰
۳-۴-۱۲ زبان برنامه‌نویسی و نحوه برنامه‌نویسی بورد ۲۵۱
۴-۴-۱۲ بررسی دسترسی به بوردهای خانواده nRF در ایران و هزینه آن ۲۵۲

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل سیزدهم- انواع حسگرها و عملگرهای خانه هوشمند ۲۵۳
۱-۱۳ مقدمه ۲۵۴
۲-۱۳ سیستم امنیت خانه هوشمند ۲۵۴
۱-۲-۱۳ آژیر ۲۵۴
۲-۲-۱۳ دوربین و زنگ درب تصویری ۲۵۵
۳-۲-۱۳ سیستم تشخیص باز و بسته شدن درب و پنجره ۲۵۷
۴-۲-۱۳ قفل درب هوشمند ۲۵۸
۵-۲-۱۳ درب بازکن پارکینگ ۲۵۹
۳-۱۳ سیستم ایمنی خانه هوشمند ۲۶۰
۱-۳-۱۳ حسگر دود و گاز و آتش ۲۶۰
۲-۳-۱۳ حسگر نشت آب ۲۶۱
۴-۱۳ پریز/کلید/دیمر/رله هوشمند ۲۶۲
۵-۱۳ بلاستر مادون قرمز ۲۶۳
۶-۱۳ سیستم روشنایی خانه هوشمند ۲۶۴
۱-۶-۱۳ حسگرهای نوری ۲۶۴
۲-۶-۱۳ حسگرهای حرکتی (تشخیص حضور) ۲۶۴
۳-۶-۱۳ لامپ‌های قابل تنظیم از طریق شبکه ۲۶۶
۴-۶-۱۳ سیستم کنترل هوشمند پرده ۲۶۷
۵-۶-۱۳ سیستم‌های Daylighting ۲۶۸
۷-۱۳ سیستم تهویه و کیفیت هوای خانه هوشمند ۲۷۱
۱-۷-۱۳ حسگرهای دما، رطوبت و ترموستات ۲۷۱
۲-۷-۱۳ سیستم تهویه مطبوع خانه ۲۷۲
۳-۷-۱۳ سیستم تصفیه هوا ۲۷۳
۸-۱۳ سیستم مراقب از گیاهان خانه هوشمند ۲۷۳
۱-۸-۱۳ حسگر رطوبت خاک ۲۷۳
۲-۸-۱۳ شیر برقی ۲۷۴
۹-۱۳ سیستم مراقبت از سلامت در خانه هوشمند ۲۷۵
۱۰-۱۳ سیستم‌های اندازه‌گیری انرژی در خانه هوشمند ۲۷۶
فصل چهاردهم- دروازه خانه هوشمند و وظایف آن ۲۷۸

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱-۱۴ مقدمه ۲۷۹
۲-۱۴ دروازه لایه کاربرد و وظایف آن ۲۸۰
۳-۱۴ دروازه در اینترنت اشیا و خانه هوشمند ۲۸۱
۱-۳-۱۴ مدیریت دستگاه‌ها ۲۸۲
۲-۳-۱۴ امنیت دستگاه‌ها ۲۸۳
۱-۲-۳-۱۴ احراز هویت و کنترل دسترسی ۲۸۴
۲-۲-۳-۱۴ مدیریت گواهی و SSL/TLS ۲۸۵
۳-۲-۳-۱۴ سایر ویژگی‌های امنیتی دروازه ۲۸۹
۳-۳-۱۴ ارتباطات دستگاه‌ها ۲۹۰
۱-۳-۳-۱۴ تبدیل پروتکل‌ها و ارائه روش‌های مختلف انتقال ۲۹۰
۲-۳-۳-۱۴ تبدیل انواع داده‌ها ۲۹۰
۳-۳-۳-۱۴ ارائه روش دسترسی به دستگاه‌ها ۲۹۱
۴-۳-۳-۱۴ ارائه خدمات پل‌ها، مسیریاب‌ها، هاب‌ها، سوئیچ‌ها و دروازه‌های لایه کاربرد ۲۹۳
۵-۳-۳-۱۴ ارائه خدمات Middleware، Broker و Proxy ۲۹۶
۴-۳-۱۴ عملیات داده‌ها ۲۹۶
۵-۳-۱۴ نمونه‌هایی از دروازه‌های اینترنت اشیا ۲۹۹
۱-۵-۳-۱۴ Dell ۲۹۹
۲-۵-۳-۱۴ AAEON ۳۰۱
۳-۵-۳-۱۴ Advantech ۳۰۲
۴-۵-۳-۱۴ Digi Embedded ۳۰۲
فصل پانزدهم- ماژول‌های ارتباطی اجزاء خانه هوشمند با دروازه و بورد پشتیبانی‌کننده ۳۰۴
۱-۱۵ مقدمه ۳۰۵
۲-۱۵ فناوری‌های ارتباطی سیمی و بی‌سیم در خانه هوشمند ۳۰۵
۳-۱۵ فناوری‌های بی‌سیم مطرح در اینترنت اشیا ۳۰۶
۱-۳-۱۵ فناوری NFC ۳۰۷
۲-۳-۱۵ فناوری RFID ۳۱۰
۳-۳-۱۵ فناوری Bluetooth ۳۱۱
۴-۳-۱۵ فناوری Zigbee ۳۱۳
۵-۳-۱۵ فناوری Thread ۳۱۴

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۵-۳-۶ فناوری Z-Wave ۳۱۶
۱۵-۳-۷ فناوری WiFi ۳۱۷
۱۵-۳-۸ فناوری LiFi ۳۱۸
۱۵-۳-۹ شبکه‌های LPWAN ۳۱۹
۱۵-۳-۹-۱ فناوری Sigfox ۳۲۰
۱۵-۳-۹-۲ فناوری Lora ۳۲۱
۱۵-۳-۹-۳ فناوری NB-IoT ۳۲۳
۱۵-۳-۱۰ فناوری شبکههای موبایل ۳۲۵
۱۵-۳-۱۱ ارتباطات ماهواره‌ای ۳۲۵
۱۵-۳-۱۲ مقایسه فناوری‌های بی‌سیم ۳۲۶
۱۵-۴ استانداردهای ارتباطی سیمی خانه هوشمند ۳۲۶
۱۵-۵ نیازمندی‌های ارتباطی خانه هوشمند ۳۲۹
۱۵-۵-۱ امنیت ۳۳۰
۱۵-۵-۲ قابلیت اطمینان ۳۳۱
۱۵-۵-۳ بهینه‌سازی مصرف انرژی ۳۳۱
۱۵-۵-۴ نیازهای عملکرد شبکه ۳۳۲
فصل شانزدهم- بررسی پروتکل‌های لایه کاربرد اینترنت اشیاء و انتخاب پروتکل مناسب برای خانه هوشمند ۳۳۳
۱۶-۱ مقدمه ۳۳۴
۱۶-۱-۱ ویژگی‌های عمومی پروتکل‌های لایه کاربرد ۳۳۷
۱۶-۲ پروتکل‌های لایه کاربرد ۳۳۹
۱۶-۲-۱ پروتکل HTTP ۳۳۹
۱۶-۲-۲ پروتکل CoAP ۳۴۳
۱۶-۲-۳ پروتکل MQTT ۳۴۷
۱۶-۲-۴ پروتکل Websocket ۳۴۹
۱۶-۲-۵ پروتکل XMPP ۳۵۲
۱۶-۲-۶ پروتکل DDS ۳۵۴
۱۶-۲-۷ استاندارد ارتباطی BLE ۳۵۶
۱۶-۲-۷-۱ لایه L2CAP ۳۵۸
۱۶-۲-۷-۲ لایه ATT ۳۵۸

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۳-۷-۲-۱۶ لایه GATT ۳۵۸
۴-۷-۲-۱۶ لایه GAP ۳۶۱
بخش پنجم- طراحی خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا ۳۶۲
فصل هفدهم- طراحی prototype برنامه کاربردی وب خانه هوشمند ۳۶۳
۱-۱۷ مقدمه ۳۶۴
۲-۱۷ فناوری‌های مورد استفاده ۳۶۴
۳-۱۷ بخش‌های مورد نیاز واسط کاربری خانه هوشمند ۳۶۵
۴-۱۷ بخش‌های Prototype ۳۶۶
۱-۴-۱۷ سرآیند صفحه ۳۶۶
۲-۴-۱۷ نوار انتخاب بخش‌های واسط کاربری ۳۶۸
۳-۴-۱۷ دکمه جستجو ۳۶۹
۴-۴-۱۷ بخش وضعیت کلی ۳۶۹
۵-۴-۱۷ بخش روندها ۳۷۱
۶-۴-۱۷ بخش دستگاه‌ها ۳۷۲
17-4-7 بخش داشبورد ۳۷۵
فصل هجدهم- طراحی prototype برنامه کاربردی موبایل خانه هوشمند ۳۷۷
۱-۱۸ مقدمه ۳۷۸
۲-۱۸ ساختار کد برنامه ۳۷۸
۳-۱۸ بخش‌های Prototype ۳۷۹
۱-۳-۱۸ صفحه اصلی برنامه ۳۷۹
۲-۳-۱۸ منوی برنامه ۳۸۰
۳-۳-۱۸ وضعیت سیستم‌های خانه ۳۸۱
۴-۳-۱۸ سیستم روشنایی ۳۸۲
۵-۳-۱۸ دستگاه‌ها ۳۸۳
۶-۳-۱۸ تنظیمات و کنترل لامپ ۳۸۴
۷-۳-۱۸ اتوماسیون ۳۸۹
۸-۳-۱۸ داشبورد ۳۹۰
فصل نوزدهم- ساخت نمونه MVP برای کنترل LED ۳۹۲
۱-۱۹ مقدمه ۳۹۳
۲-۱۹ کنترل روشنایی از طریق برنامه اندروید ۳۹۳

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۹-۲-۱ Arduino Uno ۳۹۳
۱۹-۲-۲ ماژول بلوتوث HC-05 ..... ۳۹۴
۱۹-۲-۲-۱ Firmware ۳۹۵
۱۹-۲-۳ اتصالات Arduino Uno برای MVP روشن کردن RGB LED از طریق بلوتوث ۳۹۶
۱۹-۲-۳-۱ اتصال HC-05 و RGB LED به Arduino Uno ۳۹۶
۱۹-۲-۴ نتایج کنترل روشنایی از طریق برنامه اندروید ۳۹۷
۱۹-۳ کنترل روشنایی از طریق برنامه وب ۴۰۰
۱۹-۳-۱ ماژول Wi-Fi ESP8266 ..... ۴۰۰
۱۹-۳-۱-۱ بورد ESP01 و ESP01S ۴۰۳
۱۹-۳-۲ کنترل RGB LED از طریق وب ۴۰۳
۱۹-۳-۲-۱ Arduino و ESP8266 ..... ۴۰۴
۱۹-۳-۲-۲ بخش Back-end وب ۴۰۵
۱۹-۳-۲-۳ Front-end ۴۰۶
۱۹-۳-۳ نتایج کنترل روشنایی از طریق برنامه وب ۴۰۶
بخش ششم- تحلیل اقتصادی خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا ۴۰۹
فصل بیستم- بررسی پیشینه پژوهش‌های تحلیل اقتصادی خانه هوشمند ۴۱۰
۲۰-۱ مقدمه ۴۱۱
۲۰-۲ مطالعات انجام‌شده در داخل کشور ۴۱۱
۲۰-۲-۱ منافع و مشکلات پیاده‌سازی مدیریت هوشمند ساختمان (مطالعه موردی کرمانشاه) ۴۱۱
۲۰-۲-۲ ارزیابی اقتصادی اجرای سیستم مدیریت هوشمند ساختمان (دانشگاه کاشان) ۴۱۲
۲۰-۳ مطالعات انجام‌شده در خارج کشور ۴۱۲
۲۰-۳-۱ مطالعه موردی خانه هوشمند در انگلستان، آلمان و ایتالیا (۲۰۱۴) ۴۱۲
۲۰-۳-۲ پروژه MEGA House (۲۰۱۶) ۴۱۳
۲۰-۳-۳ تحلیل تأثیرات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مدیریت انرژی خانه هوشمند (مورد مطالعاتی در دو کشور الجزایر و آلمان) ۴۱۵
فصل بیست یکم- امکان‌سنجی انجام تحلیل اقتصادی بازگشت سرمایه برای خانه هوشمند ۴۱۸
۲۱-۱ مقدمه ۴۱۹
۲۱-۲ مفاهیم تحلیل اقتصادی ۴۱۹
۲۱-۲-۱ شناسایی روندهای سودآوری ۴۱۹
۲۱-۲-۲ استخراج جریانات نقدی ۴۲۰

۳-۲-۲۱ شاخص‌های بازدهی سرمایه..... ۴۲۱
۱-۳-۲-۲۱ ارزش خالص فعلی (NPV)..... ۴۲۱
۲-۳-۲-۲۱ نرخ بازدهی داخلی طرح (IRR)..... ۴۲۲
۳-۳-۲-۲۱ بازگشت سرمایه عادی (NP)..... ۴۲۲
۳-۲۱ تحلیل اقتصادی خانه هوشمند..... ۴۲۲
۱-۳-۲۱ هزینه‌های اجرای خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا..... ۴۲۳
۲-۳-۲۱ درآمدهای حاصل از خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا..... ۴۲۴
۱-۲-۳-۲۱ قیمت انرژی برق در کشور..... ۴۲۴
۲-۲-۳-۲۱ مقادیر مصرف انرژی در کشور..... ۴۲۵
۳-۲-۳-۲۱ میزان صرفه‌جویی انرژی حاصل از هوشمندسازی خانه..... ۴۲۶
۴-۲۱ امکان‌سنجی تحلیل اقتصادی..... ۴۲۸
فصل بیست و دوم- بررسی نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و چالش‌های خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا..... ۴۳۰
۱-۲۲ مقدمه..... ۴۳۱
۲-۲۲ مزایا و نقاط قوت خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا..... ۴۳۱
۱-۲-۲۲ افزایش امنیت خانه..... ۴۳۱
۲-۲-۲۲ افزایش سطح ایمنی..... ۴۳۱
۳-۲-۲۲ فراهم کردن آسایش و راحتی برای ساکنان خانه..... ۴۳۱
۴-۲-۲۲ صرفه‌جویی در مصرف انرژی..... ۴۳۲
۵-۲-۲۲ افزایش بهره‌وری..... ۴۳۲
۶-۲-۲۲ کاهش هزینه‌های خانه..... ۴۳۲
۷-۲-۲۲ افزایش سطح سلامت..... ۴۳۲
۸-۲-۲۲ دستیابی به داده‌ها..... ۴۳۲
۹-۲-۲۲ اثرات مثبت زیست‌محیطی..... ۴۳۳
۳-۲۲ نقاط ضعف و چالش‌های خانه هوشمند..... ۴۳۳
۱-۳-۲۲ امنیت و حریم خصوصی..... ۴۳۳
۲-۳-۲۲ چالش‌های مرتبط با مدیریت داده..... ۴۳۳
۳-۳-۲۲ چالش‌های ارتباطی..... ۴۳۴
۴-۳-۲۲ همکارپذیری..... ۴۳۴
۵-۳-۲۲ قابلیت اطمینان..... ۴۳۵

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲۲-۳-۶ قابلیت استفاده ۴۳۵
۲۲-۳-۷ چالش‌های تجهیزات قدیمی موجود در خانه ۴۳۵
۲۲-۳-۸ چالش تعامل با هسته سیستم‌های شخص ثالث ۴۳۶
۲۲-۳-۹ چالش‌های تطبیق دادن استانداردهای مورد نیاز با قیمت تمام شده دستگاه‌ها ۴۳۶
۲۲-۳-۱۰ چالش‌های پیاده‌سازی سیستمی که بدون هسته مرکزی وظایف پایه را انجام دهد ۴۳۶
۲۲-۳-۱۱ چالش‌های سفارشی‌سازی سیستم و تناقض در ترجیحات کاربران ۴۳۷
۲۲-۳-۱۲ چالش‌های مرتبط با گارانتی محصولات ۴۳۷
۲۲-۴ فرصت‌های خانه هوشمند ۴۳۷
۲۲-۴-۱ فرصت‌های حاصل از افزایش سطح سلامت ۴۳۷
۲۲-۴-۲ فرصت‌های حاصل از افزایش ایمنی ۴۳۸
۲۲-۴-۳ فرصت‌های حاصل از افزایش امنیت ۴۳۸
۲۲-۴-۴ فرصت توسعه سیستم‌های مدیریت مصرف و پاسخ تقاضا ۴۳۸
۲۲-۴-۵ فرصت‌های حاصل از دستیابی به داده‌ها ۴۳۸
۲۲-۴-۶ فرصت‌های اقتصادی برای ساکنان خانه ۴۴۰
۲۲-۴-۷ فرصت‌های حاصل از افزایش صرفه‌جویی در مصرف انرژی ۴۴۰
۲۲-۴-۸ فرصت رشد تولیدات داخل کشور ۴۴۰
۲۲-۴-۹ فرصت‌های استفاده از زیرساخت هسته خانه هوشمند برای توسعه سایر سیستم‌ها ۴۴۰
۲۲-۴-۱۰ فرصت‌های اشتغال‌زایی و ایجاد و رشد Startupها ۴۴۱
۲۲-۴-۱۱ فرصت‌های حاصل از کسب درآمد غیرمستقیم از مشتری و در کنار آن سازمان‌ها ۴۴۱
۲۲-۵ تهدیدها و ریسک‌های خانه هوشمند ۴۴۱
۲۲-۵-۱ ریسک‌های ناشی از امنیت اطلاعات کاربران و حفظ حریم خصوصی ۴۴۱
۲۲-۵-۲ ریسک‌های مرتبط با قوانین کشور ۴۴۲
۲۲-۵-۳ ریسک‌های مرتبط با قطعی اینترنت ۴۴۲
۲۲-۵-۴ ریسک‌های ناشی از تحریم‌ها ۴۴۲
۲۲-۵-۵ ریسک‌های ناشی از تورم و افزایش قیمت ۴۴۲
۲۲-۵-۶ ریسک‌های ناشی از برآوردهای اشتباه از نیازمندی‌ها ۴۴۲
۲۲-۵-۷ ریسک ناشی از رشد روزافزون فناوری‌ها ۴۴۲
۲۲-۵-۸ ریسک ناشی از انتخاب مدل درآمدی ۴۴۳
۲۲-۵-۹ ریسک پشتیبانی از سیستم ۴۴۳

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۰-۵-۲۲ ریسک مسائل حقوقی و بیمه‌ای..... ۴۴۳
بخش هفتم- کارهای آتی..... ۴۴۵
فصل بیست و سوم- پیشنهاداتی برای پروژه‌های آینده در زمینه خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا..... ۴۴۶
۱-۲۳ مقدمه..... ۴۴۷
۲-۲۳ پروژه‌های پیشنهادی..... ۴۴۷
۱-۲-۲۳ تکمیل نیازمندی‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری بخش‌های مختلف خانه هوشمند..... ۴۴۷
۱-۱-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه..... ۴۴۷
۲-۱-۲-۲۳ مراحل اجرا..... ۴۴۷
۲-۲-۲۳ بررسی استانداردهای سخت‌افزاری مورد نیاز برای تجهیزات داخل خانه..... ۴۴۷
۱-۲-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه..... ۴۴۷
۲-۲-۲-۲۳ مراحل اجرا..... ۴۴۷
۳-۲-۲۳ بررسی، دسته‌بندی و پیشنهاد اجزای مورد نیاز برای ساخت تجهیزات داخل خانه هوشمند..... ۴۴۸
۱-۳-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه..... ۴۴۸
۲-۳-۲-۲۳ مراحل اجرا..... ۴۴۸
۴-۲-۲۳ ساخت دروازه خانه هوشمند..... ۴۴۸
۱-۴-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه..... ۴۴۸
۲-۴-۲-۲۳ مراحل اجرا..... ۴۴۹
۵-۲-۲۳ تحلیل در لبه شبکه خانه هوشمند..... ۴۴۹
۱-۵-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه..... ۴۴۹
۲-۵-۲-۲۳ مراحل اجرا..... ۴۴۹
۶-۲-۲۳ تحلیل نمونه داده‌های خانه هوشمند..... ۴۴۹
۱-۶-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه..... ۴۴۹
۲-۶-۲-۲۳ مراحل اجرا..... ۴۵۰
۷-۲-۲۳ راه‌اندازی زیرساخت ابر پژوهشگاه با قابلیت پشتیبانی از سرویس‌های ابری خانه هوشمند..... ۴۵۰
۱-۷-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه..... ۴۵۰
۲-۷-۲-۲۳ مراحل اجرا..... ۴۵۰
۸-۲-۲۳ تعیین سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی مورد نیاز برای هر یک از سرویس‌ها و تجهیزات خانه هوشمند و نحوه پیاده‌سازی آن‌ها..... ۴۵۱
۱-۸-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه..... ۴۵۱

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲-۸-۲-۲۳ مراحل اجرا..... ۴۵۱
۹-۲-۲۳ پیاده‌سازی سرویس تحلیل داده‌های خانه هوشمند..... ۴۵۱
۱-۹-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه..... ۴۵۱
۲-۹-۲-۲۳ مراحل اجرا..... ۴۵۱
۱۰-۲-۲۳ توسعه سرویس یادگیری ماشین برای کاربرد در خانه هوشمند..... ۴۵۲
۱-۱۰-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه..... ۴۵۲
۲-۱۰-۲-۲۳ مراحل اجرا..... ۴۵۲
۱۱-۲-۲۳ پیاده‌سازی سرویس مدیریت دستگاه‌ها و تجهیزات خانه هوشمند..... ۴۵۲
۱-۱۱-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه..... ۴۵۲
۲-۱۱-۲-۲۳ مراحل اجرا..... ۴۵۳
۱۲-۲-۲۳ دسته‌بندی و پیشنهاد پایگاه‌های داده مورد نیاز متناسب با نیازمندی‌های هر یک سرویس‌های خانه هوشمند ۴۵۳
۱-۱۲-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه..... ۴۵۳
۲-۱۲-۲-۲۳ مراحل اجرا..... ۴۵۳
۱۳-۲-۲۳ بررسی نحوه مدیریت تجهیزات برق و انرژی متناسب با معماری خانه هوشمند..... ۴۵۴
۱-۱۳-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه..... ۴۵۴
۲-۱۳-۲-۲۳ مراحل اجرا..... ۴۵۴
۱۴-۲-۲۳ بررسی مسائل امنیتی سیستم‌های نرم‌افزاری خانه هوشمند..... ۴۵۴
۱-۱۴-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه..... ۴۵۴
۲-۱۴-۲-۲۳ مراحل اجرا..... ۴۵۴
۱۵-۲-۲۳ بررسی روش‌های مورد نیاز برای پیاده‌سازی سیستم‌های چندرسانه‌ای در خانه هوشمند..... ۴۵۵
۱-۱۵-۲-۲۳ تعریف موضوع، محدوده و اهداف پروژه..... ۴۵۵
۲-۱۵-۲-۲۳ مراحل اجرا..... ۴۵۵
۱۶-۲-۲۳ پیاده‌سازی دستیار صوتی..... ۴۵۵
۱-۱۶-۲-۲۳ تعریف موضوع، محدوده و اهداف پروژه..... ۴۵۵
۲-۱۶-۲-۲۳ مراحل اجرا..... ۴۵۵
۱۷-۲-۲۳ استخراج مدل کسب‌وکار خانه هوشمند..... ۴۵۶
۱-۱۷-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه..... ۴۵۶
۲-۱۷-۲-۲۳ مراحل اجرا..... ۴۵۶

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۸-۲-۲۳ پیاده‌سازی سیستم‌های خانه هوشمند ۴۵۶
۱-۱۸-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه ۴۵۶
۲-۱۸-۲-۲۳ مراحل اجرا ۴۵۶
۱۹-۲-۲۳ بررسی همکارپذیری و تعاملات بین خانه هوشمند با شهر هوشمند ۴۵۷
۱-۱۹-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه ۴۵۷
۲-۱۹-۲-۲۳ مراحل اجرا ۴۵۷
نتیجه‌گیری ۴۵۸
مراجع ۴۶۱

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۲ – ترموستات‌های هوشمند شرکت Nest [17] ۱۸
شکل ۲-۲ – ترمینال‌های ترموستات‌های شرکت Nest [17] ۱۹
شکل ۳-۲ – نمونه دوربین‌های شرکت Nest [18] ۲۰
شکل ۴-۲ – زنگ درب تصویری Nest [20] ۲۱
شکل ۵-۲ – نمایی از Nest Guard [21] ۲۳
شکل ۶-۲ – نمایی از Nest Detect [21] ۲۴
شکل ۷-۲ – نمایی از Nest Tag [21] ۲۴
شکل ۸-۲ – نمایی از Nest Connect [22] ۲۵
شکل ۹-۲ – نمایی از قفل هوشمند Nest برای بیرون خانه [23] ۲۶
شکل ۱۰-۲ – نمایی از قفل هوشمند Nest برای داخل خانه [23] ۲۶
شکل ۱۱-۲ – نمایی از Nest protect [24] ۲۷
شکل ۱۲-۲ – نمایی از Nest App [26, 27] ۲۹
شکل ۱۳-۲ – نمایی از کاربردهای هاب خانگی Google [29] ۳۱
شکل ۱۴-۲ – نمایی از Google Home [30] ۳۲
شکل ۱۵-۲ – Google Home Mini [31] ۳۳
شکل ۱۶-۲ – نمایی از Google Home Max [32] ۳۴
شکل ۱۷-۲ – نمایی از Google Wi-Fi [33] ۳۵
شکل ۱۸-۲ – نمایی از ماکروفر Amazon سازگار شده با Alexa [34] ۳۸
شکل ۱۹-۲ – ساعت Echo [35] ۳۹
شکل ۲۰-۲ – ابزارهای سازگار با ساعت Echo [35] ۳۹
شکل ۲۱-۲ – کنترل‌کننده آبیاری Rachio 3 [36] ۴۰
شکل ۲۲-۲ – نمایی از اندازه‌گیر هوشمند آب Rachio [38] ۴۱
شکل ۲۳-۲ – نمای برنامه آبیاری Rachio [39] ۴۲
شکل ۲۴-۲ – نمایی از لامپ کنار تخت خوابی هوشمند شیائومی [40] ۴۳
شکل ۲۵-۲– نمایی از لامپ هوشمند شیائومی [41] ۴۴
شکل ۲۶-۲ – نمایی از لامپ هوشمند رومیزی شیائومی [42] ۴۵
شکل ۲۷-۲ – نمایی از پریز هوشمند شیائومی [43] ۴۵
شکل ۲۸-۲ – نمایی از دوربین هوشمند شیائومی [44] ۴۶
شکل ۲۹-۲ – نمایی از جارو هوشمند Roborock شیائومی [45] ۴۷
شکل ۳۰-۲ – نمایی از پریز هوشمند Kasa (TP-Link) [46] ۴۸
شکل ۳۱-۲ – نمایی از لامپ هوشمند Kasa (TP-Link) [47] ۴۹
شکل ۳۲-۲ – نمایی از دوربین Kasa [48] ۴۹
شکل ۳۳-۲ – نمایی از Wink Hub 2 [49] ۵۰
شکل ۳۴-۲ – نمونه‌ای از پرده موتوری Bali [51] ۵۱
شکل ۳۵-۲ – کنترل‌های قابل انجام از طریق برنامه Wink برای پنکه سقفی Gardinier [52] ۵۱
شکل ۳۶-۲ – آبگرمکن Rheem و برنامه مربوطه از شرکت Wink [53] ۵۲
شکل ۳۷-۲ – کلید هوشمند Leviton [54] ۵۳

شکل ۲-۳۸ – نمایی از ابزار قطع و وصل برق پریز آسانه [55] ۵۴
شکل ۲-۳۹ – نمایی از پنل لمسی آسانه [56] ۵۴
شکل ۲-۴۰ – پنل کولر آسانه [57] ۵۵
شکل ۲-۴۱ – کنترل‌کننده مرکزی شرکت آسانه [58] ۵۵
شکل ۲-۴۲ – بلاستر مادون قرمز آسانه [59] ۵۶
شکل ۲-۴۳ – گجت آبیاری آسانه [60] ۵۷
شکل ۲-۴۴ – درگاه خانه هوشمند فرینه فناور [61] ۵۸
شکل ۲-۴۵ – نمایی از کنترل‌کننده اتاق فرینه فناور [62] ۵۸
شکل ۲-۴۶ – رله بی‌سیم فرینه فناور [62] ۵۹
شکل ۲-۴۷– نمایی از اندازه‌گیر انبری شرکت Sense [64] ۶۰
شکل ۲-۴۸ شکل موج مصرف برق در تعدادی از لوازم خانگی[64] ۶۱
شکل ۳-۱ نمونه حجم کد مورد نیاز برای کار مشابه در Python (سمت راست) و جاوا (سمت چپ) [75] ۶۹
شکل ۳-۲ مقایسه زبان‌های برنامه‌نویسی از لحاظ کارایی و سهولت استفاده [79] ۷۱
شکل ۳-۳ رتبه TIOBE از زبان‌های برنامه‌نویسی با استفاده عمومی [80] ۷۲
شکل ۳-۴ مراجعه‌کنندگان به GitHub بر حسب زبان برنامه‌نویسی [80] ۷۲
شکل ۳-۵ میزان درآمد سالانه برنامه‌نویسان زبان‌های مختلف و سختی زبان‌ها [81] ۷۳
شکل ۳-۶ مقایسه زبان Go، JavaScript، PHP و Java با بار پایین CPU [82] ۷۴
شکل ۳-۷ مقایسه زبان Go، JavaScript، PHP و Java با بار بالای CPU [82] ۷۴
شکل ۳-۸ – نمونه اجزای Bootstrap [87] ۷۹
شکل ۳-۹ – برخی از اجزای Foundation [91] ۸۰
شکل ۳-۱۰ – نمایی از اجزای Semantic UI [93] ۸۱
شکل ۳-۱۱ – Trend گوگل برای برخی از چارچوب‌های PHP [96] ۸۲
شکل ۳-۱۲ میزان محبوبیت تعدادی از چارچوب‌های Golang از لحاظ تعداد ستاره‌ها در GitHub [105] ۹۱
شکل ۳-۱۳ میزان سختی یادگیری برخی چارچوب‌های Golang [104] ۹۲
شکل ۳-۱۴ سرعت پاسخ به دستورات توسط چارچوب‌های مختلف [109] ۹۳
شکل ۳-۱۵ مقایسه تعداد وب‌سایت‌های موجود طراحی شده با زبان‌ها و چارچوب‌های مختلف [110] ۹۳
شکل ۴-۱ نمایی از Visual Studio Code [112] ۹۷
شکل ۴-۲ نمایی از Atom [112] ۹۸
شکل ۴-۳ نمایی از ++ Notepad [113] ۹۹
شکل ۴-۴ نمایی از NetBeans [112] ۱۰۰
شکل ۴-۵ نمایی از Bracket [112] ۱۰۰
شکل ۴-۶ مقایسه تعداد پاسخ‌ها/ثانیه خدمت‌دهنده Nginx و Apache با فایل‌های متفاوت [123] ۱۰۶
شکل ۴-۷ مقایسه کارایی برخی از سرویس‌دهنده‌های وب [124] ۱۰۶
شکل ۴-۸ سهم بازار خدمت‌دهنده‌های مختلف وب [125] ۱۰۷
شکل ۵-۱ سهم بازار و تعداد کاربران سیستم‌عامل‌های موبایل بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ [۶۵] ۱۱۲
شکل ۵-۲ ساختار سیستم‌عامل Android [132] ۱۱۴
شکل ۶-۱ معماری کلی برنامه کاربردی Cordova [144] ۱۲۲
شکل ۶-۲ معماری کلی PhoneGap [145] ۱۲۴
شکل ۶-۳ ساختار محیط Ionic [146] ۱۲۵
شکل ۷-۱ – نمایی از Nest App [26, 27] ۱۳۰

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۲-۷ داشبورد Smartthings [152] ۱۳۲
شکل ۳-۷ بخش My Home برنامه Smart Things [152] ۱۳۳
شکل ۴-۷ روتین‌های برنامه Smartthings [152] ۱۳۴
شکل ۵-۷ نمای داخل یخچال قابل مشاهده از Smartthings [153] ۱۳۴
شکل ۶-۷ نمایی از Smartthings [154] ۱۳۵
شکل ۷-۷ برخی از سرویس‌ها و شرکت‌های پشتیبانی شده توسط Stringify [156] ۱۳۷
شکل ۸-۷ نمایی از بخش کنترل دستگاه‌ها توسط برنامه Stringify [157] ۱۳۸
شکل ۹-۷ نمایی از Google Home App [158] ۱۳۸
شکل ۱۰-۷ اضافه کردن ابزارهای تحت کنترل سایر برنامه‌های خانه هوشمند به Google Home App [159] ۱۴۰
شکل ۱۱-۷ نمونه ساختار HomeGraph [160] ۱۴۱
شکل ۱۲-۷ نمونه اکشن‌های Vivint [161, 162] ۱۴۲
شکل ۱۳-۷ نمایی از Xfinity [165] ۱۴۴
شکل ۱۴-۷ نمایی از Home App [166] ۱۴۵
شکل ۱-۸ جنبه‌های اصلی فناوری رایانش ابری [169] ۱۴۹
شکل ۲-۸ شرکت‌های فعال دنیای فناوری اطلاعات در ارائه سرویس‌های رایانش ابری [173] ۱۵۱
شکل ۳-۸ پیش‌بینی درآمدزایی در سرویس‌های رایانش ابری [۱۷۴] ۱۵۱
شکل ۴-۸ انواع ابر [169] ۱۵۲
شکل ۵-۸ میزان رشد علاقه‌مندی به حوزه خانه هوشمند و اینترنت اشیا در تحقیقات اخیر [177] ۱۵۵
شکل ۶-۸ میزان رشد علاقه‌مندی به ادغام ابر در حوزه اینترنت اشیا در تحقیقات اخیر [178] ۱۵۵
شکل ۷-۸ نمایی از ظهور CloudIoT [169] ۱۵۸
شکل ۸-۸ نقش CloudIoT در چالش‌ها و برنامه‌های کاربردی حوزه‌های مختلف [169] ۱۵۸
شکل ۱-۹ میزان رشد علاقه‌مندی به ادغام ابر در حوزه خانه هوشمند در تحقیقات اخیر [181] ۱۶۱
شکل ۲-۹ معماری سطح بالای خانه هوشمند ۱۶۱
شکل ۳-۹ نمای کلی از ارتباط ابر با تجهیزات خانه هوشمند از طریق دروازه و اینترنت [183] ۱۶۲
شکل ۴-۹ معماری خانه هوشمند مبتنی بر ابر (۳ لایه‌ای) [182] ۱۶۳
شکل ۱-۱۰ دسته‌بندی سرویس‌های ارائه‌شده توسط AWS [185] ۱۷۰
شکل ۲-۱۰ نمایی از AWS Greengrass [195] ۱۷۳
شکل ۳-۱۰ اتصال و مدیریت دستگاه‌ها در AWS IoT core [196] ۱۷۴
شکل ۴-۱۰ تضمین امنیت ارتباطات و داده‌ها در AWS IoT core [196] ۱۷۴
شکل ۵-۱۰ پردازش داده تجهیزات و انجام عملیات مناسب در AWS IoT core [196] ۱۷۵
شکل ۶-۱۰ خواندن و تغییر وضعیت تجهیزات در هر زمان توسط AWS IoT core [196] ۱۷۵
شکل ۷-۱۰ سرویس AWS IoT Device Defender [197] ۱۷۶
شکل ۸-۱۰ سرویس AWS IoT Device Management [198] ۱۷۶
شکل ۹-۱۰ سرویس AWS IoT Things Graph [199] ۱۷۷
شکل ۱۰-۱۰ عملکرد سرویس AWS IoT 1-Click [200] ۱۷۸
شکل ۱۱-۱۰ سرویس AWS IoT Analysis [201] ۱۷۸
شکل ۱۲-۱۰ سرویس AWS IoT Events [202] ۱۷۹
شکل ۱۳-۱۰ سرویس AWS IoT SiteWise [203] ۱۷۹
شکل ۱۴-۱۰ دسته‌بندی سرویس‌های ابری Azure [205] ۱۸۲
شکل ۱۵-۱۰ معماری مرجع سرویس‌های اینترنت اشیاء Azure [206] ۱۸۲

شکل ۱۶-۱۰ واسط ابری IoT Edge [207] ۱۸۵
شکل ۱۷-۱۰ مراحل آماده‌سازی دستگاه توسط سرویس IoT Hub DPS [209] ۱۸۶
شکل ۱۸-۱۰ ساختار Device Twin و نمونه‌ای از کد JSON آن [210] ۱۸۷
شکل ۱۹-۱۰ نحوه عملکرد Azure Stream Analytics [211] ۱۸۹
شکل ۲۰-۱۰ نمایی از سرویس Azure Logic App [215] ۱۹۲
شکل ۲۱-۱۰ دسته‌بندی سرویس‌های ارائه‌شده توسط گوگل [218] ۱۹۴
شکل ۲۲-۱۰ سرویس Cloud IoT Core [220] ۱۹۷
شکل ۲۳-۱۰ ارتباطات سرویس Cloud IoT Core با سایر سرویس‌های ابری گوگل [221] ۱۹۹
شکل ۲۴-۱۰ نحوه محاسبه هزینه سرویس‌های ابر بکتوری [227] ۲۱۱
شکل ۲۵-۱۰ نحوه محاسبه هزینه سرویس مرکز داده ابری [228] ۲۱۴
شکل ۲۶-۱۰ نحوه محاسبه هزینه سرویس سرور ابری [228] ۲۱۵
شکل ۲۷-۱۰ نحوه محاسبه هزینه سرویس سکوی ابری [228] ۲۱۵
شکل ۲۸-۱۰ نحوه محاسبه هزینه سرویس درایو ابری [228] ۲۱۶
شکل ۲۹-۱۰ نحوه محاسبه هزینه سرویس گرافیک ابری [228] ۲۱۶
شکل ۳۰-۱۰ نحوه محاسبه هزینه سرویس کلان داده ابری [228] ۲۱۷
شکل ۱-۱۲ بورد Raspberry Pi 4 Model B [229] ۲۲۷
شکل ۲-۱۲ بلوک دیاگرام بورد Raspberry Pi 3 Model B [230] ۲۲۷
شکل ۳-۱۲ شماتیک اتصالات داخلی بورد Raspberry Pi 4 Model B [231] ۲۲۸
شکل ۴-۱۲ تصویر بورد Sense HAT [232] ۲۲۹
شکل ۵-۱۲ نمایی از Thonny، محیط IDE پیش‌فرض رزبری در Raspbian [229] ۲۳۰
شکل ۶-۱۲ تصویر Scratch، محیط IDE گرافیکی رزبری در Raspbian [229] ۲۳۱
شکل ۷-۱۲ ساختار و اجزای بورد Arduino UNO rev3 [236] ۲۳۸
شکل ۸-۱۲ شماتیک بورد Arduino UNO Rev3 [238] ۲۳۹
شکل ۹-۱۲ محیط برنامه‌نویسی برای یک Sketch نمونه [236] ۲۴۱
شکل ۱۰-۱۲ نمای ظاهری بورد nRF5340 PDK [241] ۲۴۵
شکل ۱۱-۱۲ تصویر دانگل nRF52840 و پین‌های ورودی و خروجی مربوطه [241] ۲۴۷
شکل ۱۲-۱۲ کشورهایی که در آنها Nordic مجوز LTE-M یا NB-IoT برای چیپ‌های nRF91 دریافت کرده است [241] ۲۴۸
شکل ۱۳-۱۲ بورد Power Profiler Kit نصب شده بر روی nRF5xDK [241] ۲۵۱
شکل ۱-۱۳ آژیر بی‌سیم شرکت Simplisafe با قابلیت اتصال به تعداد نامحدودی آژیر دیگر [245] ۲۵۵
شکل ۲-۱۳ ست ۳ تایی دوربین مدار بسته تحت شبکه ساخت شرکت Arlo [245] ۲۵۶
شکل ۳-۱۳ دوربین مخفی تحت شبکه دارای آژیر و آلارم با قابلیت تشخیص حرکت [245] ۲۵۶
شکل ۴-۱۳ دوربین Nest Hello زنگ درب منزل ۲۵۷
شکل ۵-۱۳ حسگر مغناطیسی باز و بسته شدن ساخت شرکت ELK [245] ۲۵۸
شکل ۶-۱۳ قفل هوشمند مدل Yale Assure با قابلیت اتصال بهَ Alexa, Google Assistant, HomeKit, Airbnb [246] ۲۵۹
شکل ۷-۱۳ کنترل هوشمند درب پارکینگ ساخت شرکت iSmartgate [247] ۲۶۰
شکل ۸-۱۳ حسگر تشخیص مونواکسیدکربن و دود مجهز به فناوری بی‌سیم ساخت شرکت First Alert [249] ۲۶۱
شکل ۹-۱۳ هاب ساخت شرکت Insteon و ست ۶ تایی حسگرهای تشخیص نشت آب مجهز به فناوری بی‌سیم [248] ۲۶۲
شکل ۱۰-۱۳ پریز هوشمند on/off شرکت Insteon با قابلیت اتصال از طریق شبکه برق خانگی و رادیوی اختصاصی[250] ۲۶۳
شکل ۱۱-۱۳ نمونه بلاستر مادون قرمز چندمنظوره جهت کنترل تجهیزات با قابلیت اتصال به شبکه WiFi [251] ۲۶۴

شکل ۱۲-۱۳ حسگر حرکتی مادون قرمز ساخت شرکت Samsung SmartThings [252] ۲۶۵
شکل ۱۳-۱۳ حسگر حرکتی ساخت شرکت اشنایندر با استفاده از فناوری نوری و اولتراسونیک [253] ۲۶۶
شکل ۱۴-۱۳ ست چهارتایی لامپ هوشمند Hue ساخت شرکت فیلیپس [254] ۲۶۷
شکل ۱۵-۱۳ باز و بسته کننده موتوری پرده/کرکره شرکت Add-A-Motor [248] ۲۶۸
شکل ۱۶-۱۳ نمای پاسخگو در نمایشگاه تکنولوژی Kiefe [255] ۲۶۹
شکل ۱۷-۱۳ ساختمان اداری در کرمان با نمای پاسخگو حالت نیمه باز و باز [255] ۲۶۹
شکل ۱۸-۱۳ بخشی از نمای مرکز هندسه و فیزیک سیمون (دانشگاه دولتی نیویورک در استونی بروک) [255] ۲۶۹
شکل ۱۹-۱۳ کانال انتقال نور DayLight Shaft شرکت Heliobus [256] ۲۷۰
شکل ۲۰-۱۳ کانال انتقال نور ساخت شرکت Solatube [257] ۲۷۰
شکل ۲۱-۱۳ سیستم ردیابی خورشید و انتقال نور طبیعی به داخل ساختمان [258] ۲۷۰
شکل ۲۲-۱۳ ترموستات هوشمند Nest متعلق به مجموعه Google Smart Home [260] ۲۷۲
شکل ۲۳-۱۳ سیستم کنترل داکت شرکت Suncourt [261] ۲۷۲
شکل ۲۴-۱۳ حسگر اندازه‌گیری رطوبت خاک ساخت شرکت Scotts [248] ۲۷۴
شکل ۲۵-۱۳ شیر برقی قابل کنترل از راه دور با استفاده از ارتباط بی‌سیم [263] ۲۷۵
شکل ۲۶-۱۳ حسگرهای مختلف سیستم پایش سلامت انسان[264] ۲۷۶
شکل ۲۷-۱۳ پریز هوشمند با قابلیت اندازه‌گیری مصرف [265] ۲۷۷
شکل ۲۸-۱۳ تجهیز اندازه‌گیری جریان مدارات برقی خانه با قابلیت اندازه‌گیری ۸ خط[265] ۲۷۷
شکل ۱-۱۴ نمایی از جایگاه تجهیزات ارتباطی مختلف در لایه‌های مختلف شبکه [266] ۲۷۹
شکل ۲-۱۴– وظایف و بخش‌های مختلف دروازه ۲۸۲
شکل ۳-۱۴ نمونه‌ای از روش کاری OAuth 2.0 [278] ۲۸۵
شکل ۴-۱۴ روش کاری SSL/TLS [283] ۲۸۷
شکل ۵-۱۴ ساختار یک گواهی SSL [284] ۲۸۸
شکل ۶-۱۴ نمونه‌ای از گواهی SSL [285] ۲۸۸
شکل ۷-۱۴ سلسله مراتب CAها [286] ۲۸۹
شکل ۸-۱۴ مثالی از NAT [287] ۲۹۲
شکل ۹-۱۴ مثالی از PAT [287] ۲۹۲
شکل ۱۰-۱۴ نمونه‌ای از انتقال داده بدون VPN [291] ۲۹۴
شکل ۱۱-۱۴ نمونه‌ای از انتقال داده با VPN [291] ۲۹۵
شکل ۱۲-۱۴ استفاده از Adaption Mechanism در کنترل جریان داده ورودی جهت پردازش [295] ۲۹۸
شکل ۱۳-۱۴– نمایی از Digi ConnectCore® 8X [300] ۳۰۳
شکل ۱-۱۵ نمایی از وسایل مورد استفاده در خانه [302] ۳۰۶
شکل ۲-۱۵ تقسیمبندی شبکههای بیسیم بر اساس برد ارتباطی [303] ۳۰۷
شکل ۳-۱۵ الف) نحوه القای سیگنال در یک آنتن حلقوی [304] ب) نمونهای از آنتن حلقوی در یک برچسب NFC [305] ۳۰۸
شکل ۴-۱۵ قرار گرفتن دو موبایل نزدیک یکدیگر در محلی که لوگوی NFC وجود دارد [307] ۳۰۹
شکل ۵-۱۵ الف) کاربرد NFC برای نمایش تبلیغات روی گوشی همراه [308] ب) مشاهده تبلیغات بر روی گوشی همراه [309] ۳۰۹
شکل ۶-۱۵ الف) خرید با گوشی همراه از دستگاه کارتخوان [310] ب) پرداخت بلیط مترو با گوشی همراه [311] ۳۱۰
شکل ۷-۱۵– استفاده از RFID برای الف) باز کردن درب پارکینگ [313] ب) راهاندازی برق ساختمان هنگام ورود [314] ۳۱۱
شکل ۸-۱۵ پیکربندی شبکه ZigBee [316] ۳۱۳
شکل ۹-۱۵ نمایی از شبکه Thread و اجزای آن [319] ۳۱۵
شکل ۱۰-۱۵ استفاده از Z-wave برای خانه هوشمند [320] ۳۱۷

شکل ۱۱-۱۵ محدوده پهنای باند فرکانسی مورد استفاده توسط LiFi و WiFi [322] ۳۱۸
شکل ۱۲-۱۵ چند نمونه از پروتکلهای مورد استفاده در فناوری LPWAN [324] ۳۲۰
شکل ۱۳-۱۵ نحوه ارتباط کاربر در شبکه Sigfox [325] ۳۲۱
شکل ۱۴-۱۵ معماری شبکه LoRa [326] ۳۲۲
شکل ۱۵-۱۵ انواع اختصاص باند فرکانسی به شبکه NB-IoT [327] ۳۲۳
شکل ۱۶-۱۵ کاربردهای شبکه NB-IoT و ساختار شبکه آن [327] ۳۲۴
شکل ۱۷-۱۵ دستهبندی نیازمندیهای ارتباطی خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا [330] ۳۳۰
شکل ۱-۱۶ نمایی از فریمها در HTTP/2.0 [335] ۳۴۱
شکل ۲-۱۶ سمت راست: زیرلایههای CoAP، سمت چپ: زیرلایههای CoAPS [337] ۳۴۳
شکل ۳-۱۶ Request / Response در CoAP در عدم توانایی سرویسدهنده به پاسخ در همان لحظه [337] ۳۴۴
شکل ۴-۱۶ طرز کار پروتکل MQTT با HiveMQ Broker [341] ۳۴۸
شکل ۵-۱۶ روش کاری DDS [340] ۳۵۴
شکل ۶-۱۶ QoSهای پروتکل DDS [344] ۳۵۵
شکل ۷-۱۶ chipsetهای BLE، BR/EDR و هر دو [345] ۳۵۶
شکل ۸-۱۶ پشته پروتکلی BLE [346] ۳۵۷
شکل ۹-۱۶ پروفایل GATT (مدل دادهای) [345] ۳۵۹
شکل ۱۰-۱۶ نمونهای واقعی از GATT [346] ۳۵۹
شکل ۱۱-۱۶ نمونهای از GATT [345] ۳۶۰
شکل ۱-۱۷نمایی از سرآیند سایت در صفحه اصلی ۳۶۶
شکل ۲-۱۷ نمایی از سرآیند سایت ۳۶۶
شکل ۳-۱۷ نمایی از منوی کشویی کاربر در سرآیند Prototype ۳۶۷
شکل ۴-۱۷ منوی کشویی انتخاب خانه ۳۶۷
شکل ۵-۱۷ نمایی از سرآیند در حالت موبایل و صفحات کوچک ۳۶۸
شکل ۶-۱۷ نمایی از نوار انتخاب بخشها ۳۶۸
شکل ۷-۱۷ نمایی از نوار انتخاب بخشها در صفحات کوچک ۳۶۹
شکل ۸-۱۷ بخش وضعیت سیستمهای خانه در بخش وضعیت کلی خانه ۳۷۰
شکل ۹-۱۷ نمایی از بخش اطلاعات سیستمهای خانه هوشمند ۳۷۰
شکل ۱۰-۱۷ نمایی از بخش حاوی اطلاعات سیستمها در صفحات کوچک ۳۷۱
شکل ۱۱-۱۷ نمایی از بخش روندها در صفحه بزرگ ۳۷۲
شکل ۱۲-۱۷ نمایی از بخش روندها در صفحه کوچک ۳۷۲
شکل ۱۳-۱۷نمایی از بخش دستگاهها در Prototype ۳۷۳
شکل ۱۴-۱۷ نمایی از دستگاهها در صفحات کوچک ۳۷۳
شکل ۱۵-۱۷ نمایی از Sliderها و ظاهر لامپ ۳۷۴
شکل ۱۶-۱۷نمایی از modal تنظیمات لامپ ۳۷۵
شکل ۱۷-۱۷ نمایی از popover اطلاعات دستگاه ۳۷۵
شکل ۱۸-۱۷ نمایی از بخش داشبورد در صفحات بزرگ و کوچک ۳۷۶
شکل ۱-۱۸ ساختار کد برنامه کاربردی اندروید ۳۷۹
شکل ۲-۱۸ صفحه اصلی برنامه کاربردی موبایل ۳۸۰
شکل ۳-۱۸ منوی برنامه کاربردی موبایل ۳۸۱
شکل ۴-۱۸ صفحه اطلاعات سیستمهای خانه هوشمند در برنامه کاربردی موبایل ۳۸۲

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۵–۱۸ صفحه سیستم روشنایی در برنامه کاربردی موبایل ۳۸۳
شکل ۶–۱۸ صفحه نمایش فهرست تجهیزات خانه هوشمند ۳۸۴
شکل ۷–۱۸ صفحه تنظیمات لامپ در برنامه کاربردی موبایل ۳۸۵
شکل ۸–۱۸ دیالوگ تنظیمات بلوتوث در برنامه کاربردی موبایل ۳۸۶
شکل ۹–۱۸ صفحه تنظیمات لامپ پس از برقراری اتصال بلوتوث ۳۸۷
شکل ۱۰–۱۸ صفحه تنظیمات لامپ پس از روشن کردن لامپ ۳۸۸
شکل ۱۱–۱۸ صفحه تنظیمات لامپ پس از تغییر رنگ لامپ ۳۸۹
شکل ۱۲–۱۸ صفحه اتوماسیون خانه هوشمند در برنامه کاربردی موبایل ۳۹۰
شکل ۱۳–۱۸ صفحه داشبورد در برنامه کاربردی موبایل ۳۹۱
شکل ۱–۱۹ نمایی از Arduino Uno ۳۹۳
شکل ۲–۱۹ نمایی از IDE برای Arduino ۳۹۴
شکل ۳–۱۹ پین‌های ماژول HC-05 ۳۹۵
شکل ۴–۱۹ نمایی از برد ZS-040 ماژول HC-05 ۳۹۵
شکل ۵–۱۹ RGB LED کاتد مشترک و آند مشترک ۳۹۶
شکل ۶–۱۹ نمایی از اتصالات MVP کنترل RGB LED با UNO و HC-05 ۳۹۷
شکل ۷–۱۹ اتصالات سخت‌افزاری برای کنترل روشنایی از طریق برنامه اندروید ۳۹۸
شکل ۸–۱۹ MVP کنترل روشنایی لامپ توسط برنامه کاربردی اندروید (۱) ۳۹۸
شکل ۹–۱۹ MVP کنترل روشنایی لامپ توسط برنامه کاربردی اندروید (۲) ۳۹۹
شکل ۱۰–۱۹ MVP کنترل روشنایی لامپ توسط برنامه کاربردی اندروید (۳) ۳۹۹
شکل ۱۱–۱۹ انواع بوردهای مجهز به ماژول ESP8266 ۴۰۰
شکل ۱۲–۱۹ ماژول ESP8266 روی برد ESP01 (مشخص شده با قرمز) ۴۰۱
شکل ۱۳–۱۹ دیاگرام اجزای داخل ESP8266 [350] ۴۰۱
شکل ۱۴–۱۹ پین‌های برد ESP01 و ESP01-S ۴۰۳
شکل ۱۵–۱۹ یک نمونه ماژول USB - TTL برای فلش ESP 8266 روی برد ESP 01 ۴۰۴
شکل ۱۶–۱۹ نمایی از اتصالات EPS8266 به UNO در حالت بوت از فلش برای کنترل RGB LED ۴۰۵
شکل ۱۷–۱۹ اتصالات سخت‌افزاری برای کنترل روشنایی ۴۰۶
شکل ۱۸–۱۹ MVP کنترل روشنایی لامپ توسط برنامه وب (۱) ۴۰۷
شکل ۱۹–۱۹ MVP کنترل روشنایی لامپ توسط برنامه وب (۲) ۴۰۷
شکل ۲۰–۱۹ MVP کنترل روشنایی لامپ توسط برنامه وب (۳) ۴۰۸
شکل ۱–۲۰ خانه هوشمند MEGA [355] ۴۱۴
شکل ۱–۲۱ اجزای تشکیل‌دهنده هزینه عملیاتی ۴۲۰
شکل ۲–۲۱ هزینه‌های محاسبه در هر یک از انواع سود ۴۲۰
شکل ۳–۲۱ دسته‌بندی لوازم خانگی مورد نیاز جهت هوشمندسازی [362] ۴۲۶
شکل ۴–۲۱ مقادیر صرفه‌جویی انرژی در هر یک از بخش‌های خانه هوشمند [362] ۴۲۷
شکل ۱–۰ ساختار کلی خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء ۴۵۸

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۲ ویژگی‌های قابل استفاده Nest App بر روی پلتفرم‌های مختلف ۳۰
جدول ۱-۳- نمونه چارچوب‌های توسعه وب ۷۵
جدول ۲-۳ مقایسه برخی ویژگی‌های تعدادی از چارچوب‌های Golang [105] ۹۲
جدول ۱-۴ تعداد وب‌سایت‌های تولید شده با انواع CMSها [119] ۱۰۲
جدول ۲-۴ – مقایسه کارایی سه خدمت‌دهنده وب [123] ۱۰۵
جدول ۳-۴ تعدادی از خدمات‌دهندگان Git ۱۰۷
جدول ۴-۴ ویژگی‌های طرح‌های رایگان برخی خدمات‌دهندگان Git ۱۰۸
جدول ۱-۵ تاریخچه نسخه‌های مختلف Android [133] ۱۱۲
جدول ۱-۶ مقایسه رویکردهای توسعه بومی، چندسکویی و هیبریدی [138] [147] ۱۲۵
جدول ۲-۶ مقایسه ابزارهای چندسکویی Xamarin، React Native و Flutter [149] ۱۲۷
جدول ۳-۶ مقایسه ابزاهای هیبریدی PhoneGap و Ionic [150] [151] ۱۲۸
جدول ۱-۷ ویژگی‌های برنامه Nest بر روی پلتفرم‌های مختلف ۱۳۱
جدول ۱-۸ تمایز دو فناوری رایانش ابری و اینترنت اشیا [169] ۱۵۵
جدول ۲-۸ سرویس‌های جدید حاصل از ادغام دو فناوری اینترنت اشیا و رایانش ابری [169] ۱۵۷
جدول ۱-۹ تعیین نیازمندی‌های ابری خانه هوشمند ۱۶۴
جدول ۱-۱۰ چند نمونه از سرویس‌های رایگان Azure [217] ۱۹۳
جدول ۲-۱۰ سرویس های رایگان ابر آروان [225] ۲۰۵
جدول ۳-۱۰ هزینه سرویس های ابر آروان [225] ۲۰۵
جدول ۴-۱۰ مشتریان سرویس‌های ابری بکتوری [227] ۲۱۱
جدول ۱-۱۱ تطبیق سرویس‌های ابری مورد نیاز خانه هوشمند با قابلیت‌های عرضه‌کنندکان سرویس ابری در داخل کشور ۲۲۲
جدول ۱-۱۲ مقایسه مشخصات سخت‌افزاری انواع بوردهای خانواده رزبری‌پای ۲۲۶
جدول ۲-۱۲ انواع بورد رزبری‌پای و تجهیزات جانبی قابل تهیه در ایران [235] ۲۳۲
جدول ۳-۱۲ مقایسه مشخصات سخت‌افزاری انواع بوردهای خانواده آردوینو [237] ۲۳۶
جدول ۴-۱۲ نمونه‌هایی از بورد آردوینو و تجهیزات جانبی قابل تهیه در ایران [235] ۲۴۲
جدول ۵-۱۲ مقایسه پروتکل‌های پشتیبانی شده DKهای مختلف شرکت Nordic [241] ۲۴۶
جدول ۶-۱۲ نمونه‌هایی از ماژول‌های شرکت‌های ثالث بر مبنای چیپ‌های Nordic [242] ۲۴۸
جدول ۷-۱۲ مقایسه بین برخی محیط‌های برنامه‌نویسی و توسعه برای سخت‌افزارهای nRF ۲۵۲
جدول ۸-۱۲ انواع بورد رزبری‌پای و تجهیزات جانبی قابل تهیه در ایران [235] [243] [244] ۲۵۲
جدول ۱-۱۴ مشخصات دو نمونه از Embedded PCهای شرکت Dell (قابل استفاده در دروازه اینترنت اشیا) [298] ۲۹۹
جدول ۱-۱۵ مقایسه ویژگیهای ارتباطات بیسیم و با سیم به طور کیفی ۳۰۵
جدول ۲-۱۵ باندهای فرکانسی مورد استفاده در RFID و حداکثر برد در هر کدام [312] ۳۱۰
جدول ۳-۱۵ مقایسه تعدادی از فناوریهای سلولی [324] ۳۲۵
جدول ۴-۱۵ مقایسه فناوریهای کاربردی در خانه هوشمند بر مبنای اینترنت اشیا ۳۲۶
جدول ۱-۱۶ فاکتورهای مورد نیاز در انتخاب پروتکل لایه کاربرد برای وسایل خانه هوشمند ۳۳۶
جدول ۲-۱۶ مقایسه ویژگی‌های نسخه‌های ۱.۱ و ۲.۰ از HTTP ۳۳۹
جدول ۳-۱۶ انواع داده‌ها برای پیام‌های CoAP [338] ۳۴۵
جدول ۴-۱۶ انرژی مصرفی HTTP/1.1 و CoAP در حالت Pull [339] ۳۴۶
جدول ۵-۱۶ انرژی مصرفی HTTP/1.1 و CoAP در حالت Push [339] ۳۴۶

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

جدول ۱-۱۹ مشخصات ESP8266 [351] ۴۰۱
جدول ۱-۲۰ محرک‌های فنی و اقتصادی خانه هوشمند از نظر مردم کشورهای انگلستان، آلمان و ایتالیا [354] ۴۱۳
جدول ۲-۲۰ موانع فنی و اقتصادی خانه هوشمند از نظر مردم کشورهای انگلستان، آلمان و ایتالیا [354] ۴۱۳
جدول ۳-۲۰ تجهیزات تعبیه‌شده برای صرفه‌جویی انرژی در خانه هوشمند MEGA [355] ۴۱۴
جدول ۴-۲۰ پیش‌بینی تأثیرات سیاست‌های بهره‌وری انرژی اتحادیه اروپا تا سال ۲۰۳۰ [356] ۴۱۵
جدول ۵-۲۰ پیش‌بینی مزایای افزایش بهره‌وری انرژی برای ساکنان خانه [356] ۴۱۶
جدول ۶-۲۰ سناریوهای تعریف‌شده جهت شبیه‌سازی [356] ۴۱۶
جدول ۱-۲۱ هزینه‌ها و درآمدهای خانه هوشمند ۴۲۳
جدول ۲-۲۱ هزینه وسایل و سیستم‌های خانه هوشمند ۴۲۳
جدول ۳-۲۱ نمونه‌ای از تعرفه مشترکین خانگی [360] ۴۲۵
جدول ۴-۲۱ برق مصرفی مشترکین در سال‌های ۹۷ و ۹۸ [361] ۴۲۵
جدول ۱-۲۲ نقاط قوت، چالش‌ها، فرصت‌ها و تهدیدات خانه هوشمند ۴۴۴

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

مقدمه

در اینترنت اشیا، شبکه‌ای از اشیا به منظور تبادل داده و کنترل، به یک چارچوب ارتباطی مشترک متصل هستند. اشیاء موجود در این شبکه به حسگرها، عملگرها و فناوری‌های ارتباطی و محاسباتی مجهز هستند و می‌توانند اطلاعاتی شامل وضعیت و شرایط محیط را دریافت کرده و برای یکدیگر ارسال کنند. به این ترتیب با استفاده از اینترنت اشیا داده‌های جامع و دقیق‌تری از تجهیزات و محیط کسب می‌شود که با کمک اطلاعات حاصل از آن‌ها می‌توان تصمیم‌گیری‌های بهینه برای مدیریت سیستم‌ها انجام داد.

یکی از کاربردهای اینترنت اشیا در پیاده‌سازی خانه‌های هوشمند است. خانه هوشمند یک محیط زندگی هوشمند برای زندگی روزمره فراهم می‌کند. در خانه هوشمند حسگرها، عملگرها، تجهیزات و لوازم خانگی هوشمند می‌توانند از طریق یک شبکه ارتباطی به اینترنت متصل شوند و به این ترتیب از راه دور مورد نظارت و کنترل قرار گیرند. همچنین با تحلیل هوشمندانه داده‌های خانه و ساکنان آن، خدمات هوشمندانه‌ای توسط خانه به ساکنان‌اش ارائه می‌شود که می‌تواند در افزایش کیفیت زندگی، راحتی، ایمنی، امنیت و صرفه‌جویی در مصرف انرژی مؤثر باشد.

گزارش حاضر به توصیف خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در قالب هفت بخش و بیست و سه فصل می‌پردازد. بخش اول به بررسی پیشینه کارهای انجام‌شده در حوزه خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا اختصاص یافته است. به این منظور فصل اول این گزارش شامل بررسی مفهوم خانه هوشمند، تعیین مزایا و چالش‌های خانه هوشمند است و فصل دوم گزارش به بررسی محصولات تجاری خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا و پیشنهادات شرکت‌های تجاری بزرگ در این زمینه می‌پردازد.

بخش دوم این گزارش به بررسی روش‌های تعامل با کاربر و همچنین استخراج نیازمندی‌های خانه هوشمند می‌پردازد. این بخش شامل فصل‌های ۳ تا ۷ است. در فصل سوم سکوها و چارچوب‌های توسعه وب مورد بررسی قرار گرفته‌اند. ابزارهای توسعه وب نیز در فصل چهارم مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. در فصل پنجم گزارش سکوهای توسعه برنامه کاربردی موبایل مورد بررسی قرار گرفته و ابزارهای توسعه برنامه کاربردی موبایل در فصل ششم ارائه شده‌اند. فصل هفتم به بررسی نمونه‌هایی از برنامه‌های کاربردی خانه هوشمند می‌پردازد.

در بخش سوم گزارش سکوی ابری خانه هوشمند بررسی می‌شود. این بخش شامل فصل‌های ۸ تا ۱۱ است. فصل هشتم به بررسی نقش و وظایف ابر در کاربردهای اینترنت اشیا تخصیص یافته است. نقش و وظایف ابر در خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در فصل نهم مورد مطالعه قرار گرفته است. در فصل دهم گزارش، تعدادی از شرکت‌های داخلی و خارجی ارائه‌دهنده خدمات ابری معرفی شده و سرویس‌های ارائه‌شده توسط آنها بررسی شده است. در فصل یازدهم سرویس‌های ابری مورد نیاز خانه هوشمند استخراج شده و مواردی از آنها که توسط ارائه‌دهندگان سرویس‌های ابری داخلی قابل فراهم‌سازی است، مشخص شده است. به منظور تأمین سایر سرویس‌ها لازم است ابر سازمانی تشکیل داده شود.

بخش چهارم گزارش نحوه جمع‌آوری داده و کنترل اشیا در خانه هوشمند را مورد مطالعه قرار می‌دهد. این بخش شامل فصل‌های ۱۲ تا ۱۶ است. در فصل دوازدهم به بررسی چند خانواده از بوردهای اینترنت اشیا شامل بوردهای رزبری‌پای، آردوینو و nRF پرداخته شده است. در فصل سیزدهم حسگرها و عملگرهای مورد نیاز در خانه هوشمند به تفکیک زیرسیستم‌های خانه ارائه شده است. فصل چهاردهم به بررسی دروازه خانه هوشمند و وظایف آن می‌پردازد. فناوری‌های بی‌سیم مطرح در اینترنت اشیا و قابلیت استفاده از آنها در خانه هوشمند در فصل پانزدهم مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. فصل شانزدهم به معرفی پروتکل‌های لایه کاربرد اینترنت اشیا و ویژگی‌های آنها پرداخته و موارد کاربرد هر پروتکل در خانه هوشمند مشخص شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

بخش پنجم این گزارش در قالب فصل‌های ۱۷ تا ۱۹ به طراحی معماری خانه هوشمند و ساخت یک نمونه MVP می‌پردازد. فصل هفدهم به شرح Prototype وب خانه هوشمند می‌پردازد. Prototype برنامه موبایل خانه هوشمند در فصل هجدهم معرفی شده است. در فصل نوزدهم MVP ایجاد شده برای کنترل LED از طریق برنامه موبایل و برنامه وب شرح داده شده است.

بخش ششم گزارش به تحلیل اقتصادی خانه هوشمند تخصیص یافته است. این بخش شامل فصل‌های ۲۰ تا ۲۲ می‌باشد. فصل بیستم شامل بررسی مقالات و پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه تحلیل اقتصادی خانه هوشمند با هدف آشنایی با روند انجام تحلیل اقتصادی است و فصل بیست و یکم گزارش به بررسی مفاهیم تحلیل اقتصادی و سپس جمع‌آوری اطلاعاتی در زمینه هزینه‌ها و درآمدهای خانه هوشمند و امکان‌سنجی انجام تحلیل با اطلاعات موجود می‌پردازد. در فصل بیست و دوم گزارش نقاط قوت و ضعف، فرصت‌ها و ریسک‌های اقتصادی خانه هوشمند بررسی می‌شود.

بخش هفتم گزارش شامل فصل ۲۳ بوده و به بررسی پیشنهادهایی برای پروژه‌های آتی در زمینه خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا اختصاص یافته است.

این گزارش با همکاری افراد زیر تهیه شده است:

- مهندس فرزانه مرتضوی– مدیر پروژه
- مهندس آروین قطبو– همکار پروژه
- مهندس الهه حبیبی– همکار پروژه
- مهندس مهرنوش عابدی– همکار پروژه
- مهندس یحیی سلیمی خلیق– همکار پروژه
- دکتر محسن ظهیر– همکار پروژه
- مهندس فائزه قلی‌پور– همکار پروژه

خانم مهندس شیدا سیدفرشی مجری پروژه و آقای مهندس بهزاد دایمی نظارت پروژه را بر عهده داشته‌اند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

بخش اول

معرفی خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل اول

تعریف خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء و مزایا و چالش‌های آن

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱-۱ مقدمه

خانه هوشمند یک کاربرد از محاسبات فراگیر[1] است که در آن مدیریت خانه به صورت هوشمندانه صورت می‌گیرد و مواردی مانند راحتی، سلامت، ایمنی، امنیت و حفاظت از انرژی در خانه را مورد توجه قرار می‌دهد. درواقع خانه هوشمند از دو دیدگاه کاربر–محور و سیستم–محور قابل بررسی است که در دیدگاه کاربر–محور راحتی و آسایش ساکنین خانه و در دیدگاه سیستم–محور کارایی سیستم ساختمان مورد توجه قرار می‌گیرد. رویکرد کاربر–محور به خانه‌های هوشمند در نیمه اول قرن بیستم آغاز شد و طی دهه‌ها تکامل یافت. رویکرد سیستم–محور با پیشرفت فناوری اطلاعات و ارتباطات و ظهور زیرساخت‌های هوشمندانه انرژی پدید آمد [1].

در طول دهه گذشته، پیشرفت چشمگیری در ساخت دستگاه‌های هوشمندی که می‌توانند به اینترنت متصل شده و با استفاده از برنامه‌های کاربردی از راه دور کنترل شوند، حاصل شده است. این پیشرفت‌ها، در تحقق شبکه اینترنت اشیاء (IoT[2]) مؤثر بوده است. اینترنت اشیاء این امکان را فراهم کرده تا اشیاء بتوانند با هم در تعامل بوده و خدماتی را در هر جا و هر زمانی، به یکدیگر ارائه کنند. از طرفی ظهور فناوری رایانش ابری، منجر به مطرح شدن راهکارهای مبتنی بر اینترنت اشیاء ابر–محور برای توسعه خانه هوشمند شده است [2].

در این فصل، ابتدا تعریف خانه هوشمند ارائه شده، سپس مزایا و چالش‌های خانه هوشمند مورد بررسی قرار می‌گیرد. پس از آن به مطالعه و بررسی نمونه‌هایی از راهکارهای طراحی و پیاده‌سازی خانه هوشمند در پژوهش‌های علمی پرداخته می‌شود.

۱-۲ تعریف خانه هوشمند

تعاریف زیادی از خانه هوشمند در مقالات و پژوهش‌ها ارائه شده است، اما می‌توان این تعاریف را به دو دسته اصلی تقسیم کرد: تعاریف کاربر–محور و تعاریف سیستم–محور. دیدگاه کاربر–محور بر روی خانه هوشمند به عنوان یک خانه و آنچه که می‌تواند برای ساکنان‌اش انجام دهد، تمرکز می‌کند. نمونه‌ای از تعریف کاربر–محور خانه هوشمند به شرح زیر است: [3]

«خانه هوشمند یک محل اقامت مجهز به شبکه ارتباطی، حسگرهای متصل، دستگاه‌ها و لوازم خانگی است که می‌توان از راه دور به آن نظارت و دسترسی داشت و آن را کنترل کرد و متناسب با نیازهای ساکنان‌اش خدماتی را ارائه می‌دهد.» [4]

تعاریف سیستم–محورِ خانه هوشمند، بر ساختمان (بدون توجه به ساکنان آن) و ارتباطات آن با سیستم‌های انرژی متمرکز هستند. نمونه‌ای از این تعاریف توسط مؤسسه BPIE[3] به صورت زیر ارائه شده است:

«ساختمان هوشمند هسته یک سیستم انرژی بدون کربن است که با صرفه‌جویی در مصرف انرژی و همچنین تولید، ذخیره و عرضه انرژی به صورت کارآمد و منعطف عمل می‌کند.» [5]

نقطه اشتراک تعاریف ارائه شده بر اساس دو دیدگاه کاربر–محور و سیستم–محور، اتصال دستگاه‌ها و لوازم خانگی به یکدیگر و امکان دسترسی به اطلاعات آنها و کنترل آنها از راه دور است.

زمانی که درباره خانه‌های هوشمند صحبت می‌کنیم لازم است تعریف مناسبی از هوشمند بودن ارائه بدهیم. به عبارتی پاسخ این سوال که چه‌چیزی یک خانه هوشمند را از خانه‌هایی که اغلب ما در آنها زندگی می‌کنیم متمایز می‌کند بپردازیم. هوشمند بودن در موضوع محیط‌های هوشمند و محاسبات فراگیر شامل چهار مشخصه اصلی به شرح زیر است:

۱- محیط بتواند از داده‌های حسگرها برای ارزیابی وضعیت جاری جهان پیرامون استفاده کند (مثلاً اگر یک حسگر تشخیص حرکت فعال شد، به این معنا است که کسی در حال راه رفتن در نزدیکی آن است).

[1] Ubiquitous Computing
[2] Internet of Things
[3] Building Performance Institute Europe

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲- محیط بتواند وضعیت فعلی خود را با در نظر گرفتن فاکتورهای مختلفی فوراً ارزیابی کند (مثلاً اگر تعداد زیادی از افراد دور میز حضور داشته باشند، سیستم بتواند این وضعیت را این‌گونه تعبیر کند که احتمالاً زمان صرف ناهار یا شام است).
۳- محیط بتواند قصد و تصمیم کاربر را با ارزیابی وضعیت از نقطه‌نظر خود پیش‌بینی کند (مثلاً اگر حسگرهای تشخیص حرکت که به ترتیب در طول مسیری قرار گرفته‌اند، فعال شدند به این معنا است که کاربر در حال حرکت در آن مسیر است و کاربر می‌خواهد که مسیر حرکتش روشن شود).
۴- محیط بتواند با توجه به فرضیاتی که درباره قصد و هدف کاربر داشته است، اقداماتی را به صورت پیشاپیش انجام دهد (مثلاً سیستم تصمیم بگیرد که قبل از عبورِ کاربر چراغ‌ها را روشن کند).

می‌توان محیط هوشمند را به صورت یک عامل هوشمند[1] در نظر گرفت که بتواند وضعیت خانه، تعداد ساکنین و محیط اطراف خود را با استفاده از حسگرها ارزیابی کند و با استفاده از عملگرها در محیط به شکلی عمل کند که سنجه‌های کارایی تعریف‌شده را بهینه کند. در خانه هوشمند باید سنجه‌های کارایی مانند میزان راحتی و بهره‌وری ساکنان حداکثر شود و سنجه‌های مانند هزینه‌های عملیاتی (مانند هزینه انرژی) حداقل گردد.

برای اینکه یک سیستم، هوشمند محسوب شود باید قابل سفارشی‌سازی، تطبیق‌پذیر، قابل پیش‌بینی و آگاه به شرایط محیط باشد. ویژگی اصلی خانه هوشمند، توانایی در پاسخگویی به نیازهای ساکنان خانه است. لازم است میان دو مفهوم هوشمندی و اتوماسیون در خانه هوشمند تفاوت قائل شویم. اتوماسیون زیرمجموعه‌ای از هوشمندسازی است و سالهاست که مردم از روش‌های اتوماسیون (مانند ترموستات‌ها، ماشین لباس‌شویی و ...) استفاده می‌کنند. تمرکز اتوماسیون بر مدیریت تعداد محدودی شیء است. از طرف دیگر، هوشمندی با داشتن یک تصویر بزرگ‌تر از کل محیط، از طریق دستگاه‌ها و حسگرهایی که به هم متصل شده‌اند، تعریف می‌شود و بنابراین می‌تواند با توجه به وضعیت کنونی سیستم و پیشینه دانش در مورد ساکنان خانه، تصمیم‌گیری بهتری داشته باشد [2].

۳-۱ مزایای خانه هوشمند

از جمله مزایای خانه هوشمند می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- افزایش امنیت

خانه های هوشمند مجهز به سیستم‌های امنیتی پیشرفته با دوربین، حسگرهای باز و بسته شدن درب و پنجره و حسگرهای حرکتی، قفل‌های هوشمند، آژیر و همچنین ارتباط با ایستگاه پلیس هستند که این موارد امنیت خانه را افزایش می‌دهند.

- افزایش ایمنی

نصب حسگرهای دود، گاز، حرارت و آژیرهای مرتبط و عملگرهای[2] اطفاء حریق و کنترل و بررسی مداوم آنها توسط سیستم خانه هوشمند باعث افزایش سطح ایمنی می‌شود.

- آسایش و راحتی

در خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء کنترل و نظارت بر گرمایش، روشنایی و لوازم برقی خانه به راحتی و از طریق برنامه موبایل یا وب و از راه دور امکان‌پذیر می‌شود. همچنین می‌توان عملکردهای خانه را از در هر نقطه از

[1] Intelligent Agent
[2] Actuator

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

دنیا که دسترسی به اینترنت وجود داشته باشد، مدیریت کرد. از طرف دیگر، خانه هوشمند با فراهم کردن امکاناتی مانند دستیارهای صوتی کنترل لوازم خانه را راحت‌تر کرده و دسترس‌پذیری را افزایش می‌دهد.

- صرفه‌جویی در مصرف انرژی

یکی از مزایای ملموس خانه هوشمند، امکاناتی است که برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی فراهم می‌کند. دستگاه‌های اینترنت اشیاء در خانه هوشمند با فراهم کردن اطلاعات از میزان مصرف انرژی و نظارت و کنترل بر لوازم برقی موجود در خانه در حین صرفه‌جویی در انرژی، بهره‌وری و توان را نیز بهبود می بخشند. برای مثال، سیستم‌های روشنایی خانه هوشمند امکان کنترل خودکار روشنایی را با استفاده از لامپ‌های LED فراهم می‌کنند. به این ترتیب زمانی که کسی در اتاق حضور ندارد، چراغ‌ها را خاموش می‌کنند. همچنین سیستم‌های تهویه مطبوع خانه هوشمند می‌توانند دما و رطوبت داخلی را تنظیم کنند و محیطی راحت با کمترین مصرف انرژی را فراهم کنند.

- بهره‌وری

در یک خانه معمولی، موارد زیادی وجود دارند که به صورت روزانه اتفاق می‌افتد و باعث کاهش بهره‌وری خانه می‌شوند. یک نمونه از این موارد می‌تواند تهویه مطبوع در خانه‌ای باشد که تمام پنجره‌های آن باز است. نمونه دیگر روشن بودن چراغ‌ها در اتاقی است که کسی در آن حضور ندارد. درحقیقت انسان‌های امروز با مشغله‌های فراوانی روبرو هستند و در بسیاری از مواقع از توجه به این چیزهای کوچک غافل می‌شوند، اما برای یک خانه هوشمند پیگیری و مدیریت این موارد کار بسیار ساده‌ای است [6] [7].

۱-۴ چالش‌های خانه هوشمند

در این بخش چالش‌های خانه هوشمند شامل چالش‌های امنیت و حریم خصوصی، چالش‌های مرتبط با داده، ارتباطات، همکارپذیری، قابلیت اطمینان، قابلیت استفاده و هزینه‌های هوشمندسازی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۴-۱ چالش‌های امنیت و حریم خصوصی

به‌طور کلی، خانه هوشمند در برابر دو دسته از تهدیدات آسیب‌پذیر است: تهدیدات داخلی و خارجی. تهدیدات داخلی زمانی ممکن می‌شوند که مجرم سایبری در نزدیکی خانه قرار داشته باشد، درحالی‌که تهدیدات خارجی از طریق اتصال اینترنت صورت می‌گیرند. در هر صورت، هدف مهاجم، به مخاطره انداختن زیرساخت خانه هوشمند، افشای اطلاعات به افراد غیرمجاز و یا دسترسی به اطلاعات ذخیره‌شده با استفاده از خدمات ابری است [2]. حملاتی که در فضای سایبری صورت می‌گیرند به دو دسته حملات فعال[1] و حملات غیرفعال[2] تقسیم می‌شوند. در حملات غیرفعال، مهاجم تلاش می‌کند تا بدون اینکه تأثیری بر منابع سیستم بگذارد، اطلاعاتی از سیستم به دست آورد. در این حملات، مهاجم اطلاعات سیستم را به‌دست آورده، بر آن نظارت کرده و پیام‌های بین کلاینت و سرور را بدون تغییر انتقال می‌دهد، هرچند، از این پیام‌ها اطلاعاتی به دست می‌آورد. این گونه از حملات به‌سختی تشخیص داده می‌شوند زیرا داده‌ها را تغییر نمی‌دهند. حملات فعال، برخلاف دسته قبل، به دنبال تغییر منابع یا عملیات سیستم هستند. این حملات شامل تغییر اطلاعات، تأثیر بر عملکردهای سیستم و تلاش برای دسترسی غیرمجاز به منابع سیستم می‌شوند [8].

نمونه‌هایی از تهدیدات امنیتی خانه هوشمند به شرح زیر است:

- شنود[3]

[1] Active Attack
[2] Passive Attack
[3] Eavesdropping

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

اگر مهاجم بتواند به مسیریاب قربانی دسترسی پیدا کند، می‌تواند ترافیک ورودی و خروجی خانه را شنود کند و حریم خصوصی و اطلاعات محرمانه ساکنان خانه را به مخاطره اندازد. اگر مهاجم در نزدیکی خانه قرار داشته باشد، می‌تواند با استفاده از سخت‌افزار خاصی پیام‌های ارسالی از حسگرها و دستگاه‌های مختلف (که اغلب با استفاده از فناوری‌های بی‌سیم ارسال می‌شوند) را شنود کند و اطلاعات ارزشمندی درباره عادت‌های قربانی به دست آورد. این موارد اغلب تهدیدات غیرفعال هستند، هرچند مهاجم می‌تواند با استفاده از این اطلاعات، حملات فعال بعدی را برنامه‌ریزی کند [2].

- جعل هویت[1]

این نوع از تهدید زمانی رخ می‌دهد که مهاجم با استفاده از اعتبارنامه[2] قربانی یا با اجرای حمله فرد در میانه[3] سعی کند که بجای کاربر مجاز عمل کند. در این نوع از حمله ممکن است دسترسی به اطلاعات کاربری ساکنان خانه از طریق شنود صورت گیرد و مهاجم می‌تواند با تغییر دادن یا اجرای مجدد درخواست‌ها در شبکه، فعالیت‌های مخرب را انجام دهد [2].

با توجه به اینکه در بسیاری از خانه‌های هوشمند از واسط کاربری صوتی (VUI[4]) برای کنترل دستگاه‌ها استفاده می‌شود، VUI یکی از اهداف حمله جعل هویت است. برای جعل هویت در واسط کاربری صوتی، روش‌هایی مانند استفاده از صدای ضبط‌شده کاربر مجاز یا استفاده از سیگنال‌های صوتی جعلی به‌کار می‌روند [9].

- بهره‌برداری از نرم‌افزار[5]

این نوع حمله عمدتاً به دلیل سهل‌انگاری کاربران است که اقدامات امنیتی اولیه را انجام نمی دهند. برای مثال، بسیاری از کاربران، دستگاهی (مسیریاب، حسگر و ...) را در خانه هوشمند خود نصب می‌کنند اما کلمه عبور پیش‌فرض آن را تغییر نمی‌دهند. وب‌سایت insecam.com یک نمونه بارز از تعداد زیادی دوربین نظارتی فعال است که بدون تغییر کلمه عبور پیش‌فرض خود عمل می‌کنند و می‌توانند به‌راحتی توسط هر شخصی مورد سوءاستفاده قرار گیرند. یکی دیگر از آسیب‌پذیری‌هایی که در این دسته قرار می‌گیرد، نتایج عدم بروزرسانی نرم‌افزارها و نصب نکردن وصله‌های امنیتی آنها است که به مجرمین اجازه می‌دهد تا از آسیب‌پذیری‌های دستگاه‌ها استفاده کرده و بتوانند به دستگاه دسترسی راهبری داشته باشند و آن را تحت کنترل خود در آورند [2].

- حمله منع خدمت (DoS[6])

این حمله زمانی رخ می‌دهد که مهاجم با ارسال درخواست‌های متعدد همزمان به یک دستگاه یا با ارسال پیام‌های خراب که دستگاه نتواند آنها را پردازش کند، عملکرد نرمال حسگر، دستگاه یا مسیریاب را مختل کند. به این ترتیب، مهاجمان می‌توانند اتصال به اینترنت در خانه هوشمند را مختل کرده و دسترسی کاربر به خانه از طریق اینترنت را ناممکن سازند [2].

- حمله باج‌افزار[7]

نوع جدیدی از حملات سایبری است که در آن مهاجم به دستگاه‌های قربانی دسترسی پیدا می‌کند، اطلاعات ذخیره‌شده در آنها را با یک کلید رمزگذاری کرده و سپس برای در اختیار گذاشتن کلید رمز، درخواست باج می‌کند [2].

---

[1] Impersonation
[2] Credentials
[3] Man In The Middle Attack
[4] Voice User Interface
[5] Software Exploitation
[6] Denial of Service
[7] Ransomware

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- حمله اختلال[1] در لایه فیزیکی

یکی از تهدیدهای مهم در لایه فیزیکی خانه هوشمند حمله اختلال است. هدف این حمله، ایجاد اختلال در ارتباط بین تجهیزات هوشمند و هاب می‌باشد. مهاجم برای رسیدن به این هدف، از یک منبع رادیویی با توان بالا (اخلال‌گر[2]) برای حذف سیگنال‌های بی‌سیم با فرکانس کاری مشابه شبکه استفاده می‌کند. در بدترین حالت، این حمله می‌تواند تمام ارتباطات خانه هوشمند را تحت تأثیر قرار دهد. تجهیزات هوشمندی که تحت تأثیر این حمله قرار می‌گیرند با توجه به ناپایداری شبکه ناچارند بسته‌های ارتباطی زیادی را ارسال کنند، در نتیجه باطری این تجهیزات به سرعت خالی می‌شود [9].

۲-۴-۱ چالش‌های مرتبط با مدیریت داده

خانه هوشمند می‌تواند انواع مختلفی از داده‌ها را تولید کند و از انواع سیستم‌های خودکار و پیشرفته استفاده کند.
تجهیزات خانه هوشمند داده‌های خود را در فرمت‌های مختلفی تولید یا ذخیره می‌کنند و از روش‌های دسترسی متفاوتی استفاده می‌کنند. نمونه‌هایی از داده‌های تولید شده توسط خانه هوشمند به شرح زیر است:

- داده‌های مرتبط با امنیت و کنترل دسترسی درب‌ها و راه‌های ورودی خانه و log مربوط به ورود و خروج از آنها
- جریان داده مرتبط با دوربین‌های مبتنی بر IP
- داده‌های مربوط به مصرف برق
- داده‌های لوازم خانگی مانند تهویه مطبوع هوشمند، تصفیه‌کننده هوا، ماشین لباسشویی و غیره
- داده‌های هشدارهای ایمنی
- داده‌های مرتبط با سلامت هوشمند

پیش‌بینی می‌شود که هر خانه هوشمند در طول هفته حداقل یک گیگابایت داده تولید می‌کند که در طول زمان (مثلاً با گذشت پنج سال) حجم این داده‌ها افزایش می‌یابد و نیاز است استراتژی مناسبی در راستای مدیریت این داده‌ها اتخاذ شود [10]. در ادامه به بررسی چالش‌های مدیریت داده‌های خانه هوشمند پرداخته می‌شود:

- ذخیره‌سازی داده

دستگاه‌ها و حسگرهای خانه هوشمند داده‌های زیادی تولید می‌کنند. بنابراین لازم است راهکار مناسبی برای ذخیره‌سازی این داده‌ها اتخاذ شود. از جمله راهکارهای موجود می‌توان به ذخیره‌سازی داده‌های خام، ذخیره‌سازی مبتنی بر رویداد، ذخیره‌سازی داده‌های سطح بالا و ذخیره‌سازی رفتارهای سطح بالا اشاره کرد.
منظور از ذخیره‌سازی داده‌های خام جمع‌آوری مستقیم داده‌هایی که از حسگرهای مختلف ارسال می‌شوند، است. این کار دو مزیت عمده دارد: اول اینکه پیاده‌سازی آن بسیار ساده است چون نیاز به پیش‌پردازش داده‌ها قبل از ذخیره‌سازی آنها نیست. دومین مزیت ذخیره داده های خام، اطلاعاتی است که باقی می‌ماند. از آنجا که هیچ تغییری انجام نشده است، تمام اطلاعات موجود در داده‌ها حفظ می‌شود. علی‌رغم این مزایا، در این روش نیاز به ذخیره‌سازی حجم بسیار زیادی از داده وجود دارد که بخش بزرگی از آنها از اطلاعات بی‌فایده و تکراری تشکیل شده است.
در ذخیره‌سازی مبتنی بر رویداد، بجای ذخیره‌سازی داده‌های خامِ حسگرها فقط تغییر وضعیت آنها ثبت می‌شود. برای مثال، اگر حسگر حرکت مقدار صفر را برگرداند (حرکتی تشخیص داده نشود) و سپس یک مقدار یک خوانده شود، یک رویداد تشخیص حرکت در پایگاه داده ثبت می‌شود. از آنجایی که در این روش داده‌های تکراری حذف می‌شوند، این روش نسبت به ذخیره‌سازی داده‌های خام نیاز به فضای ذخیره‌سازی کمتری دارد. در این روش خطر از دست دادن

[1] Jamming Attack
[2] Jammer

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

اطلاعات برای حسگرهای ساده محدود است، اما در فناوری‌های حسگری پیچیده‌تر مانند حسگرهای فراصوت و لیزر امکان از دست دادن داده‌ها وجود دارد. زیرا مقدار این حسگرها در هر بار قرائت متفاوت است بنابراین تعریف رویداد برای آنها مشکل است و لازم است آستانه‌ای مناسب برای قرائت آنها تنظیم شود که باعث افزایش خطر از دست دادن اطلاعات می‌شود.

روش سوم ذخیره‌سازی اطلاعات سطح بالا است. ایده این روش، این است که داده‌های خام تفسیر شده و اطلاعات باارزش‌تری از آنها استخراج می‌شود. برای مثال بجای ذخیره‌سازی اینکه حسگر حرکت فعال شده است (رویداد)، با استفاده از روش‌های مکان‌یابی[1] موقعیت فرد تشخیص داده شود. مزیت اصلی این روش این است که به علت تفسیر و تبدیل اطلاعات، حجم اطلاعات ذخیره‌شده نسبت به روش‌های قبلی کاهش چشمگیری می‌یابد. مهم‌ترین عیب این روش این است که وابسته به فناوری است که از آن بهره‌برداری می‌کند و خطر زیادی برای حذف اطلاعات در زمانی‌که داده‌ها را تفسیر و تبدیل می‌کند وجود دارد.

روش چهارم، ذخیره‌سازی رفتارهای سطح بالا است. در این روش، تلاش می‌شود تا رفتارهایی که بخشی از فعالیت‌های زندگی روزمره[2] ساکنان خانه هستند، تشخیص داده شوند. بنابراین، بجای تمرکز مستقیم بر داده، فقط رفتارهای مهم ساکنان خانه ثبت می‌شود. برای مثال، اگر حسگر تشخیص حرکت اتاق نشیمن حرکتی را تشخیص داد و تحلیلگر هوشمند انرژی الگوی بار مرتبط با تلویزیون را نشان داد، اطلاعات که ذخیره می‌شود شامل «روشن کردن تلویزیون» مرتبط با فعالیت روزانه «تماشای تلویزیون» است. مزیت این روش کاهش زیاد حجم داده است و اشکال آن پیچیدگی زیاد تشخیص رفتارهای سطح بالا است [11].

- چالش‌های داده‌کاوی

داده‌کاوی مجموعه‌ای از روش‌ها و الگوریتم‌ها است که امکان کاوش و تحلیل مجموعه داده‌ها را فراهم می‌کند. داده‌کاوی از ابزارهایی مانند آمار، هوش مصنوعی و پایگاه داده برای یافتن الگوها، ارتباطات و قوانین حاکم بر مجموعه‌های داده استفاده می‌کند. با مطرح شدن بحث کلان‌داده‌ها، علم داده‌کاوی با چالش‌های جدیدی مواجه می‌شود. یکی از این چالش‌ها، نبودن ظرفیت کافی برای بارگذاری تمام داده‌ها در حافظه RAM کامپیوتر است. به این علت، روش‌های کلاسیک داده‌کاوی برای کلان‌داده‌ها قابل استفاده نیستند و باید منطبق با آنها تغییر داده شوند. تحقیقات گسترده‌ای در این راستا در حال انجام است. برای مثال تعدادی از پژوهشگران بر روی موازی‌سازی الگوریتم‌ها برای بارگذاری داده بر روی RAM کلاستری از کامپیوترها کار می‌کنند. تعدادی دیگر به دنبال استفاده از روش‌های نمونه‌برداری از داده هستند از آنجایی‌که کلان‌داده چارچوبی با تراکم اطلاعاتی پایین است، نمونه‌برداری از آن چالش‌برانگیز است. این مسئله در خانه هوشمند نیز وجود دارد. اگر داده ها مستقیماً از حسگرها بدون هیچ تغییری جمع‌آوری شوند، تکرار زیادی وجود دارد و فقط درصد کمی از آنها ممکن است جالب باشند.

از طرف دیگر، با توجه به بزرگ بودن حجم داده، زمان زیادی برای پردازش آن لازم است. الگوریتم‌های کلاسیک داده‌کاوی روشی برای بازبینی مدل‌های آموخته شده بر اساس داده‌های جدید ندارند. در حال حاضر، هر بار که نیاز به یکپارچه‌سازی و افزودن داده‌های جدید به سیستم باشد، فرآیند داده‌کاوی مجدداً تکرار می‌شود. بنابراین برای کلان‌داده‌ها نمی‌توان از روش‌های کلاسیک استفاده کرد و لازم است الگوریتم‌های جدیدی توسعه داده شوند که بتوانند مدل‌های آموخته شده را با ورود داده‌های جدید به سیستم، بهبود داده و به‌کار گیرند [11].

- حفظ حریم خصوصی داده‌ها

[1] Localization
[2] Activities of Daily Living (ADL)

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

برای تحلیل داده خانه هوشمند لازم است محیطی فراهم شود که در حین جمع‌آوری، انتقال و ذخیره‌سازی داده، حفظ امنیت و حریم خصوصی داده‌ها را تضمین کند درحالی‌که به کیفیت و دسترسی‌پذیری داده‌ها نیز خدشه‌ای وارد نکند. به منظور حفظ حریم خصوصی داده‌ها از روش‌هایی مانند پنهان‌سازی داده‌ها و رمزگذاری استفاده می‌شود. در روش پنهان‌سازی داده‌ها، ارتباطات بین داده‌های شخصی و سایر داده‌ها مخفی می‌شود. برای مثال اطلاعات اعضای خانواده را می‌توان از طریق کدگذاری یا رمزگذاری پنهان کرد تا از شناسایی مستقیم اطلاعات شخصی جلوگیری شود. یکی از روش‌های حفاظت از اطلاعات قطعه‌بندی داده‌ها[1] است. در این روش داده‌ها به دسته‌هایی مانند اطلاعات سلامت و مراقبت بهداشتی، وضعیت امنیت خانه و مدیریت انرژی تقسیم‌بندی می‌شوند تا بتوان پردازش توزیع‌شده را از طریق بایگانی و تجزیه و تحلیل غیرمتمرکز پیاده‌سازی کرد. یکی دیگر از راهکارهای حفظ حریم خصوصی استفاده از فناوری گمنام‌سازی داده‌ها است که در آن با حذف مشخصات کلیدی داده‌ها ابهام در شناسایی آنها ایجاد می‌شود. جایگزینی تصادفی و اضافه کردن نویز نمونه‌هایی از روش‌های گمنام‌سازی هستند [12].

۳-۴-۱ چالش‌های ارتباطی

ارتباطات و اتصال تجهیزات هوشمند یکی از بخش‌های اصلی اینترنت اشیاء است که پروتکل‌های ارتباطی متعددی مانند IEEE 802.11، Bluetooth LE، Zigbee، Z-Wave، Thread و ... برای ارتباطات بی‌سیم در این شبکه‌ها وجود دارد. از آنجایی که در خانه هوشمند تجهیزات خانه هوشمند از شرکت‌های مختلف با پروتکل‌های متفاوت تهیه می‌شوند، اتصال آنها با هم با چالش‌هایی مواجه است. در ادامه به بررسی تعدادی از این چالش‌ها پرداخته می‌شود:

- قابلیت نگهداری

قابلیت نگهداری یکی از نیازمندی‌های شبکه است که نشان می‌دهد که شبکه خانه هوشمند تا چه حد قابل اطمینان و پایا است. همواره ممکن است در شبکه خانه هوشمند تغییراتی مانند خرابی گره‌های شبکه، خالی شدن باطری گره و ... رخ دهد. بنابراین زیرسیستم‌ها در شبکه خانه هوشمند باید نقاط قوت و ضعف و وضعیت خود را به طور مرتب رصد کنند تا متناسب با شرایط، پارامترهای عملکرد خود را تغییر دهند و خدمات متفاوتی را انتخاب کنند. شبکه خانه هوشمند باید به‌گونه‌ای طراحی شود که تعمیر و نگهداری آن آسان باشد.

- سیگنالینگ

در یک شبکه اینترنت اشیاء قابلیت اطمینان سیگنالینگ دوطرفه برای جمع‌آوری و مسیریابی داده‌ها بین تجهیزات بسیار مهم است. همه دستگاه‌های موجود در شبکه خانه هوشمند باید بتوانند با یک سرور ارتباط برقرار کنند. به عبارتی لازم است کاملا مطمئن باشیم که داده ارسالی از گره الف به گره ب رسیده است.

- پهنای باند

یکی دیگر از چالش‌های ارتباطی اینترنت اشیاء مصرف پهنای باند است. با افزایش دستگاه‌ها و لوازم خانه هوشمند، حجم زیادی از داده تولید می‌شود، همچنین جریان‌سازی ویدئو یکی از کاربردهایی است که نیاز به پهنای باندی زیادی دارد. پروتکل‌های ارتباطی مختلف از پهنای باندهای متفاوتی پشتیبانی می‌کنند که در زمان طراحی خانه هوشمند لازم است متناسب با نیازمندی‌ها از پروتکل مناسب استفاده شود.

- همکارپذیری

در بخش ۱-۴-۴ این چالش مورد بررسی قرار گرفته است.

- میزان مصرف انرژی

[1] Data Segmentation

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

در یک شبکه کارآمد اینترنت اشیاء ارتباطات با حداقل میزان مصرف انرژی و کمترین میزان تخلیه باطری تجهیزات ارجحیت دارند.

- خود-مدیریت

تجهیزات هوشمند می‌توانند بر صحت عملکرد خود نظارت کرده و پیش از خرابی و از کار افتادن در رابطه با مشکلات بالقوه خود به کاربر اطلاع دهند. قابلیت خود-مدیریت یکی از نیازهای اصلی گره‌های حسگر است تا بتوانند با سایر گره‌ها و دستگاه‌ها کار کنند و در برابر تغییرات محیط و خرابی‌ها مقاوم باشند [13].

۱-۴-۴ همکارپذیری

تجهیزات، شبکه‌ها و پروتکل‌های مختلفی توسط تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان مختلف توسعه‌یافته و حمایت می‌شوند که لازم است در خانه هوشمند در کنار یکدیگر نصب شده و با هم کار کنند. همکارپذیری[1] به این معنا است که تجهیزات، دستگاه‌ها، لوازم و سیستم‌های تولیدشده توسط شرکت‌های مختلف بتوانند با هم و با زیرساخت‌های موجود کار کنند.

دو راهکار برای حل چالش همکارپذیری وجود دارد: ۱- تصویب استانداردهای جهانی برای پروتکل های ارتباطی برای دستگاه‌های خانگی هوشمند؛ ۲- توسعه یک دروازه[2] که گره‌ای مرکزی است که تجهیزات خانه هوشمند را به هم متصل کرده و به عنوان مترجمی بین آنها با پروتکل‌های متفاوت‌شان عمل می‌کند.

لازمه استفاده از راهکار اول تعیین مجموعه‌ای از مشخصه‌ها است که هر فناوری جدید خانه هوشمند برای تضمین همکارپذیری ملزم به پیاده‌سازی آنها باشد. پروتکل‌هایی مانند UPnP[3]، BACnet[4] و DLNA[5] به این منظور توسعه یافته‌اند.

از طرف دیگر، دروازه باید مانند مفسری بین دستگاه‌ها و زیرشبکه‌های خانه هوشمند عمل کند، مثلاً کامپیوترها و دستگاه‌های جانبی (مانند چاپگر) را به یکدیگر و به اینترنت متصل کند و همچنین ارتباط بین کنتورهای هوشمند و سایر تجهیزات متصل به خانه هوشمند را ممکن سازد [4].

۱-۴-۵ قابلیت اطمینان

در خانه هوشمند، ترکیب فناوری‌های مختلف با سطوح متفاوتِ تحمل‌پذیری خطا چالش جدیدی را ایجاد می‌کند. برای مثال کنترل بویلر توسط یک کامپیوتر انجام می‌شود و خرابی کوچکی در کامپیوتر می‌تواند منجر به بد عمل کردن بویلر شود که خرابی خطرناکی است. ترکیب دو یا چند محصول در کنار یکدیگر پیچیدگی زیادی ایجاد می‌کند زیرا بعضی از خدمات خانه هوشمند مانند امنیت یا به صدا در آمدن آلارم آتش در زمان تشخیص آتش نسبت به سایر خدمات، مهم‌تر هستند. طراحی سیستم‌های خانه هوشمند باید به صورتی باشد که مستحکم و قابل اعتماد باشند. هرچند، خدمات خانه هوشمند علاوه بر اجتناب از خرابی باید بتوانند نیازها و نتایج مورد انتظار ساکنان خانه را تحلیل و پیش‌بینی کنند (مثلاً آلارم امنیتی خانه در صورتی‌که گربه‌ای وارد خانه شده باشد، خاموش شود) [4].

[1] Interoperability
[2] Gateway
[3] Universal Plug and Play
[4] Building Automation and Control Network
[5] Digital Living Network Alliance

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱-۴-۶ قابلیت استفاده

قابلیت استفاده را می‌توان بر اساس دو معیار تعریف کرد: داشتن یک مزیت واضح و یک رابط کاربری کاربرپسند. نیامندی‌های مدیریتی و عملکردی خانه هوشمند نمی‌توانند به‌طور کامل توسط یک توسعه‌دهنده نرم‌افزار یا ارائه‌دهنده خدمات شخص ثالث مشخص شوند زیرا آنها نمی‌توانند درک و پیش‌بینی کاملی از نیازهای یک فرد خاص یا نحوه ارتباط او با تجهیزات خانه هوشمند داشته باشند. به‌طورکلی، لازم است کنترل و استفاده از سیستم‌های خانه هوشمند برای کاربری که با آنها ارتباط برقرار می‌کند، قابل درک باشد و از طرف دیگر، واسط کاربری باید مزایای مشخص و جذابی برای کاربران داشته باشد [4].

۱-۴-۷ هوشمندسازی خانه‌های موجود یا از ابتدا ساختن خانه هوشمند

دو دیدگاه کلی برای ایجاد خانه هوشمند وجود دارد: بازسازی خانه‌های موجود و از ابتدا ساختن خانه هوشمند. در دیدگاه دوم لازم است توانایی کافی برای تأمین هزینه‌های زیرساخت کنترل هوشمند با توجه به مشخصات فیزیکی ساختمان وجود داشته باشد. از آنجایی که هزینه‌های نصب و راه اندازی خانه هوشمند در این حالت بالا است، بسیاری از شرکت‌های ساختمانی ترجیح می‌دهند که فقط در ساخت ساختمان‌های لوکس از این فناوری‌ها استفاده کنند. در نتیجه بسیاری از ساختمان های جدید بدون زیرساخت لازم برای هوشمندسازی ساخته می‌شوند.

از طرف دیگر هوشمندسازی و بازسازی خانه‌های موجود با چالش‌هایی مانند نیاز به صرف هزینه‌های بالا و همچنین ایجاد اختلال در زندگی خانواده (به علت انجام کارهای زیربنایی و نصب تجهیزات هوشمند) مواجه است. همچنین طراحی سیستم هوشمند به‌طوری که متناسب با محیط خانه (طرح فیزیکی، کابل‌کشی موجود و ساختار شبکه و ...) باشد، نیازمند اضافه کردن و یکپارچه‌سازی تجهیزات، لوازم خانه و حسگرها است که با توجه به مشخصه‌ها و محدودیت‌های متفاوت آنها مسئله‌ای چالش‌برانگیز است [4].

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل دوم

بررسی چند نمونه محصولات خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء و ویژگی‌های آن‌ها

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱-۲ مقدمه

خانه هوشمند یا خانه متصل[1]، مفاهیمی هستند که در حال حاضر از ویژگی‌های اینترنت اشیا مانند شبکه‌ها و پروتکل‌های ارتباطی، معماری‌های عمومی ارائه شده و روش‌های پردازش و تحلیل داده‌ها استفاده شده، بهره می‌برند تا با ارائه خدمات به شکل یکپارچه و خودکار راحتی و امنیت خانه را بالا برده و به طور کلی زندگی را تسهیل کنند [14, 15, 16]. با بکارگیری اینترنت اشیاء در خانه هوشمند، می‌توان امکانات و قابلیت استفاده آن را افزایش داد. این امکانات می‌توانند شامل قابلیت‌های ارتباطی و تسهیل استفاده از آن‌ها، افزایش امنیت، پیش‌بینی خرابی‌ها (پیشگیرانه)، استفاده از تحلیل داده‌ها و ارتباطات ماشینی باشند. به طور کلی در یک خانه هوشمند، تجهیزات و بخش‌های مختلفی حضور دارند که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- روشنایی هوشمند: یکی از ویژگی‌های قدیمی، ساده و کاربردی بسیاری از راهکارهای ارائه شده برای هوشمندسازی خانه، کنترل روشنایی خانه با استفاده از کلیدها، دیمرها[2] و لامپ‌های هوشمند است که با استفاده از آن‌ها می‌توان روشنایی خانه را از راه دور یا به شکل خودکار تنظیم کرد و بدین وسیله در مصرف برق صرفه‌جویی نموده، امنیت را بالا برده و راحتی را تضمین کرد.
- نظافت هوشمند: تأمین نظافت خانه با اتصال ربات‌های تمیزکننده خانه به سیستم خانه هوشمند، می‌تواند باعث تسهیل نظافت خانه شود. بدین صورت که این ابزارها به صورت خودکار یا با برنامه‌ای مشخص، خانه را جارو و تی می‌کشند. استفاده از اینترنت اشیا می‌تواند در این بخش نیز کاربرد داشته و با جمع‌آوری اطلاعات از خود ربات و تحلیل اشکالات الگوریتم‌های مسیریابی و موارد مرتبط، امکان اعمال اصلاحات را طی بروزرسانی‌های سفت‌افزاری به این ابزارها به شکل خودکار فراهم می‌کند.
- امنیت هوشمند: این ویژگی خانه هوشمند این امکان را فراهم می‌کند تا امنیت خانه با استفاده امکانات اینترنت اشیاء حفظ شود. به عنوان مثال با بکارگیری قفل هوشمند، دوربین‌های امنیتی، زنگ درب‌های تصویری، حسگرهای تشخیص حرکت و موارد مشابه، به همراه بکارگیری از پردازش داده‌ها و ارتباطی جهانی اینترنتی، در صورتی که چهره سارقی که قبلاً در سیستم‌های شهری ثبت شده بود، در دوربین خانه ثبت، پردازش و شناسایی شود، خانه هوشمند می‌تواند قبل از ورود سارق اقدامات مناسب مانند روشن کردن خودکار چراغ‌های ساختمان، آژیر خطر، اطلاع به پلیس و... را به شکل خودکار انجام دهد. به جز حفظ امنیت ساختمان، استفاده از تجهیزات نام برده شده می‌تواند ورود افراد صاحب خانه را به داخل آن تسهیل کند.
- مدیریت ارتباطات خانگی هوشمند: با توجه به ارتباط تحت شبکه‌ی تعداد زیادی از اجزای خانه هوشمند، عیب‌یابی و حل مشکل هر کدام از این وسایل نیز می‌تواند خود یکی از وظایف خانه هوشمند محسوب شود. به عنوان مثالی از مدیریت ارتباطات خانه هوشمند می‌توان به ارائه راه‌حلی برای حل مشکلات Wifi خانگی، تلویزیون‌های مبتنی بر IP و مشکلات شبکه سایر اجزای خانه هوشمند بدون دخالت ساکنین خانه و به صورت خودکار اشاره کرد.
- آبیاری هوشمند: با استفاده از این سیستم می‌توان به صورت خودکار آبیاری گیاهان داخل خانه یا خارج از خانه را با توجه به حرارت، رطوبت محیط و پیش‌بینی‌های بارندگی کنترل کرده و آب مورد نیاز گیاهان را به شکل خودکار تأمین کرد.
- تهویه هوشمند: کنترل دما و تهویه مناطق مختلف خانه، با عنایت به مسائلی مانند مصرف برق و میزان حضور افراد در بخش‌های مختلف خانه به صورت هوشمند می‌تواند به کاهش مصرف انرژی، افزایش راحتی و بهبود سلامتی افراد خانه کمک کند.

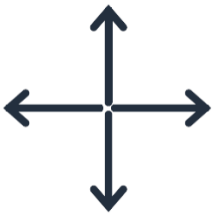
[1] Connected home
[2] Dimmer

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- سایر موارد اتوماسیون خانه: سایر ابزارهای موجود در خانه مانند تلویزیون، یخچال، ماشین لباس‌شویی و ظرفشویی، قهوه‌ساز و اجاق گاز می‌توانند با استفاده از خانه هوشمند و امکاناتی که اینترنت اشیاء در اختیار آن‌ها قرار می‌دهد، به سادگی به هم متصل شده و به شکل مرکزی، به صورت خودکار، یا با استفاده یک برنامه در تلفن همراه یا با استفاده از هاب خانگی و دستیار هوشمند صوتی خانگی کنترل شوند که بدین ترتیب نیز، سهولت و کاهش مصرف انرژی از مزایای خانه هوشمند خواهد بود.
- ایمنی خانه: با کمک امکانات خانه هوشمند و اینترنت اشیاء، می‌توان بخش‌های مختلف خانه را که باعث ایجاد خطر می‌شوند کنترل کرده و اقدامات لازم را انجام داد. از این موارد می‌توان به بررسی وجود گازهای سمی و یا مسائلی که باعث آتش‌سوزی می‌شوند، کنترل نشتی آب یا گاز و... اشاره کرده که در صورت بروز مشکل، این امکان فراهم خواهد بود که در صورت نیاز، به صورت خودکار با کمک هوش مصنوعی و ارتباطات بلادرنگ، عملگرهای[1] مورد نیاز فعال شده و به آتش‌نشانی یا اورژانس اطلاع داده شود.

با وجود حضور حوزه‌های متفاوت در خانه هوشمند و گستردگی و تسهیلاتی که به واسطه اینترنت اشیاء در خانه هوشمند ایجاد می‌شود، چالش‌هایی مانند مدیریت تجهیزات خانه هوشمند در طول عمر آن‌ها، جمع‌آوری و تحلیل داده‌های بدست‌آمده از این تجهیزات و مقیاس‌پذیر کردن مدیریت میلیون‌ها دستگاه خانه هوشمند، در این حوزه وجود دارند که نیاز دارند مورد توجه قرار گیرند. این چالش‌ها به شرح زیر هستند [16]:

- رقابت با سایر شرکت‌ها در این حوزه: با توجه به حضور شرکت‌های متعدد در این حوزه و رقابت تنگاتنگ، یک شرکت صرفاً با جذاب نشان دادن قابلیت‌های سخت‌افزاری ابزارهای خود، نمی‌تواند مشتریان را به خرید آن‌ها و استفاده از خدمات آن شرکت تشویق کند. این مسئله به این علت است که قابلیت سخت‌افزاری دستگاه‌های مورد استفاده در خانه هوشمند که توسط اکثر شرکت‌ها ارائه می‌شود تا حد زیادی مشابه یکدیگر است. بدین ترتیب، این شرکت‌ها برای فروش محصولات خود نیاز خواهند داشت تا ارزش‌های افزوده‌ای را برای کسب رضایت مشتری در کنار محصولات خود ارائه دهند. از جمله این ارزش‌های افزوده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
  - ایجاد امکان اتصال آسان ابزارها به یکدیگر و امکان کنترل آن‌ها به راحتی از طریق تلفن همراه یا با فرمان صوتی
  - افزودن قابلیت‌های تکمیلی به خدمات ارائه شده برای ابزارهای خانه هوشمند مانند قابلیت اتصال و مدیریت آن‌ها از طریق ابر
  - استفاده از سایر قابلیت‌های اینترنت اشیاء که می‌تواند باعث تسهیل استفاده و افزایش قابلیت‌های ابزارها شود



- مقیاس‌پذیری محصولات ارائه شده: بسیاری از شرکت‌های ارائه دهنده محصولات خانه هوشمند، تجهیزات سخت‌افزاری شامل ریزپردازنده‌ها، میکروکنترلرها، حسگرها و عملگرهای خود را از شرکت‌های مختلف تهیه کرده و برای راه‌اندازی آن‌ها یا محصولات نرم‌افزاری شرکت‌های مختلف را کنار هم قرار داده و یا خود نرم‌افزاری را بدون توجه به مسئله مقیاس‌پذیری توسعه می‌دهند. این مسئله باعث خواهد شد که با افزایش ابزارهای تحت کنترل این شرکت مشکلاتی ناشی از برهمخوردگی یکپارچگی محصولات ارائه شده برای آن‌ها به وجود بیاید و ادامه کار را با مشکل مواجه کند. از این مشکلات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
  - کند شدن توسعه و ارائه محصول جدید
  - عدم امکان گسترش دادن خدمات ارائه‌شده

[1] Actuator

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- بروز مشکلات امنیتی

برای حل این مشکلات، شرکت‌های ارائه دهند خدمات و ابزارهای خانه هوشمند می‌بایست از خدمات ارائه شده و ویژگی‌های اینترنت اشیاء بهره ببرند تا بتوانند گستردگی تنوع محصولات ارائه‌شده را به شکلی یکپارچه کنترل کنند.

- قابلیت اطمینان خدمات ارائه شده: قابلیت اطمینان، یکی از نیازهای مهم برای محصولات ارائه شده در خانه هوشمند و مشتریان است. مشتریان انتظار دارند محصولات، دستورات را مطابق درخواست آن‌ها انجام دهند. به عنوان مثال، هنگام ارتباط با دستیار صوتی در خانه هوشمند، انتظار بر این است که دستورات بیان شده، به شکلی دقیق اجرا شوند توسط دستیار به ابزارها منتقل و طبق خواسته مشتریان اجرا شود. به طور کلی، تمامی تولیدکننده‌های محصولات و ارائه‌دهندگان خدمات خانه هوشمند نیازمند سکویی منعطف، مقیاس‌پذیر و با قابلیت بهره‌برداری و اتصال آسان هستند تا بتوانند تعداد بسیار زیاد ابزارهای خود را به شکل یکپارچه کنترل کنند و از هزینه‌های اضافی اجتناب کنند.

- بهره‌برداری ۷/۲۴[1] از خدمات ابری: در ارائه خدمات برای تجهیزات خانه هوشمند، مواردی وجود خواهند داشت که ارتباط با خدمت‌دهنده ابری امکان‌پذیر نیست. در این موارد، ارتباط بین ابزارهای خانه باید به شکل محلی و از طریق مسیریاب و دروازه خانگی حفظ شود. بدین ترتیب این امکان فراهم می‌شود تا در صورت اشکال در اتصال به اینترنت یا قطع کامل آن، ابزارها بتوانند به صورت عادی کماکان به وظایف خود عمل کنند. به عنوان مثال، فرض شود دزدی وارد خانه شده و دسترسی خانه به اینترنت را نیز قطع کرده است. سیستم‌های امنیتی خانه هوشمند باید بتوانند حداقل آژیر خانه را بدون نیاز به اینترنت به صدا در بیاورند. همچنین، در صورتی که ابزارها به طور کامل وابسته به دریافت دستورات از خدمت‌دهنده ابری باشند، باعث ایجاد تأخیر در ارائه عکس‌العمل مناسب خواهد شد. به عنوان مثال، هنگام تشخیص ترکیدگی لوله توسط سیستم مدیریت خانه هوشمند، نیاز خواهد بود تا شیر مرکزی آب یا گاز به صورت خودکار و بلافاصله قطع شده و پنجره‌ها به صورت خودکار و بلافاصله باز شوند. وجود تأخیر در این مسئله به علت ارسال داده‌ها به خدمت‌دهنده ابری و تحلیل آن‌ها و ارائه دستورات مناسب، قابل قبول نخواهد بود. همچنین، در صورت مشکل در اتصال به اینترنت، این مشکل را دوچندان خواهد کرد. برای حل مشکلات عنوان‌شده، علاوه بر لزوم وجود ارتباطی امن و مطمئن با خدمت‌دهنده ابری، نیاز خواهد بود تا اتصال و پردازش در لبه[2] نیز استفاده شود.

- امنیت: امنیت از جمله چالش‌های بسیار مهم برای ارائه خدمات خانه هوشمند خواهد بود. امنیت باید در سرتاسر خدمات خانه هوشمند، از خود دستگاه، تا ارتباطات آن و خدمت‌دهنده ابری برقرار باشد. تولیدکننده ابزارها و ارائه‌دهندگان خدمات ابری می‌بایست از رمزنگاری داده‌ها در سرتاسر انتقال آن از دستگاه تا ذخیره و پردازش روی خدمت‌دهنده ابری استفاده کنند تا پارامترها و استانداردهای مورد نیاز برای امنیت را برآورده کنند. این مسئله عموماً نادیده گرفته شده و باعث می‌شود اطمینان مشتریان به استفاده از محصولات شرکت ارائه‌دهنده محصولات و خدمات مرتبط با خانه هوشمند کاهش یابد.

با توجه به بخش‌های بررسی‌شده در خانه هوشمند، در ادامه نمونه محصولات ارائه شده توسط شرکت‌ها فعال در این حوزه برای قسمت‌های مختلف آن ارائه خواهند شد.

[1] ۲۴ ساعت شبانه‌روز در ۷ روز هفته

[2] Edge connectivity and edge computing

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲-۲ شرکت Nest

Nest یک شرکت فعال در زمینه تجهیزات خانه هوشمند است که در سال ۲۰۱۰ تأسیس و در سال ۲۰۱۴ توسط Google به ارزش ۳.۲ میلیارد دلار خریداری شد. این شرکت اکنون یکی از زیر مجموعه‌های Google و آلفابت بوده و مرکز آن در کالیفرنیا، آمریکا واقع شده است. در ادامه برخی از محصولات شاخص این شرکت برای خانه هوشمند مورد بررسی قرار خواهد گرفت. لازم به ذکر است محصولات شرکت Nest با تجهیزات خانه هوشمند Google شامل Google Wi-Fi، Google Home Hub، Google Home min و Google Home سازگاری دارند.

۲-۲-۱ ترموستات‌ها

شرکت Nest در زمینه ترموستات‌های خانه هوشمند، ۲ مدل ترموستات را به شرح زیر ارائه می‌کند:

- Nest thermostat E
- Nest learning thermostat

این ترموستات‌ها، قابلیت اتصال بین انواع سیستم‌های تهویه مطبوع و پمپ‌های گرمایی را دارند اما اشاره‌ای به سازگاری آن‌ها با کمپرسورهای اینورتر نشده است. این ترموستات‌ها قابلیت اتصال به حسگرهای متعدد دمایی در بخش‌های مختلف خانه را به صورت بی‌سیم داشته و می‌توانند توسط تلفن همراه نیز کنترل شوند. همچنین، با داشتن حسگرهای دما، نور، حرکت و رطوبت، می‌توانند شیوه زندگی شما را یاد گرفته، بدین صورت که در صورت خروج شما از خانه، به صورت خودکار سیستم تهویه مطبوع را خاموش کنند و با یادگیری ساعت روزانه ورود شما به خانه، مدتی قبل از رسیدن شما به خانه، سیستم را روشن کنند تا در زمان ورود، دما در حد مطلوب باشد. نمایی از این ترموستات‌ها در شکل ۱-۲ دیده می‌شود.

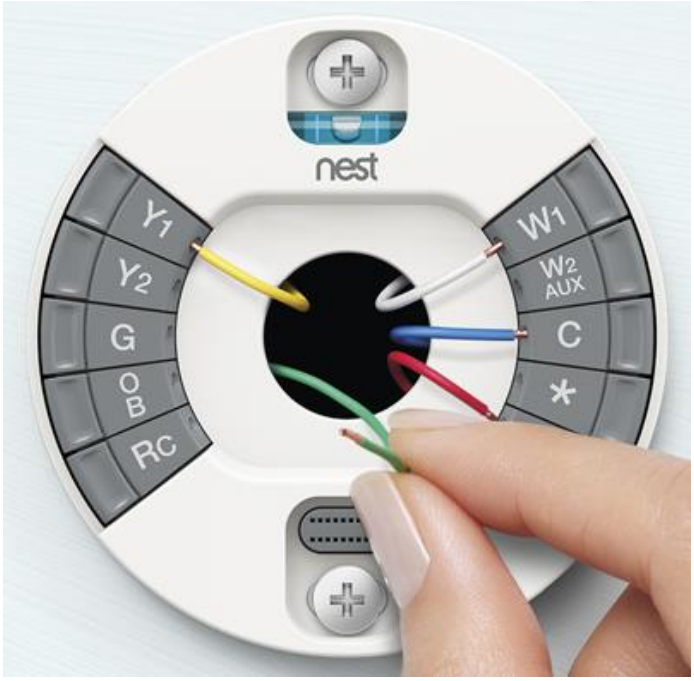
شکل ۱-۲ - ترموستات‌های هوشمند شرکت Nest [17]

از ویژگی‌های این ترموستات‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [17]:

- صفحه نمایش رنگی
- پشتیبانی از اکثر سیستم‌های تهویه مطبوع (عدم اشاره به پشتیبانی از کمپرسورهای اینورتر)

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- پشتیبانی از ترمینال‌ها W1, W2, Y1, Y2, B/O, AUX, G, C, RC, RH



شکل ۲-۲ – ترمینال‌های ترموستات‌های شرکت Nest [17]

- حسگرهای دما، رطوبت، مجاورت/حرکت، نور
- دارای باتری لیتیومی قابل شارژ
- اتصالات شبکه 802.11 a/b/g/n 2.4/5 GHz برای ارتباط با Nest app و BLE برای ارتباط با حسگرهای جانبی دمایی – پیاده‌سازی Nest app موارد زیر را در بر می‌گیرند:
  - مرورگرهای وب در کامپیوتر
  - گوشی‌ها و تبلت‌های اندرویدی
  - Android TV
  - Android Wear
  - iPhone, iPod and iPad
  - Apple TV
  - Apple Watch
- استاندارد UL 60730-1[1] برای کنترل ایمن خودکار و استاندارد UL 60730-2-9[2] برای برآورده کردن نیازمندی‌های کنترل دما در کنار نماد Energy star
- قیمت ۲۴۹ و ۱۶۹ دلاری

۲-۱-۲-۱ حسگر دمایی Nest

این حسگر برای اتصال بی‌سیم به ترموستات‌های هوشمند شرکت Nest و کنترل دمای بخش‌های مختلف به کار می‌رود. تعداد ۶ عدد از این حسگرها می‌توانند به یک ترموستات متصل شوند. ویژگی‌های این حسگرها به شرح زیر هستند:

- دارای باتری لیتیومی CR2 3V با تضمین کارکرد تا ۲ سال

[1] UL 60730-1:Automatic Electrical Controls for Household and Similar Use -Part 1: General Requirements-2009
[2] UL 60730-2-9: Standard for Automatic Electrical Controls - Part 2-9: Particular Requirements for Temperature Sensing Controls-2017

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- اتصال با BLE[1]
- محدوده تحت پوشش ۵۰ فوت
- محدوده دمایی از ۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد
- استاندارد IEC 60730-2-9[2] برای برآورده کردن نیازمندی‌های کنترل خودکار خانه و استاندارد IEC 60730-2-9 برای برآورده کردن نیازمندی‌های کنترل و حس کردن دما

۲-۲-۲ دوربین‌ها

شرکت Nest دو نوع دوربین ساده یا به همراه IQ[3] را برای داخل و خارج خانه ارائه می‌دهد [18]. IQ این امکان را فراهم می‌کند که بتوان چهره اشخاص را از ۵۰ فوتی تشخیص داد و همچنین آشنا بودن یا نبودن آن‌ها را مشخص کرد. این دوربین‌ها می‌توانند با اتصال به Nest Aware، داده‌های خود را تا مدتی روی فضای ابری ذخیره کنند.

شکل ۳-۲ – نمونه دوربین‌های شرکت Nest [18]

از ویژگی‌های دوربین بیرون از خانه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [19]:

- ۸ مگاپیکسل ۱ به ۲.۵، بزرگ‌نمایی ۱۲ برابری دیجیتال و قابلیت دنبال کردن چهره از فاصله نزدیک
- حداکثر کیفیت ۱۰۸۰ و ۳۰ فریم بر ثانیه و کد کردن H264 به همراه قابلیت HDR
- زاویه دید ۱۳۰ درجه
- دارای بلندگو و ۳ میکروفون
- چراغ RGB وضعیت
- دارای دید در شب با مادون قرمز
- بازه دمایی کاری از ۴۰- تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد
- استاندارد IP66 برای ضد آب بودن
- مصرف برق ۱ آمپر در ولتاژ ۱۵
- رمزنگاری ۱۲۸ بیت AES با TLS/SSL

[1] Bluetooth Low Energy
[2] IEC 60730-2-9, Automatic Electrical Controls for Household and Similar Use - Part 2-9: Particular Requirements for Temperature Sensing Controls-2004
[3] Intelligence Quotient

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- شبکه 802.11 a/b/g/n 2.4/5 GHz و بلوتوث ۴.۰ (حداقل سرعت مورد نیاز ۲ مگابیت بر ثانیه)

ویژگی‌های دوربین داخل خانه Nest نیز مشابه با خارج از خانه آن بوده به نحوی که از همان شبکه Wifi برای انتقال اطلاعات استفاده کرده و صرفاً در برخی موارد مانند دمای کاری و ضد آب بودن متفاوت است.
قیمت دوربین‌های Nest از ۱۹۹ تا ۳۴۹ دلار متغیر است.

۳-۲-۲ زنگ درب تصویری

یکی دیگر از ابزارهای خانه هوشمند شرکت Nest، زنگ درب تصویری آن به نام Nest Hello است که در شکل ۴-۲ دیده می‌شود. از ویژگی‌های آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

شکل ٤-۲ – زنگ درب تصویری Nest [20]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- قابلیت ضبط ۷/۲۴ ویدئو مانند دوربین‌های این شرکت
- ویدئو با زاویه مناسب برای پوشش سر تا پای شخص زنگ زننده و زاویه دید ۱۶۰ درجه
- ویدئو HDR
- قابلیت تشخیص حرکت و صورت شخص و اطلاع‌رسانی در این رابطه (تشخیص افراد آشنا از ناآشنا)
- دوربین ۳ مگاپیکسلی ۱ به ۳ با بزرگ‌نمایی ۸ برابر
- کد کردن به صورت H264
- میکروفون و بلندگو
- لامپ RGB
- دید در شب مادون قرمز
- پشتیبانی از Wifi 802.11 a/b/g/n 2.4/5 GHz، BLE و همچنین IEEE 802.15.4

۲-۲-۴ سیستم‌های هشدار و امنیتی

در این زمینه، Nest ۴ نوع دستگاه را عرضه کرده است که به شرح زیر هستند:

- Nest Guard
- Nest Detect
- Nest Tag
- Nest Connect

۲-۲-۴-۱ Nest Guard

با استفاده از این ابزار می‌توان سیستم امنیتی خانه را مدیریت کرده و خاموش یا روشن کرد. نمایی از Nest Guard در شکل ۵-۲ قابل مشاهده است. این محصول هسته سایر محصولات هشدار و امنیتی بوده که اطلاعات را از آن‌ها دریافت کرده و دستورالعمل‌های مناسب را ارسال می‌کند. امکان استفاده از دستیار صوتی Google Assistance در آن تعبیه شده و در صورتی که شخصی بخواهد آن را خراب کند، امکان اطلاع‌رسانی دارد. از ویژگی‌های این محصول می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- مصرف ۲.۵ آمپری در ولتاژ ۵
- باتری اضطراری با قابلیت استفاده تا ۱۲ ساعت
- بلندگو و میکروفون برای ارتباط صوتی و پخش هشدار
- امکان استفاده از سیم‌کارت برای پشتیبان‌گیری (فروش جدا)
- ۳ مدل هشدار (خاموش، روشن با حضور صاحب‌خانه، روشن بدون حضور صاحب‌خانه)
- دارای کیبورد جهت وارد کردن رمز و خاموش کردن دستگاه
- امکان خاموش/روشن کردن از طریق Nest App، Nest Tag و صفحه‌کلید
- حسگر تشخیص حرکت با ۹۰ درجه زاویه دید و تا ۱۰ فوت
- حسگر نزدیکی
- حسگر تشخیص خراب‌کاری در دستگاه (تشخیص حرکت داده شدن دستگاه)
- چراغ LED
- آژیر ۸۵ دسی‌بل
- پشتیبانی از Wifi 802.11 a/b/g/n 2.4/5 GHz، BLE، IEEE 802.15.4 و 4G

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- دارای استانداردهای UL 1023[1] برای آژیرهای دزدی خانه و UL 639[2] برای دستگاه‌های مقابله با نفوذ افراد بیگانه

شکل ۵-۲ - نمایی از Nest Guard [21]

۲-۲-۴-۲ Nest Detect

از این ابزار و آهنربای کنار آن برای تشخیص باز شدن درب و پنجره یا تشخیص حرکت در اتاق استفاده می‌شود و ۴۹ دلار قیمت دارد. نمایی از این محصول در شکل ۶-۲ ارائه شده است و ویژگی‌های آن به شرح زیر هستند:

- باتری CR123 3V لیتیومی با تضمین کار کردن تا ۲ سال
- اتصال به Nest Guard
- محافظت از خود در برابر دزدیده شدن
- حسگر حرکتی با زاویه ۵۴ درجه و فاصله ۱۵ فوت
- چراغ LED
- استانداردهای UL 639 برای دستگاه‌های مقابله با نفوذ افراد بیگانه و UL 634[3] برای کلیدها و اتصالات مورد استفاده در سیستم‌های ضد سرقت

[1] UL 1023-Standard for Household Burglar-Alarm System Units-2017
[2] UL 639-Standard for Intrusion-Detection Units-2007
[3] UL 634-Standard for Connectors and Switches for Use with Burglar-Alarm Systems-2007

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ٦-٢ – نمایی از Nest Detect [21]

۲-۲-۴-۳ Nest Tag

از این ابزار می‌توان برای ارتباط آسان با Nest Guard و خاموش یا روشن کردن آن استفاده کرد و ۲۵ دلار قیمت دارد. می‌توان آن را به کلید بسته یا به افراد مجاز به ورود به خانه داد تا با تماس دادن این وسیله با Nest Guard آژیر را در حالت "فعال با حضور افراد در خانه" قرار دهند. نمای این محصول در شکل ۷-۲ نشان داده شده است. از ویژگی‌های آن می‌توان به ضد آب بودن اشاره کرد.

شکل ۷-۲ – نمایی از Nest Tag [21]

۲-۲-۵ Nest Connect

این محصول این امکان را فراهم می‌کند که در صورت دور بودن Nest Guard با Nest Detect ارتباط آن‌ها از بین نرود. نمایی از این محصول در شکل ۸-۲ نشان داده شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۸-۲ - نمایی از Nest Connect [22]

۶-۲-۲ قفل‌های درب

این شرکت قفل‌های درب خود را با همکاری شرکت کلیدسازی Yale می‌سازد. نمای این قفل در خارج و داخل خانه در شکل ۸-۲ و شکل ۹-۲ مشخص شده‌اند. این قفل‌ها می‌توانند از طرق Nest Connect یا Nest Guard به WiFi و Nest App متصل شوند. این قفل‌ها در صورت کم شدن باتری‌شان اطلاع می‌دهند و در برابر دستکاری مقاوم هستند. این قفل ۲۴۹ دلار قیمت دارد. ویژگی‌های این قفل‌ها به شرح زیر است:

- کارکردن با ۴ باتری قلمی تا ۱ سال
- دارای بلندگو
- کیبورد LED
- دارای استاندارد ANSI/BHMA A156.36, Grade 2
- اتصال شبکه با استفاده از IEEE 802.15.4

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۹-۲ – نمایی از قفل هوشمند Nest برای بیرون خانه [23]

شکل ۱۰-۲ – نمایی از قفل هوشمند Nest برای داخل خانه [23]

۲-۲-۷ حسگر گاز و دود

این حسگر علاوه بر پخش هشدار هنگام انتشار دود، گازهای سمی و آتش‌سوزی، دلیل پخش اخطار و نوع گاز پخش‌شده را از طریق Nest App به کاربر انتقال می‌دهد. همچنین در صورت نزدیک شدن به اتمام باتری، به صورت خودکار اطلاع‌رسانی می‌کند. امکان اتصال تعدادی از این حسگرها به Nets App وجود دارد. فیمت این حسگر قیمت آن ۱۱۹ دلار است. نمایی از این وسیله در شکل ۱۱-۲ دیده می‌شود. ویژگی‌های این محصول به شرح زیر است:

- امکان استفاده از برق و باتری ذخیره یا صرفاً باتری به عنوان منبع انرژی
- عدم اشتباه گرفتن بخار با دود
- میکروفون جهت تست خودکار سالم بودن زنگ هشدار

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- اعلان صوتی با مشخص کردن اتاق یا محل وقوع حادثه
- دارای حسگر Split Spectrum از ۴۵۰ تا ۸۸۰ نانومتر
- دارای حسگر حرارت
- دارای حسگر رطوبت
- حسگر نوری به منظور تشخیص شب و عدم اعلام اعلان‌های غیرمهم وقتی افراد خواب هستند.
- پشتیبانی از Wifi 802.11 a/b/g/n 2.4/5 GHz و BLE

شکل ۱۱-۲ – نمایی از Nest protect [24]

۲-۲-۸ خدمات ابری Nest

این خدمات تحت عنوان Nest Aware این امکان را فراهم می‌کنند تا اطلاعات را تا حداکثر ۳۰ روز بسته به هزینه روی فضای ابری نگه دارند.

۲-۲-۹ واسط‌های برنامه‌نویسی Nest[1]

واسط برنامه‌نویسی Nest این امکان را فراهم می‌کند تا با استفاده از مدل publish/Subscribe یا به صورت RESTful به داده‌هایی که دستگاه‌های Nest تولید می‌کنند در برنامه‌هایی که برنامه‌نویسان توسعه می‌دهند، دسترسی داشت [25]. از اهداف ارائه واسط برنامه‌نویسی Nest می‌توان به ایجاد قابلیت استفاده از برنامه‌های توسعه داده شده توسط شخص ثالث در کنار برنامه‌های اصلی Nest اشاره کرد. پایه روش کاری این ابزار به صورت زیر است:

۱. ابتدا هویت برنامه‌های شخص ثالث یا افرادی که قصد دسترسی به داده‌ها را دارند توسط OAuth2.0 احراز می‌شود.
۲. با استفاده از Nest API، این اطلاعات جابجا می‌شود.
۳. از این اطلاعات می‌توان به منظور افزایش قابلیت‌هایی که توسط خود ابزارهای Nest ارائه نمی‌شود استفاده کرد.

[1] Nest APIs

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲-۲-۹-۱ Nest Home Simulator

با استفاده از این برنامه می‌توان دستگاه‌های Nest را در شرایط مشابه واقعی تست و استفاده کرد. این برنامه که در فروشگاه وب Chrome قابل دسترسی است، دستگاه‌هایی مجازی تولید کرده و امکان دسترسی به آن‌ها را به شکل واقعی فراهم می‌کند تا بتوان به راحتی، بدون نیاز به پیاده‌سازی دستگاه اصلی که هزینه‌بر و زمان‌بر است، به آن‌ها دسترسی داشت. از ویژگی‌های این شبیه‌ساز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- امکان ایجاد، حذف و کپی کردن دستگاه‌های مجازی Nest
- قابلیت همگام‌سازی به‌هنگام، بلافاصله بعد از روشن شدن کامپیوتری که شبیه‌ساز بر روی آن در حال اجرا است.
- دارای پنل کنترلی که امکان دسترسی به تنظیمات اکثر دستگاه‌ها را فراهم می کند.

از تنظیماتی که با استفاده از این شبیه‌ساز می‌توان برای انواع دستگاه‌ها مشخص کرد نیز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تنظیمات قابل استفاده در شبیه‌ساز برای ترموستات
  - قابلیت مشخص کردن اسم، مکان، نسخه نرم‌افزاری مورد استفاده و...
  - قابلیت تنظیم کردن دمای کنونی، دمای هدف و میزان رطوبت
  - قابلیت تنظیم کردن حالت گرمایش یا سرمایش
  - قابلیت خاموش و روشن کردن فن
  - قابلیت فعال‌سازی حالت ذخیره انرژی (برگ سبز Nest)
  - قابلیت تنظیم زمان
- تنظیمات قابل استفاده در شبیه‌ساز برای حسگر دود و گاز
  - قابلیت مشخص کردن اسم، مکان، نسخه نرم‌افزاری مورد استفاده و...
  - قابلیت فعال‌سازی حالت هشدار کمبود باتری حسگرها
  - قابلیت مشخص کردن نوع منبع انرژی حسگرها (برق یا باتری)
  - قابلیت فعال‌سازی حالت هشدار وقوع دود و گاز
- تنظیمات قابل استفاده در شبیه‌ساز برای دوربین
  - قابلیت مشخص کردن اسم، مکان، نسخه نرم‌افزاری مورد استفاده و...
  - قابلیت دسترسی به تاریخچه ویدئو
  - قابلیت فعال‌سازی ضبط صدا
  - قابلیت مشخص کردن حالت آنلاین بودن، در حال stream بودن و اشتراک عمومی
  - قابلیت فعال‌سازی حالت‌های پخش صدا و یا تشخیص حرکت
- تنظیمات قابل استفاده در شبیه‌ساز برای دوربین
  - قابلیت تنظیم وجود افراد در خانه/عدم حضور افراد در خانه
  - قابلیت مشخص کردن موقعیت مکانی خانه
  - قابلیت مشخص کردن کدپستی خانه

۲-۲-۱۰ Nest App

این برنامه، به عنوان بخش مرکزی کنترل دستگاه‌های Nest تلقی می‌شود. بدین صورت که ابزارهای مختلف با استفاده از این ابزار می‌توانند کنترل شوند، اطلاعات آن‌ها خوانده شود و بروزرسانی شوند. نمایی از این برنامه در شکل ۱۲-۲ ارائه شده است. امکانات این برنامه در کنار پلتفرم‌های مورد استفاده در ادامه بررسی خواهند شد [26, 27].

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۱۲-۲ – نمایی از Nest App [26, 27]

همان‌طور که مشخص است، با استفاده از نرم‌افزار Nest می‌توان ابزارهای مختلف Nest را از روی پلتفرم‌های مختلف کنترل کرد. این موارد به شرح زیر هستند:

- ترموستات‌ها Nest
  - امکان کنترل و تنظیم دما از راه دور و بیرون از خانه
  - امکان مشاهده میزان مصرف انرژی و منبع آن
  - امکان ایجاد زمان‌بندی
  - امکان قابلیت اتصال به هواشناسی و اخطار دادن درباره افت دمای شدید در آینده و تنظیم دمای خانه به شکل مناسب قبل از اینکه خانه به شدت سرد شود.
  - امکان دریافت امتیاز از برنامه (برگ سبز) در صورت انتخاب دما به شکل مناسب
- Nest Protect
  - امکان دریافت هشدار در صورت تشخیص دود
  - امکان خاموش کردن زنگ هشدار
  - امکان مشاهده وضعیت باتری، سلامت و اتصال حسگرها
  - امکان اجرای تست سلامت همه حسگرها در یک زمان
  - امکان راهنمایی در مورد کارهایی که حین وقوع دود یا گاز باید انجام داد
  - امکان مشاهده تاریخچه سلامت و اتفاقات خانه
- دوربین Nest

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- امکان دریافت هشدار در صورت تشخیص حرکت و امکان پخش صدا در این مواقع
- امکان مشاهده تصاویر اتفاقاتی که در ۳ ساعت گذشته اتفاق افتاده و مورد توجه کاربر نبوده است
- امکان مشاهده همه ساعته دوربین‌ها به صورت زنده
- امکان دریافت هشدار با تحلیل چهره افراد و اطلاع‌رسانی با توجه به ورود افراد آشنا یا ناآشنا

- Nest Hello
  - امکان مشاهده همه ساعته دوربین روی زنگ درب به صورت زنده
  - امکان مشاهده مراجعه‌کننده‌ها به خانه حتی اگر زنگ را نزنند
  - قابلیت صحبت کردن با شخص مراجعه‌کننده
  - امکان پخش پیام ضبط شده در صورت عدم امکان پاسخگویی افراد داخل خانه
- قفل Nest
  - باز و بسته کردن قفل
  - اطلاع‌رسانی درباره شخصی که درب را قفل یا باز کرده است
  - قابلیت فعال‌سازی قفل خانه در صورتی که قفل کردن فراموش شود

امکان استفاده از برنامه Nest بر روی پلتفرم‌های مختلف نیز فراهم است که ویژگی‌های قابل استفاده بر روی هر کدام از این پلتفرم‌ها در جدول ۱-۲ شرح داده شده است.

جدول ۱-۲ ویژگی‌های قابل استفاده Nest App بر روی پلتفرم‌های مختلف

	موبایل و تبلت	لپ‌تاپ و کامپیوتر شخصی	ابزارهای پوشیدنی	تلویزیون هوشمند
سیستم عامل مورد نیاز	iOS 10 و بالاتر اندروید ۵ و بالاتر	آخرین نسخه‌های مرورگرهای وب	WatchOS 2.0 و بالاتر Android Wear 5.1.1 و بالاتر	tvOS 10 و بالاتر Android TV 5.0 و بالاتر
شبکه مورد نیاز	Wi-Fi			Wi-Fi یا اترنت
تعداد ابزارهای قابل پشتیبانی	۳ خانه، ۱۰ دوربین، ۲۰ ترموستات، ۱۸ حسگر دود و گاز، ۱۰ اکانت به ازای هر خانه			
ابزارهای قابل کنترل	همه	همه	فقط ترموستات	فقط دوربین Nest
اعلان	✓	–	✓	–
تاریخچه	✓	–	✓	✓

۲-۳ شرکت Google

۲-۳-۱ هاب خانگی Google[1]

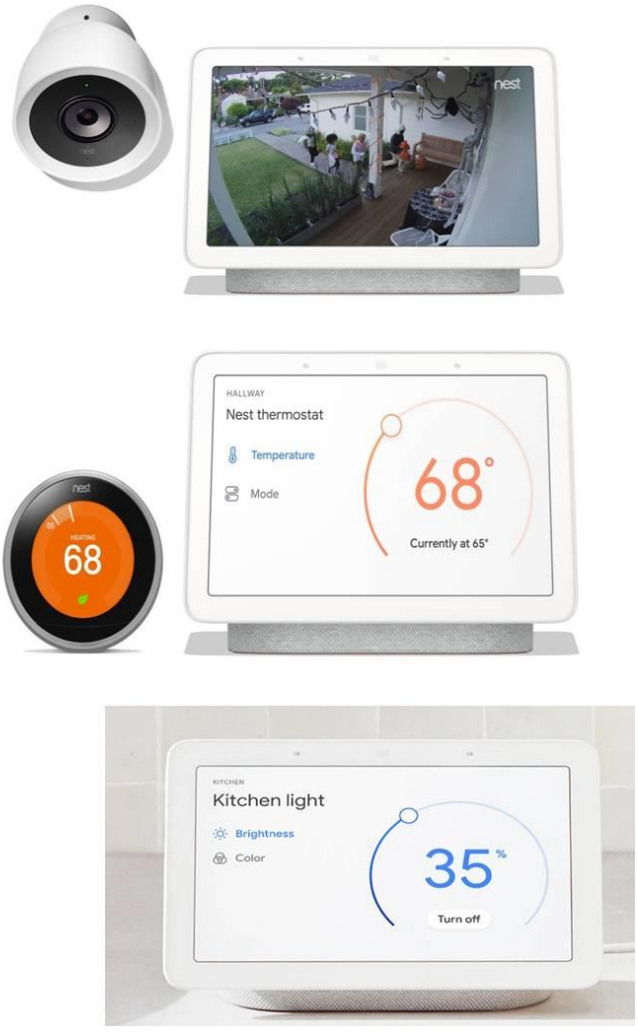
یکی از دستگاه‌های Google است که دارای نمایشگر تصویری، بلندگو و میکروفون است که می‌تواند انواع دستگاه‌های خانه هوشمند که با این ابزار سازگاری دارند (مانند ابزارهای شرکت Nest) را کنترل کند. نمایی از این ابزار در ویدئو ۱-۲ قابل مشاهده است.

[1] Google Home Hub

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

ویدئو ۱-۲ نمایی از هاب خانگی Google [28]

از این محصول می‌توان به عنوان قاب عکس استفاده کرد، خدمات Google مانند یوتیوب را روی آن اجرا کرد، با کمک دستیار صوتی Google دستورات را انتقال داده و خانه را کنترل کرد و گزارشات مرتبط به خانه را روی آن مشاهده کرد. نمایی از این ویژگی‌ها در شکل ۱۳-۲ قابل مشاهده هستند.



شکل ۱۳-۲ - نمایی از کاربردهای هاب خانگی Google [29]

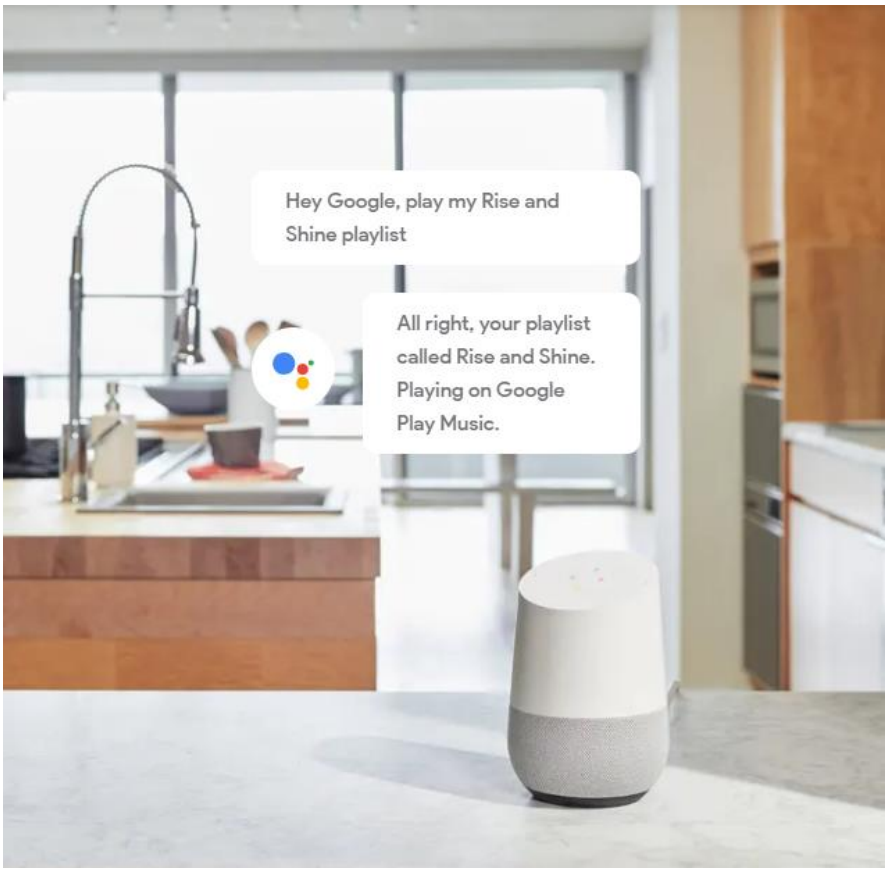
DOI: 10.30503/nripress.2020.298

ویژگی‌های فنی هاب خانگی Google به شرح زیر است:

- حسگر نور
- Bluetooth® 5.0 support ،802.11 b/g/n/ac @ 2.4/5Ghz
- پشتیبانی از Chromecast

۲-۳-۲ Google Home

Google Home یکی دیگر از ابزارهای Google است که با کمک دستیار صوتی Google می‌توان دستورات را به آن انتقال داد تا علاوه بر کنترل خانه هوشمند، بتواند سوالات متفرقه را نیز پاسخگو باشد (عملکردی مانند هاب خانگی Google دارد با این تفاوت که صفحه نمایش ندارد). نمایی از این ابزار در شکل ۱۴-۲ قابل مشاهده است. قیمت این محصول ۱۳۰ دلار است. همچنین این محصول می‌تواند به ابزارهایی متصل شود که دارای Wifi باشند و نیازمند برنامه Google Home App است.

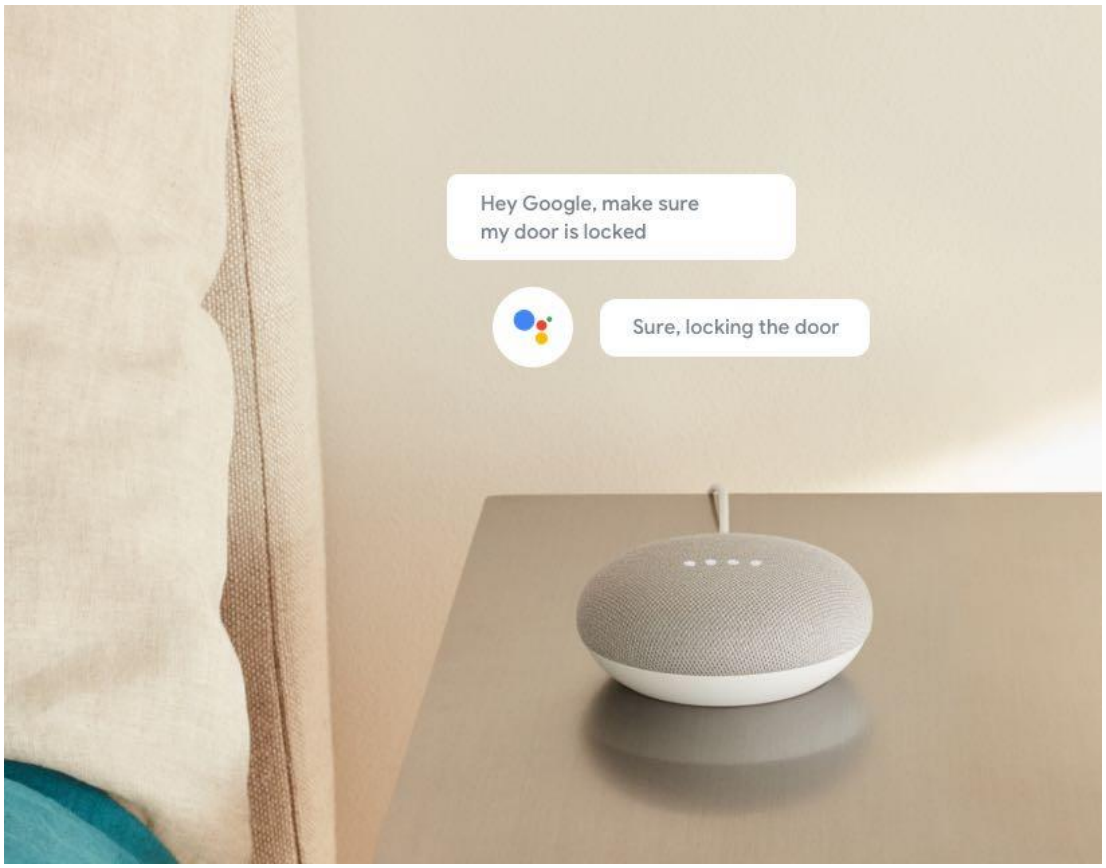


شکل ۱۴-۲ - نمایی از Google Home [30]

۲-۳-۳ Google Home Mini

مدلی دیگری از دستیارهای خانگی است که قابلیت‌های Google Home را در اندازه‌ای کوچکتر ارائه می‌دهد و در شکل ۱۴-۲ قابل مشاهده است [31]. قیمت این محصول ۵۰ دلار است. این محصول نیازمند برنامه Google Home App است تا بتواند با آن ارتباط برقرار کند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۱۵-۲ – Google Home Mini [31]

۲-۳-۴ Google Home Max

این محصول نیز مانند دو محصول Google Home و Google Home Mini، با همان اهداف طراحی شده است و صرفاً با ظاهری متفاوت و کیفیت بلندگوی بالاتر ارائه می‌شود و نیازمندی‌ها و کاربردهای آن مشابه دو محصول نام برده است. Google Home Max قیمتی برابر با ۴۰۰ دلار دارد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۱۶-۲ – نمایی از Google Home Max [32]

۲-۳-۵ Google Wi-Fi

Google Wi-Fi یک نقطه دسترسی[1] بوده که شبکه را به صورت Wi-Fi ارائه می‌دهد. این محصول امکان ایجاد شبکه Mesh را فراهم می‌کند. بدین صورت که می‌توان تعدادی Google WiFi را در خانه قرار داد و آنها را به صورت بی‌سیم به هم متصل کرد. این اتصال احتمالاً متفاوت با نحوه کار گسترش‌دهنده‌های شبکه Wi-Fi[2] بوده و به ادعای سازنده، از سرعت بالاتری برخوردار است. نمایی از این محصول در شکل ۱۷-۲ قابل مشاهده است. این محصول با تخفیف ۹۹ دلار قیمت دارد.

[1] Access Point
[2] Wi-Fi Extender

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۱۷-۲ – نمایی از Google Wi-Fi [33]

این محصول همچنین می‌تواند به صورت خودکار، خلوت‌ترین باند را برای انتقال داده در هر لحظه به ابزارهای متصل به آن اختصاص دهد. همچنین اتصال به برنامه Google WiFi App بر روی iOS یا Android از نیازمندی‌های Google Wi-Fi است. سایر ویژگی‌های فنی این محصول در ادامه عنوان شده‌اند:

- AC1200 2x2 Wave 2 WiFi
- 802.11 a/b/g/n/ac 2.4/5 GHz
- TX Beamforming
- Bluetooth® Smart Ready
- درگاه‌هایی برای اترنت گیگابیت
- ۵۱۲ مگابایت RAM و ۴ گیگابایت حافظه داخلی
- پردازنده ۴ هسته‌ای ARM ۷۱۰ مگاهرتز

۲-۴ شرکت Amazon

۲-۴-۱ سیستم‌عامل همگام‌شده با خدمات ابری Amazon برای ابزارهای خانه هوشمند

FreeRTOS سیستم عامل ارائه شده توسط شرکت Amazon برای دستگاه‌های دارای محدودیت اینترنت اشیا بوده که برای ابزارهای خانه هوشمند (که از اشیای اینترنت اشیاء محسوب می‌شوند) مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سیستم‌عامل قابلیت اتصال ساده به سرویس خدمات ابری اینترنت اشیاء Amazon (به نام AWS IoT core) و خدمات شبکه و پردازش در لبه[1] Amazon (به نام AWS Greengrass) را فراهم می‌کند.

[1] Edge Proccesing

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲-۴-۲ خدمات حفظ امنیت ابزارهای خانه هوشمند

با استفاده از خدمات ابری AWS امکان استفاده از رمزنگاری انتها–به–انتها برای دستگاه‌ها فراهم خواهد بود. بر روی دستگاه‌ها، واسط PKCS#11 برای سهولت مدیریت کلیدها استفاده شده است. همچنین FreeRTOS در حین بروزرسانی سفت‌افزار ابزارهای خانه هوشمند، به منظور حفظ هویت کد، امکان استفاده از امضای دیجیتال کد در حین انتقال را فراهم می‌کند تا بتوان از صحیح بودن سفت‌افزار نصب شده قبل و بعد از بروزرسانی اطمینان حاصل کرد. همچنین هم سیستم‌عامل FreeRTOS و هم خدمت لبه شبکه Amazon، داده‌ها را قبل از ارسال چه به صورت محلی و چه برای انتقال به سرویس‌دهنده ابری، احراز هویت و رمزنگاری می‌کنند و بدین ترتیب هیچ داده‌ای بدون مشخص شدن هویت آن بین خود دستگاه‌ها و یا سرویس‌دهنده ابری منتقل نخواهد شد.

۲-۴-۳ AWS IoT Greengrass core

این محصول خدمات شبکه و ارتباطات به صورت محلی و آفلاین را فراهم می‌آورد، همچنین امکاناتی برای پردازش در لبه ارائه می‌دهد. این موارد در ادامه مرد بررسی قرار می‌گیرند.

۲-۴-۳-۱ ارائه خدمات ارتباطات به صورت محلی

با استفاده از AWS Greengrass شرکت Amazon، ابزارهای اینترنت اشیاء و خانه هوشمند می‌توانند به صورت محلی داده‌های خود را ارسال کرده و دستورات و پاسخ مناسب به درخواست‌ها را به‌سرعت دریافت کنند. این روش باعث خواهد شد تا زمان مورد نیاز و همچنین هزینه ارسال داده به خدمت‌دهنده ابری کاهش یافته و همچنین از مزایای خدمات ابری مانند مدیریت ابزارها، تحلیل داده‌ها و فضای ذخیره‌سازی امن بهره برد. لازم به ذکر است که ابزارهایی که از FreeRTOS استفاده می‌کنند می‌توانند به راحتی به Greengrass متصل شده و از امکانات آن بهره ببرند.

۲-۴-۳-۲ ارائه خدمات ارتباطات به صورت آفلاین

AWS Greengrass حتی در زمانی که اتصال کل خانه به اینترنت مختل باشد نیز به نحوی عمل خواهد کرد ابزارهای خانه تا حد امکان متوجه این قطعی نباشند. بدین ترتیب که داده‌های آن‌ها را دریافت و دستورات لازم را به آن‌ها انتقال می‌دهد و بعد از اتصال به اینترنت، این داده‌ها را با خدمت‌دهنده ابری مرکزی همگام می‌کند.

۲-۴-۳-۳ واسط یادگیری ماشین

AWS Greengrass و خدمت‌دهنده مرکزی ابری Amazon این امکان را فراهم می‌کنند تا داده‌ها به صورت مرکزی تجمیع و برای یادگیری ماشین و آموزش شبکه‌های عصبی مورد استفاده قرار بگیرند، سپس نتیجه آن به بخش محلی منتقل شود تا دستگاه‌ها بتوانند به شکل بسیار سریع و بدون آنکه نیاز به انتقال کل داده‌ها به هر بخش محلی (مثلا هاب خانگی) باشد، از این واسط آموزش دیده شده برای تصمیم‌گیری‌های خود استفاده کنند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲-۴-۳-۴ بروزرسانی از راه دور

دستگاه‌هایی که AWS Greengrass و یا Amazon FreeRTOS را اجرا می‌کنند می‌توانند از راه دور بروزرسانی شوند تا اشکالات امنیتی و نرم‌افزاری[1] آن‌ها برطرف شده و بتوانند از ویژگی‌های جدید بهره ببرند.

۲-۴-۴ AWS IoT Core

این محصول سرویس خدمات ابری Amazon را ارائه می‌کند. ویژگی‌های AWS IoT Core در ادامه بررسی می‌شوند.

۲-۴-۴-۱ ارتباطات مطمئن و پایدار

خدمات ابری اینترنت اشیاء Amazon این امکان را فراهم می‌کنند تا با استفاده از پروتکل‌های HTTP، Websocket و MQTT ارتباطی مطمئن بین اشیاء و خدمت‌دهنده برقرار کرد. همچنین خدمت‌دهنده این امکان را فراهم می‌کند که بتوان برنامه‌ها را به نحوی برای اشیاء توسعه داد که همیشه آماده دریافت دستورات باشند[2] و بتوانند به دستورات کاربر، بلافاصله عکس‌العمل نشان دهند (مثلاً دستورات دریافت شده از دستیار هوشمند صوتی Amazon به نام الکسا).

۲-۴-۴-۲ قابلیت پاسخگویی به موقع[3]

استفاده از ویژگی‌های خدمات ابری به صورت بکارگیری خدمت‌دهنده‌های متعدد در نقاط مختلف دنیا باعث افزایش مقیاس‌پذیری و کاهش زمان انتظار پاسخ به دستورات خواهد شد.

۲-۴-۴-۳ مدیریت دستگاه‌ها

در خدمت ابری اینترنت اشیاء Amazon، می‌توان همه ابزارهای خانگی متصل را مشاهده و مدیریت کرده و به راحتی چند کلیک، سفت‌افزار آن‌ها را از راه دور بروزرسانی کرد. همچنین گواهینامه‌های دیجیتال مورد استفاده برای تجهیزات شبکه‌ای که به AWS IoT Core متصل هستند به صورت خودکار تمدید شده و هیچ گاه منقضی نمی‌شوند.

۲-۴-۴-۴ تشخیص ناهنجاری‌ها[4]

AWS IoT Core، این امکان را فراهم می‌کند تا با بررسی رفتار دستگاه‌ها، ناهنجاری‌های آن‌ها را تشخیص داده و قبل از بروز مشکل، از آن جلوگیری کرد. بدین ترتیب که داده ورودی به دستگاه و خروجی آن توسط خدمت‌دهنده ابری بررسی شده و در صورت مغایرت با نتیجه مورد انتظار، که از پیش توسط خود کاربر امکان تعریف شدن دارد، می‌توان بروز مشکل در دستگاه را تشخیص داد.

[1] Bugs
[2] Always listening
[3] Responsiveness
[4] Anomaly detection

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲-۴-۵ ماکروفر Amazon

این ماکروفر به اسم Amazon Basics قادر است با استفاده از دستیار صوتی Alexa، دستورات را اجرا کند. نمایی از این ماکروفر در شکل ۱۸-۲ قابل مشاهده است. ارتباط این ماکروفر از طریق Wifi خواهد بود.

شکل ۱۸-۲ – نمایی از ماکروفر Amazon سازگار شده با Alexa [34]

۲-۴-۶ ساعت Amazon

این ساعت دیواری تحت عنوان ساعت Echo می‌تواند با استفاده از Alexa کارایی‌های متفاوتی مانند تایمر را داشته باشد. همچنین به شکل خودکار ساعتش تنظیم می‌شود و ساعت تابستانی و زمستانی آن نیز می‌تواند به شکل خودکار تنظیم شود. این محصول برای کار نیازمند است تا با استفاده از بلوتوث به یکی از محصولات Echo مانند بلندگو و میکروفون Echo متصل شود. نمایی از ساعت Amazon در شکل ۱۹-۲ و نمایی از ابزارهایی که این ساعت می‌تواند به آن‌ها متصل شود در شکل ۲۰-۲ قابل مشاهده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۱۹-۲ – ساعت Echo [35]

شکل ۲۰-۲ – ابزارهای سازگار با ساعت Echo [35]

۲-۵ Rachio

۲-۵-۱ کنترل‌کننده آبیاری Rachio 3

این محصول می‌تواند به گوشی متصل شده و به صورت هوشمند میزان آبیاری آبیارها (پیوست ب–آبیارها) را با در نظر گرفتن مسائلی مانند پیش‌بینی وضعیت آب و هوا به شکل هوشمندانه کنترل کند. نمایی از این محصول در شکل ۲۱-۲ قابل مشاهده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۲۱-۲ - کنترل‌کننده آبیاری Rachio 3 [36]

مشخصات فنی این محصول به شرح زیر است:

- اتصال از طریق Wifi 2.4/5 GHz به اپلیکیشن مربوطه و اینترنت
- پشتیبانی از حسگر باران بی‌سیم یا باسیم (NC^1)
- پشتیبانی از حسگر خاک بی‌سیم یا باسیم (NC^2)
- پشتیبانی از حسگر جریان آب باسیم
- برنامه iOS و Android و تحت وب برای کنترل محصول و مشاهده گزارش‌های مصرف آب و غیره
- قابل استفاده با دستیارهای Nest، Amazon Alexa، Apple Home Kit، Google Assistant، IFTTT، Wink، Conrtol4، Nexia و غیره
- قابلیت کنترل تا حداکثر ۱۶ آبیار
- قیمت ۲۳۰ تا ۲۸۰ دلاری
- قابلیت اتصال به اندازه‌گیر هوشمند آب Rachio و تشخیص نشتی آب
- تشخیص خرابی در سوپاپ‌ها
- قطع آب در صورت بروز مشکل

۲-۵-۲ اندازه‌گیر هوشمند آب Rachio

این اندازه‌گیر برای اتصال به کنترل‌کننده هوشمند آب Rachio طراحی شده است. بدین ترتیب می‌تواند میزان مصرف آب و بروز نشتی آب را تشخیص و اطلاع‌رسانی کند. نمایی از این محصول در شکل ۲۲-۲ مشخص شده است. اتصال به کنترل‌کننده

[1] Normally Closed
[2] Normally Closed

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

از طریق LoRA بوده و انرژی آن از طریق باتری AA تامین می‌شود [37]. همچنین برای تنظیمات اولیه و اتصال به برنامه مربوطه، با استفاده از Wifi می‌توان به این محصول متصل شد.

شکل ۲۲-۲ – نمایی از اندازه‌گیر هوشمند آب Rachio [38]

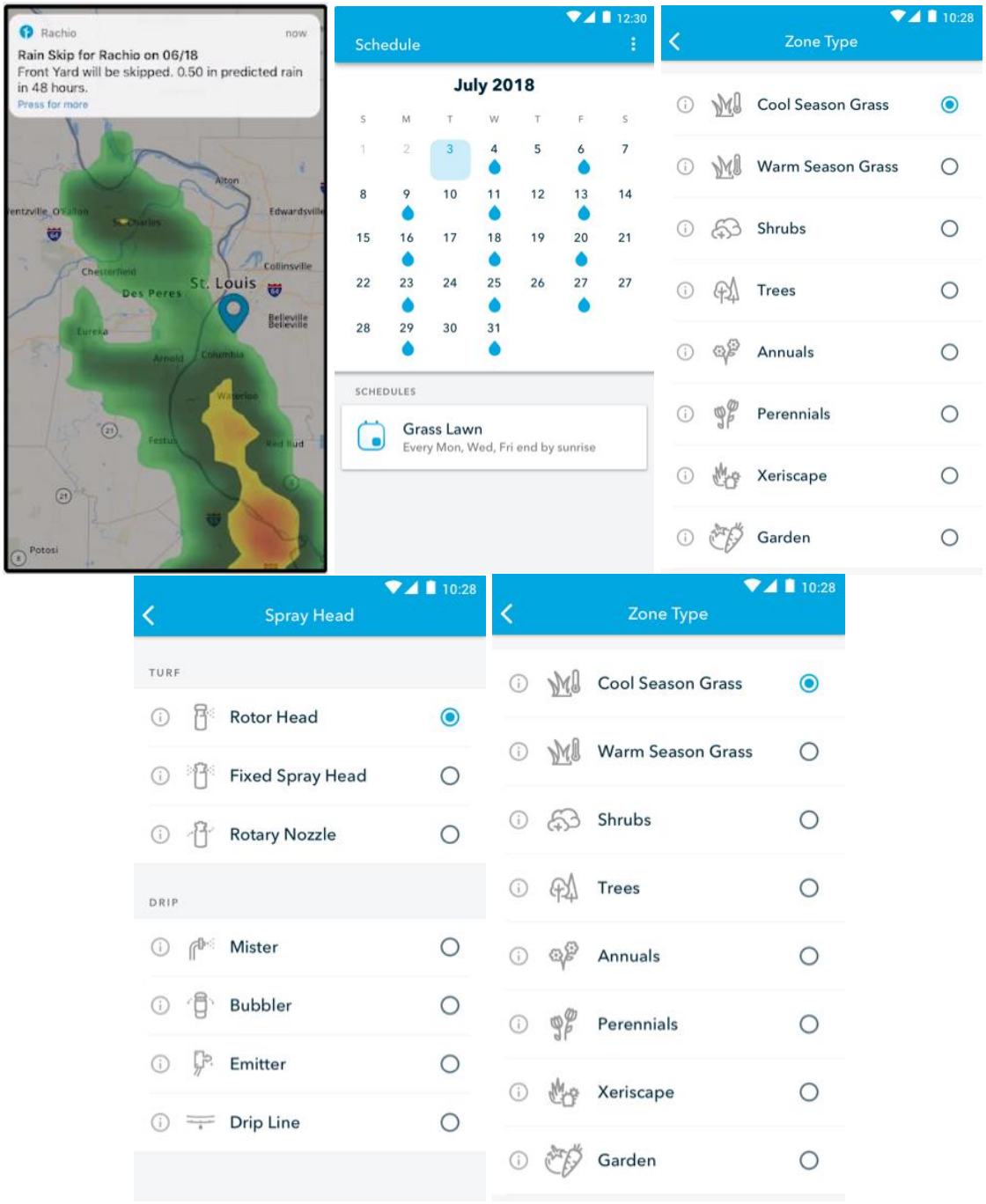
ویژگی‌های فنی این محصول به شرح زیر هستند:

- قابلیت اتصال به انواع لوله مسی، PVC، PEX و SDR9
- پشتیبانی از Wifi 2.4/5 GHz
- نیازمند اتصال در فاصله حداکثر ۱۰۰ متری تا کنترل‌کننده آبیاری
- قابلیت استفاده تا ۲ سال با استفاده از ۲ باتری قلمی
- حداکثر فشار ۳۵۰ PSI

۲-۵-۳ برنامه Rachio برای کنترل ابزارها

این برنامه برای اتصال به ابزارهای این شرکت طراحی شده و ویژگی‌هایی را به همراه می‌آورد تا آبیاری را به شکل هوشمندانه مدیریت کند. از ویژگی‌های این برنامه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- امکان مشخص کردن هر بخش باغچه: با انتخاب صحیح هر بخش، این برنامه می‌تواند هر بخش را به صورت جداگانه متناسب با آن بخش آبیاری کند. نمایی از این بخش در شکل ۲۳-۲ مشخص شده است.



شکل ۲۳-۲ - نمای برنامه آبیاری Rachio [39]

- امکان مشخص کردن نوع سری آبیارها
- امکان مشخص کردن نوع خاک
- امکان مشخص کردن مقدار آفتاب تابیده شده در طول روز
- امکان مشخص کردن شیب سطح
- امکان مشخص کردن زمان‌بندی برای آبیاری
- امکان اتصال به هواشناسی و آبیاری متناسب با آب و هوا

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- عدم آبیاری در روزهای بارانی
- آبیاری کم در روزهای سرد برای جلوگیری از یخ زدن گیاهان
- آبیاری با شدت کم در صورت وجود باد شدید (از پخش شدن و هدر رفت آب جلوگیری می‌کند)

- اندازه‌گیری رطوبت خاک و آبیاری خارج از برنامه در صورت خشکی خاک
- تنظیم آبیاری متناسب با فصول

۲-۶ شیائومی[1]

۲-۶-۱ لامپ کنار تخت‌خوابی هوشمند

این لامپ را می‌توان از طریق برنامه در گوشی یا به کمک دستیار صوتی Google کنترل کرد. از ویژگی‌های این لامپ می‌توان تغییر به هر رنگی را اشاره کرد. این لامپ از طریق Wifi یا BLE می‌تواند ارتباط برقرار کند. نمایی از این لامپ در شکل ۲۴-۲ دیده می‌شود و ۴۵ دلار قیمت دارد.

شکل ۲۴-۲ - نمایی از لامپ کنار تخت خوابی هوشمند شیائومی [40]

۲-۶-۲ لامپ هوشمند شیائومی[2]

این لامپ را می‌توان در نقاط مختلف خانه متصل کرد و با اتصال به گوشی، مانند لامپ کنار تخت‌خوابی رنگ آن را کنترل کرد. این لامپ می‌تواند قبل از ورود شما به خانه، روشن شود و از راه دور یا قبل از خواب خاموش شود. این محصول با استفاده از Wifi 802.11 @ 2.4GHz به اینترنت متصل شده و با ۶۰۰ لومن نور با مصرف ۹.۱ وات دارد. نمایی از این محصول در شکل ۲۵-۲ قابل مشاهده است و ۲۰ دلار قیمت دارد.

[1] 小蜜
[2] Yeelight LED Light Bulb (Color)

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۲۵-۲- نمایی از لامپ هوشمند شیائومی [41]

۳-۶-۲ لامپ رومیزی شیائومی

مشخصات این لامپ نیز مانند دو محصول پیشین است ولی ویژگی‌هایی برای محافظت از چشم را به همراه دارد. به عنوان مثال می‌توان نور آن را برای حالت‌های خاص مانند مطالعه، کامپیوتر و... تنظیم کرد. نمایی از این محصول در شکل ۲۶-۲ قابل مشاهده است. این محصول ۴۰ دلار قیمت دارد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۲۶-۲ – نمایی از لامپ هوشمند رومیزی شیائومی [42]

۲-۶-۴ پریز هوشمند شیائومی

این پریز از طریق وای‌فای به برنامه خانه شیائومی بر روی گوشی متصل شده و می‌توان آن را از راه دور قطع و وصل کرده و تایمر برای زمان خاموش و روشن شدن هر کدام تعیین کرد. نمایی از این محصول در شکل ۲۷-۲ نشان داده شده و ۱۵ دلار قیمت دارد.

شکل ۲۷-۲ – نمایی از پریز هوشمند شیائومی [43]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲-۶-۵ دوربین امنیتی خانه شیائومی

این دوربین می‌تواند ویدئو را کیفیت 1080P و 20 FPS روی اینترنت با استفاده از Wi-Fi جریان‌سازی[1] کند و بر روی فضای ابری یا micro SD ذخیره کند. این دوربین مجهز به مادون قرمز بوده تا در شب دید کافی داشته باشد. همچنین می‌تواند با استفاده حسگر حرکتی حرکت را تشخیص داده و اطلاع‌رسانی کند. با استفاده برنامه آن می‌توان بخش‌های مختلف در دید دوربین را از لحاظ میزان حساسیت به حرکت مشخص کرد. به عنوان مثال می‌توان در یا پنجره‌ای که احتمال ورود افراد ناشناس از آن بیشتر است را با حساسیت بالایی تعیین کرد تا در صورت کوچکترین حرکتی دوربین فیلم‌برداری کرده و اخطار دهد. به عنوان مثال میزان این حساسیت‌ها با چهار درجه حساسیت در شکل ۲۸-۲ مشخص شده است. همچنین این دوربین با استفاده از Bluetooth این امکان را فراهم می‌کند تا افراد خانه با استفاده از دستبند شیائومی یا گوشی موبایل آیفون یا آندروید در تنظیمات کنترل دوربین مشخص کنند که نمی‌خواهند از آن‌ها فیلم‌برداری شود. بدین ترتیب، دوربین با تشخیص حضور این افراد، از آن‌ها فیلم نگرفته و حریم خصوصی آن‌ها را حفظ می‌کند. در نهایت این دوربین از ارتباط دو طرفه صدا پشتیبانی کرده و برنامه مربوطه می‌تواند چندین دوربین را به شکل همزمان روی صفحه نمایش پخش کند. نمایی از این دوربین در شکل ۲۸-۲ قابل مشاهده است.

شکل ۲۸-۲ - نمایی از دوربین هوشمند شیائومی [44]

۲-۶-۶ جارو هوشمند شیائومی

این جارو رباتیک به شکل خودکار خانه را تمیز کرده و تی می‌کشد. بعد از راه‌اندازی، این محصول با استفاده از لیزر روی آن و حسگرهای ضربه کنار خود، کل خانه را طی کرد و نقشه خانه را تهیه می‌کند و با اتصال به برنامه خانه شیائومی، نقشه را به کاربر نشان می‌دهد. کاربر می‌تواند با استفاده از برنامه، جاروبرقی را به شکل دستی کنترل کند و یا منطقه‌ای از خانه را برای آن مشخص کند که جارو به شکل خودکار آن را تمیز کند. همچنین می‌تواند با برنامه‌ریزی هفتگی به شکل خودکار به تمیز کردن خانه بپردازد. این محصول به شکل خودکار به سمت درگاه شارژ خود حرکت کرده و خود را شارژ می‌کند. سایر اطلاعات از جمله پر بودن مخزن و همچنین قابلیت بروزرسانی سفت‌افزار آن از طریق برنامه خانه شیائومی فراهم است. این جارو گوشه‌های خانه را با برس چرخشی تمیز کرده و با مکنده خود هر شیء زیر خود را به داخل مخزن می‌کشد. قیمت این محصول ۶۰۰ دلار است و نمایی از آن در شکل ۲۹-۲ قابل مشاهده است.

[1] Stream

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۲۹-۲ - نمایی از جارو هوشمند Roborock شیائومی[1] [45]

۲-۷ TP-Link

بخش Kasa این شرکت که بخش مؤسسه تحقیقاتی این شرکت در دره سیلیکون آمریکا[2] بود، کار خود را در زمینه ابزارهای هوشمند در سال ۲۰۱۵ با پریز برق هوشمند آغاز کرد و در ادامه ابزارهای دیگری به این شرکت اضافه شدند.

۲-۷-۱ پریز هوشمند

این پریز با استفاده از Wifi به برنامه Kasa در اندروید یا iOS متصل می‌شود و می‌تواند از راه دور کنترل شده، برق را قطع و وصل کند، طبق برنامه‌ریزی لامپ متصل به پریز را حتی در زمان‌هایی که شخصی در خانه حضور ندارد روشن کند (مسائل امنیتی که سارقان فکر کنند شخصی در خانه حضور دارد) و همچنین می‌تواند توسط دستیارهای صوتی Google و Amazon Alexa کنترل شود. نمایی از این پریز در شکل ۳۰-۲ قابل مشاهده است.

[1] Xiaomi Roborock
[2] Silicon Valley

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۳۰-۲ – نمایی از پریز هوشمند Kasa (TP-Link) [46]

۲-۷-۲ لامپ هوشمند

لامپ هوشمند Kasa، یکی دیگر از محصولات این شرکت است که می‌تواند در سرپیچ مربوطه نصب شده و با WiFi بدون نیاز به هاب جداگانه، مستقیم به نقطه اتصال خانه وصل شود. می‌توان آن را توسط برنامه Kasa و یا دستیارهای صوتی Alexa، Cortana و Google کنترل کرد. همچنین می‌توان با استفاده از حالت خودکار همیشه رنگ و نور متناسب را تولید کرد. نمایی از این محصول در شکل ۳۱-۲ ارائه شده است و قیمت آن در محدوده ۴۰ دلار است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۲-۳۱ – نمایی از لامپ هوشمند Kasa (TP-Link) [47]

۲-۷-۳ دوربین خانگی

یکی دیگر از محصولات شرکت Kasa (TP-Link) دوربین امنیتی درون خانه آن است. این دوربین امکان جریان‌سازی زنده، صحبت کردن دوطرفه صوتی، ضبط به صورت دستی و دید در شب را فراهم می‌کند. همچنین می‌توان آن را به همراه دستیارهای صوتی Google و Amazon Alexa مورد استفاده قرار داد. این دوربین می‌تواند هشدارهایی مانند تشخیص حرکت در اتاق را با حسگرهای حرکتی، از طریق برنامه Kasa اطلاع‌رسانی کند. این دوربین حدود ۸۰ دلار قیمت دارد و نمایی از آن در شکل ۲-۳۲ قابل مشاهده است.

شکل ۲-۳۲ – نمایی از دوربین Kasa [48]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

از مشخصات فنی این دوربین می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- 1080P با زاویه دید ۱۳۰ درجه و ۳۰ فریم بر ثانیه
- کدگذاری H264
- استفاده از WiFi در هر دو فرکانس ۲.۴ و ۵ گیگاهرتز

۲-۸ Wink

Wink یکی از شرکت‌های فعال در زمینه خانه هوشمند است که با همکاری با سایر شرکت‌ها محصولاتی را برای خانه ارائه داده است. در ادامه بعضی از این شرکت‌ها و محصولات مربوطه بررسی خواهند شد.

۲-۸-۱ Wink Hub

یکی از محصولات خانه هوشمند این شرکت، Wink Hub است. این محصول این امکان را فراهم می‌کند تا ابزارهای مختلف خانه هوشمند با شبکه‌های ارتباطی مختلف بتوانند به هاب متصل شده و از طریق آن به اینترنت وصل شوند. نمایی از این محصول در شکل ۳۳-۲ قابل مشاهده است و قیمت آن ۱۰۰ دلار است. مشخصات این محصول به شرح زیر است:

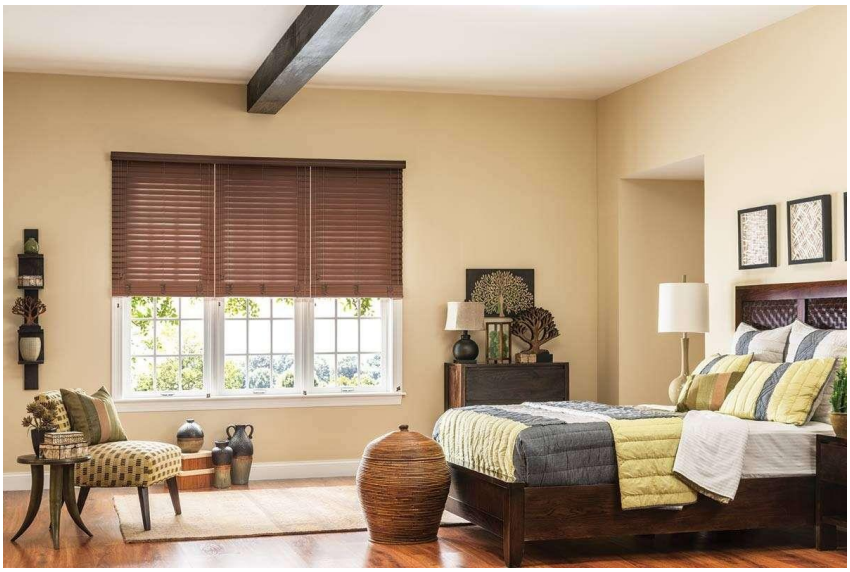
- قابلیت کنترل هاب از طریق iOS، Apple watch، Android، Android Wear و Amazon Alexa
- پشتیبانی از WiFi، BLE، Z-Wave، Z-Wave Plus، Zigbee، Lutron Clear Connect، Thread و Kidde

شکل ۳۳-۲ – نمایی از Wink Hub 2 [49]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲-۸-۲ پرده موتوری Bali

این پرده می‌تواند با استفاده از WiFi به Wink Hub وصل شده و از راه دور یا بر اساس برنامه زمانی باز و بسته شود [50]. نمایی از این پرده در شکل ۳۴-۲ قابل مشاهده است و قیمتی برابر با تقریباً متر مربعی ۲.۵ دلار دارد.



شکل ۳٤-۲ – نمونه‌ای از پرده موتوری Bali [51]

۲-۸-۳ پنکه سقفی Gardinier

یکی از ابزارهای ساده خانه هوشمند، پنکه سقفی Gardinier است که می‌تواند با اتصال به هاب و برنامه Wink کنترل شود. نمایی از نحوه کنترل سرعت و نور لامپ درون پنکه در شکل ۳۵-۲ قابل مشاهده است. قیمت این پنکه ۲۰۰ دلار است.

شکل ۳۵-۲ – کنترل‌های قابل انجام از طریق برنامه Wink برای پنکه سقفی Gardinier [52]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲-۸-۴ آبگرمکن Rheem

این آبگرمکن یکی دیگر از ابزارهای خانه هوشمند است که توسط شرکت Rheem ساخته شده و این امکان را دارد که از طریق WiFi به برنامه Wink متصل شود. بدین ترتیب می‌توان مواردی مانند مد کاری آن (مانند زمان نیاز زیاد به آب گرم) و دمای مناسب را از راه دور تنظیم کرد. این آبگرمکن ۵۸۰ دلار قیمت دارد. نمایی از این آبگرمکن و بخش تنظیمات آبگرمکن برنامه Wink در شکل ۳۶-۲ مشخص شده است.

شکل ۳۶-۲ – آبگرمکن Rheem و برنامه مربوطه از شرکت Wink [53]

۲-۸-۵ کلید هوشمند Leviton

این کلید با استفاده Z-Wave به Wink Hub و در نهایت به برنامه Wink متصل می‌شود و از روی آن می‌توان شدت نور و روشن/خاموش بودن را کنترل کرد. نمایی از این کلید در شکل ۳۷-۲ قابل مشاهده است. این محصول ۷۰ دلار قیمت دارد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۳۷-۲ – کلید هوشمند Leviton [54]

۲-۹ آسانه

آسانه یک شرکت دانش‌بنیان است که در زمینه خانه هوشمند فعالیت می‌کند. محصولات این شرکت شامل مواردی مانند رله هوشمند، کلید هوشمند و گجت آبیاری هوشمند است. تنوع محصولات این شرکت می‌تواند نشان‌گر این باشد که این شرکت به احتمال زیاد خود محصولات خود را با تهیه تجهیزات تهیه شده از بخش‌های مختلف می‌سازد. محصولات این شرکت در ادامه بررسی خواهند شد.

۲-۹-۱ ابزار قطع و وصل پریز برق

این ماژول با استفاده از Wi-Fi و اتصال به برنامه خانه هوشمند مربوطه می‌تواند برق پریز را قطع و وصل کند. نمایی از این محصول در شکل ۳۸-۲ قابل مشاهده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۳۸-۲ - نمایی از ابزار قطع و وصل برق پریز آسانه [55]

۲-۹-۲ پنل لمسی

این محصول با استفاده از WiFi به برنامه خانه هوشمند مربوطه متصل شده و می‌توان با استفاده از آن روشنایی را از راه دور کنترل کرد. کلیدهای این پنل لمسی بوده و می‌توان سناریوهای مختلفی را برای هر کلید تعریف نمود. نمایی از این محصول در شکل ۳۹-۲ قابل مشاهده است.

شکل ۳۹-۲ - نمایی از پنل لمسی آسانه [56]

۲-۹-۳ پنل کولر

این پنل نیز با استفاده از WiFi به برنامه خانه هوشمند مربوطه متصل شده و می‌توان از راه دور و یا به صورت هوشمند کولر آبی را کنترل کرد (کنترل از طریق گوشی با یا بدون اینترنت). این پنل دارای نمایشگر رنگی ، زمان‌سنج، دماسنج، رطوبت‌سنج

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

و صفه لمسی بوده و سرعت موتور و پمپ آب کولر را بر اساس رطوبت، دما و یا زمان‌بندی از پیش تعیین شده کنترل کند. نمایی از این محصول در شکل ۴۰-۲ ارائه شده است.

شکل ٤٠-۲ - پنل کولر آسانه [57]

۲-۹-۴ کنترل‌کننده مرکزی

این ابزار این امکان را فراهم می‌کند که تجهیزات خانه هوشمند به آسانی به کنترل‌کننده مرکزی متصل شوند و از طریق آن به مسیریاب خانه و اینترنت متصل شوند. از ویژگی‌های این دستگاه می‌توان به افزایش محدوده تحت پوشش شبکه بی‌سیم، عدم نیاز به تنظیمات پیچیده و عدم نیاز به IP valid اشاره کرد. نمایی از این محصول، در شکل ۴۱-۲ قابل مشاهده است.

شکل ٤١-۲ – کنترل‌کننده مرکزی شرکت آسانه [58]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲-۹-۵ بلاستر مادون قرمز

با توجه به اینکه بسیاری از ابزارهای قدیمی خانه دارای کنترل از راه دور مادون قرمز بودند، می‌توان با استفاده از بلاستر مادون قرمز، تا حدی آن‌ها را به عضوی از خانه هوشمند تبدیل کرد. این بلاستر می‌تواند انواع کنترل‌های مادون قرمز (به عنوان مثال تلویزیون، سینمای خانگی و...) را یاد گرفته و از طریق گوشی یا اینترنت ابزارهای قدیمی خانه را کنترل کرد. نمایی از این ابزار در شکل ۴۲-۲ قابل مشاهده است.

شکل ۴۲-۲ - بلاستر مادون قرمز آسانه [59]

۲-۹-۶ ماژول درب بازکن و پرده برقی

این ماژول‌ها در واقع صرفاً یک رله با قابلیت اتصال به WiFi و کنترل از راه دور هستند و اعمال ساده قطع و وصل (باز و بسته شدن) را انجام می‌دهند.

۲-۹-۶-۱ گجت آبیاری

این محصول شامل یک کنترل کننده به همراه شیر برقی است که با اتصال به برق، می‌تواند شیر آب را از راه دور طبق برنامه تعیین شده باز و بسته کند. این ابزار نیز از طریق WiFi به برنامه خانه هوشمند آسانه متصل می‌شود. نمایی از این محصول در شکل ۴۳-۲ قابل مشاهده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۴۳-۲ - گجت آبیاری آسانه [60]

۲-۱۰ فرینه فناور

این شرکت حوزه‌های فعالیت متنوعی دارد که یکی از آن‌ها خانه هوشمند است. محصولات این شرکت در این حوزه به شرح زیر هستند:

۲-۱۰-۱ درگاه خانه و ساختمان

این محصول می‌تواند داده‌ها را یا به صورت مستقیم یا غیر مستقیم (با ارتباط با کنترل‌کننده هر اتاق و قسمت) از حسگرهای خانه بگیرد و همچنین دستورات را به صورت مستقیم یا غیرمستقیم به عملگرها اعمال کند. داده‌های جمع‌آوری شده توسط این درگاه می‌توانند به نرم‌افزار کاربردی یا ابر از طریق اینترنت منتقل شوند. این محصول برای ارتباط از WiFi، Zigbee، اترنت و پروتکل‌های CoAP و MQTT پشتیبانی می‌کند. نمایی از محصول در شکل ۴۴-۲ قابل مشاهده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ٤٤-٢ – درگاه خانه هوشمند فرینه فناور [61]

۲-۱۰-۲ کنترل‌کننده اتاق

این دستگاه با استفاده از Zigbee به سایر ابزارهای خانه متصل شده و می‌توان آن‌ها را کنترل کند. از موارد قابل کنترل توسط این کنترل‌کننده می‌توان به تنظیم درجه حرارت و تنظیم نور اشاره کرد. همچنین این ابزار دارای حسگرهایی مانند دما، رطوبت و نور است. نمایی از این محصول در شکل ۴۵-۲ قابل مشاهده است.

شکل ٤٥-٢ – نمایی از کنترل‌کننده اتاق فرینه فناور [62]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۳-۱۰-۲ رله بی‌سیم

این رله می‌تواند کلیدهای تک پل و دو پل را به شکل بی‌سیم قطع و وصل کند. نمایی از این محصول در شکل ۴۶-۲ قابل مشاهده است.

شکل ٤٦-۲ - رله بی‌سیم فرینه فناور [62]

۲-۱۱ IFTTT[1]

این سکو این امکان را فراهم می‌کند که بتوان خدمات مختلف را به هم وصل کرد [63]. به عنوان مثال می‌توان به تهیه یک Applet و اتصال خدمت Twitter به ایمیل، به‌طوری‌که در صورتی ارسال Twit در ایمیل اطلاع‌رسانی شود، اشاره کرد. این سکو در خانه هوشمند نیز کاربرد دارد به نحوی که می‌توان خدمات شرکت‌های مختلف را به هم متصل کرد. بدین ترتیب به عنوان مثال می‌توان برنامه کاربردی شخصی خانه خود را با دستیار Amazon Alexa کنترل کرد.

