University of Qom

Engineering Management and Soft Computing

JEMSC.QOM
Online ISSN: 2538-2675

Blockchain based micropayment for e-health IOT sensors

Mahdi Shahraki[1] and Amir Jalaly Bidgoly[2]✉

1. Ph.D. Student in Information Technology, Faculty of Engineering University of Qom, Qom, Iran. Email: mahdishahraki71@gmail.com
2. Corresponding author, Assistant Prof., Department of Computer Engineering and Information Technology, Faculty of Engineering, Qom University, Qom, Iran. Email: jalaly@qom.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 2023 June 25
Received in revised form 2023 August 28
Accepted 2024 September 3
Published online 2023 September 16

Keywords:
Blockchain, e-health, Internet of things, micropayment.

ABSTRACT

One of the valuable technologies that promises optimal solutions to many problems in the field of health care, etc., is the Internet of Things. Increasing the use of this technology in smart cities requires improving the IT infrastructure for the security and privacy of users. This has led to the use of blockchain technology alongside the Internet of Things. One of the applications of blockchain is its usage in e-health, which is applied to create a secure framework for managing patient records and to use its financial transactions to pay for services. The purpose of this article is to adopt one of the unique features of blockchain called micropayment to facilitate patient-related matters in e-health. This paper provides a framework for micropayments to pay for sensors and applications used to discuss patient health care in smart cities. The framework is designed to reduce the transaction fees of IoT users. It also reduces data processing, reduces the need for separate payment channels for each entity, and ultimately reduces payment time.

Cite this article: Shahraki, M. & Jalaly Bidgoly, A. (2023). Blockchain based micropayment for e-health IOT sensors. *Enginiiring Management and Soft Computing, 9* (1). 75-89. **DOI**: https://doi.org/10.22091/JEMSC.2022.7046.1153

© The Author(s)
DOI: https://doi.org/10.22091/JEMSC.2022.7046.1153

Publisher: University of Qom

JEMSC.QOM
شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۵-۲۵۳۸

مدیریت مهندسی و رایانش نرم

دانشگاه قم

پرداخت خرد مبتنی بر بلاک‌چین برای سنسورهای اینترنت اشیا در سلامت الکترونیک

مهدی شهرکی[۱] و امیر جلالی بیدگلی[۲] ✉

۱. دانشجوی دکتری مهندسی فناوری اطلاعات، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه قم، قم، ایران. رایانامه: mahdishahraki71@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه قم، قم، ایران. رایانامه: Jalaly@qom.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۶/۲۵

کلیدواژه‌ها:
اینترنت اشیا،
بلاک‌چین،
پرداخت خرد،
سلامت الکترونیکی.

چکیده

یکی از فناوری‌های ارزشمند که نوید راه‌حل‌های بهینه برای بسیاری از مشکلات در زمینه مراقبت‌های بهداشتی و غیره را می‌دهد، اینترنت اشیا می‌باشد. افزایش استفاده از این فناوری در شهرهای هوشمند، نیازمند بهبود زیرساخت‌های فناوری اطلاعات برای امنیت و حفظ حریم خصوصی کاربران می‌باشد. این موضوع باعث شده‌است در کنار اینترنت اشیا از فناوری بلاک‌چین استفاده شود. یکی از کاربردهای بلاک‌چین، استفاده از آن در سلامت الکترونیک می‌باشد که برای ایجاد چهارچوبی امن برای مدیریت سوابق بیماران و استفاده از تراکنش‌های مالی آن برای پرداخت هزینه خدمات استفاده می‌شود. هدف این مقاله استفاده از یکی از ویژگی‌های منحصر به فرد بلاک‌چین به اسم پرداخت خرد، برای تسهیل امور مربوط به بیماران در سلامت الکترونیک می‌باشد. این مقاله چهارچوبی جهت پرداخت‌های خرد؛ برای پرداخت هزینه سنسورها و برنامه‌های کاربردی که در بحث مراقبت‌های بهداشتی از بیماران در شهرهای هوشمند مورداستفاده قرار می‌گیرد، ارائه داده‌است. چهارچوب ارائه‌شده، برای کاهش کارمزد تراکنش‌های کاربران در اینترنت اشیا ارائه شده‌است. همچنین این چهارچوب باعث کاهش پردازش داده‌ها، کاهش نیاز به کانال‌های پرداختی جداگانه برای هر یک از موجودیت‌ها و درنهایت کاهش زمان پرداخت شده‌است.

