



معاونت پژوهشی

کد سند: RO-S-F-27-04

تاریخ صدور: ۱۳۹۹/۴/۲۲

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۵

فرم خلاصه فارسی طرح / پروژه

عنوان طرح / پروژه: طراحی و پیاده‌سازی پایلوت پلتفرم مبادله انرژی همتا به همتای مبتنی بر بلاکچین در زیرشبکه و استخراج الزامات توسعه پایلوت میدانی

واحد مجری:	گروه پژوهشی فناوری اطلاعات و ارتباطات	کارفرما:	پژوهشگاه نیرو
مدیر طرح / پروژه:	محمدرضا جبارپور	مجری:	مسعود حسنی مرزونی
کد مالی پروژه:	۱۸۲۰۰۳	کد کیفی پروژه:	PICTPN06
نوع طرح / پروژه:	آزمون ایده	معاونت:	پژوهشی

همکاران: علیمحمد صغیری، صبریه چوبکار، محسن ظهیر

کلمات کلیدی: (۶ تا ۱۰ مورد) بلاکچین، قرارداد هوشمند، پلتفرم مبادله انرژی همتا به همتا، ریزشبکه، اتریوم، هایپرلجر، منابع تجدیدپذیر و تولید پراکنده

ضرورت انجام پروژه / طرح: ریزشبکه شامل مجموعه‌ای از منابع تولید پراکنده نظیر توربین بادی، دیزل ژنراتور، پیل سوختی و سیستم فتوولتائیک، سیستم ذخیره انرژی و بارها است که قابلیت کنترل داشته و تامین کننده توان الکتریکی و در صورت نیاز گرمایی محدوده‌ای مشخص می‌باشد، که می‌تواند به صورت متصل به شبکه و یا جزیره‌ای مورد بهره‌برداری قرار گیرد. رشد مصرف توان الکتریکی، تقاضا برای برق با کیفیت‌تر، رشد ذخیره سازی، رقابتی شدن بازار، تبدیل سرمایه‌گذاران بزرگ به کوچک، تمایل به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، پاک و تولید پراکنده باعث شده است مصرف‌کنندگان در نقش تولیدکننده هم ظاهر شوند. به همین دلیل وجود بستری که بتواند تعاملات و مبادلات همتا به همتا را بین موجودیت‌های مختلف فراهم سازد ضروری به نظر می‌رسد. اخیراً استفاده از فناوری بلاکچین به دلیل مزایای فراوانی که دارد، برای رفع این نیازمندی مورد توجه قرار گرفته است. بلاکچین را می‌توان یک نوع سیستم ثبت اطلاعات و گزارش بر روی شبکه در نظر گرفت که براساس اجماع نظرات کاربران کار می‌کند. به همین دلیل، پروژه حاضر تعریف شد تا پایلوت پلتفرم مبادله انرژی همتا به همتای مبتنی بر بلاکچین در زیرشبکه طراحی و پیاده‌سازی و الزامات پیاده‌سازی پایلوت میدانی منطبق با الگوهای جهانی استخراج گردد. در این راستا ابتدا مفاهیم ریز شبکه مورد بررسی قرار گرفتند، سپس بخش‌های مختلف پایلوت پلتفرم مبادله انرژی همتا به همتا با در نظر گرفتن رویکرد بلاکچین به عنوان سرویس، مورد تحلیل و طراحی قرار گرفتند. در مرحله بعد، بخش‌های مختلف پایلوت پلتفرم مبادله انرژی همتا به همتا پیاده‌سازی و مورد آزمون قرار گرفتند. نهایتاً نیازمندی‌ها و الزامات پیاده‌سازی پایلوت میدانی منطبق با الگوهای جهانی پیشنهاد شدند.