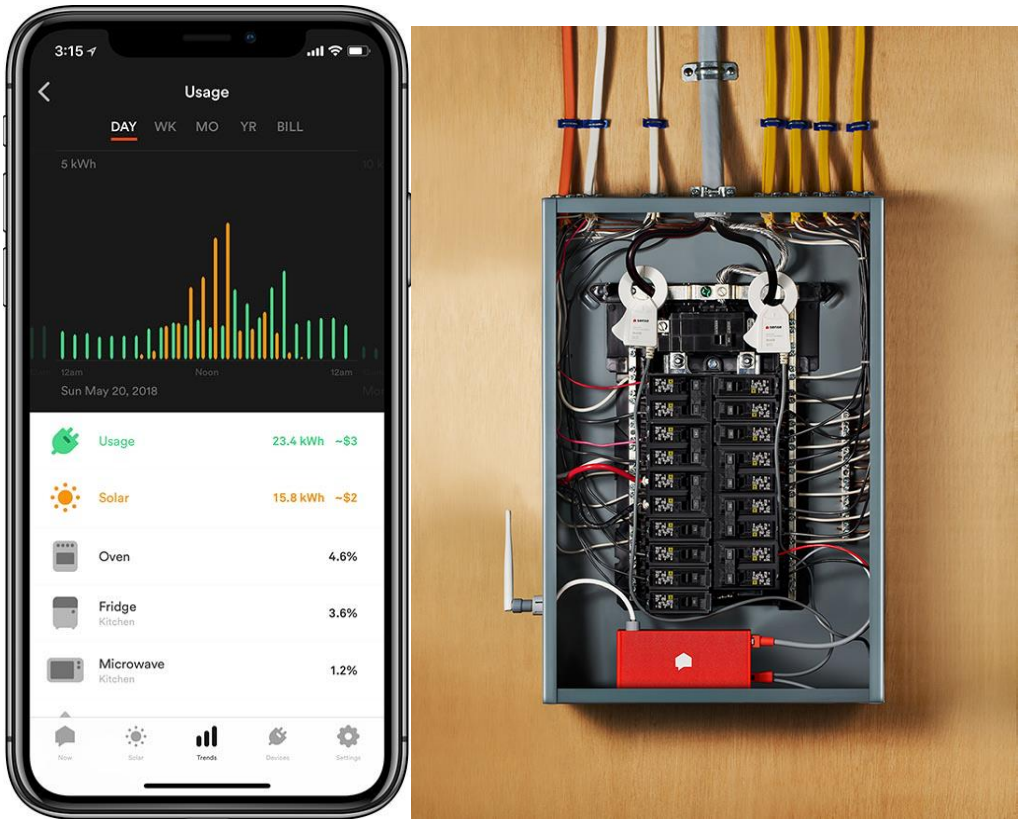
۲-۱۲ Sense

اندازه‌گیر مصرف برق خانه هوشمند شرکت Sense در واقع یک کلمپ‌متر (اندازه‌گیر انبری) با قابلیت اتصال بی‌سیم است که می‌تواند بدون قطع کردن سیم، در مسیر سیم برق هر وسیله یا کل خانه قلاب شده و مصرف برق را با اندازه‌گیری میدان مغناطیسی ایجاد شده در اطراف سیم بر اثر جریان عبوری، اندازه‌گیری کرده و به برنامه مربوطه به شکل بی‌سیم انتقال دهد [64]. نمایی از این محصول در ویدئو ۲-۲ و شکل ۴۷-۲ قابل مشاهده است.

[1] If this then that

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

ویدئو ۲-۲ اندازه‌گیر مصرف برق شرکت Sense [65]



شکل ٤٧-۲- نمایی از اندازه‌گیر انبری شرکت Sense [64]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

ویژگی‌های این محصول به شرح زیر است:

- اندازه‌گیری حداکثر ۳۰۰ ولت و ۲۰۰ آمپر با درجه CAT III
- مصرف برق کمتر از ۵ وات
- استفاده از WiFi و Bluetooth Smart برای انتقال اطلاعات (در حدود ۳۰۰ مگابایت در روز)
- پردازنده 1GHz ARM
- اندازه‌گیری مصرف لحظه‌ای ۱ میلیون بار در ثانیه
- نمایش زمان‌واقعی مصرف بر روی برنامه مربوطه
- استفاده از تحلیل داده و یادگیری ماشین برای تشخیص انواع وسایل خانگی از روی سیگنال الکتریکی آن‌ها (بدون نیاز به اتصال مستقیم Sense به هر کدام از وسایل به صورت جداگانه و تحلیل دقیق سیگنال به علت نرخ نمونه‌برداری بالا – ۱ میلیون بار در ثانیه): یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد این دستگاه، تشخیص انواع ابزارها، با تحلیل شکل موج مصرف برق آن‌هاست. شکل موج متفاوت هر دستگاه این قابلیت را ایجاد می‌کند تا بتوان ابزارها را از هم متمایز کرد. در شکل ۴۸-۲ تعدادی از شکل موج این ابزارها و نوع آن‌ها مشخص شده است.

الف- شکل موج مصرف برق روشن شدن لامپ

ب-شکل موج ماشین لباس‌شویی (ناهمگونی لباس‌ها در حین چرخش باعث ایجاد این شکل موج می‌شود)

ج- شکل موج مصرف برق ماکروفر

د- شکل موج مصرف برق یخچال

شکل ۴۸-۲ شکل موج مصرف برق در تعدادی از لوازم خانگی[64]

Sense با تحلیل انواع شکل موج و بکارگیری یادگیری ماشین، به مرور زمان دستگاه موجود در خانه را تشخیص داده و در صورت امکان، مصرف برق آن‌ها را به صورت جداگانه اعلام می‌کند.

- قابلیت اتصال مستقیم به IFTTT، Alexa، Philips Hue، Google Home Mini، Google Home Max، Wemo، TP-Link Kasa و...
- برنامه مربوطه بر روی iOS، اندروید و وب
- تحلیل داده‌های ابزارها و تشخیص مشکلاتی مانند چشمک‌زدن لامپ‌ها، خرابی ابزارها، قطعی در مسیر برق، مصرف خارج از عرف یک ابزار و... و همچنین اعلام نتایج به کاربر

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

بخش دوم

بررسی روش‌های تعامل خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا با کاربر

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل سوم

سکوها و چارچوب‌های توسعه وب

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۳-۱ مقدمه

در توسعه نرم‌افزارها برای تلفن‌های هوشمند یا کامپیوترهای شخصی، از سیستم‌عامل مربوطه و ابزارهایی که برای توسعه و اجرای این نرم‌افزارها ارائه می‌شوند تحت عنوان سکو (پلتفرم)[1] نام برده می‌شود. به عنوان مثال، یک برنامه خانه هوشمند، می‌تواند برای یک سکوی Android که شامل نسخه‌های مختلف سیستم‌عامل Android گوشی (به عنوان مثال Orio)، Android ابزارهای پوشیدنی و Android تلویزیون بوده، طراحی شود.

در طراحی برنامه‌های سطح وب، پلتفرم بدین شکل مفهومی نداشته و برنامه‌ها تحت عنوان زبان‌های مورد استفاده توسعه داده می‌شوند. به عنوان مثال از زبان HTML و تگ‌های CSS برای طراحی ظاهر، از زبان‌های PHP یا C# برای طراحی Back-End و از زبان JavaScript برای وظایف سمت مشتری[2]، استفاده می‌شود.

در طراحی برنامه‌های کاربردی وب مفهوم دیگری به نام چارچوب[3] نیز مطرح است. چارچوب‌های توسعه وب چارچوب‌هایی هستند که ایجاد، نگه‌داری و توسعه دادن برنامه‌های تحت وب را تسهیل می‌کنند. این چارچوب‌ها علاوه بر مشخص کردن قواعد، ابزارها و کتابخانه‌هایی را فراهم می‌کنند که بتوان کارهای مرتبط با برنامه‌های وب را تسهیل کرد. از این وظایف می‌توان به اتصال URL به کنترل‌کننده متناظر، تعامل با پایگاه داده، استفاده از Session در کنار مسائل مرتبط با احراز هویت و همچنین مسائل امنیتی اشاره کرد [66].

در ادامه این فصل، ابتدا به بررسی تعدادی از مهم‌ترین سکوها و زبان‌های برنامه‌نویسی وب پرداخته شده و سپس چارچوب‌های مورد استفاده در وب مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۳-۲ سکوها (پلتفرم‌ها)/زبان‌های برنامه‌نویسی وب

در توسعه برنامه‌های سطح وب، سکو یا پلتفرم خاصی برای توسعه وجود ندارد. به منظور توسعه این برنامه‌ها، ابتدا باید یک چارچوب با توجه به زبان آن انتخاب شده و طبق قوانین تعریف شده در آن چارچوب و ابزارهایی که در اختیار قرار می‌دهد، برنامه را توسعه داد. بدین ترتیب، نمی‌توان مانند برنامه‌نویسی موبایل، سکوی iOS یا Android را برای یک برنامه وب متصور بود. به طور کلی در برنامه‌نویسی سطح وب، به جز چارچوب، زبان، ابزارها و موارد مشابه انتخاب دیگری وجود ندارد و بسیاری از مسائل مانند RESTful و Stateless بودن، استفاده از HTTP، نیاز به داشتن Client/Server و همچنین استفاده از معماری MVC[4] به عرف تبدیل شده و تقریباً انواع دیگر برنامه‌نویسی‌های سطح وب از رده خارج شده‌اند. در نهایت با توجه به اینکه انتخاب زبان و چارچوب تعیین‌کننده اصلی نحوه توسعه برنامه‌های وب هستند، در ادامه برخی زبان‌های قابل استفاده در توسعه وب بررسی خواهند شد.

۳-۲-۱ زبان PHP

PHP اولین بار در سال ۱۹۹۴ به عنوان زبانی مفسری و چندمنظوره با هدف زبانی برای طراحی وب به وجود آمد. آخرین نسخه این زبان در حال حاضر ۷.۴ بوده که در دسامبر ۲۰۱۸ معرفی شده است. بسیاری (نزدیک به ۸۰٪) از وب‌سایت‌های محبوب دنیا با استفاده از PHP

[1] Platform
[2] Client
[3] Framework
[4] Model View Controller

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

طراحی شده‌اند. این مسئله به علت استفاده WordPress از PHP است [67]. با توجه به اینکه این زبان قید خاصی را ایجاد نمی‌کند می‌تواند برای کاربردهای متنوع مورد استفاده قرار گیرد. از این کاربردها می‌توان به توسعه برنامه‌های وب، CMS[1]ها، E-commerceها و برنامه‌های موبایل اشاره کرد. از مزایا و معایب PHP می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [68]:

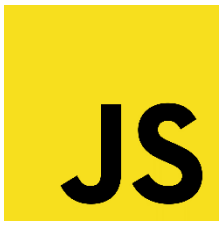
مزایا:

- راحتی یادگیری
- پشتیبانی از توابع و برنامه‌نویسی شئ‌گرا
- منابع زیاد یادگیری به لطف استفاده WordPress و Magento از PHP
- انجمن بحث و پاسخگویی وسیع
- چارچوب‌های متنوع
- ابزارهای تست فراوان

معایب:

- سرعت پایین به علت مفسری بودن
- نیاز به نصب افزونه‌ها توسط Admin و عدم پشتیبانی از Package Manager بدون دستکاری تنظیمات Global توسط Admin
- ساختار قدیمی و کاهش تمایل به استفاده از PHP در طول زمان
- عدم استفاده در اینترنت اشیاء: بسیاری از زبان‌های مفسری بجز JavaScript (Node.JS) پشتیبانی کمی در انجمن‌ها برای اینترنت اشیاء دارند اما این مسئله برای PHP تقریباً ناموجود است. این مسئله احتمالاً به دلیل عدم پشتیبانی PHP از عملیات I/O به صورت Async است.
- با اینکه برنامه‌نویسان PHP بسیار زیاد هستند اما برنامه‌نویسان حرفه‌ای PHP به سختی یافت می‌شوند.

۲-۲-۳ زبان JavaScript



JavaScript به عنوان یک زبان Front-end و Back-end (اجرا به وسیله Node.JS) و زبانی مفسری در سال ۱۹۹۵ به وجود آمده است. این زبان محبوبیت بسیار زیادی در سطح وب داشته و در بسیاری از وب‌سایت‌ها، حتی مواردی که Back-End آن‌ها با زبانی غیر از JavaScript نوشته شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. از مزایا و معایب JavaScript و Node.JS می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [69, 70, 71]:

مزایا:

- محبوبیت و مستندات فراوان
- قابلیت تعامل با سایر زبان‌ها (بر خلاف اسکریپت‌های PHP، اسکریپت‌های نوشته شده با JavaScript را می‌توان در زبان‌های مختلف مانند PHP و Perl استفاده کرد.)
- امکان استفاده هم در Front-end و هم در Back-end
- پشتیبانی از عملیات Async I/O توسط Node.JS
- کتابخانه‌های فراوان (ماژول‌های NPM)
- انعطاف‌پذیری بالا و عدم وجود قیدهای زیاد برای استفاده از این چارچوب

[1] Content Management System

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

معایب:

- امنیت در سمت کاربر: با توجه امکان اجرا شدن در سمت کاربر، JavaScript می‌تواند برای سوءاستفاده از کاربر مورد استفاده قرار گیرد.
- امکان اجرای متفاوت روی مرورگرهای مختلف: بخش Client-side این زبان که به عنوان مثال بر روی مرورگر کاربران اجرا می‌شود می‌تواند به شکل یکسانی اجرا نشده و نتایج متفاوتی داشته باشد.
- تک نخی بودن و عدم کارایی برای کارهای نیازمند پردازش بالا مانند ویرایش ویدئو (در Node.JS)
- بلوغ ناکافی با وجود ارائه ماژول‌ها و کتابخانه‌های متنوع (در Node.JS)
- پیچیدگی یادگیری نسبت به PHP (در Node.JS)
- سرعت پایین توسعه وب‌سایت به عنوان مثال در مقایسه با PHP

۳-۲-۳ زبان Python

Python یکی دیگر از زبان‌های مفسری است که نه تنها برای توسعه وب، بلکه برای کاربردهای متنوعی در سال ۱۹۹۰ به وجود آمد. تعداد زیادی از وب‌سایت‌های معروف با استفاده از آن و چارچوب مطرح آن به نام Django توسعه یافته‌اند. از موارد استفاده از Python می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- طراحی وب
- یادگیری ماشین، تحلیل و پردازش داده و مصورسازی داده
- اسکریپت نویسی
- برنامه‌نویسی برنامه‌های سازمانی
- توسعه بازی

از اهداف ایجاد این زبان برنامه‌نویسی می‌توان به درک راحت برای برنامه‌نویسان تازه‌کار، متن‌باز بودن و دارای ویژگی‌هایی با قابلیت رقابت با C/C++/Java اشاره کرد [72]. از ویژگی‌های بارز Python می‌توان به تنوع کاربردهای آن اشاره کرد که با انتخاب چارچوب متناسب با هر کاربرد، می‌توان هر نوع برنامه‌ای را با این زبان توسعه داد. این زبان همچنین از انجمن‌های پشتیبانی قوی مانند python.org بهره می‌برد که میلیون‌ها توسعه‌دهنده Python در آن‌ها به مبادله اطلاعات و حل مشکلات می‌پردازند. از مزایا و معایب این زبان می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

مزایا:

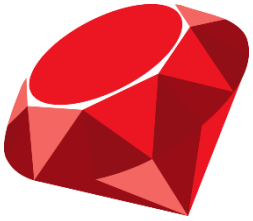
- خوانایی بالا، Syntaxهای راحت و سرعت کدنویسی بالاتر نسبت به زبان‌های مشابه مانند C++ یا Java
- استفاده بالا در اینترنت اشیاء (به عنوان مثال کدنویسی برای Raspberry Pi)
- پشتیبانی از عملیات Async
- شیءگرا، رویه‌ای و عملکردی

معایب:

- سرعت پایین به علت مفسری بودن
- عدم حضور برای برنامه‌های موبایل و برنامه‌های وب سمت کاربر
- بسیاری از خطاهای کد در حین اجرا مشخص می‌شوند

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۳-۲-۴ زبان Ruby



Ruby اولین بار در سال ۱۹۹۵ ایجاد شد و یک زبان مفسری است. از ویژگی‌های بارز این زبان تلاش برای نزدیکی به زبان انسان بوده و بدین ترتیب از زبان‌های بسیار سطح بالا[1] محسوب می‌شود. آخرین نسخه آن ۲.۶ بوده که در سال ۲۰۱۸ معرفی شده است. کاربرد اصلی Ruby در توسعه وب است [73]. به طور کلی Ruby برای توسعه وب‌سایت‌ها در زمان کم و بودجه اندک مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی قابلیت بالایی برای کنترل کردن وب‌سایت‌هایی با مراجعه کنندگان زیاد دارد [67]. همچنین با پلاگین‌های متنوع قابلیت‌های زیادی را در اختیار توسعه دهنده قرار می‌دهد [72]. این زبان همچنین از پشتیبانی مناسبی برخوردار است. از مزایا و معایب Ruby می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [74]:

مزایا:

- انجمن گفتگوی فعال
- ابزار و کتابخانه‌های متنوع و زیاد (در کنار چارچوب Rails)
- به‌روزرسانی‌های مستمر در ابزارها و کتابخانه‌ها

معایب:

- قابلیت انطباق پایین
- سرعت پایین راه‌اندازی و اجرا
- مستندات کم در مقابل انجمن فعال

۳-۲-۵ زبان Java

Java نیز یکی دیگر از زبان‌های چندمنظوره و مفسری است که در سال ۱۹۹۵ به وجود آمد. با توجه به مفسری بودن، از JVM[2] برای اجرا شدن استفاده می‌کند. از ویژگی‌های این زبان می‌توان به قابلیت اجرا بر روی سکوهای مختلف، عدم وابستگی به معماری خاص، شئ‌گرایی و... اشاره کرد. با توجه به این ویژگی‌ها و محبوبیت بالای این زبان، از آن در کاربردهای مختلفی مانند توسعه برنامه‌های سمت سرور، بازی‌های ویدئویی، برنامه‌های موبایل، برنامه‌های کار با کلان‌داده‌ها (Hadoop، Scala، Kafka و...)، برنامه‌های تجاری و... استفاده می‌شود. Java زبان اصلی توسعه برنامه‌های آندروید است [67]. از مزایا و معایب جاوا می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [75]:

مزایا:

- زبان سطح بالا با Syntaxهای آسان و یادگیری تقریبا آسان
- ابزارها و کتابخانه‌های متنوع
- عدم وابستگی به سکویی خاصی برای اجرا
- قابلیت توزیع کردن برنامه‌ها و داده‌ها بین کامپیوترهای مختلف و سهولت ارتباط بین آن‌ها برای افزایش کارایی
- مدیریت حافظه خودکار[3]

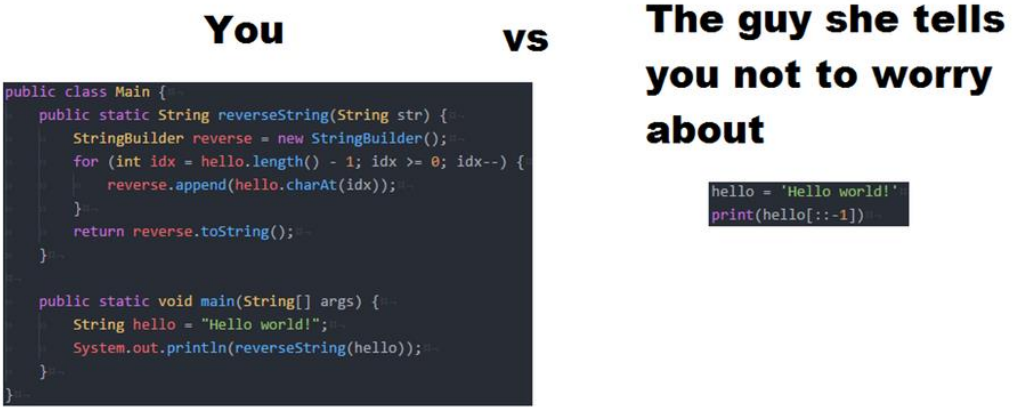
[1] High-level Programming Language
[2] Java Virtual Machine
[3] Garbage Collection

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- پشتیبانی از چندنخی
- پشتیبانی توسط Oracle و انجمن‌های فراوان

معایب:

- از سال ۲۰۱۹، Oracle استفاده سازمانی، تجاری یا برای تولید محصول از Java را مشمول هزینه کرده است.
- سرعت پایین
- سختی طراحی ظاهر برنامه‌های Desktop
- نیاز به کدنویسی طولانی در مقایسه با برخی زبان‌ها (به عنوان مثال در مقایسه با Python)که باعث خوانایی و در مقابل طولانی شدن مدت زمان توسعه می‌شود. نمونه‌ای از این مسئله در شکل ۱-۳ قابل مشاهده است.



شکل ۱-۳ نمونه حجم کد مورد نیاز برای کار مشابه در Python (سمت راست) و جاوا (سمت چپ) [75]

۳-۲-۶ زبان C#

C# در سال ۲۰۰۰ توسط مایکروسافت به وجود آمد و یک زبان کامپایلری است. این زبان کاربردهای متنوعی داشته و در طراحی وب با چارچوب‌هایی مانند ASP.NET مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به کامپایلری بودن این زبان، سکوی اجرا کننده آن در اجرای برنامه تأثیرگذار بوده ولی سرعت اجرای برنامه‌ها از تمامی زبان‌های مفسری بالاتر خواهد بود. به طور کلی C# از زبان‌های سطح بالا و ساده برای توسعه برنامه‌های متنوع است که توسط چارچوب .NET. پشتیبانی می‌شود. از کاربردهای آن می‌توان به توسعه بازی‌های ویدئویی با Unity، سرویس‌های وب، برنامه‌های موبایل برای سکوهای مختلف (با کمک Xamarin)، برنامه‌های سمت سرور و موارد مشابه اشاره کرد [67]. در نهایت از مزایا و معایب C# می‌توان موارد زیررا نام برد [76]:

مزایا:

- کاربردهای متنوع از برنامه‌نویسی وب تا موبایل و...
- توسعه‌دهندگان فراوان
- ابزارهای ارائه شده برای کارهای تیمی با این زبان توسط Microsoft (مثلا TFS)
- زبان کامپایلری با سرعت بالا

معایب:

- نیازمند کامپایل شدن قبل از هر اجرا که از معایب زبان‌های کامپایلری است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- .NET. نیازمند سرویس‌دهنده ویندوز بوده و برای شرکت‌هایی که از Linux استفاده می‌کنند مشکل‌ساز خواهد شد. (.NET Core. قابلیت استفاده روی همه پلتفرم‌ها را دارد)
- سیستم‌عامل‌های قدیمی ویندوز از .NET.های جدید پشتیبانی نمی‌کنند. به عنوان مثال ویندوز ۲۰۰۰ تا .NET 2.0. را پشتیبانی می‌کند.

۳-۲-۷ زبان Golang

Golang (به صورت مخفف Go) زبانی کامپایلری بوده که در سال ۲۰۰۹ توسط Google معرفی شد و در حال حاضر از محبوبیت بالایی برخوردار است. هدف از ایجاد این زبان تسهیل توسعه برنامه‌ها بوده و برای برنامه‌نویسی شبکه، برنامه‌های چندنخی و برنامه‌های با کدهای حجیم و بزرگ برای کسانی که از C/C++ ناراضی بودند ایجاد شد [77]. از وب‌سایت‌هایی که از Go استفاده می‌کنند می‌توان به Cloudflare، Dropbox، Netflix، Pinterest، Twitter و Uber اشاره کرد. این زبان سرعت بالایی در اجرا دارد و برنامه‌نویسی با آن ساده است. از ویژگی‌های این زبان می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [78]:

- نیاز به تعریف نوع متغیرها در زمان کامپایل مانند C/C++
- سرعت کامپایل بسیار بالا و اجرای اولیه سریع مانند زبان‌های مفسری
- سرعت بالای اجرا با توجه به کامپایلری بودن
- طراحی برای موازی‌کاری (اجرای همزمان برنامه‌ها با استفاده از Goroutine – نخ در Go) [79]، در مقایسه با سایر زبان‌ها که برای کامپیوترهای قدیمی و تک هسته‌ای طراحی شده بودند و با گذشت زمان چندنخی به آن‌ها اضافه شد، Golang از ابتدا برای این منظور طراحی شده و بسیاری از مسائل چند نخی مانند قفل شدن، شرایط رقابتی و... را خود کنترل می‌کند. برای مقایسه Goroutineهای Golang با نخ‌های جاوا می‌توان به اندازه آن‌ها اشاره کرد. هر Goroutine ۲ کیلوبایت از RAM و هر نخ جاوا ۱ مگابایت از RAM را اشغال می‌کند. Goroutineها به نحوی طراحی شده‌اند که صرفاً در مواقع لزوم فضا اشغال می‌کنند و بدین ترتیب اندازه آن‌ها متغییر است.
- برخلاف زبان‌های ساده مانند C، Golang از Garbage Collection بهره می‌برد.
- عدم پشتیبانی از Try و Catch: این ویژگی که گاهی به عنوان ویژگی مثبت یاد شده بدین صورت است که خود برنامه‌نویس باید مشکلات را به روش خودش مدیریت کند و قوانین خاصی از جانب Golang به او تحمیل نمی‌شود. Golang صرفاً بروز خطا در حین اجرا و نوع خطا را به اطلاع رسانده و بقیه مسائل را به توسعه دهنده می‌سپارد.
- ابزارهای کامل و جامع: ابزارهایی مانند Gofmt برای تسهیل نوشتن کد برنامه، GoRun برای کامپایل سریع و اجرای کد، GoGet برای دریافت کتابخانه‌ها از Git و اضافه کردن به برنامه، GoDoc برای ساختن مستندات برنامه روی صفحه HTML به همراه Commentها به صورت خودکار برای این زبان وجود دارند.
- عدم پشتیبانی از داده‌های Generic (مانند List <int>)

۳-۲-۸ سایر زبان‌ها

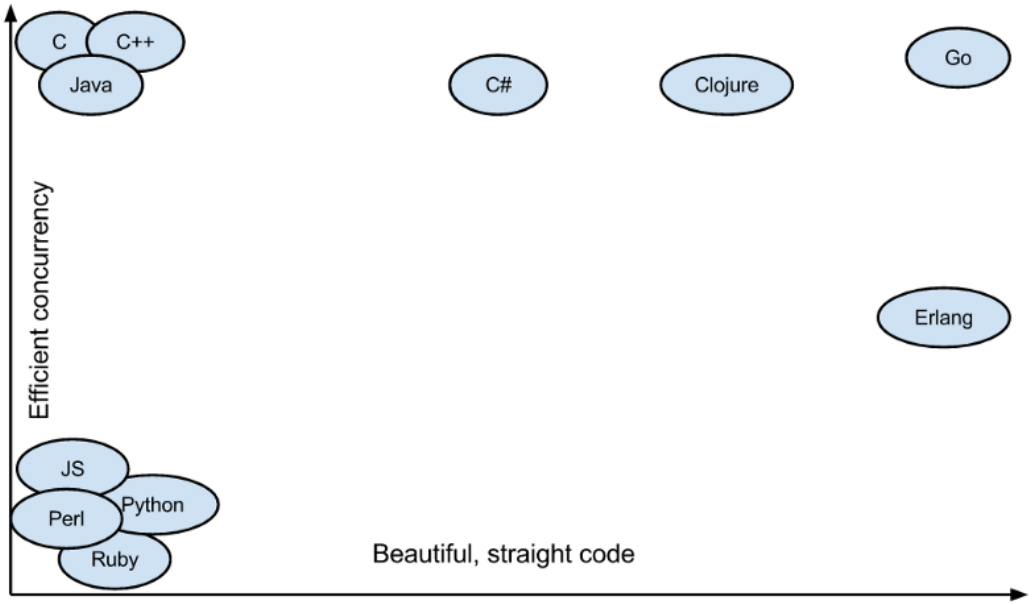
با توجه به گستردگی زبان‌های سطح وب، تعدادی از آن‌ها در این بخش بررسی شدند و در ادامه مقایسه می‌شوند. لازم به ذکر است با توجه به وسعت بخش‌های یک وب‌سایت، شامل ظاهر، بخش سمت مشتری، بخش سمت سرویس‌دهنده، بخش ذخیره داده، در صورت نیاز بخش پردازش داده، مسائل امنیتی و.... توسعه آن نیازمند زبان‌های متنوعی خواهد بود. به عنوان مثال برای

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

ظاهر سایت می‌توان به زبان‌های CSS، Less و HTML، برای بخش سمت مشتری و کاربر به jQuery و JavaScript، برای بخش سرویس‌دهنده به #C، Java، Python و. Golang و برای بخش داده به SQL اشاره کرد.

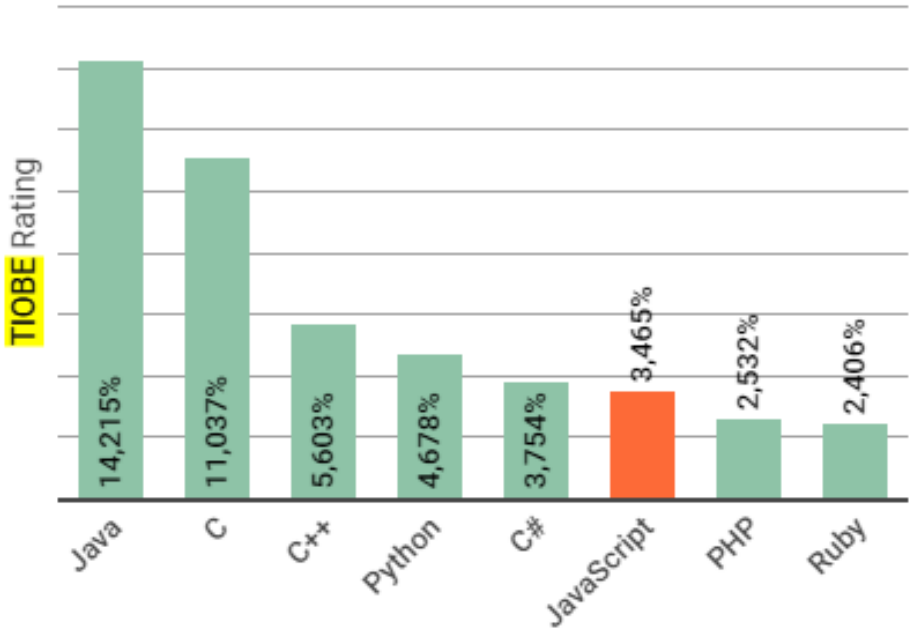
۹-۲-۳ مقایسه زبان‌ها

شکل ۲-۳ زبان‌های برنامه‌نویسی را از لحاظ کارایی، سادگی توسعه و سهولت استفاده مقایسه می‌کند.



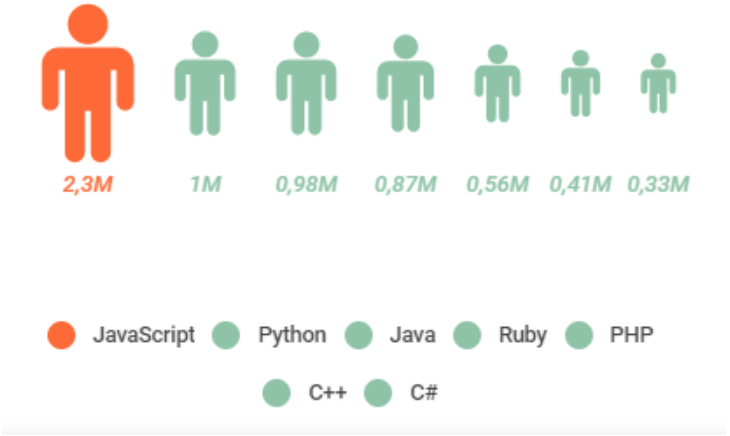
شکل ۲-۳ مقایسه زبان‌های برنامه‌نویسی از لحاظ کارایی و سهولت استفاده [79]

نتایج رتبه‌بندی TIOBE در سال ۲۰۱۸ از لحاظ تعداد متخصصین مربوط، میزان جستجو و تعداد ابزارهای شخص ثالث آن زبان، می‌توان در شکل ۳-۳ ارائه شده است. لازم به ذکر است این نمودار مختص زبان‌ها و کاربردهای تحت وب نبوده و رتبه عمومی زبان‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳ رتبه TIOBE از زبان‌های برنامه‌نویسی با استفاده عمومی [80]

از لحاظ تعداد مراجعه به GitHub تا اواخر ۲۰۱۷ می‌توان به شکل ۴-۳ اشاره کرد.



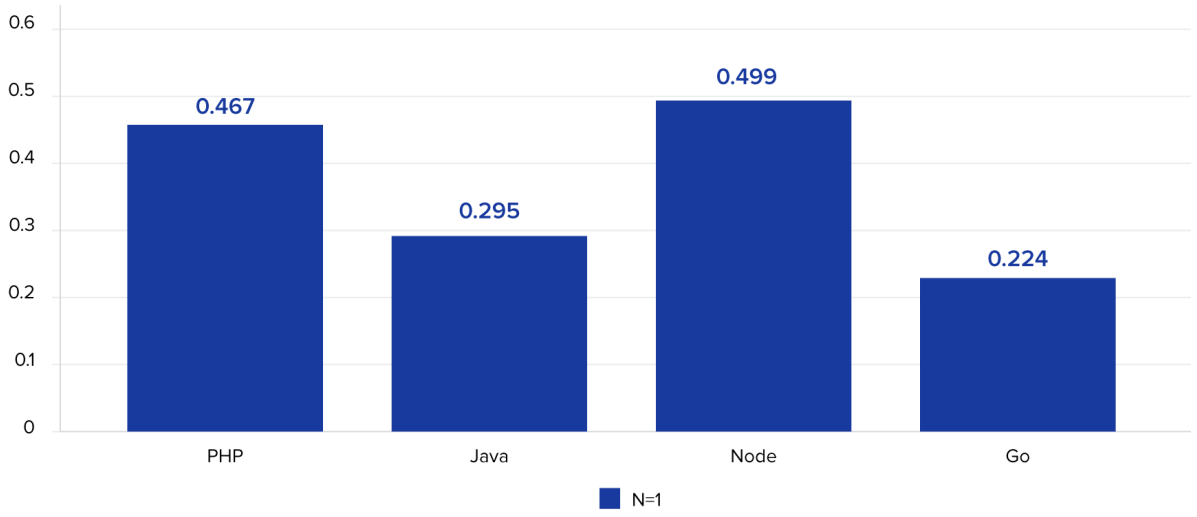
شکل ٤-۳ مراجعه‌کنندگان به GitHub بر حسب زبان برنامه‌نویسی [80]

از لحاظ میزان درآمد سالیانه و میزان سختی، می‌توان به شکل ۵-۳ اشاره کرد.

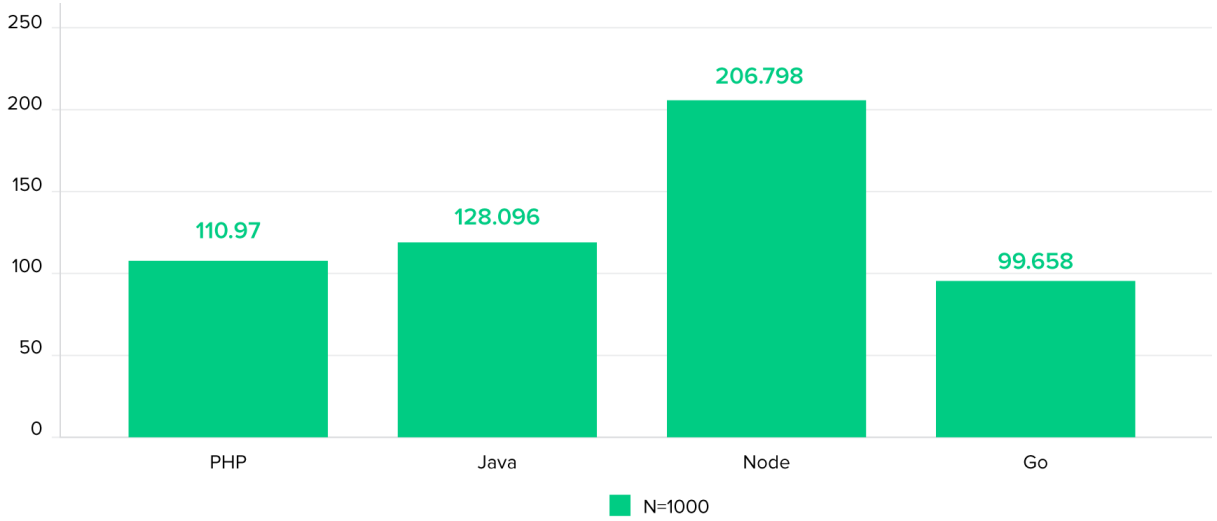
DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۵-۳ میزان درآمد سالانه برنامه‌نویسان زبان‌های مختلف و سختی زبان‌ها [81]

از لحاظ سرعت و کارایی اجرای برنامه‌ها توسط برخی از این زبان‌ها می‌توان به شکل ۶-۳ و شکل ۷-۳ اشاره کرد [82]. شکل ۶-۳ تعداد ۲۰۰۰ اجرا با ۳۰۰ درخواست موازی که هر درخواست شامل یک عملیات (بار پایین CPU) است را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، زبان Go در مقایسه با PHP، Java و JavaScript عملکرد بهتری داشته است. همین بررسی با تعداد ۲۰۰۰ اجرا با ۳۰۰ درخواست موازی که هر درخواست شامل صدها عملیات (بار بالای CPU) است در شکل ۷-۳ نشان داده شده است که حاکی از عملکرد بهتر Go نسبت به سه زبان نام برده شده است.



شکل ٦-٣ مقایسه زبان Go، JavaScript، PHP و Java با بار پایین CPU [82]



شکل ٧-٣ مقایسه زبان Go، JavaScript، PHP و Java با بار بالای CPU [82]

در نهایت، با بررسی تمامی این زبان‌ها می‌توان گفت که فارغ از اینکه چه زبانی برای برنامه‌نویسی انتخاب می‌شود، تسلط به یک یا چند مورد از زبان‌های برنامه‌نویسی می‌توان پایه‌ای برای یادگیری بسیار سریع سایر زبان‌ها و شروع برنامه‌نویسی با آن‌ها باشد [81].

۳-۳ چارچوب‌ها

چارچوب‌ها می‌توانند به دو دسته Front-end برای سمت کاربر و Back-end برای سمت سرور تقسیم شوند. تعدادی از این چارچوب‌ها در جدول ۱-۳ قابل مشاهده است. در بخش Front-end این جدول، چارچوب‌هایی مانند AngularJS، Twitter Bootstrap و JQuery UI قرار دارند که برای طراحی ظاهر سایت مورد استفاده قرار می‌گیرند. در بخش Back-end در جدول چارچوب‌های سمت سرور با دسته‌بندی بر اساس زبان برنامه‌نویسی معرفی شده‌اند. به عنوان نمونه چارچوب‌های Rails، Sinatra و Grape از متداول‌ترین چارچوب‌های زبان برنامه‌نویسی Ruby هستند. در ادامه به بررسی تعدادی از این چارچوب‌ها پرداخته می‌شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

جدول ۱-۳- نمونه چارچوب‌های توسعه وب

Front-end	Back-end		
	Framework		Lang
• AngularJS • Twitter Bootstrap (UI) • Foundation (UI) • Semantic UI • JqueryUI • YUI library (UI)	• Phalcon • Joomla (not CMS) • Symphony • CakePHP	• CodeIgniter • Laravel • Zend • Yii	PHP
	• Adonis • ThinkJS • Nodal • Geddy • Trails • CompoundJS • FoalTS (TypeScript[1]) • RhapsodyJS • JS-Web • Jasmine • JS-Web • Mocha • QUnit	• Express • Koa.js • Hapi • Totaljs • Flatiron • Locomotive • Diet.js • Flicker.js • ZinkyJS • Ghost • Sails.js • Strapi • Meteor	JavaScript (+Node.JS)
	• Rails • Sinatra • Grape		Ruby
	• Spring • Struts • JSF[2] • Wicket	• Play • Grails	Java
	• Flask • Django		Python
	• Gorilla • Goji • Beego	• Revel • Gin • Martini • Web.Go	Golang

[1] زبانی که توسط Microsoft طراحی شده و قابلیت‌های Javascript را افزایش می‌دهد.

[2] JavaServer Faces

Front-end	Back-end	
	Framework	Lang
	• Vaddin • ASP.NET (.NET) • Play Framework • Vert.X	برای زبان‌های مختلف

۳-۳-۱ چارچوب‌های Front-end

در این بخش به بررسی چارچوب‌های Front-end شامل AngularJS، Bootstrap، Foundation و SemanticUI پرداخته می‌شود.

۳-۱-۳-۱ چارچوب AngularJS

Angular یک چارچوب جاوا اسکریپت برای سمت کاربر است که در اسکریپت HTML توسط مرورگر اجرا می‌شود و به این ترتیب روی سکوهای مختلف قابل استفاده است [83]. این چارچوب در سال ۲۰۱۲ توسط گوگل ارائه شد و این امکان ایجاد صفحات HTML پویا (قابل تغییر با پردازش در سمت کاربر به وسیله اسکریپت) را فراهم می‌کند. از ویژگی‌های این چارچوب می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [83, 84]:

- **بر پایه MVC**

MVC[1] به معنای مدل، ظاهر و کنترل‌کننده است که نوشتن کد و روال کاری برنامه‌ها را ساختاردهی می‌کند. استفاده از MVC باعث می‌شود قابلیت گسترش برنامه افزایش یافته و همچنین توسعه و نگه‌داری آن تسهیل شود. نکته قابل توجه در ارتباط با Angular، MVC بودن در سمت کاربر است، زیرا Angular یک چارچوب Front-end با JavaScript در سمت کاربر است.

- **واسط تعاملی با کاربر از طریق HTML**

با استفاده از HTML و تگ‌های آن می‌توان از Angular استفاده کرد. در بسیاری از مواقع، توسعه و مرتب کردن کدهایی که با JavaScript نوشته شده‌اند و فهم روال کاری برنامه بدون سند و ساختاری مشخص، دشوار است. Angular با استفاده از تگ‌های ساختار یافته HTML، بهره‌گیری از خود را تسهیل می‌کند. به عنوان مثال، نمونه‌ای از کد HTML با Angular در ادامه دیده می‌شود [85]. در این نمونه کد، یک ورودی از نوع متن با اسم name تعریف شده است. در تگ مشخص شده با {{name}}، به محض نوشته شدن متنی در ورودی، در تگ مشخص شده نمایش داده می‌شود.

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en-US">
<script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/angularjs/1.6.9/angular.min.j
s"></script>
<body>
<div ng-app="">
  <p>Name: <input type="text" ng-model="name"></p>
  <h1>Hello {{name}}</h1>
</div>
```

[1] Model View Control

```
</body>
</html>
```

- **دارای Pojo[1]**

Pojo به معنی تعریف متغیّرها، مدل‌ها یا کلاس‌های جاوا به شکل سنتی، ساده و بدون پیچیدگی است [86]. در تعریف یک مدل Pojo، مدل‌های زیر قابل قبول نیستند:

۱. استفاده از Extend:

```
public class Foo extends javax.servlet.http.HttpServlet { ...
```

۲. استفاده از Implement:

```
public class Bar implements javax.ejb.EntityBean { ...
```

۳. استفاده از نمایه‌های ناآشنا:

```
@javax.persistence.Entity public class Bar { ...
```

همان طور که مشخص است، استفاده از Pojo باعث می‌شود فهم زبان آسان‌تر شده و اشتراک جاوا با سایر زبان‌ها مانند C++ بیشتر شود. Angular نیز با استفاده از Pojo، توسعه برنامه‌ها را ساده‌تر می‌کند.

- **انجمن گفتگو و پشتیبانی فعال**

بدون شک یکی از مسائل مهم در انتخاب چارچوب برای توسعه نرم‌افزار، پشتیبانی از آن است تا در صورت بروز اشکال بتوان آن را برطرف کرد. با توجه به پشتیبانی گوگل از Angular و انجمن‌های فعال آن، این چارچوب از این لحاظ در شرایط مناسبی قرار دارد.

- **تغییر ظاهر صفحه در سمت مشتری[2]**

این ویژگی به معنی تبدیل ظاهر و URL یک صفحه به ظاهر و URL دیگر است بدون اینکه درخواست به سرور منتقل و صفحه جدید از سرور انتقال یابد. به بیان دیگر، تبدیل ظاهر (نه صفحه) در سمت مشتری انجام شود. به عنوان نمونه‌ای از این ویژگی، می‌توان به بارگذاری منوهای وب‌سایت‌ها اشاره کرد که کاربر انتظار ندارد برای هر کلیک، صفحه جدید از سرور دریافت شود. برای حل این مشکل، Angular قابلیت تولید چند ظاهر متفاوت برای یک صفحه مشخص با URLهای متفاوت را ایجاد کرده است که نتیجه آن تعامل کاربر با صفحات وب مشابه با برنامه کامپیوتر است.

- **Binding دوطرفه**

این ویژگی به معنی همگام شدن خودکار داده بین مدل و View است که در Angular هر دو در سمت کاربر قرار دارند. بدین ترتیب می‌توان در یک کد HTML، اجزای مختلف را به مدل‌های مختلف Bind کرده تا در صورت تغییر مقدار هر کدام، دیگری به صورت خودکار به‌روز شود. به عنوان مثال فرض شود یک ورودی متنی به مدل متناظر در کد HTML، Bind شده است. بنابراین با تغییر مقدار در ورودی، متغیّر مربوط در مدل نیز به صورت خودکار تغییر کرده و نیاز به صدا زدن توابعی برای این کار نیست.

[1] Plain Old Java Object
[2] Routing

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- **سازگاری بالا**

این چارچوب به علت سمت کاربر بودن و استفاده از HTML و CSS با چارچوب‌های Back-endی مانند چارچوب‌های مربوط به Node.js، .NET. و چارچوب‌های PHP سازگاری داشته و قابل استفاده است.

- **قابلیت استفاده از ابزارهای تست**

با استفاده از ابزارهای تست مانند Karma می‌توان عملیات Unit Testing را انجام داده، مشکلات را کاهش و سرعت توسعه را بالا برد.

- **سازگاری با** WAI-ARIA[1]

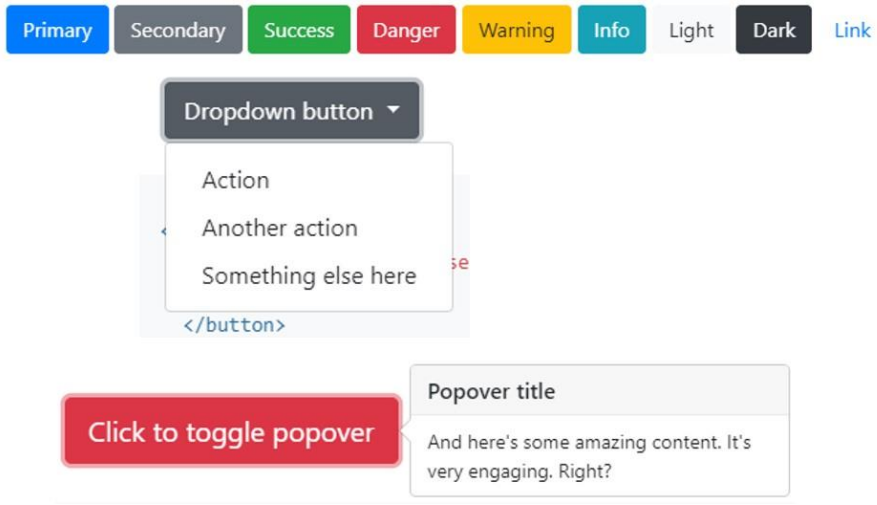
WAI-ARIA شامل استانداردهایی برای ایجاد قابلیت تعامل ابزارهای کمکی برای افراد ناتوان (نابینا، ناشنوا و ...) و برنامه‌هایی است که برای افراد عادی نوشته شده‌اند. به طور کلی WAI-ARIA این امکان را فراهم می‌کند که اجزای یک برنامه (به عنوان مثال تحت وب) مانند ویجت تقویم، دکمه‌ها و...، با توصیف بیشتری تحت WAI-ARIA بتوانند توسط ابزارهای کمک به افراد ناتوان به شکل مناسبی استفاده شوند. به عنوان مثالی از بکارگیری WAI-ARIA در HTML می‌توان به مورد زیر اشاره کرد:

<dive aria-checked = “true”>

۲-۱-۳-۳ چارچوب Twitter Bootstrap

Bootstrap که توسط تیمی از شرکت Twitter ایجاد شده است چارچوبی است که اجزای مختلفی را برای طراحی قالب و ظاهر یک وب‌سایت فراهم می‌کند [87, 88, 89]. این چارچوب از زبان‌های مختلفی مانند CSS، HTML، Less، Sass و JavaScript به منظور ارائه اجزایی مانند دکمه‌ها، لیست‌های Drop Down، علائم هشدار و... استفاده می‌کند. تعدادی از این اجزا در شکل ۸-۳ قابل مشاهده هستند.

[1] Web Accessibility Initiative -Accessible Rich Internet Applications



شکل ۸-۳ – نمونه اجزای Bootstrap [87]

آخرین نسخه این چارچوب شماره ۴ است که در سال ۲۰۱۸ نهایی شده است. نسخه ۵ آن، آخرین نسخه در حال توسعه این چارچوب بوده که از ویژگی‌های بارز و مفید آن می‌توان به عدم پشتیبانی از IE[1] اشاره کرد. برخی از ویژگی‌های نسخه‌های ۳ و ۴ این چارچوب به شرح زیر است:

- **قابلیت شخصی‌سازی آسان**

Bootstrap صفحه را به ۱۲ ستون تقسیم کرده و بدین ترتیب می‌توان اجزای مختلف را متناسب با تعداد این ستون‌ها تنظیم کرد تا با توجه به اندازه دستگاه‌های مختلف، Bootstrap به صورت خودکار چیدمان صفحه را مشخص کند (طراحی Responsive).

- **استفاده از Sass در نسخه جدید به جای Less**

به طور کلی زبان Sass قابلیت‌های بیشتری نسبت به Less ارائه داده، کار با آن ساده‌تر بوده و محبوبیت بیشتری در بین توسعه‌دهندگان Front-end دارد. در نسخه جدید Bootstrap، Sass جایگزین Less شده است.

- **قطع پشتیبانی از IE و در نتیجه فعال‌سازی قابلیت استفاده از اندازه‌های نسبی[2]**

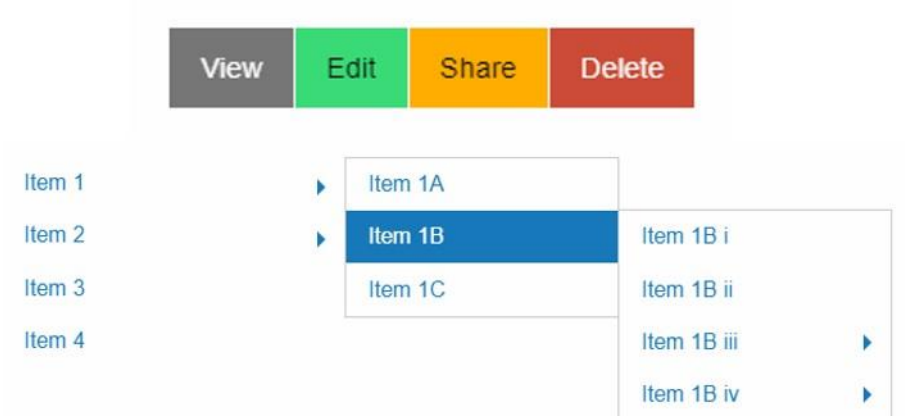
با حذف پشتیبانی از IE توسط Bootstrap، این امکان فراهم شد تا بتوان به جای اندازه‌دهی با پیکسل، از اندازه‌دهی‌های نسبی با em[3] و rem استفاده نموده و صفحاتی متناسب‌تر با ابزارهای مختلف تولید کرد.

۳-۱-۳-۳ چارچوب Foundation

این چارچوب نیز یکی دیگر از چارچوب‌های طراحی قالب و ظاهر سایت بوده و مشابه با Bootsrap است. این چارچوب در سال ۲۰۱۱ توسط تیم Zurb به صورت متن‌باز توسعه داده و ارائه شد [90]. نمای برخی از اجزای Foundation در شکل ۹-۳ قابل مشاهده است.

[1] Internet Explorer
[2] Relative lengths
[3] اندازه نسبی نسبت به سایز فونت صفحه نمایش کاربر

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۹-۳ - برخی از اجزای Foundation [91]

برای بررسی این چارچوب، در ادامه ویژگی‌های آن با Bootstrap مقایسه شده‌اند [92]:

- **از لحاظ پشتیبانی و مشارکت مردم در مشکلات**

در این زمینه Bootstrap دارای تعداد بیشتری از مشارکت‌کنندگان است که توسعه‌دهندگان می‌توانند مشکلات خود را در سایت‌های مانند Stackoverflow.com مطرح کرده و به بحث بپردازند.

- **از لحاظ پیش‌پردازنده CSS**

با وجود ساده و قابل فهم بودن CSS، استفاده از پیش‌پردازنده‌های CSS مانند Less و Sass (SCSS[1])، سرعت توسعه را بالا می‌برند. با توجه به محبوبیت بالاتر Sass نسبت به Less، هر دوی چارچوب‌های Bootstrap و Foundation از این پیش‌پردازنده بهره می‌گیرند.

- **از لحاظ قابلیت شخصی‌سازی**

Foundation قابلیت‌های شخصی‌سازی بیشتری را نسبت به Bootstrap ارائه می‌دهد و بنابراین می‌توان صفحاتی طراحی کرد که تشابه کمتری به طراحی دیگران داشته باشند. با این حال، Bootstrap سعی در حفظ ظاهر یکپارچه داشته و احتمال تشابه سایت‌های طراحی شده بیشتر خواهد بود در عوض سهولت طراحی را به همراه دارد.

- **از لحاظ پشتیبانی از انواع مرورگرها**

هر دوی این چارچوب‌ها از انواع مرورگرها شامل Chrome، Firefox، Edge، Safari و... پشتیبانی می‌کنند. (پشتیبانی از IE8 و قبل‌تر محدود به نسخه‌های قدیمی این چارچوب‌ها بوده و یا به طور کلی پشتیبانی نمی‌شود).

- **از لحاظ سیستم بخش‌بندی شبکه‌ای صفحه نمایش[2]**

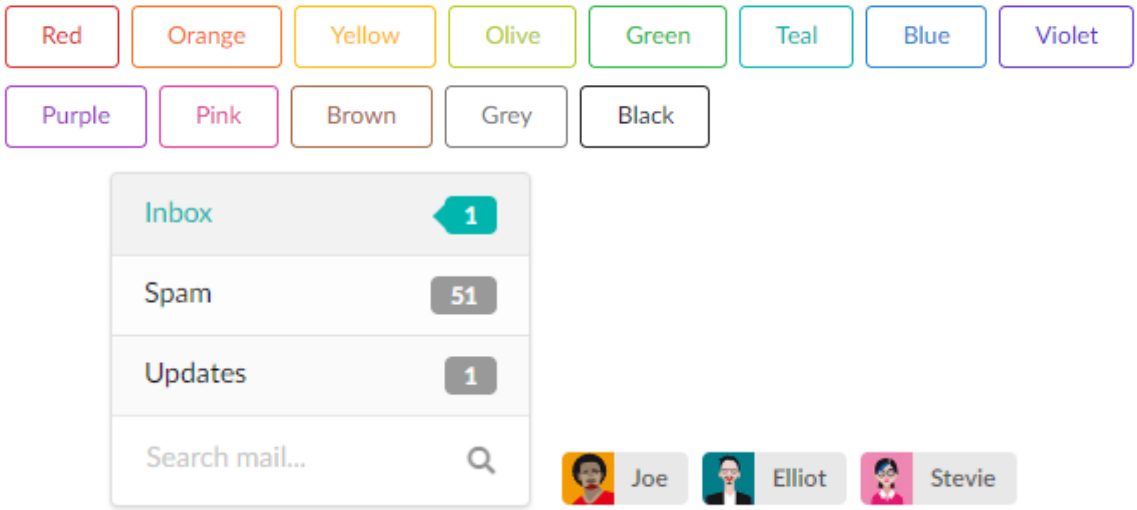
هر دوی این چارچوب‌های صفحه را به ۱۲ ستون تقسیم کرده و می‌توان اجزای صفحه را متناسب با این ۱۲ ستون مرتب کرد تا اندازه‌های مختلف صفحه نمایش دستگاه‌های کاربران، ساختار اجزای صفحه را به هم نریزد.

به طور کلی در شرایطی که سرعت طراحی و پایداری صفحات طراحی شده (از لحاظ کمتر بودن مشکلات) مد نظر است استفاده از Bootstrap و در صورت نیاز به شخصی‌سازی بیشتر، استفاده از Foundation توصیه می‌شود.

[1] Sassy CSS
[2] Grid System

۴-۱-۳-۳ چارچوب Semantic UI

Semantic UI یکی دیگر از چارچوب‌های توسعه قالب وب است که مانند Bootstrap طراحی قالب وب‌سایت را تسهیل می‌کند [93]. نمایی از اجزای این چهارچوب در شکل ۱۰-۳ ارائه شده است. و مقایسه آن با Bootstrap در ادامه مشخص شده است [94].



شکل ۱۰-۳ - نمایی از اجزای Semantic UI [93]

در ادامه SemanticUI با Bootstrap مقایسه شده است [۲۱]:

- **سرعت کدنویسی**

اسامی کلاس‌های CSS در کد HTML چارچوب Bootstrap برای انسان‌ها، قابلیت خوانایی مناسبی[1] دارند. به عنوان مثال کلاس ui-btn-right مشخص کننده دکمه در سمت راست صفحه (دربرگیرنده دکمه) است. این کلاس‌ها در چارچوب Semantic، حتی خواناتر از Bootstrap هستند. به عنوان مثال three wide column یکی از کلاس‌های Semantic برای مشخص کردن جزئی از صفحه به اندازه ۳ ستون از ۱۲ ستون است. به طور کلی استفاده از اسامی خواناتر برای انسان، سرعت توسعه برنامه وب و بکارگیری چارچوب مربوطه را سرعت می‌بخشد.

- **اجزای چارچوب**

هر دوی این چارچوب‌های اجزای خود را به وسیله مجموعه از کدهای CSS، جاوا اسکریپت و فونت‌های مختلف تولید می‌کنند. از این اجزا می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- Glyphicons
- Dropdowns
- Button groups
- Button dropdowns
- Input groups
- Navs
- Navbar
- Breadcrumbs
- Pagination
- Labels
- Jumbotron
- Page header
- Thumbnails
- Alerts
- Progress bars
- Media object
- List group
- Panels
- Responsive embed
- Wells

[1] User-friendly

- Badges

در Bootstrap این امکان فراهم خواهد بود تا اجزای مورد نیاز را انتخاب کرده و اجزای غیر لازم را حذف کرد تا سرعت بارگذاری صفحه بالا برود. Semantic علاوه بر اجزای بالا، از مجموعه Themeها نیز پشتیبانی کرده و راه‌اندازی آن نسبت به Bootstrap زمان بیشتری نیاز دارد. استفاده از ابزاری مانند Gulp راه‌اندازی Semantic را تسهیل کرد و کتابخانه‌های وابسته به آن را حین نصب مدیریت می‌کند.

به طور کلی استفاده و راه‌اندازی Bootstrap راحت‌تر بوده، در مقابل قابلیت‌های Semantic بیشتر است ولی برای استفاده از آن نیاز به دانستن JavaScript خواهد بود.

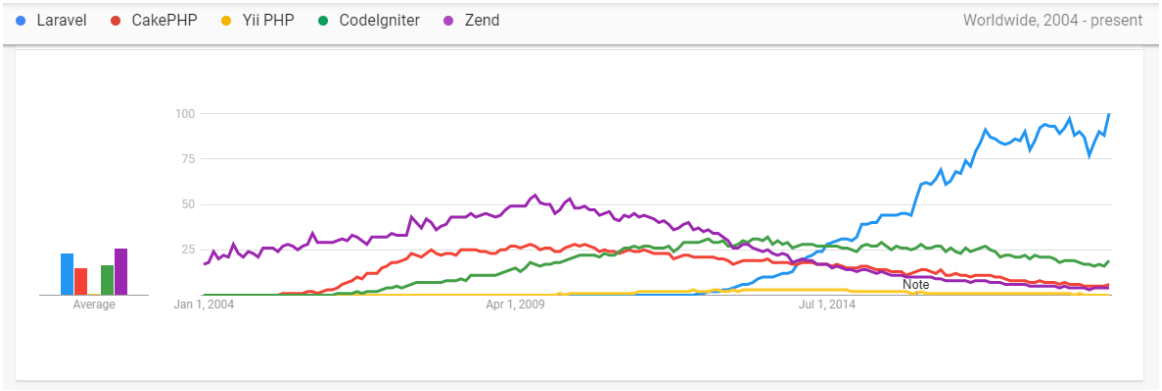
۲-۳-۳ چارچوب‌های Back-end

۱-۲-۳-۳ چارچوب‌های زبان PHP

از میان چارچوب‌های زبان PHP می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- CodeIgniter
- Laravel
- Yii
- CakePHP
- Phalcon
- Joomla (not CMS)
- Symphony
- Zend

با بررسی میزان علاقه و جستجوی مردم درباره چارچوب‌های مختلف زبان PHP (شکل ۱۱-۳)، می‌توان به این نتیجه رسید که در حال حاضر Laravel با افزایش محبوبیت مواجه شده است [95].



شکل ۱۱-۳ – Trend گوگل برای برخی از چارچوب‌های PHP [96]

از ویژگی‌های مشترک اکثر چارچوب‌های PHP می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [97]:

- بر پایه MVC
- پشتیبانی از ORM[1]
- پشتیبانی از EDP[2]
- پشتیبانی از Caching

[1] Object Relational Mapping
[2] Event Driven Programming

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

در ادامه ویژگی‌های چارچوب‌های CodeIgniter، Laravel، Yii و CakePHP که از جمله متداول‌ترین چارچوب‌های PHP هستند، بررسی خواهد شد.

۳-۳-۲-۱-۱ CodeIgniter

این چارچوب یکی از چارچوب‌های قدیمی PHP است که در سال ۲۰۰۶ ایجاد شد ولی در سال‌های اخیر به کندی توسعه یافته است. از ویژگی‌های آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [95]:

- مورد استفاده بودن و محبوبیت

در گذشته از نسخه ۲ این چارچوب برای توسعه بسیاری از سایت‌ها استفاده می‌شد اما در حال حاضر این محبوبیت در حال کاهش بوده و توسعه‌دهندگان به دنبال چارچوب‌های جدیدتری مانند Laravel هستند.

- ساختار و به‌روزرسانی

ساختار این چارچوب بر پایه MVC بوده و از برنامه‌نویسی شئ‌گرا نیز پشتیبانی می‌کند. به‌روزرسانی و پشتیبانی این محصول در مقایسه با Laravel است.

- تنوع کتابخانه‌ها

کتابخانه‌های ارائه شده توسط CodeIgniter از تنوع خوبی برخوردار هستند و مجموعه زیادی از قابلیت‌ها را به همراه راهنمای استفاده مناسب در اختیار می‌گذارند با این حال در مقایسه با Laravel و Yii، از تعداد کتابخانه‌های Third-party کمتری برخوردار هستند.

- پایگاه داده‌های مورد پشتیبانی

پشتیبانی پایگاه داده‌های این چارچوب محدود بوده و به صورت پیش فرض صرفاً از MySQL و PostgreSQL پشتیبانی می‌کند. بدین ترتیب اضافه کردن سایر پایگاه‌های داده به این چارچوب دشوار خواهد بود. با این حال این چارچوب از ابزار ORM[1] مخصوص به خود بهره می‌برد.

- راحتی استفاده و فراهم ساختن قالب‌های آماده

استفاده از این چارچوب راحت بوده و جزئیات خاصی برای یادگیری ندارد. همچنین قالب‌ها توسط کد خالص PHP تولید می‌شوند و مدل خاصی برای طراحی وجود ندارد.

- هزینه برنامه‌نویسان

برنامه‌نویسان زیادی از این چارچوب استفاده می‌کنند و هزینه برنامه‌نویسان این چارچوب کم است.

۳-۳-۲-۱-۲ Laravel

این چارچوب محبوب‌ترین چارچوب PHP بوده و آخرین نسخه آن شماره ۵.۷ است. از ویژگی‌های این چارچوب می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- مورد استفاده بودن و محبوبیت

این چارچوب با فراهم آوردن کدنویسی ساده و سریع بسیار محبوب بوده و بسیاری از Freelancerها از آن استفاده می‌کنند.

- ساختار و به‌روزرسانی

ساختار این چارچوب بر پایه MVC بوده و از ابزار Command line به نام Artisan استفاده می‌کند که این امکان را فراهم می‌کند تا توسعه دهندگان به راحتی به ویژگی‌های مختلف این چارچوب دسترسی داشته باشند. با استفاده از Artisan می‌توان مدل‌ها و کنترل‌کننده‌ها را ایجاد کرده، وظایف را زمان‌بندی نموده و سایر کارهای مشابه را انجام

[1] Object Relational Mapping

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

داد. ابزار دیگرِ این چارچوب به نام Eloquent این امکان را فراهم می‌کند تا بتوان با پایگاه داده تعامل داشت. به‌روزرسانی این چارچوب به شکل مستمر در حال انجام است.

- تنوع کتابخانه‌ها

Laravel مستندات و نحوه استفاده از آن را به شکل مناسبی فراهم کرده و می‌توان از سایت Laracast.com اطلاعات مفیدی را به دست آورد. همچنین می‌توان از سایت Stackoverflow.com نیز در صورت بروز مشکل کمک گرفت. همچنین کتابخانه‌های قابل استفاده در این چارچوب بسیار زیاد و متنوع هستند.

- پایگاه داده‌های مورد پشتیبانی

این چارچوب دارای ابزار ORM مختص به خود است و بدین ترتیب از بسیاری از پایگاه‌های داده موجود پشتیبانی می‌کند.

- تنوع APIها

این چارچوب از APIهای متنوعی پشتیبانی می‌کند و به راحتی قابلیت استفاده از آن‌ها فراهم می‌کند. به عنوان مثال Laravel یک چارچوب کوچک بر پایه MVC به نام Lumen در اختیار می‌گذارد تا بتوان عملیاتی مانند احراز هویت را انجام داد.

- راحتی استفاده و فراهم ساختن قالب‌های آماده

Laravel یک موتور قالب به نام Blade ارائه داده است تا بتوان با استفاده از آن بدون نیاز به دانش PHP، صفحات را طراحی کرد. همچنین خود این چارچوب با ارائه امکاناتی مانند مسیریابی (در MVC)، Migrationهای پایگاه داده، Eloquent[1] و Query Builder، ابزارهای تحت Command line، Pagination و...، طراحی وب‌سایت را آسان می‌کند.

- هزینه برنامه‌نویسان

هزینه برنامه‌نویسان Laravel نسبت به سایر چارچوب‌های PHP بیشتر بوده ولی با توجه به ساختار مناسب و طراحی بر پایه MVC، نسخه نهایی سایت هزینه نگهداری کمتری خواهد داشت که به نوعی هزینه‌های اولیه را پوشش خواهد داد [95].

۳-۳-۲-۱-۳ Yii

بیشترین محبوبیت این چارچوب در شرق جهان از جمله چین بوده اما به مرور زمان این محبوبیت کاهش یافته است. این چارچوب از چارچوب PRADO ایجاد شد و از CodeIgniter تبعیت می‌کرد. اما به طور کلی توسعه این چارچوب به کندی پیش می‌رود و از سال ۲۰۱۴ تاکنون، کماکان نسخه جدید برای آن به وجود نیامده است. از ویژگی‌های این چارچوب می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- مورد استفاده بودن و محبوبیت

بیشترین محبوبیت این چارچوب در سال ۲۰۱۴ بود که نسخه ۲ آن معرفی شد اما در حال حاضر محبوبیت چندانی ندارد.

- ساختار و به‌روزرسانی

این چارچوب بر پایه MVC بوده و به‌روزرسانی‌های آن مستمر نیست. آخرین نسخه آن 2.0.x بوده که در سال ۲۰۱۶ معرفی شد و کماکان نسخه جدیدی برای آن ارائه نشده است.

- تنوع کتابخانه‌ها

[1] ابزار ORM برای Laravel

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

Yii یک چارچوب قدیمی با انبوهی از راهنمایی‌ها و کتابخانه‌های متنوع بوده و به راحتی قابل استفاده است.

- پایگاه‌های داده مورد پشتیبانی

این چارچوب پشتیبانی عالی برای انواع پایگاه‌های داده دارد به نحوی که اکثر پایگاه‌های داده شامل SQLite، PostgreSQL، Oracle، MySQL و... را پشتیبانی می‌کند. همچنین امکان استفاده از ابزارهای ORM و ابزارهای شخص ثالث برای پشتیبانی از MongoDB یا Microsoft BI را نیز فراهم می‌کند.

- تنوع APIها

تنوع APIهای این چارچوب در سطح مناسبی بوده و از تنوع بالایی برخوردار است.

- راحتی استفاده و فراهم ساختن قالب‌های آماده

کدنویسی در این چارچوب از سرعت بالایی برخوردار است. با استفاده از ابزار Gii می‌توان به طور خودکار کد تولید کرد[1] و سرعت توسعه سایت را افزایش داد. این چارچوب به صورت پیش‌فرض ابزاری برای طراحی قالب سایت ندارد اما می‌توان از ابزارهای شخص ثالث مانند Twig یا Smarty برای این منظور بهره گرفت.

- هزینه برنامه‌نویسان

هزینه برنامه‌نویسان این چارچوب نسبت به Laravel کمتر بوده و به طور معمول نسبت به بسیاری از چارچوب‌های PHP بیشتر است [95].

۳-۳-۲-۱-۴ CakePHP

یکی از چارچوب‌های قدیمی PHP است که در سال ۲۰۰۵، قبل از CodeIgniter معرفی شد.

- مورد استفاده بودن و محبوبیت: بیشتری محبوبیت این چارچوب در سال ۲۰۰۹ بود و بعد از آن به تدریج در حال افول است. با این حال هنوز با کندی در حال به‌روز شدن است.
- تنوع کتابخانه‌ها: با توجه به قدیمی بودن این چارچوب، راهنمایی‌های متنوعی در سطح وب برای این چارچوب وجود داشته و همچنین کتابخانه‌های زیادی برای استفاده در این چارچوب وجود دارد که با استفاده از Composer این چارچوب، به راحتی می‌توان آن‌ها را به چارچوب اضافه کرد.
- پایگاه‌های داده مورد پشتیبانی: این چارچوب از ابزارهای ORM و پایگاه‌های داده رایج مانند Oracle پشتیبانی می‌کند ولی برای استفاده از پایگاه‌های داده NoSQL نیاز به استفاده از ابزارهای سوم شخص خواهد بود.
- تنوع APIها: تنوع APIهای این چارچوب زیاد است اما پیاده‌سازی APIها و مسیریابی، دشوار است و بسیاری از توسعه‌دهندگان به این دلیل از CakePHP استفاده نمی‌کنند.
- راحتی استفاده و فراهم ساختن قالب‌های آماده: این چارچوب امکان استفاده از قالب‌های آماده را فراهم می‌کند که سرعت توسعه سایت را بهبود می‌بخشد.
- هزینه برنامه‌نویسان: هزینه برنامه‌نویسان این چارچوب کم بوده (در سطح CodeIgniter) و این افراد به راحتی پیدا می‌شوند [95].

۳-۲-۲-۳ چارچوب‌های JavaScript و Node.JS

از میان محبوب‌ترین چارچوب‌های Back-end برای JavaScript می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- Express
- Koa.JS
- Sail.JS

[1] Automatic Code genration

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- Meteor
- Hapi

این چارچوب‌ها در ادامه مورد بررسی قرار خواهند گرفت [98].

۳-۳-۲-۲-۱ چارچوب Express

یکی از محبوب‌ترین چارچوب‌ها برای JavaScript و Node.JS، چارچوب Express است که معمولاً طراحی با آن را تحت عنوان MEAN[1] یاد می‌کنند. این چارچوب امکان طراحی انواع API و وب‌سایت را فراهم کرده است. همچنین با پشتیبانی از ابزارهای شخص ثالث، امکان استفاده از انوع پایگاه داده برای آن فراهم شده است. انجمن‌های بحث و راهنمای این چارچوب به صورت فراوان در دسترس است و توسعه‌دهندگان به راحتی می‌توانند وب‌سایت خود را توسعه دهند. همچنین ساختاریافته بودن این چارچوب این امکان را فراهم می‌کند تا در کاربردهایی که از داده‌های انبوه بهره می‌برند (مانند جریان‌سازی ویدئو و یا مکالمه تصویری زنده) بدون مشکل از این چارچوب استفاده کرد. همچنین این چارچوب امکان پیاده‌سازی وب‌سایت‌های در سطح وسیع و سازمانی با مراجعه‌کنندگان زیاد را فراهم می‌کند. تعداد ستاره‌های این چارچوب در GitHub برابر با ۴۱۵۱۶ است.

۳-۳-۲-۲-۲ چارچوب Koa.JS

این چارچوب در نسخه ۲ تحت نام Koa2، توسط تیم توسعه‌دهنده Express طراحی شده است. این چارچوب بر پایه MVC بوده و محبوبیت آن از Express کمتر است. همچنین توسعه وب‌سایت توسط این چارچوب نسبتاً پیچیده است. تعداد ستاره‌های این چارچوب در GitHub برابر با ۲۴۲۶۱ است. از ویژگی‌های این چارچوب در مقایسه با Express می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ماژولارتر و سبک‌تر بوده و قابلیت شخصی‌سازی بالاتری ارائه می‌دهد.
- امکان شروع با برنامه تقریباً خالی و اضافه کردن ویژگی‌های مورد نیاز در حین توسعه در آن وجود دارد.
- قابلیت مناسب کنترل Errorها و مشکلات برنامه را فراهم می‌کند.

۳-۳-۲-۲-۳ چارچوب Sails.JS

این چارچوب نیز توسط تیم Express طراحی شده است. این چارچوب از ابزار ORM پشتیبانی کرده و بر پایه MVC است. همچنین از چارچوب‌های Front-end متنوعی پشتیبانی می‌کند. مکانیزم کنترل کردن درخواست‌ها در Sails مشابه Express بوده و بدین ترتیب، کارایی آن مشابه Express است. این چارچوب برای توسعه برنامه‌هایی مانند شبکه‌های اجتماعی، پیام‌رسان و موارد مشابه مناسب است.

۳-۳-۲-۲-۴ چارچوب Meteor

یکی دیگر از محبوب‌ترین چارچوب‌های JavaScript و Node.JS، Meteor است. این چارچوب قابلیت‌های فراوانی را برای توسعه ابزارهای تحت وب فراهم کرده و قابلیت انعطاف بالایی[2] دارد. یکی از ویژگی‌های این چارچوب سبک بودن و سرعت برنامه‌نویسی بالا با آن با خطوط کد کمتر است و تعداد زیادی ماژول از پیش طراحی شده ارائه می‌دهد که بلافاصله قابلیت استفاده دارند (این ماژول‌ها در انجمن Meteor در دسترس هستند). تعداد ستاره‌های این چارچوب در GitHub برابر با ۴۰۶۰۸ است.

[1] MongoDB, Express, Angular, and Node.js
[2] Flexibility

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۳-۳-۲-۲-۵ چارچوب Hapi

برخلاف بسیاری از چارچوب‌های JavaScript، Hapi ارتباطی به Express نداشته و به نوعی رقیب آن محسوب می‌شود. این چارچوب در ابتدا برای پشتیبانی از توسعه توسط تیم‌های بزرگ که در یک مکان مستقر نیستند به وجود آمده است و به همین دلیل یکی از چارچوب‌های مناسب برای توسعه برنامه‌های در سطح سازمانی و بزرگ است. این چارچوب امکان توسعه برنامه را به صورت مؤلفه‌های[1] مجزا فراهم می‌کند و بدین ترتیب تیم‌های بزرگ می‌توانند برنامه‌های بزرگ را در کنار هم توسعه دهند. همچنین این چارچوب امکان ایجاد مؤلفه‌های قابل استفاده مجدد[2] را نیز فراهم می‌کند. تعداد ستاره‌های این چارچوب در GitHub برابر با ۱۰۵۱۹ است.

۳-۳-۲-۲-۶ کتابخانه‌های JavaScript

به جز چارچوب‌های بررسی شده برای Front-end و Back-end، تعدادی کتابخانه جاوا اسکریپت نیز وجود دارند که صرفاً تعدادی ابزار را برای تسهیل استفاده از JavaScript فراهم می‌کنند و قالب، ساختار و ویژگی‌های یک چارچوب را ندارند. از این کتابخانه‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- BackBoneJS
- D3.js
- React
- Underscore.js
- Lodash

۳-۳-۲-۳ چارچوب‌های زبان Ruby

از جمله چارچوب‌های مطرح برای Ruby می‌توان به سه مورد Sinatra، Rail و Grape اشاره کرد که در ادامه بررسی خواهند شد [99].

- **Sinatra** در سال ۲۰۰۷ برای توسعه برنامه‌های تحت وب ایجاد شد. این چارچوب به علت سبک بودن و امکانات مناسب، این امکان را فراهم می‌کند تا به سادگی بتوان یک وب‌سایت ساده را طراحی کرد.
- **Grape** در سال ۲۰۱۰ به عنوان یکی دیگر از چارچوب‌های Ruby ایجاد شد که هدف آن توسعه REST-API با استفاده از Ruby است.
- **Rails** در سال ۲۰۰۵ طراحی شد و جز اصلی‌ترین چارچوب‌های Ruby است.

به طور کلی در صورت بزرگ بودن پروژه از Rails برای توسعه وب‌سایت استفاده می‌شود [100]. Sinatra برای برنامه‌های کوچک طراحی شده است و انجام پروژه‌های بزرگ را با چالش و مشکل مدیریت مواجه می‌کند. از لحاظ امنیت، Rails امکانات زیادی را به صورت پیش‌فرض برای مقابله با تهدیدات ارائه می‌دهد در صورتی که در استفاده از Sinatra توسعه‌دهنده می‌بایست مسائل امنیتی را در حین توسعه وب‌سایت مد نظر قرار دهد. از لحاظ سرعت و کارایی برنامه، بزرگی برنامه نقش مهمی را ایفا می‌کند. با توجه به ساده و کوچک بودن برنامه‌های توسعه داده شده با Sinatra، می‌توان گفت سرعت اجرای آن‌ها نیز بالاتر خواهد بود. در مقابل، بزرگ و مقیاس کردن برنامه‌های Sinatra معمولاً کارایی را تحت تاثیر قرار می‌دهد زیرا در اکثر مواقع، توسعه‌دهندگان تخصص کافی در مدیریت تعداد بالای ویژگی‌ها و اجزای یک سایت را ندارند. در مقابل، در Rails با وجود خروجی بزرگ‌تر، به علت مدیریت بهتر پروژه‌های بزرگ به صورت خودکار، خروجی نهایی (در صورت بزرگ بودن پروژه) کارایی بالاتری نسبت به Sinatra خواهد داشت. Grape نیز از لحاظ کارایی می‌تواند بین این دو قرار بگیرد [99]. از لحاظ پشتیبانی

[1] Component
[2] Reusable Components

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

و راحتی استفاده از APIها، Sinatra به علت ساده‌تر بودن در موقعیت بهتری قرار دارد. به نحوی که می‌توان راحت‌تر از Rail با APIها ارتباط برقرار کرد. در مقابل، در Rails نیز می‌توان با نصب Gem Fileهای مختلف، استفاده از APIها را تسریع و تسهیل کرد. در صورت نیاز به تعویض چارچوب در حین انجام پروژه، این امکان فراهم خواهد بود تا به راحتی Sinatra یا Grape را بر روی Rails پیاده کرد.

۳-۳-۲-۴ چارچوب‌های زبان Java

از چارچوب‌های توسعه وب با زبان Java می‌توان به موارد زیر اشاره کرد که در ادامه بررسی خواهند شد.

- JSF
- Struts
- Spring
- Wicket
- Play
- Grails

۳-۳-۲-۴-۱ چارچوب JSF

این چارچوب در سال ۲۰۰۴ معرفی شد و یک چارچوب MVC است که توسط Oracle پشتیبانی می‌شود. این چارچوب راحت‌ترین و سریع‌ترین چارچوب زبان جاوا نیست ولی مزیت مهم آن مستندات بسیار مفصل و کاملی است که Oracle برای استفاده از آن ارائه داده است. از مزایا و معایب این چارچوب می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

مزایا:

- پشتیبانی شده توسط Oracle
- مستندات فراوان
- کتابخانه‌های کامل

معایب:

- پیچیدگی بالا
- نیاز به تجربه کاری
- کند بودن توسعه وب‌سایت با آن

۳-۳-۲-۴-۲ چارچوب Struts

Struts یک چارچوب متن‌باز رایگان برای جاوا بوده که بر پایه MVC است. پشتیبانی ارائه شده برای این چارچوب در مقایسه با چارچوب‌هایی ماند JSF در سطح پایین‌تر از استاندارد پشتیبانی توسعه برنامه برای یک سازمان قرار دارد. این چارچوب ویژگی‌های متنوع و چندمنظوره‌ای دارد و بدین ترتیب آشنایی با آن زمان‌بر است. در مقابل، بعد از آشنایی، این امکان فراهم خواهد بود تا بتوان برنامه‌ها را به سرعت توسعه داد. این چارچوب، قابلیت انعطاف بالایی ندارد، بدین مفهوم که باید طبق قوانین آن برنامه‌ها را توسعه داد که نیازمند صرف وقت، یادگیری و عادت کردن به آن برای توسعه‌دهندگانی است که به نوع دیگری از قوانین عادت کرده‌اند. از مزایا و معایب این چارچوب می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

مزایا:

- رایگان و متن‌باز
- توسعه سریع برنامه‌ها در صورت یادگیری چارچوب

معایب:

- پیچیدگی بالا
- انعطاف‌پذیری پایین

۳-۳-۲-۴-۳ چارچوب Spring

Spring یکی از قدیمی‌ترین و در عین حال بهترین چارچوب‌های توسعه وب بر پایه MVC است. این چارچوب به شکل مستمر در حال به‌روزرسانی بوده و همچنین ابزارهای متنوعی برای توسعه برنامه‌ها ارائه می‌دهد. با توجه به امکان نوشتن برنامه به صورت ماژولار، ساختار کلی برنامه به شکل مناسب حفظ شده و خروجی برنامه خوانا خواهد بود. همچنین این چارچوب مستندات

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

بسیار زیاد و کاملی را برای استفاده ارائه داده است. تنها مشکل این چارچوب، پیچیدگی بالای آن و نیاز به دانش فراوان قبلی برای کار با آن است. مزایای و معایب نام برده شده به شرح زیر هستند:

مزایا:
- مستندات بسیار زیاد و کامل
- انجمن پرسش و پاسخ بسیار کامل
- ابزارهای متنوع و فراوان برای انواع پروژه‌ها
- قابلیت کدنویسی به شکلی خوانا

معایب:
- نیاز به یادگیری و کسب دانش فراوان قبل از کار با این چارچوب

۳-۳-۲-۴-۴ چارچوب Wicket

این چارچوب توسط Apache پشتیبانی شده و یک چارچوب سبک و متن باز است. همچنین امکانات مناسبی برای طراحی صفحات سایت و تست آن‌ها ارائه می‌دهد. مزایای و معایب آن به شرح زیر هستند:

مزایا:
- ارائه امکاناتی برای طراحی سایت با HTML
- قابلیت نگهداری بالا (برای کد برنامه)
- سهولت تست بخش‌های مختلف کد
- مستندات فراوان

معایب:
- نیازمند یادگیری قبلی و پیچیدگی نسبی

۳-۳-۲-۴-۵ چارچوب Play

یکی از ساده‌ترین چارچوب‌های Java، Play است که بر پایه MVC بوده و با استفاده از آن می‌توان با سرعت بسیار زیاد و با سادگی تمام برنامه‌ها را توسعه داد. هدف اصلی این چارچوب ارائه قابلیت توسعه برنامه‌های تحت وب و تغییر آن با کمترین میزان تلاش است.

با این چارچوب می‌توان برنامه نوشته شده را به راحتی گسترش و تغییر داد و ابزارهای متنوعی را ارائه می‌کند که آن‌ها نیز به شکلی ساده و کاربرپسند قابل استفاده هستند. به طور کلی این چارچوب یکی از بهترین چارچوب‌های جاوا است اما نسخه جدید آن تغییرات کمی را به همراه داشته است. البته با این حال، به علت مشکلات کم، هنوز جزء بهترین چارچوب‌ها محسوب می‌شود. مزایا و معایب این چارچوب به شرح زیر هستند:

مزایا:
- افزایش سرعت برنامه‌نویسی
- استفاده راحت
- ابزارهای متنوع
- مدیریت منابع بسیار مناسب
- قابلیت گسترش بالا

معایب:
- در سال‌ها اخیر تغییرات کمی کرده است.

۳-۳-۲-۴-۶ چارچوب Grails

Grail یکی دیگر از چارچوب‌های بر پایه MVC است که قابلیت انجام پروژه‌های با ابعاد بزرگ را نیز فراهم می‌کند. همچنین تنوع پلاگین‌های آن بالا بوده و قابلیت‌های تست را نیز فراهم می‌کند. مستندات این چارچوب به شکلی کافی موجود بوده و

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

نصب و راه‌اندازی آن بسیار ساده و در حد ۱ یا ۲ ساعت است. این چارچوب توسط بسیاری از IDEها مانند Eclipse و Textmate پشتیبانی می‌شود. ویژگی‌های این چارچوب به شرح زیر هستند:

- راه‌اندازی بسیار ساده
- بیشتر از ۹۰۰ پلاگین
- مستندات فراوان
- قابل استفاده برای پروژه‌هایی با ابعاد مختلف

۵-۲-۳-۳ چارچوب‌های زبان Python

از دو چارچوب مطرح برای زبان Python می‌توان به Django و Flask اشاره کرد. به طور کلی Django یک چارچوب کامل با قابلیت‌های فراوان برای برنامه‌نویسی وب با Python است در حالی Flask یک چارچوب سبک ولی گسترش پذیر برای این زبان است [101]. در ادامه ویژگی‌های این دو چارچوب با هم مقایسه خواهند شد [101]:

- **نوع چارچوب**

همان طور که گفته شد، Django نسبت به Flask چارچوب کامل‌تری بوده و بر پایه MVC می‌باشد. بدین ترتیب از ویژگی‌هایی مانند کنترل احراز هویت کاربران، مسیردهی URL و Migration پایگاه داده بهره می‌برد. در مقابل، Flask هسته‌ای ساده و کوچک و در عین‌حال گسترش‌پذیر دارد که کمک می‌کند پروژه را به صورت کامل و در حین حال سبک و چابک به اجرا رساند.

- **عملیات مرتبط با Admin**

بر خلاف Flask، Django قابلیت‌های آماده زیادی را برای مدیریت بخش‌های مختلف پروژه با دسترسی Admin ایجاد می‌کند. توسعه‌دهندگان این امکان را خواهند داشت تا ویژگی‌های مورد نظر برای مدیریت وب‌سایت را فعال/غیر فعال کنند و به محتوی و کاربران را کنترل کنند.

- **موتور قالب‌سازی**

Django از یک موتور قالب‌سازی به نام Jinja2 استفاده می‌کند که این امکان را فراهم می‌کند تا توسعه ظاهر سایت را به سرعت انجام داد و همچنین قالب‌هایی آماده با زبان مربوطه (DTL[1]) ایجاد کرد تا توسعه پروژه را تسریع کرد.

- **ساختار پروژه**

بر خلاف Flask، Django این امکان را فراهم می‌کند تا یک پروژه را به بخش‌های کوچک‌تر متناسب با ویژگی‌های پروژه شکسته و هر بخش را جداگانه توسعه داد. این کار باعث تسهیل توسعه و افزایش سرعت می‌شود زیرا برای برنامه‌نویسان راحت‌تر خواهد بود که هر بخش را جداگانه طراحی کنند.

- **پایگاه‌های داده مورد پشتیبانی**

با استفاده از ابزار ORM چارچوب Django، برنامه‌نویسان این امکان را خواهند داشت تا با پایگاه داده‌های مختلفی از جمله MySQL، Oracle، SQLite و PostgreSQL کار کنند و از نوشتن دستورات طولانی و خسته‌کننده SQL دوری کنند. در مقابل، Flask از ORM اختصاصی پشتیبانی نمی‌کند اما می‌توان با استفاده از ORM SQL زبان Python به نام SQLAlchemy، با انواع مختلف پایگاه داده ارتباط برقرار کرد و از مزایای ORM بهره برد و همچنین Queryهای دلخواه را از طریق این ابزار اجرا کرد.

[1] Django Template Language

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- **قابلیت تطبیق**[1]

Django مانند Gemهای Ruby و Nuggetهای ASP، ابزارها و کتابخانه‌های خود را با عنوان Battery ارائه می‌دهد. به طور کلی Django تعداد کاملی از ابزارهای سوم شخص را ارائه می‌دهد که می‌توان با استفاده از آن‌ها به سرعت برنامه‌ها و پروژه‌ها را توسعه داد اما امکان شخصی‌سازی آن‌ها وجود ندارد و یا به سادگی میسر نیست. در مقابل، ساختار ساده هسته Flask این امکان را فراهم می‌کند تا ابزارهای مختلف را به آن اضافه و به سلیقه شخصی مدیریت کرد و ابزاری مانند Batteryهای Django ارائه نمی‌دهد.

در نهایت می‌توان گفت که هر دوی این چارچوب‌ها بر روی بسیاری از وب‌سایت‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند اما به طور کلی Django محبوبیت بیشتری نسبت به Flask دارد. از وب‌سایت‌هایی که با Django طراحی شده‌اند می‌توان به Google، YouTube، Pinterest، Instagram، Dropbox، Spotify و وب‌سایت ناسا اشاره کرد [102]. به طور کلی، برای توسعه سریع وب‌سایت‌هایی با قابلیت‌های متنوع و فراوان از Django و برای توسعه وب‌سایت‌هایی ساده و با صفحات Static از Flask استفاده می‌شود.

۶-۲-۳-۳ چارچوب‌های زبان Golang

یکی از زبان‌هایی که به تازگی به شدت افزایش محبوبیت داشته زبان Golang از گوگل است. از چارچوب‌های این زبان می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [103, 104]:

- Gorilla
- Buffalo
- Goji
- Beego
- Revel
- Gin
- Martini
- Web.Go
- Iris
- Echo

از لحاظ محبوبیت (ستاره‌ها در GitHub) می‌توان به شکل ۱۲-۳ و از لحاظ سختی یادگیری می‌توان به شکل ۱۳-۳ اشاره کرد.

Sorted by the popularity (stars)

Name	Stars	Forks	Issues Open	Issues Closed	Birth Year	Latest Update	Author
Gin	24,181	2,835	129	919	2014	2019-02-04	@manucorporat
Beego	18,812	3,884	545	1,806	2012	2019-02-04	@astaxie
Iris	13,565	1,406	19	621	2016	2019-01-16	@kataras
Echo	12,861	1,141	14	779	2015	2019-02-07	@vishr
Revel	10,723	1,302	58	806	2011	2018-10-30	@revel
Buffalo	3,935	320	51	599	2014	2019-01-31	@markbates

شکل ۱۲-۳ میزان محبوبیت تعدادی از چارچوب‌های Golang از لحاظ تعداد ستاره‌ها در GitHub [105]

[1] Flexibilty

Name	Examples	Reference	Real time support
Iris	92	https://github.com/kataras/iris/tree/master/_examples	rocket chat
Beego	49	https://beego.me/docs	
Echo	20	https://echo.labstack.com/cookbook/hello-world	
Gin	15	https://github.com/gin-gonic/gin/tree/master/examples	gitter
Revel	6	http://revel.github.io/examples/index.html	gitter
Buffalo	6	https://gobuffalo.io/docs/installation	slack

شکل ۱۳-۳ میزان سختی یادگیری برخی چارچوب‌های Golang [104]

نمونه‌هایی از چارچوب‌های زبان Golang به شرح زیر هستند:

- **Revel**

یک چارچوب با قابلیت‌های کامل است که بسیار از ابزارهای آن از قبل نصب شده و آماده هستند. بدین ترتیب معمولاً نیازی به استفاده از ابزارهای شخص ثالث نخواهد بود. در مقابل این مسئله باعث سنگینی این چارچوب خواهد شد. این چارچوب از MongoDB نیز پشتیبانی نمی‌کند که از معایب آن به شمار می‌رود (با ابزارهای شخص ثالث قابل اضافه شدن است).

- **Gin**

برخلاف Revel، Gin یک چارچوب Minimalist بوده که باعث سادگی و چابکی آن می‌شود. این چارچوب بر پایه چارچوب Martini طراحی شده و به علت استفاده از مسیریابی برای درخواست‌های HTTP، ۴۰ برابر از Martini سریع‌تر است. همچنین مستندات فراوانی برای این چارچوب وجود دارد. از معایب آن می‌توان به مناسب نبودن برای توسعه برنامه‌ها در سطح سازمانی و افزایش کار توسعه‌دهندگان به علت ساده بودن آن است.

- **Beego**

این چارچوب مشابه Revel یک چارچوب با قابلیت‌های کامل است. از ویژگی‌های آن می‌توان به داشتن ORM اشاره کرد. معایب این چارچوب مانند نبود انجمن مناسب گفتگو و نیاز به کدنویسی طولانی اشاره کرد.

برای مقایسه برخی ویژگی‌های این چارچوب‌ها می‌توان به جدول ۲-۳ مراجعه کرد.

جدول ۲-۳ مقایسه برخی ویژگی‌های تعدادی از چارچوب‌های Golang [105]

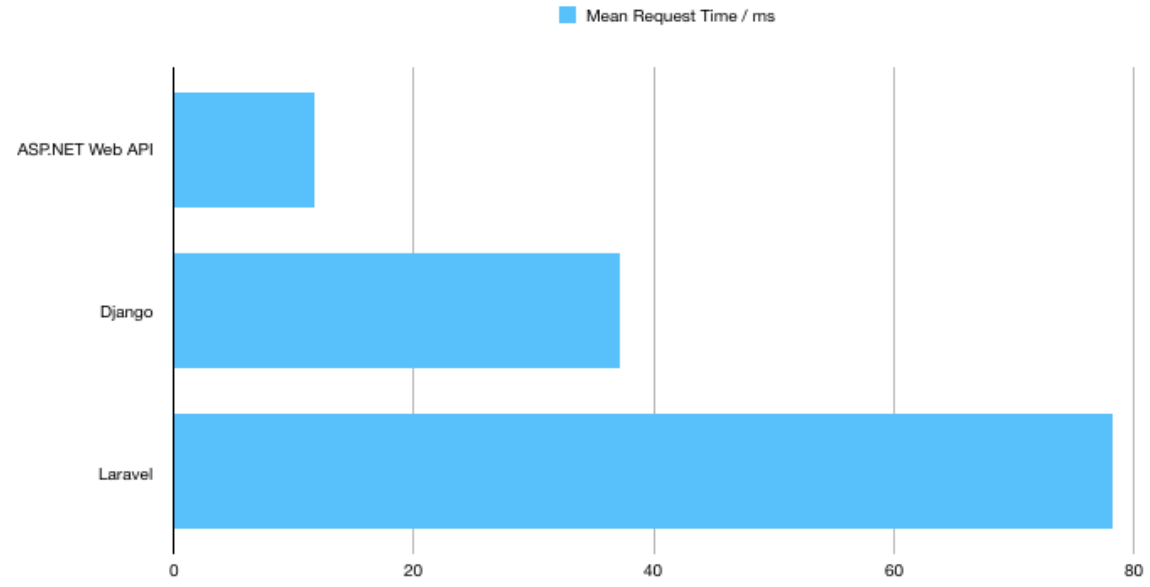
Name	Iris	Beego	Revel	Gin	Buffalo
Router: Named Path Parameters & Wildcard	✓	✓	✓	✓	✓
HTTP/2 Support	✓	?	?	✓	✓
Sessions	✓	✓	✓	-	✓
Embedded Templates for View	✓	-	-	-	-
MVC	✓	✓	-	-	-
Testing Framework	✓	-	-	-	-
Logging System / User Management	✓	✓	✓	✓	-
Maintenance & Auto-Updates	✓	-	-	-	-
Performance	★★★★★	★★★	★★	★★★★★	★★★

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

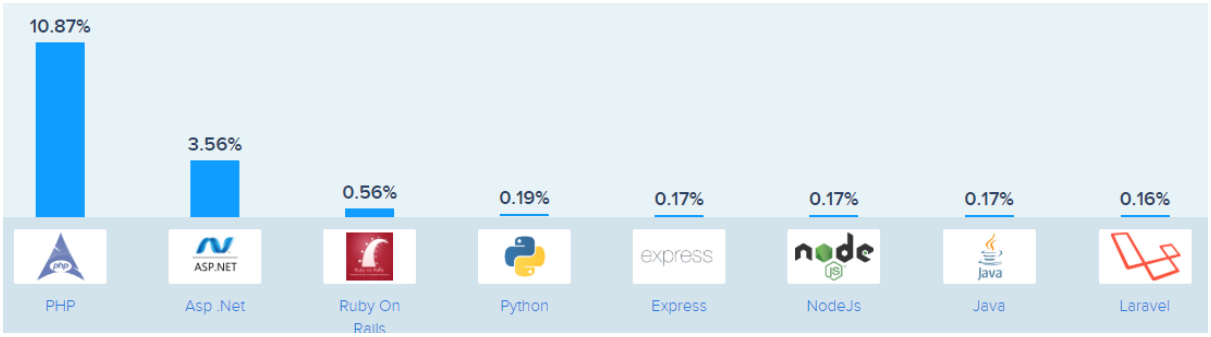
۳-۳-۲-۷ چارچوب‌های مناسب برای برای چند زبان مختلف

۳-۳-۲-۷-۱ ASP.NET

از مهم‌ترین چارچوب‌های توسعه برنامه‌های وب که امکان برنامه‌نویسی با چند زبان را فراهم می‌کند می‌توان به ASP.NET اشاره کرد. از مجموعه زبان‌های پشتیبانی شده توسط این چارچوب می‌توان به C#، VBو F# اشاره کرد [106]. این چارچوب بر پایه MVC بوده و نسخه اولیه آن توسط Microsoft در سال ۲۰۰۲ ایجاد شده است [107]. با توجه به اینکه این چارچوب از چارچوب .NET. استفاده می‌کند، مجموعه کتابخانه‌ها و ابزارهای وسیعی را در اختیار توسعه‌دهندگان قرار می‌دهد و همچنین توسعه برنامه‌ها با استفاده از Visual Studio تسریع می‌یابد. این چارچوب از ORM پشتیبانی کرده و مجموعه‌ای از پایگاه‌های داده شامل SQL Server، MySQL، Oracle، Cassandra، PostgreSQL، MongoDB و Redis را پشتیبانی می‌کند [108]. به طور کلی کارایی ASP.NET و سرعت پردازش کارها نسبت به سایر چارچوب‌ها بالاتر بوده (استفاده از زبان‌های کامپایلری به جای مفسری(شکل ۱۴-۳)). همچنین با توجه به قدمت، قابلیت‌ها و پشتیبانی از آن، تعداد وب‌سایت‌های طراحی شده توسط این چارچوب از سایر چارچوب‌ها بیشتر است (شکل ۱۵-۳). با وجود مزایای این چارچوب، محدودیت‌هایی از جمله وابستگی به محیط ویندوز و عدم امکان برنامه‌نویسی بر روی لینوکس و MAC برای آن وجود داشت که با به وجود آمدن ASP.NET Core، این محدودیت‌ها در حال برطرف شدن است.



شکل ۱۴-۳ سرعت پاسخ به دستورات توسط چارچوب‌های مختلف [109]



شکل ۱۵-۳ مقایسه تعداد وب‌سایت‌های موجود طراحی شده با زبان‌ها و چارچوب‌های مختلف [110]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

از سایر ویژگی‌های چارچوب ASP.NET می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [111]:

- پشتیبانی از عملیات Asynchronized

بسیاری از چارچوب در هنگام اجرای دستورات Query از پایگاه داده، دریافت داده از وب سرویس‌ها و همچنین عملیات I/O، سایر عملیات را متوقف کرده و منتظر دریافت پاسخ می‌مانند. ASP.NET با پشتیبانی از عملیات Async در بسیار از بخش‌های خود، این مشکل را حل کرده است. به نحوی که می‌توان تا آمدن جواب درخواست از پایگاه داده یا موارد مشابه، سایر درخواست را کنترل کرده و پاسخگو باشد.

- قابلیت ارتباطات دوطرفه بین سرور و کلاینت با استفاده از پروتکل Websocket و چارچوب SignalR

با استفاده از این موارد این امکان فراهم خواهد شد تا بتوان ارتباط دو طرفه برقرار کرد . به عنوان مثال در برنامه‌های تعاملی، بدون نیاز به درخواست کاربر، اطلاعات نمایش داده شده روی صفحه را به‌روز کرد (به عنوان مثال برنامه مشاهده میزان مصرف لحظه‌ای وسایل خانه).

- قابلیت تولید منابع برای زبان‌ها و مناطق مختلف

با استفاده این چارچوب‌ها، این امکان فراهم خواهد بود تا به سادگی وب‌سایت‌هایی تولید کرد که دارای زبان‌های مختلف، ساعت‌های مختلف برای مناطق مختلف و اعداد متناسب با زبان هستند.

- پشتیبانی از Caching
- قابلیت استفاده از فیلترهای Action و Controller
- قابلیت پیاده‌سازی برنامه‌های وب Self-Hosted

این برنامه می‌تواند بدون نیاز به سرویس‌دهنده IIS به صورت محلی به عنوان مثال تحت عنوان یک سرویس ویندوز اجرا شده و عملیات مورد نظر را انجام دهد.

–

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل چهارم

ابزارهای توسعه برنامه وب و امکانات آنها

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۴-۱ مقدمه

برای توسعه برنامه کاربردی وب لازم است با توجه به زبان و چارچوب برنامه‌نویسی انتخاب‌شده، ابزارهای مناسبی را انتخاب نمود. ابزارهای متفاوتی از جمله ویرایش‌گر و محیط توسعه یکپارچه، خدمت‌دهنده وب و ابزار کنترل نسخه در طول توسعه وب مورد نیاز هستند. در این فصل تعدادی از مهم‌ترین ابزارهای توسعه وب شامل محیط‌های یکپارچه توسعه وب، سیستم‌های مدیریت محتوا، خدمت‌دهنده‌های وب و خدمت‌دهنده‌های Git مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۴-۲ ویرایش‌گر و محیط‌های یکپارچه توسعه وب

همان‌طور که در فصل قبل گفته شد، توسعه برنامه‌های وب نیازمند زبان‌های متنوعی بوده که می‌توان آن‌ها را به دو دسته زبان‌های Front-end و Back-end تقسیم‌بندی کرد.

زبان‌های Front-end خود می‌توانند شامل زبان‌های مرتبط با طراحی قالب سایت (مانند HTML، CSS)، زبان‌های Markdown، Less و Sass یا زبان‌های مرتبط با Front-end (بجز قالب) مانند JS و JQ باشند.

زبان‌های Back-end نیز می‌توانند شامل زبان‌های توسعه مدل‌ها و Controllerهای سایت مانند C#، Java و Golang یا زبان‌های مرتبط با کار با پایگاه داده مانند SQL باشند.

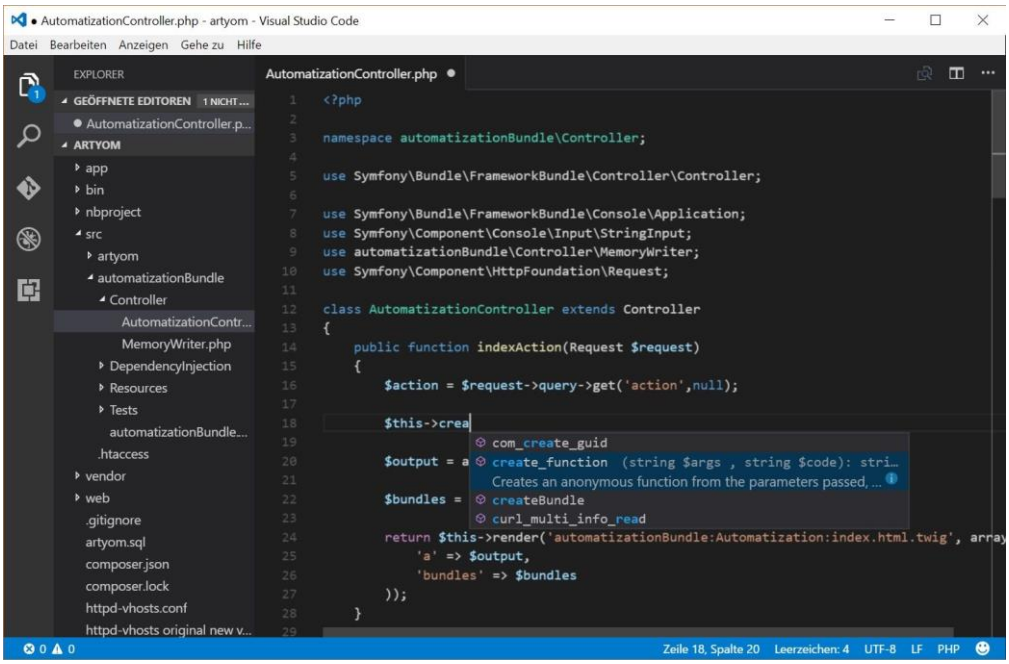
IDE[1]هایی که در توسعه این زبان‌ها بکار می‌روند می‌توانند گاها تمامی این زبان‌ها را پشتیبانی کرده و در مواردی به طور خاص برای یک زبان طراحی شده‌اند. در ادامه ویژگی‌های برخی از آن‌ها بررسی خواهند شد.

۴-۲-۱ Visual Studio Code

این IDE که توسط مایکروسافت برای پلتفرم‌های مختلف (ویندوز، لینوکس، Mac) طراحی شده با پشتیبانی از زبان‌های مختلف مانند JS، HTML، C#، Python، PHP و... توسعه برنامه‌های مختلف از جمله برنامه‌های وب را تسهیل می‌کند [112]. VSC صرفاً یک ویرایش‌گر متن نبوده و این امکان را فراهم می‌کند تا بتوان از ابزارهای کنترل نسخه[2] (Git) استفاده کرد. این IDE امکان عیب‌یابی کد با استفاده از Break points، مشاهده Stack، تعامل از طریق کنسول و تکمیل خودکار کد برا فراهم می‌سازد. نمایی از این IDE در شکل ۱-۴ قابل مشاهده است. از سایر ویژگی‌های این IDE می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [113]:

- متن باز و رایگان
- انجمن پشتیبانی فعال
- کتابخانه‌ها، افزونه‌ها و پلاگین‌ها متنوع
- پشتیبانی از تقریبا تمام زبان‌های برنامه‌نویسی
- سبک
- استفاده از IntelliSense برای رنگ‌آمیزی کدها و تکمیل خودکار آن‌ها

[1] Integrated Development Environment
[2] Version Control



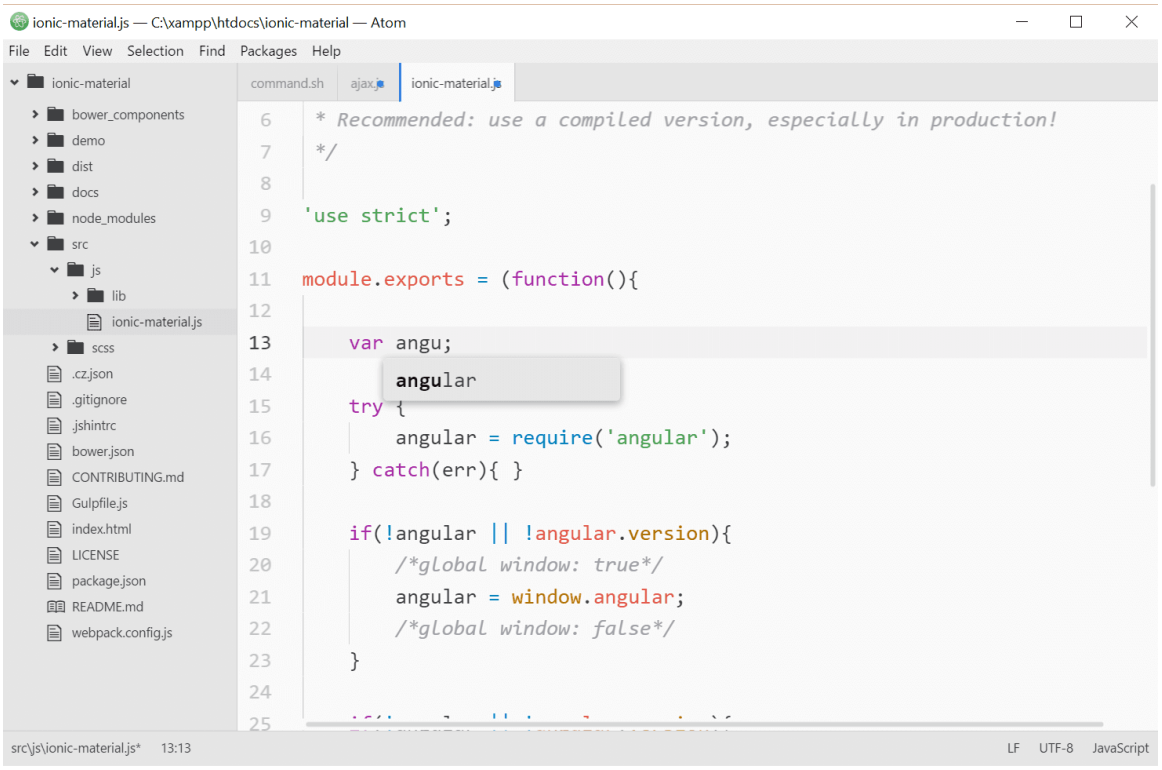
شکل ۱-٤ نمایی از Visual Studio Code [112]

۴-۲-۲ Atom

یکی از IDEهای بسیار معروف، رایگان و متن‌باز با پشتیبانی از اکثر زبان‌های و با کاربردی عمومی (نه صرفاً توسعه وب) Atom است که توسط GitHub ایجاد شده است [112]. این IDE این امکان را فراهم کرده تا بتوان اجزای مختلف آن را به واسطه متن‌باز بودن آن دستکاری کرده و آن را شخصی‌سازی کرد.

این IDE دارای Package Manger داخلی بوده و این امکان را فراهم می‌کند تا بتوان به راحتی ابزارها و بسته‌های مختلف را برای زبان‌ها، چارچوب‌ها و کاربردهای مختلف به آن اضافه کرد. نمایی از این IDE در شکل ۲-۴ قابل مشاهده است. سایر ویژگی‌های این IDE به شرح زیر هستند [113]:

- امکان افزودن قابلیت‌ها با نصب افزونه‌ها یا با دستکاری کد خود برنامه
- انجمن پشتیبانی فعال

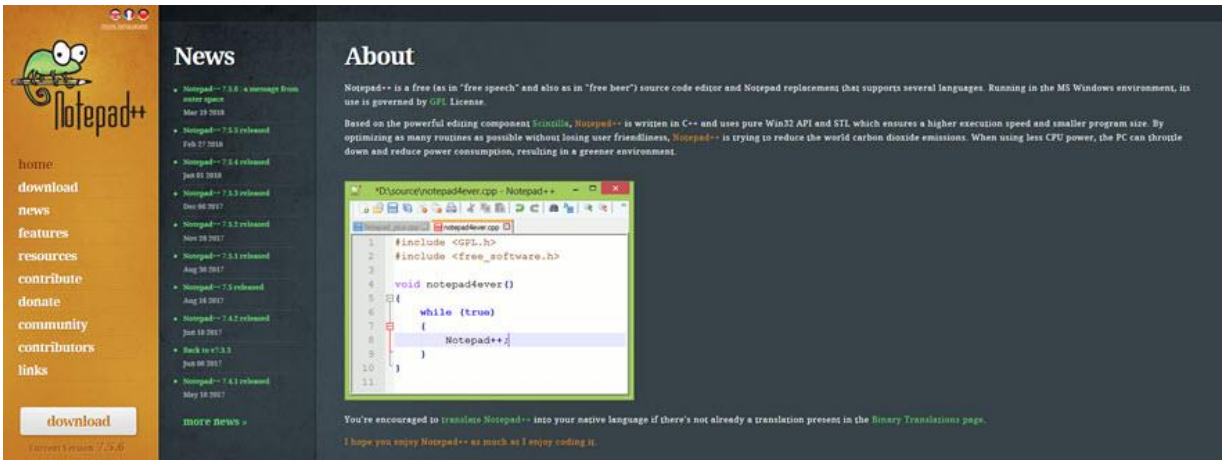


شکل ۲-٤ نمایی از Atom [112]

۳-۲-۴ Notepad ++

Notepad ++ یکی از ویرایش‌گرهای کد محبوب بوده و برخلاف VSC و Atom، قابلیت‌های ویژه‌ای ندارد [113]. صرفاً به علت ساده و سبک بودن، برای کاربردهای ساده مورد استفاده قرار می‌گیرد. نمایی از این ابزار در شکل ۳-۴ و ویژگی‌های آن در ادامه قابل مشاهده هستند.

- صرفاً برای ویندوز
- متن باز، رایگان
- پشتیبانی از تقریباً همه زبان‌ها
- تکمیل خودکار کد
- رنگ‌آمیزی کد



شکل ۳-٤ نمایی از Notepad ++ [113]

۴-۲-۴ Visual Studio

یکی از IDEهای با قابلیت‌های بسیار زیاد بوده که برای برنامه‌نویسی‌هایی مختلف مانند Desktop، موبایل و وب کاربرد دارد. این IDE از بسیاری از زبان‌ها مانند C/C++، C#، F#، Python، HTML، CSS، JS، VB، Ruby و... (بجز Java) پشتیبانی کرده و از چارچوب‌هایی مانند Angular و ASP.NET و همچنین برنامه‌نویسی برای Node.JS نیز پشتیبانی می‌کند [114]. سایر ویژگی‌های آن به شرح زیر است:

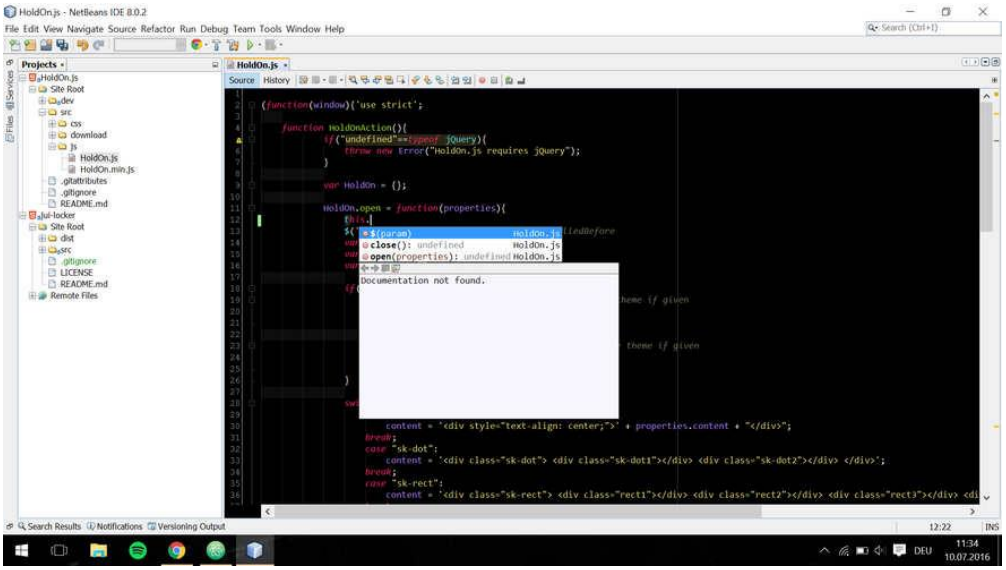
- ویرایش‌گر متن
- امکان تست و عیب‌یابی و مشاهده مقادیر متغیرها در حین اجرا
- ارائه ابزارهایی برای طراحی ظاهر وب، ویندوز و...
- امکان کار با پایگاه داده
- Package Manager داخلی
- امکان کار با Team Foundation Server
- نسخه Community رایگان

۴-۲-۵ Eclipse

Eclipse یکی دیگر از IDEهای مطرح بوده که ویژگی‌های متنوعی داشته و زبان اصلی آن Java است اما از زبان‌های دیگری مانند Ada، ABAP، C، C++، C#، Clojure، COBOL، D، Erlang، Fortran، Groovy، Haskell، JavaScript، Julia، Lasso، Lua، NATURAL، Perl، PHP، Prolog، Python، R، Ruby، Rust، Scala و... نیز پشتیبانی می‌کند. عدم پشتیبانی مستقیم از CSS و زبان‌های مشابه، این IDE را فاقد صلاحیت برای طراحی Front-end وب می‌کند.

۴-۲-۶ NetBeans

یکی دیگر از IDEهای رایگان بوده که زبان‌های متنوع Front-end و Back-end شامل HTML5، PHP، C/C++، JS و... پشتیبانی می‌کند. همچین می‌توان با نصب پلاگین‌ها، پشتیبانی زبان‌های دیگر را نیز به آن اضافه کرد. این IDE ابزارهایی برای تسهیل استفاده از Node.JS، knockoutJS و AngularJS را نیز ارائه کرده است. نمایی از این IDE در شکل ۴-۴ قابل مشاهده است.



شکل ٤-٤ نمایی از NetBeans [112]

۴-۲-۷ Brackets

این IDE برای تولید بخش Front-end وب‌سایت بوده و با ظاهری مدرن و امکاناتی مانند قابلیت اتصال به مرورگر و نمایش تغییرات به صورت آنی، امکان توسعه برنامه‌های وب را فراهم می‌کند [112]. از زبان‌های پشتیبانی شده توسط این IDE می‌توان به JS، HTML، CSS، Sass و Less اشاره کرد. نمایی از این IDE در شکل ۵-۴ قابل مشاهده است.

شکل ٥-٤ نمایی از Bracket [112]

۴-۲-۸ Jetbrains PHPStorm

IDEهای شرکت Jetbrains به صورت اختصاصی برای زبان‌های مختلف طراحی می‌شوند و در ازای قابلیت‌های فراوان، رایگان نیستند. به عنوان مثال PhpStorm که یکی از محصولات Jetbrains است امکانات فراوانی را برای توسعه برنامه‌های وب ارائه تحت زبان PHP ارائه می‌دهد و همچنین از چارچوب‌ها و CMSهای این زبان نیز پشتیبانی می‌کند [113]. ویژگی‌های این محصول به شرح زیر هستند:

- سرعت بالا
- عدم کند شدن با افزایش حجم کد برنامه
- پشتیبانی از Wordpress، Drupal، Joomla، Magento، Laravel
- قابلیت کدنویسی از راه دور

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- تست، عیب‌یابی
- تکمیل خودکار کد
- Version Control با SVN، Github، Mercurial و...
- ابزارهای SQL و پایگاه داده
- پشتیبانی از PHP، JS، HTML/CSS و سایر زبان‌های Front-end
- قابل استفاده بر روی ویندوز، لینوکس و مک

۴-۲-۹ JetBrains PyCharm

یکی دیگر از IDEهای شرکت JetBrains، PyCharm است که برای زبان Python بوده و ویژگی‌های آن به شرح زیر است [115]:

- تکمیل و رنگ‌آمیزی خودکار کد
- پشتیبانی از چارچوب‌ها و ابزارهایی مانند Django، Flask، Pyramid، Angular، Node.JS و...
- امکاناتی مانند اشتراک کد، کنسول پایتون و...
- امکان اجرا و تست کد از راه دور
- پشتیبانی از HTML، JS، TypeScript، CoffeeScript و...
- ابزارهایی برای کار با SQL
- قیمت ۹ دلار ماهانه

۴-۲-۱۰ انتخاب ویرایش‌گر مناسب [116]

به طور کلی، به عنوان یک IDE استاندارد می‌توان از Atom استفاده کرد که در بین توسعه‌دهندگان وب محبوبیت بالاتری دارد (محبوب‌تر از Bracket). همچنین VSC نیز می‌تواند به بدین منظور استفاده شود. محبوبیت این IDE روز به روز در حال افزایش است.

در مقابل برای کارهای تخصصی‌تر و قوی‌تر، نیاز خواهد بود تا از IDEهایی که برای هر زبان معروف هستند استفاده کرد. برای C#، ASP.NET و XAML استفاده از Visual Studio، برای PHP و جاوا، Eclipse و NetBeans، برای خود PHP، PHPStorm و برای Python، PyCharm می‌توانند گزینه‌های مناسبی باشند [116] [117].

۴-۳ سیستم مدیریت محتوا

سیستم‌های مدیریت محتوا (CMS[1]) این امکان را فراهم می‌کنند تا بتوان یک وب‌سایت را بدون درگیری با جزئیات طراحی کرد. سیستم‌های مدیریت محتوا که از آن‌ها تحت عنوان سکوی مدیریت محتوا نیز نام برده می‌شود نباید با ابزارهای تولید وب‌سایت[2] اشتباه گرفته شود [118]. این ابزارها این امکان را فراهم می‌کند که افرادی که هیچ آشنایی با تولید وب‌سایت ندارند بتوانند بدون هیچ دانش فنی و با کشیدن و رها کردن[3] وب‌سایت تولید کنند درحالی‌که برای کار با سیستم‌های مدیریت محتوی نیازمند مقداری دانش فنی است. سیستم‌های مدیریت محتوی در ابتدا صرفاً برای تولید سایت‌ها، مشابه با وبلاگ طراحی شده بود، درحالی‌که در حال حاضر امکانات این سیستم‌ها بسیار گسترده‌تر بوده و می‌توان از سایت‌های خبری تا سایت‌های پیچیده‌تر

[1] Content Management System
[2] Website Builder
[3] Drag and Drop

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

مانند فروشگاه‌های اینترنتی و انجمن‌ها را با استفاده از آنها تولید کرد. از ویژگی‌های این سیستم‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- راهکارهایی برای تولید سریع محتوی با سطح کیفیت قابل قبول

این سیستم‌ها معمولاً دارای یک ویرایش‌گر قوی با امکانات متعدد هستند که می‌توان با استفاده از آن یک وب‌سایت را با کیفیت مناسب تولید کرد.

- دسته‌بندی اطلاعات

این ابزارها این امکان را فراهم می‌کنند تا با استفاده از برچسب برای داده‌ها، بتوان آن‌ها را دسته‌بندی کرد.

- قابلیت شخصی‌سازی

این ابزارها به صورت مداوم توسعه و بهبود داده می‌شوند و به همین ترتیب ویژگی‌های متعددی به آن‌ها اضافه می‌شود که قابلیت شخصی‌سازی را افزایش می‌دهد.

از سیستم‌های مدیریت محتوا می‌توان به WordPress، Adobe Dreamweaver، Joomla، Blogger، Drupal، TYPO3، Shopify، Magento، PrestaShop، Serendipity، Dotclear، ImpressPages، Chamilo و Brix اشاره کرد. در ادامه تعدادی از مهم‌ترین این موارد بررسی خواهند شد [120 ,119].

از لحاظ تعداد وب‌سایت‌هایی که توسط این سیستم‌ها طراحی شده‌اند می‌توان به شکل ۶-۴ اشاره کرد.

جدول ۱-٤ تعداد وب‌سایت‌های تولید شده با انواع CMSها [119]

CMS	# of Websites
WordPress	18 Million
Joomla	2.5 Million
Blogger	830,000
Drupal	772,000
TYPO3	425,000
Shopify	282,000
Magento	272,000
PrestaShop	263,000
Brix	151,000

۴-۳-۱ WordPress

سیستم مدیریت محتوای WordPress یکی از پرطرفدارترین CMSها است. از ویژگی‌های WordPress می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- بالغ بر ۱۸۰۰۰ افزونه و ۱۴۰۰۰ طراحی متفاوت
- نصب راحت ۵ دقیقه‌ای با Wizard
- ابزارهای مدیریت و توسعه برای موبایل
- رایگان
- مناسب برای سایت‌های ساده مانند بلاگ‌ها و سایت‌های خبری
- قابل استفاده برای افراد با سطح دانش طراحی کم یا حرفه‌ای
- نیازمند کمترین تخصص برای طراحی سایت

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

WordPress نیازمند سرویس‌دهنده‌هایی با پشتیبانی از PHP و MySQL/MariaDB است. مزایا و معایب این CMS به شرح زیر است:

مزایا:

- انجمن پشتیبانی بزرگ
- نصب آسان
- واسط کاربری کاربردی
- قابلیت افزودن ساده Plugin و افزونه‌ها
- قابلیت طراحی سایت Responsive

معایب:

- پلاگین‌ها و افزونه‌ها می‌توانند حفره‌های امنیتی ایجاد کنند
- مشکلات کارایی برای سایت‌های با ترافیک بالا
- به‌روزرسانی قابلیت‌های امنیتی نیازمند وظایف اضافه از جانب Admin است
- مشکلات امنیتی
- زمان بارگذاری بالای سایت‌های WordPress به علت برخی کدهای اضافه در سایت‌ها

از سایت‌های طراحی شده با WordPress می‌توان به Mashable و CNN اشاره کرد.

۴-۳-۲ Joomla

یکی دیگر از CMSهای معروف Joomla است. از ویژگی‌های این CMS می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- بالغ بر ۷۴۰۰ افزونه
- نیازمند Apache, Nginx یا IIS با PHP
- قابلیت اتصال به پایگاه داده‌های MySQL، MS SQL Server، PostgreSQL یا MariaDB
- رایگان
- امکان ایجاد سایت‌های پیچیده‌تر، ساختاریافته‌تر و با محتویات بیشتر به نسبت به WordPress ولی با امکانات کم‌تری نسبت به یک سایت پیچیده و با امکانات کامل (صرفاً برای مواردی مانند شبکه‌های اجتماعی و....)
- نیازمند تخصص بیشتری نسبت به WordPress برای طراحی سایت

مزایای و معایب Joomla به شرح زیر است:

مزایا:

- نصب و تنظیم راحت
- تعداد زیادی افزونه و طراحی‌های آماده
- قابلیت طراحی قالب با ابزارهای کاربرپسند
- انجمن پشتیبانی مناسب

معایب:

- بخش ضعیف برای مدیریت مجوز دسترسی‌ها
- نیازمند هزینه برای استفاده از افزونه‌های حرفه‌ای
- نیازمند نصب دستی افزونه‌ها

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- گاهاً مشکل سازگاری افزونه‌ها باهم

از سایت‌های طراحی شده با Joomla می‌توان به MacDonald و IKEA اشاره کرد.

۴-۳-۳ Drupal

Drupal نیز از جمله CMSهای متن‌باز، ماژولار و محبوب است. از ویژگی‌های این CMS می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- نصب آسان
- قابلیت انعطاف بالا به علت ماژولار بودن
- بالغ بر ۳۶۰۰۰ افزونه
- قابل استفاده با Apache, Nginx، IIS و یا هر سرویس‌دهنده‌ای با پشتیبانی از PHP
- قابلیت اتصال به پایگاه داده‌های MySQL، PostgreSQL، MariaDB یا SQLite
- نیازمند تخصص بیشتری نسبت به Joomla و WordPress در ازای طراحی سایت‌های پیشرفته‌تر
- رایگان
- قابلیت تولید سایت‌های پیچیده، با امکانات فراوان، داده‌های متنوع و کاربران متعدد مانند فروشگاه‌های اینترنتی

مزایا:

- هسته کوچک
- افزونه‌های متنوع
- قابلیت کنترل ترافیک بالای سایت

معایب:

- تنظیمات پیچیده
- نصب ماژول‌ها فقط از طریق پروتکل FTP
- تعداد افراد حرفه‌ای برای این CMS کم بوده و در صورت بروز مشکل، بدست آوردن راه حل می‌تواند زمان‌بر باشد.
- مدت زمان یادگیری بالا

از سایت‌های طراحی شده با Drupal می‌توان به NBC، Taboola و Patch اشاره کرد.

۴-۴ خدمت‌دهنده‌های وب

برای ارائه خدمات وب و اجرای بخش خدمت‌دهنده هر برنامه تحت وب، نیاز به خدمت‌دهنده وب بوده تا به عنوان مثال، دستورات HTTP را گرفته و به کنترل‌کننده و برنامه تحویل دهد و جواب را در اختیار درخواست‌کننده قرار دهد. از خدمت‌دهندگان وب می‌توان به IIS[1]، Apache، Nginx و Caddy اشاره کرد که سه مورد اول از محبوبیت بالایی برخوردارند.

Apache یکی از خدمت‌دهندگان رایگان و متن‌باز است که توسط شرکت Apache به وجود آمده و پشتیبانی می‌شود. Apache برای سیستم‌عامل‌های متنوعی ارائه شده است ولی به طور کلی بیشتر بر روی لینوکس و با PHP و MySQL مورد استفاده قرار می‌گیرد [121]. از ویژگی‌های این خدمت‌دهنده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [122, 123]:

- به‌روزرسانی‌های مستمر
- رایگان
- نصب پیچیده

[1] Microsoft Internet Information Services

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- مشکلات امنیتی
- پشتیبانی از IPv6
- پشتیبانی از HTTP/2.0 و FTP

IIS یکی دیگر از محبوب‌ترین خدمت‌دهندگان وب بوده و توسط مایکروسافت پشتیبانی می‌شود. این خدمت‌دهنده متن‌باز نبوده و صرفاً قابل استفاده بر روی ویندوز است و معمولاً با ASP.NET و MS SQL مورد استفاده قرار می‌گیرد. ویژگی‌های این خدمت‌دهنده به شرح زیر است [121]:

- رایگان
- پشتیبانی از Websocket
- پشتیبانی از IPv6 و HTTP/2.0

Nginx یکی دیگر از خدمت‌دهندگان وب است که محبوبیت آن در حال افزایش است. از ویژگی‌های آن می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [123]:

- سرعت بالا به دلیل عدم نیاز به پروسه‌ای جدید برای هر درخواست
- استفاده کم از حافظه
- قابل نصب بر روی سیستم‌عامل‌های مختلف از جمله FreeBSD، Linux، Solaris، Mac OS X و Windows Server
- نصب و تنظیمات راحت

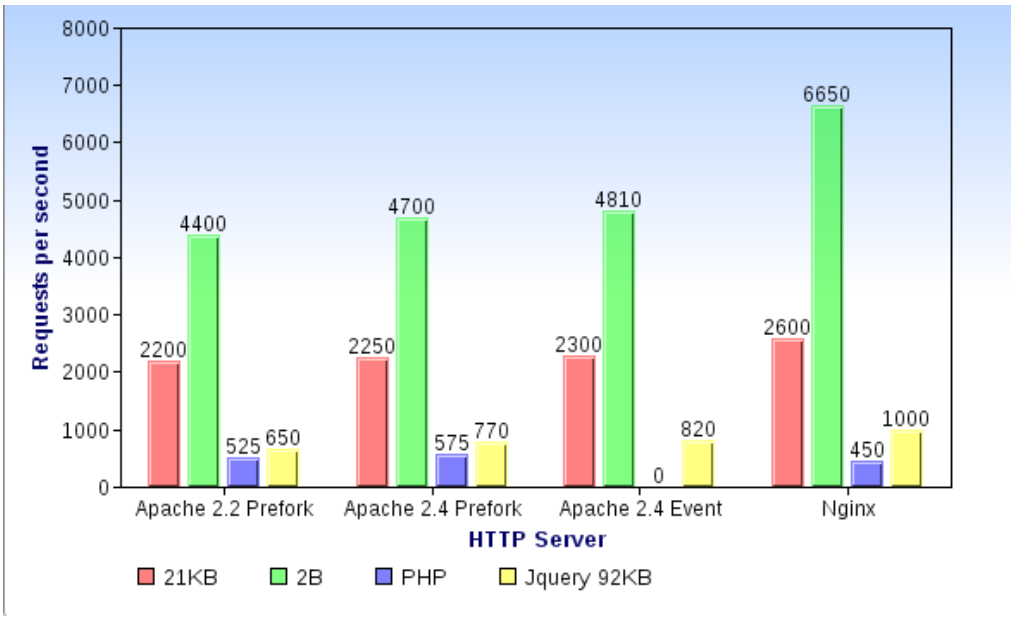
از مهم‌ترین ویژگی‌های یک خدمت‌دهنده وب، سرعت و کارایی آن است. در یکی از بررسی‌های انجام شده بین این سه خدمت‌دهنده روی یک سیستم، می‌توان به نتایج جدول ۲-۴ اشاره کرد.

جدول ۲-٤ - مقایسه کارایی سه خدمت‌دهنده وب [123]

	IIS	Nginx	Apache
مقدار مصرف CPU	۹٪	۲۱٪	۲۶٪
حداکثر تعداد درخواست‌های انجام شده در ثانیه	۴۹,۰۰۰	۲۳,۰۰۰	۱۴,۰۰۰
مدت زمان پاسخ به هر درخواست	۲.۸ میلی‌ثانیه	۵.۵ میلی‌ثانیه	۶.۳ میلی‌ثانیه

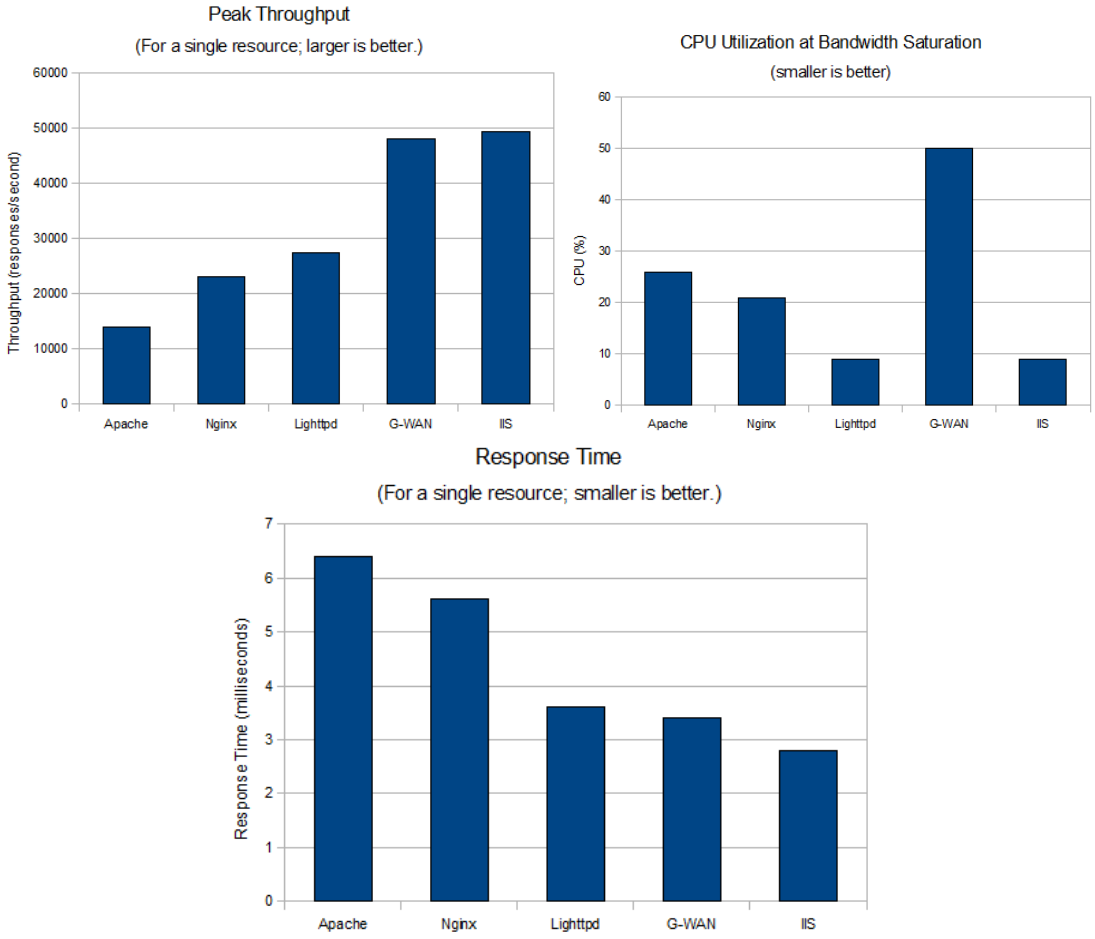
همچنین تعداد درخواست‌های پاسخ داده شده در هر ثانیه توسط Nginx و Apache در شکل ۶-۴ قابل مشاهده است. در این درخواست‌ها، فایل‌های ۲۱ کیلوبایتی و ۲ بایتی Static، فایل jQuery ۹۲ کیلوبایتی و فایل PHP مشاهده می‌شوند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



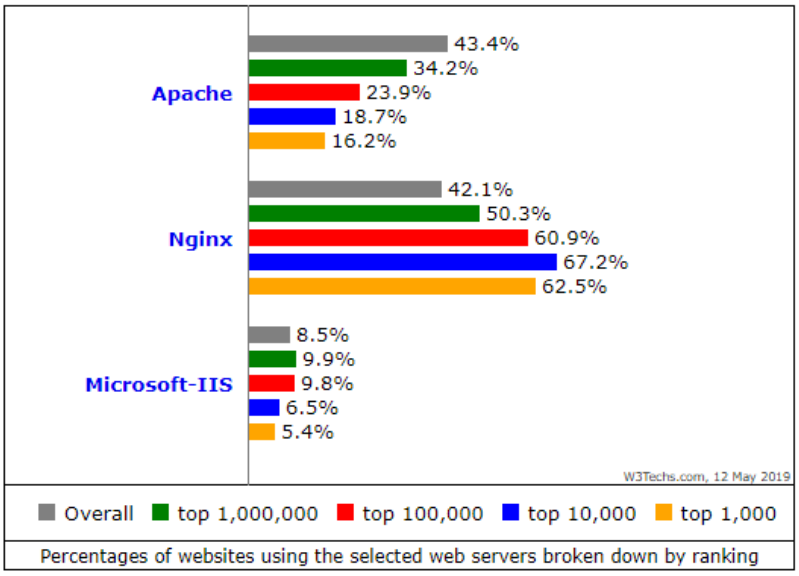
شکل ٦-٤ مقایسه تعداد پاسخ‌ها/ثانیه خدمت‌دهنده Nginx و Apache با فایل‌های متفاوت [123]

در مقایسه‌ای دیگر بین چندین خدمت‌دهنده وب، نتایج شامل مقدار مصرف CPU، تعداد پاسخ‌ها در ثانیه و مدت زمان پاسخ به هر درخواست در شکل ۷-۴ قابل مشاهده هستند. طبق این نتایج نیز، IIS کارایی بالاتری نسبت به بقیه دارد.



شکل ۷-٤ مقایسه کارایی برخی از سرویس‌دهنده‌های وب [124]

با وجود کارایی بهتر، امنیت بالاتر و با وجود رایگان بودن، سهم IIS در خدمت‌دهنده‌های از Apache و Nginx کمتر است. دلیل این امر احتمالاً متن‌باز نبودن IIS است. سهم این سه خدمت‌دهنده در سال ۲۰۱۹ در شکل ۸-۴ قابل مشاهده است.



شکل ۸-٤ سهم بازار خدمت‌دهنده‌های مختلف وب [125]

۴-۵ خدمت‌دهنده‌های Git

Git سیستمی برای کنترل نسخه‌های یک برنامه و کد به شکل غیر متمرکز است. با استفاده از این سیستم توسعه‌دهندگان مختلف می‌توانند تغییرات اضافه شده در کد را تحت عنوانی، به کد اصلی برنامه که بین همه توسعه‌دهندگان مشترک است اعمال کنند و همه این تغییرات را مشاهده کنند. همچنین با اعمال تغییر، کد قبل از تغییرات تحت نسخه‌ای قابل بازگشت است. بجز Git، سیستم‌های دیگری نیز برای کنترل نسخه یک برنامه وجود دارند که از آن‌ها می‌توان به SVN، CVS، Mercurial، Monotone و... اشاره کرد [126].

از خدمات‌دهندگان Git می‌توان به موارد ذکر شده در جدول ۳-۴ اشاره کرد که در ادامه برخی از آن‌ها مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

جدول ۳-٤ تعدادی از خدمات‌دهندگان Git

خدمت‌دهندگان Git	
• SourceTree • GitKrakan • Tower 2 • GitHub • Gogs • Gitlab • Bitbucket • Assembla	• Beanstalk • CloudForge • Codebase • Fog Creek Kiln • Microsoft Visual Studio Team Services • Planio • Perforce • RhodeCode

در میان این موارد GitHub، Bitbucket، GitLab و Coding را می‌توان از خدمات‌دهندگان Git محبوب دانست که در ادامه با هم مقایسه خواهند شد [127, 128].

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

Github بزرگترین پایگاه پروژه‌های دنیا بوده و بیش از ۳۸ میلیون پروژه در آن موجود است. این ابزار در سال ۲۰۰۸ به وجود آمد و در حال حاضر در اختیار مایکروسافت است. Bitbucket نیز در سال ۲۰۰۸ توسط تیمی در استرالیا به وجود آمد و در حال حاضر در اختیار شرکت Atlassian است. Gitlab نیز در سال ۲۰۱۱ مورد توجه قرار گرفت و در حال حاضر یکی از خدمات‌دهندگان محبوب Git است که مقر شرکت آن در آمریکا قرار دارد. Coding توسط 张海龙 در شن‌ژن چین در سال ۲۰۱۴ راه‌اندازی شد و در همان سال ۱۵ میلیون دلار در آن سرمایه‌گذاری شد. در حال حاضر ۳۰۰,۰۰۰ مشترک و ۵۰۰,۰۰۰ پروژه دارد.

هر چهار خدمت‌دهنده Git تنوع بسیار بالایی از ویژگی‌ها را در اختیار قرار می‌دهد که می‌توان به قابلیت Pull/ Merge/ Fork/ Clone و یا بررسی کد و ابزارهایی برای تسهیل مقایسه اشاره کرد.

به جز GitLab، بقیه موارد متن‌باز نیستند. این در حالی است که GitHub میزبان حداقل ۱۹.۴ میلیون پروژه متن‌باز است.

مسئله مهم بعدی در انتخاب خدمات‌دهندگان Git، امکان انتقال اطلاعات و پروژه‌های قبلی به/از آن‌هاست. بدین صورت که بتوان پروژه‌ای را که فرضاً برروی GitHub بوده به GitLab منتقل کرد یا پروژه ای که با SVN نسخه‌بندی شده است را به Git منتقل کرد. در این زمینه، هر کدام از این چهار مورد پشتیبانی‌هایی را ارائه داده‌اند که به شرح زیر است:

GitHub: Git, SVN, HG, TFS
GitLab: Git (GitHub, Bitbucket, Google Code, Fogbugz)
Coding: Git, SVN, HG
Bitbucket: Git, CodePlex, Google Code, HG, SourceForge, SVN

جدول ۴-۴ ویژگی‌های رایگان این ابزارها را با هم مقایسه می‌کند.

جدول ٤-٤ ویژگی‌های طرح‌های رایگان برخی خدمات‌دهندگان Git

طرح‌های رایگان	پروژه‌های با اشتراک عمومی	پروژه‌های با اشتراک خصوصی			حجم
		حجم	تعداد	تعداد مشارکت‌کننده	
GitHub Public	نامحدود	نامحدود	نامحدود	۳	نامحدود
GitLab Cloud Hosted	نامحدود	10 GB/Project	نامحدود	نامحدود	نامحدود
Bitbucket Small Teams	نامحدود	1 GB/Project	نامحدود	۵	نامحدود
Coding Free Plan	نامحدود	نامحدود	نامحدود	۱۰	1 GB

به طور کلی، انتخاب خدمات‌دهنده Git با توجه به اینکه نگه‌داری کد را بر عهده دارد، به نوع پروژه مرتبط خواهد بود. در صورتی که پروژه‌ای متن‌باز باشد بدون شک استفاده از GitHub گزینه مناسبی خواهد بود. در مقابل در صورتی که لازم باشد کد پروژه محرمانه حفظ شود و حتی در اختیار خدمات‌دهندگان قرار نگیرد، می‌بایست روی سرورهای محلی، Git اختصاصی ایجاد کرده و استفاده نمود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل پنجم

سکوهای توسعه نرم‌افزار موبایل

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۵-۱ مقدمه

سکوهای مختلفی مانند Android، iOS، Windows Mobile، Bada و BlackBerry برای توسعه برنامه‌های کاربردی موبایل وجود دارند. از آنجایی‌که Android و iOS بیشترین تعداد کاربران را در حاضر به خود تخصیص داده‌اند [129]، تمرکز این فصل بر بررسی این دو سکو است. در این فصل ابتدا مفهوم سکوی موبایل شرح داده شده و تعدادی از مشهورترین سکوهای موبایل معرفی شده‌اند. سپس به بررسی سکوهای Android و iOS پرداخته می‌شود. در بررسی این دو سکو، ابتدا تاریخچه مختصری از سکو ارائه شده، سپس ساختار آن شرح داده شده و زبان‌های رسمی توسعه برنامه کاربردی برای سکو معرفی می‌شوند.

۵-۲ سکوهای توسعه برنامه کاربردی موبایل

سکوهای موبایل امکان اجرای نرم‌افزارها و سرویس‌ها بر روی دستگاه موبایل را فراهم می‌کنند. سکو از سخت‌افزار و سیستم‌عامل تشکیل می‌شود. در توسعه برنامه‌های کاربردی موبایل بخش سیستم‌عامل سکو اهمیت دارد. سیستم‌عامل موبایل ابزارهایی را فراهم می‌کند تا برنامه‌های کاربردی بتوانند داده‌ها و سرویس‌ها را به اشتراک بگذارند. سیستم‌عامل‌های موبایل سیستم‌عامل‌هایی هستند که می‌توانند بر روی تلفن همراه، تبلت، ساعت هوشمند و سایر دستگاه‌های موبایل (سیار) نصب شوند. سیستم‌عامل‌های موبایل قابلیت‌های سیستم‌عامل کامپیوتر شخصی را با قابلیت‌هایی که برای استفاده در دستگاه‌های موبایل مفید است، ترکیب می‌کنند. برای نمونه می‌توان به قابلیت‌هایی مانند دسترسی به شبکه‌های ارتباطی سلولی، Wi-Fi، بلوتوث، سیستم تعیین موقعیت و ناوبری GPS، کنترل دوربین تصویربرداری و فیلمبرداری، ضبط صدا، پخش‌کننده موسیقی و ... اشاره کرد. مشهورترین سیستم‌عامل‌های موبایل به شرح زیر هستند.

- Android OS

سیستم‌عامل موبایل اندروید سیستم عامل متن‌باز و رایگانی است که توسط شرکت Google ارائه شده است. این سیستم‌عامل بر پایه نسخه اصلاح شده‌ای از هسته لینوکس و دیگر نرم‌افزارهای متن‌باز طراحی شده و نخست در دستگاه‌های تلفن همراه لمسی مثل تلفن هوشمند و تبلت استفاده شد اما به تازگی گوگل Android TV را برای تلویزیون، Android Auto برای خودرو و Wear OS را برای ساعت هوشمند توسعه داده است. Android در حال حاضر پرطرفدارترین سیستم‌عامل تلفن همراه است.

- (iPhone OS) iOS

شرکت Apple ابتدا سیستم‌عامل iOS را برای استفاده در گوشی‌های iPhone خود توسعه داد، سپس آن را برای استفاده در سایر دستگاه‌های شرکت Apple مانند iPad، iPod Touch و Apple TV گسترش داد. سیستم‌عامل iOS فقط برای تجهیزات ساخته‌شده توسط شرکت Apple در دسترس است زیرا این شرکت مجوز استفاده از iOS برای نصب بر روی سخت‌افزارهای شخص ثالث را نمی‌دهد.

- (Windows Phone) Windows Mobile

این سیستم‌عامل توسط شرکت Microsoft ارائه شده است. ابتدا Windows Mobile بر پایه هسته سیستم‌عامل Windows CE 5.2 توسعه داده شد. در سال ۲۰۱۰، Microsoft سیستم‌عامل موبایل جدید خود به نام Windows Phone را به عنوان جانشین Windows Mobile معرفی کرد. شرکت Microsoft

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

در سال ۲۰۱۷ اعلام کرد که این سیستم‌عامل به دلیل عدم استقبال توسعه‌دهندگان و عدم نفوذ در بازار دیگر به‌روزرسانی نخواهد شد و فقط به‌روزرسانی‌های امنیتی دریافت می‌کند. در سال ۲۰۱۹، Microsoft به‌طور کامل به پشتیبانی از سیستم‌عامل خود و ارائه به‌روزرسانی‌های امنیتی برای آن پایان داد و به کاربران توصیه کرد از سیستم‌عامل‌های Android یا iOS استفاده نمایند.

- Bada

این سیستم‌عامل در سال ۲۰۱۰ توسط شرکت Samsung Electronics برای گوشی‌های تلفن همراه ساخته شد و در سال ۲۰۱۱ نسخه دوم آن ارائه شد. این سیستم‌عامل بر روی چند مدل محدود از گوشی‌های Samsung نصب شد و به علت عدم موفقیت توسعه آن ادامه نیافت.

- BlackBerry OS

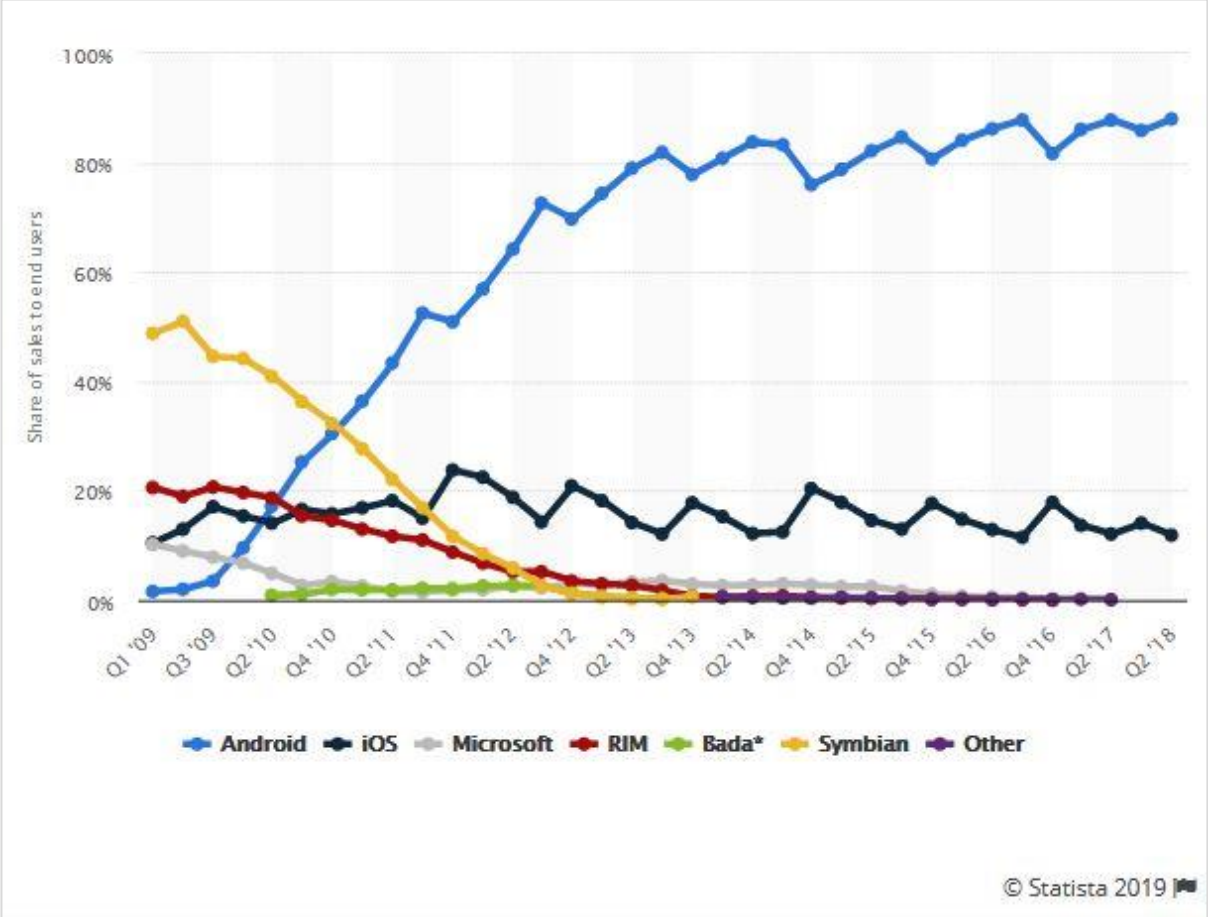
این سیستم‌عامل در سال ۱۹۹۹ توسط شرکت Research in Motion برای استفاده در گوشی‌های این شرکت توسعه یافت. تلفن‌های همراه این شرکت مجهز به اینترنت و پست الکترونیک بودند. گوشی‌های BlackBerry ویژگی‌های خاصی داشتند. یکی از ویژگی‌های برتر این سیستم‌عامل امنیت بالای آن بود. پشتیبانی از سیستم‌عامل BlackBerry از سال ۲۰۱۳ پایان یافت.

- Symbian OS

این سیستم‌عامل در سال ۱۹۹۸ توسط کنسرسیوم Symbian Ltd برای گوشی‌های تلفن همراه ایجاد شد. شرکت‌هایی مانند Nokia، Ericsson، Sony و Motorola این سیستم‌عامل را پشتیبانی می‌کردند. در سال ۲۰۰۸ تمام سهام آن توسط شرکت Nokia خریداری شد و این شرکت در گوشی‌های خود از آن استفاده می‌کرد. در سال ۲۰۱۱ شرکت Nokia اعلام کرد که استفاده از سیستم‌عامل Symbian در گوشی‌های خود را پایان می‌دهد و به جای آن از سیستم‌عامل Windows Phone در گوشی‌های خود استفاده می‌کند [130] [131].

درصد کاربران هریک از سیستم‌عامل‌های موبایل بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ در شکل ۱–۵ ارائه شده است. با توجه به این شکل، در سال ۲۰۱۸ سیستم‌عامل Android بیشترین تعداد کاربران (۸۸٪) را داشته است و بعد از آن سیستم‌عامل iOS با اختصاص ۱۱.۹٪ کاربران به خود، دومین سیستم‌عامل پرکاربرد بوده است [129].

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۱-۵ سهم بازار و تعداد کاربران سیستم‌عامل‌های موبایل بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۸ [٦٥]

۵-۳ سیستم‌عامل Android

شرکت Android در سال ۲۰۰۳ توسط Andy Rubin تأسیس شد. سیستم‌عامل Android ابتدا توسط این شرکت بر پایه هسته سیستم‌عامل Linux به وجود آمد. شرکت Android در سال ۲۰۰۵ به شرکت Google واگذار شد. شرکت Google پس از تصاحب Android، اولین نسخه سیستم‌عامل موبایل خود را در سال ۲۰۰۷ (سالی که Apple آیفون را به بازار عرضه کرد) معرفی نمود. سیستم‌عامل Android یک سیستم‌عامل متن‌باز و رایگان است. متن‌باز بودن Android به تولیدکنندگان تلفن‌های هوشمند اجازه می‌دهد تجربه کاربری متفاوتی از سیستم‌عامل موبایل Google را در محصولات خود ارائه دهند که در این بین شرکت‌هایی مانند سامسونگ با رابط کاربری «Samsung Experience»، هوآوی با EMUI و شیائومی با MIUI نمونه‌هایی از این UIهای متفاوت هستند [132].

سیستم‌عامل Android در مراحل اولیه توسعه، برنامه‌ی به‌روزرسانی بسیار فشرده‌ای داشت تا جایی که در سال ۲۰۰۹ چهار به‌روزرسانی اساسی دریافت نمود. اما در سال‌های اخیر شرکت Google به عرضه سالانه نسخه‌های جدید Android روی آورده است. هر نسخه Android با سه مشخصه اصلی شناسایی می‌شود: نام (که از نام شیرینی‌ها و دسرها برای نام‌گذاری استفاده می‌شود)، شماره نسخه و سطح API[1]. جدول ۱-۵ تاریخچه‌ای از نسخه‌های مختلف Android را ارائه می‌دهد [133].

جدول ۱-۵ تاریخچه نسخه‌های مختلف Android [133]

[1] Application Programming Interface

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

نام	شماره نسخه/زیرنسخه	سطح API	سال
Astroid	۱.۰	۱	۲۰۰۸
Petit Four	۱.۱	۲	۲۰۰۹
Cupcake	۱.۵	۳	۲۰۰۹
Donut	۱.۶	۴	۲۰۰۹
Eclair	۲.۰ و ۲.۱	۵–۷	۲۰۰۹
Froyo	۲.۲	۸	۲۰۱۰
Gingerbread	۲.۳ و ۲.۳.۷	۹_۱۰	۲۰۱۰
Honeycomb	۳.۰ و ۳.۲.۶	۱۱–۱۳	۲۰۱۱
Ice Cream Sandwich	۴.۰ و ۴.۰.۴	۱۴ –۱۵	۲۰۱۱
Jelly Bean	۴.۱ و ۴.۳.۱	۱۶–۱۸	۲۰۱۲
KitKat	۴.۴ و ۴.۴.۴	۱۹–۲۰	۲۰۱۳
Lollipop	۵.۰ و ۵.۱.۱	۲۱–۲۲	۲۰۱۴
Marshmallow	۶.۰ و ۶.۰.۱	۲۳	۲۰۱۵
Nougat	۷.۰ و ۷.۱.۲	۲۴–۲۵	۲۰۱۶
Oreo	۸.۰ و ۸.۱	۲۶–۲۷	۲۰۱۷
Pie	۹.۰	۲۸	۲۰۱۸

۱-۳-۵ ساختار سیستم‌عامل Android

معماری سیستم‌عامل Android در شکل ۲–۵ ارائه شده است. سیستم‌عامل Android از پنج لایه اصلی تشکیل شده است: هسته Linux، کتابخانه‌ها، Android Runtime، چارچوب برنامه‌های کاربردی و برنامه‌های کاربردی. در ادامه به معرفی این لایه‌ها و وظایف آن‌ها می‌پردازیم:

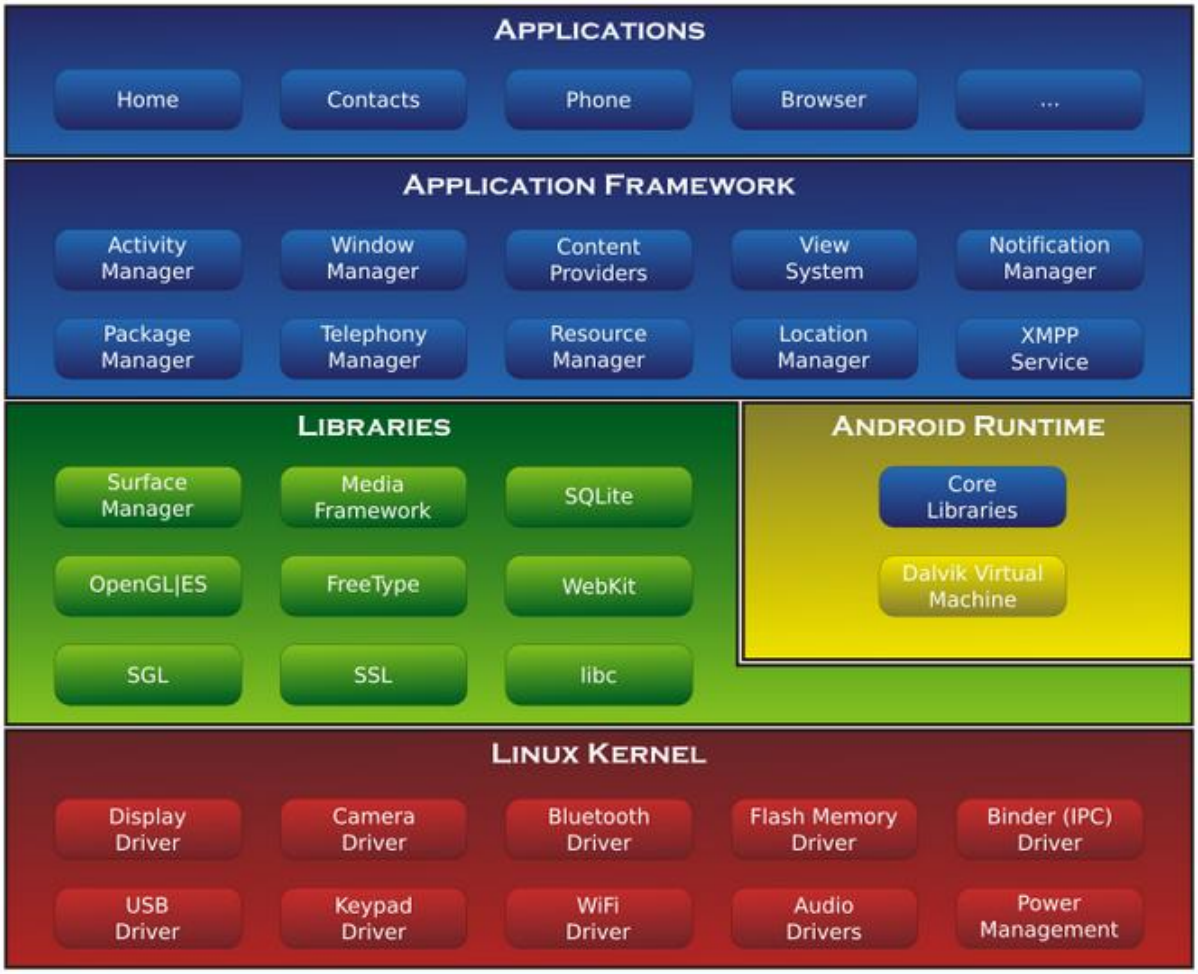
- هسته Linux

اولین نسخه سیستم‌عامل Android بر پایه هسته Linux 2.6 ساخته شد و بهینه‌سازی‌های بر روی آن انجام گرفت تا قابل استفاده در گوشی‌های تلفن همراه باشد. نسخه‌های فعلی Android مبتنی بر هسته Linux 3.1 هستند. هسته لینوکس امکان دسترسی به سخت‌افزار را فراهم می‌کند. در نتیجه، درایورها در فضای هسته نوشته شده‌اند تا هرچه سریع‌تر و کارآمدتر عمل کنند. درایورها عملیاتی مانند کنترل رادیوی داخلی، فعال کردن و کنترل دوربین، کنترل انرژی و شارژ باتری و کنترل عملکرد صفحه کلید یا دکمه‌های موجود در دستگاه را انجام می‌دهند.

- کتابخانه‌ها

کتابخانه‌های بومی Android و Android Runtime در یک فضا قرار گرفته‌اند. کتابخانه‌های بومی، باینری‌های C و C++ هستند که از پیش کامپایل و نصب شده‌اند و سیستم‌عامل Android از آنها استفاده می‌کند. Surface Manager، SQLite، WebKit، OpenGL نمونه‌هایی از این کتابخانه‌ها هستند (شکل ۲–۵). کتابخانه Surface Manager در واقع مدیریت صفحات نمایش داده شده در Android را بر عهده دارد. کتابخانه SQLite پایگاه داده‌ای است که برای ذخیره‌سازی داده‌های Sessionهای مختلف دستگاه Android استفاده می‌شود. پایگاه داده SQLite بر روی حافظه داخلی گوشی ذخیره می‌شود. کتابخانه WebKit این امکان را فراهم می‌کند که کد HTML بتواند به‌سرعت و با کارایی بالا روی Android پردازش شده و نمایش داده شود. WebKit موتور مرورگر پیش‌فرض در سیستم Android است. کتابخانه OpenGL موتور پردازش گرافیکی Android است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۲-۵ ساختار سیستم‌عامل Android [132]

- Android Runtime

- Android Runtime از دو مؤلفه اصلی تشکیل شده است: هسته کتابخانه‌های Java که توسط Android فراهم شده است و ماشین مجازی Java. ماشین مجازی این امکان را فراهم می‌سازد که بتوان کدهای Java را بر روی دستگاه‌های مختلف با منابع محدود اجرا کرد. تا قبل از Android 5 در این سیستم‌عامل از ماشین مجازی Dalvik استفاده می‌شد و از نسخه ۵ به بعد ماشین مجازی ART جایگزین ماشین مجازی Dalvik شد.

- چارچوب برنامه‌های کاربردی

سیستم‌عامل Android امکانات و ابزارهایی را برای برنامه‌نویسان فراهم کرده است تا بتوانند برنامه‌های کاربردی Android را توسعه داده و از طریق Google Play Store منتشر کنند. می‌توان گفت که تمام ویژگی‌های مجموعه سیستم‌عامل Android از طریق API های نوشته شده در زبان Java در دسترس برنامه‌نویسان است. این لایه به برنامه‌های کاربردی اجازه می‌دهد تا به سرویس‌های سطح بالاتر دسترسی پیدا کنند. Activity Manager، Content Provider و Notification Manager نمونه‌هایی از این سرویس‌ها هستند (شکل ۲-۵). سرویس Activity Manager چرخه حیات صفحات و Activityها را کنترل می‌کند. سرویس Content Provider به برنامه‌ها اجازه می‌دهد تا داده‌های خود را با برنامه‌های دیگر به اشتراک بگذارند. سرویس Notification Manager به برنامه‌ها اجازه می‌دهد تا اعلان‌ها و هشدارها را به کاربر نمایش دهند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- برنامه‌های کاربردی

برنامه‌های کاربردی در بالاترین لایه معماری Android قرار گرفته‌اند و به طور مستقیم با کاربر نهایی در ارتباط هستند. تمام برنامه‌هایی که بر روی گوشی نصب شده‌اند و کاربر می‌تواند با آنها کار کند در این لایه قرار دارند. بخشی از برنامه‌های کاربردی به طور پیش‌فرض بر روی سیستم‌عامل نصب هستند (مانند مرورگر، مدیریت مخاطبین، مدیریت پیام‌ها و ...) و تعدادی از برنامه‌ها توسط توسعه‌دهندگان منتشر شده و کاربر می‌تواند آن‌ها را نصب کند [132].

۵-۳-۲ زبان‌های رسمی توسعه برنامه‌های کاربردی Android

زبان‌های اصلی که برای توسعه برنامه‌های بومی Android مورد استفاده قرار می‌گیرند زبان‌های Java و Kotlin هستند. بیشتر برنامه‌های کاربردی Android که در حال حاضر در Google Play حضور دارند، با استفاده از زبان Java نوشته شده‌اند. Java توسط Sun Microsystems در سال ۱۹۹۵ منتشر شد و همان‌طور که در بخش ۱-۲-۵ اشاره شد، این زبان به علت ویژگی‌ها و محبوبیت بالایی که دارد در کاربردهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. کدهای Java توسط یک ماشین مجازی روی دستگاه‌های Android تفسیر و اجرا می‌شوند.

Kotlin زبانی است که در سال ۲۰۱۷ به عنوان یک زبان رسمی دیگر برای Android معرفی شده است. همانند Java، زبان Kotlin هم در ماشین مجازی Java اجرا می‌شود. تفاوت Kotlin با Java در این است که پیچیدگی‌های Java را ندارد و یادگیری آن ساده‌تر است. همچنین خطاهایی مانند Null point exceptions و Excuses در Kotlin وجود ندارند [134].

۵-۴ سیستم‌عامل iOS

سیستم‌عامل iOS سیستم‌عامل گوشی‌های تلفن همراه Apple است. این سیستم‌عامل در سال ۲۰۰۷ بر پایه هسته سیستم‌عامل Unix ایجاد شد. نسخه‌های اولیه این سیستم‌عامل با نام iPhone OS معرفی شدند و از سال ۲۰۱۰ با معرفی نسخه چهارم این سیستم‌عامل نام آن به iOS تغییر کرد. سیستم‌عامل iOS فقط بر روی سخت‌افزارهای شرکت Apple قابل نصب است و این شرکت اجازه نصب آن بر روی سخت‌افزارهای شخص ثالث را نمی‌دهد.

در زمان معرفی اولین iPhone، سیستم‌عامل آن از همه رقبا عقب‌تر بود و در مقایسه با امکانات سایر سیستم‌عامل‌ها حرف زیادی برای گفتن نداشت. برای مثال از 3G، چندوظیفه‌گی، برنامه‌های کاربردی شخص ثالث و حتی از Copy/paste پشتیبانی نمی‌کرد. Apple در آن هنگام، به جای رقابت در زمینه سخت‌افزار، روی ایجاد یک تجربه کاربری بی‌نظیر تمرکز کرد. Apple با ارائه به‌روزرسانی‌های مداوم، به جبران ضعف‌های نسخه‌های قبلی پرداخت، ویژگی‌های جدیدی را به iOS اضافه‌کرد، خلاقیت‌ها و نوآوری خیره‌کننده‌ای در محصول خود ارائه داد و همواره در جهت رشد کیفیت محصول خود تلاش کرد. Apple در هر سال یک نسخه جدید از iOS را منتشر می‌کند و در حال حاضر آخرین نسخه منتشرشده آن iOS 12 است [135].

۵-۴-۱ ساختار سیستم‌عامل iOS

معماری سیستم‌عامل iOS همان‌طور که در شکل ۱-۵ نشان داده شده است، از چهار لایه اصلی تشکیل شده است:

- لایه Cocoa Touch

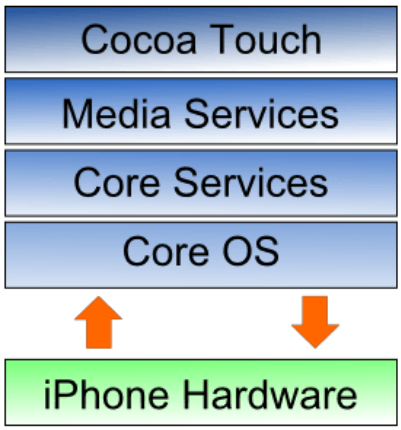
این لایه بالاترین لایه معماری است و شامل چارچوب‌های رایجِ مورد استفاده توسعه‌دهندگان برنامه‌های کاربردی iPhone است. Cocoa Touch به زبان Objective-C و بر پایه استاندارد Mac OS X Cocoa API نوشته شده است. UIKit، Map Kit، Push Notification Service و Message UI نمونه‌هایی از چارچوب‌های Cocoa

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

Touch هستند. چارچوب UIKit وظایف مدیریت و ایجاد واسط کاربر، مدیریت چرخه حیات برنامه، مدیریت رویدادها، مدیریت و نمایش محتوای متنی و وب و مدیریت داده‌ها را بر عهده دارد. چارچوب Map Kit، واسط برنامه‌نویسی برای استفاده از نقشه در برنامه کاربردی را فراهم می‌کند. سرویس Push Notification این امکان را فراهم می‌کند تا برنامه‌های کاربردی بتوانند در زمانی که برنامه روی گوشی کاربر در حال اجرا نیست، با ارسال پیام کاربران را از رویدادهای جدید باخبر کنند. چارچوب Message UI امکان ارسال پیام از طریق برنامه کاربردی را فراهم می‌کند.

- لایه Media Services

این لایه قابلیت‌های گرافیکی، صوتر، تصویری، ویدئو و پویانمایی[1] را برای iOS فراهم می‌کند. این لایه شامل چارچوب‌هایی مانند OpenGL ES، Quartz Core، Core Audio و Media Player است. چارچوب OpenGL ES قابلیت‌های گرافیکی را فراهم می‌آورد، چارچوب Quartz Core برای اضافه کردن قابلیت‌های پویانمایی استفاده می‌شود. چارچوب Core Audio انواع فرمت‌های صوتی پشتیبانی‌شده را تعریف کرده و امکان ضبط و پخش فایل‌های صوتی را فراهم می‌کند. چارچوب Media Player امکان پخش ویدئو با فرمت‌های mov، mp4، m4v و 3gp را فراهم می‌کند.



شکل ۱-۵ معماری سیستم‌عامل iOS

- لایه Core Services

این لایه، وظیفه فراهم کردن سرویس‌های پایه را بر عهده دارد و از چارچوب‌هایی مانند Address Book، Core Data، Core Foundation، Core Location و SQLite تشکیل شده است. چارچوب Address Book دسترسی به کتابچه آدرس مخاطبین در iPhone را فراهم می‌کند. با استفاده از چارچوب Core Data مدل‌سازی و ذخیره داده‌ها در برنامه‌های کاربردی مبتنی بر معماری MVC[2] به‌راحتی صورت می‌گیرد. چارچوب Core Foundation مدیریت بلوک‌های داده خام و انواع داده‌های پشتیبانی شده را فراهم می‌کند. چارچوب SQLite یک پایگاه داده سبک قابل استفاده در برنامه‌های کاربردی iPhone را ارائه می‌دهد.

- لایه Core OS

لایه Core OS پایین‌ترین لایه در معماری iOS است. این لایه به طور مستقیم با سخت‌افزار در ارتباط است و سرویس‌هایی مانند مدیریت شبکه، مدیریت حافظه و File System را فراهم می‌کند. CF Network، Security و System چارچوب‌های اصلی این لایه هستند. چارچوب CF Network یک واسط مبتنی بر C برای پشته پروتکلی TCP/IP و دسترسی سطح پایین به سوکت‌های BSD را فراهم می‌کند. این چارچوب، ایجاد برنامه‌های کاربردی که

[1] Animation
[2] Model View Controller

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

با HTTP، FTP و DSN کار کنند و همچنین ارتباطات رمزگذاری شده از طریق SSL[1] یا TSL[2] را امکان‌پذیر می‌سازد. چارچوب Security واسط‌های امنیتی مانند کلیدهای عمومی و خصوصی، رمزنگاری و ... را ارائه می‌دهد. چارچوب System قابلیت‌های سیستم‌عامل Unix (که iOS بر اساس آن ساخته شده) را فراهم می‌کند و شامل هسته سیستم‌عامل و درایورهای دستگاه است [136].

۲-۴-۵ زبان‌های رسمی توسعه برنامه‌های کاربردی iOS

Objective-C و Swift زبان‌های رسمی توسعه برنامه کاربردی iOS هستند. Objective-C در سال ۱۹۸۴ معرفی شد. قبل از اینکه Apple در سال ۲۰۱۴ زبان Swift را معرفی کند، Objective-C زبان رسمی توسعه برنامه‌های کاربردی iOS بود. Objective-C یک زبان چند منظوره شیءگرا است که حاصل ترکیب زبان‌های C و Smalltalk می‌باشد. در سال ۲۰۱۴، Apple زبان Swift را به عنوان زبان رسمی iOS معرفی کرد. زبان Swift نسبت به Objective-C پویاتر، مطمئن‌تر و گسترش‌پذیرتر است [137].

[1] Secure Sockets Layer
[2] Transport Layer Security

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل ششم

ابزارهای توسعه برنامه کاربردی موبایل و امکانات آنها

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۶-۱ مقدمه

سه رویکرد اصلی برای توسعه برنامه‌های کاربردی موبایل وجود دارد: استفاده از محیط‌های توسعه بومی[1]، بکارگیری محیط‌های توسعه چندسکویی[2] و یا استفاده از محیط‌های توسعه هیبریدی[3].

برنامه‌های کاربردی بومی برنامه‌هایی هستند که توسط زبان بومی هر پلتفرم توسعه داده شده‌اند. به عبارتی برای توسعه برنامه کاربردی اندروید از زبان Java و برای توسعه برنامه کاربردی iOS از زبان Swift یا Objective-C استفاده می‌شود. برنامه‌های کاربردی بومی توسط محیط‌های برنامه‌نویسی (IDE[4]) خاص برای هر سیستم‌عامل توسعه داده می‌شوند، برای مثال برای توسعه برنامه‌های بومی اندروید از Android Studio و برای توسعه برنامه‌های بومی iOS از XCode استفاده می‌شود.

رویکرد توسعه نرم‌افزار چندسکویی این امکان را فراهم می‌کند که برنامه‌نویس، برنامه را با استفاده از یک زبان یا مجموعه ابزار بسازد و بتواند با استفاده از آن ابزار، نسخه‌های قابل اجرا در سیستم‌عامل‌های مختلف را تولید کند. محیط‌های توسعه Xamarin، React Native وFlutter نمونه‌هایی از محیط‌های توسعه چندسکویی هستند.

برنامه‌های کاربردی هیبریدی نوع خاصی از برنامه‌های چندسکویی هستند که در آنها یک برنامه کاربردی موبایل ایجاد می‌شود که در داخل آن یک برنامه وب قرار دارد. برنامه‌های هیبریدی مانند برنامه‌های وب با استفاده از JavaScript، HTML و CSS ساخته می‌شوند. محیط‌های توسعه Apache Cordova، Adobe PhoneGap و Ionic نمونه‌هایی از محیط‌های توسعه هیبریدی هستند [138]. در ادامه این فصل به بررسی نمونه‌هایی از محیط‌های توسعه برنامه کاربردی موبایل بومی، چندسکویی و هیبریدی و مقایسه آنها پرداخته می‌شود.

۶-۲ محیط‌های توسعه بومی

در این بخش به بررسی مهم‌ترین محیط‌های توسعه بومی برای سیستم‌های Android و iOS پرداخته می‌شود. محیط‌های توسعه Android Studio و Eclipse برای توسعه برنامه‌های کاربردی Android و محیط XCode برای توسعه برنامه‌های کاربردی iOS مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۶-۲-۱ محیط برنامه‌نویسی Android Studio

Android Studio را می‌توان رسمی‌ترین محیط برنامه‌نویسی اندروید دانست. این ابزار توسط شرکت Google ساخته شده است و گزینه‌ای است که در تمام اسناد رسمی به آن ارجاع داده می‌شود. این محیط برنامه‌نویسی بیشترین پشتیبانی را دریافت می‌کند، به‌صورت تخصصی برای توسعه اندروید ساخته شده است و برنامه‌نویسی اندروید توسط آن آسان است. یکی از نکات مثبت Android Studio، به‌روزرسانی‌های زیاد آن است که این امر باعث ساده شدن کدنویسی و بهتر شدن محیط می‌شود. از جمله مزایای استفاده از این IDE این است که به راحت‌ترین شکل می‌توان از راهکارهای طراحی Google استفاده کرده و کتابخانه‌های جدیدی را برای پروژه‌های پیدا کرد.

[1] Native
[2] Cross-Platform
[3] Hybrid
[4] Integrated Development Environment

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

در محیط برنامه‌نویسی Android Studio، از زبان‌های Java و Kotlin و Android SDK[1] استفاده می‌شود. این محیط امکان دسترسی به عناصر مختلف رابط کاربری مانند دکمه‌ها و ... را فراهم کرده و می‌توان به‌راحتی توسط آن آرایش المان‌های رابط کاربری را تغییر داد. این محیط برنامه‌نویسی برای ساختن برنامه‌هایی که با سیستم‌عامل Android سازگار باشند، کاملاً مناسب است [139].

۶-۲-۲ محیط برنامه‌نویسی Eclipse

ساختن یک برنامه Android با Eclipse بسیار شبیه استفاده از Android Studio است. قبل از ساخته شدن محیط Android Studio، از محیط Eclipse، به عنوان گزینه اصلی برای توسعه برنامه Android استفاده می‌شد. Eclipse یک IDE است که امکان ساخت برنامه‌های Android با استفاده از زبان Java و Android SDK را فراهم می‌کند. راه‌اندازی آن مشابه Android Studio و روند کار کردن آنها با یکدیگر قابل مقایسه است. تفاوت آنها در این است که Eclipse بصورت اختصاصی برای برنامه‌نویسی Android ساخته نشده است و برای پلتفرم‌ها و زبان‌های دیگر نیز به کار می‌رود. تجربه کار کردن با Eclipse نشان می‌دهد که سرعت آن مقداری پایین‌تر از Android Studio بوده و حل مشکلات در آن دشوارتر است [139].

۶-۲-۳ محیط برنامه‌نویسی XCode

محیط Xcode یک محیط توسعه یکپارچه (IDE) برای سیستم‌عامل MacOS است. این محیط توسط شرکت Apple ارائه شده و شامل مجموعه‌ای از ابزارها برای توسعه نرم‌افزارهای iOS، MacOS، WatchOS و TvOS است. XCode برای اولین بار در سال ۲۰۰۳ منتشر شد و آخرین نسخه پایدار آن نسخه ۱۰.۳ است که از طریق فروشگاه Mac App به صورت رایگان برای کاربران MacOS در دسترس است.

محیط Xcode زبان‌های برنامه‌نویسی Ruby، Python، Objective-C، C، C++، Java، AppleScript و Swift را پشتیبانی می‌کند و با انواع مدل‌های برنامه‌نویسی مانند Cocoa، Carbon و Java سازگاری دارد. در این محیط امکاناتی برای پیکربندی، آزمون، ایجاد نمونه اولیه رابط کاربر[2]، کنترل نسخه برنامه و مدیریت کد برنامه ارائه شده است. این محیط، محیط رسمی برای توسعه برنامه‌های کاربردی گوشی‌های iOS است [140].

۶-۳ محیط‌های توسعه چندسکویی

ابزارهای چندسکویی ابزارهایی هستند که توسط آنها می‌توان یک برنامه موبایل را در یک پلتفرم (مثلاً Android) ساخت و سپس آن‌را به آسانی برای سایر پلتفرم‌ها (مثلاً iOS و Windows) هم منتشر کرد به عبارتی برای تولید نسخه‌های مختلف نرم‌افزار برای پلتفرم‌های مختلف موبایل، از کد و IDE یکسانی استفاده کرد.

[1] Software Development Kit
[2] User Interface Prototype

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۶-۳-۱ محیط برنامه‌نویسی Xamarin

Xamarin یک محیط برنامه‌نویسی چندسکویی است که در سال ۲۰۱۱ توسط Microsoft ارائه شده است. این محیط، از زبان برنامه‌نویسی C# پشتیبانی می‌کند و می‌توان از محیط برنامه‌نویسی Visual Studio و چارچوب Net. برای توسعه برنامه‌های کاربردی موبایل توسط آن استفاده کرد. پس از نوشتن کد توسط Xamarin، کد توسط کامپایلر Android یا iOS کامپایل شده و برنامه بومیِ قابل اجرا در این پلتفرم‌ها تولید می‌شود. Xamarin از سه مؤلفه اصلی تشکیل شده است: Xamarin Cloud، Xamarin Platform و Xamarin Insight.

Xamarin Cloud پلتفرمی برای آزمون خودکار کیفیت برنامه کاربردی بر روی انواع گوشی‌ها ارائه می‌دهد. Xamarin Platform انواع APIها، قابلیت رمزنگاری، کنترل‌ها، ماشین‌های مجازی، احراز هویت، موتورهای اجرای برنامه و ... را فراهم می‌کند و Xamarin Insight ابزاری جهت پایش کد برنامه و ردیابی خطاهای برنامه ارائه می‌دهد [141].

۶-۳-۲ محیط برنامه‌نویسی React Native

محیط برنامه‌نویسی React Native در سال ۲۰۱۵ توسط Facebook ایجاد شد. در این محیط می‌توان با استفاده از زبان JavaScript و کتابخانه React[1] برنامه‌های کاربردی موبایل برای پلتفرم‌های Android و iOS را توسعه داد.

هدف Facebook از ساخت محیط React Native این بود که برنامه‌های کاربردی موبایل نیز به سرعت برنامه‌های کاربردی وب توسعه داده شوند. در توسعه وب، تغییر در هر کد بلافاصله در مرورگر منعکس می‌شود اما در برنامه‌های کاربردی بومی پس از هر تغییر لازم است برنامه مجدداً کامپایل شود تا تغییرات در خروجی منعکس شود. Facebook برای حل این مسئله کتابخانه React را به همان شکلی که در توسعه وب استفاده می‌شود، به کار برد اما به‌جای render کردن المان‌های DOM، مؤلفه‌های سطح بالا وخاص پلتفرم (مانند مؤلفه‌های UIKit در iOS) را render می‌کند. برنامه‌های کاربردی React Native یک موتور JavaScript که به‌طور مستقیم با APIهای بومی در ارتباط است را اجرا می‌کنند.

اغلب محیط‌های توسعه چندسکویی شعار «یک بار کد را بنویس، در هر جایی اجرا کن» را بکار می‌برند، اما Facebook با توسعه React Native شعار «یک بار یاد بگیر، برای هر محیطی کد بنویس» را انتخاب کرده است. هدف آنها ایجاد برنامه کاربردی که در هر محیط اجرا شود نیست بلکه هدف آنها ایجاد مجموعه‌ای از ابزارها است که بتوان با آنها توسط یک زبان برنامه‌های کاربردی برای پلتفرم‌های مختلف تولید کرد [141].

۶-۳-۳ محیط برنامه‌نویسی Flutter

محیط برنامه‌نویسی Flutter یک محیط توسعه چندسکویی است که در سال ۲۰۱۷ توسط Google منتشر شده است. در این محیط توسعه، از زبان برنامه‌نویسی جدیدی به نام زبان Dart استفاده می‌شود. این زبان یک زبان برنامه‌نویسی شیءگرا است که یادگیری آن آسان بوده و سرعت بالایی دارد. Flutter موتور rendering قوی دارد و امکان ایجاد رابط کاربر زیبا برای برنامه‌های کاربردی Android و iOS را فراهم می‌کند [141].

[1] یک کتابخانه JavaScript متن‌باز که توسط Facebook برای توسعه رابط کاربری برنامه‌های کاربردی وب منتشر شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

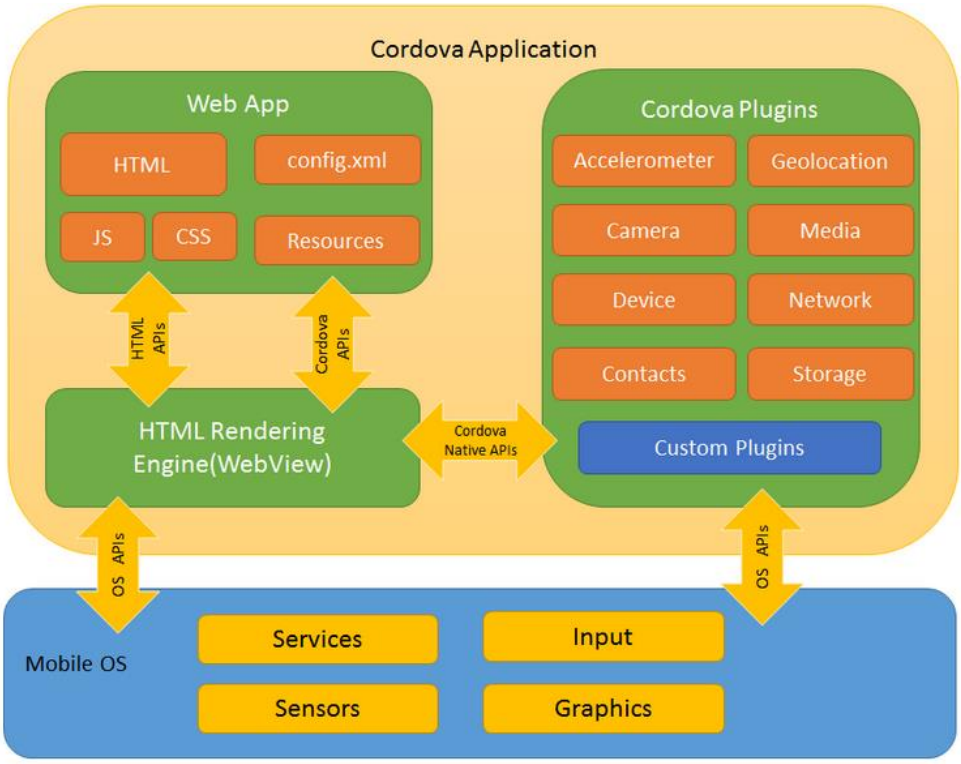
۶-۴ محیط‌های توسعه هیبریدی

۶-۴-۱ محیط‌های برنامه‌نویسی Apache Cordova و Adobe PhoneGap

چارچوب اولیه Apache Cordova توسط استارت‌آپی به نام Nitobi ایجاد شد. شرکت Adobe در سال ۲۰۱۱ Nitobi را خرید و نام PhoneGap را برای محصول آنها انتخاب کرد. شرکت Adobe کد PhoneGap را در اختیار بنیاد نرم‌افزاری Apache قرار داد تا پروژه‌ای متن‌باز به نام Apache Cordova را بر مبنای آن آغاز کنند. شرکت Adobe نیز کد PhoneGap را به‌صورتی توسعه داد که با سایر نرم‌افزارهای شرکت Adobe سازگار باشد. در حال حاضر هر دو محیط Apache Cordova و Adobe PhoneGap [143] به‌روزرسانی می‌شوند و قابل استفاده هستند. در واقع PhoneGap توزیعی از Apache Cordova است و می‌توان Apache Cordova را موتور پشتیبانی‌کننده PhoneGap دانست. در ادامه دو محیط Cordova و PhoneGap مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۶-۴-۱-۱ محیط برنامه‌نویسی Apache Cordova

Apache Cordova یک چارچوب توسعه متن‌باز برای برنامه‌های کاربردی موبایل است. این چارچوب امکان استفاده از فناوری‌های استاندارد وب مانند HTML5، CSS3 و JavaScript برای توسعه برنامه‌های چندسکویی موبایل را فراهم می‌آورد. برنامه کاربردی Cordova شامل مؤلفه‌های زیادی است. شکل ۱-۶ نمای کلی از معماری برنامه کاربردی Cordova را نشان می‌دهد.



شکل ۱-٦ معماری کلی برنامه کاربردی Cordova [144]

همان‌طور که در شکل مشخص است، برنامه کاربردی تهیه شده توسط Cordova شامل سه بخش اصلی است:

- Web View

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

این بخش رابط کاربر برنامه را تشکیل می‌دهد.

- Web App

کد برنامه در این بخش قرار دارد. برنامه به‌صورت یک صفحه وب با نام index.html پیاده‌سازی می‌شود که این صفحه برای اجرا ارجاعاتی به CSS، JavaScript، تصاویر، فایل‌های صوتی و ویدئو و دیگر منابع لازم دارد. برنامه کاربردی در یک WebView در داخل فایلی که بر روی app store منتشر می‌شود، قرار می‌گیرد.

- Plugins

واسطی برای ارتباط بین Cordova و مؤلفه‌های بومی و اتصال به APIهای استاندارد دستگاه فراهم می‌کند. این بخش، این امکان را فراهم می‌کند که بتوان کد بومی را از طریق کد JavaScript فراخوانی کرد. پروژه Apache Cordova شامل تعدادی Plugin اولیه است که به آنها Pluginهای اصلی گفته می‌شود. این Pluginها دسترسی به قابلیت‌های دستگاه مانند باتری، دوربین، فهرست مخاطبین و ... را فراهم می‌کنند. علاوه بر Pluginهای اصلی، Pluginهای شخص ثالث زیادی وجود دارند که امکان دسترسی به ویژگی‌ها و قابلیت‌هایی که لزوماً در همه پلتفرم‌ها ارائه نمی‌شوند را فراهم می‌کنند. همچنین می‌توان با توجه به کاربرد و نیاز برنامه، Pluginهای جدیدی را توسعه داد [144].

۲-۱-۴-۶ محیط برنامه‌نویسی Adobe PhoneGap

این محیط، امکان ساخت برنامه‌های کاربردی موبایل با استفاده از HTML، CSS و JavaScript را فراهم می‌کند. موتور مرکزی PhoneGap کاملاً متن باز بوده و بر اساس پروژه Apache Cordova ایجاد شده است.

رابط کاربر در برنامه‌های ساخته شده توسط PhoneGap با استفاده از HTML، CSS و JavaScript ساخته می‌شود. WebView مورد استفاده در PhoneGap، WebView بومی استفاده شده در هر سیستم عامل است، به این معنا که برای iOS از کلاس Objective-C UIWebView و برای Android از android.webkit.WebView استفاده می‌شود.

PhoneGap، APIهایی را فراهم می‌آورد تا بتوان از طریق JavaScript به عملکردهای بومی سیستم‌عامل دسترسی پیدا کرد. به این معنا که منطق برنامه توسط JavaScript پیاده‌سازی می‌شود و PhoneGap API ارتباط با سیستم عامل بومی را مدیریت می‌کند.

معماری کلی PhoneGap مطابق شکل ۲-۶ است. برنامه کاربردی PhoneGap که بر روی تلفن همراه کاربر قرار دارد، نقش کلاینت را دارد. این برنامه برای دریافت داده با سرور برنامه کاربردی در ارتباط است. سرور برنامه کاربردی منطق تجاری[1] و ارتباط با مخزن داده Back-end را مدیریت می‌کند.

[1] Business Logic

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۲-٦ معماری کلی PhoneGap [145]

سرور برنامه کاربردی معمولاً یک وب‌سرور (Apache، IIS و ...) است و یک زبان برنامه‌نویسی سمت سرور مانند ColdFusion، Java، .NET، PHP و ... دارد. PhoneGap بدون اطلاع از نوع فناوری‌های Back-end می‌تواند با هر سرور برنامه کاربردی که از پروتکل‌های استاندارد وب استفاده می‌کند، کار کند.

برنامه‌های کاربردی PhoneGap معمولاً به‌طور مستقیم با پایگاه داده صحبت نمی‌کنند، بلکه این ارتباط از طریق سرور برنامه کاربردی صورت می‌گیرد. ارتباط بین برنامه کلاینت و برنامه سرور بر اساس درخواست‌های استاندارد HTTP برای محتوای HTML، سرویس‌های RESTful XML، سرویس‌های JSON یا SOAP (یا Websocket در صورت پشتیبانی توسط سیستم عامل) است.

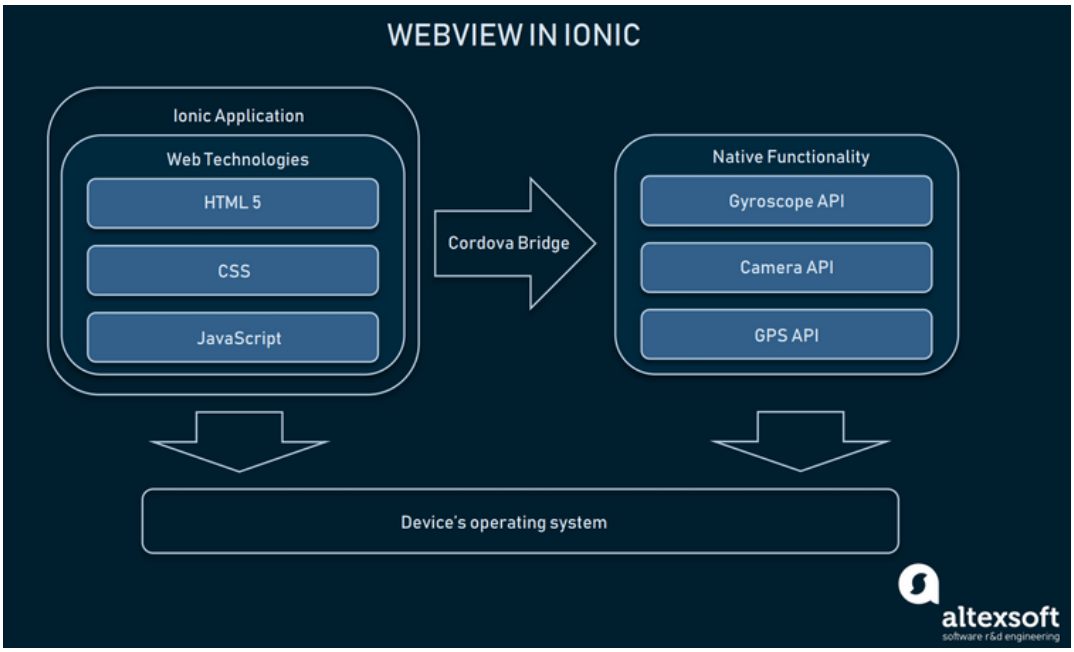
معماری سمت کلاینت، معمولاً از مدل برنامه کاربردی تک‌صفحه‌ای[1] استفاده می‌کند که در آن کل منطق برنامه در داخل یک صفحه HTML پیاده می‌شود. تمام داده موجود در صفحه با به‌روزرسانی HTML DOM، نمایش داده می‌شود و داده‌ها با استفاده از تکنیک‌های AJAX و متغیرهای نگهداری شده در حافظه در JavaScript از سرور دریافت می‌گردد [145].

۲-۴-۶ محیط برنامه‌نویسی Ionic

Ionic یک SDK[2] متن‌باز برای توسعه هیبریدی برنامه‌های کاربردی موبایل است. این محیط توسط شرکت Drifty در سال ۲۰۱۳ ایجاد شد. نسخه اولیه آن بر پایه AngularJS و Apache Cordova ساخته شد. آخرین نسخه آن به صورت مجموعه‌ای از مؤلفه‌های وب بازسازی شده است و به کاربر اجازه می‌دهد که چارچوب‌های رابط کاربر مختلف مانند Angular، React یا Vue.js را انتخاب کند. Ionic ابزارها و خدماتی را در اختیار توسعه‌دهندگان قرار می‌دهد تا با استفاده از فناوری‌های جدید توسعه وب مانند HTML5، CSS و SaSS برنامه‌های کاربردی را ساخته و سپس آن را در یک WebView نمایش دهند. Ionic به‌طور پیش‌فرض به APIهای سخت‌افزار گوشی دسترسی ندارد، بنابراین از افزونه Cordova استفاده می‌کند تا بتواند به APIهای دوربین، حسگرها و ... دسترسی پیدا کند. همان‌طور که در شکل ۳-۶ نشان داده شده است Apache Cordova همانند پُلی بین WebViewهای Ionic و سیستم عامل گوشی عمل می‌کند [146].

[1] Single-Page Application Model
[2] Software Development Kit

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۳-٦ ساختار محیط Ionic [146]

۶-۵ مقایسه محیط‌های توسعه برنامه کاربردی موبایل

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد سه نوع محیط برنامه‌نویسی برای توسعه برنامه کاربردی موبایل وجود دارد: بومی، چندسکویی و هیبریدی. در این بخش ابتدا مزایا و معایب هر یک از این محیط‌ها بیان شده و پیشنهاداتی برای شرایط انتخاب هر دسته ارائه می‌گردد. سپس ابزارهای توسعه چندسکویی و هیبریدی، با هم مقایسه می‌شوند.

۶-۵-۱ مقایسه رویکردهای توسعه بومی، چندسکویی و هیبریدی

مزایا و معایب رویکردهای بومی، چندسکویی و هیبریدی برای توسعه برنامه کاربردی موبایل در جدول ۱-۶ ارائه شده است.

جدول ۱-٦ مقایسه رویکردهای توسعه بومی، چندسکویی و هیبریدی [138] [147]

رویکرد	مزایا	معایب
بومی	– بهینه بودن کد برای سیستم‌عامل – کارایی بالاتر، سرعت بیشتر و قابلیت اطمینان بالاتر برنامه نسبت به سایر رویکردها – امکان دسترسی کامل به هر ویژگی و قابلیتی که توسط سیستم‌عامل و دستگاه ارائه می‌شود مانند دسترسی مستقیم به دوربین، میکروفن، تماس‌ها و ... – کیفیت بالا و تجربه کاربری بهتر نسبت به رویکردهای دیگر – واسط کاربری بومی	– اختصاصی بودن کد نوشته شده برای پلتفرم و عدم امکان اجرای آن روی پلتفرم‌های دیگر – نیاز به کدنویسی مجدد برای هر پلتفرم – زمان و هزینه زیاد کدنویسی
چندسکویی	– قابلیت استفاده مجدد از کد – پشتیبانی از سیستم‌عامل‌های مختلف	– دسترسی محدودتر به قابلیت‌های سیستم‌عامل (البته نه به اندازه رویکرد هیبریدی)

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

رویکرد	مزایا	معایب
	– امکان توسعه سریع نسبت به برنامه‌های بومی – عملکرد نسبتاً بالا (نزدیک به برنامه های بومی) – صرفه‌جویی در وقت و هزینه (نه به نسبت برنامه‌های هیبریدی)	– برای سیستم‌عامل‌های خاص ساخته شده (به عنوان مثال React Native فقط برای Android و iOS خروجی می دهد) – تعامل ضعیف با سایر برنامه‌های کاربردی بومی
هیبریدی	– کم‌ترین زمان و هزینه توسعه – پشتیبانی از سیستم‌عامل‌های مختلف – قابلیت استفاده مجدد از کد – امکان دسترسی به ویژگی‌های بومی هر پلتفرم مانند دوربین، بلوتوث ، رسانه ها و ... از طریق Pluginها – راحت بودن برای طراحان وب – قابلیت سفارشی‌سازی	– عملکرد پایین تری نسبت به برنامه های بومی – دسترسی محدودتر به قابلیت‌های سیستم‌عامل – تجربه کاربری ضعیف‌تر نسبت به توسعه بومی

با توجه به جدول ۱–۶ هر یک از رویکردهای توسعه برنامه موبایل مزایا و معایب خود را دارد که با توجه به نیاز و شرایط توسعه هر برنامه می‌توان رویکرد مناسب را انتخاب کرد. در ادامه عوامل مؤثر در انتخاب رویکرد ارائه می‌گردد:

- بودجه

میزان بودجه قابل هزینه، یکی از معیارهای انتخاب رویکرد است. در صورت محدودیت در بودجه، نمی‌توان برای هر یک از پلتفرم‌ها برنامه بومی جداگانه تهیه کرد و در بهترین حالت ناچاریم بر روی یک پلتفرم تمرکز کنیم. از طرف دیگر، داشتن بودجه کافی نیز دلیل خوبی برای انتخاب رویکرد بومی نیست. بلکه با توجه به نیازمندی‌های برنامه می‌توان انتخاب مناسب را انجام داد.

- زمان موجود تا ارائه به بازار

یکی دیگر از عوامل مؤثر در تصمیم‌گیری راجع به رویکرد توسعه مدت زمانی است که برای ارائه محصول به بازار در نظر داریم. توسعه برنامه کاربردی بومی نسبت به سایر رویکردها زمان‌بر است. سریع‌ترین راهکار برای توسعه در زمان کم، استفاده از رویکرد توسعه هیبریدی است.

- حجم بازار

در حال حاضر دو سیستم‌عامل اندروید و iOS بیشترین تعداد کاربر در بین پلتفرم‌های توسعه موبایل را دارند. محیط‌های توسعه چندسکویی و هیبریدی امکان توسعه همزمان برنامه برای چند پلتفرم را فراهم می‌کنند. بنابراین می‌توانند نیازهای حجم بیشتری از بازار را پوشش دهند.

- کارایی برنامه

کارایی و سرعت اجرای برنامه یکی دیگر از معیارهای انتخاب رویکرد توسعه است. برنامه‌های کاربردی بومی با توجه به سازگاری بیشتر با سیستم‌عامل و بهینه بودن، انتخاب اول از لحاظ کارایی هستند.

- واسط کاربری و تجربه کاربری

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

با توجه به آمار ارائه شده در Statista نزدیک به یک سوم افراد بعد از اولین استفاده از یک برنامه کاربردی، آن را از روی گوشی خود پاک می‌کنند [148]. بنابراین توجه به ظاهر و طراحی برنامه و کارپسند بودن آن یکی از نکات کلیدی است. برنامه‌های کاربردی بومی در واسط کاربر (UI[1]) و تجربه کاربری (UX[2]) سرآمد هستند.

- عملکرد

در صورتی که نیاز باشد برنامه کاربردی قابلیت‌هایی برای استفاده از امکانات گوشی مانند دوربین، حسگرها و ... داشته باشد، بهتر است از رویکردهای بومی استفاده شود. زیرا برنامه‌های هیبریدی نمی‌توانند این قابلیت‌ها را به طور کامل و مناسب پیاده‌سازی کنند. البته برنامه‌های چندسکویی محدودیت کمتری نسبت به برنامه‌های هیبریدی دارند اما آنها نیز قادر به پیاده‌سازی کامل این قابلیت‌ها نیستند [147].

۲-۵-۶ مقایسه ابزارهای توسعه برنامه کاربردی موبایل

به منظور انتخاب ابزار مناسب برای توسعه برنامه‌کاربردی موبایل ابتدا باید با توجه به معیارها و مزایا و معایب مطرح شده در بخش قبل، رویکرد توسعه برنامه کاربردی را انتخاب نمود. در صورت انتخاب رویکرد بومی می‌توان از Android Studio برای توسعه برنامه کاربردی Android و از Xcode برای توسعه برنامه کاربردی iOS استفاده نمود. در صورت انتخاب رویکرد چندسکویی می‌توان از ابزارهای این دسته که مهم‌ترین گزینه‌های آنها شامل Xamarin، Reactive Native و Flutter هستند، استفاده نمود. این ابزارها در جدول ۲-۶ مقایسه شده‌اند.

جدول ۲-٦ مقایسه ابزارهای چندسکویی Xamarin، React Native و Flutter [149]

	Xamarin	React Native	Flutter
زبان برنامه‌نویسی	C#	Java Script	Dart
پلتفرم	iOS, Android, Windows	iOS, Android	iOS, Android
پشتیبانی از IDE	Visual Studio	تقریباً تمام ویرایش‌گرها+ IDEهای توسعه JS	Android Studio, IntelliJIDEA, Visual Studio Code
الگوی معماری	MVC, MVVM	MVP, MVC, MVVM, Redux	MVP, MVC, MVI, MVVM, Redux
کارایی برنامه	۴/۱۰	۵/۱۰	۹/۱۰
کتابخانه‌ها و ابزارها	۶/۱۰	۷/۱۰	۵/۱۰
پشتیبانی شخص ثالث	۶/۱۰	۹/۱۰	۵/۱۰
واسط کاربر (UI)	۴/۱۰	۷/۱۰	۹/۱۰
مستندات	۱۰/۱۰	۱۰/۱۰	۱۰/۱۰
بلوغ	۱۰/۱۰	۹/۱۰	۵/۱۰

در صورت انتخاب رویکرد هیبریدی می‌توان از PhoneGap یا Ionic استفاده کرد که مقایسه ویژگی‌های آنها در جدول ۳-۶ ارائه شده است.

[1] User Interface
[2] User Experience

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

جدول ۳-٦ مقایسه ابزاهای هیبریدی PhoneGap و Ionic [151] [150]

	PhoneGap	Ionic
زبان برنامه‌نویسی	JavaScript, HTML, CSS	JavaScript, HTML, CSS, Angular
پلتفرم	iOS, Android, Windows Phone, BlackBerry, FirefoxOS, Symbian OS, WebOS, Ubuntu Touch, Bada	iOS, Android, Windows Phone, BlackBerry
واسط کاربر (UI)	فاقد ویجت‌های UI از پیش ساخته‌شده	وجود مؤلفه‌های UI عالی
هسته مرکزی	بر پایه Cordova	بر پایه Cordova
دسترسی به کد ابزار	متن‌باز	متن‌باز
هزینه	دارای نسخه‌های رایگان و تجاری	رایگان

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل هفتم

نمونه برنامه‌های کاربردی خانه هوشمند

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۷-۱ مقدمه

شرکت‌های فعال در زمینه خانه هوشمند برای دسترسی به تجهیزات و کنترل آنها توسط کاربران، برنامه‌های کاربردی ارائه می‌دهند. در این فصل به بررسی تعدادی از این برنامه‌ها شامل Nest App، Samsung SmartThings، Stringify، Google Home، Vivint، Wink، Xfinity و Apple Home App پرداخته می‌شود.

۷-۲ Nest App

این برنامه، به عنوان بخش مرکزی کنترل دستگاه‌های Nest تلقی می‌شود. بدین صورت که ابزارهای مختلف با استفاده از این ابزار می‌توانند کنترل شوند، اطلاعات آن‌ها خوانده شود و به‌روزرسانی شوند. نمایی از این برنامه در شکل ۱۲-۲ ارائه شده است [26, 27].

شکل ۱-۷ – نمایی از Nest App [26, 27]

با استفاده از نرم‌افزار Nest می‌توان ابزارهای مختلف Nest شامل موارد زیر را از روی پلتفرم‌های مختلف کنترل کرد:

- ترموستات Nest
  - امکان کنترل و تنظیم دما از راه دور و بیرون از خانه
  - امکان مشاهده میزان مصرف انرژی و منبع آن
  - امکان ایجاد زمان‌بندی
  - امکان قابلیت اتصال به هواشناسی و اخطار دادن درباره افت دمای شدید در آینده و تنظیم دمای خانه به شکل مناسب قبل از اینکه خانه به شدت سرد شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- امکان دریافت امتیاز از برنامه (برگ سبز) در صورت انتخاب دما به شکل مناسب

- Nest Protect
  - امکان دریافت هشدار در صورت تشخیص دود
  - امکان خاموش کردن زنگ هشدار
  - امکان مشاهده وضعیت باتری، سلامت و اتصال حسگرها
  - امکان اجرای تست سلامت همه حسگرها در یک زمان
  - امکان راهنمایی در مورد کارهایی که حین وقوع دود یا گاز باید انجام داد
  - امکان مشاهده تاریخچه سلامت و اتفاقات خانه
- دوربین Nest
  - امکان دریافت هشدار در صورت تشخیص حرکت و امکان پخش صدا در این مواقع
  - امکان مشاهده تصاویر اتفاقاتی که در ۳ ساعت گذشته اتفاق افتاده و مورد توجه کاربر نبوده است
  - امکان مشاهده همه ساعته دوربین‌ها به صورت زنده
  - امکان دریافت هشدار با تحلیل چهره افراد و اطلاع‌رسانی با توجه به ورود افراد آشنا یا ناآشنا
- Nest Hello
  - امکان مشاهده همه ساعته دوربین روی زنگ به صورت زنده
  - امکان مشاهده مراجعه‌کننده‌ها به خانه حتی اگر زنگ را نزنند
  - قابلیت صحبت کردن با شخص مراجعه‌کننده
  - امکان پخش پیام ضبط شده در صورت عدم امکان پاسخگویی افراد داخل خانه
- قفل Nest
  - باز و بسته کردن قفل
  - اطلاع‌رسانی درباره شخصی که درب را قفل یا باز کرده است
  - قابلیت فعال‌سازی قفل خانه در صورتی که قفل کردن فراموش شود

امکان استفاده از برنامه Nest بر روی پلتفرم‌های مختلف نیز فراهم است که ویژگی‌های قابل استفاده بر روی هر کدام از این پلتفرم‌ها در جدول ۱-۷ ارائه شده‌اند.

جدول ۱-۷ ویژگی‌های برنامه Nest بر روی پلتفرم‌های مختلف

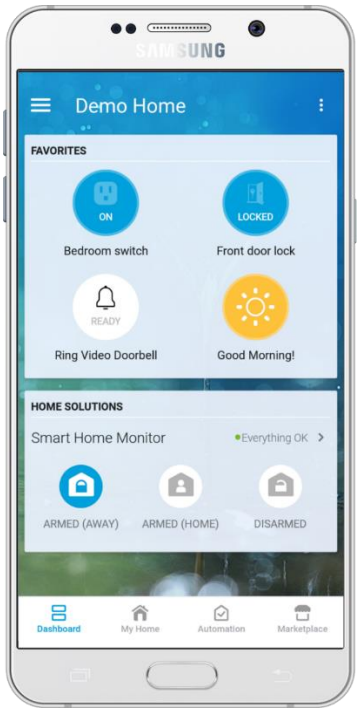
	موبایل و تبلت	لپ‌تاپ و کامپیوتر شخصی	ابزارهای پوشیدنی	تلویزیون هوشمند
سیستم عامل مورد نیاز	iOS 10 و بالاتر اندروید ۵ و بالاتر	آخرین نسخه مرورگرهای وب	WatchOS 2.0 و بالاتر Android Wear 5.1.1 و بالاتر	tvOS 10 و بالاتر Android TV 5.0 و بالاتر
شبکه مورد نیاز	Wi-Fi			Wi-Fi یا اترنت
تعداد ابزارهای قابل پشتیبانی	۳ خانه، ۱۰ دوربین، ۲۰ ترموستات، ۱۸ حسگر دود و گاز، ۱۰ اکانت به ازای هر خانه			
ابزارهای قابل کنترل	همه	همه	فقط ترموستات	فقط دوربین Nest
اعلان	✓	–	✓	–
تاریخچه	✓	–	✓	✓

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۷-۳ Samsung Smartthings

یکی دیگر از برنامه‌های خانه هوشمند، Smartthings سامسونگ است که می‌تواند بر روی Android، iOS، Apple watch و تلویزیون‌های هوشمند Android نصب شود. ویژگی‌های این برنامه به شرح زیر است [152]:

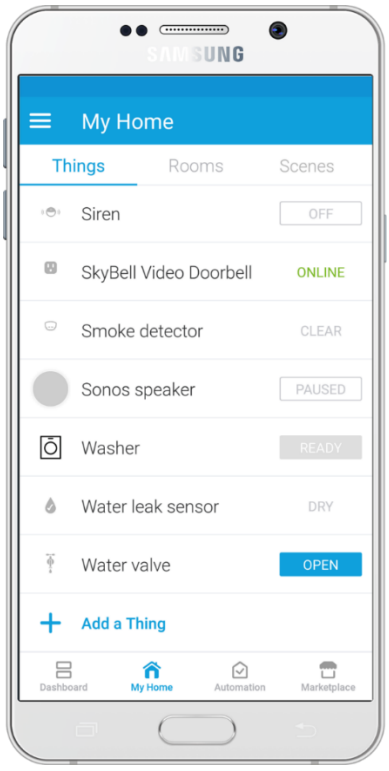
- داشبورد: خلاصه‌ای از وضعیت ابزارهای خانه در داشبورد نشان داده می‌شوند. در این قسمت می‌توان ابزارهایی که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند را نیز به عنوان Favorite در صفحه اصلی اضافه کرد. نمایی از این بخش در شکل ۲-۷ قابل مشاهده است.



شکل ۲-۷ داشبورد Smartthings [152]

- تجهیزات پشتیبانی‌شده: قابلیت اتصال به تلویزیون، سیستم تهویه مطبوع، ماشین لباس‌شویی/خشک‌کن، روبات تمیزکننده، یخچال، هاب Wifi، حسگرهای حرکتی، دوربین، زنگ درب، لامپ هوشمند، پریز هوشمند، ترموستات و... از شرکت‌های مختلف شامل 2Gig، Aeotec، Amazon، Arlo، August، Belkin، BeSense، Bosch، Bose، Centralite، Cree، CRUB، Ecobee، Honeywell، Google، IKEA، Lutron، Leviton، Philips، Ring و... وجود دارد.
- بخش My Home: در این بخش امکان دسترسی به ابزارهای خانه و کنترل آنها فراهم می‌شود. نمایی از این بخش در شکل ۳-۷ قابل مشاهده است. همچنین می‌توان تجهیزات را با توجه به محل قرارگیری آن‌ها در خانه گروه‌بندی کرد.

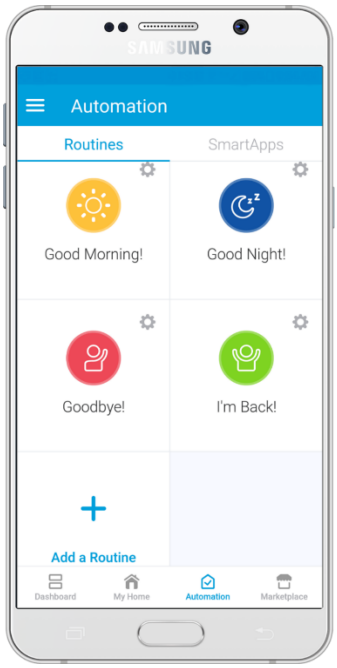
DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۳-۷ بخش My Home برنامه Smart Things [152]

- بخش Automations: در بخش امکان دسترسی به روتین‌ها وجود دارد. روتین‌ها تنظیماتی هستند که به صورت شخصی‌سازی شده توسط کاربر اضافه می‌شوند و با کلیک بر روی آن‌ها یا صدا کردن آن‌ها از طریق صحبت کردن با گوشی، می‌توان آن‌ها فعال کرد. به عنوان مثال با اضافه کردن روتین شب بخیر، می‌توان صرفاً با یک کلیک، همه لامپ‌ها و تلویزیون را خاموش کرده و چراغ خواب را روشن کرد. نمایی از این بخش در شکل ۴-۷ قابل مشاهده است.
- راه‌اندازی ابزارهای مختلف با استفاده از برنامه: برای نمونه، به منظور راه‌اندازی پریز هوشمند، ابتدا به بخش Add devices رفته، هاب مورد نظر برای اتصال را انتخاب کرده، اتاق یا دسته‌ای که این پریز در آن قرار دارد را انتخاب کرده و سپس لازم است QRCode روی پریز توسط برنامه اسکن شود. بدین ترتیب تنظیمات لازم از گوشی به پریز منتقل شده، به صورت خودکار به هاب مربوطه وصل شده و در لیست دستگاه‌ها نمایش داده می‌شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



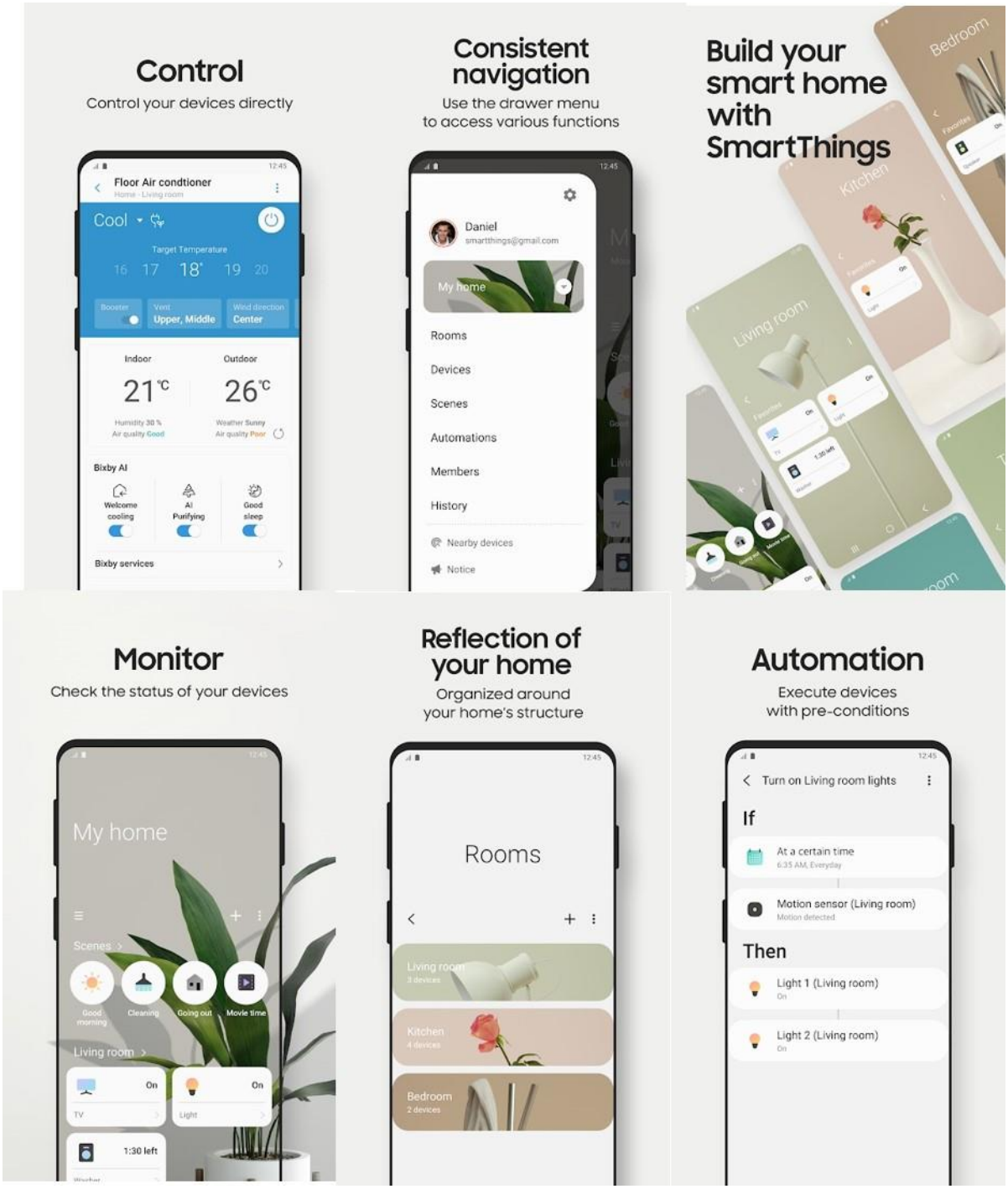
شکل ٤-٧ روتین‌های برنامه Smartthings [152]

- امکان اتصال به دستیارهای صوتی و انجام دستورات با کمک این دستیارها (Alexa, Google assistant و...)
- امکان مشاهده دوربین‌ها و یا محتویات داخل یخچال (شکل ٥-٧)

شکل ٥-٧ نمای داخل یخچال قابل مشاهده از Smartthings [153]

نماهای دیگری از این ابزار در شکل ٦-٧ قابل مشاهده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ٦-٧ نمایی از Smartthings [154]

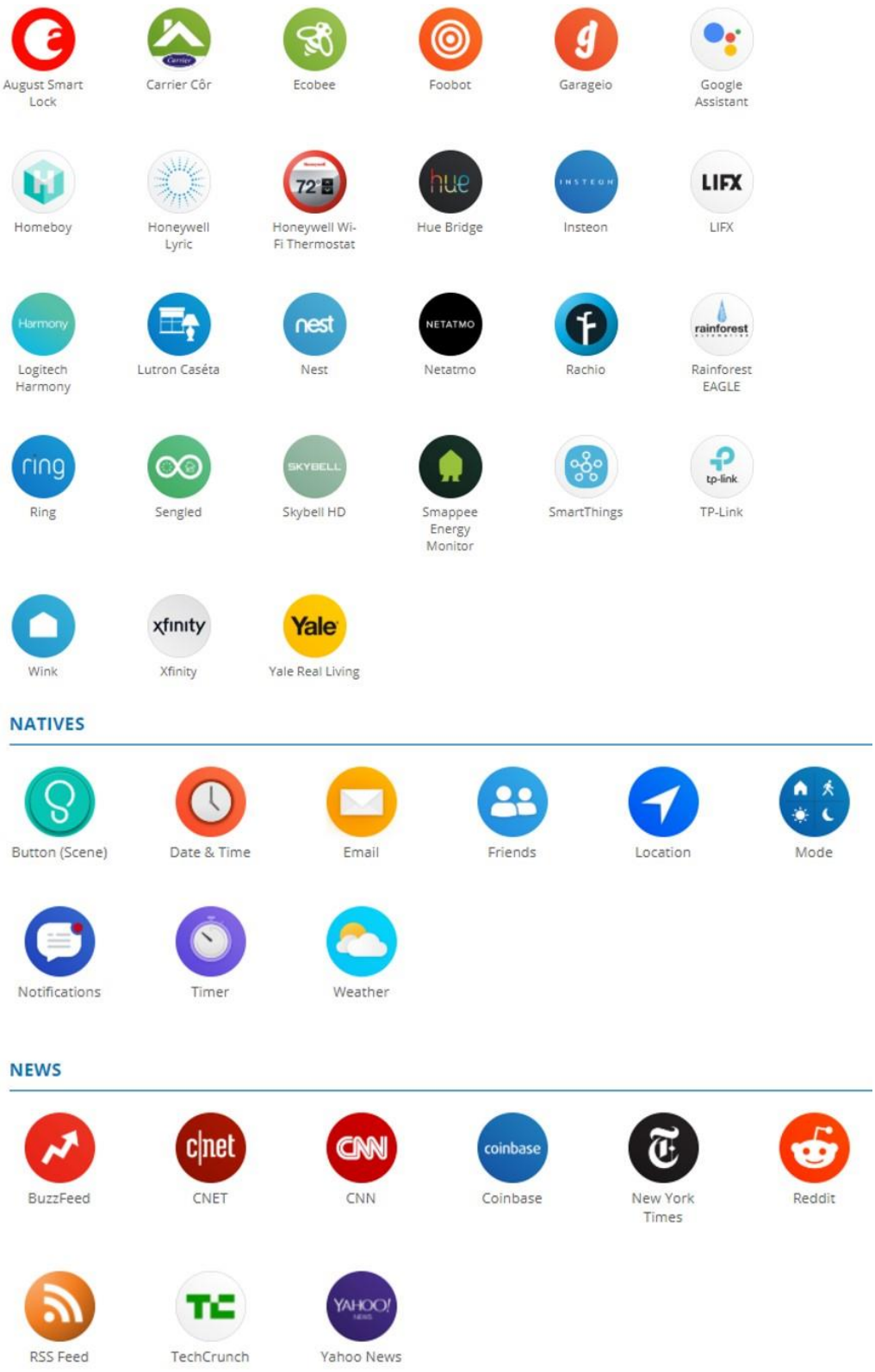
DOI: 10.30503/nripress.2020.298

Stringify ۷-۴

یکی دیگر از برنامه‌های خانه هوشمند، Stringify نام دارد که جوایز متعددی را نیز کسب کرده است. این برنامه در حال حاضر دیگر پشتیبانی نمی‌شود اما بررسی ویژگی‌های آن می‌تواند مفید باشد. این ویژگی‌ها به شرح زیر هستند [155]:

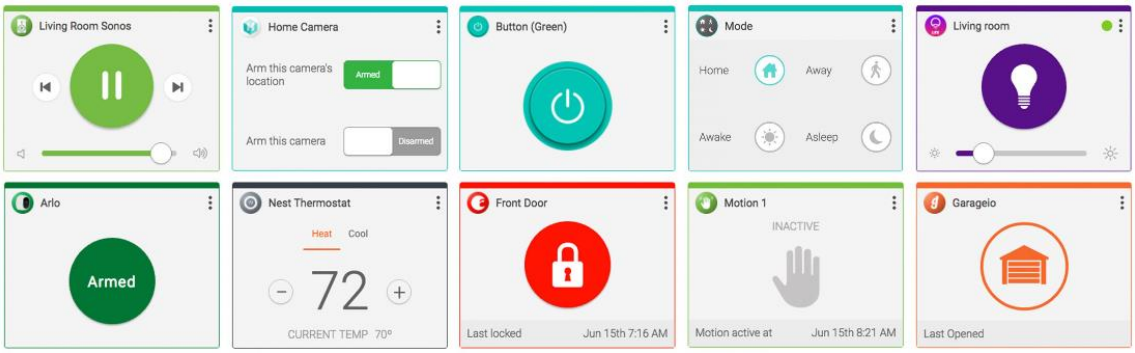
- در این برنامه، نه تنها ابزار خانه بلکه سرویس‌های مختلفِ نرم‌افزاری نیز شئ محسوب می‌شوند. بدین ترتیب می‌توان داده‌ها را نه تنها بین اجزای خانه بلکه بین برنامه‌ها نیز جابجا کرد. این ویژگی به نوعی مشابه با IFTTT یا برنامه‌های مشابه است. اشیاء در این برنامه به دو دسته فیزیکی (ابزارهای خانه هوشمند) و دیجیتالی (سرویس‌هایی مثل Gmail) تقسیم‌بندی می‌شوند. لیست شرکت‌های پشتیبانی شده و سرویس‌ها در شکل ۷–۷ قابل مشاهده هستند.
- در این برنامه امکان تعریف Flow وجود داشته و همچنین می‌توان از Flowهای آماده استفاده کرد. به عنوان مثال می‌توان Flowی با نام صبح تعریف کرد تا به صورت خودکار در ساعتی مشخص، تعدادی از لامپ‌ها و تلویزیون روشن شده و خبر آب و هوا از خبرگزاری منتخب پخش شود.
- امکان کنترل دستی ابزارهای مختلف نیز توسط این برنامه وجود دارد. این امکان توسط تیم توسعه‌دهنده برای ابزارهای تعداد خاصی از شرکت‌ها ایجاد شده و به علت عدم وجود استانداردی خاص، کاربرد عمومی ندارد. نمایی از این بخش در شکل ۸–۷ قابل مشاهده است.
- قابلیت دسته‌بندی وسایل بر اساس اتاقی که در آن قرار دارند.
- امکان دسترسی به برنامه از طریق وب، برنامه کاربردی اندروید و iOS

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۷-۷ برخی از سرویس‌ها و شرکت‌های پشتیبانی شده توسط Stringify [156]

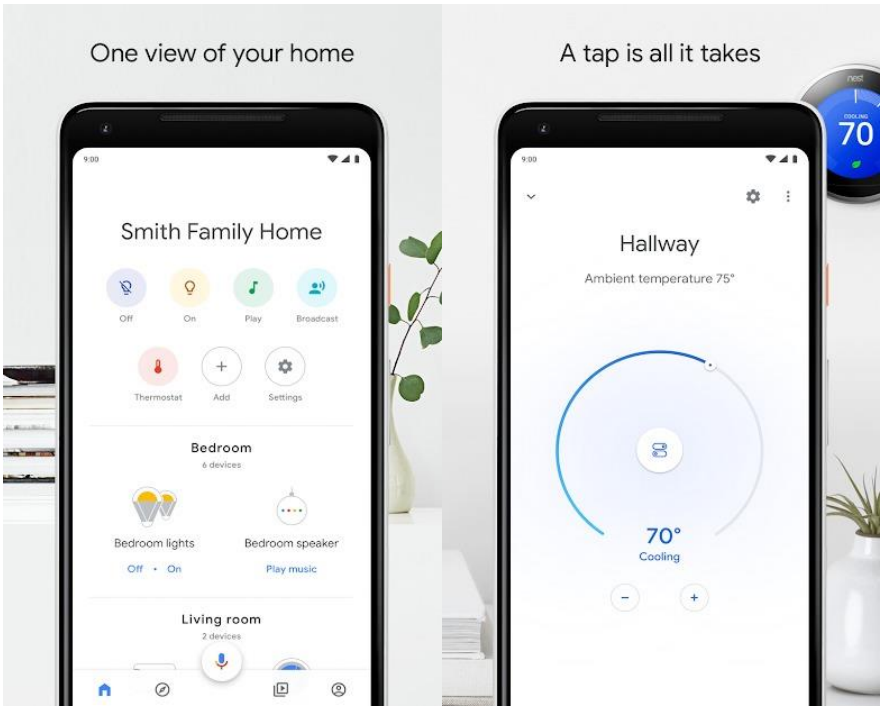
DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۸-۷ نمایی از بخش کنترل دستگاه‌ها توسط برنامه Stringify [157]

Google Home ۷-۵

Google Home یکی دیگر از برنامه‌های مدیریت ابزارهای خانه هوشمند است که توسط Google ارائه شده است. نمایی از این برنامه در شکل ۹-۷ قابل مشاهده بوده و ویژگی‌های آن در ویدئو ۱-۷ ارائه شده است.



شکل ۹-۷ نمایی از Google Home App [158]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

ویدئو ۱-۷ ویژگی‌های Google Home App [159]

در کنار این برنامه، سکوی Google Home نیز وجود دارد که می‌توان انواع دستگاه‌های جدیدی که ساخته می‌شوند را طی روش‌هایی با Google Home App کنترل کرد.

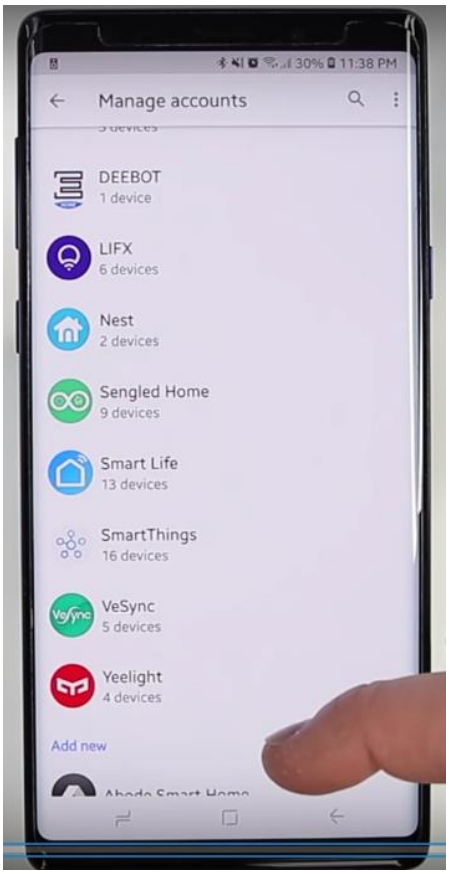
این برنامه در بخش Discover، تمام تجهیزاتی که نزدیک تلفن همراه هستند را جستجو می‌کند و در صورتی‌که تاکنون راه‌اندازی نشده باشند (به عنوان عضوی از خانه هوشمند شناخته نشده باشند)، آن‌ها را راه‌اندازی کرده و به لیست تجهیزات خانه هوشمند اضافه می‌کند. در این قسمت، این برنامه با جستجوی Wifi یا BLE به صورت مستقیم به تجهیزات متصل شده و با انتقال رمز Gateway خانگی به این ابزارها، آن‌ها را به اینترنت متصل می‌کند. بعد از راه‌اندازی، این تجهیزات می‌توانند از هر نقطه‌ای که دسترسی به اینترنت داشته باشد، کنترل شوند.

در این برنامه امکان دسته‌بندی تجهیزات براساس موقعیت قرارگیری آن‌ها وجود دارد. بدین صورت که می‌تواند چندین مکان مختلف مانند خانه، محل کار، ویلا و... را در برنامه تعریف کرده و برای هر کدام از این موارد، بخش‌های مختلف مانند اتاق، آشپزخانه و... را تعریف کرد و ابزارها را به هر کدام از این موارد اضافه کرد. این برنامه دستورات را با در نظر گرفتن موقعیت مکانی شخص اجرا می‌کند. به عنوان مثال اگر شخصی در اتاق خواب باشد و با استفاده از دستیار صوتی دستوری به صورت «گوگل، لامپ‌ها را روشن کن» بدهد، این برنامه به صورت خودکار صرفاً لامپ‌های همان اتاقی که شخص در آن حضور دارد را روشن می‌کند.

همچنین در صفحه اصلی این برنامه، می‌توان میانبرهایی برای دسترسی آسان به کنترل‌های تعریف شده برای تجهیزات داشت. همچنین تجهیزات می‌توانند گروه‌بندی شده یا به صورت جداگانه کنترل شوند. به عنوان مثال، می‌توان با یک کلیک، همه لامپ‌های یک اتاق را خاموش کرد و یا با دسترسی به لامپ مربوطه در این برنامه، آن را جداگانه خاموش کرد. این روتین‌ها می‌توانند به صورت دلخواه نیز تعریف شوند.

برای اضافه کردن تجهیزات می‌توان از روش گفته شده استفاده کرد و یا در صورتی که تجهیزات توسط سایر برنامه‌های خانه هوشمند مانند Smartthings، Nest، Yeelight و.... راه‌اندازی شده و تحت کنترل هستند، به Google Home App نیز اضافه شوند. نمایی از این قابلیت در شکل ۱۰-۷ قابل مشاهده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۱۰-۷ اضافه کردن ابزارهای تحت کنترل سایر برنامه‌های خانه هوشمند به Google Home App [159]

یکی دیگر از قابلیت‌های این برنامه، امکان اضافه کردن اعضای خانواده است تا آن‌ها نیز بتوانند تجهیزات خانه را که در این برنامه تنظیم شده‌اند با استفاده از اکانت خود کنترل کنند (با استفاده از اکانت خود (ایمیل) امکان دسترسی به ابزارها را داشته باشند).

تهویه مطبوع، پرده، آبگرمکن، دوربین، قهوه‌ساز، در، خشک‌کن، کتری، لامپ، ماکروفر، گاز و فر، قفل، یخچال، سیستم‌های امنیتی، آبیار، ترموستات، جاروبرقی، شیر برقی از جمله تجهیزاتی هستند که می‌توانند توسط این برنامه کنترل شوند.

در سکوی Google Home App این امکان فراهم است تا بتوان تجهیزات شرکت‌های مختلف یا حتی تجهیزات دست‌ساز را کنترل کرد. بدین منظور باید تجهیزات در پایگاه داده‌ای به نام HomeGraph به همراه قابلیت‌هایشان و مکان استفاده آن‌ها تعریف شوند. برای تعریف یک تجهیز موارد زیر مورد نیاز است:

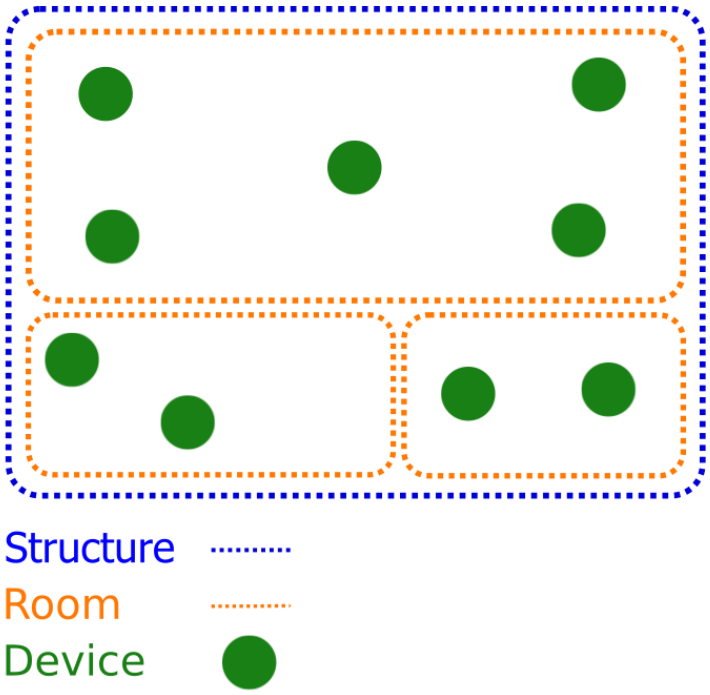
- نوع (Type): نوع دستگاه، به عنوان مثال دوربین، لامپ و...
- Trait: عملیاتی که دستگاه‌ها پشتیبانی می‌کنند. به عنوان مثال یک لامپ می‌تواند Traitهایی مانند میزان روشنایی و رنگ داشته باشد. هر Trait به صورت زیر تعریف می‌شود:
  - Attribute: مانند دما، رطوبت، میزان روشنایی و...
  - State: حالت و مقدار هر Attribute را مشخص می‌کند.
  - Label: اسم دلخواه

سایر موارد مرتبط یک دستگاه در HomeGraph به صورت زیر است:

- Managers: نمونه‌ای از یک HomeGraph در شکل ۱۱-۷ قابل مشاهده است. در این مدل، هر Structure باید دارای یک Manager باشد که این شخص، قابلیت کنترل تجهیزات را خواهد داشت
- Rooms: بخشی از یک Structure هستند

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- Labels: اسم هر Structure
- Devices: لیست دستگاه‌های موجود



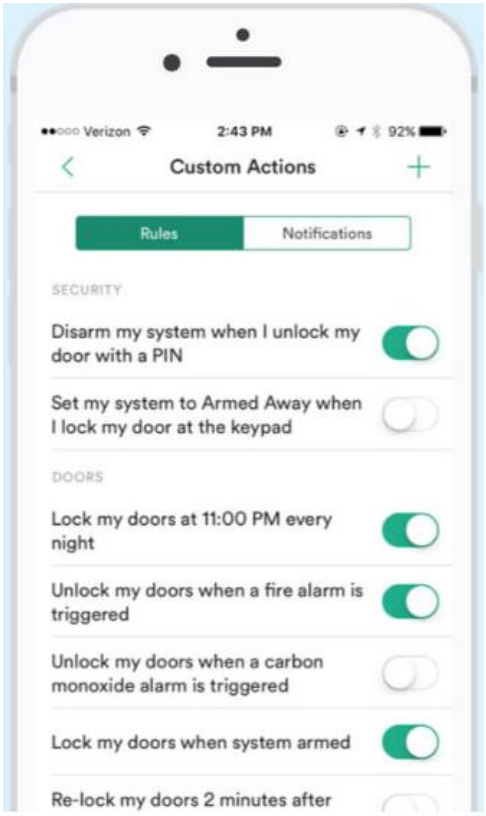
شکل ۱۱-۷ نمونه ساختار HomeGraph [160]

۷-۶ Vivint

یکی دیگر از برنامه‌های خانه هوشمند Vivint نام دارد که ویژگی‌های آن به شرح زیر هستند [161, 162]:

- ارسال اعلانات وقایع به گوشی
- امکان تعریف Actionهای دلخواه: با استفاده از این ویژگی که نمایی از آن در شکل ۱۲-۷ نشان داده شده است، می‌توان نمایش اعلانات و انجام دستورات را شخصی‌سازی کرد. به عنوان مثال، می‌توان تعریف کرد که در صورت تشخیص آتش، به صورت خودکار به آتش‌نشانی زنگ بزند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۱۲-۷ نمونه اکشن‌های Vivint [161, 162]

- امکان خاموش/روشن کردن سیستم امنیتی خانه، تنظیم دما، خاموش روشن کردن لامپ‌ها، نمایش دوربین‌ها و صحبت کردن با استفاده از میکروفون، بلندگو و ...

Wink ۷-۷

یکی دیگر از برنامه‌های خانه هوشمند، برنامه شرکت Wink به نام Wink – Smart Home است. این شرکت همچنین APIهایی برای دسترسی به ابزارهای تعریف شده در Wink ارائه داده است. ویژگی‌های برنامه خانه هوشمند این شرکت به شرح زیر است [163]:

- ارسال اعلانات درباره وضعیت ابزارهای مختلف خانه
- امکان انجام عملیات خودکار مانند فعال‌سازی زنگ یا روشن کردن چراغ‌های مشخص در صورت تشخیص آتش‌سوزی
- مشاهده دوربین‌ها
- کنترل سایر ابزار خانه
- Home Sitter: روشن و خاموش کردن روشنایی خانه به شکل خودکار مشابه با رفتار انسان به نحوی که در صورت عدم حضور در خانه، خالی بودن خانه مشخص نشود
- روشن و خاموش کردن خودکار روشنایی خانه متناسب با روشنایی روز

ویژگی‌های APIهای این شرکت به شرح زیر است [164]:

- RESTful
- احراز هویت با استفاده از OAuth 2.0
- امکان دریافتِ اطلاعات تغییر یافته یا دستگاه‌های اضافه شده به صورت Publish/Subscribe با استفاده از PubNub

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- تعریف تجهیزات با ویژگی‌هایی مانند نوع، شناسه، اسم، سازنده، شناسه هاب، شناسه دستگاه روی Hub (Local ID)، موقعیت مکانی و قابلیت‌ها
- قابلیت دسترسی به ویژگی‌های تجهیزات به صورت RESTful

به عنوان مثالی برای استفاده از API، می‌توان به تنظیم سرعت فن اشاره کرد. برای این منظور می‌توان از دستور زیر استفاده کرد:

Post: https://api.wink.com/device_id?fan_speed=0.82

و با استفاده از Get، اطلاعات را به دست آورد. سایر Attributeهایی که به عنوان مثال برای تهویه مطبوع در دسترس هستند عبارتند از:

fan_speed (float: 0-1)
mode (string: “cool only”, “fan only”, “auto_eco”)

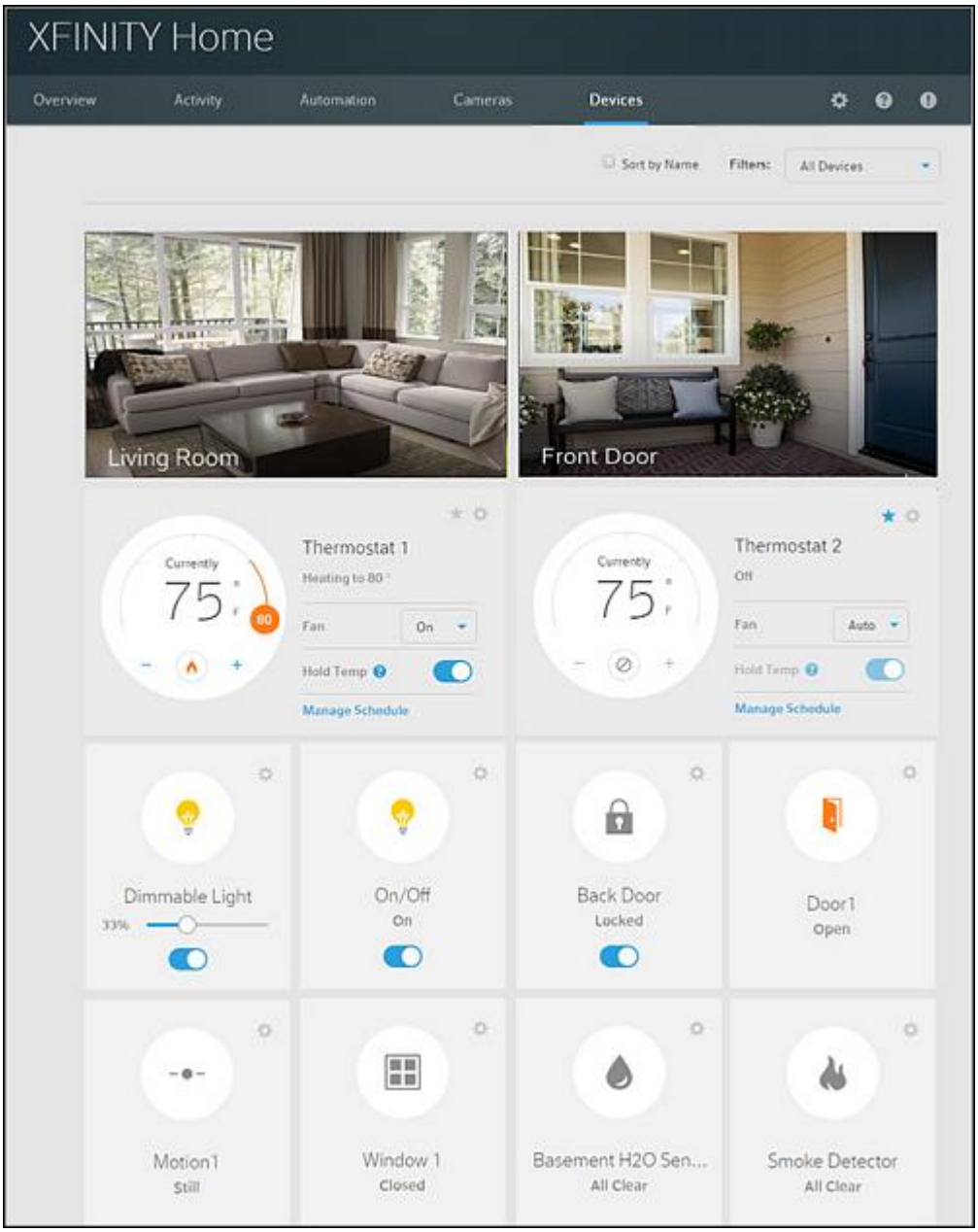
این تنظیمات برای بسیاری دیگری از محصولات قابل استفاده در Wink در دسترس هستند.

- امکان تعریف گروه تجهیزات برای کنترل آن‌ها به صورت هم‌زمان با یک دستور
- قابلیت تعریف صحنه برای گروهی از ابزارها (Scene): صحنه مجموعه‌ای از تنظیمات از پیش تعریف‌شده برای دستگاه‌های مختلف است که در صورت فعال‌سازی آن، به راحتی می‌توان در آن حالت قرار گرفت. به عنوان مثال می‌توان صحنه‌ای برای زمان خواب تعیین کرد که با فعال‌سازی آن، لامپ‌ها خاموش شده، چراغ خواب روشن شود، درب‌ها قفل شده، سیستم امنیتی فعال شود و دمای هوا متناسب با دمای خواب تنظیم شود.
- روبات: این قابلیت در واقع یک API object بوده که امکان فعال‌سازی آن با استفاده از یک Trigger خارجی وجود دارد. به عنوان مثال می‌توان این Object را در زمانی تعیین شده یا بر اساس حالت دستگاهی دیگر فعال کرد.

۷-۸ Xfinity

برنامه شرکت Xfinity برای گوشی و از طریق پورتال وب قابل دسترس است [165]. ویژگی‌های این برنامه به شرح زیر است:

- نمای کلی (Overview): خلاصه‌ای از وضعیت کلی خانه در صفحه اصلی نمایش داده می‌شود
- قابلیت نمایش ۷/۲۴ تمامی دوربین‌ها، به همراه بخش‌هایی که در آن‌ها حسگرهای حرکتی تشخیص حرکت داده‌اند و همچنین امکان قطعه‌قطعه کردن کلیپ ویدئو و ذخیره بخش‌های مورد نیاز در ابر به مدت ۳۰ روز
- امکان کنترل تجهیزات و مشاهده وضعیت آن‌ها (وضعیت باتری، اتصال شبکه و اعلانات مرتبط با هر دستگاه به صورت جداگانه) (شکل ۱۳-۷)
- امکان تعریف شماره تلفن افرادی که در موارد اضطراری با آن‌ها تماس گرفته شود
- پشتیبانی از تجهیزات شرکت‌های Nest، Ecobee، Carrier Cor، Zen، Chamberlain، LiftMaster، Philips، Philips، Sengled، GE، LIFX، August، Kwikset و...

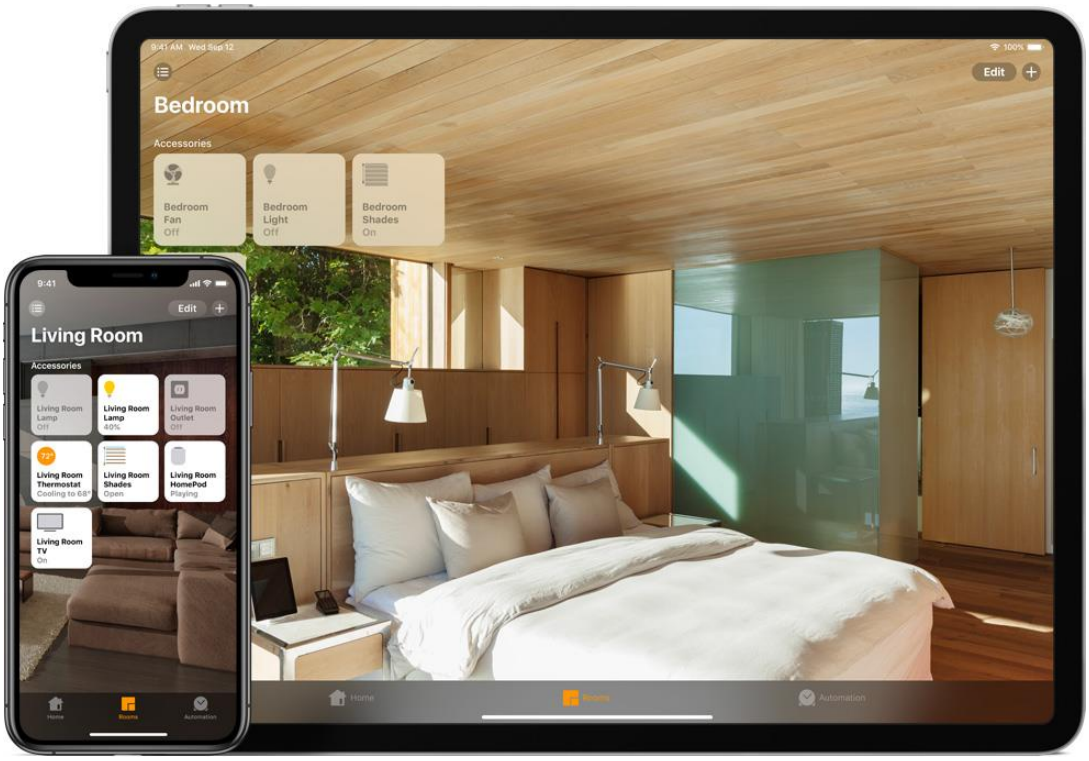


شکل ۱۳-۷ نمایی از Xfinity [165]

۷-۹ Apple Home App

Apple نیز یکی دیگر از شرکت‌هایی است که برنامه‌ای کاربردی برای خانه هوشمند تحت عنوان Home App دارد. نمایی از این برنامه در شکل ۱۴-۷ ارائه شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۱۴-۷ نمایی از Home App [166]

ویژگی‌های این برنامه به شرح زیر هستند [166]:

- قابل استفاده روی گوشی و تبلت‌های اپل، تلویزیون اپل و HomePod
- سازگاری با Siri
- قابل کار با ابزارهای شرکت‌های مختلف (TP-link، Philips، Lutron، Samsung، LG و...) شامل تلویزیون، بلندگو، لامپ، کلید، پریز، ترموستات، پنجره، فن، تهویه مطبوع، رطوبت‌ساز، تصفیه هوا، حسگر، وسایل امنیتی، قفل، دوربین، زنگ در و...
- قابلیت دسته‌بندی ابزارهای خانه بر اساس اتاقی که در آن قرار دارند
- قابلیت خودکار شامل:
  - قابلیت انجام عملیات با توجه به موقعیت مکانی شخص (مثلاً روشن کردن خودکار لامپ‌ها در صورت تشخیص رسیدن فرد به خانه)
  - قابلیت انجام کارها بر اساس زمان (مثلاً روشن کردن سیستم گرمایش در ساعت ۶ صبح)
  - انجام عملیات با کمک حسگرهای حرکتی (به عنوان مثال روشن کردن لامپ‌های هر اتاق در صورت ورود افراد به خانه)
  - روشن کردن لامپ‌های خانه به نحوی که در صورت عدم حضور صاحبخانه، سارقان متوجه این عدم حضور نشوند
  - سازگار با Homekit (سکوی خانه هوشمند Apple) و Apple Airplay (پروتکل جریان‌سازی بی‌سیم Apple)

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

بخش سوم

سکوی ابری خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل هشتم

نقش و وظایف ابر در کاربردهای اینترنت اشیا

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۸-۱ مقدمه

رایانش ابری[1] و اینترنت اشیا دو مفهوم متفاوت در فناوری‌های نوظهور هستند. اینترنت اشیا را می‌توان انقلابی در اینترنت برشمرد. اشیا در این فناوری می‌توانند شناسایی شوند، به صورت هوشمندانه تصمیم‌گیری کنند و با دیگر اشیا، تبادل اطلاعات نمایند. به طور کلی، ارتباطات، پردازش‌های تعبیه‌شده[2] و دریافت اطلاعات از گره‌های شبکه، سه عامل مهم در فناوری اینترنت اشیا، هستند. با رشد این فناوری و اجرای پردازش‌های پیچیده اطلاعاتی، نیاز به فضای ذخیره‌سازیِ بیشتر نیز افزایش یافت. با توجه به این نیاز، فناوری رایانش ابری می‌تواند مکمل فناوری اینترنت اشیا، باشد.

در این فصل، ابتدا در رابطه با مفهوم رایانش ابری، توضیحاتی ارائه می‌شود. سپس تاریخچه رایانش ابری، لایه‌ها و سرویس‌های آن، انواع ابر و خصوصیات رایانش ابری به طور خلاصه شرح داده می‌شود. در انتها، به نقش و وظایف ابر در کاربردهای اینترنت اشیا به طور مشروح پرداخته می‌شود.

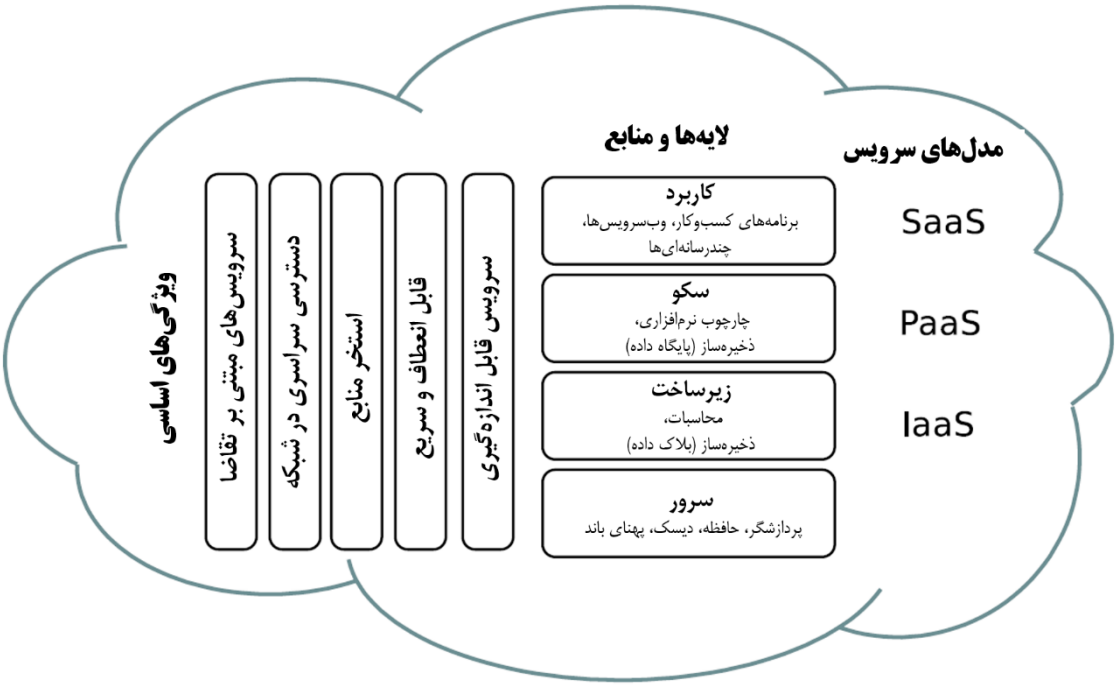
۸-۲ تعریف رایانش ابری

تعریفی که مؤسسه ملی استاندارد و فناوری‌ها[3] (NIST) از رایانش ابری ارائه کرده است، بدین شرح است: [167] «رایانش ابری، مدلی است که امکان دسترسی آسان از هر نقطه‌ای به یک استخر[4] مشترک از منابع محاسباتی قابل پیکربندی مانند شبکه‌ها، سرورها، مکان‌های ذخیره‌سازی، برنامه‌ها و سرویس‌ها را فراهم می‌آورد. این دسترسی با کمترین تلاش یا تعامل امکان‌پذیر است». اگرچه ایده‌ای که در این مفهوم گنجانده شده جدید نیست اما ظهور واقعی رایانش ابری به سال ۲۰۰۶ که توسط گوگل مورد استفاده قرار گرفت، برمی‌گردد و در سال‌های اخیر تأثیر فراوانی در سایر فناوری‌های اطلاعاتی داشته است. امکان ذخیره‌سازی نامحدود مجازی، توانایی پردازش بالا با هزینه کمتر از ویژگی‌ها و اهداف رایانش ابری محسوب می‌شوند. تاکنون این فناوری، برای سازمان‌های بزرگ و مطرحی مانند گوگل، آمازون و فیس‌بوک که سرویس‌های خود را با استفاده از رایانش ابری ارائه می‌دهند، مزایای اقتصادی و فنی زیادی را به همراه داشته است.

برخی بر این باورند که رایانش ابری یک فناوری مختل‌کننده با پیامدهای منفی در ارائه خدمات اینترنتی و همچنین برای حوزه فناوری اطلاعات است و دلیل این امر را مشکلات و چالش‌های حل نشده از این فناوری می‌دانند. غالب این چالش‌ها و حفره‌های موجود مربوط به حوزه امنیت هستند که از جمله این موارد می‌توان به نگرانی در رابطه با برقراری امنیت داده‌ها و شبکه، حفظ حریم خصوصی و محرمانگی داده‌ها و همچنین توافق‌نامه‌های سطح سرویس اشاره نمود [168]. شکل ۱-۸ جنبه‌های اصلی فناوری رایانش ابری را به طور خلاصه نمایش می‌دهد. در بخش‌های بعد، توضیحاتی در رابطه با لایه‌ها و مدل‌های نمایش داده شده در شکل ۱-۸، ارائه می‌شود.

[1] Cloud Computing
[2] Embedded
[3] National Institute of Standard and Technologies NIST
[4] Pool

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۱-۸ جنبه‌های اصلی فناوری رایانش ابری [169]

عموماً مصرف‌کننده‌های رایانش ابری مالک زیرساخت فیزیکی ابر نیستند، بلکه برای اجتناب از هزینه کردن، آن را از عرضه‌کنندگان اجاره می‌کنند. به عبارت دیگر، مصرف‌کننده‌ها منابع را در قالب سرویس استفاده می‌کنند و تنها بهای منابعی که به کار می‌برند را می‌پردازند. به اشتراک گذاشتن منابع میان چند مصرف‌کننده، به دلیل عدم بیکار ماندن سرورها، می‌تواند باعث بهبود نرخ بهره‌وری شود و در عین حال سرعت تولید و توسعه برنامه‌های کاربردی نیز افزایش می‌یابد [170].

یکی از دلایل جذابیت فناوری رایانش ابری کاهش هزینه‌های زیرساخت اولیه کسب‌وکار با اجاره دادن منابع است (اجاره دادن بنابه‌درخواست و پرداخت فقط در صورت استفاده از منبع). علاوه بر این، هزینه‌های عملیاتی نیز کاهش می‌یابد، زیرا زمانی که استفاده کم باشد، منابع آزاد می‌شوند. از طرفی سازمان با برون‌سپاری زیرساخت خدمات، ریسک کسب‌وکار را به سمت فراهم‌کننده آن منتقل می‌کند. علاوه بر مزایای اقتصادی، مزایای فنی مانند انعطاف‌پذیری و کارایی بیشتر، استفاده بهینه و حداکثری از سخت‌افزار، نرم‌افزار و انرژی در به‌کارگیری فناوری ابر وجود دارد [169].

۱-۲-۸ تاریخچه رایانش ابری

پیدایش مفاهیم اساسی رایانش ابری به دهه ۱۹۶۰ بازمی‌گردد. در آن زمان، جان مک‌کارتی[1] (دانشمند آمریکایی علوم رایانه و علوم شناختی) اظهار داشت که «رایانش ممکن است روزی به عنوان یکی از صنایع همگانی سازماندهی شود». در سال ۱۹۶۶، محقق کانادایی با نام پارک هیل داگلاس[2] تمام ویژگی‌های کنونی رایانش ابری مانند انعطاف‌پذیری، ارائه به صورت یک صنعت همگانی و قابل دسترسی برای همه، به همراه مقایسه با صنعت برق و شکل‌های مصرف عمومی، خصوصی و انجمنی را در کتابی با عنوان «مشکل صنعت همگانی رایانه» مورد بررسی قرار داد.

ابر در واقع بر گرفته از صنعت تلفن است به این‌گونه که مؤسسات عرضه‌کننده ارتباطات راه دور که تا دهه ۱۹۹۰ تنها خطوط نقطه به نقطه اختصاصی ارائه می‌کردند، شروع به ارائه شبکه‌های خصوصی مجازی با کیفیتی مشابه و قیمت‌های کمتر نمودند.

[1] John McCarthy
[2] Douglas F. Parkhill

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

نماد ابر برای نمایش مرز بین بخش‌هایی که در حیطه مسئولیت کاربر هستند و بخش‌های مربوط به عرضه‌کننده به‌کار گرفته می‌شود. رایانش ابری مفهوم ابر را به گونه‌ای گسترش می‌دهد که سرورها را نیز علاوه بر زیرساخت‌های شبکه دربرگیرد [171]. مؤسسه آمازون با هدف توسعه مرکز داده خود، نقش مهمی را در گسترش رایانش ابری ایفا نمود. مدیران این مؤسسه با راه‌اندازی مرکز داده[1] و به دنبال آن مشکلاتی مانند استفاده ۱۰ درصدی از کل ظرفیت و بیکار ماندن پردازشگرها، دریافتند که با تغییر مرکز داده‌های خود به معماری ابر می‌توانند بازده داخلی خود را بهبود بخشند. آمازون از سال ۲۰۰۶ امکان دسترسی به سامانه خود از طریق وب‌سرویس‌های آمازون را بر پایه رایانش همگانی ارائه کرد. در سال ۲۰۰۷، گوگل و آی‌بی‌ام نیز به همراه چند دانشگاه، تحقیقاتی در مقیاسی بزرگ را در زمینه رایانش ابری آغاز نمودند [171].

۲-۲-۸ لایه‌ها در رایانش ابری

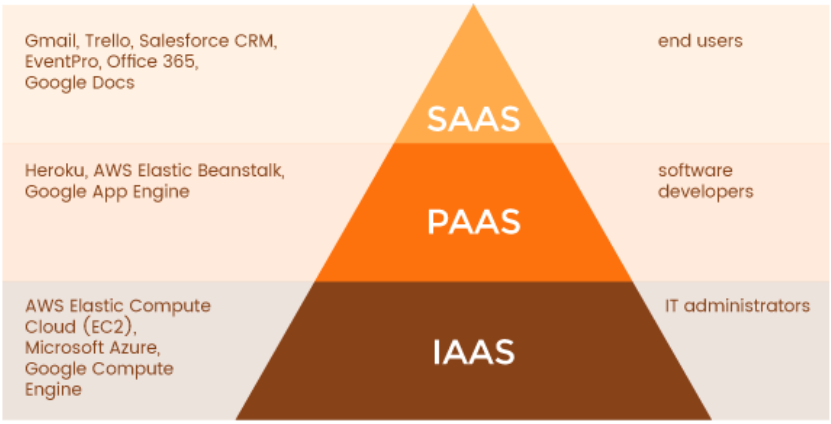
همانطور که در شکل ۱-۸، مشاهده می‌شود، چهار لایه کاربرد[2]، سکو[3]، زیرساخت[4] و سرور در رایانش ابری وجود دارد که در بالای این لایه‌ها، کاربران قرار می‌گیرند. هر کدام از لایه‌ها می‌توانند به‌عنوان یک سرویس به لایه بالاتر، دیده شوند. سرویس‌های ابری را می‌توان به سه دسته نرم‌افزار به‌عنوان سرویس[5] (SaaS)، سکو به‌عنوان سرویس[6] (PaaS) و زیرساخت به‌عنوان سرویس [7] (IaaS) تقسیم‌بندی نمود [167]:

- **لایه کاربرد:** سرویس‌های برنامه کاربردی ابری یا «نرم‌افزار به عنوان سرویس» (SaaS)، نرم‌افزار را به صورت سرویس روی اینترنت تحویل می‌دهند و بدین وسیله نیاز به نصب نرم‌افزار روی کامپیوترهای کاربران را ازبین می‌برند و بدین ترتیب نگهداری و پشتیبانی را ساده‌تر می‌سازد. این برنامه‌ها برای کاربران از طریق یک مرورگر، قابل دسترس خواهند بود. دسترسی و مدیریت نرم‌افزارهای کسب‌وکار از طریق شبکه، دسترسی به برنامه‌ها از طریق وب و از راه دور، قابلیت استفاده مجدد از یک برنامه، اداره مرکزی بروزرسانی و ارتقاء نرم‌افزار از جمله ویژگی‌های اصلی این سرویس‌ها به شمار می‌رود.
- **لایه سکو:** سرویس‌های سکوی ابری یا «سکو به عنوان سرویس» (PaaS) بستری است که روی زیرساخت ابری اجرا شده و برنامه کاربردی ابری را تغذیه می‌کند. سرویس سکوی ابری استقرار برنامه‌های کاربردی را بدون هزینه و پیچیدگی خرید و مدیریت لایه‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری زیرین، آسان می‌سازد.
- **لایه زیرساخت:** سرویس‌های زیرساخت ابری یا «زیرساخت به عنوان سرویس» (IaaS) زیرساخت کامپیوتری را که عموماً یک بستر مجازی است، به صورت سرویس ارائه می‌دهند. کاربران به جای خرید سخت‌افزار، نرم‌افزار، مرکز داده و یا تجهیزات شبکه، تمامی این موارد را به صورت یک سرویس در اختیار خواهند داشت. صورت‌حساب سرویس معمولاً بر اساس میزان منابع مصرف شده صادر می‌شود و بدین معناست که هزینه، منعکس‌کننده میزان فعالیت است. این روش، در واقع تکامل یافته مدل عرضه سرورهای خصوصی مجازی است.
- **لایه سرور:** این لایه، متشکل از سخت‌افزار و نرم‌افزاری است که برای تحویل سرویس‌های ابر طراحی شده‌اند. پردازنده‌های چند هسته‌ای و سیستم عامل‌های ویژه ابر نمونه‌هایی از این سخت‌افزارها می‌باشند.

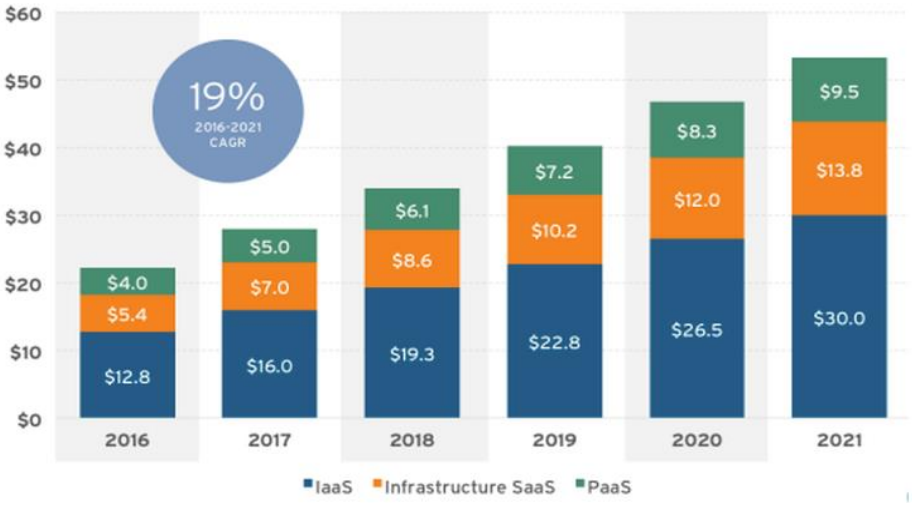
[1] Data Center
[2] Application
[3] Platform
[4] Infrastructure
[5] Software as a Service
[6] Platform as a Service
[7] Infrastructure as a Service

شکل ۲-۸، شرکت‌های مطرح و فعال دنیای فناوری اطلاعات در هر سرویس را نمایش می‌دهد. شکل ۳-۸، پیش‌بینی درآمدزایی در سرویس‌های رایانش ابری را تا سال ۲۰۲۱ بر اساس میلیارد دلار نشان می‌دهد.

در رایانش ابری، مفهومی به نام شرکت ارائه‌دهنده خدمات پردازشی[1] یا رایانش بنابه‌درخواست در سطح سرویس‌ها استفاده می‌شود. رایانش بنابه‌درخواست، مدل کسب‌وکاری است که بر اساس آن یک سازمان پشتیبانی یک بخش یا تمامی منابع کامپیوتری خود را به شرکت دیگری برون‌سپاری می‌کند. از نمونه این منابع می‌توان سخت‌افزارهایی مانند حافظه، دسترسی به اینترنت و نرم‌افزارهای کاربردی را نام برد. به عبارت بهتر، سازمان‌ها به مشتریان گزینه‌ای برای اجاره خدمات بر اساس نیازهای اساسی ارائه می‌کنند. معمولاً این سازمان‌ها به جای استفاده از هزینه‌های ثابت، مشتریان را به اندازه خدمات مصرفی شارژ می‌کنند. هر چه مشتریان بیشتر از خدمات استفاده کنند، باید هزینه بیشتری بپردازند [172].



شکل ۲-۸ شرکت‌های فعال دنیای فناوری اطلاعات در ارائه سرویس‌های رایانش ابری [173]



شکل ۳-۸ پیش‌بینی درآمدزایی در سرویس‌های رایانش ابری [۱۷٤]

[1] Utility Computing

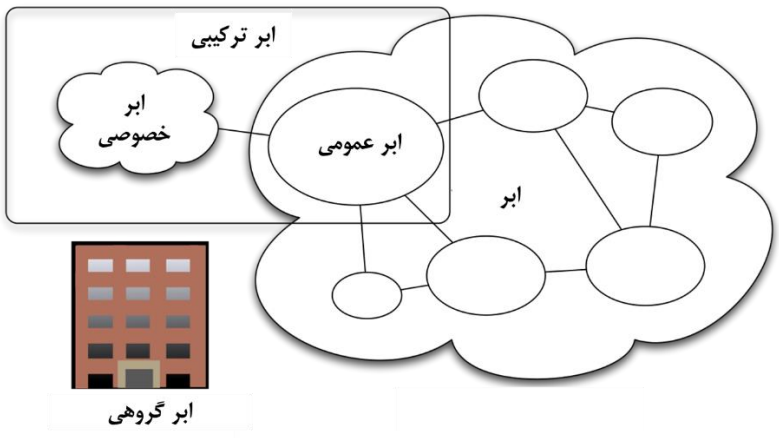
DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۳-۲-۸ انواع ابر

در تعریف ارائه شده توسط مؤسسه ملی استاندارد و فناوری‌ها (NIST) مدل‌های استقرار و پیاده‌سازی ابر به چهار صورت زیر است (شکل ۴-۸) [169]:

- **ابر عمومی:** ابر عمومی (خارجی) معنای اولیه و اصلی رایانش ابری را توصیف می‌کند. سرویس‌ها به صورت پویا و از طریق اینترنت و در واحدهای کوچک از طریق یک عرضه‌کننده فراهم می‌شوند و عرضه‌کننده منابع را به صورت اشتراکی به کاربر(ها) اجاره می‌دهد و سپس بر اساس مدل رایانش همگانی و مشابه صنعت برق و تلفن برای کاربران صورت‌حساب می‌فرستد.
- **ابر خصوصی:** ابر خصوصی، زیرساختی از رایانش ابری است که توسط یک سازمان، برای استفاده داخلی به وجود آمده و مدیریت آن بر عهده خود سازمان است. تفاوت ابر خصوصی با ابر عمومی در محل و شیوه نگهداری از سخت‌افزار زیرساختی ابر است. ابر خصوصی در رابطه با برقراری امنیت، امکان کنترل بر روی سطوح پیاده‌سازی ابر (مانند سخت‌افزار، شبکه، سیستم‌عامل، نرم‌افزار) در مقایسه با ابر عمومی برتری دارد. اما بهره‌گیری از ابرهای خصوصی مشکلات ایجاد و نگهداری را به همراه دارد. یک راه حل میانه برای دوری از مشکلات ابرهای خصوصی و در عین حال بهره‌مند شدن از مزایای آن، استفاده از ابر خصوصی مجازی است. ابر خصوصی مجازی بخشی از زیرساخت یک ابر عمومی است که برای استفاده اختصاصی یک سازمان کنار گذاشته می‌شود. در برخی از تحقیقات، ابر خصوصی مجازی به عنوان یک نوع ابر مجزا درنظر گرفته می‌شود.
- **ابر گروهی (انجمنی):** ابر گروهی مربوط به حالتی است که چندین سازمان که دارای نیازهای یکسان هستند، می‌توانند با به اشتراک گذاشتن زیرساخت‌ها از مزایای رایانش ابری بهره‌مند گردند. استفاده از این نوع ابر، به دلیل اینکه هزینه‌ها بین کاربران کمتری نسبت به ابرهای عمومی تقسیم می‌شود، گران‌تر از ابر عمومی است اما محرمانگی، امنیت و سازگاری با سیاست‌های بیشتری را به همراه دارد.
- **ابر ترکیبی:** یک ابر ترکیبی متشکل از چندین ارائه دهنده ابر داخلی یا خارجی و مناسب برای مؤسسات تجاری می‌باشد. با ترکیب چند سرویس ابر، برای کاربران این امکان فراهم می‌گردد که انتقال به ابر عمومی را با دوری از مسائلی چون سازگاری با استانداردهای امنیت داده انجام دهند.

علاوه بر این موارد، ابرهای توزیع شده، ابرچندگانه و ابر کلان داده نیز از انواع دیگر ابر برشمرده شده‌اند. همانطور که بیان شد، هر کدام از انواع ابر، مزایا و معایب خود را دارد و انتخاب یک ابر، به سناریوی کسب‌وکار مربوطه وابسته است.



شکل ٤-٨ انواع ابر [169]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۸-۲-۴ مزایای رایانش ابری

مزایای اصلی رایانش ابری عبارتند از [175]:

- **چابکی (انعطاف‌پذیری):** کاربر می‌تواند در زمان نیاز میزان منابع مورد استفاده را کاهش یا افزایش دهد. این مورد بیشتر در سازمان‌هایی که به دلایلی برای مدت نامعلوم بخشی از زیرساخت خود را غیرفعال می‌کنند، کاربرد دارد [176].
- **مستقل از مکان:** کاربر می‌تواند در مکانی که قرار دارد بدون محدودیت‌های جغرافیایی از خدمات مبتنی بر این سرویس بهرمند گردد. همچنین کاربران می‌توانند در هر مکانی و با هر دستگاهی (مثل کامپیوتر شخصی یا تلفن همراه) به وسیله یک مرورگر وب از راه اینترنت به سامانه‌ها دسترسی داشته باشند.
- **کاهش هزینه:** بررسی‌ها و تحقیقات نشان می‌دهد که رایانش ابری هزینه‌ها را به میزان زیادی کاهش می‌دهد. در بسیاری مواقع پرداخت‌ها به ازاء هر کاربر و درخواست تخصیص منابع خواهد بود. به عبارت دیگر می‌توان گفت در استفاده از رایانش ابری، مشتریان و سازمان‌ها، از پرداخت مخارج سخت‌افزاری، نرم‌افزاری و همچنین از چالش‌های نصب و نگهداری نرم‌افزارهای کاربردی رهایی می‌یابند.
- **اشتراک‌گذاری گروهی:** این ویژگی امکان به اشتراک‌گذاری منابع را بین گروهی از کاربران به وجود می‌آورد و بدین ترتیب سبب متمرکزسازی زیرساخت‌ها در مکان‌هایی با هزینه کمتر و افزایش کارایی برای سامانه‌هایی که در اغلب مواقع بیش از ۱۰ تا ۲۰ درصد به‌کارگیری نمی‌شوند، می‌گردد [176].
- **سنجش‌پذیری**: کاربران می‌توانند در زمان تقاضا و به صورت پویا، منابع را به خود اختصاص دهند و نیازی به از قبل فراهم کردن منابع برای زمان‌های حداکثر بار نیست. منابع در رایانش ابری باید قابل اندازه‌گیری باشند و لازم است که میزان مصرف منابع برای هر کاربر و هر منبع بر اساس واحدهای ساعتی، روزانه، هفتگی، ماهانه اندازه گرفته شود.
- **امنیت بالاتر**: به دلیل تمرکز داده‌ها و منابع امنیتی بیشتر و پیچیده‌تر امنیت افزایش می‌یابد، اما نگرانی‌ها به دلیل از دست دادن کنترل روی داده‌های حساس برای مشتریان وجود دارد.
- **پشتیبانی و نگهداری آسان**: به دلیل عدم نیاز به نصب برنامه‌های کاربردی برای هر کاربر، نگهداری آسان‌تر و با هزینه کمتر انجام می‌شود. شرکت‌هایی که سکوهای خودشان را پیاده‌سازی و اجرا می‌کنند، باید زیرساخت‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری لازم را خریداری و نگهداری نمایند.

۸-۲-۵ چالش‌های رایانش ابری

چالش‌های اصلی رایانش ابری عبارتند از [175]:

- **پذیرش:** به دلیل عدم امکان کنترل سکوی رایانش ابری در درون سازمان، برخی از سازمان‌ها، در پذیرش این فناوری، بسیار محتاطانه عمل می‌نمایند.
- **کنترل:** ارائه‌دهندگان سرویس‌های رایانش ابری، معمولاً سکوها را برای پشتیبانی از کسب‌وکار یک شرکت خاص طراحی نمی‌کنند. بدین ترتیب، کاربران قادر به تغییر تکنولوژیِ سکوها به هنگام نیاز نخواهند بود. اگرچه، ارائه‌دهندگان می‌توانند تغییراتی با توجه به اینکه چه فناوری به بهترین نحو نیازها را پاسخ می‌دهد، بر سکوها اعمال نمایند، اما این امر بدون موافقت یا رضایت مشتریان انجام می‌گیرد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- **هزینه‌های پهنای باند:** در فناوری رایانش ابری به دلیل استفاده از پهنای باند بالای شبکه، کاربران حتی در هنگام کار در فضای اینترنت، با سرعتی معادل یک شبکه محلی روبه‌رو هستند. اما برای کاربران رایانش ابری، با وجود کاهش هزینه‌ها در تهیه تجهیزات و نرم‌افزارها، هزینه زیادی جهت شارژ برای داشتن پهنای باند بیشتر، می‌بایست درنظر گرفته شود. معمولاً این هزینه، برای نرم‌افزارهای کاربردی کوچک مبتنی بر وب که متمرکز بر داده نیستند کمتر خواهد بود، اما هنگامی که یک سازمان، پایگاه داده‌ای چند ترابایتی را از طریق رایانش ابر اجرا می‌کند، این هزینه می‌تواند بسیار بالا باشد.
- **وابستگی به ارائه‌دهندگان:** با افزایش تعداد ارائه‌دهندگان سرویس‌های ابری، در صورتی که سازمانی از خدمات آن ارائه‌دهنده ناراضی باشد یا بنابر دلایلی اگر قرارداد با ارائه‌دهنده با مشکلی مواجه گردد، سازمان نمی‌تواند به شکلی آسان و با هزینه‌ای کم، ارائه‌دهنده را تغییر دهد یا اینکه خدمات مذکور را دوباره به درون سازمانی تبدیل نماید. در این حالت، سازمان می‌بایست داده‌ها و نرم‌افزارهای کاربردی خود را با یک فرآیند پیچیده، قالب‌بندی مجدد نموده و آن‌ها را به یک ارائه‌دهنده جدید منتقل کند.
- **شفافیت دسترسی و حفظ حریم خصوصی:** سازمان‌ها به طور معمول نگران دسترسی‌های غیرمجاز افراد به اطلاعات مشتریان خود هستند. ارائه‌دهندگان رایانش ابر این نگرانی را به کمک دستگاه‌های واسط نظارتی بر سیستم‌ها و همچنین به وسیله مستندسازی رویه‌های طراحی شده برای پاسخگویی به نیازهای امنیت داده، رفع می‌کنند [170]. اما طرفداران حفظ حریم خصوصی، همچنان مدل ابر را مورد انتقاد قرار می‌دهند، زیرا ارائه‌دهندگان سرویس‌های ابر می‌توانند کنترل و نظارت کامل قانونی و یا غیرقانونی بر روی داده‌ها و ارتباطات بین کاربران سرویس و میزبان ابر داشته باشند.
- **قابلیت اطمینان:** آمارها نشان می‌دهد، که در برخی مواقع، قابلیت اطمینان در هنگام استفاده از فناوری رایانش ابری دچار چالش‌هایی شده است. مثلاً، مشتریان Salesforce.com در تاریخ ۱۲ فوریه ۲۰۰۸، به مدت ۶ ساعت قادر به دریافت خدمات نبودند؛ و سه روز بعد خدمات Amazon's S3 به مدت ۳ ساعت دچار وقفه شدند. البته بروز مشکلاتی که موجب عدم توانایی کاربران در استفاده از نرم‌افزارها شود، در مواردی که نرم‌افزار داخل شرکت نصب شده باشد نیز ممکن است اتفاق افتد و این امر تنها مختص به سرویس‌های رایانش ابری نمی‌باشد. در منابع پیشنهاد شده است که ارائه‌دهندگان سرویس‌های ابری در قراردادهای خود ضریب اطمینان دسترسی به سرویس را عنوان کنند. این ضریب مشخص می‌کند که در بازه‌های زمانی تعریف شده‌ای، برای چه مدتی، سرویس از دسترس مشتری خارج می‌گردد.
- **امنیت:** امنیت نسبی رایانش ابری موضوعی بحث‌انگیز است که ممکن است پذیرش رایانش ابری را به چالش بکشاند. گروهی بر این باورند که امنیت داده‌ها وقتی که در داخل سازمان اداره شوند بالاتر است، در حالی که گروهی دیگر عقیده دارند که ارائه‌دهندگان سرویس انگیزه‌ای قوی برای حفظ اعتماد دارند و از این رو سطح امنیت بالاتری را به‌کار می‌گیرند.
- **میزان دسترس‌پذیری و کارایی:** علاوه بر امنیت داده‌ها، میزان در دسترس بودن و کارایی برنامه‌های کاربردی که روی ابر میزبانی می‌شوند برای کاربران از اهمیت بالایی برخوردار است.

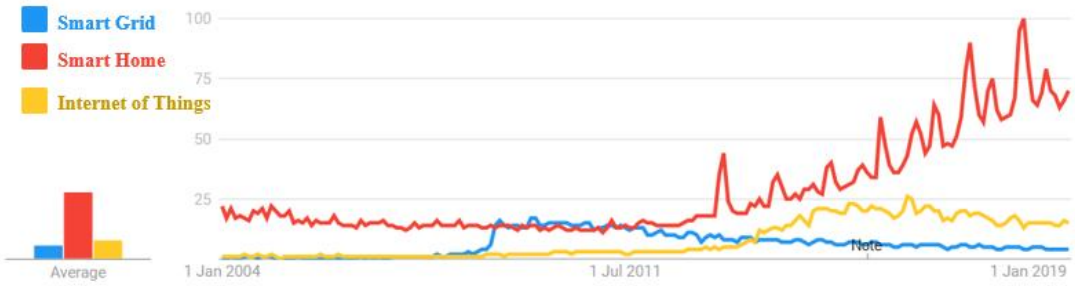
۳-۸ نقش و وظایف ابر در کاربردهای اینترنت اشیا

دو فناوری رایانش ابری و اینترنت اشیا، دو حوزه بزرگ و مستقل به نظر می‌رسند اما این دو فناوری می‌توانند مکمل یکدیگر باشند. جدول ۱-۸، تمایز این فناوری‌ها را نمایش می‌دهد. با توجه به جدول، می‌توان دلیل تمایل برای ادغام رایانش ابری و

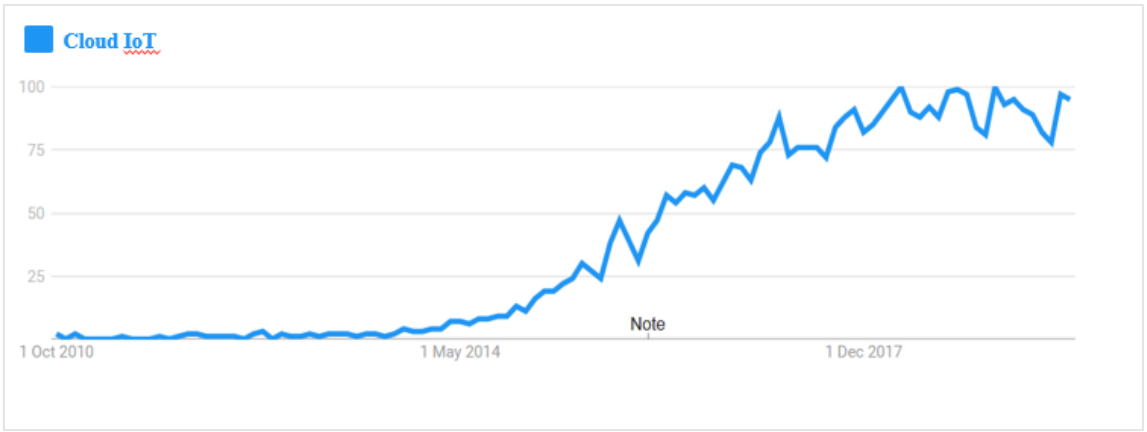
اینترنت اشیا را بهتر درک نمود. به گونه‌ای که در سال‌های اخیر، میزان علاقه‌مندی به دو فناوری اینترنت اشیا و خانه هوشمند و ادغام با رایانش ابری، افزایش یافته است (شکل ۵-۸ و شکل ۶-۸).

جدول ۱-۸ تمایز دو فناوری رایانش ابری و اینترنت اشیا [169]

ویژگی	اینترنت اشیا	رایانش ابری
موقعیت	پراکنده	متمرکز
دسترس‌پذیری	محدود	نامحدود
مولفه	اشیاء دنیای واقعی	منابع مجازی
توانایی محاسباتی	محدود	نامحدود مجازی
فضای ذخیره‌سازی	محدود	نامحدود مجازی
نقش اینترنت	نقطه‌ای برای همگرایی	جهت ارائه سرویس
کلان داده	منبع تولید کلان‌داده	مدیریت کلان‌داده



شکل ۵-۸ میزان رشد علاقه‌مندی به حوزه خانه هوشمند و اینترنت اشیا در تحقیقات اخیر [177]



شکل ٦-۸ میزان رشد علاقه‌مندی به ادغام ابر در حوزه اینترنت اشیا در تحقیقات اخیر [178]

۸-۳-۱ ادغام رایانش ابری و اینترنت اشیا

به طور کلی، اینترنت اشیا می‌تواند از قابلیت‌ها و منابع تقریباً نامحدود ابر برای جبران محدودیت‌های فناوری خود مانند ذخیره‌سازی، پردازش و ارتباطات بهره گیرد. به عنوان نمونه، ابر می‌تواند یک راه حل مؤثر برای ترکیب و مدیریت سرویس‌های

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

اینترنت اشیا و همچنین برای اجرای برنامه‌ها یا داده‌های تولید شده توسط سرویس‌ها، ارائه نماید [179]. از سوی دیگر، ابر می‌تواند با گسترش دامنه فعالیت خود در مقابله اشیاء دنیای واقعی به شیوه‌ای پویاتر، به ارائه سرویس‌های جدیدی در سناریوهای متعدد زندگی واقعی در اینترنت اشیا نماید. در بسیاری موارد، ابر می‌تواند لایه واسط بین اشیا و برنامه‌ها را فراهم کند و پیچیدگی‌ها و کارکردهای لازم را پنهان نماید.

در ادامه این بخش، در رابطه با محرک‌ها و دلایل ادغام دو فناوری رایانش ابری و اینترنت اشیا توضیحاتی ارائه می‌گردد. در بسیاری از تحقیقات، ابر را به‌عنوان قطعه مفقود شده‌ای در سناریوی یکپارچه‌سازی اینترنت اشیا می‌دانند که شکاف‌های آن را تکمیل می‌کند (به عنوان مثال در حوزه ذخیره محدود اینترنت اشیا). در مقابل، در برخی دیگر از تحقیقات، اینترنت اشیا را کامل‌کننده رایانش ابری می‌دانند. به طور کلی محرک‌های ادغام در سه دسته قرار می‌گیرند: ۱) ارتباطات، ۲) ذخیره‌سازی و ۳) پردازش.

در کنار این دسته‌ها، محرک‌های پایه‌ای مانند مقیاس‌پذیری، قابلیت همکاری، انعطاف‌پذیری، قابلیت‌اطمینان، کارایی، در دسترس بودن و امنیت نیز قرار دارند. در واقع، ابر جریان بین جمع‌آوری و پردازش داده‌های اینترنت اشیا را تسهیل کرده و تنظیم سریع و یکپارچه اشیاء جدید را با هزینه کم برای استقرار، امکان‌پذیر می‌کند. بدین ترتیب، تجزیه و تحلیل پیچیده و استفاده از الگوریتم‌های تصمیم‌گیری و پیش‌بینی مبتنی بر داده‌ها با هزینه کم قابل انجام است [180]. در ادامه سه دسته از محرک‌های بیان شده در بالا تشریح می‌شوند [169].

لازم به ذکر است که در ادامه گزارش ادغام دو فناوری رایانش ابری و اینترنت اشیا با عنوان CloudIoT نام‌گذاری شده است.

- **ارتباطات:** به اشتراک‌گذاری داده‌ها و برنامه‌ها، دو محرک اصلی در CloudIoT می‌باشند که در دسته ارتباطات قرار می‌گیرند. به کمک اینترنت اشیا و خودکارسازی‌هایی که در آن وجود دارد، جمع‌آوری و توزیع داده‌ها با هزینه کم امکان‌پذیر است. ابر برای اتصال ارزان، مسیریابی و مدیریت اشیا در هر زمان و مکانی بسیار کارآمد خواهد بود. در دسترس بودن در شبکه‌های سرعت بالا، نظارت مداوم، کنترل اشیا، دسترسی بی‌درنگ به داده‌ها و همکاری اشیا با یکدیگر، مواردی است که با ترکیب ابر و اینترنت اشیا به‌صورت بهتری انجام می‌شود. اما یکی از مشکلات عملیاتی ممکن، محدودیت در پهنای باند است. در طول ۲۰ سال گذشته قدرت پردازشی و ذخیره‌سازی رشد بیشتری نسبت به ظرفیت پهنای‌باند داشته است. این بدان معنا است که هنگام انتقال داده‌های بزرگ از لبه اینترنت به ابر، محدودیت‌هایی به وجود می‌آید.
- **ذخیره‌سازی:** اشیا در اینترنت اشیا حجم زیادی از اطلاعات ساختاریافته و بدون ساختار را تولید می‌کنند که سه ویژگی کلان‌داده را دارند: حجم (اندازه داده)، تنوع (انواع داده‌ای) و سرعت (سرعت تولید داده). در مقابل، فضای ذخیره‌سازی بر اساس میزان تقاضا، مقیاس بزرگ، پایداری طولانی‌مدت و هزینه پایین، چیزی است که ابر در اختیار اینترنت اشیا قرار می‌دهد. علاوه بر سادگی در جمع‌آوری، یکپارچه‌سازی و به اشتراک گذاشتن داده‌ها، ایجاد لایه امنیتی و ساختار دادن به داده‌ها به کمک CloudIoT امکان‌پذیر است.
- **پردازش:** به طور معمول دستگاه‌ها در اینترنت اشیا همانند گوشی‌های همراه و کامپیوترها پردازنده قوی ندارند. آن‌ها انرژی و توان پردازشی کمی دارند و معمولاً اطلاعات جمع‌آوری شده، باید به یک سرور (گره[1]) قدرتمندتر فرستاده شود. در این حالت مسئله اصلی مقیاس‌پذیری است که بدون یک زیرساخت مناسب ایجاد نمی‌شود. قدرت پردازشی ابر به طور مجازی نامحدود و بر اساس میزان تقاضا است. بدین ترتیب نیازهای اینترنت اشیا در حوزه پردازش با ادغام ابر پوشش داده می‌شود که از جمله این موارد می‌توان به توانایی تحلیل داده‌های بی‌درنگ[2]، ایجاد مقیاس‌پذیری، مدیریت رویدادهای پیچیده و پشتیبانی از فعالیت‌های ذخیره انرژی اشاره کرد.

[1] Node
[2] Real Time

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

علاوه بر محرک‌های ذکر شده که باعث تکمیل اینترنت اشیا در کنار رایانش ابری می‌شود. سرویس‌های جدیدی نیز در CloudIoT قابل ارائه خواهد بود (جدول ۲-۸).

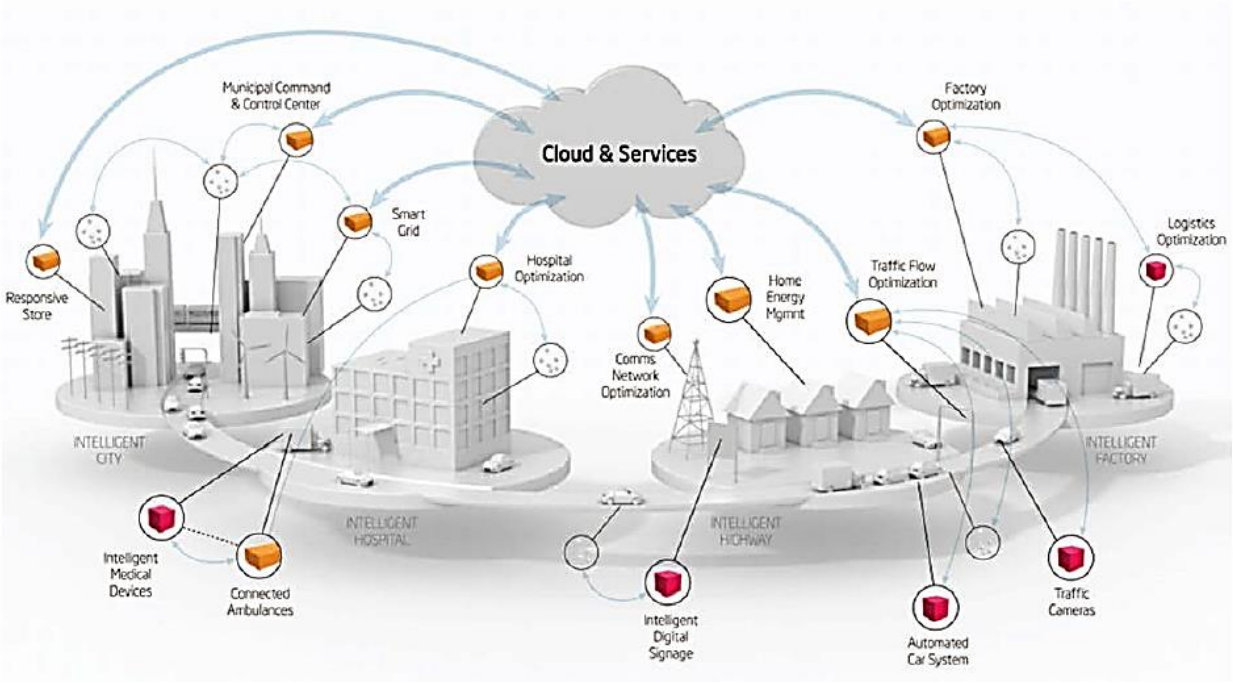
جدول ۲-۸ سرویس‌های جدید حاصل از ادغام دو فناوری اینترنت اشیا و رایانش ابری [169]

نام سرویس (مخفف)	نام کامل سرویس (لاتین)	نام کامل سرویس (فارسی)	توضیحات
SaaS	Sensing as a Service	دریافت (اطلاعات) به عنوان سرویس	فراهم نمودن دسترسی فراگیر به داده‌های دریافت شده از حسگرها
SAaaS	Sensing and Actuation as a Service	دریافت (اطلاعات) و به‌کارگیری عملگرها به عنوان سرویس	فراهم نمودن کنترل خودکار در دسترسی به منطق‌های پیاده‌سازی شده
SEaaS	Sensor Event as a Service	رویداد حسگر به عنوان سرویس	فراهم نمودن خدمات پیام‌رسانی از رویدادهای حسگر
SenaaS	Sensor as a Service	حسگر به عنوان سرویس	فراهم نمودن دسترسی فراگیر و مدیریت از راه دور به حسگرها
DBaaS	DataBase as a Service	پایگاه داده به عنوان سرویس	فراهم نمودن مدیریت فراگیر پایگاه‌های داده
DaaS	Data as a Service	داده به عنوان سرویس	فراهم نمودن دسترسی فراگیر به هر نوعی از داده
EaaS	Ethernet as a Service	اترنت به عنوان سرویس	فراهم نمودن ارتباط فراگیر و از راه دور به دستگاه‌ها
IPMaaS	Identity and Policy Management as a Service	مدیریت شناسه‌ها و سیاست‌گذاری به عنوان سرویس	فراهم نمودن دسترسی و مدیریت فراگیر سیاست‌ها و شناسه‌ها
VSaaS	Video Surveillance as a Service	نظارت ویدئویی به عنوان سرویس	فراهم نمودن دسترسی فراگیر به ویدئوهای ضبط شده و تحلیل‌های پیچیده آن‌ها

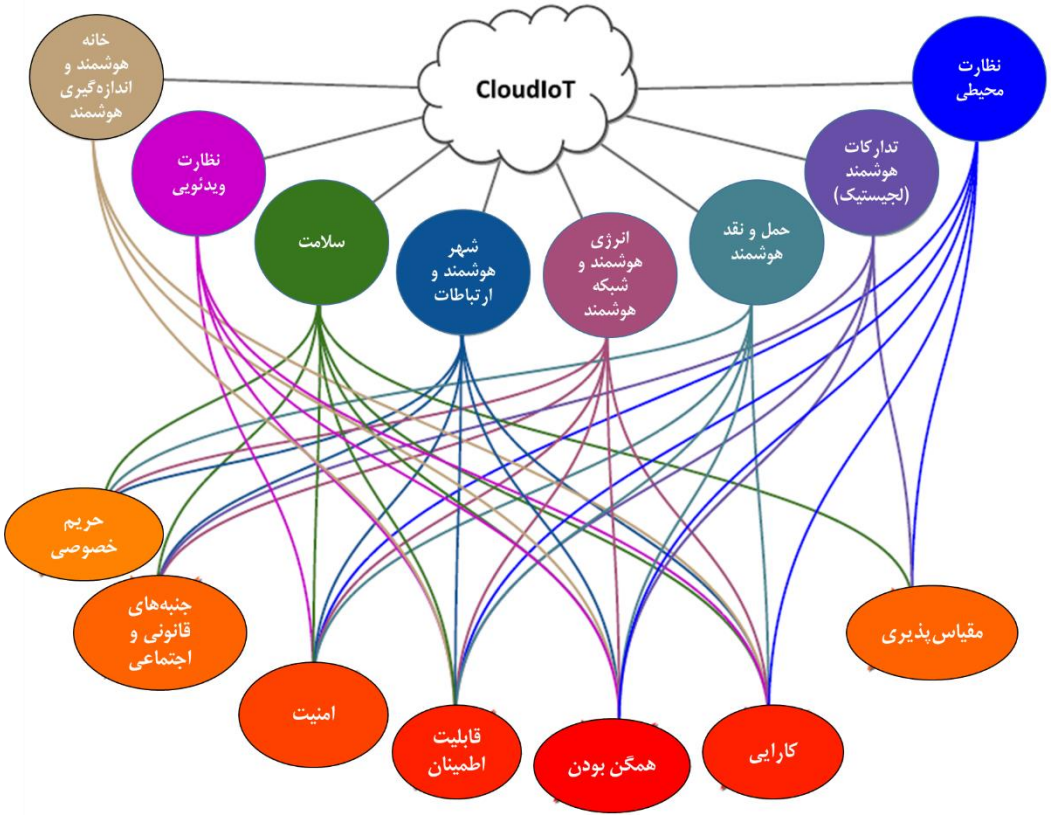
۲-۳-۸ کاربردهای ادغام رایانش ابری و اینترنت اشیا

ظهور CloudIoT به‌منزله ظهور سرویس‌های هوشمند و برنامه‌های متنوع است که تأثیر مستقیمی بر زندگی روزمره دارند. بسیاری از برنامه‌ها از ارتباطات ماشین به ماشین استفاده می‌کنند و نیازی به حضور یک عامل انسانی برای ارتباط بین آن‌ها نیست. شکل ۷-۸ نمایی از ظهور CloudIoT و شکل ۸-۸، حوزه‌هایی را نشان می‌دهد که برنامه‌های کاربردی این حوزه‌ها، به کمکCloudIoT، بهبود یافته و افزایش کارایی چشم‌گیری داشته است. در ادامه شرح مختصری از حوزه‌ها آورده شده است [168].

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۷-۸ نمایی از ظهور CloudIoT [169]



شکل ۸-۸ نقش CloudIoT در چالش‌ها و برنامه‌های کاربردی حوزه‌های مختلف [169]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

تأثیر CloudIoT در حوزه‌های مختلف عبارت است از [169]:

- **خانه هوشمند و اندازه‌گیری:** کنترل از راه دور و کنترل خودکار اهمیت بالایی در مفهوم خانه هوشمند دارند. هر چند که با اینترنت اشیا تا حد زیادی این موقعیت فراهم شده است اما به کمک ابر انعطاف‌پذیری در کنترل خانه بسیار بیشتر شده و در نتیجه کارایی دستگاه‌ها افزایش می‌یابد.
- **نظارت ویدئویی:** نقش CloudIoT در این حوزه، ذخیره‌سازی ساده، مدیریت و پردازش محتوای ویدئو و همچنین استخراج دانش از اطلاعات کسب‌شده است.
- **سلامت:** ترکیب ابر و اینترنت اشیا فرصت‌های بسیاری در اختیار علم پزشکی در تشخیص و همچنین تحقیقات قرار می‌دهد. به عنوان نمونه، یکی از برنامه‌های کاربردی که در راستای نظارت بر وضعیت جسمی یک شخص می‌باشد، EHR[1] نامیده می‌شود. در این برنامه، جهت تجزیه و تحلیل اطلاعاتی که از حسگرهای قرارداده شده در بدن انسان بدست آورده می‌شود، ممکن است نیاز به حرکت در گره‌های یک شبکه باشد. به عبارت دیگر در این حالت، باید یک شبکه حسگر بدن[2] ایجاد شود که این امر به کمک CloudIoT امکان‌پذیر است.
- **شهر هوشمند و ارتباطات:** برای تبدیل یک شهر به شهری هوشمند، به ابزارها، دستگاه‌ها، استانداردها و بسیاری موارد دیگر نیاز است. پیچیدگی در شهر هوشمند بالاست؛ اما با استفاده از یک سکوی ابری کار ساده‌تر انجام می‌شود.
- **انرژی هوشمند:** ابر و اینترنت اشیا می‌توانند با کمک یکدیگر، به‌صورت هوشمند، توزیع و مصرف انرژی را در محیط محلی و در محیط ناهمگون پهناور مدیریت کنند.
- **حمل و نقل هوشمند:** اینترنت اشیا به خودکارسازی فعالیت‌ها در صنایع و حمل‌ونقل کمک کند. ادغام ابر با اینترنت اشیا فرصت‌های خوبی را به وجود می‌آورد. برای مثال سرویس‌های ابری داده‌کاوی می‌توانند با توجه به وضعیت ترافیکی و امنیت جاده، به تصمیم‌گیری در حمل‌ونقل خودکار کمک کنند و منجر به صرفه‌جویی در هزینه‌ها شوند.
- **تدارکات هوشمند (لجستیک):** ورود CloudIoT سرویس‌هایی را پدید آورد که تأثیرات مهمی بر تجارت به‌جای گذاشتند. مدیریت جریان کالاها از نقطه تولید تا مصرف، بسیار ساده و در بیشتر مواقع خودکار شده است.
- **نظارت محیطی:** از نمونه‌های نظارت بلندمدت می‌توان به اندازه‌گیری سطح آب دریا، تراکم گازها در هوا، وضعیت پل‌ها و وضعیت کشاورزی اشاره نمود. دسترسی ابری به داده‌های جمع‌آوری شده از حسگرها، می‌تواند امکان مدیریت و پردازش رویدادهای پیچیده را فراهم کند.

[1] Electronic Healthcare Records
[2] Body Sensor Network

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل نهم

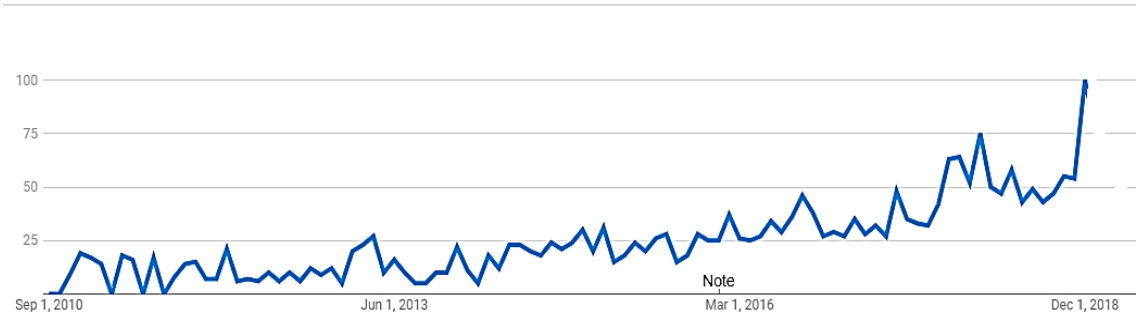
نقش و وظایف ابر در خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۹-۱ مقدمه

با توسعه رایانش ابری و اینترنت اشیا، استانداردهای زندگی نیز به طور چشمگیری در حال تغییر و بهبود است. الزامات ایمنی، آسایش و راحتی از نمونه‌های مطرح در این زمینه می‌باشند. در سال‌های اخیر، مفهومی به نام خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا ایجاد شده است. به عبارتی خانه هوشمند نوعی خانه مدرن به شمار می‌آید و تحقیق و توسعه در رابطه با کنترل خودکار، اتصال و ارتباطات بی‌سیم در حوزه خانه هوشمند به طور گسترده در حال انجام است. شکل ۱-۹، میزان رشد علاقه‌مندی به ادغام ابر در حوزه خانه هوشمند در تحقیقات اخیر را نشان می‌دهد.

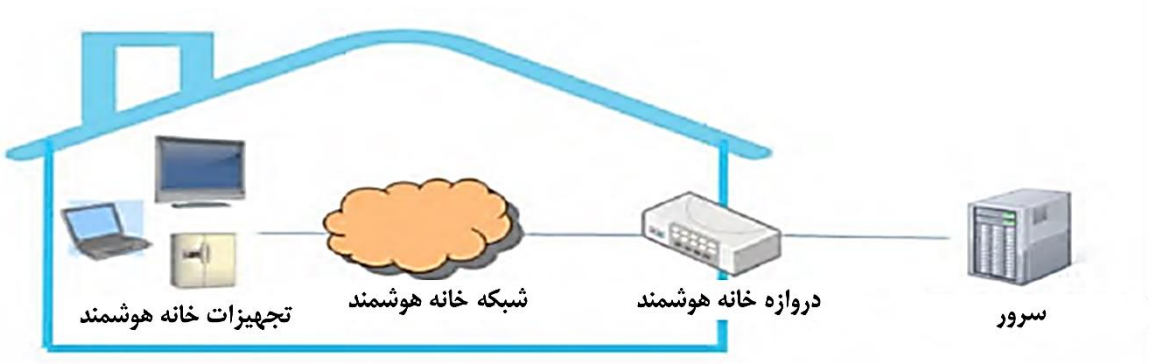
این فصل از گزارش بر اساس ادغام رایانش ابری و اینترنت اشیا و با مطالعه نیاز خانه هوشمند به این دو فناوری تدوین شده است و شامل بررسی ویژگی‌های کلیدی خانه هوشمند مبتنی بر رایانش ابری و استخراج نیازمندی‌های ابری خانه هوشمند می‌باشد.



شکل ۱-۹ میزان رشد علاقه‌مندی به ادغام ابر در حوزه خانه هوشمند در تحقیقات اخیر [181]

۹-۲ ویژگی‌های خانه هوشمند مبتنی بر رایانش ابری

تجهیزات در خانه هوشمند به طور معمول از طریق دروازه‌هایی به سرورها متصل می‌شوند و تبادل داده انجام می‌دهند. شکل ۲-۹، نمونه‌ای از معماری سطح بالای خانه هوشمند است.



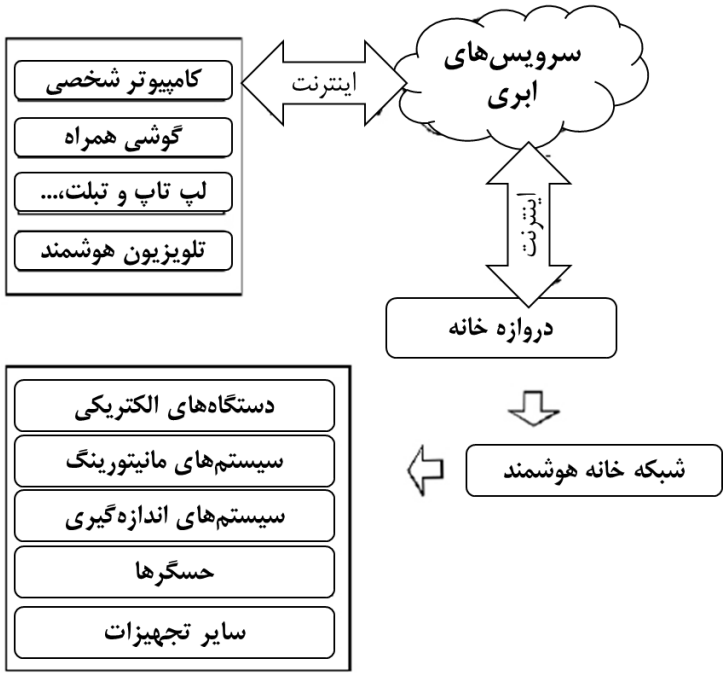
شکل ۲-۹ معماری سطح بالای خانه هوشمند

در اینترنت اشیا و لایه دروازه، خانه هوشمند به عنوان گره مجازی شناخته می‌شود. گره‌ها در کنار هم خوشه‌ای را تشکیل می‌دهند که این خوشه، جزئی از ابر خانه هوشمند است. در واقع، ابر خانه هوشمند نیز بخشی از کل معماری ابر، همانند سایر ابرهای ایجاد شده توسط خوشه‌های کامپیوتری، می‌باشد. اما تفاوت بین ابرهای کامپیوتری و ابر خانگی هوشمند در ارائه و ایجاد

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

سرویس‌های مختلف است. دروازه خانه نقش مهمی در ابر خانه هوشمند بازی می‌کند. به عبارت دیگر نقش این دروازه‌ها مشابه نقش سیستم‌عامل‌ها است که پیچیدگی‌های عملیاتی و پردازشی را از دید کاربر پنهان می‌کنند. دروازه‌ها می‌توانند، تمامی سرویس‌ها را کنترل کنند و روش‌هایی را در اختیار دستگاه‌های خارج از خانه هوشمند جهت استفاده از سرویس‌ها، قرار دهند. علاوه‌براین، می‌توانند منابع موجود در خارج را جستجو و نحوه استفاده از آن‌ها را به وسایل خانه اطلاع دهند. در سال‌های اخیر، تغییراتی در معماری خانه هوشمند، ایجاد شده است. در این معماری‌های جدید، تجهیزات خانه می‌توانند به طور مستقیم و از طریق اینترنت به سرور متصل شوند. این جایگزینی در ابر خانه هوشمند نیز اثرگذار بوده است.

در شکل ۳-۹، نمای کلی از ارتباط ابر با تجهیزات خانه هوشمند از طریق دروازه و اینترنت نشان داده شده است. لازم به ذکر است که نام تجهیزات به کاربرده شده در اتصال مستقیم اینترنت یا دروازه، تصادفی است و تجهیزات جهت ارتباط تفکیک نمی‌شوند. به عبارت بهتر، تمامی تجهیزات می‌توانند از هر دو روش اتصال مستقیم اینترنتی یا غیرمستقیم (دروازه) به سرور وصل شوند و از سرویس‌های ابری بهره ببرند [183] [182].

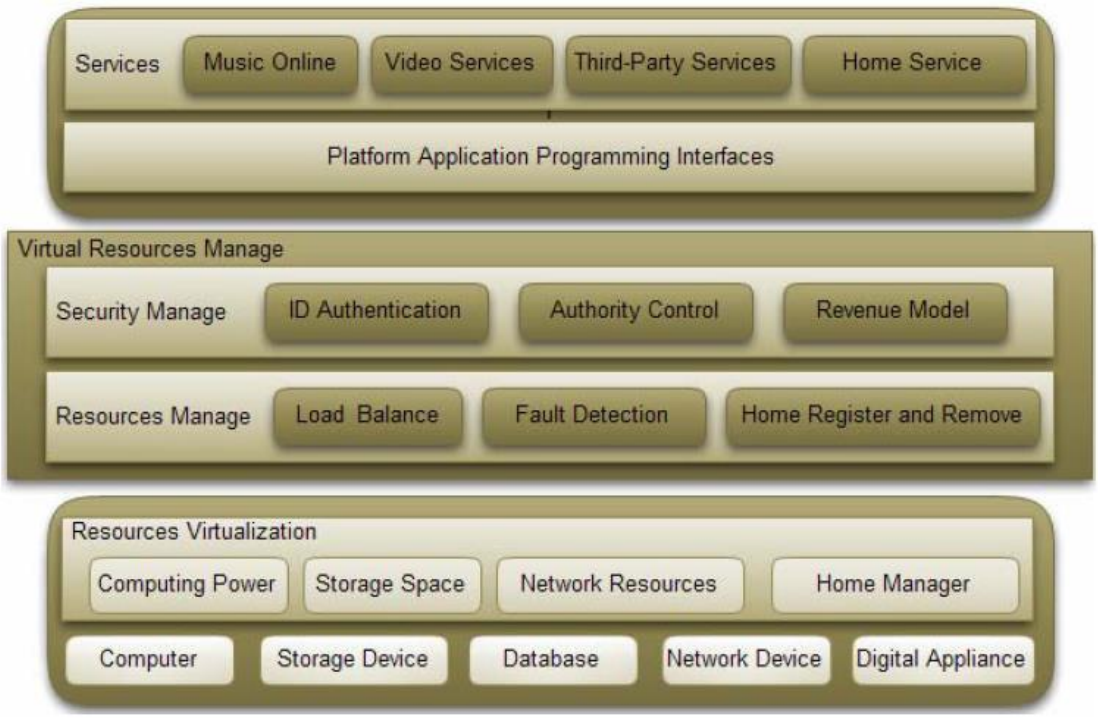


شکل ۳-۹ نمای کلی از ارتباط ابر با تجهیزات خانه هوشمند از طریق دروازه و اینترنت [183]

معماری خانه هوشمند مبتنی بر ابر را می‌توان به سه بخش تقسیم‌بندی نمود (شکل ۴-۹) [183] [182]:

- **لایه زیرساخت:** این لایه پایین‌ترین لایه ابر خانه هوشمند و شامل منابع فیزیکی و مجازی است. اجزای مجازی می‌توانند تمامی منابعی را که تحت کنترل ابر هستند (مانند قدرت محاسباتی، فضای ذخیره‌سازی و منابع شبکه خانه هوشمند) را مجازی‌سازی نماید.
- **لایه سکو:** لایه سکو، مهم‌ترین لایه در ابرخانه هوشمند بوده و شامل ماژول‌های مدیریت منابع و مدیریت امنیت است. ماژول مدیریت منابع، مسئول مدیریت زمان‌بندی، شناسایی وضعیت سیستم‌های پردازشی و ثبت و حذف اجزای مجازی خانه هوشمند است. فعالیت‌هایی همچون اطمینان از پایداری پردازش‌های ابری، پشتیبانی از حقوق مادی فروش سرویس‌ها و برقراری امنیت در به اشتراک‌گذاری اطلاعات بر عهده ماژول مدیریت امنیت است.
- **لایه سرویس:** این لایه در بالاترین سطح قرار گرفته و به طور مستقیم، با توسعه‌دهندگان برنامه‌ها و کاربران نهایی در ارتباط است. توسعه‌دهندگان می‌توانند برنامه‌ها و سرویس‌های خود را با توجه به امکانات و واسطهایی

که سکوی ابری خانه هوشمند، در اختیار آن‌ها قرار می‌دهد، تولید و برنامه‌ها را در فضای ابری جهت استفاده کاربران نهایی منتشر سازند.



شکل ٤-٩ معماری خانه هوشمند مبتنی بر ابر (۳ لایه‌ای) [182]

استفاده از ابر در خانه هوشمند، مزایایی به شرح زیر دارد:

- برای بهینه‌سازی امنیت محیط در خانه هوشمند، شبکه موجود در خانه می‌تواند، موقعیت‌ها را از طریق دوربین و یا سایر دستگاه‌های تعیین‌کننده، شناسایی نماید و از طریق فضای ابری، هشدارها را بر اساس برنامه‌ریزی به صورت آنلاین، به افراد مورد نظر اطلاع دهد.
- برای بهینه‌سازی آسایش خانه هوشمند، یک سرویس ابری می‌تواند با استفاده از داده‌های بدست آمده از حسگرهای دما و رطوبت، داده‌ها را شاخص‌گذاری و فعالیت یادگیری را آغاز نماید. بدین ترتیب، برای افراد با شاخص‌های مختلف، سطح دما و رطوبت قابل تنظیم و کنترل خواهد بود. به عبارت دیگر، یک سرویس ابری، سرویس‌هایی را برای کنترل از راه دور اجزای خانه و تنظیم آن‌ها فراهم می‌کند. به عنوان مثال در زمستان می‌توان، قبل از رسیدن به خانه، تجهیزات گرمایی را روشن و خانه را با درجه مناسبی گرم کرد [182].
- با توجه به افزایش جمعیت و در نتیجه افزایش استفاده از انرژی، برای بهینه‌سازی انرژی، استفاده از ابر در خانه هوشمند می‌تواند با صرف هزینه کم، منجر به کاهش انرژی شود. یک سرویس تصمیم‌گیری در فضای ابری قادر است، با توجه به اتصال به سرویس میزان مصرف انرژی، هشدارهای لازم را اطلاع و با تنظیم آنلاین و از راه دور، انرژی را کنترل و روش بهینه مصرف را به کاربر نمایش دهد [184].

۹-۳ بررسی تأثیر ابر بر الزامات خانه هوشمند

در این بخش، با توجه به مطالب گردآوری شده در بخش‌های قبل و الزامات خانه هوشمند (گزارش مرحله دوم پروژه حاضر)، تأثیر ابر بر الزامات خانه هوشمند مورد بررسی قرار می‌گیرد. در جدول ۱-۹، الزامات (سیستم‌ها و تجهیزات خانه هوشمند) و سرویس‌های مورد نیاز آن سیستم با توضیحات لازم مشخص شده‌اند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

جدول ۱-۹ تعیین نیازمندی‌های ابری خانه هوشمند

دسته‌بندی الزامات	تجهیزات خانه هوشمند	سرویس مورد نیاز در ابر
سیستم امنیت	آژیر	**- سرویس اطلاع‌رسانی امداد** **ورودی سرویس:** با فعال شدن آژیر، آدرس خانه و نوع آژیر (مانند ورود سارق، آتش‌سوزی و ...) ارسال می‌شود **عملکرد:** جستجو در بانک امداد با توجه به نوع آژیر، انتخاب نزدیک‌ترین امدادرسانی **خروجی سرویس:** اتصال به مرکز امداد و دادن آدرس خانه
	دوربین	**- سرویس پردازش تصویر** **ورودی سرویس:** تصویر چهره‌های تشخیص داده شده توسط دوربین **عملکرد:** جستجو در بانک اطلاعات افراد با توجه به تصویر چهره **خروجی سرویس:** اطلاعات فرد **- سرویس احراز هویت** **ورودی سرویس:** اطلاعات فرد از سرویس پردازش تصویر **عملکرد:** جستجو در بانک احراز هویت خانه **خروجی سرویس:** تعیین فرد مجاز و غیرمجاز
	زنگ درب تصویری	**- سرویس پردازش تصویر** **ورودی سرویس:** تصویر چهره‌های تشخیص داده شده توسط دوربین **عملکرد:** جستجو در بانک اطلاعات افراد با توجه به تصویر چهره **خروجی سرویس:** اطلاعات فرد
	تشخیص باز و بسته شدن درب و پنجره	-
	تگ باز و بسته کردن قفل	-
	قفل درب	**- سرویس پردازش صدا** **ورودی سرویس:** صدای تشخیص داده شده توسط میکروفن **عملکرد:** جستجو در بانک اطلاعات افراد با توجه تن صدا **خروجی سرویس:** اطلاعات فرد **- سرویس پردازش تصویر** **ورودی سرویس:** تصویر چهره‌های تشخیص داده شده توسط دوربین **عملکرد:** جستجو در بانک اطلاعات افراد با توجه به تصویر چهره **خروجی سرویس:** اطلاعات فرد **- سرویس اطلاعاتی اثر انگشت** **ورودی سرویس:** اثر انگشت تشخیص داده شده توسط حسگر **عملکرد:** جستجو در بانک اطلاعات افراد با توجه به اثر انگشت **خروجی سرویس:** اطلاعات فرد

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

دسته‌بندی الزامات	تجهیزات خانه هوشمند	سرویس مورد نیاز در ابر
		- سرویس احراز هویت **ورودی سرویس:** اطلاعات فرد شامل اثر انگشت از سرویس اطلاعاتی، عنبیه و چهره از سرویس پردازش تصویر، تن صدا از سرویس پردازش صدا **عملکرد:** جستجو در بانک احراز هویت خانه **خروجی سرویس:** تعیین فرد مجاز و غیرمجاز
	درب بازکن پارکینگ	**- سرویس تعمیرات** **ورودی سرویس:** آدرس خانه و کد درب و شماره دوره بازدید **عملکرد:** جستجو در بانک تعمیرات با توجه به کد درب، انتخاب نزدیک‌ترین مکان **خروجی سرویس:** اطلاع‌رسانی و ارسال تعمیرکار دوره‌ای
سیستم ایمنی	حسگر دود و گاز و آتش	**- سرویس اطلاع‌رسانی امداد** **ورودی سرویس:** با فعال شدن حسگر، آدرس خانه و نوع دود ارسال می‌شود **عملکرد:** جستجو در بانک امداد با توجه به نوع دود، انتخاب نزدیک‌ترین امدادرسانی **خروجی سرویس:** اتصال به مرکز امداد و دادن آدرس خانه
	آژیر	-
سیستم روشنایی و برق	پریز/کلید/رله	**- سرویس تحلیل روشنایی** **ورودی سرویس:** اطلاعات روزانه از وضعیت روشنایی و خاموشی خانه **عملکرد:** تحلیل اطلاعات و پیش‌بینی بر اساس میزان مصرف و تعرفه هزینه‌ها با اتصال به سازمان برق **خروجی سرویس:** ساعات خاموشی جهت کاهش هزینه و مصرف
	بلاستر مادون قرمز	-
سیستم تهویه مطبوع خانه	ترموستات و حسگر دمایی	**- سرویس تحلیل دما** **ورودی سرویس:** اطلاعات روزانه از وضعیت دما و تهویه‌ی خانه **عملکرد:** تحلیل اطلاعات و پیش‌بینی بر اساس تنظیمات دمای خانه و تهویه با اتصال به سرویس آلودگی هوا **خروجی سرویس:** ساعات خاموشی ترموستات **- سرویس آلودگی هوا** **ورودی سرویس:** درخواست اطلاع روزانه از میزان آلودگی هوا با دادن آدرس خانه **عملکرد:** دریافت اطلاعات میزان آلاینده‌های هوا بر اساس منطقه آدرسی خانه با اتصال به سازمان هواشناسی **خروجی سرویس:** اطلاعات از میزان آلاینده‌های هوا
	خوشبو کننده	-
	پنکه سقفی	-
	کنترل‌کننده آبیارها	**- سرویس تحلیل آبیاری**

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

دسته‌بندی الزامات	تجهیزات خانه هوشمند	سرویس مورد نیاز در ابر
سیستم مراقب از گیاهان		**ورودی سرویس:** اطلاعات روزانه از وضعیت سرویس آب و هوا و نوع گیاه بر اساس اطلاعات دوربین، میزان رطوبت خاک و مکان قرارگیری گیاه در خانه **عملکرد:** تحلیل اطلاعات و پیش‌بینی با اتصال به سرویس آب و هوا، گزارش‌گیری از مصرف آب **خروجی سرویس:** ساعات آبیاری، گزارش آب مصرفی **– سرویس آب و هوا** **ورودی سرویس:** درخواست اطلاع روزانه از سرویس پیش‌بینی آب و هوا با دادن آدرس خانه (حتما شامل شهر و منطقه باشد) **عملکرد:** دریافت اطلاعات آب و هوا بر اساس منطقه آدرسی خانه با اتصال به سازمان هواشناسی **خروجی سرویس:** اطلاعات از آب و هوا
	آبیار (سوپاپ) و مه‌پاش	–
سیستم مراقبت از سلامت	سیستم کنترل کودکان و سالمندان	**– سرویس اطلاع‌رسانی امداد** **ورودی سرویس:** با نمایش کاهش سطح هشیاری و/یا کاهش اکسیژن، آدرس خانه و مشخصات افراد (شامل اطلاعات پزشکی از سرویس احراز هویت) و مکان آن‌ها در خانه ارسال می‌شود. **عملکرد:** جستجو در بانک امداد با توجه به مشخصات افراد و نوع بیماری، انتخاب نزدیک‌ترین امدادرسانی **خروجی سرویس:** اتصال به مرکز امداد و دادن آدرس خانه
	سیستم کنترل سلامت افراد خانه	**– سرویس بانک اطلاعاتی افراد خانه** **ورودی سرویس:** اطلاعات فرد شامل کد ملی **عملکرد:** جستجو در بانک اطلاعاتی خانه **خروجی سرویس:** گزارش اطلاعات پزشکی
سیستم آسایش	دستیار فیزیکی خانگی	–
	دوربین	–
	پرده هوشمند	–
	کنترل‌کننده آبگرمکن	**– سرویس تعمیرات** **ورودی سرویس:** آدرس خانه و کد آبگرمکن و شماره دوره بازدید **عملکرد:** جستجو در بانک تعمیرات با توجه به کد آبگرمکن، انتخاب نزدیک‌ترین مکان **خروجی سرویس:** اطلاع‌رسانی و ارسال تعمیرکار دوره‌ای
سیستم‌های اندازه‌گیری برق/آب	اندازه‌گیری برق	**– سرویس تحلیل میزان مصرف انرژی** **ورودی سرویس:** اطلاعات روزانه از وضعیت مصرف انرژی (آب، برق، گاز و ...) **عملکرد:** تحلیل اطلاعات و پیش‌بینی بر اساس میزان مصرف و تعرفه هزینه‌ها و با اتصال به سازمان مربوطه (دریافت سرویس از سازمان مربوطه)
	اندازه‌گیری آب	

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

دسته‌بندی الزامات	تجهیزات خانه هوشمند	سرویس مورد نیاز در ابر
		خروجی سرویس: گزارش از مصرف و پیشنهاد مصرف جهت کاهش هزینه‌ها و صرفه‌جویی
سیستم شبکه	مسیریاب گسترش‌دهنده محدوده شبکه	–
	هاب خانگی	–

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل دهم

انواع محیط‌های ابری و ویژگی‌های آنها

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۰-۱ مقدمه

در این فصل تعدادی از شرکت‌های داخلی و خارجی فراهم‌کننده سرویس‌های ابری مورد بررسی قرار می‌گیرند. در بررسی انجام شده، انواع سرویس‌های ارائه شده توسط هر شرکت با تأکید بر سرویس‌های اینترنت اشیا مورد مطالعه قرار گرفته است و سپس مدل هزینه و نحوه استفاده از سرویس‌های ابری آن شرکت ارائه شده است. ابرهای خارجی که مورد مطالعه قرار گرفته‌اند شامل ابرهای آمازون، مایکروسافت و گوگل هستند. با توجه به تنوع سرویس‌هایی که توسط این ابرها ارائه می‌شود، ابتدا حوزه‌های اصلی سرویس‌های آنها به طور مختصر معرفی شده و سپس سرویس‌هایی که در حوزه اینترنت اشیا هستند، به طور کامل بررسی شده‌اند. در بررسی ابرهای ایرانی (شامل آروان، بکتوری و زس) با توجه به محدود بودن سرویس‌های ارائه شده توسط آنها و همچنین عدم وجود سرویس‌هایی در حوزه اینترنت اشیا، تمام سرویس‌هایی که هر ابر ارائه می‌کند، معرفی شده‌اند. در بررسی ابرهای ایرانی شناخته‌شده‌ترین مشتریان هر ابر نیز مشخص شده‌اند.

۱۰-۲ ابر آمازون (AWS)

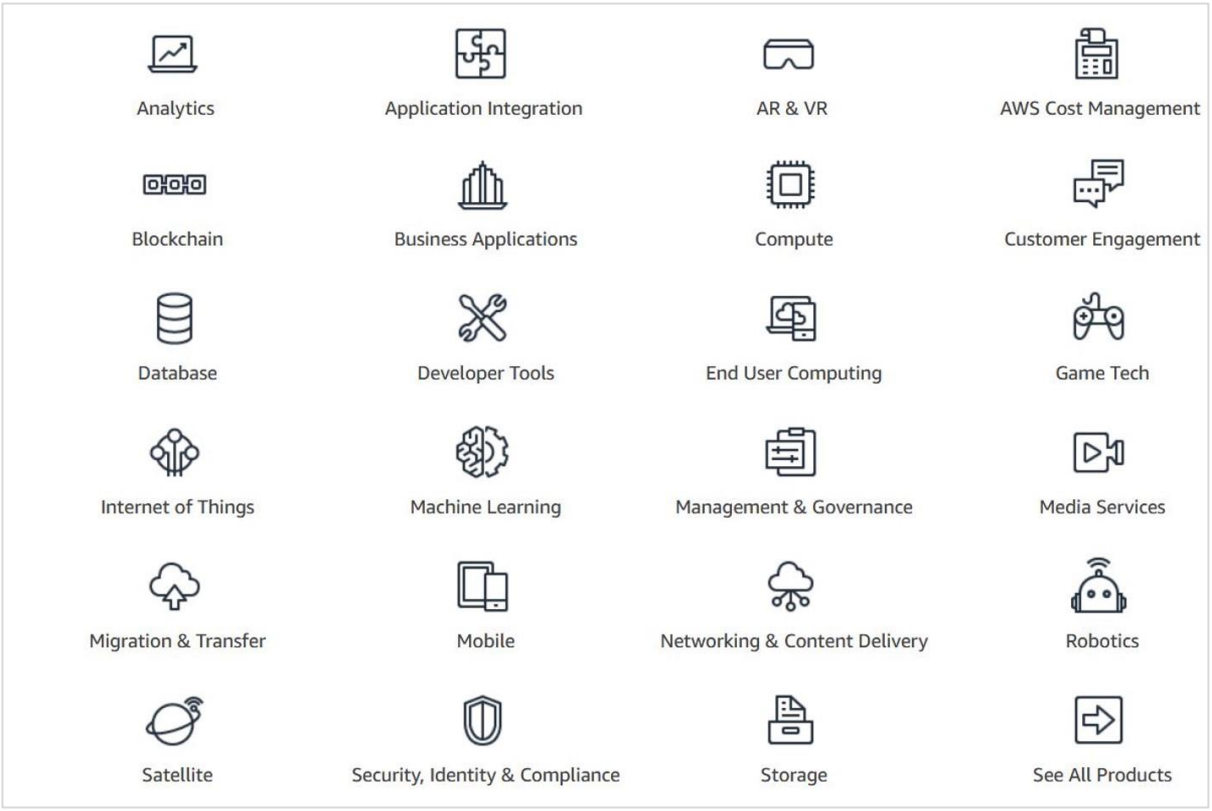
شرکت آمازون یکی از مشهورترین فراهم‌کنندگان سرویس‌های ابری در جهان است. سرویس‌های ابری این شرکت بسیار متنوع بوده و در دسته‌های مختلف قرار می‌گیرند. این سرویس‌ها با نام AWS[1] شناخته می‌شوند. در ادامه این بخش ابتدا دسته‌بندی سرویس‌های ابری این شرکت ارائه شده و چند سرویس شناخته‌شده آن معرفی می‌شود، سپس به بررسی سرویس‌های اینترنت اشیا این شرکت پرداخته می‌شود و در انتها نحوه قیمت‌گذاری این سرویس‌ها ارائه می‌گردد.

۱۰-۲-۱ سرویس‌های ارائه شده توسط AWS

شرکت آمازون سرویس‌های ابری متعددی در حوزه‌های مختلف علوم کامپیوتر مانند پردازش، ذخیره‌سازی، تحلیل داده، پایگاه داده، اینترنت اشیا، یادگیری ماشین، زنجیره بلوکی و ... ارائه می‌کند. نمایی از سرویس‌های ارائه‌شده توسط AWS در شکل ۱۰-۱ نشان داده شده است. در ادامه به شرح مختصری از تعدادی از سرویس‌های معروف AWS پرداخته می‌شود و در بخش بعد سرویس‌های اینترنت اشیاء این شرکت مورد بررسی قرار می‌گیرند.

[1] Amazon Web Services

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۱-۱۰ دسته‌بندی سرویس‌های ارائه‌شده توسط AWS [185]

- سرویس‌های پردازشی

یکی از معروف‌ترین سرویس‌های پردازشی AWS سرویس Amazon EC2[1] است. این سرویس، یک سرویس IaaS است که امکان بهره‌گیری از قدرت محاسباتی ابر به‌صورت امن و مقیاس‌پذیر را فراهم می‌کند. سرویس EC2 یک رابط کاربری تحت وب ساده دارد که با استفاده از آن، به‌راحتی می‌توان منابع را پیکربندی نموده و برای رسیدن به بهترین کارایی از آنها استفاده کرد. کاربران EC2 به‌راحتی و بدون نیاز به درگیر شدن با زیرساخت، سخت‌افزار و نرم‌افزار محاسبات ابری، می‌توانند از سرویس پردازشی متناسب با میزان نیاز خود استفاده کنند. EC2 به‌طور کامل انعطاف‌پذیر و قابل‌کنترل است و با دیگر سرویس‌های AWS ادغام شده و قابل مدیریت است. این سرویس از امنیت و پایداری برخوردار است و بر اساس منابع تخصیص داده‌شده یا بسته‌های نرم‌افزاری استفاده‌شده، هزینه نهایی را محاسبه و به مشتری اعلام می‌کند [186].

یکی دیگر از سرویس‌های پردازشی AWS، سرویس AWS Lambda است. توسط این سرویس می‌توان کد برنامه کاربردی را با کمک زیرساخت AWS اجرا کرد. این سرویس تمام فعالیت‌های عملیاتی و مدیریتی لازم برای اجرای کد مانند بروزرسانی و نگهداری سرور و سیستم‌عامل، فراهم کردن ظرفیت لازم برای پردازش، اعمال وصله‌های امنیتی به منابع پردازشی و پایش و Log کردن کد را انجام می‌دهد. توسعه‌دهندگانی که از Lambda استفاده می‌کنند فقط کافی است که کد خود را بارگذاری کنند و مشخص کنند که در چه زمانی و چه شرایطی باید کد اجرا شود. Lambda مسئولیت سایر مواردی که برای اجرای کد با دسترسی بالا و بدون مشکل لازم هستند را بر عهده دارد [187].

[1] Amazon Elastic Compute Cloud

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- سرویس‌های ذخیره‌سازی

معروف‌ترین سرویس AWS در بخش ذخیره‌سازی سرویس Amazon S3 است. این سرویس وظیفه ذخیره‌سازی و پشتیبان‌گیری از اطلاعات با پایداری ۹۹.۹۹ درصد را بر عهده دارد. به مشتریان این سرویس، یک رابط کاربری تحت وب تعلق می‌گیرد تا به‌طور ساده اطلاعاتشان را روی سرورهای آمازون ذخیره‌سازی و نگهداری کنند. کسب‌وکارها می‌توانند از S3 برای ذخیره‌سازی اطلاعات حساس اصلی خود استفاده کنند، همچنین می‌توانند اطلاعات پشتیبان‌گیری و بازیابی بحرانی خود را روی آن ذخیره کنند. علاوه‌براین، کسب‌وکارها می‌توانند برنامه‌های کاربری خودشان را به‌طور مستقیم به S3 متصل کنند تا اطلاعات تولیدی توسط نرم‌افزارها مستقیم روی این سرویس ذخیره شوند و بعدها توسط برنامه‌های کاربردی دیگر مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گیرند [188].

- سرویس‌های تحلیل داده

یکی از سرویس‌های تحلیل داده ارائه‌شده توسط AWS سرویس Amazon Kinesis است. این سرویس، جمع‌آوری، پردازش و تحلیل داده‌های بی‌درنگ[1] و جریان‌سازی‌شده[2] را آسان می‌کند، در نتیجه با استفاده از آن می‌توان به اطلاعات جدید سریع‌تر واکنش نشان داده و بر اساس آنها به‌سرعت تصمیمات لازم را اتخاذ کرد. با استفاده از Amazon Kinesis، می‌توان داده‌های بی‌درنگ مانند ویدئو، صدا، Log برنامه‌های کاربردی، جریان کلیک‌های وب‌سایت و داده‌های اندازه‌گیری‌شده توسط IoT را برای تحلیل، یادگیری ماشین و سایر کاربردها آماده‌سازی کرد. Kinesis می‌تواند در طول جریان‌سازی داده، داده‌ها را پردازش و تحلیل کند و نیازی نیست که منتظر بمانیم تا تمام دادهِ جمع‌آوری‌شده، دریافت شود و سپس پردازش شروع گردد [189].

- سرویس‌های پایگاه داده

ابر AWS سرویس‌های پایگاه داده مختلفی را ارائه می‌کند. سرویس‌های Aurora و DynamoDB نمونه‌هایی از سرویس‌های پایگاه داده آن هستند. سرویس Amazon Aurora یک موتور پایگاه داده ترکیبی از MySQL و PostgreSQLاست. این سرویس سرعت و دسترس‌پذیری بالای پایگاه‌های داده تجاری را با سادگی و کارآمدی پایگاه داده‌های متن‌باز ترکیب می‌کند. سرویس Amazon Aurora پنج برابر سریع‌تر از پایگاه داده‌های MySQL استاندارد و سه برابر سریع‌تر از پایگاه داده PostgreSQL است. این سرویس، امنیت، دسترس‌پذیری و قابلیت اطمینان پایگاه داده‌های تجاری را با پرداخت یک دهم هزینه آنها فراهم می‌کند.

سرویس DynamoDB یک پایگاه داده سند محور[3] با قابلیت ذخیره‌سازی داده‌ها به صورت کلید–مقدار[4] را فراهم می‌کند که کارایی آن در مقیاس‌های بزرگ در حد تأخیر چند میلی‌ثانیه است. این پایگاه داده می‌تواند بیش از ۱۰ تریلیون درخواست در روز را مدیریت کند. این پایگاه داده می‌تواند در کاربردهایی مانند IoT که نیاز به دسترسی به حجم زیادی از داده‌ها با تأخیر کم دارند، مورد استفاده قرار گیرد [190].

- سرویس‌های یادگیری ماشین

یکی از سرویس‌های یادگیری ماشین آمازون سرویس Amazon SageMaker است. این سرویس یک سکوی کاملاً مدیریت شده است که به توسعه‌دهندگان و دانشمندان داده این امکان را می‌دهد که بتوانند به‌سرعت و به‌راحتی مدل‌های یادگیری ماشین را در هر مقیاس بسازند و آنها را آموزش و استقرار دهند. از آنجایی که فرآیند ساخت و آموزش مدل‌های یادگیری ماشین و سپس استقرار آنها در محصول، پیچیده و کند است، استفاده از یادگیری ماشین برای توسعه‌دهندگان بسیار دشوار است. در این فرآیند ابتدا لازم است داده‌های آموزشی جمع‌آوری و آماده‌سازی شوند،

[1] Real-Time
[2] Streaming
[3] Document Database
[4] Key-Value

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

سپس باید الگوریتمی که برای کاربرد مورد نظر مناسب‌تر است تشخیص داده شده و انتخاب شود و پس از آن باید از طریق آموزش به مدل یاد داده شود که چگونه پیش‌بینی را انجام دهد که این فرآیند به قدرت محاسباتی بالایی نیاز دارد. پس از آموزش، لازم است مدل به گونه‌ای تنظیم شود که بهترین پیش‌بینی‌های ممکن را انجام دهد. پس از انجام این مراحل لازم است مدل به برنامه کاربردی اضافه شود و برنامه‌کاربردی در یک زیرساخت مقیاس‌پذیر استقرار یابد. کل این فرآیند نیازمند وجود تخصص لازم، دسترسی به منابع کافی برای پردازش و ذخیره‌سازی و زمان زیادی برای اجرا و بهینه‌سازی دارد. Amazon SageMaker این پیچیدگی‌ها را تا حد زیادی کاهش می‌دهد. این سرویس شامل ماژول‌هایی برای ساخت، آموزش و استقرار مدل‌های یادگیری ماشین است که می‌توانند در کنار هم یا به‌صورت مستقل از هم مورد استفاده قرار گیرند [191].

- سرویس‌های مدیریتی

سرویس‌های CloudWatch و CloudTrail دو نمونه از سرویس‌های مدیریتی AWS هستند. سرویس CloudWatch یک سرویس پایش و مدیریت است که برای توسعه‌دهندگان، اپراتورهای برنامه کاربردی و مدیران IT ساخته شده است. CloudWatch داده‌های عملیاتی و نظارتی سیستم (Logها، رویدادها و ...) را جمع‌آوری می‌کند و با فراهم کردن دید جامعی از منابع، برنامه‌های کاربردی و سرویس‌های که روی ابر AWS اجرا می‌شوند، به کاربران خود کمک می‌کند تا بر عملکرد برنامه‌های کاربردی خود نظارت داشته، متوجه تغییرات عملکرد سیستم شده و واکنش مناسبی در برابر آنها داشته باشند، به‌طور بهینه از منابع سیستم استفاده کنند و دید کلی از وضعیت سلامت سیستم به دست آورند.

AWS CloudTrail سرویسی است که تمام فراخوانی‌های AWS API حساب کاربریِ کاربر را ثبت می‌کند و فایل‌های Log آن را در اختیار کاربر می‌گذارد. اطلاعات ثبت شده شامل هویت فراخوانی‌کننده API، زمان فراخوانی، آدرس IP فراخوانی‌کننده، پارامترهای درخواست و پاسخ ارسال‌شده از سرویس AWS است [192].

۲-۲-۱۰ سرویس‌های اینترنت اشیاء آمازون

شرکت آمازون سرویس‌های متعددی در حوزه اینترنت اشیا ارائه می‌دهد که این سرویس‌ها در زیرمجموعه راهکارهای AWS IoT این شرکت قرار می‌گیرند. سرویس‌هایی مانند FreeRTOS و Greengrass سرویس‌های لبه شبکه هستند. این سرویس‌ها به کاربران این امکان را می‌دهند که تجهیزات خود را با امنیت بالا متصل کنند، داده‌ها را جمع‌آوری کرده و به‌صورت محلی (حتی در صورت قطع بودن اینترنت) پردازش کنند و بر اساس پردازش انجام شده فعالیت‌های هوشمندانه‌ای انجام دهند. همچنین AWS IoT با ارائه سرویس‌های ابری شامل AWS IoT Core، IoT Device Management و IoT Device Defender به کاربران کمک می‌کند تا به سرعت بتوانند انواع مختلف تجهیزات خود را به ابر متصل کنند و سلامتی تجهیزات را حفظ کرده و آنها را ایمن نگه دارند. یکی دیگر از سرویس‌های AWS IoT سرویس AWS IoT Analytics است که برای تحلیل داده‌های اینترنت اشیا استفاده می‌شود. این سرویس، با سرویس‌های Amazon QuickStart (برای مصورسازی داده) و Amazon SageMaker (سرویس یادگیری ماشین)، همکاری دارد [193]. در ادامه این سرویس‌ها با جزئیات بیشتر مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱-۲-۲-۱۰ Amazon FreeRTOS

Amazon FreeRTOS یک سیستم‌عامل برای میکروکنترلرها ارائه می‌دهد که برنامه‌ریزی، ارتباطات و مدیریت تجهیزات کم‌انرژی موجود در لبه شبکه را آسان می‌کند. یک میکروکنترلر (MCU) تراشه‌ای شامل یک پردازنده ساده است که در بسیاری از تجهیزات مانند لوازم خانگی، ابزارهای پیگیری تناسب اندام، اتوماسیون صنعتی، اتومبیل‌ها و ... به کار می‌رود. بسیاری از این

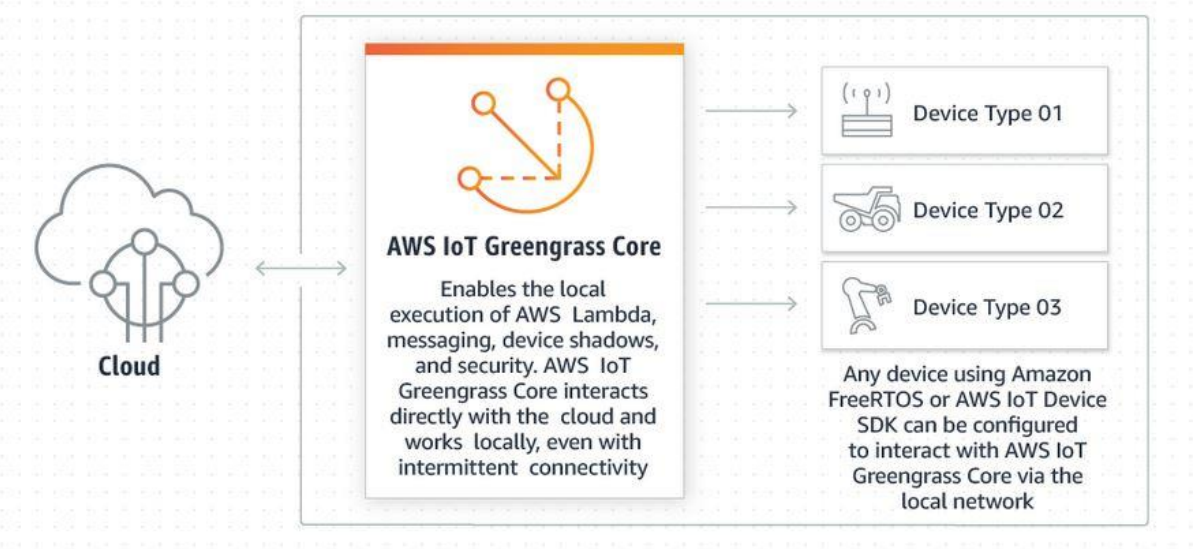
DOI: 10.30503/nripress.2020.298

دستگاه‌ها در صورت اتصال به ابر می‌توانند از مزایای زیادی بهره‌مند شوند. برای مثال، کنتورهای هوشمند می‌توانند به ابر متصل شوند و میزان مصرف خود را گزارش کنند. میکروکنترلرها توان محاسباتی و ظرفیت حافظه کمی دارند و به طور معمول کارهای ساده‌ای را انجام می‌دهند. سیستم‌عامل‌هایی که برای میکروکنترلرها ارائه شده‌اند اغلب امکاناتی برای اتصال به ابر ندارند و این مسئله، چالشی برای اینترنت اشیا محسوب می‌شود. یکی از سیستم‌عامل‌های متن‌باز محبوب در اینترنت اشیا سیستم‌عامل FreeRTOS است. Amazon FreeRTOS هسته سیستم‌عامل FreeRTOS را با افزودن کتابخانه‌های نرم‌افزاری که اتصال دستگاه‌های کم‌انرژی به سرویس‌های ابری AWS مانند سرویس AWS IoT Core را آسان می‌کنند، توسعه داده است. بنابراین با نصب این سیستم‌عامل بر روی میکروکنترلر، می‌توان به راحتی اطلاعات دریافت‌شده توسط تجهیزات را برای AWS ارسال کرد و از سرویس‌های آن بهره‌مند شد [194].

۲-۲-۱۰- AWS IoT Greengrass

این سرویس امکانات AWS را به صورت محلی در لبه شبکه ارائه می‌دهد. به این ترتیب که دستگاه‌های موجود در لبه شبکه می‌توانند از سرویس Greengrass برای تحلیل داده‌هایی که خودشان تولید کرده‌اند، استفاده کنند. با استفاده از این سرویس، دستگاه‌های متصل می‌توانند، توابع AWS Lambda را اجرا کنند، بر اساس مدل‌های یادگیری ماشین، پیش‌بینی‌هایی را انجام دهند و داده‌های تجهیزات را حتی در زمانی که به اینترنت متصل نیستند با هم هماهنگ[1] کرده و ارتباطات بین آنها را برقرار می‌سازد. همچنین می‌توان این سرویس را به شکلی برنامه‌ریزی کرد که داده‌های تجهیزات را فیلتر کند و فقط اطلاعات مورد نیاز را برای ابر ارسال نماید.

تجهیزاتی که از توزیع‌های سیستم‌عامل Linux مانند Ubuntu و Raspbian استفاده می‌کنند و معماری‌های Arm یا x86 را پشتیبانی می‌کنند می‌توانند میزبان AWS IoT Greengrass Core باشند. AWS IoT Greengrass Core اجرای محلی کد AWS Lambda، پیام‌رسانی، cache کردن داده‌ها و امنیت را بر عهده دارد. تجهیزاتی که AWS IoT Greengrass Core را اجرا می‌کنند نقش هاب را بر عهده دارند و می‌توانند با سایر دستگاه‌ها که سیستم‌عامل Amazon FreeRTOS را اجرا می‌کنند یا AWS IoT Device SDK روی آنها نصب است، ارتباط برقرار کنند [195].



شکل ۲-۱۰ نمایی از AWS Greengrass [195]

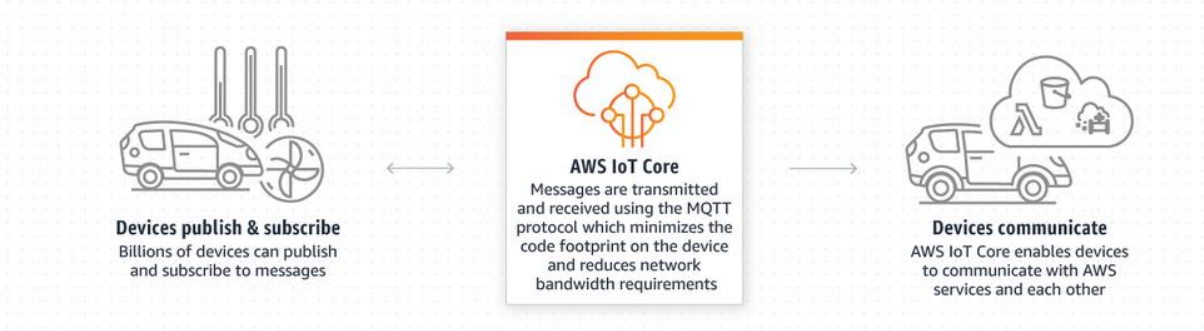
[1] Sync

۳-۲-۲-۱۰ سرویس AWS IoT Core

سرویس AWS IoT Core یک سرویس ابری مدیریتی است که امکان اتصال ساده و امن دستگاه‌ها و برقراری ارتباط آنها با ابر و سایر دستگاه‌ها را فراهم می‌کند. این سرویس از اتصال چند بیلیون دستگاه و تبادل چند تریلیون پیام پشتیبانی می‌کند و می‌تواند این پیام‌ها را با امنیت و قابلیت اطمینان بالا به مقصد برساند. به‌طورکلی وظایف این سرویس به شرح زیر است:

- اتصال و مدیریت دستگاه‌ها

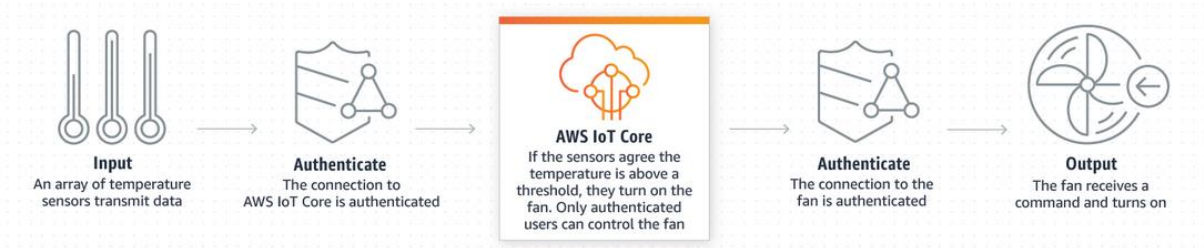
سرویس AWS IoT Core از پروتکل‌های HTTP، WebSocket و MQTT پشتیبانی می‌کند. MQTT یک پروتکل تبادل پیام سبک است که به طور خاص برای شبکه‌های ارتباطی ناپایدار و با پهنای باند کم طراحی شده است. این پروتکل از الگوی انتشار–اشتراک[1] بهره می‌برد و نقش مهمی در دنیای اینترنت اشیا ایفا می‌کند. سرویس AWS IoT Core همچنین از پروتکل‌های استاندارد صنعتی دیگر نیز پشتیبانی می‌کند و با استفاده از آن دستگاه‌هایی که از پروتکل‌های مختلف استفاده می‌کنند نیز می‌توانند با هم ارتباط برقرار کنند (شکل ۳–۱۰).



شکل ۳–۱۰ اتصال و مدیریت دستگاه‌ها در AWS IoT core [196]

- تضمین امنیت ارتباطات و داده‌ها

سرویس AWS IoT Core امکان احراز هویت و رمزنگاری انتها به انتها را در تمام ارتباطات فراهم می‌کند، به‌این‌ترتیب هیچ داده‌ای بدون تأیید هویت بین دستگاه‌ها و AWS IoT Core مبادله نمی‌شود. علاوه‌براین، می‌توان با تعریف سطح دسترسی و قوانین امنیتی، دسترسی به دستگاه‌ها و برنامه‌ها را ایمن کرد (شکل ۴–۱۰).



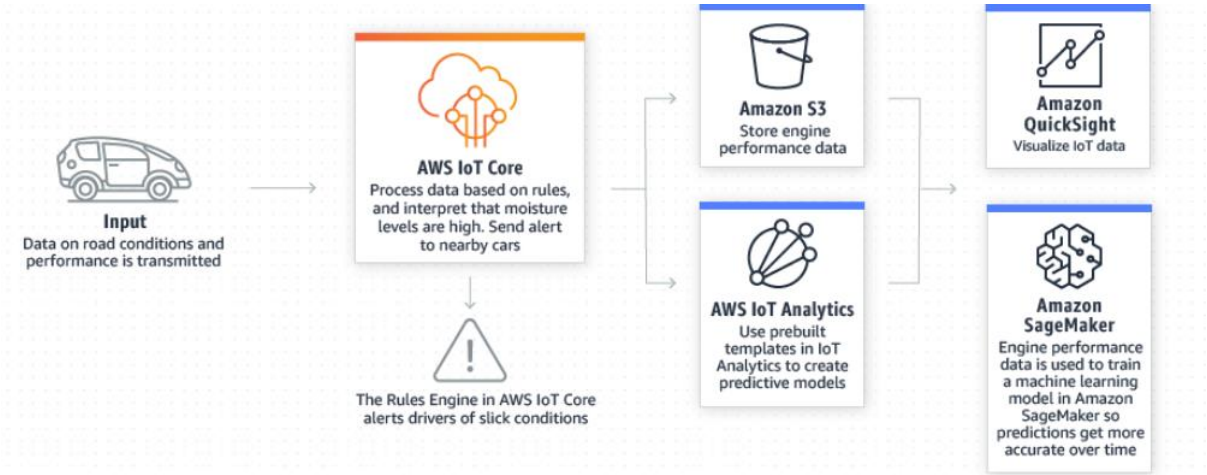
شکل ٤–۱۰ تضمین امنیت ارتباطات و داده‌ها در AWS IoT core [196]

- پردازش و تصمیم‌گیری بر اساس داده‌های جمع‌آوری‌شده از تجهیزات

با استفاده از AWS IoT Core می‌توان بر اساس قوانین کسب‌وکاری که کاربر تعریف می‌کند، داده‌های تبادل شده بین دستگاه‌ها را فیلتر کرد یا متناسب با آنها عملیات مشخصی را انجام داد. AWS IoT Core استفاده از سرویس‌های دیگر AWS مانند AWS Lambda، Amazon Kinesis، Amazon S3، Amazon DynamoDB، Amazon

[1] Publish-Subscribe

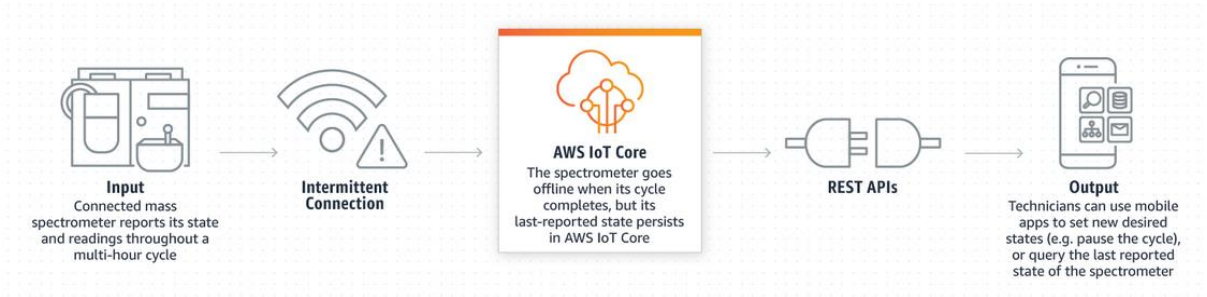
CloudWatch را آسان کرده و با استفاده از ترکیبی از سرویس‌ها متناسب با کاربرد مورد نظر به پردازش و تصمیم‌گیری و انجام عملیات مناسب کمک می‌کند (شکل ۵-۱۰).



شکل ۵-۱۰ پردازش داده تجهیزات و انجام عملیات مناسب در AWS IoT core [196]

- بررسی و تنظیم وضعیت دستگاه در هر زمان

سرویس AWS IoT Core آخرین وضعیت هر دستگاه متصل را ذخیره می‌کند و می‌توان وضعیت هر دستگاه را در هر زمان خواند یا مقدار جدیدی برای آن تنظیم کرد، همچنین با بررسی مداوم وضعیت دستگاه‌ها آنها را پایش کرد و از سلامت کارکرد آنها اطلاع یافت. علاوه‌براین می‌توان در زمانی که دستگاه متصل نیست به آخرین وضعیت ذخیره‌شده آن دسترسی پیدا کرد و وضعیت جدیدی برای آن تنظیم کرد که به محض متصل شدن دستگاه این وضعیت جدید در آن اعمال می‌شود (شکل ۶-۱۰) [196].



شکل ٦-۱۰ خواندن و تغییر وضعیت تجهیزات در هر زمان توسط AWS IoT core [196]

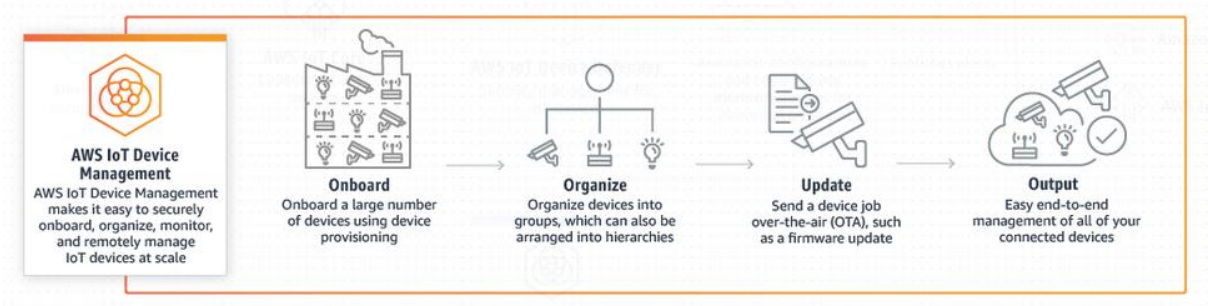
۱۰-۲-۲-۴ سرویس AWS IoT Device Defender

سرویس AWS IoT Device Defender یک سرویس مدیریتی است که به تأمین امنیت دستگاه‌های IoT کمک می‌کند. این سرویس به طور مداوم تنظیمات تجهیزات موجود در شبکه را با تنظیماتی که ما برای تجهیزات به عنوان شرایط نرمال تعریف کرده‌ایم، مطابقت می‌دهد و در صورت تفاوت پیام هشدار ارسال می‌کند. این سرویس، به نگهداری و اعمال پیکربندی‌های IoT مانند اطمینان از هویت دستگاه، احراز هویت و بررسی مجوز دسترسی تجهیزات و رمزگذاری داده‌های دستگاه‌ها می‌پردازد. نحوه عملکرد این سرویس در شکل ۷-۱۰ ارائه شده است [197].

شکل ۷-۱۰ سرویس AWS IoT Device Defender [197]

۵-۲-۲-۱۰ سرویس AWS IoT Device Management

از آنجایی که بسیاری از کاربردهای اینترنت اشیا شامل صدها هزار و حتی میلیون‌ها دستگاه هستند، ردیابی، پایش و مدیریت این دستگاه‌ها ضروری است. لازم است از صحت عملکرد و امنیت دستگاه اطمینان حاصل شود، همچنین دسترسی به دستگاه‌ها به طور امن فراهم شده و بتوان بر سلامت دستگاه نظارت داشت و در صورت رخ دادن مشکل، از راه دور عیوب دستگاه را تشخیص داده و رفع کرد. علاوه بر این موارد لازم است بتوان نرم‌افزارها و میان‌افزارها[1] را از راه دور بروزرسانی کرد. سرویس AWS IoT Device Management این وظایف را بر عهده دارد. این سرویس در کنار سرویس AWS IoT Core استفاده می‌شود تا بتوان به‌راحتی دستگاه‌ها را به ابر و سایر تجهیزات متصل و آنها را از راه دور مدیریت کرد. سرویس AWS IoT Device Defender تجهیزات را بازبینی و پایش می‌کند و در صورتی که با چیزی که به عنوان رفتار نرمال هر دستگاه تعریف شده است، تفاوت داشته باشند، پیغام هشدار می‌فرستد. اگر لازم باشد که در صورت وقوع هر هشدار، فعالیتی انجام شود، می‌توان از سرویس AWS IoT Device Management برای تعریف کاری که باید پس از دریافت هشدار انجام شود، استفاده کرد. همچنین می‌توان با استفاده از روش بروزرسانی از راه دور (OTA[2]) دستگاه‌های دارای Amazon FreeRTOS و AWS IoT GreenGrass را بروزرسانی کرد. روش عملکرد این سرویس در شکل ۸-۱۰ نشان داده شده است [198].

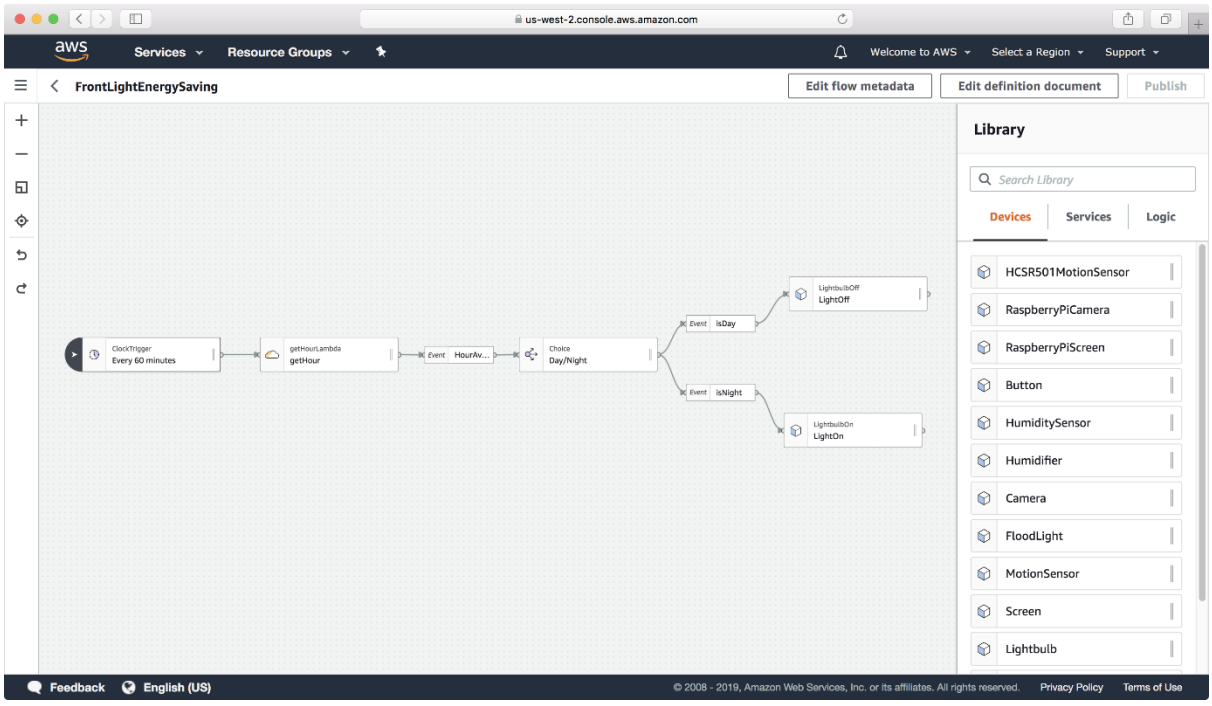


شکل ۸-۱۰ سرویس AWS IoT Device Management [198]

[1] Firmware
[2] Over-The-Air Update

۱۰-۲-۲-۶ سرویس AWS IoT Things Graph

امروزه سیستم‌های کاربردی اینترنت اشیا با استفاده از انواع دستگاه‌ها و سرویس‌های وب ساخته می‌شوند تا طیف گسترده‌ای از وظایف در سناریوهایی مانند خانه‌های هوشمند، اتوماسیون صنعتی و مدیریت انرژی را خودکارسازی کنند. ازآنجایی‌که در حال حاضر استاندارد مشخصی که مورد توافق گسترده قرار گرفته باشد وجود ندارد، برای توسعه‌دهندگان دشوار است که دستگاه‌هایی که توسط شرکت‌های مختلف ساخته شده‌اند را به یکدیگر و به سرویس‌های وب متصل کنند. سرویس AWS IoT Things Graph یک واسط گرافیکی فراهم می‌کند تا کاربران بتوانند به راحتی و با استفاده از drag & drop دستگاه‌ها و سرویس‌های وبی که می‌خواهند به هم متصل شوند را مشخص کنند و این سرویس کدهای ارتباطی مربوطه را فراهم می‌کند. برای مثال، در یک کاربرد تجاری کشاورزی، می‌توان تعاملات بین حسگرهای رطوبت، دما و آبپاش و سرویس ابری آب و هوا را ایجاد کرد تا آبیاری به صورت خودکار انجام شود. در این سرویس، کاربر تجهیزات و سرویس‌ها را از میان مؤلفه‌های قابل استفاده مجدد که مدل نامیده می‌شوند، انتخاب می‌کند. مدل‌ها جزئیات سطح پایین مانند پروتکل‌ها و ... را از دید کاربر پنهان کرده و با استفاده از آنها ساخت یک جریان کاری پیچیده به سادگی قابل انجام است. نمایی از AWS IoT Things Graph در شکل ۹-۱۰ ارائه شده است [199].



شکل ۹-۱۰ سرویس AWS IoT Things Graph [199]

۱۰-۲-۲-۷ سرویس AWS IoT 1-Click

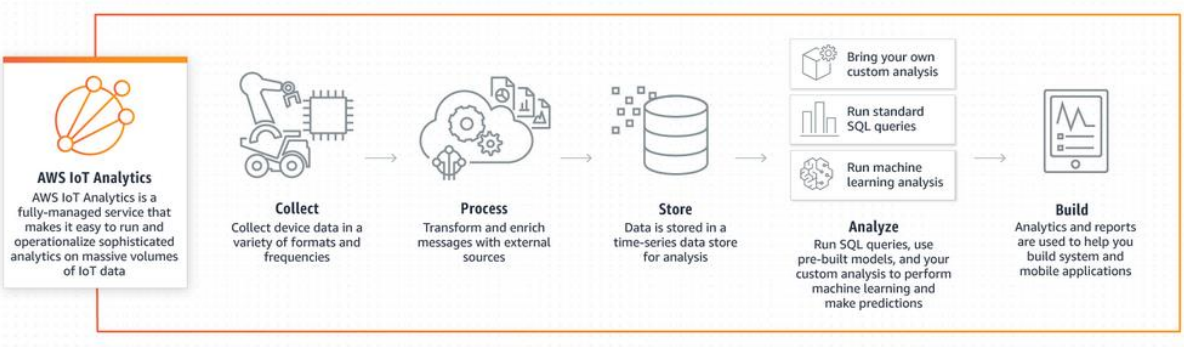
سرویس AWS IoT 1-click به دستگاه‌ها این امکان را می‌دهد که بتوانند توابع AWS Lambda برای اجرای یک کار مشخص را فراخوانی کنند. به کمک این سرویس می‌توان کارهایی مانند اطلاع‌رسانی به پشتیبانی فنی، ردیابی تجهیزات، تدارک مجدد کالاها یا خدمات و گزارش‌گیری از وضعیت سلامت دستگاه‌ها را انجام داد. چگونگی عملکرد این سرویس در شکل ۱۰-۱۰ نشان داده شده است [200].

شکل ۱۰-۱۰ عملکرد سرویس AWS IoT 1-Click [200]

۱۰-۲-۲-۸ سرویس AWS IoT Analysis

با استفاده از سرویس AWS IoT Analysis می‌توان تحلیل‌های پیچیده‌ای بر روی حجم زیاد داده‌های IoT انجام داد. ازآنجایی‌که داده‌های IoT غیرساخت‌یافته هستند، تحلیل آنها با استفاده از ابزارهای هوش تجاری[1] و روش‌های تحلیل سنتی که برای تحلیل داده‌های ساخت‌یافته طراحی شده‌اند، مشکل است.

سرویس AWS IoT Analysis داده‌های IoT را فیلتر کرده، آنها را تبدیل می‌کند و اطلاعات مفیدی از آنها استخراج می‌نماید، سپس آنها را به صورت داده‌های سری زمانی[2] ذخیره می‌کند. می‌توان این سرویس را به شکلی تنظیم کرد که فقط داده‌هایی که مورد نیاز است را از دستگاه‌ها جمع‌آوری کند، سپس با استفاده از تبدیل‌های ریاضی، داده‌ها را پردازش کند و با افزودن فراداده‌های[3] خاص دستگاه‌ها مانند نوع دستگاه تولیدکننده داده و محل جغرافیایی آن داده‌ها را غنی‌تر کرده و سپس آن‌ها را ذخیره نماید. پس از آن می‌توان، با اجرای پرس‌وجوهای موردی یا زمان‌بندی‌شده (با استفاده از موتور پرس‌وجوی SQL) تحلیل‌های مقدماتی را انجام داد یا از روش‌های یادگیری ماشین برای تحلیل‌های پیچیده‌تر استفاده کرد [201].



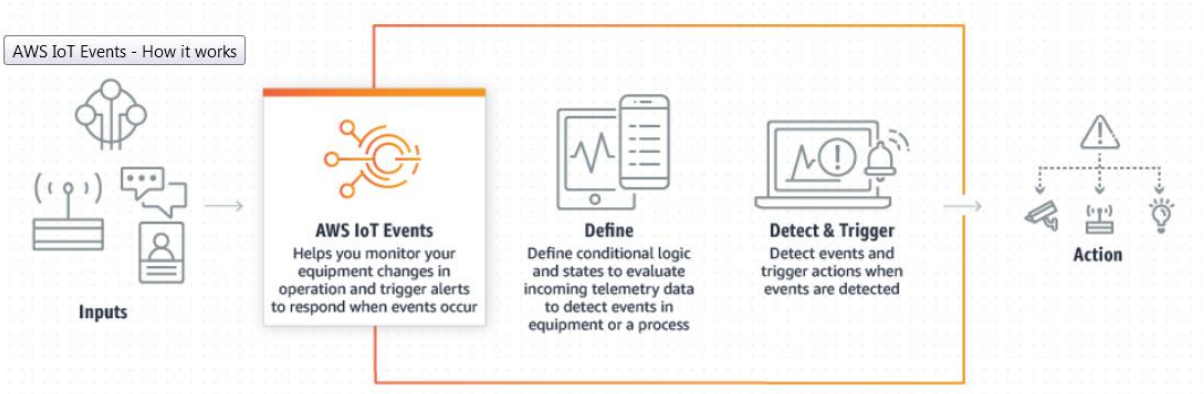
شکل ۱۰-۱۱ سرویس AWS IoT Analysis [201]

۱۰-۲-۲-۹ سرویس AWS IoT Events

سرویس AWS IoT Events تشخیص و پاسخ به رویدادهای حسگرها و برنامه‌های کاربردی IoT را آسان می‌کند. رویدادها الگوهای داده‌ای هستند که شرایط پیچیده و غیرطبیعی را شناسایی می‌کنند. تشخیص اینکه در یک تجهیز یکی از تسمه‌ها گیر کرده است یا تشخیص حرکت با دریافت سیگنال‌های حرکتی برای فعالسازی دوربین‌های امنیتی و روشن کردن چراغ‌ها نمونه‌هایی از رویدادها هستند. بدون استفاده از سرویس IoT Events لازم است برای تشخیص رویدادها برنامه‌ی پیچیده‌ای نوشته شود که داده‌ها را جمع‌آوری کرده و بر اساس قوانین منطقی تعریف شده در برنامه رویدادها را تشخیص دهد و سپس کد

[1] Business Intelligence
[2] Time-Series Data
[3] Metadata

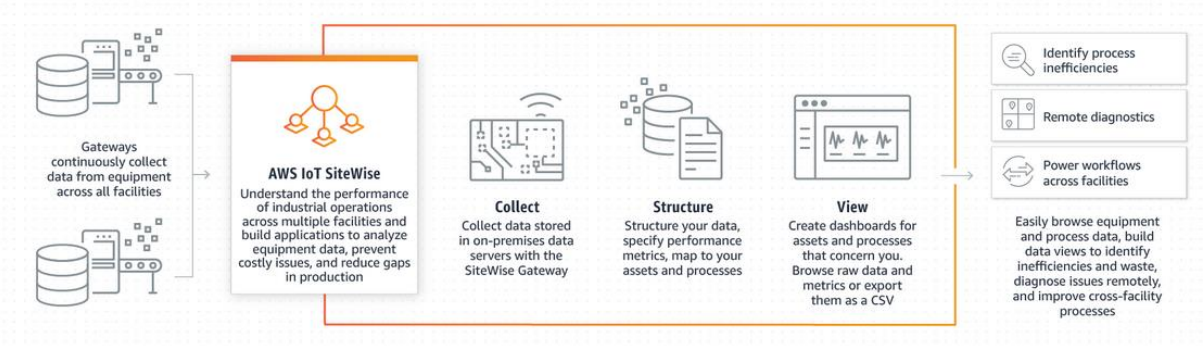
دیگری برای واکنش در برابر رویداد را فراخوانی کند. با استفاده از سرویس IoT Events تشخیص رویدادها در بین داده‌هایی که هزاران حسگر IoT می‌فرستند، ساده‌تر شده است. به‌این‌ترتیب که کاربر به‌سادگی منابع داده مربوط به کاربرد خود را انتخاب کرده و برای هر رویداد به‌سادگی با استفاده از "if-then-other" منطق مشخصی تعریف می‌کند و نوع هشدار یا کاری که در زمان وقوع رویداد باید انجام شود را مشخص می‌نماید. IoT Events بطور مداوم داده‌های دریافتی از حسگرها و برنامه‌های کاربردی IoT را رصد می‌کند و با استفاده از سایر سرویس‌ها مانند AWS IoT Core و AWS IoT Analytics امکان تشخیص زودهنگام رویدادها را فراهم می‌نماید، همچنین به طور خودکار هشدارها و اقدامات تعریف‌شده را در پاسخ به رویدادها فعال می‌کند. طرز عملکرد این سرویس در شکل ۱۲-۱۰ نشان داده شده است [202].



شکل ۱۲-۱۰ سرویس AWS IoT Events [202]

۱۰-۲-۲-۱۰ سرویس AWS IoT SiteWise

سرویس AWS IoT SiteWise جمع‌آوری و سازماندهی داده‌های تجهیزات صنعتی در مقیاس بزرگ را آسان می‌کند. با استفاده از این سرویس می‌توان تجهیزات موجود را بررسی و کنترل کرد و عیوب و ضایعات آنها مانند خرابی تجهیزات و فرایندها، ناکارآمدی تولید و نقص در محصولات را شناسایی نمود و کارایی تجهیزات صنعتی را افزایش داد. IoT SiteWise با ارائه نرم‌افزاری که بر روی دروازه اجرا می‌شود، فرایند جمع‌آوری و سازماندهی داده‌های تجهیزات صنعتی را خودکار می‌کند. این دروازه با امنیت بالا به سرورهای داده محلی سایت صنعتی متصل شده، داده‌ها را جمع‌آوری کرده و به AWS Cloud ارسال می‌کند. نحوه عملکرد این سرویس در شکل ۱۳-۱۰ ارائه شده است [203].



شکل ۱۳-۱۰ سرویس AWS IoT SiteWise [203]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۳-۲-۱۰ هزینه و نحوه استفاده از سرویس‌ها

تمام سرویس‌های ارائه شده توسط AWS به دقت مستندسازی شده‌اند و نحوه استفاده از آنها برای کاربران کاملاً مشخص است. کتابچه راهنمای استفاده از هر سرویس از وب‌سایت این شرکت قابل دریافت است.

AWS برای قیمت‌گذاری سرویس‌های خود روش پرداخت به اندازه استفاده (pay-as-you-go) را به کار می‌برد. به‌این‌ترتیب که قرارداد طولانی‌مدت یا مجوز پیچیده‌ای برای استفاده از آن مورد نیاز نیست و هر فردی به اندازه‌ای که نیاز دارد، از سرویس استفاده می‌کند و به همان اندازه قیمت خدمات برای او محاسبه می‌شود. درواقع سیستم قیمت‌گذاری AWS مشابه روش پرداخت قبض‌های آب و برق است که صورتحساب بر اساس میزان مصرف صادر می‌شود. در برخی از سرویس‌ها مانند سرویس ذخیره‌سازی AWS S3 با افزایش مصرف می‌توان تخفیف‌هایی دریافت کرد، به این معنا که هر چقدر حجم بیشتری مصرف کنید بهای کمتری برای هر گیگابایت هزینه می‌کنید.

سه نوع راهکار استفاده رایگان از خدمات AWS وجود دارد: همیشه رایگان، ۱۲ ماه رایگان و استفاده آزمایشی. سرویس‌های همیشه رایگان هیچ‌گاه منقضی نمی‌شوند اما محدودیت‌هایی برای میزان استفاده دارند. تعدادی از سرویس‌های همیشه رایگان AWS به شرح زیر هستند:

- سرویس Amazon DynamoDB (استفاده به میزان 25GB)
- سرویس AWS Lambda (تا هزار درخواست در ماه)
- سرویس Amazon CloudWatch (با قابلیت تعریف ۱۰ معیار و هشدار)

سرویس‌های ۱۲ ماه رایگان در طول یک سال قابل استفاده هستند و پس از آن منقضی میشوند. تعدادی از این سرویس‌ها عبارتند از:

- سرویس Amazon EC2 (امکان استفاده تا ۷۵۰ ساعت)
- سرویس Amazon S3 (امکان استفاده تا 5GB)
- سرویس AWS IoT Greengrass (امکان استفاده تا ۳ تجهیز)
- سرویس AWS IoT Device Management (تا ۵۰ action در ماه)
- سرویس AWS IoT Events (تا ۲۵۰۰ پیام در ماه)

سرویس‌های آزمایشی در مدت زمان کوتاهی قابل استفاده هستند. نمونه‌هایی از این سرویس‌ها به شرح زیر است:

- سرویس Amazon SageMaker (۲۵۰ ساعت به مدت ۲ ماه)
- سرویس Amazon QuickSite (به میزان 1GB در مدت ۲ ماه و برای ۴ کاربر)

در حال حاضر به علت تحریم‌های آمریکا استفاده از سرویس‌های آمازون برای کاربران ایرانی مسدود است [204].

۳-۱۰ ابر مایکروسافت (Azure)

سکوی رایانش ابری مایکروسافت برای اولین بار در سال ۲۰۱۰ با نام Windows Azure معرفی شد و در سال ۲۰۱۴ به Microsoft Azure تغییر نام داد. Microsoft Azure سرویس‌های مختلفی در سطوح زیرساخت به عنوان سرویس (IaaS)، سکو به عنوان سرویس (PaaS) و نرم‌افزار به عنوان سرویس (SaaS) ارائه می‌دهد و از بسیاری از زبان‌های برنامه‌نویسی، ابزارها چارچوب‌های توسعه داده شده توسط مایکروسافت یا شرکت‌های دیگر پشتیبانی می‌کند. در ادامه به بررسی سرویس‌های ابری Azure پرداخته می‌شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۰-۳-۱ سرویس‌های ارائه‌شده توسط Azure

سرویس‌های متعددی در حوزه‌های مختلف فناوری اطلاعات توسط Azure ارائه می‌شوند. نمایی از دسته‌بندی کلی این سرویس‌ها در شکل ۱۴–۱۰ نشان داده شده است. تعدادی از مهم‌ترین سرویس‌های Azure عبارتند از:

- سرویس‌های اینترنت اشیا

با استفاده از این سرویس‌ها می‌توان با اتصال تجهیزات و حسگرها داده‌های تولیدشده توسط آنها را جمع کرده و از تحلیل این داده‌ها، اطلاعات و دانش برای بهبود کنترل و پایش و انجام عملیات پیشگیرانه به دست آورد. سرویس‌های اینترنت اشیاء Azure در بخش ۳–۳–۲ مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

- سکوی هوش مصنوعی

سرویس‌های هوش مصنوعی Azure شامل سرویس‌های یادگیری ماشین، داده‌کاوی، تشخیص صدا، پردازش زبان‌های طبیعی و بینایی ماشین است.

- سرویس‌های توسعه و آزمون نرم‌افزار

سرویس dev-test محیطی برای توسعه و آزمون نرم‌افزار فراهم می‌کند. به کمک این سرویس می‌توان با انتخاب زبان برنامه‌نویسی دلخواه، نرم‌افزارهایی را توسعه داد و آنها را بر روی سکوهای متفاوت مانند ویندوز، لینوکس، اندروید و iOS اجرا و آزمون کرد.

- سرویس‌های هوش تجاری[1]

با استفاده از این سرویس‌ها می‌توان داده‌های سازمان را به نحوی به اطلاعات تبدیل کرد که بتوانند پشتیبان مناسبی برای تصمیم‌گیری‌ها باشند. این سرویس‌ها کمک می‌کنند تا بینش عمیق‌تری نسبت به داده‌ها به دست آید و تصمیم‌گیری‌ها به صورت آگاهانه‌تر صورت گیرند.

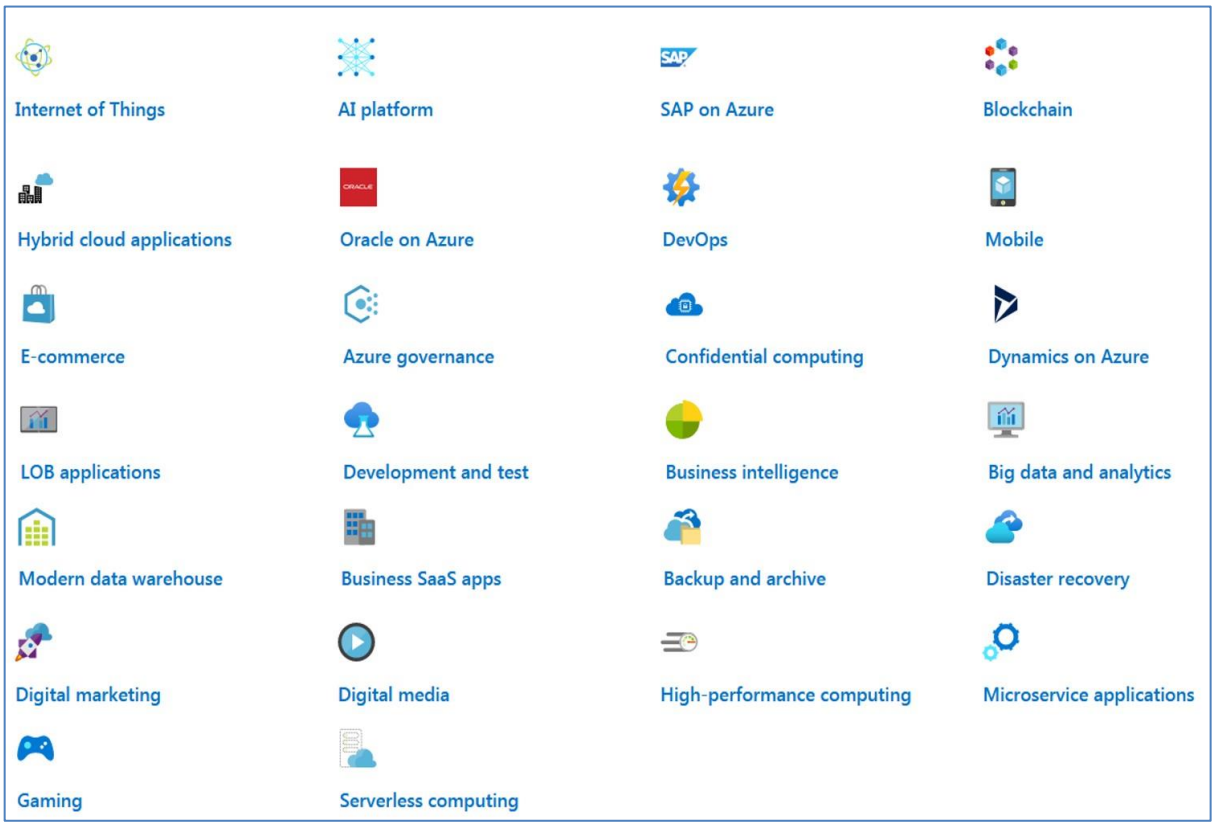
- سرویس‌های تحلیل کلان‌داده

این سرویس‌ها برای تحلیل بی‌درنگ حجم زیادی از داده‌ها به‌کار می‌روند. این حجم زیاد داده می‌تواند از شبکه‌های اجتماعی یا حسگرهای اینترنت اشیا و ... حاصل شود. تحلیل کلان‌داده‌ها نیازمند به‌کارگیری روش‌های خاص مانند استفاده از Hadoop یا Spark است. با تحلیل این داده‌ها، اطلاعات زیادی از آنها استخراج می‌شود که می‌توانند منجر به تصمیم‌گیری‌های پیش‌گویانه و کل‌نگر شوند.

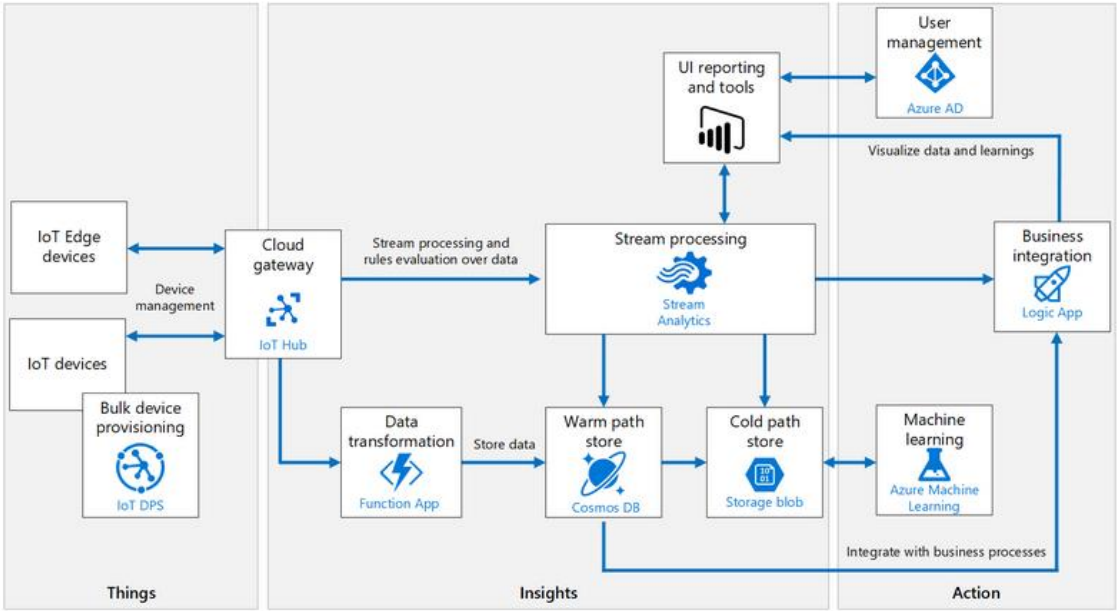
۱۰-۳-۲ سرویس‌های اینترنت اشیاء Azure

معماری مرجع Azure برای اینترنت اشیا در شکل ۱۵–۱۰ ارائه شده است. این معماری از سه بخش اصلی things (اشیا)، insights (بینش‌ها) و actions (اقدامات) تشکیل شده است. کاربردهای اینترنت اشیا را می‌توان به صورت اشیا (دستگاه‌هایی) که داده تولید می‌کنند در نظر گرفت. با استفاده از این داده‌ها، بینش‌ها تولید می‌شوند و با توجه به بینش‌های به دست آمده، اقداماتی برای بهبود فرآیندها صورت می‌گیرد. به‌عنوان مثال می‌توان موتوری (شیء) را در نظر گرفت که داده‌های دما را ارسال می‌کند. از این داده‌ها برای ارزیابی اینکه آیا موتور مطابق آنچه انتظار می‌رود کار می‌کند یا خیر (بینش) استفاده می‌شود. از بینش به دست آمده برای اولویت‌بندی و برنامه‌ریزی برای نگهداری موتور (اقدامات) استفاده می‌شود.

[1] Business Intelligence



شکل ۱۴-۱۰ دسته‌بندی سرویس‌های ابری Azure [205]



شکل ۱۵-۱۰ معماری مرجع سرویس‌های اینترنت اشیاء Azure [206]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

در معماری سطح بالا، دو روش برای پردازش داده‌های اندازه‌گیری شده وجود دارد: مسیر گرم[1] و مسیر سرد[2]. تفاوت این دو مسیر در الزامات مربوط به تأخیر و دسترسی به داده‌ها است:

- در مسیر گرم داده‌ها تقریباً به‌صورت بی‌درنگ[3] و در زمانی که دریافت می‌شوند، پردازش می‌شوند. در این روش، پردازش داده‌های اندازه‌گیری‌شده باید با تأخیر بسیار کم صورت گیرد. معمولاً مسیر گرم با استفاده از موتور پردازش جریان داده[4] پیاده‌سازی می‌شود. خروجی آن می‌تواند فعال شدن یک پیام هشدار باشد یا با یک فرمت ساخت‌یافته نوشته شود که بتوان با استفاده از ابزارهای تحلیلی روی آن پرس‌وجوهای[5] مختلف را اجرا کرد.
- در مسیر سرد از روش پردازش دسته‌ای برای پردازش داده‌ها استفاده می‌شود. این پردازش در بازه‌های زمانی طولانی‌تر (ساعتی یا روزانه) اجرا می‌شود. معمولاً مسیر سرد در سناریوهایی که حجم داده‌ها زیاد است و نیاز به دریافت نتایج تحلیل به صورت بی‌درنگ نیست، به کار می‌رود. در مسیر سرد، ابتدا داده‌های اندازه‌گیری‌شده خام دریافت می‌شوند و سپس فرآیند پردازش دسته‌ای بر روی آنها انجام می‌شود.

معماری اینترنت اشیاء Azure (شکل ۱۵-۱۰) از مؤلفه‌های مختلفی تشکیل شده است:

- دستگاه‌های اینترنت اشیا

دستگاه‌ها به‌طور امن در ابر ثبت‌نام می‌کنند و می‌توانند برای ارسال و دریافت داده به ابر متصل شوند. بعضی از دستگاه‌ها، از نوع تجهیزات لبه شبکه هستند که بخشی از پردازش داده در آنها صورت می‌گیرد. استفاده از سرویس Azure IoT Edge برای این دستگاه‌ها توصیه می‌شود.

- دروازه ابر

دروازه ابر یک هاب ابری برای دستگاه‌ها فراهم می‌کند تا بتوانند از طریق آن با امنیت بالا به ابر متصل شده و داده ارسال کنند. همچنین دروازه ابر امکان مدیریت دستگاه‌ها شامل کنترل دستگاه‌ها و ارسال فرمان به آنها را فراهم می‌کند. سرویس IoT Hub سرویس پیشنهادی Azure برای استفاده در دروازه ابر است.

- آماده‌سازی دستگاه‌ها

برای ثبت و اتصال مجموعه بزرگی از دستگاه‌ها سرویس IoT Device Provisioning Service (DPS) در Azure در نظر گرفته شده است. DPS امکان ثبت و انتساب دستگاه‌ها به Azure IoT Hubهای مشخص را فراهم می‌کند.

- پردازش جریان داده

بخش پردازش جریان داده، جریان‌های بزرگی از داده‌های ثبت‌شده را تحلیل کرده و قوانینی را از آنها استخراج می‌نماید. سرویس مربوط به پردازش داده Azure Stream Analytics نام دارد.

- تبدیل داده‌ها

بخش تبدیل داده‌ها، جریان‌های داده اندازه‌گیری‌شده را دستکاری کرده یا تجمیع می‌کند. یک نمونه از کارهای آن تبدیل پروتکل است، مثلاً داده‌های باینری را به فرمت JSON تبدیل می‌کند. در صورتی‌که داده‌ها بعد از رسیدن به IoT Hub تبدیل شوند، استفاده از سرویس Azure Functions که امکان یکپارچگی با IoT Hub، Cosmos DB و Blob Storage را دارد، برای تبدیل داده‌ها توصیه می‌شود.

[1] Hot Path
[2] Cold Path
[3] Real-Time
[4] Stream Processing Engine
[5] Query

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- ذخیره‌سازی مسیر گرم

داده‌هایی که لازم است فوراً از دستگاه در دسترس قرار گیرند و برای گزارش‌گیری و مصورسازی[1] مورد استفاده قرار می‌گیرند، را ذخیره می‌کند. سرویس مرتبط با این بخش Azure Cosmos DB است که یک پایگاه داده توزیع‌شده می‌باشد.

- ذخیره‌سازی مسیر سرد

داده‌هایی که برای مدت طولانی‌تری نگهداری می‌شوند را ذخیره می‌کند. این داده‌ها در پردازش دسته‌ای استفاده می‌شوند. سرویس مرتبط با ذخیره‌سازی مسیر سرد Azure Blob Storage نام دارد.

- یادگیری ماشین

این بخش امکان اجرای الگوریتم‌های پیش‌گویانه بر روی داده‌های اندازه‌گیری‌شده تاریخی را فراهم می‌کند و اجرای سناریوهایی مانند نگهداری پیش‌گیرانه تجهیزات را امکان‌پذیر می‌سازد. سرویس مرتبط با این بخش Azure Machine Learning Service نام دارد.

- یکپارچه‌سازی فرآیند تجاری

این بخش بر اساس بینش حاصل از داده‌های به‌دست‌آمده از دستگاه‌ها، اقداماتی را انجام می‌دهد. ذخیره‌سازی پیام‌های اطلاعی، ارسال هشدار، ارسال ایمیل یا SMS نمونه‌هایی از اقدامات این بخش هستند. سرویس Azure Logic Apps مرتبط با این بخش از معماری است.

- مدیریت کاربران

بخش مدیریت کاربران مشخص می‌کند که چه کاربران یا گروه‌هایی می‌توانند کارهای مشخصی مانند بروزرسانی میان‌افزار را انجام دهند و محدودیت‌های دسترسی کاربران را کنترل و مدیریت می‌کند. برای احراز هویت و کنترل دسترسی کاربران سرویس Azure Active Directory پیشنهاد می‌شود [206].

در ادامه این بخش به بررسی سرویس‌های Azure که در بخش‌های مختلف معماری مایکروسافت برای اینترنت اشیا پیشنهاد شده بود، پرداخته می‌شود.

۱-۲-۳-۱۰ سرویس Azure IoT Edge

این سرویس قابل استفاده در دستگاه‌هایی است که در لبه شبکه قرار می‌گیرند. جهت کاهش بار پردازشی ابر و همچنین پاسخگویی سریع به فوریت‌ها، لازم است بخشی از پردازش داده‌ها در لبه شبکه انجام شود. همچنین برای کاهش هزینه پهنای باند و ارسال حجم بسیار بالایی از داده‌های خام، می‌توان داده‌ها را به‌صورت محلی پاک‌سازی و تجمیع کرد و سپس داده‌های حاصل را برای پردازش کامل‌تر به ابر ارسال کرد.

سرویس Azure IoT Edge از سه مؤلفه اصلی به نام‌های IoT Edge Module، IoT Edge Runtime و یک واسط ابری تشکیل شده است. در ادامه هر یک از بخش‌ها شرح داده می‌شوند:

- IoT Edge Module

این بخش شامل Containerهایی است که می‌توانند سرویس‌های Azure، سرویس‌های شخص ثالث یا کدی که توسط کاربر نوشته شده است را اجرا کنند. این ماژول‌ها بر روی دستگاه‌های لبه شبکه قرار می‌گیرند و به‌صورت محلی اجرا می‌شوند. Azure IoT Edge امکان توسعه پردازشگرهای رویداد، راهکارهای یادگیری ماشین، تشخیص تصویر و سایر راهکارهای هوش مصنوعی را بدون اینکه کاربر درگیر پیچیدگی‌های آنها شود، فراهم می‌کند. سرویس‌های Azure مانند Azure Functions، Azure Stream Analytics و Azure Machine Learning

[1] Visualization

می‌توانند توسط Azure IoT Edge مورد استفاده قرار گیرند. همچنین کاربر می‌تواند کدی که توسط خودش نوشته شده است را توسط این سرویس در دستگاه‌های لبه شبکه اجرا کند. Azure IoT Edge از ویندوز و لینوکس پشتیبانی می‌کند و همچنین کدهایی که با زبان‌های Java، .NET Core 2.0، Node.js، C و Python نوشته شده‌اند توسط آن قابل اجرا هستند.

- IoT Edge Runtime

این بخش از IoT Edge عملیات مدیریتی و ارتباطی را بر روی دستگاه اجرا می‌کند. تعدادی از وظایف این بخش به شرح زیر است:

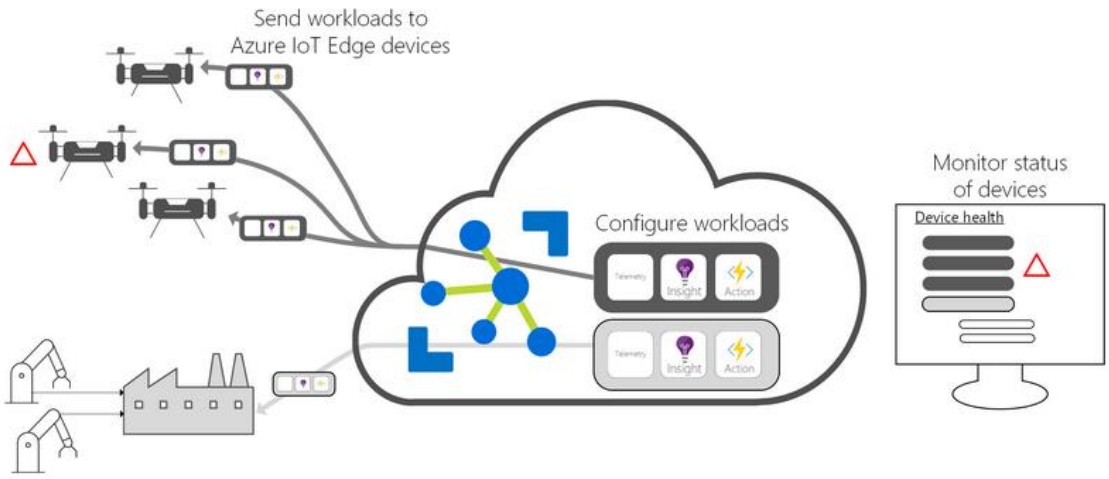
  - نصب و بروزرسانی بارِکاری[1] بر روی دستگاه
  - نگهداری از استانداردهای امنیتی Azure IoT Edge
  - اطمینان از درستی کارکرد IoT Edge Modules
  - گزارش سلامت ماژول‌ها به ابر
  - مدیریت ارتباطات بین دستگاه‌های شبکه و دستگاه لبه، ارتباطات بین ماژول‌های نصب شده روی دستگاه لبه و ارتباطات بین دستگاه لبه و ابر

- واسط ابری

مدیریت چرخه حیات نرم‌افزار برای میلیون‌ها دستگاه IoT که توسط شرکت‌های مختلفی ایجاد شده‌اند و از لحاظ جغرافیایی پراکنده‌اند، کار دشواری است. واسط ابری به حل این مشکلات کمک می‌کند. وظایف واسط ابر عبارتند از:

  - ایجاد و پیکربندی بارِ کاری که بتواند بر روی نوع خاصی از تجهیزات اجرا شود
  - ارسال بارِ کاری بر روی مجموعه‌ای از دستگاه‌ها
  - پایش بارِ کاری که بر روی تجهیزات فیلد اجرا می‌شود

شکل ۱۶-۱۰ نمایی از عملکرد واسط ابری IoT Edge را نشان می‌دهد [207].



شکل ۱۶-۱۰ واسط ابری IoT Edge [207]

[1] Workload

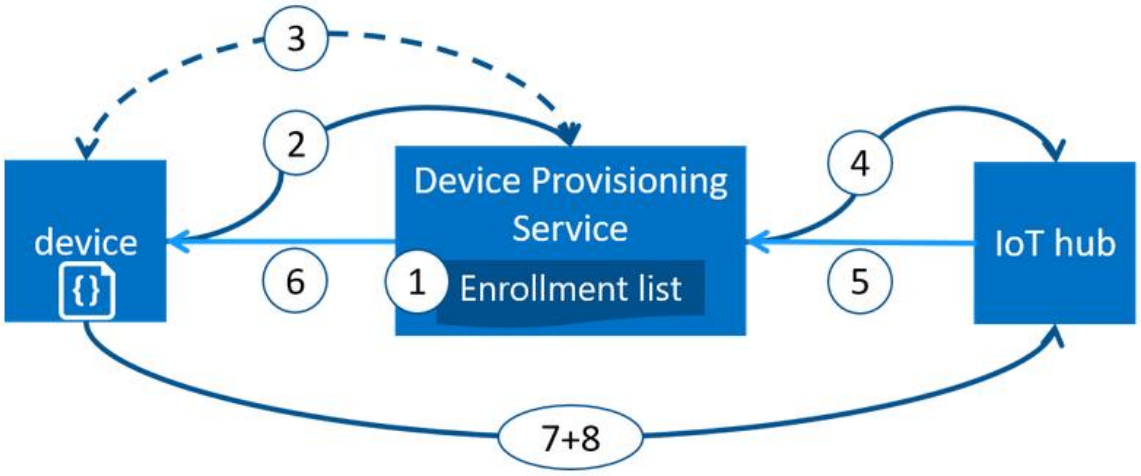
DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲-۲-۳-۱۰ سرویس Azure IoT Hub

IoT Hub یک سرویس مدیریتی است که میزبانی آن بر عهده ابر است و به‌صورت یک هاب مرکزی برای انتقال پیام بین برنامه کاربردی IoT و دستگاه‌های مرتبط با آن عمل می‌کند. این سرویس هم ارتباطات بین دستگاه‌ها و ابر و هم ارتباطات بین ابر و دستگاه را پشتیبانی می‌کند (ارتباطات دوطرفه). IoT Hub الگوهای پیام‌رسانی مختلف مانند انتقال داده‌های اندازه‌گیری‌شده از دستگاه تا ابر، بارگذاری فایل از دستگاه‌ها، پیام‌های درخواست و پاسخ برای کنترل تجهیزات از طریق ابر را پشتیبانی می‌کند. IoT Hub پروتکل‌های HTTPS، AMQP، AMQP over Websockets، MQTT و MQTT over Websockets را پشتیبانی می‌کند [208].

۳-۲-۳-۱۰ سرویس IoT Hub DPS

سرویس IoT Hub DPS[1] یک سرویس کمکی برای سرویس IoT Hub است که فرآیند آماده‌سازی میلیون‌ها دستگاه اینترنت اشیا را به صورت خودکار و بدون نیاز به پیکربندی توسط نیروی انسانی انجام می‌دهد. اتصال دستگاه به یک هاب اینترنت اشیا با کمترین میزان تأخیر، توازن بار بین دستگاه‌های متصل به چند هاب و پیکربندی دستگاه چند نمونه از وظایف IoT Hub DPS هستند. مراحل آماده‌سازی دستگاه در شکل ۱۷-۱۰ نشان داده شده است. مرحله اول به صورت دستی و سایر مراحل به‌صورت انوماتیک انجام می‌شوند.



شکل ۱۷-۱۰ مراحل آماده‌سازی دستگاه توسط سرویس IoT Hub DPS [209]

۱. سازنده دستگاه اطلاعات ثبت دستگاه را به لیست ثبت‌نام موجود در پورتال Azure اضافه می‌کند.
۲. دستگاه به endpoint سرویسِ DPS که در کارخانه تنظیم شده است، متصل می‌شود. دستگاه اطلاعات شناسایی خود را به سرویس DPS ارسال می‌کند تا هویت آن تأیید شود.
۳. سرویس DPS هویت دستگاه را با شناسه و کلید ثبت شده در لیست ثبت‌نام تطبیق می‌دهد و برای شناسایی دستگاه از استاندارد اعتبارسنجی X.509 استفاده می‌کند.
۴. سرویس DPS دستگاه را در یک IoT Hub ثبت کرده و device twin مطلوبی برای آن ایجاد می‌کند. device twinها اسناد JSON هستند که اطلاعات وضعیت دستگاه شامل اطلاعات پیکربندی، وضعیت مطلوب دستگاه و فراداده‌های[2] مرتبط با دستگاه در آنها ذخیره می‌شود. Azure IoT Hub برای هر دستگاهی که به

[1] Device Provisioning Service
[2] Metadata

IoT Hub متصل می‌شود یک device twin نگه می‌دارد. نمونه‌ای از device twin در شکل ۱۸-۱۰ نشان داده شده است.

۵. IoT Hub اطلاعات شناسه دستگاه را به سرویس DPS برمی‌گرداند.

۶. سرویس DPS اطلاعات اتصال IoT Hub را به دستگاه می‌دهد. با دریافت این اطلاعات دستگاه می‌تواند داده‌ها را بطور مستقیم برای IoT Hub ارسال کند.

۷. دستگاه به IoT Hub متصل می‌شود.

۸. دستگاه وضعیت مطلوب خود را از device twin خود در IoT Hub دریافت می‌کند [209].

JSON