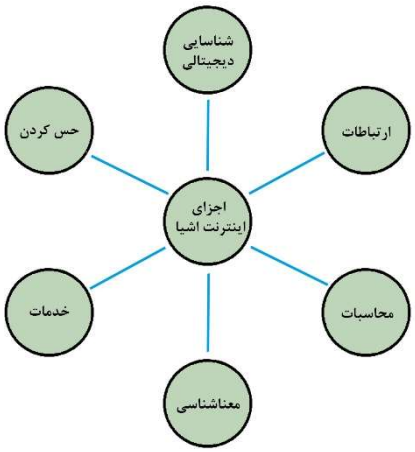
استناد: شهرکی، مهدی و جلالی بیدگلی، امیر. (۱۴۰۲). «پرداخت خرد مبتنی بر بلاک‌چین برای سنسورهای اینترنت اشیا در سلامت الکترونیک». *مدیریت مهندسی و رایانش نرم*، دوره ۹ (۱). صص: ۸۹-۷۵. https://doi.org/10.22091/JEMSC.2022.7046.1153

ناشر: دانشگاه قم

© نویسندگان.

۱) مقدمه

اینترنت اشیا[1] دارای ساختار یکپارچه‌ای است که راحتی، امنیت و افزایش کیفیت زندگی را در یک شهر هوشمند برای شهروندان فراهم می‌آورد. اینترنت اشیا بستر اصلی یک شبکه خانگی هوشمند است که دستگاه‌های هوشمند مختلف از قبیل تلفن‌های هوشمند، دستگاه‌های پوشیدنی هوشمند و غیره را برای اشتراک اطلاعات به یکدیگر متصل می‌کند (سیمانتک، ۲۰۱۹). دستگاه‌های اینترنت اشیا با میلیون‌ها دستگاه دیگر در سراسر جهان تبادل داده می‌کنند. یکی از زمینه‌های استفاده از اینترنت اشیا برای نظارت بر فعالیت و ارزیابی سلامت شهروندان می‌باشد که مورد توجه کاربران و توسعه‌دهندگان قرار گرفته‌است (بوشن، ساهو، سینا و خمپاریا، ۲۰۲۱). در شکل ۱ عناصر تشکیل‌دهنده اینترنت اشیا نشان داده شده‌است.



شکل ۱. عناصر اینترنت اشیا

با افزایش روزافزون اینترنت اشیا، حسگرها و دستگاه‌های پوشیدنی، برنامه‌های پزشکی و مراقبت‌های بهداشتی را مورد هدف قرار گرفته‌اند. این دستگاه‌ها قادر به جمع‌آوری اطلاعات دقیق درمورد سلامتی هستند. این داده‌ها در پروتکل‌های استاندارد توسط هوش مصنوعی جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل می‌شوند و به دنبال پیش‌بینی‌های احتمالی مسائل مربوط به سلامتی می‌باشند (موتلاگ، قانی، آرونکومار، محمد و محد، ۲۰۱۹). انواع مختلفی از میلیون‌ها حسگر در سلامت الکترونیک[2] با اینترنت اشیا در ارتباط هستند تا بتوانند از برنامه‌های گوناگون استفاده کنند که شامل: تشخیص بالینی، نظارت بر فعالیت قلب، نظارت بر خواب، نظارت بر سلامت زنان، نظارت بر نوزادان، نظارت مداوم بر قند، ردیابی تناسب اندام، داروهای پیش‌بینی‌کننده و مراقبت از خانه هوشمند می‌باشند. هدف از ادغام حسگرهای مبتنی بر اینترنت اشیا هموارسازی خدمات بهداشتی الکترونیکی هوشمند و گسترده برای جامعه است (جمالی، ۲۰۲۰).