اهداف پروژه / طرح:

این پروژه در چهار مرحله مختلف، تعریف شده و در آن، اهداف ذیل، دنبال شده است:

- بررسی ساختار ریزشبکه و مفاهیم مرتبط
- تحلیل و طراحی پایلوت پلتفرم مبادله انرژی همتا به همتای مبتنی بر بلاکچین
- پیاده‌سازی و آزمون پایلوت پلتفرم مبادله انرژی همتا به همتای مبتنی بر بلاکچین
- استخراج الزامات توسعه پایلوت میدانی

چکیده پروژه/طرح:

ریز شبکه‌ها مزایای فراوانی را برای قابلیت اطمینان و تامین شبکه برق فراهم می‌کنند. یکی از نیازمندی‌های اساسی در ریز شبکه‌ها ایجاد بستری برای تبادل انرژی بین تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان محلی است. فناوری بلاکچین با توجه به خصوصیاتش از جمله افزایش اعتماد و شفافیت، حذف واسطه، کاهش هزینه‌های تراکنش‌ها، امکان ثبت اطلاعات با امنیت بالا، یکی از بهترین گزینه‌های موجود برای ایجاد پلتفرم مبادله انرژی همتا به همتا در ریز شبکه‌ها تلقی می‌شود. توسعه و پیاده‌سازی بیش از ۶۰ پروژه در این حوزه در جهان با گستردگی جغرافیایی بسیار زیاد، خود گواهی بر این موضوع است. بلاکچین اتریوم به همراه الگوریتم اجماع PoW به عنوان لایه زیرساختی اغلب این پروژه استفاده شده است که از اصلی‌ترین دلایل آن می‌توان به منبع‌باز بودن و پشتیبانی از قراردادهای هوشمند اشاره کرد. البته علاوه بر الگوریتم اجماع، پلتفرم‌های استفاده شده در این پروژه‌ها در پارامترهای زیادی از جمله امنیت، تعداد تراکنش‌ها در هر ثانیه، نوع بلاکچین و زبان‌های برنامه‌نویسی با هم متفاوتند. نکته مهم این است که با اینکه فناوری بلاکچین سعی در حذف واسطه در مبادلات دارد، اما در مبادلات انرژی همتا به همتا می‌بایست از خدمات شبکه برق فعلی در زمینه انتقال و توزیع استفاده کند و بدون آن امکان تبادل انرژی وجود نخواهد داشت. بنابراین بلاکچین در این حوزه می‌تواند حاکمیت و قدرت شبکه برق را کاهش دهد ولی نمی‌تواند نظارت و سود این شبکه را نادیده گرفته و از بین ببرد. مشکل اصلی که پلتفرم مبادله انرژی همتا به همتا سعی در حل آن دارد، ایجاد تجارت غیر متمرکز برق بین تولید-مصرف‌کنندگان و مصرف‌کنندگان و همچنین ترویج و گسترش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر است. استفاده از بلاکچین کنسرسیومی، قرارداد هوشمند، توکن انرژی (به علت عدم نیاز به استخراج)، کیف پول الکترونیکی به همراه رابط کاربری به منظور تعامل با مشترکین (خریداران و فروشندگان) راه‌حلی است که اکثر پلتفرم‌های موفق جهان مانند Restarter Energy, WePower و Brooklyn Microgrid از آن بهره گرفته‌اند. در کنار چالش‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری، انتخاب الگوریتم اجماع مناسب با مصرف انرژی کم، تعریف توکن انرژی با مقبولیت عمومی، استفاده یا توسعه بستر بلاکچینی مناسب، استفاده یا توسعه کنتورهای هوشمندی که قابلیت محاسبه همزمان میزان مصرف و تولید مشترکین را داشته باشند، تعدادی از چالش‌های موجود برای پیاده‌سازی پیلوت پلتفرم مبادله انرژی همتا به همتا مبتنی بر بلاکچین در ایران محسوب می‌شود که در پروژه حاضر به آنها پرداخته شده است.