```
{
    "deviceId": "devA",
    "etag": "AAAAAAAAAAc=",
    "status": "enabled",
    "statusReason": "provisioned",
    "statusUpdateTime": "0001-01-01T00:00:00",
    "connectionState": "connected",
    "lastActivityTime": "2015-02-30T16:24:48.789Z",
    "cloudToDeviceMessageCount": 0,
    "authenticationType": "sas",
    "x509Thumbprint": {
        "primaryThumbprint": null,
        "secondaryThumbprint": null
    },
    "version": 2,
    "tags": {
        "$etag": "123",
        "deploymentLocation": {
            "building": "43",
            "floor": "1"
        }
    },
    "properties": {
        "desired": {
            "telemetryConfig": {
                "sendFrequency": "5m"
            },
            "$metadata" : {...},
            "$version": 1
        },
        "reported": {
            "telemetryConfig": {
                "sendFrequency": "5m",
                "status": "success"
            },
            "batteryLevel": 55,
            "$metadata" : {...},
            "$version": 4
        }
    }
}
```

شکل ۱۸-۱۰ ساختار Device Twin و نمونه‌ای از کد JSON آن [210]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۴-۲-۳-۱۰ سرویس Azure Stream Analytics

Azure Stream Analytics که به سرعت و به طور همزمان از چندین منبع تولید می‌شوند، طراحی شده است. در این سرویس، الگوها و روابط موجود در اطلاعات استخراج شده از منابع ورودی مانند دستگاه‌ها، حسگرها، جریان کلیک‌های[1] کاربر در صفحات، رسانه‌های اجتماعی و برنامه‌های کاربردی شناسایی می‌شود. این الگوها می‌توانند برای انجام اقدامات، ایجاد هشدارها، تغذیه اطلاعاتی ابزارهای گزارش‌گیری و ... استفاده شوند. Stream Analytics بر روی Azure IoT Edge Runtime نیز وجود دارد و زبان و گرامری مشابه این سرویس بر روی ابر را دارد. نمونه‌هایی از سناریوهای کاربردی Azure Stream Analytics به شرح زیر است:

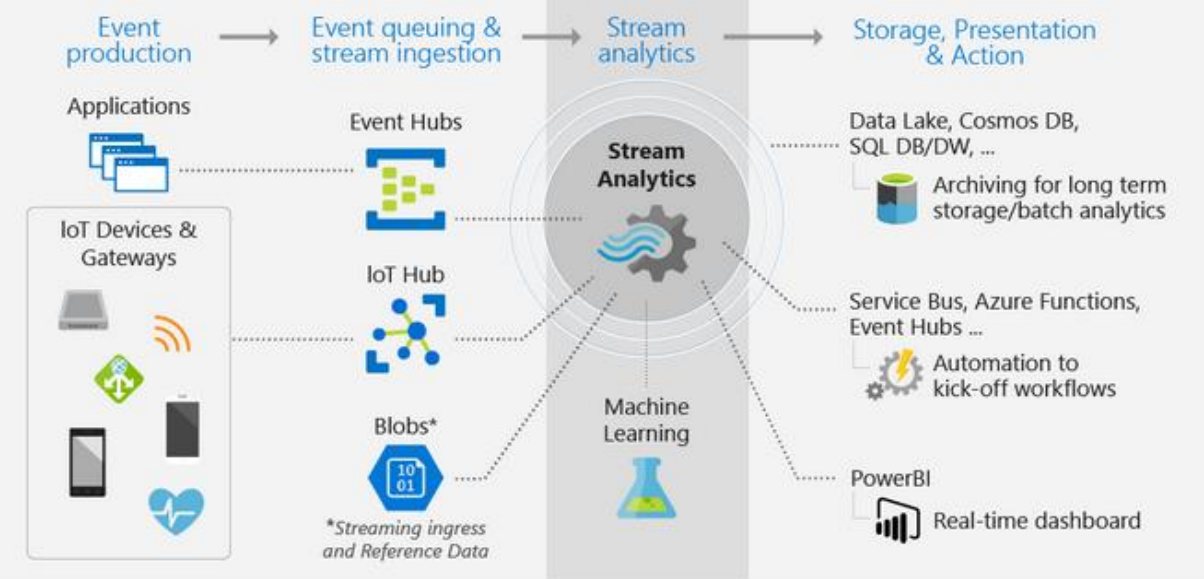
- تحلیل بی‌درنگ جریان داده‌های اندازه‌گیری‌شده توسط تجهیزات اینترنت اشیا
- تحلیل log یا جریان کلیک‌های صفحات وب
- تحلیل جغرافیایی برای مدیریت ترافیک شهری
- پایش از راه دور و نگهداری پیشگیرانه از دارایی‌های ارزشمند

نحوه عملکرد Azure Stream Analytics در شکل ۱۹-۱۰ نشان داده شده است. هر واحد کاری Stream Analytics از سه بخش ورودی، پرس‌وجو و خروجی تشکیل شده است. داده‌های Stream Analytics از سه سرویس IoT Hub، Event Hubs و Blob Storage تشکیل می‌شوند. از پرس‌وجوهایی که بر اساس زبان SQL ساخته می‌شوند برای فیلتر، مرتب‌سازی، تجمیع و ترکیب جریان داده‌ها در طول یک بازه زمانی مشخص، استفاده می‌شود. همچنین می‌توان در کنار زبان SQL از JavaScript و توابع کاربر که با استفاده از زبان C# تعریف می‌شوند، نیز استفاده کرد.

هر واحد کاری خروجی مشخصی دارد و می‌توان با توجه به تحلیل انجام‌شده بر روی داده‌ها، تصمیم مناسبی گرفت. برای مثال، می‌توان:

- داده‌ها را به سرویس‌های دیگری مانند Azure Functions ارسال کرد
- داده‌ها را به یک داشبورد Power BI ارسال کرد
- داده‌ها را در سرویس‌های ذخیره‌سازی Azure نگهداری کرد تا مدل‌های یادگیری ماشین را بر اساس داده‌های تاریخی آموزش دهند یا بر روی آنها فرآیند پردازش دسته‌ای را اجرا کرد [211]

[1] Clickstream



شکل ۱۹-۱۰ نحوه عملکرد Azure Stream Analytics [211]

۱۰-۳-۲-۵ سرویس Azure Functions

Azure Functions راهکاری برای اجرای قطعات کوچک کد یا توابع در بستر ابر است. به کمک این سرویس، کاربر می‌تواند فقط کدی را که برای رفع مشکل موردنیاز است بنویسد، بدون اینکه نگران داشتن یک برنامه کامل یا زیرساخت برای اجرای آن باشد. ویژگی‌های کلیدی Azure Functions عبارتند از:

- انتخاب زبان

این سرویس از زبان‌های مختلف مانند C#، Java، JavaScript، Python و ... پشتیبانی می‌کند و می‌توان توابع مورد نظر را با هر یک از این زبان‌ها نوشت.

- مدل پرداخت به میزان استفاده

در این سرویس فقط برای زمان‌هایی که کد کاربر در حال اجرا بوده است، هزینه دریافت می‌شود.

- استفاده از کتابخانه‌های دلخواه

سرویس Functions از NuGet و NPM پشتیبانی می‌کند، بنابراین کاربر می‌تواند از کتابخانه‌های مورد علاقه خود استفاده کند.

- امنیت

در این سرویس می‌توان توابع HTTP-triggered را با فراهم‌کنندگان روش احراز هویت OAuth مانند Azure Active Directory، Facebook، Google، Twitter و Microsoft حفاظت کرد.

- توسعه انعطاف‌پذیر

توابع را می‌توان در داخل پورتال Azure نوشت یا از طریق Github، Azure DevOps و سایر ابزارهای توسعه نرم‌افزار که توسط Azure پشتیبانی شده‌اند، کد را استقرار داد.

- کدباز

Functions کدباز بوده و کد آن در GitHub در دسترس است.

سرویس Functions راهکار خوبی برای پردازش داده، یکپارچه‌سازی سیستم‌ها و ساخت APIها و میکروسرویس‌های ساده است. این سرویس الگوهایی برای سناریوهای کلیدی فراهم می‌کند. نمونه‌هایی از الگوهای آماده Functions به شرح زیر است:

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- HTTPTrigger
با استفاده از یک درخواست HTTP، کد نوشته شده توسط کاربر را اجرا می‌کند.
- TimerTrigger
بر اساس یک زمان‌بندی از پیش تعیین شده کد نوشته شده توسط کاربر را اجرا می‌کند.
- QueueTrigger
با ورود پیام‌ها به صف Azure Storage، به آنها پاسخ می‌دهد.
- EventHubTrigger
به رویدادهایی که توسط Azure Event Hub دریافت می‌شوند، پاسخ می‌دهد.

۶-۲-۳-۱۰ سرویس Azure Cosmos DB

برنامه‌های کاربردی امروزی لازم است تأخیر کم و دسترس‌پذیری بالایی داشته باشند. یکی از راهکارهای رسیدن به این هدف این است که این برنامه‌های کاربردی در مراکز داده نزدیک به کاربر مستقر شوند. برنامه‌های کاربردی لازم است بتوانند در ساعات پیک نیز به صورت بی‌درنگ پاسخگوی درخواست‌های کاربران باشند و همچنین حجم زیادی از داده‌ها را ذخیره کرده و آنها را با تأخیر در حد میلی‌ثانیه در دسترس کاربران قرار دهند.
Azure Cosmos DB سرویس پایگاه داده توزیع شده مایکروسافت است. این سرویس با داشتن ویژگی‌های زیر پاسخگوی نیازهای کاربردهای اینترنت اشیا خواهد بود:

- توزیع‌شدگی بالا
Cosmos DB امکان توسعه برنامه‌های کاربردی با دسترس‌پذیری و پاسخگویی بالا را فراهم می‌کند. این پایگاه داده توزیع‌شده، داده‌ها را در سرورهای نزدیک به منطقه و حوزه جغرافیایی که کاربران در آن محدوده قرار دارند، کپی[1] می‌کند، به این ترتیب هر کاربر با نزدیک‌ترین کپی پایگاه داده در تعامل است.
- دسترس‌پذیری بالا
Cosmos DB با توجه به ادغام عمیق با زیرساخت‌های Azure و ایجاد کپی‌های Multi-master از پایگاه داده، دسترس‌پذیری بالایی (در ۹۹.۹۹۹٪ موارد) برای خواندن و نوشتن فراهم می‌کند.
- مقیاس‌پذیری
Cosmos DB با استفاده از پارتیشن‌بندی افقی و تهیه کپی‌های Multi-master از داده‌ها، مقیاس‌پذیری قابل انعطاف را برای نوشتن و خواندن داده‌ها، ارائه می‌دهد.
- تأخیر کم
Cosmos DB با پروتکل Replication جدید و موتور پایگاه‌داده بهینه‌سازی‌شده، خواندن و نوشتن داده‌ها با تأخیر کمتر از ۱۰ میلی‌ثانیه در ۹۹ درصد موارد را تضمین می‌کند.
- فاقد Schema و مدیریت Index
همگام‌سازی Schema و Indexهای پایگاه داده با Schemaی برنامه برای برنامه‌های کاربردی توزیع‌شده کار بسیار دشواری است. با استفاده از این سرویس پایگاه داده نیازی به مدیریت شاخص‌ها و Schema نیست. این پایگاه داده به‌طور خودکار داده‌ها را Index کرده و پرس‌وجوها به‌سرعت اجرا می‌کند.
- آزمون شده در سیستم‌های بزرگ
Cosmos DB یکی از سرویس‌های پایه‌ای Azure است که نزدیک به یک دهه در محصولات مایکروسافت و برای برنامه‌های کاربردی در وسعت جهانی (مانند Skype، Xbox، Office 365 و ...) استفاده شده است.

[1] Replicate

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- امنیت

این سرویس با بسیاری از استانداردهای جهانی از جمله ISO 20000، ISO 9001، ISO 27001، ISO 27017 و ISO 27018 تطابق دارد. علاوه‌براین، تمام داده‌های موجود در آن رمزنگاری می‌شوند و امکان مشخص کردن سطح دسترسی در آن وجود دارد [212].

۱۰-۳-۲-۷ سرویس Azure Blob Storage

سرویس ذخیره‌سازی Azure Blob برای ذخیره‌سازی حجم زیادی از داده‌های بدون ساختار مناسب است. داده‌های بدون ساختار داده‌هایی هستند که یک مدل داده مشخص برای آنها وجود ندارد. داده‌های متنی یا داده‌های باینری نمونه‌هایی از این داده هستند. سرویس Azure Blob برای چنین سناریوهایی طراحی شده است:

- ذخیره‌سازی فایل‌ها برای دسترسی توزیع‌شده به آنها
- ارائه تصاویر یا مستندات به‌طور مستقیم از طریق یک مرورگر
- جریان‌سازی ویدئو
- ذخیره‌سازی داده‌ها برای پشتیبان‌گیری، تهیه آرشیو و بازیابی پس از حادثه[1]
- ذخیره‌سازی داده‌ها برای تحلیل توسط سرویس‌های تحلیل داده [213]

۱۰-۳-۲-۸ سرویس یادگیری ماشین

سرویس یادگیری ماشین Azure یک محیط ابری برای آموزش، توسعه، خودکارسازی و مدیریت مدل‌های یادگیری ماشین فراهم می‌کند. در این سرویس امکان به‌کارگیری انواع مدل‌های یادگیری ماشین از مدل‌های کلاسیک تا مدل‌های یادگیری عمیق[2] و انواع روش‌های یادگیری بدون نظارت و با نظارت[3] وجود دارد. برای ایجاد این مدل‌ها می‌توان از زبان‌هایی مانند Python یا R استفاده کرد، همچنین یک محیط طراحی نیز فراهم شده است که در این محیط بدون نوشتن کد می‌توان مدل‌هایی را ایجاد کرد [214].

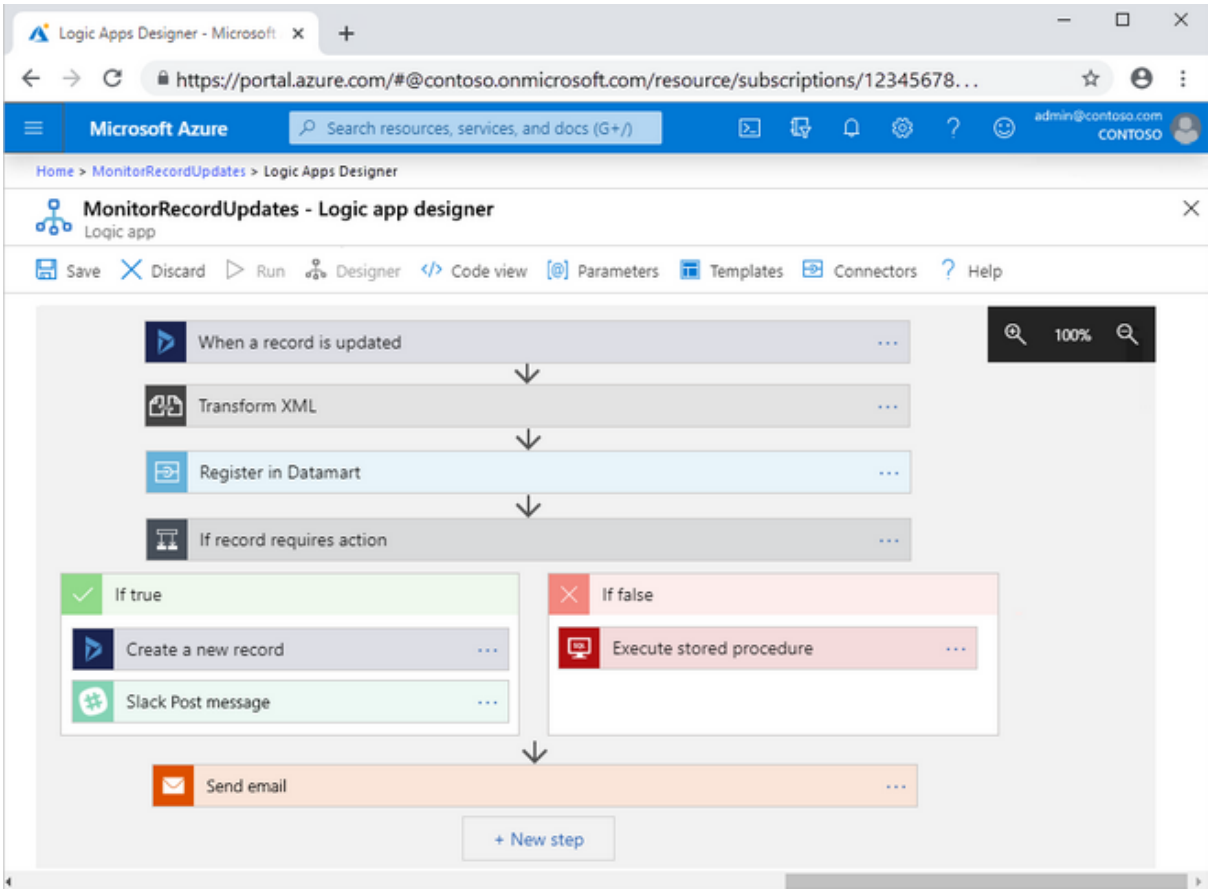
۱۰-۳-۲-۹ سرویس Azure Logic Apps

Azure Logic Apps یک سرویس ابری است که به برنامه‌ریزی، خودکارسازی و هماهنگ‌سازی کارها و فرایندهای سازمان کمک می‌کند. این سرویس طراحی و ایجاد راهکارهای مقیاس‌پذیر برای یکپارچه‌سازی برنامه، داده‌ها و سیستم‌ها را آسان می‌کند. نمونه‌هایی از سناریوهایی که می‌توانند توسط این سرویس به طور خودکار انجام شوند عبارتند از:

- پردازش و مسیریابی سفارش‌ها در بین سرویس‌های ابری و سیستم‌های داخلی سازمان
- ارسال اعلان‌های پست الکترونیک از طریق Office 365 در زمان رخ دادن رویدادها در سیستم‌ها، برنامه‌ها و سرویس‌ها
- انتقال فایل‌های بارگذاری‌شده از SFTP یا FTP به Azure Storage
- پایش و بررسی tweetهای انجام شده برای یک موضوع، تحلیل آنها و ایجاد هشدار یا تعریف کار برای مواردی که نیاز به بازبینی و اصلاح دارند

[1] Disaster Recovery
[2] Deep Learning
[3] Supervised and Unsupervised Learning

هر جریان کاری در Logic App با یک trigger آغاز می‌شود که در زمان وقوع یک رویداد مشخص یا در زمانی که داده‌های در دسترس، تطابق با یک شرط از پیش تعریف شده را نشان می‌دهند، فعال می‌شود. هر بار که trigger فعال شود، موتور Logic App یک نمونه از سرویس را ایجاد می‌کند تا اقدامات موجود در جریان کاری تعریف شده برای آن trigger را اجرا کند. این اقدامات می‌توانند شامل تبدیل‌های داده و کنترل جریان داده نیز باشند. برای مثال هنگامی که شرط «زمانی که یک رکورد بروزرسانی شود» مصداق پیدا کند، Dynamics 365 trigger فعال می‌شود، سرویس Logic App با فعال شدن این trigger شروع به کار می‌کند و اقدامات مربوط به این رویداد شامل تبدیل XML، بروزرسانی داده، تصمیم‌گیری بر اساس شرط و ارسال اعلان پست الکترونیک را انجام می‌دهد. نمایی از این سرویس در شکل ۲۰-۱۰ نشان داده شده است [215].



شکل ۲۰-۱۰ نمایی از سرویس Azure Logic App [215]

۱۰-۲-۳-۱۰ سرویس Azure Active Directory

سرویس Azure Active Directory یا به اختصار Azure AD، سرویس احراز هویت و کنترل دسترسی ابری مایکروسافت است که ویژگی‌های زیر را دارد:

- مدیریت برنامه کاربردی

مدیریت برنامه‌های کاربردی کاربر با استفاده از Application Proxy، مدیریت خروج از برنامه و پورتال My Apps

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- احراز هویت

مدیریت بازیابی کلمه عبور، احراز هویت چند فاکتوری، تشکیل فهرست سفارشی کلمات عبور غیرمجاز، قفل کردن هوشمند برنامه

- B2B[1]

مدیریت کاربران مهمان و شرکای خارج سازمان

- B2C[2]

سفارشی‌سازی و کنترل ورود و خروج کاربران و مدیریت پروفایل آنها

- مدیریت دستگاه‌ها

مدیریت دسترسی دستگاه‌ها به داده‌ها

- کاربران سازمانی

مدیریت دسترسی به برنامه‌های کاربردی، تعریف نقش‌ها و گروه‌ها و مشخص کردن دسترسی آنها

- حفاظت از اطلاعات هویتی کاربران

شناسایی آسیب‌پذیری‌ها، تنظیم سیاست‌های مواجهه با اقدامات مشکوک و مقابله با آنها [216]

۱۰-۳-۳ هزینه و نحوه استفاده از سرویس‌های Azure

Azure از روش پرداخت به اندازه استفاده برای قیمت‌گذاری سرویس‌های ابری خود استفاده می‌کند. برای اغلب سرویس‌های آن بخش رایگانی در نظر گرفته شده است که در این حالت سرویس با تراکنش‌های محدود یا حجم پایین‌تر ذخیره‌سازی و ... قابل استفاده است. تعدادی از سرویس‌های رایگان Azure در جدول ۱-۱۰ معرفی شده‌اند [217].

جدول ۱-۱۰ چند نمونه از سرویس‌های رایگان Azure [217]

سرویس	شرایط استفاده رایگان
Azure IoT Hub	۵۰۰ دستگاه و ۸۰۰۰ پیام در روز
Azure IoT Edge	این سرویس رایگان است
Azure Functions	اولین ۴۰۰.۰۰۰ GB/s و ۱.۰۰۰.۰۰۰ بار اجرا
Azure Active Directory	۲۵.۰۰۰ تا ۱۰۰.۰۰۰ حساب کاربری

۱۰-۴ ابر گوگل (GCP)

سکوی ابری گوگل (GCP[3]) مجموعه‌ای از سرویس‌های ابری شرکت گوگل است که از آنها در محصولات خود مانند Google Search و YouTube نیز استفاده می‌کند. GCP، زیرساخت به عنوان سرویس (IaaS)، سکو به عنوان سرویس (PaaS) و محاسبات بدون سرور[4] را فراهم می‌کند.

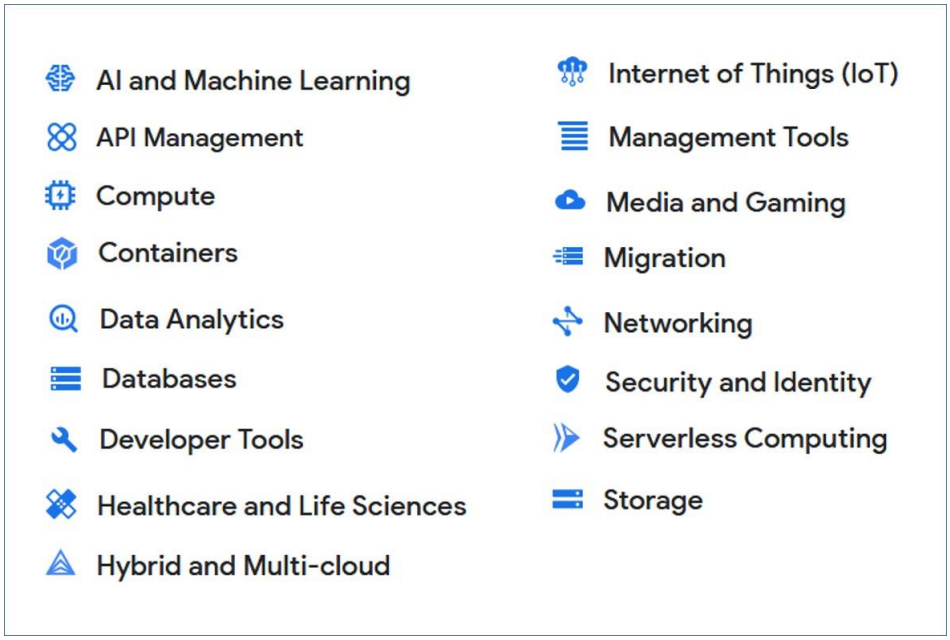
[1] Business-to-Business
[2] Business-to-Customer
[3] Google Cloud Platform
[4] Serverless Computing

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

اولین سرویس ابری گوگل، App Engine بود که در سال ۲۰۰۸ معرفی شد و سکویی بود که برای توسعه و میزبانی برنامه‌های کاربردی وب در مراکز داده گوگل به کار می‌رفت. از زمان معرفی این سرویس تاکنون گوگل سرویس‌های متعددی را به سکوی ابری خود اضافه کرده است.

۱۰-۴-۱ سرویس‌های ارائه‌شده توسط ابر گوگل

یک دسته‌بندی از سرویس‌هایی که در حال حاضر در سکوی ابری گوگل ارائه می‌شوند در شکل ۲۱-۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۲۱-۱۰ دسته‌بندی سرویس‌های ارائه‌شده توسط گوگل [218]

در ادامه به بررسی تعدادی از مهم‌ترین سرویس‌های ابری GCP می‌پردازیم:

- سرویس‌های محاسباتی و میزبانی

سکوی ابری گوگل گزینه‌های مختلفی برای نیازمندی‌های محاسباتی و میزبانی فراهم می‌کند:

- استفاده از محاسبات بدون سرور[1]

سرویس Cloud Function یک محیط محاسباتی بدون سرور برای ساخت و اتصال سرویس‌های ابری ایجاد می‌کند. با استفاده از این سرویس، کاربر می‌تواند تابع ساده‌ای با یک عملکرد مشخص را ایجاد کرده و آن را به رویداد مورد نظرِ خود، مرتبط کند. هر زمانی که آن رویداد رخ دهد، تابع اجرا می‌شود. به این ترتیب کدهای کاربر در یک محیط کاملاً مدیریت‌شده و بدون نیاز به فراهم کردن زیرساخت یا نگرانی درباره مدیریت سرورها، اجرا می‌شوند.

- استفاده از سکوی مدیریت برنامه‌های کاربردی

سرویس App Engine که از نوع سکو به عنوان سرویس (PaaS) است، امکان مدیریت منابع مورد نیازِ برنامه کاربردی را فراهم می‌کند. برای نمونه، اگر برنامه کاربردی در زمان‌هایی به علت

[1] Serverless Computing

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

بالا بودن ترافیک کاربران نیاز به منابع پردازشی بیشتری داشته باشد، گوگل به طور خودکار منابع پردازشی را افزایش می‌دهد.

- استفاده از فناوری Containerها[1] برای انعطاف‌پذیری بیشتر

با استفاده از Containerها کاربر می‌تواند بر روی آماده‌سازی کد برنامه خود تمرکز کند و نیازی به نگرانی درباره نحوه استقرار و یکپارچه‌سازی آن با محیط‌های مختلف میزبانی نیست. Google Kubernetes Engine (GKE) سرویس ابری گوگل برای فراهم کردن Container به عنوان سرویس (CaaS[2]) است که بر مبنای سیستم کدباز Kubernetes ایجاد شده است.

- توسعه زیرساخت ابری توسط کاربر برای افزایش کنترل و انعطاف‌پذیری با استفاده از ماشین مجازی[3]

یک ماشین مجازی تقلیدی[4] از یک کامپیوتر واقعی است که برنامه‌ها را مانند کامپیوتر واقعی اجرا می‌کند. Compute Engine یکی از سرویس‌های محاسباتی ابری گوگل است که در دسته زیرساخت به عنوان سرویس (IaaS) قرار می‌گیرد. این سرویس، یک زیرساخت محاسباتی مستحکم برای کاربر فراهم می‌کند با این تفاوت که کاربر می‌تواند اجزای سکو را خودش مدیریت کند. در این روش، پیکربندی، مدیریت و پایش سیستم‌ها بر عهده کاربر است. مزیت این سرویس این است که کاربر کنترل کاملی بر روی سیستم‌ها داشته و انعطاف‌پذیری زیادی دارد.

- سرویس‌های ذخیره‌سازی

ابر گوگل سرویس‌های مختلفی را برای ذخیره‌سازی فایل‌ها و نسخه‌های پشتیبان پیشنهاد می‌دهد. یکی از این سرویس‌ها Cloud Storage است که یک سرویس ذخیره‌سازی پایدار، مقیاس‌پذیر و با ظرفیت بالا است. همچنین سرویس Compute Engine امکان انتخاب فضاهای ذخیره‌سازی از نوع هارد دیسک و دیسک‌های SSD را فراهم می‌کند.

- سرویس‌های پایگاه داده

ابر گوگل سرویس‌های پایگاه داده SQL و NoSQL شامل موارد زیر را ارائه می‌دهد:

- سرویس Cloud SQL پایگاه داده‌های MySQL و PostgreSQL را فراهم می‌کند.
- سرویس Cloud Spanner یک سرویس پایگاه داده رابطه‌ای است که پایداری و سازگاری تراکنش‌ها در مقیاس‌های بزرگ، پرس‌وجوهای SQL، وجود Schema و هماهنگ‌سازی خودکار Replicationها از ویژگی‌های آن است.
- سرویس‌های Cloud Firestore و Cloud Bigtable سرویس‌های پایگاه داده NoSQL گوگل هستند که سرویس Cloud Firestore برای داده‌هایی با ساختار سندی و Cloud Bigtable برای داده‌هایی با ساختار جدولی استفاده می‌شوند.

- سرویس‌های شبکه

در کنار سرویس‌هایی مانند App Engine که مدیریت شبکه را انجام می‌دهد و GKE که از مدل Kubernetes استفاده می‌کند، سرویس Compute Engine مجموعه‌ای از سرویس‌های شبکه برای کمک به توازن بار ترافیکی بین منابع شبکه، ایجاد رکورهای DNS و اتصال شبکه کاربر به شبکه گوگل فراهم می‌کند.

---

[1] Container یک فناوری است که مشکلات انتقال نرم‌افزار از یک محیط به محیط دیگر را حل می‌کند.

[2] Container as a Services

[3] Virtual Machine

[4] Emulation

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- سرویس‌های کلان‌داده

سرویس‌های کلان‌داده امکان پردازش و اجرای سریع پرس‌وجوها بر روی این نوع از داده‌ها را فراهم می‌کنند. سرویس Big Query برای تحلیل داده‌ها و سرویس Dataflow برای پردازش دسته‌ای[1] و داده‌های در جریان[2] استفاده می‌شود. همچنین سرویس Pub/Sub امکان تبادل پیام‌های آسنکرون را فراهم می‌کند.

- سرویس‌های یادگیری ماشین

سکوی هوش مصنوعی گوگل دو دسته سرویس یادگیری ماشین ارائه می‌دهد: استفاده از APIهای یادگیری ماشین و یا استفاده از سکوی هوش مصنوعی. در راهکار اول کاربر متناسب با نیاز خود از APIهایی که گوگل از قبل برای حوزه‌های مختلف یادگیری ماشین آماده کرده است استفاده می‌کند. در این حالت، نیازی نیست که کاربر مدل‌های یادگیری ماشین را خودش ایجاد کند و آموزش دهد. تعدادی از APIهای گوگل به شرح زیر است:

  - Video Intelligence API برای پردازش ویدئو استفاده می‌شود و امکاناتی شامل تشخیص برچسب‌ها، تشخیص محتوا، تشخیص تغییرات فریم‌ها و ناحیه‌بندی تصاویر ارائه می‌دهد.
  - Speech-to-Text امکان تبدیل گفتار به متن را فراهم می‌کند. این سرویس ۱۱۰ زبان را تشخیص می‌دهد.
  - Cloud Vision امکان تشخیص تصاویر را فراهم می‌کند و با استفاده از آن می‌توان کارهایی مانند برچسب‌گذاری تصاویر، تشخیص چهره، نویسه‌خوانی نوری (OCR[3]) و برچسب‌گذاری محتوا را انجام داد.
  - Cloud Natural Language API امکان تحلیل احساسات[4]، تحلیل موجودیت‌ها، دسته‌بندی محتوا و تحلیل گرامری را فراهم می‌کند.
  - Cloud Translation امکان ترجمه متون به زبان‌های مختلف را فراهم می‌سازد.
  - Dialogflow امکان ساخت واسط کاربر محاوره‌ای برای وب‌سایت‌ها، برنامه‌های کاربردی تلفن همراه و دستگاه‌های IoT را فراهم می‌کند.

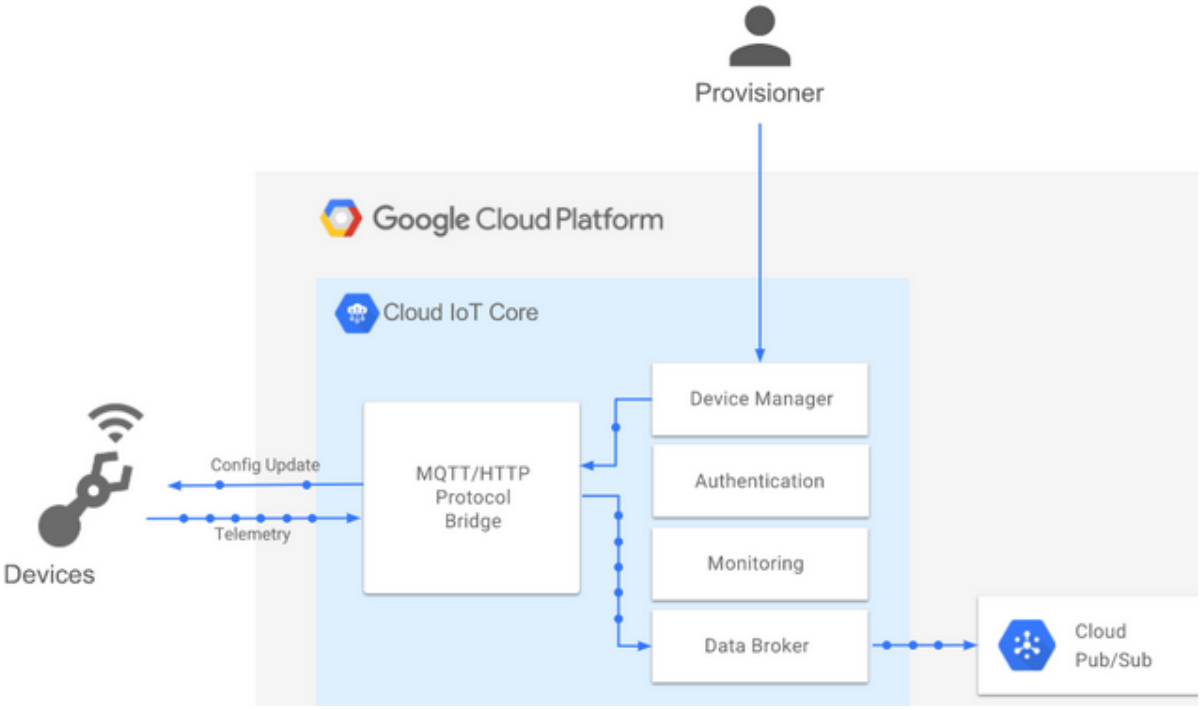
دومین راهکار یادگیری ماشین گوگل، سکوی هوش مصنوعی به نام TensorFlow است. این سکو برای آموزش مدل‌های یادگیری ماشین در مقیاس‌های بزرگ و میزبانی مدل‌های یادگیری برای پیش‌بینی بر روی داده‌های جدید مناسب است. سکوی TensorFlow مدیریت منابع محاسباتی و فراهم‌سازی آنها متناسب با نیازهای مدل یادگیری ماشین را بر عهده دارد و کاربر می‌تواند با استفاده از آن درگیر پیکربندی سخت‌افزاری نشده و بر طراحی مدل یادگیری و آموزش آن تمرکز کند [219].

۲-۴-۱۰ سرویس‌های اینترنت اشیاء گوگل

سکوی ابری گوگل برای پشتیبانی از اینترنت اشیا سرویسی به نام Cloud IoT Core را ارائه نموده است. نمایی از اجزای این سرویس در شکل ۲۲-۱۰ نشان داده شده است.

[1] Batch processing
[2] Streaming Data
[3] Optical Character Recognition
[4] Sentiment Analysis

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۲۲-۱۰ سرویس Cloud IoT Core [220]

بخش‌های مدیریت تجهیزات و Protocol Bridge دو جزء اصلی Cloud IoT Core هستند. بخش مدیریت تجهیزات برای ثبت‌نام دستگاه‌ها در این سرویس ابری استفاده می‌شود. پس از اینکه دستگاه در سرویس ثبت شد، امکان پیکربندی و پایش وضعیت آن توسط Cloud IoT Core فراهم می‌شود. بخش Protocol Bridge از دو پروتکل HTTP و MQTT پشتیبانی می‌کند و دستگاه‌های IoT می‌توانند توسط این دو پروتکل به سکوی ابری گوگل متصل شوند. پس از اتصال دستگاه‌ها به IoT Core، داده‌های اندازه‌گیری شده توسط آنها به topic مربوطه در سرویس Cloud Pub/Sub ارسال می‌شود و سپس می‌توانند به عنوان trigger در سرویس Cloud Functions مورد استفاده قرار گیرند. همچنین می‌توان توسط سرویس Cloud Dataflow این داده‌ها را تحلیل نمود [220].

ویژگی‌های سرویس Cloud IoT Core به شرح زیر است:

- امنیت انتها به انتها[1]

امنیت انتها به انتها توسط رمزگذاری نامتقارن و بر اساس TLS 1.2 ایجاد می‌شود. همچنین از گواهی‌های صادرشده توسط مراجع صدور گواهی دیجیتال (CA[2]) برای اعتبارسنجی مالکیت دستگاه‌ها استفاده می‌شود.

- کاملاً مدیریت‌شده و مقیاس‌پذیر

این سرویس از نوع بدون سرور بوده[3] و نیازی به نصب هیچ نرم‌افزاری در سمت کاربر نیست و با استفاده از قابلیت مقیاس‌پذیری افقی سکوی ابری گوگل به راحتی و بدون محدودیت، مقیاس آن افزایش می‌یابد.

- مدیریت دستگاه‌های IoT

بخش مدیریت تجهیزات امکان پیکربندی و مدیریت دستگاه‌ها را از طریق کنسول یا با استفاده از برنامه‌نویسی فراهم می‌کند. این بخش شناسه دستگاه‌ها را بررسی کرده و مکانیسمی برای احراز هویت آنها ایجاد می‌کند. همچنین اطلاعات پیکربندی هر تجهیز را نگهداری کرده و برای کنترل از راه دور تجهیزات در اختیار ابر گوگل قرار می‌دهد.

[1] End-to-End Security
[2] Certificate Authority
[3] Serverless

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- پشتیبانی از پروتکل‌ها

بخش Protocol Bridge از سرویس IoT Core از اتصال امن با استفاده از پروتکل‌های استاندارد صنعتی مانند MQTT و HTTP پشتیبانی می‌کند و همچنین به‌صورت خودکار توازن بار بین اتصالات را برقرار کرده و داده‌های اندازه‌گیری‌شده توسط تجهیزات را با سرویس Cloud Pub/Sub به اشتراک می‌گذارد.

- به‌دست آوردن بینش داده[1]

این سرویس با سرویس‌های تحلیل داده و یادگیری ماشین گوگل مانند Cloud Dataflow، BigQuery، Cloud Bigtable، Google Data Studio و ابزارهای هوش تجاری یکپارچه‌سازی شده است.

- کنترل دسترسی بر اساس نقش کاربر

در این سرویس با تعریف نقش‌های مختلف با سطح دسترسی‌های متفاوت و اعمال آنها به رجیستری دستگاه‌ها می‌توان دسترسی کاربران به داده‌ها و دستگاه‌ها را کنترل کرد.

- توانایی استقرار دستگاه‌ها در مقیاس وسیع

با استفاده از REST APIها می‌توان ثبت‌نام، استقرار و عملکرد دستگاه‌ها در مقیاس وسیع را به‌طور خودکار مدیریت کرد. همچنین می‌توان با استفاده از APIها مشخصات و وضعیت تجهیزات را حتی در زمانی که متصل نیستند، بازیابی و بروزرسانی کرد.

- استفاده از یادگیری ماشین در لبه شبکه

سرویس Cloud IoT Core با امنیت بالا به Cloud IoT Edge متصل شده است تا مدل‌های یادگیری ماشین را بر روی دروازه و دستگاه‌های لبه شبکه اجرا کند. این مدل‌ها می‌توانند توسط Edge TPU در لبه شبکه با سرعت بالایی اجرا شوند و امکان پاسخگویی بی‌درنگ به رویدادها را فراهم آورند.

- ارتباطات با تأخیر کم و سرعت بالا

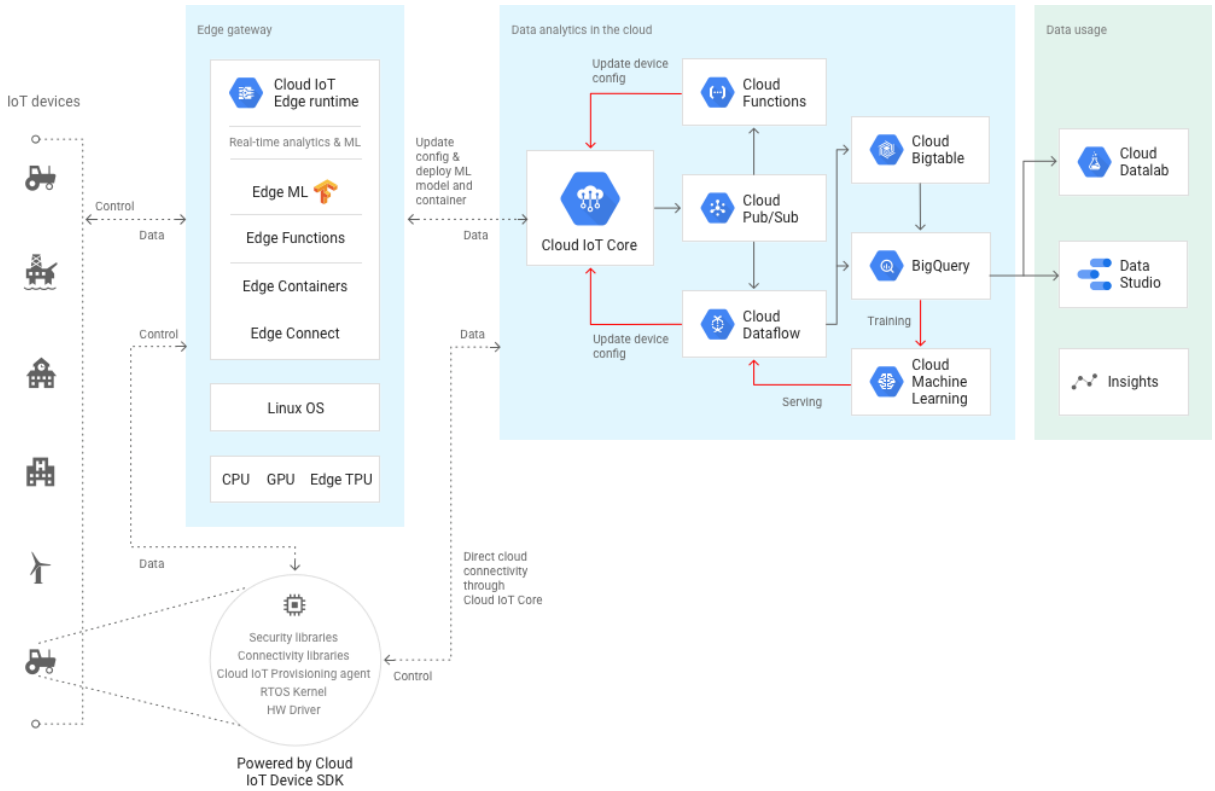
این سرویس امکان ارسال دستورات یا تنظیمات پیکربندی به دستگاه‌هایی که به آن متصل شده‌اند را فراهم می‌کند.

- انجام عملیات آفلاین برای تجهیزات دارای محدودیت منابع

به منظور انجام عملیات آفلاین برای تجهیزات با منابع محدود، لازم است از دروازه استفاده شود. دروازه می‌تواند عملیاتی مانند ارتباط با اینترنت و احراز هویت و تأیید اعتبار را انجام دهد [221].

در شکل ۲۳-۱۰ نمایی از ارتباطات سرویس Cloud IoT Core با سایر سرویس‌های سکوی ابری گوگل نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل نشان داده شده است، این معماری ارتباطی از سه بخش دروازه لبه در شبکه، تحلیل داده در ابر و کاربرد داده تشکیل شده است.

[1] Data Insight



شکل ۲۳-۱۰ ارتباطات سرویس Cloud IoT Core با سایر سرویس‌های ابری گوگل [221]

۱۰-۴-۳ هزینه و نحوه استفاده از سرویس‌های ابری گوگل

گوگل برای استفاده از سرویس‌های ابری خود، روش پرداخت به میزان استفاده را به کار می‌برد. تعدادی از سرویس‌های گوگل به طور رایگان ارائه می‌شوند، اما برای استفاده از سرویس‌های رایگان لازم است کاربر اطلاعات کارت اعتباری خود را وارد کند. گوگل از این اطلاعات برای شناسایی کاربر و تشخیص کاربران واقعی از ربات‌ها استفاده می‌کند. اغلب سرویس‌های رایگان ارائه شده توسط گوگل فقط در آمریکا قابل استفاده هستند [222].

۱۰-۵ ابر آروان

شرکت دانش‌بنیان آروان با محوریت عرضه‌ی نخستین شبکه‌ی توزیع محتوای عمومی (CDN[1])، شتاب‌دهنده‌ی وب و سامانه‌ی امنیت ابری ایرانی در سال ۱۳۹۴ و در مقام یک استارت‌آپ با سرمایه‌گذاری هلدینگ فناپ تأسیس شد و اکنون تنها عرضه‌کننده‌ی زیرساخت یکپارچه‌ی ابری در کشور است [223].

ابر آروان راه‌حل‌های ابری مختلفی ارائه می‌دهد که البته DNS[2] ابری و CDN بزرگ‌ترین سرویس‌های آن را تشکیل می‌دهند. امنیت، فضای ذخیره‌سازی ابری و ارائه پلتفرم ویدئو و پخش زنده از دیگر فعالیت‌های ابر آروان هستند. به‌گفته‌ی سخنگوی این سرویس، پلتفرم پخش زنده‌ی آن طی مدت کوتاهی از فعالیت خود موفق به جذب مشتریان بزرگی شده است که می‌توان به سازمان صدا و سیما و تلویزیون اینترنتی آیو اشاره کرد. البته مدیران ابر آروان وعده‌ی راه‌اندازی سرویس جریان‌سازی ویدئو[3]

[1] Content Delivery Network
[2] Domain Name System
[3] Video Streaming

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

بدون نیاز به سخت‌افزار را نیز داده‌اند که به‌واسطه‌ی آن کاربران قادر به جریان‌سازی زنده تنها با گوشی هوشمند خود خواهند بود.

یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های سرویس‌های ابری طی سال‌های گذشته، ایجاد بستری برای ذخیره‌سازی و پردازش حجیم داده‌ها، میزبانی الگوریتم‌های پردازشی و راه‌اندازی سرویس‌های مختلف است. ابر آروان در مهرماه سال ۱۳۹۷ سرویس IaaS را راه‌اندازی نمود و عرضه‌ی PaaS در سال ۱۳۹۸ را وعده داده است [224].

۱-۵-۱۰ سرویس‌های ارائه شده توسط ابر آروان

۱-۱-۵-۱۰ زیرساخت ابری

با ابر آروان می‌توان در هر لحظه یک زیرساخت ابری شامل سرور، سوییچ، مسیریاب[1] و دیواره آتش[2] را در قالب سرویس ابری دریافت کرد. مقیاس‌پذیری آنی رایانش ابری ابر آروان این امکان را دارد تا بنا به نیاز، منابع مورد مصرف افزایش یا کاهش یابد. در کسب‌وکار یا وب‌سایت، زمان‌هایی پیش می‌آید که نیاز به منابع زیرساختی قوی‌تری برای پاسخ‌دهی به کاربران به وجود می‌آید، در این زمان‌ها می‌توان منابع ابرک‌ها[3] را تنها با چند کلیک و به‌شکل آنی به منابع بیشتر تغییر داد، تنها به اندازه‌ی همان چند ساعت یا چند روز هزینه‌ی منابع را پرداخت و سپس زیرساخت را به‌حالت قبل بازگردانید.

تنها ۳ گام ساده و سریع تا ساخت اولین ابرک وجود دارد:

- انتخاب موقعیت جغرافیایی سرور: متناسب با نیاز کاربر، مرکز داده، شهر و کشور مورد نظر مشخص می‌شود.
- انتخاب سیستم‌عامل: سیستم‌عامل موردنیاز کاربر، از بین انواع مختلف لینوکس، ویندوز یا سیستم‌عامل شخصی‌سازی شده کاربر انتخاب می شود.
- ساخت ابرک: به تناسب نیاز، تعداد هسته‌های CPU، مقدار RAM و اندازه‌ی دیسک تعیین می‌شود.

رایانش ابری ابر آروان تمام نیازهای زیرساختی کاربر را پوشش می‌دهد و کاربر بدون دغدغه‌ی تأمین و نگهداشت منابع زیرساختی، در زمان و سرمایه صرفه‌جویی می‌کند. نیازهای زیرساختی شامل موارد زیر است:

- دیسک ابری: به‌شکل آنی هر تعداد دیسک و با هر حجمی که کاربر بخواهد، به سرور کاربر اضافه می‌شود. دیسک داغ، ولرم و سرد سه سطح متفاوت سرعت و البته هزینه را برای کاربر ممکن می‌سازد.
- پیکربندی شبکه: می‌توان سرورهای کاربر را به تناسب نیاز در شبکه‌های عمومی یا خصوصی تعریف کرد.
- توزیع بار (به‌زودی): با امکان توازن بار[4]، درخواست‌های کاربران به‌شکل خودکار بین ابرک‌ها توزیع می‌شود. سلامت سرورهای پشتیبان نیز به‌صورت دوره‌ای سنجیده می‌شود.
- Snapshots: هر زمان که کاربر بخواهد می‌تواند از وضعیت فعلی سرور خود Snapshot بگیرد تا در موقع لزوم سرور را به هر یک از Snapshotهای پیشین برگرداند.
- مانیتورینگ: ابر آروان تمام منابع و دیتاها را به‌شکل مستمر پایش می‌کند و نتایج را در قالب گزارش‌های تصویری به کاربر نمایش می‌دهد.
- دیواره آتش: با این امکان به‌راحتی و با اطمینان، سطوح دسترسی به سرور را می‌توان تعریف و اعمال کرد.
- IP شناور: می‌توان هر تعداد IP را که کاربر نیاز دارد به‌شکل آنی به سرورها اضافه کرد.
- پشتیبان‌گیری (به‌زودی): امکان پشتیبان‌گیری مستمر از سرورها را فراهم می‌کند.

[1] Router
[2] Firewall
[3] Cloudlet
[4] Load Balancing

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

مزایای زیرساخت ابری ابر آروان به شرح زیر است:

- تضمین ۹۹.۹٪ SLA، تضمین Uptime سرورها و جبران خسارت
- تغییر اندازه‌ی آنی منابع، تغییر آنی اندازه‌ی ابرک‌ها و منابع مصرفی سرور ابری
- یکپارچه با DNS ابری و CDN ابر آروان، یکپارچه با خدمات زیرساخت ابری ابر آروان از جمله شبکه‌ی توزیع محتوا و DNS ابری ابر آروان برای مدیریت دامنه
- پشتیبانی ۲۴ ساعته در ۷ روز هفته
- فعال‌سازی ساده و سریع سرویس ابری به‌دور از پیچیدگی‌های فنی
- امکان استفاده از مرکز داده ایرانی، افزایش چشم‌گیر سرعت و کیفیت دسترسی برای کاربران ایرانی
- تعریف شبکه‌ی خصوصی در داخل سرویس سرور ابری ابر آروان
- دیسک‌های پرسرعت SSD
- سرعت بالا با کم‌ترین تأخیر در ذخیره‌سازی و بازیابی داده‌ها [225]

۱۰-۵-۱-۲ فضای ابری

این سرویس در حال حاضر وجود ندارد اما به‌زودی ارائه می‌شود.

۱۰-۵-۱-۳ سکوی ابری

این سرویس در حال حاضر وجود ندارد اما به‌زودی ارائه می‌شود.

۱۰-۵-۱-۴ DNS ابری

به کمک DNS ابری ابر آروان، سریع‌تر، راحت‌تر، امن‌تر و به رایگان، می‌توان DNS دامنه‌ها را مدیریت کرد. ابر آروان با توسعه‌ی Authoritative DNS اختصاصی خود و شبکه‌ی گسترده در سراسر ایران، در کم‌تر از ۱۰ میلی ثانیه به اکثر سروهای DNSدنیا پاسخ می‌دهد. در این سرویس می‌توان به‌راحتی و به دو روش دستی و خودکار مشخص کرد یک دامنه یا زیردامنه‌ی خاص در هر محدوده‌ی جغرافیایی به‌IPهای متفاوتی نسبت داده شود. همچنین ابر آروان تحلیل دقیقی از اطلاعات موردنیاز برای پایش درخواست‌ها، موقعیت جغرافیایی آن‌ها و وضعیت سلامت IPهای کاربر را ارائه می‌دهد [225].

۱۰-۵-۱-۵ امنیت ابری

با مجموعه راهکارهای امنیت ابری ابر آروان، می‌توان در مقابله با انواع حملات و تهدیدات سایبری ایمن‌تر شد. ابر آروان با فناوری روز امنیت ابری، از وب‌سایت‌ها و محتوای آنلاین کاربر در برابر انواع حملات از جمله حملات هکری و منع سرویس توزیع‌شده (DDoS[1]) محافظت می‌کند، بدون آن‌که کاربر نیازی به تهیه‌ی تجهیزات سخت‌افزاری داشته باشد. خدمات امنیت ابری ابر آروان شامل طیف وسیعی از خدمات در زمینه‌های گوناگون امنیتی از جمله سامانه‌ی تشخیص و جلوگیری از حملات DDoS، دیواره آتش، دیواره آتش وب (WAF[2]) و سامانه‌ی محدودسازی درخواست‌های کاربران است:

- سامانه تشخیص و جلوگیری از حملات DDOS

برخی از متداول‌ترین حملات منع سرویس توزیع‌شده (DDoS) شامل موارد زیر است:

[1] Distributed Denial of Service
[2] Web Application Firewall

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- DNS Flood

در این حمله مهاجمان سایبری با ارسال حجم بسیار بالایی از درخواست‌های DNS معتبر ساختگی، منابع سرور DNS کاربر را هدف می‌گیرند به‌گونه‌ای که منابع سرور تلف می‌شود و نمی‌تواند پاسخ‌گوی کاربران عادی و فرآیند تفسیر نام دامنه باشد.

- UDP Amplification

یکی از خطرناک‌ترین انواع حملات منع سرویس است که نفوذگر، تعداد بالایی بسته‌ی جعلی با IP قربانی به‌عنوان منبع ارسال بسته، به سرورها و کامپیوترهای مختلف می‌فرستد، سپس تمام این کامپیوترها پاسخ خود را به نشانی قربانی ارسال می‌کنند. به این ترتیب سیستم قربانی مجبور است تعداد بی‌شماری از بسته‌های اطلاعاتی دریافتی را پردازش کند. در نتیجه، پهنای باند و سایر منابع قربانی اتلاف و سرویس‌دهی مختل می‌شود.

- HTTP Flood

پیچیده‌ترین نوع حملات DDoS از نوع حملات لایه ۷ است که در آن بیش از چند صد هزار سیستم آلوده متشکل از کامپیوترهای خانگی، سرورهای مختلف، دستگاه‌های متصل به اینترنت اشیا، دوربین‌های مداربسته و حتی مودم‌های اینترنت خانگی که درست تنظیم نشده‌اند، به‌سمت یک سایت حجم بالایی از درخواست معتبر جعلی ارسال می‌کنند که منجر به اتلاف منابع سرور و از دسترس خارج شدن وب‌سایت می‌شود.

ابر آروان به‌کمک ساختارهای پیشرفته‌ی Anycast و GSLB خود می‌تواند از تمام حملات به سرویسDNS، حملات UDP، TCP و ICMP در لایه‌ی ۳ و ۴ شبکه و هم‌چنین حملات پیشرفته‌ی لایه‌ی ۷ جلوگیری کند.

- دیواره آتش

دیواره آتش ابری ابر آروان به کاربر اجازه می‌دهد تا با تعریف قوانین امنیتی در یک محیط ابری، بتواند با اعمال محدودیت‌های مختلف دسترسی، محتوای خود را با بالاترین امنیت مدیریت کند. این محدودیت‌ها شامل موارد زیر هستند:

- اولویت‌دهی به قوانین تعریف شده
- اعمال محدودیت براساس کشور و شهر
- اعمال محدودیت براساس URL
- اعمال محدودیت براساس IP

- دیواره آتش وب

دیواره آتش وب ابر آروان وظیفه‌ی تشخیص و جلوگیری از حملات سنتی و پیشرفته‌ی وب را به‌عهده دارد. این سامانه بدون نیاز به هرگونه دانش فنی یا تنظیمات پیچیده، بسیاری از پیشرفته‌ترین حملات مرسوم وب را خنثی می‌کند. ویژگی‌های دیواره آتش وب آروان به شرح زیر است:

- امکان تحلیل و مانیتور درخواست‌ها
- تنظیم میزان حساسیت
- مدیریت قوانین یا تغییر کلی حساسیت سیستم
- توانایی دفع حملات SQL Injection و روش‌های دور زدنWAF
- جلوگیری از حملات رایج مانند RFI[1]، LFI[2] و...

[1] Remote File Inclusion
[2] Local File Inclusion

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- جلوگیری از حملات تزریق کدهای اسکریپتی سمت کاربر[1]
- جلوگیری از اسکنرها، بات‌های مخرب و خزنده‌های وب
- جلوگیری از درخواست‌های خارج از فرمت استاندارد HTTP

به‌کمک ابر آروان می‌توان به‌راحتی هرگونه محدودیت موردی یا یکپارچه را برای کاربران اعمال کرد. همچنین این محدودیت را می‌توان تنها برای یک گروه مشخص در نظر گرفت. این محدودیت ها شامل موارد زیر است:

- محدودیت تعداد درخواست
- محدودیت تعداد اتصال
- محدودیت تعداد اتصال از یک IP خاص
- گزارش‌های تحلیلی حملات
- گزارش انواع حمله‌ها براساسIPهای حمله‌کننده، نوع آسیب‌پذیری، موقعیت جغرافیایی حمله‌کننده [225]

۱۰-۵-۱-۶ شبکه توزیع محتوا (CDN)

شبکه‌ی توزیع محتوای (CDN[2]) ابر آروان دسترسی به محتوای آنلاین را از نزدیک‌ترین نقطه‌ی جغرافیایی با بالاترین سرعت و کیفیت فراهم می‌کند. ابر آروان با داشتن نقاط حضور[3] متعدد در نقاط مهم ترافیکی ایران و جهان با بالاترین دقت، موقعیت جغرافیایی کاربر را تشخیص می‌دهد و محتوا را از نزدیک‌ترین نقطه به دست او می‌رساند؛ در نتیجه، سرعت بارگذاری محتوا به‌شکل چشم‌گیری افزایش می‌یابد.

۱۰-۵-۱-۷ سکوی ویدئو و پخش زنده

سکوی ویدئوی ابر آروان به تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان محتوا اجازه می‌دهد بدون دغدغه‌های زیرساختی محتوای خام ویدئو را به چند کیفیت و فرمت مختلف تبدیل و در یک فضای ذخیره‌سازی ابری نامحدود نگهداری و منتشر کنند. محتوای ویدئویی سازگار با تمام مرورگرها و تمام دستگاه‌ها از جمله کامپیوترهای شخصی، موبایل، تبلت و تلویزیون‌های هوشمند و با در نظر گرفتن سرعت و پهنای باند لحظه‌ای کاربر، نمایش داده می‌شود.

ویژگی‌های سکوی ویدئو و پخش زنده ابر آروان به شرح زیر است:

- یکپارچه با CDN: افزایش چشم‌گیر سرعت بارگذاری محتوا با ظرفیت پخش نامحدود
- قابلیت پخش تطبیقی: پخش براساس سرعت و پهنای باند لحظه‌ای کاربر، بدون اختلال در پخش ویدئو
- Player تحت وب رایگان: با سازگاری کامل و پشتیبانی از تمام قابلیت‌های سکو
- تبدیل هوشمند و خودکار: تبدیل هوشمند ویدئوی بارگذاری شده به خروجی‌های گوناگون براساس تحلیل پارامترهای ویدئو
- لینک امن: کنترل و اعمال محدودیت دسترسی به محتوای ویدیوئی خاص
- دامنه‌ی اختصاصی: عرضه‌ی محتوای ویدئویی تبدیل‌شده با دامنه‌ی اختصاصی
- امکان افزودن زیرنویس
- امکان افزودن Watermark: امکان درج تصویر به‌شکل ثابت یا متحرک در هر نقطه‌ای از محتوای ویدئویی
- فصل‌بندی: امکان تعریف و تنظیم بازه‌های زمانی و محتوایی برای تماشای کاربران [225]

[1] Cross-Site Scripting
[2] Content Delivery Network
[3] Points of Presence (PoP)

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۸-۱-۵-۱۰ تبلیغات ویدئو

صاحبان محتوا یا وب‌سایت‌های نمایش‌دهنده‌ی ویدئو می‌توانند به‌سادگی و کاملاً پویا، تبلیغات ویدئویی را در ابتدا، انتها یا در هنگام نمایش ویدئو قرار دهند یا به‌شکل زیرنویس یک تبلیغ را در هنگام پخش ویدئو نمایش دهند. با امکانات متنوعی از جمله امکان راه‌اندازی کمپین‌های متنوع و ایجاد محدودیت‌های نمایشی بر پایه‌ی میزان نمایش، تعداد کلیک، تعداد تبلیغات Skip شده و هر نوع رویداد تعریف‌شدنی، می‌توان درآمدزایی بیشتری از این سرویس داشت.
با تحلیل همه‌ی رخدادهای سمت کاربر، می‌توان تبلیغات را هدف‌مندتر نمایش داد:

- ردکردن تبلیغ: گزارش تعداد ردکردن تبلیغ به‌وسیله‌ی کاربران
- تحلیل کلیک: شمارش تعداد کلیک بازدیدکنندگان روی تبلیغ
- تحلیل حرکت Mouse: گزارش نقاط حرکت Mouse و بیشترین تمرکز آن
- گزارش بازدید: شمارش تعداد تماشای تبلیغات ویدئو
- تحلیل موقعیت جغرافیایی: تحلیل بازدید تبلیغ براساس کشور، شهر و منطقه‌ی جغرافیایی بازدیدکنندگان
- تحلیل بازدید کل: تحلیل تعداد کل نمایش تبلیغ
- تحلیل دستگاه‌های نمایش: تشخیص نوع دستگاه‌های تماشای ویدئویی کاربران
- تحلیل پلتفرم و مرورگر: تشخیص نوع سیستم‌عامل و مرورگر کاربر برای نمایش تبلیغات ویدئو
- تحلیل زمان: تحلیل براساس بازه‌ی زمانی نمایش تبلیغ
- تحلیل بیشترین بازدید: تحلیل پربازدیدترین زمان‌های پخش [225]

۲-۵-۱۰ سرویس‌های اینترنت اشیا

سرویس‌دهنده ابر آروان، سرویس‌هایی برای اینترنت اشیا ندارد.

۳-۵-۱۰ هزینه و نحوه استفاده از سرویس‌ها

ابر آروان تلاش کرده است، یکی از عادلانه‌ترین و اقتصادی‌ترین روش‌های قیمت‌گذاری محصولات ابری را پیاده‌سازی کند. در ادامه جزییات و ابعاد این روش قیمت‌گذاری توضیح داده شده است.

- ساختار Pay-As-You-Go

در نسل جدید محصولات ابر آروان تمام خدمات در قالب Pay-as-you-Go عرضه می‌شوند. در واقع یک مشتری تنها به اندازه‌ی مصرف خود مبلغی را پرداخت می‌کند. هر کاربر برای استفاده از خدمات یکپارچه‌ی ابری، حساب کاربری خود را به میزان مورد نظر شارژ می‌کند. به‌علاوه، می‌توان به کمک ماشین حساب برآوردی از مصرف آتی به دست آورد. سیستم مالی ابر آروان هر یک ساعت و با توجه به مصرف کاربر، مبلغ استفاده را محاسبه و آن را در میزان شارژ حساب کاربری منعکس می‌کند.
به جز سرویس‌های پشتیبانی و سامانه‌ی امنیت ابری که در میزان خرید محدودیت دارند و امکان فعال‌سازی آن‌ها فقط برای زمان مشخصی وجود دارد، سایر سرویس‌ها را می‌توان حتی برای یک ساعت استفاده کرد.

- سرویس رایگان و اقتصادی

ابر آروان یکی از اقتصادی‌ترین راهکارهای یکپارچه‌ی ابری را عرضه می‌کند. در ساختار جدید قیمت‌گذاری ابر آروان بسیاری از سرویس‌ها در حالت پایه، رایگان است. این سرویس‌های پایه می‌تواند نیاز بسیاری از اشخاص، دانشگاهیان و کسب وکارهای نوپا را تأمین کند. برای نمونه تمام سرویس‌های ذکر شده در جدول ۲-۱۰ رایگان عرضه می‌شوند:

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

جدول ۲-۱۰ سرویس های رایگان ابر آروان [225]

عنوان سرویس	میزان مصرف	هزینه
DNS ابری	برای تمام مصارف	رایگان
CDN	۲۰ گیگابایت ترافیک به همراه یک میلیون درخواست HTTP/HTTPS ماهانه	رایگان
امنیت ابری	جلوگیری از حملات DDoS پایه	رایگان
فضای ابری	۱۰ گیگابایت فضای ذخیره‌سازی و ۲۰ گیگابایت ترافیک	رایگان
سکوی ویدئو	۱۰ گیگابایت فضای ذخیره‌سازی و ۲۰ گیگابایت ترافیک	رایگان

سایر سرویس‌ها نیز به‌شکلی قیمت‌گذاری شدند که راهکارهای پایه، بسیار اقتصادی باشند، این سرویس ها در جدول ۳-۱۰ ارائه شده است:

جدول ۳-۱۰ هزینه سرویس های ابر آروان [225]

عنوان سرویس	میزان مصرف	هزینه
پخش زنده	پخش زنده رویداد ۲ ساعته با ۳ کیفیت مختلف و ۵۰ کاربر همزمان	۹,۹۰۰ تومان
تبلیغات ویدئو	۵ هزار نمایش تبلیغ به همراه ۷۰ کلیک	۳۹,۰۰۰ تومان
رایانش ابری	سرور با یک CPU، یک گیگابایت RAM، ۲۵ گیگابایت فضای ذخیره‌سازی و ۱۰ ترابایت ترافیک	۵۲,۳۸۰ تومان

- قیمت‌گذاری شفاف

تمام هزینه‌های استفاده از محصولات ابر آروان پیش از استفاده، شفاف است و پس از آن نیز، فاکتوری کامل با جزییات عملکردی صادر می‌شود. هر کدام از محصولات، صفحه‌ای اختصاصی دارد که در آن جزییات و پارامترهای مهم قیمت‌گذاری مشخص شده است. در انتهای این صفحات نمونه‌هایی از مصارف متداول مورد بررسی قرار گرفته است تا حدود هزینه‌ها برای کاربران غیرحرفه‌ای‌تر شفاف شود. افزون‌بر این، در صفحه‌ی ماشین حساب می‌توان تخمین دقیق‌تری از مصارف و هزینه‌ها به دست آورد.

همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، ابر آروان هر یک ساعت، پارامترهای متعدد و متفاوت تمام سرویس‌ها را بررسی و آن را در پیش‌فاکتور کاربر که در پنل کاربری قرار دارد، منعکس می‌کند و در پایان هر ماه، پیش‌فاکتور به‌شکل خودکار به فاکتور نهایی تبدیل می‌شود. در صفحه‌ی مدیریت مالی، تمام پرداخت‌ها و آرشیوی از فاکتورهای پیشین امکان مشاهده و بررسی دارند [225].

۴-۵-۱۰ مشتریان

- ریاست جمهوری
- صدا و سیمای جمهوری اسلامی ایران
- وزارت نیرو
- مجمع تشخیص مصلحت نظام
- شرکت ملی نفت ایران
- شرکت حمل و نقل ریلی رجا
- دیجی کالا
- بانک‌های سامان، پاسارگاد، آینده
- اسنپ
- علی بابا

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۰-۶ ابر بکتوری

با گسترش شبکه‌های اجتماعی در سال‌های اخیر و افزایش استفاده از گوشی‌های هوشمند تلفن همراه و نیز وب‌سایت‌ها، تغییر قابل‌ملاحظه‌ای در صنعت توسعه برنامه‌های کاربردی موبایل، بازی و صفحات وب در ایران رخ داده است. بازار بازی‌هایی که به کاربران امکان تعامل و اطلاع از وضعیت یکدیگر را بدهند[1]، در دنیا و در داخل ایران به‌سرعت در حال پیشرفت است. هرچند که همچنان این نوع بازی‌ها در ایران به بلوغ نرسیده‌اند، اما رشد روزافزون این بازار قابل‌تأمل است. توسعه‌ی این بازی‌ها و همیشه‌دردسترس بودن و سرویس‌دهی بدون نقص آنها به کاربران کار آسانی نیست. سرویس ابری بکتوری با هدف ارائه‌ی خدمات سمت سرور به توسعه‌دهندگان برای حل چنین مشکلاتی به بازار ارائه شده است. بکتوری بلوک‌های سمت سرور را برای پیاده‌سازی برنامه‌های کاربردی موبایل، بازی‌ها و نیز وب‌سایت‌ها از قبل فراهم کرده است و زمان توسعه‌ی آن‌ها را بسیار سریع‌تر می‌کند.

بکتوری یک فراهم‌کننده سرویس‌های ابری است که در سال ۱۳۹۶ توسط شرکت پگاه داده‌کاوان شریف ایجاد شده است. این سرویس‌دهنده ابری یک زیرساخت چندسکویی برای ارتباط بین برنامه‌های کاربردی و وب‌سایت‌ها با سرور ارائه می‌دهد. با داشبورد بکتوری می‌توان سرویس‌های مورد نظر را انتخاب کرده و آنها را از یک صفحه مدیریت کرد. بکتوری مقیاس‌پذیر است و با رشد کاربران، زیرساخت سمت سرور را توسعه می‌دهد و به توسعه‌دهندگان کمک می‌کند تا تمرکز خود را بر سایر جنبه‌های کار خود متمرکز کند و نگران افزایش تعداد کاربران خود نباشد.

با بکتوری نیاز نیست که از همان روز اول برای خرید یا اجاره سرور هزینه کرد. مقداری که برای نیازهای سمت سرور در بکتوری خرج می‌شود، همگام با رشد و توسعه‌ی کسب‌وکار افزایش می‌یابد. برای کسانی که تازه شروع کرده‌اند، استفاده از همه‌چیز رایگان است. بعد از آن هم فقط به‌اندازه‌ی مقدار استفاده‌ی خود پرداخت خواهند کرد [226].

۱-۶-۱۰ سرویس‌های ارائه شده توسط بکتوری

۱-۱-۶-۱۰ سرویس مدیریت کاربران بکتوری

بیش از ۹۰٪ بازی‌ها و برنامه‌های کاربردی نیاز به احراز هویت[2] کاربران دارند. به این معنا که لازم است کاربران به شکل یکتا قابل تشخیص بوده و اعتبارسنجی شوند. تعریف سطح دسترسی[3] نیز از دیگر نیازمندی‌های بازی‌ها و برنامه‌های کاربردی است. توسعه‌دهنده‌ی بازی و برنامه کاربردی می‌تواند گروه‌های مختلفی از کاربران داشته باشد و دسترسی‌ها و عملکردهای مختلفی را به هر دسته از کاربران تخصیص بدهد که طبعاً کاربران حق تخطی از آن‌ها را ندارند. سرویس مدیریت کاربران بکتوری مواردی مانند ثبت‌نام[4]، ورود به سیستم[5]، داشتن سطوح دسترسی مختلف و مدیریت کاربر مهمان را پوشش می‌دهد. ازجمله خدمات دیگر این سرویس می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ورود به شبکه‌های اجتماعی مختلف مانند Instagram, Google+
- داشبورد جهت مشاهده رشد وضعیت کاربران و آمارهای تحلیلی
- ایجاد Tokenهای دسترسی برای کاربران پس از ورود به سیستم
- استفاده از Tokenهای بازنشانی Refresh-token() به‌منظور گرفتن Tokenهای دسترسی جدید

[1] Social Games
[2] Authentication
[3] Authorization
[4] Registeration
[5] Login

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- تبدیل کاربران مهمان به کاربران عادی با حفظ تاریخچه استفاده کاربر مهمان
- تأیید ثبت‌نام از طریق پست الکترونیکی
- تغییر رمز ورود
- مدیریت فراموشی رمز ورود
- مشاهده و مدیریت اطلاعات کاربران [227]

۲-۱-۶-۱۰ سرویس پایگاه داده بکتوری

با ساخت پروژه در بکتوری، پایگاه داده توسعه‌دهنده به‌صورت خودکار آماده می‌شود. در گام بعدی لازم است توسعه‌دهنده جداول مورد نیاز خود را با چند کلیک بسازد و بعد شروع به استفاده کند. خدمات دیگر این سرویس عبارت‌اند از:

- نگهداری و افزایش خودکار اندازه پایگاه داده توسط بکتوری
- نگهداری کپی از داده‌ها به‌صورت خودکار
- پشتیبانی از مدل دسترسی ACL[1] برای امنیت داده‌ها
- شاخص‌گذاری و بهبود سرعت پرس‌وجوها به‌صورت خودکار
- داشبورد میزان مصرف [227]

۳-۱-۶-۱۰ سرویس مرکز بازی بکتوری

یکی از نیازمندی‌های بازی‌های آنلاین داشتن Leaderboard سریع است. در Leaderboardها، بازیکنان بر اساس امتیازی که تا به حال کسب کرده‌اند رتبه‌بندی می‌شوند و بازیکن‌ها می‌توانند علاوه بر دیدن رتبه خود و بازیکن‌های اطراف خود، بازیکن‌هایی که تا به حال بیشترین امتیاز را کسب کرده‌اند ببینند. بازی‌هایی که تعداد کاربران کمی دارند در سرعت Leaderboard مشکلی نخواهند داشت، اما اگر تعداد بازیکنان داخل یک Leaderboard زیاد شود، تضمین سرعت و امنیت آن چالش بزرگی برای توسعه‌دهندگان است. با ساختن پروژه در بکتوری می‌توان با چند کلیک ساده در مرکز بازی، Leaderboard امن و سریع خود را ساخت و تمام چالش‌های حال و آینده‌ی آن را حل کرد.

یکی دیگر از نیازهای بازی‌هایی که مسابقات آنلاین دارند، Matchmaking است. این کار به معنی جفت کردن بازیکنان با هم و ایجاد امکان مسابقه‌ی ایشان با هم است. چالش‌های سمت سرور Matchmaking توسعه‌دهندگان سراسر جهان را ترغیب به استفاده از سرویس‌های سمت سرور کرده است و بکتوری برای اولین بار در ایران، این مشکل را تنها با چند کلیک برای توسعه‌دهندگان حل کرده است.

خدمات سرویس مرکز بازی بکتوری را می‌توان در موارد ذیل خلاصه کرد:

- سادگی پیاده‌سازی و استفاده در بازی‌های موبایل
- امکان تعریف Leaderboard امن و جلوگیری از تقلب
- امکان انجام Matchmaking برای بازی‌های آنلاین
- امکان اتصال به پرداخت کافه‌بازار برای اطمینان از صحت پرداخت‌ها در سمت سرور [227]

[1] Access Control List

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۴-۱-۶-۱۰ سرویس رایانش بکتوری

با توجه به نیاز همه‌ی برنامه‌ها و بازی‌ها به داشتن منطق دلخواه سرویس رایانش این امکان را فراهم می‌کند که توسعه‌دهندگان بتوانند هر نوع منطق و رفتار پیچیده‌ای که پیاده‌سازی آن در سمت کلاینت منطقی نیست را به سادگی با استفاده از زبان‌های برنامه‌نویسی رایج پیاده‌سازی کرده و بر روی بکتوری اجرا کنند. منطق برنامه می‌تواند از ساده‌ترین کارها تا پیچیده‌ترین عملیات درون یک برنامه کاربردی را در بربگیرد. فرستادن یک Hello ساده به کاربران، چک کردن اینکه یک کاربر کالای خاصی را در یک بازی یا برنامه خریده است یا خیر، تحلیل داده‌های بازی‌ها و برنامه‌ها، تغییر رفتار برنامه و بازی با توجه به رفتار کاربر بدون نیاز به بروزرسانی بازی و برنامه و یا هر رفتار دیگری که به برنامه و بازی کاربر مرتبط است یک منطق و رفتار خاص محسوب می‌شود که همه‌ی این اقلام با سرویس رایانش بکتوری قابل پیاده‌سازی است. سرویس رایانش کدهای کاربر را دریافت و در چند ثانیه آن‌ها را راه‌اندازی می‌کند. کاربر تنها بر اساس میزانی که کدهایش فراخوانی شوند هزینه پرداخت خواهد کرد. مهم‌ترین ویژگی‌های سرویس رایانش را می‌توان در این موارد خلاصه کرد:

- پشتیبانی کامل از زبان‌های Nodejs و Javascript
- امکان بارگذاری و راه‌اندازی اتوماتیک کدها
- همگام بودن با Git
- پرداخت هزینه به اندازه فراخوانی توابع
- یکپارچگی با تمامی سرویس های بکتوری و سادگی استفاده
- امکان تعریف Job
- همخوانی با سرویس AWS Lambda
- قابل دسترسی و فراخوانی از طریق موبایل و وب [227]

۵-۱-۶-۱۰ سرویس بی‌درنگ بکتوری

یکی از بزرگترین چالش‌های فناوری برای برنامه‌های کاربردی موبایل و وب‌سایت‌ها، ساخت سرویس‌های بی‌درنگ[1] است. برنامه‌های کاربردی چت، پیام‌رسان، بورس و بازی‌های آنلاین دو یا چند نفره نمونه‌هایی از جمله برنامه‌هایی هستند که به این سرویس‌ها نیازمندند. خصوصیت این برنامه‌ها و وب‌سایت‌ها این است که نیاز به یک تعامل زنده بین دو یا چند کاربر وجود دارد. منظور از تعامل زنده همان بی‌درنگ است، یعنی اتفاقات بدون کمترین تأخیر به دست کاربران دیگر برسد. برای مثال در یک برنامه چت کاربران نیاز دارند که پیام‌هایی که ارسال می‌کنند حداکثر نیم‌ثانیه بعد به دست همه افرادی که در گروه چت عضو هستند رسیده باشد. در موارد حساس‌تر مانند بازی چندنفره آنلاین این زمان باید به کمتر از ۱۰۰ میلی‌ثانیه برسد. این الزامِ زمانیِ سخت‌گیرانه، سبب می‌شود که راهکارهای معمولی اتصال به سرور کارکرد مناسب را نداشته باشد و نیاز به استفاده از تکنیک‌های بی‌درنگ باشد.

در سرویس‌های بی‌درنگ رایج، کلاینت یک اتصال دائمی به سرور ایجاد می‌کند. این اتصال تا زمانی که اختلالی در شبکه ایجاد نشود و یا کلاینت/سرور درخواست اتمام اتصال را ندهند برقرار است و به محض اینکه رویدادی در هر یک از دو سمت کلاینت/سرور روی دهد، پیامی مبنی بر این رویداد بر روی ارتباط باز موجود نوشته خواهد شد و به دست طرف دیگر خواهد رسید. سرویس بی‌درنگ بکتوری برای کانال دوطرفه از بستر Websocket استفاده می‌کند. این استاندارد ابتدا در وب ایجاد شد و در حال حاضر، در برنامه‌های کاربردی موبایل هم کاربرد دارد. همچنین متن پیام‌ها بر اساس پروتکل STOMP می‌باشد. این

[1] Real-time

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

پروتکل از پروتکل معروف HTTP الهام گرفته شده است. پروتکل STOMP متنی بوده و باینری نیست و مانند HTTP هر درخواست آن دارای یک متد، یک آدرس مقصد، تعدادی سرآیند[1] و یک بدنه اصلی است.

بکتوری به کاربر امکان توسعه برنامه‌های کاربردی بی‌درنگ بدون نیاز به پیاده‌سازی سرور و درگیری‌های آن را می‌دهد. مانند همه سرویس‌ها، کاربر بر اساس میزان پیام‌هایی که جابجا خواهد کرد هزینه می‌پردازد. در هر پلتفرمی که باشد کافیست بتواند از Websocket استفاده کند و به سرورهای بکتوری وصل شود.

برخی ویژگی‌های این سرویس عبارتند از:

- امکان تولید یک برنامه کاربردی و بازی بی‌درنگ بدون کمترین کد سرور
- انتقال بی‌درنگ پیام بین کاربران در بازی‌ها و برنامه‌ها
- امکان چت و ساختن چت‌روم
- مقیاس‌پذیر از چند تا چند صد هزار کاربر آنلاین
- استفاده از سرورهای داخلی و تأخیر پایین [227]

۱۰-۶-۱-۶ سرویس فایل بکتوری

وب‌سایت‌ها و برنامه‌های کاربردی ارائه‌دهنده‌ی محتوا اغلب با مشکلاتی مثل نگهداری حجم زیادی از داده‌ها، تهیه‌ی نسخه‌ی پشتیبان از آن‌ها، کنترل ترافیک بالای ناگهانی و ... مواجه هستند. سرویس مدیریت فایل بکتوری به منظور رفع این نیازها راه‌اندازی شده است. این سرویس، امکان ذخیره‌سازی فایل با اندازه‌های مختلف از چند کیلوبایت تا چندین گیگابایت را فراهم می‌کند. همچنین ترافیک کاربر می‌تواند از چند مگابایت تا چندین ترابایت در ماه افزایش یابد. سایر ویژگی‌های این سرویس عبارتند از:

- پشتیبانی از فایل‌ها تا حجم ۵ گیگابایت به ازاء هر فایل
- پشتیبانی از ترافیک‌های ترابیت
- پرداخت هزینه بر اساس میزان مصرف
- افزونگی اتوماتیک برای فایل‌ها جهت جلوگیری از پاک شدن و خرابی
- پشتیبانی از Cache داده‌ها در مراکز داده مختلف
- ایجاد لینک دانلود مخصوص به یک کاربرخاص و لینک‌های زمان‌دار
- پنل کاربری جهت مشاهده و مدیریت فایل‌ها و مدیریت میزان مصرف [227]

۱۰-۶-۱-۷ سرویس درون‌پرداخت امن

سرویس درون‌پرداخت امن بکتوری امکان اعتبارسنجی پرداخت‌های درون‌برنامه‌ای انجام شده توسط کافه‌بازار را ارائه می‌دهد. از مدت‌ها پیش، برنامه‌ای به نام Lucky Patcher به وجود آمده است که با دادن دسترسی root دستگاه اندرویدی به آن توسط صاحب دستگاه، می‌تواند بین برنامه کاربردی (دارای پرداخت درون‌برنامه‌ای) و Google Play Store حائل شده، و به جای برنامه Play Store به درخواست‌های برنامه کاربردی پاسخ دهد. در نتیجه Lucky Patcher با تقلید پاسخ‌های Play Store (اصطلاحاً mock کردن آن‌ها) می‌تواند به برنامه کاربردی بگوید که پرداخت درون‌برنامه‌ای انجام شده است؛ بدون این‌که در حقیقت پرداختی انجام شده باشد.

[1] Header

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

با توجه به شباهت ساختار درخواست‌ها (intentها) و پاسخ‌های برنامه کاربردی کافه‌بازار با Play Store، این برنامه بر روی کافه‌بازار هم می‌تواند عمل مخرب خود را انجام دهد. اکنون بکتوری به کمک توسعه‌دهندگان شتافته است تا با کمک API توسعه‌دهندگان کافه‌بازار بتواند برنامه‌نویسان را از صحت خرید انجام شده مطمئن سازد تا دیگر حقی از آنان ضایع نگردد [227].

۱۰-۶-۱-۸ سرویس شبکه توزیع محتوا (CDN)

خدمات شبکه توزیع محتوای بکتوری شامل موارد ذیل است:

- مقیاس‌پذیری شرکت‌ها (مشتریان) : افزایش بدون مشکل پهنای باند هنگام افزایش تعداد کاربران و رشد کسب وکار
- معتبرترین مراکز داده ایرانی: سرورهای چندگانه در آسیاتک، شاتل، پارس آنلاین، مخابرات و...
- دریافت اتوماتیک SSL Certificate : دریافت مجوز SSL Certificate ها به شکل اتوماتیک
- گره‌های CDN در خارج[1]: امکان استفاده از مراکز داده معتبر در خارج از ایران
- افزایش سرعت و کاهش تأخیر دسترسی: بارگذاری سریع و آسان فایل‌های کاربران و بهبود تجربه کاربری
- پشتیبانی از HTTPS برای دامنه های اختصاصی: کسب مجوز و تبدیل آسان به HTTPS تنها با یک درخواست
- ایجاد دامنه اختصاصی: داشتن CDN با نام اختصاصی کسب‌وکار خود
- امکان بارگذاری SSL Certificate شخصی: امکان استفاده از مجوز کسب شده HTTPS و ارائه آن در CDN
- پشتیبانی از ترافیک چند ۱۰ گیگابیتی: افزایش پهنای باند در شرایط اوج درخواست کاربران و ارائه خدمات مقیاس‌پذیر [226]

۱۰-۶-۱-۹ سرویس‌های ویدئویی بکتوری

خدمات ویدئویی بکتوری شامل موارد زیر است:

- بسته کامل نیازمندی‌های ویدئویی: ارائه کلیه خدمات در مورد ارائه محتواهای ویدئویی و رفع کامل نیازمندی های مرتبط
- تبدیل ویدئو قابل تنظیم: تبدیل نرخ بیت و حجم و کیفیت ویدئوها و ارائه خروجی مطلوب بر اساس ویژگی‌های مورد نظر
- Thumbnail: امکان بارگذاری تصویر و یا انتخاب یکی از لحظات ویدئو به عنوان تصویر شاخص ویدئو
- Water mark: افزودن خودکار Watermark به ویدئوهای ارائه شده تنها با یک درخواست
- زیرنویس: امکان افزودن زیرنویس برای ویدئوهای ارائه شده
- تبدیل ویدئو هم‌زمان: تبدیل چندین ویدئو به صورت موازی و هم‌زمان
- جریان‌سازی انعطاف‌پذیر: هماهنگی خودکار کیفیت پخش ویدئو برای هر کاربر براساس سرعت و وضعیت اینترنت او
- قابلیت تعریف Webhook: اعلان اتمام هر فعالیت اعم از انجام تبدیل ویدئو، افزودن زیرنویس و... [226]

۱۰-۶-۲ سرویس‌های اینترنت اشیا

سرویس‌دهنده ابر بکتوری، سرویس‌هایی برای اینترنت اشیا ندارد.

[1] Warpchach

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۰-۶-۳ هزینه و نحوه استفاده از سرویس‌ها

تعرفه سرویس‌ها به گونه‌ای است که کاربر فقط برای آنچه مصرف می‌شود، هزینه پرداخت می‌کند. نحوه محاسبه هزینه سرویس‌ها در شکل ۲۴-۱۰ ارائه شده است.

شکل ۲۴-۱۰ نحوه محاسبه هزینه سرویس‌های ابر بکتوری [227]

۱۰-۶-۴ مشتریان

مشتریان اصلی بکتوری در سه دسته مشتریان رسانه‌ای، مشتریان خدماتی و مشتریان بازی جای می‌گیرند. تعدادی از مشتریان بکتوری در جدول ۴-۱۰ معرفی شده‌اند.

جدول ۴-۱۰ مشتریان سرویس‌های ابری بکتوری [227]

مشتریان رسانه‌ای	• سلام‌سینما • هدفون

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

	• بیپ‌تونز (برای نگهداری حجم زیادی از موسیقی و نیز مواجه با حجم زیادی از ترافیک حین انتشار آهنگ‌های جدید) • تلوبیون • خندوانه • مستر تهران • سیمای همراه
مشتریان خدماتی	• ترب • تپسل (برای نمایش چندین میلیون ویدئو و بنر در روز) • آلونک (برای نگهداری چندین میلیون عکس و نمایش آنها) • مکتب خونه • نزدیکا • لحظه نگار • سنجاق • روزیاتو
مشتریان بازی	• Quiz of Kings • دبرنا • سالار • دنده ۲ • منچرز • مارکرفت • فوتبالیا • چهار پلاس • بازوکا

۷-۱۰ ابر زس (Xaas)

ابر زس یک استارت‌آپ دانش‌بنیان است که در سال ۱۳۹۳ با حمایت پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات راه‌اندازی شد. اولین سرویس‌های زس سرویس سرور ابری (VPS[1]) و سرویس مرکز داده ابری (VPC[2]) بودند. رفته‌رفته محصولات دیگری از جمله سرویس ذخیره‌سازی ابری به سرویس‌های ابر زس اضافه شد. یکی دیگر از خصوصیات منحصر به فرد زس در ارائه خدمات، لایه‌بندی سطح خدمات می‌باشد. زس در ۳ سطح Economy Class، Business Class و همچنین First Class خدمات ارائه می‌کند و از مدل پرداخت به میزان استفاده برای محاسبه هزینه استفاده می‌نماید [228].

[1] Virtual Private Server
[2] Virtual Private Cloud

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱-۷-۱۰ سرویس‌های ارائه شده توسط زس

۱-۱-۷-۱۰ مرکز داده ابری

با استفاده از این سرویس، کاربر می‌تواند مرکز داده ابری خود را دقیقاً همانند یک مرکز داده فیزیکی، طراحی و سفارشی‌سازی کند. کاربر همانند یک مدیر شبکه کنترل کامل بر روی مرکز داده خود داشته و می‌تواند با استفاده از تعریف شبکه، ایجاد سرورهای مجازی به تعداد دلخواه، اضافه کردن دیسک و منابع ذخیره‌سازی به سرورها و همچنین تعریف سیاست‌های دیواره آتش برای امن‌سازی از طریق پنل مدیریت، مرکز داده خود را طراحی کند. این روش مناسب کسانی است که نیاز آنها به منابع زیرساختی تابع عوامل مختلفی است و در نتیجه نیازشان متغیر است. بنابراین به مقدار اندکی حساب خود را شارژ نموده و بر اساس میزان استفاده از منابع، از شارژ اولیه کاسته می شود.

۲-۱-۷-۱۰ سرور ابری

سرور ابری XaaS، خدمتی همانند سرور اختصاصی مجازی (VPS) و یا سرور اختصاصی فیزیکی[1] است، با این تفاوت که بر روی مرکز داده ابری به مشتریان ارائه شده و از ویژگی‌های پیشرفته رایانش ابری از جمله پویایی در میزان استفاده از منابع، سرعت بالا در ایجاد سرویس و همچنین امنیت و قابلیت گسترش‌پذیری بالا بهره‌مند گردیده است.
این سرویس مناسب کسانی است که نیازی به روشن بودن مداوم سرور ندارند و یا می‌خواهند سرور در زمان دلخواه روشن باشد. بنابراین به مقدار اندکی حساب خود را شارژ نموده و بر اساس میزان استفاده از منابع، از شارژ اولیه کاسته می شود. این سرویس همچنین مناسب امور تحقیقاتی یا پروژه‌ای می باشد که در بازه زمانی کمتر از یک ماه به سرور احتیاج دارند.

۳-۱-۷-۱۰ سکوی ابری

به کمک سکوی ابری می‌توان سرویس و محصول خود را با کمترین هزینه زمانی و فنی (بر اساس میزان استفاده)، راه‌اندازی، بروزرسانی و مقیاس‌دهی کرد. لذا به جای صرف زمان برای تنظیم و راه‌اندازی پیش‌نیازها، می‌توان روی توسعه هر چه بیشتر و بهتر تمرکز کرد. سکوی ابری زس با افزایش تعداد کاربران به طور خودکار درخواست‌ها را روی Instance های دیگر توزیع می‌کند. همچنین سکوی زس یک رجیستری خصوصی جهت ذخیره Imageها ارائه می‌دهد که مدیریت آن از طریق پنل کاربری آسان و سریع شده است.

۴-۱-۷-۱۰ درایو ابری

با استفاده از این سرویس به راحتی می‌توان فایل‌ها و اطلاعات خود را بر روی فضای نامحدودی که به کاربر اختصاص داده شده، ذخیره و بازیابی کرد و از هر جایی که امکان اتصال به اینترنت وجود داشته باشد و به محتوای خود دسترسی داشت. اگر کاربر برنامه کاربردی این سرویس را نصب کند، هر تغییری که در فایل‌های ذخیره شده بر روی سیستم خود ایجاد کند، بطور خودکار این تغییر بر روی فایل‌های ابری کاربر اعمال می‌شود.

[1] Dedicated Server

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۰-۷-۱-۵ گرافیک ابری

با استفاده از سرویس ابری GPU، می‌توان به زیرساخت پردازش گرافیکی ابر زس متصل شد و تمامی محاسبات سنگین مبتنی بر پردازش موازی را با به کارگیری توان پردازشی بالا انجام داد. این سرویس در یادگیری ماشین، داده‌کاوی، پردازش‌های علمی و نرم‌افزارهای گرافیکی کاربرد دارد. ابر XaaS ماشینی با گرافیکی قدرتمند تا ۸ گیگابایت در اختیار کاربر قرار می‌دهد.

۱۰-۷-۱-۶ کلان‌داده ابری

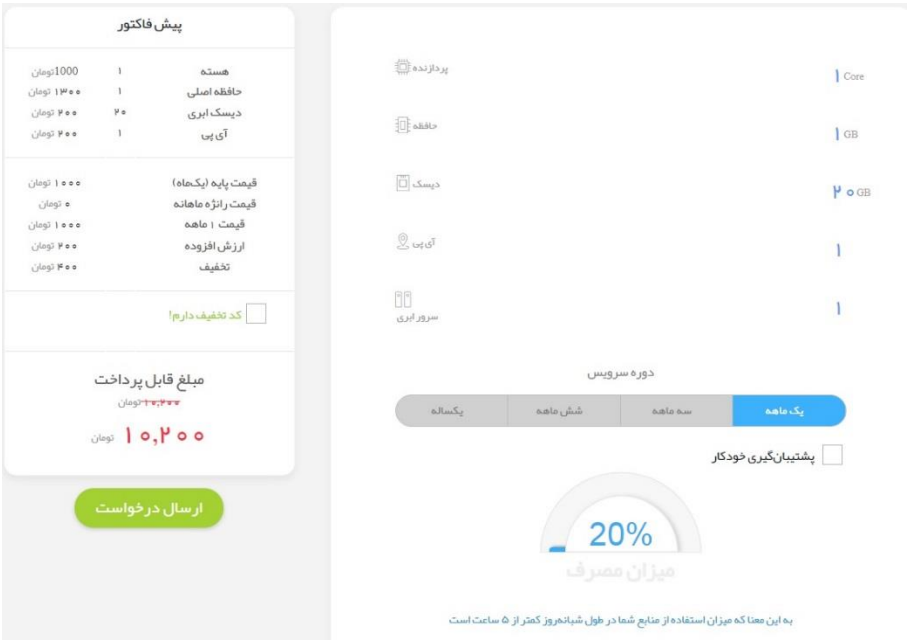
سرویس کلان‌داده ابری شامل آخرین تحولات Hadoop و به طور خاص حاوی اطلاعات سکوی هورتون (HDP[1]) است که جهت مدیریت، پردازش و تحلیل کلان داده به کار گرفته می‌شود. با استفاده از این سرویس کاربر می‌تواند نیازمندی‌های مرتبط با کلان‌داده خود را پوشش دهد [228].

۱۰-۷-۲ سرویس‌های اینترنت اشیا

سرویس‌دهنده ابر زس، سرویس‌هایی برای اینترنت اشیا ندارد.

۱۰-۷-۳ هزینه و نحوه استفاده از سرویس‌ها

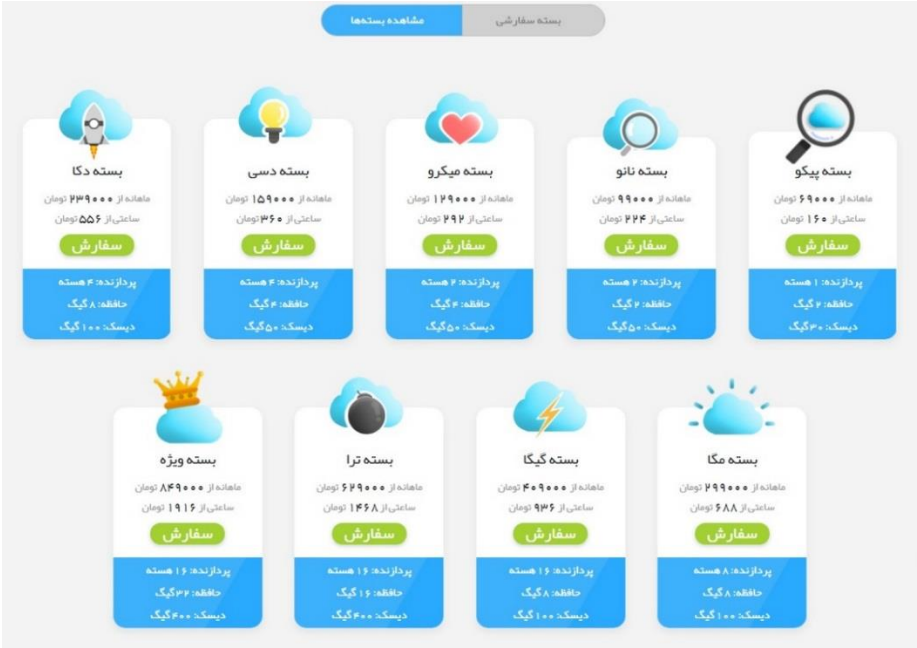
نحوه محاسبه هزینه سرویس‌های ابری زس در شکل های ۳-۱۶ تا ۳-۲۱ ارائه شده است.



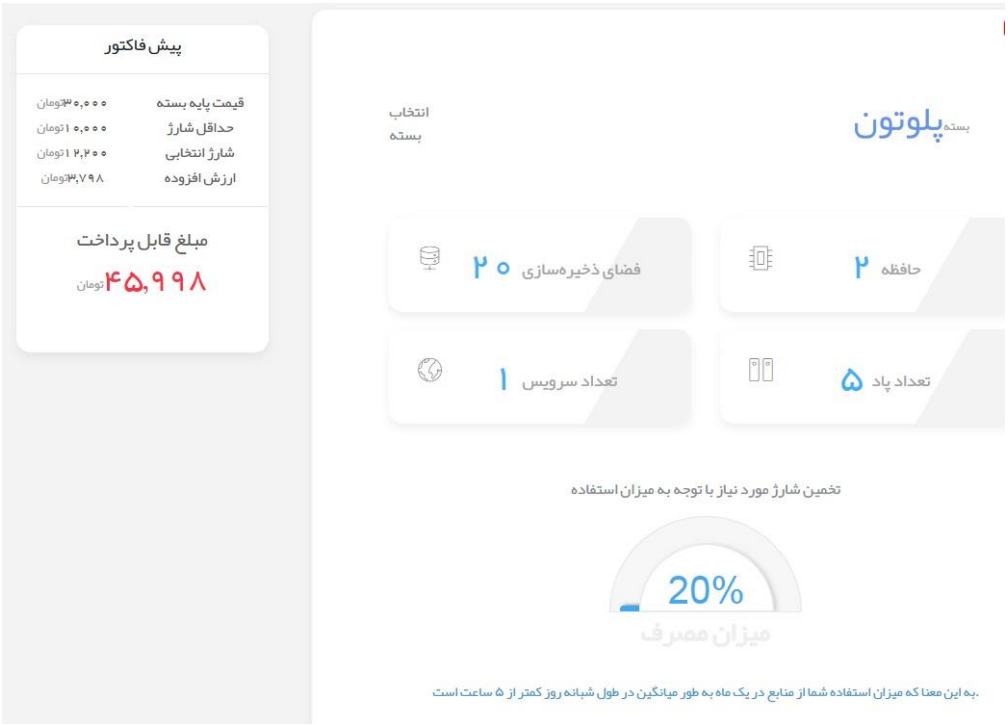
شکل ۱۰-۲۵ نحوه محاسبه هزینه سرویس مرکز داده ابری [228]

[1] Hortonworks Data Platform

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



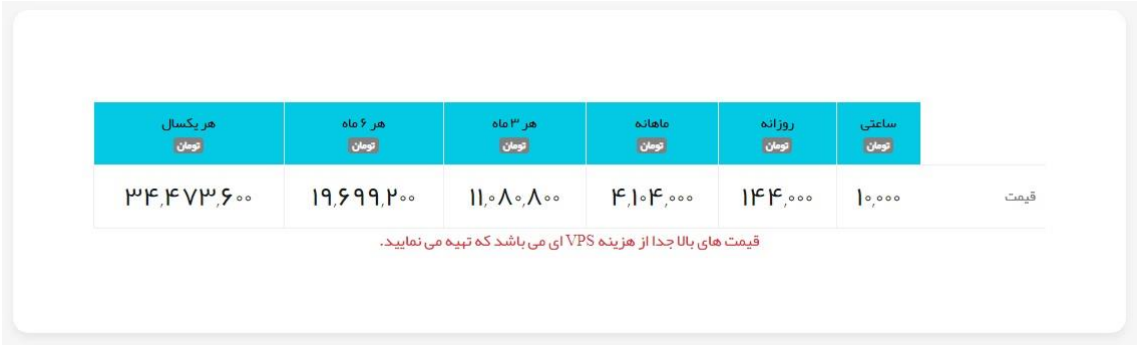
شکل ۲۶-۱۰ نحوه محاسبه هزینه سرویس سرور ابری [228]



شکل ۲۷-۱۰ نحوه محاسبه هزینه سرویس سکوی ابری [228]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۲۸-۱۰ نحوه محاسبه هزینه سرویس درایو ابری [228]



شکل ۲۹-۱۰ نحوه محاسبه هزینه سرویس گرافیک ابری [228]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۳۰-۱۰ نحوه محاسبه هزینه سرویس کلان داده ابری [228]

۴-۷-۱۰ مشتریان

- پارس‌آنلاین
- دیجی‌کالا
- دیجی‌کالا نکست
- میدون
- سینا (سامانه یکپارچه نوبت‌دهی آنلاین)
- شبکه زنان دانشمند جهان اسلام
- مرکز ملی فضای مجازی
- دانشگاه تهران
- گروه بازرگانی ایوب جوانشیر
- صندوق سرمایه‌گذاری لوتوس پارسیان
- مهندسین مشاور شارستان
- آتی‌ساز
- آزمایشگاه موتور جستجو (SE Lab)
- درگاه جامعه نرم‌افزارهای آزاد/متن‌باز
- NabPlan
- موتور جستجو ملی
- پژوهشگاه ارتباطات
- خبرگزاری علم و فن آوری
- جامعه آزاد رایانش ابری
- انجمن سینمای جوانان ایران
- پیگیر
- پرشیا مدیا
- شرکت توربوتک
- فناوری اطلاعات فافا
- بیمارستان کوثر شیراز
- هماپلاس
- ترگمان
- هشتاد
- پرداس
- تاران
- ارتباطات خلاق رف
- سازمان فناوری اطلاعات ایران
- پارک علم و فناوری
- هایپر تهران
- زروان (فناوری اطلاعات)
- کارا
- شرکت آرمان رایان شریف
- جامعه تخصصی مرورگر
- سامانه دانش‌بنیان
- پایگاه دانش فارس‌نت
- نت برگ
- فناوری رایانت
- پارس فناوران مبتکر
- فلورینا
- تایم آو لرن
- ترنج
- فایل رسون

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- طرح توسعه و به کارگیری نرم‌افزارهای بومی
- موتور جست‌وجوی کاوش
- شرکت ایمن‌رایان امیرکبیر
- پروژه‌ی شبکه‌ی تصویری فارسی
- سامانه بومی رتبه‌بندی دامنه‌ها
- موسسه دانش بنیان برکت
- مادیران
- Nakoo
- اتحادیه تاکسیرانی‌های کشور
- عمید رایانه شریف
- پویش دارو
- پارسی‌مپ
- جیبیتال
- خندوانه
- MataDev
- عالی کد
- سرویس کار
- قلم سرخ
- اتحادیه صوتی–تصویری و تلفن همراه
- همگام پردازش
- ویکی‌جو
- عالی مشاور
- الماس داده
- همراز فرالاجیک
- دوناب
- امداد کشاورز
- پی پینگ

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل یازدهم

انتخاب محیط ابری مناسب برای خانه هوشمند

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱-۱۱ مقدمه

در فصل دوم گزارش ویژگی‌های خانه هوشمند مبتنی بر رایانش ابری بررسی شد و بر اساس سند نیازمندی‌های خانه هوشمند، نیازمندی‌هایی که توسط سرویس‌های ابری قابل پوشش هستند، مشخص شد (جدول ۱-۹). در فصل سوم سرویس‌های اینترنت اشیا که توسط مهم‌ترین عرضه‌کنندگان خدمات ابری دنیا ارائه شده‌اند، مورد مطالعه قرار گرفت. در این فصل با توجه این موارد سرویس‌های اصلی که باید در معماری ابری خانه هوشمند مورد پوشش قرار گیرند، مشخص می‌شود. سپس با توجه به قابلیت‌های فراهم‌کنندگان سرویس‌های ابری ایرانی (که در فصل سوم بررسی شد)، مشخص می‌شود که برای کدام سرویس‌ها امکان استفاده از ابرهای داخلی وجود دارد. سایر سرویس‌های ابری خانه هوشمند لازم است به‌صورت داخلی در سازمان راه‌اندازی شوند.

۲-۱۱ سرویس‌های ابری مورد نیاز در خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

در ادامه سرویس‌های ابری خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا ارائه می‌شود. لازم به ذکر است که در معماری ابری خانه هوشمند ممکن است برخی از این سرویس‌ها به سرویس‌های کوچک‌تر تقسیم شوند و برخی از آنها ممکن است در هم ادغام گردند:

- سرویس احراز هویت و کنترل دسترسی

در خانه هوشمند لازم است هر کاربر، دستگاه و یا سرویس که می‌خواهد به اطلاعات سایر دستگاه‌ها و سرویس‌ها دسترسی داشته باشد، احراز هویت شود. این سرویس پیش از هر گونه تعامل بین اجزای مختلف خانه و افراد، هویت آنها را بررسی کرده و مطابق با سطح دسترسی‌های تعریف شده اجازه انجام عملیات را می‌دهد.

- سرویس مدیریت دستگاه‌ها

این سرویس وظایفی شامل پیکربندی خودکار لوازم و دستگاه‌های خانه هوشمند، پایش سلامت دستگاه‌ها، تشخیص عیب از راه دور، بروزرسانی از راه دور و دسترسی به اطلاعات دستگاه‌ها را بر عهده دارد. همچنین به طور مداوم تنظیمات تجهیزات موجود در شبکه را با تنظیماتی که ما برای تجهیزات به عنوان شرایط نرمال تعریف کرده‌ایم، مطابقت می‌دهد و در صورت مشاهده عدم تطبیق با فراخوانی سرویس تشخیص و پاسخگویی به رویدادها اقدامات لازم را انجام می‌دهد.

- سرویس تحلیل محلی داده‌ها در لبه شبکه

برای کاهش بار پردازشی ابر و همچنین پاسخگویی سریع به فوریت‌ها، لازم است بخشی از پردازش داده‌ها در لبه شبکه انجام شود. همچنین برای کاهش هزینه پهنای باند و ارسال حجم بسیار بالایی از داده‌های خام، می‌توان داده‌ها را به‌صورت محلی پاک‌سازی و تجمیع کرد و سپس داده‌های حاصل را برای پردازش کامل‌تر به ابر ارسال کرد.

- سرویس انتقال پیام بین ابر و دستگاه‌ها (ارتباط دوطرفه)

این سرویس وظیفه انتقال داده‌های اندازه‌گیری‌شده از دستگاه تا ابر، بارگذاری فایل از دستگاه‌ها، پیام‌های درخواست و پاسخ برای کنترل تجهیزات از طریق ابر را دارد و از پروتکل‌های لایه کاربرد اینترنت اشیا مانند HTTP، MQTT و ... پشتیبانی می‌کند.

- سرویس تشخیص و پاسخ‌گویی به رویدادها

این سرویس رویدادهای مختلف در خانه هوشمند را تشخیص می‌دهد و متناسب با نوع رویداد، اقداماتی مانند اطلاع‌رسانی و ... را انجام می‌دهد. اطلاع‌رسانی امداد در سیستم‌های امنیتی، ایمنی و مراقبت از سلامت خانه

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

هوشمند و هماهنگی برای نگهداری و تعمیرات دوره‌ای از جمله خدماتی هستند که توسط این سرویس انجام می‌شوند.

- سرویس تحلیل داده‌ها

این سرویس، داده‌های جمع‌آوری‌شده از خانه هوشمند را تحلیل می‌کند. این سرویس با سایر سرویس‌ها مانند سرویس‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، محاسبات و پردازش، ذخیره‌سازی و پایگاه داده در ارتباط است. تحلیل میزان مصرف انرژی و پیشنهادهایی برای کاهش مصرف، تحلیل اطلاعات برای آبیاری گیاهان، تعیین الگوی روشنایی و خاموشی خانه برای استفاده در زمان عدم حضور در خانه، تشخیص ورود سارق به خانه، تحلیل الگوی زندگی افراد و ... از جمله مواردی هستند که توسط این سرویس پوشش داده می‌شوند.

- سرویس هوش مصنوعی و یادگیری ماشین

این سرویس وظایف توسعه، آموزش و مدیریت مدل‌های یادگیری ماشین و انواع روش‌های هوش مصنوعی مورد نیاز در خانه هوشمند را بر عهده دارد. سرویس تحلیل داده‌ها برای مدل‌سازی روش‌های خود از این سرویس استفاده می‌کند. همچنین مواردی مانند پردازش تصویر چهره‌های تشخیص داده‌شده توسط دوربین‌ها یا زنگ درب تصویری، پردازش صدای تشخیص داده شده توسط میکروفن‌ها، تطبیق اثر انگشت با الگوهای اثر انگشت مجاز در خانه هوشمند از جمله خدمات ارائه‌شده توسط این سرویس است.

- سرویس محاسبات و پردازش

این سرویس از نوع زیرساخت به عنوان سرویس (IaaS) است و شامل فراهم‌سازی توان پردازشی لازم برای انجام محاسبات می‌باشد. این سرویس توسط سرویس‌هایی مانند یادگیری ماشین و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- سرویس ذخیره‌سازی

این سرویس از نوع زیرساخت به عنوان سرویس (IaaS) است و فضایی برای ذخیره کردن حجم زیاد فایل‌ها و اطلاعات خانه‌های هوشمند فراهم می‌کند.

- سرویس پایگاه داده

این سرویس موتور پایگاه داده‌ای برای نگهداری داده‌های خانه هوشمند و اجرای پرس‌وجوهای مختلف بر روی این داده‌ها ارائه می‌دهد.

- سرویس مدیریت سرویس‌ها

با توجه به وجود سرویس‌های ابری متعدد برای انجام وظایف مختلف، نیاز به یک سرویس مرکزی است که مدیریت، هماهنگ‌سازی و ارتباطات سرویس‌های دیگر را بر عهده بگیرد.

۳-۱۱ انتخاب محیط ابری مناسب برای خانه هوشمند

در جدول ۱-۱۱ سرویس‌های مورد نیاز خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا با سرویس‌های ابری که توسط شرکت‌های ایرانی ارائه شده‌اند، تطبیق داده شده است. مطابق این جدول سرویس‌هایی مانند احراز هویت و کنترل دسترسی، محاسبات و پردازش، ذخیره‌سازی و پایگاه داده توسط این شرکت‌ها ارائه می‌شوند و می‌توان از خدمات آنها در این زمینه‌ها استفاده کرد. سایر سرویس‌ها، لازم است به صورت داخلی و در پژوهشگاه توسعه داده شوند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

جدول ۱-۱۱ تطبیق سرویس‌های ابری مورد نیاز خانه هوشمند با قابلیت‌های عرضه‌کنندکان سرویس ابری در داخل کشور

نام سرویس	وجود ارائه‌دهنده داخلی	توضیحات
احراز هویت و کنترل دسترسی	✓	ابر بکتوری
مدیریت تجهیزات اینترنت اشیا	×	
تحلیل محلی داده‌ها در لبه شبکه	×	
انتقال پیام بین ابر و دستگاه‌ها	✓	ابر بکتوری
تشخیص و پاسخ‌گویی به رویدادها	×	
تحلیل داده‌ها	✓	ابر زس
هوش مصنوعی و یادگیری ماشین	×	
محاسبات و پردازش	✓	ابرهای آروان، بکتوری و زس
ذخیره‌سازی	✓	ابرهای آروان، بکتوری و زس
پایگاه داده	✓	ابر بکتوری
مدیریت سرویس‌ها	×	

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

بخش چهارم

نحوه جمع‌آوری داده و کنترل اشیا در خانه هوشمند

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل دوازدهم

بررسی نمونه‌هایی از بوردهای اینترنت اشیا

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۲-۱ مقدمه

در سال‌های اخیر با گسترش کاربردهای اینترنت اشیا در خانه‌ها و حتی ساختمان‌های اداری و شرکت‌ها، طراحی و ساخت سخت‌افزارهای مناسب این کاربردها رشد چندبرابری داشته است. بوردهای طراحی شده جهت استفاده در سیستم‌های IoT لازم است ارزان قیمت باشند. همچنین مصرف کم، قابلیت ارتباط از طریق پروتکل‌های متنوع، گستردگی حسگرها و عملگرهای قابل اتصال به آن‌ها و سهولت برنامه‌ریزی این بوردها از ویژگی‌هایی است که لازم است در طراحی در نظر گرفته شوند.

در این راستا بوردهای الکترونیکی آماده‌ای جهت توسعه سیستم‌های IoT وجود دارند که برای ساخت Prototype و بررسی عملکرد سیستم طراحی‌شده بسیار مناسب هستند. بوردهای خانواده رزبری‌پای[1] با ویژگی پشتیبانی از سیستم عامل لینوکس، امکان اتصال به شبکه و بلوتوث (و پروتکل‌های متنوع دیگر با استفاده از مدار توسعه) و امکان اتصال به تعداد قابل توجهی حسگر یا عملگر و با قابلیت برنامه‌نویسی به زبان ساده و پرکاربرد Python یکی از این خانواده بوردها هستند. بوردهای خانواده آردوینو[2] که شاید به عنوان ساده‌ترین روش پیاده‌سازی پروژه‌های الکترونیکی ساده و ترکیبی می‌توان از آن‌ها نام برد نیز با دارا بودن شیلدهای بسیار متنوع و زبان برنامه نویسی معمول میکروکنترلرها (C) به عنوان یکی از بهترین گزینه‌ها برای پوشش ویژگی‌های ذکر شده شناخته می‌شوند. بوردهای توسعه طراحی شده برای استفاده از چیپ‌های خانواده nRF ساخت شرکت Nordic با ویژگی پشتیبانی از پروتکل‌های بسیار متنوع ارتباطی با قیمت ارزان نیز به عنوان گزینه بسیار مناسبی برای این کاربرد قابل بررسی هستند. در ادامه این فصل از گزارش به بررسی دقیق‌تر این سه خانواده پرداخته می‌شود.

۱۲-۲ بوردهای خانواده رزبری‌پای

بوردهای رزبری‌پای[3] با شعار «کامپیوترهایی کم‌هزینه به اندازه کارت اعتباری و با امکانات قابل توجه» چندسالی است که برای پروژه‌های خانگی استفاده می‌شوند. این تجهیزات به عنوان کامپیوتر تک-بوردی شناخته می‌شوند. مدل‌های متنوعی از این بوردها طی سال‌های مختلف بعد از معرفی نسخه اولیه B در سال ۲۰۱۲ توسعه داده شده‌اند که بر اساس امکانات مورد نیاز، توان محاسباتی، توان مصرفی، درگاه‌های ارتباطی، مقدار حافظه و ... بسته به کاربرد سفارشی‌سازی شده‌اند.

ویژگی قابل توجه این بوردها سازگار بودن آنها با یکدیگر است، بدین معنی که اگر نرم‌افزاری برای یکی از مدل‌ها نوشته شده باشد، روی مدل‌های دیگر نیز قابل اجرا است. حتی امکان اجرای سیستم‌عامل آخرین نسخه بورد روی نسخه Prototype اولیه Model B نیز وجود دارد.

جدیدترین، قدرت‌مندترین و کامل‌ترین مدل بوردهای رزبری، Raspberry Pi 4 Model B است که با مشخصات سخت‌افزاری مختلف قابل ارائه می‌باشد. البته همچنان مدل‌های قدیمی‌تر و یا مدل‌های با توان پردازشی پایین‌تر یا درگاه‌های کمتر بسته به کاربرد قابل تهیه هستند. در جدول ۱-۱۲ مقایسه مشخصات سخت‌افزاری انواع بوردهای خانواده رزبری‌پای ارائه شده است [229].

[1] Raspberry Pi
[2] Arduino
[3] Raspberry Pi

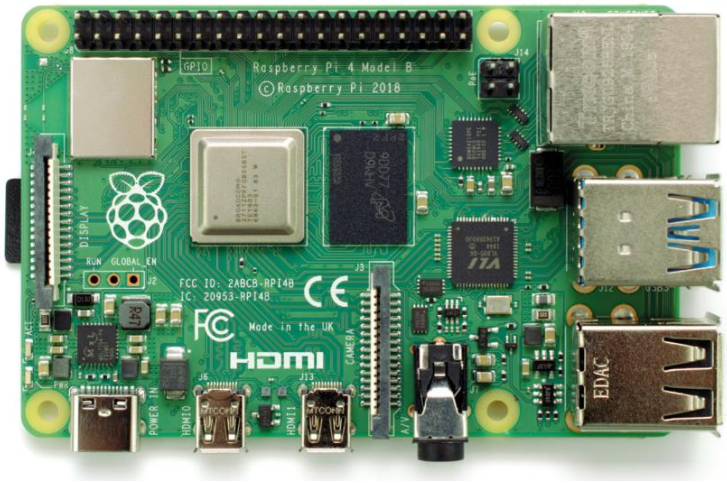
جدول ۱-۱۲ مقایسه مشخصات سخت‌افزاری انواع بوردهای خانواده رزبری‌پای

	Raspberry Pi 4 B	Raspberry Pi 3 Model A+	Raspberry Pi 3 B+	Raspberry Pi Zero WH	Raspberry Pi Zero W	Raspberry Pi A+	Raspberry Pi 3	Raspberry Pi Zero	Raspberry Pi 2	Raspberry Pi B
Image										
Release date	2019 Jun 24	2018 Nov 15	2018 Mar 14	2018 Jan 12	2017 Feb 28	2014 Nov 10	2016 Feb 29	2015 Nov 30	2015 Feb 1	2012 Feb 15
Description				Same as Raspberry Pi Zero W with header already soldered						
Product details										
Price	US$35.00	US$25.00	US$35.00	US$15.00	US$10.00	US$35.00	US$35.00	US$5.00	US$35.00	US$35.00
SOC										
SOC Type	Broadcom BCM2711	Broadcom BCM2837B0	Broadcom BCM2837B0	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2837	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2836	Broadcom BCM2835
Core Type	Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit	Cortex-A53 64-bit	Cortex-A53 64-bit	ARM1176JZF-S	ARM1176JZF-S	ARM1176JZF-S	Cortex-A53 64-bit	ARM1176JZF-S	Cortex-A7	ARM1176JZF-S
No. Of Cores	4	4	4	1	1	1	4	1	4	1
GPU		VideoCore IV	VideoCore IV	VideoCore IV	VideoCore IV	VideoCore IV	VideoCore IV 1080p@30	VideoCore IV	VideoCore IV	VideoCore IV 1080p@30
CPU Clock	1.5 GHz	1.4 GHz	1.4 GHz	1 GHz	1 GHz	700 MHz	1.2 GHz	1 GHz	900 MHz	700 MHz
RAM	1 GB , 2 GB, 4 GB	512 MB DDR2	1 GB DDR2	512 MB	512 MB	256 MB	1 GB DDR2	512 MB	1 GB	512 MB
Wired Connectivity										
USB	**Yes** 2x USB3.0 + 2x USB2.0	**Yes** 1xUSB 2.0	**Yes** 4x USB2.0	**Yes** micro & micro OTG	**Yes** 1 x micro OTG	**Yes** 1	**Yes** 4x USB2.0 + micro OTG	**Yes** micro + micro OTG	**Yes** 4 + OTG	**Yes** 2x USB 2.0
Ethernet	**Yes** Gigabit	**No**	**Yes** Gigabit - Over USB 2.0	**No**	**No**	**No**	**Yes** 10/100M	**No**	**Yes** 10/100M	**Yes**
SATA Ports	**No**	**No**	**No**	**No**	**No**	**No**	**No**	**No**	**No**	**No**
HDMI port	**Yes** 2x micro HDMI	**Yes**	**Yes**	**Yes** mini	**Yes** mini	**Yes**	**Yes**	**Yes** mini	**Yes**	**Yes**
Analog Video Out	**Yes** shared with audio jack	**Yes** shared with audio jack	**Yes** shared with audio jack	**Yes** via unpopulated pin	**Yes** via unpopulated pin	**Yes** shared with audio jack	**Yes** shared with audio jack	**Yes** via unpopulated pin	**Yes** shared with audio jack	**Yes** Composite video
Analog Audio Out	**Yes** 3.5mm jack	**Yes** 3.5mm jack	**Yes** 3.5mm jack	- HDMI audio	- HDMI audio	**Yes** 3.5mm jack	**Yes** 3.5mm jack	- HDMI audio	**Yes** 3.5mm jack	**Yes** 3.5mm jack
Analog Audio In	**No**	**No**	**No**	**No**	**No**	**No**	**No**	**No**	**No**	- via GPIO, USB Mic or USB Sound Card
SPI	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**
I2C	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**
GPIO	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes** 40-pin	**Yes**	**Yes**	- 26-pins
LCD Panel	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**No**	**No**	**Yes**	**Yes**	**No**	**Yes**	**Yes** DSI
Camera	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes**	**Yes** latest version include a camera connector	**Yes**	**Yes** DSI
SD/MMC	**Yes** microSD	**Yes** microSD	**Yes** microSD	**Yes** microSD	**Yes** microSD	**Yes** microSD	**Yes** microSD	**Yes** microSD	**Yes** microSD	**Yes** SD, SDHC and SDXC up to 2TB
Serial	-	-	- RX/TX UART	-	-	-	-	-	-	- Through Expansion Connector, needs level shifting
Wireless Connectivity (On-Board)										
Wi-Fi	**Yes** 2.4GHz and 5GHz 802.11 b/g/n/ac	**Yes** 2.4GHz and 5GHz 802.11 b/g/n/ac	**Yes** 2.4GHz and 5GHz 802.11 b/g/n/ac	**Yes** 802.11n	**Yes** 802.11n	**No**	**Yes** 802.11n	**No**	**No**	**No**
Bluetooth®	**Yes** 5.0	**Yes** 4.2, BLE	**Yes** 4.2, BLE	**Yes** 4.1	**Yes** 4.1	**No**	**Yes** 4.1 LE	**No**	**No**	**No**
Dimensions										
Height	3.37 in (85.6 mm)	2.55 in (65 mm)	3.37 in (85.6 mm)	1.18 in (30 mm)	1.18 in (30 mm)	2.55 in (65 mm)	3.37 in (85.6 mm)	1.18 in (30 mm)	3.37 in (85.6 mm)	2.12 in (53.98 mm)
Width	2.22 in (56.5 mm)	2.20 in (56 mm)	2.22 in (56.5 mm)	2.55 in (65 mm)	2.55 in (65 mm)	2.22 in (56.5 mm)	2.22 in (56.5 mm)	2.55 in (65 mm)	2.22 in (56.5 mm)	3.37 in (85.6 mm)
Depth	0.43307 in (11 mm)	0.43307 in (11 mm)	0.66929 in (17 mm)	0.51181 in (13 mm)	0.19685 in (5 mm)	0.39370 in (10 mm)	0.66929 in (17 mm)	0.19685 in (5 mm)	0.66929 in (17 mm)	0.66929 in (17 mm)
Weight		1.02 oz (29 g)	1.58 oz (45 g)	0.42328 oz (12 g)	0.31746 oz (9 g)	0.81130 oz (23 g)	1.58 oz (45 g)	0.31746 oz (9 g)	1.58 oz (45 g)	1.58 oz (45 g)
Power										
Power ratings			1.13 A @5V	180 mA	180 mA	200 mA	1.34 A @5V	160 mA	800 mA	700 mA @5V
Power sources	USB-C	microUSB, GPIO	microUSB, GPIO	microUSB or GPIO	microUSB, GPIO	microUSB or GPIO	microUSB or GPIO	microUSB, GPIO	microUSB or GPIO	microUSB or GPIO
Power Over Ethernet	- with PoE Hat	**No**	- with PoE Hat	**No**	**No**	**No**	**No**	**No**	**No**	**No**

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

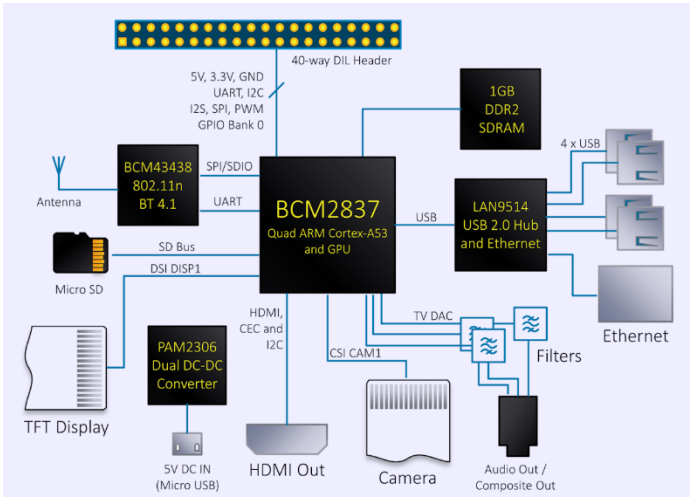
۱-۲-۱۲ ساختار و معماری بورد

اگرچه فلسفه طراحی بوردهای خانواده رزبری مشابه یکدیگر می‌باشد اما به دلیل استفاده از قطعات و درگاه‌های مختلف ساختار و معماری آن‌ها با یکدیگر تفاوت‌هایی نیز دارد. همانطور که پیشتر ذکر شد با توجه به این‌که جدیدترین، قدرت‌مندترین و کامل‌ترین مدل بوردهای رزبری Raspberry Pi 4 Model B است، در این بخش از گزارش به تشریح ساختار این بورد پرداخته می‌شود. شکل ۱-۱۲ تصویر بورد Raspberry Pi 4 Model B را نشان می‌دهد.

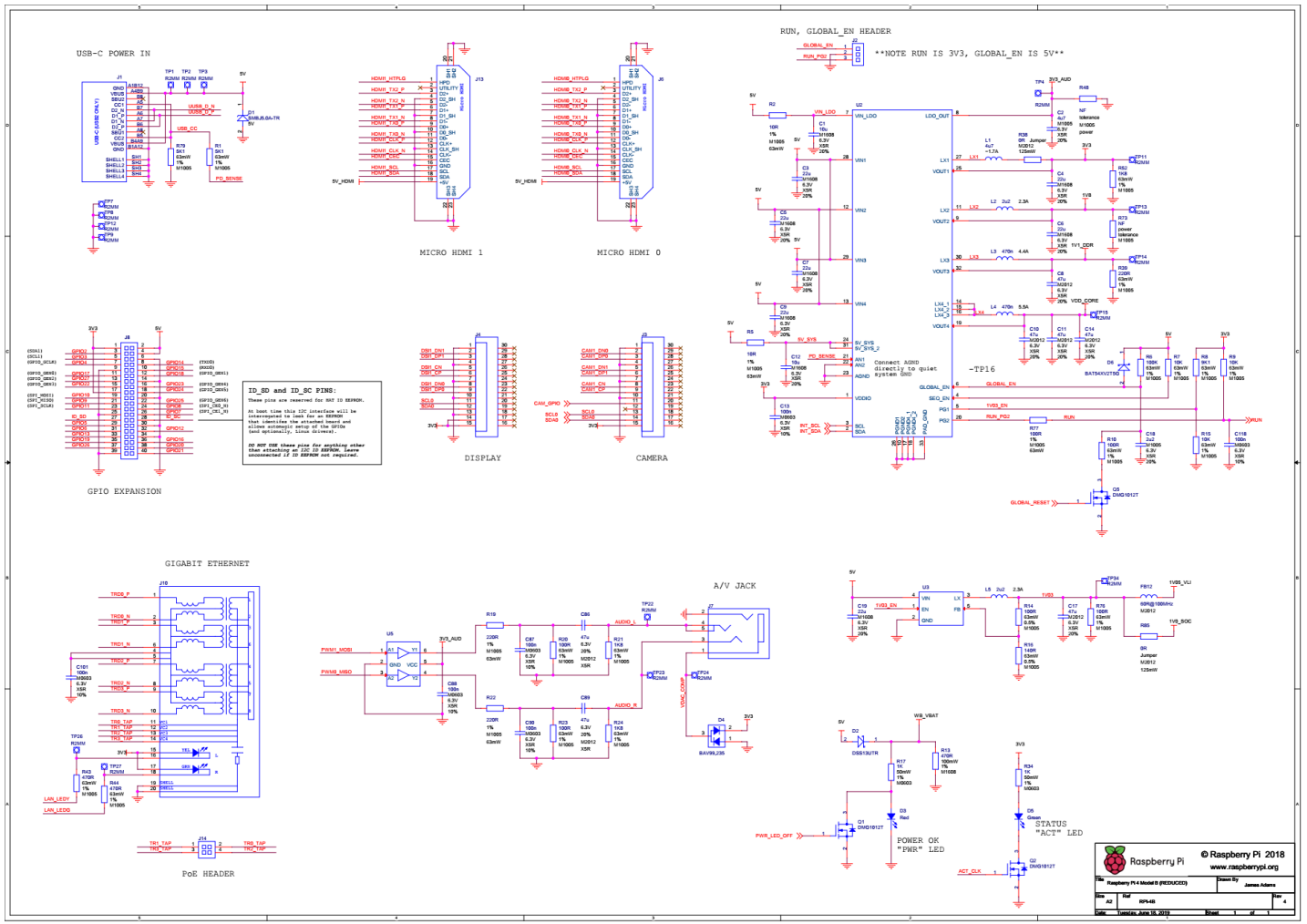


شکل ۱-۱۲ بورد Raspberry Pi 4 Model B [229]

در شکل ۲-۱۲ بلوک دیاگرام و در شکل ۳-۱۲ شماتیک بورد نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۲ بلوک دیاگرام بورد Raspberry Pi 3 Model B [230]



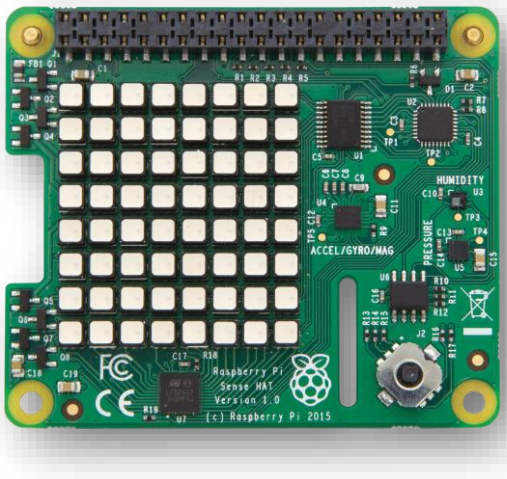
شکل ۳-۱۲ شماتیک اتصالات داخلی بورد [231] Raspberry Pi 4 Model B

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۲-۲-۲ میزان سازگاری بورد رزبری‌پای با سایر بوردها و حسگرها

خانواده رزبری از نوع خاصی از بوردهای قابل اتصال بر روی بورد اصلی با نام اختصاری HAT[1] پشتیبانی می‌کند. بوردهای HAT قابلیت اتصال و اضافه کردن انواع حسگرها و عملگرها (از میکروفن و LED گرفته تا رله‌های الکترونیکی و صفحه‌های نمایش) به بورد اصلی رزبری را فراهم می‌سازند. اما یکی از انواع بوردهای HAT با نام Sense HAT به طور ویژه مورد توجه قرار گرفته است. Sense HAT در ابتدا برای مأموریت فضایی Astro Pi که یک پروژه مشترک بین بنیاد رزبری پای، آژانس فضایی انگلستان و آژانس فضایی اروپا بود، طراحی و ساخته شد.

Sense HAT یک افزونه قدرتمند چند منظوره برای بورد رزبری‌پای است. این افزونه شامل یک ماتریس ۸ در ۸ از LEDهای قرمز، سبز و آبی (RGB) قابل برنامه‌ریزی است که می‌توانند به‌گونه‌ای کنترل شوند که میلیون‌ها رنگ را تولید کنند. علاوه‌براین، این افزونه شامل یک جوی استیک[2] ۵ جهته و ۶ حسگر بر روی بورد خود می‌باشد. حسگرهای استفاده شده در این بورد شامل ژیروسکوپ، شتاب‌سنج، اندازه‌گیری میدان مغناطیسی، رطوبت، فشار و دما هستند [229].

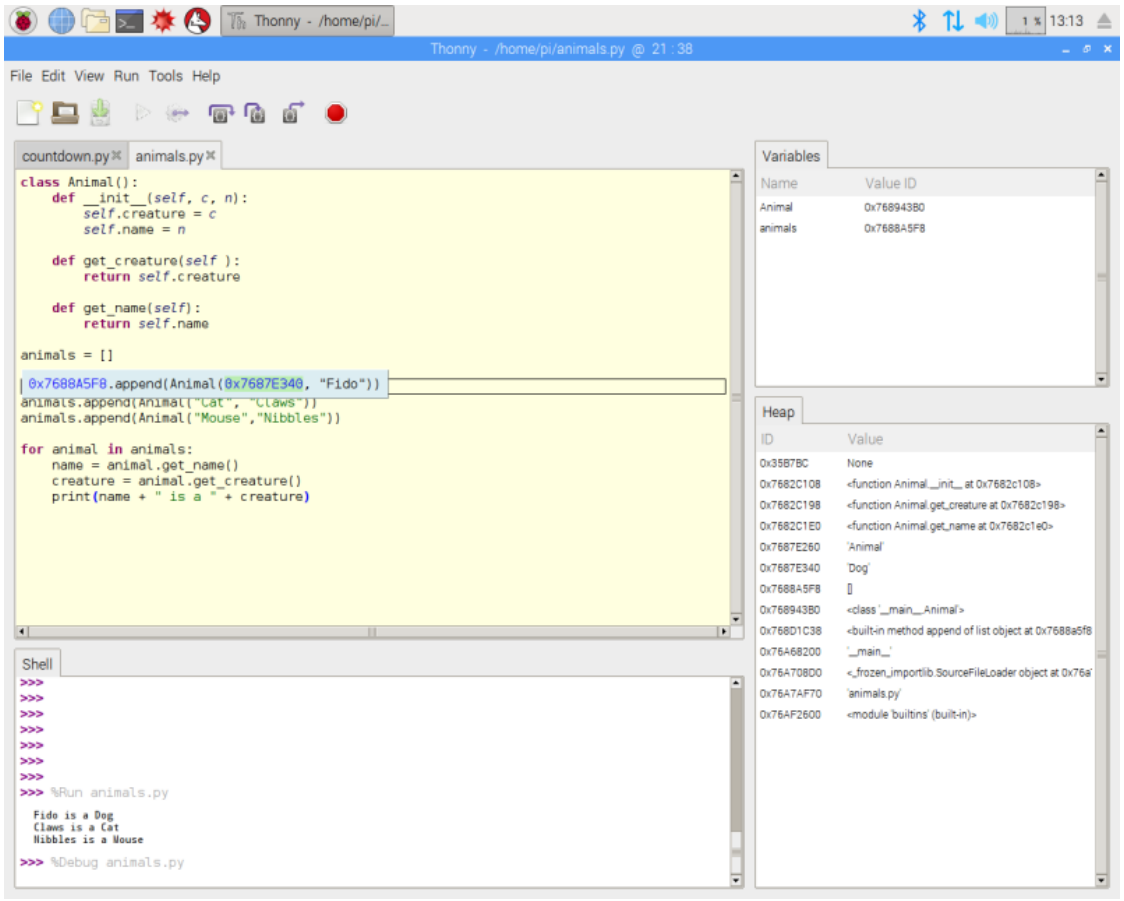


شکل ٤-۱۲ تصویر بورد Sense HAT [232]

۱۲-۲-۳ زبان برنامه‌نویسی و نحوه برنامه‌نویسی بورد

برنامه‌نویسی بوردهای رزبری عموماً با استفاده از زبان Python انجام می‌شود که برای این منظور یک IDE با نام Thonny در Raspbian (سیستم‌عامل بر پایه لینوکس Debian که به صورت پیش‌فرض بر روی رزبری قابل نصب و راه‌اندازی است) تعبیه شده است. شکل ۵-۱۲ نمایی از Thonny (محیط IDE پیش‌فرض رزبری در Raspbian) را نشان می‌دهد.

[1] Hardware Attached on Top
[2] Joystick



شکل ۵-۱۲ نمایی از Thonny، محیط IDE پیش‌فرض رزبری در Raspbian [229]

۱-۳-۲-۱۲ زبان برنامه نویسی Python

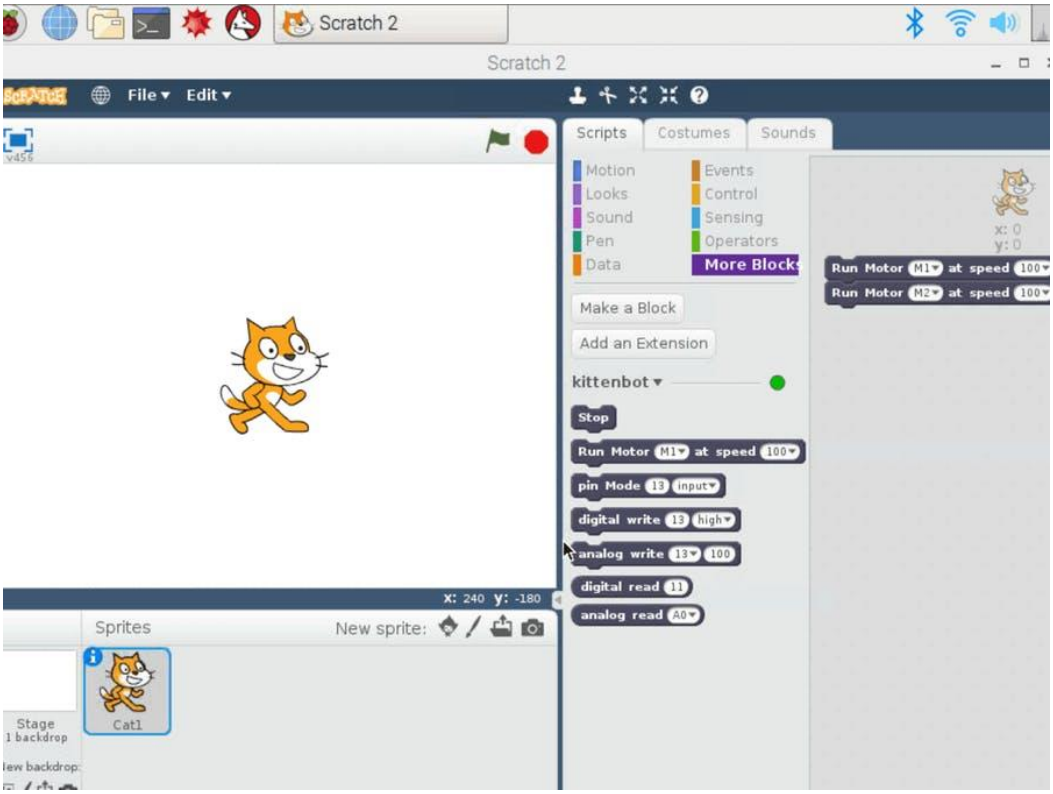
اگر چه زمان زیادی از معرفی زبان برنامه‌نویسی Python نمی‌گذرد اما به دلیل سادگی استفاده و قابلیت‌های گسترده آن، هم‌اکنون تبدیل به یکی از پرکاربردترین زبان‌های برنامه‌نویسی دنیا شده است. از قابلیت‌های ویژه زبان برنامه‌نویسی Python به موارد زیر می‌توان اشاره نمود:

- با استفاده از قواعد برنامه‌نویسی خاص، خواندن و نوشتن کدها را ساده‌تر می‌کند.
- استفاده آسان از این زبان، آن را به یکی از بهترین گزینه‌ها برای توسعه Prototype و یا پروژه‌های برنامه‌نویسی Ad-hoc بدون فدا کردن قابلیت نگهداری تبدیل می‌کند.
- با استفاده از کتابخانه استاندارد موجود برای این زبان، بسیاری از فعالیت‌های معمول نظیر اتصال به سرور وب، جستجوی متنی، خواندن و ویرایش فایل‌ها به‌سادگی قابل انجام است.
- می‌توان ماژول‌های نوشته شده با زبان‌های برنامه نویسی دیگر نظیر C++ و C را به کدهای Python اضافه کرد.
- می‌توان از آن برای اضافه کردن رابط قابل برنامه‌نویسی به یک برنامه‌کاربری استفاده کرد.
- در سیستم‌عامل‌های مختلف نظیر Mac OS X، ویندوز، لینوکس، یونیکس و همچنین به صورت غیررسمی در اندروید و iOS قابل اجرا است.
- کاملاً رایگان و متن باز است [233].

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۲-۲-۳-۲ زبان برنامه‌نویسی Scratch

زبان برنامه‌نویسی Scratch یک زبان برنامه‌نویسی تصویری[1] است که توسط دانشگاه MIT جهت آموزش برنامه نویسی به زبان ساده برای دانش‌آموزان و افراد مبتدی طراحی شده است. این زبان طراحی عملیات ساده و نیمه پیشرفته را برروی درگاه‌های بورد رزبری جهت ارتباط با دنیای فیزیکی بیرون و یا بوردهای جانبی و همچنین محیط GUI امکان‌پذیر می‌سازد. شکل ۶-۱۲ نمایی از واسط برنامه‌نویسی Scratch در سیستم‌عامل Raspbian را نشان می‌دهد.



شکل ٦-۱۲ تصویر Scratch، محیط IDE گرافیکی رزبری در Raspbian [229]

در سیستم‌عامل‌های سفارشی‌سازی‌شده ابزارهای ویژه‌ای برای برنامه‌نویسی و یا پیاده‌سازی تنظیمات بر روی بورد وجود دارد. از بین اینگونه موارد می‌توان به Mozilla Web of Things Gateway، Simulink Support Package و Microsoft Azure برای برنامه‌ریزی بورد رزبری اشاره کرد [229].

۱۲-۲-۴ پشتیبانی از سیستم‌عامل‌ها

بر روی بوردهای خانواده رزبری، سیستم‌عامل‌های متنوعی که عمدتاً مبتنی بر نسخه‌های سفارشی‌سازی‌شده لینوکس هستند قابل نصب و راه‌اندازی می‌باشند. طبق پیشنهاد وب‌سایت رسمی بنیاد رزبری سیستم‌عامل‌های زیر بر روی بوردهای رزبری قابل نصب هستند. تمرکز امکانات هر کدام از این سیستم‌عامل‌ها بر روی ویژگی‌های خاص بوده و برخی فقط برای کاربردهای خاص استفاده می‌شوند:

- Noobs
- Raspbian
- Ubuntu MATE
- Ubuntu Core

[1] Visual Photo Language

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- Ubuntu Server
- Windows 10 IoT Core
- OSMC
- LibreELEC
- Mozilla Web of Things
- PiNet
- RISC OS
- Weather Station
- IchigoJam Rpi [234]

سیستم‌عامل‌های دیگری نیز به صورت غیررسمی برای Raspberry Pi نوشته شده‌اند که از آن‌جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- RaspBSD
- LineageOS
- FreeRTOS (PORTED)
- RIOT

۵-۲-۱۲ بررسی دسترسی به بورد رزبری‌پای در ایران و هزینه آن

در زمان تهیه این گزارش تمامی مدل‌های رزبری در ایران در دسترس و قابل تهیه بودند. در جدول ۲-۱۲ برخی از موارد قابل تهیه شامل تجهیزات جانبی و اصل بوردها که از وبسایت فروشگاه ایران‌میکرو [235]استخراج شده است، جهت اطلاع از قیمت فعلی تجهیزات آورده شده است.

جدول ۲-۱۲ انواع بورد رزبری‌پای و تجهیزات جانبی قابل تهیه در ایران [235]

تصویر	عنوان و قیمت
	رزبری‌پای ۳ (Raspberry Pi 3 B)- اوریجینال ساخت انگلستان قیمت پایه: ۷.۹۵۰.۰۰۰ ریال
	رزبری‌پای ۴ (Raspberry Pi 4 B)- اوریجینال ساخت انگلستان- با ۱گیگ RAM قیمت پایه: ۷.۶۴۵.۰۰۰ ریال
	رزبری‌پای ۴ (Raspberry Pi 4 B)- اوریجینال ساخت انگلستان- با ۲ گیگ RAM قیمت پایه: ۹.۰۱۴.۵۰۰ ریال

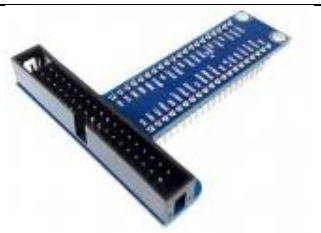
DOI: 10.30503/nripress.2020.298

تصویر	عنوان و قیمت
	رزبری‌پای ۴ (Raspberry Pi 4 B)- اوریجینال ساخت انگلستان- با ۴ گیگ RAM قیمت پایه: ۱۰.۹۴۵.۰۰۰ ریال
	رزبری‌پای زیرو (Raspberry Pi Zero) توضیح: رزبری پای زیرو کوچک‌ترین و باریک‌ترین بورد رزبری‌پای است و ابعاد کوچک آن بزرگترین مزیت آن محسوب می‌شود. قیمت پایه: ۲.۰۷۵.۱۵۰ ریال
	رزبری‌پای زیرو دبلیو (Raspberry Pi Zero W) توضیح: رزبری‌پای zero w کامپیوتر تک‌بوردی است که تکامل‌یافته بورد رزبری پای زیرو محسوب می‌شود و قابلیت WiFi به آن افزوده شده است. قیمت پایه: ۲.۸۰۵.۰۰۰ ریال
	شیلد X600 صوتی و تصویری رزبری (SupTronics X600 Raspberry Expansion Board) توضیح: با استفاده از آن می‌توان یک پردازنده صوتی و تصویری را راه‌اندازی نمود. قیمت پایه: ۳.۰۸۵.۵۰۰ ریال
	شیلد آمپلی‌فایر استریو ۴۰ وات رزبری‌پای (Raspberry Pi Amplifier X400 Shield) توضیح: شیلد X400 یک آمپلی فایر استریو با خروجی هدفون و باند به صورت مجزا است. قیمت پایه: ۳.۲۵۴.۹۰۰ ریال
	آداپتور ۵ ولت/ ۳ آمپر برای رزبری‌پای ۳ توضیح: به عنوان منبع تغذیه برای رزبری‌پای ۳، دارای خروجی Micro USB قیمت پایه: ۶۴۷.۳۵۰ ریال

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

تصویر	عنوان و قیمت
	آداپتور ۵ ولت/ ۳ آمپر اوریجینال رزبری‌پای ۴ توضیح: به عنوان منبع تغذیه برای رزبری‌پای ۴، دارای خروجی Type-C قیمت پایه: ۲.۱۰۰.۰۰۰ ریال
	نمایشگر ۵ اینچی لمسی رزبری‌پای (LCD 5 Inch HDMI Display Raspberry) توضیح: دارای صفحه لمسی مقاومتی و ورودی HDMI قیمت پایه: ۵.۲۶۳.۵۰۰ ریال
	نمایشگر ۷ اینچی لمسی رزبری‌پای با کیفیت تصویر ۱۰۲۴*۶۰۰ (LCD 7 Inch HDMI Display Raspberry) توضیح: دارای صفحه لمسی مقاومتی و ورودی HDMI قیمت پایه: ۷.۵۳۵.۰۰۰ ریال
	نمایشگر ۷ اینچی لمسی رزبری‌پای با کیفیت تصویر ۸۰۰*۴۸۰ (LCD 7 Inch HDMI Display Raspberry) توضیح: دارای صفحه لمسی مقاومتی و ورودی HDMI قیمت پایه: ۷.۱۹۹.۵۰۰ ریال
	نمایشگر لمسی ۱۰.۱ اینچی رزبری‌پای به همراه قاب ساخت شرکت WaveShare توضیح: نمایشگر ۱۰.۱ اینچ رنگی IPS با تاچ خازنی ۱۲۸۰*۸۰۰ با ورودی HDMI قیمت پایه: ۱۹.۹۶۵.۰۰۰
	دوربین ۵ مگاپیکسلی رزبری‌پای توضیح: این ماژول بر روی یکی از دو سوکت CSI موجود بر روی بورد نصب می‌شود. قیمت پایه: ۶۸۳.۶۵۰
	شیلد RPI Dot Matrix shield با تراشه MAX7219 توضیح: دارای دو نمایشگر دات ماتریس ۸*۸، فراهم کردن امکان ساختن تابلو روان و متن و تصویر متحرک قیمت پایه: ۸۴۰.۹۵۰ ریال

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

تصویر	عنوان و قیمت
	شیلد توسعه ۴۰ پین رزبری‌پای (Raspberry Pi GPIO Breakout Shield) قیمت پایه: ۱۲۳.۲۰۰ ریال
	شیلد کیبورد لمسی رزبری پای محصول Waveshare توضیح: دارای ۱۶ کلید لمسی است و دارای تراشه ی تشخیص تاچ پد TTP229-LSF قیمت پایه: ۸۷۷.۲۵۰ ریال

۳-۱۲ بوردهای خانواده آردوینو

بوردهای آردوینو مدارهای چاپی (PCB[1]) هستند که به طور خاص برای استفاده از میکروکنترلرها و ورودی و خروجی‌های متنوع طراحی شده‌اند. علاوه بر میکروکنترلر در این بوردها قطعات الکترونیکی جانبی برای عملکرد صحیح میکرو در نظر گرفته شده است.

در سال ۲۰۰۱ پروژه‌ای به اسم Processing با هدف آشنایی غیربرنامه‌نویس‌ها با دنیای برنامه‌نویسی و پیاده‌سازی نمونه‌هایی از برنامه‌نویسی با استفاده از محیط گرافیکیِ طراحی شده، آغاز گردید. در سال ۲۰۰۳، بر مبنای اصول اولیه مشترکی با پروژه Processing پروژه دیگری با نام Wiring آغاز شد که بوردی دارای میکروکنترلر بود و بعدها تبدیل به Arduino شد. هدف پروژه Wiring با فلسفه‌ای مشابه پروژه Processing آشنایی مردم عادی و غیرمتخصص با دنیای الکترونیک و پیاده‌سازی پروژه‌های محاسبات فیزیکی[2] بود.

در سال ۲۰۰۵ پروژه Arduino با هدف تولید بوردهای به صرفه با قابلیت تعامل با محیط و با استفاده از تجارب کسب شده در پروژه‌های Wiring و Processing آغاز گردید. آردوینو حتی نام‌گذاری‌های مرسوم در پروژه Processing را نیز حفظ کرده و برای مثال به برنامه‌های خود Sketch می‌گوید [236]. جدول ۳-۱۲ مقایسه مشخصات سخت‌افزاری انواع بوردهای خانواده آردوینو را نشان می‌دهد.

[1] Printed Circuit Board
[2] Physical Computing

جدول ۳-۱۲ مقایسه مشخصات سخت‌افزاری انواع بوردهای خانواده آردوینو [237]

Name	Processor	Operating/Input Voltage	CPU Speed	Analog In/Out	Digital IO/PWM	EEPROM [kB]	SRAM [kB]	Flash [kB]	USB	UART
101	Intel® Curie	3.3 V/ 7-12V	32MHz	6/0	14/4	-	24	196	Regular	-
Gemma	ATtiny85	3.3 V / 4-16 V	8 MHz	1/0	3/2	0.5	0.5	8	Micro	0
LilyPad	ATmega168V ATmega328P	2.7-5.5 V / 2.7-5.5 V	8MHz	6/0	14/6	0.512	1	16	-	-
LilyPad SimpleSnap	ATmega328P	2.7-5.5 V / 2.7-5.5 V	8 MHz	4/0	9/4	1	2	32	-	-
LilyPad USB	ATmega32U4	3.3 V / 3.8-5 V	8 MHz	4/0	9/4	1	2.5	32	Micro	-
Mega 2560	ATmega2560	5 V / 7-12 V	16 MHz	16/0	54/15	4	8	256	Regular	4
Micro	ATmega32U4	5 V / 7-12 V	16 MHz	12/0	20/7	1	2.5	32	Micro	1
MKR1000	SAMD21 Cortex-M0+	3.3 V/ 5V	48MHz	7/1	8/4	-	32	256	Micro	1
Pro	ATmega168 ATmega328P	3.3 V / 3.35-12 V 5 V / 5-12 V	8 MHz 16 MHz	6/0	14/6	0.512 1	1 2	16 32	-	1
Pro Mini	ATmega328P	3.3 V / 3.35-12 V 5 V / 5-12 V	8 MHz 16 MHz	6/0	14/6	1	2	32	-	1
Uno	ATmega328P	5 V / 7-12 V	16 MHz	6/0	14/6	1	2	32	Regular	1
Zero	ATSAMD21G18	3.3 V / 7-12 V	48 MHz	6/1	14/10	-	32	256	2 Micro	2

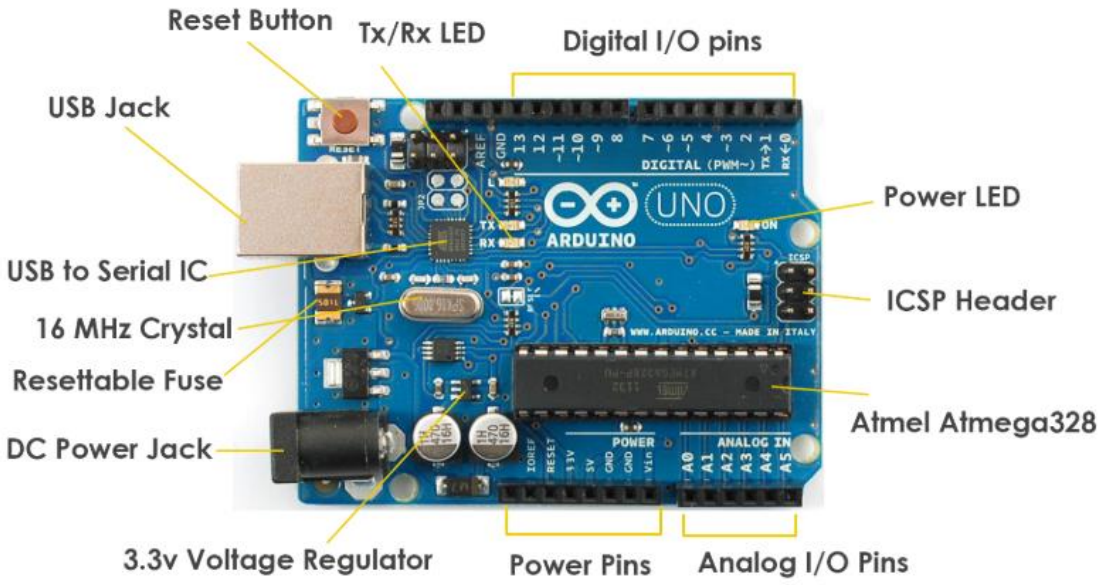
Name	Processor	Operating/Input Voltage	CPU Speed	Analog In/Out	Digital IO/PWM	EEPROM [kB]	SRAM [kB]	Flash [kB]	USB	UART
Due	ATSAM3X8E	3.3 V / 7-12 V	84 MHz	12/2	54/12	-	96	512	2 Micro	4
Esplora	ATmega32U4	5 V / 7-12 V	16 MHz	-	-	1	2.5	32	Micro	-
Ethernet	ATmega328P	5 V / 7-12 V	16 MHz	6/0	14/4	1	2	32	Regular	-
Leonardo	ATmega32U4	5 V / 7-12 V	16 MHz	12/0	20/7	1	2.5	32	Micro	1
Mega ADK	ATmega2560	5 V / 7-12 V	16 MHz	16/0	54/15	4	8	256	Regular	4
Mini	ATmega328P	5 V / 7-9 V	16 MHz	8/0	14/6	1	2	32	-	-
Nano	ATmega168 ATmega328P	5 V / 7-9 V	16 MHz	8/0	14/6	0.512 1	1 2	16 32	Mini	1
Yùn	ATmega32U4 AR9331 Linux	5 V	16 MHz 400MHz	12/0	20/7	1	2.5 16MB	32 64MB	Micro	1
Arduino Robot	ATmega32u4	5 V	16 MHz	6/0	20/6	1 KB (ATmega32u4)/ 512 Kbit (I2C)	2.5 KB (ATmega32u4)	32 KB (ATmega32u4) of which 4 KB used by bootloader	1	1
MKRZero	SAMD21 Cortex-M0+ 32bit low power ARM MCU	3.3 V	48 MHz	7 (ADC 8/10/12 bit)/1 (DAC 10 bit)	22/12	No	32 KB	256 KB	1	1

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱-۳-۱۲ ساختار و معماری بورد آردوینو

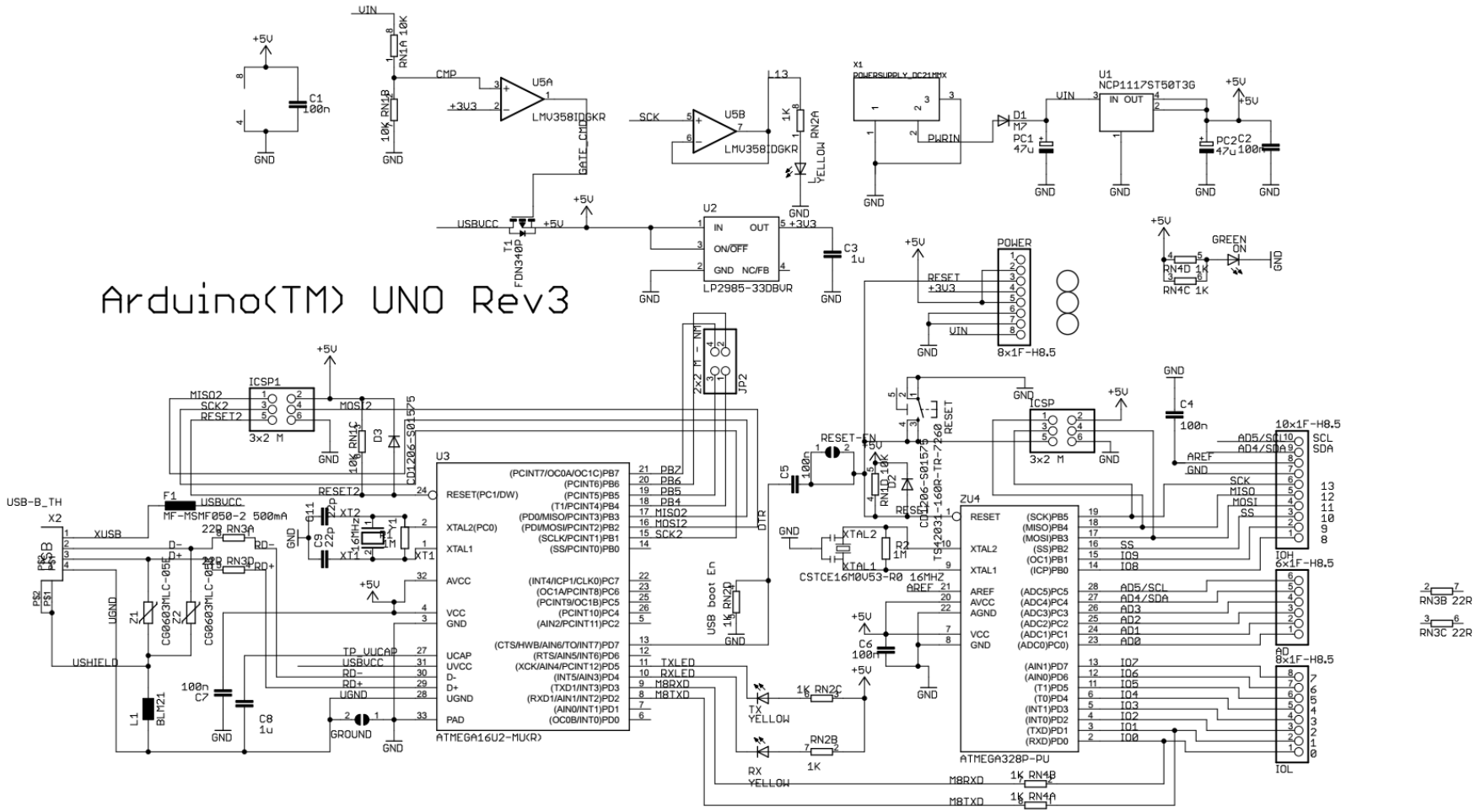
بوردهای آردوینو تنوع زیادی دارند که هر کدام طراحی خاص خود را داشته و مناسب برای کاربردهای مختلف می‌باشند. تصمیم در خصوص اینکه چه بوردی مناسب نیازهای پروژه مدنظر است پس از مشخص شدن دقیق نیازمندی‌های پروژه قابل انجام است. با این وجود یکی از انواع بوردهای آردوینو به نام Arduino UNO را می‌توان به عنوان ستون فقرات سخت‌افزارهای مبتنی بر آردوینو در نظر گرفت. این بورد معمولاً توسط افراد به عنوان اولین بوردی که با آن شروع به طراحی می‌کنند، شناخته می‌شود [236].

تاکنون ۳ نسخه از این بورد طراحی شده و هر بار تغییراتی در مشخصات این بورد داده شده است. شکل ۷-۱۲ ساختار و اجزای بورد Arduino UNO rev3 را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۱۲ ساختار و اجزای بورد Arduino UNO rev3 [236]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۸-۱۲ شماتیک بورد Arduino UNO Rev3 [238]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۲-۳-۲ میزان سازگاری بورد آردوینو با سایر بوردها و حسگرها

خانواده آردوینو از بوردهای افزونه با نام اختصاری شیلد[1] پشتیبانی می‌کنند. شیلدها بوردهایی هستند که با استفاده از پین‌های تعبیه شده در آنها بر روی بورد اصلی پردازنده سوار می‌شوند و امکانات اضافی مورد نیاز به بورد اضافه می‌کنند. به عنوان مثال، می‌توان از یک شیلد برای کنترل یک موتور استفاده کرد و یا حتی بورد آردوینو را به چیزی با پیچیدگی یک تلفن همراه تبدیل کرد. یک شیلد ممکن است کنجکاوی یک انسان مشتاق را برانگیزد و یا توسط یک شرکت برای منظور خاصی طراحی شود.

شیلدها می‌توانند ساده یا پیچیده باشند. همچنین شیلدهای قابل مونتاژ توسط خود کاربر نیز موجود هستند. لازم به ذکر است که طراحی شیلدهای سفارشی با توجه به موجود بودن نقشه‌های بوردهای آردوینو جهت تبدیل این بورد به یک دستگاه با کاربری اختصاصی نیز امکان‌پذیر می‌باشد.

قابلیت نصب حسگرها، بسترهای ارتباطی، عملگرها و نمایشگرهای مختلف بر روی بوردهای اصلی آردوینو با استفاده از شیلدها فراهم می‌شود که این موضوع آردوینو را به یک ابزار بسیار انعطاف‌پذیر تبدیل می‌کند. همچنین امکان سوار کردن چند شیلد بر روی یکدیگر به شرطی که از پین‌های مشترک استفاده نکنند نیز وجود دارد. بدین ترتیب از قابلیت‌های چند شیلد به طور همزمان می‌توان بهره برد. گرچه سفارشی‌سازی و طراحی شیلد امکان‌پذیر است، تنوع شیلدهای طراحی شده و آماده برای بوردهای آردوینو، اغلب نیازهای کاربران را برطرف می‌سازد [239]. شرکت‌های ثالث بسیاری به طراحی و فروش شیلدهای پرکاربرد پرداخته‌اند. طبق گزارش وبسایت shieldlist تا زمان تهیه این گزارش ۳۱۷ شیلد با کاربردهای مختلف طراحی شده است که بسیاری از آن‌ها در بازارهای جهانی و ایران در دسترس هستند [240].

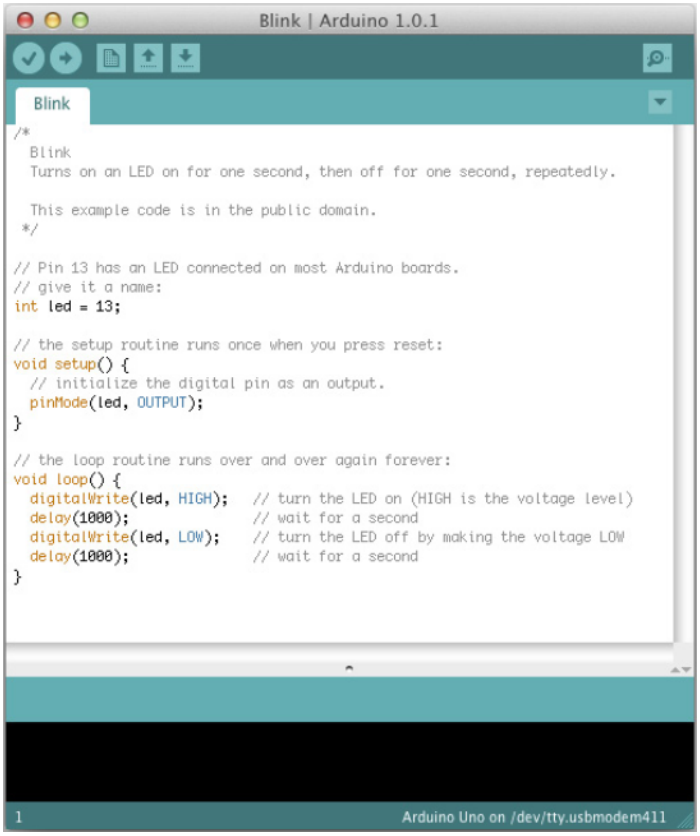
۱۲-۳-۳ زبان برنامه‌نویسی و نحوه برنامه‌نویسی بورد آردوینو

قبل از اینکه بتوانید با بورد آردوینو کار کنید، لازم است تا نرم‌افزار اختصاصی جهت برنامه‌نویسی بر روی این بورد را نصب کنید. نرم‌افزار Arduino نوعی IDE[2] است. این ابزار به کاربر امکان نوشتن برنامه، بارگذاری آن بر روی بورد و تست آن را می‌دهد. همانطور که پیشتر ذکر شد برنامه‌ها در آردوینو Sketch نامیده می‌شوند. با توجه به فراگیر بودن بوردهای آردوینو و استفاده از آن‌ها در کاربردهای مختلف، کتابخانه‌ها و توابع آماده برای بسیاری از عملکردها در نرم‌افزار و اینترنت موجود است. شکل ۹-۱۲ محیط برنامه‌نویسی برای یک Sketch نمونه را نشان می‌دهد.

علاوه بر نرم‌افزار قابل نصب، محیط برنامه نویسی تحت وب جهت سهولت کاربری فراهم شده است که کاربر با استفاده از آن قادر خواهد بود تا بدون نصب نرم افزار بر روی کامپیوتر شخصی خود، برنامه‌های مد نظر خود را نوشته، بارگذاری و تست نمایند [236].

[1] Shield
[2] Integrated Development Environment

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۹-۱۲ محیط برنامه‌نویسی برای یک Sketch نمونه [236]

۱۲-۳-۳-۱ Arduino IoT Cloud

با استفاده از این سرویس امکان لاگ‌گیری، رسم نمودار و تحلیل اطلاعات حسگرها و همچنین فعال‌سازی رویدادها به سیستم مبتنی بر IoT آردوینو اضافه می‌شود. این سرویس دارای ویژگی‌های زیر است:

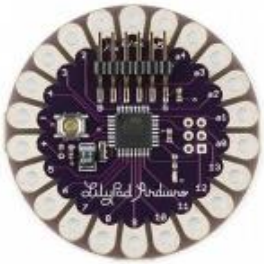
- بر پایه محیط آردوینو است که میلیون‌ها نفر با آن آشنا هستند.
- به راحتی و در کمترین زمان امکان پایش حسگرها به صورت widget فراهم می‌شود.
- امکان اتصال به جداول داده مانند Excel، بانک اطلاعاتی یا اعلان‌های خودکار از طریق Webhook وجود دارد.
- برای امنیت بیشتر، تجهیزات با استفاده از گواهی‌های X.509 احراز هویت می‌شوند.
- امکان طراحی برنامه‌های کاربردی اختصاصی با استفاده Arduino IoT Cloud APIها به توسعه‌دهندگان داده شده است.
- بر اساس استانداردهای سخت افزاری و IoT پایه‌ریزی شده است.

۱۲-۳-۴ بررسی دسترسی به بورد آردوینو در ایران و هزینه آن

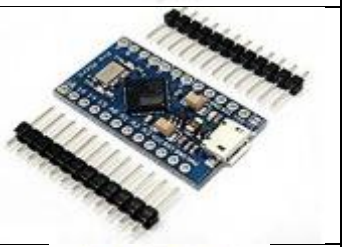
یکی از در دسترس‌ترین خانواده بوردهای الکترونیکی در ایران به دلیل گستردگی کاربرد، خانواده بوردهای آردوینو و شیلدهای مربوطه می‌باشند. اکثر بوردها در فروشگاه‌های مطرح قطعات الکترونیکی موجود می‌باشند و قیمت آن‌ها نیز نسبت به بوردهای دیگر پایین‌تر است. در جدول ۴-۱۲ برخی از بوردها و شیلدهای آن‌ها به همراه قیمت آن در ایران ارائه شده است. این نمونه‌ها از وب‌سایت فروشگاه ایران‌میکرو [235] در زمان تهیه گزارش استخراج شده‌اند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

جدول ٤-١٢ نمونه‌هایی از بورد آردوینو و تجهیزات جانبی قابل تهیه در ایران [235]

تصویر	عنوان و قیمت
	ماژول Arduino UNO R3 مدل DIP توضیح: پشتیبانی از ساختار DIP قیمت پایه: ۶۴۱.۳۰۰ ریال
	ماژول آردوینو Ardiuno Lilypad 328 توضیح: این مدل از بوردهای آردوینو یکی از بوردهای ساده و ارزان قیمت با طراحی جدید و جذاب است. قیمت پایه: ۳۸۵.۰۰۰ ریال
	ماژول Arduino DUE R3 توضیح: این بورد از جمله بوردهای حرفه‌ای این شرکت بوده که بر اساس میکروهای ARM طراحی گردیده است. قیمت پایه: ۱.۸۸۶.۵۰۰ ریال
	ماژول Arduino Leonardo R3 توضیح: ن مدل براساس میکرو معروف و پرمصرف ATmega32 طراحی گردیده که دارای پورت micro-usb نیز می‌باشد. قیمت پایه: ۷۳۱.۷۶۲ ریال
	ماژول Arduino Mega2560 R3 توضیح: بورد آردوینو Mega2560 یک بورد میکروکنترلر بر پایه ATmega2560 است. قیمت پایه: ۱.۳۰۶.۸۰۰ ریال
	ماژول آردوینو Arduino Pro Mini – مدل ۳.۳ ولتی توضیح: یک بورد میکروکنترلر برپایه ATmega 328 است که دارای ۱۴ پین ورودی/ خروجی می‌باشد. قیمت پایه: ۲۶۶.۲۰۰ ریال
	ماژول Arduino Nano با چیپ FT232 توضیح: این مدل از بوردهای آردوینو یکی از بوردهای ساده و ارزان قیمت جهت ساخت محصولات تجاری بخصوص ربات‌های پروازی است. قیمت پایه: ۶۷۱.۵۵۰ ریال

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

تصویر	عنوان و قیمت
	ماژول Arduino Nano با CH340 توضیح: این بورد شبیه بورد نانو است با این تفاوت که به جای آی‌سی FT232، چیپ CH340 در آن استفاده شده است. قیمت پایه: ۳۳۰.۰۰۰ ریال
	ماژول Arduino Pro Micro توضیح: این مدل از بوردهای آردوینو یکی از بوردهای ساده و کاربردی دارای پورت USB است. قیمت پایه: ۴۵۳.۷۵۰ ریال
	ماژول Arduino ATTINY85 – مدل USB PCB توضیح: تعداد پین هایI/O در این میکرو ۶ عدد بوده که ۲ پین آن به منظور اتصال به پورت USB در نظر گرفته شده است. قیمت پایه: ۲۲۹.۹۰۰ ریال
	ماژول آردوینو Arduino ATTINY85 – مدل Micro USB توضیح: این بورد کاملاً مشابه بورد Arduino ATTINY85 – مدل USB PCB بوده با این تفاوت که از پورت Micro USB در این بورد استفاده شده است. قیمت پایه: ۱۹۵.۰۰۰ ریال
	شیلد درایور موتور آردوینو (Arduino Sheild L298) توضیح: شیلد کنترل موتور آردوینو بر اساس درایور معروف L298 طراحی گردیده و دارای ۴ خروجی است. قیمت پایه: ۷۱۱.۴۸۰ ریال
	شیلد LCD 2X16 Keypad Shield Arduino توضیح: جهت مشاهده نتایج اجرای برنامه بر روی LCD قیمت پایه: ۳۵۹.۳۷۰ ریال
	شیلد Funduino Joystick توضیح: جهت ساخت یک دسته کنترل مانند دسته بازی قیمت پایه: ۲۸۶.۷۷۰ ریال

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

تصویر	عنوان و قیمت
	شیلد رله ۴ کاناله آردوینو توضیح: شیلد رله ۴ کاناله ۳ آمپر به همراه سوکت ماژول بی‌سیم XBee برای آردوینو UNO مجهز به سوکت منبع تغذیه قیمت پایه: ۹۳۷.۷۵۰ ریال
	شیلد شبکه W5100 توضیح: جهت اتصال بورد آردوینو به شبکه قیمت پایه: ۷۷۰.۷۷۰ ریال
	پ پک ۳۷ عددی ماژول‌های آردوینو قیمت پایه: ۲.۱۷۱.۹۵۰ ریال

۱۲-۴ بوردهای خانواده nRF

شرکت Nordic، سیستم‌های روی چیپ (SoC[1]) خود را با نام تجاری nRF با تمرکز بر روی تکنولوژی‌ها و استانداردهای ارتباطات رادیویی کم‌مصرف (شامل ارتباطات سلولی و غیرسلولی) توسعه داده است. چیپ‌های ساخته شده توسط این کمپانی قابلیت برقراری ارتباطات بی‌سیم کوتاه برد نظیر بلوتوث کم‌مصرف (BLE)، مِش بلوتوث، Thread، ZigBee، ANT و رادیو 2.4GHz اختصاصی و همینطور اینترنت اشیاء سلولی کم مصرف را فراهم می‌سازند. این شرکت برای تسهیل استفاده، اقدام به طراحی و ارائه کیت‌های توسعه[2] برای خانواده‌های مختلف چیپ‌های تولیدی خود کرده است. [241]

شرکت Nordic کیت‌های توسعه تک–بوردی برای توسعه و ارزیابی چیپ‌های nRF، پیاده‌سازی کرده است که امکان استفاده از تمامی قابلیت‌های تجهیز نظیر NFC و GPIO[3]ها را فراهم می‌کند. در تمامی کیت‌ها LED و دکمه و سوییچ برای اعمال ورودی و دریافت خروجی‌های اولیه وجود دارد. همچنین همه بوردها قابلیت برنامه‌ریزی و عیب‌یابی توسط عیب‌یاب روی–بوردی SEGGER را دارند.

۱۲-۴-۱ ساختار و ویژگی‌های بوردهای nRF

بوردهای nRF را می‌توان در دو دسته اصلی کیت‌های توسعه بی‌سیم کوتاه–برد و کیت‌های توسعه سلولی اینترنت اشیا مورد بررسی قرار داد. در ادامه به بررسی این بوردها پرداخته می‌شود.

[1] System on a Chip
[2] Development Kit
[3] General-Purpose Input/ Output

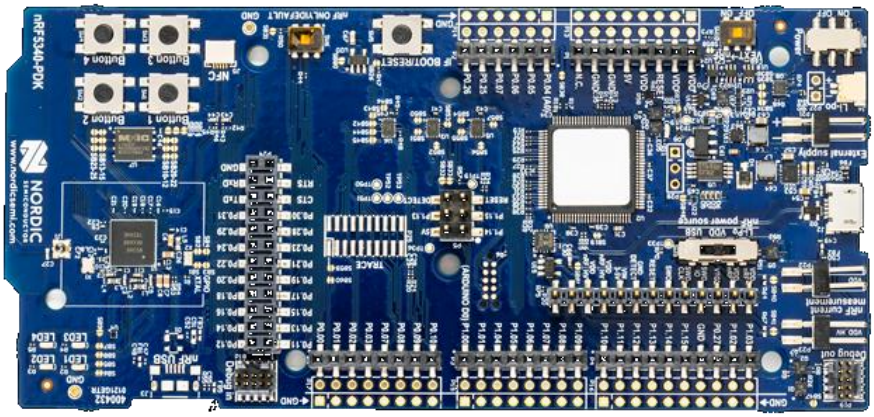
DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱-۱-۴-۱۲ کیت‌های توسعه ارتباطات بی‌سیم کوتاه-برد

کیت‌های توسعه ارتباطات بی‌سیم کوتاه-برد شامل سه سری nRF53، nRF52 و nRF51 هستند که در ادامه ویژگی‌های آنها به‌طور مختصر مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱-۱-۱-۴-۱۲ سری nRF53

nRF5340 PDK کیت توسعه آزمایشی برای nRF5340 SoC[1] به صورت پیاده‌سازی تک-بوردی است که تمام امکانات مورد نیاز برای توسعه سیستم را در بر می‌گیرد. این کیت توسعه، پروتکل‌های بی‌سیم زیادی را پشتیبانی می‌کند. BLE[2] (شامل حالت بلند-برد و پرسرعت آن 2Mbps)، پروتکل‌های Thread و Zigbee می‌توانند به طور موازی با BLE فعال باشند که این امر امکان نظارت، راه‌اندازی، تنظیم و کنترل نودهای مِش را در گوشی‌های هوشمند فراهم می‌سازد. این کیت همچنین دارای آنتن NFC می‌باشد که امکان تست تگ‌های NFC-A سازگار با این چیپ را نیز فراهم می‌کند. عیب‌یاب J-Link SEGGER روی بورد اجازه برنامه‌ریزی و عیب‌یابی بورد و همچنین Targetهای بیرونی را به کاربر می‌دهد. تمامی ورودی و خروجی‌های چیپ با استفاده از کانکتورهای تعبیه شده بر روی بورد در دسترس هستند. سازگاری این بورد با Arduino Uno Rev3 امکان استفاده شیلدهای موجود برای این آردوینو (از جمله Power Profiler Kit با کاربرد مدیریت مصرف) را بر روی این کیت فراهم می‌سازد. دکمه‌ها و LEDهای تعبیه شده بر روی این بورد نیز اعمال ورودی و دریافت خروجی‌های مدنظر را از این بورد تسهیل می‌کند.



شکل ۱۰-۱۲ نمای ظاهری بورد nRF5340 PDK [241]

منبع تغذیه معمول این بورد پورت USB آن است اما با ولتاژ ۱.۷ تا ۵ ولت نیز قابل تغذیه بوده و همچنین با وجود جاباتری CR2032 امکان تغذیه آن توسط باطری هم وجود دارد. با توجه به اینکه این بوردها به طور ویژه برای کاربردهای کم مصرف طراحی شده‌اند، امکان اندازه‌گیری جریان مصرفی آن‌ها توسط پین‌هایی که به همین منظور در بورد تعبیه شدند، وجود دارد.
nRF Connect SDK کیت نرم‌افزاری توسعه برای nRF5340 SoC بوده و از DK[3] آن نیز پشتیبانی می‌کند. این کیت قابل ادغام با Zephyr RTOS، پشته‌های پروتکلی، نمونه‌های کاربردی و درایورهای سخت‌افزاری می‌باشد [241].

[1] System on Chip
[2] Bluetooth Low Energy
[3] Development Kit

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۲-۴-۱-۱-۲ سری nRF52

این سری شامل کیت‌های توسعه زیر است:

- nRF52840 DK: کیت توسعه برای SoCهای nRF52811 و nRF52840
- nRF52833 DK: کیت توسعه برای nRF52833 SoC
- nRF52 DK: کیت توسعه برای SoCهای nRF52810 و nRF52832

۱۲-۴-۱-۱-۳ سری nRF51

این سری شامل nRF51 DK است که کیت توسعه برای SoCهای nRF51810 و nRF51832 را فراهم می‌کند. در جدول ۵-۱۲ مقایسه پروتکل‌های پشتیبانی شده توسط کیت‌های توسعه شرکت Nordic ارائه شده است.

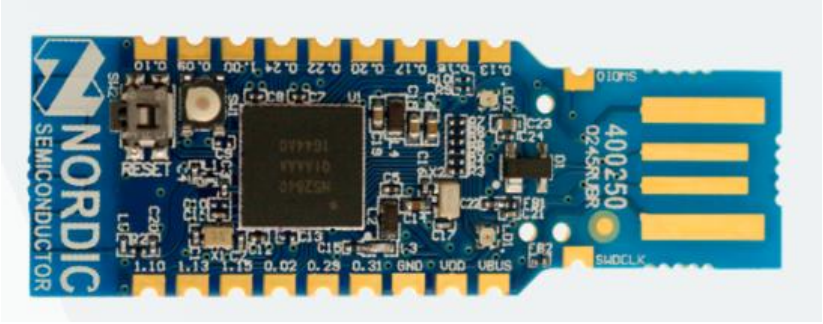
جدول ۵-۱۲ مقایسه پروتکل‌های پشتیبانی شده DKهای مختلف شرکت Nordic [241]

Development Kit	Supported SoCs	Wireless Protocol Support
nRF52840 DK	nRF52840 nRF52811	Bluetooth LE Bluetooth mesh Thread Zigbee
nRF52833 DK	nRF52833	Bluetooth LE Bluetooth mesh Thread Zigbee
nRF52 DK	nRF52832 nRF52810	Bluetooth LE Bluetooth mesh
nRF51 DK	nRF51822 nRF51422 nRF51824 nRF51802	Bluetooth 4.2

۱۲-۴-۱-۱-۴ nRF52840 Dongle

این دانگل بوردی کوچک و مانند فلش مموری قابل اتصال به پورت USB کامپیوتر است که از پروتکل‌های Bluetooth 5، Bluetooth Mesh، Thread، ZigBee، 802.15.4، ANT و پروتکل‌های اختصاصی 2.4 GHz پشتیبانی می‌کند. همچنین این کیت دارای LEDهای قابل کنترل به صورت نرم‌افزاری و همچنین تعداد ۱۵عدد پین ورودی/خروجی می‌باشد. با توجه به قیمت پایین، این دانگل گزینه بهینه‌ای برای ارتباط از طریق نرم‌افزار nRF Connect برای PC می‌باشد. مشابه این کیت، برای چیپ‌های دیگر شرکت Nordic نیز دانگل طراحی و ساخته شده است. ذکر این نکته ضروری است که امکان عیب‌یابی در این دانگل‌ها تعبیه نشده است. شکل ۱۱-۱۲ تصویری از دانگل nRF52840 و پین‌های ورودی و خروجی آن را نشان می‌دهد [241].

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۱۱-۱۲ تصویر دانگل nRF52840 **و پین‌های ورودی و خروجی مربوطه [241]**

۱۲-۴-۱-۱-۵ Nordic Thingy 52

این بورد یک پلتفرم ساخت نمونه اولیه[1] است که برای طراحی نمونه اولیه و نسخه دموی تجهیزات، طراحی شده تا کاربر بتواند بدون ساخت سخت‌افزار و حتی نوشتن سفت‌افزار، تجهیز مدنظر خود را برنامه‌ریزی کند. این بورد بر پایه چیپ nRF52832 ساخته شده است. تمامی حسگرها و عملگرهای تعبیه شده در این بورد به صورت بی‌سیم و از طریق BLE پیکربندی می‌شوند. این بوردها قابلیت اتصال به تلفن‌های هوشمند، تبلت‌ها، لپ‌تاپ‌ها و بقیه تجهیزات مشابهی که BLE را پشتیبانی می‌کنند را دارند و ارسال و دریافت اطلاعات به حسگرها و عملگرها به/از برنامه کاربردی یا ابر از این طریق امکان‌پذیر است.
برنامه کاربردی اختصاصی برای اندروید و iOS و همینطور برنامه تحت وب Bluetooth API برای اتصال به این بورد طراحی شده است. همچنین اتصال به ابر از طریق سرویس تحت وب IFTTT نیز امکان‌پذیر می‌باشد. همچنین این بورد مجهز به باتری Li-PO با ظرفیت 1440 mAh بوده که از طریق USB قابل شارژ است [241].

۱۲-۴-۱-۲ کیت‌های توسعه سلولی اینترنت اشیا

کیت توسعه nRF9160 در دسته کیت‌های توسعه سلولی اینترنت اشیا قرار می‌گیرد که در ادامه به بررسی ویژگی‌های آن پرداخته می‌شود.

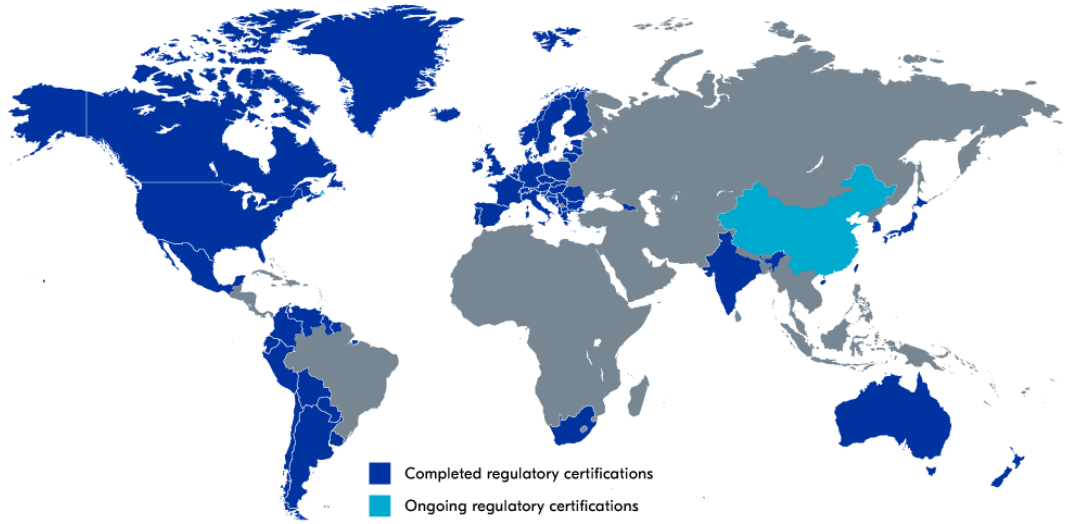
۱۲-۴-۱-۲-۱ nRF9160 DK

این کیت توسعه تک-بوردی برای ارزیابی و توسعه قابلیت‌های nRF9160 SiP برای پیاده‌سازی ارتباطات LTE-M، NB-IoT و GPS می‌باشد. این بورد همچنین شامل کنترل بورد nRF52840 است که به عنوان مثال قابلیت ساخت دروازه BLE را فراهم می‌کند.
آنتن مستقل LTE-M، NB-IoT با قابلیت پشتیبانی از بازه گسترده‌ای از باندها امکان استفاده از آن در سرتاسر جهان را فراهم می‌سازد.
این شرکت به دلیل تنوع مقررات رادیویی در کشورهای مختلف در اخذ تأییدیه‌های محلی برای کشورهای مختلف بسیار تلاش کرده است تا استفاده از محصولات کمپانی در کشورهای بیشتری امکان پذیر باشد. شکل ۱۲-۱۲ نقشه کشورهایی که Nordic در آنها مجوز برای LTE-M یا NB-IoT برای چیپ‌های nRF91 خود دریافت کرده است، را نشان می‌دهد.
همچنین در این بورد آنتن‌های GPS و 2.4GHz برای استفاده در BLE تعبیه شده است. همه GPIOها از طریق کانکتور در دسترس هستند و همینطور LED و دکمه‌هایی جهت ورودی و خروجی در نظر گرفته شده است.

[1] Prototype

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

ویژگی قابل توجه این بورد سازگاری آن با Arduino Uno Rev3 است که امکان پیاده‌سازی پروژه‌های گسترده‌تری را با ترکیب این بوردها ایجاد می‌کند. این بوردها هم‌اکنون در حال تولید هستند و با توجه به امکانات تعبیه شده در آن‌ها مناسب برای توسعه سیستم‌ها از حسگر تا ابر می‌باشند [241].



شکل ۱۲-۱۲ کشورهایی که در آنها Nordic مجوز LTE-M یا NB-IoT برای چیپ‌های nRF91 دریافت کرده است [241]

۱۲-۴-۱-۲-۲ Nordic Thingy 91

این بورد از نظر فلسفه طراحی شبیه Thingy:52 بوده همه امکانات موجود در Thingy:52 در این بورد موجود است با این تفاوت که پروتکل‌های Cellular IoT از جمله LTE-M و NB-IoT و همچنین GPS را به جای پروتکل‌های بی‌سیم کوتاه‌برد پشتیبانی می‌کند. امکانات پیشرفته ردیابی دارایی‌ها در این بورد تعبیه شده است.

حسگرهای مختلفی جهت پایش حرکت، فشار، کیفیت هوا و ... در این بورد در نظر گرفته شده است. این بورد بر مبنای nRF9160 SiP طراحی شده است ولی علاوه بر آن چیپ nRF5280 نیز در آن در نظر گرفته شده تا امکان اضافه کردن BLE به پروژه‌ها نیز وجود داشته باشد.

۱۲-۴-۱-۳ ماژول‌های شرکت‌های ثالث بر مبنای چیپ‌های Nordic

شرکت‌های ثالث نیز با استفاده از این خانواده چیپ‌ها، بوردهای متعددی را توسعه داده‌اند که در جدول ۶-۱۲ تعدادی از آنها فهرست شده‌اند (به منظور مشاهده لیست کامل و جزئیات این بوردها به مرجع [242] مراجعه شود). استفاده از ماژول‌های آماده طراحی شده توسط شرکت‌هایی که گواهی‌های لازم رگولاتوری کشورها را اخذ کرده‌اند نیاز به انجام فرایند دشوار و هزینه‌بر اخذ گواهی‌های لازم برای هر پروژه را مرتفع می‌سازد. لازم به توضیح است که به دلیل تعدد بسیار زیاد این بوردها، از ذکر جزئیات و مشخصات همه این بوردها در این گزارش اجتناب می‌شود.

جدول ٦-۱۲ نمونه‌هایی از ماژول‌های شرکت‌های ثالث بر مبنای چیپ‌های Nordic [242]

Type	Supplier	Part #	Gpio	Size	Antenna	Country Of Origin
nRF5340 Modules	Taiyo Yuden	EYSQBNZUC	46	10.0x15.4x2.0mm	PCB	Japan
	Fanstel	BM833	42	10.2x15x1.9mm	PCB	USA
	Fanstel	BM833F	42	15x20.6x1.1mm	PCB (high performance)	USA

Type	Supplier	Part #	Gpio	Size	Antenna	Country Of Origin
	Fanstel	BM833E	42	10.2x15x1.9mm	u.FL Conn	USA
	Laird Connectivity	453-00039 (BL653 series)	42	15 x 10 x 2.2mm	PCB	UK
	Raytac	MDBT50-U512K	48	15.5x10.5x2.05mm	u.FL Conn	Taiwan
	Raytac	MDBT50Q-P512K	48	15.5x10.5x2.0mm	PCB	Taiwan
	Taiyo Yuden	EYSPBNZUA	40	10.0x15.4 x 2.0mm	PCB	Japan
	Taiyo Yuden	EYSPJNZUA	15	5.1x11.3x1.3mm	PCB	Japan
	Taiyo Yuden	EYSPDNZUA	19	9.6x12.9x1.4mm	PCB	Japan
	u-blox	NINA-B406	38	10x15x2.2mm	PCB	Switzerland
nRF52832 Modules	aconno GmbH	ACN52832	28	20.3mmx25mmx 3mm	PCB	Germany
	ampcomm	Apm5283	32	4.5x3.8x1.41 mm	No	Taiwan
	CWD Innovation Private Ltd.	CBTMN320008_1.0	29	25.4x20x2.5mm	PCB	India
	Dynastream	D52QD2M4IA-A	24	20x20x2.7mm	PCB	Canada
	Dynastream	D52MD2M8IA	24	14x9.8x2mm	PCB	Canada
	Fanstel Corp	BC832	32	7.8x8.8x1.3mm	Chip	USA
	Fanstel Corp	BT832	32	14x16x1.9mm	PCB	USA
	Fujitsu	FWM7BLZ20-109049	30	15.7x9.8x1.7mm	PCB	Japan
	Hongjia	HJ-380	32	6.0x5.5x1.3 mm	Yes (SiP)	China
	Hosiden	HRM1062	32	13.5x22.2x2.7mm	PCB	Japan
	KS Technologies	KST1020	16	15x33x3.96mm	PCB	USA
	Laird	BL652-SA	32	10x14x2.1mm	Chip	UK
	mcThings	mcMod120	9	30.0x20.7x3.7mm	PCB	Canada
	Minew	MS50SFB-001	32	20x12x2mm	PCB	China
	Minew	MS50SFB-002	32	20x12x2mm	Chip	China
	MtM	M905	26	6.5x6.5x1.1mm	Chip	Taiwan
	Prochild	PBLN52832	32	12.4x16.2x2.1mm	Chip	South Korea
	Raytac	MDBT42Q-512KV2	32	10x16x2.2mm	Chip	Taiwan
nRF52811 Modules	Insight SiP	ISP1907	13	8x8x1mm	Yes (SiP)	France
	Hongjia	HJ-380	17	5.5x5.0x1.3 mm	Yes (SiP)	China
	Minew	MS50SFB1	32	12x20x2mm	PCB	China
	Minew	MS50SFB2	32	12x20x2mm	Chip	China
	Minew	MS50SFB3	32	12x20x2mm	u.FL	China
	Raytac	MDBT42Q-192KL	32	10x16x2.2 mm	Chip	Taiwan
	Raytac	MDBT42Q-P192KL	32	10x16x2.0 mm	PCB	Taiwan
	Taiyo Yuden	EYSNCNZWW	30	9.6x12.9x2.0mm	Ceramic	Japan
	Taiyo Yuden	EYSNSNZWW	15	3.25x8.55x1mm	PCB	Japan
	u-blox	BMD-360	32	9.8x14.0x1.9mm	PCB	Switzerland
nRF52810 Modules	Fanstel Corp.	BT832A	32	14x16x1.9 mm	PCB	USA
	Fanstel Corp.	BT832AF	32	15x20.8x1.9 mm	PCB	USA
	Fanstel Corp.	BM832A	32	10.2x15x1.9 mm	PCB	USA
	Insight SIP	ISP1507	32	8x8x1mm	Yes	France
	Laird	BL651 Series – 453-00005	32	14x10x2.1 mm	PCB	UK
	Laird	BL651 Series – 453-00006	32	14x10x2.1 mm	IPEX MHF4	UK

Type	Supplier	Part #	Gpio	Size	Antenna	Country Of Origin
	Minew	MS50SFA	13	15.8x12x2mm	PCB/Chip	China
	Raytac	MDBT42Q-192K	32	10x16x2.2mm	Chip	Taiwan
	Raytac	MDBT42Q-P192K	32	10x16x2mm	PCB	Taiwan
	Taiyo Yuden	EYSLCNZWW	30	9.6x12.9x2.0mm	Ceramic	Japan
	Taiyo Yuden	EYSLSNZWW	15	3.25x8.55x1mm	PCB	Japan
nRF51822 Modules	AceUni	BLE51822C	22	20x15x2.4mm	Yes	China
	AceUni	BLE518WL8	11	8x8x2.0mm	Yes	China
	Areus Engineering GmbH	102122	29	23x19x5mm	PCB	Germany
	Chipsen	BoT-nLE511	11	16.0x10.5mm	Chip/Con+PA	South Korea
	Chipsen	BoT-nLE512	11	16.0x10.5mm	Chip/Con	South Korea
	Ehong Technology Co.,Ltd	EH-MC30	22	15.7x9.2x2.2mm	Chip	China
	Fanstel Corp	BT600E	31	12x20x3mm	U.LF	USA
	Fanstel Corp	BT600I	31	12x20x3mm	Chip	USA
	Fanstel Corp	BT822CP	15	11.1x17.1x1.9mm	PCB	USA
	Fujitsu	MBH7BLZ01-109029	31	10.5x9.2x1.6mm	No	Japan
nRF51422 Modules	Delphian Systems	SRU233	31	18x13x2.3 mm	Chip	USA
	Delphian Systems	SRU532	31	25x20x2.3 mm	Chip + u.fl	USA
	Dynastream	N548M8CB	24	9.8x14.2mm	Yes	Canada
	Dynastream	N550M8CC	24	14x9.8x2mm	PCB	Canada
	Dynastream	N5150M4CD	13	20x20x2.7mm	PCB	Canada
	Insight SiP	ISP130301-AM	31	8x11.0x1.2mm	Yes	France
	Raytac	MDBT40ANT	31	18x10x3.2mm	Chip	Taiwan
	Raytac	MDBT40ANT-P	31	18x10x2.7mm	PCB	Taiwan
	Taiyo Yuden	EYAGJNZXX	14	5.1x11.3x1.3mm	PCB	Japan
	Xuntong	PTR9022	31	23x17.6x1.8mm	PCB	China
nRF8001 Modules	Insight SiP	ISP091201	n/a	12x8x1.5mm	Yes	France
	Li Seng Tech Ltd	LSN8001	n/a	23x33x1.8mm	Yes	China
	Li Seng Tech Ltd	LSN8003	n/a	15x22x1.8mm	Yes	China

۲-۴-۱۲ میزان سازگاری بوردهای خانواده nRF با سایر بوردها و حسگرها

در توضیحات اکثر کیت‌های توسعه nRF ساخت شرکت Nordic بر روی سازگاری آنها با بورد Arduino UNO تأکید شده است. بنابراین قابلیت ساخت پروژه‌های ترکیبی با استفاده از این دو خانواده بورد وجود دارد. علاوه‌براین بوردی مشابه Power Profiler Kit به صورت اختصاصی برای استفاده همراه بوردهای توسعه خود طراحی کرده است. این بورد جهت اندازه‌گیری توان مصرفی و بهینه‌سازی راه‌حل‌های embedded به کار گرفته می‌شود و به طور مستقیم بر روی nRF51DK و nRF52DK قابل نصب می‌باشد. این بورد امکان استخراج پروفایل مصرف با کمترین نیاز سخت‌افزار اضافی را فراهم می‌کند. شکل ۱۳-۱۲ بورد Power Profiler Kit نصب شده بر روی nRF5xDK را نشان می‌دهد [241].

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۱۳-۱۲ بورد Power Profiler Kit نصب شده بر روی nRF5xDK [241]

۳-۴-۱۲ زبان برنامه‌نویسی و نحوه برنامه‌نویسی بورد

گزینه‌های زیادی برای برنامه‌نویسی روی بوردهای توسعه nRF وجود دارد. از آن جمله می‌توان به زنجیره ابزار و محیط IDEهای زیر اشاره کرد:

- nRF Connect (برای دسکتاپ و موبایل): ابزار چندسکویی شرکت Nordic جهت تست و توسعه محصولات مربوط به BLE و Cellular IoT است. با استفاده از این ابزار راه‌اندازی ساده اتصالات با دستگاه‌های دیگر فراهم شده و نوشتن و خواندن بر روی نودهای[1] خارجی را امکان‌پذیر می‌سازد. این ابزار برای کیت‌های توسعه و دانگل‌های سری nRF51، nRF52 و nRF53 و کیت توسعه nRF91 طراحی شده است. این ابزار به طور اتوماتیک کیت متصل به کامپیوتر را تشخیص داده و سفت‌افزار مربوطه را روی آن بارگذاری می‌کند.
- Segger Embedded Studio IDE: ابزار رایگان برای مشتریان نیمه‌هادی‌های Nordic است که با آخرین نسخه‌های nRF5 SDK سازگار بوده و امکان استفاده توسعه‌دهندگان از نمونه کدهای آماده را برای سخت‌افزارهای خود فراهم می‌کند. این محیط دارای ابزار مدیریت پروژه بوده و ویرایش و عیب‌یابی کدهای نوشته شده برای تجهیزات بر پایه ARM Cortex را فراهم می‌سازد.
- Keil MDK: محیط کاملی برای کدنویسی، ویرایش و عیب‌یابی برای بوردهای مبتنی بر پردازنده‌های Cortex-M، Cortex-R4، ARM7 و ARM9 است. MDK-ARM به طور ویژه برای کاربردهای مبتنی بر میکروکنترلر طراحی شده است.
- IAR Embeddedd Workbench: یک محیط تجمیع شده دارای ابزار مدیریت پروژه و ویرایش کد می‌باشد. این محیط دارای کامپایلر C/C++ با قابلیت بهینه‌سازی بالا و ابزار عیب‌یابی C-SPY با قابلیت شبیه‌سازی و یا عیب‌یابی سخت افزاری است و عیب‌یابی ابداعی «مصرف انرژی»، قابلیت آزمودن و تنظیم بورد برای مصرف انرژی بهینه را فراهم می‌سازد.

[1] Node

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- کامپایلر GNU G++: برای پردازنده‌های ARM کامپایلری مجانی با قابلیت پشتیبانی از CPUهای سری Cortex-M است که در nRF52 SDK پشتیبانی می‌شود. در جدول ۷-۱۲ محیط‌های برنامه‌نویسی و توسعه برای سخت‌افزارهای nRF مقایسه شده‌اند.

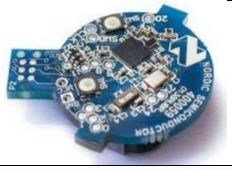
جدول ۷-۱۲ مقایسه بین برخی محیط‌های برنامه‌نویسی و توسعه برای سخت‌افزارهای nRF