فناوری بلاک‌چین[3]، ابتدا به‌عنوان یک زنجیره بلوک معرفی شد که یک دفتر کل توزیع‌شده شامل مجموعه‌ای از

---

[1]. Internet of Things

[2]. E-Health

[3]. Blockchain

بلوک‌ها است که سوابق مختلف داده‌ها یا اطلاعات تراکنش را ثبت می‌کند. هر بلوک ممکن است شامل یک عدد تصادفی یکتا[۴]، درخت مرکل[۵]، متن قرارداد هوشمند و غیره باشد. درخت چکیده این امکان را می‌دهد تا متوجه شویم محتویات بلوک دچار تغییر شده‌است یا نه؟ درخت مرکل برای دستگاه‌های سبک‌وزن که فضای کافی برای ذخیره کل بلاک‌چین را ندارند مناسب هستند. (ملا، نیاتو، لام، ژانگ، قیاس که و یانگ، ۲۰۲۰). یک مورد استفاده از بلاک‌چین در سیستم‌های پرداخت می‌باشد که تمرکز اصلی آن بر بهبود قابلیت اطمینان و امنیت است. در سیستم‌های سنتی مردم معمولا پرداخت‌های خود را از طریق کارت‌های بانکی انجام می‌دهند که این نیازمند ثبت مشخصات و اطلاعات در یک سیستم شخص ثالث می‌باشد که این امر می‌تواند حریم خصوصی و امنیت را برای کاربران به خطر بیاندازد. بنابراین استراتژی‌های بلاک‌چین برای حفظ حریم خصوصی و امنیت مورداستفاده قرار گرفته‌است. (مصلح، یائو و مویین، ۲۰۱۹).

موضوع اثربخشی پرداخت‌های الکترونیکی با ظهور خودپردازهای الکترونیکی مطرح شد. پرداخت‌های خرد[۶] در گروه سیستم‌های پرداخت الکترونیکی قرار می‌گیرند. پرداخت خرد، یک تراکنش مالی است که از طریق یک رسانه الکترونیکی بدون استفاده از پول نقد انجام می‌شود. پرداخت‌های خرد در مواقعی مورداستفاده قرار می‌گیرند که بخواهیم هزینه بسیاری از کارهای کوچک را به‌صورت یکجا پرداخت کنیم. به‌عنوان مثال: هزینه تمام تماس‌های تلفنی که در یک ماه انجام داده‌اید به‌صورت یکجا و تجمیع‌شده پرداخت می‌شود (پورعقیلی و ولف، ۲۰۱۹).

یکی از زمینه‌های استفاده از پرداخت خرد در اینترنت اشیا می‌باشد. در اینترنت اشیا حسگرها، محرک‌ها و برنامه‌های مختلفی مورداستفاده قرار می‌گیرد که برای پرداخت هزینه آنها می‌توان از پرداخت خرد استفاده نمود (لیو، وانگ، لین و ژو، ۲۰۱۹). در بحث مراقبت‌های بهداشتی که از طریق اینترنت اشیا انجام می‌شود حسگرهای مختلفی برای نظارت بر سلامت مورداستفاده قرار می‌گیرد که می‌توان از پرداخت خرد بلاک‌چین برای پرداخت هزینه مربوط به هر یک از سنسورها و فعالیت‌ها استفاده نمود. با توجه به زیاد بودن حسگرهای مورداستفاده در یک شهر یا خانه هوشمند، نیاز به یک روش یا چهارچوب مناسب برای پرداخت هزینه احساس می‌شود. روش‌های ارائه‌شده تاکنون، با ایجاد کانال‌های پرداختی جداگانه برای هر یک از موجودیت‌ها پرداخت هزینه را انجام می‌دهند. استفاده از این روش‌ها در بحث مراقبت‌های بهداشتی، با توجه به زیاد بودن تعداد حسگرها و برنامه‌های کاربردی، باعث افزایش کارمزد تراکنش‌ها خواهد شد؛ بنابراین نیاز به یک روش نوین در این زمینه احساس می‌شود.