در این پروژه به تحلیل و طراحی پلتفرم مبادله انرژی همتا به همتا با در نظر گرفتن ساختار صنعت برق ایران پرداخته شد. ابتدا تحلیل بر روی پلتفرم‌های موجود و مهم دنیا از منظر بستر بلاکچینی مورد استفاده، قرارداد هوشمند، توکن انرژی، کیف پول دیجیتال، و پورتال مدیریتی انجام شد. سپس با در نظر گرفتن انحصاری بودن وضعیت شبکه برق ایران، پلتفرمی مطابق با آن طراحی و مدل مفهومی اکوسیستم پلتفرم پیشنهادی بر اساس مدل مرجع شبکه هوشمند انرژی اروپا ارائه شده است. بازیگران اصلی به همراه سناریوی مورد نظر توضیح داده شد. معماری کلان سیستم با در نظر گرفتن مفاهیم میکروسرویس ارائه شد. این معماری بر اساس حداقل محصول قابل عرضه با در نظر گرفتن نیازهای عملکردی و غیرعملکردی در قالب نمودارهای رفتاری (فعالیت، توالی و موارد کاربرد) و ساختاری (کلاس) پرکاربرد UML ارائه شد. پایگاه‌های پلتفرم پیشنهادی در قالب دو پایگاه داده بلاکچینی و غیربلاکچینی طراحی شد. همچنین پلتفرم پیشنهادی از نقطه نظر سیستم‌ها و زیرسیستم‌ها تشکیل دهنده مورد بحث و بررسی قرار گرفت. پلتفرم پیاده‌سازی شده با استفاده از سناریوهای مختلف مورد ارزیابی و تست قرار گرفت. این تست‌ها شامل تست واحد و تست یکپارچگی می‌باشند. لازم به ذکر است به دلیل اینکه پروژه حاضر از نوع پیلوت می‌باشد، اغلب تست‌های انجام شده از نوع تست‌های عملکردی می‌باشند. تست سیستم که به معنای تست نرم افزار به عنوان یک موجودیت واحد و یکپارچه متشکل از همه واحدهای موجود می‌باشد نیز با در نظر گرفتن حداقل محصول قابل عرضه با موفقیت انجام شده است. در نهایت اصلی‌ترین موانع و چالش‌های پیاده‌سازی پیلوت میدانی مورد بررسی قرار گرفتند. مولفه‌های اصلی پیاده‌سازی بازار انرژی مبتنی بر بلاکچین در ریز شبکه استخراج و مورد به صورت کامل شرح داده شدند. مکانیزم‌های بازار و قیمت‌گذاری از مهمترین مولفه‌های این پیلوت محسوب می‌شوند. الزامات و نیازمندی‌ها برای پیاده‌سازی پیلوت میدانی به الزامات سازمانی، اطلاعاتی، فنی و بلاچینی تقسیم‌بندی شدند.

مراحل و روش‌های انجام پروژه/طرح:

این پروژه، از نوع آزمون ایده می‌باشد که بر مبنای تحقیقات و پیاده‌سازی‌های اخیر که در دنیا پیرامون موضوع مبادله انرژی همتا به همتا مبتنی بر بلاکچین در حال انجام و یا به اتمام رسیده، اجرا شده است. در مرحله اول پروژه، به دلیل اینکه پیلوت‌های موفق این حوزه در دنیا روی ریز شبکه‌ها پیاده‌سازی شده‌اند، ساختار و مفاهیم مرتبط با ریز شبکه مورد مطالعه قرار گرفتند. مزایا و معایب زیر شبکه مطالعه و مورد واکاوی قرار گرفته‌اند. وضعیت موجود کشور از لحاظ ریز شبکه‌ها و منابع تولید پراکنده مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. در نهایت نمونه‌هایی از مهمترین ریز شبکه‌های مبتنی بر بلاکچین در دنیا به همراه مزایای اقتصادی آنها مورد تحلیل و بررسی قرار گرفتند.

در مرحله دوم پروژه، تمرکز بر تحلیل و طراحی پیلوت پلتفرم مبادله انرژی همتا به همتا بوده است. در این مرحله نیازمندی‌های مورد نیاز از لحاظ بستر بلاکچین، قرارداد هوشمند، توکن انرژی، کیف پول الکترونیکی و پورتال مدیریتی مورد بررسی قرار گرفته و بر این اساس مدل مفهومی اکوسیستم پلتفرم پیشنهادی ارائه شده است. این مدل بر اساس حداقل محصول قابل عرضه با در نظر گرفتن نیازهای عملکردی و غیرعملکردی در قالب نمودارهای رفتاری (فعالیت، توالی و موارد کاربرد) و ساختاری (کلاس) پرکاربرد UML ارائه شده است.