Software	License Model	Commercial Support	IDE Support	Multi-Platform	Trial Version
Segger Embedded Studio	Free for nRF devices	YES	YES	YES	N/A
Keil MDK	Paid	YES	YES	NO	YES
IAR Embedded Workbench	Paid	YES	YES	NO	YES
GCC	Free	NO	Not native	YES	N/A

۱۲-۴-۴ بررسی دسترسی به بوردهای خانواده nRF در ایران و هزینه آن

برخی از محصولات ساخت چین بر پایه چیپ‌های nRF در بازار ایران به صورت سفارش از خارج (تا زمان تهیه این گزارش) قابل تهیه است. اما Dev Kitهای ذکر شده در بخش قبلی گزارش در لیست قطعات تأمین‌کنندگان مطرح کشور مشاهده نشد. فروشگاه‌های ایران‌میکرو [235]، جوان الکترونیک [243] و ECA [244] در این خصوص بررسی شد. برخی از بوردهای قابل تهیه در جدول ۸-۱۲ ارائه شده‌اند.

جدول ۸-۱۲ انواع بورد رزبری‌پای و تجهیزات جانبی قابل تهیه در ایران [235] [243] [244]

تصویر	عنوان و قیمت
	ماژول Wireless nRF24L01+ ساخت تایوان قیمت پایه: ۱۲۵.۰۰۰ ریال
	ماژول nRF51822-BEACONV4 ساخت چین قیمت پایه: ۳۶.۴۳۱۸ یوان
	ماژول nRF24L01+PA+LNA RF SMD & DIP ساخت چین قیمت پایه: ۵۴۳.۰۰۰ ریال

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل سیزدهم

انواع حسگرها و عملگرهای خانه هوشمند

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۳-۱ مقدمه

پایین‌ترین لایه سیستم خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء، حسگرها و عملگرها هستند. ارتباط سیستم خانه هوشمند با دنیای فیزیکی و همچنین با ساکنین ساختمان از این طریق برقرار می‌شود. با توجه به پیشرفت تکنولوژی و کاهش هزینه‌های ساخت تجهیزات الکترونیکی، حسگرها و عملگرهای زیادی که در گذشته در واحدهای صنعتی و مناطق حساس استفاده می‌شد، برای استفاده خانگی قابل تولید گردیده است. همچنین با پیاده‌سازی پروتکل‌های ارتباطی مناسب با قیمت ارزان قابلیت ارتباط همگی این حسگرها و عملگرها در شبکه خانگی که به همین منظور طراحی شده، با یکدیگر و با سیستم مرکزی خانه هوشمند ایجاد شده است. بنابه دلایل مذکور شرکت‌های بسیاری دست به ایجاد بستر مناسب برای آسایش و سلامت ساکنین خانه زده‌اند.
در ادامه این بخش با توجه نیازمندی‌های استخراج شده در سند نیازمندی‌های خانه هوشمند (گزارش مرحله دوم پروژه) به معرفی حسگرهای قابل استفاده برای هر وظیفه پرداخته شده و شرح مختصری از کاربرد هر یک از آن‌ها ارائه می‌گردد.

۱۳-۲ سیستم امنیت خانه هوشمند

بسته به میزان اهمیت و هزینه مورد نظر جهت پیاده‌سازی امنیت خانه هوشمند سه سطح ابتدایی، متوسط و پیشرفته برای امنیت می‌توان در نظر گرفت. ساده‌ترین نوع پیاده‌سازی امنیت، استفاده از حسگرهای ورود به منزل از طریق درب‌ها یا پنجره‌های منزل می‌باشد که به صورت معمول با استفاده از حسگرهای مغناطیسی قابل انجام است. این حسگرها به طور مستقیم به یک آژیر که به صورت محلی به صدا در می‌آید، متصل می‌شوند. در سیستم سطح متوسط، امکان تماس یا ارسال پیام با/به اشخاص و مراکز تعریف شده در این سیستم در نظر گرفته می‌شود. پیاده‌سازی سیستم آلارم با استفاده از این حسگرها به راحتی قابل انجام است. در سیستم سطح پیشرفته با اتصال سیستم مرکزی به شبکه خانگی و شبکه اینترنت امکان انجام تنظیمات از راه دور و همین‌طور ارسال فرامینی برای انجام اقدامات پیشگیرانه و یا دفع کننده خطر در نظر گرفته می‌شود.

۱۳-۲-۱ آژیر

آژیر را می‌توان به عنوان اولین قدم اعلام خطر در سیستم امنیتی یا ایمنی منزل در نظر گرفت. آژیر در هنگام تشخیص خطر به صدا در آمده و اطرافیان را از احتمال وجود خطر مطلع می‌سازد. به صدا آوردن آژیر دو کاربرد عمده می‌تواند داشته باشد. کاربرد اول اطلاع ساکنین، همسایگان و یا گشت امنیت پلیس از بروز اتفاقی در ساختمان جهت اقدام بعدی است. کاربرد دوم اخطار به فرد مهاجم است که حضور وی تشخیص داده شده است در نتیجه مهاجم فعالیت خود را متوقف می‌سازد.
بسته به اینکه آژیر داخل ساختمان و یا بیرون آن نصب می‌شود، ویژگی‌های متفاوتی باید داشته باشد. برخی آژیرها ضدآب بوده و ضد گرد و غبار بوده و برای نصب در مکان‌هایی که در معرض تغییرات آب و هوایی قرار دارند مناسب هستند. طریقه نصب و نحوه ارتباط آژیر با سیستم مرکزی یا حسگرها به طور مستقیم نکته‌ای است که در هنگام تهیه باید مدنظر قرار گرفته شود. همچنین تغذیه آژیرها بسته به نوع کاربرد می‌تواند با استفاده از برق شهری، باتری و یا هردو تأمین شود. از مهمترین ویژگی‌های آژیر بلندی صدای تولید شده توسط آن است. شدت صوت تولید شده توسط آژیر با واحد دسی‌بل (dB) سنجیده می‌شود که هنگام طراحی برای دستیابی به کاربرد بهینه آن باید در نظر گرفته شود [245].
از شرکت‌های سازنده آژیر برای امنیت خانگی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- Fortress
- Potter
- Kerui
- Honeywell

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- Epsilont
- Aeotec
- iSmart
- Fortrezz
- SimpliSafe

شکل ۱-۱۳ آژیر بی‌سیم شرکت Simplisafe با قابلیت اتصال به تعداد نامحدودی آژیر دیگر از طریق شبکه را نشان می‌دهد.

شکل ۱-۱۳ آژیر بی‌سیم شرکت Simplisafe با قابلیت اتصال به تعداد نامحدودی آژیر دیگر [245]

متوسط بازه قیمتی این آژیرها بین ۴۰ تا ۱۰۰ دلار است.

۱۳-۲-۲ دوربین و زنگ درب تصویری

دوربین‌هایی که برای کاربرد امنیتی در خانه هوشمند به کار گرفته می‌شوند را می‌توان به چند دسته تقسیم کرد.

۱- دوربین‌های داخل خانه: که برای اطلاع از وضعیت داخل خانه، در فضاهای مهم نصب می‌شوند.

۲- دوربین‌های خارج خانه: برای اطلاع از وضعیت خارج خانه، در پیرامون ساختمان نصب می‌گردند.

۳- دوربین‌های زنگ درب منزل: به منظور مشاهده افرادی که قصد وارد شدن به منزل را دارند، نصب می‌شوند و معمولاً امکان ثبت تصویر افرادی که در مقابل آن قرار می‌گیرند را دارند.

۴- دوربین مخفی: این دوربین‌ها به صورت مخفی در قالب تجهیزات معمول فضای بیرون خانه (مثل چراغ روشنایی) نصب می‌شوند که تشخیص محل نصب آنها را برای سارقین یا مهاجمین دشوار می‌سازد.

طریقه ارتباط این دوربین‌ها با سیستم مرکزی از طریق سیگنال آنالوگ تصویر (برخی همراه با سیگنال صوتی)، از طریق شبکه سیمی و شبکه بی‌سیم می‌باشد. در اکثر دوربین‌های جدید امکان ارتباط بی‌سیم تعبیه شده است.

در برخی از دوربین‌ها به صورت محلی امکان تشخیص حرکت داده شده است. همچنین برخی از دوربین‌های تحت شبکه امکان دریافت تغذیه مورد نیاز خود را از طریق شبکه LAN نیز دارند که این امر هزینه سیم‌کشی را کاهش داده و نیاز به تعبیه منبع تغذیه مجزا را مرتفع می‌سازد. از شرکت‌های سازنده دوربین‌های امنیتی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [245]:

- Hikvision
- ADT
- Arlo
- Google Nest

- Ring
- Honeywell
- Vera Control, Ltd.
- Maximus
- Amazon
- SmartThings

شکل ۲-۱۳ ست ۳ تایی دوربین مدار بسته تحت شبکه ساخت شرکت Arlo، شکل ۳-۱۳ دوربین مخفی تحت شبکه دارای آژیر و آلارم با قابلیت تشخیص حرکت و شکل ۴-۱۳ دوربین Nest Hello زنگ درب منزل را نشان می‌دهند.

شکل ۲-۱۳ ست ۳ تایی دوربین مدار بسته تحت شبکه ساخت شرکت Arlo [245]

شکل ۳-۱۳ دوربین مخفی تحت شبکه دارای آژیر و آلارم با قابلیت تشخیص حرکت [245]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ٤-١٣ دوربین Nest Hello زنگ درب منزل

متوسط بازه قیمتی این دوربین‌ها بین ۱۰۰ الی ۳۰۰ دلار است.

۳-۲-۱۳ سیستم تشخیص باز و بسته شدن درب و پنجره

این حسگرها بر روی درب یا پنجره یا بخش‌های بازشونده دیگری از خانه نصب شده و در صورت باز شدن آن‌ها سیگنال آلارمی را برای سیستم مرکزی یا آژیر ارسال می‌کند.
تکنولوژی تشخیص این حسگرها به طور معمول مغناطیسی می‌باشد و در برخی موارد نیز به صورت نوری طراحی می‌شوند. همچنین تغذیه این حسگرها از طریق باتری، برق شهری، و یا برق DC صورت می‌گیرد. اتصال این حسگرها به صورت بی‌سیم و باسیم امکان پذیر است [245].
از برندهای تجاری معتبری که حسگر مذکور را تولید می‌کند می‌توان به شرکت‌های زیر اشاره کرد:

- Elk
- Insteon
- Ring
- Dome
- Eve
- GE
- GoControl
- Google Nest
- HomeSeer Technologies
- Honeywell
- Lee Electronic

شکل ۵-۱۳ حسگر مغناطیسی باز و بسته شدن ساخت شرکت ELK را نشان می‌دهد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۵-۱۳ حسگر مغناطیسی باز و بسته شدن ساخت شرکت ELK [245]

متوسط بازه قیمتی این حسگرها بین ۱۰ – ۵۰ دلار است.

۴-۲-۱۳ قفل درب هوشمند

با ظهور تکنولوژی‌های خانه هوشمند و اینترنت اشیا یکی از مواردی که بسیار دستخوش تغییر شده است، سیستم قفل درب منازل می‌باشد. با استفاده از قفل درب هوشمند علاوه بر امکانات معمول در قفل‌های مکانیکی می‌توان از راه دور امنیت خانه را تضمین کرده و از باز و بسته شدن درب ورودی منزل اطلاع پیدا کرد.

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌هایی که برای طراحی قفل‌های هوشمند باید در نظر گرفت، نحوه احراز هویت است. نحوه احراز هویت در قفل‌های مکانیکی معمول در گذشته تنها کلید فیزیکی بود که در اختیار افراد مجاز قرار می‌گرفت. امروزه با اضافه شدن امکانات الکترونیکی و دیجیتال به سیستم قفل درب، گزینه‌های متنوعی از نحوه احراز هویت در اختیار طراح و کاربران قرار می‌گیرد. استفاده از کدهای عددی (بین ۴ تا ۱۲ رقم)، استفاده از توکن‌های الکترونیکی فیزیکی (معمولاً به صورت تگ RFID یا NFC)، استفاده از ویژگی‌های بیومتریک نظیر اسکن اثر انگشت، هندسه دست، تشخیص صدا، قرنیه چشم و یا پردازش تصویر صورت (به صورت تجمیع شده با دوربین درب ورودی و یا مستقل) از نمونه گزینه‌هایی برای احراز هویت می‌باشد.

مدل‌های پیشرفته قفل‌های هوشمند امکان ارتباط و فرمان گرفتن از دستیارهای صوتی و حتی سرویس‌های کرایه منزل نظیر Airbnb را دارند. شکل ۶-۱۳ قفل هوشمند مدل Yale Assure با قابلیت اتصال به Airbnb، HomeKit، Google Assistant و Alexa را نشان می‌دهد [246].

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ٦-١٣ قفل هوشمند مدل Yale Assure با قابلیت اتصال بهَ Alexa, Google Assistant, HomeKit, Airbnb [246]

از شرکت‌های سازنده قفل‌های هوشمند به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

- Yale
- ADT
- August
- Ultraloq
- Samsung
- Friday
- Schlage

متوسط بازه قیمتی این محصولات بین ۱۵۰–۴۰۰ دلار است.

۱۳-۲-۵ درب بازکن پارکینگ

به کمک فناوری‌های هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا امکان کنترل الکترونیکی درب پارکینگ با استفاده از سیستم مرکزی کنترل خانه هوشمند و از طریق اینترنت از هر نقطه از دنیا وجود دارد. امروزه استفاده از ریموت‌کنترل‌های رادیویی برای باز و بسته شدن درب پارکینگ بسیار مرسوم است، با اضافه کردن مدار کوچکی به همین سیستم و اتصال آن به سیستم خانه هوشمند امکان کنترل هوشمند درب پارکینگ وجود خواهد داشت. علاوه‌براین سیستم‌های مستقلی برای کنترل هوشمند درب پارکینگ نیز قابل طراحی می‌باشند.

از شرکت‌های سازنده کنترل‌کننده هوشمند درب پارکینگ می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- Tailwind
- Chamberlain
- iSmartGate

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

از ویژگی‌های هوشمند درب بازکن پارکینگ به سازگاری با دستیار صوتی گوگل، آمازون و اپل می‌توان اشاره کرد. شکل ۷-۱۳ کنترل هوشمند درب پارکینگ ساخت شرکت iSmartgate را نشان می‌دهد. این کنترل‌کننده سازگار با دستیارهای صوتی مذکور و همچنین iFTTT می‌باشد [247].

شکل ۷-۱۳ کنترل هوشمند درب پارکینگ ساخت شرکت iSmartgate [247]

۱۳-۳ سیستم ایمنی خانه هوشمند

علاوه بر حسگرها و عملگرهایی که برای امنیت خانه هوشمند مورد نیاز هستند، مواردی برای ایمنی ساکنین و همین‌طور دارایی‌های موجود در ساختمان مورد نیاز است که در ادامه به بررسی این موارد پرداخته می‌شود.

۱۳-۳-۱ حسگر دود و گاز و آتش

در صورت بروز آتش‌سوزی و یا احتراق ناقص تجهیزات گرمایشی در خانه امکان انتشار دود و گازهای سمی وجود دارد. در بسیاری از موارد ریسک خفگی یا ایجاد مشکلات حاد ریوی و تنفسی در هنگام چنین حوادثی بیش از سوختگی می‌باشد. بدین منظور حسگرهایی جهت سنجش میزان دود یا گازهای آلاینده در هوای خانه طراحی شده است که با اتصال از طریق پروتکل‌های بی‌سیم یا بستر سیمی به سیستم مرکزی خانه هوشمند این اجازه را می‌دهد که بخش‌های مختلف خانه را از منظر این حوادث پایش کند [248].

از شرکت‌های سازنده این حسگرها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- First Alert
- Google Nest
- Elk
- Ring

شکل ۸-۱۳ حسگر تشخیص مونواکسیدکربن و دود مجهز به فناوری بی‌سیم ساخت شرکت First Alert با قابلیت اعلان جداگانه آلاینده‌ها را نشان می‌دهد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۸-۱۳ حسگر تشخیص مونواکسیدکربن و دود مجهز به فناوری بی‌سیم ساخت شرکت First Alert [249]

متوسط بازه قیمتی این محصولات بین ۵۰ تا ۱۲۰ دلار است.

۲-۳-۱۳ حسگر نشت آب

حسگر نشت آب در مناطقی که احتمال بارش‌های شدید، آب گرفتگی و یا حتی سیل وجود دارد بر کف ساختمان قرار داده می‌شود و به محض اینکه در معرض آب قرار گیرد، به سیستم مرکزی خانه هوشمند اطلاع می‌دهد تا اقدامات بعدی در این خصوص صورت گیرد.

از شرکت‌های سازنده این حسگرها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- EcoNet Controls
- Insteon
- SmartThings
- Dome
- HomeSeer Technologies
- Minotaur Engineering
- Ring

شکل ۹-۱۳ هاب ساخت شرکت Insteon و ست ۶ تایی حسگرهای تشخیص نشت آب مجهز به فناوری بی‌سیم را نشان می‌دهد. با قراردادن این حسگرها در بخش‌های مختلف خانه امکان پایش وضعیت آب در ساختمان فراهم می‌شود [248].

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۹-۱۳ هاب ساخت شرکت Insteon و ست ٦ تایی حسگرهای تشخیص نشت آب مجهز به فناوری بی‌سیم [248]

۱۳-۴ پریز/کلید/دیمر/رله هوشمند

یکی از راه‌حل‌های ارزان‌قیمت که به‌ویژه برای هوشمندسازی خانه‌های غیرهوشمند (در مقابل خانه‌هایی که از ابتدا هوشمند طراحی می‌شوند) قابل انجام است، استفاده از پریز، کلید، دیمر یا رله هوشمند در سرراه وسایلی است که قبلاً هوشمند نبوده‌اند. این خانواده از عملگرها به طراح و کاربر این اجازه را می‌دهند تا از امکانات موجود، حداکثر استفاده را کرده و از صرف هزینه‌های غیرضروری جلوگیری شود.

در هنگام طراحی و استفاده از این عملگرها باید به جریان قابل تحمل رله‌های موجود داخل آن‌ها، نوع کنترل خروجی (on/off یا پیوسته بودن آن) و همچنین نحوه ارتباط آن با سیستم مرکزی خانه هوشمند توجه شود.

برخی از این عملگرها از شبکه روی هادی‌های برق (PLC) یا به عبارتی استاندارد خانواده HomePlug پشتیبانی می‌کنند که امکان ارتباط آن‌ها با یکدیگر و با سیستم مرکزی را از طریق شبکه برق داخل خانه فراهم کرده و نیازی به استفاده از کابل مجزای ارتباطی و یا ماژول ارتباط بی‌سیم نخواهد بود. شکل ۱۰-۱۳ پریز هوشمند on/off شرکت Insteon با قابلیت اتصال از طریق شبکه برق خانگی و رادیوی اختصاصی را نشان می‌دهد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۱۰-۱۳ پریز هوشمند on/off شرکت Insteon با قابلیت اتصال از طریق شبکه برق خانگی و رادیوی اختصاصی [250]

از شرکت‌های سازنده این عملگرها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد [248].

- Insteon
- SmartThings
- Amazon
- Lutron

محدوده متوسط قیمت این عملگرها بین ۱۵ تا ۵۰ دلار متغیر است.

۱۳-۵ بلاستر مادون قرمز

بسیاری از تجهیزاتی که در خانه‌های غیرهوشمند استفاده می‌شوند دارای کنترل از راه دور مادون قرمز هستند. سیستم‌های صوتی و تصویری و سرگرمی خانه و همچنین سیستم‌های تهویه مطبوع در خانه‌ها از این قبیل تجهیزات می‌باشند. یکی از عملگرهای بسیار پرکاربرد جهت کنترل تجهیزات مذکور، بلاستر مادون قرمز می‌باشد. با نصب این بلاسترها در محل مناسب، به صورتی که دید مستقیم (یا غیر مستقیم با برد کمتر) بین آن و تجهیز مورد نظر وجود داشته باشد، امکان کنترل مرکزی همه این تجهیزات با استفاده از این عملگر فراهم می‌شود.

انواع جدید این عملگرها مجهز به پروتکل‌های ارتباطی مرسوم در خانه هوشمند نظیر WiFi، بلوتوث، Z-wave و ... می‌باشند. همچنین با نصب برنامه‌های کاربردی مربوطه پشتیبانی از دستیارهای صوتی مرسوم نظیر Alexa، Google Assistant و Siri فراهم می‌گردد. شکل ۱۱-۱۳ نمونه بلاستر مادون قرمز چندمنظوره جهت کنترل تجهیزات با قابلیت اتصال به شبکه WiFi را نشان می‌دهد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۱۱-۱۳ نمونه بلاستر مادون قرمز چندمنظوره جهت کنترل تجهیزات با قابلیت اتصال به شبکه WiFi [251]

۱۳-۶ سیستم روشنایی خانه هوشمند

در سیستم‌های سنتی روشنایی خانه، کلیدهای تنظیم روشنایی، چه به صورت on/off و چه به صورت کم و زیاد از طریق فرمان مستقیم کاربر و به صورت فیزیکی انجام می‌شود. یکی از قابلیت‌هایی که سیستم‌های خانه هوشمند به کاربر ارائه می‌دهند، انجام این تنظیمات به صورت مرکزی و با استفاده از رابط کاربری تعبیه شده برای سیستم است. همچنین برنامه‌ریزی برای زمان‌بندی و یا حالت‌های از پیش تعیین شده برای فعالیت‌های مختلف نظیر تماشای فیلم، خواب، شبیه‌سازی حضور در منزل در زمان مسافرت (برای گمراه‌سازی سارقین) و .... یکی از ویژگی‌های قابل پیاده‌سازی در این سیستم‌ها است. از آنجائی که درجاتی از هوشمندی نیازمند تصمیم‌گیری سیستم به صورت خودکار می‌باشد، در خصوص سیستم روشنایی این امر با استفاده از حسگرهای نوری و تعیین قوانینی توسط کاربر امکان‌پذیر است.

۱۳-۶-۱ حسگرهای نوری

برای تعیین میزان روشنایی فضاهای مختلف منزل استفاده از حسگر نوری مورد نیاز است. با قراردادن حسگر نوری در محل مناسب، از شدت نور فضا می‌توان اطلاع پیدا کرد و بر اساس آن طبق سناریوی برنامه‌ریزی‌شده در سیستم هوشمند تصمیم‌گیری کرد.

۱۳-۶-۲ حسگرهای حرکتی (تشخیص حضور)

در بسیاری از مواقع اتفاق می‌افتد که بدون حضور افراد در فضایی از خانه، چراغ‌ها همچنان روشن مانده و اتلاف انرژی صورت می‌گیرد. با استفاده از حسگرهای حرکتی و تعیین سناریویی برای آن امکان تشخیص حضور افراد در فضای مدنظر فراهم می‌گردد.

حسگرهای حرکتی که در بازار موجود می‌باشند عموماً از طریق مادون قرمز حرکت اجسام گرم را تشخیص می‌دهند. این حسگرها موسوم به PIR[1] بوده و در صورتی که حرکتی انجام شود آن را تشخیص می‌دهند، بنابراین تشخیص حضور از طریق سناریوی تعیین شده برای سیستم تصمیم‌گیری هوشمند امکان‌پذیر خواهد بود. نمونه‌های غیرهوشمند این حسگرها بسیار ارزان قیمت

[1] Passive Infrared Sensor

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

بوده و ترکیب آن با مدار فرمان on/off در پارکینگ‌ها، راهروها و ... در مجتمع‌های مسکونی استفاده می‌شود. برخی از این حسگرها توانایی تفکیک انسان و حیوان را داشته و موجودات با دمای بدن و ابعاد غیر از انسان را تمیز می‌دهند [248].
از شرکت‌های معتبر سازنده این حسگرها به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

- Dome
- Elk
- Eve
- GE
- Google Nest
- HomeSeer Technologies
- Honeywell
- Insteon
- LIFX
- Lutron
- Ring
- Skylink Technologies
- Schneider Electric
- SmartThings
- Visonic

شکل ۱۱-۱۳ حسگر حرکتی مادون قرمز ساخت شرکت Samsung SmartThings را نشان می‌دهد. این حسگر از طریق WiFi خانگی به شبکه متصل شده و با استفاده از هاب SmartThings فرامین مورد نیاز و قابل برنامه‌ریزی را به عملگرهای مربوطه ارسال می‌کند.

شکل ۱۲-۱۳ حسگر حرکتی مادون قرمز ساخت شرکت Samsung SmartThings [252]

نمونه اولتراسونیک و همچنین مایکروویو این حسگرها نیز ساخته شده است، شکل ۱۳-۱۳ حسگر حرکتی ساخت شرکت اشنایندر با استفاده از فناوری نوری و اولتراسونیک را نشان می‌دهد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۱۳-۱۳ حسگر حرکتی ساخت شرکت اشنایندر با استفاده از فناوری نوری و اولتراسونیک [253]

قیمت این حسگرها از ۲۰ تا ۲۰۰ دلار متغیر است.

۳-۶-۱۳ لامپ‌های قابل تنظیم از طریق شبکه

همان‌طورکه پیشتر گفته شد، کنترل هوشمند سیستم روشنایی از طریق رله و سوییچ‌های قابل کنترل از راه دور که به صورت شبکه بی‌سیم یا سیمی قابل کنترل هستند، امکان‌پذیر است، اما با پیشرفت فناوری مربوط به خانه هوشمند، طراحی و ساخت لامپ‌های روشنایی و تزئینی قابل نصب بر روی سقف یا آباژورها که به صورت مستقل قابلیت اتصال به شبکه را دارند و از طریق موبایل یا سیستم مرکزی خانه هوشمند قابل کنترل هستند، توسط طراحان صورت گرفته است.

مدل‌های متنوع بسیاری به همین منظور طراحی و ساخته شده است که قابلیت اتصال به شبکه WiFi خانگی یا پروتکل‌های بی‌سیم دیگر مرسوم در خانه هوشمند را دارند. همچنین برخی از آن‌ها قابلیت استفاده از شبکه تحت برق خانگی را نیز دارند [248].

از شرکت‌های سازنده سیستم‌های روشنایی هوشمند می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- Ring
- GE
- LIFX
- Sengled
- Maximus
- Eve
- Google Nest
- iDevices
- Philips
- SmartThings
- YeeLight

شکل ۱۴-۱۳ ست چهارتایی لامپ هوشمند Hue ساخت شرکت فیلیپس را نشان می‌دهد. شرکت فیلیپس از اولین شرکت‌هایی است که تجهیزات روشنایی هوشمند با نور رنگی و سفید با قابلیت کنترل از طریق شبکه و سیستم مرکزی، موبایل و سازگار با دستیارهای صوتی آمازون، گوگل و اپل را طراحی کرده است. این لامپ‌ها قابلیت سازگاری با پلتفرم‌های مختلف خانه هوشمند، علاوه بر سیستم اختصاصی شرکت را دارا هستند [254].

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۱۴-۱۳ ست چهارتایی لامپ هوشمند Hue ساخت شرکت فیلیپس [254]

۴-۶-۱۳ سیستم کنترل هوشمند پرده

یکی از منابع نوری که در روز استفاده از آن باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود، نور طبیعی خورشید است که با کنارزدن پرده‌ها یا کرکره‌های خانه امکان استفاده از آن وجود دارد (در صورتی که نور تشخیص داده شده در خارج از منزل توسط حسگر مربوطه مناسب باشد).

برای این منظور بسته به نوع پرده/کرکره از موتور و کنترل‌کننده مناسب استفاده می‌شود. برخی از این سیستم‌ها قابلیت باز و بسته کردن پرده/کرکره به صورت کسری از کل را دارند.

از شرکت‌های معتبر سازنده این تجهیزات به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

- Add-a-Motor
- Global Cache
- Hydreon
- Insteon
- MySmartBlinds
- Somfy
- Wisetech International

شکل ۱۵-۱۳ باز و بسته کننده موتوری پرده/کرکره شرکت Add-A-Motor را نشان می‌دهد که با استفاده از آن می‌توان سیستم پرده/کرکره قدیمی دستی را تبدیل به مدل هوشمند و قابل کنترل توسط سیستم مرکزی خانه هوشمند نمود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۱۵-۱۳ باز و بسته کننده موتوری پرده/کرکره شرکت Add-A-Motor [248]

متوسطه بازه قیمتی این تجهیزات ۱۰۰-۳۰۰ دلار است.

۱۳-۶-۵ سیستم‌های Daylighting

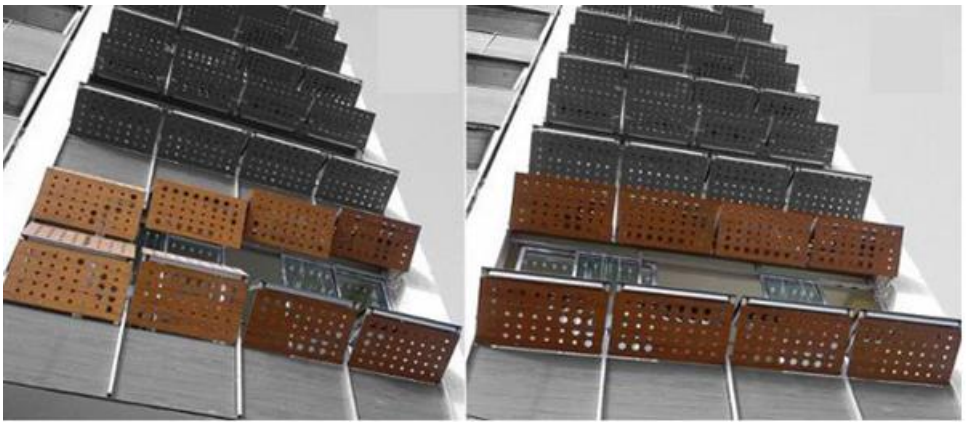
با حرکت معماری ساختمان به سمت معماری پایدار و لزوم استفاده بهینه از نور خورشید جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی، سیستم‌های Daylighting در ساختمان‌ها مورد توجه قرار گرفته‌اند. به طور خلاصه Daylighting طراحی سیستم روشنایی خانه به صورتی است که درحین روز از نور طبیعی بیشترین استفاده انجام شود و قسمت‌های بیشتر از ساختمان بتوانند از این نور بهره‌مند شوند. سهم عمده‌ای از یک سیستم Daylighting مربوط به طراحی پنجره‌های هوشمند، نمای پاسخگو[1]، سطوح منعکس کننده نور و کانال‌های انتقال نور[2] در ساختمان است که در طراحی معماری آن، در نظر گرفته می‌شود. محاسبات روشنی برای محل قرارگیری دریچه‌های نور، سطوح منعکس‌کننده و کانال‌های انتقال نور و هندسه آن‌ها در طراحی ساختمان وجود دارد که خارج از بحث این گزارش است.

اما برای کنترل میزان نور ورودی به هر بخش از ساختمان، از سطوح منعکس کننده متحرک یا موانع نور جهت جلوگیری از ورود نور خورشید استفاده می‌شود. بسته به طراحی سیستم Daylighting از موتورهایی جهت جابجا کردن موارد مذکور استفاده می‌شود. شکل‌های ۱۳-۱۶ تا ۱۳-۱۸ نمونه‌هایی از نمای پاسخگو برای کنترل نور ورودی به داخل ساختمان را نشان می‌دهند. همانطور که از شکل‌ها مشخص است بسته به نور مورد نیاز در داخل ساختمان (و یا حرارت دریافتی از طریق انرژی خورشیدی) می‌توان مانع ورود نور طبیعی به ساختمان شد و یا به صورت طیف پیوسته میزان آن را کنترل کرد.

[1] Responsive Facade
[2] Light Tube

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ١٦-١٣ نمای پاسخگو در نمایشگاه تکنولوژی Kiefe [255]

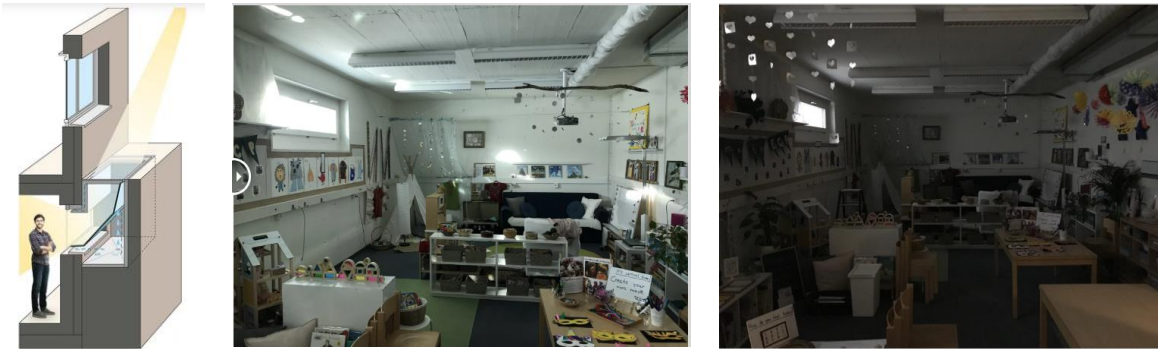


شکل ١٧-١٣ ساختمان اداری در کرمان با نمای پاسخگو حالت نیمه باز و باز [255]

شکل ١٨-١٣ بخشی از نمای مرکز هندسه و فیزیک سیمون (دانشگاه دولتی نیویورک در استونی بروک) [255]

همانطور که پیشتر ذکر شد از دیگر تکنولوژی‌های استفاده شده برای Daylighting می‌توان به کانال‌های نوری اشاره کرد. این کانال‌ها از سطوح براق که قابلیت انعکاس بخش عمده از نور ورودی به آن‌ها را دارند تشکیل شده است و از این طریق امکان انتقال نور به مکان دلخواه در داخل ساختمان را خواهند داشت. شکل ١٩-١٣ و شکل ٢٠-١٣ نمونه‌هایی از این کانال‌های انتقال نور را نشان می‌دهند.

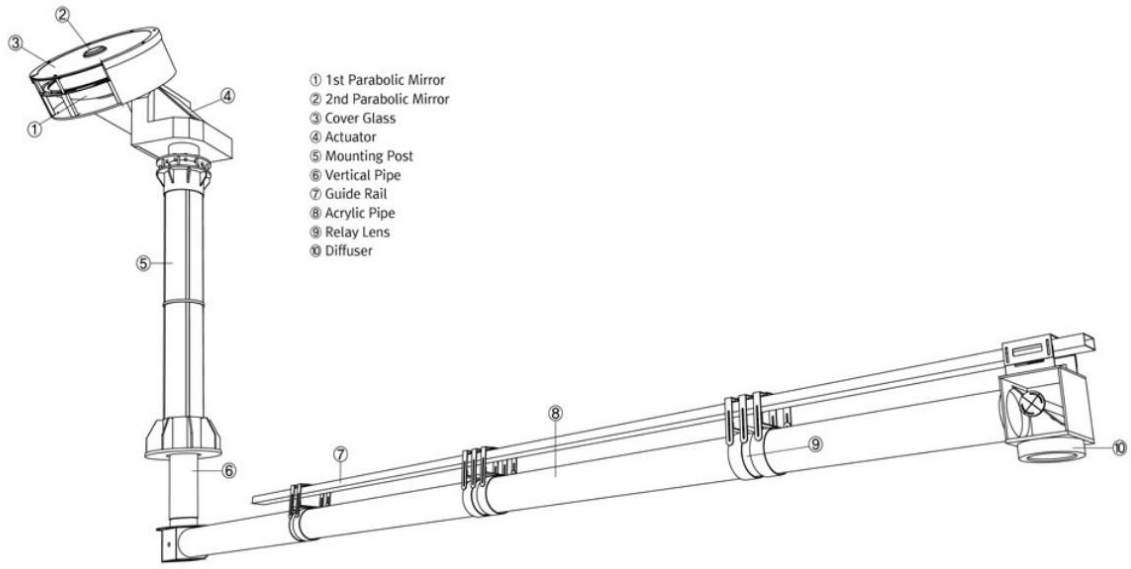
DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۱۹-۱۳ کانال انتقال نور DayLight Shaft شرکت Heliobus [256]

شکل ۲۰-۱۳ کانال انتقال نور ساخت شرکت Solatube [257]

شرکت Sunportal یکی از پیشرفته‌ترین سیستم‌های Daylighting پویا با قابلیت دنبال کردن خورشید و انتقال نور به صورت بهینه به هر نقطه‌ای از ساختمان را طراحی کرده و ساخته است. شکل ۲۷-۱۳ سیستم ردیابی خورشید و انتقال نور طبیعی به داخل ساختمان ساخت شرکت Sunportal را نشان می‌دهد.



شکل ۲۱-۱۳ سیستم ردیابی خورشید و انتقال نور طبیعی به داخل ساختمان [258]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۳-۷ سیستم تهویه و کیفیت هوای خانه هوشمند

سیستم تهویه و کیفیت هوای خانه از بخش‌های مهمی است که در آسایش و حفظ سلامت ساکنین خانه نقش اساسی ایفا می‌کند. برای تضمین کیفیت هوای مطلوب در خانه لازم است که دما، رطوبت، تهویه هوا و بوی نامطبوع در هوای خانه کنترل شود. بسته به نوع سیستم تهویه خانه از حسگرها و عملگرهای مختلفی می‌توان استفاده کرد.
نکته قابل توجه در این خصوص این است که شاید کنترل همه مواردی که ذکر شد در همه سناریوها، مورد نیاز یا حتی امکان‌پذیر نباشد. بنابراین از ترکیب‌های مختلفی از حسگرها و عملگرها می‌توان برای تضمین کیفیت مطلوب هوای خانه استفاده کرد.

۱-۷-۱۳ حسگرهای دما، رطوبت و ترموستات

از پایه‌ای‌ترین حسگرهای مورد نیاز برای سیستم تهویه حسگر دما می‌باشد. طیف قابلیت‌های این حسگرها از یک دماسنج دیجیتال هوشمند با امکان اتصال به سیستم مرکزی شروع شده و تا بررسی هوشمند سبک زندگی افراد و فرمان به تجهیزات سرمایشی و گرمایشی بر اساس آن ادامه پیدا می‌کند.
در صورتی که سیستم مرکزی، کنترل و تصمیم‌گیری در خصوص سناریوهای مطلوب کاربر در بخش‌های مختلف خانه را به عهده داشته باشد، وظیفه حسگر تنها تشخیص دما و انتقال آن به سیستم مرکزی است. در نظر گرفتن حسگر رطوبت در کنار حسگر دما و ارائه پکیج به صورت یک‌جا بسیار مرسوم است. در غیر اینصورت امکانات بیشتری برای آن می‌توان متصور شد.
نمونه‌ای از ترموستات‌های با امکانات بالا که در سال‌های اخیر فعالیت می‌کند، ترموستات هوشمند Google Nest است. از قابلیت‌های ویژه این ترموستات یادگیری سبک زندگی ساکنین خانه و استفاده از ماکزیمم ظرفیت موجود برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌باشد. طراحی مینیمال این دستگاه علی‌رغم امکانات پیشرفته، کار با آن را بسیار ساده می‌کند. شکل ۲۲-۱۳ ترموستات هوشمند Nest متعلق به مجموعه Google Smart Home را نشان می‌دهد [259].
از شرکت‌های تولیدکننده این ترموستات‌ها به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

- Google Nest
- Honeywell
- Ecobee
- Sensi
- First Alert
- GoControl
- iDevices
- Insteon
- Johnson Controls

متوسط محدوده قیمتی این ترموستات‌ها از ۵۰ تا ۳۰۰ دلار متغیر می‌باشد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۲۲-۱۳ ترموستات هوشمند Nest متعلق به مجموعه Google Smart Home [260]

۲-۷-۱۳ سیستم تهویه مطبوع خانه

بسیاری از سیستم‌های جدید سرمایشی و گرمایشی خانگی امکان فرمان‌پذیری از طریق شبکه و یا پروتکل‌های اختصاصی خود شرکت را دارا هستند. در مجتمع‌های بزرگ که سیستم سرمایشی و گرمایشی به صورت مرکزی کنترل می‌شود، هوای گرم یا سرد و یا مکش هوای فضای مدنظر، از طریق دریچه‌های هوا که در اتاق‌ها تعبیه شده انجام می‌شود. با استفاده از عملگرهایی که بر روی دریچه‌های هوا نصب می‌شود امکان کنترل دما و یا تهویه آن وجود خواهد داشت. با استفاده از این عملگرها امکان کنترل مجزای هر کدام از فضاهای خانه با کمترین هزینه به وجود می‌آید. شکل ۲۳-۱۳ سیستم کنترل داکت شرکت Suncourt را نشان می‌دهد. این عملگر با استفاده از شبکه داخلی شرکت Insteon قابل فرمان‌پذیری است.

شکل ۲۳-۱۳ سیستم کنترل داکت شرکت Suncourt [261]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۳-۷-۳ سیستم تصفیه هوا

با گسترش آلودگی‌های ناشی از زندگی شهری که توسط ماشین‌آلات ایجاد می‌شود و یا میکروب‌ها و ویروس‌هایی که در هوا قابل انتقال هستند، لزوم تصفیه هوای محل زندگی یا کار بیش از پیش احساس می‌شود. سیستم‌های تهویه امروزی دارای قابلیت تصفیه هوا با استفاده از فیلترهای شیمیایی پسیو و یا اکتیو هستند. سیستم‌های اکتیو تصفیه هوا با ایجاد یون‌های منفی و متصل شدن آن‌ها به ذرات معلق در هوا نظیر گرد و غبار و یا ویروس‌ها باعث سنگین شدن آن‌ها شده و قابلیت معلق بودن آن‌ها در هوا را از بین می‌برند [262].

در صورتی که حسگرهایی جهت سنجش آلودگی هوا در خانه هوشمند موجود باشد، می‌توان به صورت هوشمند در صورت نیاز به تصفیه هوا از این سیستم‌های یونیزاسیون استفاده نمود.

۱۳-۸ سیستم مراقب از گیاهان خانه هوشمند

مراقبت از گیاهان در فضای داخل منزل و همچنین بیرون از ساختمان با استفاده از حسگرهای رطوبت خاک و آبیاری منظم و برنامه‌ریزی شده امکان‌پذیر است. در این فرایند حسگر رطوبت و عملگر شیر برقی نقش اصلی را ایفا می‌کنند.

۱۳-۸-۱ حسگر رطوبت خاک

این حسگرها با فروکردن الکترودهای آن‌ها در خاک گلدان و یا باغچه توانایی اندازه‌گیری رطوبت خاک را داشته و بر اساس زمان کاهش رطوبت خاک می‌توانند طبق برنامه تطبیقی برای آبیاری گیاهان فرمان لازم را به صورت مستقیم و یا از طریق سیستم مرکزی به عملگرها ارسال نماید و یا صرفاً اخطاری جهت اقدام کاربر در سیستم ایجاد کند.

از شرکت‌های تولیدکننده این حسگرها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- IOTSENS
- Scotts
- Xiaomi

شکل ۲۴-۱۳ حسگر اندازه‌گیری رطوبت خاک ساخت شرکت Scotts با قابلیت ارتباط بی‌سیم را نشان می‌دهد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۲٤-۱۳ حسگر اندازه‌گیری رطوبت خاک ساخت شرکت Scotts [248]

۲-۸-۱۳ شیر برقی

در صورت تشخیص نیاز به آبیاری گلدان‌ها یا باغچه، از طریق این عملگر می‌توان آبیاری را انجام داد. این عمل از طریق برنامه قبلی و منظم به صورت دوره‌ای می‌تواند انجام گیرد و یا از طریق تحلیل داده‌های حسگر خاک و تصمیم‌گیری براساس بازخورد[1] دریافت شده توسط آن صورت پذیرد. از این تجهیز می‌توان جهت انجام آبیاری قطره‌ای، آب‌پاشی باغچه یا گلدان و مه‌پاشی استفاده کرد.

از شرکت‌های تولیدکننده این عملگرها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- Dome
- EcoNet Controls
- Elk
- Guardian
- HomeSeer Technologies
- Insteon
- Melnor
- Onsite Pro
- Smarthome

[1] Feedback

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۲۵-۱۳ شیر برقی قابل کنترل از راه دور با استفاده از ارتباط بی‌سیم [263]

قیمت این تجهیز بسته به سایز لوله و فشار قابل کنترل متفاوت می‌باشد اما متوسط بازه قیمتی آن بین ۱۰۰ الی ۳۰۰ دلار برای مصارف خانگی است.

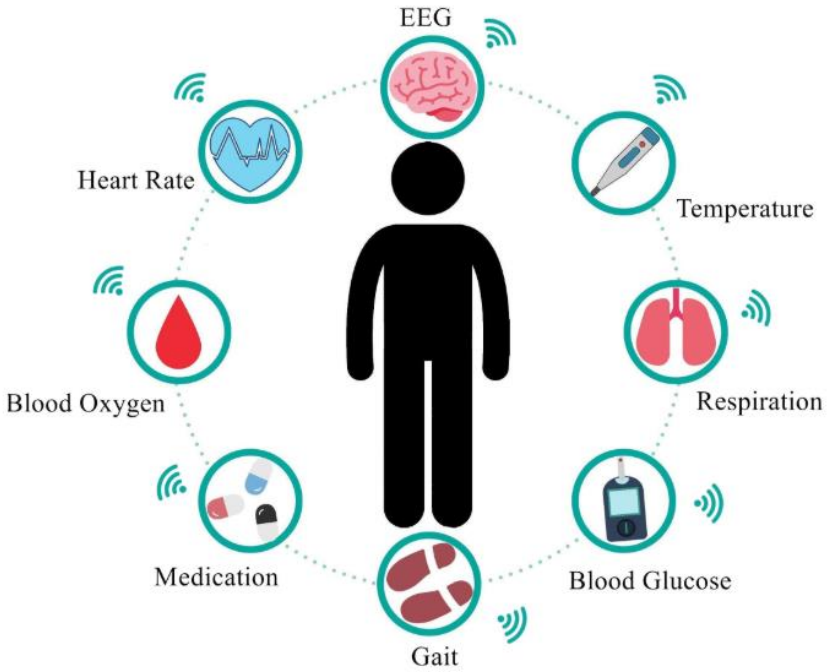
۱۳-۹ سیستم مراقبت از سلامت در خانه هوشمند

در سال‌های اخیر رشد موضوع اینترنت اشیا باعث شده است تا تجهیزات تجاری بسیاری قابلیت اتصال با یکدیگر را پیدا کنند. تجهیزات پایش سلامت نیز از این قاعده مستثنا نبوده و با اتصال آن‌ها به گوشی موبایل، سیستم مرکزی خانه هوشمند و یا حتی سرویس سلامت مراکز پزشکی، کنترل بیماران و سالمندان به سادگی قابل انجام است. محدودیت‌های ایجاد شده توسط زندگی مدرن، حضور فیزیکی و مراقبت از قشر آسیب‌پذیر را روز به روز دشوارتر می‌سازد و با کمک ابزارهای دیجیتال برخی از کمبودها را می‌توان جبران کرد.

اگر چه تجهیزات پایش سلامت به دلیل اتصال یا نزدیک بودن به بدن انسان از استانداردهای سخت‌گیرانه‌تر یا محتاطانه‌تری برای ارتباط با یکدیگر و هاب مرکزی استفاده می‌کنند اما با پیشرفت‌های صورت گرفته امکان تبدیل آن به پروتکل‌های خانه هوشمند جهت گردآوری اطلاعات مورد نیاز فراهم می‌گردد. اغلب این حسگرها از استاندارد WBAN[1] برای ارتباط با یکدیگر استفاده می‌کنند. اندازه‌گیری دمای بدن، ضربان قلب، سیگنال‌های مغزی، سطح اکسیژن خون، میزان و دوز داروهای مصرفی، شیوه راه رفتن، سطح قند خون و نحوه تنفس و نرخ آن از جمله پارامترهایی است که جهت پایش مناسب هستند. شکل ۲۶-۱۳ حسگرهای مختلف سیستم پایش سلامت را نشان می‌دهد [264].

[1] Wireless Body Area Network

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۲۶-۱۳ حسگرهای مختلف سیستم پایش سلامت انسان[264]

۱۳-۱۰ سیستم‌های اندازه‌گیری انرژی در خانه هوشمند

کنتورهای دیجیتال و در قدم بعدی آن‌ها کنتورهای هوشمند مدت نسبتاً زیادی است که توسط شرکت‌های ارائه‌دهنده این منابع در خانه‌های مسکونی نصب می‌گردند و با ظهور فناوری اینترنت اشیا اتصال کنتورهای آب، برق و گاز به شبکه خانه هوشمند و همچنین ارسال گزارش‌ها با شرکت‌های ارائه‌دهنده خدمات به سادگی انجام می‌شود، اما استفاده از تجهیزات اندازه‌گیری به صورت محلی نیز برای بهینه‌سازی مصرف در اجزای خانه هوشمند می‌توانند کاربرد داشته باشند. با اطلاع از مصرف بخش‌های مختلف خانه سناریوهای کارآمدتری برای صرفه‌جویی قابل طراحی می‌شود. همچنین می‌توان از نشتی و یا مصرف غیرعادی تجهیزات، اطلاع حاصل کرده و از بروز حوادث ناخواسته جلوگیری نمود. شکل ۲-۲۷ پریز هوشمند با قابلیت اندازه‌گیری مصرف تجهیز متصل شده، را نشان می‌دهد [265].

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۲۷-۱۳ پریز هوشمند با قابلیت اندازه‌گیری مصرف [265]

همچنین برخی تجهیزات قابلیت اندازه‌گیری همزمان مصرف در چند مدار الکتریکی را فراهم می‌سازند. شکل ۲۸-۱۳ تجهیز اندازه‌گیری جریان مدارات برقی خانه با قابلیت اندازه‌گیری ۸ خط تا جریان ۶۰ آمپر را نشان می‌دهد.

شکل ۲۸-۱۳ تجهیز اندازه‌گیری جریان مدارات برقی خانه با قابلیت اندازه‌گیری ۸ خط [265]

متوسط بازه قیمتی این تجهیزات از ۵۰ تا ۳۰۰ دلار متغیر می‌باشد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل چهاردهم

دروازه خانه هوشمند و وظایف آن

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱-۱۴ مقدمه

در ارتباط دو وسیله باهم در شبکه‌های ارتباطی، تجهیزات مختلفی مانند دروازه[۱]، هاب[۲]، تکرارکننده[۳]، پل[۴]، سوئیچ[۵] و مسیریاب[۶] می‌توانند در مسیر ارتباطی وجود داشته باشند [266]. وظایف تمامی این تجهیزات تا حدی به هم شباهت داشته اما تفاوت اصلی آن‌ها در لایه‌ای است که عملیات انجام می‌دهند. در شکل ۱-۱۴ نمایی از جایگاه هر کدام از این تجهیزات مشخص شده است و هر کدام از این موارد در ادامه بررسی خواهند شد.

Application layer	Application gateway
Transport layer	Transport gateway
Network layer	Router
Data link layer	Bridge, switch
Physical layer	Repeater, hub

شکل ۱-۱۴ نمایی از جایگاه تجهیزات ارتباطی مختلف در لایه‌های مختلف شبکه [266]

- **تکرارکننده:** جایگاه تکرارکننده‌ها در لایه فیزیکی قرار داشته و مستقیماً با سیگنال سر و کار دارد. این تجهیزات سیگنال را دریافت کرده، تمیز (عاری از نویز) و تقویت می‌کنند و به ادامه مسیر می‌فرستند. بدین ترتیب تکرارکننده‌ها درکی از بسته، فریم و سرآیند آن‌ها ندارند. از کاربردهای این تجهیزات می‌توان به افزایش طول کابل‌های اترنت اشاره کرد.
- **هاب:** هاب‌ها نیز مانند تکرارکننده‌ها در لایه فیزیکی قرار داشته و درکی از فریم، بسته و سرآیند نداشته و صرفاً با سیگنال به شکل مستقیم سروکار دارند. این تجهیزات دارای چندین ورودی/خروجی هستند که سیگنال دریافتی از یکی از درگاه‌های خود را روی همه درگاه‌ها پخش می‌کنند. در صورتی که دو سیگنال همزمان وارد هاب شوند، حالت تصادم (مانند اترنت) پیش خواهد آمد که پروتکل‌های لایه بالاتر هر وسیله متصل به هاب وظیفه مدیریت این شرایط را به عهده دارند و هاب هیچ وظیفه‌ای در این زمینه ندارد. هاب‌ها همچنین به طور معمول سیگنال را تقویت نمی‌کنند و لینک‌های متصل به آن‌ها باید سرعتی برابر داشته باشند.
- **پل:** پل‌ها تجهیزاتی هستند که در لایه پیوند فعالیت می‌کنند. این تجهیزات دارای ورودی و خروجی‌هایی با پورت‌های متعدد هستند (معمولا ۴ تا ۴۸ عدد) که بعد از دریافت فریم، سرآیند آن را باز کرده، بررسی می‌کنند و سپس با توجه به جدول خود، داده‌ها را از پورت مربوطه انتقال می‌دهند. همچنین در صورتی که سرعت لینک‌ها متفاوت باشد، پل بسته‌ها را تا زمان پر شدن حافظه خود بافر می‌کند. همچنین پل‌ها می‌توانند امکان ارتباط استانداردهای مختلف را با هم فراهم کند اما به علت

[1] Gateway
[2] Hub
[3] Repeater
[4] Bridge
[5] Switch
[6] Router

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

نیاز به باز کردن بسته، بسته‌بندی مجدد و محاسبه کدهای خطایابی، که نیازمند پردازش هستند، این کاربرد کمرنگ شده است.

- **سوئیچ:** سوئیچ نوعی پل مدرن است و مسائل بازاریابی نسبت به مسائل فنی عمده تفاوت پل و سوئیچ است. سوئیچ عملکردی مشابه پل داشته و پورت‌های بیشتری نسبت به آن دارد.
- **مسیریاب:** مسیریاب‌ها در لایه‌ای بالاتر از سوئیچ‌ها و در لایه شبکه فعالیت می‌کنند. وقتی فریمی به مسیریاب می‌رسد، آدرس‌های لایه پیوند آن دور ریخته شده و بسته‌ی لایه شبکه با آدرس IP مشخص تحویل نرم‌افزار مسیریاب می‌شود تا بهترین مسیر تشخیص داده شده و با آدرس لایه پیوند جدید به دستگاه مربوطه (گره مقصد یا گره میانی) انتقال داده شود.
- **دروازه:** دروازه‌ها در هر دو لایه انتقال و کاربرد دیده می‌شوند. وظیفه دروازه‌ها در لایه انتقال تبدیل پروتکل‌های انتقال مختلف به یکدیگر است. به عنوان مثال دستگاهی که داده خود را با پروتکل TCP انتقال داده است می‌تواند با استفاده از این دروازه داده خود را به دستگاهی با پروتکل لایه انتقال SCTP برساند. بدین ترتیب دروازه لایه انتقال، داده را از یک پروتکل به پروتکلی دیگر در لایه انتقال کپی می‌کند.

  دروازه در لایه کاربرد نیز وظیفه‌ای مشابه دروازه لایه پایین‌تر بر عهده دارد با این تفاوت که پروتکل‌های لایه کاربرد را به هم تبدیل می‌کند. به عنوان مثال در شرایطی، این دروازه می‌تواند ایمیل را دریافت و محتویات آن را برای شخصی دیگر پیامک کند. این نوع دروازه در ادامه بررسی می‌شود.

۲-۱۴ دروازه لایه کاربرد و وظایف آن

همان‌طورکه گفته شد، دروازه لایه کاربرد که به آن ALG[1] نیز گفته می‌شود، در میان ارتباطات بین دو تجهیز در شبکه قرار گرفته و می‌تواند با بررسی پروتکل لایه کاربرد و محتوای آن (ترافیک شبکه) ارتباطات بین دو تجهیز را کنترل و تسهیل کند. وظایف دروازه لایه کاربرد به شرح زیر هستند [267, 268, 269]:

- قابلیت تشخیص دستورات کنترلی که توسط برنامه‌ها فرستاده می‌شوند و کنترل مسائل امنیتی
- تفکیک انتقال داده‌ها به سرویس‌دهنده‌ها بر اساس مسیر مشخص شده در URL پروتکل‌ها (به عنوان مثال image/ در URL پروتکل HTTP به سرورهای مربوط به تصاویر انتقال داده شود). به این کار توازن بار[2] گفته می‌شود.
- قابلیت لغو ارتباط SSL[3]: یکی دیگر از وظایف دروازه، امکان دریافت جریان داده از ابزارها با SSL و انتقال داده‌ها بدون SSL به سرویس‌دهنده است. این کار باعث کاهش سربار کاری سرویس‌دهنده می‌شود. در مواردی که ارتباط غیر ایمن با سرویس‌دهنده مجاز نیست، دروازه ارتباط انتها–به–انتهای SSL را نیز پشتیبانی می‌کند.
- فراهم آوردن دیواره آتش برای برنامه‌های وب (WAF[4]) : با توجه به اینکه بسیاری از سرویس‌دهنده‌های وب مستعد تهدیدات امنیتی رایج مانند SQL Injection و Cross-Site Scripting هستند، لازم است از همه این سرویس‌دهنده‌ها (یا تجهیزاتی که نقش سرویس‌دهنده کوچک را ایفا می‌کنند مانند ابزار حسگر دما که با پروتکل HTTP کار می‌کند) در مقابل این تهدیدات رایج محافظت شوند. با توجه به اینکه پیاده‌سازی این موارد در کد برنامه، آن را پیچیده می‌کند، می‌توان تمام ابزارها را با استفاده از دروازه‌ای که به آن متصل هستند به شکل یکپارچه و مرکزی محافظت کرد.

[1] Application Layer Gateway
[2] Load Balancing
[3] Secure Socket Layer
[4] Web Application Firewall

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- پشتیبانی از پروتکل اینترنتی مجازی ثابت[1] در استانداردهایی مانند نسخه دوم WAP SKU[2]: این استاندارد در دروازه تضمین می‌کند که IP خود Gateway در طول عمر آن ثابت باشد.
- فراهم آوردن قابلیت تغییر سرآیند بسته‌های پروتکل‌های لایه کاربرد: دروازه این امکان را فراهم می‌کند که سرآیند بسته‌های لایه کاربردی که از دروازه رد می‌شوند را دستکاری کرد.
- اضافه کردن سرآیندهای امنیتی مانند HSTS/ X-XSS
- حذف سرآیندهایی از پیام پاسخ که می‌توانند باعث سوءاستفاده از اطلاعات حساس شوند (اطلاعات حساس در آن‌ها وجود دارد)
- انتقال درخواست‌ها بر اساس URL/URI آن‌ها به سرویس‌دهنده یا استخر[3] مربوطه: به عنوان مثال درخواست برای www.a.com می‌تواند توسط دروازه به استخر a و درخواست برای www.b.com به استخر b ارسال شود. این انتقال درخواست‌ها به بخش‌های مختلف می‌تواند لزوماً با استفاده از URL درخواستی نبوده و بر اساس قوانین مختلف تعیین شود.
- Redirection: انتقال درخواست‌ها از یک منبع به منبع دیگر (درخواست سایت a و انتقال به سایت b توسط دروازه) و از پروتکلی به پروتکلی دیگر (به عنوان مثال از HTTP به HTTPS) از سایر وظایف دروازه هستند.
- انتقال درخواست‌ها به سرویس‌دهنده مناسب بر اساس کوکی‌ها: در صورتی که کوکی‌ها صرفاً بر روی سرویس‌دهنده‌ها به شکل محلی ذخیره شوند، دروازه می‌تواند برای حفظ نشست، درخواست‌ها را با بررسی کوکی‌ها به سرویس‌دهنده‌ای که مسئول آن کوکی است منتقل کند.
- فراهم آوردن قابلیت نمایش صفحه خطاهای شخصی‌سازی شده
- NAT[4]
- آنالیز تهدیدات امنیتی
- پشتیبانی از VPN

۳-۱۴ دروازه در اینترنت اشیا و خانه هوشمند

دروازه‌ها در اینترنت اشیا برخلاف اسم مشخص شده برای آن‌ها، صرفاً یک دروازه نبوده و عملیاتی مانند مسیریابی دریافت و انتقال داده در لایه‌های پیوند و فیزیکی مختلف (به عنوان مثال از Wi-Fi به Bluetooth) را نیز انجام می‌دهند. بدین ترتیب دروازه در اینترنت اشیا ترکیبی از مسیریاب، سوئیچ و تکرارکننده خواهد بود. به نوعی یک دروازه در اینترنت اشیا، کامپیوتری با سیستم عامل بوده که بسته‌های ورودی در آن تا هر کدام از ۷ لایه OSI قابلیت بازگشایی داشته و حتی قابلیت تحلیل داده‌های موجود در بسته‌ها و ارسال نتایج تحلیل به جای خود داده وجود دارد. بدین ترتیب دروازه می‌تواند در کاربردهایی مانند پردازش داده در لبه شبکه[5] و پردازش در مه[6] مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به وظایف مختلف یک دروازه در اینترنت اشیا، می‌توان آن را به بخش‌های مختلفی تقسیم کرد که این بخش‌ها و وظایف در شکل ۲-۱۴ ارائه شده‌اند و در ادامه شرح داده می‌شوند [270, 271, 272]:

[1] Static VIP (Virtual IP)
[2] WAP Stock-keeping Unit
[3] Pool
[4] Network Address Translation
[5] Edge Computing
[6] Fog Computing

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۲-۱۴– وظایف و بخش‌های مختلف دروازه

۱-۳-۱۴ مدیریت دستگاه‌ها

بعد از تهیه یک وسیله اینترنت اشیا، لازم است که این وسیله راه‌اندازی اولیه شده، تنظیمات آن تعیین شوند و به شبکه متصل شود. همچنین بعد از نصب و راه‌اندازی، نیاز است به صورت مداوم بروزرسانی انجام شود تا مشکلات دستگاه‌ها برطرف شوند. با توجه به امکان به وجود آمدن خرابی در این دستگاه‌ها، لازم است این خرابی تشخیص داده شده و در اسرع وقت برطرف یا دستگاه تعویض شود تا هم رضایت کاربران تأمین شود و هم درآمدزایی شرکت ارائه‌دهنده محصولات دچار مشکل نشود. تمامی این موارد در حوزه مدیریت دستگاه‌های اینترنت اشیا قرار می‌گیرند. به طور کلی حوزه مدیریت دستگاه‌ها به موارد زیر تقسیم می‌شود [270, 273, 274]:

- آماده‌سازی و ثبت

به منظور آماده‌سازی یک دستگاه برای استفاده در یک سیستم (خانه هوشمند، شهر هوشمند و به طور کلی سیستم کنترل‌کننده دستگاه)، لازم است این دستگاه احراز هویت شده و ثبت شود. به منظور ثبت، دستگاه می‌تواند شماره یکتای خود را (مانند سریال یا MAC) ارسال کرده و تنظیمات موردنیاز را دریافت کند.

- تغییر تنظیمات و نحوه کنترل دستگاه

دستگاه‌های اینترنت اشیا به طور معمول با تنظیمات پیش‌فرض آماده استفاده هستند؛ اما به ندرت احتمال دارد که این تنظیمات به طور کامل مطابق نظر کاربر باشند. در دستگاه‌هایی که قابلیت دسترسی به تنظیمات آن‌ها توسط کاربر به سادگی میسر نیست (مانند ECU خودرو)، تغییر تنظیمات دستگاه می‌تواند با کمک دروازه انجام شود. بدین ترتیب

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

می‌توان دستگاه‌ها را از راه دور مطابق شرایط کاربران به شکل تکی یا گروهی تنظیم کرد. همچنین در صورتی که دستگاه‌ها نیازمند راه‌اندازی مجدد (Reset) باشند، با استفاده از دروازه و بخش مدیریت دستگاه‌ها می‌توان این کار را انجام داد.

- پایش و مدیریت خطاهای دستگاه‌ها

با توجه به تعداد بالای دستگاه‌های اینترنت اشیا در حوزه‌های مختلف آن مانند خانه هوشمند، نیاز است که صحت کارکرد این دستگاه‌ها به صورت مداوم بررسی شود. بروز خرابی یا خطا در هر یک از این دستگاه‌ها می‌تواند باعث سلب اعتماد کاربران شده و درآمدهای شرکت ارائه‌دهنده این محصولات را با مشکل مواجه کند. این خطاها می‌توانند شامل مشکلات I/O، شبکه، فضای ذخیره‌سازی، بخش محاسباتی و ... باشند. پایش سلامت ابزارها علاوه بر روش‌های Self-Diagnosis می‌تواند توسط دروازه نیز انجام شود. دروازه همچنین می‌تواند Log دستگاه‌ها را ذخیره، بررسی و به کارشناس مربوطه انتقال دهد. همچنین برای رفع خطاها و برطرف کردن مشکلات، باید این امکان فراهم باشد تا از راه دور ایراداتِ رفع شده را در دستگاه‌ها اعمال کرد و روش‌های سنتی مانند وصل کردن کامپیوتر با کابل سریال به هر دستگاه برای خطایابی و رفع خطاها به هیچ وجه قابل قبول نخواهند بود.

- بروزرسانی و نگه‌داری دستگاه‌ها

تمامی دستگاه‌های اینترنت اشیا نیاز به بروزرسانی نرم‌افزاری، سفت‌افزاری و در شرایطی سخت‌افزاری دارند. از دلایل این بروزرسانی می‌توان به رفع ایرادات و خطاها و همچنین افزودن قابلیت‌های جدید به دستگاه‌ها اشاره کرد. با توجه به این مسائل و همچنین تعداد بالای دستگاه‌ها، نیاز است که این بروزرسانی از راه دور انجام پذیرد. بروزرسانی از راه دور، نیازمند شبکه‌ای با قابلیت اطمینان بالا بوده تا دستگاه در حین بروزرسانی با مشکل مواجه نشود. برای رفع این مسئله می‌توان نسخه جدید نرم‌افزار، سفت‌افزار یا نقشه سخت‌افزار را بر روی حافظه‌ای جداگانه بافر کرده و آن حافظه به همراه کنترل‌کننده‌ای جداگانه مسئول بروزرسانی باشد. پیاده‌سازی این روش برای هر دستگاه، هزینه تولید را بالا خواهد برد. استفاده از دروازه برای ارائه شبکه‌ای با قابلیت اطمینان بالا و بروزرسانی این تجهیزات، یکی از روش‌های مناسب برای بروزرسانی است.

موارد عنوان شده که تحت عنوان مدیریت دستگاه‌ها معرفی شده‌اند، می‌توانند بخشی از وظایف دروازه باشند. این موارد تحت استانداردهایی مانند OMA DM، TR-069 و OMA LWM2M نیز ارائه شده‌اند که یک دروازه اینترنت اشیا می‌تواند بدین منظور از آن‌ها بهره بگیرد. به طور کلی، در حال حاضر، مدیریت دستگاه در حوزه‌های مختلف اینترنت اشیا شامل خانه هوشمند، شهر هوشمند و ... در شرایط مناسبی قرار ندارد [275]. ارائه‌کنندگان راهکارهای اینترنت اشیا، معمولاً از روش‌های شخصی خود برای مدیریت و ارتباطات ابزارها استفاده کرده و به‌سختی می‌توان برندهای مختلف را به شکل یکپارچه در کنار هم بکار گرفت. به این دلایل استانداردهای نام برده شده در تلاش هستند تا اندکی وضعیت تعامل و مدیریت دستگاه‌ها را سامان ببخشند.

۲-۳-۱۴ امنیت دستگاه‌ها

یکی دیگر از وظایف دروازه، حفظ امنیت دستگاه‌های متصل به آن است. به طور کلی امنیت تمام دستگاه‌ها می‌بایست از لحاظ محرمانگی، یکپارچگی و در دسترس بودن تأمین شود [276]. به منظور تأمین امنیت، وظایف مختلفی برای دروازه در نظر گرفته شده است که از آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد که هر کدام در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

- احراز هویت و کنترل دسترسی[1]
- مدیریت گواهی و ارائه SSL/TLS

[1] Authentication and Authorization

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- مدیریت صحت و محتوای برنامه‌ها
- تصدیق از راه دور
- ارائه فضای ذخیره‌سازی امن و رمزشده

۱-۲-۳-۱۴ احراز هویت و کنترل دسترسی

کنترل دسترسی به معنای اجازه دادن یا ممانعت از دسترسی یک موجودیت (انسان یا دستگاه) به اطلاعات سایر دستگاه‌ها و کنترل آن‌ها است (Read/Write). به منظور کنترل دسترسی لازم است ابتدا احراز هویت انجام شود. روش‌های احراز هویت و کنترل دسترسی می‌توانند در دو دسته به صورت مرکزی و به صورت توزیع‌شده انجام شود [277].

در روش مرکزی، معمولاً یک هویت شخص ثالث (بجز گیرنده و فرستنده) که خود به عنوان عنصر قابل اطمینان[1] در نظر گرفته شده است مسئولیت احراز هویت و کنترل دسترسی را بر عهده دارد. این روشی است که معمولاً برای SSL/TLS یا Kerberos Authentication System در نظر گرفته می‌شود. در روش توزیع‌شده، هر دو عنصری که می‌خواهند با هم ارتباط برقرار کنند می‌توانند احراز هویت را انجام دهند.

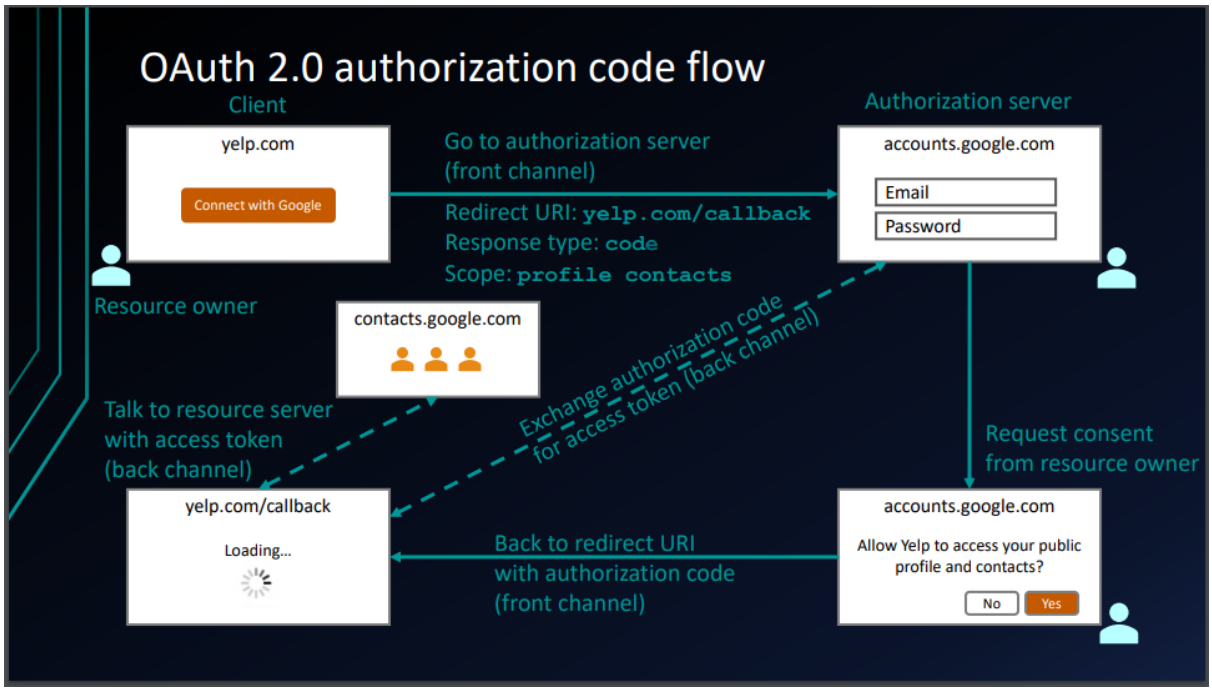
یکی از روش‌هایی که برای دسترسی به خدماتِ دیگر بسیار رایج است OAuth 2.0[2] نام دارد [278]. OAuth در حقیقت یک روش یا یک پروتکل برای احراز هویت و مشخص کردن دسترسی به منابع یک سیستم توسط سیستم دیگر است. این روش به منظور جایگزین کردن روش‌های سنتی ناایمن که در آنها یک سرویس برای دسترسی به سرویسی که کاربر از آن استفاده می‌کرد، نیازمند کلمه عبور کاربر بود (به عنوان مثال برنامه‌ای که نیاز به اتصال به ایمیل کاربر دارد تا لیست ایمیل‌هایش را نمایش دهد) به وجود آمده است.

در شکل ۳-۱۴ مثالی از نحوه کار OAuth 2.0 ارائه شده است. در این مثال برنامه کاربردی Yelp می‌خواهد از سرویس Contacts.Google.Com استفاده کند. به این منظور ابتدا لازم است برنامه به سرویس شناسانده شود. برای شناساندن برنامه به سرویس، لازم است توسعه‌دهنده برنامه با توجه به راهنمای اتصال به سرویس Web API مورد نظر خود (در این مثال Contacts.Google.Com)، برنامه خود را به آن سرویس معرفی کند (نام، آدرس URL یا هر مشخصاتی که سرویس درخواست می‌کند) و یک Client ID و Client Secret برای برنامه دریافت کند. لازم به ذکر است که این کار صرفاً یک بار انجام می‌شود. در قدم بعدی برنامه به سرویس‌دهنده Authorization پیام HTTP فرستاده و در این پیام، Client ID، Scope یا مواردی که نیاز به دسترسی دارد (به عنوان مثال لیست مخاطبین، لیست ایمیل‌ها و ...) و Redirect URL را مشخص می‌کند. نکته قابل توجه این است که Authorization Server می‌تواند همان سرویس‌دهنده‌ای باشد که داده‌ها نیز بر روی آن ذخیره شده‌اند یا سرویس‌دهنده‌ای مستقل باشد. در این حالت کاربر به صفحه سرویس‌دهنده Authorization (Accounts.Google.Com در شکل ۳-۱۴) منتقل شده با وارد کردن نام کاربری و رمز عبور خود (در این مثال نام کاربری و رمز عبور Google)، احراز هویت می‌کند. همان‌طور که مشخص است، نام کاربری و رمز عبور در اختیار سرویس‌دهنده اصلی و نه برنامه کاربردی قرار گرفته است. در ادامه کاربر با قبول کردن درخواست برنامه کاربردی (Yelp) برای دسترسی به اطلاعات عنوان شده، به Redirect URL که برنامه کاربردی در درخواست اولیه مشخص کرده بود هدایت می‌شود. در Query این Redirect URL، یک کد به نام Authorization Code به برنامه کاربردی منتقل می‌شود. با توجه به اینکه این کد به مرورگر کاربر یا برنامه کاربردی مذکور منتقل می‌شود، می‌تواند توسط اسکریپتی غیرمجاز در دسترس باشد. این نوع انتقال، انتقال از کانال جلو[3] نامیده می‌شود. در صورتی که صرفاً با Authorization Code بتوان به اطلاعات سرویس‌دهنده دسترسی داشت، اسکریپت غیرمجاز نیز با توجه به در اختیار

[1] Trusted
[2] Open Authorization
[3] Front Channel

داشتن این کد می‌تواند دسترسی داشته باشد. برای حل این مسئله، از Access Token استفاده می‌شود که برنامه می‌تواند با استفاده از آن به سرویس‌دهنده مورد نظر متصل شود (از طریق کانال پشتی[1] – کانالی که به کاربر نمایش داده نشده و از مرورگر او برای ارتباط استفاده نمی‌کند).

برای دریافت Access Token، برنامه کاربردی Authorization Code، Client ID و Client Secret خود از طریق کانال پشتی به سرویس‌دهنده احراز هویت ارسال کرده و کد را دریافت می‌کند. این کد، به برنامه اجازه می‌دهد تا مدتی معین از سرویس‌دهنده مورد نظر اطلاعاتی که کاربر اجازه دسترسی به آن‌ها را داده است را دریافت کند یا بفرستد.



شکل ۳-۱٤ نمونه‌ای از روش کاری OAuth 2.0 [278]

جمع‌بندی: همان‌طورکه مشخص است، برای دسترسی به اشیاءِ اینترنت اشیا مانند اشیاء خانه نیز نیاز به احراز هویت خواهد بود. برای مدیریت تجمعی و تسهیل دسترسی به دستگاه‌ها، روش احراز هویت و کنترل دسترسی مانند OAuth می‌تواند به جای اجرا بر روی هر دستگاه که باعث سنگین شدن آن می‌شود، بر روی دروازه یا سرویس‌دهنده اجرا شود تا سربار کاهش یابد. بدین ترتیب کاربر برای دسترسی به ابزارها، به جای احراز هویت برای هر کدام از آن‌ها، یک بار عملیات احراز هویت با سرویس‌دهنده یا دروازه را انجام داده و سپس ارتباط خود را به راحتی با دستگاه‌ها برقرار می‌کند. لازم به ذکر است متناسب با معماری، در صورت احراز هویت کاربر در سرویس‌دهنده مرکزی نیازی به احراز هویت در دروازه نبوده اما در صورتی که نیاز به کنترل محلی ابزارها بدون اینترنت باشد، این احراز هویت می‌تواند در دروازه صورت پذیرد.

۱۴-۳-۲-۲ مدیریت گواهی و SSL/TLS

به جز احراز هویت و کنترل دسترسی که با روشی مانند OAuth صورت می‌پذیرد، به سه دلیل کلی نیاز به استفاده از پروتکل SSL/TLS[2] برای انتقال داده‌ها خواهد بود [279]:

- رمزنگاری[3]: داده‌های در حال انتقال، کدگذاری شده و رمز می‌شوند تا توسط افراد شخص ثالث در میان راه خوانده نشوند.

[1] Back Channel
[2] Secure Socket Layer/Transport Layer Security
[3] Encryption

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- احراز هویت: تأیید می‌کند که دو موجودیتی که در حال تبادل داده هستند همان دو موجودیتی که ادعا کرده‌اند، هستند. این مورد با احراز هویت در روش کنترل دسترسی اندکی متفاوت است. به عنوان مثال، در OAuth یک برنامه کاربردی ناشناس در صورت در اختیار گرفتن Access Token و Secret Key می‌تواند ادعا کند که برنامه مورد تأیید OAuth است.
- صحت[1]: تأیید می‌کند که داده در حین انتقال و در میان مسیر تغییر داده نشده است.

بر طبق سند TLS، در حین بهره‌برداری از OAuth می‌بایست در بخش‌هایی از TLS/SSL استفاده کرد که به شرح زیر هستند [280, 281]:

- سرویس‌دهنده Authorization: با توجه به اینکه بعد از احراز هویت، کد Authorization در پیام پاسخ HTTP به شکل متنی و بدون هیچ کدگذاری ارسال می‌شود، به همین دلیل این سرویس‌دهنده ملزم خواهد بود تا از TLS برای انتقال این پیام استفاده کند.
- سرویس‌دهنده Resource: بعد از دستیابی به Access Token، ارسال این کد و Secret Key برنامه کاربردی باید و حتما و الزاماً و به طور قطع با TLS انجام پذیرد تا این کدها بین برنامه و سرویس‌دهنده محفوظ بمانند.
- در سایر موارد مانند انتقال داده، نیازی به استفاده از TLS نیست اما شدیداً توسط استاندارد مربوطه توصیه می‌شود.

با توجه به کاربردهای مختلف SSL/TLS هم در OAuth و هم در انتقال سایر داده‌ها، این دو پروتکل در ادامه بررسی می‌شوند.

پروتکل SSL در سال ۱۹۹۵ توسط Netscape به وجود آمد و جَد[2] TLS محسوب می‌شود (TLS در سال ۱۹۹۹ جایگزین SSL شد). ویژگی‌های SSL به شرح زیر هستند:

- رمزنگاری داده و کدگذاری آن: این ویژگی باعث می‌شود که حریم خصوصی داده‌ها حفظ شده و مهاجمان با بررسی ترافیک شبکه، به محتویات داده انتقال پی نبرند.
- عملیات Handshaking بین دو موجودیت: با این کار هویت دو موجودیت تصدیق می‌شود.
- امضای دیجیتال داده‌ها: با این ویژگی، SSL می‌تواند تضمین کند که داده‌ای که به مقصد رسیده است، همان داده‌ای است که در مبدأ ایجاد و فرستاده شده است.

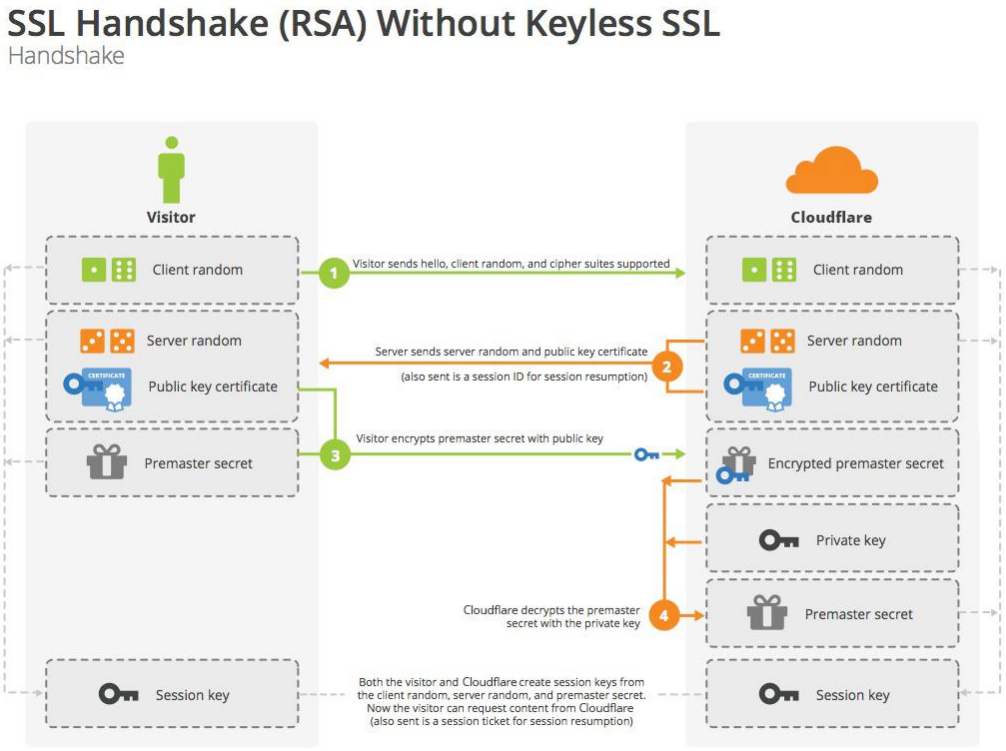
TLS به عنوان جایگزین SSL (آخرین نسخه سال ۱۹۹۶) در سال ۱۹۹۹ توسط IETF معرفی شده و آخرین نسخه آن TLS 1.3 در سال ۲۰۱۸ است. این پروتکل مشابه SSL بوده و ویژگی‌های آن از جمله رمزنگاری، احراز هویت و تأیید صحت داده را دارد.

روش کاری این پروتکل که در شکل ۴-۱۴ نیز قابل مشاهده هستند به شرح زیر است [282, 283]:

۱. ابتدا کاربر به سرویس‌دهنده پیام سلام می‌فرستد و اطلاعاتی از جمله نسخه TLS موردنظر خود، لیست روش‌های رمزنگاری پشتیبانی‌کننده و عددی تصادفی را برای سرویس‌دهنده می‌فرستند.
۲. سرور در پاسخ، گواهی SSL (TLS) (در ادامه بررسی می‌شود) را به همراه کلید عمومی خود و یک عدد تصادفی به کاربر می‌فرستد.
۳. کاربر در پاسخ، کلید عمومی خود یا Premaster Secret را با کلید عمومی سرویس‌دهنده کد کرده و برای سرویس‌دهنده می‌فرستد (در صورتی که سرویس‌دهنده نیز نیاز به تأیید کاربر داشته باشد، کاربر نیز می‌بایست برای سرویس‌دهنده گواهی SSL و موارد قبلی را بفرستد).

[1] Integrity
[2] Predecessor

۴. سرویس‌دهنده در پاسخ با کلید خصوصی خود، جواب را باز کرده و کلید عمومی کاربر را استخراج می‌کند. حال که هر دوی کاربر و سرویس‌دهنده اعداد تصادفی و کلید عمومی یکدیگر را در اختیار دارند با روش مشخص پروتکل، Master Key یا Session Key یا Message Authentication Code (MAC) را استخراج می‌کنند. این کلید شامل مواردی مانند کلید نوشتن کاربر، کلید نوشتن سرویس‌دهنده، کلید نوشتن–رمزنگاری کاربر، کلید نوشتن–رمزنگاری سرویس‌دهنده و ... بوده و برای رمزنگاری داده‌های انتقالی تا انتهای ارتباط استفاده می‌شود.

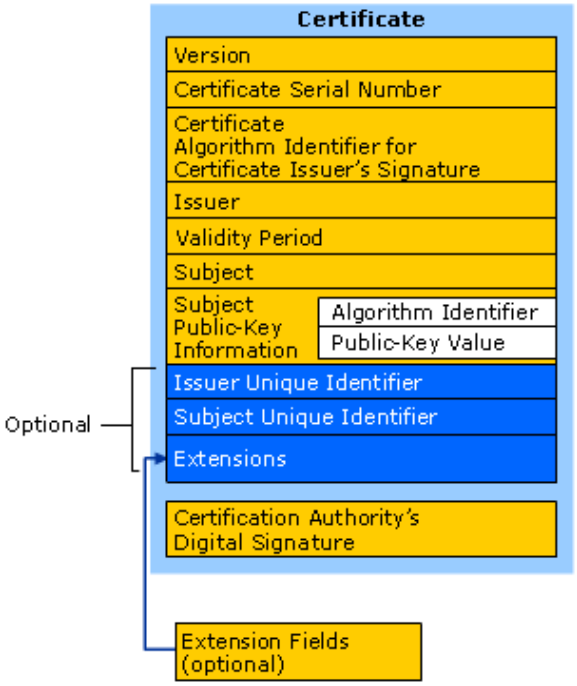


شکل ٤-١٤ روش کاری SSL/TLS [283]

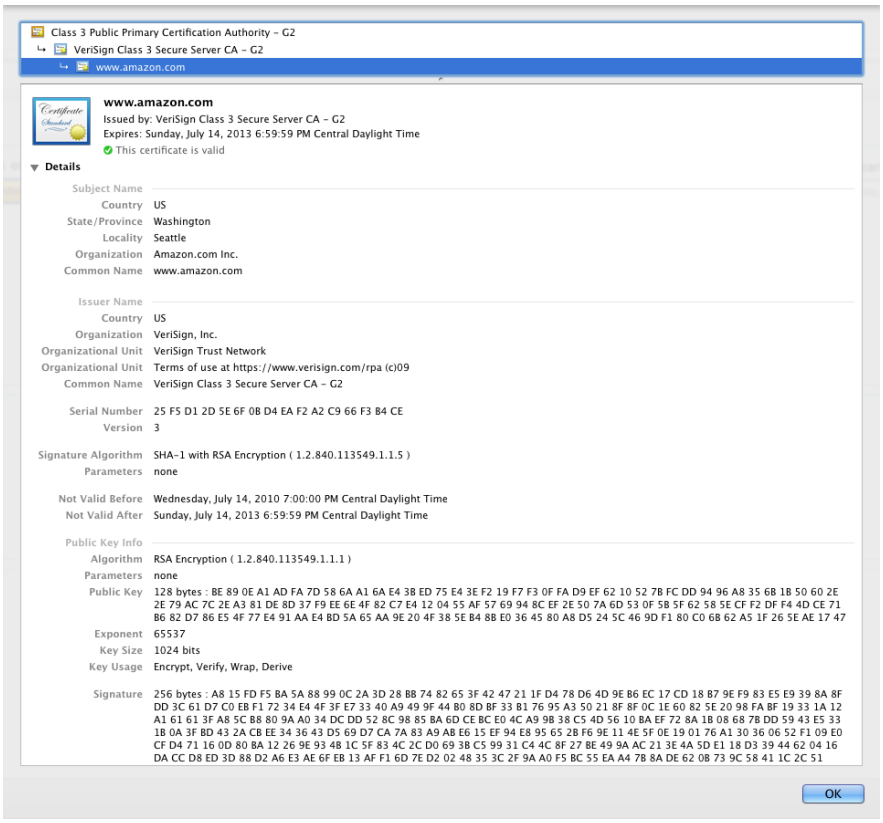
گواهی SSL در واقع به منزله کارت شناسایی دارنده آن است. قبل از شروع انتقال اطلاعات، کاربر می‌بایست بررسی کند که گواهی فرستاده شده از طرف سرویس‌دهنده مورد تأیید او هست یا خیر. برای بررسی این مسئله می‌بایست ساختار گواهی SSL مورد بررسی قرار گیرد که تعدادی از بخش‌های مهم آن به شرح زیر بوده و نمایی از آن به علاوه نمونه‌ای از آن در شکل ۵-۱۴ و شکل ۶-۱۴ قابل مشاهده هستند:

- Subject: نام کامپیوتر، شخص، دستگاه یا هر موجودیتی دیگری که گواهی به او تعلق دارد.
- Issuer: مشخصات موجودیتی[1] که گواهی را در اختیارِ دارنده آن قرار داده است.
- Validity Period: تاریخی که گواهی در آن بازه معتبر است.
- کلید عمومی و امضا: هویت و صحت گواهی که با کلید خصوصی Certificate Authority (CA) امضا شده است توسط گیرنده با استفاده از کلید عمومی و امضای آن تأیید می‌شود (روال امضای دیجیتال)

[1] Certificate Authority



شکل ٥-١٤ ساختار یک گواهی SSL [284]

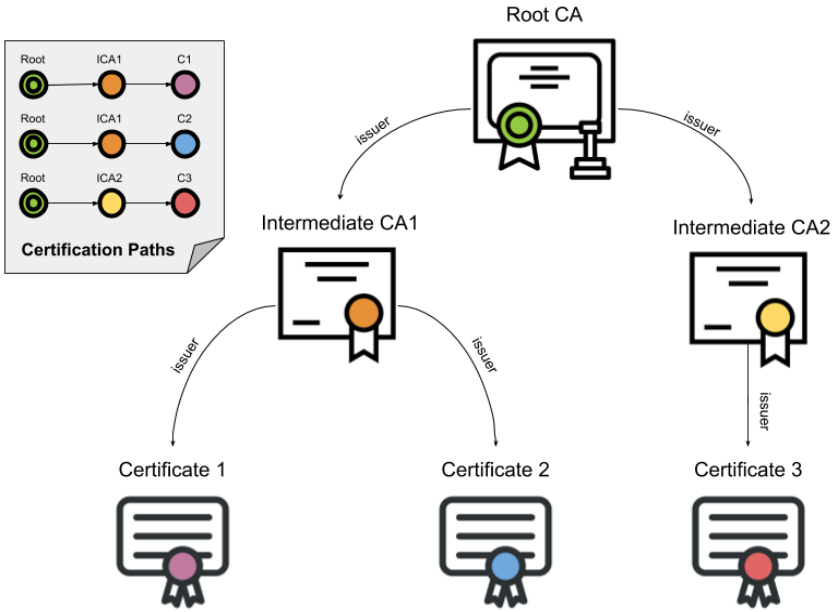


شکل ٦-١٤ نمونه‌ای از گواهی SSL [285]

همان طور که مشاهده شد، یک گواهی دارای امضای دیجیتال و بالطبع نیازمند کلید عمومی و خصوصی است. یک موجودیت می‌تواند مطابق با قالب‌های استاندارد مانند X.509 v3 برای خود گواهی تولید کرده و آن را امضا کند. اما به طور معمول با اینکه

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

با این کار صحت آن گواهی می‌تواند توسط گیرنده تأیید شود اما مورد اطمینان بودن آن می‌تواند تأیید نشود (معمولاً توسط مرورگرها تأیید نمی‌شود). بدین ترتیب نهادهایی به عنوان عناصر مورد تأیید[1] این گواهی‌ها را ارائه می‌دهند. برای تأیید هویت خود آن نهادها نیز گواهی آن‌ها باید با امضای دیجیتال آن‌ها بررسی شود. گواهی آن‌ها نیز مجدداً می‌تواند از نهاد مورد اطمینان دیگری بدست آید. بدین ترتیب، زنجیره‌ای از نهادها به وجود خواهد آمد که در سه دسته ریشه، میانی[2] و نهایی قرار می‌گیرند (شکل ۷-۱۴). گواهی Certificate Authorityهای ریشه توسط تمامی مرورگرها در دسترس بوده و مورد تأیید است. بدین ترتیب برای تأیید گواهی یک موجودیت، یک برنامه یا مرورگر و ... می‌بایست گواهی آن موجودیت را زنجیروار بررسی کننده تا به ریشه برسند. CAها معمولاً در قبال دریافت هزینه یک گواهی در اختیار می‌گذارند.



شکل ۷-۱۴ سلسله مراتب CAها [286]

۳-۲-۳-۱۴ سایر ویژگی‌های امنیتی دروازه

مدیریت صحت برنامه‌ها، تصدیق از راه دور و فضای ذخیره‌سازی رمز شده از دیگر ویژگی‌های امنیتی دروازه هستند که در ادامه بررسی می‌شوند:

- مدیریت صحت برنامه‌ها و محتوای آن‌ها

دروازه می‌تواند با بکارگیری برنامه‌های ضدویروس و سایر ابزارها، صحت برنامه‌هایی که روی خود نصب شده یا می‌بایست روی دستگاه‌ها نصب شوند را بررسی کند. این مسئله در ارتباط با محتوای برنامه‌ها نیز می‌تواند صادق باشد.

- تصدیق از راه دور[3]

با استفاده از این ویژگی، یک واسط تأیید شده (از لحاظ صحت و اطمینان) می‌تواند تصدیق کند که برنامه‌هایی که روی دستگاه‌ها نصب شده‌اند، دستکاری نشده‌اند. به عنوان مثال، فرض کنید که دو دستگاه از یک برنامه مشترک استفاده می‌کنند و نسخه‌های آن برنامه روی هر دو دستگاه نصب شده است. زمانی که برنامه روی یکی از این دستگاه‌ها می‌خواهد داده‌ای را

[1] Authority
[2] Intermediate
[3] Remote Attestation

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

با برنامه روی دستگاه دیگر به اشتراک بگذارد، با استفاده از تصدیق از راه دور می‌تواند مطمئن شود که داده توسط برنامه‌ی درست و بدون دستکاری دریافت شده است.

- فضای ذخیره‌سازی رمز شده

دروازه می‌تواند فضای ذخیره شده محلی رمز شده‌ای را در اختیار دستگاه‌ها قرار دهد تا بتوانند برخی داده‌های حساس خود را برروی آن ذخیره کنند. بدین ترتیب خود دستگاه‌ها درگیر رمزنگاری و ایجاد فضای ذخیره‌سازی امن بر روی خود نشوند.

نکته: ویژگی‌های بررسی شده در بخش امنیت دستگاه‌ها، می‌تواند هم بر روی دروازه و هم بر روی سرویس‌دهنده پیاده شوند. انتخاب این مسئله بسته به شرایط می‌تواند متفاوت باشد. به‌طورکلی سرویس‌دهنده این امکانات را به شکل متمرکز و دروازه این امکانات را به شکل توزیع شده و محلی (بدون وابستگی به موجودیتی مرکزی مانند سرویس‌دهنده اما متمرکز در دروازه از دید دستگاه‌ها) ارائه می‌کنند.

۱۴-۳-۳ ارتباطات دستگاه‌ها

یکی دیگر از وظایف دروازه، ارائه بستری برای ارتباط دستگاه‌ها با هم است. این بستر می‌تواند وظایفی شامل تبدیل پروتکل‌ها، تبدیل انواع داده‌ها، ارائه روش دسترسی به دستگاه‌ها و کشف دستگاه‌ها را بر عهده داشته باشد. در ادامه به بررسی این موارد پرداخته می‌شود.

۱۴-۳-۳-۱ تبدیل پروتکل‌ها و ارائه روش‌های مختلف انتقال

با توجه به کاربردهای متنوع دستگاه‌ها در اینترنت اشیا، نیاز است که پروتکل‌ها و روش‌های مختلفی متناسب با کاربرد و محل استفاده از هر کدام از دستگاه‌ها مورد استفاده قرار گیرد. پروتکل‌های موجود برای برقراری ارتباط در لایه‌های مختلف شبکه (۷ لایه OSI و میان‌لایه‌های آن) وجود دارند و از تنوع زیادی برخوردارند و برای اینکه دستگاه‌ها بتوانند با یکدیگر یا با سرویس‌دهنده‌ای خاص، تعامل داشته باشند، لازم است روش‌هایی برای برقراری ارتباط وجود داشته باشد. به عنوان مثال دستگاهی که در یک محیط دارای محدودیت قرار دارد، احتمالاً از شبکه مش و پروتکل‌های لایه کاربرد مانند CoAP یا MQTT استفاده می‌کند. در صورتی که شخصی در داخل خانه خود و با تلفن همراهش که به Wi-Fi متصل است بخواهد به اطلاعات این دستگاه از طریق Web Service دسترسی داشته باشد، نیازمند واسطی است که این ارتباط را برای او فراهم کند.

به طور مشخص، در اکثر مواقع بجز پروتکل لایه فیزیکی (شبکه ارتباطی در لایه فیزیکی شامل بلوتوث، Wi-Fi، IEEE 802.15.4 و ....)، تبدیل پروتکل‌های سایر لایه‌ها می‌تواند هم در سرویس‌دهنده و هم در دروازه صورت پذیرد.

در خانه هوشمند، با توجه به وجود وسایلی متنوع که برخی از آن‌ها مانند دوربین نیازمند پهنای باند بالا بوده و محدودیت انرژی ندارند (به برق متصل هستند) و برخی دیگر مانند حسگر دما، حسگر باز و بسته شدن و .... دارای محدودیت انرژی هستند، لازم است که از پروتکل‌های متنوعی مانند BLE و Wi-Fi استفاده شود. از طرفی با توجه روش مشخص ارتباط با اینترنت از درون خانه (کابل DSL یا فیبر نوری)، دروازه می‌تواند وظیفه تبدیل را انجام دهد. دروازه حتی می‌تواند روش‌هایی برای ذخیره محلی مانند ذخیره‌سازی روی کارت حافظه یا فضاهای ذخیره‌سازی USB را ارائه دهد.

۱۴-۳-۳-۲ تبدیل انواع داده‌ها

با توجه به تنوع دستگاه‌ها در اینترنت اشیا و حوزه‌های آن از جمله خانه هوشمند، داده‌های تولیدی از این دستگاه‌ها نیز متفاوت خواهند بود. این داده‌ها می‌توانند متناسب با نوع دستگاه‌ها (Low-End یا High-End) در دسته‌های ساختاریافته (اعداد و کاراکتر)، نیمه‌ساختاریافته (دارای قالب مانند JSON یا XML) یا غیرساختاریافته (عکس و ...) تقسیم‌بندی شوند. در شرایطی که دستگاه‌ها

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

نیاز به تعامل داشته باشند، لازم است که داده‌های خود را در قالبی مشخص مانند JSON ارسال نمایند. در صورتی که قالب داده‌ها متفاوت باشد یا دستگاهی به علت محدودیت، قادر به تولید داده خاصی نباشد، دروازه یا سرویس‌دهنده می‌تواند این وظیفه را بر عهده گرفته و ساختارها را به هم تبدیل کند.

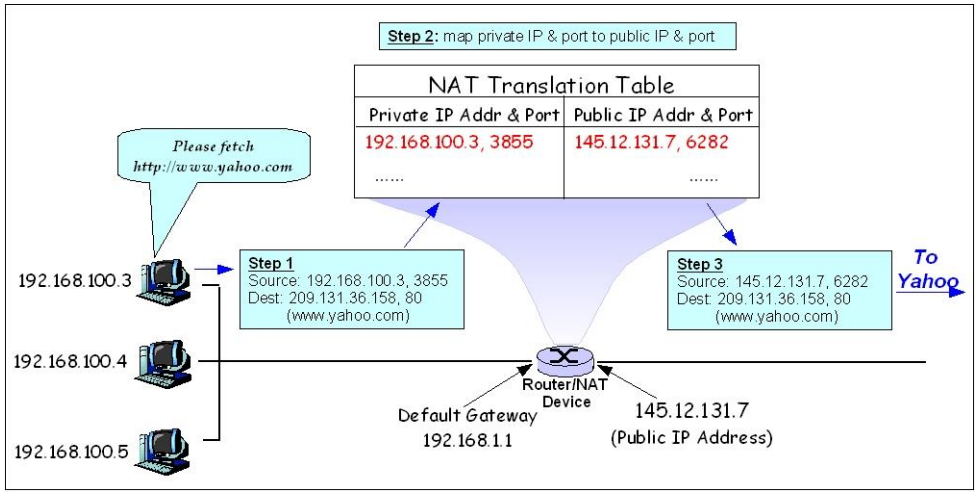
۱۴-۳-۳-۳ ارائه روش دسترسی به دستگاه‌ها

به منظور یافتن، راه‌اندازی و دسترسی به دستگاه‌ها، لازم است از روش‌هایی استفاده شود که به سادگی، کاربر درگیر جزئیات دسترسی نشده و همچنین، کارا باشند. به‌عنوان مثال روش رایج دسترسی به منابع در سطح وب استفاده از پروتکل HTTP و URL برای مشخص کردن نام منبع است.

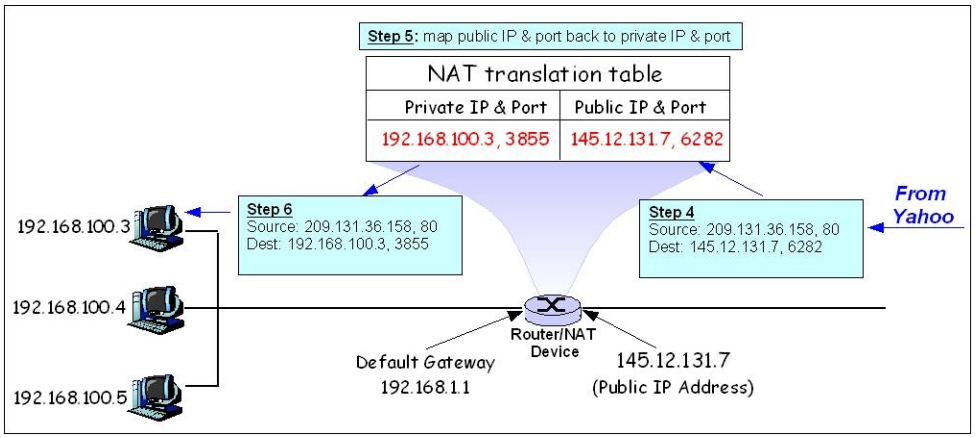
به‌طورکلی دستگاه‌های اینترنت اشیا (مانند وسایل خانه هوشمند) می‌بایست به صورت خودکار کشف و راه‌اندازی شده و دسترسی به آن‌ها هم برای سایر دستگاه‌ها، هم برای سرویس‌دهنده و هم برای کاربر به ساده‌ترین شکل ممکن فراهم شود.

۱۴-۳-۳-۳-۱ NAT[1] و PAT[2]

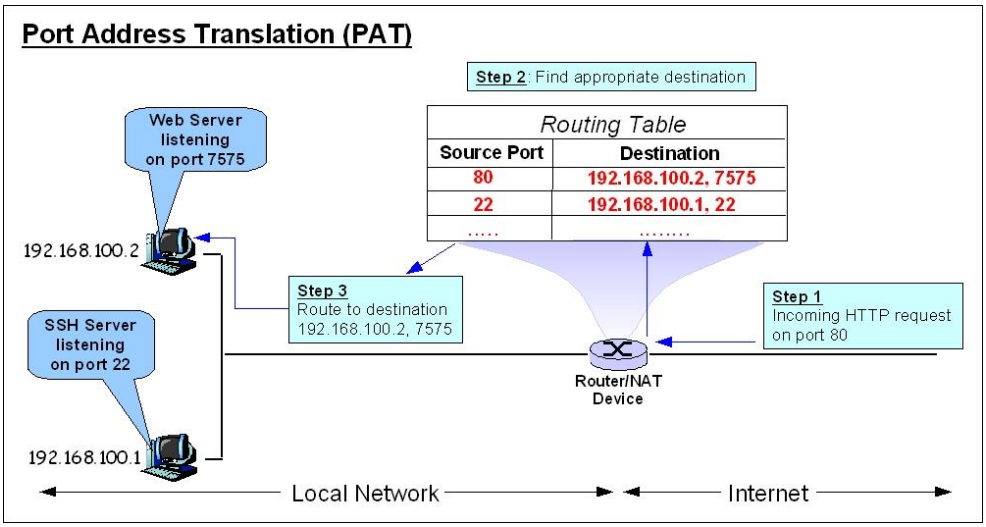
روش اصلی دسترسی به دستگاه‌ها در اینترنت اشیا و حوزه‌های آن، استفاده از IPv6 است. در صورت بکارگیری IPv6، تمامی دستگاه‌ها می‌توانند با شناسه‌ای یکتا مشخص شده و به راحتی با آن‌ها ارتباط برقرار کرد. با توجه به عدم پشتیبانی کامل از IPv6 و محدودیت‌های IPv4 از لحاظ تعداد، نیاز به ارائه روشی برای دسترسی به اشیا خواهد بود. در حال حاضر، روش رایج استفاده از NAT بوده که سابقه‌ای طولانی دارد [287]. روش کاری NAT بدین صورت است که آدرس IP مبدأ و Port درخواست (بسته) دستگاهی که IP Valid ندارد (IP محلی دارد)، توسط واسطی مانند دروازه به آدرس خود دروازه و پورتی یکتا تغییر پیدا می‌کند. این تبدیل در جدولی ذخیره شده و بسته به سمت مقصد روانه می‌شود (این عمل می‌تواند توسط واسط‌های دیگری در میان راه نیز تکرار شود تا زمانی که دستگاهی IP Valid داشته باشد). بدین ترتیب جواب، به مقصد دروازه ارسال شده و آدرس مقصد آن توسط دروازه، به آدرس گره (که در جدول دروازه ذخیره شده بود) تغییر کرده و به گره ارسال می‌شود. مثالی از عملیات NAT در شکل ۸-۱۴ قابل مشاهده است. همچنین، در صورتی که سرویس‌دهنده‌ای دارای IP Valid نباشد، می‌توان از روشی مانند PAT برای دسترسی به آن استفاده کرد که مشابه NAT بوده و مثالی از آن در شکل ۹-۱۴ قابل مشاهده است.



[1] Network Address Translation
[2] Port Address Translation



شکل ۸-۱٤ مثالی از NAT [287]



شکل ۹-۱٤ مثالی از PAT [287]

همان طور که مشاهده شد، وظیفه انجام NAT و PAT به عهده واسطی مانند دروازه است. در خانه هوشمند، در صورت عدم استفاده از IPv6 و در دسترسی نبودن IP Valid برای تمام وسایل، نیاز به استفاده از NAT بوده که دروازه یا نقطه دسترسی[1] خانه، این وظیفه را بر عهده دارند.

۱۴-۳-۳-۲ روش‌ها و پروتکل‌های کشف دستگاه‌ها

همان‌طورکه گفته شد، برای دسترسی به دستگاه‌ها و راه‌اندازی آن‌ها، می‌بایست آن‌ها را کشف و به نوعی به آن‌ها دسترسی داشت. وظیفه کشف دستگاه‌ها می‌تواند در دروازه یا برنامه مربوطه در تلفن همراه یا کامپیوتر کاربر و یا در سمت سرویس‌دهنده باشد. تعدادی از این روش‌ها به شرح زیر هستند [288]:

- DNS-SD[2]

یکی از محبوب‌ترین روش‌های کشف خدمات[3]، استفاده از DNS-SD است. به طور کلی DNS، با ذخیره هر IP و اسم منبع وابسته به آن، امکان دسترسی به آن منبع (خدمت، وسیله و ...) را فراهم می‌کند. به عنوان مثال، برای دسترسی به یک وب‌سایت با آدرس URL مشخص، مرورگر ابتدا به سرویس‌دهنده DNS متصل شده و IP متناسب با آن URL را پیدا می‌کند و سپس با

[1] Access Point
[2] Domain Name System – Service Discovery
[3] Service Discovery

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

ایجاد بسته‌ای به مبدأ درخواست‌کننده و مقصد سرویس‌دهنده وب‌سایت، آن بسته را ارسال می‌کند. در DNS-SD، علاوه بر تبدیل نام به آدرس اینترنتی، نام سرویس‌هایی که آن وب‌سایت ارائه می‌کند نیز توسط DNS-SD، می‌تواند به درخواست‌کننده اعلام شود. همان‌طورکه مشخص است، DNS نیازمند سرویس‌دهنده‌ای برای این منظور است که در خانه هوشمند، این وظیفه می‌تواند بر عهده دروازه، سرویس‌دهنده مرکزی یا خود دستگاه ارائه‌دهنده خدمات باشد.

- mDNS[1]

یکی از مشکلات DNS-SD، نیاز به سرویس‌دهنده مرکزی برای ارائه DNS و احتمال ایجاد نقطه مرکزی خرابی است. برای این منظور، mDNS به وجود آمد که دستگاه‌هایی که نیازمندی کشف خدماتی هستند که سایر دستگاه‌ها ارائه می‌کنند، درخواست خود را چندپخشی[2] کرده و هر دستگاهی که خدمتی را ارائه می‌کند، با اجرا کردن این روش، خدماتی که ارائه می‌کند را اعلام می‌کند.

- Bluetooth SDP[3]

این روش که توسط SIG[4] به وجود آمده است برای کشف دستگاه‌های بلوتوث و خدماتی که ارائه می‌دهند، استفاده شده است. معماری آن مشابه با DNS-SD بوده که دستگاه ارائه‌دهنده خدمات، سرویس‌دهنده SDP را اجرا کرده و خدمات خود را تحت عنوان کلاس‌هایی با شناسه‌ای یکتا (UUID[5]) معرفی می‌کند. دستگاهی که نیازمند این خدمات است می‌تواند SDP Client را بر روی خود اجرا کرده تا بتواند از این روش استفاده کرده و خدمات را کشف کند. با توجه به اینکه محدوده تحت پوشش بلوتوث محدود است، راه‌حل محتمل برای معرفی دستگاه‌هایی که با بلوتوث ارتباط برقرار می‌کنند و خدمات آن‌ها به سرویس‌دهنده مرکزی، استفاده از دروازه خواهد بود.

۴-۳-۳-۱۴ ارائه خدمات پل‌ها، مسیریاب‌ها، هاب‌ها، سوئیچ‌ها و دروازه‌های لایه کاربرد

با توجه به تعریف عمومی دروازه در اینترنت اشیا و حوزه‌های آن مانند خانه هوشمند، دروازه اینترنت اشیا می‌تواند وظایف دیگری که مسیریاب‌ها، سوئیچ‌ها، هاب‌ها و ... انجام می‌دهند را انجام دهد. تعدادی از این وظایف به شرح زیر هستند.

- ارائه تونل و VPN[6] [289, 290, 291]

تونل در شبکه‌های کامپیوتری به معنای ایجاد مسیری بین دو موجودیت (گیرنده – فرستنده) است که بتوان با استفاده از آن از پروتکلی خاص، داده‌ای رمز شده و ... را انتقال داد به نحوی که در میان راه، نتوان آن داده را تحلیل نمود. به عنوان مثال در صورتی که پورت ۴۵۶ در شبکه داخلی یک سازمان فیلتر باشد، با استفاده از تونل (و روش‌های تکمیلی) می‌تواند بسته‌ای را به این پورت ارسال و از آن دریافت کرد. بسیاری از تونل‌ها در لایه چهارم OSI عمل کرده و جایگزین TCP/UDP می‌شوند. VPN به معنی استفاده از تونل برای ایجاد شبکه‌ای خصوصی و انتقال داده به صورت رمز شده با کمک سرویس‌دهنده VPN بین مبدا و مقصد است.

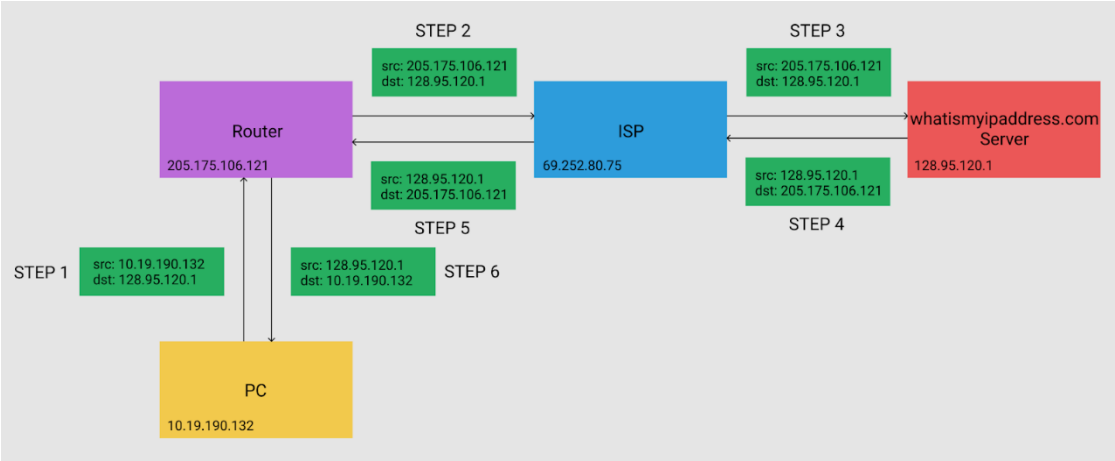
برای بررسی بهتر VPN، مثالی از انتقال داده بین مشتری (با آدرس اینترنتی 10.19.190.32) و سرویس‌دهنده (با آدرس اینترنتی 128.95.120.1) بدون VPN و با استفاده از آن به ترتیب در شکل ۱۰-۱۴ و شکل ۱۱-۱۴ قابل مشاهده است. همان‌طورکه در شکل ۱۰-۱۴ نشان داده شده، در حالت عادی بسته توسط مسیریاب دریافت شده، آدرس فرستنده آن به آدرس خود مسیریاب (یا دروازه در این مثال) تغییر داده شده (NAT) و به سمت مقصد ارسال می‌شود. مسیریاب یا دروازه بعد از دریافت پیام پاسخ، آدرس مقصد را به آدرس اصلی فرستنده پیام تغییر داده و آن را به کاربر می‌فرستد.

---

[1] Multicast DNS
[2] Multicast
[3] Service Discovery Protocol
[4] Bluetooth Special Interest Group
[5] Universally Unique Identifier
[6] Virtual Private Network

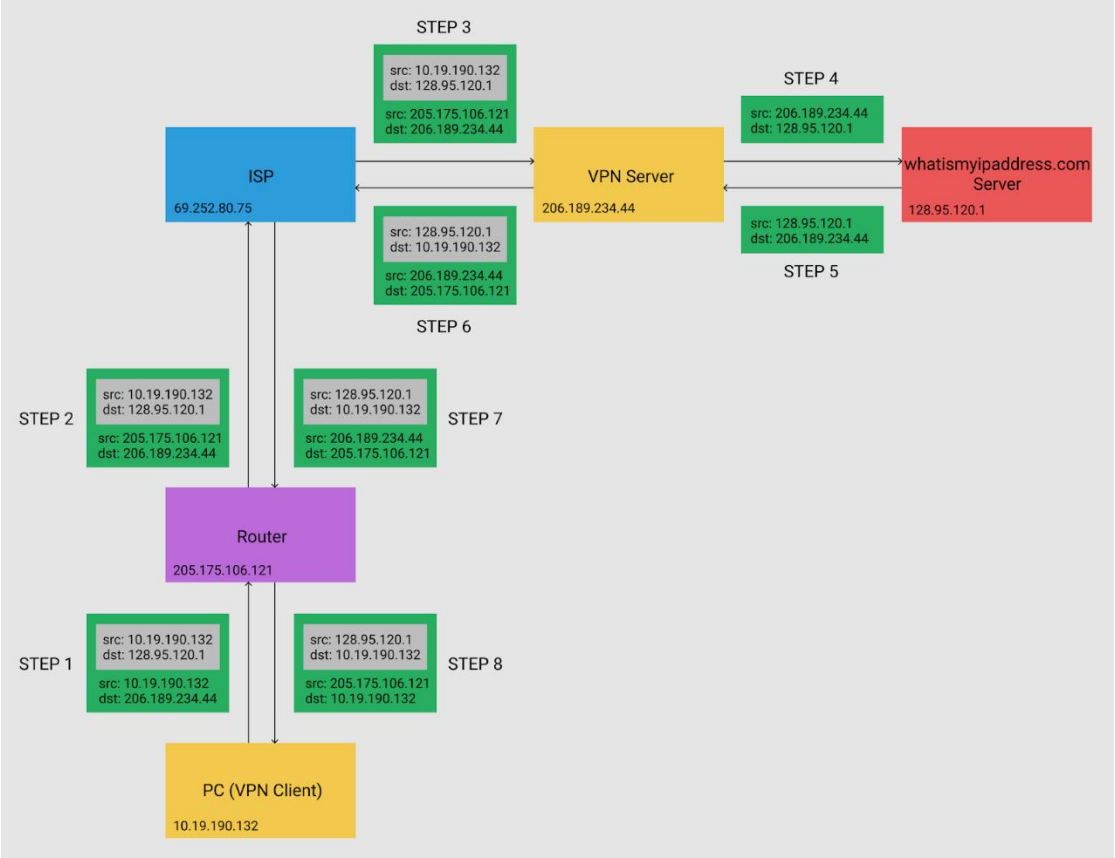
در صورت بکارگیری VPN (شکل ۱۱-۱۴)، یک بسته با آدرس مبدأ کاربر و آدرس مقصد سرویس‌دهنده VPN ساخته و در پی‌آیند، بسته‌ای با آدرس مبدأ کاربر و آدرس مقصد سرویس‌دهنده مد نظر کاربر قرار می‌گیرد. این بسته توسط مسیریاب، با توجه آدرس مقصد آن به سرویس‌دهنده VPN منتقل می‌شود. سرویس‌دهنده VPN بسته را باز کرد و با پی‌آیند آن بسته‌ای به مبدأ خود (سرویس‌دهنده VPN) و مقصد سرویس‌دهنده مد نظر کاربر ایجاد و آن را ارسال می‌کنند. بدین ترتیب سرویس‌دهنده مقصد و ISP شناختی از کاربر (دسترسی به IP او) ندارند. بعد از ایجاد پیام پاسخ توسط سرویس‌دهنده اصلی به مبدأ خود و مقصد سرویس‌دهنده VPN، این پیام ابتدا به سرویس‌دهنده VPN ارسال شده و سرویس‌دهنده VPN مشابه با مرحله فرستادن، بسته اصلی را درون یک بسته با IP مقصد کاربر و مبدأ خود قرار داده و بسته را به دست او می‌رساند. سپس سرویس VPN در سمت گیرنده بسته را باز کرده و محتویات آن را در اختیار کاربر قرار می‌دهد.

نکته مهم دیگر در ارتباط با سرویس‌های VPN، رمزگذاری داده‌ها بین کاربر و سرویس‌دهنده VPN است به طوری که گره‌های میانی مانند ISPها نمی‌توانند به محتویات بسته دسترسی داشته باشند.



شکل ۱۰-۱٤ نمونه‌ای از انتقال داده بدون VPN [291]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۱۱-۱٤ نمونه‌ای از انتقال داده با VPN [291]

دروازه در اینترنت اشیا هم می‌تواند به عنوان سرویس‌دهنده VPN هم به عنوان واسطی برای اتصال به یک سرویس‌دهنده VPN عمل کند. در صورتی که دروازه به عنوان سرویس‌دهنده VPN عمل کند می‌تواند مزایای آن مانند مخفی کردن IP گره‌ها را از دید افراد خارج از شبکه محلی (مانند خانه) فراهم کند. به عنوان معماری پیشنهادی، در صورتی که سرویس‌دهنده VPN بر روی سرویس‌دهنده اصلی (مثلاً سرویس‌دهنده اصلی خانه هوشمند اجرا شود) و دروازه به عنوان Client آن VPN باشد، می‌تواند علاوه بر مخفی کردن داده‌های گره‌ها بین هر عنصر میانی تا سرویس‌دهنده، IP گره‌ها را نیز مخفی نگه دارد.

- ارائه پل

مشابه عملیات پل که در بخش قبل بررسی شد (انتقال بسته‌ها به پورت‌های متناسب خود و Port Forwarding)

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- مسیریابی

در صورتی که دستگاه‌ها محدوده تحت پوشش کافی نداشته باشند و یا از شبکه مش کوچک (۲ گام) استفاده کنند (که دروازه در آن به عنوان گره میانی است)، دروازه می‌تواند به عنوان مسیریاب عمل کرده و داده‌ها را بین دستگاه‌ها جابجا کند.

- Hotspot

Hotspot به معنای مکانی فیزیکی است که افراد می‌توانند از آن Edge Analysis از طریق Wi-Fi و یک WLAN که به اینترنت متصل است صورت می‌پذیرد [292]. Mobile Hotspot نیز نوعی از Hotspot است که در آن به جای استفاده از مکانی ثابت، می‌توان از تلفن همراه یا وسیله‌ای با قابلیت جابجایی برای ایجاد Hotspot استفاده کرد. برای ایجاد Hotspot نیاز به یک نقطه اتصال یا نقطه اتصال بی‌سیم (WAP – Wireless Access Point) خواهد بود که به عبارتی دستگاهی فیزیکی بوده که امکان اتصال را فراهم می‌کند (می‌تواند مسیریاب، مودم و دستگاهی باشد که به این وسایل متصل است). در اینترنت اشیا و حوزه‌های آن مانند خانه هوشمند، دروازه می‌تواند به عنوان Hotspot نیز عمل کند.

۱۴-۳-۳-۵ ارائه خدمات Middleware، Broker و Proxy

همان طور که گفته شد، دروازه در اینترنت اشیا، وظایف متعددی را بر عهده دارد که از این میان می‌تواند وظایف Middleware، Broker و Proxy را نیز انجام دهد.

Middleware به طور کلی به عنوان واسطی بین موجودیت‌ها تعریف می‌شود. یک سکوی اینترنت اشیا که به عنوان واسط بین اشیا، تلفن همراه کاربر، کامپیوتر کاربر، سایر سرویس‌دهنده‌ها و ... است، به عنوان یک Middleware قلمداد می‌شود. بدین ترتیب Middleware یک تعریف کلی بوده که Broker، Proxy و .... نیز می‌توانند زیرمجموعه آن باشند.

از دیگر وظایف دروازه می‌توان به ارائه خدمات Broker اشاره کرد. در برخی از روش‌های انتقال داده و پروتکل‌ها، به موجودیتی نیاز است تا عملیات انتقال داده بین دستگاه‌ها را کنترل کند. به عنوان مثال در پروتکل MQTT که ماهیتی به صورت Publish/Subscribe دارد، کاربران می‌توانند در Broker ثبت‌نام کرده و در صورتی که دستگاهی داده‌ای جدید برای ارسال داشته باشد، Broker آن داده را به کاربرانی که برای دریافت داده‌های آن دستگاه ثبت‌نام کرده‌اند، انتقال دهد. در صورت استفاده از این نوع پروتکل‌ها، دروازه می‌تواند وظیفه Broker را انجام دهد. لازم به ذکر است در صورت استفاده از دروازه به عنوان Broker، امکان ارتباط محلی دستگاه‌ها با هم با پروتکل خاص نیز می‌تواند فراهم شود اما در صورت استفاده از سرویس‌دهنده به عنوان Broker، نیاز به اتصال اینترنت خواهد بود.

دروازه می‌تواند به عنوان Proxy نیز عمل کند. سرویس‌دهنده‌های Proxy به عنوان واسطی بین درخواست‌ها موجودیت‌های مختلف عمل کرده و وظایفی از جمله Forward کردن درخواست‌ها و بسته‌ها، فیلتر کردن، Cache کردن، ارائه سرویس‌های امنیتی و ... را انجام می‌دهند [293]. در سرویس‌دهنده HTTP، Proxy به عنوان نماینده سرویس‌دهنده، می‌تواند درخواست‌ها را دریافت و به آن‌ها پاسخ دهد. لازم به ذکر است که تفاوت سرویس‌دهنده‌های VPN با Proxy در رمزنگاری داده‌ها بوده، به نحوی که سرویس‌دهنده‌های VPN علاوه بر سرویس‌دهنده میانی، داده‌ها را نیز رمز می‌کنند [294].

۱۴-۳-۴ عملیات داده‌ها

از جمله عملیاتی که توسط دروازه انجام می‌پذیرد، می‌توان به عملیات مرتبط با داده نیز اشاره کرد. این عملیات که شامل مواردی مانند پردازش مه، پردازش لبه، فیلتر کردن داده‌ها و همچنین تحلیل و ذخیره‌سازی داده‌ها هستند. به‌طورکلی، به منظور کاهش بار سرویس‌دهنده، افزایش سرعت انجام درخواست‌ها و کاهش هزینه‌ها، برخی از وظایف مرتبط با داده‌ها در سرویس‌دهنده می‌تواند در مکانی نزدیک‌تر به دستگاه‌ها و در سطحی محدودتر و بر روی دروازه انجام شود. شرح موارد نام برده شده در ادامه بررسی خواهد شد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- تحلیل لبه[1]

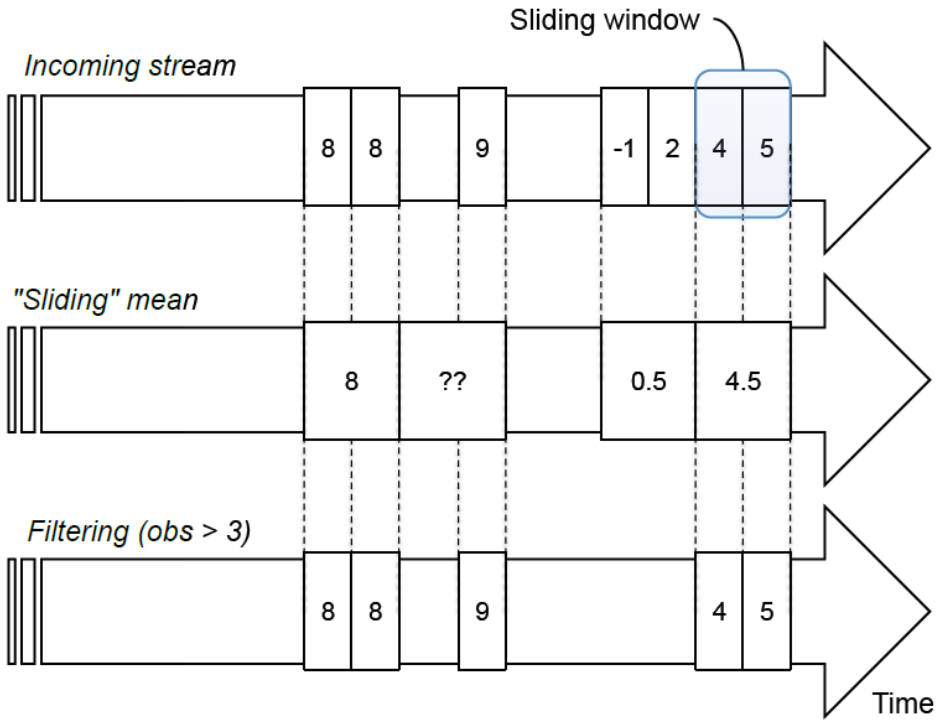
در این نوع از پردازش داده، گره‌های پردازشی به گره‌های فرستنده داده از لحاظ موقعیت فیزیکی نزدیک‌تر می‌شوند (مثلاً گره پردازشی به لبه‌ی شبکه‌ی گره‌های فرستنده‌ی داده منتقل می‌شود یا از گره‌های قوی‌تر موجود در شبکه‌ی فرستنده برای پردازش استفاده می‌شود). با پیاده‌سازی این نوع شبکه، داده‌های موردنیاز برای پردازش به جای انتقال از گره فرستنده‌ی داده به مرکز داده برای پردازش، به صورت محلی پردازش می‌شوند. این کار باعث کاهش تأخیر زمان پردازش می‌شود و یکی از ویژگی‌های مفید برای پردازش داده Real-Time است. تحلیل لبه در فرم‌های مختلفی در حال ظهور بوده که از این فرم‌ها می‌توان به پردازش مه و Cloudlet اشاره کرد.

- کنترل جریان داده و فیلتراسیون

در اینترنت اشیا و حوزه‌های آن، داده‌ها معمولاً به صورت پشت سر هم و بی‌انتها ایجاد و برای پردازش فرستاده می‌شوند [295]. در این مورد، سیستم‌های پردازش‌گر داده برخلاف گذشته که صرفاً داده‌ها را از روی پایگاه داده سنتی پردازش می‌کردند، باید بتوانند با این نوع داده‌ها نیز کار کنند. برای مواجهه با این چالش از روش‌هایی مانند Sliding Windows یا non-Blocking Operators استفاده می‌شود. این روش‌ها، امکان طراحی و پیاده‌سازی مکانیزم‌هایی برای کنترل جریان داده را میسر می‌کنند تا بتوان مثلاً داده‌ها را فیلتر کرد، حجم اطلاعات ورودی را کاهش داد و یا مواردی از این قبیل را انجام داد. به این مکانیزم‌ها، Adaption Mechanism گفته می‌شود که شامل مواردی مانند Aggregation، Fusion، Filtering و غیره هستند. شکل ۱۲-۱۴ مثالی از این روش‌ها است که در آن داده ورودی با یک Sliding Window فیلتر شده یا با میانگین‌گیری حجم آن نصف می‌شود.

این روش‌ها می‌توانند بر روی گره‌های میانی یا دروازه در اینترنت اشیا بکار گرفته شوند تا باعث کاهش هزینه‌های سرویس‌دهنده وکاهش پهنای باند مصرفی شوند. همچنین فیلتراسیون داده باعث افزایش بهره‌وری و افزایش سرعت تحلیل داده‌ها خواهد شد.

[1] Edge Analysis



شکل ۱۲-۱٤ استفاده از Adaption Mechanism در کنترل جریان داده ورودی جهت پردازش [295]

- تحلیل داده‌ها

به طور کلی تحلیل داده‌ها می‌تواند به دو بخش پروسه‌ها و روش‌های تحلیل داده تقسیم شود. پروسه‌های پردازش داده‌ها به نحوه پردازش داده‌ها اطلاق می‌شود که می‌تواند شامل پردازش موازی و سری باشد.

- پروسه‌ها/پردازش موازی: برای سرعت بخشیدن به پردازش حجم انبوهی از داده‌ها می‌توان به‌جای استفاده از روش‌های قدیمی که به صورت پشت سرهم و سری داده‌ها را پردازش می‌کنند از پردازش موازی استفاده کرد. MapReduce و یکی از پیاده‌سازی‌های آن به نام Hadoop از محبوب‌ترین روش‌های پردازش موازی داده‌ها هستند [۲۹۶]. استفاده از روش‌های پردازش موازی مانند MapReduce باعث افزایش مقابله با خطا، مقیاس‌پذیری، موازنه بار و Parallelization می‌شود. پردازش موازی می‌تواند به صورت‌های پردازش موازی برای عملیات پیچیده[۱]، پردازش موازی برای داده‌های نیمه ساخت‌یافته[۲] و پردازش موازی برای داده‌های در حال جریان[۳] ارائه شود [۲۹۷].
- روش‌های تحلیل داده: به طور کلی داده‌ها در ۴ سطح DIKW[4] جای می‌گیرند. داده‌هایی که روی آن‌ها هیچ پردازشی صورت نگرفته است، داده‌های خام هستند. این داده‌ها بعد از پردازش اولیه تبدیل به اطلاعات[5] می‌شوند. این پردازش اولیه می‌تواند شامل مواردی مانند نشانه‌گذاری[6] (مثلاً نشانه‌گذاری زمانی و مکانی برای داده‌های دریافتی از حسگرها)

[1] Parallel processing methods for complex operations
[2] Parallel processing methods for semi-structural data
[3] Parallel processing methods for date stream
[4] Data, Information, Knowledge, and Wisdom
[5] Information
[6] Annotating with Context information

باشد. برقراری ارتباط معنایی[1] بین اطلاعات منجر به تبدیل اطلاعات به دانش[2] می‌شود. در نهایت با پردازش دانش، عقل و حکمت[3] ایجاد می‌شود. به منظور تحلیل داده‌ها، چهار روش طبقه‌بندی[4]، خوشه‌بندی[5]، قواعد انجمنی[6]، پیش‌بینی[7] مورد استفاده قرار می‌گیرند.

روش‌های عنوان‌شده برای تحلیل داده‌ها عموماً در سرویس‌دهنده‌ای مرکزی انجام می‌شود. با این حال، با بکارگیری دروازه و روش‌های توزیع‌شده و پردازش در لبه، می‌توان بخشی از این محاسبات را به دروازه انتقال داده و باعث افزایش بهره‌وری شد.

- ذخیره‌سازی داده

دروازه در اینترنت اشیا و خانه هوشمند می‌تواند به عنوان ذخیره‌ساز محلی نیز مورد استفاده قرار بگیرد. داده‌های ذخیره شده می‌توانند هم داده‌های دستگاه‌هایی باشند که فضای ذخیره‌سازی محدود دارند، هم داده‌هایی باشند که برای جلوگیری از سنگین شدن سرویس‌دهنده مرکزی، بر روی دروازه ذخیره می‌شوند و هم داده‌هایی باشند که به عنوان پشتیبان داده‌های سرویس‌دهنده یا دستگاه‌ها هستند. همچنین از این ذخیره‌سازی می‌توان در پایگاه داده‌های توزیع‌شده (و همچنین برای پردازش و تحلیل توزیع شده) استفاده کرد. در ذخیره‌سازی داده بدین صورت، کنترل دسترسی، محصورسازی (کنترل استفاده از جداول داده مشترک و میزان استفاده دستگاه‌ها از منابع دروازه برای حفظ کارایی) و مدیریت انواع پایگاه داده مانند RDBMS، NoSQL DBMS از مواردی هستند که باید توسط دروازه کنترل شوند.

۱۴-۳-۵ نمونه‌هایی از دروازه‌های اینترنت اشیا

در این بخش به بررسی مشخصات فنی چند نمونه دروازه اینترنت اشیاء پرداخته می‌شود.

۱۴-۳-۵-۱ Dell

شرکت Dell محصولاتی تحت عنوان Dell Embedded Box PC ارائه می‌کند که به واقع نوعی Embedded Computer یا PCهای صنعتی هستند. دو نمونه از این محصولات که برای دروازه اینترنت اشیا نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند در جدول ۱-۱۴ معرفی شده‌اند.

جدول ۱-۱۴ مشخصات دو نمونه از Embedded PCهای شرکت Dell (قابل استفاده در دروازه اینترنت اشیا) [298]

	Dell Embedded Box PC 3000		Dell Embedded Box PC 5000	
Dimensions	237 mm wide x 160 mm high x 60 mm deep (9.5 x 6.5 x 2.5 inches)		246 mm wide x 270 mm high x 107 mm deep (9.5 x 10.5 x 4.2 inches)	
Form Factor	Fanless design, optimized for wall, DIN-rail and VESA mountin			
Weight	Minimum 2.1 Kg; Maximum 2.25 K		Minimum 5.5 Kg; Maximum 5.8 Kg	
Processor	Intel® Atom™ E3825 1.33GHz | 2 cores	Intel® Atom™ E3827 1.75GHz | 2 cores	Intel® Celeron® G3900E2.4GHz | 2 cores	Intel® Core i3-6100E 2.7GHz | 2 cores
	Intel® Atom™ E3845 1.91GHz | 4 cores		Intel® Core i5-6440EQ2up to 3.4GHz | 4 cores	Intel® Core i7-6820EQ2up to 3.4GHz | 4 cores

[1] Ontologies
[2] Knowledge
[3] Wisdom
[4] Classification
[5] Clustering
[6] Association Rules
[7] Prediction

	Dell Embedded Box PC 3000	Dell Embedded Box PC 5000
Operating systems	Factory options for Ubuntu Desktop 16.04. Win7 Pro (via Win 10 Pro downgrade license), Win7 Pro for Embedded Systems (FES7), Win10 Pro, Win10 IoT Enterprise 2015 LTSB, Win Standard Embedded 7 (WES7P & WES7E). Dell OEM may offer additional OSes	
Memory	DDR3L type @ 1600MHz: 4GB (1x4GB) or 8GB (1x8GB)	DDR4 type @2133MHz: 4GB (1x4GB), 8GB (2x4GB or 1x8GB), 16GB (2x8GB) or 32GB (2x16GB)
Drive/Storage	Options: 1x SSD or 1x HDD. SSD is 32 GB, 64 GB, 128 GB or 256 GB. Client SATA HDD is 500 GB or 1 TB. (Drive affects temperature.)	Options: 2x SSD or 2x HDD or 1x SSD + 1x HDD. SSD is 32 GB, 64 GB, 128 GB or 256GB. Client SATA HDD is 500 GB or 1 TB. (Drive affects temperature.)
I/O	Dual Gigabit Ethernet: 2 x RJ-45. USB: 4 x USB2, 1 x USB3. Serial interfaces: 2 x RS-232/485; 1 x RS-232/422 via multifunction port; set by BIOS. GPIO: 12 bit (via multi-function port). Wireless: Wi-Fi IEEE 802.11n +Bluetooth LE; Mobile Broadband/WWAN (3G or LTE). Options: ZigBee module, CAN bus card, Bluetooth option via WLAN. (Limited to 2 out of 3: WWAN, WLAN or CAN bus)	Dual Gigabit Ethernet: 2 x RJ-45. USB: 4 x USB2, 4 x USB3. Serial Interfaces: 4 x RS-232/422/485 (set by BIOS). GPIO: 16-bit. Wireless: Wi-Fi IEEE 802.11n +Bluetooth LE; Mobile Broadband/WWAN (3G or LTE). Options: ZigBee module, CAN bus card, Bluetooth option via WLAN, Parallel via PCIe card. (Limited to 2 out of 3: WWAN, WLAN or CAN bus
Expansion	None	2 PCI/PCIe slots: riser card options: 2 x PCI, 1 x PCI + 1 x PCIe x 16 or 2 PCIe x8
Video	2 simultaneous displays: 1 x DP++ 1.1, VGA. Resolution: Max DP++ 4096x2304; max VGA 2560x1080@60Hz	3 simultaneous displays: 2 x DP++ 1.2, HDMI 1.4, VGA. Resolution: Max DP++ 4096x2304; max HDMI 4096x2160@24Hz; max VGA 1920x1200@60Hz
Audio	Via multi-function port: Mic-in, Line-in, Line-out.	Native: Mic-in, Line-in, Line-out.
Power input	Nominal input 24V DC (12-26V). Also accepts Dell AC adapter, 130W with locking plug.	Nominal input 24V DC (12-26V). Also accepts Dell AC adapter, 180W with locking plug.
Accessories/ Ecosystem	Wall mounting kit. DIN Rail Mounting kit. Antenna options for 2-Port Wifi, 2-Port LTE or 4-in-1 LTE/Wifi. 7-in-1 cable for multi-function port cable (for I/O connections to 1 x RS-232/422 serial, 12-bit GPIO, Mic-in, line-in, line-out, PS/2 mouse, PS/2 keyboard).	Wall mounting kit. Antenna options for 2-Port Wifi, 2-Port LTE or 4-in-1 LTE/Wifi.
Environmental /Design	Temp without airflow	Operating: 0°C to 50°C with SSD, 0°C to 40°C with HDD Non-Operating: –40°C to 65°C (–40°F to 149°F)
	Temp with 0.7 m/s airflow	Operating: 0°C to 60°C with SSD
	Relative Humidity	Operating: 10% to 90% (non-condensing) @ 40°C Non-operating: 5% to 95% (non-condensing) @ 40°C
	Vibration During Operation	ASTM-D4169-04, Random Operational Vibration, 0.52grms MIL-STD-810G, Method 514.7, Procedure 2 MIL-STD-810G, Method 514.6, Procedure 1, Cat 4
	Thermal Shock	–40°C to 65°C 150 cycles 20°C per minute ramp
	Shock	Non-Operating: MIL-STD-810G, Method 514.7, Procedure 5 (Shock) - 75G Operating: MIL-STD-810G, Method 514.7, Procedure 1 (Shock) - 40G
	EMC	CE,FCC, VCCI and BSMI
	Safety	AS/NZS 60950.1:2011_A1:2013, CSA C22.2 No.61010-1 +CSA C22.2 No. 61010-2-201, EN60950-1:2006+A1+A2+A11+A12, EN62311:2008, EN61010-1:2010 ed3+ EN61010-2-201:2013, SASO GSO IEC6090-1:2012, CNS14336-1, UL61010-1+UL61010-2-201
	Altitude	Operating: –15.20 m to 5000 m (–50 ft. to 16,404 ft.) Non-Operating: –15.20 m to 10,668 m (sea level to 35,000 ft.)

	Dell Embedded Box PC 3000	Dell Embedded Box PC 5000
	Ingress Protection: IP30, IEC 6052	
Security	Trusted Platform Module (TPM) v2.0 capable for Windows 10 OS; TPM v1.2 for Win7 and Ubuntu OS. Secure Boot, BIOS password and I/O port disablement.	
Manageability	Available Microsoft® SCCM integration (on Windows platforms) and remote cloud management option via Dell Edge Device Manager. All options are purchased as separate submissions.	
Software	Support for third-party software solutions, including offerings from our curated IoT technical partners (software, sensors, platforms, etc.) – more information at Dell IoT Solutions Partner Program web site http://www.delliotpartners.com	
Data integration and analytics	Embedded Box PC 3000 and 5000 Series can support a wide variety of third-party solutions, including offerings from our qualified ISV partners (www.delliotpartners.com).	
Warranty	Commercial services vary. Limited hardware warranty3 with mail in service; Optional ProSupport with on-site service4 after remote diagnosis, contracts up to 5 years. Custom warranties available. Restrictions apply.	
Configuration Services	Image load, BIOS customization, Laser Etching, Asset tagging and reporting. Custom configuration services available. Restrictions apply.	
OEM/ Co-branding	OEM-Ready version available: from bezel to BIOS to packaging, your system can look and feel as if they were designed and built by you. For more information, visit Dell.com/OEM.	

۱۴-۳-۵-۲ AAEON

یکی دیگر از شرکت‌های فعال در زمینه تولید سخت‌افزارهای اینترنت اشیا، شرکت AAEON است. نمونه محصولات این شرکت به شرح زیر هستند [299]:

- AIOT-AIVD
  - دروازه اینترنت اشیا با قابلیت پردازش‌های سنگین مانند تحلیل ویدئو
  - Intel® Movidius™ Myriad™ X VPU برای Edge Analysis و تسریع یادگیری شبکه عصبی
  - Intel® Apollo Lake Pentium® N4200 Processor
  - Onboard 8G memory, 64G eMMC storage
  - Intel® Myriad™ X module
  - LAN/USB/HDMI
  - Support 2nd storage HDD up to 1TB
  - Optional Wi-Fi / Bluetooth
  - قابلیت نصب Windows، لینوکس و ...
  - دمای کاری از صفر تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد
- AIOT-IP6801
  - دروازه اینترنت اشیا با قابلیت استفاده در خارج از خانه (ضد آب، گواهی IP68)
  - Intel® Atom™ E3940 Processor/Celeron® N3350 Processor
  - Onboard 4GB LPDDR4 Memory
  - Onboard 32 GB eMMC
  - Gigabit LAN x 1, HDMI x 1
  - USB3.0 x 1, RS-232 x 2
  - Wi-Fi/Bluetooth Function
  - Optional LORA Function, 3G, 4G LTE
  - دمای کاری از منفی ۲۰ تا ۷۰ درجه سانتی گراد

- ۷۴۵ دلار
- AIOT-ILRA01
  - Intel® Atom™ x5-Z8350 SoC
  - Onboard 2GB/4GB DDR3L Memory, 32GB/64GB eMMC Storage
  - Gigabit LAN x 1, HDMI x 1
  - USB 2.0 x 4, USB 3.0 OTG x 1
  - LoRa® Function Supported
  - Supports Frequency Band 868 MHz

۱۴-۳-۵-۳ Advantech

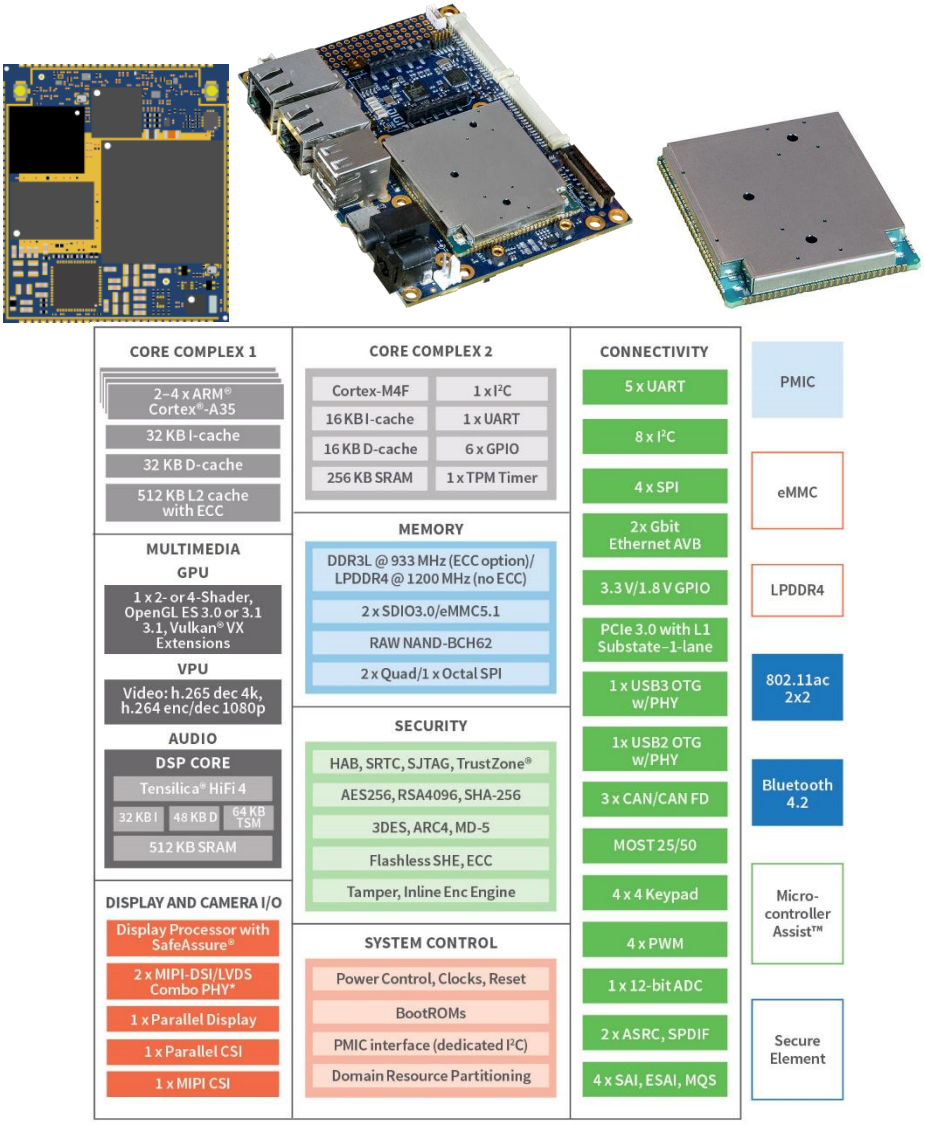
یکی دیگر از شرکت‌های ارائه دهنده دروازه‌های اینترنت اشیا، شرکت Advantech است. این شرکت ۱۲ مدل از انواع دروازه را ارائه می‌دهد که یکی از این موارد به عنوان نمونه به شرح زیر است [300, 301]:

دروازه UTX -3117:

- Intel Apollo Lake E3900 & N series Processor
- Dual channel DDR3L 1867MHz, up to 8GB
- LAN, RS-232, USB3.0, SATA
- PCIe برای Zigbee، mSATA، Cellular، Wi-Fi و ...
- مصرف حداکثر ۷ وات
- دمای کاری از منفی ۲۰ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد
- قابلیت نصب آندروید و استفاده از APIهای مختلف این SoC

۱۴-۳-۵-۴ Digi Embedded

این شرکت نیز تعداد دروازه اینترنت اشیا ارائه داده است که مشخصات یک نمونه از آن که یک SoC به نام ConnectCore 8x است، به شرح زیر بوده و نمایی از آن در شکل ۱۳-۱۴ قابل مشاهده است:



شکل ۱۳-۱٤- نمایی از Digi ConnectCore® 8X [300]

مشخصات فنی Digi ConnectCore® 8X به شرح زیر است:

- 4x Cortex-A35 cores @ 1.2 GHz و 1x Cortex-M4F @266MHz core برای پردازش زمان‌واقعی و 1x Tensiilica® Hi-Fi 4 DSP
- قابلیت اتصال تا ۶۴ گیگابایت eMCC و یا ۴ گیگابایت LPDDR4
- Decode engine برای H.265 (4Kp30), H.264 (1080p60), VP6/VP8 (1080p60), MPEG-2 (1080p60), MPEG4 (1080p) و قابلیت Encode زمان واقعی برای H264 با 1080p
- رابطهای USB، UART، SPI، I2C و خروجی PWM
- اترنت، بلوتوث ۴.۲ و Wi-Fi a/g/b/n/ac

دمای کاری از منفی ۴۰ تا ۸۵ درجه سانتی‌گراد

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل پانزدهم

ماژول‌های ارتباطی اجزاء خانه هوشمند با دروازه و بورد پشتیبانی‌کننده

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱-۱۵ مقدمه

یکی از قابلیت‌های بنیادی لازم در هر شبکه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا، قابلیت ارتباط و انتقال اطلاعات به دیگر اجزا است. در خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء نیز برای برقراری ارتباط بین اجزای مختلف خانه و همچنین ارتباط بین وسایل خانه و دروازه نیاز است که شبکه ارتباطی مناسبی در نظر گرفته شود. در این فصل انواع فناوری‌های ارتباطی مطرح در اینترنت اشیاء را به همراه ویژگی‌ها و استانداردهای هر یک و امکان استفاده از آن در خانه هوشمند مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۱۵ فناوری‌های ارتباطی سیمی و بی‌سیم در خانه هوشمند

به طور کلی می‌توان فناوری‌های ارتباطی را به دو دسته سیمی و بی‌سیم تقسیم نمود. هر کدام از این دو نوع فناوری دارای مزایا و معایبی نسبت به دیگری است که با توجه به نیاز ما در هر یک از اجزای شبکه خانه هوشمند باید فناوری مناسب‌تر انتخاب گردد. ویژگی یکسان همه فناوری‌های سیمی مشخص بودن مسیر انتقال و تغییر ناپذیری آن بر حسب زمان است. برای مثال خطوط انتقال برق در خانه از کنتور تا پریز تنها برای یک بار مشخص می‌شود و تغییر آن نیازمند تخریب دیوارها و سیم‌کشی جدید است. فناوری‌های ارتباطی سیمی در یک خانه شامل خطوط انتقال برق، خطوط تلفن، خطوط کواکسیال، فیبر نوری و اترنت می‌باشد. واضح است که پس از سیم‌کشی تغییر مکان پریزهای برق و تلفن و همچنین سوکت اترنت امکان‌پذیر نیست. اما مزایای ارتباطات سیمی در انتقال توان، امنیت و قابلیت اطمینان‌آن‌ها است. معمولاً توانی که توسط ارتباطات بی‌سیم منتقل می‌شود بسیار پایین است زیرا ملاحظات سازگاری الکترومغناطیسی و تأثیر امواج بر روی دیگر وسایل الکترونیکی و همچنین بدن انسان منجر می‌شود تا انتقال توان بالا در محیط شهری و خانگی تنها از طریق سیم و با محافظت و قابلیت اطمینان بالا انجام گیرد. امروزه بر روی مقوله جذب انرژی از روی امواج نیز مطالعات گسترده‌ای در حال انجام است تا از انرژی امواج سرگردان برای تغذیه حسگرها استفاده شود که البته این بحث نوپا است و گرچه می‌تواند در صرف هزینه مفید باشد اما توان دریافتی نسبت به برق شهر قابل توجه نیست. همچنین انتقال اطلاعات از طریق امواج به دلیل در در دسترس بودن آن برای هکرها امنیت کاملی را ایجاد نمی‌کند ولی برای مثال ضریب امنیت در انتقال با فیبر نوری بسیار بالا است. همچنین برد ارتباطات سیمی به دلیل کم بودن تلفات بسیار بیشتر از ارتباطات بی‌سیم است، زیرا برد در ارتباطات بی‌سیم به طول‌موج و الگوی تشعشعی آنتن‌های فرستنده و گیرنده ارتباط دارد و به همین دلیل مدیریت پهنای باند و توان ارسال نیز حائز اهمیت خواهد بود.

مزیتی که ارتباطات بی‌سیم نسبت به ارتباطات سیمی دارند، تغییر پذیری آن‌ها در زمان است. بدین معنا که برای دسترسی به اطلاعات لازم نیست گیرنده حتما در جای مشخصی قرار داشته باشد. در نتیجه سیار و متحرک بودن تجهیزات از ویژگی‌های این دسته از فناوری‌هاست که قابلیت بسیار ارزشمندی به منظور صرف هزینه است و این تکنولوژی روز به روز در حال گسترش می‌باشد. خلاصه‌ای از مقایسه فناوری‌های باسیم و بی‌سیم در جدول ۱-۱۵ آورده شده است.

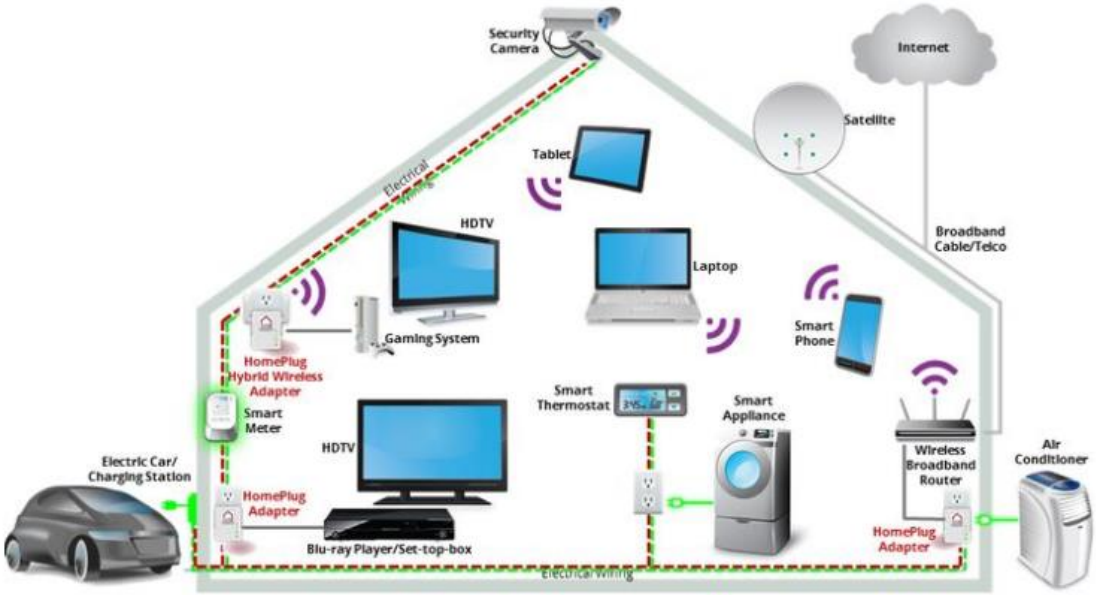
جدول ۱-۱۵ مقایسه ویژگی‌های ارتباطات بی‌سیم و با سیم به طور کیفی

نوع ارتباط	انتقال توان	قابلیت اطمینان	امنیت	برد	پهنای باند	قابلیت جابجایی	سهولت عیب‌یابی	هزینه
با سیم	زیاد	زیاد	زیاد	زیاد	زیاد	بسیار کم	کم	زیاد
بی‌سیم	بسیار کم	متوسط	ضعیف	متوسط	متوسط	زیاد	زیاد	کم

در شکل ۱-۱۵ نمایی از وسایل مورد استفاده در خانه نشان داده شده است. بعضی از وسایل مانند وسایل تهویه هوا، شارژرها، دستگاه‌های تنظیم‌کننده دما، آنتن‌های تلویزیون و ماهواره، دوربین‌های مدار بسته و سوکت‌های دسترسی به اینترنت ثابت هستند. بعضی دیگر از وسایل نیز مانند لپتاپ‌ها، تبلت‌ها، گوشی‌های همراه، تلویزیون و حتی یخچال قابلیت جابجایی دارند. با توجه به

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

وسایل مختلفی که در یک خانه مورد استفاده قرار می‌گیرد، از جمله همه وسایل برقی که نیاز به توان متناوب برق شهر دارند به نظر می‌رسد که حتما بخش زیادی از این وسایل از ارتباطات سیمی استفاده خواهند کرد. نکته دیگر کنترل‌پذیر نمودن این وسایل برقی است که سیگنال کنترلی می‌تواند به صورت بی‌سیم یا باسیم به وسیله منتقل شود که این مقوله می‌تواند وسایل متحرک و غیر متحرک را شامل شود.



شکل ۱-۱۵ نمایی از وسایل مورد استفاده در خانه [302]

۱۵-۳ فناوری‌های بی‌سیم مطرح در اینترنت اشیا

به طور کلی ارتباطات بی‌سیم را از لحاظ برد ارتباطی می‌توان به پنج دسته مختلف تقسیم نمود که عبارتند از:

۱. شبکه ارتباطات نزدیک که دارای بردی بسیار کوتاه در حدود چند ده سانتیمتر است و فناوری‌های NFC[1] و RFID[2] در این دسته قرار دارند.

۲. شبکه‌های بی‌سیم ناحیه شخصی (WPAN)[3] که دارای بردی کوتاه در حدود ده تا صد متر می‌باشند و فناوری‌هایی مانند Bluetooth، ZigBee و Z-Wave در این دسته جای دارند.

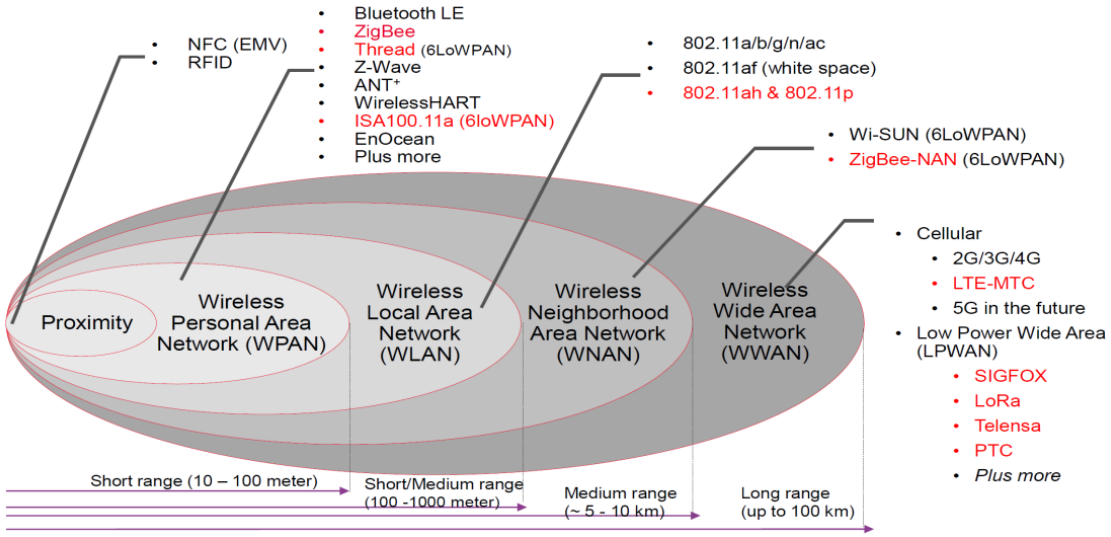
۳. شبکه‌های بی‌سیم ناحیه محلی (WLAN)[4] که دارای بردی کوتاه و متوسط در حدود صد متر تا یک کیلومتر هستند و فناوری‌های WiFi با استانداردهای مختلف 802.11.a، 802.11.b، 802.11.g و غیره را شامل می‌شوند.

۴. شبکه‌های بی‌سیم ناحیه مجاورتی (WNAN)[5] که دارای بردی متوسط در حدود پنج تا ده کیلومتر هستند و فناوری‌های مانند Wi-SUN و ZigBee-NAN را در برمی‌گیرد.

[1] Near Field Communication
[2] Radio Frequency Identification
[3] Wireless Personal Area Network
[4] Wireless Local Area Network
[5] Wireless Neighborhood Area Network

۵. شبکه‌های بی‌سیم ناحیه گسترده (WWAN)[1] که دارای بردهای بلندی تا صد کیلومتر هستند و فناوری‌های مخابرات سلولی وشبکه‌های گسترده کم‌توان (LPWAN)[2] در این دسته جای می‌گیرند.

در شکل ۲–۱۵ تقسیم‌بندی شبکه‌های ارتباطی براساس برد و تعدادی از فناوری‌های مختلفی که در هر یک استفاده می‌شود، نشان داده شده است [303].



شکل ۲–۱۵ تقسیم‌بندی شبکه‌های بی‌سیم بر اساس برد ارتباطی [303]

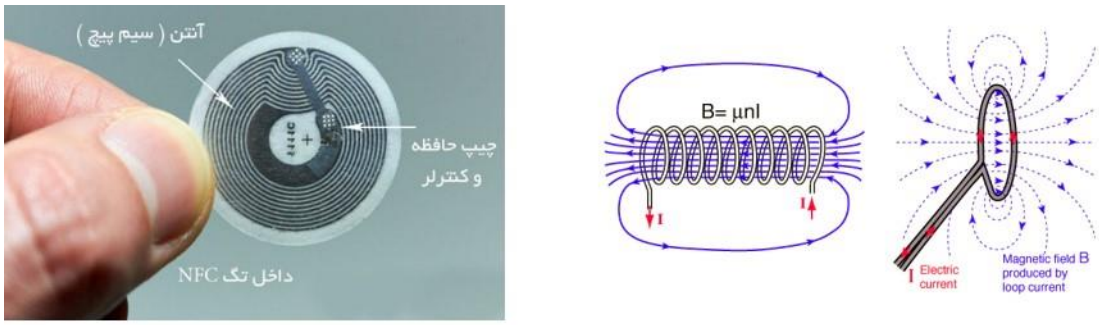
همانطور که اشاره شد در بردهای مختلف، فناوری‌های مختلفی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ادامه فناوری‌های پرکاربرد در اینترنت اشیاء را به ترتیب بر حسب برد مورد بررسی قرار داده و ویژگی‌های هر یک ارائه می‌شود.

۱۵-۳-۱ فناوری NFC

یکی از فناوری‌های برد بسیار کوتاه NFC[3] است که فناوری جدیدتری نسبت به RFID محسوب می‌شود و حداکثر برد کاربردی در نظر گرفته شده برای آن ده سانتیمتر است که از لحاظ تئوری با در نظر گرفتن آنتن‌های استاندارد به بیست سانتیمتر نیز می‌رسد. NFC در استاندارد ارتباط هوایی ISO/IEC 18000-3، در فرکانس ۱۳.۵۶ مگاهرتز با نرخ ۱۰۶ تا ۴۲۴ کیلو بیت بر ثانیه کار می‌کند. این ارتباط شامل دو آنتن حلقوی است که یکی سیگنالی را در دیگری القا می‌کند. در شکل ۳–۱۵ نحوه القای سیگنال در یک آنتن حلقوی و همچنین یک آنتن به کار رفته در برچسب NFC نشان داده شده است. این ارتباط همواره شامل یک آغازکننده و هدف می‌شود که آغازگر یک سیگنال فرکانس رادیویی را تولید می‌کند که می‌تواند یک هدف غیر فعال را شارژ کند، در نتیجه یک طرف این ارتباط می‌تواند وسیله‌ای باشد که منبع تغذیه ندارد. به این ترتیب اگر یک وسیله مانند موبایل دارای اینترنت باشد بقیه وسایل به این ترتیب می‌توانند به شبکه متصل شوند که این ویژگی در بحث خانه هوشمند نیز بسیار حائز اهمیت است.

[1] Wireless Wide Area Network
[2] Low Power Wide Area Network
[3] Near Field Communication

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



(ب) (الف)

شکل ۳-۱۵ الف) نحوه القای سیگنال در یک آنتن حلقوی [304] ب) نمونه‌ای از آنتن حلقوی در یک برچسب NFC [305]

برچسب‌های NFC توسط NFC Forum از نظر قابلیت پیکربندی، امنیت، ذخیره‌سازی داده و دوام آن به چهار دسته تقسیم می‌شوند. در حال حاضر برچسب‌ها بین 96 تا 4096 بایت حافظه ارائه می‌دهند. NFC در دو مود کاری فعال[۱] و غیر فعال[۲] کار می‌کند. در مود غیر فعال آغازگر یک میدان حامل را به سمت هدف می‌فرستد و هدف موج ایجاد شده را مدوله می‌کند و به سمت آغازگر می‌فرستد. در این حالت ممکن است هدف توان عملکردی را از موج الکترومغناطیسی ارسال شده دریافت کند. در مود فعال هر دو وسیله آغازگر و هدف امواج خود را برای ارتباط تولید می‌نمایند که هم‌فرکانس نیستند و یک ارتباط دو طرفه[۳] به طور همزمان تشکیل می‌شود. NFC دو کدینگ مختلف برای انتقال داده استفاده می‌کند. هنگامی که یک وسیله فعال داده را در نرخ ۱۰۶ کیلوبایت بر ثانیه ارسال می‌کند، از کدینگ میلر[۴] ارتقاء یافته با مدولاسیون صددرصد استفاده می‌شود و در بقیه موارد کدینگ منچستر[۵] با ضریب مدولاسیون ده در صد مورد استفاده قرار می‌گیرد. نرخ‌های انتقال پشتیبانی شده نیز ۱۰۶، ۲۱۲ و ۴۲۴ کیلو بیت بر ثانیه هستند [304].

یکی از ویژگی‌های NFC نیاز نداشتن به منبع تغذیه و همچنین ارتباط با اینترنت است. به این ترتیب تنها با اتصال به یک وسیله فعال و متصل به اینترنت، بقیه وسایل می‌توانند به اینترنت متصل شوند و همچنین شارژ گردند. از ویژگی‌های دیگر NFC امنیت آن است. در ارتباطات بی‌سیم به دلیل تشعشع امواج در فضای اطراف، سیگنال‌های ارسالی و دریافتی قابلیت شنود دارند اما در NFC به دلیل نیاز به نزدیک بودن دو وسیله ارسال‌کننده و دریافت‌کننده، تا حدود زیادی این مشکل حل می‌شود. همچنین در محیط‌های شلوغ که سطح سیگنال باید از سطح سیگنال نویز بیشتر باشد، NFC می‌تواند پرکاربرد باشد زیرا که برد هر ارتباط بیشتر از چندین سانتیمتر نیست. همچنین می‌توان از روش‌های رمزنگاری برای افزایش امنیت استفاده نمود. علاوه‌براین NFC یک ارتباط ارزان‌قیمت و ساده است که با نزدیک شدن دو وسیله ارتباط به سرعت آغاز می‌شود. انواع ارتباطات NFC عبارتند از [306]:

۱) ارتباط کاربر به کاربر[۶]

در این حالت هر دو وسیله از نوع فعال بوده و پس از برقراری ارتباط، به تبادل دوطرفه اطلاعات خواهند پرداخت مانند کپی کردن فایل بین دو گوشی موبایل که در شکل ۴-۱۵ نشان داده شده است. در این حالت دو موبایل در محلی که لوگوی NFC وجود دارد نزدیک یکدیگر نگه داشته می‌شوند.

[1] Active
[2] Passive
[3] Full Duplex
[4] Miller Coding
[5] Manchester Coding
[6] Peer-to-Peer

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ٤-١٥ قرار گرفتن دو موبایل نزدیک یکدیگر در محلی که لوگوی NFC وجود دارد [307]

۲) ارتباط خواننده/ نویسنده[1]

در این حالت یک وسیله، فعال و دیگری غیرفعال بوده و با نزدیک کردن وسیله فعال به برچسب غیرفعال، اطلاعات برچسب توسط وسیله فعال خوانده شده و یا اطلاعات از وسیله فعال بر روی برچسب منتقل می‌شود. انتقال تبلیغات به گوشی تلفن همراه یا انتقال اطلاعات از گوشی به وسایلی مانند پرینتر و ضبط صوت که در شکل ۵-۱۵ نشان داده شده اند نمونه‌هایی از کاربردهای NFC هستند.

(الف)

(ب)

شکل ۵-۱۵ الف) کاربرد NFC برای نمایش تبلیغات روی گوشی همراه [308] ب) مشاهده تبلیغات بر روی گوشی همراه [309]

۳) شبیه‌ساز کارت[2]

در این حالت تگ NFC نصب شده روی گوشی موبایل یا تبلت، نقش کارت بانکی یا بلیط مترو یا اتوبوس اعتباری را شبیه‌سازی کرده و مبلغ تراکنش مستقیماً و بدون هیچ گونه نیاز به ورود اطلاعات شناسایی یا رمز، از موجودی کارت اعتباری یا بلیط مترو یا اتوبوس کسر می‌گردد. این دو کاربرد در شکل ۶-۱۵ نشان داده شده است.

[1] Reader/Writer
[2] Card Emulator

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

(الف) (ب)

شکل ٦-١٥ الف) خرید با گوشی همراه از دستگاه کارت‌خوان [310] ب) پرداخت بلیط مترو با گوشی همراه [311]

۲-۳-۱۵ فناوری RFID

تکنولوژی عام‌تری که در حقیقت NFC یک شاخه از آن در فرکانس‌های پایین می‌باشد، تکنولوژی RFID است که از استاندارد ارتباط هوایی ISO/IEC 18000-3 استفاده می‌کند. این فناوری برای شناسایی اشیاء و حیوانات در بسیاری از حوزه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و با به صرفه شدن تولید آن، در بسیاری از فروشگاه‌ها جایگزین استفاده از بارکد شده است. برچسب‌های RFID به سه دسته کلی غیرفعال و نیمه‌فعال و فعال تقسیم می‌شوند. در نوع غیرفعال، برچسب RFID انرژی خود را از سیگنال ارسالی از خواننده دریافت می‌کند و اطلاعات خود را به خواننده ارسال می‌نماید که طبیعتاً این ارتباط بردی کوتاه در حدود ۲۵ سانتیمتر دارد. در حالت نیمه‌فعال برچسب برای ارسال سیگنال خود به دستگاه خواننده از باتری استفاده می‌نماید، منتها تنها زمانی از آن استفاده می‌کند که سیگنالِ دستگاه خواننده را دریافت کرده باشد. در حالت فعال برچسب به طور دائمی اطلاعات خود را ارسال می‌کند و اگر دستگاهِ خواندن RFID در محدوده دریافت سیگنال باشد اطلاعات برچسب را دریافت می‌نماید. برد RFID در حالت فعال می‌تواند به چند صد متر نیز برسد. فرکانس کاری RFID می‌تواند در باندهای مختلفی باشد و از فرکانس‌های پایین[1] تا امواج مایکروویو را شامل می‌شود. در جدول ۲-۱۵ باندهای مورد استفاده و حداکثر برد RFID در هر باند آورده شده است [312].

جدول ۲-۱۵ باندهای فرکانسی مورد استفاده در RFID و حداکثر برد در هر کدام [312]

حداکثر برد	باند فرکانسی	محدوده فرکانسی
10 cm	LF	120-150 kHz
1m	HF	13.56 MHz
1-100 m	UHF	433 MHz
1-12 m	UHF	860-960 MHz
1-2 m	Microwave	2450-5800 MHz
200 m	Microwave	3.1-10 GHz

همانطور که در بخش قبل اشاره شد در ارتباط NFC، برد، حداکثر بیست سانتیمتر است و فرکانس کاری نیز به صورت تک فرکانس می‌باشد. این فاصله کم باعث افزایش امنیت ارتباط شده ولی از طرفی محدودیت مکانی برای برقراری ارتباط محسوب می‌شود. علاوه‌براین، ارتباط در NFC به صورت دو طرفه است در حالی که در RFID ارتباط یک‌طرفه است و اطلاعات از روی برچسب به خواننده و یا از روی نویسنده به برچسب منتقل می‌شود. در کل NFC ارتباط پیچیده‌تری است و برای پرداخت‌های بی‌سیم مناسب است. همچنین در NFC تنها دو وسیله می‌توانند به صورت هم‌زمان با یکدیگر ارتباط داشته باشند، در حالی که چندین برچسب RFID می‌توانند به صورت همزمان با یک دستگاه ارتباط برقرار کنند.

[1] Low Frequency (LF)

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

کاربردهای برچسب‌های RFID می‌تواند در بسیاری از موارد شبیه کاربردهای NFC باشد و در مواردی RFID کاربرد خاص دارد که مسافت طولانی‌تری برای ارتباط لازم است. برای مثال، همانطور که در شکل ۷-۱۵ نشان داده شده است زمانی که در اتومبیل هستید و برای وارد شدن به منزل می‌خواهید درب پارکینگ را باز کنید این فناوری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. از کاربردهای عامیانه دیگر، استفاده از کارت RFID برای باز کردن قفل درب منزل و یا راه‌اندازی برق وسایل غیر ضروری هنگام ورود می‌باشد.

(الف)

(ب)

شکل ۷-۱۵- استفاده از RFID برای الف) باز کردن درب پارکینگ [313] ب) راه‌اندازی برق ساختمان هنگام ورود [314]

۱۵-۳-۳ فناوری Bluetooth

یکی از فناوری‌های مطرح در ارتباطات برد کوتاه فناوری Bluetooth است. در حال حاضر دو نوع Bluetooth وجود دارد. مورد اول Bluetooth کلاسیک است که در کاربردهایی نظیر بلندگوهای بی‌سیم، سیستم اطلاعاتی خودرو و هدست‌ها استفاده می‌شود. گزینه دیگر Bluetooth انرژی پایین (BLE)[1] است که در کاربردهایی که میزان مصرف انرژی اهمیت دارد (مانند دستگاه هایی که انرژی خود را از باتری می‌گیرند) استفاده می‌شود و معمولاً حجم کمی از داده‌ها توسط آن ارسال می‌شوند. نسخه‌های کلاسیک بر حسب استاندارد IEEE 802.15.1 هستند ولی نسخه BLE بر حسب استانداردی است که خود شرکت SIG منتشر کرده است. دو نسخه Bluetooth ذکر شده نسبت به یکدیگر ناسازگار هستند و با وجود آنکه توسط یک کمپانی و با منطقی شبیه به هم توسعه پیدا کرده‌اند ولی امکان تبادل اطلاعات میان آنها وجود ندارد. به عبارتی دستگاهی که از Bluetooth کلاسیک استفاده می‌کند نمی‌تواند به شکل مستقیم با یک ماژول BLE ارتباط برقرار کند. به همین علت، اخیراً بسیاری از شرکت‌ها تصمیم گرفته‌اند تا تجهیزات خود را با پشتیبانی از هر دوی آنها روانه بازار کنند. با در نظر گرفتن این موضوع که بسیاری از سیستم‌های اینترنت اشیا شامل دستگاه‌ها و حسگرهای کوچک هستند، نسخه BLE به پروتکل کارآمدتر و محبوب‌تری در دنیای اینترنت اشیا تبدیل شده است.

در دسامبر سال ۲۰۱۶ کمپانی SIG[2] نسخه ۵ از Bluetooth را عرضه کرد که اغلب ویژگی‌های اضافه شده در این نسخه بر روی BLE تمرکز دارد. سه ویژگی جدید این نسخه سرعت دو برابری، برد چهار برابری و ظرفیت تبلیغ[3] هشت برابری نسبت به Bluetooth کلاسیک است. در نسخه‌های قدیمی‌تر Bluetooth (۴.۲ و قبل‌تر از آن)، سرعت انتقال داده به صورت ثابت بر روی عدد ۱ مگابیت بر ثانیه تنظیم شده بود. در Bluetooth 5، یک حالت جدید با نرخ داده ۲ مگابیت بر ثانیه معرفی شده است. این حالت می‌تواند مصرف انرژی را کاهش دهد زیرا در این نسخه یک مقدار داده ثابت، در زمان کمتری ارسال می‌شود. یکی از معایب استفاده از حالت ۲ مگابیت بر ثانیه آن است که احتمال کاهش محدوده پوشش‌دهی وجود دارد، زیرا هر چقدر سرعت بیشتر

[1] Bluetooth Low Energy
[2] Special Interest Group
[3] Advertisement

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

باشد، در سمت گیرنده حساسیت برای دریافت سیگنال‌ها کاهش می‌یابد. با این وجود، در مورد کاربردهایی که افزایش سرعت انتقال داده نسبت به محدودیت پوشش‌دهی اهمیت بالاتری دارد، ارتقاء صورت پذیرفته بسیار مهم و تأثیرگذار است. در مقایسه با دیگر پروتکل‌های بی‌سیم کم‌انرژی مانند ZigBee، Z-wave و Thread، Bluetooth انرژی پایین و نرخ ارسال بیشتری را فراهم می‌کند. با اضافه شدن حالت ۲ مگابیت بر ثانیه، پیاده‌سازی و بکارگیری از آن در کاربردهای اینترنت اشیا آسان‌تر می‌شود. برای مثال می‌توان به پخش برخط ویدیو با کیفیت پایین، پخش برخط صوتی و ارسال لحظه‌ای داده‌های بزرگ نظیر تصاویر اشاره کرد. این افزایش سرعت با کاهش برد همراه خواهد بود.

Bluetooth 5 حالتی برای برد بلند نیز معرفی کرده است که از تکنیک تصحیح خطای پیش‌رونده[1] استفاده می‌کند. این تکنیک اجازه می‌دهد تا گیرنده داده‌هایی که به علت تداخل یا نویز از دست رفته‌اند را بازیابی نماید. بنابراین نیازمند ارسال مجدد داده هنگام وقوع خطا نمی‌باشد و برد ارتباطی افزایش پیدا می‌کند. البته این نکته حائز اهمیت است که برد بیشتر نیازمند مصرف انرژی بالاتر و نرخ انتقال کمتر است (۱۲۵ یا ۵۰۰ کیلوبیت بر ثانیه که به سطح کدگذاری وابسته است). در آزمایش‌ها و در حالت دید مستقیم زمانی که حالت برد بلند فعال باشد، فاصله ۲۵۰ متری نیز برای برد ارتباطی اندازه‌گیری شده است. این ویژگی باعث می‌شود که Bluetooth از این پس، به عنوان یک گزینه در پروژه‌هایی که نیازمند برد چند صد متری هستند مورد استفاده قرار گیرد. مواردی همچون کنترل از راه دور تجهیزات، مزارع هوشمند و همچنین صنایع هوشمند از جمله این کاربردها محسوب می‌شوند.

در Bluetooth انرژی پایین، یک دستگاه در سه وضعیت می‌تواند فعالیت کند. این وضعیت‌ها شامل تبلیغی[2]، جستجو[3] یا متصل[4] هستند. برای اینکه دو دستگاه BLE به هم متصل شوند، یک دستگاه باید خود را تبلیغ کند و دیگری در وضعیت جستجو باشد. بدین صورت یک ارتباط شکل می‌گیرد. فرآیند تبلیغ بصورت مخابره بسته‌هایی است که اجازه می‌دهند تا دستگاه‌های جستجوکننده آنها را پیدا کنند. سپس دستگاه‌های جستجو کننده بر اساس بسته‌های تبلیغی و اطلاعات و مجوزهایی که درون آنها قرار دارند تصمیم می‌گیرند که یک ارتباط را با دستگاه تبلیغ‌کننده شکل دهند. در نسخه‌های قبلی Bluetooth، حجم داده بسته‌های تبلیغی ۳۱ بایت بود. در Bluetooth 5، یک حالت تبلیغی جدید بنام تبلیغات گسترده[5] معرفی شده است. در این حالت می‌توان ۲۵۵ بایت اطلاعات تبلیغی را ارسال کرد که به نسبت نسخه قبلی افزایش چشمگیری داشته است. تبلیغ در تمامی دستگاه‌های BLE مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی در مورد بیکن‌ها[6] اهمیت و کاربرد مهم و حیاتی دارد. بیکن‌ها در وضعیت تبلیغ باقی می‌مانند و عملیات ساده‌ای را انجام می‌دهند. در واقع داده‌هایی را پخش می‌کنند تا دیگران آنها را دریافت و یا اطلاعاتشان را بخوانند. Beaconing یک راه برای تبادل پیام‌های خیلی کوتاه بین دستگاه‌های مجهز به Bluetooth یا ردیابی آن‌ها است، بدون اینکه نیاز به جفت کردن[7] دستگاه‌ها باشد. این قابلیت می‌تواند برای اتوماسیون خانگی مفید باشد، به این ترتیب که امکان ارسال اطلاعات حسگرها به کنترل‌کننده مرکزی با مصرف انرژی بسیار پایین را فراهم می‌آورد. اکنون با افزایش داده بسته‌های تبلیغی در Bluetooth 5، بیکن‌ها داده‌های بسیار بزرگتری را می‌توانند ارسال کنند که باعث کارآمدتر شدن و ایجاد فرصت‌های جدید در اینترنت اشیا می‌شود. نکته دیگر در خصوص Bluetooth 5 افزودن امکاناتی به آن است تا بتواند در کنار سایر شبکه‌ها روی فرکانس آزاد فعالیت کند و روی آن‌ها تداخلی ایجاد ننماید. تکنیکی که به کار گرفته شده به طور ساده اینگونه کار می‌کند که فرستنده Bluetooth فرکانس‌های مورد استفاده در محیط توسط شبکه‌های مخابرات سلولی را پایش کرده و از ارسال اطلاعات روی آنها خودداری

[1] Forward Error Correction
[2] Advertising
[3] Scanning
[4] Connected
[5] Extended Advertising
[6] Beacons
[7] Pairing

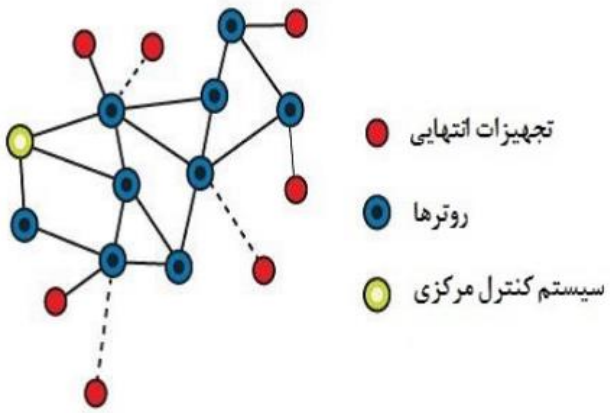
DOI: 10.30503/nripress.2020.298

می‌کند. نکته آخر در خصوص Bluetooth کلاسیک امنیت نسبتاً ضعیف آن است که راه را برای حملاتی از جمله شنود اطلاعات، حمله مردی در میان[1] و جعل هویت باز می‌گذارد. به نظر می‌رسد این ایرادها در نسخه جدید Bluetooth برطرف شده باشد [315].

۴-۳-۱۵ فناوری Zigbee

ZigBee از فناوری‌های مهم در حوزه اتوماسیون خانگی به شمار می‌آید. این پروتکل، به ساده بودن در بهره‌برداری و سازگاری با نسخه‌های قبلی خود مشهور است. همچنین ZigBee یک فناوری با مصرف توان کم محسوب می‌شود. در همین راستا طراحان ZigBee ادعا می‌کنند که با روی آوردن به این فناوری هفت سال به عمر باتری حسگرهای هوشمند افزوده می‌شود. این موضوع بیش از آنکه از لحاظ مصرف انرژی اهمیت داشته باشد، از این باب اهمیت دارد که کاربر را از تعویض باتری حسگر بی‌نیاز می‌کند. مصرف توان کم این سیستم برد ارتباطی را به ۱۰ تا ۱۰۰ متر شعاع دید محدود می‌کند که میزان دقیق آن به توان خروجی و مشخصات محیطی وابسته است.

لایه فیزیکی و لایه MAC پروتکل ZigBee بر پایه استاندارد IEEE 802.15.4 مخصوص شبکه‌های بی‌سیم ناحیه شخصی کم‌توان[2] بنا شده است. با این حال، در لایه شبکه سازوکار مخصوص به خود را دارد و از توپولوژی ستاره‌ای، درختی یا مش بهره می‌برد تا ارتباط اشیا و گره مرکزی برقرار شود. در شکل ۸-۱۵ یک شبکه ZigBee فرضی دیده می‌شود که در آن مسیریاب‌ها ارتباط اشیای دیگر را با کنترل‌کننده برقرار می‌سازند [316].



شکل ۸-۱۵ پیکربندی شبکه ZigBee [316]

سه نوع گره در شبکه ZigBee وجود دارد که عبارتند از:

۱. سیستم‌های کنترل مرکزی[3] (هماهنگ‌کننده)

این دستگاه‌ها به عنوان مغز شبکه در ZigBee عمل می‌کنند و دستگاه‌ها را به شبکه متصل کرده، کلیدهای امنیتی را نگهداری می‌کنند و همچنین به شبکه‌های دیگر پل می‌زنند. تنها یک هماهنگ‌کننده ZigBee در هر شبکه وجود دارد.

۲. مسیریاب[4]

مسیریاب می‌تواند به عنوان مسیر واسطی جهت انتقال اطلاعات بین وسایل استفاده شود. شبکه‌های ZigBee ممکن است چند مسیریاب برای خدمت‌رسانی به عنوان مسیریاب‌های واسط یا انتقال داده درون شبکه داشته باشند.

[1] Man In The Middle (MITM)
[2] Low-power Wireless Personal Area Network
[3] ZigBee Coordinator (ZC)
[4] ZigBee Router (ZR)

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۳. تجهیزات انتهایی[1]

این نوع گره نمی‌تواند از دیگر تجهیزات انتهایی اطلاعات بگیرد، اما قابلیت ارتباط با مسیریاب و سیستم مرکزی را دارد. این نوع ارتباط به گره اجازه می‌دهد تا زمان زیادی را غیرفعال بماند و در نتیجه توان کمی مصرف کند. تجهیزات انتهایی کمترین مقدار حافظه را نیاز دارند و در نتیجه برای سازنده‌ها ارزان‌تر از مسیریاب‌ها و سیستم مرکزی هستند.

ZigBee باندهای فرکانسی مختلفی را پشتیبانی می‌کند اما باند ۲.۴ گیگاهرتز هم‌اکنون به عنوان باند جهانی در اغلب کشورها پذیرفته شده است و نرخ انتقال داده آن در این باند ۲۵۰ کیلو بیت بر ثانیه می‌باشد. ZigBee فرض کرده است که کانال‌های ۱۱ تا ۲۶ باند رادیویی ۲.۴ گیگاهرتز در اغلب رادیوها استفاده می‌شوند. کانال‌های ZigBee به طور خاص به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که در صورت انتساب صحیح کانال، بدون تداخل در کنار کانال‌های Wi-Fi عمل کنند. گرچه این باند مورد استفاده Bluetooth نیز هست ولی Bluetooth و Wi-Fi برای کاربردهای نرخ انتقال داده بالا مانند انتقال صوت و تصویر به کار می‌روند [317].

استاندارد ZigBee زمانی که فناوری Thread در سال ۲۰۱۴ معرفی شد با چالش عمده‌ای مواجه گشت. ائتلاف ZigBee مجبور شد پروتکل جدید خود به نام ZigBee 3 را معرفی کند. آن‌ها تلاش کردند تا در زمینه‌هایی که Thread و دیگر شبکه‌ها، جایگزین‌های بهتری برای اتوماسیون خانگی محسوب می‌شوند، وارد شوند. ZigBee 3 دارای امکانات بیشتری مانند ZigBee RF4CE و توان سبز ZigBee[2] است.

ZigBee RF4CE به منظور جایگزینی کنترل از راه دور IR[3] طراحی شده است. این پروتکل با هدف ایجاد یک کنترل‌کننده از راه دور سراسری طراحی شده است که برای کنترل دستگاه‌های راه دور و همچنین روشنایی‌ها و لامپ‌ها استفاده می‌شود. ضمناً این پروتکل محدودیت‌های IR را نیز پوشش می‌دهد.

توان سبز ZigBee به عنوان یک استاندارد بسیار توان پایین برای پشتیبانی از دستگاه‌های دارای انرژی کم طراحی شده است. این پروتکل با مدیریت شبکه به نحوی که بتوان برای مدتی طولانی دستگاه را خاموش کرد، تضمین می‌کند که کمترین مقدار توان مصرف می‌شود.

یکی از ویژگی‌های منفی ZigBee در مقابل Thread، عدم تطبیق آن با IP بود. این مشکل در ZigBee نسخه ۳ برطرف شد. بنابراین اکنون می‌توان دستگاه‌های ZigBee را از طریق مسیریاب به اینترنت متصل کرد [318].

۱۵-۳-۵ فناوری Thread