هدف این مقاله استفاده از تکنولوژی‌های مطرح شده در بالا، برای پرداخت هزینه سنسورهای اینترنت اشیا می‌باشد. با توجه به ضرورت پرداخت خرد در بحث هزینه‌های اینترنت اشیا، در این مقاله یک چهارچوب، برای پرداخت هزینه حسگرهای مورداستفاده بیماران ارائه شده‌است. چهارچوب ارائه‌شده یک روش مبتنی بر بلیط است که باعث توسعه مکانیزم پرداختی بلاک‌چین شده‌است. در این روش استفاده از کانال‌های پرداختی خارج از بلاک‌چین، باعث افزایش سرعت در پرداخت هزینه‌ها، کاهش بار ارتباطی و کاهش پردازش داده‌ها شده‌است.

---

[4]. Nonce

[5]. Merkle tree

[6]. Micropayment

بخش‌های مختلف مقاله به شرح زیر می‌باشد: در بخش بعدی درمورد کارهای مرتبط صورت‌گرفته در بحث بلاک‌چین، پرداخت خرد و مراقبت‌های بهداشتی صحبت شده‌است. بعد از آن روش پیشنهادی در این مقاله ارائه شده و درنهایت جمع‌بندی و نتیجه‌گیری از مقاله و منابع بیان شده‌است.

۲) پیشینه پژوهش

تراکنش مالی جنبه‌های مختلفی را دربرمی‌گیرد. به‌طورمعمول وقتی کالایی یا خدمتی ارائه می‌شود و مورداستفاده قرار می‌گیرد باید هزینه‌ای را در برابر آن خدمت پرداخت نمود. یک ارائه‌دهنده پرداخت خرد می‌تواند کارمزد تراکنش را کاهش دهد تا پرداخت هزینه‌های با مقدار کم را تسهیل کند. اپل فروشگاه iTunes را راه‌اندازی کرد که در آن آهنگ‌ها با ۹۹ سنت فروخته می‌شود و Google Play پرداخت‌های خرد تا ۱۰ سنت برای هر آهنگ را نیز فعال می‌کند. هر دو غول فناوری، اپل و گوگل، با استفاده از یک مدل احتمالی برای رفتار کاربر، این پرداخت‌های خرد را انجام می‌دهند تا با به‌دست آوردن چندین خرید مصرف‌کننده در یک زمان، زمان مناسب را برای تعادل خطر اعتبار در مقابل هزینه تراکنش انتخاب کنند (گوگل، ۲۰۱۹). ارزهای رمزپایه دارایی‌های دیجیتالی هستند که برای انجام پرداخت در سیستم‌عامل‌های بلاک‌چین مورداستفاده قرار می‌گیرند و می‌توان از آنها برای توسعه سیستم‌های پرداخت خرد استفاده کرد. در زمینه پرداخت‌های الکترونیکی، از این معاملات گاهی اوقات به‌عنوان قراردادهای هوشمند (سابو، ۱۹۹۶) یاد می‌شود. بلاک‌چین دارای ویژگی‌های مختلف و برجسته مانند تمرکززدایی، شفافیت، منبع باز، استقلال، تغییرناپذیری و ناشناس‌ماندن است که آن را به یک فناوری منحصر به فرد و قدرتمند برای اطمینان از امنیت در یک شبکه اینترنت اشیا برای مراقبت‌های بهداشتی تبدیل می‌کند. این ویژگی‌ها باعث شده‌است در مقاله (وانگ، ژو، جی و رن، ۲۰۲۰) از این فناوری در مدیریت مراقبت‌های بهداشتی استفاده شود.