در مرحله سوم، عملکردها و قابلیت‌های مورد نیاز از لحاظ بستر بلاکچین، قرارداد هوشمند، توکن انرژی، کیف پول الکترونیکی و پورتال مدیریتی، بر اساس مدل مفهومی اکوسیستم پلتفرم پیشنهادی پیاده‌سازی شده‌اند. این پیاده‌سازی با در نظر گرفتن حداقل محصول قابل عرضه ارائه شده است و محدودیت‌ها و چالش‌های موجود در پیاده‌سازی بیان و راهکار مناسب برای آنها اتخاذ و اعمال شده است. با توجه به محدودیت‌هایی که در بخش سخت‌افزاری وجود داشت، تغییراتی در نحوه توسعه و پیاده‌سازی انجام شده است تا هم حداقل محصول قابل عرضه ارائه گردد و هم در مهاجرت به پیاده‌سازی واقعی مشکلی وجود نداشته باشد. در این راستا از بلاکچین

Ganache که کاملاً منطبق با پروتکل‌های اتریوم است و پایگاه داده Access استفاده شده است. برای ارزیابی پلتفرم سناریوهای مختلفی پیاده‌سازی و مشکلات موجود در پلتفرم رفع شده‌اند. این تست‌ها شامل تست واحد و تست یکپارچگی می‌باشند. لازم به ذکر است به دلیل اینکه پروژه حاضر از نوع پایلوت می‌باشد، اغلب تست‌های انجام شده از نوع تست‌های عملکردی می‌باشند. تست سیستم که به معنای تست نرم افزار به عنوان یک موجودیت واحد و یکپارچه متشکل از همه واحدهای موجود می‌باشد نیز با در نظر گرفتن حداقل محصول قابل عرضه با موفقیت انجام شده است.

در مرحله چهارم، اصلی‌ترین موانع و چالش‌های پیاده‌سازی پایلوت میدانی از جمله مورد بررسی قرار گرفتند. مولفه‌های اصلی پیاده‌سازی بازار انرژی مبتنی بر بلاکچین در ریز شبکه استخراج و مورد به صورت کامل شرح داده شدند. مکانیزم‌های بازار و قیمت‌گذاری از مهمترین مولفه‌های این پایلوت محسوب می‌شوند. الزامات و نیازمندی‌ها بخش دیگری از این مرحله است که الزامات سازمانی، اطلاعاتی، فنی و بلاچینی را شامل می‌شود. در انتها هم چک لیستی از نیازمندی‌های فنی، سیاست‌ها و قوانین مورد نیاز به همراه نقش و مسئولیت ذینفعان ارائه گردید.

اهم نتایج به دست آمده از انجام پروژه/طرح (خروجی‌های فنی، ثبت اختراع، مقالات، کتب، گزارش‌های فنی و ...):

این پروژه در چهار مرحله انجام شده که بالتبع آن، چهار گزارش مرحله‌ای به شرح زیر تهیه گردیده است:

- گزارش مرحله اول: بررسی ساختار ریز شبکه و مفاهیم مرتبط
- گزارش مرحله دوم: تحلیل و طراحی پایلوت پلتفرم مبادله انرژی هم‌تا به هم‌تای مبتنی بر بلاکچین
- گزارش مرحله سوم: پیاده‌سازی و آزمون پایلوت پلتفرم مبادله انرژی هم‌تا به هم‌تای مبتنی بر بلاکچین
- گزارش مرحله چهارم: استخراج الزامات توسعه پایلوت میدانی

در این پروژه، در حال حاضر، در حال امکان‌سنجی برای تکمیل فرم‌های ثبت اختراع هستیم.