Thread یک استاندارد باز برای ارتباط دستگاه به دستگاه[4] به صورت پایدار، مقرون به صرفه، توان پایین و بی‌سیم است. Thread به طور خاص برای اتصال وسایل خانگی طراحی شده است. این پروتکل در سال ۲۰۱۴ با تأسیس گروه Thread به عرصه ظهور رسید. هم‌اکنون سازمان‌های بزرگی مانند گوگل، سامسونگ، کوالکام و ARM از پروتکل Thread برای طراحی و توسعه استفاده می‌کنند.

این پروتکل بر اساس استاندارد 802.15.4 طراحی شده است و یک پروتکل باز است که بر مبنای نسخه ۶ پروتکل اینترنتی (IPv6)می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۹-۱۵ نشان داده شده است پروتکل Thread سه نوع اصلی دستگاه در شبکه تعریف می‌کند:

- مسیریاب‌های مرزی[5]

---

[1] ZigBee End Device (ZED)
[2] ZigBee Green Power
[3] InfraRed
[4] Device to Device (D2D)
[5] Border Router

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

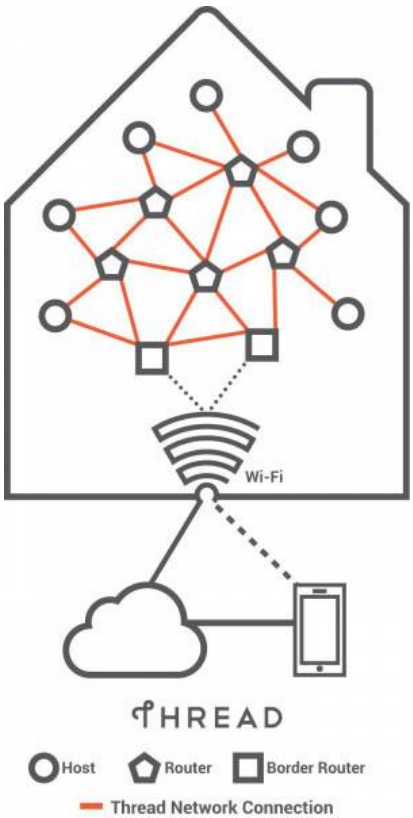
فناوری Thread نوع خاصی از مسیریاب دارد که مسیریاب مرزی نامیده می‌شود و امکان اتصال از شبکه 802.15.4 به شبکه‌های مجاور بر روی لایه‌های فیزیکی مختلف (مانند WiFi و اترنت) را میسر می‌سازد. اگر یک مسیریاب مرزی دچار مشکل شود، مسیریاب دیگر در شبکه می‌تواند نقش مسیریاب مرزی را بر عهده بگیرد و پایداری پروتکل Thread تضمین می‌شود.

- مسیریاب‌ها و دستگاه‌های انتهایی قابل اتصال به مسیریاب

مسیریاب‌ها، خدمات مسیریابی به دستگاه‌های شبکه را بر عهده دارند. این دستگاه‌ها در برقراری ارتباط دستگاه‌های جدید به شبکه نقش دارند. به‌طورکلی مسیریاب‌ها همواره فعال هستند اما می‌توان آنها را به دستگاه‌های انتهایی قابل اتصال به مسیریاب تبدیل کرد. این دستگاه‌ها در شبکه Thread، در مسیریابی یا انتقال داده‌ها مشارکت ندارند اما به عنوان یک نقطه انتهایی مضاعف می‌توانند در زمان لزوم به عنوان یک مسیریاب عمل کنند.

- دستگاه‌های انتهایی در حالت خواب

این دستگاه‌ها نقاط انتهایی شبکه Thread هستند که دستگاه‌های میزبان نیز نامیده می‌شوند. دستگاه‌های میزبان تجهیزات کارکردی دارای آدرس IP مانند ترموستات، دوربین‌های امنیتی و ... هستند. این دستگاه‌ها فرزند خوابیده یا گره خوابیده نیز نامیده می‌شوند. مسیریابی که مستقیماً به دستگاه خوابیده متصل می‌شود والد نام دارد. دستگاه‌های خوابیده (نقاط انتهایی) بیشتر زمان خود را در حالت خواب سپری می‌کند و تنها زمانی که نیاز به ارسال داده باشد بیدار می‌شود. این دستگاه‌ها تنها از طریق دستگاه‌های والد ارتباط برقرار می‌کنند.



شکل ۹-۱۵ نمایی از شبکه Thread و اجزای آن [319]

یک چرخه معمول برای یک دستگاه چنین است:

- بیدار شدن از حالت خواب
- اجرای هر نوع رویه آغازین و راه‌اندازی رادیویی مورد نیاز
- وارد شدن به حالت دریافت و بررسی این‌که امکان ارسال وجود دارد یا خیر

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- وارد شدن به حالت ارسال
- ارسال داده
- دریافت تأییدیه کارآمدی
- خواب

در معماری Thread هیچ نقطه شکست منفردی وجود ندارد و می‌تواند بسته به شرایط شبکه اصلاح شود. این پروتکل از توپولوژی شبکه مش پشتیبانی می‌کند. Thread مبتنی بر IP است و از این‌رو اتصال آن به شبکه‌های دیگر آسان است. از آنجا که این پروتکل بر اساس استاندارد 802.15.4 طراحی شده است، دستگاه‌هایی که از ZigBee استفاده می‌کنند، می‌توانند به راحتی از Thread نیز بهره ببرند [319].

۱۵-۳-۶ فناوری Z-Wave

Z-wave یک پروتکل بی‌سیم است که تراشه‌های آن در بسیاری از تجهیزات اینترنت اشیا مانند قفل درب، روشنایی، سیستم‌های گرمایشی و هشدارهای خانه تعبیه شده‌اند. این پروتکل در سال ۲۰۰۲ معرفی شده است.

در اولین نسخه Z-Wave سرعت انتقال داده ۹۶۰۰ بیت در ثانیه بود. این سرعت برای خاموش و یا روشن کردن یک چراغ به اندازه‌ی کافی خوب بود. اما برای تعیین رنگ روشنایی و یا میزان آن سرعت بیشتری لازم بود. سرعت Z-Wave در سری ۳۰۰ به ۴۰ کیلو و در سری ۵۰۰ به ۱۰۰ کیلو بیت بر ثانیه، افزایش یافت.

فرکانس کاری Z-Wave در باند ISM[1] می‌باشد که در اروپا ۸۶۸.۴۲ مگاهرتز و در آمریکا ۹۰۰ مگاهرتز است. گروه سخت‌افزاری Z400که در سال ۲۰۰۹ معرفی شد فرکانس ۲.۴ گیگاهرتز را نیز ارائه می‌دهد.

در سال ۲۰۱۲ اتحادیه ITU[2]، Z-wave را در استاندارد G.9959 خود برای ادوات بی‌سیم زیر 1 GHz قرار داده است. بزرگترین مزیتی که این پروتکل دارد این است که به خوبی با نسخه‌های قبلی سازگار است. به این معنا که حتی آخرین تراشه‌ها نیز می‌توانند با سری ۱۰۰ به راحتی ارتباط برقرار کنند.

Z-wave از یک ساختار شبکه مش استفاده می‌کند، بدین صورت که ماژول‌ها علاوه بر ارسال و دریافت سیگنال مربوط به خود، سیگنال مربوط به سایر ماژول‌ها را نیز تقویت می‌کنند. در نتیجه اگر به دلیل فاصله زیاد امکان ارتباط کنترل‌کننده مرکزی با یک ماژول امکان‌پذیر نبود ماژول‌های میانی به عنوان تقویت‌کننده وارد عمل شده و سیگنال را تقویت می‌کنند. فاصله بین گره‌های ارتباطی Z-wave بین ۳۰ تا ۵۰ متر می‌باشد که می‌تواند تا ۴ بار تقویت سیگنال به وسیله گره‌های میانی صورت پذیرد که در این صورت، برد سیستم بین ۱۲۰ تا ۲۰۰ متر قابل افزایش است. در نتیجهZ-wave برای کاربردهای خانگی کاملاً مناسب است. همان‌طور که در شکل ۱۰–۱۵ نشان داده شده است برای استفاده از پروتکل Z-wave حداقل به دو دستگاه نیاز است: یک دستگاه کنترل‌شونده مانند سیستم گرمایشی و سرمایشی و یک کنترل‌کننده Z-wave که به صورت محلی یا از طریق اینترنت می‌توان به کنترل‌کننده دسترسی داشت. این کنترل کننده به نام‌های هاب و درگاه Z-wave نیز شناخته می‌شود که در واقع قلب اصلی شبکه Z-wave را تشکیل می‌دهد و ممکن است تعدادی کنترل‌کننده فرعی نیز در شبکه وجود داشته باشد. در خصوص شبکه Z-wave باید در نظر گرفت هر شبکه توسط یک شناسه شبکه تعریف و هر وسیله توسط یک شناسه گره در شبکه شناخته می شود و هیچ دو وسیله‌ای یک شناسه مشترک ندارند. شناسه شبکه، شناسه اصلی و مشترک تمامی گره‌های مربوط به آن شبکه است. این شناسه از ۴ بایت تشکیل شده و به هر وسیله در زمان اضافه کردن به شبکه توسط کنترل‌کننده اختصاص داده می‌شود. بدین صورت گره‌ها با شناسه شبکه‌های مختلف نمی‌توانند با یکدیگر ارتباطی داشته باشند.

[1] Industrial, Scientific and Medical radio band
[2] International Telecomunication Union (ITU)

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۱۰-۱۵ استفاده از Z-wave برای خانه هوشمند [320]

در تاریخ ۱۷ نوامبر ۲۰۱۶ ، اتحادیه Z-Wave اعلام کرد که استانداردهای امنیتی قوی‌تری برای ارائه گواهینامه‌های اعتباری-Z Waveدر نظر گرفته است که به S2 معروف است. این استاندارد، امنیت پیشرفته‌تری برای وسایل هوشمند خانه، هاب‌ها و درگاه‌ها فراهم می‌کند. همچنین کدگذاری‌های جدیدی برای رمزنگاری و انتقال بین گره‌ها تعریف می‌نماید و هر دستگاه بوسیله کدهای منحصر به فردی با دستگاه‌های دیگر جفت می‌شود. همچنین لایه‌های جدیدی برای احراز هویت در نظر گرفته شده است تا از نفوذ هکرها به دستگاه‌های ضعیف (از لحاظ سطوح امنیتی) جلوگیری شود [321].

۱۵-۳-۷ فناوری WiFi

فناوری WiFi[1] یک گزینه بسیار مورد توجه در شبکه‌های محلی (LAN) محسوب می‌شود. امروزه، در بسیاری از خانه‌ها و سازمان‌ها از این فناوری برای دسترسی کاربران به اینترنت به صورت بی‌سیم استفاده می‌گردد. WiFi می‌تواند یک گزینه احتمالی برای اتوماسیون خانگی نیز باشد. این فناوری چندین مزیت عمده دارد: اول توانایی انتقال داده با نرخ بالا و دوم قابلیت رمزنگاری ۲۵۶AES بیتی که امنیت بالایی را فراهم می‌سازد. اما برخی نقاط ضعف WiFi محبوبیت آن را در اتوماسیون خانگی کاهش می‌دهد: اول اینکه قدرت امواج آن در عبور از موانع چندان زیاد نیست و نقاط کوری ممکن است در خانه یا سازمان وجود داشته باشد. امروزه مودم‌ها به کمک فناوری‌هایی نظیر MIMO[2] با یکدیگر در حذف نقاط کور رقابت دارند. ایراد دوم WiFi، مصرف توان بالای آن به خصوص در نسخه‌های متداول‌تر همچون استاندارد 802.11.n است. در واقع هر دو ایراد از فلسفه طراحی WiFi ناشی می‌شوند که در اصل برای کاربران انسانی با نیاز به نرخ بالا طراحی شده است.

نسخه‌های قدیمی WiFi طبق استاندارد IEEE 802.11 (a,b,g,n, ac, i) هستند. نهاد استانداردسازی WiFi موسوم به-Wi Fi Allianceبه تازگی یک نسخه جدید به نام WIFI HaLow با استاندارد IEEE 802.11.ah معرفی کرده که مخصوص اینترنت اشیا طراحی شده است و توان مصرفی کمی دارد. یکی از مزیت‌های این نسخه در مقایسه با نسخه‌های دیگر WiFi برخوردار بودن از برد پوشش‌دهی بالا (یک کیلومتر در حالت ایده‌آل) است. این فناوری جدید در فرکانس آزاد ۹۰۰ مگاهرتز کار می‌کند. نسخه‌های معمول WiFi در فرکانس ۲.۴ یا ۵.۸ گیگاهرتز کار می‌کنند. نکته قابل توجه اینکه هر چه فرکانس ارتباط

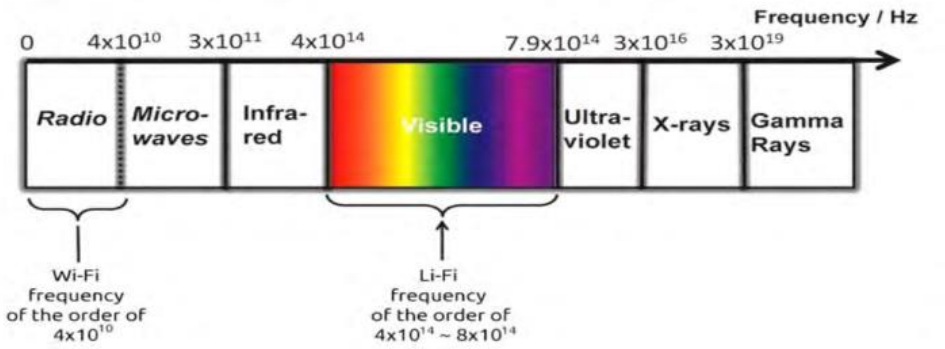
[1] Wireless Fidelity
[2] Multiple Input Multiple Output

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

بی‌سیم کاهش یابد، حداکثر نرخ انتقال اطلاعات کاهش یافته و در عوض توانایی عبور از موانع افزایش می‌یابد. بنابراین، فرکانس‌های زیر یک گیگاهرتز[1] برد بیشتری دارند. علاوه بر فرکانس کاری ۹۰۰ مگاهرتز، نسخه جدید WiFi قابلیت‌های دیگری همچون استفاده از رله و بهبود در مکانیزم حفظ توان دارد که در مجموع آن را برای اتوماسیون خانگی مناسب می‌سازد [316].

۸-۳-۱۵ فناوری LiFi

LiFi[2] از مجموعه ارتباطات بی‌سیم نوری است که می‌تواند مکمل خوبی برای امواج رادیویی محسوب گردد. این فناوری از طیف نور مرئی، فروسرخ و نزدیک به فرابنفش استفاده می‌کند که توانایی انتقال حجم بالایی از داده را دارد و به عنوان راه‌حلی برای محدودیت‌های پهنای باند فرکانس‌های رادیویی، به شمار می‌آید. در شکل ۱۱-۱۵ محدوده فرکانسی مورد استفاده توسط LiFi و WiFi نشان داده شده است. به عنوان بخشی از مخابرات نور مرئی[3]، LiFi از استاندارد IEEE 802.15.7 استفاده می‌کند.



شکل ۱۱-۱۵ محدوده پهنای باند فرکانسی مورد استفاده توسط LiFi و WiFi [322]

نسل جدید ارتباطات بی‌سیم ما را با دنیایی آشنا می‌کند که در آن فقط از نور برای اتصال بی‌سیم به اینترنت و انتقال داده، استفاده می‌شود. بنابراین دیگر به مودم نیازی نخواهید بود و تنها با روشنایی حتی اندک، به راحتی می‌توان با سرعتی باورنکردنی یعنی سرعتی در حدود ۱۰۰ برابر سریع‌تر از WiFi، به اینترنت دسترسی داشت. این فناوری با استفاده از نور مرئی برای انتقال داده، سبب افزایش پهنای باند بسیار زیاد، کاهش هزینه و مصرف انرژی می‌گردد و به دلیل مانع‌شدن دیوار در مسیر عبور نور، امنیت بیشتری را نسبت به WiFi در شبکه‌های محلی ایجاد می‌کند. افزایش روزافزون دستگاه‌ها در اکوسیستم اینترنت اشیا و اتصال آنان به اینترنت، نیازمند پهنای باند بالا است که این امر به دلیل توسعه‌ناپذیر بودن فرکانس‌های رادیویی، از عهده WiFi که با امواج رادیویی کار می‌کند، خارج است. همچنین برای افزایش سرعت با استفاده از فناوری 5G نیازمند برج‌های مخابراتی هستیم که باید در فاصله‌های ۵۰ متری از هم قرار بگیرند، اما تصور شهرهایی که در هر ۵۰ متر یک برج مخابراتی قرار دارد، قطعاً خیلی ناخوشایند خواهد بود. به همین دلیل LiFi با پهنای باند بالا و استفاده از یک سیستم نوردهی شهری به راحتی می‌تواند حجم زیادی از اطلاعات را در بین انبوهی از دستگاه‌ها و افراد در یک شبکه گسترده با سرعت بسیار بالا انتقال دهد. در اثر احداث و نگهداری این برج‌های مخابراتی هزینه‌ها و انرژی‌های زیادی مصرف خواهد شد که با LiFi دیگر نیازی نیست برج‌های مخابراتی به این صورت و با این فاصله از یکدیگر قرار بگیرند. پس بالطبع شاهد کاهش هزینه و مصرف انرژی نیز خواهیم بود.
چراغ‌های LED به عنوان بستری برای LiFi و انتقال داده با سرعت بالا، به حساب می‌آیند و استفاده LiFi از LED، با روشن و خاموش شدن‌های متناوب و با سرعت بالا صورت می‌پذیرد که قابل‌تشخیص برای افراد نیست.

[1] Sub GHz
[2] Light Fidelity
[3] Visible Light Communication (VLC)

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

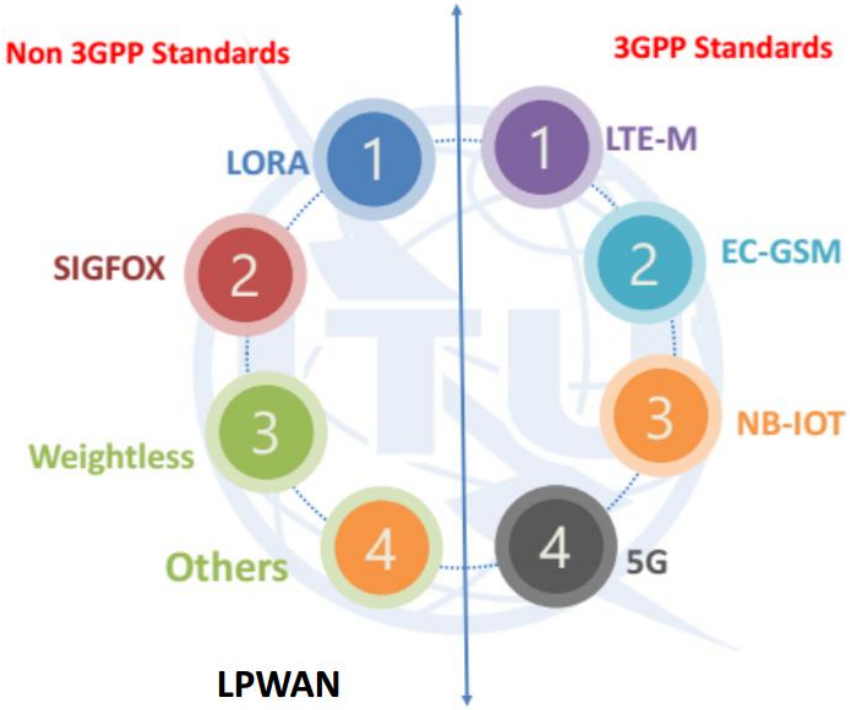
LiFi در کنار WiFi، به کمک پیاده‌سازی اینترنت اشیا می‌آید، زیرا در محیط‌های بیرون خانه و در طول روز ممکن است نور خورشید زیاد بوده و بر عملکرد LiFi اثر مخرب داشته باشد. در نتیجه LiFi برای محیط‌های داخل منزل یا اداره و در شب برای محیط‌های بیرون خانه نیز مناسب است. علاوه بر این می‌بایست حتما منبع نور در دید مستقیم گیرنده باشد و در غیر اینصورت ارتباط برقرار نخواهد شد ولی با استفاده از WiFi یا فناوری‌های دیگری که از امواج مایکروویو استفاده می‌کنند، در دید مستقیم بودن گیرنده و فرستنده ضروری نیست. امواج مایکروویو می‌توانند حتی با برخورد به موانع و عبور از یک مسیر غیرمستقیم و البته با مقداری تضعیف به گیرنده برسند در حالی که امواج تراهرتز در برخورد به موانع دچار تضعیف بسیار زیادی می‌شوند و دیگر امکان دسترسی به گیرنده را ندارند. این محدودیت باعث می‌شود که میزان تحرک گیرنده که در ارتباط با یک فرستنده LiFi می‌باشد کم شود و برای افزایش تحرک گیرنده باید از تعداد زیادی فرستنده استفاده کرد و در صورت لزوم ارتباط با گیرنده را دست به دست[1] نمود. عیب دیگر این فناوری برد آن است که به دلیل تضعیف زیاد امواج تراهرتز نسبت به امواج مایکروویو از فناوری‌هایی مانند WiFi کمتر است و برای جبران آن می‌بایست میزان توان مصرفی را بالا برد. بالا بردن توان نور فرستنده علاوه بر این که از لحاظ مصرف انرژی بهینه نیست ممکن است آسیب‌هایی را نیز از لحاظ برخورد اشعه با بدن انسان داشته باشد که می‌بایست در طراحی در نظر گرفته شوند [322].

۹-۳-۱۵ شبکه‌های LPWAN

شبکه‌های LPWAN[2] امکان اتصال دستگاه‌ها در محدوده‌ای وسیع، با مصرف توان کم را فراهم می‌کند. LPWAN عنوان طیف گسترده‌ای از پروتکل‌ها و فناوری‌ها است که امکان اتصال حسگرها و کنترل‌کننده‌ها را بدون استفاده از شبکه‌های قدیمی همچون WiFi و شبکه‌های تلفن همراه فراهم می‌کند. شبکه‌های LPWAN نسبت به غالب شبکه‌های بی‌سیم متداول نرخ داده کمتری دارد، اما ویژگی اتصال ارزان و به صرفه تعداد بسیار زیادی گره انتهایی (حسگر و عملگر) یک فرصت عالی را ویژه راهکارهای اینترنت اشیا به وجود آورده است. با استفاده از این شبکه حسگرها و دستگاه‌ها می‌توانند اطلاعات را در محدوده چندین کیلومتر ارسال کنند و برای این کار با باتری‌های معمول تا سال‌ها کار خواهند کرد. همچنین توانایی امواج در رسیدن به عمق زیر سطح زمین، این فناوری را برای کاربردهایی نظیر اتصال کنتورهایی که در زیر زمین قرار گرفته‌اند یا حسگرهای پایش لوله‌های فاضلاب مناسب کرده است. نکته‌ای که باید توجه داشت این است که این فناوری جایگزینی برای فناوری‌های کوتاه‌برد، میان‌برد و سلولی نیست و به عنوان مکملی برای آن‌ها می‌تواند به کار رود. تا سال ۲۰۱۳ نامی از این فناوری وجود نداشت اما با رشد سریع آن، مؤسسه Machina Research پیش‌بینی کرده که تا سال ۲۰۲۴ حدود ۳.۶ میلیارد اتصال LPWAN وجود خواهد داشت.

در حوزه شبکه‌های LPWAN، پروتکل‌ها و فناوری‌های مختلفی قرار می‌گیرند که یکی از اساسی‌ترین تفاوت‌های آن‌ها در طیف فرکانسی مورد استفاده‌شان است. شبکه‌های LPWAN که در باندهای بدون مجوز (ISM) کار می‌کنند با استفاده از مزیت طیف فرکانسی رایگان، مسیر راحت‌تری تا ورود به بازار را طی خواهند کرد. در مقابل، شبکه‌های استاندارد شده توسط موسسه 3GPP[3] قرار دارند که در باندهای دارای مجوز کار می‌کنند. استفاده از هر کدام از راهکارهای شبکه‌های LPWAN در باند دارای مجوز یا بدون نیاز به مجوز، دارای مزایا و معایبی است. چند نمونه از پروتکل‌های LPWAN در شکل ۱۲-۱۵ نشان داده شده است که در ادامه به توضیح سه مورد از مهمترین آن‌ها می‌پردازیم [323].

[1] Hand Over
[2] Low Power Wide Area Network
[3] 3rd Generation Partnership Project



شکل ۱۲-۱۵ چند نمونه از پروتکل‌های مورد استفاده در فناوری LPWAN [324]

۱-۹-۳-۱۵ فناوری Sigfox

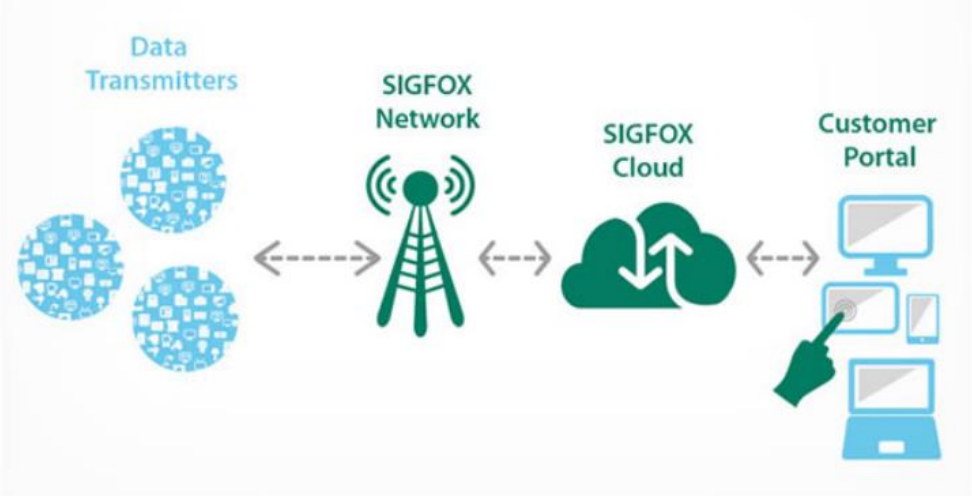
شبکه Sigfox به عنوان یکی از شبکه‌های LPWAN، نخستین بار در سال ۲۰۰۹ توسط شرکت فرانسوی به همین نام ارائه شد. با توجه به مصرف انرژی و هزینه بالا در فناوری شبکه‌های تلفن همراه که معمولاً در تلفن‌های هوشمند استفاده می‌شوند، Sigfox شبکه‌ای ارزان قیمت با توان مصرفی پایین و نرخ داده محدود ارائه کرد.

در شبکه Sigfox که بطور ویژه برای اینترنت اشیا ارائه شده است، پیام‌هایی با پهنای باند ۱۰۰ هرتز و با نرخ داده ۱۰۰ یا ۶۰۰ بیت بر ثانیه در پهنای باند ۲۰۰ کیلوهرتز در باندهای فرکانسی بدون نیاز به مجوز و از طریق مدولاسیون فوق باند باریک (UNB)[1] منتقل می‌شوند. این فناوری برای ارسال داده از مدولاسیون رادیویی BPSK[2] استفاده می‌کند. همچنین به منظور قابلیت نفوذ بالا در اجسام، از مدولاسیون UNB نیز استفاده شده است. شبکه Sigfox برای برقراری کلیه ارتباطات از بخش بدون نیاز به مجوز باند فرکانسی (ISM) بهره می‌برد. پروتکل‌های لایه شبکه Sigfox محرمانه بوده و تنها در اختیار کمپانی آن است.

در شبکه Sigfox هر یک از تجهیزات قادر به ارسال حدود ۱۴۰ پیام روزانه (با محدودیت ارسال بیشینه ۷ پیام در ساعت) هستند که هر پیام دارای حداکثر ۱۲ بایت داده اصلی[3] است. علاوه بر این اخیراً امکان دریافت پیام برای دستگاه‌های انتهایی در شرایطی که نیاز به ارسال دستور از سمت سرور باشد نیز فراهم شده اما با این فناوری تنها امکان دریافت ۴ پیام در روز برای هر دستگاه وجود دارد. با توجه به محدودیت‌های مذکور، این شبکه بیشتر برای کاربردهایی نظیر خوانش کنتورها و ... که با نرخ تبادل داده آن سازگار است، مناسب خواهد بود. نحوه ارتباط کاربر با یک شبکه Sigfox در شکل ۱۳-۱۵ نشان داده شده است.

[1] Ultra-Narrow Band
[2] Binary Phase Shift Keying
[3] Payload Data

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۱۳-۱۵ نحوه ارتباط کاربر در شبکه Sigfox [325]

همان طور که پیش‌تر نیز گفته شد، شبکه Sigfox بطور انحصاری توسط این شرکت و با همکاری شرکای منطقه‌ای توسعه می‌یابد، از این رو نسبت به مهمترین رقیب خود یعنی شبکه Lora (LoRaWAN) در کشورهای کمتری پوشش‌دهی و سرعت رشد پایین‌تری دارد.

Sigfox در بحث مدل تجاری، یک رویکرد بالا به پایین[1] اتخاذ کرده است. این شرکت تمام فناوری از بخش داده‌ها و سرور ابری تا نرم‌افزار سمت دستگاه‌های انتهایی را به صورت کامل و انحصاری در اختیار خود دارد. تنها بخشی که Sigfox به سایر شرکت‌ها اجازه مشارکت می‌دهد، فناوری سمت دستگاه‌های انتهایی است. در حال حاضر شرکت‌هایی نظیر STMicroelectronics، Atmel و Texas Instruments ماژول‌های رادیویی این شرکت را تولید می‌کنند.

در واقع راهبرد تجاری Sigfox این است که به عنوان یک اپراتور سراسری شبکه اینترنت اشیا عمل کرده و با ارائه شبکه/نرم‌افزار به عنوان خدمت، کسب درآمد نماید. Sigfox از طریق همکاری با اپراتورها، شبکه خود را گسترش می‌دهد و به جای فروش سخت‌افزارهای سمت دستگاه انتهایی، از شارژهای دوره‌ای که بر اساس یورو تعیین می‌شود کسب درآمد می‌کند.

اما در این مدل تجاری چالش‌هایی نیز وجود دارد. به عنوان نمونه کسی که می‌خواهد از این شبکه استفاده کند راهی جز مکاتبه مستقیم با خود این شرکت ندارد. علاوه‌براین، در یک منطقه تنها یک ارائه‌دهنده شبکه می‌تواند وجود داشته باشد، زیرا این شرکت با اپراتورهای شبکه به صورت انحصاری توافق می‌کند. از این رو جهت توسعه خدمات در تمامی مناطق مورد نظر، لازم است توافق نماینده شبکه Sigfox برای ایجاد زیرساخت در آن منطقه جلب شود.

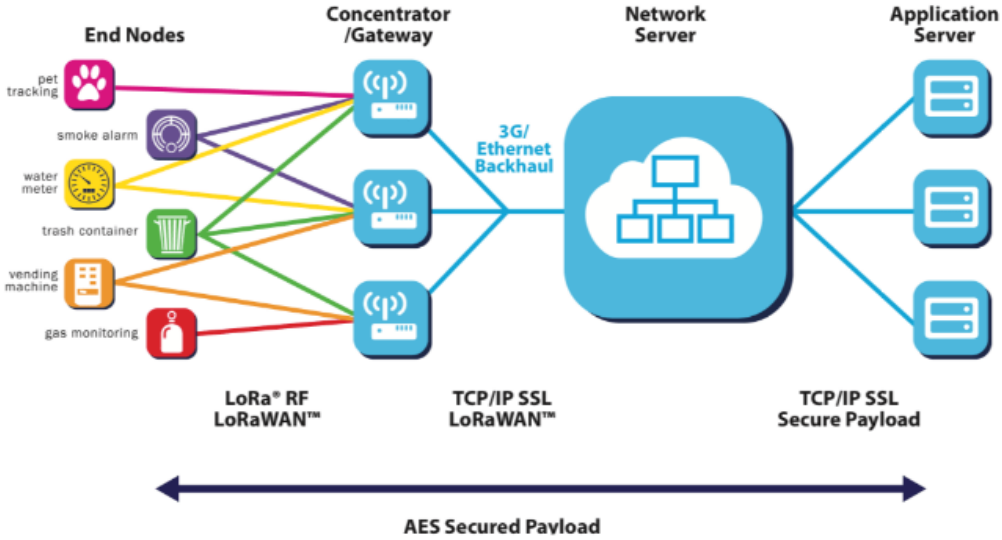
در کنار موارد اشاره شده، مدل ارائه سرویس شبکه و عدم امکان ارائه خدمات و جمع‌آوری داده‌ها بر بستری غیر از زیرساخت اختصاصی این شرکت فرانسوی، استفاده از این بستر را برای راهکارهایی که منجر به جمع‌آوری اطلاعات حساس شهروندان می‌شود را با چالش‌هایی مواجه کرده است [325].

۱۵-۳-۹-۲ فناوری Lora

شبکه Lora یکی از پروتکل‌های اصلی LPWAN ویژه اینترنت اشیا است که در باندهای فرکانسی بدون نیاز به مجوز کار می‌کند. این فناوری به سیگنال‌ها اجازه می‌دهد تا حتی در سطوح پایین‌تر از نویز نیز منتشر و بازیابی شوند. تجهیزات مبتنی بر Loraمی‌توانند تا سال‌ها فقط با یک باتری کار کنند. شاید مهمترین مشخصه شبکه Lora که توانسته است در کنار مزیت‌های فنی این پروتکل زمینه رشد سریع آن را فراهم کند، رویکرد غیر انحصاری توسعه این پروتکل بر بستر یک جامعه آزاد و با مشارکت

[1] Top-Down

مجموعه‌های مختلف فناوری باشد. این فناوری توسط شرکت Semtech و جامعه‌ای از شرکت‌های بزرگ حوزه فناوری همچون (IBM، Cisco، HP، Foxconn) که LoRa Alliance نام دارد، توسعه یافته و پشتیبانی می‌شود.



شکل ١٤-١٥ معماری شبکه LoRa [326]

معماری ساختار یک شبکه Lora همان‌طور که در شکل ۱۴-۱۵ آمده است از دستگاه‌های انتهایی مبتنی بر Lora، دروازه‌ها[1]، سرور شبکه و نهایتاً نرم‌افزار کاربر تشکیل شده است. توپولوژی شبکه Lora به صورت ستاره‌ای[2] است. دستگاه‌های انتهایی اطلاعات را از طریق شبکه Lora به دروازه ارسال می‌کنند. پس از دریافت داده، دروازه اطلاعات را بر روی یک لینک ارتباطی مبتنی بر اینترنت به سمت سرور شبکه می‌فرستد. این لینک ارتباطی می‌تواند توسط شبکه LTE/3G، Ethernet و یا شبکه‌های داخلی طراحی شود. سپس اطلاعات توسط سرور شبکه در اختیار نرم‌افزار کاربران قرار می‌گیرد. در حقیقت دروازه یا سرور شبکه مانند یک واسطه بین نرم‌افزار کاربر و دستگاه‌های انتهایی عمل می‌کند و امکان رسیدن داده به نرم‌افزار را فراهم کند. در شبکه Lora داده‌ها به صورت انتها به انتها[3] بین دستگاه‌ها و برنامه کاربردی از طریق رمزگذاری AES ارسال می‌شود. از این رو امنیت اطلاعات کاربران نیز تضمین می‌گردد. فناوری Lora با بکارگیری لینک متقارن، امکان ارتباط کاملاً دو سویه را فراهم می‌کند. این مسأله به ویژه در سرویس‌های اینترنت اشیا که نیاز به ارسال دستورهای کنترلی از سمت سرور به تجهیزات انتهایی را دارند، بسیار با اهمیت است. در LoRaWAN نرخ ارسال داده مبتنی بر پروتکل لایه فیزیکی Lora، 27 kb/s است و هر دروازه می‌تواند داده‌های هزاران دستگاه انتهایی را جمع‌آوری نماید. همچنین پوشش رادیویی هر دروازه شبکه Lora در مناطق باز و حومه شهر تا ۱۵ کیلومتر نیز می‌رسد.

بسیاری از سیستم‌های پیشین به منظور رسیدن به توان پایین از مدولاسیون FSK[4] در لایه فیزیکی بهره می‌بردند. اما Lora مبتنی بر مدولاسیون CSS[5] است که علاوه بر فراهم آوردن خاصیت توان پایین مدولاسیون FSK ناحیه پوشش و نفوذپذیری را نیز به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. چندین دهه چنین مدولاسیونی به دلیل مقاوم بودن در برابر تداخل[6] و ناحیه پوشش وسیع،

[1] LoRaWAN gateway
[2] Star of Stars
[3] End to End
[4] Frequency Shift Keying
[5] Chirp Spread Spectrum
[6] Interference

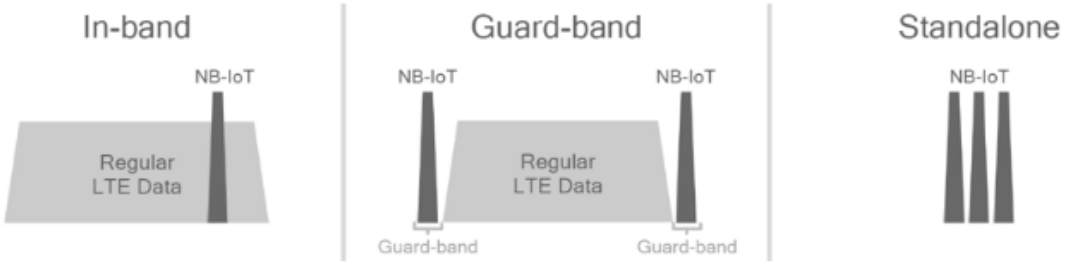
DOI: 10.30503/nripress.2020.298

تنها در کاربردهای نظامی و ارتباطات فضایی استفاده می‌شد. اما Lora اولین پیاده‌سازی کم هزینه و مناسب برای کاربردهای تجاری از چنین سیستمی است که در باندهای بدون نیاز به مجوز کار می‌کند.
از نظر مدل توسعه، شبکه Lora در مقابل شبکه Sigfox استراتژی کاملاً متفاوتی را اتخاذ کرده و مشارکت در تمام قسمت‌ها باز و ممکن است. عضویت در LoRa Alliance و مشارکت در توسعه و استفاده از استانداردهای این فناوری برای همه امکان‌پذیر می‌باشد. هر شرکت سخت‌افزاری می‌تواند دستگاه‌های انتهایی و دروازه را مطابق با استانداردهای شبکه Lora تولید کند. حتی تولید ماژول‌های رادیویی (لایه فیزیکی) که تا دو سال پیش تنها توسط Semtech انجام می‌گرفت، با فروش لیسانس آن به کمپانی‌های NXP و Microchip از انحصار یک کمپانی خاص خارج شده است.
از این رو شبکه Lora راهبرد توسعه بسیار منعطفی را پیش گرفته که در نتیجه توسعه شبکه به یک شرکت خاص وابسته نیست. همین امر رشد این پروتکل را سرعت بخشیده است و علی‌رغم شروع دیرتر نسبت به Sigfox هم‌اکنون در مناطق بیشتری پوشش رادیویی دارد. همچنین مدل‌های متنوعی نیز از شبکه‌های کاملاً خصوصی و خارج از بستر اینترنت، تا شبکه‌های عمومی با طرح‌های تجاری مختلف، بر بستر این فناوری شکل گرفته است. از سوی دیگر اکوسیستم باز شبکه Lora موجب شده است که این فناوری در بخش فنی نیز به سرعت توسعه و در این زمینه نسبت به سایر پروتکل‌ها پیشی گیرد [326].

۳-۹-۳-۱۵ فناوری NB-IoT

شبکه NB-IoT یک فناوری LPWAN است که توسط سازمان استانداردسازی 3GPP و بطور ویژه برای راهکارهای اینترنت اشیا توسعه داده شده است. NB-IoT که شاید بتوان آن را جدیدترین فناوری LPWAN دانست، پس از ارائه شبکه‌های Lora (LoRaWAN)و Sigfox عرضه شد و هدف از آن ارائه پروتکلی بود که بتواند توسط اپراتورهای موبایل و در باندهای فرکانسی مجوزدار استفاده شود. این فناوری نسبت به LTE-M که پیش‌تر و برای ارتباطات ماشین با ماشین[1] توسط 3GPP ارائه شده بود، توان مصرفی پایین‌تر، هزینه کمتر و ناحیه پوشش وسیع‌تر (که از ویژگی‌های مشترک شبکه‌های LPWAN است) دارد. در سوی دیگر اما نرخ داده این شبکه نسبت به سایر فناوری‌های 3GPP پایین‌تر است.
همان‌طورکه در شکل ۱۵-۱۵ مشاهده می‌شود، کانال فرکانسی NB-IoT می‌تواند به سه صورت تخصیص یابد:

- در میانه باند کانال با فرکانس ۱۸۰ کیلو هرتز
- در باندهای محافظ شبکه
- به صورت باند مستقل ۲۰۰ کیلو هرتز



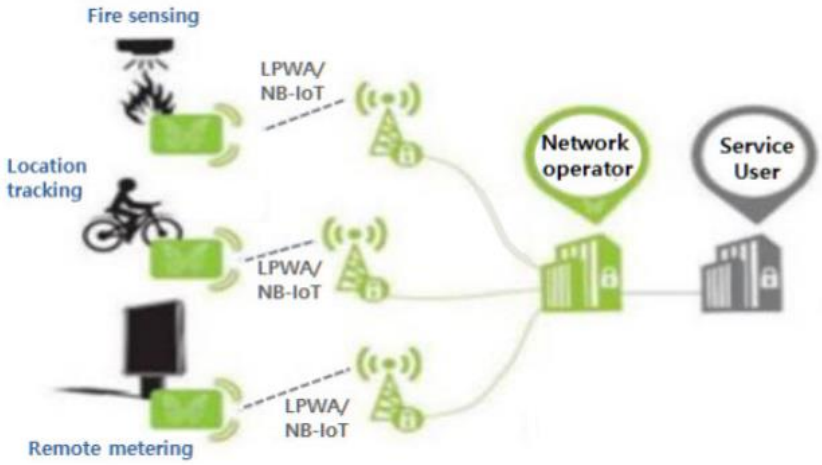
شکل ۱۵-۱۵ انواع اختصاص باند فرکانسی به شبکه NB-IoT [327]

مزیت‌های شبکه NB-IoT نسبت به شبکه‌های موبایل که پیش‌تر توسط 3GPP ارائه شده بودند عبارتند از:

[1] Machin to Machin (M2M)

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- شبکه NB-IoT توان مصرفی بسیار کمتری در زمان عملکرد دارد. البته باید توجه داشت که همه تراشه‌های فناوری NB-IoTتوان مصرفی یکسان ندارند.
- انتظار می‌رود هزینه اولیه ماژول‌های شبکه NB-IoT قابل مقایسه با GSM/GPRS باشد. با این حال این فناوری بسیار ساده‌تر از GSM/GPRS است و با افزایش تقاضا، احتمالاً هزینه آن نیز کاهش یابد.
- فناوری شبکه NB-IoT می‌تواند عمق نفوذ بیشتری نسبت به LTE-M فراهم کند، البته در مقابل نرخ انتقال داده آن نیز کمتر است.
- اگرچه شبکه NB-IoT به نوعی بر پایه شبکه‌های LTE توسعه یافته، اما در لایه فیزیکی مبتنی بر مدولاسیون DSSS با پهنای باند فرکانسی ۲۰۰ کیلوهرتز است. این مدولاسیون نسبت به مدولاسیون OFDMA که در LTE بکارگرفته شده است مصرف توان کمتری دارد. همان‌طور که در شکل ۱۶–۱۵ نشان داده شده است حسگرهایی که در خانه وجود دارند (مانند کنتورهای آب و برق و غیره) و همین‌طور حسگرهایی که تحرک بیشتری دارند (مانند تشخیص مکان‌یابی و علائم حیاتی و سلامتی کودکان، سالمندان، حیوانات خانگی و غیره) به گیرنده‌هایی که مانند دکل‌های BTS در نقاط مختلف شهر نصب می‌شوند، اطلاعات را مخابره می‌کنند و سپس این اطلاعات به واحدهای محاسبات و تصمیم‌گیری فرستاده می‌شود.



شکل ۱۶–۱۵ کاربردهای شبکه NB-IoT و ساختار شبکه آن [327]

مؤسسه استاندارد گذاری 3GPP در سال ۲۰۱۴ در نسخه ۱۳ خود، گام‌های اولیه در توسعه استاندارد هر دو سمت شبکه و دستگاه‌های انتهایی را آغاز کرد. ورود به این عرصه با توجه به کاربردهای متنوع، وضعیت بازار و طیف فرکانسی در دسترس، و همچنین ارائه برخی فناوری‌های رقیب شروع شد. این فرآیند بطور خاص با حمایت شرکت Huawei که در زمینه توسعه سخت‌افزارهای شبکه موبایل فعالیت دارد شکل گرفت. خروجی این فرآیند ارائه استانداردهایی از جمله EC-GSM، LTE-M و نهایتاً NB-IoT است که در اواسط سال ۲۰۱۷ نهایی و عرضه شد. LTE-M با پشتیبانی از ملزومات مورد نیاز Cat 1، Cat 0 و Cat Mبرای کاربردهایی که محتوای بیشتری در آن‌ها ارسال می‌شود، مناسب است. در مقابل NB-IoT با تمرکز بر کاربردهای شبکه‌های LPWAN و پایین‌آوردن توان مصرفی و هزینه‌ها ارائه شده است. برای نمونه در کاربردهای کنتور آب که نیاز به ناحیه پوشش وسیع و هزینه پایین دارد فناوری شبکه NB-IoT نسبت به LTE-M مناسب‌تر خواهد بود.

با توجه به اینکه شبکه NB-IoT بر پایه شبکه‌های سلولی موبایل و در باندهای مجوزدار شکل گرفته است، مدل توسعه آن نیز کاملاً مشابه شبکه‌های ارتباطی موبایل و مبتنی بر اپراتورهاست. از این رو امکان راه‌اندازی شبکه‌های خصوصی[1] مبتنی بر این

[1] Private Networks

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فناوری وجود ندارد و توسعه این شبکه در هر منطقه، نیازمند تصمیم اپراتورهای محلی برای بروزرسانی سایت‌های موبایل است. همچنین با توجه به اینکه این پروتکل با تأخیر قابل توجهی نسبت به دو رقیب اصلی خود در حوزه LPWAN ارائه شده است، در فرآیند تجاری‌سازی نیز فاصله زیادی با این دو دارد. با وجود این پیش‌بینی می‌شود این شبکه نیز با توجه به حمایت برخی اپراتورهای موبایل بتواند در کاربردهایی هم‌چون ردیابی تجهیزات و ... سهمی از بازار را به خود اختصاص دهد [327].

۱۵-۳-۱۰ فناوری شبکه‌های موبایل

این فناوری شامل شبکه‌های 2G، 3G، 4G (LTE) و 5G می‌شود. فناوری LTE کنونی قادر است پهنای باندی در حدود ۱۰۰ مگابیت در ثانیه را در برد وسیع ۱۰ کیلومتر با قابلیت اطمینان و دسترسی بالا تأمین کند. با این حال، ایجاد چنین شبکه‌هایی علاوه بر این که هزینه بسیار بالایی دارد به دلیل مصرف انرژی بالا برای کاربردهای اینترنت اشیا که نیاز به منابع تغذیه کم‌مصرف با طول عمر بالا دارند چندان مناسب نیست. در نتیجه شبکه‌هایی مانند LTE-M یا NB-IoT معرفی شدند که می‌توانند با استفاده از زیرساخت‌های این شبکه‌ها و یا اجاره قسمتی از فرکانس‌های اختصاص‌یافته زمینه را برای کاربردهای IoT، بیشتر فراهم کنند. به مجموع فناوری‌های شبکه‌های موبایل و LPWAN معمولا فناوری‌های سلولی گفته می‌شود. در جدول ۳-۱۵ تعدادی از این فناوری‌ها با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

جدول ۳-۱۵ مقایسه تعدادی از فناوری‌های سلولی [324]

فناوری	5G	EC-GSM	LTE-M	LoRa	SigFox
برد	<15 km	<15 km	<15 km	<11 km	<13 km
حداکثر تلفات تزویج[1]	164 dB	164 dB	156 dB	157 dB	160 dB
فرکانس کاری	900 MHz	900 MHz	900 MHz	900 MHz	900 MHz
پهنای باند	shared	2.4 MHz	1.4 MHz	<500 KHz	100 Hz
عمر باتری	۱۰< سال	۱۰< سال	۱۰< سال	۱۰< سال	۱۰< سال
نرخ داده	<1 Mbps	<10 kbps	<1 Mbps	<50 Kbps	<100 bps

۱۵-۳-۱۱ ارتباطات ماهواره‌ای

یکی دیگر از فناوری‌های برد بلند مورد استفاده، ارتباط ماهواره‌ای است. با توجه به هزینه بسیار بالای این راهکار فعالان اینترنت اشیا فقط در صورت نبود دسترسی یا توجیه شبکه‌های سلولی و فیبر نوری از آن استفاده می‌کنند. برای مثال شرکت‌های فعال در حوزه دفاعی می‌توانند از ارتباط ماهواره‌ای برای ارتباط با پهپادهای بدون سرنشین استفاده کنند. در این نوع از ارتباط پهنای باند پایین و متوسط، برد متوسط و بلند و قابلیت دسترسی و اطمینان متوسط و بالا است. تنها صنایع بخصوصی هستند که این راهکار ارتباط اینترنت اشیا را برمی‌گزینند. مزیت این روش برد بسیار بلند و امنیت بالای آن است و برای مثال شما در کشور دیگر و محل‌هایی که ارتباط اینترنت وجود ندارد می‌تواند خانه هوشمند خود را کنترل نمایید.

[1] Maximum Coupling Loss

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۲-۳-۱۵ مقایسه فناوری‌های بی‌سیم

در جدول ۴-۱۵ فناوری‌های بی‌سیم دسته‌بندی و خصوصیات اصلی آن‌ها از جمله برد، فرکانس کاری، باند فرکانسی، دارای مجوز بودن یا نبودن باند فرکانسی، نرخ انتقال داده و استاندارد لایه فیزیکی با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

جدول ٤-١٥ مقایسه فناوری‌های کاربردی در خانه هوشمند بر مبنای اینترنت اشیا

برد فناوری	نام فناوری	متراژ برد	فرکانس کاری	باند	نرخ داده	استاندارد
نزدیک	NFC	20 cm	13.56 MHz	ISM	106-424 kbps	ISO/IEC18000-3
	RFID	20 cm-200m	LF- Microwave	ISM	2Mbps	ISO/IEC18000-3
کوتاه	Bluetooth 5	<250 m	2.4 GHz	ISM	125 kbps-500 kbps-1Mbps-2Mbps	Bluetooth SIG standard
	ZigBee 3	100 m	2.4 GHz	ISM	250 kbps	802.15.4
	Z-wave	120-200 m	900 MHz-2.4 GHz	ISM	100 kbps	IUT-T G.9959
	Li-Fi	10 m	400-800 THz	IR-THz-UV	1.25-96 Mbps	802.15.7
	Thread	30 m	2.4 GHz	ISM	250 kbps	802.15.4
	6LoWPAN	10 -100 m	Sub 1GHz	ISM	20-250 kbps	802.15.4
متوسط	Wi-Fi HaLow	1km	900 MHz	ISM	150 kbps	802.11.ah
بلند	SigFox	10 km	900 MHz	ISM	100 or 600 bps	SigFox
	LoRa	15 km	900 MHz	ISM	27 kbps-50 kbps	Open standard
	NB-IoT	35 km	900 MHz	Licensed	250 kbps	3Gpp Narrowband Cellular standard
	LTE-M	1 km	900 MHz	Licensed	200kbps-1Mbps	3Gpp Narrowband Cellular standard

۱۵-۴ استانداردهای ارتباطی سیمی خانه هوشمند

در حال حاضر بسیاری از زیرساخت‌های انتقال قدیمی و جدید مانند خطوط تلفن، سیم‌کشی برق، خطوط دو سیمه بدون حفاظ، کابل‌های کواکسیال و فیبرهای نوری وجود دارند. به طور گسترده فناوری‌های ارتباطی سازگار با سیم برق وجود دارند که از زیرساخت برق‌کشی خانه برای ارتباطات استفاده می‌کنند. آن‌ها معمولاً برای کاربردهای مخابرات سرعت بالا استفاده می‌شوند و استانداردهایی نیز برای آن‌ها تنظیم شده است که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- اترنت[1]

اترنت یکی از تکنولوژی‌های شبکه نمودن کامپیوتر برای شبکه‌های LAN و MAN می‌باشد و محدوده گسترده‌ای از نرخ انتقال داده را از 10 Mbps تا 1 Gbps با استفاده از کابل و تا 10 Gbps را برای فیبرنوری ارائه می‌دهد. این تکنولوژی یک واسط به اشتراک گذاشته شده را در وسایل خانه مانند چاپگر، لپ‌تاپ، سرورها و وسایل صوتی–تصویری استفاده می‌نماید. اترنت شاید بهترین گزینه برای اتصال همه وسایل و لوازم در شبکه خانه هوشمند نباشد زیرا توان و هزینه زیادی دارد و از همه مهم‌تر هر وسیله نیاز به یک کابل‌کشی جداگانه به نقطه مرکزی دارد.

- X10

یکی از استانداردهای صنعتی بین المللی و باز که از کابل‌کشی برق برای سیگنالینگ و کنترل وسایل خانه استفاده می‌کند X10 است که در آن سیگنال‌ها شامل برست‌های کوتاه فرکانس رادیویی از اطلاعات دیجیتال هستند. اما همچنان X10 از پاره‌ای مسائل مانند غیرسازگاری با سیم‌کشی و وسایل نصب شده، کارایی محدود، اختلال، تضعیف بیش از حد سیگنال‌ها بین دو هادی، سرعت‌های پایین، نداشتن رمزنگاری و از دست دادن زیاد فرمان‌ها رنج می‌برد.

- Insteon

این فناوری یک توپولوژی مش را تعریف می‌کند که شامل خطوط ارتباطی الکتریکی و رادیویی است. Insteon از آنجایی که سعی می‌کند با X10 سازگاری داشته باشد محدودیت‌های X10 را نیز دارد. این فناوری یک راه‌حل خاص برای اتوماسیون خانگی است و وسایل آن می‌توانند ارتباطات فقط سیمی، فقط بی‌سیم و یا هم سیمی و هم بی‌سیم را پشتیبانی کنند. همه وسایل Insteon جفت هستند، بدین معنی که هر وسیله‌ای می‌تواند هر پیام پروتکل Insteon را بدون نیاز به نرم‌افزار مسیریاب یا کنترل‌کننده ارسال، دریافت و تکرار نماید.

- LON[2]

LON یک فناوری شبکه کنترل/حسگر است که کاربردهای وسیعی را پوشش می‌دهد. این فناوری یک معماری انعطاف‌پذیری دارد زیرا وسایل هوشمند آن، داده را از محیط در یک شبکه حسگر دریافت کرده و مانند یک شبکه کنترلی در یک حلقه بازخورد می‌توانند بر پارامتر حس شده تأثیر متقابل داشته باشند. این فناوری همه زیرسیستم‌های اتوماسیون خانگی که عبارتند از سیستم‌های گرمایشی، تهویه، امنیتی، روشنایی، تشخیص آتش، رصد مصرف انرژی، کنترل دسترسی، کنترل شیر آتش نشانی و تشخیص گاز و دود را شامل می‌شود. شبکه‌های LON همچنین در ساخت نیمه‌هادی‌ها، وسایل کاغذی، ماشین‌های بافت، اتوماسیون، پتروشیمی، خوراک و آشامیدنی، پالایش فاضلاب و تولید مواد مورد استفاده هستند. بیشتر وسایل در سیستم‌های اتوماسیون بر پایه LON با استفاده از سیم به هم متصل می‌شوند، اما انتقال بی‌سیم نیز در مواردی مانند ارتباطات خانه به خانه، رصد مناطق خاصی از خانه یا مواد انبار شده در یک ساختمان به کار می‌رود. با این فناوری سیستم‌های شبکه‌ای می‌توانند براساس معماری جفت شدن با تعداد زیادی گره که محدودیت هم‌زمانی ندارند ایجاد شوند و عموماً مناطق گسترده‌ای را تحت پوشش قرار دهند. LON همچنین از محیط‌های چندگانه ارتباطات بی‌سیم و گره‌های دارای تغذیه باتری که تنها برای ارسال و دریافت پیام فعال می‌شوند، استفاده می‌کند.

- MoCA[3]

MoCA یک اتحادیه استاندارد صنعتی است که یک فناوری برای خانه‌های متصل شده توسط کابل‌های کواکسیال ایجاد کرده است که کارایی و قابلیت اطمینان را برای شبکه خانگی فراهم می‌کند. در حال حاضر دو نسخه MoCA 1.1 و MoCA 2.0 موجود هستند که استانداردهای مورد استفاده توسط سرویس‌دهندگان در شمال آمریکا می‌باشند. این فناوری همچنین برای دیگر نقاط جهان نیز بهینه شده است. MoCA می‌تواند ارتباطاتی بسیار مقاوم، با تأخیر کم و ایمن را در نرخ داده ۴۰۰

[1] Eternet
[2] Local Operating Networks
[3] Multimadia over Coax Alliance

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

تا ۸۰۰ مگابیت بر ثانیه و نرخ خطای یک بسته خطا در هر ۱۰۰ میلیون بسته فراهم نماید. کاربرد اولیه این فناوری مربوط به توزیع محتوای ویدئویی با کیفیت بوده است.

- M-Bus[1]

این واسط برای خواندن از راه دور مصارف خانگی مانند کنتورهای آب یا گاز ایجاد شده است و همچنین می‌تواند برای سیستم‌های امنیتی و کنترل گرمایش و روشنایی نیز مفید باشد. M-Bus یک تکنولوژی مخابراتی مهم برای قرائت از راه دور کنتورها در اروپا است و به صورت EN13757 استاندارد شده است [328]. M-Bus از یک کنترل‌کننده و یک واحد کنترل‌شونده که توسط یک جفت سیم به هم تابیده[2] به یکدیگر متصل شده‌اند، تشکیل شده است. واسط M-Bus دارای این ویژگی منحصر به فرد است که می‌تواند کنتورها را از راه دور تغذیه نماید و کنتورها داده‌های جمع‌آوری شده را طبق خواسته واحد کنترل‌کننده انتقال می‌دهند که خود واحد کنترل‌کننده نیز می‌تواند به شبکه موبایل یا اینترنت متصل شود. برای از دست ندادن پالس‌های کنتورها در شرایطی که تغذیه قطع می‌شود، M-Bus می‌تواند از باتری‌های تغذیه به عنوان جایگزین تغذیه برق استفاده کند.

- KNX

پروتکل KNX یک پروتکل ارتباطی استاندارد شده بر اساس OSI است که برای خانه هوشمند طراحی شده است. این استاندارد یک نسخه ارتقا یافته و جایگزین سه استاندارد BitaBUS، EHS[3] و EIB[4] است. همه وسایل نصب شده در KNX توسط یک باس دو سیمه به یکدیگر متصل هستند. KNX امکان پیاده‌سازی سه نوع توپولوژی خطی، ستاره و درخت را برای بستن باس فراهم می‌کند که در مواقع لزوم نیز می‌توان از ترکیب این سه توپولوژی استفاده کرد. در استاندارد KNX امکان استفاده از توپولوژی‌های حلقه وجود ندارد.

تجهیزات اصلی در سیستم مدیریت هوشمند ساختمان به سه دسته حسگرها، کنترل‌کننده‌ها و عملگرها تقسیم می‌شوند. ارتباط بین سیگنال‌های کنترل‌کننده این تجهیزات توسط زبان قانون‌مند پروتکل KNX انجام می‌گیرد. پیکربندی پروتکل KNX بسته به نوع استفاده از تجهیزات در حالت کلی به سه دسته تقسیم می‌شود [329]:

- وضعیت خودکار[5] : شامل تجهیزاتی هستند که از قبل برنامه‌ریزی شده‌اند و به راحتی و بدون انجام کار خاصی قابل نصب و راه‌اندازی هستند.
- وضعیت آسان[6]: تجهیزاتی هستند که دارای تعدادی پارامتر قابل برنامه‌ریزی هستند و برای نصب و راه‌اندازی نیاز به آموزش ابتدایی دارند.
- وضعیت سیستمی[7]: تجهیزاتی هستند که در ساخت اتوماسیون‌های سفارشی مثل تجهیزات کارخانه‌ها به کار گرفته می‌شوند. وضعیت سیستمی هیچ پیش‌فرض اولیه‌ای نداشته و بایستی توسط تکنسین‌های مجرب، نصب و برنامه‌ریزی شود.

گرچه امنیت و قابلیت اطمینان در شبکه KNX بالاست ولی نسبت به شبکه‌های بی‌سیم دارای معایبی نیز هست. تجهیزات KNX توسط نرم‌افزار ETS برنامه‌ریزی می‌شوند که نیاز به تخصص و تجربه دارد و در بعضی مواقع لازم است که این برنامه‌ریزی‌ها با توجه به نیاز کاربر تغییر کنند که تغییر در کدهای قبلی کار آسانی نیست و معمولاً نیاز به برنامه‌نویسی مجدد می‌باشد.

---

[1] Meter-Bus
[2] Twisted pair cable
[3] European Home System Protocol
[4] European Installation BUS
[5] Automatic mode
[6] Easy mode
[7] System mode

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

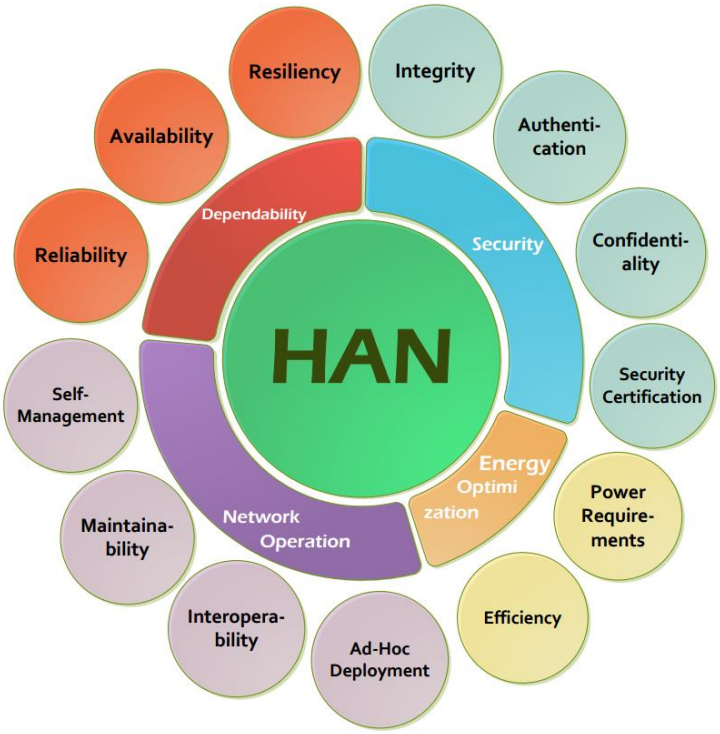
همان‌طور که در مقایسه شبکه‌های سیمی و بی‌سیم اشاره شد، شبکه‌های سیمی مانند KNX نیاز به کابل‌کشی از تجهیزات مختلف به یک نقطه مرکزی دارند. در نتیجه معمولاً قبل از اتمام ظریف‌کاری ساختمان باید این سیم‌کشی‌ها انجام شده و سپس روی آن پوشانده شود. بعد از انجام این‌کار دیگر تغییر محل تجهیزات کار مشکلی خواهد بود. علاوه‌براین ممکن است حتی زدن میخی روی دیوار بدون در نظر گرفتن نقشه سیم‌کشی باعث قطع شدن شبکه بشود. در حالی که شبکه‌های بی‌سیم بدون نیاز به تخریب ساختمان‌های تکمیل شده به راحتی قابل نصب و پیاده‌سازی هستند.

به دلیل استفاده‌های روزافزون از شبکه‌های بی‌سیم و استقبال عمومی از آن‌ها قیمت تجهیزات بی‌سیم به تدریج کاهش پیدا می‌کند و معمولاً راه‌اندازی یک شبکه بی‌سیم Z-wave ارزانتر از یک شبکه KNX خواهد بود. علاوه‌براین این نکته را نیز باید در نظر گرفت که شما به عنوان یک صاحب‌خانه قصد هوشمندسازی ساختمان را دارید یا در آن خانه مستأجر هستید و بعداً نیاز به جابجایی تجهیزات خواهید داشت که در حالت دوم تجهیزات بی‌سیم بیشتر می‌تواند مورد توجه باشد.

نیاز دیگری که شاید با گذر زمان مورد توجه قرار گیرد به روزرسانی شبکه و تجهیزات آن است که در یک شبکه سیمی تغییر در شبکه سیم‌کشی کار سختی خواهد بود و ممکن است سرعت انتقال داده در حدی که نیاز داریم نباشد. همچنین در صورت قطعی در شبکه سیم‌کشی یا خراب شدن یک ماژول، پیدا کردن محل قطعی یا خرابی در شبکه سیمی به مراتب سخت‌تر از یک شبکه بی‌سیم است.

۱۵-۵ نیازمندی‌های ارتباطی خانه هوشمند

نیازها و چالش‌های ارتباطی خانه هوشمند را می‌توان به دو دسته کلی عملکردی و غیرعملکردی تقسیم کرد که چالش‌های غیرعملکردی نیز به سه بخش چالش‌های امنیت، قابلیت اطمینان و بهینه‌سازی مصرف انرژی تقسیم می‌شوند. هر یک از این دسته‌های کلی را می‌توان به حوزه‌های کوچکتری تقسیم نمود که در شکل ۱۷-۱۵ این حوزه‌ها نشان داده شده است. در ادامه در مورد هر یک به طور مختصر توضیحاتی ارائه می‌شود [330].



DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۱۷-۱۵ دسته‌بندی نیازمندی‌های ارتباطی خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا [330]

۱-۵-۱۵ امنیت

شبکه‌های داده خانگی به شدت در معرض حملات خارجی از طریق اینترنت هستند. از طرفی بسیاری از داده‌های این شبکه‌ها حساس بوده و در صورتی که در دسترس مهاجمان قرار گیرند، می‌توانند تهدیدی برای خانه هوشمند و ساکنان‌اش محسوب شوند. این بدین معناست که شبکه خانگی (HAN[1]) باید همه دستگاه‌ها را شناسایی و تأیید کند. همچنین با استفاده از رمزگذاری از یکپارچگی[۲] اطلاعات و شخصی بودن آن‌ها حفاظت کند و در مقابل حملات آن‌ها را حفظ نماید. برخی از دستگاه‌های متصل به شبکه خانگی ممکن است برای کاهش هزینه و افزایش طول عمر باتری، منابع محدودی در اختیار داشته باشند. این خصوصیت برای دستگاه‌های پرتابل مانند تجهیزاتی که برای پایش سلامت بیمار مورد استفاده قرار می‌گیرند، موضوعیت دارد. در شبکه‌های سیمی (مانند دستگاه‌های بر پایه اترنت) منابع سخت‌افزاری کافی برای پوشش دادن مسائل امنیتی وجود داد، اما با این حال این انتظار از دستگاه‌های بی‌سیم نیز وجود دارد که با وجود محدودیت‌های انرژی و پرتابل بودن، امنیت اطلاعات را نیز فراهم کنند. امنیت یکی از مهمترین مشخصات هر سیستمی است که ممکن است به طرق مختلفی تعریف شود. نیازمندی‌های امنیتی شبکه خانگی عبارتند از:

- یکپارچگی اطلاعات[۳]

یکپارچگی اطلاعات به این معنا است که یک پیام به طور سالمی به گیرنده برسد. لازم است که یکپارچگی اطلاعات به طور موثر و دقیق انجام شود، در غیر این صورت ممکن است دستگاهِ گیرنده، آسیب ببیند، غیر قابل استفاده شود و یا حتی پیام به گیرنده اشتباهی ارسال شود. موارد اشتباهی در پیام شامل آدرس فرستنده باید شناسایی شود. همچنین فرستنده باید بتواند تأیید کند که یک پیام خاص ارسال شده است و این‌که آیا گیرنده آن را دریافت کرده است یا خیر.

- احراز هویت[۴]

احراز هویت در سه زمینه اصلی انجام می‌گیرد. ۱) احراز هویتی که هویت فرستنده فرضی یا مدعی را تصدیق می‌کند. ۲) احراز هویتی که مبدأ پیام را تأیید می‌کند. ۳) احراز هویت مکانی که درستی اطلاعات مکانی فرضی یا ادعا شده را تضمین می‌کند.

- گواهی امنیت[۵]

ارتباطات خانه هوشمند باید از گواهی امنیت تجهیزات پشتیبانی کند. هر تجهیز باید از لحاظ امنیت توسط یک مرجع مستقل و شناخته‌شده، تأیید شده باشد.

- محرمانه بودن[۶]

محتوای پیام باید محرمانه نگه داشته شود، بدین معنا که تنها طرفین ارتباط از آن مطلع شوند. پیام فرستنده یا گیرنده باید برای هر کس دیگری غیر قابل درک باشد و گره‌های میانی مانند اپراتورهای شبکه نباید بتوانند داده مبادله شده بین فرستنده و گیرنده را درک کنند. به این منظور لازم است از رمزنگاری استفاده شود. در حالی که اطلاعات در شبکه‌های خانگی در حال حرکت است باید تضمین کرد که از دسترسی غیرمجاز دیگر تجهیزات به داده جلوگیری شود. در این حالت رمزنگاری داده سطح بالایی از حفاظت را برای پنهان نمودن اطلاعات ایجاد می‌کند زیرا برای خواندن

[1] Home Area Network
[2] Integrity
[3] Information Integrity
[4] Authentication
[5] Security Certification
[6] Confidentiality

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

اطلاعات نیاز به کلید رمز است. روش‌های رمزنگاری مانند RFC3565 برای AES128 می‌توانند در ارتباطات مورد استفاده قرارگیرند.

۱۵-۵-۲ قابلیت اطمینان

قابلیت اطمینان[1] شامل پایایی، قابلیت دسترسی و انعطاف‌پذیری است.

- پایایی[2]

پایایی می‌تواند به صورت احتمال این که یک شبکه به طور پیوسته و مناسب در یک بازه زمانی کار کند، تعریف شود. یک شبکه پایا شبکه‌ای است که بی‌وقفه یک سرویس را ارائه دهد. پایایی می‌تواند به چند سطح دسته‌بندی شود: پایایی رویداد، پایایی بسته، پایایی Hop-by-Hop، پایایی انتها به انتها. سطوح پایایی بسته و رخداد برای عملکرد نیاز به اطلاعاتی برای تشخیص عامل ایجاد یک رویداد در شبکه دارند. سطوح پایایی انتها به انتها و Hop-by-Hop مربوط به بازیابی موفق اطلاعات رویداد هستند. البته همه این موارد به مکانیسم‌های جایگزینی و ارسال مجدد متکی هستند.

- قابلیت دسترسی

در تعریف قدیمی، یک شبکه با دسترسی بالا در نظر گرفته می‌شود اگر زمان از کار افتادگی[3] آن بسیار محدود باشد. هدف در درسترس بودن تضمین این است که سرویس‌های شبکه همیشه در دسترس باشند و همچنان با ایجاد چند خطا به فعالیت خود ادامه دهند یا سریعا دوباره شروع به کار کنند.

- انعطاف پذیری

انعطاف قابلیت بازیابی و میزان جابجایی خطای یک شبکه را تعریف می‌کند. براساس یک سری از ویژگی‌های ذاتی، شبکه های توری بی‌سیم در مقابل خطاهای گره‌ها و ارتباطات در مقایسه با شبکه‌های سیمی بیشتر آسیب‌پذیر هستند. در نتیجه اخیرا قابلیت انعطاف در مقابل خطاها به یک مساله بسیار مهم در طراحی شبکه‌های توری بی–سیم تبدیل شده است. همچنین مشاهده شده است که عدم رفتار مناسب گره‌های حسگر می‌تواند منشا خطاهایی باشد که چالش جدید و مسائل بازی در طراحی انعطاف شبکه‌های بی‌سیم بوجود می‌آورد و می‌تواند عملکرد و کل اتصال شبکه‌ها را تضعیف نماید. هنگامی که اتفاقاتی می‌افتد، درجه انعطاف نشان می‌دهند که یک شبکه هوشمند خانگی چقدر می‌تواند واقعا قابل اعتماد باشد. قابلیت انعطاف، اساسا از منظر امنیت نیز قابلیت ذخیره و بازیابی از محدوده‌ای از وقفه‌ها یا خرابکاری‌ها را با استفاده از یک روند پاسخ سریع و مقاوم بخصوص برای ادوات دیجیتال آسیب‌پذیر در داخل خانه نشان می‌دهد.

۱۵-۵-۳ بهینه‌سازی مصرف انرژی

- الزامات توان

این فاکتور در ادوات سیار بی‌سیم همواره بسیار مهم بوده است. در دهه اخیر پیشرفت‌های چشمگیری در این حوزه بدست آمده است. با این حال، یک تحول به سمت المان‌های با مصرف بهینه باید ادامه پیدا کند بخصوص برای کنترل حسگرها، ادوات دارای تغذیه باتری وهمچنین وسایل کنترل از راه دور و سیار دستی تا دوام این وسایل با ذخیره هر چه بیشتر انرژی افزایش یابد.

[1] Dependability
[2] Reliability
[3] Downtime

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- بازدهی

استفاده از باند فرکانسی می‌تواند هزینه‌بر باشد در نتیجه یک روش موثر با کمترین میزان تلف و هزینه یا تلاش غی ملزوم مورد نیاز است. روش خروجی با هدف پرهیز از افزونگی غیر ضرور در انتقال‌ها لازم می‌دارد که خواندن دقیقی از داده‌های مصرف توان داشته‌باشیم.

۱۵-۵-۴ نیازهای عملکرد شبکه

- قابلیت همکاری[1]

قابلیت همکاری و تمامیت زیرساخت به طور زیادی بر موثر بودن و بازدهی کل عملکرد سیستم تاثیر می‌گذارد. المان‌های یک خانه هوشمند شامل تعدادی از استانداردهای همکاری برای اهداف ارتباطی هستند. برای تجمیع فاوری‌های مختلف و پروتکل‌های مخابراتی، این قابلیت با هدف شناسایی متقابل و ارائه انتقال داده پیوسته مطلوبست. تجمیع نابازده یا با بازدهی کم و تاثیر متقابل المان‌ها بر روی یکدیگر می‌تواند باعث تاخیر زمان پاسخ‌گویی شود و همچنین عملکرد کلی سیستم و آنچه در داخل سیستم منتقل می‌شود را تخریب نماید.

- پیاده‌سازی Ad Hoc

به دلیل این که مهم است که ادوات مختلف شبکه در یک مود ساختار نیافته[2] به کار روند و در داخل خانه پخش شوند، بعضی از کاربردهای شبکه خانگی نیازی به از قبل تعیین نمودن مکان ایستگاه‌های ارتباطی خاص ندارند. گره‌ها باید مراحل زیاد راه‌اندازی و پیکربندی را به طور خودکار انجام دهند. این مراحل باید همراه با برقراری ارتباط با گره‌های حسگر نزدیک و پیدا کردن مکان آن‌ها به منظور شروع وظایف حس کردنشان باشد. اطلاعات دریافت شده به طور مستقیم در قابلیت تغییر مود عملکرد گره حسگر تاثیر می‌گذارند.

- خود مدیریتی[3]

بسیاری از کاربردهای مختلف شبکه حسگر به گونه‌ای برنامه‌ریزی شده‌اند که بدون حمایت زیرساختی یا نیاز به تعمیر و نگه‌داری کارکنند. در نتیجه برای پیکربندی خودشان، عملکرد و ارتباط با دیگران، انطباق با خطاها، تغییرات در محیط یا محرک‌های محیطی، نیاز است گره‌های حسگر خود مدیریت داشته باشند و این بدین معنی است که کاملا مستقل از دخالت انسانی باشند.

- قابلیت نگه‌داری

قابلیت نگه‌داری نیازی است که نشان می‌دهد تا چه میزان شبکه هوشمند خانگی با دوام و قابل اطمینان است. محیط می‌تواند تغییر کند که می‌تواند به معنی باتری‌های خالی شده، گره‌های خارج شده از محدوده عملکرد و یا وظایف جدید باشد. در نتیجه اجزای شبکه باید سلامت و وضعیت خودشان را مورد بررسی قرار دهند تا بتوانند پارامترهای عملکردی را تغییر دهند یا مصالحه‌های مختلفی را انتخاب کنند مثلا کاهش کیفیت در زمانی که منبع انرژی خیلی کم شده‌است. به منظور تعمیر سریع و به صرفه وسایل مختلف و ادوات مخابراتی، شبکه باید برای هدف نگه‌داری آسان طراحی شود.

[1] Interoperability
[2] Non-structured mode
[3] Self- Management

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل شانزدهم

بررسی پروتکل‌های لایه کاربرد اینترنت اشیاء و انتخاب پروتکل مناسب برای خانه هوشمند

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱-۱۶ مقدمه

یکی از مسائل مهم در ارتباط و تعامل دستگاه‌ها در خانه هوشمند با یکدیگر و با سرویس‌دهنده و همچنین تعامل کاربران با سرویس‌دهنده یا دستگاه‌ها، پروتکل لایه کاربرد است.

پروتکل‌های لایه کاربرد یا پروتکل‌های لایه ۷ در معماری OSI، پروتکل‌هایی هستند که خدماتی را برای برنامه کاربردی فراهم می‌کنند [331]. از وظایف پروتکل‌های لایه کاربرد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تسهیل ارسال داده از گیرنده به فرستنده متناسب با کاربرد خاص (به عنان مثال، پروتکل لایه کاربردی مانند RTP برای ویدئو، می‌تواند ویدئو را با سرعت و سربار متناسب برای ارسال ویدئو، جابجا کند یا پروتکل HTTP می‌تواند داده‌ها را با مدل RESTful بین سرویس‌دهنده و گیرنده جابجا کند)
- فراهم‌سازی امکاناتی مانند رمزگذاری و احراز هویت
- جلوگیری از درگیر شدن برنامه‌نویس با جزئیات شبکه و ارسال داده به سرویس‌دهنده (ارسال داده‌ها در لایه‌های پایین‌تر و مسائل آن مانند کنترل جریان، کنترل ازدحام، مسیریابی و ...)
- قالب‌بندی داده‌ها (نه در همه پروتکل ها) و باز کردن در سمت دیگر به همان شکلی که تحویل پروتکل لایه کاربرد شده است

همان‌طورکه گفته شد، پروتکل‌های لایه کاربرد می‌توانند کاربردی عمومی داشته یا برای کاربردی خاص طراحی شوند. با توجه به تنوع وسایل در خانه هوشمند و تفاوت در عملکرد آن‌ها، نیاز است که استفاده از پروتکل‌های لایه کاربرد مختلف برای این منظور، بررسی شود. از جمله ارتباطات داده‌ای بین وسایل خانه، سرویس‌دهنده و کاربر می‌توان به بروزرسانی سفت‌افزار وسایل خانه، ارسال پیام‌های کنترلی برای بروزرسانی تنظیمات دستگاه‌ها از راه دور و ارسال داده‌های خوانده شده توسط دستگاه‌ها (داده‌های ساده مانند دما و رطوبت تا داده‌های حجیم مانند صدا، تصویر و ویدئو) اشاره کرد.

مسئله مهم در انتخاب پروتکل لایه کاربرد مناسب برای وسایل خانه، کاربرد خاص و نیازمندی‌های خاص آن‌ها است. تعدادی از فاکتورهای تأثیرگذار در انتخاب پروتکل لایه کاربرد به شرح زیر هستند:

- مصرف انرژی

  با دسته‌بندی وسایل خانه بر اساس مصرف انرژی، می‌توان این وسایل را در دو دسته دارای محدودیت انرژی و بدون محدودیت انرژی قرار داد. دستگاه‌هایی که به برق متصل بوده و نیازی به ارتباط با آن‌ها در صورت قطع برق وجود ندارد، در دسته دستگاه‌های بدون محدودیت انرژی قرار می‌گیرند. به عنوان مثال کولر، بخاری، قهوه‌ساز، اجاق گاز و تلویزیون در این دسته قرار دارند. در مقابل، دستگاه‌هایی که برای عملکردشان به باتری وابسته بوده یا در حین قطع برق نیز لازم است در دسترس باشند، در دسته دستگاه‌های دارای محدودیت قرار می‌گیرند. این دسته شامل مواردی مانند کنترل‌کننده مرکزی خانه، دروازه، حسگر درب و قفل هوشمند است.

- کاربرد چندرسانه‌ای

  این کاربردها که می‌توانند شامل ارسال ویدئو (به عنوان مثال دوربین امنیتی)، تصویر (به عنوان مثال زنگ درب تصویری هوشمند) و صدا باشند، عموماً نیازمند پهنای باند بالا و تأخیر و Jitter پایین هستند. در شرایطی که انتقال داده چندرسانه‌ای دو طرفه باشند (مانند ارتباط از طریق زنگ درب تصویری هوشمند به نمایشگر خانه یا تلفن همراه کاربر)، تأخیر پایین از اولویت بالاتری برخوردار بوده و به طور کلی باید QoS[1] و QoE[2] داده‌های چندرسانه‌ای برای کاربر فراهم شود.

[1] Quality of Service
[2] Quality of Experience

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- نیازمندی زمان‌واقعی

از کاربردهای این نیازمندی می‌توان به حسگرها و عملگرهای دود و آتش اشاره کرد. در این موارد پروتکل و روش انتقال داده مورد استفاده نباید باعث ایجاد تأخیر در ارسال شود. لازم به ذکر است داده‌های چندرسانه‌ای خود می‌توانند نیازهای زمان‌واقعی داشته باشند.

- کاربردهای اندازه‌گیری دوره‌ای

اندازه‌گیری دوره‌ای پارامترهای محیطی مانند دما و رطوبت که در برخی از کاربردها مانند سلامت محیط خانه مورد استفاده قرار می‌گیرد، معمولاً نیازمند پهنای باند پایین بوده و به تأخیر حساسیت خاصی ندارد (لازم به ذکر است این دسته، به اندازه‌گیری زمان‌واقعی مرتبط نیست). این کاربردها معمولاً نیازمند روشی ساده و سبک برای انتقال مقادیر اندازه‌گیری‌شده هستند.

- نیازمندی قابلیت اطمینان بالا

برخی از کاربردها مانند انتقال دستورات کنترلی، نیازمند قابلیت اطمینان بالا هستند. بدین صورت که پروتکل و شبکه ارتباطی مورد استفاده باید تضمین کند که داده به مقصد خواهد رسید.

- کاربردهای نیازمند محیط فرکانسی امن

بخش‌هایی از خانه مانند اتاق کودک و اتاق خواب، ترجیحاً می‌بایست دارای کمترین ارتباطات بی‌سیم بوده و در صورت وجود، توان موج و فرکانس پایین باشد.

- نیازمندی‌های مرتبط با محدوده تحت پوشش

متناسب با تنوع دستگاه‌ها، هر کدام نیازمند محدوده تحت پوشش متفاوتی هستند. به طور کلی محدود تحت پوشش تمام وسایل خانه باید به نحوی باشد که بتواند به نقطه اتصال خانه یا شبکه سلولی برای دسترسی به اینترنت متصل شود. به عنوان مثال، در صورت استفاده از آبیار در باغ، شبکه آن وسیله باید محدوده تحت پوشش کافی برای اتصال به نقطه دسترسی را داشته باشد یا از گسترش‌دهنده‌های شبکه استفاده شود و یا شبکه مورد استفاده قابلیت استفاده از مِش[1] را داشته باشد. در کاربردهای دیگری نیز، مانند قفل درب هوشمند با قابلیت باز شدن با تگ NFC، شبکه مورد استفاده می‌تواند محدوده‌ای در حد چند سانتی‌متر داشته باشد.

- نیازمندی پهنای باند

متناسب با کاربرد، وسیله مورد استفاده می‌تواند نیازمند پهنای باندی بالا یا پایین باشد. به‌طورکلی، کاربردهای چندرسانه‌ای نیازمند پهنای باند بالا و مواردی مانند انتقال داده و دستورات از/به دستگاه‌ها نیازمند پهنای باند پایین هستند.

- نسبت هزینه خود وسیله به شبکه ارتباطی بکار رفته در آن

یکی دیگر از مسائل مهم در انتخاب پروتکل و شبکه ارتباطی برای دستگاه‌های مختلف، هزینه تمام شده دستگاه خواهد بود. برای تولید وسایل مختلف در خانه هوشمند، شبکه ارتباطی بکارگرفته شده در آن وسیله نباید باعث افزایش چشم‌گیر قیمت تمام شده آن وسیله شود (به عنوان مثال بکارگیری Wi-Fi بر روی حسگر تشخیص حرکت).

با توجه به بررسی انجام شده بر روی انواع وسایل خانه هوشمند، می‌توان فاکتورهای انتخاب پروتکل برای هر کدام از این وسایل را مطابق جدول ۱-۱۶ در نظر گرفت.

[1] Mesh

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

جدول ۱-۱۶ فاکتورهای مورد نیاز در انتخاب پروتکل لایه کاربرد برای وسایل خانه هوشمند

	کم مصرف بودن	چندرسانه‌ای و نیاز به پهنای باند بالا	زمان‌واقعی[1]	اندازه‌گیری دوره‌ای	قابلیت اطمینان بالا	محیط فرکانسی امن	محدوده تحت پوشش بالا	نسبت هزینه
دوربین	مدل دارای باتری	✓	×	×	×	در مدل داخل خانه	بسته به جایگاه نصب	×
قفل درب هوشمند	✓	مدل دارای دوربین	✓	×	✓	×	بسته به جایگاه نصب	×
زنگ درب تصویری هوشمند	مدل دارای باتری	✓	✓	×	×	×	بسته به جایگاه نصب	×
سیستم خاموش کردن آتش	✓	×	✓	×	✓	بسته به جایگاه	بسته به جایگاه نصب	×
سیستم ایمنی	مدل دارای باتری	×	✓	×	✓	بسته به جایگاه	بسته به جایگاه نصب	×
سیستم تهویه مطبوع خانه هوشمند	×	×	×	✓	✓	بسته به جایگاه	×	×
سیستم روشنایی	×	×	✓	×	✓	بسته به جایگاه	بسته به جایگاه	✓
آبیار	✓	×	×	×	✓	×	✓	✓
آبیاری گلدان[2]	✓	×	×	بسته به مدل	✓	بسته به جایگاه	×	×
سم‌پاش	✓	×	×	×	✓	بسته به جایگاه	بسته به جایگاه	×
سیستم اندازه‌گیری	×	×	×	✓	✓	بسته به جایگاه	بسته به جایگاه	×

[1] تمامی موارد در ثبت دستورات کاربر باید زمان‌واقعی عمل کنند، در اینجا مقصود انتقال داده خود دستگاه‌ها است

[2] مدل بدون دوربین

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

	کم مصرف بودن	چندرسانه‌ای و نیاز به پهنای باند بالا	زمان‌واقعی[1]	اندازه‌گیری دوره‌ای	قابلیت اطمینان بالا	محیط فرکانسی امن	محدوده تحت پوشش بالا	نسبت هزینه
پرده هوشمند	×	×	×	×	✓	بسته به جایگاه	×	×
آبگرمکن	✓	×	×	✓	✓	×	بسته به جایگاه	×
کلید/پریز/رله	بسته به مدل	×	✓	×	✓	بسته به جایگاه	بسته به جایگاه	✓
سیستم تعامل با افراد خانه	بسته به مدل	بسته به مدل	✓	×	✓	بسته به جایگاه	×	×

۱-۱-۱۶ ویژگی‌های عمومی پروتکل‌های لایه کاربرد

قبل از بررسی پروتکل‌های لایه کاربرد، لازم است که ویژگی‌های عمومی آن‌ها که برخی از این موارد در کاربردها و نیازمندی‌های وسایل خانه هوشمند تأثیرگذار هستند معرفی شوند:

- مدل انتقال داده

دو مدل رایج برای انتقال داده بین دو دستگاه، Publish/Subscribe (به اختصار P/S) و Request/Response (به اختصار R/R) نام دارد. در مدل Request/Response، معمولاً دو موجودیت به صورت Client و Server دیده می‌شوند که Server در این مدل، قبل از ارسال درخواست[1] توسط Client، نمی‌تواند داده یا پاسخی را برای او ارسال کند. در مدل Publish/Subscribe، گیرنده می‌تواند درخواست خود را برای فرستنده ثبت کرده و فرستنده در هر زمانی که داده‌ای برای ارسال داشت، برای گیرنده ارسال کند. همان‌طورکه مشخص است، در مدل P/S، ارسال داده می‌تواند در هر زمانی از فرستنده به گیرنده صورت پذیرد. بجز مدل‌های P/S و R/R، می‌توان مدل سومی را نیز برای انتقال داده متصور بود. در این مدل گیرنده یا فرستنده ثابت نبوده و هر دو می‌توانند همزمان در نقش گیرنده/فرستنده بوده و داده خود را برای یکدیگر ارسال کنند. این روش ارسال می‌تواند در مدل‌های P/S و R/R با ایجاد امکان همزمان Client و Server یا Publisher یا Subscriber بودن یک دستگاه نیز فراهم شود.

- RESTful[2] و SOAP[3]

این موارد، دو مفهوم دیگر برای انتقال داده بین دستگاه‌ها هستند. تفاوت اصلی این دو مدل، در Stateful و Stateless بودن درخواست‌ها در فرستنده است. در صورتی که فرستنده، وضعیت یک درخواست را در خود ذخیره کرده و درخواست‌ها بعدی را متناسب با آن ارسال کند، این ارسال بر پایه مدل SOAP بوده و درصورتی که فرستنده درخواست‌ها را بدون دانستن

[1] Request
[2] Representational State Transfer
[3] Simple Object Access Protocol

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

هیچ پیش‌فرضی از گیرنده ارسال کند، این ارسال به صورت RESTful خواهد بود. به عنوان مثال، فرض شود برنامه‌ای برای خواندن کتاب وجود دارد و کاربر در این برنامه، کتابی را تا صفحه ۵ خوانده است. در مدل SOAP، سرویس‌دهنده اطلاعات اینکه کدام کاربر تا کدام صفحه را خوانده است در خود نگاه می‌دارد. در صورتی که کاربر صفحه بعدی را درخواست کند، سرویس‌دهنده صفحه ۶ را برای کاربر ارسال می‌کند. در مدل RESTful، سرویس‌دهنده اطلاعی از تاریخچه صفحه ارسالی به کاربر ندارد کاربر خود مسئول مشخص کردن صفحه درخواستی (صفحه ۶) در پیام درخواست است. این دو مدل، در پروتکل‌های لایه کاربرد به این مفهوم هستند که گیرنده مسئول مشخص کردن منبع درخواستی و مسائلی مانند معرفی خود تحت عنوان کاربر احراز هویت شده است. دلیل وجود Cookie نیز استفاده از مدل RESTful در سرویس‌دهنده‌های وب است. لازم به ذکر است که مدل RESTful مدلی محبوب‌تر است. از مهم‌ترین مزایای REST نسبت به SOAP می‌توان به سبک شدن وظایف سرویس‌دهنده و از مهم‌ترین مزایای SOAP نسبت به REST می‌توان به کاهش تعداد پیام‌های انتقالی برای انجام یک دستور اشاره کرد (همچنین در مدل SOAP، دامنه وسیعی از دستورات وجود داشته و صرفاً محدود به CRUD[1] نخواهد بود)

- ارسال Best-Effort یا Reliable

دو مفهوم دیگر در ارسال داده، ارسال به صورت Best-Effort و Reliable هستند که به قابلیت اطمینان ارسال پیام مربوط هستند. در مدل Reliable پروتکل، دریافت پیام توسط گیرنده را تضمین می‌کند در صورتی که در مدل Best-Effort صرفاً پیام توسط فرستنده ارسال می‌شود و تضمینی برای دریافت آن وجود ندارد.

- QoS[2]

یکی دیگر از ویژگی‌های پروتکل‌های لایه کاربرد، ارائه ویژگی‌هایی در ارتباط با کیفیت خدمات آن‌هاست [332]. QoS در شبکه به مجموعه‌ای از روش‌ها و تکنیک‌ها گفته می‌شود که ترافیک را مدیریت کرده تا ویژگی‌هایی که مربوط به کیفیت شبکه هستند مانند اتلاف، تأخیر و Jitter را بهبود بخشد. این پارامترها به شرح زیر هستند:

  - اتلاف: اتلاف بسته‌ها می‌تواند به علت ماهیت فیزیکی کانال انتقال یا شلوغ شدن بافر شبکه دستگاه‌ها رخ دهد. استفاده از مدل‌های QoS این اتلاف را تا حدی کاهش دهد.
  - Jitter: به معنای تغییر تأخیر در ارسال و دریافت بسته‌ها است. این موضوع بر اثر ازدحام در شبکه و استفاده از مسیرهای مختلف ایجاد می‌شود و مخصوصاً بر روی کیفیت داده‌های جریان‌یافته (ویدئو، صوت و ...) تأثیرگذار است. استفاده از مدل‌های QoS می‌تواند بر این مسئله تأثیرگذار است.
  - Latency: یکی دیگر از موارد تأثیرگذار در کیفیت خدمات، تأخیر ارسال بسته از مبدأ به مقصد است. این مسئله مخصوصاً در سناریوهایی که داده به صورت دو طرفه منتقل می‌شود (مانند VoIP) بر کیفیت خدمات موثر است.
  - Bandwidth: استفاده از مدل‌های مختلف کیفیت خدمات برای اولویت‌بندی بسته‌های برنامه‌های مختلف به منظور استفاده مناسب از پهنای باند می‌تواند در کیفیت خدمات مؤثر باشد. به عنوان مثال، در حین جریان‌سازی ویدئویی که نیازمند کل پهنای باند است، سایر برنامه‌ها نیز باید بتوانند داده خود را ارسال کنند. بدین ترتیب، مدل‌های QoS می‌توانند دسترسی برنامه ویدئویی را به نحوی محدود کنند که امکان ارسال سایر درخواست‌ها حتی به صورت زمان‌واقعی فراهم شود.

[1] Create Read Update Delete
[2] Quality of Server

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

با توجه به موارد گفته شده، مدل‌های کیفیت سرویس می‌توانند دسته‌بندی و علامت‌گذاری بسته‌های مختلف[1]، کنترل جریان و حالت‌دهی ترافیک برای اولویت‌دهی بسته‌ها و ارسال هر کدام متناسب با نیاز و دسته‌بندی‌شان (مثلاً زمان‌واقعی یا On Demand) را انجام دهند.

۲-۱۶ پروتکل‌های لایه کاربرد

در این بخش، تعدادی از پروتکل‌های لایه کاربرد که در اینترنت اشیا و خانه هوشمند قابل استفاده هستند بررسی شده و کاربردهای آن‌ها متناسب با ویژگی‌های آن‌ها معرفی می‌شود.

۲-۱-۱۶ پروتکل HTTP

یکی از پروتکل‌های لایه کاربرد، پروتکل HTTP است [333] [334]. این پروتکل در حال حاضر، مهم‌ترین و محبوب‌ترین پروتکل در سطح وب بوده و اکثر مرورگرها و سرویس‌دهنده‌های وب از این پروتکل پشتیبانی می‌کنند. اولین نسخه از این پروتکل به نام HTTP/0.9 در سال ۱۹۹۱ معرفی شد. نسخه‌های بعدی HTTP/1.0، HTTP/1.1، HTTP/2.0 نام دارند که به ترتیب در سال‌های ۱۹۹۶، ۱۹۹۹ و ۲۰۱۵ معرفی شدند. محبوب‌ترین نسخه‌ای که تا به امروز مورد استفاده قرار می‌گیرد، نسخه ۱.۱ آن است. با توجه به قدیمی بودن، این پروتکل جوابگوی نیازهای امروز سطح وب نیست. در نهایت نسخه دوم این پروتکل معرفی شد که تفاوت‌های تقریباً زیادی با نسخه ۱.۱ آن دارد. با توجه به پرکاربرد بودن HTTP/1.1 و جدید بودن نسخه دوم آن، در این بخش هر دو پروتکل مورد بررسی قرار می‌گیرند. برخی از ویژگی‌های این دو نسخه در جدول ۲-۱۶ قابل مشاهده هستند.

جدول ۲-۱۶ مقایسه ویژگی‌های نسخه‌های ۱.۱ و ۲.۰ از HTTP

HTTP 1.1	HTTP 2.0
• استفاده از TCP برای انتقال • حداقل طول سرآیند ۲۵ بایت در پیام درخواست (غیر واقعی در عمل) • حداکثر طول سرآیند نامحدود • سرآیند بدون فشرده‌سازی و کد نشده به صورت متن در هنگام ارسال • حداکثر طول محتوا نامحدود • فقط امکان Request/Response • امکان انتقال فقط یک درخواست و پاسخ در هر زمان روی یک ارتباط TCP • عدم تضمین رسیدن به ترتیب داده به مقصد بدون اتصال‌هایی مانند TCP • پشتیبانی از Cache و Proxy • نداشتن مدل‌های QoS	• استفاده از TCP برای انتقال • حداکثر طول سرآیند نامحدود • سرآیند فشرده‌سازی شده و کد شده در هنگام ارسال • جدول سرآیند برای عدم ارسال هر باره عناصر تغییر نکرده سرآیند • حداکثر طول محتوا نامحدود • سربار حداقل ۲۰ بایتی ارسال فریم‌ها برای پیام‌های حاوی داده و ۱۲ بایتی برای پیام بدون داده (افزون بر سربار خود سرآیند پیام) • فقط امکان Request/Response • امکان انتقال هر تعداد درخواست و پاسخ در هر زمان روی یک ارتباط TCP با توجه به توانایی سرویس‌دهنده و کاربر • قسمت‌بندی پیام‌ها به فریم • عدم تضمین رسیدن به ترتیب داده به مقصد بدون اتصال‌هایی مانند TCP • پشتیبانی از Cache و Proxy

[1] Classification and Marking

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

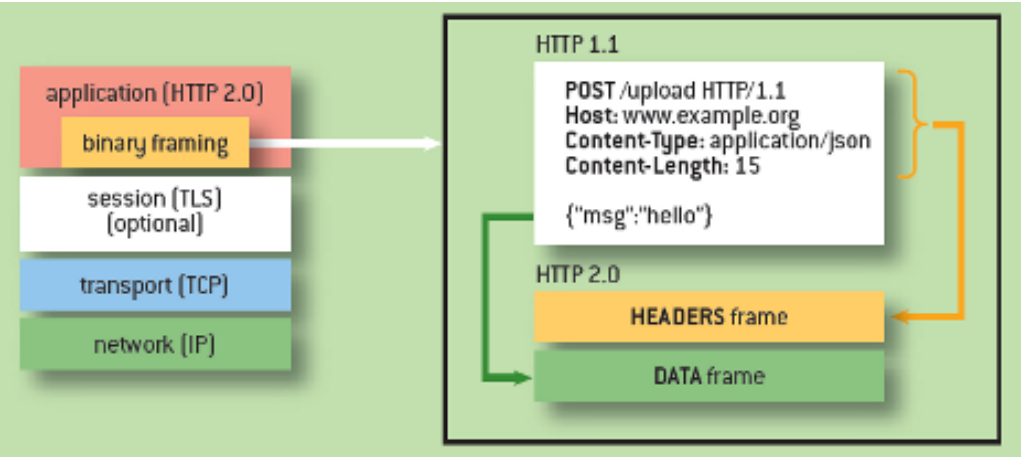
	• نداشتن مدل‌های QoS

پروتکل HTTP یک پروتکل با مدل RESTful و در نتیجه R/R بوده که دستورات آن تحت عنوان CRUD[1] به شرح زیر است:

- PUT: معادل Create برای قرار دادن یک فایل روی سرویس‌دهنده به کار می‌رود.
- GET: معادل Read برای خواندن یک منبع یا فایل از روی سرویس‌دهنده به کار می‌رود.
- POST: معادل Update برای افزودن داده به یک فایل یا منبع، مثلاً افزودن یک رکورد به پایگاه داده به کار می‌رود.
- DELETE: برای پاک کردن یک منبع از سرویس‌دهنده به کار می‌رود.

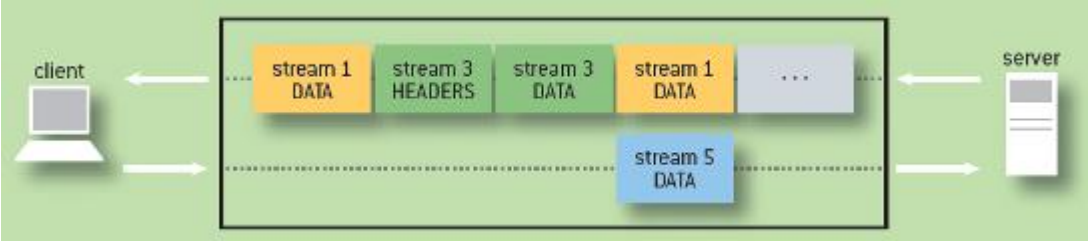
در این پروتکل (در هر دو نسخه ۱.۱ و ۲.۰)، صرفاً کاربر حق ارسال درخواست به سرویس‌دهنده را داشته و سرویس‌دهنده امکان ارسال داده یا درخواست به کاربر را بدون درخواست او ندارد (در نسخه دوم، بعد از ارسال درخواست کاربر، سرویس‌دهنده می‌تواند داده‌هایی که صرفاً مربوط به آن درخواست باشند را برای کاربر Push کند. به عنوان مثال، در نسخه ۱.۱، بعد از درخواست کاربر برای باز کردن صفحه HTML، ابتدا می‌بایست صفحه HTML به کاربر انتقال داده می‌شد، سپس کاربر هر کدام از منابع آن صفحه شامل اسکریپت‌ها، عکس‌ها و ... را به شکل جداگانه با درخواست جداگانه HTTP دریافت می‌کرد. در نسخه دوم، سرویس‌دهنده می‌تواند بعد از درخواست اولیه کاربر برای صفحه HTML، منابع آن صفحه را نیز قبل از درخواست کاربر برای او Push کند تا سرعت بارگذاری صفحه بالا رود).

لازم به ذکر است برای ارسال داده به کاربر بدون درخواست وی توسط پروتکل HTTP، روش‌هایی خارج از استاندارد این پروتکل وجود دارند که از این موارد می‌توان به باز گذاشتن اتصال TCP بعد از درخواست اولیه اشاره کرد. همان طور که مشخص است این ویژگی HTTP باعث می‌شود که این پروتکل برای کاربردهایی که نیازمند شروع ارتباط از هر دو طرف هستند مناسب نباشد (در صورت نیاز به استفاده از این پروتکل برای این منظور، هر دستگاه می‌بایست هم در نقش سرویس‌دهنده HTTP و هم در نقش HTTP Client ظاهر شود). در نسخه دوم، امکان ارسال چندین درخواست همزمان HTTP بر روی یک اتصال TCP وجود دارد که این مسئله باعث افزایش سرعت و جلوگیری از HoL-Blocking[2] می‌شود. این کار به وسیله فریم‌ها انجام می‌پذیرد. در این نسخه از HTTP، بسته‌ها به بخش‌های کوچکتری به نام فریم شکسته می‌شوند. این فریم‌ها می‌توانند از انواع Header، Data، Continuation و ... باشد. نمایی از ارسال فریم‌ها در شکل ۱-۱۶ قابل مشاهده است.



[1] Create, Read, Update, Delete
[2] Head of Line Blocking

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۱-۱۶ نمایی از فریم‌ها در HTTP/2.0 [335]

همان طور که مشخص است، با توجه به سربار استفاده از جریان‌های موازی (برای انتقال داده همزمان روی یک اتصال TCP)، استفاده از فریم‌ها و سرآیند بزرگ و وابستگی به TCP (نیازمند برقراری ارتباط و بکارگیری الگوریتم‌های کنترل جریان و ازدحام)، این پروتکل برای دستگاه‌های دارای محدودیت مانند حسگر حرکت و دستگاه‌های نیازمند کار با باتری به شکل طولانی مدت، مناسب نیست. لازم به ذکر است، با توجه به وابستگی این پروتکل به TCP، قابلیت اطمینان دریافت بسته‌ها در مقصد بالا است. نکته دیگر در ارتباط با پروتکل HTTP، قابلیت جریان‌سازی داده‌های چندرسانه‌ای روی آن است. با توجه به معایب این پروتکل برای این داده‌ها از جمله سربار بالا، دلایلی از جمله محبوبیت این پروتکل باعث شده این پروتکل برای کاربردهای چندرسانه‌ای و جریان‌سازی ویدئو بسیار مورد استفاده قرار گیرد. با این وجود، در صورت استفاده از سایر پروتکل‌ها بر روی یک دستگاه، استفاده از HTTP صرفاً برای کاربرد چندرسانه‌ای توصیه نمی‌شود. نکته دیگر در ارتباط با نسخه HTTPS این پروتکل است که امکان استفاده از گواهی SSL را فراهم می‌کند.

برای دسترسی به منابع با استفاده از پروتکل HTTP از یک URL استفاده می‌شود. تعریف URL و تفاوت آن با URI و URN به شرح زیر است:

- URI[1] روشی است که با آن بتوان یک منبع را در سراسر جهان به روشی مشخص به صورت منحصر به فرد کرد. مثلاً ترکیب آدرس خانه یک شخص و اسم و فامیل او، می‌تواند او را در سراسر دنیا مشخص کند. پس ایران، تهران، خیابان...، کوچه...، پلاک...، طبقه...، آقا/خانم... را می‌توان یک URI در نظر گرفت.
- URL[2] نوع خاصی از URI است. اگر برای مشخص کردن یک منبع از یک آدرس‌دهی بهره گرفته شود که در آن پروتکل دسترسی، IP یا آدرس میزبان، زیرشاخه و خود منبع مشخص شده باشند آن آدرس یک URL نامیده می‌شود. عدم وجود هر کدام از این ۳ بخش، باعث خواهد شد که آن آدرس URL نباشد. به‌عنوان نمونه‌ی URL می‌توان به http://abc.com/a.txt یا ftp://168.125.145.101/a.jpg یا http://abc.com که در مورد آخر بطور پیش‌فرض فایل Index.html ارسال می‌شود، اشاره کرد.
- URN[3] نیز یک نوع URI است. در واقع URN یک شناسه منحصر به فرد است که با مدل آن مشخص می‌شود. مثلا شماره شبا برای حساب بانکی که در کل ایران منحصر به فرد است یک URN است. به عنوان مثالی دیگر می‌توان به ISBN[4] برای کتاب urn:isbn:0451450523 اشاره کرد.

URL در HTTP (مثلاً http://abc.com/img.jpg?quality=HQ) مشخص‌کننده نوع پروتکل (HTTP, HTTPS)، آدرس سرویس‌دهنده (که با DNS تبدیل به IP می‌شود)، منبع مورد نظر (img.jpg) و پارامترهای مورد نیاز است (quality=HQ).

[1] Uniform Resource Identifier
[2] Uniform Resource Locator
[3] Uniform Resource Name
[4] International Standard Book Number

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

یکی دیگر از موارد حائز اهمیت در HTTP، پشتیبانی از Cache است. در بسیاری از مواقع داده دریافت شده از سرویس‌دهنده در طول زمان تغییر نمی‌کند (به عنوان مثال قالب صفحه و بعضی بخش‌های مربوط به ظاهر مانند فایل‌های CSS). بنابراین نیازی نیست که در هر بار ورود به یک وب‌سایت، این فایل‌ها دوباره از سرویس‌دهنده درخواست شوند. برای این کار HTTP از قابلیتی به اسم Cache بهره می‌برد. بدین صورت که وقتی فایلی از سرویس‌دهنده درخواست شد، بصورت محلی در سمت گیرنده ذخیره می‌شود و تا زمانی که این فایل دارای اعتبار است، در صورت درخواست مجدد صفحه توسط کاربر، این فایل مجدداً از سرویس‌دهنده گرفته نمی‌شود. این اعتبار توسط یک فیلد به اسم زمان انقضا[1] در سرآیند مشخص می‌شود و تا زمانی که این زمان نگذشته باشد، این فایل‌ها از سرویس‌دهنده دریافت نمی‌شوند [336].

با توجه به این توضیحات، استفاده از این پروتکل متناسب با نیازمندی‌ها و کاربرد خاص خانه هوشمند به شرح زیر پیشنهاد می‌شود:

- کاربردهای نیازمند مصرف انرژی پایین: توصیه نمی‌شود.
- کاربرد چندرسانه‌ای: در صورتی که دستگاهی از HTTP برای کاربردهای دیگر استفاده می‌کند، می‌توان از آن برای کاربردهای چندرسانه‌ای نیز استفاده کرد. در غیر این صورت استفاده از آن صرفاً برای این منظور توصیه نمی‌شود.
- نیازمندی زمان‌واقعی: با توجه به وابستگی به TCP، این پروتکل برای کاربردهای زمان‌واقعی که نیازمند قطع و وصل اتصال TCP هستند، به هیچ وجه توصیه نمی‌شود. زیرا سربار اتصال و مذاکره برای تعیین بافرهای کنترل جریان و ازدحام بسیار زمان‌بر است. در صورتی که کاربردی زمان‌واقعی بدون قطع اتصال TCP مد نظر باشد (مانند جریان دو طرفه ویدئویی Interactive) می‌توان این پروتکل را مد نظر قرار داد (به عنوان بهترین پروتکل نیست).
- کاربردهای اندازه‌گیری دوره‌ای: با توجه به ماهیت R/R بودن این پروتکل، اندازه‌گیری دوره‌ای با آن نیازمند استفاده روش‌هایی برای ارسال دوره‌ای درخواست به فرستنده است که با توجه به نیاز به برقرار اتصال مجدد TCP، هزینه سنگینی را برای این کار به کل سیستم تحمیل می‌کند. در صورت اصرار و الزام به استفاده از HTTP برای اندازه‌گیری دوره‌ای، می‌توان با تغییر در کاربری و روال آن با باز نگه‌داشتن TCP و Push کردن درخواست از سمت سرویس‌دهنده، اندازه‌گیری دوره‌ای را تسهیل کرد. با انجام این کار، دیگر این پروتکل را نمی‌توان HTTP و Stateless نامید.
- نیازمندی قابلیت اطمینان بالا: با توجه به بهره‌برداری از TCP و تضمین دریافت ۱۰۰٪ بسته‌ها در صورت قطع نشدن اتصال TCP، این پروتکل جزء پروتکل‌های با بالاترین قابلیت اطمینان خواهد بود.
- کاربردهای نیازمند محیط فرکانسی امن: همان طور که مشخص است، هر چه روشن بودن رادیوی یک دستگاه بیشتر باشد، ضرر و زیان ناشی از فرکانس دریافتی/ارسالی بیشتر خواهد بود. در صورت بکارگیری RDC[2]، هر چه تعداد بسته‌های ارسالی بین گیرنده/فرستنده بیشتر باشد، رادیو نیز بیشتر روشن خواهد ماند. با توجه به ماهیت Stateless این پروتکل و Handshaking و Negotiationهای TCP و همچنین سربار بالا (که باعث حجم ارسالی بالاتر برای داده‌ای مشخص و در نتیجه نیازمندی به روشن بودن طولانی مدت‌تر رادیو است)، تعداد بسته‌های ارسالی این پروتکل برای انجام عملی خاص بالا بوده و نیازمند روشن بودن طولانی مدت رادیو است. همچنین در صورت بکارگیری شبکه‌هایی با توان فرکانسی پایین که معمولاً شبکه‌هایی با محدودیت مانند IEEE 802.15.4 هستند، به علت سنگین بودن HTTP، نمی‌توان به شکل مناسب از این پروتکل بهره گرفت. بدین ترتیب HTTP برای محیط‌های نیازمند محدوده فرکانسی امن توصیه نمی‌شوند.

[1] Expiration Time
[2] Radio Data Communications

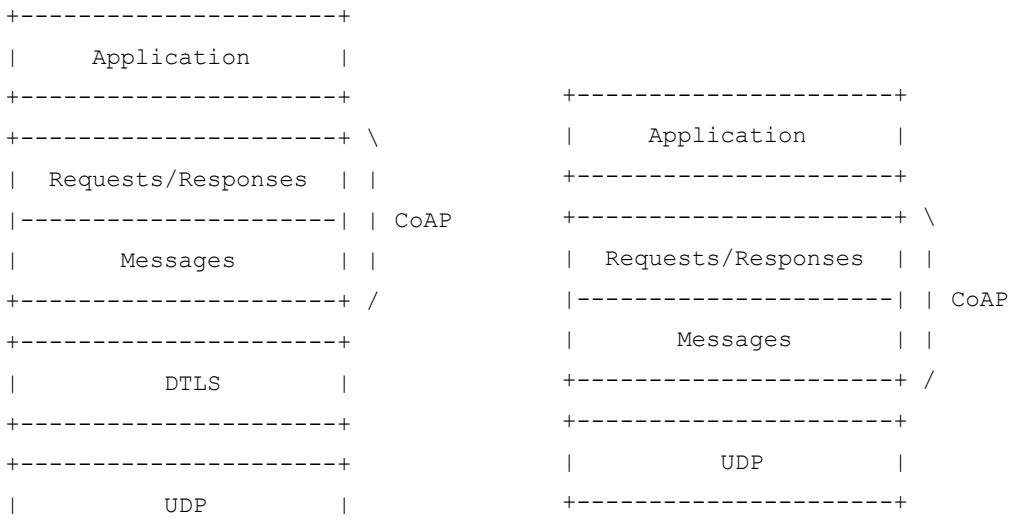
DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- نیازمندی‌های مرتبط با محدوده تحت پوشش: به طور کلی HTTP محدودیتی برای محدوده تحت پوشش ایجاد نکرده و روی تمامی شبکه‌هایی که دارای TCP باشند و قابلیت استفاده از پروتکل لایه کاربرد دلخواه را داشته باشند، قابل استفاده است. همچنین HTTP بر روی شبکه‌های مِش با همان الزامات عنوان شده (TCP و ALP دلخواه)، قابل استفاده است.
- نیازمندی پهنای باند: همان طور که گفته شد، HTTP برای انواع داده‌ها از جمله داده‌های متنی تا داده‌های ویدئویی کاربرد دارد و بدین ترتیب محدودیت خاصی برای پهنای باند ایجاد نمی‌کند.

نسبت هزینه خود وسیله به شبکه ارتباطی بکار رفته در آن: HTTP پروتکلی رایگان بوده و همچنین روی بسیاری از استانداردهای رایگان یا ارزان شبکه مانند Wi-Fi، LAN، NB-IoT و ... قابل استفاده است. بدین ترتیب محدودیتی برای دستگاه‌هایی که نیازمند قیمت تمام شده پایین هستند، ایجاد نمی‌کند.

۲-۲-۱۶ پروتکل CoAP

CoAP[1] یک پروتکل RESTful است که توسط CoRE[2] به وجود آمده و بر اساس آن طراحی شده است [337]. CoRE بر روی به دست آوردن بهترین روش تبادل پیام به صورت RESTful برای دستگاه‌های دارای محدودیت انرژی یا پهنای باند و یا مورد استفاده در محیط‌های دارای محدودیت تمرکز دارد. این پروتکل مبتنی بر UDP است و می‌تواند در هر شبکه‌ای با امکان انتخاب پروتکل لایه کاربرد دلخواه حضور داشته باشد (مانند شبکه‌های رایج Wifi، 3G/4G/5G). این پروتکل شبیه‌ترین پروتکل به HTTP هم از لحاظ روال کاری و هم از لحاظ دستورات و پاسخ‌ها است. تفاوت آن با HTTP این است که CoAP ساده‌تر و سبک‌تر است و کاربردهای متنوع‌تری دارد و همچنین راندمان بسیار بالاتری نسبت به HTTP دارد. این پروتکل از گواهی‌های SSL در نسخه CoAPS خود پشتیبانی می‌کند. نمایی از ساختار CoAP و CoAPS در شکل ۲-۱۶ قابل مشاهده است.



شکل ۲-۱۶ سمت راست: زیرلایه‌های CoAP، سمت چپ: زیرلایه‌های CoAPS [337]

[1] Constrained Application Protocol
[2] IETF Constrained RESTful Environments

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

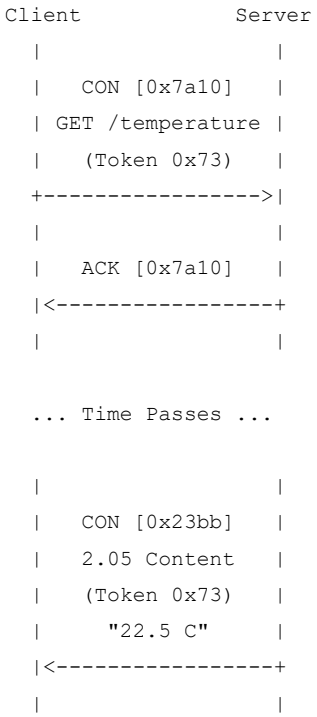
CoAP به طور پیش فرض روی لایه انتقال UDP کار می‌کند. البته می‌توان از آن روی TCP، SMS و SCTP هم استفاده کرد. چون UDP هیچ تضمینی برای رسیدن داده‌ها به مقصد نمی‌دهد، خود CoAP باید این مسئله را کنترل کند. به طور خلاصه CoAP سه وظیفه دارد که می‌توان این وظایف را مدل‌های QoS این پروتکل نامید:

۱. تضمین رسیدن داده به مقصد
۲. کنترل پیام‌های تکراری رسیده به مقصد
۳. کنترل ازدحام شبکه

CoAP علاوه بر مدل R/R از مدل P/S هم تحت عنوان ویژگی Observer پشتیبانی می‌کند. بدین ترتیب CoAP می‌تواند هر موقعی که داده‌ای برای ارسال وجود داشت، بدون درخواست گیرنده برای هر پیام، آن را ارسال کند. لازم به ذکر است، معمولاً در پیاده‌سازی‌های موتور CoAP (مانند Erbium)، یک دستگاه می‌توان همزمان در نقش سرویس‌دهنده و مشتری باشد و بدین ترتیب، باز هم امکان ارتباط دو طرفه به شکلی دیگر فراهم است.

از لحاظ سربار می‌توان CoAP را یکی از سبک‌ترین پروتکل‌های لایه کاربرد با سرآیندی در محدوده ۴ بایت عنوان کرد. با توجه به اینکه این پروتکل بر پایه UDP است، این پروتکل با بکارگیری دو نوع پیام NON[1] و CON[2] می‌تواند از هر دو مدل ارسال داده Best-effort و Reliable پشتیبانی کند. در ارسال پیام CON خود CoAP مسئول دریافت ACK پیام و Retransmission آن است.

با توجه به امکان ارتباط دو طرفه در این پروتکل، حتی در مدل R/R، سرویس‌دهنده می‌تواند همان لحظه به کاربر پاسخگو نباشد (مانند HTTP که سرویس‌دهنده در همان لحظه در جواب پیام Request، Response را می فرستند و امکان ارسال پیام درخواست دیگری به شکل همزمان وجود ندارد). نمونه‌ای از این ارسال در شکل ۳-۱۶ قابل مشاهده است.



شکل ۳-۱۶ Request / Response در CoAP در عدم توانایی سرویس‌دهنده به پاسخ در همان لحظه [337]

[1] Non-confirmable
[2] Confirmable

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

برای دسترسی به منابع در CoAP مشابه با HTTP از آدرس URL استفاده می‌شود و همچنین نوع آدرس‌دهی دقیقاً مشابه با HTTP است. به عنوان نمونه‌ای از درخواست یک منبع با CoAP می‌توان به مورد زیر اشاره کرد (مورد اول شمای عمومی را نشان داده که در آن موارد موجود در [] دلخواه است):

- coap-URI = "coap:" "//" host [":" port] path-abempty ["?" query]
- coap://example.com:5683/˜sensor1/humidity.xml

از سایر ویژگی‌های CoAP می‌توان به قابلیت Cache اشاره کرد. مانند HTTP، امکان استفاده از این ویژگی در CoAP نیز برای انجام بهینه درخواست‌ها وجود دارد. بدین ترتیب که می‌توان پیام و داده‌ای که در جواب درخواستی آمده است (Response Message) را در سمت مشتری ذخیره کرد و در صورت درخواست مجدد همان داده، در صورتی‌که اعتبار آن منقضی نشده باشد، بدون درخواست مجدد از سرویس‌دهنده از همان داده Cacheشده استفاده کرد. بدین ترتیب فشار بر روی سرویس‌دهنده کمتر شده و درخواست‌ها سریع‌تر پاسخ داده می‌شوند. روش استفاده از Cache در CoAP، Freshness نام داشته و مقدار پیش‌فرض اعتبار هر داده ۶۰ ثانیه است که می‌تواند به دلخواه تغییر یابد. به منظور کاهش سربار Refresh کردن داده‌ها، در صورتی که زمان اعتبار یک داده در Cache گذشته باشد ولی کماکان آن داده دارای اعتبار باشد، با استفاده از گزینه‌ای به نام Etag در CoAP زمان اعتبار بروزرسانی می‌شود.

با توجه به قابلیت RESTful و R/R در CoAP، سرویس‌دهنده کدهایی مشابه HTTP در پاسخ به درخواست برای گیرنده ارسال می‌کند که کلیات این کدها بدین صورت است:

- 0xx: متدها
  - 01. GET معادل Read در عملیات RESTful
  - 02. POST معادل Update
  - 03. PUT معادل Create
  - 04. DELETE
- 2xx: درخواست موفقیت آمیز مشتری
- 4xx: درخواست مشتری خطا دارد (خطا از سمت مشتری)
- 5xx: در سرویس دهنده مشکلی بوجود آمده است (خطا از سمت سرویس‌دهنده)

ویژگی بعدی در ارتباط با CoAP، بخش‌هایی در سرآیند آن تحت عنوان Options هستند. این گزینه‌ها اطلاعات تکمیلی مانند ETag، Max-Age و غیره را در خود جای می‌دهند. نکته مهم در مورد Optionها، عدم ارسال کل آن‌ها در هر پیام است که باعث کاهش حجم پیام ارسالی می‌شود.

در نهایت، با توجه به ساختار Binary برای Payload در CoAP، هر نوع داده‌ای را می‌توان با آن ارسال کرد که تعدادی از این موارد پیش‌فرض و کد Option آن‌ها در جدول ۳-۱۶ قابل مشاهده است.

جدول ۳-۱۶ انواع داده‌ها برای پیام‌های CoAP [338]

0	text/plain (UTF-8)	1	text/xml (UTF-8)	2	text/csv (UTF-8)
3	text/html (UTF-8)	21	image/gif	22	image/jpeg
23	image/png	24	image/tiff	25	audio/raw
26	video/raw	40	app/link-format	41	application/xml
42	app/octet-stream	43	application /rdf+xml	44	application/soap+xml
45	app/atom+xml	46	app/xmpp+xml	47	application/exi
48	application/x-bxml	49	application/fastinfoset	50	app/soap+fastinfoset
51	application/json				

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

مسئله بعدی در ارتباط با CoAP انتقال Block-wise آن است که این امکان را فراهم می‌کند تا داده‌های حجیم مانند ویدئو را حتی بر روی شبکه‌های با پهنای باند پایین و دارای محدودیت با روشی ساده ارسال کرد. این ویژگی حتی بر روی UDP، به ترتیب رسیدن بسته‌ها را تضمین می‌کند و همچنین امکان هر دو نوع ارسال Best-Effort و Reliable را فراهم می‌کند.

یکی دیگر از ویژگی‌های CoAP پشتیبانی از Proxy Server است. از جمله Proxyهای پشتیبانی شده توسط CoAP می‌توان به CoAP Cross Proxy و CoAP-CoAP Proxy اشاره کرد. با توجه به مشابه بودن دستورات و کدهای HTTP یک Cross Proxy Server می‌تواند با در نظر گرفتن این تشابه، به راحتی درخواست و پاسخ HTTP را به CoAP یا بالعکس تبدیل کند. بدین ترتیب شخصی که روی مرورگر خود از HTTP استفاده می‌کند به راحتی می‌تواند با یک دستگاه که از CoAP استفاده می‌کند در ارتباط باشد (در حال حاضر صرفاً مدل R/R). Proxyها می‌توانند به طور کلی به دو صورت Reverse و Forward باشند که در مدل Forward-Proxy کاربر، خود مسئول ارسال درخواست به Proxy Server است و در مدل Reverse، کاربر درخواست خود را به Server اصلی فرستاده و خود Server به نحوی درخواست را از Proxy Server عبور می‌دهد و کاربر متوجه وجود Proxy Server نخواهد شد.

به منظور استفاده از CoAP در خانه هوشمند، می‌توان موارد زیر را در ارتباط با فاکتورهای انتخاب پروتکل لایه کاربرد عنوان کرد:

- مصرف انرژی: با توجه به اینکه CoAP پروتکلی برای دستگاه‌های دارای محدودیت بوده و همچنین ساختار و روالی سبک دارد، یکی از مناسب‌ترین پروتکل‌ها هم برای دستگاه‌های Low-End و هم دستگاه‌ها High-End است. کارکرد سبک این پروتکل باعث افزایش کارایی و کاهش مصرف انرژی می‌شود به نحوی که در یک بررسی برای استفاده از CoAP به جای HTTP در یک سرویس‌دهنده وب، کاهش مصرف ۲۰۰٪ تا ۶۰۰٪ مصرف انرژی نسبت به HTTP رخ داده است که در جدول ۴-۱۶ و جدول ۵-۱۶ برای دو حالت Pull[1] و Push[2] مشخص شده است.

جدول ٤-١٦ انرژی مصرفی HTTP/1.1 و CoAP در حالت Pull [339]

دوره[3] درخواست داده	۵ ثانیه	۱۰ ثانیه	۳۰ ثانیه	۶۰ ثانیه	۱۲۰ ثانیه	بیشتر از ۵ دقیقه
HTPP – میلی وات	۱.۹	۱.۴	۰.۹۶	۰.۸۱	۰.۷۶	۰.۷۲
CoAP – میلی وات	۰.۸۳	۰.۷۶	۰.۷۱	۰.۷۲	۰.۷۲	۰.۷۲

جدول ٥-١٦ انرژی مصرفی HTTP/1.1 و CoAP در حالت Push [339]

دوره ارسال داده	۱۰ ثانیه	۳۰ ثانیه	۱۲۰ ثانیه	۶۰۰ ثانیه	۳۶۰۰ ثانیه	۸۶۴۰۰ ثانیه
HTPP – میلی وات	۰.۶۶۴	۰.۲۲۲	۰.۰۵۶	۰.۰۱۱۷	۰.۰۰۲۵	۰.۰۰۰۷
CoAP – میلی وات	۰.۱۱۵	۰.۰۳۹	۰.۰۱۰	۰.۰۰۲۶	۰.۰۰۱۰	۰.۰۰۰۷

- کاربرد چندرسانه‌ای: با توجه به پشتیبانی از انواع مدل‌های ارسال (Best-Effort و Reliable) و همچنین کدگذاری دودویی، می‌توان داده‌های چندرسانه‌ای و حتی زمان‌واقعی را با این پروتکل به راحتی و با راندمانی به مراتب مشابه با TCP ارسال کرد. البته در مدل زمان واقعی که در شرایطی نیاز به استفاده از ارسال Best-Effort است به علت نبود روشی برای کنترل جریان و ازدحام، احتمال پایین بودن کارایی در صورت شلوغ شدن شبکه وجود دارد.

[1] در این حالت دستگاه اینترنت اشیا، به عنوان سرویس‌دهنده است و باید بصورت دائم روشن باشد و هر موقع درخواستی برای ارسال اطلاعات از او شد، آن داده را ارسال کند

[2] در این مدل دستگاه اینترنت اشیا، به عنوان مشتری عمل می‌کند و در بازه زمانی مشخص، روشن شده و داده را ارسال می‌کند

[3] Interval

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- نیازمندی زمان‌واقعی: با توجه به اینکه این پروتکل مبتنی بر UDP است و قبل از شروع ارسال، Negotiation خاصی برای برقراری اتصال ندارد، ارسال داده با استفاده از آن جزء سریع‌ترین روش‌ها محسوب می‌شود.
- کاربردهای اندازه‌گیری دوره‌ای: با توجه به پشتیبانی از مدل P/P، این پروتکل از پروتکل‌های مناسب برای اندازه‌گیری دوره‌ای است.
- نیازمندی قابلیت اطمینان بالا: این پروتکل با استفاده از پیام‌های CON، رسیدن داده‌ها به مقصد را تضمین می‌کند، بنابراین از پروتکل‌های مناسب برای این منظور است.
- کاربردهای نیازمند محیط فرکانسی امن: با توجه به اینکه این پروتکل برای دستگاه‌های دارای محدودیت طراحی شده، به راحتی بر روی شبکه‌های کم‌توان قابل استفاده بوده و به نوعی یکی از مناسب‌ترین پروتکل‌ها برای این منظور است.
- نیازمندی‌های مرتبط با محدوده تحت پوشش: این پروتکل محدودیتی بابت استفاده نداشته و روی هر شبکه‌ای که قابلیت استفاده از پروتکل لایه کاربرد دلخواه را داشته باشد، قابل استفاده است. همچنین محدودیت از بابت استفاده از مِش وجود ندارد.
- نیازمندی پهنای باند: با اینکه این پروتکل برای دستگاه‌ها و شبکه‌های دارای محدودیت طراحی شده است، محدودیتی از بابت پهنای باند ندارد و قابل استفاده در کاربردهای نیازمند پهنای باند بالا نیز هست.
- نسبت هزینه خود وسیله به شبکه ارتباطی بکار رفته در آن: با توجه به اینکه این پروتکل روی شبکه‌هایی با قیمت ارزان نیز قابل استفاده است، این معیار در انتخاب این پروتکل تأثیرگذار نخواهد بود.

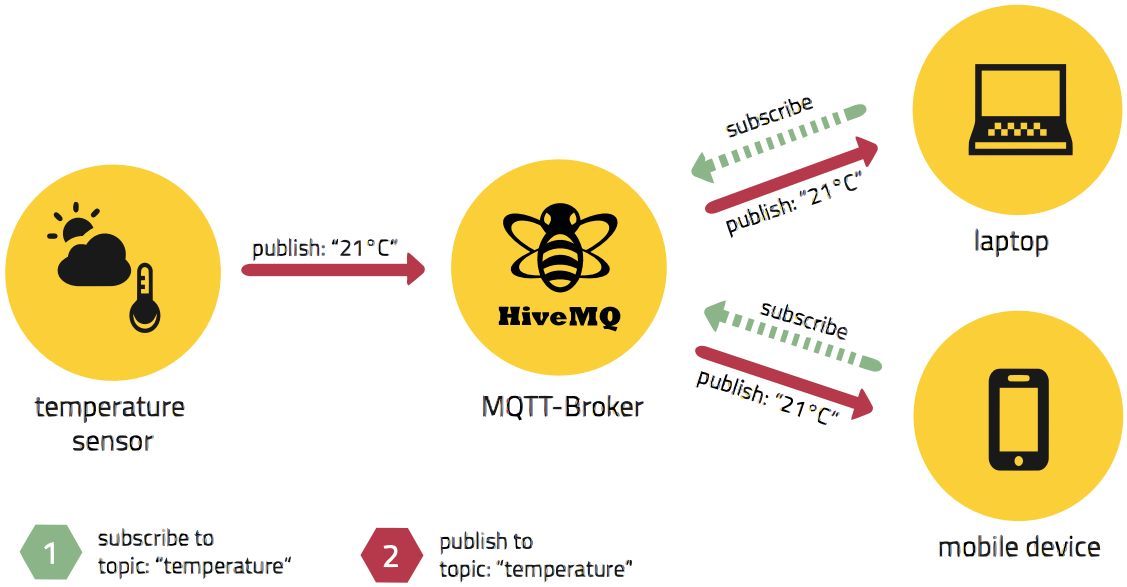
۳-۲-۱۶ پروتکل MQTT

MQTT[1] یکی دیگر از پروتکل‌های دستگاه‌های دارای محدودیت است که در سال ۱۹۹۹ معرفی و در سال ۲۰۱۳ توسط OASIS استانداردسازی شده است [340]. این پروتکل بر پایه TCP است و صرفاً به صورت P/S بوده و از R/R پشتیبانی نمی‌کند. سرآیند[2] این پروتکل ۲ بایت به صورت ثابت است و محدودیت برای طول داده آن وجود ندارد. نکته مهم در ارتباط با این پروتکل، لزوم استفاده از واسطی به نام Broker بوده که به عنوان مرکزیتی برای انتقال پیام‌ها بین Publisherها و Subscriberها محسوب می‌شود. این واسط هم مزایا و هم معایبی را به همراه خواهد داشت که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

سه بخش این پروتکل شامل Subscriber، Publisher و Broker هستند که در شکل ۴-۱۶ قابل مشاهده هستند.

Subscriber به دستگاه‌هایی گفته می‌شود که علاقه‌مند هستند که داده‌هایی که از حسگرها می‌آیند را دریافت کنند. برای این کار آن‌ها این علاقه را با ثبت کردن خود در واسط اعلام می‌کنند. Message Broker داده‌ها را از Publisher که در حقیقت حسگرها هستند دریافت کرده و به Subscriberهایی که نیاز به این داده‌ها دارند انتقال می‌دهد.

[1] Message Queue Telemetry Transport
[2] Header



شکل ٤-١٦ طرز کار پروتکل MQTT با HiveMQ Broker [341]

برای دسترسی به منابع با استفاده از MQTT، از Topic استفاده می‌شود. نمونه‌ای از یک Topic برای معرفی حسگر دما می‌تواند به صورت زیر باشد:

{حسگر ۱/دما/اتاق شماره ۲۵۴/گروه ICT /طبقه ۴/ساختمان چمران/پژوهشگاه نیرو/پونک باختری/تهران/ایران}

با آدرس‌دهی مشابه مثال (نه لزوماً به همین شکل)، می‌توان یک حسگر را در Broker تعریف کرده و با همین آدرس در Broker ثبت نام کرد. بدین ترتیب هر وقت گره مورد نظر داده‌ای داشته باشد، آن را در این آدرس در Broker ذخیره کرده و Broker این داده را برای Subscriberهای این Topic می‌فرستد. همچنین با استفاده از کاراکترهایی به نام Wild Card می‌توان قابلیت‌های ویژه‌ای برای سهولت دسترسی به منابع ایجاد کرد. به عنوان مثال با Wild Card به نام +، در مثال زیر می‌توان به دمای تمام حسگرهای ساختمان چمران دسترسی داشت.

{دما/+/ ساختمان چمران/پژوهشگاه نیرو/پونک باختری/تهران/ایران }

ویژگی دیگر این پروتکل، پشتیبانی از چند مدل QoS است. این مدل‌ها ویژگی‌های زیر را برای ارسال پیام فراهم می‌کنند:

- At Most Once (شماره ۰): در این مدل پیام می‌تواند گم بشود یا بصورت تکراری به مقصد برسد. در مواقعی از این مدل استفاده می‌شود که هر پیام به تنهایی دارای اهمیت زیادی نباشد. مثلاً ارسال لحظه به لحظه دمای خانه که اگر یک دما در میان راه ارسال نشود یا تکراری باشد، مشکلی بوجود نمی‌آید.
- At Least Once (شماره ۱): در این مدل امکان گم شدن وجود ندارد اما پیام می‌تواند تکراری به مقصد برسد.
- Exactly Once (شماره ۲): در این مدل پیام دقیقاً یک بار به مقصد می‌رسد.

برای برقراری ارتباط در این پروتکل، ابتدا می‌بایست پیام Connect ارسال شود. سپس تا زمانی که پیام Disconnect نرسیده باشد، این ارتباط برقرار بوده و گره با استفاده از پیام Publish داده‌های خود را در زمان‌های دلخواه به Broker تحویل می‌دهد. در همین زمان، Broker این داده را برای کسانی که با پیام Subscribe، در موضوعی خاص مشترک شده‌اند، ارسال می‌کند. در حین برقراری ارتباط با پیام Connect دو ویژگی حائز اهمیت است. اولین مورد مدت زمان Keep Alive است که در این زمان شخص یا وسیله متصل موظف است به صورت دوره‌ای یک پیام Ping Request برای Broker ارسال کند تا زنده بودن خود را اطلاع دهد و همچنین Broker نیز با پیام Ping Response پاسخ می‌دهد تا مشتری متوجه زنده بودن او شود. در

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

صورت عدم ارسال این پیام در مهلت مشخص، وصیت‌نامه – LWT[1] گره یا شخص را که در پیام Connect مشخص شده بود، توسط Broker به کسانی که برای این پیام ثبت‌نام کرده باشند ارسال می‌شود.

امکان استفاده از این پروتکل به همراه TLS نیز وجود دارد که از آن تحت عنوان "secure-mqtt" یاد می‌شود [342].

نسخه دیگری از پروتکل MQTT، MQTT-SN نام داشته و برای دستگاه‌های دارای محدودیت بیشتر طراحی شده است. از تفاوت‌های این نسخه با MQTT می‌توان به استفاده از UDP به جای TCP، پیام Publish کم حجم‌تر، جداسازی پیام وصیت از پیام Connect اصلی، بافر کردن پیام Ping Response در زمانی که گره‌ها خواب هستند و ارسال در زمان بیداری و ... اشاره کرد.

در ادامه فاکتورهای دخیل برای انتخاب MQTT در خانه هوشمند بررسی می‌شوند:

- مصرف انرژی: با توجه به اینکه این پروتکل برای دستگاه‌های محدود ساخته شده و از روال کاری و ساختاری سبک برخوردار است، برای دستگاه‌های با مصرف انرژی پایین مناسب است.
- کاربرد چندرسانه‌ای: همان طور که بررسی شد، این پروتکل در هر دو نسخه MQTT وMQTT-SN نیازمند Broker برای انتقال پیام به صورت P/P است. با توجه به این مسئله، امکان ارتباط مستقیم بدون Broker بین دستگاه‌ها وجود نداشته و برای کاربردهای زمان‌واقعی با حجم بالا (مانند جریان‌سازی دوطرفه ویدئویی مثلاً در زنگ درب تصویری هوشمند) مناسب نخواهد بود. به طور کلی جریان‌سازی داده‌های چندرسانه‌ای با این پروتکل، به علت تحمیل سربار سنگین به Broker توصیه نمی‌شود (هر چند امکان‌پذیر است).
- نیازمندی زمان‌واقعی: برای داده‌های کم حجم، امکان‌پذیر است.
- کاربردهای اندازه‌گیری دوره‌ای: با توجه به ماهیت P/P بودن MQTT، این پروتکل از مناسب‌ترین پروتکل‌ها برای این منظور است.
- نیازمندی قابلیت اطمینان بالا: با توجه به اینکه این پروتکل بر پایه TCP بوده و همچنین با بهره‌گیری از QoSهای At least Once و Exactly Once، این پروتکل برای این منظور مناسب خواهد بود.
- کاربردهای نیازمند محیط فرکانسی امن: با توجه سبک بودن این پروتکل، برای شبکه‌های دارای محدودیت که از قدرت فرکانسی پایین استفاده می‌کنند، پروتکلی مناسب تلقی می‌شود.
- نیازمندی‌های مرتبط با محدوده تحت پوشش: این پروتکل بر روی تمام شبکه‌هایی که امکان استفاده از پروتکل لایه کاربرد دلخواه را فراهم می‌کنند و بر پایه TCP هستند، قابل استفاده است. همچنین محدودیتی از بابت شبکه‌های Mesh شده وجود ندارد.
- نیازمندی پهنای باند: همان طور که گفته شد، به علت استفاده از Broker برای کاربردهای با پهنای باند بالا مناسب نخواهد بود.
- نسبت هزینه خود وسیله به شبکه ارتباطی بکار رفته در آن: همانند بسیاری از پروتکل‌ها، به علت امکان استفاده از MQTT روی انواع سخت‌افزارها، این معیار در انتخاب تأثیرگذار نخواهد بود.

۴-۲-۱۶ پروتکل Websocket

این پروتکل در سال ۲۰۰۸ معرفی و در سال ۲۰۱۱ توسط IETF استانداردسازی شد. با توجه به پیشرفته شدن برنامه‌های سطح وب از پیام‌رسانی صوتی، تصویری و متنی تا کارهای گرافیکی، ویرایش اسناد و غیره روی مرورگر (بدون نیاز به نصب)، نیاز

[1] Last Will and Testament

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

خواهد بود تا ارتباط دو طرفه[1] بین سرویس‌دهنده و مشتری، Push از سرویس‌دهنده و ... پشتیبانی شود. بدین ترتیب پروتکل HTTP که سال‌ها مورد استفاده بوده پاسخگوی این نیازها نیست. برای پشتیبانی، ساختار پروتکل HTTP دستکاری شده و از روش‌هایی مانند HTTP Long-Polling استفاده می‌شود که در آن بعد از ارسال درخواست کاربر به سرویس‌دهنده، اتصال TCPی باز شده حتی بعد از پاسخ سرویس‌دهنده به درخواست، باز می‌ماند و کاربر برای بررسی وجود بروزرسانی می‌تواند با ارسال درخواست به صورت مداوم به سرویس‌دهنده از وجود مطلب جدید اطلاع پیدا کند. از معایب این روش‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سرویس‌دهنده گاهاً مجبور به باز نگه‌داشتن دو ارتباط TCP یکی برای رفت و دیگری برای برگشت داده است.
- HTTP پروتکلی با سربار بالا بوده که در این مدل، بیشتر بخش‌هایی که در پیام آن ارسال می‌شود در ارتباط دوطرفه کاربردی ندارند.

برای حل این مشکل پروتکل Websocket پیشنهاد شد. این پروتکل توسط اکثر مرورگرها پشتیبانی شده و در ارتباط دوطرفه در سطح وب از این پروتکل استفاده می‌شود. ویژگی‌های عمومی این پروتکل به شرح زیر است:

- استفاده از TCP برای انتقال داده
- جایگزین HTTP در سطح وب برای ارتباط دوطرفه بین مشتری/سرویس‌دهنده
- نداشتن مدل‌های QoS
- استفاده از همان پورت‌های ۸۰ و ۴۴۳ در HTTP
- طول Header تا ۱۴ بایت
- طول محتوای یک پیام حداکثر $۲^{۶۴}$ بایت است
- عدم تضمین دریافت به ترتیب Segmentهای داده بزرگ و لزوم استفاده از پروتکل‌هایی مانند TCP

برای ایجاد ارتباط، کاربر یک درخواست HTTP برای سرویس‌دهنده فرستاده و ایجاد ارتباط با پروتکل WebSocket را درخواست می‌کند. سرویس‌دهنده در صورت پشتیبانی از این پروتکل، به این درخواست پاسخ می‌دهد. سپس پروتکل WebSocket جایگزین پروتکل HTTP روی همان ارتباط TCP با همان دو پورت ۸۰ و ۴۴۳ می‌شود. از پیام‌ها Ping و Pong برای بررسی برقرار بودن و سالم بودن ارتباط بین دو طرف استفاده می‌شود. در این پروتکل می‌توان چندین پیام را پشت سر هم ارسال کرد و به عنوان Fragmentهای یک پیام کلی در نظر گرفت.

این پروتکل صرفاً از یک نوع پیام پشتیبانی می‌کند که به آن Data Frame می‌گویند. در این پیام دو فیلد Opcode و FIN وجود دارد که Opcode مشخص‌کننده نوع محتوای پیام (مثلاً متن با شماره 0x1، کنترلی، دودویی با شماره 0x2 و...) بوده و FIN مشخص می‌کند که این پیام، آخرین پیام از پیام‌های مربوط به یک داده است یا خیر. مثالی از این انتقال در ادامه مشاهده می‌شود:

Client: FIN=1, opcode=0x1, msg="hello"
Server: (process complete message immediately) Hi.
Client: FIN=0, opcode=0x1, msg="and a"
Server: (listening, new message containing text started)
Client: FIN=0, opcode=0x0, msg="happy new"
Server: (listening, payload concatenated to previous message)
Client: FIN=1, opcode=0x0, msg="year!"
Server: (process complete message) Happy new year to you too!

[1] منظور از ارتباط دوطرفه آن است که سرور می‌تواند منابع را بدون دریافت درخواست از جانب کاربر، برای آن ارسال کند

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

همان طور که مشاهده شد، روشی برای تضمین دریافت به ترتیب پیام‌های پشت سر هم وجود ندارد. بنابراین برای تضمین ترتیب، باید فقط از پروتکل‌های انتقال که به ترتیب رسیدن داده را تضمین می‌کنند، مانند TCP استفاده کرد.
در این پروتکل از Masking با استفاده Mask Key استفاده می‌شود که به نوعی رمزنگاری محتوای پیام است. حتی در صورت استفاده از سایر رمزنگاری‌ها، داده‌ها دو طرف می‌بایست Mask شده باشند در غیر این صورت، ارتباط توسط پروتکل قطع می‌شود. این پروتکل در نسخه WSS[1] از SSL و TLS پشتیبانی می‌کند.
در ادامه فاکتورهای انتخاب این پروتکل برای خانه هوشمند بررسی می‌شود:

- مصرف انرژی: این پروتکل در مقایسه با HTTP پروتکل سنگینی محسوب نمی‌شود اما در مقایسه با CoAP از سرآیند بزرگ‌تر و روش انتقال پیچیده‌تری استفاده می‌کند. بدین ترتیب برای دستگاه‌های با محدودیت انرژی، این پروتکل، پروتکلی مناسب است اما بهترین نیست. همچنین وابستگی به TCP نیز می‌تواند به سنگین‌تر شدن این پروتکل بینجامد.
- کاربرد چندرسانه‌ای: با توجه به پشتیبانی از داده‌های دودویی، ارتباط دو طرفه و مستقیم بین سرویس‌دهنده و کاربر و سرآیند نه چندان بزرگ، این پروتکل را می‌توان برای داده‌های چندرسانه‌ای استفاده کرد، اما وابستگی آن به TCP و لزوم ارسال سرآیند برای هر بسته، می‌تواند این پروتکل را برای داده‌های چندرسانه‌ای نامناسب کند.
- نیازمندی زمان‌واقعی: بعد از برقرار ارتباط توسط TCP، این پروتکل می‌تواند برای داده‌های زمان‌واقعی مورد استفاده قرار بگیرد. اما در صورت قطع شدن TCP، به علت زمان‌بر بودن اتصال آن، این پروتکل و تمامی پروتکل‌هایی که نیاز به برقرار اتصال TCP دارند را برای این منظور نامناسب می‌کند.
- کاربردهای اندازه‌گیری دوره‌ای: در این پروتکل مدل R/R یا P/S برای انتقال داده مد نظر نبوده و صرفاً انتقال به صورت دو طرفه مد نظر است. با این حال، در صورت بکارگیری سرویس‌هایی در برنامه کاربردی، می‌توان این مدل‌ها را به سادگی با این پروتکل پیاده‌سازی کرد. بدین ترتیب، صرفاً خود این پروتکل امکان اندازه‌گیری دوره‌ای را فراهم نمی‌کند و در صورت پیاده‌سازی سرویس‌های مورد نظر با این پروتکل، این امکان فراهم خواهد شد.
- نیازمندی قابلیت اطمینان بالا: با توجه به اینکه این پروتکل از TCP استفاده می‌کند، می‌تواند برای این نیازمندی کاربرد داشته باشد.
- کاربردهای نیازمند محیط فرکانسی امن: با توجه به اینکه این پروتکل از لحاظ پیچیدگی کاری، پروتکلی تقریباً سبک محسوب می‌شود می‌توان آن را بر روی دستگاه‌های محدود و شبکه‌هایی با پهنای باند و قدرت فرکانسی پایین مورد استفاده قرار داد. با این حال، برای ارسال داده‌های با حجم بالا روی این نوع شبکه‌ها، استفاده از Websocket پیشنهاد نمی‌شود.
- نیازمندی‌های مرتبط با محدوده تحت پوشش: مانند پروتکل‌های بررسی شده، این پروتکل محدودیتی از این بابت ندارد.
- نیازمندی پهنای باند: این پروتکل روال کاری پیچیده‌ای نداشته و سربار زیادی برای ارسال داده‌های نیازمند پهنای باند بالا ایجاد نمی‌کند با این حال، همان طور که گفته شد برای کاربردهای نیازمند پهنای باند بالا بالاخص بر روی دستگاه‌های دارای محدودیت مناسب نیست (به علت وجود سربار خود پروتکل و سربار استفاده از TCP).
- نسبت هزینه خود وسیله به شبکه ارتباطی بکار رفته در آن: این پروتکل نیز بر روی تمام شبکه‌هایی که امکان استفاده از پروتکل لایه کاربرد دلخواه را فراهم می‌کنند و از TCP پشتیبانی می‌کنند، قابل استفاده است.

[1] WebSocket Security

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۵-۲-۱۶ پروتکل XMPP

پروتکل XMPP[1] توسط Jabber طراحی و توسط IEFT استاندارد شد. این پروتکل برای انتقال پیام‌ها در چت، تماس صوتی و تصویری بکار می‌رود. برای انتقال داده، از یک قالب XML[2] به نام Stanza استفاده می‌شود و بر مدل مشتری/سرویس‌دهنده متکی است [340]. این پروتکل شامل بخش‌های زیر است:

- Client
- Server
- Gateway

هر تعداد مشتری، در حوزه یک سرویس‌دهنده هستند و برای انتقال پیام، پیام خود را به سرویس‌دهنده می‌فرستند و سرویس‌دهنده آن را به سرویس‌دهنده دیگر منتقل کرده و آن سرویس‌دهنده پیام را به کاربر خود می‌رساند (صرفاً یک گام بین دو سرویس‌دهنده XMPP وجود دارد).

در این پروتکل برای آدرس‌دهی، از روشی مانند Email استفاده می‌شود. هر شخص با دارا بودن هر تعداد وسیله‌ای که از پروتکل XMPP استفاده می‌کنند دارای یک شناسه به نام JID است. دستگاه‌های هر شخص به عنوان یک منبع[3] نام برده می‌شوند و با یک / در ادامه JID آن کاربر قرار می‌گیرند تا مشخص شود که داده توسط سرویس‌دهنده باید به کدام دستگاه کاربر فرستاده شود. نمونه‌ای از آدرس کامپیوتر یک شخص در این پروتکل به صورت زیر است:

fmortazavi@nri-xmppserver.ir/work

Stanzaها در این پروتکل می‌توانند سه نوع مختلف به شرح زیر داشته باشند:

- Stanza از نوع Message: این نوع Stanza برای ارسال پیام‌هایی برای گفتگو و اطلاع‌رسانی (مانند ایمیل و ...) بکار می‌رود که خود دارای انواع زیر است:
  - Normal: این مدل از پیام مانند Email بوده که نیازی به جواب داده شدن در همان لحظه ندارد.
  - Chat: این مدل از پیام بصورت Real-Time بین دو نفر ارسال می‌شود و معمولاً جواب نیز در همان لحظه مورد انتظار است.
  - Group Chat: این پیام برای چند نفر ارسال می‌شود.
  - Headline: این مدل از پیام برای اطلاع‌رسانی به کار می‌رود و گیرنده حق ارسال جواب به این پیام را ندارد.
  - Error: برای ارسال مشکل در انتقال پیام، فرستاده می‌شود.

  در این نوع از Stanza داده به صورت Push ارسال شده و ACK برای هر پیام ارسال نمی‌شود و به جای آن در صورت بروز خطا، Error (NACK) ارسال می‌شود.
- Stanza از نوع Presence: این مدل از Stanza، برای فهمیدن وضعیت شبکه طرف مقابل معمولاً در چت‌های آنلاین بکار می‌رود که در صورت اجازه یک طرف، وضعیت او (مثلاً اینکه آنلاین هست یا خیر)، برای طرف مقابل ارسال می‌شود.
- Stanza از نوع Info/Query (IQ): مدل دیگری از Stanza است که برای عملیات Request/Response بکار می‌رود. در این مدل هر پیام حتماً یا جواب درخواست خود را دریافت می‌کند، یا پیام خطایی دریافت می‌کند. این Stanza شامل ۴ مدل است:
  - Get: معادل Get در HTTP بوده و برای درخواست یک منبع به کار می‌رود.

[1] Extensible Messaging and Presence Protocol
[2] Extensible Markup Language
[3] Resource

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- Set: معادل Post یا Put در HTTP بوده و برای درخواستِ قرار دادن یک منبع به کار می‌رود.
- Result: حاوی جواب درخواست یا کدهای لازم مثل HTTP 200 در HTTP است.
- Error: حاوی خطای عملیات Request/Response است (مثل عدم ارسال پیام یا جواب یا عدم امکان پردازش درخواست توسط درخواست شونده و...).

همان طور که مشاهده شد، این پروتکل RESTful نیست، زیرا از عملیات CRUD فقط Create و Read را داشته و Update و Delete را پشتیبانی نمی‌کند.

یکی از ویژگی‌های این پروتکل این است که می‌توان درخواست‌ها را به صورت Asynchronous ارسال کرد. در HTTP کاربر درخواست را ارسال می‌کند و منتظر پاسخ می‌ماند و سپس درخواست بعدی را ارسال می‌کند. در این پروتکل می‌توان چندین درخواست را به صورت پشت سر هم ارسال کرد و سپس جواب‌های هر درخواست را دریافت کرد.

این پروتکل وابسته به TCP بوده و امکان به ترتیب رسیدن یا تضمین رسیدن بسته‌ها بدون TCP وجود ندارد. همچنین در نسخه‌ای از این پروتکل، امکان استفاده از رمزنگاری و SSL وجود دارد [343].

در ادامه فاکتورهای موثر برای انتخاب این پروتکل در کاربردهای مختلف خانه هوشمند بررسی می‌شود:

- مصرف انرژی: با توجه وابستگی به TCP و قالب‌بندی داده به Stanza، XMPP پروتکل سنگین‌تری نسبت به CoAP و MQTT محسوب می‌شود. به همین دلیل برای شبکه‌های دارای محدودیت انرژی مخصوصاً برای ارسال داده‌های با حجم بالا به علت سربار بسته‌بندی پیام پیشنهاد نمی‌شود.
- کاربرد چندرسانه‌ای: این پروتکل بیشتر برای ارسال داده متنی مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای کاربردهای چندرسانه‌ای نیست. وابستگی به TCP نیز از سایر دلایل عدم مناسب بودن این پروتکل برای کاربردهای چندرسانه‌ای است.
- نیازمندی زمان‌واقعی: بجز سربار برقراری اتصال TCP، می‌توان از این پروتکل برای کاربردهای زمان‌واقعی برای داده‌های کم‌حجم استفاده کرد.
- کاربردهای اندازه‌گیری دوره‌ای: با توجه به عدم پشتیبانی از مدل P/P در XMPP، این پروتکل برای این کاربرد مناسب نخواهد بود.
- نیازمندی قابلیت اطمینان بالا: این پروتکل بجز پیام Error، از QoSی برای تضمین رسیدن پیام استفاده نمی‌کند. با این حال وابستگی به TCP، رسیدن داده‌ها را تضمین می‌کند. بدین ترتیب، این پروتکل می‌تواند برای این کاربردها مناسب تلقی شود.
- کاربردهای نیازمند محیط فرکانسی امن: با توجه به وابستگی به TCP و همچنین سربار پیام‌های Stanza، حجم داده انتقال داده شده برای یک پیام خاص در این پروتکل نسبت به پروتکل‌های CoAP و MQTT بیشتر است. با این حال این پروتکل قابلیت استفاده بر روی شبکه‌های دارای محدودیت را دارا بوده اما توصیه نمی‌شود.
- نیازمندی‌های مرتبط با محدوده تحت پوشش: این پروتکل بر روی شبکه‌های با محدوده تحت پوشش مختلف قابل استفاده بوده و همچنین محدودیتی از بابت استفاده از Mesh ندارد.
- نیازمندی پهنای باند: با توجه به قالب پیام، سربار بسته‌بندی و وابستگی به TCP، برای کاربردهای نیازمند پهنای باند بالا توصیه نمی‌شود.
- نسبت هزینه خود وسیله به شبکه ارتباطی بکار رفته در آن: مشابه با سایر پروتکل‌های بررسی شده، محدودیتی از بابت استفاده از این پروتکل بر روی شبکه‌های با هزینه کم یا زیاد وجود ندارد و این معیار تأثیری در انتخاب پروتکل ندارد.

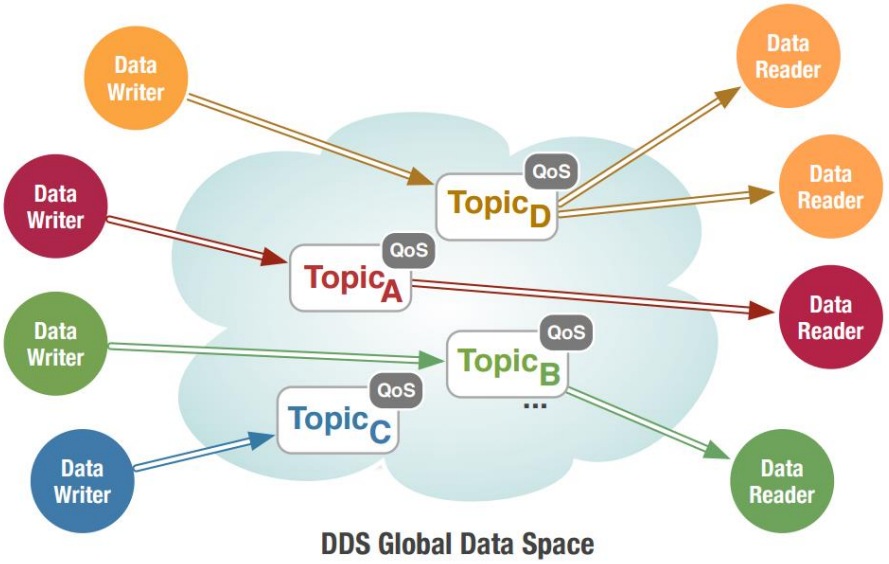
DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۶-۲-۱۶ پروتکل DDS

این پروتکل در سال ۲۰۰۴ توسط OMG[1] برای عملیات Publish/Subscribe طراحی شده است. این پروتکل شامل موارد زیر است:

- GDS[2]: این بخش مانند یک واسط برای انتقال داده عمل می‌کند. مهم‌ترین ویژگی یک GDS، متمرکز نبودن[3] آن است؛ بدین معنی که یک سرویس‌دهنده وظیفه انتقال پیام‌ها را بر عهده ندارد بلکه با یک فضا روبرو بوده که وظیفه انتقال داده را بر عهده دارد. این بخش را می‌توان مانند یک فضای ابری[4] دانست. برای انتقال داده، در GDS یک سری Topic ایجاد کرده که Publisherها داده را به آن‌ها می‌فرستند و Subscriberها در آن‌ها ثبت نام کرده و داده‌های مورد نیاز خود را بصورت خودکار یا بصورت Polling از GDS دریافت می‌کنند که در ادامه بررسی خواهند شد.
- Date Readers و Data Writers: برای دریافت داده از GDS یا ارسال به آن از متدها و کلاس‌های این پروتکل به نام‌های Data Reader و Data Writer استفاده می‌شود. با استفاده از Writer، یک دستگاه (مثلاً حسگر) می‌تواند داده‌ها خود را به Topic مورد نظر خود بفرستد. با استفاده از Reader می‌توان داده‌ها را به روش Polling یا با Listener دریافت کرد. در مدل اول مثلاً می‌توان هر یک ثانیه درخواست خواندن داده از GDS را داده و در روش دوم هر زمان که داده‌ای جدید در موضوع مورد نظر قرار گرفت، به Subscriber فرستاده می‌شود.

روش کار پروتکل DDS در شکل ۵-۱۶ ارائه شده است. همان طور که در شکل مشاهده می‌شود، در حین انتقال پیام از Topic به Subscriberها می‌توان یک سری QoS در نظر گرفت که توسط Data Readerها یا Data Writerها یا هنگام ایجاد Topic مشخص می‌شوند. پروتکل DDS از ۲۳ نوع QoS پشتیبانی می‌کند.



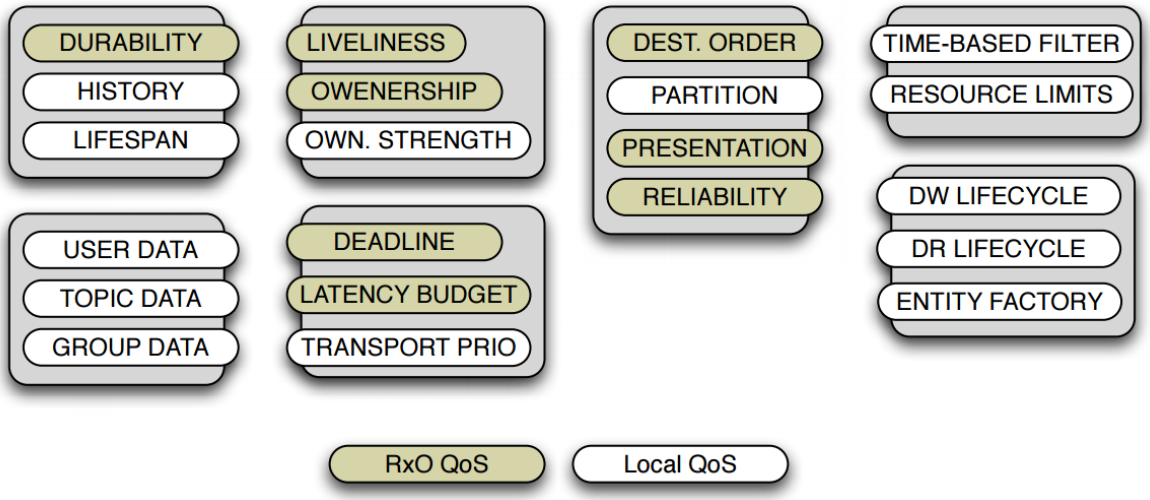
شکل ۵-۱۶ روش کاری DDS [340]

پیام در DDS دارای یک سرآیند و تعدادی Sub Message است که محتوای پیام در آن قرار می‌گیرند. حداقل طول سرآیند ۴ بایت بوده ولی با استفاده از تمامی قابلیت‌های این پروتکل، طول سرآیند می‌تواند تا ۵۶ بایت شود.

[1] Object Management Group
[2] Global Data Space
[3] Fully Distributed
[4] Cloud

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

همان طور که گفته شد، DDS از ۲۳ مدل QoS برای Data Availability، Data Delivery و... استفاده می‌کند. این QoSها رفتارهای اجزای DDS مانند Data Readerها یا Data Writerها یا Topicها هستند. وقتی یک Data Reader قصد دریافت داده از موضوعی را دارد باید QoS درخواستی با QoSی که Data Writer تعیین کرده و QoS موضوع هماهنگی داشته باشد. QoSهای DDS را در شکل ۶-۱۶ مشاهده می‌شوند.



شکل ٦-١٦ QoSهای پروتکل DDS [344]

پروتکل DDS برای داده‌های حساس قابلیت کنترل دسترسی، رمزنگاری در حین در جریان بودن داده‌ها[1] و ... را نیز فراهم می‌کند [344].

فاکتورهای دخیل برای انتخاب پروتکل DDS در کاربردهای مختلف خانه هوشمند به شرح زیر است:

- مصرف انرژی: این پروتکل نسبت به MQTT و CoAP پروتکل سنگین‌تری محسوب شده و برای دستگاه‌هایی که در میزان انرژی محدودیت دارند مناسب نیست.
- کاربرد چندرسانه‌ای: با توجه به مدل P/P بودن آن و استفاده از Broker، برای انتقال داده‌های چندرسانه‌ای مناسب نبوده و سربار اضافه‌ای به GDS تحمیل می‌کند.
- نیازمندی زمان‌واقعی: با اینکه داده‌های که برای Publish شدن آماده شده می‌توانند با QoSهایی مانند DEADLINE و LATENCY BUDGET در مهلت زمانی مقرر به مقصد برسند ولی برای انتقال داده‌هایی مانند ویدئو یا صدا یا دستور خاصی که باید در مهلت مقرر به مقصد برسد توصیه نمی‌شود (به علت یک گام اضافه به واسطه وجود GDS).
- کاربردهای اندازه‌گیری دوره‌ای: با توجه به پشتیبانی از مدل P/P، این پروتکل از مناسب‌ترین پروتکل‌ها برای این کاربرد تلقی می‌شود.
- نیازمندی قابلیت اطمینان بالا: بدون توجه به لایه انتقال این پروتکل، در QoSای از DDS به نام RELIABILITY، امکان مشخص کردن انتقال پیام به صورت Reliable یا Best-effort وجود دارد.
- کاربردهای نیازمند محیط فرکانسی امن: با توجه به حجیم بودن سرآیند این پروتکل، در صورت استفاده از آن برای انتقال داده حجیم، حجم اطلاعات منتقل شده و در نتیجه مدت روشن ماندن رادیو بیشتر از پروتکل‌هایی مانند MQTT خواهد بود. در نتیجه، برای این نوع داده‌ها در محیط‌های نیازمند فرکانس امن توصیه نمی‌شود، هر چند محدودیتی از بابت استفاده از آن روی شبکه‌های دارای محدودیت مانند NB-IoT وجود ندارد.

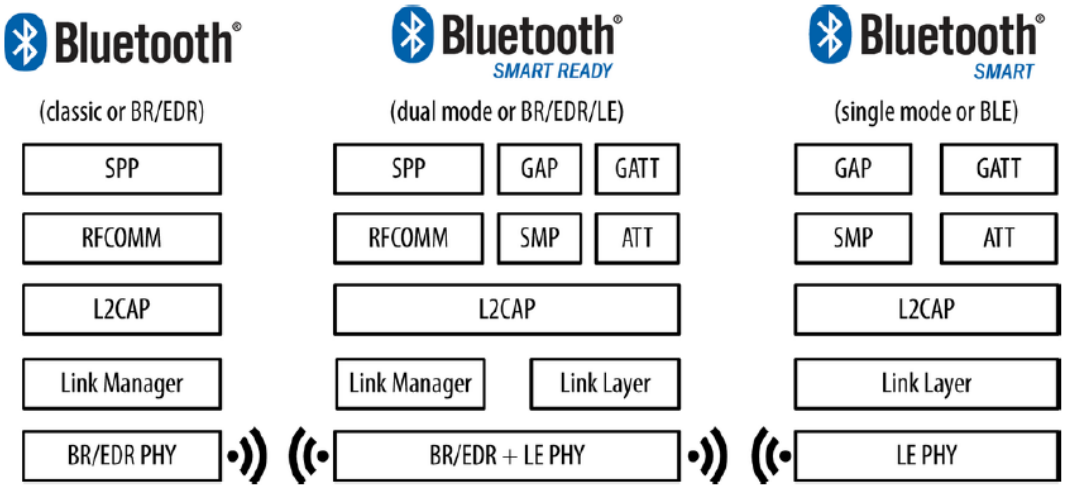
[1] On-the-fly Data Encryption

- نیازمندی‌های مرتبط با محدوده تحت پوشش: با توجه به اینکه این پروتکل وابسته به سخت‌افزار خاصی از شبکه نیست، محدودیتی از بابت محدوده تحت پوشش ایجاد نکرده و چالشی برای ایجاد شبکه‌های مش نیز ایجاد نمی‌کند.
- نیازمندی پهنای باند: با توجه به وجود GDS، این پروتکل برای داده‌های نیازمند پهنای باند بالا توصیه نمی‌شود.
- نسبت هزینه خود وسیله به شبکه ارتباطی بکار رفته در آن: این پروتکل محدودیتی از این بابت ایجاد نمی‌کند.

۷-۲-۱۶ استاندارد ارتباطی BLE

برخلاف پروتکل‌های لایه کاربرد بررسی شده، BLE[1] یک استاندارد ارتباطی است. همان طور که بررسی شد، پروتکل‌هایی مانند CoAP، HTTP، MQTT و... بر روی هر استانداردی از شبکه که امکان استفاده از پروتکل دلخواه لایه کاربرد را فراهم می‌کنند (شبکه‌هایی مانند Wi-Fi – IEEE 802.11، 3G/4G و LAN)، قابل استفاده هستند. در مقابل در استانداردهایی مانند Bluetooth، ZigBee و WirelessHART، تمامی لایه‌های آن‌ها (چه بر پایه OSI هستند یا خیر) از پیش تعیین شده بوده و پروتکل‌های مختص خود را دارند و نمی‌توان از پروتکل‌های دلخواه برای لایه‌های مختلف آن‌ها استفاده کرد. با توجه به ویژگی‌های خاص BLE و کاربرد وسیع آن در اینترنت اشیا و حوزه‌های آن مانند خانه هوشمند، لازم است این پروتکل بررسی شده و کاربردهای آن مشخص شود [345, 346, 347].

BLE یکی از دو قسمت استاندارد Bluetooth 4.0 است که در سال ۲۰۱۰ معرفی شد. در این استاندارد و نسخه جدید آن (Bluetooth 5.0)، هر دو نسخه Bluetooth Classic (BR/EDR) و BLE تعریف شده‌اند. لازم به ذکر است با اینکه هر دوی این موارد تحت عنوان Bluetooth نام برده می‌شوند، امکان تعامل با یکدیگر را ندارد (امکان ارسال داده از BLE به Bluetooth Classic و بالعکس وجود ندارد). از BLE به عنوان Bluetooth Smart نیز نام برده می‌شود. به طور کلی، یک Chipset بلوتوث می‌توان هر کدام از این Bluetoothها را پیاده کند که در شکل ۷-۱۶ قابل مشاهده هستند.



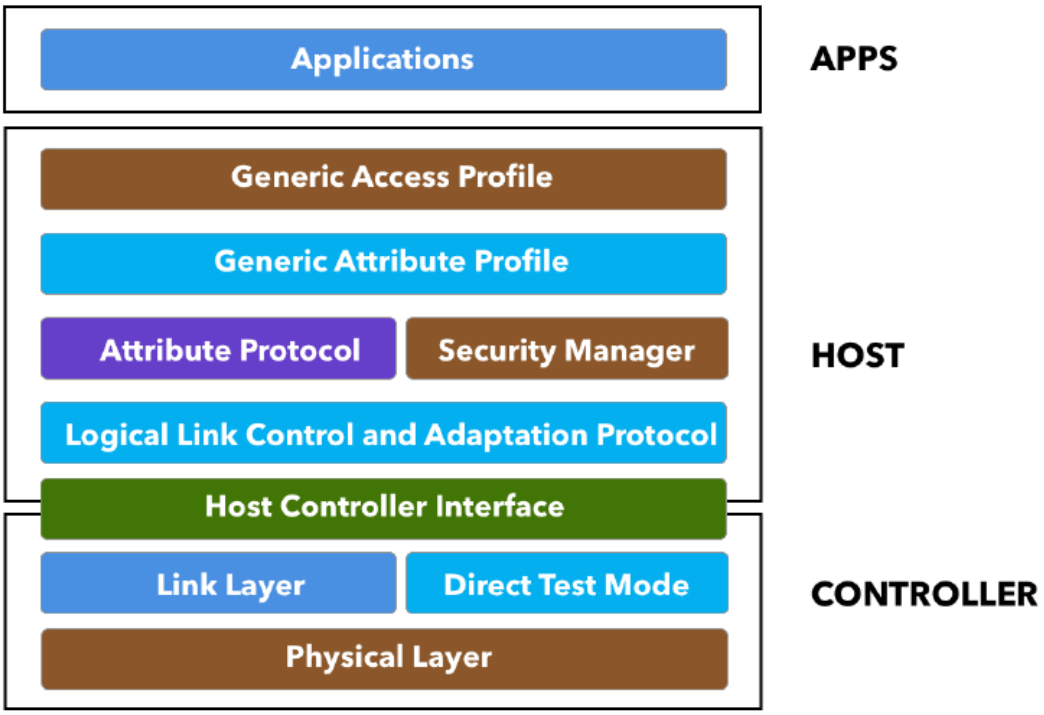
شکل ۷-۱۶ chipsetهای BLE، BR/EDR و هر دو [345]

از مزایای BLE می‌توان به قیمت پایین، پشتیبانی در اکثر تلفن‌های همراه، مستندات فراوان و مصرف پایین (کمتر از ۱۵ میلی‌آمپر در پیک) اشاره کرد. با توجه به پهنای باند پایین BLE و فاصله ۱۵۰ میلی ثانیه بین هر بسته، صرفاً برای ارسال تنظیمات در دستگاه‌ها و خواندن و نوشتن داده‌های کوچک قابل استفاده بوده و برای مواردی مانند جریان‌سازی ویدئو و صدا،

[1] Bluetooth Low Energy

می‌بایست از Bluetooth Classic استفاده کرد. لازم به ذکر است که بسته‌ها در BLE در صورت گم شدن مجدداً ارسال می‌شوند.

یکی دیگر از مسائل در BLE، پشته پروتکلی آن است که به شکل دقیق در شکل ۸-۱۶ قابل مشاهده است. به طور کلی پشته پروتکلی BLE به سه قسمت Controller، Host و Application تقسیم می‌شود. بالاترین لایه، یعنی Application، شامل برنامه‌های کاربردی است که توسط توسعه‌دهندگان ایجاد می‌شوند و جزئی از پشته BLE نیست. در میان دو بخش Host و Controller، یک HCI[1] وجود دارد که وظیفه ارتباط بین این دو را بر عهده دارد، زیرا این دو بخش می‌توانند در دو Chipset متفاوت حاضر باشد (اتصال با USB, UART, SDIO و ...). در صورتی که هر دو بخش در یک Chipset باشند، ارتباط بین آنها به شکل محلی برقرار می‌شود. لایه‌های فیزیکی و پیوند مشابه معماری OSI هستند.



شکل ۸-۱۶ پشته پروتکلی BLE [346]

سایر لایه‌های Host در ادامه به صورت مختصر بررسی شده تا ویژگی‌های BLE متناسب با کاربرد آن در خانه هوشمند مشخص شوند.

ارتباطات در BLE می‌توانند Connection یا Connectionless باشند. در مدل ارتباطی Connection نیاز به انتقال پیام‌هایی برای برقراری ارتباط است اما باعث تسهیل انتقال داده، بهبود سرعت و افزایش امنیت می‌شود. در مدل Connectionless، پیام‌ها بدون تعاملات اولیه منتقل می‌شوند اما هر گیرنده‌ای می‌تواند به این پیام‌ها دسترسی داشته باشد. با توجه به این توضیحات، دستگاه‌ها در BLE می‌توانند یکی از انواع Broadcaster، Peripheral، Observer و یا Central باشند:

- Broadcaster: ارتباط یک طرفه (فرستنده)، عدم نیاز به گیرنده رادیویی و عدم امکان برقرار Connection با دستگاهی دیگر
- Peripheral: مشابه با Broadcaster بوده، بدین ترتیب که پیام‌های Advertise را برای دستگاهی دیگر ارسال می‌کند تا ارتباط برقرار شود. این دستگاه نیازمند گیرنده و فرستنده است.

[1] Host Controller Interface

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- Observer: در مقابل Broadcaster، Observer قرار دارد که صرفاً بسته‌های فرستنده‌ها را دریافت می‌کند و خود امکان برقرار ارتباط نداشته و بدین ترتیب نیاز به فرستنده ندارد.
- Central: مشابه با Observer بوده اما امکان برقراری ارتباط داشته و نیازمند فرستنده و گیرنده رادیویی است.

بجز این موارد، نقش‌های در لایه پیوند تعیین می‌شوند:

- Master: دستگاهی که آغاز کننده برقراری ارتباط است.
- Slave: دستگاهی که ارتباط Master را قبول می‌کند.
- Scanner: دستگاهی که بسته‌های Advertise را دریافت می‌کند.
- Advertiser: دستگاهی که بسته‌های Advertise را ارسال می‌کند.

بدین ترتیب، در صورتی که دو دستگاه با هم ارتباط برقرار کنند، در حالت Master/Slave قرار دارند و در غیر این صورت، دو دستگاه قبل از برقراری ارتباط در حالت Scanner/Advertiser هستند.

دستگاه در لایه ATT[1] می‌توانند در هر یک نقش‌های زیر یا هر دو به شکل همزمان (فارغ از اینکه Master یا Slave هستند) ظاهر شوند:

- Client: از Server درخواست داده می‌کند.
- Server: به Client پاسخ می‌دهد.

در ادامه به بررسی لایه‌های استاندارد ارتباطی BLE پرداخته می‌شود.

۱۶-۲-۷-۱ لایه L2CAP

لایه L2CAP[2] و پروتکل آن، مشابه با TCP بوده و دو وظیفه کلی را بر عهده دارد که این وظایف به شرح زیر هستند:

- بسته‌هایی که از لایه‌های بالاتر به BLE می‌رسند را در قالب استاندارد بسته‌های BLE، بسته‌بندی می‌کند.
- وظیفه قطعه کردن داده‌ها در مبدا و سرهم کردن آن‌ها در مقصد را بر عهده دارد.

این پروتکل با دو پروتکل بالای خود یعنی ATT و SMP در ارتباط است.

۱۶-۲-۷-۲ لایه ATT

داده‌ها در BLE، به جای بسته، در Attribute قرار می‌گیرند. پروتکل ATT[3]، موارد زیر را برای یک داده مشخص می‌کند:

- Id یا Handle: یک عدد ۱۶ بیتی که برای تفکیک Attributeها در سرویس‌دهنده بکار می‌رود.
- Value: خود داده
- UUID: عددی یکتا در جهان که نوع داده (Value) را مشخص می‌کند.
- مجوزهای دسترسی داده

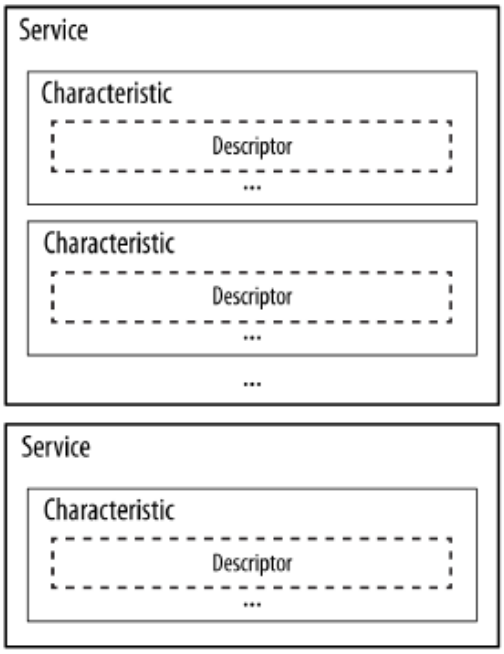
۱۶-۲-۷-۳ لایه GATT

قالب‌بندی داده‌ها به شکل ATT در BLE، ناکافی است. بدین ترتیب داده‌ها در لایه‌ای که GATT[4] حضور دارد، ATTها در دسته‌های بزرگ‌تر به نام Profile قرار می‌گیرند. یک GATT، Attributeها را مطابق شکل ۹-۱۶ دسته‌بندی می‌کند و

[1] Attribute Protocol
[2] Logical Link Control and Adaptation Protocol
[3] Attribute Protocol
[4] Generic Attribute Profile

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

نمونه‌ای واقعی از آن در شکل ۱۰-۱۶ قابل مشاهده است (برای مشخص کردن ویژگی‌های Service، Characteristics و Descriptor نیز از Attribute استفاده می‌شود).



شکل ۹-۱۶ پروفایل GATT (مدل داده‌ای) [345]

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<configuration>

    <service uuid="1800">
      <description>Generic Access Profile</description>

      <characteristic uuid="2a00">
        <properties read="true" const="true" />
        <value>Bluegiga CR Demo</value>
      </characteristic>

      <characteristic uuid="2a01">
        <properties read="true" const="true" />
        <value type="hex">4142</value>
      </characteristic>
    </service>

    <service uuid="0bd51666-e7cb-469b-8e4d-2742f1ba77cc" advertise="true">
        <description>Cable replacement service</description>

        <characteristic uuid="e7add780-b042-4876-aae1-112855353cc1" id="xgatt_data">
            <description>Data</description>
            <properties write="true" indicate="true" />
            <value variable_length="true" length="20" type="user" />
        </characteristic>
    </service>

</configuration>
```