Lorikeet (لو، ۲۰۲۰) ابزاری مهندسی مبتنی بر بلاک‌چین است که الگوهای زنجیره‌ای را برای توسعه‌دهندگان فراهم می‌کند تا قراردادهای هوشمند را براساس تعریف رابط ERC-20 و ERC-721 تنظیم کنند و از آنها در پرداخت‌های مبتنی بر بلاک‌چین استفاده نمایند. در (وزیرانی، اودونق، بریندلی و ماینرت، ۲۰۱۹) بلاک‌چین را به‌عنوان راهی برای مدیریت کارآمد اطلاعات مراقبت‌های بهداشتی عنوان کرده‌اند. آنها در مطالعه خود، انواع مختلفی از مطالعات را بررسی کردند که بیشتر مطالعات در این مقاله درمورد مزایا و محدودیت‌های بالقوه فناوری بلاک‌چین برای مراقبت‌های بهداشتی بدون ارائه هیچ‌گونه اثبات یا ارزیابی سیستم بوده‌است. آنها نتیجه‌گیری کرده‌اند که چگونه بلاک‌چین می‌تواند برای مدیریت سوابق مراقبت‌های بهداشتی در سیستم ابری با حفظ امنیت و حریم خصوصی داده‌ها، مناسب‌تر باشد. (خاتون، ۲۰۲۰) درمورد چگونگی فناوری بلاک‌چین و قراردادهای هوشمند با ساده‌سازی روند کلی، برای بخش بهداشت و درمان صحبت کرده‌اند. آنها در کار خود اظهار داشته‌اند که مدیریت سوابق مراقبت‌های بهداشتی بسیار مهم است و بلاک‌چین پتانسیل کاهش تلفات را با تأمین اطلاعات روی دفترکل توزیع‌شده دارد. (جمیل، هانگ، کیم و کیم، ۲۰۱۹) درباره موضوعات مربوط به مقررات دارو و نحوه استانداردسازی داروها با استفاده از فناوری بلاک‌چین بحث کرده‌اند. آنها در کار خود مشکلات شناسایی داروهای جعلی را برجسته کرده و بلاک‌چین را به‌عنوان راهی برای تشخیص تقلبی پیشنهاد کرده‌اند.

مطالعه بر روی بلاک‌چین در بهداشت و درمان، استفاده از قراردادهای هوشمند اتریوم[۷] برای ایجاد بازنمایی سوابق پزشکی در (اکبلاو، آزاریا، هالامکا و لیوپمن، ۲۰۱۶) ارائه شده‌است. نشان تجاری (کاوبرینگ، آرویدسون و بونونیدا، ۲۰۲۰) با قفل کردن کانال پرداختی خریدار به فروشنده برای تایید تحویل کالا یا خدمات، مفاهیم مربوط به حمایت از مشتری را از صنعت پرداخت مبتنی بر کارت سنتی به بلاک‌چین می‌آورد. درمورد ترجیح پرداخت ارز رمزنگاری‌شده در مراقبت‌های بهداشتی، ICO[۸] (پیشنهاد اولیه سکه) محبوب‌ترین روش برای جمع‌آوری کمک مالی برای یک شرکت مرتبط با بلاک‌چین است و این امکان را به سرمایه‌گذاران خارجی برای پشتیبانی زودهنگام می‌دهد. یک شرکت مرتبط با بلاک‌چین می‌تواند یک ICO (که تقریبا معادل یک پیشنهاد اولیه است) راه‌اندازی کند و در ازای سرمایه‌گذاران خارجی، رمز ارز جدید رمزنگاری ویژه ICO را دریافت کند که امیدوارند در آینده عملکرد خوبی داشته باشد و بازده قابل توجهی از سرمایه را فراهم کند (فرانکن فیلد، ۲۰۲۰). استفاده از تراکنش‌ها بیرون از زنجیره بلاک‌چین برای کاهش کارمزدهای بالای این معاملات در (زهیر و زهیر، ۲۰۲۰) ارائه شده‌است که درمورد استفاده از آن در اینترنت اشیا صحبت می‌کند.

شبکه Raiden که در (هیز، ۲۰۱۶) ارائه شده‌است، از معاملات خارج از زنجیره برای کاهش سربار معاملات استفاده می‌کند. این کار یک سناریوی معامله ساده برای سیستم‌های اینترنت اشیا را توصیف می‌کند. با این وجود نیاز به پردازش و مصرف ترافیک شبکه در دستگاه‌های سطح پایین تقریبا غیرممکن است. (شن، گو و یانگ، ۲۰۱۹) مکانیزمی را برای به اشتراک‌گذاری داده‌های پزشکی با استفاده از بلاک‌چین و فناوری نظیربه‌نظیر معروف به MedChain ارائه داده‌اند. آنها این سیستم را برای داده‌های مراقبت‌های بهداشتی تولیدشده از طریق معاینه پزشکی و داده‌های جمع‌آوری‌شده از حسگرهای اینترنت اشیا و سایر برنامه‌های تلفن همراه طراحی کرده‌اند.

قرارداد هوشمند برای فعال کردن ارتباط بین ماشین‌ها در (هاتادا، زیائو و لویس، ۲۰۱۹) معرفی شده‌است. نویسندگان AGasP، برنامه اینترنت اشیا برای پرداخت بنزین ماشین‌به‌ماشین با استفاده از یک قرارداد هوشمند را ارائه داده‌اند. سیستم پیشنهادی از یک قرارداد هوشمند برای تراکنش‌های پرداخت استفاده می‌کند. روش توسعه‌یافته، مبتنی بر اتریوم است و به کاربر اجازه می‌دهد تا زمانی که شبکه بلاک‌چین وجود داشته باشد، تمام تراکنش‌ها در بستر بلاک‌چین را بررسی کند. یکی دیگر از زمینه‌های استفاده از بلاک‌چین، امکان کسب درآمد از تماس‌های برنامه‌های کاربردی است که تماس‌گیرنده قبل از درخواست آنها، نیاز به پرداخت خرد دارد (به‌ترتیب در بیت‌کوین یا اتریوم). با وجود ارز رمزنگاری‌شده، هر دستگاهی می‌تواند حساب بانکی خود را در اینترنت داشته باشد. سپس می‌تواند منابع خود را درمعرض دستگاه‌های دیگر (کاربران) قرار دهد و از طریق استفاده از تراکنش‌های خرد از خدمات آنها استفاده کند (یاسامی، درگو، سرگئیف، جولیان، هاردینگ و سرینیواسان، ۲۰۱۶).

۳) اهداف و انگیزه پژوهش

درحال‌حاضر با افزایش فناوری و استفاده از آن در زندگی روزمره، باید به دنبال راه‌هایی برای بهبود کیفیت در اجرا و

---

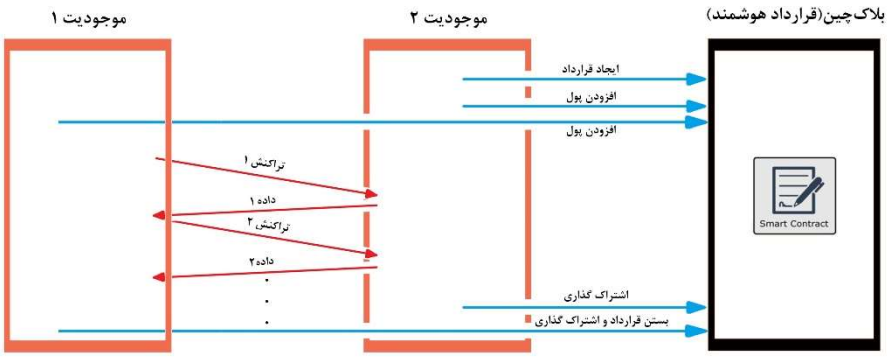
[7]. Ethereum

[8]. Initial coin offer

پیاده‌سازی این فناوری‌ها بود. در شبکه اینترنت اشیا که امروزه در شهرها و خانه‌های هوشمند در حال استفاده می‌باشد، استفاده از معاملات خرد برای پرداخت خدمات امری ضروری به‌شمار می‌آید. یکی از روش‌های کارآمد در استفاده از فناوری بلاک‌چین برای پرداخت خرد، استفاده از کانال‌های پرداخت می‌باشد (فرانکن فیلد، ۲۰۲۰). کانال‌های پرداخت، زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند که دو طرف معامله، به‌طور مرتب از طریق این کانال به معامله می‌پردازند.