شکل ۱۰-۱۶ نمونه‌ای واقعی از GATT [346]

همان طور که گفته شد، Attributeها یا خود داده هستند یا می‌توان مقادیری را روی آن‌ها نوشت (با اجازه دسترسی Read یا Write). این Attributeها در GATT در بخش‌های زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند:

- Service: دسته‌بندی تعدادی Attribute شبیه به هم که پاسخگوی یک نیاز مشترک بوده و عملکردی مشترک دارند، می‌تواند در یک سرویس جای بگیرد. برای توصیف خود سرویس نیز از Attributeهای زیر استفاده می‌شود.

Handle	Type	Permissions	Value	Value length
0xNNNN	$UUID_{primary\ service}$ or $UUID_{secondary\ service}$	Read Only	Service UUID	2, 4, or 16 bytes

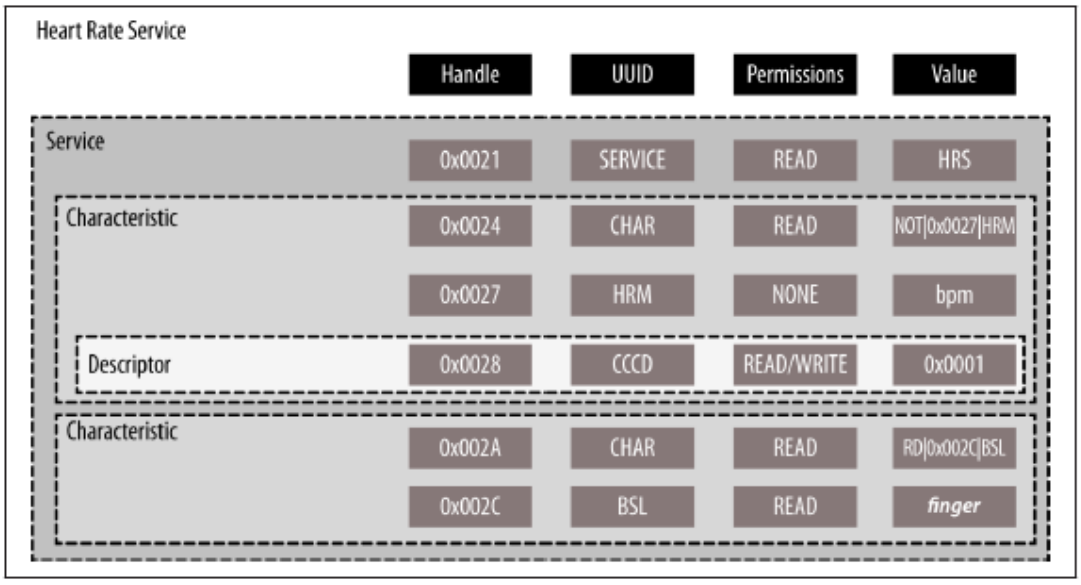
به عنوان مثال سرویس باتری یا سرویس ضربان قلب می‌توانند نمونه‌ای از این سرویس‌ها تلقی شوند.

- Characteristic: جزئی از سرویس بوده و در واقع داده یا اطلاعاتی است که Server در اختیار Client قرار می‌دهد. یک Characteristic نیز مانند Service، با Attribute (حداقل دو Attribute) به شکل زیر توصیف می‌شود که یکی از این Attributeها، Properties این Characteristic بوده و مشخص کننده نحوه دسترسی به خود داده است (Read, Write و ...) و Attribute بعدی خود داده است:

Handle	Type	Permissions	Value	Value length
0xNNNN	$UUID_{characteristic}$	Read only	Properties, value handle (0xMMMM), characteristic UUID	5, 7, or 19 bytes
0xMMMM	Characteristic UUID	Any	Actual value	Variable

- Descriptor: یک Characteristic می‌تواند شامل چند Descriptor باشد که به عنوان Metadata آن Characteristic محسوب شده و اطلاعات اضافی در مورد خود Characteristic و داده آن می‌دهند و خود نیز با Attribute توصیف می‌شوند.

همان طور که مشاهده شد، هر اطلاعاتی در BLE با Attribute مشخص می‌شود. این Attributeها در جدولی مشخص کنار هم در دستگاه مجهز به BLE قرار گرفته و با Id یا Handle به آن‌ها دسترسی انجام می‌پذیرد. نمونه‌ای ساده شده از GATT در شکل ۱۱-۱۶ قابل مشاهده است. لازم به ذکر است که می‌توان از Serviceهای از پیش تعیین شده در BLE استفاده کرده یا سرویس و GATTهای جدیدی متناسب با کاربرد و سناریوی خاص تعیین کرد.



شکل ۱۱-۱۶ نمونه‌ای از GATT [345]

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۴-۷-۲-۱۶ لایه GAP

لایه GAP[1] به عنوان آخرین لایه و چارچوبی برای اتصال دو دستگاه BLE به هم تعریف شده است. وظایف این چارچوب به شرح زیر هستند:

- مشخص کردن Mode و Role دستگاه‌های BLE
- Advertise, Scan و پارامترهای Advertise و Scan و داده‌های آن‌ها
- برقراری Connection شامل Initiating، Accepting و مشخص کردن پارامترهای مورد نیاز برای برقرار ارتباط

در ادامه، موارد مورد نیاز در انتخاب پروتکل BLE برای کاربردهای خانه هوشمند بررسی خواهد شد:

- مصرف انرژی: با توجه به مصرف پایین این پروتکل، برای این مورد مناسب خواهد بود.
- کاربرد چندرسانه‌ای: با توجه به پهنای باند پایین، برای این منظور بلااستفاده خواهد بود.
- نیازمندی زمان‌واقعی: در صورتی که حجم داده ارسالی در این کاربرد پایین باشد، قابل استفاده خواهد بود.
- کاربردهای اندازه‌گیری دوره‌ای: با ویژگی Indicate/Notify این امکان فراهم است.
- نیازمندی قابلیت اطمینان بالا: با توجه به تضمین پیام ارسال شده (دریافت ACK)، برای این کاربردها مناسب است.
- کاربردهای نیازمند محیط فرکانسی امن: با توجه به مصرف پایین و انرژی کم امواج BLE، از مناسب‌ترین دستگاه‌ها برای این کار است.
- نیازمندی‌های مرتبط با محدوده تحت پوشش: با توجه به امکان ایجاد مش توسط این پروتکل، برای این کاربرد می‌تواند مناسب باشد. البته لازم به ذکر است که مصرف انرژی و پهنای باند محدود این پروتکل، با این کار تحت تأثیر قرار می‌گیرد.
- نیازمندی پهنای باند: برای داده‌های بسیار کم حجم مناسب است.
- نسبت هزینه خود وسیله به شبکه ارتباطی بکار رفته در آن: وسیله‌ای ارزان با هزینه پایین نسبت به سایر شبکه‌ها مانند Wi-Fi است.

[1] Generic Access Profile

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

بخش پنجم

طراحی خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل هفدهم

طراحی prototype برنامه کاربردی وب خانه هوشمند

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۷-۱ مقدمه

همان‌طور که در معماری خانه هوشمند بررسی شد، واسط‌های کاربری مختلفی برای سیستم خانه هوشمند مورد نیاز است که یکی از آن‌ها واسط کاربری وب است. در این بخش، Prototype واسط کاربری وب بررسی شده و بخش‌هایی از آن که به صورت نمونه پیاده‌سازی شده‌اند، معرفی شده است.

۱۷-۲ فناوری‌های مورد استفاده

همان‌طور که در گزارش معماری خانه هوشمند بررسی شد، واسط‌های کاربری همگی می‌بایست با API Gateway در سرویس‌دهنده مرکزی (ابری) از طریق Web API در ارتباط باشند. همچنین با توجه به نیاز به ارتباط دوطرفه و بی‌درنگ[1] در تمامی واسط‌ها (به عنوان مثال نمایش دما به صورت زنده یا دریافت اعلانات به محض ارسال)، تمامی واسط‌ها می‌بایست علاوه به ارتباط Request/Response، از پروتکل و فناوری‌هایی مانند MQTT, WebSocket, SignalR و ... استفاده کنند.

با توجه به ملاحظات بخش وب و نیاز به تقسیم شدن آن به دو قسمت Front-End و Back-End، سه متدلوژی برای برآورده کردن نیازهای واسط کاربری (موارد عنوان شده) متصور است:

۱. رندر کردن صفحات HTML به شکل Static در Back-End

در این روش که معمول‌ترین معماری آن MVC[2] است، صفحات به شکل Static در Back-End با هر زبانی ساخته می‌شوند در زمان درخواست کاربر، صفحات به HTML تبدیل شده و با داده‌های مورد نظر پر می‌شوند. به منظور بروزرسانی صفحات معمولاً نیاز به بروزرسانی صفحات توسط کاربر به شکل دستی خواهد بود اما می‌توان بخش‌هایی از صفحه را با استفاده از روش‌هایی مانند Ajax بروزرسانی کرد. این متدلوژی برای واسط کاربری خانه هوشمند، که نیاز به شخصی‌سازی از طرف کاربر و تعامل دو طرفه بین Front-End، Back-End و سرویس‌دهنده اصلی دارد و همچنین با توجه به تنوع ابزارهای هر کاربر، صفحه از تنوع بالایی برای هر کاربر برخوردار است، مناسب‌ترین روش نخواهد بود.

۲. استفاده از SPA[3] و رندر کردن صفحات در سمت کاربر

این مدل از واسط‌های کاربری که با چارچوب‌هایی مانند Angular، React، Vue و ... طراحی می‌شوند، نقش Back-End را به شدت کم رنگ کرده و تقریباً به صفر می‌رسانند. بدین ترتیب که ظاهر صفحات با استفاده از JS[4] در سمت کاربر به صورت Dynamic رندر شده و این صفحات داده‌های خود را به صورت مستقیم از سرویس‌دهنده اصلی و API مربوطه در آن می‌گیرند. بدین ترتیب، روش‌های احراز هویت و کنترل دسترسی OAuth و OIDC مشابه با واسط‌های موبایل و Desktop خواهند بود (همان‌طورکه به عنوان مثال واسط اندروید با زبان Java توسعه داده شده و با استفاده از ماشین مجازی Dalvik در اندروید اجرا می‌شود یا واسط ویندوز که با #C نوشته شده، به صورت Exe کامپایل می‌شود تا توسط ویندوز قابل اجرا باشد، واسط‌های SPA با JS نوشته می‌شوند و توسط موتور JS در مرورگرها اجرا می‌شوند).

با وجود مزایای این واسط‌ها، معایبی از جمله سنگین شدن برنامه در سمت کاربر و طولانی شدن Rendering و همچنین مشکلات جستجو برای موتورهای جستجو از معایب این واسط‌ها هستند که برای حل برخی از این مشکلات از SSR[5] استفاده می‌شود.

---

[1] Real-time
[2] Model View Controller
[3] Single Page Application
[4] Java Script
[5] Server-Side Rendering

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۳. ترکیبی

مناسب‌ترین متدلوژی برای خانه هوشمند، استفاده از روش ترکیبی بوده که در آن، برخی قسمت‌های واسط وب با SPA و برخی قسمت‌ها به صورت Static طراحی می‌شوند. بدین ترتیب، یک واسط وب از چند SPA تشکیل خواهد شد که قسمت‌هایی از آن مانند معرفی واسط، راهنما، ارتباط با سرویس‌دهندگان و ... به صورت Static خواهند بود.

در ادامه گزارش، Prototype بخش وب خانه هوشمند که صرفاً شامل ظاهر صفحات است بررسی می‌شود. برای تهیه این Prototype از چارچوب ASP.NET Core (مدل MVC) و زبان #C برای Back-End و زبان‌های پایه HTML، CSS و Bootstrap برای ظاهر Front-End استفاده شده است.

۳-۱۷ بخش‌های مورد نیاز واسط کاربری خانه هوشمند

با بررسی‌های انجام شده در واسط‌های موجود خانه‌های هوشمند شرکت‌های مختلف و همچنین نیازمندی‌های خانه هوشمند، واسط کاربری خانه هوشمند می‌بایست حداقل شامل بخش‌های زیر باشد:

- امکان مشاهده تمامی دستگاه‌های خانه به صورت لیست (با دسته‌بندی یا بدون دسته‌بندی)
- وجود بخشی برای مشاهده خلاصه‌ای از وضعیت کلی خانه
- وجود امکان ایجاد روتین/روند برای اینکه کاربر بتواند به هر شکلی که می‌خواهد برای خود سناریو تعریف کند (مثلاً در زمان خواب چراغ اتاق وسط روشن شود، چراغ آشپزخانه کم نور شود، بقیه چراغ‌ها خاموش شود و دمای خانه روی ۲۵ درجه تنظیم شود). این موارد باید شامل روتین‌های خودکار (پیش‌فرض) و روتین‌های دلخواه کاربر باشند.
- امکان تنظیم هر یک از امکانات دستگاه‌ها به صورت جداگانه
- وجود امکان دسته‌بندی دستگاه‌ها در کنار هم برای کنترل دستی آن‌ها به شکل گروهی (مثلاً با یک کلیک، کل لامپ‌های خانه روشن و خاموش شود)
- وجود داشبوردی برای اینکه کاربر بتواند هر مورد دلخواهی را به آن اضافه کند (مثلاً وضعیت سلامت هوای خانه، لامپ اتاق خواب، فعال‌سازی آژیر و ...)
- وجود بخشی برای کنترل خانه‌های مختلف برای افرادی که چند خانه دارند
- وجود امکان جستجو و ارائه دستورات به شکل متنی و صوتی
- وجود بخشی برای مشاهده اطلاعات کاربر و ویرایش آن

با توجه به موارد عنوان شده، در Prototype و سیستم پیشنهادی، این موارد در بخش‌های زیر دسته‌بندی شده‌اند:

- بخش وضعیت کلی
- داشبورد
- بخش روندها
- بخش دستگاه‌ها

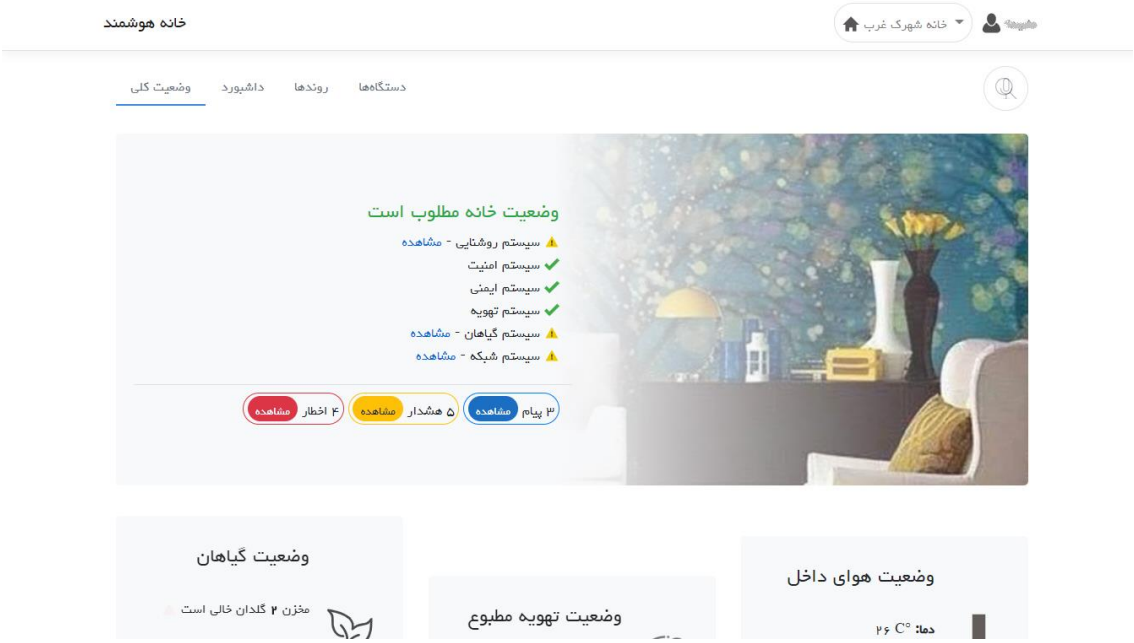
در ادامه، این بخش‌ها بررسی خواهند شد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۷-۴ بخش‌های Prototype

۱۷-۴-۱ سرآیند صفحه

سرآیند صفحه در نظر گرفته‌شده شامل بخش کاربر، بخش انتخاب خانه و نام «خانه هوشمند» است. این سرآیند در همه صفحات حضور داشته و مشخص کننده این است که تمامی صفحات، دستگاه‌ها، روندها و ... متعلق به کدام خانه هستند. نمایی از این سرآیند در شکل‌های ۱-۱ و ۱-۲ قابل مشاهده است.



شکل ۱-۱۷نمایی از سرآیند سایت در صفحه اصلی

شکل ۲-۱۷ نمایی از سرآیند سایت

- بخش کاربر: بخش کاربر در خود سرآیند شامل نام کاربر و عکس پروفایل کاربر خواهد بود که کاربر با انتخاب آن، با یک منوی کشویی مواجه خواهد شد. در این منو کاربر می‌تواند از پروفایل خود خارج شده و یا تنظیمات پروفایل خود (مانند نام، عکس، شماره تلفن و ...) را انجام دهد. نمایی از این منوی کشویی در شکل ۳-۱۷ قابل مشاهده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

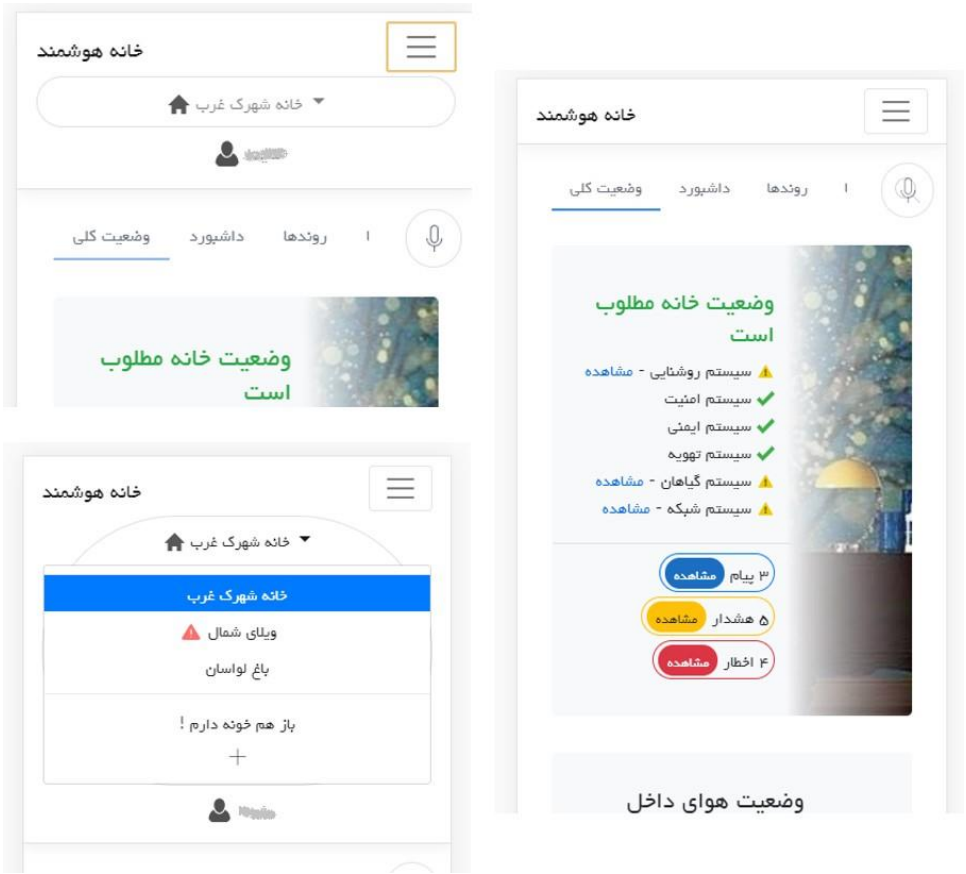
شکل ۳-۱۷ نمایی از منوی کشویی کاربر در سرآیند Prototype

- بخش انتخاب خانه: این بخش نیز شامل یک منوی کشویی مانند بخش پروفایل کاربر است. در این منو، خانه‌های ثبت شده کاربر نمایش داده شده و کاربر می‌تواند بین آن‌ها جابجا شود. همچنین در سطر آخر امکان افزودن خانه جدید با انتخاب علامت + وجود دارد. لازم به ذکر است، با توجه به لزوم اطلاع از شرایط اضطرار یک خانه بدون ورود به صفحه اصلی آن، در صورت بروز این شرایط، علامت قرمزی در کنار آن خانه و همچنین بخش انتخاب خانه در سرآیند چشمک خواهند زد. نمایی از این منوی کشویی در شکل ۴-۱۷ قابل مشاهده است.

شکل ٤-۱۷ منوی کشویی انتخاب خانه

سرآیند صفحه به صورت Responsive قابل نمایش است، بدین ترتیب که در صفحات کوچک مانند موبایل، این سرآیند در قالب منویی همبرگری نمایش داده می‌شود. نمایی از این منوی همبرگری در شکل ۵-۱۷ ارائه شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۵-۱۷ نمایی از سرآیند در حالت موبایل و صفحات کوچک

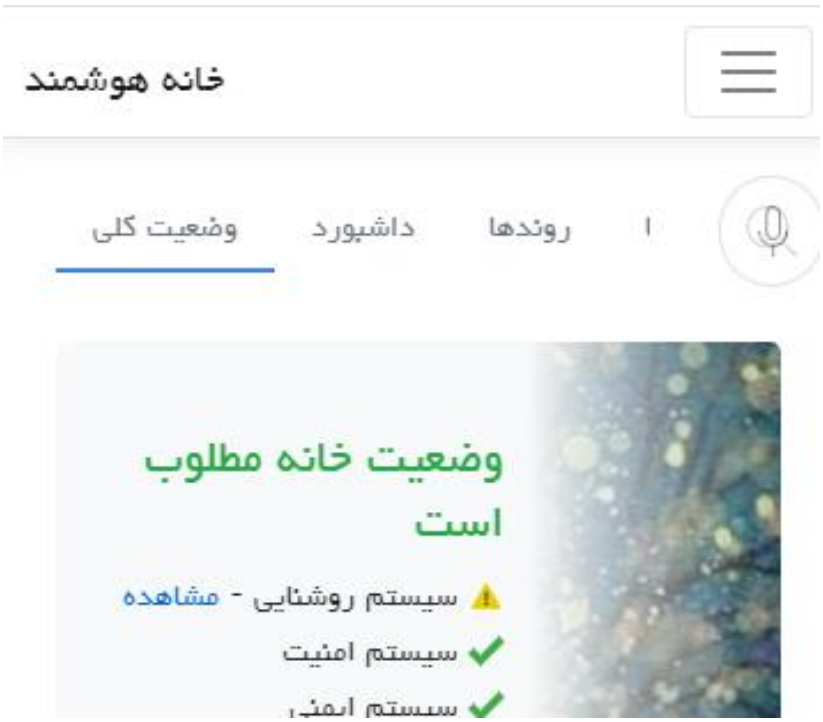
۲-۴-۱۷ نوار انتخاب بخش‌های واسط کاربری

به منظور در دسترس بودن آسان بخش جستجو و جستجوی صوتی، دکمه جستجو به انتهای نوار انتخاب بخش‌های واسط کاربری اضافه شده است. این نوار شامل ۴ بخش روندها، وضعیت کلی، داشبورد و دستگاه‌ها است و با انتخاب هر بخش، به صفحه مربوطه منتقل می‌شود. بدیهی است که با انتقال به هر بخش، این نوار می‌بایست نشان‌دهنده فعال بودن این بخش باشد. بدین ترتیب، با انتخاب هر بخش یک نوار آبی در زیر بخش فعال در نوار، شروع به چشمک زدن می‌کند. این چشمک زدن نباید موجب جلب توجه کاربر شده و حواس او را پرت کند، بلکه باید زمانی که کاربر به نوار نگاه می‌کند، باعث رضایت او از جزئیات شود. نمایی از این نوار در شکل ۶-۱۷ قابل مشاهده است.

شکل ٦-۱۷ نمایی از نوار انتخاب بخش‌ها

لازم به ذکر است که این منو به گونه‌ای طراحی شده است که در صفحات کوچک مانند موبایل نیز متناسب با اندازه صفحه در دسترس باشد. نمایی از این مورد در شکل ۷-۱۷ قابل مشاهده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۷-۱۷ نمایی از نوار انتخاب بخش‌ها در صفحات کوچک

۳-۴-۱۷ دکمه جستجو

با توجه به اینکه اگر کاربر نتواند چیزی را پیدا کند، نیاز به جستجو دارد، بنابراین این بخش باید در جلوی دید کاربر باشد. همچنین هر دو نوع جستجوی صوتی و متنی باید به شکل واحد در دسترس باشد. بنابراین، ظاهر دکمه طراحی شده هر ۸ ثانیه تغییر خواهد کرد. نمای این دکمه در شکل‌های قبل قابل مشاهده است.

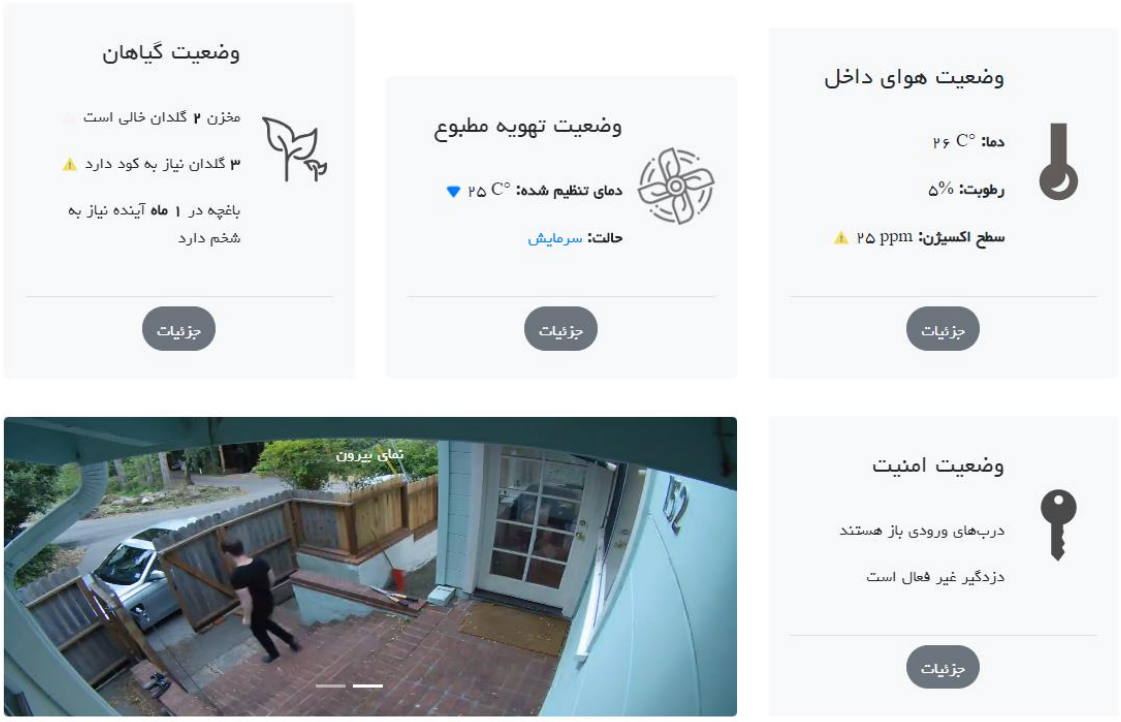
۴-۴-۱۷ بخش وضعیت کلی

در این بخش وضعیت کلی سیستم‌های خانه مشخص شده‌اند. بدین ترتیب که اگر سیستمی مشکلی نداشته باشد، پشت متن آن تیک سبز خواهد خورد. در غیر این صورت علامت اخطاری در پشت آن نمایان شده که با انتخاب گزینه مشاهده می‌توان به جزئیات خطا یا خطاها دسترسی داشت. در تیتر این بخش نیز بسته به میزان اهمیت خطاها، وضعیت مجموع سیستم‌ها نمایش داده می‌شود. در پایین این موارد، کاربر می‌تواند به پیام‌ها، اخطارها و هشدارهای کل سیستم دسترسی داشته باشد. نمایی از این موارد در شکل ۸-۱۷ قابل مشاهده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

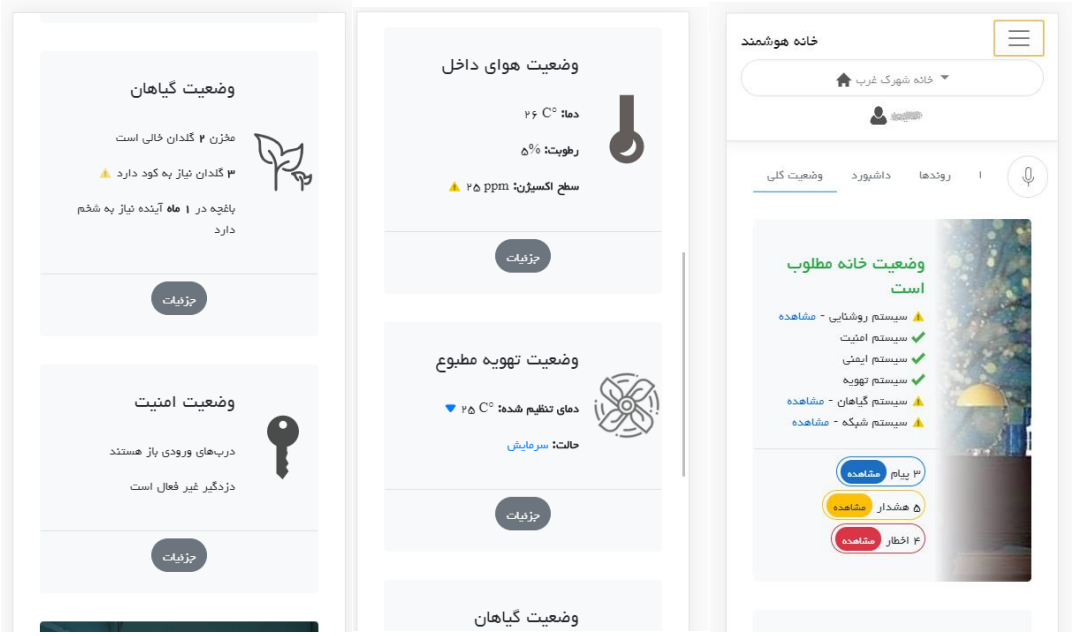
شکل ۸-۱۷ بخش وضعیت سیستم‌های خانه در بخش وضعیت کلی خانه

در ادامه این بخش، اطلاعات مهم سیستم‌های مختلف نمایش داده شده‌اند تا کاربر بتواند دید کلی از کل خانه با یک نگاه داشته و در صورتی که نیاز به جزئیات بیشتر از سیستمی خاص داشته باشد، بتواند با کلیک بر روی دکمه جزئیات به آن دسترسی داشته باشد. نمایی از بخش اطلاعات سیستم‌های خانه هوشمند در شکل ۹-۱۷ قابل مشاهده است. این بخش به گونه‌ای طراحی شده است که در صفحات کوچک نیز متناسب با اندازه صفحه نمایش داده شود (شکل ۱۰-۱۷).



شکل ۹-۱۷ نمایی از بخش اطلاعات سیستم‌های خانه هوشمند

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۱۰-۱۷ نمایی از بخش حاوی اطلاعات سیستم‌ها در صفحات کوچک

۱۷-۴-۵ بخش روندها

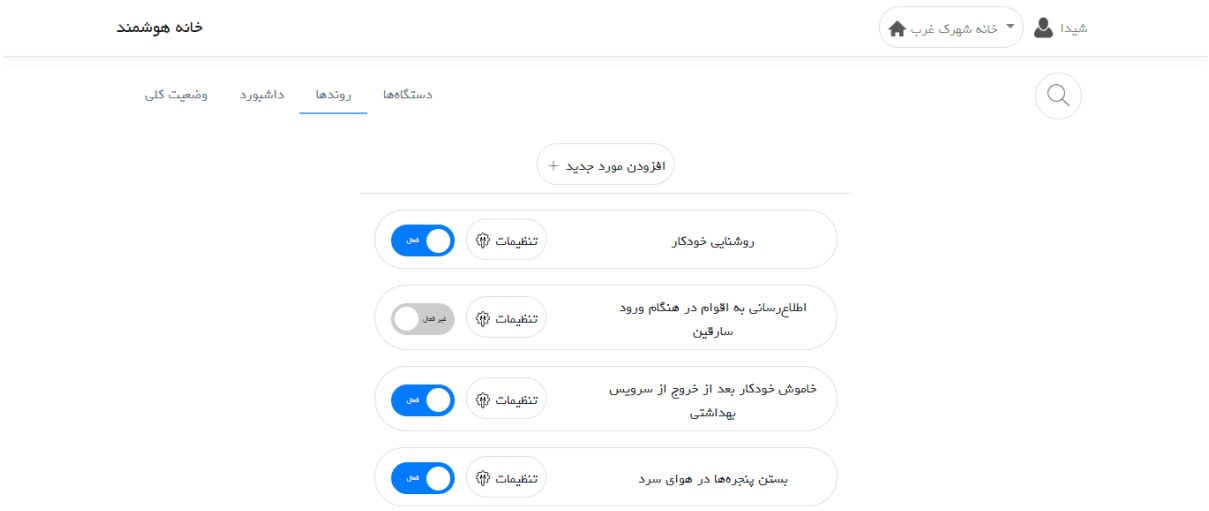
روندها یا اتوماسیون، بخشی از یک سیستم خانه هوشمند است که علاوه بر موارد پیش فرض، کاربران با استفاده از آن می‌توانند به دلخواه روندهایی را به سیستم اضافه کنند. یک منطق بسیار جامع برای ایجاد یک روند، استفاده از مفهوم IFTTT[1] است. این مفهوم که به فارسی به معنای «اگر این شد، پس آن شود» می‌تواند روندها را به شکل گسترده و ساده برای کاربر ایجاد کند. بدین صورت که کاربر ابتدا مجموعه‌ای از شرایطی که مد نظر دارد را از لیستی که سیستم در اختیار وی می‌گذارد انتخاب کرده و سپس لیست کارهایی که بعد از تحقق شرط اولیه مد نظر دارد، را انتخاب می‌کند. مثالی از این مورد به صورت زیر است:

- **اگر** آتش‌سوزی توسط سیستم ایمنی تشخیص داده شد، **آن‌گاه** گاز و برق خانه قطع شود، **سپس** آژیر به صدا در آید **و** با تماس با شماره ۱۲۵ به آتش‌نشانی اطلاع‌رسانی شود.

همان‌طورکه مشخص است، این مورد می‌تواند به عنوان روتین ثبت شده و فعال/غیرفعال شود. نمایی از این بخش در صفحات بزرگ و کوچک در شکل‌های ۱-۱۱ و ۱-۱۲ قابل مشاهده هستند.

[1] IF This Then That

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



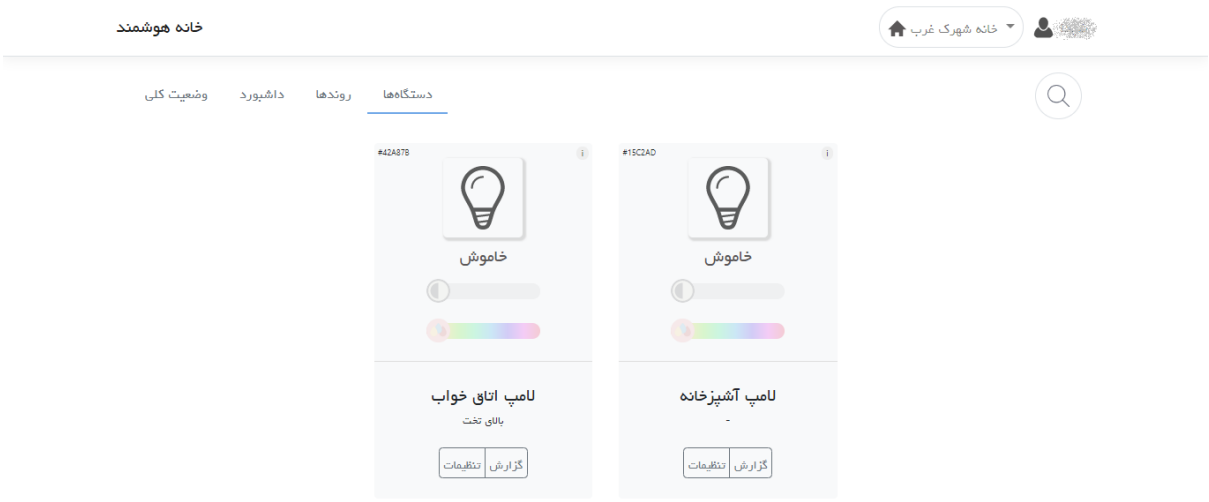
شکل ۱۱-۱۷ نمایی از بخش روندها در صفحه بزرگ

شکل ۱۲-۱۷ نمایی از بخش روندها در صفحه کوچک

۱۷-۴-۶ بخش دستگاه‌ها

در این بخش، کاربر می‌تواند لیست تمامی دستگاه‌های خود را مشاهده کرده و آن‌ها را کنترل کند و یا دستگاهی را به لیست خود اضافه کند. در این بخش در صورت نیازسنجی، می‌توان دسته‌بندی برای دستگاه‌ها نیز ارائه کرد. در Prototype مربوطه، در حال حاضر صرفا این بخش برای سیستم روشنایی طراحی شده است که در ادامه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. نمایی از این بخش در شکل‌های ۱-۱۳ و ۱-۱۴ قابل مشاهده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۱۳-۱۷نمایی از بخش دستگاه‌ها در Prototype

همان طور که در این بخش برای یک لامپ قابل مشاهده است، می‌توان لامپ را روشن/خاموش کرده، شدت روشنایی آن را تنظیم و رنگ آن را تعیین کرده، به اطلاعاتی از لامپ از جمله IP/Status/ID دسترسی داشته، گزارش‌های آن لامپ مانند زمان‌های روشن یا خاموش شدن یا اتصال و قطع شدن از شبکه و ... را مشاهده کرده و سایر تنظیمات مربوطه آن لامپ را انجام داد که در ادامه بررسی خواهند شد.

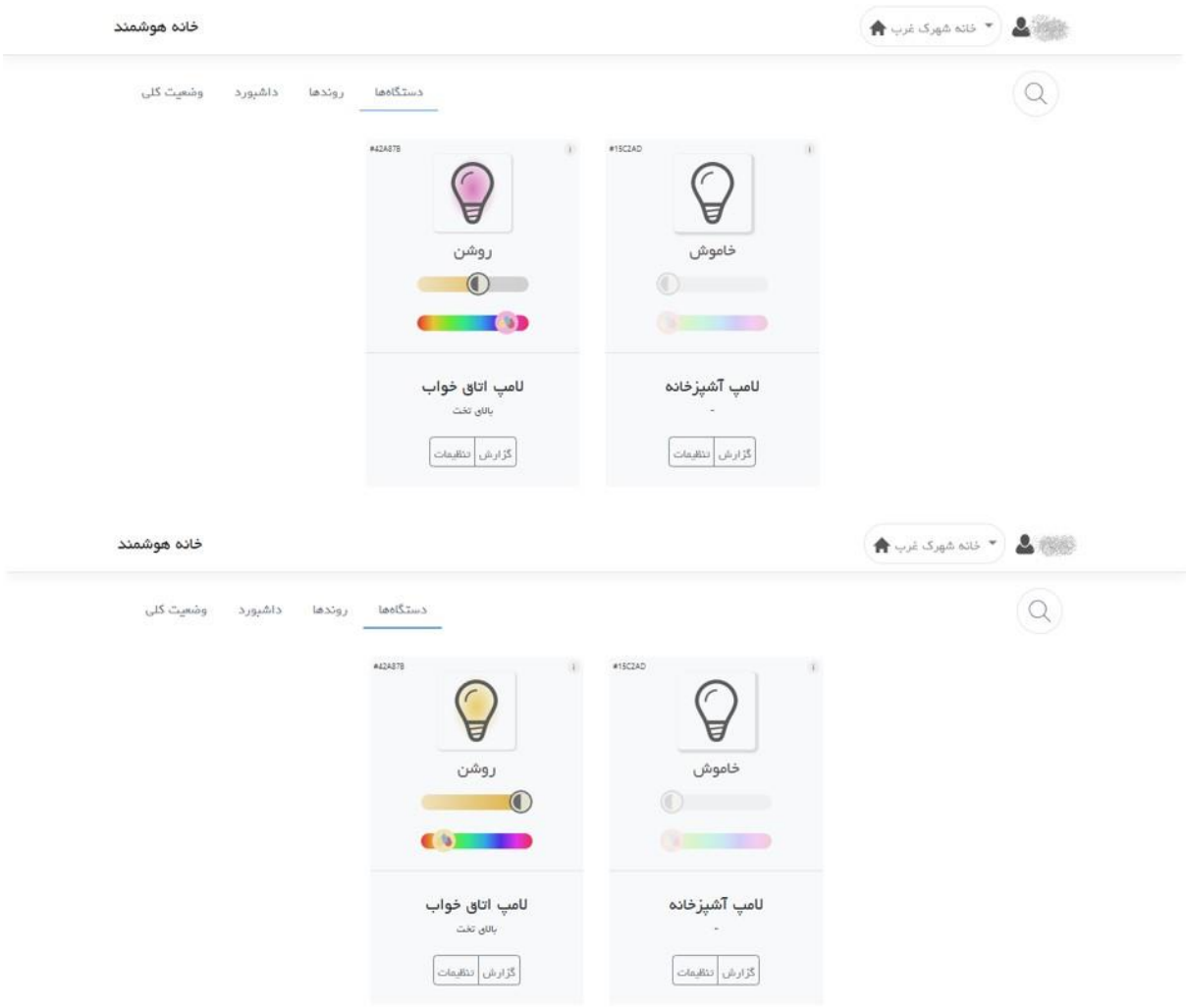
شکل ۱۴-۱۷ نمایی از دستگاه‌ها در صفحات کوچک

عملیات تعریف شده برای لامپ به شرح زیر هستند:

- روشن/خاموش لامپ: برای این منظور، کاربر می‌بایست روی دکمه لامپ کلیک کند. بدین ترتیب لامپ روشن شده و Sliderهای آن فعال می‌شوند.
- تعیین رنگ و روشنایی: با جابجایی اسلایدر رنگ و روشنایی می‌توان تنظیمات مورد نظر را انجام داد

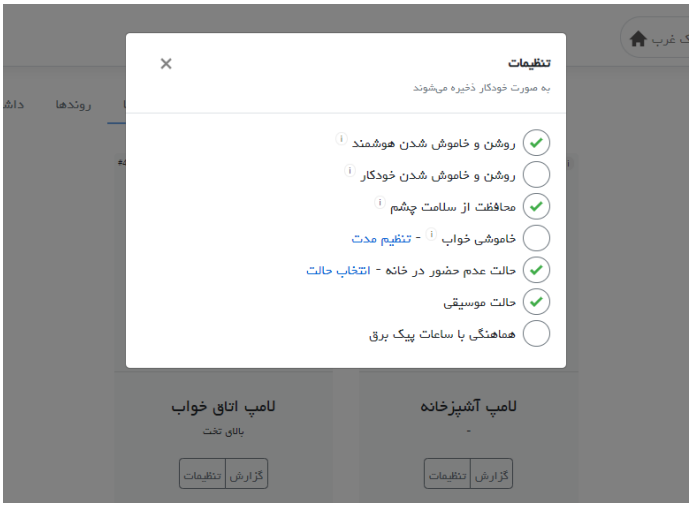
نمایی از این اسلایدرها در شکل ۱۵-۱۷ قابل مشاهده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۱۵-۱۷ نمایی از Sliderها و ظاهر لامپ

در پایین Sliderها، اسم لامپ و یک زیرنویس کوتاه برای توضیح آن به دلخواه کاربر وجود دارد و در پایین این بخش دو دکمه گزارش و تنظیمات قرار گرفته است. با کلیک بر روی تنظیمات یک modal باز شده تا تنظیمات لامپ توسط کاربر مشخص شوند. نمایی از این صفحه در شکل ۱۶-۱۷ قابل مشاهده است.



DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۱۶-۱۷نمایی از modal تنظیمات لامپ

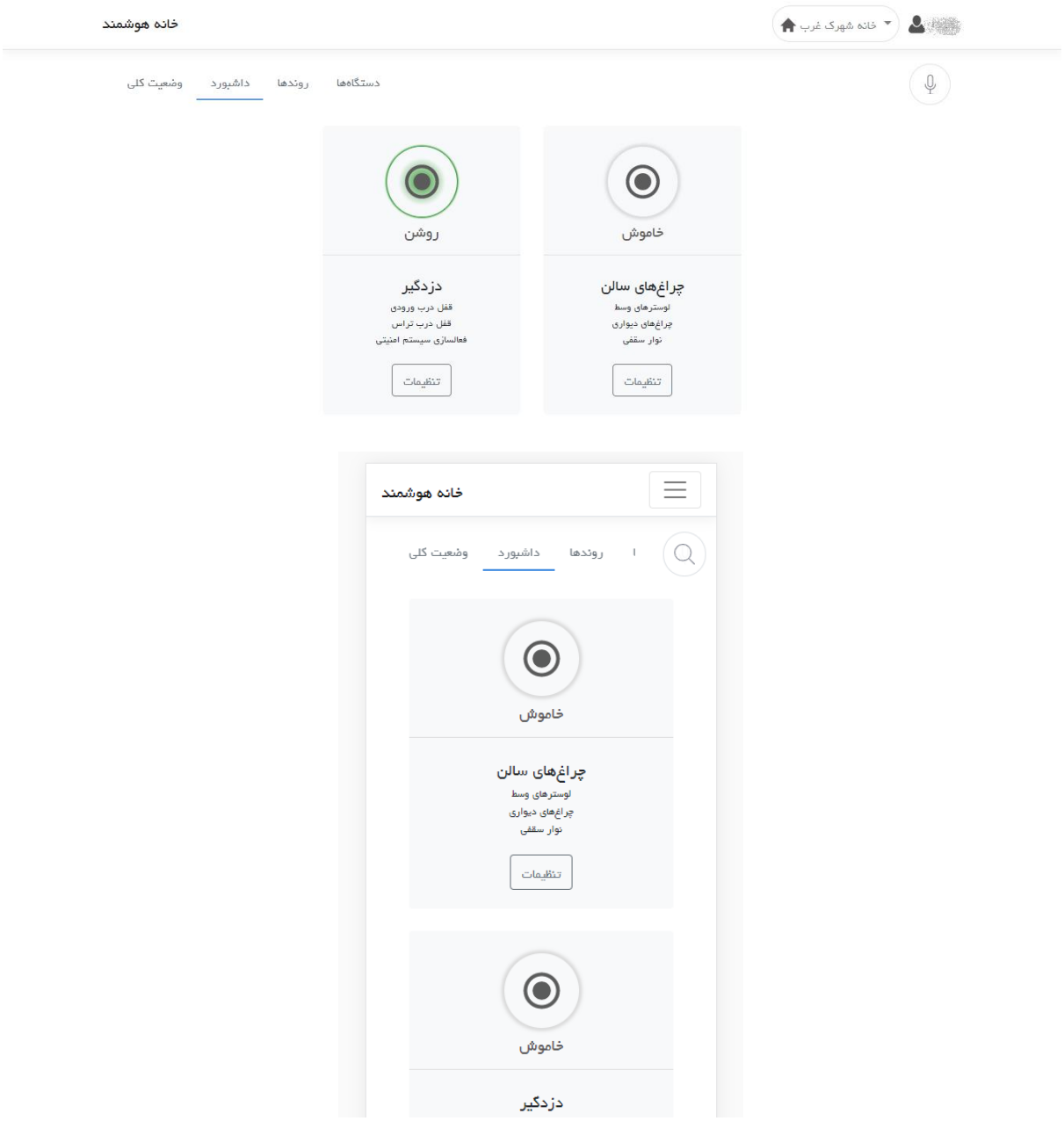
در گوشه سمت راست و بالای هر لامپ، یک popover دیگر وجود داشته که اطلاعاتی مانند IP/Status/ID در آن نشان داده می‌شود که نمایی از آن در شکل ۱۷-۱۷ قابل مشاهده است.

شکل ۱۷-۱۷ نمایی از popover اطلاعات دستگاه

۱۷-۴-۷ بخش داشبورد

کاربران می‌توانند کنترل دسته‌ای از اشیای خانه، مشاهده داده‌های بخش خاصی از خانه (مثلا دمای اتاق خواب کودک)، دستگاهی خاص و ... را به شکل دلخواه به داشبورد اضافه کنند. داشبورد در واقع بخشی شخصی متناسب با نیازهای روزمره کاربر است. همچنین سیستم می‌تواند با جمع‌آوری نحوه استفاده کاربر از سیستم، بخش‌های پر استفاده را برای اضافه شدن به داشبورد کاربر به او پیشنهاد دهد. در Prototype صرفا دو مورد دزدگیر و روشنایی سالن به داشبورد اضافه شده که کاربر می‌تواند با کلیک بر روی دکمه اصلی، به عنوان مثال کل چراغ‌های سالن را روشن و خاموش کند. نمایی از این بخش در صفحه کامپیوتر و صفحه موبایل در شکل ۱۸-۱۷ قابل مشاهده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۱۸-۱۷ نمایی از بخش داشبورد در صفحات بزرگ و کوچک

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل هجدهم

طراحی prototype برنامه کاربردی موبایل خانه هوشمند

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

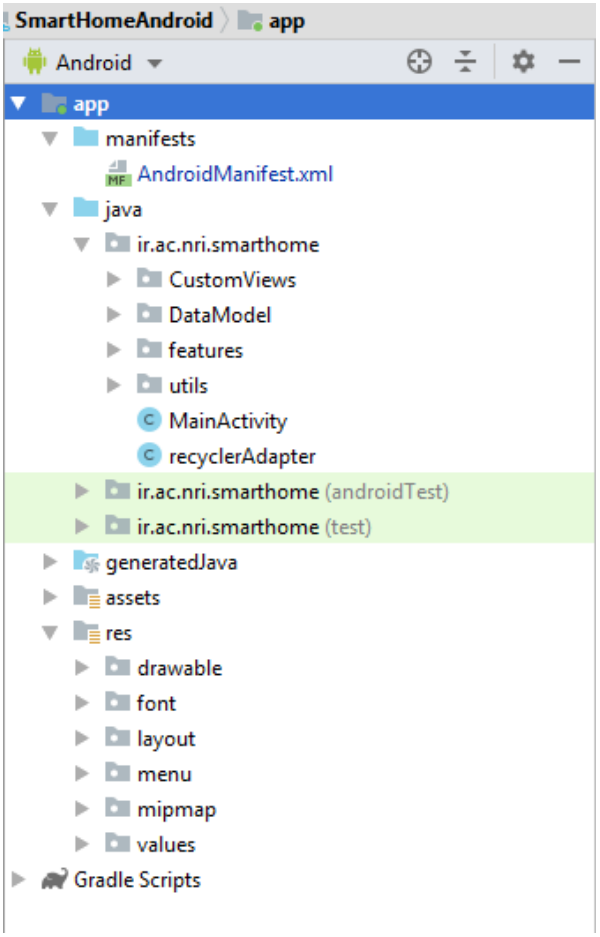
۱۸-۱ مقدمه

یکی از واسط های کاربر در نظر گرفته شده برای سیستم خانه هوشمند، واسط کاربر موبایل خانه هوشمند است. در این فصل به بررسی این واسط پرداخته می‌شود. به منظور طراحی این واسط از محیط Android Studio استفاده شده است و طراحی صفحات با استفاده از XML و زبان Java صورت گرفته است. طراحی واسط با تمرکز بر بخش روشنایی و کنترل لامپ انجام شده است. در ابتدای فصل ساختار کد برنامه معرفی شده و سپس به بررسی بخش‌های مختلف prototype برنامه کاربردی موبایل پرداخته می‌شود.

۱۸-۲ ساختار کد برنامه

کد برنامه مطابق شکل ۱–۱۸ به پوشه‌های اصلی manifests، java، assests و res تقسیم می‌شود. تنظیمات کلی برنامه مانند تعیین صفحه launcher، تعیین دسترسی‌های برنامه و ... در فایل AndroidManifest.xml که در پوشه manifest قرار دارد انجام می‌شود. بخش‌های مرتبط با طراحی صفحات در پوشه res، بخش‌های مرتبط با کد صفحات در پوشه Java و فونت‌های فارسی مورد نیاز برنامه در پوشه assets قرار دارند. پوشه‌های CustomViews، DataModels، features و utils در زیرمجموعه پوشه Java ایجاد شده‌اند. Viewهای سفارشی ایجاد شده برای برنامه مانند دکمه‌ها و textboxهای سفارشی در پوشه CustomViews قرار دارند. مدل‌های داده‌ای برنامه در پوشه DataModels قرار گرفته‌اند. برای هر یک از ویژگی‌ها و عملیات قابل انجام در برنامه (مانند صفحات اصلی برنامه، داشبورد، بخش اتوماسیون، بخش تنظیمات و کنترل دستگاه‌ها) پوشه‌ای در زیرمجموعه پوشه features ایجاد شده و کدهای مربوط به آن بخش در آن قرار گرفته است. پوشه utils شامل کدهای چندبار مصرف (مانند متد تبدیل اعداد انگلیسی به معادل فارسی و ...) است.

پوشه res نیز به تعدادی زیرپوشه تقسیم شده است. کدهای XML مرتبط با طراحی صفحات برنامه در زیرپوشه layout قرار گرفته‌اند. تصاویر استفاده شده برنامه به صورت تصاویر برداری در پوشه drawables قرار گرفته، منوی برنامه در پوشه menu تعریف شده و رشته‌ها، رنگ‌ها و styleهای مورد استفاده در زیرمجموعه پوشه values تعریف شده‌اند.



شکل ۱-۱۸ ساختار کد برنامه کاربردی اندروید

۱۸-۳ بخش‌های Prototype

۱۸-۳-۱ صفحه اصلی برنامه

در صفحه اصلی برنامه یا صفحه Launcher وضعیت کلی سیستم‌های خانه مشخص شده است. به این صورت که اگر سیستمی مشکلی نداشته باشد، پشت متن آن تیک سبز خواهد خورد. در غیر این صورت علامت اخطاری در پشت آن نمایان شده که با انتخاب گزینه مشاهده می‌توان به جزئیات خطا یا خطاها دسترسی داشت. در تیتر این بخش نیز بسته به میزان اهمیت خطاها، وضعیت مجموع سیستم‌ها نمایش داده می‌شود. در پایین این موارد، کاربر می‌تواند به پیام‌ها، اخطارها و هشدارهای کل سیستم دسترسی داشته باشد. نمایی از این موارد در شکل ۲-۱۸ قابل مشاهده است.

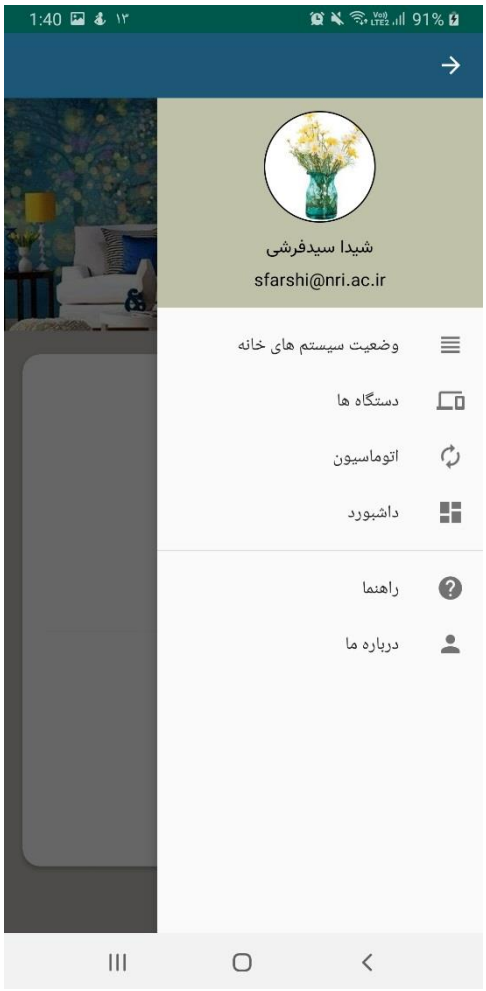
DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۲-۱۸ صفحه اصلی برنامه کاربردی موبایل

۲-۳-۱۸ منوی برنامه

با کلیک بر روی علامت منوی همبرگری (سه خط موازی) در نوار ابزار برنامه، منوی برنامه مطابق شکل ۳-۱۸ نمایش داده می‌شود. این منو از دو بخش اصلی تشکیل شده است. در بالای منو مشخصات کاربر نمایش داده شده و در بخش پایین آن لینک‌هایی جهت دسترسی به امکانات برنامه مانند صفحه وضعیت سیستم‌های خانه، فهرست دستگاه‌ها، بخش اتوماسیون و داشبورد سفارشی برنامه قرار گرفته است که کاربر با انتخاب آنها به صفحه مورد نظر هدایت می‌شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۳-۱۸ منوی برنامه کاربردی موبایل

۳-۳-۱۸ وضعیت سیستم‌های خانه

با انتخاب گزینه «وضعیت سیستم‌های خانه» از منوی برنامه، صفحه‌ای مطابق شکل ۴-۱۸ نمایش داده می‌شود. در این صفحه کاربر می‌تواند یک دید کلی از خانه به دست آورد و در صورتی که نیاز به جزئیات بیشتر از سیستمی خاص داشته باشد، می‌تواند با انتخاب دکمه جزئیات به آن دسترسی داشته باشد.

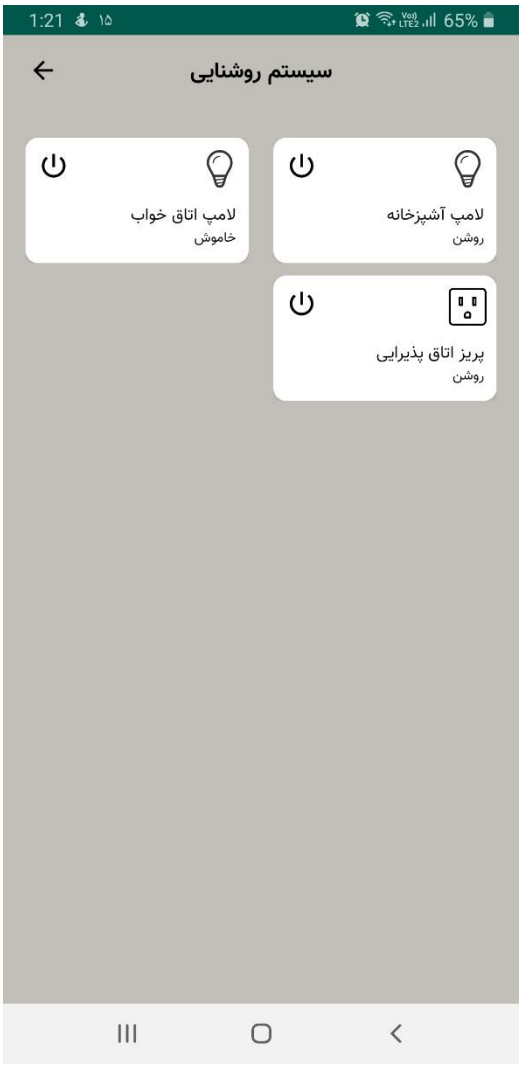
DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ٤-۱۸ صفحه اطلاعات سیستم‌های خانه هوشمند در برنامه کاربردی موبایل

۴-۳-۱۸ سیستم روشنایی

کاربر با انتخاب دکمه «جزئیات» سیستم روشنایی، در صفحه وضعیت سیستم‌های خانه به این صفحه هدایت می‌شود (شکل ۵-۱۸). در این صفحه کاربر می‌تواند تجهیزات مرتبط با سیستم روشنایی خانه و وضعیت آنها را مشاهده کند. با انتخاب هر تجهیز، کاربر به صفحه تنظیمات آن تجهیز هدایت می‌شود.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

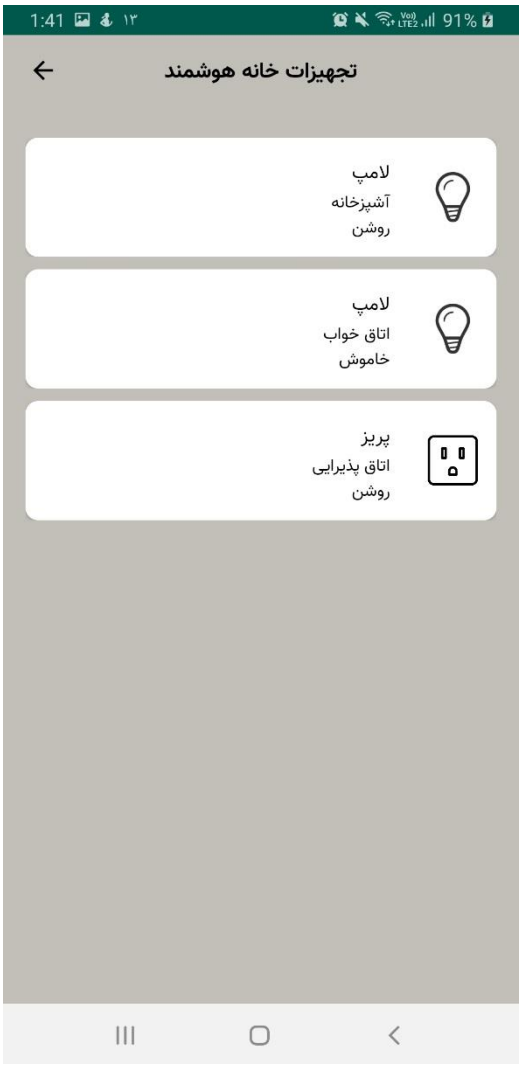


شکل ۵-۱۸ صفحه سیستم روشنایی در برنامه کاربردی موبایل

۵-۳-۱۸ دستگاه‌ها

با انتخاب گزینه «دستگاه‌ها» در منوی برنامه، صفحه‌ای مطابق شکل ۶-۱۸ نمایش داده می‌شود. در این صفحه فهرست تجهیزات نصب شده در خانه هوشمند به همراه وضعیت آنها نمایش داده می‌شود. با انتخاب هر یک از دستگاه‌های لیست، کاربر به صفحه تنظیمات آن تجهیز هدایت می‌شود و می‌تواند وضعیت تجهیز را مشاهده کرده و یا تغییر دهد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

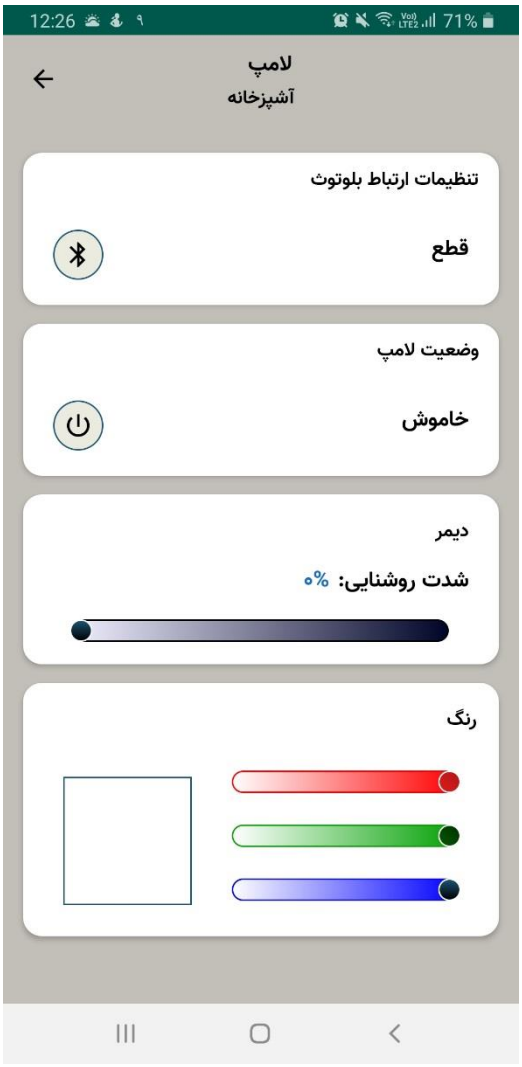


شکل ٦-١٨ صفحه نمایش فهرست تجهیزات خانه هوشمند

۶-۳-۱۸ تنظیمات و کنترل لامپ

صفحه تنظیمات و کنترل لامپ در شکل ۷-۱۸ ارائه شده است. این صفحه از دو مسیر قابل دستیابی است. مسیر اول از طریق انتخاب لامپ مورد نظر در صفحه سیستم روشنایی و روش دوم از طریق انتخاب لامپ در صفحه تجهیزات خانه هوشمند است. صفحه تنظیمات لامپ از چهار بخش تنظیمات بلوتوث، وضعیت لامپ، دیمر و رنگ تشکیل شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۷-۱۸ صفحه تنظیمات لامپ در برنامه کاربردی موبایل

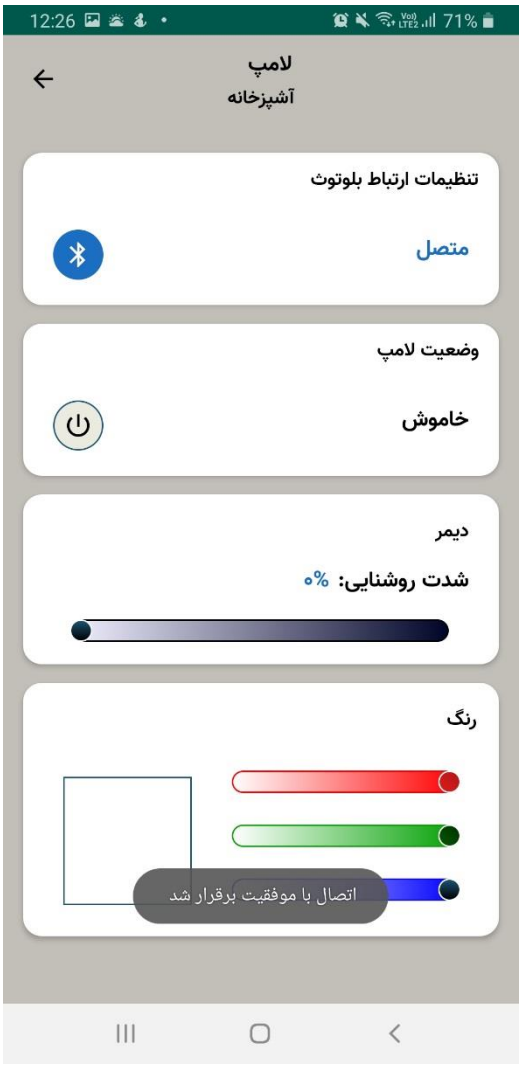
ارتباط برنامه کاربردی موبایل با لامپ از طریق بلوتوث برقرار می‌شود. در صورتی که ارتباط برقرار نباشد، در بخش تنظیمات ارتباط بلوتوث، وضعیت ارتباطی به صورت «قطع» نمایش داده می‌شود. با انتخاب دکمه دایره شکل با نماد بلوتوث، دیالوگی مطابق شکل ۸-۱۸ نمایش داده می‌شود. در این دیالوگ تجهیزات بلوتوث جفت‌شده با دستگاه تلفن همراه نشان داده می‌شوند که با انتخاب گزینه HC-05 و سپس دکمه تأیید می‌توان به ماژول بلوتوث لامپ متصل شد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۸-۱۸ دیالوگ تنظیمات بلوتوث در برنامه کاربردی موبایل

پس از انتخاب ماژول بلوتوث و برقراری اتصال، پیام برقراری اتصال به کاربر نمایش داده شده، وضعیت ارتباط بلوتوث به «متصل» تغییر می‌کند و دکمه ارتباط بلوتوث به رنگ آبی در می‌آید (شکل ۹-۱۸). در صورتی که کاربر بخواهد اتصال بلوتوث را قطع کند، کافی است که مجدداً دکمه اتصال بلوتوث را لمس کند.

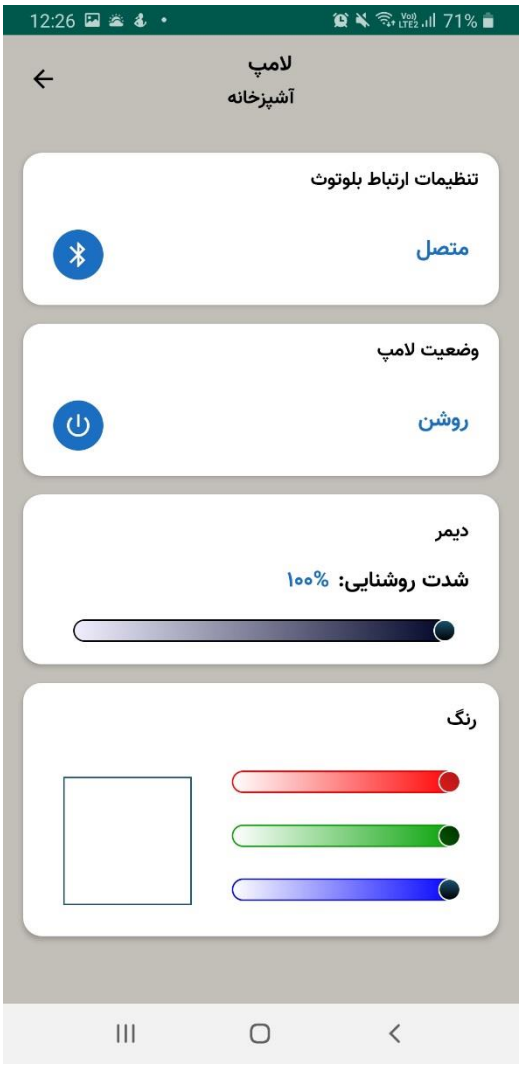
DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۹-۱۸ صفحه تنظیمات لامپ پس از برقراری اتصال بلوتوث

در بخش وضعیت لامپ، وضعیت روشن یا خاموش بودن آن نمایش داده می‌شود. به منظور تغییر وضعیت لامپ لازم است کاربر دکمه دایره شکل با نماد power را لمس کند. در صورتی که لامپ خاموش باشد، با انتخاب این دکمه لامپ روشن شده و وضعیت به صورت «روشن» در می‌آید و دکمه power به رنگ آبی در می‌آید (شکل ۱۰-۱۸).

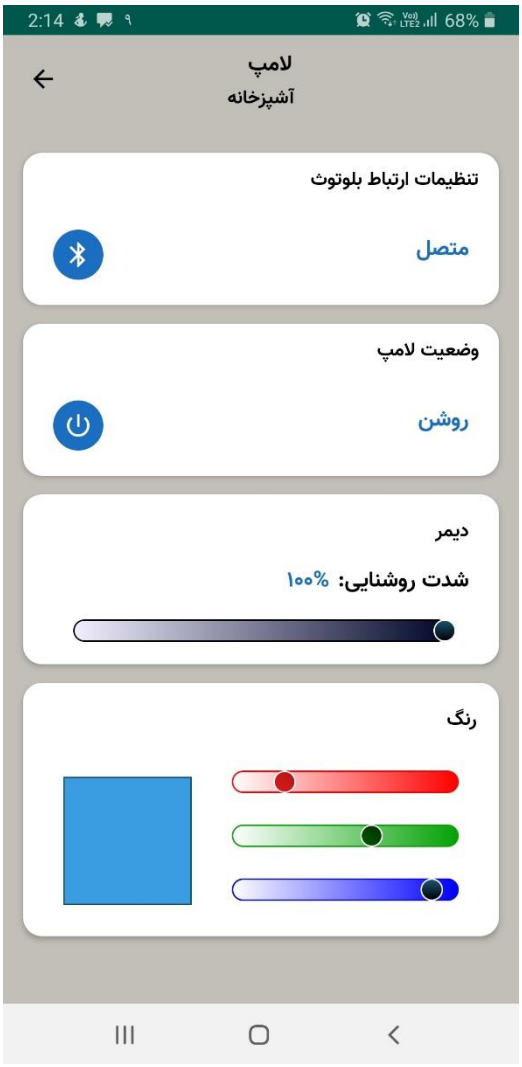
DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۱۰-۱۸ صفحه تنظیمات لامپ پس از روشن کردن لامپ

در بخش دیمر می‌توان با تغییر اسلایدر دیمر شدت روشنایی را تغییر داد. درصد روشنایی نیز در این بخش قابل مشاهده است. به منظور تغییر دادن رنگ لامپ، کاربر می‌تواند با اعمال تغییرات در سه اسلایدر قرمز، آبی و سبز رنگ مورد نظر خود را تعیین کرده و به لامپ اعمال کند. با تغییر این اسلایدرها رنگ حاصل از ترکیب، در مربع موجود در بخش رنگ نمایش داده می‌شود (شکل ۱۱-۱۸).

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۱۱-۱۸ صفحه تنظیمات لامپ پس از تغییر رنگ لامپ

۱۸-۳-۷ اتوماسیون

با انتخاب گزینه «اتوماسیون» در منوی برنامه، صفحه‌ای مطابق شکل ۱۲-۱۸ بخش الف نمایش داده می‌شود. با استفاده از بخش اتوماسیون کاربران می‌توانند به دلخواه روندهایی را به سیستم اضافه کنند. یک منطق بسیار جامع برای ایجاد یک روند اتوماتیک، استفاده از مفهوم IFTTT[1] است. این مفهوم که به فارسی به معنای «اگر این شد، پس آن شود» می‌تواند روندها را به شکل گسترده و ساده برای کاربر ایجاد کند. بدین صورت که کاربر ابتدا مجموعه‌ای از شرایطی که مد نظر دارد را از لیستی که سیستم در اختیار وی می‌گذارد انتخاب کرده و سپس لیست کارهایی که بعد از تحقق شرط اولیه مد نظر دارد، را انتخاب می‌کند (شکل ۱۲-۱۸ بخش ب). همان‌طورکه مشخص است، این موارد می‌توانند به عنوان روتین ثبت شده و فعال/غیرفعال شود.

[1] IF This Then That

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۱۲-۱۸ صفحه اتوماسیون خانه هوشمند در برنامه کاربردی موبایل

۱۸-۳-۸ داشبورد

با انتخاب گزینه «داشبورد» در منوی برنامه، صفحه‌ای مطابق شکل ۱۳-۱۸ نمایش داده می‌شود. کاربران می‌توانند کنترل مجموعه‌ای از تجهیزات و وسایل خانه، را به شکل دلخواه به داشبورد اضافه کنند. داشبورد در واقع بخشی شخصی متناسب با نیازهای روزمره کاربر است. در Prototype صرفاً دو مورد دزدگیر و روشنایی سالن به داشبورد اضافه شده که به عنوان مثال کاربر می‌تواند با کلیک بر روی دکمه power چراغ‌های سالن، کل چراغ‌های سالن شامل لوستر وسط، چراغ‌های دیواری و نوار سقفی را روشن و خاموش کند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۱۳-۱۸ صفحه داشبورد در برنامه کاربردی موبایل

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل نوزدهم

ساخت نمونه MVP برای کنترل LED

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۹-۱ مقدمه

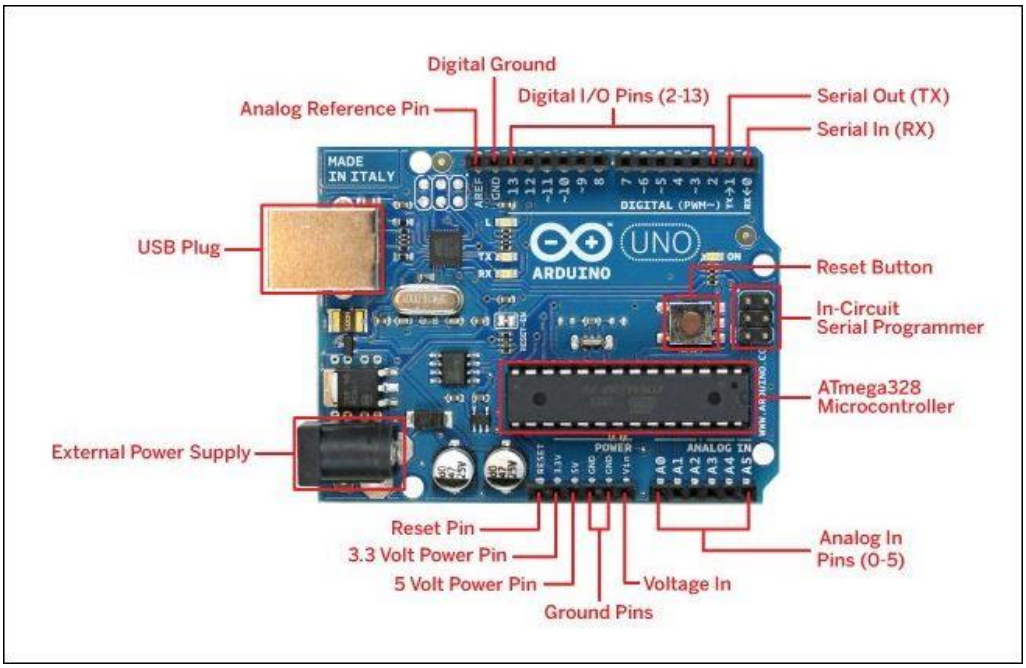
این فصل از گزارش به بررسی MVP ساخته‌شده در پروژه خانه هوشمند می‌پردازد. هدف این MVP کنترل یک لامپ LED توسط برنامه‌های کاربردی موبایل و وب است. در ساخت این MVP از بورد Arduino Uno و یک RGB LED استفاده شده است. به منظور برقراری ارتباط بین برنامه کاربردی موبایل با LED از ماژول بلوتوث HC-05 استفاده شده و برای برقراری ارتباط بین برنامه وب و LED ماژول Wi-Fi ESP8266 بکار رفته است. در ادامه فصل، ابتدا به بررسی بخش کنترل روشنایی از طریق برنامه اندروید پرداخته شده و سپس بخش کنترل روشنایی از طریق وب ارائه گردید است.

۱۹-۲ کنترل روشنایی از طریق برنامه اندروید

هدف از این بخش، کنترل روشنایی (کنترل یک RGB LED) با استفاده از Arduino و ماژول بلوتوث است. بدین منظور لازم است که به اختصار ویژگی‌های کلی و مرتبط با Arduino Uno و ماژول بلوتوث انتخابی بررسی شوند.

۱۹-۲-۱ Arduino Uno

مدلی انتخابی Arduino برای MVP، مدل Uno است. به منظور کنترل LED، ابتدا لازم است که پین‌های این دستگاه که پین‌های ATMEGA328P هستند معرفی شوند. نمایی از Arduino Uno در شکل ۱-۱۹ قابل مشاهده است.



شکل ۱-۱۹ نمایی از Arduino Uno

- پین‌های آنالوگ و پین AREF

این پین‌ها که با شماره های A0 تا A5 مشخص شده‌اند، برای دریافت مقادیر آنالوگ از ورودی استفاده می‌شوند.

- پین‌های Power و سوکت Power

این پین‌ها به عنوان ورودی و خروجی برای تأمین انرژی خود Arduino یا شیلدها و ابزارهای جانبی متصل به آن قابل استفاده هستند. این پین‌ها و سوکت نام‌برده به شرح زیر هستند:

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- سوکت Power: این سوکت، یک سوکت ۲.۱ میلیمتر بوده که قطب مثبت آن وسط آن است. Uno برای کارکرد صحیح نیاز به ولتاژ ۶ الی ۲۰ ولت داشته که توسط رگولاتور داخلی آن به ۵ ولت تبدیل می‌شود. ولتاژ کمتر یا بیشتر مجاز نیست. لازم به ذکر است که انرژی لازم برای روشن کردن Uno می‌تواند از طریق USB نیز تأمین شود.
- Vin: این پین مستقیم به قطب مثبت سوکت Power وصل بوده و بدین ترتیب می‌توان برق Uno را از این پین تأمین کرده و یا در صورت وصل بودن سوکت Power، از طریق Vin مستقیم به قطب مثبت سوکت دسترسی داشت.
- پین 5v و 3.3v: این دو پین برق ورودی از پین‌های نام‌برده شده را به ولتاژهای ۵ و ۳.۳ ولت رگوله می‌کنند و به عنوان خروجی برای تأمین انرژی دستگاه‌های جانبی استفاده می‌شوند.
- پین GND: ۳ پین برای زمین است.

- پین RST، دکمه ریست و ریست نرم‌افزاری

این پین، برای ریست کردن Uno به کار برده می‌شود و در حالت Rising Edge از ۰ به ۵ ولت، فعال می‌شود.

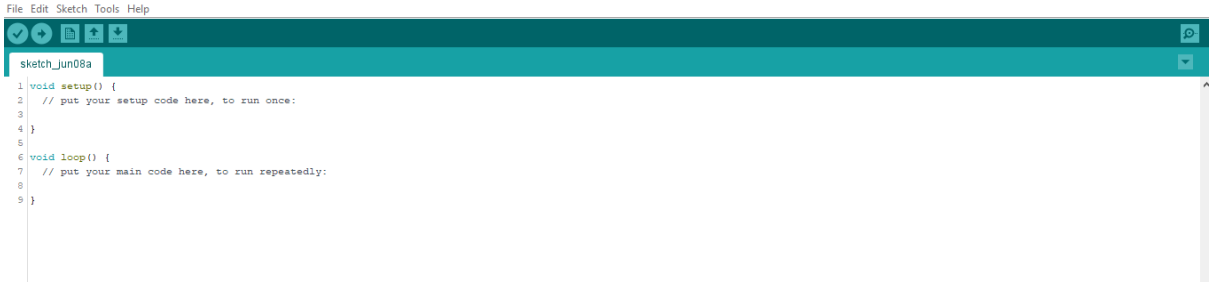
- پین‌های ۰ تا ۱۳

تمامی این پین‌ها می‌توانند به عنوان ورودی/خروجی، استفاده شود. حداکثر جریان قابل دریافت ۴۰ میلی‌آمپر بوده و ولتاژ آن‌ها ۵ ولت است. این پین‌ها، همگی پین‌های دیجیتال هستند.

- I2C

پین A4 برای SDA و پین A5 برای SCL این پروتکل قابل استفاده هستند و تا ۲۵۶ دستگاه قابل آدرس‌دهی هستند. برای این منظور از کتابخانه WireLibrary استفاده می‌شود.

به منظور اجرای برنامه روی Uno از IDE آن استفاده می‌شود. نمایی از این IDE در شکل ۲-۱۹ قابل مشاهده است.

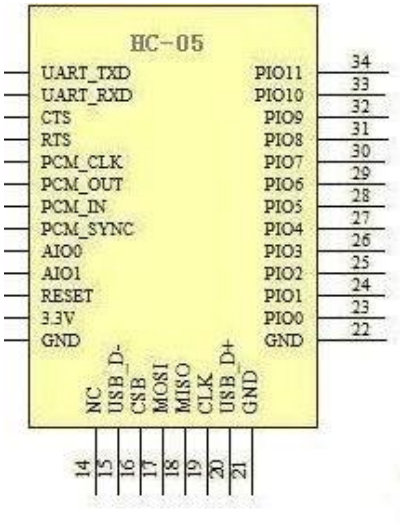


شکل ۲-۱۹ نمایی از IDE برای Arduino

۲-۲-۱۹ ماژول بلوتوث HC-05

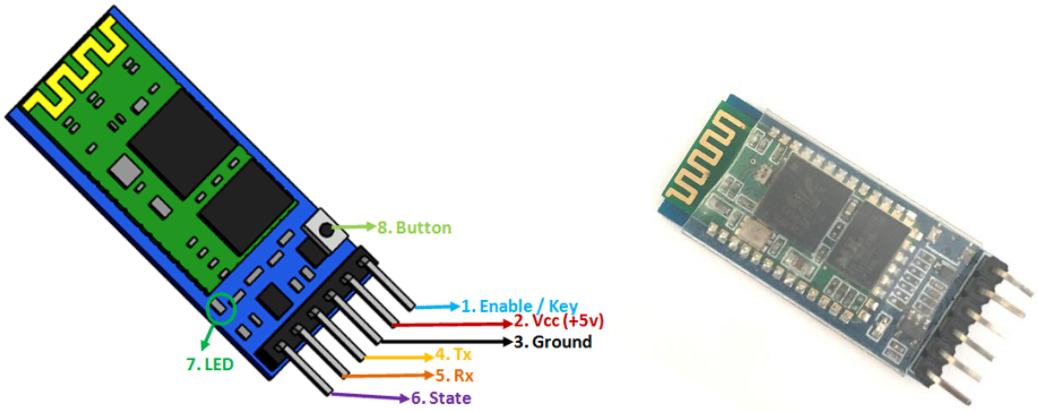
ماژول HC05 یک ماژول Bluetooth V2.0+EDR بوده که تا پهنای باند ۳ مگابیت بر ثانیه را پشتیبانی می‌کند [348]. Firmware پیش‌فرض این ماژول AT-Command Firmware بوده که از طریق پروتکل‌هایی مانند UART یا SPI قابلیت ارتباط با آن وجود دارد. این ماژول در موارد آزمایشگاهی بر روی یک بورد دیگر به نام ZS-040 لحیم شده است. بورد ثانویه صرفاً اتصال این ماژول را به Bread Board یا سایر وسایل آزمایشی راحت کرده و یک دکمه نیز برای تغییر حالت این ماژول روی بورد ثانویه تعبیه شده است. این بورد صرفاً واسط UART را برای ارتباط ارائه می‌دهد. نمایی از پین‌های ماژول اصلی در شکل ۳-۱۹ قابل مشاهده هستند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۳-۱۹ پین‌های ماژول HC-05

نمایی از بورد مورد استفاده در این MVP در شکل ۴-۱۹ قابل مشاهده است.



شکل ٤-۱۹ نمایی از برد ZS-040 ماژول HC-05

۱۹-۲-۲-۱ Firmware

همان‌طورکه مشخص است، این ماژول مانند Arduino خود یک میکروکنترلر بوده و نیازمند Firmware است. Firmware این ماژول AT-Command Firmware (LINVOR) نام دارد. دلیل این نام‌گذاری، نحوه ارتباط با این Firmware از طریق دستورات AT است. به طور پیش‌فرض این ماژول در حالت انتقال داده به عنوان Slave قرار دارد. بدین معنی که با روشن کردن آن، می‌توان با اسکن کردن، این دستگاه را تحت نام پیش‌فرض HC-05 پیدا کرده و با کد پیش‌فرض ۱۲۳۴ با آن جفت شد. با این حال، در صورت نیاز به تغییر مد کاری، نام، پین، Baud rate و سایر تنظیمات، نیاز به تغییر Firmware از طریق دستورات AT با ارتباط سریال (UART-TTL) یا از طریق هر ابزاری که از ارتباط سریال پشتیبانی می‌کند (مانند Arduino یا USB-TTL Convertor) خواهد بود [349] . دستورات AT در [348] قابل مشاهده هستند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

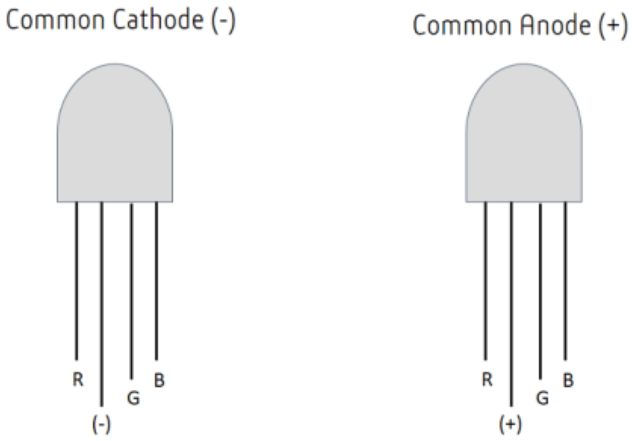
۳-۲-۱۹ اتصالات Arduino Uno برای MVP روشن کردن RGB LED از طریق بلوتوث

در این بخش ابتدا اتصالات، سپس کد مربوطه بررسی خواهند شد.

۱-۳-۲-۱۹ اتصال HC-05 و RGB LED به Arduino Uno

در ابتدا ذکر این نکته لازم است که LED یک دیود نورانی است. با توجه به مقاومت کم یا صفر دیود، در صورت اعمال ولتاژ به دو سر آن، عاملی برای محدودیت جریان عبوری از آن وجود نداشته و LED که معمولاً حداکثر جریان عبوری مجاز از آن در حد ۲۰ میلی آمپر است، می‌سوزد. با توجه به ولتاژ ۵ ولت پین‌های I/O بورد Uno، می‌بایست یک مقاومت در مدار LED و Uno قرار داد.

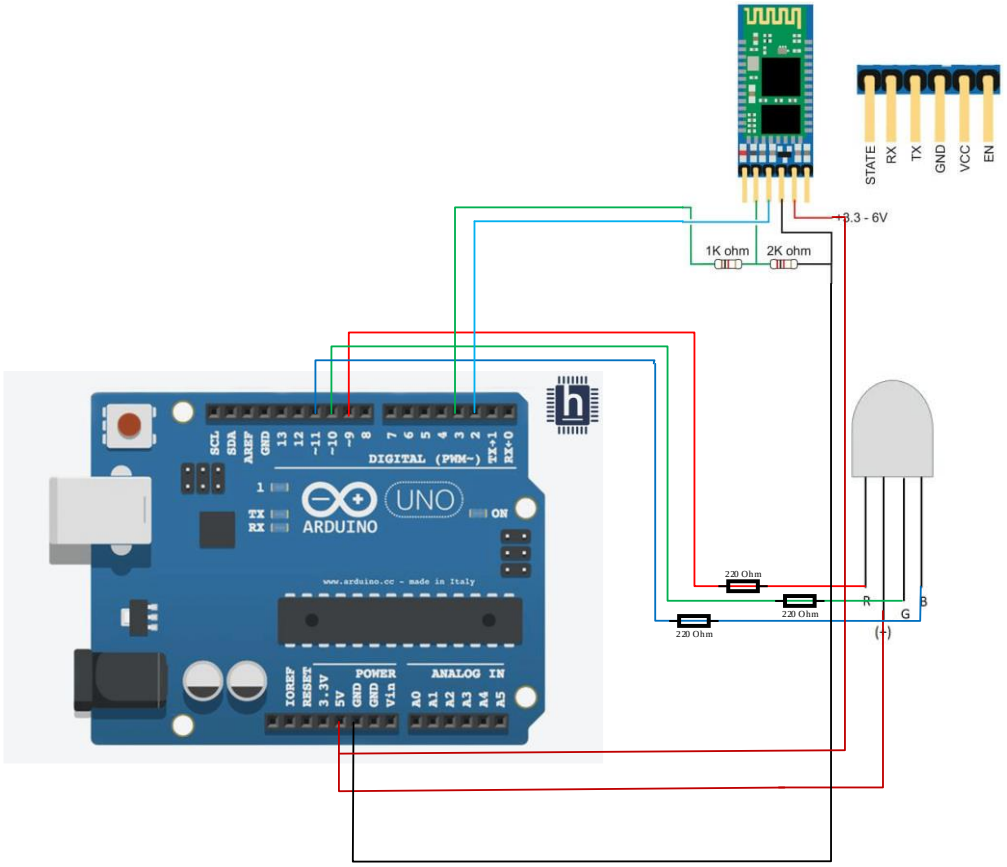
نکته بعدی در مورد LEDهای RGB است. این LEDها دارای ۴ پین هستند که با توجه به کاتد یا آند مشترک بودن آن‌ها، پین بلندتر به زمین یا ۵ ولت، وصل شده و سایر پین‌ها، بسته به مقدار ولتاژ اعمالی به آن‌ها از ۰ تا ۵، به تناسب رنگ RGB را مشخص می‌کنند. این موارد در شکل ۵-۱۹ قابل مشاهده هستند.



شکل ۵-۱۹ RGB LED کاتد مشترک و آند مشترک

LEDهای مورد استفاده در این MVP از نوع آنود مشترک هستند. نمایی از اتصالات مدار مورد استفاده در MVP در شکل ۶-۱۹ قابل مشاهده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

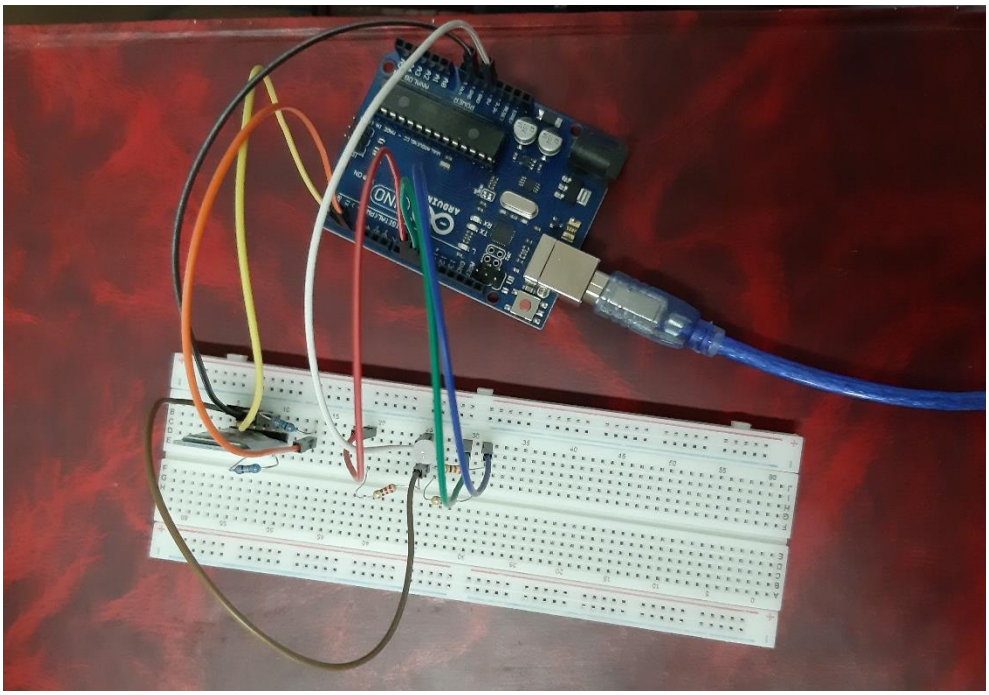


شکل ٦-١٩ نمایی از اتصالات MVP کنترل RGB LED با UNO و HC-05

۴-۲-۱۹ نتایج کنترل روشنایی از طریق برنامه اندروید

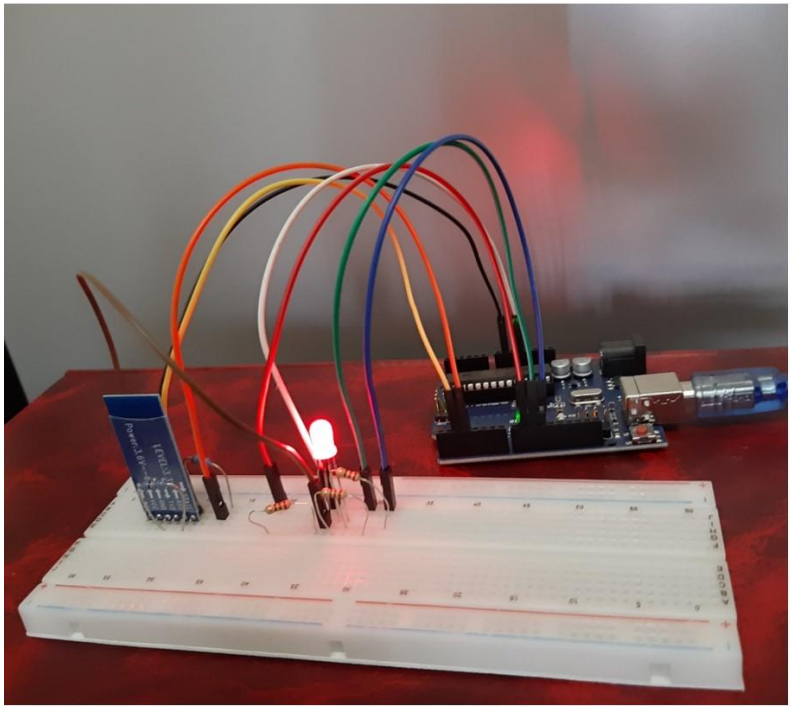
تصویری از اتصالات بخش سخت‌افزار در شکل ۷-۱۹ ارائه شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



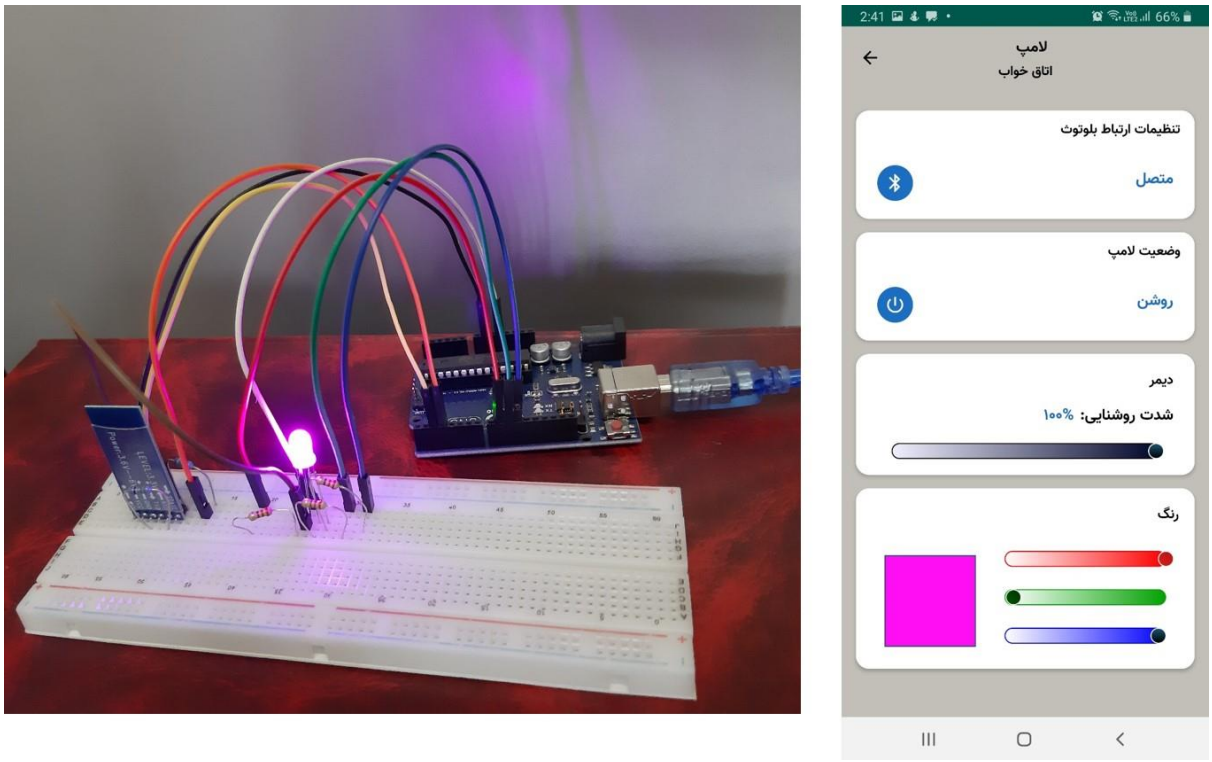
شکل ۷-۱۹ اتصالات سخت‌افزاری برای کنترل روشنایی از طریق برنامه اندروید

نمونه‌هایی از نتایج اجرای این MVP در شکل‌های ۳-۸، ۳-۹ و ۳-۱۰ ارائه شده است.

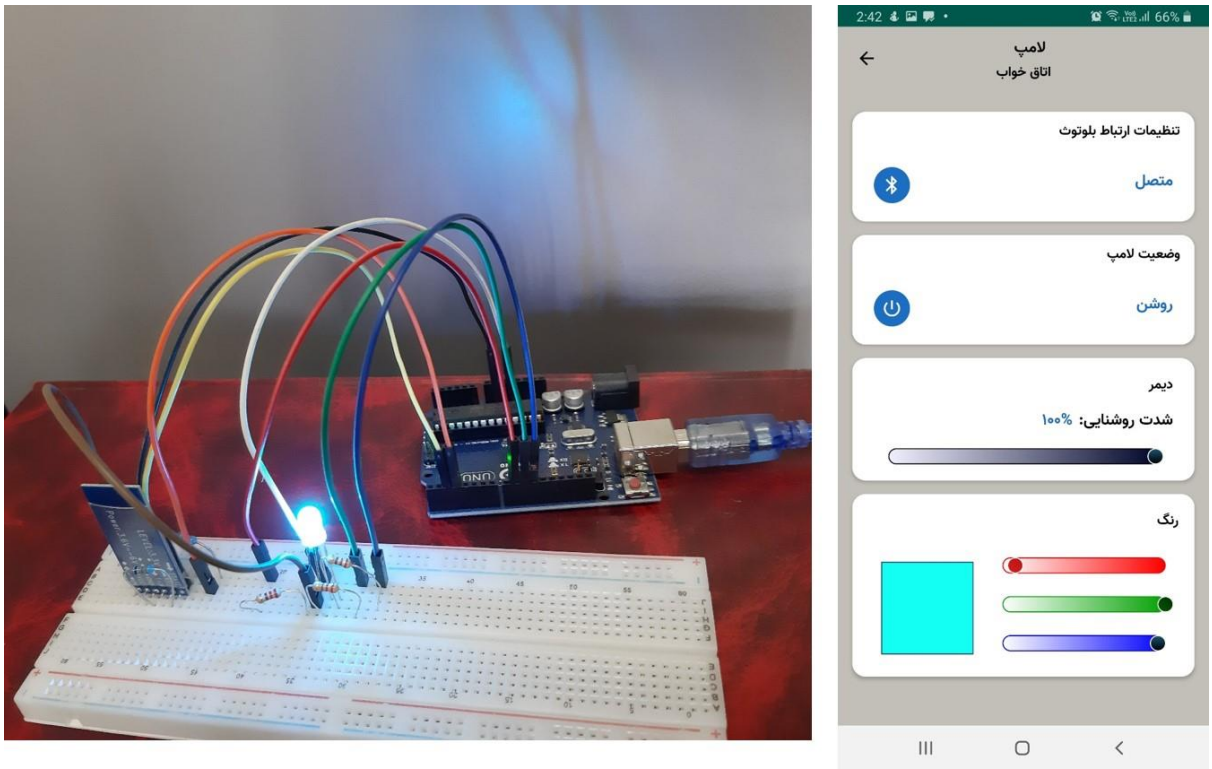


شکل ۸-۱۹ MVP کنترل روشنایی لامپ توسط برنامه کاربردی اندروید (۱)

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۹-۱۹ MVP کنترل روشنایی لامپ توسط برنامه کاربردی اندروید (۲)



شکل ۱۰-۱۹ MVP کنترل روشنایی لامپ توسط برنامه کاربردی اندروید (۳)

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

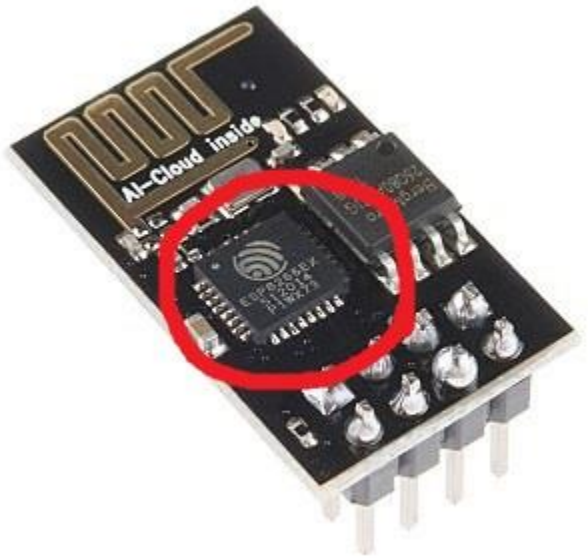
۱۹-۳ کنترل روشنایی از طریق برنامه وب

هدف از این بخش کنترل روشنایی از طریق وب و اینترنت با استفاده Arduino و یک ماژول Wifi است.

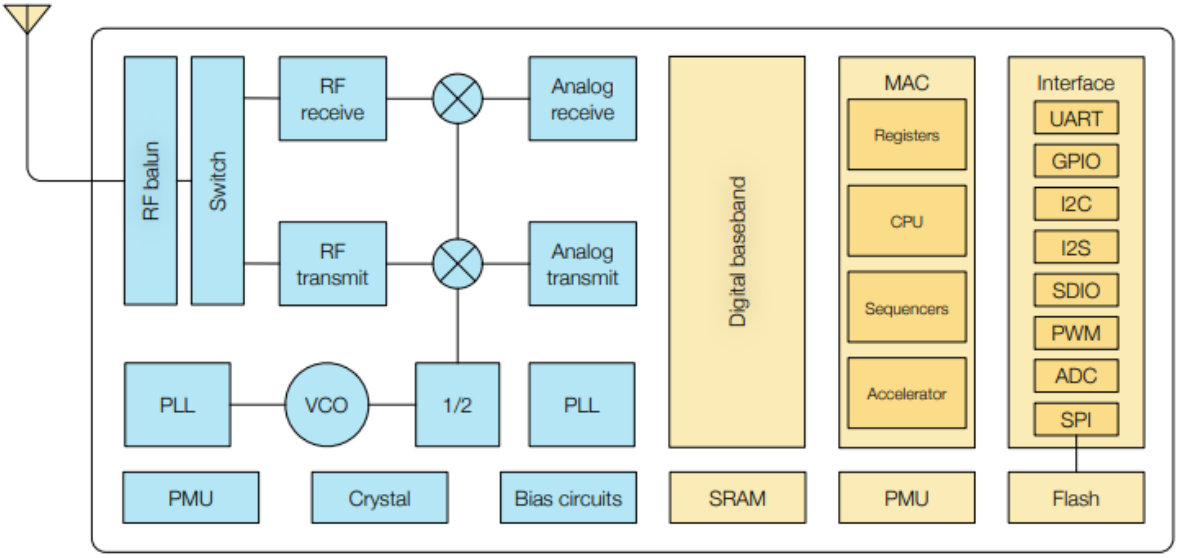
۱۹-۳-۱ ماژول Wi-Fi ESP8266

ESP8266 یک میکروکنترلر IEEE 802.11 b/g/n از شرکت Espressif در شانگهای چین است. این میکرو یا SoC به نوعی ارزان‌ترین ماژول Wi-Fi با کاربرد صنعتی است. ESP8266 معمولاً بر روی سایر ماژول‌ها مانند ESP01 از Ai Thinker نصب می‌شود تا پین‌های آن قابل دسترس در کاربردهای آزمایشگاهی باشد، حافظه فلش در اختیارش قرار گیرد و ولتاژ مناسب برای آن تأمین شود. انواع ماژول‌های مجهز به ESP8266 در شکل ۱۱-۱۹، ESP8266 بر روی ماژول ESP01 در شکل ۱۲-۱۹، اجزای داخلی ESP8266 در شکل ۱۳-۱۹ و مشخصات آن در جدول ۱-۱۹ قابل مشاهده هستند.

شکل ۱۱-۱۹ انواع بوردهای مجهز به ماژول ESP8266



شکل ۱۲-۱۹ ماژول ESP8266 روی برد ESP01 (مشخص شده با قرمز)



شکل ۱۳-۱۹ دیاگرام اجزای داخل ESP8266 [350]

جدول ۱-۱۹ مشخصات ESP8266 [351]

Categories	Items	Values
WiFi Paramters	WiFi Protocles	802.11 b/g/n
	Frequency Range	2.4GHz-2.5GHz (2400M-2483.5M)
Hardware Parameters	Peripheral Bus	UART/HSPl/l2C/l2S/Ir Remote Contorl
		GPIO/PWM
	Operating Voltage	3.0-3.6V
	Operating Current	Average value: 80mA -

Categories	Items	Values
	Operating Temperature Range	-40~125
	Ambient Temperature Range	Normal temperature
	Package Size	14.3mm*24.8mm*3mm
	External Interface	N/A
Software Parameters	Wi-Fi mode	station/softAP/SoftAP+station
	Security	WPA/WPA2
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network) / download and write firmware via host
	Ssoftware Development	Supports Cloud Server Development / SDK for custom firmware development
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP/FTP
	User Configuration	AT Instruction Set, Cloud Server, Android/iOS App

مشخصات ماژول ESP8266 به شرح زیر است:

- CPU: ESP8266 از یک RISC CPU ۳۲ بیتی شرکت Tensilica (Silicon Valley) بهره می‌گیرد (حداکثر ۱۶۰ مگاهرتز) که واسط‌های ارتباط با حافظه آن به شرح زیر هستند:
  - Programmable RAM/ROM (iBus)
  - Data RAM (dBus)
  - Registers (AHC)
- حافظه: این SoC از حافظه فلش خارجی با پروتکل SPI تا ۱۶ مگابایت پشتیبانی می‌کند.
- Clock: Clock مورد استفاده در این SoC از بازه ۲۴ تا ۵۲ مگاهرتز را شامل می‌شود.
- Firmware: Firmware این SoC تمامی پشته پروتکلی TCP/IP را پیاده کرده و با استفاده از SDKهای ارائه شده می‌توان Firmwareهای دلخواه را نیز برای آن ایجاد کرد. برخی از این Firmwareها بر پایه FreeRTOS هستند و Firmware پیش‌فرض آن، AT Command است.
- مدهای Power
  - Active: رادیو و CPU فعال است.
  - Modem-Sleep: CPU فعال و رادیو خاموش است.
  - Light-Sleep: رادیو و CPU در حالت Suspend قرار داشته و صرفاً با Interrupt از خواب بیدار می‌شوند.
  - Deep-Sleep: برای کاربردهایی مانند اندازه‌گیری دما که زمان بین ارسال دو داده بسیار زیاد است، این مد استفاده می‌شود. بعد از بیدار شدن از خواب، دستگاه دوباره باید به AP[1] وصل شده و داده را ارسال یا دریافت کند.
- پین‌های GPIO: این چیپ دارای ۱۷ پین عمومی برای ورودی و خروجی (PWM و غیره)، است. پین GPIO0 در حالت GND، چیپ را در حالت برنامه‌ریزی روی فلش قرار می‌دهد (ترجیحا GPIO2 به HIGH وصل شود – TX حالت برنامه‌ریزی). GPIO0 در حالت HIGH، باعث می‌شود چیپ از روی فلش، راه‌اندازی شود.
- واسط‌های ارتباطی: این چیپ از واسط‌های UART (سریال)، I2C، I2S، SPI/HSPI و SDIO پشتیبانی می‌کند.
  - پین RST: در حالت Rising Edge چیپ را Restart می‌کند (بعد از برنامه ریزی، نیازمند Restart است).

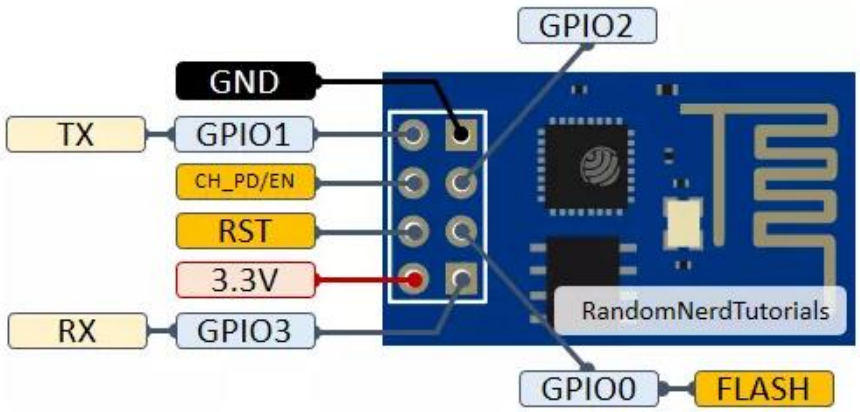
[1] Access Point

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- پین EN CH_PD: در حالت HIGH، چیپ فعال می‌شود.
- ADC (آنالوگ به دیجیتال): پین ۶ (TOUT) برای این کار استفاده می‌شود (۱۰ بیت).

۱۹-۳-۱-۱ بورد ESP01 و ESP01S

همان‌طور که گفته شد، چیپ ESP8266 متناسب با کاربرد آن، می‌بایست روی سایر بوردها استفاده شود. بورد ESP01 یکی از ساده‌ترین و کم کاربردترین این بوردها بوده که کاربرد آزمایشگاهی داشته و صرفاً پین‌های برنامه‌ریزی روی فلش و RX/TX UART را ارائه می‌دهد. نمایی از پین‌های این بورد در شکل ۱۴–۱۹ قابل مشاهده هستند. این بورد حافظه فلش ۱ مگابایت را در اختیار چیپ قرار می‌دهد، یک LED روی خود داشته و آنتن در بالای آن قابل مشاهده است.



شکل ۱۴–۱۹ پین‌های برد ESP01 و ESP01-S

۱۹-۳-۲ کنترل RGB LED از طریق وب

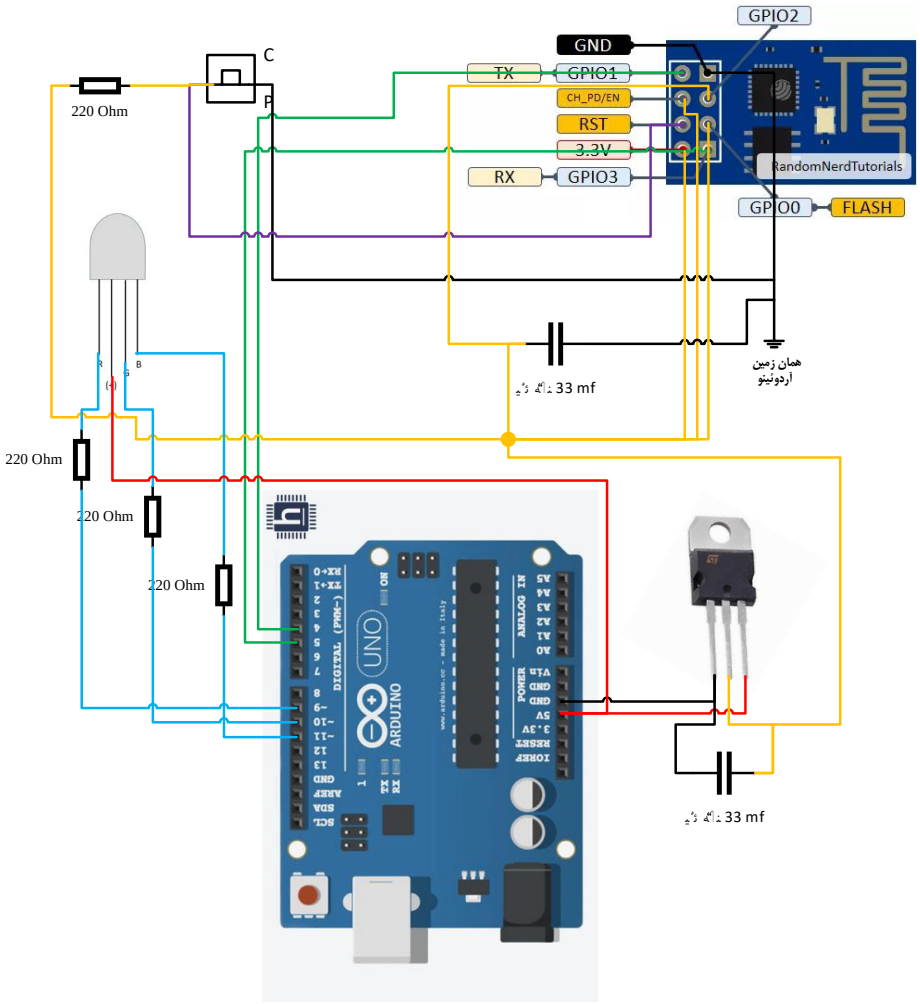
برخلاف کنترل RGB LED از طریق بلوتوث و Arduino، که گوشی یا وسیله دیگری به HC05 متصل و داده مستقیماً بین دو ماژول جابجا می‌شود، مسائل مرتبط با وب، مراحل و بخش‌های مورد نیاز برای کنترل RGB LED را افزایش خواهد داد.
در MVP این پروژه، هدف کنترل روشنایی از طریق وب است. با توجه به اینکه Back-end در این معماری ساده می‌تواند به عنوان هسته کار در نظر گرفته شود، بدین ترتیب هر دوی Front-end و Arduino می‌بایست به Back-end متصل شوند. با توجه به اینکه در این MVP صرفاً درخواست تغییر رنگ و شدت روشنایی از Front-end به دستگاه فرستاده می‌شود، نیاز به استفاده از پروتکل‌های دوطرفه در بین FE و BE نیست. در مقابل درخواست رسیده به BE می‌بایست به Arduino فرستاده شود. با توجه به اینکه در حال حاضر IPv6 توسط ISPها پشتیبانی نمی‌شود، نمی‌توان از سرویس‌دهنده مستقیماً به دستگاه وصل شد، زیرا هیچ IP مشخصی برای آن وجود نداشته و نمی‌توان برای تمامی دستگاه‌ها IP ثابت مهیا کرد. برای حل این مشکل می‌بایست از سرویس‌های NAT و پروتکل‌های دو طرفه کمک گرفت. بدین صورت که دستگاه در ابتدای روشن شدن، درخواست اتصال به Server را داشته باشد و بعد از اتصال (با پروتکلی مانند WebSocket که در این MVP به کار گرفته شده یا MQTT و موارد مشاهده Publish/Subscribe) Server بتواند دستورات را به دستگاه Push کند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱-۲-۳-۱۹ Arduino و ESP8266

دستگاه می‌بایست با پروتکل WebSocket به BE متصل شود. بدین منظور یکی از Arduino یا ESP8266 باید کدهای WebSocket Client را اجرا کنند. طبق بررسی‌های انجام شده برای ESP8266، این چیپ قدرتمند و پرکاربرد است. بدین ترتیب، برای اجرای کد WebSocket Client بهترین حالت تغییر Firmware این چیپ به Firmwareی دارای یکی از کتابخانه‌های WebSocket است. به منظور فلش کردن ESP8266 می‌توان از ابزارهایی که مخصوص این کار هستند استفاده کرد. (USB to TTL ESP 8266 که یکی از این موارد در شکل ۱۵-۱۹ قابل مشاهده است).

شکل ۱۵-۱۹ یک نمونه ماژول USB - TTL برای فلش ESP 8266 روی برد ESP 01



شکل ۱۶-۱۹ نمایی از اتصالات EPS8266 به UNO در حالت بوت از فلش برای کنترل RGB LED

شکل ۱۶-۱۹ نشان دهنده اتصالات مورد نیاز بین EPS-01 و RGB LED و UNO است.

۱۹-۳-۲-۲ بخش Back-end وب

Back-end و به اختصار BE، واسط ارتباط Front-end (FE) با سایر سیستم‌ها است. با توجه به ساده بودن MVP، در اینجا هسته سیستم نیز BE در نظر گرفته شده است و وظیفه ارتباط با دستگاه را نیز بر عهده دارد. در صورتی که یک سیستم کامل خانه هوشمند، BE صرفاً وظیفه سرویس دادن به FE را بر عهده دارد.

برای پیاده‌سازی BE، از ASP.NET Core (ASP.NET و ASP.NET Core در نسخه ۵ اجماع می‌شوند) استفاده شده است. همان طور که در فصل دوم در ارتباط با ظاهر صفحه بررسی شد، ظاهر در نظر گرفته شده دارای چهار بخش Overview، Devices، Routines و Dashboard است. برای بارگذاری هر کدام از این بخش‌ها، یک صفحه HTML در نظر گرفته شده که توسط Action با همین نام توسط HomeController در BE ارسال می‌شود.

تا به اینجای کار، ESP8266 قادر است با WebSocket (WS) به سرویس‌دهنده متصل شده و مقادیر RGB را به UNO منتقل کرده و LED توسط آن کنترل شود. بدین ترتیب BE در این MVP دو وظیفه کلی را بر عهده دارد که در ادامه بررسی خواهند شد:

۱. فراهم کردن WS Server

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲. دریافت درخواست کنترل روشنایی از FE

۱۹-۳-۲-۲-۰ سرویس‌دهنده WS در ASP.NET Core (BE)

به طور کلی، ASP برای استفاده از WebSocket از متد خاص خود به نام SignalR استفاده می‌کند که تلفیقی از WS، HTTP Long Polling و ... است. اما با توجه با اینکه کتابخانه‌ای برای استفاده از SignalR برای ESP8266 و سایر دستگاه‌ها وجود ندارد، BE باید بتواند مستقیما به عنوان سرویس‌دهنده WS نیز عمل کند (WS Direct).

۱۹-۳-۲-۲-۱ Device Controller

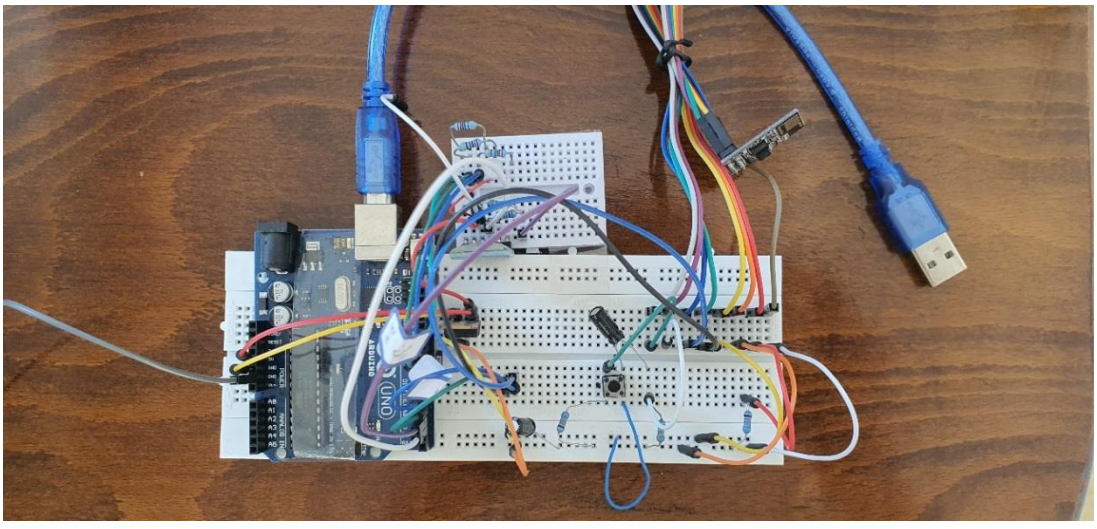
کاربر در FE با استفاده از HTTP، درخواست کنترل رنگ و روشنایی کرده و این درخواست می‌بایست در BE دریافت شود. بدین منظور یک Controller برای دریافت این داده و انتقال آن به دستگاه مورد نظر ایجاد در BE به نام DeviceController ایجاد شده که در یک سیستم کامل، این وظیفه به سرویس مجزا و احتمالاً API GW منتقل خواهد شد.

۱۹-۳-۲-۳ Front-end

بخش کنترل روشنایی دستگاه‌ها شامل دو اسلایدر یکی برای رنگ و دیگری برای روشنایی است. همچنین با کلیک بر روی آیکون لامپ، چراغ روشن و خاموش می‌شود. در این ظاهر، کاربر انتظار دارد به محض تغییر مکان اسلایدر، رنگ و روشنایی تغییر کنند. برای ارسال مقادیر اسلایدرها، به هیچ وجه مورد قبول نخواهد بود که صفحه HTML، بارگذاری مجدد شود. بدین ترتیب برای این‌کار می‌بایست از AJAX برای انتقال درخواست به BE استفاده شود. در این FE، یک JS Event برای دریافت مقادیر تغییر داده شده اسلایدرها به محض تغییر کاربر ایجاد شده است تا بعد از هر تغییر، مقادیر را به JSON تبدیل کرده با Ajax به آدرس Device/1/HSL ارسال کند.

۱۹-۳-۳ نتایج کنترل روشنایی از طریق برنامه وب

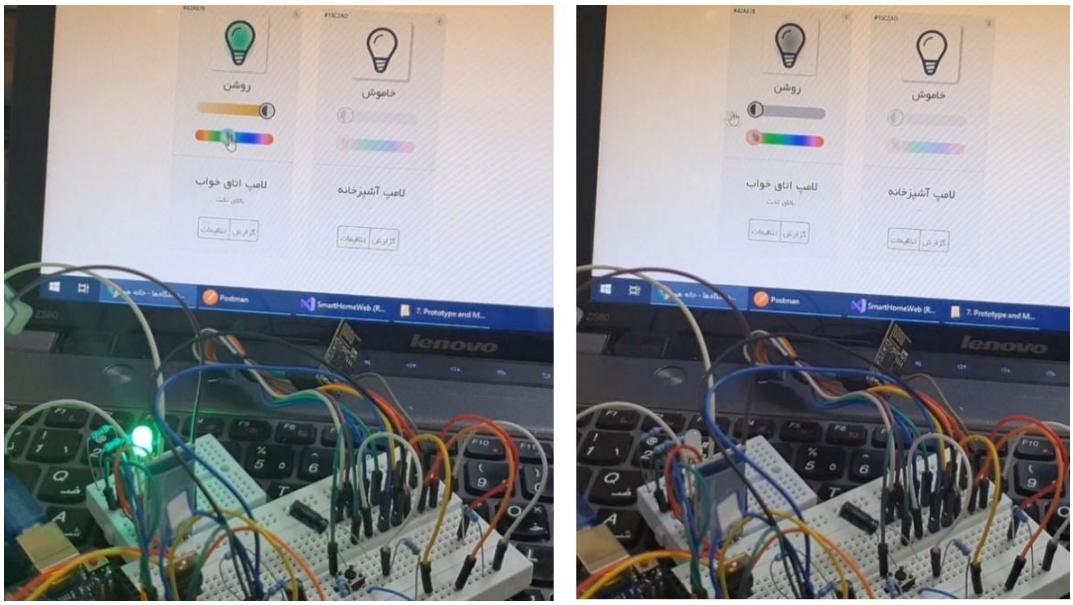
تصویری از اتصالات بخش سخت‌افزار مرتبط با کنترل روشنایی در شکل ۱۷-۱۹ ارائه شده است.



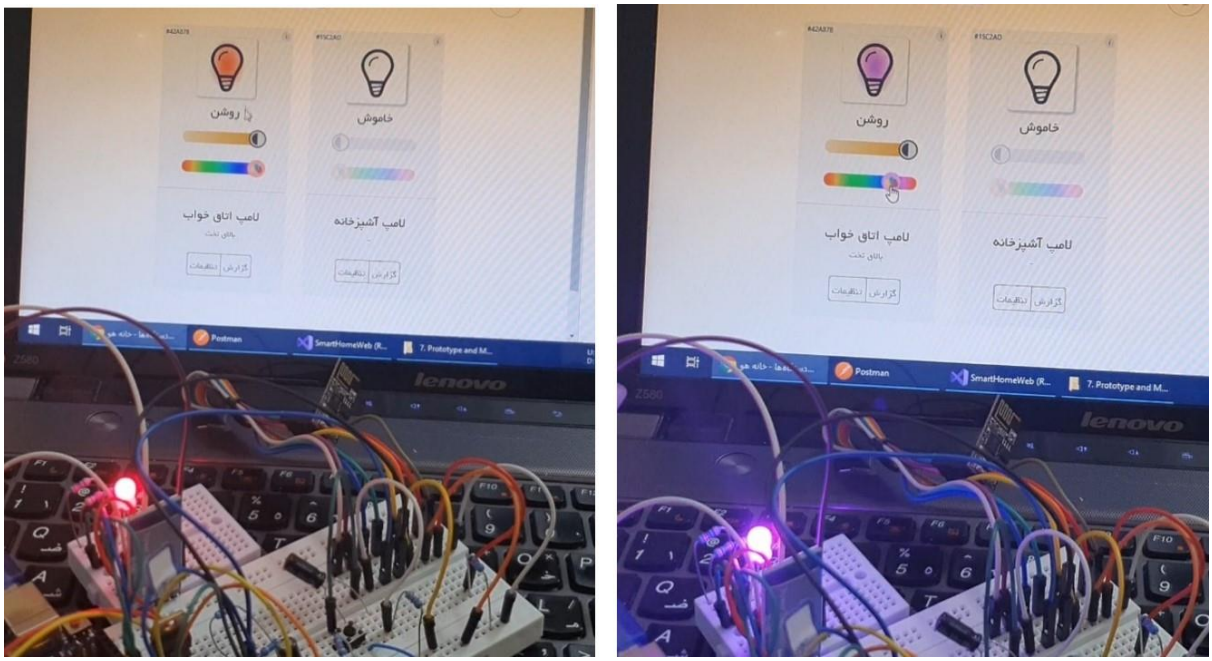
شکل ۱۷-۱۹ اتصالات سخت‌افزاری برای کنترل روشنایی

نمونه‌هایی از نتایج اجرای این MVP در شکل‌های ۳-۱۸، ۳-۱۹ و ۳-۲۰ ارائه شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

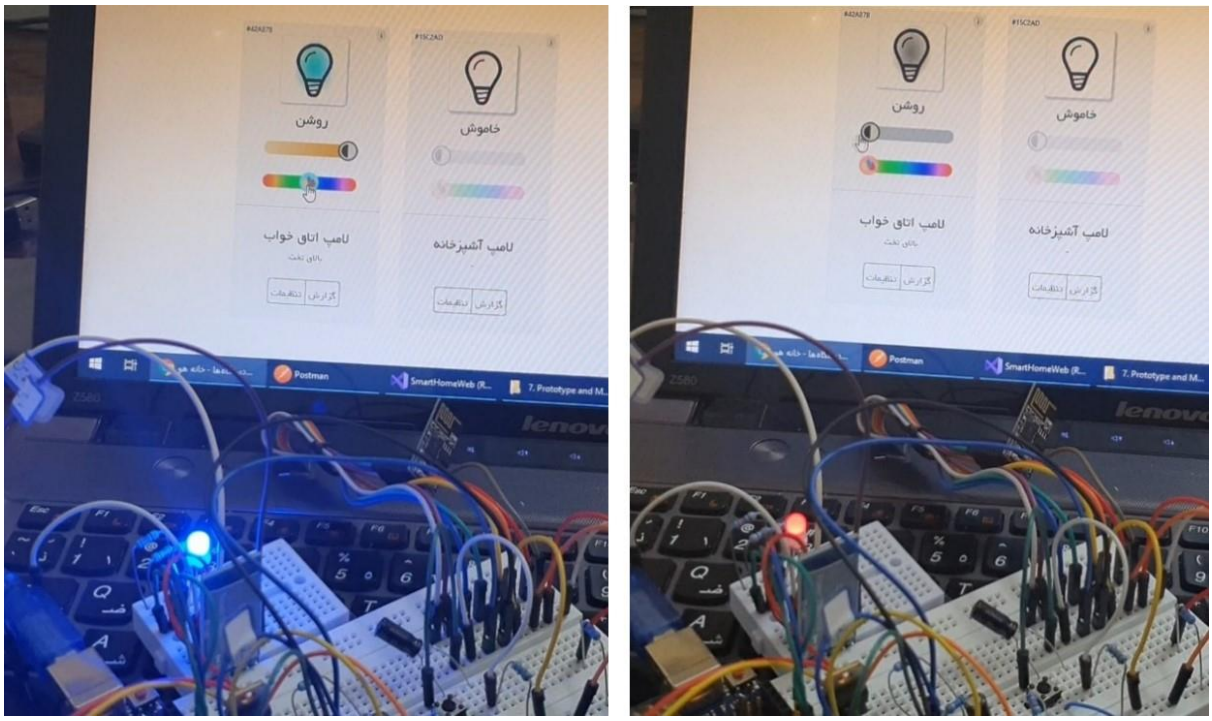


شکل ۱۸-۱۹ MVP کنترل روشنایی لامپ توسط برنامه وب (۱)



شکل ۱۹-۱۹ MVP کنترل روشنایی لامپ توسط برنامه وب (۲)

DOI: 10.30503/nripress.2020.298



شکل ۲۰-۱۹ MVP کنترل روشنایی لامپ توسط برنامه وب (۳)

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

بخش ششم

تحلیل اقتصادی خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل بیستم

بررسی پیشینه پژوهش‌های تحلیل اقتصادی خانه هوشمند

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲۰-۱ مقدمه

تحلیل اقتصادی فرآیند بررسی یک کسب‌وکار از دیدگاه سودآوری، بودجه‌بندی و ثبات مالی است. در انجام تحلیل اقتصادی و بررسی روند سودآوری یک کسب‌وکار نیاز به اطلاعاتی در زمینه هزینه‌های کسب‌وکار و درآمدهای حاصل از کسب‌وکار است. این فصل از گزارش به بررسی نمونه پژوهش‌ها و تحلیل‌های اقتصادی خانه هوشمند می‌پردازد. هدف از بررسی مقالات منتشرشده در داخل و خارج کشور، آشنایی با روال انجام تحلیل اقتصادی خانه هوشمند می‌باشد.

۲۰-۲ مطالعات انجام‌شده در داخل کشور

۲۰-۲-۱ منافع و مشکلات پیاده‌سازی مدیریت هوشمند ساختمان (مطالعه موردی کرمانشاه)

فریبا کرانی و همکاران در سال ۱۳۹۲ [352] مقاله‌ای با عنوان «به‌کارگیری مدیریت هوشمند ساختمان و بررسی موانع و مشکلات پیاده‌سازی آن» منتشر کردند. بدین منظور چند ساختمان بر اساس مساحت و نوع کاربری متفاوت، انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه فاکتورهایی شامل کاهش مصرف انرژی، یارانه انرژی، بازده سرمایه، نرخ تورم وکاهش هزینه نگهداری ساختمان موردتوجه قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که با توجه به قیمت پایین انرژی در ایران و هزینه بالای سرمایه‌گذاری اولیه، پیاده‌سازی این سیستم توجیه اقتصادی ندارد. اما در صورت حذف یارانه‌ها و ارائه انرژی با قیمت واقعی، ازنظر اقتصادی توجیه‌پذیر است.

روش ارزیابی اقتصادی در این پژوهش به این صورت در نظر گرفته شد که ابتدا پنج ساختمان با کاربری‌های مختلف شامل بیمارستان، مرکز آموزشی، ساختمان اداری، ساختمان تجاری و یک هتل انتخاب شد. سپس هزینه‌های مربوط به انرژی سالیانه و میزان هزینه نگهداری ساختمان و دستمزد سالیانه کارکنان تأسیسات و نگهداری ساختمان جمع‌آوری‌شده و سپس با توجه به متراژ ساختمان و مشاوره با شرکت‌های پیاده‌سازی سیستم مدیریت ساختمان، میزان هزینه اجرا و نگهداری ساختمان برآورد شد. هم‌چنین با توجه به اعلام بانک مرکزی نرخ تورم ۲۲.۱ ٪ و نرخ بهره ۱۶٪ سالیانه در نظر گرفته شد. فرض‌هایی مانند عمر طرح ۱۰ سال و ارزش اسقاط صفر نیز در این پروژه در نظر گرفته شده است. در گام بعدی میزان مصرف انرژی با استفاده از سیستم‌های کنترلی این طرح در بخش روشنایی و سرمایش و گرمایش ۴۰٪ و در مصرف آب ۱٪ درصد در نظر گرفته شده است. میزان کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات سالیانه نیز ۱۰٪ فرض شده است.

برای ارزیابی اقتصادی از بسته نرم‌افزار TAC استفاده شده است و با در نظر گرفتن دو سناریوی مختلف در مورد قیمت انرژی (قیمت فعلی انرژی و قیمت واقعی انرژی با حذف یارانه‌ها)، اطلاعات وارد نرم‌افزار شده و ارزیابی اقتصادی صورت گرفت.

همچنین برای شناسایی موانع پیاده‌سازی این سیستم، پرسش‌نامه تهیه شده و در دو گروه مهندسین نظام‌مهندسی و جامعه انبوه‌سازان کرمانشاه توزیع گردیده و نتایج حاصل از آمار توصیفی در نرم‌افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بیشترین آشنایی افراد در بخش امنیتی/ حفاظتی با سیستم کنترل حریق ۸۵.۱٪ و در بخش تأسیسات با سیستم کنترل خودکار روشنایی ۷۴.۵٪ و در بخش ارتباطی/رفاهی با شبکه‌های کامپیوتری حدود ۷۲.۳٪ می‌باشد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

این مطالعه از طریق بررسی شاخص ارزش خالص فعلی (NPV[1]) و هم‌چنین دوره بازگشت سرمایه انجام شده و تحلیل‌ها نشان می‌دهد که در حالت حذف یارانه انرژی شاخص NPV مثبت بوده و هم‌چنین بازگشت سرمایه در حدود ۵ سال می‌باشد. هم‌چنین اینکه هوشمندسازی در ساختمان‌های با مساحت بالاتر مناسب‌تر است و دوره بازگشت سرمایه بالاتری دارد [352].

۲۰-۲-۲ ارزیابی اقتصادی اجرای سیستم مدیریت هوشمند ساختمان (دانشگاه کاشان)

محمدحسین کریم نژاد و همکاران در سال ۱۳۹۴ [353] مطالعه‌ای درزمینه ارزیابی اقتصادی اجرای سیستم مدیریت هوشمند دریکی از ساختمان‌های آموزشی دانشگاه کاشان انجام داده‌اند. تجهیزاتی که برای هوشمندسازی در نظر گرفته شده، در بخش روشنایی شامل حسگرهای حرکتی و در بخش سیستم موتورخانه شامل چیلرها، برج خنک‌کننده، موتورها، اگزاست فن‌ها و بویلرها بوده است. این ارزیابی اثرات اقتصادی استفاده از روشنایی و موتورخانه هوشمند را با توجه به سناریوهای مختلف مورد بررسی قرارداده است. در این پژوهش ابتدا توان مصرفی موتورخانه در دو حالت محاسبه شد:

الف) حالت عادی و بدون سیستم مدیریت هوشمند

ب) با استفاده از سیستم مدیریت هوشمند

سپس مقدار مصرف انرژی با در نظر گرفتن سیستم مدیریت هوشمند برای یک سال برآورد شده است. هزینه اجرای سیستم مدیریت هوشمند نیز که توسط یک شرکت پیمانکار پیشنهاد شده است، در حدود ۵۰۰.۰۰۰.۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است.

پس از جمع‌آوری اطلاعات و بررسی اقتصادی مشخص شده است که استفاده از این تجهیزات موجب کاهش مصرف انرژی به میزان ۳۰–۴۰ ٪ شده و با توجه به اینکه هزینه‌های مربوط به راه‌اندازی و اجرای سیستم مدیریت هوشمند در حدود ۵۰۰.۰۰۰.۰۰۰ ریال تخمین زده شده، زمان بازگشت سرمایه در حدود ۳ سال برآورد شده است [353].

۲۰-۳ مطالعات انجام‌شده در خارج کشور

۲۰-۳-۱ مطالعه موردی خانه هوشمند در انگلستان، آلمان و ایتالیا (۲۰۱٤)

نازمی و همکاران در سال ۲۰۱۴ [354] مطالعه‌ی وسیعی در مورد بررسی محرک‌ها و موانع فنی و اقتصادی در توسعه بازار خانه‌های هوشمند انجام دادند. بدین منظور سه کشور اروپایی که در زمینه‌های سیاسی، اقتصادی و اجتماعی با یکدیگر متفاوت هستند، برای بررسی انتخاب شدند. برای آنکه بازخوردهای بهتری از نظرات مردم به دست آید، کارگاه‌های آموزشی عمومی سازمان‌دهی شد که زمینه تعاملی بهتری فراهم شود. همچنین اطلاعاتی مانند ویدیوها، سخنرانی‌ها و برنامه‌هایی با موضوع خدمات خانه هوشمند در اختیار مردم قرار گرفت. در هر کشور دو کارگاه آموزشی در دو روز مختلف برگزار شد و شرکت‌کنندگان برای یک روز از یک شهر کوچک و برای روز بعدی از یک شهر بزرگ گرد هم آمدند. هر کارگاه با ۲۴–۳۰ نفر برگزار شد و افراد در حدود ۴–۴.۵ ساعت با یکدیگر در تعامل بودند. این افراد بر اساس سن و تعداد افراد خانواده به زیرگروه‌هایی تقسیم شدند. ابتدا نظر آن‌ها در مورد خانه‌شان و میزان مصرف انرژی، صرفه‌جویی در انرژی و وسایل خانه پرسیده شد. سپس با پخش ویدیوها و ارائه پاورپوینت‌هایی در مورد خانه هوشمند اطلاعاتی به افراد داده شد. در پایان با استفاده از روش آنالیز موضوعی بازخوردهای مردم در مورد خانه هوشمند به‌طور جامع مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی‌ها در جداول ۱–۱ و ۱–۲ به‌طور خلاصه نشان داده شده است [354].

[1] Net Present Value

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

جدول ۱-۲۰ محرک‌های فنی و اقتصادی خانه هوشمند از نظر مردم کشورهای انگلستان، آلمان و ایتالیا [354]

عنوان	توصیف	انگلستان	آلمان	ایتالیا
صرفه‌جویی در هزینه‌ها و انرژی	افزایش قیمت انرژی و تمایل به کاهش هزینه‌ها از طریق صرفه‌جویی در مصرف انرژی	✓	✓	✓
منافع اثرگذار بر کیفیت زندگی	خدماتی که بر بهبود کیفیت زندگی تأثیرگذارند (مانند خدمات منجر به افزایش راحتی و رفاه، تفریحی، افزایش امنیت و سلامت)	✓	✓	✓
اثرات بر محیط زیست	– اثرات محیطی صرفه‌جویی در انرژی – حفظ محیط زیست برای بهبود کیفیت زندگی	✓	✓	✓
شفافیت	به دست آوردن اطلاعات بیشتر برای صرفه‌جویی در انرژی و هزینه‌ها		✓	✓

جدول ۲-۲۰ موانع فنی و اقتصادی خانه هوشمند از نظر مردم کشورهای انگلستان، آلمان و ایتالیا [354]

عنوان	توصیف	انگلستان	آلمان	ایتالیا
بروزرسانی خانه‌های موجود	ارزش ساختمان‌های تاریخی یا عوامل زیبایی‌شناختی مانع از تمایل مصرف کنندگان برای تغییر آنها می شود	✓		✓
قابلیت اطمینان	- نگرانی در مورد نحوه عملکرد فناوری هوشمند	✓		
	- قابلیت اطمینان به فناوری هوشمند	✓	✓	
	- نگرانی از اتصال خانه‌ها به اینترنت و خطرات آنها	✓	✓	
	- ناآشنایی با فناوری‌های جدید			✓
هزینه‌ها	- ارتباط خانه‌های هوشمند با وسایل لوکس و هزینه‌های بالا	✓	✓	
	- نگرانی در مورد هزینه‌های مرتبط با کسب، بهره برداری، مدیریت و نگهداری فناوری خانه‌های هوشمند	✓		✓
حریم خصوصی و امنیت داده‌ها	- به خطر افتادن امنیت	✓		
	- تعرض به حریم خصوصی	✓		✓
	- نگرانی در مورد سوءاستفاده از داده‌های شخصی	✓	✓	

۲-۳-۲۰ پروژه MEGA House (۲۰۱۶)

Cheng و همکارانش در سال ۲۰۱۶ [355] ساختمانی به نام MEGA House را معرفی کرده‌اند. لغت MEGA[1] مخفف مجموعه‌ای از لغات شامل مصالح، مدیریت الکترونیکی، طراحی خانه سبز و اتوماسیون می‌باشد. این ساختمان اهداف مهمی مانند افزایش بهره‌وری انرژی و کاهش انتشار کربن را دنبال می‌کند. نمایی از این ساختمان در شکل ۱-۲۰ ارائه شده است. تجهیزاتی که در این ساختمان برای صرفه‌جویی در انرژی تعبیه‌شده، شامل موارد ارائه شده درجدول ۳-۲۰ می‌باشد.

[1] Materials Electronic Green Automation

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

شکل ۱-۲۰ خانه هوشمند MEGA [355]

جدول ۳-۲۰ تجهیزات تعبیه‌شده برای صرفه‌جویی انرژی در خانه هوشمند MEGA [355]

دسته	تجهیز	شرح
تجهیزات الکترونیکی	حسگرهای RFID و عملگرها برای کنترل تهویه هوا	حسگرهایی برای اندازه‌گیری دما، رطوبت، تابش حرارتی و میزان CO_2 و عملگرهایی برای باز و بسته کردن پنجره‌ها
	سیستم کنترل هوشمند	شامل نمایشگر لمسی با قابلیت کنترل روشنایی، تهویه مطبوع، هواکش‌ها، پرده‌های پنجره‌ها، کمپرسور لوله‌های زمین‌گرمایی[1]
	کنتورهای هوشمند	برای پایش و جمع‌آوری اطلاعات مصرف برق کمپرسور لوله‌های زمین‌گرمایی، سیستم تهویه هوا و LEDها و ...
ساختمان سبز	لوله‌های زمین‌گرمایی	لوله‌های نصب‌شده در زیرزمین برای انتقال انرژی زمین‌گرمایی توسط هوا
	دودکش خورشیدی[2]	تهویه هوای ساختمان با کمک انرژی تجدیدپذیر خورشید و با به‌کارگیری پدیده اثر دودکشی در یک کانال هوا

به منظور انجام تحلیل اقتصادی ساختمان هوشمند MEFA House چهار مرحله آزمایش بر روی این خانه صورت گرفته است. برای اینکه نتایج قابل استناد باشد، عادات روزانه ساکنان آن برای ایجاد یک شبیه‌سازی مناسب در نظر گرفته شده است. در طراحی آزمایش‌ها، نمونه‌گیری به‌صورت انجام اندازه‌گیری‌های واقعی برای ۳ روز در هر ماه که از نظر شرایط آب‌وهوایی مشابه هستند، انجام‌شده است. یعنی به‌طور مثال در فصل تابستان ۹ روز مورد بررسی قرار گرفته است. در این ۹ روز موارد مصرف انرژی و مقادیر صرفه‌جویی‌ها ثبت شدند. مراحل انجام آزمایش‌ها به شرح زیر است:

- در مرحله اول برای آنکه بتوان شرایط زندگی عادی را شبیه‌سازی کرد، از تهویه طبیعی ساختمان استفاده شد و تفاوت دمای بیرون و داخل اندازه‌گیری شد و در حالات مختلف اثرات هر یک از تجهیزات مانند لوله‌های زمین‌گرمایی و دودکش خورشیدی ثبت شد.
- در مرحله دوم بر اساس بهترین ترکیب استفاده از تجهیزات در مرحله قبلی، اثر استفاده از سیستم کنترل هوشمند در کاهش دمای داخلی بررسی شد. این ابزار نیز در حالات مختلف با در نظر گرفتن ساعت رسیدن ساکنین منزل و با هدف برآورد بهترین زمان ممکن برای تنظیمات انرژی در نظر گرفته شد.

[1] Earth Tube
[2] Solar Chimney

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- در مرحله سوم شرایط گرمایش و سرمایش بعد از رسیدن ساکنین منزل بررسی شد. گرمایش در زمستان و سرمایش در تابستان با سناریوهای مختلف آنالیز شد.
- در مرحله چهارم تمامی شرایط آب و هوایی، مانند دما، رطوبت، روشنایی با در نظر گرفتن سیستم کنترل هوشمند به‌صورت ترکیبی طراحی شد و تعداد حسگرهای لازم برآورد شد.

در هر مرحله به‌صورت جداگانه انرژی مصرفی و بازدهی انرژی محاسبه و ثبت شد و بهترین سناریو برای ذخیره‌سازی انرژی انتخاب شد. در پایان برای انجام تحلیل اقتصادی، از محاسبه هزینه‌های انرژی و CO_2 و میزان صرفه‌جویی انرژی و کاهش انتشار CO_2 در سناریوهای مختلف استفاده شد و در هر سناریو، بهترین عملکردی که سیستم برای به دست آوردن بهترین نتیجه می‌تواند داشته باشد، مشخص شد.

نتایج به‌دست‌آمده در این مقاله نشان می‌دهد که لوله‌های زمین‌گرمایی و دودکش خورشیدی در خانه MEGA دمای داخلی را در حدود ۱ ~ ۲ درجه سانتیگراد در تابستان کاهش داده، در حالی که استفاده از لوله‌های زمین‌گرمایی به جای بخاری برقی در زمستان دمای داخل خانه را به میزان ۳ ~ ۴ درجه سانتیگراد افزایش داده است. از نظر منافع اقتصادی، استفاده از تجهیزات صرفه‌جویی انرژی نصب شده در خانه MEGA هزینه‌های برق به میزان ۸.۵۳۶.۷۶ دلار و میزان انتشار CO2 را حدود ۱۲۸۸.۸۳ کیلوگرم در سال کاهش یافته است [355].

۳-۳-۲۰ تحلیل تأثیرات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مدیریت انرژی خانه هوشمند (مورد مطالعاتی در دو کشور الجزایر و آلمان)

در سال ۲۰۱۹ مارس رینگل و همکاران [356] مقاله‌ای با موضوع بررسی منافع استفاده از راهکارهای مدیریت انرژی در خانه هوشمند منتشر کردند. در این مقاله برای بررسی تأثیرات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی خانه هوشمند و ارائه نتایج از شبیه‌سازی یک منزل مسکونی در کشورهای الجزایر و آلمان استفاده شده است. نویسندگان ابتدا منافع ناشی از بازدهی انرژی را مطرح می‌کنند که مواردی از قبیل صرفه‌جویی در انرژی، امنیت انرژی، مدیریت منابع، کاهش آلودگی‌ها، قیمت انرژی و ... می‌باشد. سپس به معرفی شاخص‌های تأثیر مدیریت انرژی بر حوزه‌های مختلف که در پروژه COMBI[1] (یکی از پروژه‌های زیرمجموعه برنامه افق ۲۰۲۰ اتحادیه اروپا) بررسی شده است، می‌پردازند (جدول ۴-۲۰).

جدول ٤-۲۰ پیش‌بینی تأثیرات سیاست‌های بهره‌وری انرژی اتحادیه اروپا تا سال ۲۰۳۰ [356]

دسته‌بندی	منافع	منافع شناسایی‌شده
منابع	صرفه‌جویی انرژی	صرفه‌جویی به میزان 275 TWh
	امنیت انرژی	افزایش بالای ۵٪
اقتصادی	سرمایه‌گذاری	11bn یورو صرفه‌جویی در سرمایه‌گذاری در نیروگاه‌ها
	شاخص GDP	افزایش ۱٪ در این شاخص
	مشاغل	ایجاد ۲.۳ میلیون شغل در سال
	کاهش قیمت سوخت	کاهش ۱.۳٪ در نفت، ۲٪ در زغال‌سنگ، ۲.۹٪ در گاز طبیعی
	سرمایه عمومی	افزایش ۸۶ میلیون یورو برای سایر سیاست‌ها
	بهره‌وری اقتصادی	افزایش ۳۹ دقیقه زمان مفید در روز
اجتماعی	کاهش مرگ‌ومیر	کاهش ۳۰۰۰ تا ۲۴۰۰۰ مرگ به علت سرمای محیط زندگی

[1] Calculating and Operationalising the Multiple Benefits of Energy Efficiency in Europe

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

دسته‌بندی	منافع	منافع شناسایی‌شده
	کاهش سال‌های از دست‌رفته از عمر به خاطر ناتوانی ناشی از بیماری‌های تنفسی مانند آسم	۲۷۰۰ تا ۲۲۳۰۰
زیست‌محیطی	کاهش مرگ‌ومیر به دلیل آلودگی‌های ناشی از ذرات ازن	۴۴۲ مورد
	جلوگیری از انتشار گاز CO2	300 Mt

نویسندگان مقاله از دسته‌بندی فوق برای استخراج منافع مدیریت انرژی در خانه هوشمند برای ساکنان خانه استفاده کرده‌اند و منافع را مطابق جدول ۵-۲۰ دسته‌بندی کرده‌اند.

جدول ۵-۲۰ پیش‌بینی مزایای افزایش بهره‌وری انرژی برای ساکنان خانه [356]

دسته‌بندی	منافع
منابع	صرفه‌جویی در مصرف انرژی صرفه‌جویی در مصرف آب
اقتصادی	صرفه‌جویی در هزینه انرژی کاهش هزینه‌های عملیاتی استفاده از یارانه و کمک‌های مالی دولتی افزایش ارزش دارایی‌ها و تجهیزات تصمیمات سرمایه‌گذاری مقرون به صرفه
اجتماعی	افزایش کیفیت هوای داخل خانه افزایش سطح آسایش و راحتی مزایای سلامتی ایمنی / جلوگیری از سرقت / نظارت بر خانه
محیط زیستی	کاهش CO_2 کاهش آلودگی هوا کاهش سطح نویز کاهش ضایعات و فاضلاب

سپس برای بررسی دقیق‌تر تأثیر بهره‌وری انرژی در صرفه‌جویی در منابع و اثرات اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی آن، از شبیه‌سازی استفاده کردند. برای انجام شبیه‌سازی یک خانه دوطبقه با مساحت ۱۵۰ مترمربع شامل دو اتاق خواب در نظر گرفته شده و مدل‌سازی آن توسط 3D-Modeller از مجموعه نرم‌افزاری DesignBuilder انجام شده است. خروجی‌های این مدل به یک برنامه شبیه‌سازی انرژی به نام EnergyPlus وارد شده و سپس شرایط آب‌وهوایی منطقه مورد بررسی به‌عنوان داده ورودی بر اساس اطلاعات آماری موجود در برنامه وارد شده است. در ضمن برای شبیه‌سازی نیز سه سناریو در نظر گرفته شده است که خلاصه اطلاعات آن‌ها در جدول ۶-۲۰ نشان داده‌شده است.

جدول ٦-۲۰ سناریوهای تعریف‌شده جهت شبیه‌سازی [356]

سناریو	نوع عملیات	وسایل هوشمند	هزینه سرمایه‌گذاری
مبنا	کنترل عادی	-	-

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

کم‌هزینه	کنترل با برنامه ثابت	ترموستات، لامپ	۲۶۸.۹۳ یورو
جامع	کنترل مبتنی بر حس‌گر	ترموستات، لامپ، هاب، حسگر حرکتی و نوری	۵۲۸.۳۵ یورو

پس از تهیه مدل خانه، برای محاسبه هر یک از منافع (منابع و اثرات اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی) برای هر دسته شاخص‌های مشخصی فرموله شده و بر اساس آن‌ها نتایج بیان می‌شود. به عنوان نمونه برای بخش تحلیل اقتصادی از دو شاخص ارزش خالص فعلی (NPV[1]) و بازده داخلی (IRR[2]) استفاده شده است که در محاسبه این شاخص‌ها از هزینه نصب تجهیزات مربوط به هر سناریو به عنوان هزینه و میزان صرفه‌جویی انرژی آن سناریو به عنوان درآمد در نظر گرفته شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که مسئله مصرف انرژی در خانه هوشمند از نظر همه این شاخص‌ها منافع و اثرات مثبت فراوانی داشته است. اما با توجه به سناریوهای مختلف و همچنین بسته به موقعیت کشور مورد بررسی مقادیر این شاخص‌ها متفاوت هستند [356].

[1] Net present value
[2] Internal rate of return

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل بیست و یکم

امکان‌سنجی انجام تحلیل اقتصادی بازگشت سرمایه برای خانه هوشمند

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲۱-۱ مقدمه

در این فصل ابتدا توضیحاتی در رابطه با روش انجام تحلیل مالی و شاخص‌های اقتصادی ارائه می‌شود. در ادامه به بررسی هزینه‌های اجرای خانه هوشمند پرداخته شده و هزینه‌های مرتبط با تجهیزات لازم به تفکیک سیستم‌های خانه هوشمند ارائه شده است. پس از آن به بررسی درآمدهای خانه هوشمند پرداخته شده است. درآمدهای خانه هوشمند را می‌توان به دو بخش درآمدهای مستقیم و غیرمستقیم تقسیم کرد. درآمدهای مستقیم مربوط به صرفه‌جویی انرژی است و درآمدهای غیرمستقیم حاصل از فرصت‌های اقتصادی جدیدی است که خانه هوشمند ایجاد می‌کند. در این فصل به بررسی درآمدهای حاصل از صرفه‌جویی انرژی پرداخته شده و فرصت‌های اقتصادی و درآمدهای غیرمستقیم در فصل سوم مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. در این فصل پس از ارائه اطلاعات هزینه‌ها و درآمدها، تحلیلی در رابطه با امکان‌سنجی محاسبه شاخص‌های اقتصادی با اطلاعات موجود ارائه شده است.

۲۱-۲ مفاهیم تحلیل اقتصادی

بحث تحلیل اقتصادی در پروژه‌های مختلف با توجه به نوع و ابعاد پروژه متفاوت است اما می‌توان یک روند کلی برای انجام تحلیل اقتصادی ارائه داد که شامل سه بخش شناسایی روندهای سودآوری، استخراج جریانات نقدی و برآورد شاخص‌های بازدهی سرمایه است. در ادامه به توضیح هر یک از این موارد پرداخته می‌شود [357].

۲۱-۲-۱ شناسایی روندهای سودآوری

شناسایی روندهای سودآوری به معنای شناسایی میزان درآمدها، هزینه‌ها، همچنین سود یا زیان انتهای دوره که از فعالیت‌های عملیاتی یا غیرعملیاتی حاصل شده باشد، است.

درآمد به مواردی اطلاق می‌شود که از ارائه خدمات، فروش کالا و غیره حاصل می‌شود. درآمد حاصل از فروش یک محصول از حاصلضرب قیمت محصول در تعداد محصول فروخته شده به دست می‌آید. برای تخمین قیمت فروش یک محصول، می‌توان از قیمت محصولات مشابه استفاده کرد و یا بهای تمام‌شده محصول به اضافه یک حاشیه سود را به عنوان قیمت محصول در نظر گرفت. برای تخمین میزان فروش یک محصول از روش‌هایی مانند برآورد میزان خرید متوسط هر خانوار و تفکیک بازارها و تعیین میزان کشش بازار استفاده می‌کنند.

هزینه‌ها نیز به دو بخش هزینه‌های سرمایه‌ای (CAPEX[1]) و هزینه‌های عملیاتی (OPEX[2]) تقسیم می‌شوند. هزینه‌های سرمایه‌ای هزینه‌هایی هستند که برای ایجاد سود در آینده صرف می‌شوند. هزینه سرمایه‌ای صرف خرید دارایی‌های ثابت و مولد جدید یا افزودن ارزش دارایی‌های ثابت و مولد موجود می‌گردد. هزینه‌های عملیاتی هزینه‌های جاری یک شرکت به‌منظور راه‌اندازی یک محصول، کسب‌وکار یا سیستم می‌باشد که در واقع هزینه‌های مربوط به فعالیت عادی و مستمر شرکت است. شکل ۱-۲۱ اجزای تشکیل‌دهنده درآمدهای عملیاتی را نشان می‌دهد [357].

[1] Capital Expenditure
[2] Operating Expenditure

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

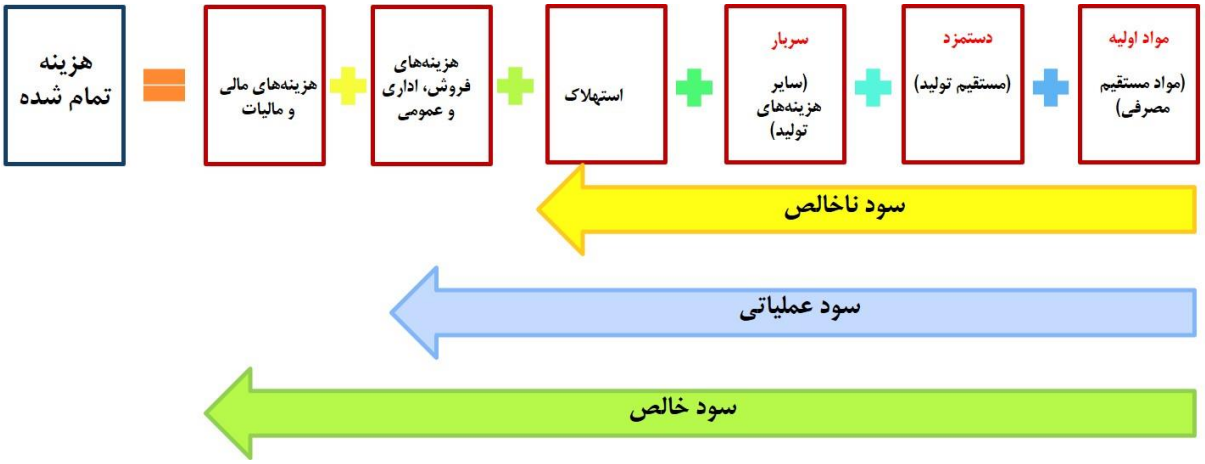
شکل ۱-۲۱ اجزای تشکیل‌دهنده هزینه عملیاتی

هزینه مواد مستقیم مصرفی شامل مواردی مانند هزینه‌های آب، برق، سوخت و موارد اولیه است. دستمزد مستقیم تولید فقط شامل پرداختی‌های دستمزد نیروهای بخش تولید است. سایر هزینه‌های تولید مانند هزینه‌های تعمیر و نگهداری و هزینه‌های حمل کالا در بخش سربار محاسبه می‌شوند. هزینه‌های غیرمستقیم تولید شامل هزینه‌های اداری، بازاریابی، فروش است. هزینه‌هایی مانند هزینه‌های فرع تسهیلات (بهره وام) و مالیات در گروه هزینه‌های مالی قرار می‌گیرند. هزینه استهلاک نشان می‌دهد که چه مقدار از ارزش داراییِ خریداری‌شده در عرض یک سال یا یک دوره، مورد استفاده قرار گرفته است که روش‌های مختلفی مانند روش خطی مستقیم، روش نزولی و روش مجموع سنوات برای محاسبه میزان استهلاک یک دارایی وجود دارد [357].

سود حاصل از کسب‌وکار به چند دسته تقسیم می‌شود:

- سود ناخالص: به تفاوت میان درآمد و هزینه‌های ساخت محصول یا ارائه خدمات اطلاق می‌شود. به عبارتی از تفاضل هزینه‌های مستقیم از درآمد فروش تولید به دست می‌آید.
- سود عملیاتی: از کسر هزینه‌های فروش، اداری و عمومی از سود ناخالص حاصل می‌شود.
- سود خالص: به باقیمانده مجموع درآمدها پس از کسر هزینه‌های عملیاتی، مالی و مالیات گفته می‌شود.

نمایی از هزینه‌هایی که برای محاسبه هر یک از انواع سود باید از درآمد کم شوند، در شکل ۲-۲۱ ارائه شده است.



شکل ۲-۲۱ هزینه‌های محاسبه در هر یک از انواع سود

۲-۲-۲۱ استخراج جریانات نقدی

جریانات نقدی شامل سه بخش فعالیت‌های عملیاتی، فعالیت‌های مالی و فعالیت‌های سرمایه‌گذاری است و مجموع کل جریانات نقدی شامل مجموع خالص جریان نقدی ناشی از فعالیت‌های عملیاتی، خالص جریان نقدی ناشی از فعالیت‌های مالی و خالص جریان نقدی ناشی از فعالیت‌های سرمایه‌گذاری می‌باشد [357].

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۳-۲-۲۱ شاخص‌های بازدهی سرمایه

معیارهای زیادی برای تصمیم‌گیری در مورد میزان سودآوری یک پروژه قابل تعریف هستند، به عنوان نمونه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- شاخص‌های نرخ بازدهی سرمایه

شاخص‌هایی که در این دسته قرار می‌گیرند شامل نرخ بازدهی حسابداری (APR[1])، نرخ بازدهی داخلی طرح (IRR[2]) و نرخ بازدهی داخلی سهامدار (IRRE[3]) هستند.

- شاخص‌های ارزش خالص فعلی

شاخص‌های ارزش خالص فعلی طرح (NPV[4]) و ارزش خالص فعلی سهامدار (NPVE[5]) در این دسته قرار می‌گیرند.

- شاخص‌های بازگشت سرمایه

شاخص‌هایی که در این دسته قرار می‌گیرند شامل بازگشت سرمایه عادی (NP[6]) و بازگشت سرمایه پویا (DP[7]) هستند.

- شاخص‌های تحلیل مالی

به منظور تصمیم‌گیری‌های مالی از نسبت‌های نقدینگی، نسبت‌های سرمایه‌گذاری و نسبت‌های سودآوری استفاده می‌شود.

با توجه به اینکه در اکثر پژوهش‌های مرتبط با تحلیل اقتصادی خانه هوشمند از سه شاخص معروف یعنی NPV،IRR و NP استفاده‌شده است، در ادامه توضیح مختصری در مورد شیوه محاسبه این شاخص‌های ارائه می‌شود.

۱-۳-۲-۲۱ ارزش خالص فعلی (NPV)

ارزش خالص فعلی بررسی می‌کند که ارزش کل جریانات نقدی پروژه اگر به حال حاضر منتقل شوند، چه مقدار است. بیشتر مردم می‌دانند پولی که اکنون در اختیاردارند، ارزشمندتر از پولی است که در آینده جمع خواهند کرد. زیرا از طریق راه‌اندازی کسب‌وکار یا خرید چیزی به‌منظور فروشِ آن با قیمت بالاتر در آینده یا صرفاً باز کردن حساب سپرده در بانک و دریافت سود، می‌توان از پول کنونی برای به‌دست‌آمدن پول بیشتری استفاده کرد.