ایده اصلی در این کانال‌های پرداخت به این صورت است که طرفین معامله مقدار ثابتی را که به اثبات طرفین رسیده‌است، در این کانال پرداختی قرار می‌دهند و پس از پایان کار و انجام معاملات خرد، فقط یک‌بار این موجودی را در بلاک‌چین ثبت می‌کنند. کانال‌های پرداخت را می‌توان با استفاده از قراردادهای هوشمند در اتریوم که تقریبا شبیه به حساب‌های مشترک در سیستم بانکی است، اجرا کرد. این کانال‌های پرداختی ابتدا در خارج از زنجیره بلاک‌چین ایجاد می‌شوند و سپس تراکنش نهایی در ساختار بلاک‌چین قرار می‌گیرد، به همین دلیل این کانال‌ها به‌طور مداوم با زنجیره اصلی در ارتباط هستند.

برای راه‌اندازی این کانال‌های پرداختی چندین مرحله موردنیاز است. در ابتدا دو طرف معامله اقدام به راه‌اندازی یک حساب مشترک می‌کنند و براساس آدرس طرفین اقدام به راه‌اندازی یک قرارداد هوشمند در ساختار بلاک‌چین می‌کنند. پس از ایجاد قرارداد هوشمند، طرفین معامله مقدار پول موردنظر خود را به آن انتقال می‌دهند و آدرس آن را به طرف مقابل می‌دهند تا از میزان مبلغ تعهدی که هر یک از طرفین به آن متعهد هستند، اطمینان حاصل کنند. در قرارداد، متغیری به نام مبلغ تعهد وجود دارد که تعیین می‌کند چه مقدار از پول نگهداری شده توسط قرارداد، به طرفین معامله وعده داده شده‌است. قراردادهای هوشمند باید مکانیزمی را فراهم کنند تا بدون درنظر گرفتن خواست طرف مقابل، معامله متوقف شده و سهم خود را در هر زمان که بخواهند پس بگیرند. پس از آن باید جابجایی وجوه تعهدداده‌شده، انجام شود. برای انتقال پول باید مبلغی که به طرف مقابل تعهد داده شده‌است، از طریق ارسال در ساختار زنجیره اصلی بلاک‌چین انجام شود؛ اما ارسال هر یک از این به‌روزرسانی‌ها در ساختار بلاک‌چین باعث تحمیل کارمزدهای زیاد می‌شود. بدین منظور برای رفع این مشکل به‌جای ارسال پیام‌های به‌روزرسانی در ساختار زنجیره اصلی بلاک‌چین، هر یک از طرفین که خواستار پرداخت هزینه خدمت موردنظر هستند، پیامی را در کانال پرداختی خارج از زنجیره اصلی ارسال می‌کنند و آن را امضا و به طرف مقابل ارسال می‌کنند و طرف مقابل هر زمان که خواستار توقف معامله شود می‌تواند با انتشار این پیام در ساختار زنجیره اصلی بلاک‌چین به مبلغ موردنظر دسترسی داشته باشد. شکل ۲ نحوه ایجاد کانال پرداختی و انجام تعاملات بین ۲ موجودیت را نشان می‌دهد.