دلیل دیگرِ پایین رفتن ارزش پول در آینده، تورم است، چون تورم موجب کاهش ارزش خرید می‌شود. این همان چیزی است که به آن، ارزش زمانی پول[8] می‌گویند. برای در نظر گرفتن مسئله ارزش زمانی پول از شاخص ارزش خالص فعلی (NPV) استفاده می‌شود که مسئله تورم را نیز در محاسبات وارد می‌کند.

ارزش خالص فعلی خالص به‌صورت زیر محاسبه می شود.

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{R_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

[1] Annual Percentage Rate
[2] Internal Rate of Return
[3] Internal Rate of Return on Equity
[4] Net Present Value
[5] Net Present Value for Equity
[6] Normal Payback
[7] Dynamic Payback
[8] Time Value of Money

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

که در اینجا R_t جریان درآمدهای طرح، C_t جریان هزینه های طرح، t زمان تحقق منافع یا انجام هزینه و n عمر طرح است [358].

۲۱-۲-۳-۲ نرخ بازدهی داخلی طرح (IRR)

نرخ بازده داخلی (IRR) معادل نرخ سودی است که سرمایه‌گذار می‌تواند با سرمایه‌گذاری در یک طرح بدست آورد. در واقع طرح مشابه یک بانک عمل نموده و به سرمایه‌گذاری که در آن سپرده گذاری می نماید، با یک نرخ سود که همان IRR است از محل درآمد سالیانه سود ارائه می نماید.

شاخص IRR از جمله پرکاربردترین شاخص های مالی است که می‌توان با استفاده از آن توجیه‌پذیری مالی طرح را در مقایسه با شرایط معمول سرمایه‌گذاری در کشور و آن صنعت خاص به دست آورد. محاسبه شاخص IRR برای یک طرح در ارتباط تنگاتنگ با فرمول محاسبه شاخص NPV می باشد. نرخ بازده داخلی، نرخ تنزیلی است که ارزش فعلی خالص (NPV) تمام جریان‌های نقدی یک پروژه خاص را برابر با صفر می‌کند. برای محاسبه IRR از همان فرمول NPV استفاده می‌شود. برای محاسبه IRR با استفاده از این فرمول، باید NPV را برابر با صفر قرارداد و برای نرخ تنزیل (r)، آن را حل کرد. با توجه به ماهیت فرمول، IRR نمی‌تواند به‌صورت تحلیلی محاسبه شود و باید به‌جای آن از طریق آزمون‌وخطا یا با استفاده از نرم‌افزارهای محاسباتی مانند Excel محاسبه شود [359].

۲۱-۲-۳-۳ بازگشت سرمایه عادی (NP)

دوره شاخص بازگشت سرمایه نیز بیان می‌کند که چه مدت‌زمان طول می‌کشد تا سرمایه‌گذاری اولیه در پروژه با عایدات آن برابر شود. دوره بازگشت سرمایه زمان لازم برای جبران هزینه‌های سرمایه‌گذاری با جریان نقدی ورودی است. به‌عبارت‌دیگر دوره بازگشت سرمایه تعداد سال‌های لازم برای دریافت هزینه سرمایه‌گذاری است. برای مثال، اگر پنج سال برای جبران هزینه سرمایه‌گذاری طول بکشد، دوره بازگشت سرمایه پنج سال است. مطلوبیت سرمایه‌گذاری مستقیماً به دوره بازگشت سرمایه آن مربوط می‌شود. دوره‌های کوتاه‌تر به معنای سرمایه‌گذاری‌های جذاب‌تر است.

مسئله‌ای که در مورد محاسبه دوره بازگشت سرمایه وجود دارد این است که برخلاف سایر شاخص‌های مالی مانند ارزش خالص فعلی (NPV)، نرخ بازده داخلی (IRR) و جریان نقدی تنزیل شده، ارزش زمانی پول نادیده گرفته می‌شود. این محدودیت با تعریف دوره بازگشت سرمایه پویا (DP) برطرف شده است. دوره بازگشت سرمایه پویا (DP)، مدت‌زمان لازم برای جبران هزینه‌های سرمایه‌گذاری بر اساس ارزش خالص فعلی (NPV) جریان نقدی است. برخلاف دوره بازگشت سرمایه عادی (NP)، DP نشان‌دهنده مقدار زمان لازم برای بازگشت هزینه‌های سرمایه‌گذاری در یک پروژه است که بر اساس جریان‌های نقدی تنزیل شده محاسبه می‌شود [359].

۲۱-۳ تحلیل اقتصادی خانه هوشمند

تحلیل اقتصادی خانه هوشمند از دو بعد قابل بررسی است. یکی از این ابعاد انجام تحلیل از دیدگاه شرکت ارائه‌کننده محصولات خانه هوشمند و بررسی بازگشت سرمایه تولید محصولات مختلف است. دیدگاه دوم بررسی و تحلیل اقتصادی از نظر خریداران و ساکنان خانه‌های هوشمند و بازگشت هزینه‌های هوشمندسازی خانه می‌باشد. در این پروژه، هدف از تحلیل اقتصادی تمرکز بر دیدگاه دوم و بررسی از بعد منافع و فرصت‌های اقتصادی خانه هوشمند برای کاربران و صنعت برق و سایر صنایع کشور است. همان‌طور که در بخش قبل توضیح داده شد، بررسی و تحلیل اقتصادی خانه هوشمند نیازمند اطلاعاتی از قبیل درآمدها و هزینه‌های موردن یاز است. در حقیقت استخراج جریانات نقدی از همین بخش حاصل می‌شود. بنابراین لازم است هزینه‌هایی

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

که خانه هوشمند به کاربران تحمیل می‌کند و درآمدها و سود حاصل از خانه هوشمند برای ساکنان مورد بررسی و محاسبه قرار گیرد. درآمدها و هزینه‌های خانه هوشمند را می‌توان مطابق جدول ۱-۲۱ دسته‌بندی کرد.

جدول ۱-۲۱ هزینه‌ها و درآمدهای خانه هوشمند

هزینه‌ها	هزینه‌های خرید تجهیزات	
	هزینه‌های جاری در حین بهره‌برداری	هزینه تعمیر و نگهداری
		هزینه استهلاک تجهیزات
درآمدها	درآمد حاصل از منافع خانه هوشمند برای ساکنان خانه مانند کاهش هزینه انرژی، افزایش ایمنی، امنیت، سلامت و ...	

۱-۳-۲۱ هزینه‌های اجرای خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

هزینه راه‌اندازی و اجرای خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا با توجه به تجهیزات مورد استفاده و سطح امکانات بسیار متغیر است. یکی از راه‌های تخمین میزان قیمت هر یک محصولات خانه هوشمند مبتنی بر اشیا قبل از تولید آنها، بررسی قیمت نمونه‌های مشابه داخلی یا خارجی است. به این منظور قیمت نمونه محصولات خانه هوشمندی که در گزارش مرحله اول پروژه بررسی شده‌اند در در جدول ۲-۲۱ گردآوری شده است. این هزینه‌ها فقط مربوط به خرید تجهیزات موردنیاز جهت هوشمندسازی بر مبنای اینترنت اشیا می‌باشد. لذا هزینه‌های مربوط به نیروی انسانی جهت نصب این تجهیزات، هزینه اینترنت و هزینه نگهداری-تعمیرات سالانه نیز باید برآورد شود. برای محاسبه هزینه‌های اقتصادی هوشمندسازی خانه، پارامترهایی مانند متراژ و پلان خانه، تعداد ساکنان منزل، اولویت‌ها و نیازمندی‌های آنها، سبک زندگی این افراد و ... نیز لازم است مشخص شود. لذا پیش از پیاده‌سازی یک نمونه خانه هوشمند و بدون مشخص کردن این پارامترها تخمین هزینه هوشمندسازی خانه دقت چندانی ندارد.

جدول ۲-۲۱ هزینه وسایل و سیستم‌های خانه هوشمند

سیستم	وسیله	نمونه	قیمت
تهویه	ترموستات	NEST	249, 169 $
	اندازه‌گیر دما و رطوبت	NEST	39 $
نظارت	دوربین	NEST	199-349 $
		kassa	80$
	زنگ درب تصویری	NEST Hello	229 $
امنیت	تشخیص‌دهنده باز و بسته شدن درب	NEST Detect	49$
	تگ NFC	NEST Tag	25$
	قفل	NEST	249$
شبکه	Wi-Fi Extender	Google	99$
	Bluetooth Extender	-	60$
ایمنی	تشخیص دود و گاز	NEST	119$
واسط کاربر	صفحه نمایش خانگی	Google-Nest	129$
مراقبت از گیاهان	کنترل‌کننده آبیارها	Rachio	230-280$

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

سیستم	وسیله	نمونه	قیمت
		آسانه	۶۵۰ هزار تومان
	گلدان	Xiaomi	50$
اندازه‌گیر	آب	Rachio	100$
	برق	Sense	299$
روشنایی و برق	لامپ	Xiaomi near bed	45$
		Xiaomi Ceiling	20$
		Xiaomi On Desk	40$
	کلید و رله	Xiaomi	15$
		Leviton	70$
		آسانه	۲۸۰-۳۵۰ هزار تومان
هاب و دروازه	دروازه	Wink	100$

۲-۳-۲۱ درآمدهای حاصل از خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

هوشمندسازی خانه می‌تواند منجر به صرفه‌جویی در هزینه‌ها و ایجاد فرصت‌های اقتصادی برای ساکنان خانه شود. در فصل سوم گزارش فرصت‌های جدیدی که با هوشمندسازی خانه ایجاد می‌شود مورد بررسی قرار می‌گیرند. اغلب مزایای خانه هوشمند از جمله افزایش امنیت، ایمنی، سلامت و آسایش مزایایی کیفی بوده و محاسبه درآمدزایی هر یک کاری دشوار است. در این میان درآمد حاصل از صرفه‌جویی از انرژی تاحدی قابل محاسبه است و در تمامی مقالاتی که فصل اول گزارش مطالعه شد نیز مقادیر صرفه‌جویی انرژی به‌عنوان منبع جبران هزینه‌های اولیه یعنی به‌عنوان بخش درآمدزایی در نظر گرفته شده است. بنابراین در این بخش به بررسی قیمت برق در کشور، مقادیر مصرف انرژی خانگی و میزان صرفه‌جویی انرژی حاصل از هوشمندسازی خانه، پرداخته می‌شود.

۱-۲-۳-۲۱ قیمت انرژی برق در کشور

در مورد قیمت انرژی با توجه به نوع انرژی هر سال قیمت مشخصی توسط نهادهای بالادستی برای هر واحد انرژی مصرفی با توجه به منطقه و هم چنین حجم مصرف تعیین می‌شود. به طور مثال برای هر کیلووات ساعت برق مصرفی طبق جدول ۳-۲۱ قیمت انرژی محاسبه می شود. گزارش کامل در سایت وزارت نیرو در دسترس است [360].

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

جدول ۳-۲۱ نمونه‌ای از تعرفه مشترکین خانگی [360]

۱-۱- تعرفه کلیه مشترکین خانگی تا تاریخ ۱۳۹۸/۰۳/۰۱

۱-۱-۱. تعرفه مناطق عادی و ماههای غیرگرم مناطق گرمسیر

متوسط انرژی مصرفی ماهانه (کیلووات‌ساعت در ماه)	قیمت پایه هر کیلووات‌ساعت (ریال)
۰ تا ۱۰۰	۵۲۴
مازاد بر ۱۰۰ تا ۲۰۰	۶۱۱
مازاد بر ۲۰۰ تا ۳۰۰	۱۳۱۰
مازاد بر ۳۰۰ تا ۴۰۰	۲۳۵۷
مازاد بر ۴۰۰ تا ۵۰۰	۲۷۰۸
مازاد بر ۵۰۰ تا ۶۰۰	۳۴۰۷
مازاد بر ۶۰۰	۳۷۵۷

۱-۱-۲. تعرفه ماههای گرم در مناطق گرمسیر ٤

متوسط انرژی مصرفی ماهانه (کیلووات‌ساعت در ماه)	قیمت پایه هر کیلووات‌ساعت (ریال)
۰ تا ۱۰۰	۴۲۱
مازاد بر ۱۰۰ تا ۲۰۰	۴۹۰
مازاد بر ۲۰۰ تا ۳۰۰	۸۷۳
مازاد بر ۳۰۰ تا ۴۰۰	۱۳۹۶
مازاد بر ۴۰۰ تا ۵۰۰	۲۰۰۹
مازاد بر ۵۰۰ تا ۶۰۰	۲۶۲۰
مازاد بر ۶۰۰	۳۱۴۵

۱-۱-۳. تعرفه ماههای گرم در مناطق گرمسیر ۳

متوسط انرژی مصرفی ماهانه (کیلووات‌ساعت در ماه)	قیمت پایه هر کیلووات‌ساعت (ریال)
۰ تا ۱۰۰۰	۴۳۷
مازاد بر ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰	۱۱۳۷
مازاد بر ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰	۲۰۰۹
مازاد بر ۲۰۰۰ تا ۳۵۰۰	۲۱۸۵
مازاد بر ۳۵۰۰ تا ۴۵۰۰	۲۳۵۷
مازاد بر ۴۵۰۰ تا ۶۰۰۰	۲۵۳۴
مازاد بر ۶۰۰۰	۲۷۰۸

۱-۱-۴. تعرفه ماههای گرم در مناطق گرمسیر ۲

متوسط انرژی مصرفی ماهانه (کیلووات‌ساعت در ماه)	قیمت پایه هر کیلووات‌ساعت (ریال)
۰ تا ۱۰۰۰	۳۸۵
مازاد بر ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰	۸۷۳
مازاد بر ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰	۱۴۸۵
مازاد بر ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰	۱۸۳۴
مازاد بر ۳۵۰۰ تا ۴۵۰۰	۲۱۸۵
مازاد بر ۴۵۰۰ تا ۶۰۰۰	۲۳۵۷
مازاد بر ۶۰۰۰	۲۵۳۴

۱-۱-۵. تعرفه ماههای گرم در مناطق گرمسیر ۱

متوسط انرژی مصرفی ماهانه (کیلووات‌ساعت در ماه)	قیمت پایه هر کیلووات‌ساعت (ریال)
۰ تا ۱۰۰۰	۱۷۵
مازاد بر ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰	۱۹۴
مازاد بر ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰	۲۱۰
مازاد بر ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰	۸۷۳
مازاد بر ۳۵۰۰ تا ۴۵۰۰	۱۵۷۳
مازاد بر ۴۵۰۰ تا ۶۰۰۰	۲۰۰۹
مازاد بر ۶۰۰۰	۲۳۵۷

۲-۲-۳-۲۱ مقادیر مصرف انرژی در کشور

آمار مصرف انرژی در کشور در گزارش‌های وزارت نیرو برای سال ۱۳۹۸ در دسترس است. این آمار شامل مقادیر مصرف سالانه انرژی برای کل کشور به تفکیک شهری، روستایی، صنعتی و ... می باشد. همچنین تعداد مشترکین در هر بخش به صورت جداگانه مشخص شده است.

به طور مثال در مورد برق مصرفی مشترکین اطلاعات زیر طبق جدول ۴-۲۱ در دسترس است که مثلاً برای بخش خانگی مقدار مصرف برق برای هر مشترک به طور میانگین، سالانه عدد ۳۰۲۷.۷۹ کیلو وات ساعت برآورد می‌شود. میزان کل مصرف برق در پایان سال ۱۳۹۸ نسبت به پایان سال ۱۳۹۷، ۴.۷٪ افزایش داشته است که بیشترین افزایش در بخش صنعتی و خانگی به ترتیب ۶.۷ ٪ و ۴.۸ ٪ می باشد [361].

جدول ٤-۲۱ برق مصرفی مشترکین در سال‌های ۹۷ و ۹۸ [361]

شرح	واحد	سال ۹۷	سهم مصرف (درصد)	سال ۹۸	سهم مصرف (درصد)	درصد تغییرات
خانگی	میلیون کیلووات ساعت	۸۵۰۹۹	۳۲/۸	۸۹۲۰۵	۳۲/۸	۴/۸
عمومی		۲۴۰۷۳	۹/۳	۲۴۷۱۳	۹/۱	۲/۷
کشاورزی		۳۸۰۳۳	۱۴/۶	۳۸۵۷۴	۱۴/۲	۱/۴
صنعتی		۸۸۵۴۱	۳۴/۱	۹۴۴۷۰	۳۴/۷	۶/۷
سایر مصارف		۱۸۹۹۰	۷/۳	۲۰۰۴۵	۷/۴	۵/۶
روشنایی معابر		۴۹۸۸	۱/۹	۴۸۹۴	۱/۸	-۱/۹
کل فروش		۲۵۹۷۲۴	۱۰۰	۲۷۱۹۰۱	۱۰۰	۴/۷

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

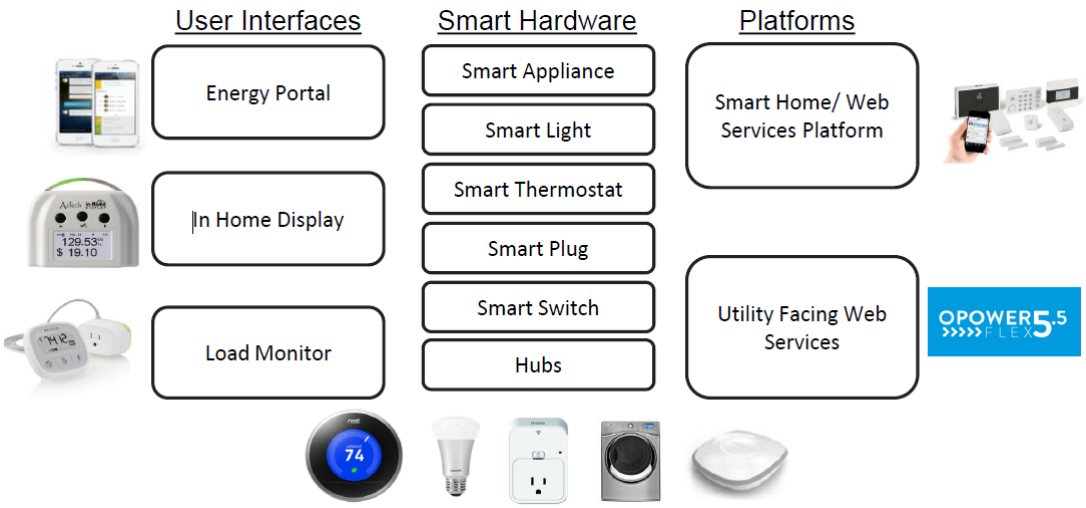
شرح	واحد	سال ۹۷	سال ۹۸	درصد تغییرات
خانگی	هزار مشترک	۲۸۷۴۹	۲۹۴۶۲	۲/۵
عمومی		۱۶۶۶	۱۷۳۳	۴
کشاورزی		۴۴۴	۴۶۴	۴/۵
صنعتی		۲۴۶	۲۵۴	۳/۲
سایر مصارف (تجاری)		۴۵۸۳	۴۷۶۹	۴/۱
کل مشترکین		۳۵۶۸۸	۳۶۶۸۲	۲/۸

این اطلاعات برای میانگین مقدار گاز و آب مصرفی هر مشترک نیز قابل دسترسی است، اما با توجه به اینکه برای تحلیل اقتصادی خانه هوشمند نیازمند مطالعه موردی هستیم، در نظر گرفتن میانگین مقادیر مصرفی که مربوط به کل کشور با آب و هوای محیطی مختلف می‌باشد، برای ارزیابی اقتصادی از نظر علمی درست نیست و نمی تواند نتایج منطقی و قابل استنادی را ارائه بدهد. لذا در این بخش برای آنکه اطلاعات مورد نیاز برای ارزیابی اقتصادی تکمیل شود، برای برآورد مقادیر مصرف در یک خانه عادی و مقایسه آن با مقادیر مصرف در یک خانه هوشمند که قابل استناد و دقیق باشد، پیشنهاد می شود از روش مطالعه موردی استفاده شود.

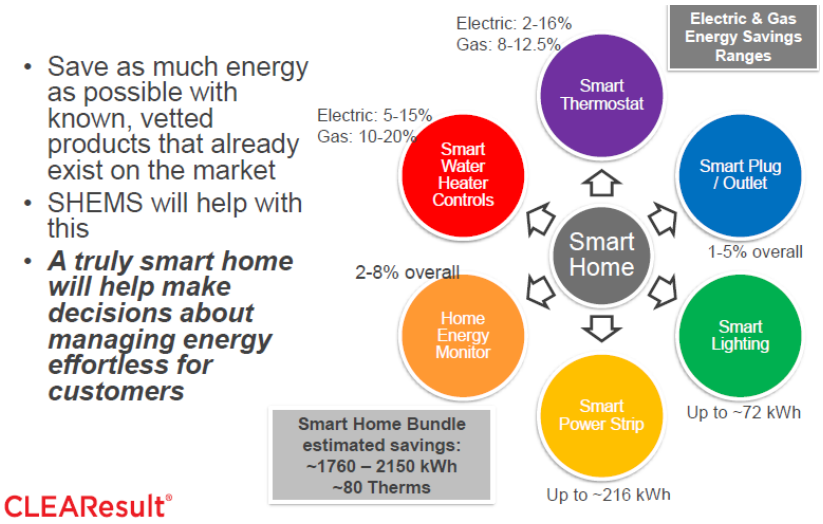
۳-۲-۳-۲۱ میزان صرفه‌جویی انرژی حاصل از هوشمندسازی خانه

مقدار دقیق صرفه‌جویی حاصل شده از هوشمندسازی منازل مسکونی با توجه به شهر و کشور مورد مطالعه، مساحت منزل مسکونی، نوع تجهیزات مورد استفاده، نوع انرژی، کاربری صحیح تجهیزات و سایر عوامل از این دست می‌تواند متفاوت باشد. لذا برای آنکه دید درستی از مقادیر صرفه‌جویی انرژی به دست آوریم به تحلیل و بررسی مقالات و گزارش هایی که با انجام مطالعه موردی، اعداد و ارقامی را در این زمینه مطرح نموده‌اند، می پردازیم.

گزارشی با عنوان ساختمان‌های بهتر که در سال ۲۰۱۹ توسط دپارتمان انرژی آمریکا منتشر شده است [362] که در مورد اثرات اقتصادی خانه‌های هوشمند و همچنین مسأله صرفه‌جویی انرژی اطلاعات مفیدی ارائه نموده است. در این گزارش ابتدا دسته‌بندی لوازم خانگی مورد نیاز جهت هوشمندسازی مطابق شکل ۳-۲۱ زیر معرفی شده، سپس مقادیر صرفه‌جویی انرژی در هر یک از بخش‌های منزل مسکونی شامل ترموستات هوشمند، روشنایی هوشمند و ... به صورت جداگانه تخمین زده شده است (شکل ۴-۲۱) [362].



شکل ۳-۲۱ دسته‌بندی لوازم خانگی مورد نیاز جهت هوشمندسازی [362]



شکل ٤-٢١ مقادیر صرفه‌جویی انرژی در هر یک از بخش‌های خانه هوشمند [362]

در [363] پژوهش‌های انجام شده در راستای میزان صرفه‌جویی تجهیزات خانه هوشمند مورد بررسی قرار گرفته‌اند. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که در ساده‌ترین حالت نصب صفحه نمایشگر مصرف انرژی (IDS[1]) بدون قابلیت لوازم خانه، می‌تواند صرفه‌جویی انرژی در خانه را ۱۸٪ افزایش دهد. همچنین استفاده از لوازم خانگی هوشمند، بین ۱۲ تا ۲۰ درصد مصرف انرژی را کاهش می‌دهد.

مطالعه‌ای دیگر بر مبنای شبیه‌سازی رفتار مشترکین خانگی انجام شده و نشان می‌دهد که روشنایی هوشمند می‌تواند بالای ۷٪ کاهش مصرف انرژی الکتریکی را به دنبال داشته باشد. البته اطلاعات این مقاله نیز براساس فرضیات رفتار مشترکین می باشد و داده آماری ارائه نشده است.

ترموستات هوشمند نیز در بسیاری از پژوهش‌ها مورد توجه قرار گرفته است و در مواردی نیز به صورت پایلوت پیاده‌سازی و اجرا شده است. این موارد با توجه به متدولوژی، ناحیه آب و هوایی، اندازه و بزرگی آزمایش انجام شده قابل مقایسه نیستند. اما در بیشتر موارد صرفه‌جویی انرژی در بازه منفی ۵ تا مثبت ۱۳درصد برای گرمایش و بازه ۱۰ تا ۲۵ درصد برای سرمایش گزارش شده است. البته مقادیر بیشتری نیز برای کاهش مصرف انرژی با توجه به برند تجهیزات مورد استفاده و کیفیت آن ها گزارش شده است [363].

در [364] پژوهشی برای بررسی میزان صرفه‌جویی انرژی در خانه‌های هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا انجام شده است. در این پژوهش یک سیستم ساده برای دریافت اطلاعات تجهیزات و روشن و خاموش کردن آنها طراحی شده است. این سیستم دارای دو واسط کاربر موبایل و وب است و در آن از بورد آردوینو Uno، شیلد اترنت، ماژول بلوتوث HC05 و ماژول تشخیص صدا استفاده شده است. این سیستم در خانه‌ای دوطبقه در فیلیپین که ۵ نفر در آن زندگی می‌کردند، مورد استفاده قرار گرفته است. میانگین برق مصرفی در این خانه طی سه ماه پیش از نصب سیستم بر اساس قبوض برق استخراج شده است (۲۴۰ کیلووات). سیستم با قابلیت کنترل سه دستگاه شامل یک لامپ LED و دو فن به خانه اضافه شده و به مدت یک ماه مورد استفاده قرار گرفته است. نتیجه بررسی این پژوهش نشان داده که استفاده از این سیستم باعث کاهش ۱۰ درصدی در مصرف برق شده است.

[1] In-Home Display

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۴-۲۱ امکان‌سنجی تحلیل اقتصادی

در ابتدای این فصل به روش انجام تحلیل اقتصادی بازگشت سرمایه شاخص‌های مرتبط با آن اشاره شد. برای محاسبه این شاخص‌ها به اطلاعات نسبتا دقیقی نیاز است تا بتوان تحلیل مناسب و قابل اطمینانی انجام داد. در پژوهش‌ها، به منظور جمع‌آوری اطلاعات برای انجام تحلیل اقتصادی معمولاً یا از روش شبیه‌سازی استفاده‌شده است که با توجه به اینکه آمار دقیقی در این بخش وجود ندارد، نتایج ممکن است با واقعیت فاصله زیادی داشته باشد و یا اینکه با استفاده از مطالعه موردی در یک‌خانه هوشمند به‌عنوان نمونه با سناریوهای مختلف آزمایش‌های متعددی برای کنترل تجهیزات مبتنی بر اینترنت اشیا انجام‌شده است. نکته‌ی دیگری که بسیار مهم است، مسئله اثرگذاری شرایط نمونه مورد بررسی در نتایج حاصل از آزمایش‌ها است. در حقیقت عوامل مختلفی می‌تواند بر روی درآمدهای خانه هوشمند اثرگذار باشد. همان‌طورکه پیش‌تر اشاره شد، برای محاسبه شاخص‌های اقتصادی به اطلاعات هزینه‌ها و درآمدها نیاز است که در این رابطه نکات زیر حائز اهمیت می‌باشد:

- با توجه به ملاحظاتی که مطرح شد، هزینه‌های مرتبط با تجهیز خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا با توجه به نوع تجهیزات مورداستفاده متغیر و قابل‌محاسبه است. غیر از هزینه‌های مربوط به راه‌اندازی اولیه، هزینه‌های مربوط به اینترنت و هزینه‌های تعمیرات و نگهداری نیز اثرگذار هستند.
- مسئله درآمدها یعنی منبعی که بتواند هزینه‌های اولیه برای راه‌اندازی و تجهیز خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا را در مدت‌زمان بهره‌برداری جبران کند، تنها از راه در نظر گرفتن میزان صرفه‌جویی در مقادیر انرژی قابل‌دستیابی است. اگرچه خانه‌های هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا مزایای دیگری در بخش امنیت، ایمنی، سلامت، آسایش و راحتی و بهره‌وری در بردارند، اما منافع مالی ناشی از این موارد به‌سادگی قابل‌محاسبه نیست، چراکه جزء درآمدهای غیرمستقیم محسوب می‌شود و درآمد مستقیم در حقیقت مربوط به همان بخش صرفه‌جویی انرژی می‌باشد.
- مسئله مقدار صرفه‌جویی انرژی ناشی از به‌کارگیری خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا به عوامل مختلفی وابسته است مانند:
  - تجهیزات مورد استفاده در خانه هوشمند
  - کیفیت، قدرت و برند تجهیزات
  - فرهنگ استفاده از برنامه‌های کاربردی موبایل
  - دسترسی به گوشی هوشمند
  - دسترسی کامل به اینترنت
  - نوع انرژی مورداستفاده
  - متراژ منزل مسکونی
  - تمایل شهروندان به استفاده از این فناوری
  - آب‌وهوای منطقه مسکونی
  - و ...

هم‌چنین باید توجه داشت که در تمامی مقالات موردمطالعه برای محاسبه مقدار صرفه‌جویی واقعی از مطالعه موردی بهره گرفته‌شده است. لذا با توجه به محدودیت‌های پروژه و عدم وجود نمونه خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در کشور و اینکه درصد ذخیره انرژی به عوامل مختلفی وابسته است، نمی‌توان عدد دقیقی در مورد میزان صرفه‌جویی ناشی از به‌کارگیری این فناوری اعلام کرد. با توجه به اعداد و ارقامی که در مقالات گزارش شده است، به‌طور تقریبی می‌توان گفت بازه بین ۵٪ تا۲۰٪ صرفه‌جویی در انرژی در اثر به‌کارگیری اینترنت اشیا در خانه هوشمند به دست آورد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

اما راه درست‌تر این است که برای این منظور مطالعه موردی در خانه هوشمند انجام شود، تجهیزات مشخص با بازدهی مناسب به کار گرفته شود، آزمایش‌ها و سناریوهای دقیقی مشخص شود و درنهایت نتایج حاصل‌شده مورد تحلیل و ارزیابی قرار گیرد. در این حالت می‌توان درصد دقیقی برای صرفه‌جویی انرژی در یک‌خانه هوشمند با متراژ و ویژگی‌های مشخص ارائه کرد و بر مبنای آن ارزیابی اقتصادی خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا را در کشور انجام داد.

با توجه به موارد عنوان شده در بالا، محاسبه شاخص‌های بازدهی سرمایه در این پروژه مقدور نیست، اما در پروژه‌های آینده در صورت ساخت نمونه محصولات خانه هوشمند و بکارگیری آنها در یک نمونه خانه، می‌توان ورودی‌های مناسب برای محاسبه شاخص‌ها را فراهم کرد و تحلیل دقیق‌تری انجام داد. به منظور تکمیل بررسی اقتصادی خانه هوشمند در فصل بعد به بررسی نقاط قوت و ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای خانه هوشمند از دیدگاه اقتصادی می‌پردازیم.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل بیست و دوم

بررسی نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و چالش‌های خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲۲-۱ مقدمه

شناسایی نقاط قوت و ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای اقتصادی خانه هوشمند می‌تواند به بهبود تصمیم‌گیری در رابطه با صرفه اقتصادی و شناسایی پتانسیل‌ها و ریسک‌های آن کمک کند. معمولاً در حوزه تحلیل استراتژیک کسب‌وکارها از مدلی به نام ماتریس SWOT[1] استفاده می‌شود. روش تحلیل SWOT مدل تحلیلی مختصر و مفیدی است که به شکل نظام‌یافته هر یک از عوامل قوت و ضعف و فرصت‌ها و تهدیدها را بررسی کرده و استراتژی‌های مناسب به موقعیت کنونی کسب‌وکار را منعکس می‌کند. این نوع تحلیل بر این اصل استوار است که استراتژی اثربخش، قوت‌ها و فرصت‌ها را اثربخش می‌کند و در عین حال ضعف‌ها و تهدیدها را به حداقل می‌رساند [365]. در این فصل از گزارش به بررسی نقاط قوت و ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا پرداخته می‌شود.

۲۲-۲ مزایا و نقاط قوت خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

منظور از نقاط قوت خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا، بررسی مزیت‌هایی است که این نوع از خانه‌ها نسبت به خانه‌های معمولی و غیرهوشمند دارند. در این بخش به بررسی نقاط قوت پرداخته می‌شود [6] [7] [264] [366].

۲۲-۲-۱ افزایش امنیت خانه

امنیت همواره یکی از نیازهای اساسی انسان‌ها بوده است که با افزایش موارد سرقت و فعالیت‌های مجرمانه در سال‌های اخیر، اهمیت تأمین امنیت خانه برای افراد افزایش یافته است. خانه‌های هوشمند مجهز به سیستم‌های امنیتی پیشرفته با دوربین، حسگرهای باز و بسته شدن درب و پنجره و حسگرهای حرکتی، قفل‌های هوشمند، آژیر و همچنین ارتباط با ایستگاه پلیس هستند که این موارد امنیت خانه را افزایش می‌دهند.

۲۲-۲-۲ افزایش سطح ایمنی

آتش‌سوزی یکی از حوادث غیر مترقبه است که همواره در کمین انسان‌ها است و سالانه جان بسیاری از افراد را می‌گیرد و سبب بروز خسارات زیانباری می‌شود. نصب حسگرهای دود، گاز، حرارت و آژیرهای مرتبط و عملگرهای[2] اطفاء حریق و کنترل و بررسی مداوم آنها توسط سیستم خانه هوشمند باعث افزایش سطح ایمنی شده و خطر آتش‌سوزی را تا حد زیادی کاهش می‌دهد. همچنین استفاده از سیستم‌های نظارتی با قابلیت پردازش تصویر می‌توانند در تشخیص سریع وقوع آتش مؤثر باشند.

۲۲-۲-۳ فراهم کردن آسایش و راحتی برای ساکنان خانه

در خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا کنترل و نظارت بر گرمایش، روشنایی و لوازم برقی خانه به راحتی و از طریق برنامه موبایل یا وب و از راه دور امکان‌پذیر می‌شود. همچنین می‌توان عملکردهای خانه را از در هر نقطه از دنیا که دسترسی به اینترنت وجود داشته باشد، مدیریت کرد. از طرف دیگر، خانه هوشمند با فراهم کردن امکاناتی مانند دستیارهای صوتی کنترل لوازم خانه را راحت‌تر کرده و دسترس‌پذیری را افزایش می‌دهد.

[1] Strengths Weaknesses Opportunities Threats
[2] Actuator

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲۲-۲-۴ صرفه‌جویی در مصرف انرژی

یکی از مزایای ملموس خانه هوشمند، امکاناتی است که برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی فراهم می‌کند. دستگاه‌های اینترنت اشیا در خانه هوشمند با فراهم کردن اطلاعات از میزان مصرف انرژی و نظارت و کنترل بر لوازم برقی موجود در خانه در حین صرفه‌جویی در انرژی، بهره‌وری و توان را نیز بهبود می بخشند. برای مثال، سیستم‌های روشنایی خانه هوشمند امکان کنترل خودکار روشنایی را با استفاده از لامپ‌های LED فراهم می‌کنند. به این ترتیب زمانی که کسی در اتاق حضور ندارد، چراغ‌ها را خاموش می‌کنند. همچنین سیستم‌های تهویه مطبوع خانه هوشمند می‌توانند دما و رطوبت داخلی را تنظیم کنند و محیطی راحت با کمترین مصرف انرژی را فراهم کنند.

۲۲-۲-۵ افزایش بهره‌وری

در یک خانه معمولی، موارد زیادی وجود دارند که به صورت روزانه اتفاق می‌افتد و باعث کاهش بهره‌وری خانه می‌شوند. یک نمونه از این موارد می‌تواند تهویه مطبوع در خانه‌ای باشد که تمام پنجره‌های آن باز است. نمونه دیگر روشن بودن چراغ‌ها در اتاقی است که کسی در آن حضور ندارد. درحقیقت انسان‌های امروز با مشغله‌های فراوانی روبرو هستند و در بسیاری از مواقع از توجه به این چیزهای کوچک غافل می‌شوند، اما برای یک خانه هوشمند پیگیری و مدیریت این موارد کار بسیار ساده‌ای است.

۲۲-۲-۶ کاهش هزینه‌های خانه

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد خانه هوشمند می‌تواند در صرفه‌جویی مصرف برق و کاهش هزینه انرژی مؤثر باشد. علاوه‌براین نصب انواع حسگرها و دریافت اطلاعات از بخش‌های مختلف خانه و بررسی این اطلاعات می‌تواند به شناسایی زودهنگام مشکلات خانه کمک کرده و با انجام تعمیرات پیشگیرانه هزینه‌های نگهداری خانه را کاهش دهد.

۲۲-۲-۷ افزایش سطح سلامت

تجهیزات پایش سلامت می‌توانند با اندازه‌گیری دمای بدن، ضربان قلب، سیگنال‌های مغزی، سطح اکسیژن خون، میزان و دوز داروهای مصرفی، شیوه راه رفتن، سطح قند خون و نحوه تنفس و نرخ آن و ... در تشخیص سریع بیماری‌ها و پیشگیری از آن‌ها مؤثر باشند. با اتصال این تجهیزات به گوشی موبایل، سیستم مرکزی خانه هوشمند و یا حتی سرویس سلامت مراکز پزشکی، کنترل بیماران و سالمندان به سادگی قابل انجام است. همچنین حسگرهای سنجش آلودگی هوا در خانه هوشمند می‌توانند به سرعت آلودگی‌ها را تشخیص داده و سیستم تصفیه هوا را فعال کنند. سیستم تصفیه هوا با داشتن فیلترهای شیمیایی پسیو و یا اکتیو می‌توانند با ایجاد یون‌های منفی و متصل شدن آن‌ها به ذرات معلق در هوا نظیر گرد و غبار و یا ویروس‌ها باعث سنگین شدن آن‌ها شده و قابلیت معلق بودن آن‌ها در هوا را از بین می‌برند. به این ترتیب تأثیر بسزایی در کنترل بیماری‌های ویروسی و یا تنفسی داشته باشد.

۲۲-۲-۸ دستیابی به داده‌ها

با بکارگیری فناوری‌های اینترنت اشیا در خانه هوشمند می‌تواند انواع داده‌ها را از خانه و اجزای آن استخراج کرد. تحلیل این داده‌ها و تصمیم‌گیری بر اساس آنها می‌تواند تأثیر زیادی در بهبود جنبه‌های مختلف زندگی از افزایش آسایش و راحتی ساکنان تا مدیریت انرژی و اثرات بر صنایع مختلف و کشور را ایجاد کند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۹-۲-۲۲ اثرات مثبت زیست‌محیطی

یکی از مفاهیم دیگر در ساختمان‌های هوشمند، مزایای مربوط به محیط زیست و گازهای گلخانه‌ای می‌باشد. به کاهش مصرف انرژی منجر به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌گردد. پایش و مدیریت مصرف انرژی خانه‌ها وکنترل آلودگی ناشی از سیستم‌های گرمایش و سرمایشی خانه و هوشمندسازی این سیستم‌ها در سه حوزه بهینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و کاهش آلودگی هوا بسیار مهم و تأثیرگذار است. علاوه‌براین با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند باد، سیستم‌های Daylighting (استفاده بهینه از نور خورشید جهت صرفه‌جویی در مصرف انرژی برای روشنایی) و سیستم‌های گرم‌کننده غیرفعال (گرم کردن ساختمان‌های هوشمند به طور طبیعی و با استفاده از نورخورشید)، انرژی تجدیدپذیر زیست‌توده (حاصل از زباله‌ها و فاضلاب‌ها) و ... در خانه هوشمند می‌توان بخش زیادی از انرژی مورد نیاز را از منابع پاک و سازگار با محیط زیست تأمین کرد.

۳-۲۲ نقاط ضعف و چالش‌های خانه هوشمند

خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا با چالش‌ها و ضعف‌هایی نیز مواجه است که لازم است شناسایی شده و با طراحی مناسب مهار گردند. در این بخش به بررسی این چالش‌ها پرداخته می‌شود [2] [9] [11] [13] [4].

۱-۳-۲۲ امنیت و حریم خصوصی

به‌طور کلی، خانه هوشمند در برابر تهدیدات داخلی و خارجی آسیب‌پذیر است. تهدیدات داخلی زمانی ممکن می‌شوند که مجرم سایبری در نزدیکی خانه قرار داشته باشد، درحالی‌که تهدیدات خارجی از طریق اتصال اینترنت صورت می‌گیرند. در هر صورت، هدف مهاجم، به مخاطره انداختن زیرساخت خانه هوشمند، افشای اطلاعات به افراد غیرمجاز و یا دسترسی به اطلاعات ذخیره‌شده با استفاده از خدمات ابری است. شنود، جعل هویت، حمله منع خدمت (DoS[1])، حمله باج‌افزار و اختلال در لایه فیزیکی نمونه‌هایی از تهدیدات امنیتی خانه هوشمند هستند. برای افزایش امنیت خانه هوشمند لازم است که نیازمندی‌های امنیتی سیستم شامل قابلیت اطمینان داده‌ها، یکپارچگی و تمامیت، دسترس‌پذیری، تصدیق و اعتبار، مجوز دسترسی، کنترل دسترسی، بازبینی، محافظت از داده‌های سیستم و ... به‌درستی شناسایی شده و به طور کامل پوشش داده شوند.

۲-۳-۲۲ چالش‌های مرتبط با مدیریت داده

خانه هوشمند می‌تواند انواع مختلفی از داده‌ها را تولید کند و از انواع سیستم‌های خودکار و پیشرفته استفاده کند. ذخیره‌سازی داده‌ها، داده‌کاوی و حفظ حریم خصوصی داده‌ها از جمله حوزه‌هایی هستند که با چالش‌هایی مواجه‌اند:

- ذخیره‌سازی داده

دستگاه‌ها و حسگرهای خانه هوشمند داده‌های زیادی تولید می‌کنند. بنابراین لازم است راهکار مناسبی برای ذخیره‌سازی این داده‌ها اتخاذ شود. ذخیره‌سازی داده‌های خام، ذخیره‌سازی مبتنی بر رویداد، ذخیره‌سازی داده‌های سطح بالا و ذخیره‌سازی رفتارهای سطح بالا از جمله راهکارهای موجود برای ذخیره‌سازی داده‌ها هستند. هر یک از این روش‌ها مزایا و چالش‌هایی دارند. از جمله چالش‌ها می‌توان به ذخیره‌سازی اطلاعات بی‌فایده و تکراری، از دست دادن اطلاعات، حذف اطلاعات در زمان تبدیل و تفسیر داده‌ها و یا پیچیدگی زیاد روش انتخابی اشاره نمود.

[1] Denial of Service

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- چالش‌های داده‌کاوی

داده‌کاوی مجموعه‌ای از روش‌ها و الگوریتم‌ها است که امکان کاوش و تحلیل مجموعه داده‌ها را فراهم می‌کند. داده‌کاوی از ابزارهایی مانند آمار، هوش مصنوعی و پایگاه داده برای یافتن الگوها، ارتباطات و قوانین حاکم بر مجموعه‌های داده استفاده می‌کند. با مطرح شدن بحث کلان‌داده‌ها، علم داده‌کاوی با چالش‌های جدیدی مواجه می‌شود. یکی از این چالش‌ها، نبودن ظرفیت کافی برای بارگذاری تمام داده‌ها در حافظه RAM کامپیوتر است. به این علت، روش‌های کلاسیک داده‌کاوی برای کلان‌داده‌ها قابل استفاده نیستند و باید منطبق با آنها تغییر داده شوند. تحقیقات گسترده‌ای در این راستا در حال انجام است. برای مثال تعدادی از پژوهشگران بر روی موازی‌سازی الگوریتم‌ها برای بارگذاری داده بر روی RAM کلاستری از کامپیوترها کار می‌کنند. تعدادی دیگر به دنبال استفاده از روش‌های نمونه‌برداری از داده هستند از آنجایی‌که کلان‌داده چارچوبی با تراکم اطلاعاتی پایین است، نمونه‌برداری از آن چالش‌برانگیز است. این مسئله در خانه هوشمند نیز وجود دارد.
اگر داده ها مستقیماً از حسگرها بدون هیچ تغییری جمع‌آوری شوند، تکرار زیادی وجود دارد و فقط درصد کمی از آنها ممکن است جالب باشند.
از طرف دیگر، با توجه به بزرگ بودن حجم داده، زمان زیادی برای پردازش آن لازم است. الگوریتم‌های کلاسیک داده‌کاوی روشی برای بازبینی مدل‌های آموخته شده بر اساس داده‌های جدید ندارند. در حال حاضر، هر بار که نیاز به یکپارچه‌سازی و افزودن داده‌های جدید به سیستم باشد، فرآیند داده‌کاوی مجدداً تکرار می‌شود. بنابراین برای کلان‌داده‌ها نمی‌توان از روش‌های کلاسیک استفاده کرد و لازم است الگوریتم‌های جدیدی توسعه داده شوند که بتوانند مدل‌های آموخته شده را با ورود داده‌های جدید به سیستم، بهبود داده و به‌کار گیرند.

- حفظ حریم خصوصی داده‌ها

برای تحلیل داده خانه هوشمند لازم است محیطی فراهم شود که در حین جمع‌آوری، انتقال و ذخیره‌سازی داده، حفظ امنیت و حریم خصوصی داده‌ها را تضمین کند درحالی‌که به کیفیت و دسترسی‌پذیری داده‌ها نیز خدشه‌ای وارد نکند. به منظور حفظ حریم خصوصی داده‌ها از روش‌هایی مانند پنهان‌سازی داده‌ها و رمزگذاری استفاده می‌شود. یکی دیگر از راهکارهای حفظ حریم خصوصی استفاده از فناوری گمنام‌سازی داده‌ها است که در آن با حذف مشخصات کلیدی داده‌ها ابهام در شناسایی آنها ایجاد می‌شود. جایگزینی تصادفی و اضافه کردن نویز نمونه‌هایی از روش‌های گمنام‌سازی هستند.

۲۲-۳-۳ چالش‌های ارتباطی

ارتباطات و اتصال تجهیزات هوشمند یکی از بخش‌های اصلی اینترنت اشیا است که پروتکل‌های ارتباطی متعددی مانند IEEE 802.11، Bluetooth LE، Zigbee، Z-Wave، Thread و ... برای ارتباطات بی‌سیم در این شبکه‌ها وجود دارد. از آنجایی که در خانه هوشمند تجهیزات خانه هوشمند از شرکت‌های مختلف با پروتکل‌های متفاوت تهیه می‌شوند، اتصال آنها با هم با چالش‌هایی مانند پایایی و قابلیت اطمینان شبکه، قابلیت اطمینان سیگنالینگ دوطرفه برای جمع‌آوری و مسیریابی داده‌ها بین تجهیزات، مصرف پهنای باند، همکارپذیری، میزان مصرف انرژی و خودمدیریتی و خود نظارتی تجهیزات هوشمند مواجه است.

۲۲-۳-۴ همکارپذیری

تجهیزات، شبکه‌ها و پروتکل‌های مختلفی توسط تولیدکنندگان و تأمین‌کنندگان مختلف توسعه‌یافته و حمایت می‌شوند که لازم است در خانه هوشمند در کنار یکدیگر نصب شده و با هم کار کنند. همکارپذیری[1] به این معنا است که تجهیزات، دستگاه‌ها،

[1] Interoperability

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

لوازم و سیستم‌های تولیدشده توسط شرکت‌های مختلف بتوانند با هم و با زیرساخت‌های موجود کار کنند. دو راهکار برای حل چالش همکارپذیری وجود دارد: ۱- تصویب استانداردهای جهانی برای پروتکل های ارتباطی برای دستگاه‌های خانگی هوشمند؛ ۲- توسعه یک دروازه که گره‌ای مرکزی است که تجهیزات خانه هوشمند را به هم متصل کرده و به عنوان مترجمی بین آنها با پروتکل‌های متفاوت‌شان عمل می‌کند.

لازمه استفاده از راهکار اول تعیین مجموعه‌ای از مشخصه‌ها است که هر فناوری جدید خانه هوشمند برای تضمین همکارپذیری ملزم به پیاده‌سازی آنها باشد. از طرف دیگر، دروازه باید مانند مفسری بین دستگاه‌ها و زیرشبکه‌های خانه هوشمند عمل کند، مثلاً کامپیوترها و دستگاه‌های جانبی (مانند چاپگر) را به یکدیگر و به اینترنت متصل کند و همچنین ارتباط بین کنتورهای هوشمند و سایر تجهیزات متصل به خانه هوشمند را ممکن سازد.

۲۲-۳-۵ قابلیت اطمینان

در خانه هوشمند، ترکیب فناوری‌های مختلف با سطوح متفاوتِ تحمل‌پذیری خطا چالش جدیدی را ایجاد می‌کند. برای مثال کنترل بویلر توسط یک کامپیوتر انجام می‌شود و خرابی کوچکی در کامپیوتر می‌تواند منجر به بد عمل کردن بویلر شود که خرابی خطرناکی است. ترکیب دو یا چند محصول در کنار یکدیگر پیچیدگی زیادی ایجاد می‌کند زیرا بعضی از خدمات خانه هوشمند مانند امنیت یا به صدا در آمدن آلارم آتش در زمان تشخیص آتش نسبت به سایر خدمات، مهم‌تر هستند. طراحی سیستم‌های خانه هوشمند باید به صورتی باشد که مستحکم و قابل اعتماد باشند. هرچند، خدمات خانه هوشمند علاوه بر اجتناب از خرابی باید بتوانند نیازها و نتایج مورد انتظار ساکنان خانه را تحلیل و پیش‌بینی کنند (مثلاً آلارم امنیتی خانه در صورتی‌که گربه‌ای وارد خانه شده باشد، خاموش شود).

۲۲-۳-۶ قابلیت استفاده

سیستمی قابلیت استفاده بالا دارد که رابط کاربری مناسب، ساده و کاربرپسند داشته باشد و همچنین مزیت‌های مشخص و جذابی برای کاربر داشته باشد. در طراحی تجهیزات و واسط کاربر خانه هوشمند لازم است مفاهیم تجربه کاربری[1] (شامل رفتارها، نگرش‌ها و احساسات یک کاربر درباره استفاده از یک محصول، سامانه یا سرویس خاص) در نظر گرفته شود تا استفاده از آنها برای کاربر خوشایند باشد. همچنین ضروری است که نیازمندی‌های کاربران، انتظارات آنها از خانه هوشمند و عواملی که رضایت خاطر آنها را فراهم می‌آورد به درستی و به شکل مناسب جمع‌آوری شود و سیستم متناسب با نیازمندی‌های کاربران طراحی و توسعه داده شود. یکی از چالش‌های سیستم خانه هوشمند، این است که سیستم باید به‌گونه‌ای طراحی شده باشد که همه افراد بتوانند به‌راحتی با آن کار کنند. به عنوان مثال شخصی که با سیستم‌های فناوری آشنایی ندارد بتواند به راحتی یک روتین را به سیستم اضافه کند یا تنظیمات دستگاه خود را تغییر دهد.

۲۲-۳-۷ چالش‌های تجهیزات قدیمی موجود در خانه

ساکنان خانه پیش از هوشمندسازی خانه از لوازم خانگی قدیمی و غیرهوشمند استفاده می‌کرده‌اند. یکی از چالش‌های خانه هوشمند این است که بتوان این لوازم خانگی را هوشمند کرد تا از هزینه‌های اضافی برای ساکنان خانه کاسته شود. بنابراین یکی از چالش‌هایی که می‌تواند به فرصت تبدیل شود پیدا کردن راهکارهایی برای اتصال این نوع تجهیزات به خانه هوشمند و نظارت و کنترل آن‌ها است.

[1] User Experience (UX)

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

از طرف دیگر لازم است به این نکته توجه شود که در طول زمان تجهیزات هوشمند مرتب تغییر و پیشرفت می‌کنند. پشتیبانی از تجهیزات هوشمند قدیمی که قبلاً به کاربر ارائه شده در کنار تجهیزات جدید خانه هوشمند یکی دیگر از چالش‌های خانه هوشمند است. همچنین پیدا کردن راهکارهایی برای ترغیب کاربران به خریدن تجهیزات جدید نیز می‌تواند یکی از چالش‌ها باشد.

۸-۳-۲۲ چالش تعامل با هسته سیستم‌های شخص ثالث

در حال حاضر سیستم‌ها و تجهیزات پیشرفته‌ای توسط شرکت‌های پیشرو برای خانه هوشمند ایجاد شده است. یکی از چالش‌ها، قابل استفاده کردن تجهیزات خانه با هسته سیستم‌های شخص ثالث (مثلاً برنامه Google Home) است به این ترتیب که تجهیزات خانه هوشمند پیشنهادی بتوانند به برنامه‌های معروف کنترل خانه هوشمند مانند Google Home، Samsung SmartThings و ... اضافه شوند و کاربر بتواند توسط آنها کنترل خانه هوشمند را انجام دهد. از طرف دیگر واسط‌های کنترل خانه هوشمند پیشنهادی نیز باید بتوانند تجهیزات خانه هوشمند که توسط شرکت‌های پیشرو تولید شده‌اند (مانند تجهیزات خانه هوشمند Nest) را شناسایی کرده و امکان اضافه کردن و کنترل آنها را فراهم کنند.

۹-۳-۲۲ چالش‌های تطبیق دادن استانداردهای مورد نیاز با قیمت تمام شده دستگاه‌ها

یکی از مسائل مهم در بخش‌های مختلف خانه هوشمند، مسائل مرتبط با استانداردهای اجزای مختلف این سیستم است. استانداردها می‌توانند از سخت‌افزار تولیدی، تا بخش ارتباطات و هسته سیستم را شامل شوند. به طور کلی، نیاز است که استانداردهای مرتبط با هر وسیله و یا هر بخش (سخت‌افزاری یا نرم‌افزاری)، به نحوی تعیین شوند که با نوع کاربرد وسیله یا میزان گستردگی سیستم تناسب داشته باشند. به عنوان مثال، برای یک وسیله مورد استفاده در سالن خانه نیازی به به وجود استانداردهای ضدآب بودن تا عمق ۳ متر (به عنوان مثال IP68) نبوده و صرفاً استاندارد ضد گرد غبار بودن کفایت می‌کند. اضافه کردن استانداردهای متعدد که از کارایی آن وسیله یا سیستم به دور هستند، باعث افزایش هزینه تمام شده آن دستگاه شده و کاربردی نیز نخواهند داشت. بدین ترتیب تعیین استانداردهای مورد نیاز و تطبیق آن با قیمت تمام شده سرویس‌های سیستم و یا تجهیزات خانه، از چالش‌های پیاده‌سازی خانه هوشمند خواهد بود.

۱۰-۳-۲۲ چالش‌های پیاده‌سازی سیستمی که بدون هسته مرکزی وظایف پایه را انجام دهد

یکی از دغدغه‌های مشتریان برای هزینه کردن در سیستم‌هایی مانند خانه هوشمند، اعتبار شرکت ارائه‌دهنده آن و اطمینان از قابل استفاده بودن وسیله خریداری شده تا بلندمدت است. در سیستم‌هایی مانند خانه هوشمند، اهمیت سرویس‌های ارائه شده برای استفاده از یک وسیله، معمولاً برابر یا بیشتر از خود آن وسیله خواهد بود. به عنوان مثال، کاربر با خرید لامپ هوشمند، صرفاً انتظار یک لامپ چند رنگ که شدت آن کم و زیاد بشود را ندارد، بلکه روشنایی خودکار، کنترل با تلفن و .... از جمله سرویس‌هایی هستند که برای کاربر حائز اهمیت هستند. همان‌طورکه مشخص است، این سرویس‌ها وابسته به سیستم مرکزی خانه هوشمند بوده و در صورتی که شرکت ارائه‌دهنده سیستم خانه هوشمند ورشکست شده، سیستم مرکزی قادر به ارائه سرویس‌ها نخواهد بود. در این مواقع مشتری انتظار دارد بتواند حتی بعد از ورشکستی آن شرکت، از وسیله خریداری شده خود حداقل سرویس‌ها را دریافت کند (به عنوان مثال، در صورت ورشکستگی کامل، مشتری کماکان بتواند مثلاً با استفاده تلفن

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

همراه خود، روشنایی خانه خود را در حد ساده کنترل کند (بدون تحلیل داده و غیره)). این مسئله از دغدغه‌های مشتری بوده و اطمینان دادن به مشتری در ارتباط با این موضوع، می‌تواند بازاریابی را تسهیل نماید.

۲۲-۳-۱۱ چالش‌های سفارشی‌سازی سیستم و تناقض در ترجیحات کاربران

در بسیاری از مواقع، دسته‌ای از کاربران می‌توانند درخواست اضافه شدن امکانات جدیدی به سیستم را داشته باشند که با امکانات سیستم فعلی یا امکانات مورد درخواست سایر کاربران در تناقض باشد. این مسئله عمدتاً مرتبط با ظاهر و به طور کلی واسط کاربر خواهد بود. مثال واضحی از این مسئله، در شرکت‌های ارائه دهنده ایمیل قابل مشاهده است. در این سرویس‌ها برخی کاربران علاقه دارند ایمیل‌های دریافتی از یک شخص را به صورت پشت سر هم (Conversation) مشاهده کنند در حالی که برخی کاربران مشتاق به مشاهده ایمیل‌ها به شکل جداگانه و بر اساس تاریخ هستند. راهکار شرکت‌های ارائه‌دهنده ایمیل ارائه دو واسط کاربر مختلف برای این مسئله بوده که توسط دسته‌های مختلف کاربران قابل شخصی‌سازی است. رویارویی با این مسائل و رعایت حدود شخصی‌سازی در یک سیستم از چالش‌های مهم خواهد بود. ارائه تنظیمات بی‌شمار برای شخصی‌سازی واسط کاربر توسط کاربران می‌تواند باعث سردرگمی آن‌ها شده و در مقابل عدم ارائه شخصی‌سازی می‌تواند سیستم را ناکارآمد کند.

به طور کلی، نحوه استفاده کاربران از سیستم می‌بایست جمع‌آوری و تحلیل شده تا بهترین واسط کاربر برای کاربران حتی بدون نظرسنجی از آن‌ها اعمال شود. به عنوان مثال، اگر بخشی از سیستم کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، از صفحه اصلی خارج شده و بخش‌های مهم‌تر که بیشتر کاربران به آن مراجعه می‌کنند، به شکل راحت‌تری برای کاربران در واسط کاربر پیش‌فرض در دسترس باشد.

۲۲-۳-۱۲ چالش‌های مرتبط با گارانتی محصولات

یکی دیگر از مسائل مهم برای مشتریان، گارانتی محصولات است. با اینکه بسیاری از مشتریان، تجربه مناسبی از خدمات گارانتی ارائه شده ندارند، اما ارائه یک گارانتی با شرایط مناسب و مدت زمان مناسب، می‌توان باعث افزایش مشتریان و اعتماد کاربران شود. بدین ترتیب، در این مورد نیز می‌بایست بین هزینه‌های ایجاد شده و گارانتی ارائه شده توازن برقرار شود. همچنین می‌توان با ایجاد طرح‌های ویژه گارانتی، برای مشتریانی که نیازمند خدمت گارانتی طولانی مدت‌تر یا شرایط بهتر هستند نیز راهکار ارائه شود. لازم به ذکر است، برای خدمات گارانتی شرکت می‌تواند از شرکت‌های بیمه نیز کمک بگیرد. بدین ترتیب، ارائه راهکار مناسب از بین راهکارهای موجود یکی دیگر از چالش‌های خدمات خانه هوشمند است.

۲۲-۴ فرصت‌های خانه هوشمند

۲۲-۴-۱ فرصت‌های حاصل از افزایش سطح سلامت

یکی از سیستم‌های خانه هوشمند، سیستم کنترل سلامت افراد خانه است که با فراهم آوردن امکان کنترل وضعیت سلامتی و تحرک، علائم حیاتی، چربی و فشار خون و ... همواره وضعیت جسمانی ساکنان خانه را رصد می‌کند و می‌تواند به پیشگیری و تشخیص زودهنگام بیماری‌ها کمک کند و در نتیجه موجب کاهش هزینه‌های درمان شده و در کاهش هزینه بیمه‌های درمانی تأثیرگذار باشد. همچنین سیستم‌های نظارت و ایمنی کودکان/ نوزادان و سالمندان با رصد وضعیت این افرادِ آسیب‌پذیر و اطلاع‌رسانی به موقع در صورت رخ دادن حوادث برای این افراد، در کاهش مرگ و میر تأثیر شایانی دارد و می‌تواند بار هزینه‌ای

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

بیمه‌های عمر و درمان را کاهش دهد. بنابراین بیمه‌های درمانی و عمر از جمله صنایعی هستند که خانه هوشمند می‌تواند تأثیرات اقتصادی مفیدی بر روی آنها داشته باشد.

۲۲-۴-۲ فرصت‌های حاصل از افزایش ایمنی

سیستم ایمنی خانه هوشمند، موجب تشخیص سریع وقوع آتش‌سازی در خانه شده و با فعال‌سازی عملگرهای خاموش کردن آتش و قطع برق و گاز در حین آتش‌سوزی و اطلاع‌رسانی سریع به سازمان‌های مربوطه از خسارات ناشی از آتش‌سوزی پیشگیری می‌کند و در نتیجه می‌تواند در کاهش هزینه‌های بیمه‌های آتش‌سوزی، درمان و عمر تأثیرگذار باشد. همچنین سیستم ایمنی خانه امکان تشخیص دود، گازهای شهری، مونوکسید کربن، کمبود اکسیژن خانه و ... را فراهم می‌سازد و با اطلاع‌رسانی در این رابطه از خطرات ناشی از گازگرفتگی، آلودگی هوا و ... پیشگیری کرده و باعث افزایش سلامت افراد خانه و کاهش هزینه‌های درمانی و بیمه سلامت می‌گردد.

۲۲-۴-۳ فرصت‌های حاصل از افزایش امنیت

خانه هوشمند با بکارگیری تجهیزاتی مانند دوربین نظارتی، قفل درب هوشمند، زنگ درب تصویری هوشمند و ... احتمال سرقت را کاهش داده و امنیت ساکنان خانه را افزایش می‌دهد. کاهش احتمال سرقت کاهش نیاز به نیروهای امنیتی و پلیس و نگهبان و ... را به دنبال دارد و همچنین ضررهای مالی و جانی ناشی از سرقت نیز کاهش می‌یابد. به این ترتیب افزایش امنیت خانه بر روی صنعت بیمه و همچنین نیروی پلیس تأثیرگذار است.

۲۲-۴-۴ فرصت توسعه سیستم‌های مدیریت مصرف و پاسخ تقاضا

یکی از معضلات در شبکه برق عدم موازنه بین ظرفیت تولید و میزان مصرف است که موجب بروز مشکلاتی در قابلیت اطمینان سیستم و تغییر قیمت‌های برق می‌شود، در نتیجه لازم است تعادل بین تولید و مصرف همواره برقرار باشد. به منظور ایجاد این تعادل از سیستم‌هایی به نام سیستم‌های پاسخ تقاضا (DR[1]) استفاده می‌شود. این سیستم‌ها با روش‌های مختلف مانند پرداخت‌های تشویقی و ... طرح‌هایی را برای تغییر مقدار (کاهش بار) و یا زمان مصرف برق (شیفت بار) به مشترکین پیشنهاد می‌کنند. مشارکت در این طرح‌ها برای مشترکین منافع مالی دارد و بر روی پیک‌سایی و افزایش پایایی شبکه و ... نیز تأثیرگذار است. یکی از ملزومات توسعه سیستم‌های پاسخ تقاضا، ارتباط این سیستم‌ها با سیستم کنترلی و نظارتی خانه هوشمند و تبادل درخواست‌های حذف بار و سیگنال‌های قیمت‌گذاری انرژی و ... است. بنابراین توسعه سیستم خانه هوشمند با قابلیت نظارت دقیق بر مصرف انرژی خانه و فراهم ساختن امکان کنترل تجهیزات، در توسعه سیستم تقاضای بار نقش مهمی را ایفا می‌کند.

۲۲-۴-۵ فرصت‌های حاصل از دستیابی به داده‌ها

با پیاده‌سازی خانه هوشمند امکان جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها و استخراج اطلاعات مفید از کاربران، نیازهای و علایق آنها، سبک زندگی افراد و ... فراهم می‌گردد که در بهبود عملکرد شرکت‌های توزیع و صنعت برق کاربرد زیادی دارد. از جمله بهبودهای حاصل می‌توان به تأثیر این داده‌ها در مدیریت مصرف، ارائه خدمات بهتر به مشترکین، ارائه برنامه‌های پیشنهادی نحوه مصرف به مشترکین، سامان‌دهی سیستم‌های پاسخ تقاضا و جلوگیری از برق‌دزدی اشاره کرد که هر یک در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرد [367]:

[1] Demand Response

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- مدیریت مصرف

با توجه به افزایش رو به رشد میزان مصرف مشترکین نیاز است تا با دسترسی به اطلاعات مصرف مشترکین و پایش الگوی مصرف، به تهیه و توسعه سیستم‌های مدیریت و کنترل بار و نیز تحلیل رفتار مشترک و پیش‌بینی میزان مصرف پرداخته و از این طریق مصرف مشترکین را مدیریت نمود. این امر علاوه بر فراهم آوردن امکان پیک‌زدایی، امکان کنترل افزایش بی‌رویه مصرف را نیز با استفاده از ابزارهایی نظیر فرهنگ‌سازی، اطلاع‌رسانی به مشترکین و ارائه طرح‌های تشویقی فراهم می‌آورد.

- ارائه خدمات بهتر به مشترکین

داده‌های جمع‌آوری‌شده از خانه هوشمند می‌توانند بینشی را در راستای رفتار و ترجیحات مشتری جهت کمک به شبکه توزیع برای گردآوری اطلاعات مختلف در مورد مشترکین شامل انواع لوازم خانگی که مشترکین استفاده می‌کنند، استفاده از وسیله نقلیه الکتریکی، زمان‌های اوج مصرف و غیره فراهم کنند. هر چقدر شرکت توزیع اطلاعات بیشتری در مورد مشترکین نظیر میزان مصرف، زمان اوج مصرف، الگوی مصرف، اطلاعات صورتحساب/پرداخت، چگونگی ترجیح مشتری به ارتباط با شرکت توزیع و غیره داشته باشد، به همان نسبت توانایی بیشتری در مدیریت مشترک به صورت فردی خواهد داشت.

- ارائه برنامه‌های پیشنهادی نحوه مصرف به مشترکین

توانایی پاسخگویی درست به تقاضا یا ارائه برنامه مناسب برای هر مشترک، به طور چشمگیری مصرف بهینه برق و کاهش هزینه‌ها را (برای مشترک و شرکت توزیع) به همراه دارد. دلایل زیادی برای پیاده‌سازی برنامه‌های پاسخگویی به تقاضا وجود دارد. از مهم‌ترین آن‌ها اجتناب از ساخت نیروگاه و ایستگاه پست جدید است. توانایی هدف‌گذاری دقیق مشترکان بالقوه، کلید موفقیت پاسخگویی به تقاضا و برنامه‌های متناسب است. بکارگیری نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها نه تنها دقت هدف‌گذاری را افزایش می‌دهد بلکه کاهش هزینه‌های ارتباطات با مشترکان بالقوه را نیز فراهم می‌کند. به طور کلی، به کمک تحلیل دقیق داده‌ها، شرکت‌های توزیع می‌توانند اطلاعات مرتبط با آمارگیری، رفتار و احساسات مشترکین را به طور موثر استخراج نمایند. در نتیجه، آن‌ها می‌توانند توصیه‌های شخصی، پیشنهادها و خدمات را سفارشی کنند.

- سامان‌دهی سیستم‌های پاسخ تقاضا

مدیریت پاسخگویی به تقاضا از راه‌های موثر برای کاهش بار تحمیلی در ساعات اوج مصرف می‌باشد. راه‌حل‌ها و برنامه‌های کاربردی مدیریت تقاضا در زمان واقعی امکان نظارت بر معیارهای مصرف انرژی، تعریف زمان‌ها و فعالیت‌های منجر به پیک مصرف و تنظیم جریان انرژی به نرخ تقاضای کنونی را فراهم می‌آورد. علاوه بر این، برنامه‌های مدیریت تقاضا مصرف‌کنندگان را به استفاده از انرژی در یک زمان خاص و نیز صرفه‌جویی در هزینه‌ها تشویق می‌نماید. داده‌های خانه هوشمند می‌توانند امکان پیش‌بینی دقیق‌تر تقاضای آینده و بهبود سیستم‌های پاسخ تقاضا را فراهم آورند. بنابراین، فرصتی برای مشترکین به منظور حرکت به سمت یک برنامه قیمت‌گذاری مناسب ایجاد شده و توزیع‌کنندگان نیز فرصتی برای رسیدن به تعادل مطلوب در تامین انرژی به دست می‌آورند.

- جلوگیری از برق‌دزدی

به منظور پیش‌بینی و جلوگیری از سرقت انرژی و در نتیجه زیان‌های مالی، شرکت‌های توزیع برق و انرژی جریان‌های انرژی را به منظور واکنش به موارد مشکوک کنترل می‌نمایند. با استفاده از تحلیل داده‌های خانه هوشمند می‌توان با کنترل دائمی رفتار کاربران می‌توان هکرها را شناسایی نموده و اقدامات موردنظر آنها را شناسایی کرد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲۲-۴-۶ فرصت‌های اقتصادی برای ساکنان خانه

هوشمندسازی خانه می‌تواند فرصت‌هایی برای درآمدزایی ساکنان خانه فراهم کند. یکی از این فرصت‌ها با مشارکت در برنامه‌های پاسخگویی تقاضا و استفاده از تسهیلات و پاداش‌های در نظر گرفته شده به دست می‌آید. از جمله مزایای برنامه‌های پاسخگویی بار می‌توان به صرفه‌جویی در مبلغ صورتحساب (مشارکت در برنامه‌های بر مبنای قیمت)، پرداخت تشویقی (مشارکت در برنامه‌های بر مبنای تشویق)، کاهش سطح پیک بار و کاهش قیمت بازار اشاره کرد.
یکی دیگر از فرصت‌هایی که خانه هوشمند برای کاربران فراهم می‌کند، امکان مدیریت انرژی تولیدشده توسط منابع تجدیدپذیر موجود در خانه و ذخیره انرژی در خودروی برقی است. به این ترتیب کاربران می‌توانند در زمان نیاز شبکه، انرژی مازاد خود را در بازار برق به فروش برسانند.

۲۲-۴-۷ فرصت‌های حاصل از افزایش صرفه‌جویی در مصرف انرژی

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد صرفه‌جویی در مصرف انرژی، می‌تواند اثرات مثبتی در حوزه‌های مختلف مانند افزایش پایداری و قابلیت اطمینان شبکه، اثرات زیست‌محیطی و ... داشته باشد. یکی از فرصت‌های اقتصادی که با کاهش مصرف انرژی حاصل می‌شود امکان صادرات برق مازاد به کشورهای همسایه است. اتصال شبکه‌های برق این کشورها به ایران موجب افزایش پایداری در شبکه برق داخلی شده و صادرات برق سودآوری قابل توجهی برای کشور به همراه دارد.

۲۲-۴-۸ فرصت رشد تولیدات داخل کشور

همان‌طور که در بخش‌های قبل بررسی شد خانه‌های هوشمند مزایای فراوانی دارند و اثرات مثبتی و فرصت‌های اقتصادی زیادی را ایجاد می‌کنند. با توجه به شرایط تحریم کشور امکان تهیه بسیاری از نمونه‌های خارجی تجهیزات خانه هوشمند میسر نیست. در صورتی‌که بتوان در داخل کشور تجهیزات خانه هوشمند را مطابق نیازهای بومی و با کیفیت بالا و قابل رقابت با نمونه‌های خارجی و قیمت مناسب تولید نمود، این محصولات می‌توانند جایگزین نمونه‌های خارجی شده و بخش عمده‌ای از بازار را به خود اختصاص دهند.

۲۲-۴-۹ فرصت‌های استفاده از زیرساخت هسته خانه هوشمند برای توسعه سایر سیستم‌ها

یکی از پتانسیل‌های مثبت خانه هوشمند، امکان استفاده از هسته خانه هوشمند و سرویس‌های آن در توسعه سایر سیستم‌ها است. به عنوان نمونه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سیستم مدیریت دستگاه‌ها می‌تواند به صورت جداگانه برای مدیریت حوزه‌های دیگر مانند تجهیزات شبکه هوشمند، شهر هوشمند و کارخانه هوشمند مورد استفاده قرار گیرد.
- سیستم مدیریت ارتباطات می‌تواند به عنوان سکوی ارتباطی اینترنت اشیا، به شکل مستقل به صورت یک سرویس ابری مورد استفاده قرار گرفته و درآمدزایی داشته باشد.
- سیستم جریان‌سازی و ذخیره ویدئو برای تجهیزات خانه (مثلاً دوربین‌های امنیتی خانه و زنگ درب هوشمند تصویری)، می‌تواند به شکل جداگانه تکمیل و به عنوان سرویس جریان‌سازی ویدئو برای کنفرانس و ... مورد استفاده قرار گیرد.
- زیرساخت توسعه تجهیزات خانه هوشمند (بخش سخت‌افزار) می‌تواند برای توسعه سخت‌افزارهای سایر حوزه‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲۲-۴-۱۰ فرصت‌های اشتغال‌زایی و ایجاد و رشد Startupها

ایجاد بازار خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا می‌تواند باعث سوق دادن کشور به توسعه فناوری و تجهیزاتی شود که قبلاً وجود نداشته‌اند. همچنین سرمایه ملی را تقویت کرده و فرصت‌های شغلی جدیدی ایجاد کند. به عنوان مثال می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سیستم خانه هوشمند نیاز به فرمان صوتی دارد که می‌توان در این زمینه از Startupهای فعال در حوزه هوش‌مصنوعی و سیستم‌های چندرسانه‌ای کمک گرفته و باعث رشد آن‌ها شد.
- توسعه زیرسیستم‌های خانه هوشمند نیازمند تجهیزات ارتباطی، میکروکنترلر، SoC و غیره هستند که با ایجاد بازار می‌تواند به ایجاد Startupهایی در این زمینه کمک کند.
- با توجه به گستردگی سیستم‌های موردنیاز خانه هوشمند، نیاز به تخصص‌ها و سرویس‌هایی در حوزه‌های مختلف فناوری اطلاعات مانند سرویس‌های ابری، ذخیره‌سازی، تحلیل، ویدئو و .. وجود دارد که به این ترتیب خانه هوشمند می‌تواند در رونق اقتصادی ارائه‌دهندگان این خدمات و ایجاد فرصت‌های شغلی جدید مؤثر باشد.

۲۲-۴-۱۱ فرصت‌های حاصل از کسب درآمد غیرمستقیم از مشتری و در کنار آن سازمان‌ها

خانه هوشمند، نقطه انتهایی ارتباط با مشتری برای بسیاری از سیستم‌ها است. همان‌طور که مشخص است، در یک سیستم خانه هوشمند، طیف وسیعی از صنایع HiTech وجود خواهند داشت که محصول آن‌ها، به شکل مستقیم برای کاربران مورد استفاده نخواهد بود. به عنوان مثال، سرویس‌های ابری، سرویس‌های جریان‌سازی ویدئو، سرویس‌های تحلیل داده، سرویس‌های پایگاه داده، صنایع تولید چیپ‌ست، صنایع تولید قاب محصولات و .... هیچ کدام به تنهایی نمی‌توانند محصول نهایی خود را مستقیماً به مشتری عرضه کنند و از او هزینه دریافت کنند. به عنوان مثال، یک پزشک، معلم، پرستار، کارمند بانک و ... هیچ‌گاه مستقیماً سرویس ابری خریداری نکرده و بابت آن پولی پرداخت نمی‌کنند. اما با اضافه شدن وسایل هوشمند به زندگی آن‌ها، مشتریان بدون اینکه متوجه باشد، از تمامی سرویس‌ها و صنایع نام‌برده شده در زندگی خود بهره برده و برای آن‌ها هزینه پرداخت می‌کنند. رونق استفاده از خانه هوشمند، بالطبع، رونق سایر سرویس‌ها و صنایع بوده و بستری برای بازاریابی این سیستم‌ها خواهد بود. (مشتریان می‌توانند اشخاص حقیقی یا حقوقی باشند).

۲۲-۵ تهدیدها و ریسک‌های خانه هوشمند

۲۲-۵-۱ ریسک‌های ناشی از امنیت اطلاعات کاربران و حفظ حریم خصوصی

در صورتی‌که الزامات امنیتی خانه هوشمند رعایت نشده و به درستی در سیستم پیاده‌سازی نشود، خانه هوشمند می‌تواند یکی از اهداف هکرها و مهاجمین قرار بگیرد. به این ترتیب که مهاجم می‌تواند با استفاده از یک حفره امنیتی به سیستم خانه هوشمند نفوذ کرده و عملیات خرابکارانه‌ای را انجام دهد و یا داده‌های خانه هوشمند را شنود کند. سوءاستفاده از اطلاعات کاربران و ورود غیرمجاز به خانه و نفوذ به حریم خصوصی افراد می‌تواند ضررهای مالی و جانی برای ساکنان خانه به دنبال داشته باشد و به این ترتیب ریسک عدم اعتماد به خانه هوشمند در افراد شکل می‌گیرد. همچنین با توجه به ارتباط میان خانه هوشمند با سایر سیستم‌های شبکه هوشمند، نفوذ به خانه‌های هوشمند و در دست گرفتن کنترل آنها توسط مهاجمین می‌تواند راهی برای نفوذ به شبکه برق و ایجاد اختلال در آن باشد.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲۲-۵-۲ ریسک‌های مرتبط با قوانین کشور

در زمان تحلیل نیازمندی‌ها و طراحی محصولات خانه هوشمند لازم است قوانین حاکم بر کشور و قوانین سازمان تنظیم مقررات و ... نیز مورد بررسی و توجه قرار گیرند زیرا در صورتی که تضادی بین این قوانین و ویژگی‌ها و قابلیت‌های محصول تولید شده وجود داشته باشد، می‌تواند مانع از امکان ارائه محصول به بازار گردد. همچنین تغییر قوانین در طول زمان و یا تصویب قوانین جدید نیز می‌تواند یکی از ریسک‌های تولید محصولات خانه هوشمند باشد.

۲۲-۵-۳ ریسک‌های مرتبط با قطعی اینترنت

یکی از ریسک‌های خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا قطعی اینترنت است که می‌تواند منجر به اختلال در عملکرد خانه شود. بنابراین در زمان طراحی خانه هوشمند، لازم است راه‌های جایگزین برای کم‌تر کردن اثر این ریسک در نظر گرفته شود به‌طوری‌که عملکردهای ضروری خانه در صورت قطعی اینترنت نیز بتوانند ادامه پیدا کنند.

۲۲-۵-۴ ریسک‌های ناشی از تحریم‌ها

یکی از اثرات منفی تحریم‌ها، ایجاد مانع در دسترسی به برخی از سخت‌افزارها و مواد اولیه لازم برای ساخت محصولات خانه هوشمند است. بنابراین عدم تأمین مواد اولیه لازم برای ساخت محصولات، یکی از ریسک‌هایی است که لازم است در زمان طراحی محصول به آن توجه شود و طراحی بر حسب پیش‌بینی امکانات و سخت‌افزارهای قابل دست‌یابی انجام شود.

۲۲-۵-۵ ریسک‌های ناشی از تورم و افزایش قیمت

یکی از ریسک‌ها و موانع فروش محصولات خانه هوشمند، وجود تورم در کشور است که باعث پایین آمدن قدرت خرید می‌شود. برای مواجهه با این ریسک لازم است طراحی محصولات به صورت بهینه و با حداقل سخت‌افزار لازم انجام شود و نیز می‌توان مدل‌های تجاری دیگری به غیر از فروش مستقیم محصول به ساکنان خانه طراحی نمود (برای مثال دریافت بخشی از هزینه‌های هوشمندسازی از نهادها و سازمان‌هایی مانند بیمه که هوشمندسازی اثرات مثبت اقتصادی برای آن‌ها دارد و یا استفاده از اسپانسرها و ارائه تبلیغات آنها در محصولات خانه هوشمند).

۲۲-۵-۶ ریسک‌های ناشی از برآوردهای اشتباه از نیازمندی‌ها

درک نادرست نیازمندی‌های کاربران یا اشتباهات فنی در طول تحلیل و طراحی محصول، از جمله ریسک‌های تولید محصولات خانه هوشمند است که می‌تواند باعث هدر رفتن زمان و هزینه زیادی شود. اتخاذ روش‌های چابک و ارزیابی‌های مکرر محصول در طول طراحی و مطابقت آن با نیازمندی‌های کاربر و اصلاح، داشتن معیارهایی برای سنجش مطلوبیت محصول و رصد مداوم آنها و در صورت لزوم تغییر مسیر از جمله راهکارهایی برای مواجهه با این ریسک هستند.

۲۲-۵-۷ ریسک ناشی از رشد روزافزون فناوری‌ها

فناوری‌های اطلاعاتی و متدهای برنامه‌نویسی رشد و تغییرات بسیار سریعی دارند، همچنین اینترنت اشیا متشکل از مجموعه‌ای از فناوری‌ها است که در حال تکامل هستند و به مرحله بلوغ نرسیده‌اند. در صورتی‌که خانه هوشمند پیشنهادی با مسیر حرکتی

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فناوری‌های جدید (مثلاً Frameworkها جدید یا متدهای جدید برای برنامه‌نویسی وب یا موبایل) به طور مداوم به‌روز نشود، پویایی و توانایی رقابت خود با سایر محصولات را از دست داده و دیر یا زود از میدان رقابت خارج می‌شود.

۲۲-۵-۸ ریسک ناشی از انتخاب مدل درآمدی

یکی از ریسک‌های ارائه محصولات و سرویس‌های خانه هوشمند، انتخاب مدل درآمدی مناسب است. به عنوان مثال، یک مدل درآمدی می‌تواند قیمت تمامی سرویس‌های ارائه شده (هزینه سرور و ابر و برنامه‌نویسان) و.... را به قیمت اولیه محصولات اضافه کرده و به فروش برساند. وابستگی کل درآمد شرکت به این مدل، که مدل بسیاری از شرکت‌های دنیا برای درآمدزایی است (شرکت‌های سازنده تلفن همراه، خودروسازی و ...) می‌تواند به روش‌های غیراخلاقی برای فروش محصولات منتهی شود. بدین ترتیب که با پایین آوردن کیفیت محصولات، عدم پشتیانی از محصولات قدیمی (با وجود ۱۰۰٪ امکان‌پذیر بودن آن)، عدم ارائه قطعات یدکی محصولات گذشته (مثلا باتری متناسب با هر گوشی)، کاربران را وادار به خرید محصولات جدید کرده تا شرکت درآمدزایی داشته و در ازای این کسب درآمد کثیف، طبعیت آلوده شده، منابع اتلاف شوند، وقت انسان‌ها باطل شده و جامعه از مسیر درست خود خارج شود.

سایر مدل‌های درآمدی مانند ارائه سرویس‌های جذاب به کاربران و دریافت هزینه برای فعال‌سازی آن‌ها و یا دریافت هزینه ماهیانه و ... برای استفاده از سرویس‌ها نیز می بایست به نحوی تعیین شوند که پویایی شرکت حفظ شده و در ازای آن کاربران مایل به پرداخت هزینه باشند. این مدل‌ها می‌بایست با دقت انتخاب شده تا درآمدی سالم و ثابت (حداقل آن ثابت) حاصل شود.

۲۲-۵-۹ ریسک پشتیبانی از سیستم

یکی از مسائل مهم برای کاربران، پشتیبانی سیستم است. پشتیبانی مناسب به صورت حضوری، تلفنی، ایمیل، از داخل خود برنامه و حتی روش‌هایی مانند پیام‌رسان‌های مورد استفاده، برای پاسخگویی به سوالات کاربران در هر زمینه‌ای و راهنمایی آن‌ها، یکی از مهمترین مسائل در سیستم خانه هوشمند است. پاسخگویی باید در سریعترین زمان، با حوصله بررسی و جوابی مناسب ارسال شود. همان طور که مشخص است، پیاده‌سازی پشتیبانی مناسب، نیازمند تعداد زیادی نیروی انسانی بوده که هزینه‌ها را به شدت افزایش خواهد داد. به طور کلی یک روش مناسب (به جای همه روش‌های نام برده شده) ارجح بوده و همچنین می‌بایست بین تعداد نیروی انسانی مورد نیاز و مدت زمان و دقت پاسخگویی تناسب برقرار شود. پشتیبانی مناسب، باعث افزایش رضایت مشتری، معرفی این سیستم به سایرین و افزایش درآمدها خواهد شد. حتی می‌توان مشتریان را تشویق کرده تا به ازای خرید تعداد بیشتری محصول، پشتیبانی اختصاصی دریافت کنند.

۲۲-۵-۱۰ ریسک مسائل حقوقی و بیمه‌ای

فروش ساده‌ترین محصولات به مشتریان می‌توان بسیاری از مسائل حقوقی و خسارات را برای آن‌ها به بار آورد. به عنوان مثال، اگر شخصی در اثر استفاده از لامپ هوشمند دچار برق‌گرفتگی شود، می‌تواند از شرکت ارائه‌دهنده شکایت کند. بدین ترتیب مسائل حقوقی و بیمه‌ای از سایر مواردی هستند که باعث ایجاد هزینه‌های اضافی و غیر قابل انکار برای سیستم خواهند شد که می‌بایست مد نظر قرار گیرند.

خلاصه‌ای از نقاط قوت، چالش‌ها، فرصت‌ها و تهدیدات خانه هوشمند در جدول ۱-۲۲ ارائه شده است.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

جدول ۱-۲۲ نقاط قوت، چالش‌ها، فرصت‌ها و تهدیدات خانه هوشمند

نقاط قوت	– افزایش امنیت خانه – افزایش سطح ایمنی – فراهم‌کردن آسایش و راحتی برای ساکنان – افزایش بهره‌وری – صرفه‌جویی در مصرف انرژی – کاهش هزینه‌های انرژی و نگهداری خانه – افزایش سطح سلامت – دستیابی به داده‌ها – اثرات مثبت بر محیط زیست و کاهش گازهای گلخانه‌ای		فرصت‌ها
چالش‌ها	– حفظ امنیت سیستم خانه و حریم خصوصی افراد – ذخیره‌سازی و پردازش داده‌ها و حفظ حریم خصوصی داده‌ها – چالش‌های ارتباطی (پایایی و قابلیت اطمینان شبکه، سیگنالینگ، مصرف پهنای باند، خود نظارتی) – همکارپذیری – قابلیت اطمینان سیستم – قابلیت استفاده و سادگی و جذابیت سیستم – پشتیبانی از تجهیزات قدیمی هوشمند و غیرهوشمند – تعامل با هسته سیستم‌های شخص ثالث – تطبیق دادن استانداردها با قیمت تمام‌شده – سفارشی‌سازی سیستم – گارانتی محصولات	– ریسک عدم اعتماد افراد به خانه هوشمند – تضاد بین ویژگی‌ها و قابلیت‌های خانه هوشمند با قوانین کشور – قطعی اینترنت – تحریم و عدم دسترسی به سخت‌افزار لازم – تورم و کاهش قدرت خرید مردم – برآوردهای اشتباه از نیازمندی‌های کاربران – انتخاب مدل درآمدی نامناسب – مسائل حقوقی و بیمه‌ای – عدم رضایت کاربران در اثر پشتیبانی نامناسب	تهدیدها

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

بخش هفتم

کارهای آتی

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

فصل بیست و سوم

پیشنهاداتی برای پروژه‌های آینده در زمینه خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲۳-۱ مقدمه

در مراحل قبل پروژه خانه هوشمند به بررسی مواردی مانند پیشینه تحقیقات و نمونه‌های خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا، روش‌های تعامل با کاربر، سکوی ابری خانه هوشمند، نحوه جمع‌آوری و کنترل اشیا و طراحی معماری خانه هوشمند پرداخته شد. در این مرحله از پروژه با توجه به آنچه در مراحل قبل صورت گرفته است، پیشنهاداتی جهت پروژه‌های آینده و برای تکمیل مباحث خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا ارائه شده است. در ادامه به شرح موارد پیشنهادی پرداخته می‌شود.

۲۳-۲ پروژه‌های پیشنهادی

۲۳-۲-۱ تکمیل نیازمندی‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری بخش‌های مختلف خانه هوشمند

۲۳-۲-۱-۱ تعریف موضوع و اهداف پروژه

یکی از موارد مهم در پیاده‌سازی هر سیستم، تعیین نیازمندی‌های آن سیستم است. نیازمندی‌ها در مرحله اول به صورت کلی و در مراحل بعدی می‌بایست به صورت دقیق برای هر محصول تعیین شوند. به عنوان مثال تعیین Deadline انتقال دستورات به تفکیک برای هر دستگاه می‌تواند در روند ساخت آن محصول تاثیرگذار باشد.

۲۳-۲-۱-۲ مراحل اجرا

- شناسایی ذینفعان
- تشکیل جلسات طوفان فکری با ذینفعان و دریافت نظرات
- تهیه پرسشنامه‌ها و جمع‌آوری نیازمندی‌ها با کمک آنها
- استخراج نیازمندی‌ها با استفاده از منابع علمی و پژوهشی
- مستندسازی نیازمندی‌ها

۲۳-۲-۲ بررسی استانداردهای سخت‌افزاری مورد نیاز برای تجهیزات داخل خانه

۲۳-۲-۲-۱ تعریف موضوع و اهداف پروژه

به منظور افزایش کارایی و اطمینان تجهیزات مورد استفاده در خانه هوشمند، می‌بایست هر یک از تجهیزات مورد تایید استانداردهایی مشخص باشند. بررسی استانداردهای موجود و تعیین موارد متناسب با هر یک از تجهیزات، از جمله چالش‌های پیاده‌سازی خانه هوشمند خانه بود. استانداردها می‌بایست به نحوی تعیین شوند که با هزینه و کارکرد دستگاه در تناسب باشند.

۲۳-۲-۲-۲ مراحل اجرا

- بررسی استانداردهای تجهیزات خانه، استانداردهای شبکه، استانداردهای ایمنی، استانداردهای اختصاصی خانه هوشمند و ....

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- تعیین نیازمندی‌ها و ویژگی‌هایی از هر یک از تجهیزات که در انتخاب استانداردهای مرتبط تأثیرگذار هستند (به عنوان مثال نیازمندی قابل استفاده بودن دوربین خارج از خانه زیر باران و در نتیجه ارتباط این نیازمندی با استانداردهای مرتبط با رطوبت و آب)
- برقراری ارتباط بین نیازمندی‌های انتخابی و استانداردهای موجود (داخلی یا خارجی)
- بررسی تأثیر استانداردها بر پیچیدگی ساخت و قیمت نهایی محصول

۲۳-۲-۳ بررسی، دسته‌بندی و پیشنهاد اجزای مورد نیاز برای ساخت تجهیزات داخل خانه هوشمند

۲۳-۲-۳-۱ تعریف موضوع و اهداف پروژه

هر یک از تجهیزات خانه هوشمند از مجموعه‌ای از میکروکنترلرها، تجهیزات شبکه، موتور و ... تشکیل شده‌اند. انتخاب دقیق اجزای لازم برای ساخت هر یک تجهیزات با عنایت به استانداردها، نیازمندی‌ها و قیمت تمام شده از مسائل مهم ساخت تجهیزات خانه هوشمند است.

۲۳-۲-۳-۲ مراحل اجرا

از مراحل اجرای این پروژه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- بررسی و انتخاب نوع و مارک اجزای مورد نیاز به تفکیک برای هر یک وسایل و تجهیزات خانه هوشمند
- بررسی Firmwareهای هر کدام از اجزای انتخابی و انتخاب مناسب‌ترین آن‌ها متناسب با نیازمندی‌ها
- بررسی شرکت‌های داخلی تولید کننده و سرهم کننده این تجهیزات

۲۳-۲-۴ ساخت دروازه خانه هوشمند

۲۳-۲-۴-۱ تعریف موضوع و اهداف پروژه

یکی از اجزای مورد نیاز در خانه هوشمند، دروازه خانه هوشمند است. دروازه خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا، تجهیزی است که بسته‌های ورودی در آن تا هر کدام از ۷ لایه OSI قابلیت بازگشایی دارند و حتی قابلیت تحلیل داده‌های موجود در بسته‌ها و ارسال نتایج تحلیل به جای خود داده در آن وجود دارد. دروازه می‌تواند شامل چهار بخش مدیریت دستگاه‌ها، امنیت دستگاه‌ها، ارتباطات دستگاه‌ها و عملیات داده‌ها باشد. بخش مدیریت دستگاه‌ها وظایفی مانند آماده‌سازی دستگاه‌ها، تغییر تنظیمات، بروزرسانی، پایش خطاها و ارائه خدمات کشف دستگاه‌ها را بر عهده دارد. وظایفی مانند مدیریت صحت و محتوای برنامه‌ها، تصدیق از راه دور، ارائه فضای ذخیره‌سازی امن و رمزشده، احراز هویت و کنترل دسترسی، مدیریت گواهی و ارائه SSL/TLS و ارائه امضای دیجیتال توسط بخش امنیت دستگاه‌ها انجام می‌شوند. بخش ارتباطات دستگاه‌ها در دروازه به کارهایی مانند تبدیل پروتکل‌های لایه‌های مختلف، ارائه انواع روش‌های انتقال داده تحت شبکه و خارج از شبکه، ارائه روش دسترسی به دستگاه‌ها و خدمات پل‌ها، مسیریاب‌ها، هاب و سوئیچ‌ها می‌پردازد. فعالیت‌هایی مانند کنترل جریان داده و فیلتراسیون، ذخیره و تحلیل داده‌ها عملیات پردازش لبه و پردازش مه در بخش عملیات داده‌ها صورت می‌گیرند.

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲-۴-۲-۲۳ مراحل اجرا

- تحلیل نیازمندی‌های دروازه خانه هوشمند
- بررسی و انتخاب سخت‌افزار لازم
- طراحی دروازه
- پیاده‌سازی بخش مدیریت دستگاه‌ها
- پیاده‌سازی بخش امنیت دستگاه‌ها
- پیاده‌سازی بخش ارتباطات دستگاه‌ها
- پیاده‌سازی بخش مرتبط با عملیات داده‌ها

۵-۲-۲۳ تحلیل در لبه شبکه خانه هوشمند

۱-۵-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه

دستگاه‌های موجود در لبه شبکه مانند دروازه خانه هوشمند می‌توانند از قابلیت تحلیل در لبه برای تحلیل داده‌هایی که دستگاه‌ها تولید کرده‌اند، استفاده کنند. با ایجاد امکان تحلیل در لبه، می‌توان بر اساس مدل‌های یادگیری ماشین، پیش‌بینی‌هایی را انجام داده و داده‌های تجهیزات را حتی در زمانی که به اینترنت متصل نیستند با هم هماهنگ کرده و ارتباطات بین آنها را برقرار ساخت. همچنین می‌توان داده‌های تجهیزات را فیلتر کرد و فقط اطلاعات مورد نیاز را برای ابر ارسال نمود. در واقع تحلیل در لبه، سرویس‌های ابری تحلیل داده و محاسبات و پردازش را به طور مختصر در خود دارد و می‌تواند در مواقع لازم مانند زمانی که امکان اتصال به ابر و استفاده از آن سرویس‌ها میسر نیست تحلیل‌های جزئی انجام دهد. تحلیل در لبه می‌تواند موجب کاهش بار پردازشی ابر و همچنین پاسخگویی سریع به فوریت‌ها شود. همچنین با پاک‌سازی و تجمیع محلی داده‌ها هزینه پهنای باند و ارسال حجم بسیار بالایی از داده‌های خام را کاهش می‌دهد.

۲-۵-۲-۲۳ مراحل اجرا

- بررسی در رابطه با مفاهیم پردازش و تحلیل در لبه
- بررسی در رابطه با مدل‌های یادگیری ماشین و روش‌های تحلیل سبک که نیاز به پردازش بالا نداشته باشند
- بررسی روش‌های تحلیل در لبه
- پیاده‌سازی تحلیل در لبه

۶-۲-۲۳ تحلیل نمونه داده‌های خانه هوشمند

۱-۶-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه

با پیاده‌سازی خانه هوشمند امکان جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها و استخراج اطلاعات مفید از کاربران، نیازها و علایق آنها، سبک زندگی افراد و ... فراهم می‌گردد که در بهبود عملکرد شرکت‌های توزیع و صنعت برق کاربرد زیادی دارد. از جمله بهبودهای حاصل می‌توان به تأثیر این داده‌ها در مدیریت مصرف، ارائه خدمات بهتر به مشترکین، ارائه برنامه‌های پیشنهادی نحوه مصرف به مشترکین، سامان‌دهی سیستم‌های پاسخ تقاضا و جلوگیری از برق‌دزدی اشاره کرد. هدف این پروژه شناسایی داده‌های خانه

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

هوشمند، بررسی کاربردهای تحلیل داده در خانه هوشمند، انتخاب یکی از این کاربردها و اجرای مراحل داده‌کاوی بر روی نمونه داده‌های خانه هوشمند است.

۲۳-۲-۶-۲ مراحل اجرا

- بررسی کاربردهای تحلیل داده در خانه هوشمند
- انتخاب یک کاربرد تحلیل داده و تهیه نمونه داده خانه هوشمند مرتبط با این کاربرد
- پالایش و پیش‌پردازش داده‌ها
- تحلیل و مدل‌سازی داده‌ها
- ارزیابی نتایج تحلیل

۲۳-۲-۷ راه‌اندازی زیرساخت ابر پژوهشگاه با قابلیت پشتیبانی از سرویس‌های ابری خانه هوشمند

۲۳-۲-۷-۱ تعریف موضوع و اهداف پروژه

یکی از بخش‌های مورد نیاز در معماری پیشنهادی خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا، ابر خانه هوشمند است که سرویس‌های مختلفی مانند سرویس احراز هویت و کنترل دسترسی، مدیریت دستگاه‌ها، تحلیل داده‌ها و ... را ارائه می‌دهد. در حال حاضر تعدادی شرکت عرضه‌کننده زیرساخت ابری در کشور وجود دارند که طبق بررسی انجام شده در مرحله سوم پروژه قادر به پوشش بسیاری از سرویس‌های ابری مورد نیاز در خانه هوشمند نیستند. با ایجاد زیرساخت ابری در پژوهشگاه می‌توان علاوه بر پوشش نیازهای ابر خانه هوشمند، سرویس‌های متنوع مورد نیاز صنعت برق را نیز ارائه نمود.

۲۳-۲-۷-۲ مراحل اجرا

- بررسی مدل‌های استقرار ابر و انتخاب مدل مناسب
- بررسی الزامات ایجاد مرکز داده ابر
- طراحی زیرساخت شبکه مورد نیاز
- بررسی زیرساخت‌های محاسباتی و پردازشی مورد نیاز
- بررسی در رابطه با سیستم‌های ذخیره‌سازی و نحوه پشتیبان‌گیری
- بررسی در خصوص سیستم‌های نرم‌افزاری و مدیریتی ابر
- تحلیل بازگشت سرمایه
- خرید تجهیزات مورد نیاز
- راه‌اندازی زیرساخت ابری

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲۳-۲-۸ تعیین سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی مورد نیاز برای هر یک از سرویس‌ها و تجهیزات خانه هوشمند و نحوه پیاده‌سازی آن‌ها

۲۳-۲-۸-۱ تعریف موضوع و اهداف پروژه

همان طور که از اسم خانه هوشمند بر می‌آید، این سیستم نیازمند به کارگیری هوش مصنوعی در بخش‌های مختلف آن است. هر یک از حوزه‌ها و سرویس‌ها نیازمند تحلیل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی بوده تا بتوانند استفاده از سیستم را برای کاربر تسهیل کنند. بهره‌گیری از Recommender systemها، تنظیمات خودکار متناسب با استفاده کاربر و ... از کاربردهای هوش مصنوعی در خانه هوشمند هستند.

۲۳-۲-۸-۲ مراحل اجرا

- مطالعه و بررسی انواع سیستم‌های هوش مصنوعی و روش‌های آن (شبکه‌های عصبی و ...)
- تعیین موارد نیازمند هوش مصنوعی در هر یک از حوزه‌ها، سرویس‌ها و تجهیزات خانه هوشمند
- تعیین روش‌های قابل استفاده برای پیاده‌سازی موارد نیازمند هوشمند مصنوعی در خانه هوشمند

۲۳-۲-۹ پیاده‌سازی سرویس تحلیل داده‌های خانه هوشمند

۲۳-۲-۹-۱ تعریف موضوع و اهداف پروژه

این سرویس، داده‌های جمع‌آوری‌شده از خانه هوشمند را فیلتر و پاک‌سازی کرده، آنها را تبدیل می‌کند و اطلاعات مفیدی از آنها استخراج می‌نماید. همچنین با افزودن فراداده‌های خاص دستگاه‌ها مانند نوع دستگاه تولیدکننده داده و محل جغرافیایی آن داده‌ها را غنی‌تر کرده و سپس آن‌ها را ذخیره می‌نماید. پس از آن می‌توان، با اجرای پرس‌وجوهای موردی یا زمان‌بندی‌شده تحلیل‌های مقدماتی را انجام داد یا از روش‌های یادگیری ماشین برای تحلیل‌های پیچیده‌تر استفاده کرد. تحلیل میزان مصرف انرژی و پیشنهادهایی برای کاهش مصرف، تحلیل اطلاعات برای آبیاری گیاهان، تعیین الگوی روشنایی و خاموشی خانه برای استفاده در زمان عدم حضور در خانه، تشخیص ورود سارق به خانه، تحلیل الگوی زندگی افراد و ... از جمله مواردی هستند که توسط این سرویس پوشش داده می‌شوند.

۲۳-۲-۹-۲ مراحل اجرا

– شناخت انواع داده‌ها و سناریوهای تحلیل داده خانه هوشمند
– استخراج میکروسرویس‌های مرتبط با فرآیند تحلیل
– شناسایی سرویس‌ها و سیستم‌های خارجی که سرویس تحلیل داده با آنها در ارتباط است
– بررسی در رابطه با روش‌های پیاده‌سازی میکروسرویس‌ها و انتخاب روش مناسب
– طراحی میکروسرویس‌ها و APIهای لازم برای سیستم تحلیل
– پیاده‌سازی میکروسرویس‌ها و APIها

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲۳-۲-۱۰ توسعه سرویس یادگیری ماشین برای کاربرد در خانه هوشمند

۲۳-۲-۱۰-۱ تعریف موضوع و اهداف پروژه

استفاده از یادگیری ماشین و هوش مصنوعی یکی از نیازهای ضروری برای هوشمندسازی خانه است. برای مثال مواردی مانند یادگیری سبک زندگی و ترجیحات افراد خانه، پردازش تصویر چهره‌های تشخیص داده‌شده توسط دوربین‌ها یا زنگ درب تصویری، پردازش صدای تشخیص داده شده توسط میکروفن‌ها، تطبیق اثر انگشت با الگوهای اثر انگشت مجاز در خانه هوشمند نمونه‌هایی از کاربردهای هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در خانه هستند.
سرویس یادگیری ماشین می‌تواند متناسب با نیازهای خانه، داده‌های آموزشی را جمع‌آوری و آماده‌سازی نماید، سپس الگوریتم مناسب را انتخاب کرده و پس از آن از طریق آموزش به مدل یاد می‌دهد که چگونه پیش‌بینی را انجام دهد. پس از آموزش، لازم است مدل به گونه‌ای تنظیم شود که بهترین پیش‌بینی‌های ممکن را انجام دهد. پس از انجام این مراحل لازم است مدل به برنامه کاربردی اضافه شود و برنامه‌کاربردی در یک زیرساخت مقیاس‌پذیر استقرار یابد.

۲۳-۲-۱۰-۲ مراحل اجرا

- بررسی مدل‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق مناسب برای کاربردهای خانه هوشمند
- بررسی نمونه سرویس‌های یادگیری ماشین در ابرهای بزرگ دنیا
- بررسی کتابخانه‌های یادگیری ماشین (مانند کتابخانه متن‌باز TensorFlow)
- استخراج میکروسرویس‌های مرتبط با فرآیند یادگیری ماشین
- شناسایی سرویس‌ها و سیستم‌های خارجی که سرویس یادگیری ماشین با آنها در ارتباط است
- بررسی در رابطه با روش‌های پیاده‌سازی میکروسرویس‌ها و انتخاب روش مناسب
- طراحی میکروسرویس‌ها و APIهای لازم برای سیستم تحلیل
- پیاده‌سازی میکروسرویس‌ها و APIها

۲۳-۲-۱۱ پیاده‌سازی سرویس مدیریت دستگاه‌ها و تجهیزات خانه هوشمند

۲۳-۲-۱۱-۱ تعریف موضوع و اهداف پروژه

این سرویس یک سرویس مدیریتی است که پیکربندی خودکار لوازم و دستگاه‌های خانه هوشمند، پایش سلامت دستگاه‌ها، تشخیص عیب از راه دور، بروزرسانی از راه دور و دسترسی به اطلاعات دستگاه‌ها و امنیت دستگاه‌ها را بر عهده دارد. با توجه به تعدد وظایف این سرویس می‌توان آن را به چند میکروسرویس تقسیم کرد:

- پیکربندی خودکار لوازم و دستگاه‌های هوشمند

این سرویس فرآیند آماده‌سازی دستگاه‌های اینترنت اشیا را به صورت خودکار و بدون نیاز به پیکربندی توسط نیروی انسانی انجام می‌دهد.

- پایش سلامت دستگاه‌ها

سرویس مدیریت دستگاه‌ها آخرین وضعیت هر دستگاه متصل را ذخیره می‌کند و با استفاده از آن می‌توان وضعیت هر دستگاه را در هر زمان خواند یا مقدار جدیدی برای آن تنظیم کرد، همچنین با بررسی مداوم وضعیت دستگاه‌ها آنها را پایش کرد و از سلامت کارکرد آنها اطلاع یافت. علاوه‌براین می‌توان در زمانی که دستگاه متصل نیست به

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

آخرین وضعیت ذخیره‌شده آن دسترسی پیدا کرد و وضعیت جدیدی برای آن تنظیم کرد که به محض متصل شدن دستگاه، این وضعیت جدید در آن اعمال شود.

- تشخیص عیب و بروزرسانی از راه دور

سرویس مدیریت دستگاه‌ها بر سلامت دستگاه‌ها نظارت دارد و در صورت رخ دادن مشکل، از راه دور عیوب دستگاه را تشخیص داده و رفع می‌کند. همچنین با استفاده از این سرویس می‌توان نرم‌افزارها و میان‌افزارها را از راه دور بروزرسانی کرد.

- امنیت دستگاه‌ها

این سرویس به تأمین امنیت دستگاه‌های IoT موجود در خانه کمک می‌کند.به این ترتیب که به طور مداوم تنظیمات تجهیزات موجود در شبکه را با تنظیماتی که ما برای تجهیزات به عنوان شرایط نرمال تعریف کرده‌ایم، مطابقت می‌دهد و در صورت مشاهده عدم تطبیق، اقدامات لازم را انجام می‌دهد. همچنین این سرویس، به نگهداری و اعمال پیکربندی‌های IoT مانند اطمینان از هویت دستگاه و رمزگذاری داده‌های دستگاه‌ها می‌پردازد.

۲-۱۱-۲-۲۳ مراحل اجرا

- استخراج میکروسرویس‌های مرتبط با پیکربندی خودکار، بروزرسانی تجهیزات، پایش سلامت، تشخیص عیب و تأمین امنیت دستگاه‌ها
- شناسایی سرویس‌ها و سیستم‌های خارجی که سرویس مدیریت دستگاه‌ها با آنها در ارتباط است
- بررسی در رابطه با روش‌های پیاده‌سازی میکروسرویس‌ها و انتخاب روش مناسب
- طراحی میکروسرویس‌ها و APIهای لازم برای مدیریت دستگاه‌ها
- پیاده‌سازی میکروسرویس‌ها و APIها

۲-۱۲-۲۳ دسته‌بندی و پیشنهاد پایگاه‌های داده مورد نیاز متناسب با نیازمندی‌های هر یک سرویس‌های خانه هوشمند

۱-۱۲-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه

در صورت استفاده از معماری میکروسرویس در خانه هوشمند، هر سرویس می‌تواند پایگاه داده‌ای متناسب با نیازمندی‌ها و کاربردهای خود داشته باشد. با توجه به تنوع بالای این سرویس‌ها، انتخاب پایگاه داده مناسب از چالش‌های پیاده‌سازی این معماری برای خانه هوشمند خواهد بود.

۲-۱۲-۲-۲۳ مراحل اجرا

- تعیین نیازمندی‌ها، کاربرد و نوع داده مورد استفاده در هر یک از سرویس‌های مورد استفاده در خانه هوشمند (سرویس‌های تحلیل داده، سرویس‌های ذخیره‌سازی و پردازش ویدئو، سرویس‌ها فیلتر داده زمان‌واقعی و ...)
- بررسی پایگاه داده‌های موجود متناسب با کاربردهای مورد نیاز سرویس‌ها
- انتخاب پایگاه داده مناسب به تفکیک برای هر یک از سرویس‌های خانه هوشمند

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲۳-۲-۱۳ بررسی نحوه مدیریت تجهیزات برق و انرژی متناسب با معماری خانه هوشمند

۲۳-۲-۱۳-۱ تعریف موضوع و اهداف پروژه

سیستم مرکزی خانه هوشمند (میکروسرویس در پروژه جاری)، سیستمی گسترده با قابلیت انطباق بالا بوده که می‌تواند برای سایر کاربردها نیز مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از سرویس‌های مختلف برای کاربردهای مختلف در مقیاس کوچک، شامل سرویس‌های زمان‌واقعی، سرویس‌های مرتبط با دستگاه‌های دارای محدودیت، سرویس‌های ویدئو و داده‌های چندرسانه‌ای و ... از دلایل این قابلیت انطباق بالا است. به عنوان مثال با بررسی و اعمال نیازمندی شهر هوشمند در سیستم خانه هوشمند (مانند تعداد بسیار بالای تجهیزات و نیاز به استفاده از CDN و ...)، می‌توان سیستم خانه هوشمند را برای کنترل تجهیزات شهر هوشمند سازگار کرد. از سایر سیستم‌هایی که قابلیت کنترل توسط سیستم پیشنهادی خانه هوشمند را داشته تا بتوان این حوزه را به اینترنت اشیا نزدیک کرد، تجهیزات و سیستم‌های برق و انرژی هستند. بررسی نحوه کنترل این تجهیزات مشابه با کنترل تجهیزات داخل خانه از سایر چالش‌های این حوزه است.

۲۳-۲-۱۳-۲ مراحل اجرا

- بررسی نیازمندی‌های تجهیزات مورد استفاده در صنعت برق و تعیین میکروسرویس‌های مورد نیاز برای کنترل آن‌ها با عنایت به استانداردهای آن‌ها
- بررسی نحوه ارتقای سیستم‌های موجود (مانند سیستم کنترل خاموشی، سیستم مدیریت مشترکین و ...) بر اساس معماری میکرو سرویس و دسترسی به کلیه تجهیزات و سیستم‌های از طریق روش‌های معمول بر بستر اینترنت

۲۳-۲-۱۴ بررسی مسائل امنیتی سیستم‌های نرم‌افزاری خانه هوشمند

۲۳-۲-۱۴-۱ تعریف موضوع و اهداف پروژه

هر سیستم نرم‌افزاری نیازمند بررسی تهدیدات امنیتی مانند حملات، بدافزارها و ... بوده که نیازمند بررسی و ارائه راهکار است. خانه هوشمند نیز از این مسئله مستثنی نبوده و نیاز خواهد بود تا مسائل امنیتی بخش Back-End آن و همچنین هر یک از عناصر خانه هوشمند (دستگاه‌ها، تجهیزات لبه شبکه و ...) از لحاظ امنیتی بررسی شده و راهکارهایی ارائه شوند.

۲۳-۲-۱۴-۲ مراحل اجرا

مراحل اجرای این پروژه می‌توانند شامل موارد زیر باشند:

- دسته‌بندی حوزه‌ها و تجهیزات خانه هوشمند که تهدیدات امنیتی مشترک دارند
- بررسی مشخص کردن تهدیدات هر دسته
- بررسی راهکارهای مقابله با این تهدیدات
- بررسی شرکت‌های ارائه دهنده راهکارهای مقابله با تهدیدات
- جمع‌بندی روش مناسب برای مقابله با تهدیدات (استفاده از سرویس‌هایی مانند Cloud Flare یا پیاده‌سازی در خود پروژه)

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۲۳-۲-۱۵ بررسی روش‌های مورد نیاز برای پیاده‌سازی سیستم‌های چندرسانه‌ای در خانه هوشمند

۲۳-۲-۱۵-۱ تعریف موضوع، محدوده و اهداف پروژه

یکی از سرویس‌های مهم در خانه هوشمند، سرویس‌های چندرسانه‌ای هستند. تجهیزاتی مانند دوربین نظارت داخل و خارج خانه، زنگ درب تصویری، آیفون تصویری، دوربین مراقبت کودک و ... نیازمند سرویسی برای انتقال زمان‌واقعی تصویر (یا ویدئو) (نه در همه سناریوها)، ذخیره ویدئو و یا تصویر و پردازش آن هستند. تحلیل داده‌های چندرسانه‌ای می‌تواند انبوهی از اطلاعات را در اختیار سیستم برای تصمیم‌گیری قرار دهد اما حجیم بودن و ویژگی‌های خاص این داده‌ها، چالش‌های منحصر به فردی را ایجاد خواهد کرد.

۲۳-۲-۱۵-۲ مراحل اجرا

پیاده‌سازی سرویس‌های مرتبط با داده‌های چندرسانه‌ای می‌تواند شامل موارد زیر باشد اما بدون شک محدود به این موارد نخواهد بود.

- تعیین روش‌های مناسب برای هر یک از سرویس‌ها و تجهیزات شامل:
  - پروتکل‌های مناسب برای انتقال
  - سخت‌افزار مورد نیاز برای پردازش داده و بررسی Firmwareهای پشتیبانی‌کننده از Encodingهای ویدئو
  - روش‌های نمایش داده به شکل مناسب به کاربر
  - روش‌های ذخیره‌سازی داده چندرسانه‌ای
  - روش‌های تحلیل و استخراج محتوی از داده‌های چندرسانه‌ای
- پیشنهاد مدل اقتصادی برای نمایش و ذخیره ویدئوهای کاربران
- بررسی مسائل امنیتی

۲۳-۲-۱۶ پیاده‌سازی دستیار صوتی

۲۳-۲-۱۶-۱ تعریف موضوع، محدوده و اهداف پروژه

یکی از موارد مهم در خانه هوشمند، پیاده‌سازی سرویس دستیار صوتی و ارتباط آن با سایر سرویس‌ها خواهد بود. کاربران باید بتوانند اکثر نیازهای خود را از طریق دستیار صوتی برطرف نمایند. دستیار صوتی می‌تواند در مواردی مانند اعلام اعلان و اخطارها، راهنمایی در شرایط اضطرار، پاسخگویی به دستورات کاربران و ... را انجام دهد.

۲۳-۲-۱۶-۲ مراحل اجرا

به منظور پیاده‌سازی سرویس دستیار صوتی راهکارهای متنوعی شامل استفاده از سرویس‌های خارجی مانند دستیار گوگل یا مایکروسافت، استفاده از سرویس‌های داخلی یا پیاده‌سازی کامل سیستم متصور است. بدین منظور این مراحل این پروژه می‌تواند شامل موارد زیر باشند:

- بررسی انواع دستیارهای صوتی و ویژگی‌های آن‌ها
- بررسی نحوه پیاده‌سازی دستیارهای صوتی

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

- ارائه نیازمندی‌های یک دستیار صوتی متناسب با هر یک از سرویس‌های خانه هوشمند
- بررسی شرکت‌های داخلی ارائه‌دهنده دستیار صوتی و ویژگی‌های دستیار آن‌ها

۲۳-۲-۱۷ استخراج مدل کسب‌وکار خانه هوشمند

۲۳-۲-۱۷-۱ تعریف موضوع و اهداف پروژه

یکی از مواردی که در شروع هر کسب‌وکار جدید لازم است در نظر گرفته شود تعیین مدل کسب‌وکار و نحوه کسب درآمد از آن است. مدل کسب‌وکار توصیفی از ارزش‌هایی است که یک شرکت می‌تواند به مشتریان خود ارائه داده و شبکه‌ای از عناصر موثر است که ایجاد، بازاریابی و رساندن این ارزش‌ها را بر عهده دارند. در مدل تجاری، می‌تواند سرمایه‌ای اشتراکی وجود داشته باشد تا جریانی پایدار از سودآوری را ایجاد کند.

۲۳-۲-۱۷-۲ مراحل اجرا

– مشخص کردن ارزش‌ها
– بخش‌بندی مشتریان و انتخاب بازار هدف
– مشخص کردن کانال‌های ارتباط با مشتری
– تعیین مدل درآمد

۲۳-۲-۱۸ پیاده‌سازی سیستم‌های خانه هوشمند

۲۳-۲-۱۸-۱ تعریف موضوع و اهداف پروژه

خانه هوشمند از مجموعه‌ای از سیستم‌ها شامل سیستم‌های امنیت، ایمنی، کنترل روشنایی، تهویه مطبوع، مراقبت از گیاهان، کنترل سلامت و سیستم‌های مرتبط با انرژی تشکیل شده است. سیستم‌های روشنایی، آبیاری و مراقبت از گیاهان و همچنین سیستم ایمنی و تا حدی سیستم‌های امنیت و تهویه مطبوع در رده‌های بالای جذابیت و توانمندی قرار دارد که می‌توان با توجه به اولویت‌هایسازمان پروژه‌هایی برای پیاده‌سازی هر یک از سیستم‌های خانه هوشمند تعریف کرد.

۲۳-۲-۱۸-۲ مراحل اجرا

– تکمیل نیازمندی‌های عملکردی و کیفی سیستم مورد نظر
– طراحی سیستم
– پیاده‌سازی سیستم
– تست و ارزیابی نتایج
– بهبود

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

۱۹-۲-۲۳ بررسی همکارپذیری و تعاملات بین خانه هوشمند با شهر هوشمند

۱-۱۹-۲-۲۳ تعریف موضوع و اهداف پروژه

با توجه به اینکه خانه هوشمند قسمتی از محله هوشمند سپس شهر هوشمند سپس استان هوشمند و در انتها کشور هوشمند هست لازم است سرویس‌های خانه هوشمند به شکلی طراحی شوند که قابلیت مقیاس‌پذیری داشته و بتوانند تعاملات مناسبی با شهر هوشمند برقرار کنند. هدف از این پروژه بررسی روش همکارپذیری و تعاملات خانه هوشمند با شهر هوشمند و سطوح بالاتر مقیاس‌پذیری است.

۲-۱۹-۲-۲۳ مراحل اجرا

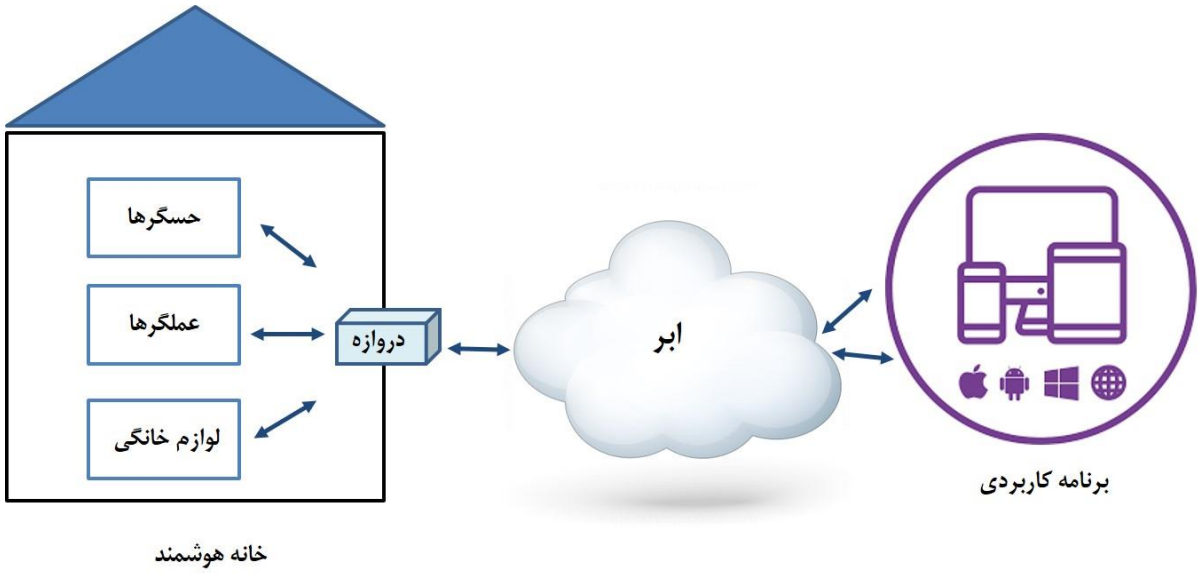
- بررسی در رابطه با مقیاس‌پذیری خانه هوشمند و توسعه سرویس‌ها در سطوح بالاتر
- شناسایی و تکمیل سرویس‌های خانه هوشمند
- شناسایی سرویس‌های شهر هوشمند
- بررسی روش ارتباط سرویس‌ها و نحوه تعاملات آنها با هم

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

نتیجه‌گیری

خانه هوشمند یک محل اقامت مجهز به شبکه ارتباطی، حسگرهای متصل، دستگاه‌ها و لوازم خانگی است که می‌توان از راه دور به آن نظارت و دسترسی داشت و آن را کنترل کرد و متناسب با نیازهای ساکنان‌اش خدماتی را ارائه می‌دهد. از جمله مزایای خانه هوشمند می‌توان به افزایش امنیت، افزایش ایمنی، راحتی و آسایش بیشتر ساکنان خانه، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و افزایش بهره‌وری اشاره نمود. ایجاد خانه هوشمند با چالش‌هایی مانند چالش‌های امنیتی، چالش‌های مرتبط با داده، چالش‌های ارتباطی، همکارپذیری، قابلیت اطمینان و قابلیت استفاده مواجه است که در طراحی و پیاده‌سازی آن باید در نظر گرفته شوند.

ه‌طور کلی می‌توان گفت که خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء ساختاری مطابق شکل ۱-۰ دارد. در این ساختار حسگرها، عملگرها و لوازم خانگی هوشمند در داخل خانه قرار می‌گیرند و با فناوری‌های ارتباطی به دروازه خانه که در لبه شبکه قرار دارد، متصل می‌شوند. دروازه خانه ارتباط تجهیزات داخل خانه با اینترنت و محیط بیرون را برقرار می‌کند و به عنوان مترجمی بین آنها عمل می‌نماید. خانه از طریق دروازه با ابر ارتباط پیدا می‌کند و ذخیره‌سازی و پردازش اطلاعات در محیط ابر صورت می‌گیرد. همچنین برنامه‌های کاربردی سمت کاربر (برنامه گوشی همراه یا برنامه وب و ...) از طریق اینترنت امکان کنترل و نظارت بر خانه را فراهم می‌کنند.



شکل ۱-۰ ساختار کلی خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیاء

به منظور فراهم ساختن امکان تعامل کاربر با خانه هوشمند لازم است برنامه‌های کاربردی توسعه داده شوند. برنامه‌های کاربردی که به این منظور توسعه داده می‌شوند در دو دسته برنامه‌های کاربردی وب و برنامه‌های کاربردی موبایل قابل بررسی هستند. برای توسعه برنامه‌های کاربردی لازم است ابتدا سکوی توسعه انتخاب شود و سپس با توجه به نوع سکو و نیازهای برنامه، از ابزارهای مناسب برای توسعه استفاده شود.

زبان‌های برنامه‌نویسی زیادی از جمله زبان‌های PHP، JavaScript، Python، Ruby، Java، C# و Golang برای توسعه برنامه کاربردی وب مورد استفاده قرار می‌گیرند. ابزارهای مختلفی از جمله ویرایش‌گرها و محیط‌های توسعه یکپارچه (IDE)، خدمت‌دهنده‌های وب، ابزارهای مدیریت محتوا (CMS) و ابزارهای کنترل نسخه برای توسعه وب وجود دارند.

سکوهای موبایل امکان اجرای نرم‌افزارها و سرویس‌ها بر روی دستگاه موبایل را فراهم می‌کنند. Android، iOS، Windows Phone، Bada، BlackBerry OS و Symbian نمونه‌هایی از سکوهای موبایل هستند. در سال ۲۰۱۸ سیستم‌عامل Android

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

بیشترین تعداد کاربران (۸۸٪) را داشته است و بعد از آن سیستم‌عامل iOS با اختصاص ۱۱.۹٪ کاربران به خود، دومین سیستم‌عامل پرکاربرد بوده است. زبان‌های اصلی برای توسعه برنامه‌های بومی Android زبان‌های Java و Kotlin و زبان‌های اصلی توسعه برنامه بومی iOS زبان‌های Objective-C و Swift هستند.

سه رویکرد اصلی برای توسعه برنامه‌های کاربردی موبایل وجود دارد: استفاده از محیط‌های توسعه بومی، بکارگیری محیط‌های توسعه چندسکویی و یا استفاده از محیط‌های توسعه هیبریدی. برنامه‌های کاربردی بومی برنامه‌هایی هستند که توسط زبان بومی هر پلتفرم توسعه داده شده‌اند. Android Studio محیط توسعه بومی برنامه‌های کاربردی Android و XCode محیط توسعه بومی برنامه‌های کاربردی iOS است. رویکرد توسعه نرم‌افزار چندسکویی این امکان را فراهم می‌کند که برنامه‌نویس، برنامه را با استفاده از یک زبان یا مجموعه ابزار بسازد و بتواند با استفاده از آن ابزار، نسخه‌های قابل اجرا در سیستم‌عامل‌های مختلف را تولید کند. محیط‌های توسعه Xamarin، React Native وFlutter نمونه‌هایی از محیط‌های توسعه چندسکویی هستند. برنامه‌های کاربردی هیبریدی نوع خاصی از برنامه‌های چندسکویی هستند که در آنها یک برنامه کاربردی موبایل ایجاد می‌شود که در داخل آن یک برنامه وب قرار دارد. برنامه‌های هیبریدی مانند برنامه‌های وب با استفاده از JavaScript، HTML و CSS ساخته می‌شوند. محیط‌های توسعه Apache Cordova، Adobe PhoneGap و Ionic نمونه‌هایی از محیط‌های توسعه هیبریدی هستند.

کنترل از راه دور و کنترل خودکار اهمیت بالایی در مفهوم خانه هوشمند دارند. هر چند که با اینترنت اشیا تا حد زیادی این موقعیت فراهم شده است اما به کمک ابر انعطاف‌پذیری در کنترل خانه بسیار بیشتر شده و در نتیجه کارایی دستگاه‌ها افزایش می‌یابد. سرویس‌های احراز هویت و کنترل دسترسی، مدیریت دستگاه‌ها، تحلیل محلی داده‌ها در لبه شبکه، انتقال دوطرفه پیام بین ابر و دستگاه‌ها، تشخیص و پاسخ‌گویی به رویدادها، تحلیل داده‌ها، هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، محاسبات و پردازش، ذخیره‌سازی و مدیریت پایگاه داده از جمله سرویس‌های مورد نیاز در خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا هستند. تعدادی از این سرویس‌ها مانند احراز هویت و کنترل دسترسی، انتقال دوطرفه پیام، پردازش، ذخیره‌سازی و مدیریت پایگاه داده توسط ابرهای ایرانی قابل ارائه هستند. برای راه‌اندازی سایر سرویس‌های مورد نیاز در خانه هوشمند لازم است زیرساخت مناسبی برای راه‌اندازی ابر سازمانی فراهم شود. فراهم ساختن مرکز داده، زیرساخت شبکه، اتصال به اینترنت، زیرساخت پردازشی، سیستم‌های ذخیره‌سازی، سیستم‌های نرم‌افزاری و مدیریتی ابر و استرتژی‌هایی برای پشتیبان‌گیری از اطلاعات و سیستم‌ها، بازیابی پس از حادثه و استمرار عملیات از جمله زیرساخت‌های مورد نیاز برای ایجاد ابر سازمانی هستند.

به منظور نظارت و کنترل خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا لازم است از بوردهای سازگار با ویژگی‌های اینترنت اشیا استفاده شود. این بوردها ارزان قیمت بوده و مصرف کم، قابلیت ارتباط از طریق پروتکل‌های متنوع، گستردگی حسگرها و عملگرهای قابل اتصال به آن‌ها و سهولت برنامه‌ریزی از جمله ویژگی‌های آنها می‌باشد. بوردهای خانواده رزبری‌پای، آردوینو و nRF از جمله بوردهای الکترونیکی آماده جهت توسعه سیستم‌های IoT هستند که می‌توانند برای ساخت Prototype خانه هوشمند و بررسی عملکرد سیستم طراحی‌شده مناسب باشند.

یکی دیگر از اجزایی که لازم است در طراحی خانه هوشمند در نظر گرفته شود، دروازه خانه هوشمند است. دروازه خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا، کامپیوتری با سیستم‌عامل است که بسته‌های ورودی در آن تا هر کدام از ۷ لایه OSI قابلیت بازگشایی داشته و حتی قابلیت تحلیل داده‌های موجود در بسته‌ها و ارسال نتایج تحلیل به جای خود داده در آن وجود دارد. دروازه می‌تواند شامل چهار بخش مدیریت دستگاه‌ها، امنیت دستگاه‌ها، ارتباطات دستگاه‌ها و عملیات داده‌ها باشد. بخش مدیریت دستگاه‌ها وظایفی مانند آماده‌سازی دستگاه‌ها، تغییر تنظیمات، بروزرسانی، پایش خطاها و ارائه خدمات کشف دستگاه‌ها را بر عهده دارد. وظایفی مانند مدیریت صحت و محتوای برنامه‌ها، تصدیق از راه دور، ارائه فضای ذخیره‌سازی امن و رمزشده، احراز هویت و کنترل دسترسی، مدیریت گواهی و ارائه SSL/TLS و ارائه امضای دیجیتال توسط بخش امنیت دستگاه‌ها انجام می‌شوند. بخش ارتباطات دستگاه‌ها در دروازه به کارهایی مانند تبدیل پروتکل‌های لایه‌های مختلف، ارائه انواع روش‌های انتقال داده تحت شبکه

DOI: 10.30503/nripress.2020.298

و خارج از شبکه، ارائه روش دسترسی به دستگاه‌ها و خدمات پل‌ها، مسیریاب‌ها، هاب و سوئیچ‌ها می‌پردازد. فعالیت‌هایی مانند کنترل جریان داده و فیلتراسیون، ذخیره و تحلیل داده‌ها عملیات پردازش لبه و پردازش مه در بخش عملیات داده‌ها صورت می‌گیرند.

به منظور برقراری ارتباط بین دستگاه‌ها و دروازه نیاز به استفاده از فناوری‌های ارتباطی است. به طور کلی می‌توان فناوری‌های ارتباطی را به دو دسته سیمی و بی‌سیم تقسیم نمود. فناوری‌هایی مانند NFC، RFID، Bluetooth، Zigbee، WiFi و LiFi از جمله فناوری‌های بی‌سیم قابل استفاده در خانه هوشمند هستند. همچنین فناوری‌های سیمی مانند KNX و X10 در خانه‌های هوشمند مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در سال‌های اخیر استفاده از فناوری‌های ارتباطی بی‌سیم با توجه به مزایایی مانند عدم نیاز به کابل‌کشی، سهولت بروزرسانی شبکه و تجهیزات، سادگی پیدا کردن محل قطعی یا خرابی در شبکه و ... مورد توجه قرار گرفته است و اغلب خانه‌های هوشمند مدرن از فناوری‌های Bluetooth و WiFi برای اتصال تجهیزات استفاده کرده‌اند.

یکی دیگر از نکات مورد توجه در زیرساخت خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا، استفاده از پروتکل‌های کاربرد مناسب برای انتقال داده‌ها است. پروتکل‌های HTTP، CoAP، MQTT، WebSocket، XMPP و DDS از جمله پروتکل‌های مورد استفاده در لایه کاربرد شبکه‌های اینترنت اشیا هستند. تفاوت‌های این پروتکل‌ها در ویژگی‌هایی مانند مدل انتقال داده (Publish/Subscribe یا Request/Respose)، Stateful یا Stateless بودن، ارسال به صورت Best-Effort یا Reliable، پارامترهای کیفیت سرویس مانند میزان اتلاف، تأخیر و jitter است که هر یک از این پروتکل‌ها را برای کاربردهای متفاوت در اینترنت اشیا و خانه هوشمند، مناسب می‌سازد.

توسعه خانه هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا فرصت‌های جدید اقتصادی را فراهم کرده و همچنین با ریسک‌های اقتصادی مواجه است. از جمله فرصت‌های جدید اقتصادی می‌توان به بهبود سیستم‌های پاسخ تقاضا و مدیریت مصرف، درآمدزایی برای ساکنان خانه، اشتغال‌زایی و ایجاد و رشد Statupها، صادرات برق مازاد حاصل از صرفه‌جویی به کشورهای همسایه، کاهش هزینه‌های بیمه‌ها (درمان، عمر، آتش‌سوزی و ...) و رشد تولیدات داخلی در کشور اشاره نمود. عدم اعتماد افراد به خانه هوشمند، تضاد بین ویژگی‌ها و قابلیت‌های خانه هوشمند با قوانین کشور، تحریم و عدم دسترسی به سخت‌افزار لازم، تورم و کاهش قدرت خرید مردم، انتخاب مدل درآمدی نامناسب و مسائل حقوقی و بیمه‌ای از چمله ریسک‌های اقتصادی خانه هوشمند هستند.

مراجع

[1] M. Alaa, A. Zaidan, B. Zaidan, M. Talal and M. Kiah, "A Review of Smart Home Applications based on Internet of Things," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 97, pp. 48-65, 2017.

[2] D. Mocrii, Y. Chen and P. Musilek, "IoT-based smart homes: A review of system architecture, software, communications, privacy and security," *Internet of Things*, Vols. 1-2, pp. 81-98, 2018.

[3] S. J. Darby, "Smart technology in the home: time for more clarity," *Building Research & Information*, vol. 46, no. 1, 2017.

[4] N. Balta-Ozkan, B. Boteler and O. Amerighi, "European smart home market development: Public views on technical and economic aspects across the United Kingdom, Germany and Italy," *Energy Research & Social Science*, vol. 3, pp. 65-77, 2014.

[5] M. De Groote, J. Volt and F. Bean, "Is Europe ready for the smart buildings revolution?," Building Performance Institute Europe (BPIE)., 2017.

[6] K. Moser, J. Harder and S. G. M. Koo, "Internet of Things in Home Automation and Energy Efficient Smart Home Technologies," in *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, San Diego, CA, USA , 2014.

[7] C. Wilson, T. Hargreavesb and R. Hauxwell-Baldwinb, "Benefits and risks of smart home technologies," *Energy Policy*, vol. 103, pp. 72-83, 2017.

[8] W. Ali, G. Dustgeer, M. Awais and M. Ali Shah, "IoT based Smart Home: Security Challenges, Security Requirements and Solutions," in *23rd International Conference on Automation & Computing*, Huddersfield, UK, 2017.

[9] Y. Meng, W. Zhang, H. Zhu and X. Shen, "Securing Consumer IoT in the Smart Home: Architecture, Challenges, and Countermeasures," *IEEE Wireless Communications*, vol. 25, no. 6, pp. 53 - 59, 2018.

[10] A. K. Ray and R. Roshan, "Issues, Challenges and Application of Big Data in Smart Home," in *International Conference on "Computer Systems & Mathematical Sciences" (ICCSMS 2016)*, 2016.

[11] K. Bouchard and S. Giroux, "Smart homes and the challenges of data," in *8th ACM International Conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments* , Corfu, Greece, 2015.

[12] Y.-T. Lee, H. Wei-Hsuan, Y.-S. Lin and S.-C. T. Chou, "Privacy-Preserving Data Analytics in Cloud-Based Smart Home with Community Hierarchy," *IEEE Transactions on Consumer Electronics,* vol. 6, no. 2, pp. 200-207, 2017.

[13] S. Issac Samuel, "A Review of Connectivity Challenges in IoT-Smart Home," in *3rd MEC International Conference on Big Data and Smart City*, Muscat, Oman, 2016.

[14] "What is a Connected Home?," [Online]. Available: https://aws.amazon.com/iot/solutions/connected-home/. [Accessed 20 02 2019].

[15] B. Mitchell, "Introduction to the Connected Home," 30 November 2018. [Online]. Available: https://www.lifewire.com/introduction-to-connected-home-817684. [Accessed 20 02 2019].

[16] Build Smarter Products with AWS IoT (IOT IN THE CONNECTED HOME), Amazon, 2018.

[17] "Nest thermostats," [Online]. Available: https://nest.com/thermostats/. [Accessed 27 February 2019].

[18] "NEst cameras," [Online]. Available: https://nest.com/cameras/. [Accessed 27 February 2019].

[19] "Nest cam IQ outdoor," [Online]. Available: https://nest.com/cameras/nest-cam-iq-outdoor/tech-specs/.

[20] "Nest hello," [Online]. Available: https://nest.com/doorbell/nest-hello/overview/.

[21] "Nest Secure," Nest, [Online]. Available: https://nest.com/alarm-system. [Accessed 27 February 2019].

[22] "Nest Connect," Nest, [Online]. Available: https://store.nest.com/product/nest-connect/H17000EF. [Accessed 27 February 2019].

[23] "Nest X Yale Lock," Nest, [Online]. Available: https://nest.com/lock/nest-yale-lock-key-free-smart-lock/overview/.

[24] "Nest Protect," [Online]. Available: https://nest.com/smoke-co-alarm/overview/.

[25] "About the Nest API," [Online]. Available: https://developers.nest.com/guides/get-started.

[26] "Nest App," [Online]. Available: https://nest.com/app/.

[27] "Nest App," [Online]. Available: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.nest.android.

[28] G. H. Hub. [Online]. Available: https://mannequin.storage.googleapis.com/2018/exports/2019-02-21/_estelle-overview/estelle-overview-p1-pdp-hero-tall-copy-centered-desktop-video-1.mp4.

[29] "Google Home Hub," [Online]. Available: https://store.google.com/us/product/google_home_hub?hl=en-US.

[30] "Google Home," [Online]. Available: https://store.google.com/product/google_home.

[31] "Google Home Mini," [Online]. Available: https://store.google.com/product/google_home_mini_specs.

[32] "Google Home Max," [Online]. Available: https://store.google.com/us/product/google_home_max?hl=en-US.

[33] "Google Wifi," [Online]. Available: https://store.google.com/us/product/google_wifi_learn?hl=en-US.

[34] "AmazonBasics Microwave," [Online]. Available: https://www.amazon.com/gp/product/B07894S727/ref=s9_acss_bw_cg_shedggi_4a1_w?pf_rd_m=ATVPDKIKX0DER&pf_rd_s=merchandised-search-1&pf_rd_r=F31DY600RM01A6286RM1&pf_rd_t=101&pf_rd_p=7aca658b-a11e-49f8-b7fc-76d1c969d7e8&pf_rd_i=18361336011.

[35] "Echo Wall Clock," [Online]. Available: https://www.amazon.com/gp/product/B07FQDMKFT/ref=s9_acss_bw_cg_shedggi_5b1_cta_w?pf_rd_m=ATVPDKIKX0DER&pf_rd_s=merchandised-search-1&pf_rd_r=F31DY600RM01A6286RM1&pf_rd_t=101&pf_rd_p=7aca658b-a11e-49f8-b7fc-76d1c969d7e8&pf_rd_i=18361336011.

[36] "Rachio 3," [Online]. Available: https://www.rachio.com/rachio-3/.

[37] B. Fagioli, "Rachio launches smart 'Wireless Flow Meter' to detect sprinkler leaks," [Online]. Available: https://betanews.com/2018/06/24/rachio-wireless-flow-meter/.

[38] "Wireless Flow Meter," [Online]. Available: https://www.rachio.com/wireless-flow-meter/.

[39] "Your yard and goals, connected," [Online]. Available: https://www.rachio.com/app/.

[40] "Mi Bedside Lamp," [Online]. Available: https://www.mi.com/us/mi-bedside-lamp/.

[41] "Yeelight LED Light Bulb (Color)," [Online]. Available: https://www.mi.com/us/yeelight-led-light-bulb/.

[42] "Mi LED Desk Lamp," [Online]. Available: https://www.mi.com/us/smartlamp/.

[43] "Mi Smart Plug," [Online]. Available: https://www.mi.com/us/mj-socket/.

[44] "Mi Home Security Camera," [Online]. Available: https://www.mi.com/us/mi-home-security-camera/#overall.

[45] "Roborock S5," [Online]. Available: https://en.roborock.com/pages/roborock-s5.

[46] "Kasa Smart Wi-Fi Plug with Energy Monitoring," [Online]. Available: https://www.tp-link.com/uk/products/details/cat-5258_HS110.html#overview.

[47] "Kasa Smart Light Bulb, Multicolor," [Online]. Available: https://www.tp-link.com/uk/products/details/cat-5609_KL130.html.

[48] "Kasa Cam," [Online]. Available: https://www.tp-link.com/uk/products/details/cat-19_KC120.html.

[49] "WINK Hub 2," [Online]. Available: https://www.wink.com/products/wink-hub-2/.

[50] [Online]. Available: https://www.wink.com/products/bali-rts-motorized-window-treatments/#requirements.

[51] "Bali 2 in. Faux Wood Blinds," [Online]. Available: https://blinds.homedepot.com/p/bali-2-in-faux-wood-blinds/205177030.

[52] "Gardinier wink enabled ceiling fan," [Online]. Available: https://www.wink.com/products/gardinier-wink-enabled-ceiling-fan/#specs.

[53] "Rheem Econet water heater," [Online]. Available: https://www.wink.com/products/rheem-econet-water-heaters/#specs.

[54] "leviton decora smart in wall dimmer," [Online]. Available: https://www.wink.com/products/leviton-decora-smart-in-wall-dimmer/.

[55] "پریز توکار," [Online]. Available: http://www.digifaraz.com/product/156/%D9%BE%D8%B1%DB%8C%D8%B2-%D8%AA%D9%88%DA%A9%D8%A7%D8%B1.

[56] "پنل لمسی," [Online]. Available: http://www.digifaraz.com/product/167/%D9%BE%D9%86%D9%84-%D9%84%D9%85%D8%B3%DB%8C-2017.

[57] "پنل کولر," [Online]. Available: http://www.digifaraz.com/product/170/%D9%BE%D9%86%D9%84-%DA%A9%D9%88%D9%84%D8%B1.

[58] "کنترلر مرکزی آسانه مدلActive," [Online]. Available: http://asanehfaraz.com/server-active/.

[59] "بلاستر IR," [Online]. Available: http://asanehfaraz.com/ir-blaster/.

[60] "گجت آبیاری با تایمر," [Online]. Available: http://www.digifaraz.com/product/161/%DA%AF%D8%AC%D8%AA-%D8%A2%D8%A8%DB%8C%D8%A7%D8%B1%DB%8C-%D8%A8%D8%A7-%D8%AA%D8%A7%DB%8C%D9%85%D8%B1.

[61] "درگاه خانه و ساختمان," [Online]. Available: http://iot.farinehtech.com/home-gateway/.

[62] "سیستم خانه هوشمند," [Online]. Available: http://iot.farinehtech.com/wp-content/uploads/pdf/BSH2.pdf.

[63] "IFTTT," [Online]. Available: https://ifttt.com/.

[64] "This is Sense," [Online]. Available: https://sense.com/.

[65] "Sense," [Online]. Available: https://www.youtube.com/embed/oe-jlHInQHA?feature=oembed&start&end&wmode=opaque&loop=0&controls=1&mute=0&rel=0&modestbranding=1.

[66] "Server-side web frameworks," 24 Feb 2019. [Online]. Available: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Server-side/First_steps/Web_frameworks.

[67] D. Brovkin, "Best 10 Programming Languages to learn in 2018," [Online]. Available: https://medium.com/swlh/best-10-programming-languages-to-learn-in-2018-2d6cbc5ffc2a.

[68] A. Englander, "What are the pros and cons of using PHP?," [Online]. Available: https://www.quora.com/What-are-the-pros-and-cons-of-using-PHP.

[69] "Advantages and Disadvantages of JavaScript," [Online]. Available: https://guide.freecodecamp.org/javascript/advantages-and-disadvantages-of-javascript/.

[70] S. Songire, "What are the pros and cons of Node.js?," [Online]. Available: https://www.quora.com/What-are-the-pros-and-cons-of-Node-js.

[71] "Is Node.js really better than PHP? Let’s go Through the Pros and Cons," [Online]. Available: https://datafloq.com/read/is-nodejs-better-than-php-pros-cons/5297.

[72] 1. Danish, "Best Programming Languages for Web Development in 2018," [Online]. Available: https://medium.com/@100danish/best-programming-languages-for-web-development-in-2018-so-far-aaa90204c8cb.

[73] "What Is Ruby Used For?," [Online]. Available: https://mixandgo.com/learn/what-is-ruby-used-for.

[74] "Pros and Cons of Ruby on Rails," [Online]. Available: https://sloboda-studio.com/blog/pros-and-cons-of-ruby-on-rails/.

[75] "The Good and the Bad of Java Programming," [Online]. Available: https://www.altexsoft.com/blog/engineering/pros-and-cons-of-java-programming/.

[76] "Pros and Cons of Using C# as Your Backend Programming Language," [Online]. Available: https://agilites.com/pros-and-cons-of-using-c-as-your-backend-programming-language.html.

[77] "What is golang good for?," [Online]. Available: https://www.quora.com/What-is-golang-good-for.

[78] "The beauty of Go," [Online]. Available: https://hackernoon.com/the-beauty-of-go-98057e3f0a7d.

[79] "Why should you learn Go?," [Online]. Available: https://medium.com/@kevalpatel2106/why-should-you-learn-go-f607681fad65.

[80] "Here are the best programming languages to learn in 2018," [Online]. Available: https://medium.freecodecamp.org/best-programming-languages-to-learn-in-2018-ultimate-guide-bfc93e615b35.

[81] [Online]. Available: https://cdn-images-1.medium.com/max/2560/1*SrEWWwpIkIS-NrjkMNDAeA.jpeg.

[82] B. Peabody, "Server-side I/O Performance: Node vs. PHP vs. Java vs. Go," [Online]. Available: https://www.toptal.com/back-end/server-side-io-performance-node-php-java-go.

[83] R. Ray, "Why AngularJS is my preferred framework for software development?," 16 July 2018. [Online]. Available: https://medium.freecodecamp.org/why-is-angularjs-the-most-preferred-framework-for-software-development-5253c2c569c9.

[84] "FEATURES & BENEFITS," [Online]. Available: https://angular.io/features.

[85] "AngularJS Tutorial," [Online]. Available: https://www.w3schools.com/angular/.

[86] "Plain old Java object," [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Plain_old_Java_object.

[87] "Bootstrap," [Online]. Available: https://getbootstrap.com/.

[88] "Bootstrap (front-end framework)," [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Bootstrap_(front-end_framework).

[89] "Bootstrap and its Features," [Online]. Available: https://dzone.com/articles/bootstrap-and-its-features.

[90] "Foundation (framework)," [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Foundation_(framework).

[91] "Foundation," [Online]. Available: https://foundation.zurb.com/.

[92] "Bootstrap vs. Foundation: Which Framework Is Right for You?," [Online]. Available: https://www.upwork.com/hiring/development/bootstrap-vs-foundation-which-framework-is-right-for-you/.

[93] "Semantic UI," [Online]. Available: https://semantic-ui.com/.

[94] "Twitter Bootstrap vs. Semantic UI," [Online]. Available: https://www.upwork.com/hiring/development/twitter-bootstrap-vs-semantic-ui/.

[95] T. R. Software, "PHP Framework Comparison 2018: CodeIgniter vs Laravel vs Yii vs CakePHP," 10 July 2017. [Online]. Available: https://medium.com/@therightsw.com/php-framework-comparison-2017-codeigniter-vs-laravel-vs-yii-vs-cakephp-d2a6d4dd0fb7.

[96] "Google Trends," [Online]. Available: https://trends.google.com/trends/explore?date=all&q=Laravel,%2Fm%2F09t3sp,Yii%20PHP,%2Fm%2F02qgdkj,Zend.

[97] "BESTWEBFRAMEWORKS," [Online]. Available: https://www.bestwebframeworks.com/compare-web-frameworks/php/.

[98] "10 BEST NODE.JS FRAMEWORKS IN 2018," 16 05 2018 . [Online]. Available: https://da-14.com/blog/10-best-nodejs-frameworks.

[99] D. Breaker, "Rails::API vs. Sinatra vs. Grape: which Ruby microframework is right for you?," 20 February 2017. [Online]. Available: https://scoutapm.com/blog/rails-api-vs-sinatra-vs-grape-which-ruby-microframework-is-right-for-you.

[100] J. Hudgens, "Rails vs. Sinatra Frameworks," [Online]. Available: https://devcamp.com/site_blogs/rails-vs-sinatra-frameworks.

[101] "Flask vs Django," 03 May 2018. [Online]. Available: http://www.mindfiresolutions.com/blog/2018/05/flask-vs-django/.

[102] "Some of The Best Websites Developed using Django framework," 9 August 2016. [Online]. Available: http://www.allaboutweb.biz/some-of-the-best-websites-developed-using-django-framework/.

[103] K. Sandoval, "7 Frameworks To Build A REST API In Go," 29 March 2018. [Online]. Available: https://nordicapis.com/7-frameworks-to-build-a-rest-api-in-go/.

[104] E. Marinescu, "Top 6 web frameworks for Go as of 2017," 15 November 2017. [Online]. Available: https://blog.usejournal.com/top-6-web-frameworks-for-go-as-of-2017-23270e059c4b.

[105] "Awesome Web Frameworks for Gophers," [Online]. Available: https://github.com/speedwheel/awesome-go-web-frameworks/blob/master/README.md#popularity.

[106] "Choose between ASP.NET 4.x and ASP.NET Core," [Online]. Available: https://docs.microsoft.com/en-us/aspnet/core/fundamentals/choose-aspnet-framework?view=aspnetcore-2.2.

[107] "ASP.NET," [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/ASP.NET.

[108] "ASP.NET MVC vs. Django," [Online]. Available: http://vschart.com/compare/asp-net-mvc-framework/vs/django-framework.

[109] "Benchmarking the request time of Laravel, ASP.NET Core and Django," [Online]. Available: https://medium.com/@jamesjudd_21057/benchmarking-the-request-time-of-laravel-asp-net-core-and-django-7c1c3e9663d.

[110] "Top Framework Technologies," [Online]. Available: https://www.similartech.com/categories/framework.

[111] "Top 13 ASP.NET Core Features You Need to Know," [Online]. Available: https://stackify.com/asp-net-core-features/.

[112] "top 7 best free web development ide for javascript html and css," [Online]. Available: https://ourcodeworld.com/articles/read/200/top-7-best-free-web-development-ide-for-javascript-html-and-css.

[113] B. Keeton, "The 11 Best Code Editors for 2019," January 2019. [Online]. Available: https://www.elegantthemes.com/blog/resources/best-code-editors.

[114] "Microsoft Visual Studio," [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio.

[115] "PyCharm REVIEW," [Online]. Available: https://reviews.financesonline.com/p/pycharm/.

[116] "The Best Code Editor is the One That Works for You," [Online]. Available: https://learning.linkedin.com/blog/tech-tips/the-best-code-editor-is-the-one-that-works-for-you.

[117] "7 Best Python IDEs for 2019," [Online]. Available: https://learn.g2crowd.com/python-ide.

[118] W. Morris, "8 Best CMS Platforms to Start a Website in 2019," 5 Feb 2019. [Online]. Available: https://www.hostinger.com/tutorials/best-cms.

[119] "CMS comparison 2018/2019: The most popular open source systems," [Online]. Available: https://www.ionos.com/digitalguide/hosting/cms/cms-comparison-a-review-of-the-best-platforms/.

[120] "Best Content Management System – WordPress Vs Joomla Vs Drupal," [Online]. Available: https://makeawebsitehub.com/compare/content-management-system-cms-comparison/.

[121] "Performance Comparison: Apache vs. IIS," February 2017. [Online]. Available: http://www.devx.com/webdev/performance-comparison-apache-vs.-iis.html.

[122] "Apache HTTP Server," [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Apache_HTTP_Server.

[123] "Nginx : The Best HTTP Server ?," [Online]. Available: https://www.globo.tech/learning-center/nginx-the-best-http-server/.

[124] "The Fastest Webserver?," November 2011. [Online]. Available: https://www.webperformance.com/load-testing-tools/blog/2011/11/what-is-the-fastest-webserver/.

[125] "Comparison of the usage of Apache vs. Nginx vs. Microsoft-IIS for websites," 12 May 2019. [Online]. Available: https://w3techs.com/technologies/comparison/ws-apache,ws-microsoftiis,ws-nginx.

[126] "15 BEST Version Control Software (Source Code Management Tools)," [Online]. Available: https://www.softwaretestinghelp.com/version-control-software/.

[127] "Git service providers comparison," 2019. [Online]. Available: https://blog.frankel.ch/git-service-providers-comparison/.

[128] "GitHub vs. Bitbucket vs. GitLab vs. Coding," [Online]. Available: https://medium.com/flow-ci/github-vs-bitbucket-vs-gitlab-vs-coding-7cf2b43888a1.

[129] "Global mobile OS market share in sales to end users from 1st quarter 2009 to 2nd quarter 2018," [Online]. Available: https://www.statista.com/statistics/266136/global-market-share-held-by-smartphone-operating-systems/.

[130] "Mobile Operating Systems (Mobile OS) Explained," 2018. [Online]. Available: https://www.webopedia.com/DidYouKnow/Hardware_Software/mobile-operating-systems-mobile-os-explained.html.

[131] G. Kadambari, . K. Zi Han, S. Girish Tilak, V. Viet and Q. Huong, "Mobile Platform," in *A Fresh Graduate's Guide to Software Development Tools and Technologies*, National University of Singapore, 2012.

[132] I. Krajci and D. Cummings, "History and Evolution of the Android OS," in *Android on x86*, Berkeley, CA, Apress, 2013.

[133] "Android version history," [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Android_version_history.

[134] A. Sinicki, "I want to develop Android Apps — What languages should I learn?," August 2019. [Online]. Available: https://www.androidauthority.com/develop-android-apps-languages-learn-391008/.

[135] [Online]. Available: https://www.zoomit.ir/2013/11/29/4474/ios-history/.

[136] "IPhone App Development Essentials," October 2016. [Online]. Available: https://www.techotopia.com/index.php/IPhone_App_Development_Essentials.

[137] M. Chand, "Best Programming Language for iOS App Development," Febuary 2019. [Online]. Available: https://www.c-sharpcorner.com/article/best-programming-language-for-ios-app-development/.

[138] "Native, Web, Hybrid or Cross-Platform App: What's the difference?," [Online]. Available: https://coteries.com/2019/06/03/native-web-hybrid-or-cross-platform-app-whats-the-difference/. [Accessed 2019].

[139] A. Sinicki, "10 completely different IDEs and methods for making Android apps," [Online]. Available: https://www.androidauthority.com/10-completely-different-ides-and-methods-for-making-android-apps-701584/ . [Accessed 2019].

[140] XCode. [Online]. Available: https://apps.apple.com/us/app/xcode/id497799835. [Accessed 2019].

[141] A. Goyal, "Detailed comparison between Flutter, Xamarin & React Native," 21 2 2019. [Online]. Available: https://www.octalsoftware.com/blog/flutter-vs-xamarin-vs-react-native.

[142] "Apache Cordova," [Online]. Available: https://cordova.apache.org.

[143] "Adobe PhoneGap," [Online]. Available: https://phonegap.com.

[144] "Apache Cordova Overview," The Apache Software Foundation, [Online]. Available: https://cordova.apache.org/docs/en/latest/guide/overview/. [Accessed 2019].

[145] A. Trice, "PhoneGap Explained Visually," 02 05 2012. [Online]. Available: https://phonegap.com/blog/2012/05/02/phonegap-explained-visually/.

[146] "The Good and the Bad of Ionic Mobile Development," 21 05 2019. [Online]. Available: https://www.altexsoft.com/blog/engineering/the-good-and-the-bad-of-ionic-mobile-development/.

[147] S. Korolev, "Mobile App Development Approaches Explained," 19 6 2019. [Online]. Available: https://railsware.com/blog/native-vs-hybrid-vs-cross-platform/.

[148] J. Clement, "Mobile apps user retention rate 2012-2019," Statista, 2019. [Online]. Available: https://www.statista.com/statistics/751532/worldwide-application-user-retention-rate/.

[149] "Flutter vs React Native vs Xamarin for Cross Platform Development, September 18th 2018," 18 09 2018 . [Online]. Available: https://hackernoon.com/flutter-vs-react-native-vs-xamarin-for-cross-platform-development-5f92cfb178ff.

[150] "Ionic vs PhoneGap," [Online]. Available: https://www.slideshare.net/Mobiloitte/ionic-vs-phonegap?qid=f459cacb-5936-4c48-bf80-352628b22162&v=&b=&from_search=1.

[151] "Ionic vs. PhoneGap," 2 5 2018. [Online]. Available: https://binariks.com/blog/tools/ionic-vs-phonegap/.

[152] "Main features of the SmartThings Classic app," [Online]. Available: https://support.smartthings.com/hc/en-us/articles/205379854-Main-features-of-the-SmartThings-Classic-app.

[153] "Connect Your Family Hub Refrigerator Using the SmartThings App," [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=NyICIEVeU70.

[154] "SmartThings," [Online]. Available: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.samsung.android.oneconnect.

[155] "Stringify," [Online]. Available: https://www.stringify.com/.

[156] "Stringify," [Online]. Available: https://search.stringify.com/things.

[157] "Stringify," [Online]. Available: https://www.stringify.com/controls/.

[158] "Google Home," [Online]. Available: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.chromecast.app&hl=en.

[159] "Full Tour of the NEW Google Home App," [Online]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=ICOmPm5xtzk.

[160] "Home Graph," [Online]. Available: https://developers.google.com/actions/smarthome/concepts/homegraph.

[161] "Vivint Smart Home," [Online]. Available: https://www.vivint.com/products/app.

[162] "Vivint Smart Home," [Online]. Available: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vivint.vivintsky&hl=en_US.

[163] "Wink - Smart Home," [Online]. Available: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.quirky.android.wink.wink&hl=en_US.

[164] "Wink API," [Online]. Available: https://winkapiv2.docs.apiary.io/#reference/subscriptions/get-blind.

[165] "Getting Started with Your Xfinity Home Subscriber Portal," [Online]. Available: https://www.xfinity.com/support/articles/secure-getting-started-web-portal.

[166] "Your home at your command," [Online]. Available: https://www.apple.com/ios/home/.

[167] P. Mell and T. Grance, "The NIST definition of Cloud computing". Patent NIST Special Publication 800-145, 2011.

[168] S. Subashini and V. Kavitha, "A survey on security issues in service delivery models of Cloud computing," *Journal of Network and Computer Applications,* vol. 34, no. 1, 2011.

[169] . A. Botta, W. Donato, V. Persico and A. Pescapé, "Integration of cloud computing and internet of things: a survey," *Future Generation Computer Systems,* vol. 56, p. 684–700, 2016.

[170] "Cloud computing: The evolution of software as a service," [Online]. Available: https://news.wpcarey.asu.edu/20080604-cloud-computing-evolution-software-service. [Accessed 2019].

[171] S. Lohr, "Google and I.B.M. Join in 'Cloud Computing' Research," 2007. [Online]. Available: https://www.nytimes.com/2007/10/08/technology/08cloud.html. [Accessed 2019].

[172] P. Nickolov, B. Armijo and V. Miloushev, "Globally distributed utility computing cloud". United States Patent US8429630B2, 2013.

[173] "Cloud computing," [Online]. Available: https://rubygarage.org/blog/iaas-vs-paas-vs-saas.

[174] "Cloud computing," [Online]. Available: https://www.zdnet.com/article/what-is-cloud-computing-everything-you-need-to-know-from-public-and-private-cloud-to-software-as-a/.

[175] N. Leavitt, "Is Cloud Computing Really Ready for Prime Time?," *Computer,* vol. 42, no. 1, pp. 15 - 20, 2009.

[176] M. Rouse, "cloud computing," [Online]. Available: https://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/cloud-computing. [Accessed 2019].

[177] "Smart Home Trend," [Online]. Available: https://trends.google.com/trends/explore?date=all&q=Smart%20Grid,Smart%20Home,Internet%20of%20Things.

[178] "Cloud IoT Trend," [Online]. Available: https://trends.google.com/trends/explore?date=2010-09-22%202019-10-22&q=Cloud%20IoT.

[179] K. Lee, D. Murray, D. Hughes and W. Joosen, "Extending sensor networks into the cloud using amazon web services," in *IEEE International Conference on Networked Embedded Systems for Enterprise Applications*, Suzhou, China, 2010.

[180] A. Zaslavsky, C. Perera and D. Georgakopoulos, "Sensing as a Service and Big Data," *arXiv:1301.0159,* 2013.

[181] "Smart Home Cloud Trend," [Online]. Available: https://trends.google.com/trends/explore?date=2010-08-22%202019-09-22&q=Smart%20Home%20Cloud.

[182] Y. Yang, Z. Wei, D. Jia, Y. Cong and R. Shan, "A cloud architecture based on smart home," in *Second International Workshop on Education Technology and Computer Science*, Wuhan, China, 2010.

[183] L. Yuan, "Study of Smart Home System Based on Cloud Computing and the Key Technologies," in *International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN)*, Jabalpur, India, 2015.

[184] N. Mohamed, J. Al-Jaroodi and S. Lazarova-Molnar, "Energy Cloud: Services for Smart Buildings," in *Sustainable Cloud and Energy Services*, Springer, Cham, 2018, pp. 117-134.

[185] "AWS Services," [Online]. Available: https://aws.amazon.com/.

[186] "Overview of Amazon Web Services," Amazon, [Online]. Available: https://docs.aws.amazon.com/whitepapers/latest/aws-overview/compute-services.html. [Accessed 2019].

[187] "In Depth AWS Lambda Overview," [Online]. Available: https://medium.com/faun/in-depth-aws-lambda-overview-1eeb4580696b. [Accessed 2019].

[188] "Overview of Amazon Storage Web Services," Amazon, [Online]. Available: https://docs.aws.amazon.com/whitepapers/latest/aws-overview/storage-services.html. [Accessed 2019].

[189] "Overview of Amazon Analytics Web Services," Amazon, [Online]. Available: https://docs.aws.amazon.com/whitepapers/latest/aws-overview/analytics.html. [Accessed 2019].

[190] "Overview of Amazon Database Web Services," Amazon, [Online]. Available: https://docs.aws.amazon.com/whitepapers/latest/aws-overview/database.html. [Accessed 2019].

[191] "Overview of Amazon Machine Learning Web Services," Amazon, [Online]. Available: https://docs.aws.amazon.com/whitepapers/latest/aws-overview/machine-learning.html. [Accessed 2019].

[192] "Overview of Amazon Management and Governance Web Services," Amazon, [Online]. Available: https://docs.aws.amazon.com/whitepapers/latest/aws-overview/management-governance.html. [Accessed 2019].

[193] "Understanding Amazon's Internet of Things (AWS IoT) Services," 25 May 2018. [Online]. Available: https://medium.com/@ashish_fagna/understanding-amazons-internet-of-things-aws-iot-services-83d1063cdbc7. [Accessed 2019].

[194] "Amazon FreeRTOS," Amazon, [Online]. Available: https://aws.amazon.com/freertos/. [Accessed 2019].

[195] "AWS IoT Greengrass," Amazon, [Online]. Available: https://aws.amazon.com/greengrass/. [Accessed 2019].

[196] "AWS IoT Core," Amazon, [Online]. Available: https://aws.amazon.com/iot-core/. [Accessed 2019].

[197] "What is AWS IoT Device Defender," Amazon, [Online]. Available: https://aws.amazon.com/iot-device-defender/?n=sn&p=dm. [Accessed 2019].

[198] "AWS IoT Device Management," Amazon, [Online]. Available: https://aws.amazon.com/iot-device-management/?nc=sn&loc=2&dn=3. [Accessed 2019].

[199] "AWS IoT Things Graph," Amazon, [Online]. Available: https://aws.amazon.com/iot-things-graph/?n=sn&p=dd#. [Accessed 2019].

[200] "AWS IoT 1-Click," Amazon, [Online]. Available: https://aws.amazon.com/iot-1-click/?n=sn&p=tg. [Accessed 2019].

[201] "AWS IoT Analytics," Amazon, [Online]. Available: https://aws.amazon.com/iot-analytics/?n=sn&p=tg. [Accessed 2019].

[202] "AWS IoT Events," Amazon, [Online]. Available: https://aws.amazon.com/iot-events/?nc=sn&loc=2&dn=9. [Accessed 2019].

[203] "AWS IoT SiteWise," Amazon, [Online]. Available: https://aws.amazon.com/iot-sitewise/?n=sn&p=e. [Accessed 2019].

[204] "AWS Free Tier," Amazon, [Online]. Available: https://aws.amazon.com/free/?nc2=h_ql_pr_ft&all-free-tier.sort-by=item.additionalFields.SortRank&all-free-tier.sort-order=asc. [Accessed 2019].

[205] "Azure solutions," Microsoft, [Online]. Available: https://azure.microsoft.com/en-us/solutions/. [Accessed 2019].

[206] "Azure IoT reference architecture," Microsoft, [Online]. Available: https://docs.microsoft.com/en-us/azure/architecture/reference-architectures/iot/. [Accessed 2019].

[207] "What is Azure IoT Edge," Microsoft, [Online]. Available: https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-edge/about-iot-edge. [Accessed 2019].

[208] "What is Azure IoT Hub?," Microsoft, [Online]. Available: https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-hub/about-iot-hub. [Accessed 2019].

[209] "Provisioning devices with Azure IoT Hub Device Provisioning Service," Microsoft, [Online]. Available: https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-dps/about-iot-dps. [Accessed 2019].

[210] "Understand and use device twins in IoT Hub," Microsoft, [Online]. Available: https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-hub/iot-hub-devguide-device-twins. [Accessed 2019].

[211] "What is Azure Stream Analytics?," Microsoft, [Online]. Available: https://docs.microsoft.com/en-us/azure/stream-analytics/stream-analytics-introduction. [Accessed 2019].

[212] "Welcome to Azure Cosmos DB," Microsoft, [Online]. Available: https://docs.microsoft.com/en-us/azure/cosmos-db/introduction. [Accessed 2019].

[213] "What is Azure Blob storage?," Microsoft, [Online]. Available: https://docs.microsoft.com/en-us/azure/storage/blobs/storage-blobs-overview. [Accessed 2019].

[214] "What is Azure Machine Learning?," Microsoft, [Online]. Available: https://docs.microsoft.com/en-us/azure/machine-learning/service/overview-what-is-azure-ml. [Accessed 2019].

[215] "What is Azure Logic Apps?," Microsoft, [Online]. Available: https://docs.microsoft.com/en-us/azure/logic-apps/logic-apps-overview. [Accessed 2019].

[216] "What is Azure Active Directory?," Microsoft, [Online]. Available: https://docs.microsoft.com/en-us/azure/active-directory/fundamentals/active-directory-whatis. [Accessed 2019].

[217] "Azure pricing," Microsoft, [Online]. Available: https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/. [Accessed 2019].

[218] "Google Cloud Platform," Google, [Online]. Available: https://cloud.google.com/products/. [Accessed 2019].

[219] "About the GCP services," Google, [Online]. Available: https://cloud.google.com/docs/overview/cloud-platform-services. [Accessed 2019].

[220] "Cloud IoT Core overview," Google, [Online]. Available: https://cloud.google.com/iot/docs/concepts/overview. [Accessed 2019].

[221] "Cloud IoT Core," Google, [Online]. Available: https://cloud.google.com/iot-core/. [Accessed 2019].

[222] "Google Cloud Free Tier," Google, [Online]. Available: https://cloud.google.com/free/docs/gcp-free-tier. [Accessed 2019].

[223] "Arvan," [Online]. Available: https://fanap.ir/abrarvan.

[224] "Arvan Cloud," [Online]. Available: https://www.zoomit.ir/2019/7/23/338411/arvancloud-xaas-platform-for-developers/.

[225] "Arvan Cloud," [Online]. Available: https://www.arvancloud.com/fa. [Accessed 2019].

[226] "Bactory Cloud Blog," [Online]. Available: http://blog.backtory.com.domains.blog.ir. [Accessed 2019].

[227] "Backtory Cloud," [Online]. Available: https://backtory.com. [Accessed 2019].

[228] "XaaS Cloud Provider," [Online]. Available: https://xaas.ir/. [Accessed 2019].

[229] G. Halfacree, THE OFFICIAL Raspberry Pi Beginner's Guide, Cambridge: Raspberry Pi Trading Ltd, 2018.

[230] "Raspberry Pi 3 Block Diagram," [Online]. Available: https://www.element14.com/community/community/raspberry-pi/blog/2017/01/16/raspberry-pi-3-block-diagram.

[231] "Raspberrypi Schematics," [Online]. Available: https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/schematics.

[232] "Sense HAT," [Online]. Available: https://www.raspberrypi.org/products/sense-hat/.

[233] Python Software Foundation , "Python Beginners Guide/Overview," 18 09 2019. [Online]. Available: https://wiki.python.org/moin/BeginnersGuide/Overview. [Accessed 20 2 2020].

[234] RASPBERRY PI FOUNDATION, [Online]. Available: https://www.raspberrypi.org/downloads/.

[235] "Raspberry Pi products," [Online]. Available: https://iran-micro.com/. [Accessed 1 1 2020].

[236] J. Nussey, Arduino® For Dummies®, John Wiley & Sons, Ltd, 2013.

[237] "Compare board specs," [Online]. Available: https://www.arduino.cc/en/products/compare.

[238] "Arduino (TM) Rev 3 schematic," [Online]. Available: https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/Arduino_Uno_Rev3-schematic.pdf.

[239] J. Nussey, Arduino For Dummies, 2nd Edition, John Wiley & Sons, ltd.,, 2018.

[240] J. Oxer., "Arduino Shield List," [Online]. Available: http://shieldlist.org/. [Accessed 12 1 2020].

[241] Nordic Semiconductor, "nrF Development kits," [Online]. Available: https://www.nordicsemi.com/Software-and-tools/Development-Kits. [Accessed 25 2 2020].

[242] "nRF 3rd party modules," [Online]. Available: https://www.nordicsemi.com/Software-and-tools/3rd-Party/3rd-party-modules. [Accessed 25 2 2020].

[243] J, "Javan Electronic," [Online]. Available: http://www.javanelec.com/. [Accessed 25 2 2020].

[244] "فروشگاه تخصصی الکترونیک," [Online]. Available: http://eshop.eca.ir. [Accessed 25 2 2020].

[245] "SmartHome security," [Online]. Available: https://www.smarthome.com/security.html. [Accessed 2 2020].

[246] "Smart Door Locks," [Online]. Available: https://www.smarthome.com/smart-door-locks.html. [Accessed 10 4 2020].

[247] "best-smart-garage-door-controller," [Online]. Available: https://thewirecutter.com/reviews/best-smart-garage-door-controller/. [Accessed 5 4 2020].

[248] "smarthome," [Online]. Available: https://www.smarthome.com/. [Accessed 5 4 2020].

[249] [Online]. Available: https://www.firstalert.com/. [Accessed 5 4 2020].

[250] "Plug in devices," [Online]. Available: https://www.insteon.com/plug-in-devices. [Accessed 5 4 2020].

[251] "Remote Control Extenders," [Online]. Available: https://www.amazon.com/Remote-Control-Extenders.

[252] "Smart Thing Motion Sensors," [Online]. Available: https://www.smartthings.com/products/smartthings-motion-sensor. [Accessed 8 4 2020].

[253] "Schneider Electric Occupancy Sensor," [Online]. Available: https://www.se.com/ww/en/product-range-presentation/65613-occupancy-sensors/#. [Accessed 8 4 2020].

[254] "Smart Lighting," [Online]. Available: https://www.smarthome.com/smart-lighting.html. [Accessed 8 4 2020].

[255] ع .سلیمی خلیق، «مجتمع تجاری -اداری پایدار با رویکرد نمای پاسخگو»، دانشگاه آزاد اسلامی قزوین، ۱۳۹۴

[256] "DayLight Shaft," heliobus, [Online]. Available: https://heliobus.com/en/products/daylight-shaft. [Accessed 22 4 2020].

[257] "privat brightenups," solatube, [Online]. Available: https://www.solatube.de/privat_brightenup.php. [Accessed 22 04 2020].

[258] "Smart hybrid daylighting technology," SunPortal, [Online]. Available: http://thesunportal.com/. [Accessed 22 4 2020].

[259] "Smart Thermostats," [Online]. Available: https://www.smarthome.com/thermostats-hvac.html. [Accessed 8 4 2020].

[260] "Nest Learnin Thermostat," [Online]. Available: https://store.google.com/product/nest_learning_thermostat_3rd_gen. [Accessed 8 4 2020].

[261] "Smart Vents," [Online]. Available: https://www.smarthome.com/thermostats-hvac/smart-vents.html. [Accessed 8 4 2020].

[262] "Ionizer," [Online]. Available: https://breathequality.com/ionizer. [Accessed 22 4 2020].

[263] "Plumbing," [Online]. Available: https://www.smarthome.com/more-home-control/plumbing.html. [Accessed 8 4 2020].

[264] N. Z. a. S. A. L. Linkous, "Health Monitoring in Smart Homes Utilizing Internet of Things," in *IEEE/ACM International Conference on Connected Health: Applications, Systems and Engineering Technologies (CHASE)*, Arlingtone, 2019.

[265] "Energy Power Monitors," [Online]. Available: https://www.smarthome.com/more-home-control/energy-power-monitors.html. [Accessed 8 4 2020].

[266] A. S. TANENBAUM, "Repeaters, Hubs, Bridges, Switches, Routers, and Gateways," in *COMPUTER NETWORKS*, Boston, Pearson, 2011, p. 340.

[267] "What is ALG?," 3CX, [Online]. Available: https://www.3cx.com/pbx/alg/.

[268] "What is Azure Application Gateway?," Microsoft, 31 05 2019. [Online]. Available: https://docs.microsoft.com/en-us/azure/application-gateway/overview.

[269] "Application Layer Gateway," [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/application-layer-gateway.

[270] "Intel Gateway Soutions for Internet of Things," 2014. [Online]. Available: https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/product-briefs/sb-intel-gateway-iot.pdf.

[271] T. Zachariah, N. Klugman, B. Campbell, J. Adkins, N. Jackson and P. Dutta, "The Internet of Things Has a Gateway Problem".*University of Michigan.*

[272] "IoT Standards and Protocols," PostScapes, 05 01 2019. [Online]. Available: https://www.postscapes.com/internet-of-things-protocols/#alliances.

[273] J. Weber, "Fundamentals of IoT device management," IoT Design, [Online]. Available: http://iotdesign.embedded-computing.com/articles/fundamentals-of-iot-device-management/.

[274] O. M. Alliance, "Lightweight Machine to Machine Requirements (OMA LWM2M)," 10 Jul 2018. [Online]. Available: http://openmobilealliance.org/release/LightweightM2M/V1_1_1-20190617-A/OMA-RD-LightweightM2M-V1_1-20180710-A.pdf.

[275] D. Hamilton, "The future of IoT device management," 28 Feb 2018. [Online]. Available: https://www.networkworld.com/article/3258812/the-future-of-iot-device-management.html.

[276] A. Gantait, J. Patra and A. Mukherje, "Securing IoT devices and gateways," 2016. [Online]. Available: https://developer.ibm.com/articles/iot-trs-secure-iot-solutions1/.

[277] K. Hokeun and L. A. Edward, "Authentication and Authorization for the Internet of Things," *TRUSTING THE INTERNET OF THINGS*, vol. 19, no. 5, p. 27, 2017.

[278] N. Barbettini, "OAuth and OpenID Connect in plain English," Sep 2017. [Online]. Available: https://speakerdeck.com/nbarbettini/oauth-and-openid-connect-in-plain-english?slide=14.

[279] "What is Transport Layer Security (TLS)?," [Online]. Available: https://www.cloudflare.com/learning/ssl/transport-layer-security-tls/.

[280] "Are Oauth2 client apps required to have SSL connection?," [Online]. Available: https://stackoverflow.com/questions/25860693/are-oauth2-client-apps-required-to-have-ssl-connection.

[281] E. D. Hardt, "The OAuth 2.0 Authorization Framework," October 2012. [Online]. Available: https://tools.ietf.org/html/rfc6749.

[282] J. Lake, "What is TLS and how does it work?," 25 February 2019. [Online]. Available: https://www.comparitech.com/blog/information-security/tls-encryption/#Is_TLS_safe.

[283] "What is keyless SSL?," [Online]. Available: https://www.cloudflare.com/learning/ssl/keyless-ssl/.

[284] "Basics of Digital Certificates and Certificate Authority," [Online]. Available: https://sites.google.com/site/ddmwsst/digital-certificates.

[285] "How Certificates Use Digital Signatures," [Online]. Available: https://commandlinefanatic.com/cgi-bin/showarticle.cgi?article=art012.

[286] N. Naziridis, "Browsers and Certificate Validation," Nov 2018. [Online]. Available: https://www.ssl.com/article/browsers-and-certificate-validation/.

[287] "Communication Networks/NAT and PAT Protocols," Feb 2019. [Online]. Available: https://en.wikibooks.org/wiki/Communication_Networks/NAT_and_PAT_Protocols.

[288] A. Fouskas, "Automated discovery and binding of IoT devices," Institute of Parallel and Distributed Systems, University of Stuttgart, Stuttgart, 2017.

[289] C. Schluting, "Networking 101: Understanding Tunneling," Enterprise Networking Planet, 2006. [Online]. Available:

http://www.enterprisenetworkingplanet.com/netsp/article.php/3624566/Networking-101-Understanding-Tunneling.htm.

[290] C. Steel, "Most Common VPN Protocols Explained," [Online]. Available: https://medium.com/@calvinsteel95/most-common-vpn-protocols-explained-7ac88b85bc4c.

[291] Z. Deng, "How VPN Works?," Sep 2018. [Online]. Available: https://medium.com/@zicodeng/how-vpn-works-b7549dcc6ce4.

[292] Intel, "Learn about hotspots, including how to use them safely to obtain Internet access to your mobile devices via Wi-Fi," [Online]. Available: https://www.intel.com/content/www/us/en/tech-tips-and-tricks/what-is-a-hotspot.html.

[293] J. JimFer, "WHAT IS A PROXY?," Jan 2019. [Online]. Available: https://medium.com/adalab/what-is-a-proxy-a1de395748e2.

[294] J. FITZPATRICK, "What's the Difference Between a VPN and a Proxy?," June 2019. [Online]. Available: https://www.howtogeek.com/247190/whats-the-difference-between-a-vpn-and-a-proxy/.

[295] S. Verma, K. Yuichi, F. Zubair, N. Hiroki and K. Nei, "A Survey on Network Methodologies for Real-Time Analytics of Massive IoT Data and Open Research Issues," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2017.

[296] H. Cai, B. Xu, L. Jiang and A. Vasilakos, "IoT-based Big Data Storage Systems in Cloud Computing: Perspectives and Challenges," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 75-87, 2017.

[297] گزارش‌های پروژه «بررسی فناوری‌های اطلاعاتی و تجهیزات اینترنت اشیاء در حوزه شبکه‌های هوشمند»، گروه پژوهشی فناوری اطلاعات و ارتباطات، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۶

[298] "Dell Embedded Box PC 3000 and 5000 Series," [Online]. Available: https://i.dell.com/sites/doccontent/shared-content/data-sheets/en/Documents/dell_gateway_5000_internet_of_things_specsheet_Oct2015.pdf.

[299] AAEON, "IoT Gateway Solutions," [Online]. Available: https://www.aaeon.com/en/c/iot-gateway-solutions.

[300] "ConnectCore® 8X documentation portal," [Online]. Available: https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/embedded/cc8x_home.html.

[301] "DIGI CONNECTCORE 8X," [Online]. Available: https://www.digi.com/pdf/connectcore-8x-ds.pdf.

[302] "www.gloriaengineering.com," [Online]. Available: www.gloriaengineering.com/homeplug-powerline-technology.html.

[303] "www.digikey.sg," [Online]. Available: https://www.digikey.sg/en/articles/techzone/2017/nov/wireless-modules-operating-in-the-sub-ghz-bands.

[304] "www.androidauthority.com," [Online]. Available: https://www.androidauthority.com/what-is-nfc-270730/.

[305] "www.usmartcards.co.uk," [Online]. Available: https://www.usmartcards.co.uk/rfid-labels.html?___store=uk.

[306] "en.wikipedia.org," [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Near-field_communication.

[307] "www.androidpit.com," [Online]. Available: https://www.androidpit.com/what-is-nfc.

[308] "www.techinprint.com," [Online]. Available: https://www.techinprint.com.

[309] "www.lifewire.com," [Online]. Available: https://www.lifewire.com/print-with-your-mobile-device-2769176.

[310] "renaissancesolutionsgroup.com," [Online]. Available: http://renaissancesolutionsgroup.com/blog/merchant-services-trend-towards-contactless-payments/.

[311] "www.minsk-metro.net," [Online]. Available: https://minsk-metro.net/blog/archives/tag/nfc.

[312] "en.wikipedia.org," [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification.

[313] "www.alibaba.com," [Online]. Available: https://www.alibaba.com/product-detail/865-928mhz-long-distance-TCP-IP_1956223736.html.

[314] "www.oceanstatealarms.com," [Online]. Available: https://www.oceanstatealarms.com.

[315] "www.iotforall.com," [Online]. Available: https://www.iotforall.com/bluetooth-5-iot/.

[316] ح .مازندرانی، «پروتکل‌های اتوماسیون خانگی در عصر اینترنت اشیا»، ماهنامه شبکه، شماره ۲۰۴، تیر ۱۳۹۷.

[317] پ. شاکری فر، «تکنولوژی Zigbee چیست؟»، مدیاسافت، اسفند ۹۵.

[318] "blog.faradars.org," [Online]. Available: https://blog.faradars.org/connectivity-of-the-internet-of-things-3/.

[319] "www.allaboutcircuits.com," [Online]. Available: https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/thread-network-protocol/.

[320] "www.konstantinfo.com," [Online]. Available: https://www.konstantinfo.com/blog/zigbee-and-z-wave-upcoming-wireless-technologies-smart-home/.

[321] "smartfartak.ir," [Online]. Available: http://smartfartak.ir/5166-2/.

[322] م. نیکومنش، م. شفیع آبادی، «ارتباطات از طریق نور مرئی LiFi»، دومین همایش ملی کامپیوتر، فناوری اطلاعات و ارتباطات، ۱۳۹۵.

[323] "linkap.net," [Online]. Available: https://linkap.net/blog/4875/شبکه های-lpwan-دوربرد-با-توان-iot/.

[324] S. Tabbane, "IoT Network Planning," 2016.

[325] "linkap.net," [Online]. Available: https://linkap.net/blog/4877/شبکه-سیگفاکس-sigfox/.

[326] "linkap.net," [Online]. Available: https://linkap.net/blog/4876/شبکه-لورا-lorawan/.

[327] "https://linkap.net," [Online]. Available: https://linkap.net/blog/شبکه-nb-iot/.

[328] "oms-group.org," [Online]. Available: https://oms-group.org/en/download4all/standards-sources/.

[329] ش. خدادادی، ر. نیارکی اصلی، «مزایای ساختمان هوشمند با استفاده از پروتکلKNX»، همایش ملی شهر الکترونیک ، همدان، ۱۳۹۰.

[330] T. D. P. M. Mendes, R. Godina, E. Rodrigues, J. Matias and J. Catalão, "Smart Home Communication Technologies and Applications," *Energies,* vol. 8, pp. 7279-7311, 2015.

[331] M. Rouse, "Application layer," [Online]. Available: https://searchnetworking.techtarget.com/definition/Application-layer.

[332] M. Rouse, "QoS (quality of service)," [Online]. Available: https://searchunifiedcommunications.techtarget.com/definition/QoS-Quality-of-Service#targetText=Quality%20of%20service%20(QoS)%20refers,of%20data%20on%20the%20network..

[333] M. Belshe, R. Peon, M. Thomson and A. Melnikov, "Hypertext Transfer Protocol version 2.0," 08 July 2013. [Online]. Available: https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-httpbis-http2-04#section-4.

[334] A. Denis, "Will WebSocket survive HTTP/2?," 14 March 2016. [Online]. Available: https://www.infoq.com/articles/websocket-and-http2-coexist.

[335] I. Grigorik, "Making the Web Faster with HTTP 2.0," 03 December 2013. [Online]. Available: http://queue.acm.org/detail.cfm?id=2555617.

[336] "Increasing Application Performance with HTTP Cache Headers," Heroku, 29 january 2016. [Online]. Available: https://devcenter.heroku.com/articles/increasing-application-performance-with-http-cache-headers.

[337] Z. Shelby, K. Hartke and C. Bormann, "The Constrained Application Protocol (CoAP)," June 2014. [Online]. Available: https://www.rfc-editor.org/rfc/pdfrfc/rfc7252.txt.pdf.

[338] Z. Shelby, B. Frank and D. Sturek, "Constrained Application Protocol (CoAP)," 2010. [Online]. Available: https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-core-coap-03.

[339] T. Levä, O. Mazhelis and H. Suomi, "Comparing the cost-efficiency of CoAP and HTTP in Web of Things applications," *Decision Support Systems,* vol. 63, pp. 23-38, 2014.

[340] M. Pavel, J. Hosek, K. Zeman, M. Stusek and D. Kovac, "Implementation of True IoT Vision: Survey on Enabling Protocols and Hands-On Experience," *International Journal of Distributed Sensor Networks,* vol. 2016, p. 18, 2016.

[341] "MQTT 101 – How to Get Started with the lightweight IoT Protocol," HiveMQ Enterprise MQTT Broker, [Online]. Available: http://www.hivemq.com/blog/how-to-get-started-with-mqtt. [Accessed 15 auguest 2016].

[342] H. Team, "TLS/SSL - MQTT Security Fundamentals," 11 May 2015. [Online]. Available: https://www.hivemq.com/blog/mqtt-security-fundamentals-tls-ssl/.

[343] I. Paterson, "XEP-0210: Requirements for Encrypted Sessions," 1999 – 2019 XMPP Standards Foundation.

[344] "What is dds 3," DDS Foundation, [Online]. Available: https://www.dds-foundation.org/what-is-dds-3/.

[345] C. C. A. a. R. D. Kevin Townsend, Getting Started with Bluetooth Low Energy, Oreilly.

[346] M. Afaneh, INTRO TO BLUETOOTH LOW ENERGY, Novel Bits, LLC, 2018.

[347] "Getting Started with Bluetooth Low Energy (BLE) and IPWorks! Bluetooth," Code Project, Feb 2018. [Online]. Available: https://www.codeproject.com/Articles/1230376/Getting-Started-with-Bluetooth-Low-Energy-BLE-an.

[348] [Online]. Available: https://www.thaieasyelec.com/downloads/EFDV390/EFDV390_Datasheet.pdf.

[349] [Online]. Available: https://cdn.instructables.com/ORIG/FKY/Z0UT/HX7OYY7I/FKYZ0UTHX7OYY7I.pdf.

[350] [Online]. Available: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf.

[351] [Online]. Available: http://www.microchip.ua/wireless/esp01.pdf.

[352] ف. کرانی، ح. قادرزاده و م. کرانی، بررسی اقتصادی بکار گیری BMS در ساختمان و شناسایی موانع پیاده‌سازی آن، کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، تهران، ۱۳۹۲.

[353] م.ح. کریمی‌نژاد، م. اخوان حجازی، حمیدرضا محمدی، محمدرسول رعیت، محمدرضا کریمی‌نژاد، ارزیابی اقتصادی پیاده‌سازی سیستم مدیریت هوشمند ساختمان در یکی از ساختمان‌های اداری آموزشی دانشگاه کاشان، سی امین کنفرانس بین المللی برق، تهران، ۱۳۹۴.

[354] Nazmiye Balta-Ozkana, Benjamin Botelerb, Oscar Amerighic, "European smart home market development: Public views on technical and economic aspects across the United Kingdom, Germany and Italy," *energy resourse and social science*, Vols. 65-77, no. 3, 2014.

[355] Min-Yuan Cheng, Kuan-Chang Chiu, Li-Chuan Lien, Yu-Wei Wu, Jing-Jhe Lin, "Economic and Energy Consumption Analysis of Smart Building - MEGA House," *building and enviroment*, 2016.

[356] Marc Ringel, Roufaida Laidi , and Djamel Djenouri, "Multiple Benefits through Smart Home Energy Management Solutions—A Simulation-Based Case Study of a Single-Family-House in Algeria and Germany," no. energies, 2019.

[357] v. ghorbani, "faradars.org," [Online]. Available: https://faradars.org/courses/fvtimng101-financial-analysis-and-valuation-of-economic-firms.

[358] ا .قورقچی، آموزش و راهنمای اقتصاد مهندسی، مرکز پخش کتاب یک .

[359] م .م .اسکونژاد، ارزیابی پروژه های صنعتی، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر .

[360] . [Online]. Available: " تعرفه های برق و شرایط عمومی آن‌ها از ابتدای اردیبهشت سال ۱۳۹۸"، اسفند ۱۳۹۷ https://www.moe.gov.ir/.

[361] گروه آمار و اطلاعات آب و انرژی وزارت نیرو، "گزارش عملکرد سال ۱۳۹۸ صنعت آب و برق"، معاونت تحقیقات و منابع انسانی، ۱۳۹۹.

[362] Beth karlin. emily kemper.lieko earle, "better building," U.S department of energy, 2019.

[363] Rebecca Ford, Marco Pritoni, Angela Sanguinetti, Beth Karlin, "Categories and Functionality of Smart Home Technology for Energy Management," no. building and enviroment, elsevior, 2017.

[364] Desiree I. Cendana.Neriza V. Bustillo.Thelma D. Palaoag.Mark Anthony Marcial.Arjay E. Perreras, "Harnessing Energy Consumption in a Smarthome IoT Framework," in *Internet of Things, Green Computing and Communications, Cyber, Physical and Social Computing,Smart Data, Blockchain, Computer and Information Technology, Congress on Cybermatics*, 2018.

[365] م. ستاک، "تجزیه و تحلیل SWOT"، " [Online]. Available: https://wp.kntu.ac.ir/setak/files/11-Chapter.pdf.

[366] D. Marikyan, S. Papagiannidis and E. Alamanos, "A systematic review of the smart home literature: A user perspective," *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 138, pp. 139-154, 2019.

[367] ف .صدیقی، گزارش شناخت اولیه به منظور انتخاب کسب و کار، پروژه امکان‌سنجی هوشمندی کسب و کار بر مبنای علم داده و تحلیل داده یک سیستم نمونه در شرکت توانیر، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۹.

[368] "What Is Aria And Why Use It," [Online]. Available: https://cccaccessibility.org/web/web-developer-tutorials/what-is-aria-and-why-use-it.