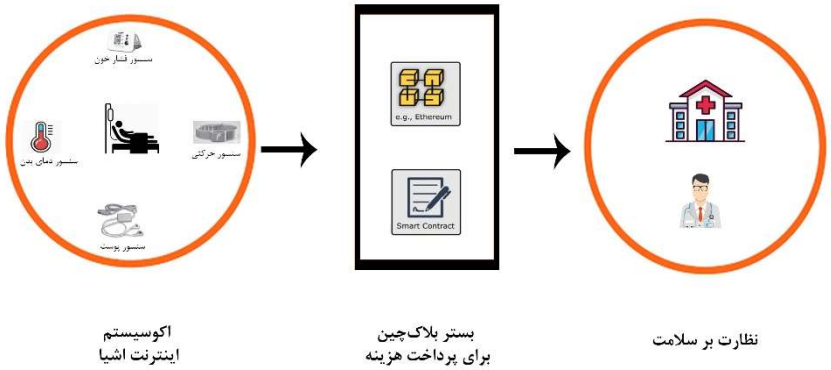


شکل ۲. تعامل بین ۲ موجودیت از طریق کانال پرداختی

در این مقاله از ساختار پرداخت خرد که در بلاک‌چین مورداستفاده قرار می‌گیرد، در بحث پرداخت هزینه سنسورها و برنامه‌هایی که در مراقبت‌های بهداشتی در شهرها و خانه‌های هوشمند برای جمع‌آوری اطلاعات مورداستفاده قرار می‌گیرد، استفاده شده است.

۴) روش پیشنهادی

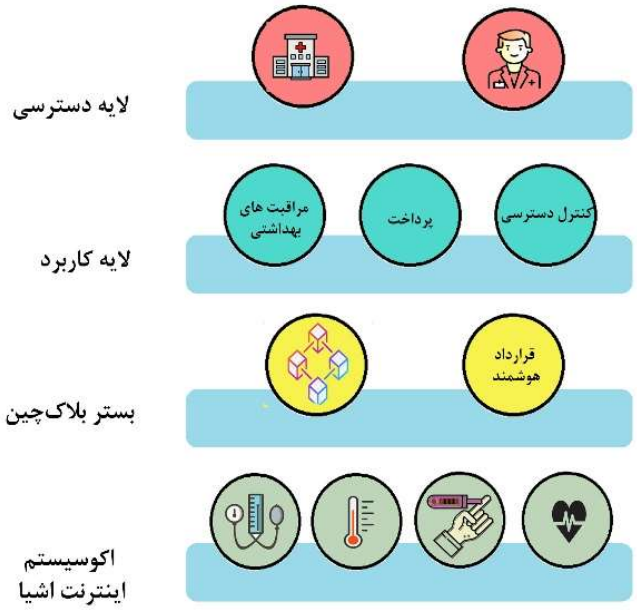
درحال‌حاضر در شهرهای هوشمند با پیشرفت اینترنت اشیا، سنسورها نقش پررنگی را در زندگی مردم ایجاد کرده‌است. یکی از کاربردهای اساسی سنسورها استفاده در بخش پزشکی و مانیتور کردن وضعیت بیماران می‌باشد. سنسورها برای درک و به‌دست آوردن اطلاعات مربوط به سلامتی یا بیماریِ بیمار و دریافت اطلاعات لازم استفاده می‌شوند. تمام اشیا و دستگاه‌های فیزیکی به اینترنت (شبکه‌ای) متصل هستند و دستگاه‌ها نظارت مستمر بر روند وضعیت بیمار را نشان می‌دهند و اطلاعات پزشکی موردنیاز به خوبی دراختیار پزشکان قرار خواهد گرفت. سنسورها و حسگرها می‌توانند داده‌ها را به‌صورت دیجیتالی ضبط، ذخیره و تجزیه و تحلیل کنند. تمام سوابق بالینی به‌صورت دیجیتالی نگهداری می‌شوند و با کمک امکانات اینترنتی، داده‌ها و اطلاعات بیمار به‌راحتی در موارد اضطراری به اشتراک گذاشته می‌شود و بیمارستان و پزشکان را از وضعیت بیمار مطلع می‌کنند. این سنسورها درجه حرارت، سطح قند، فشارخون و اطلاعات مربوط به سلامت بیمار را به‌طور مداوم چک می‌کنند و از طریق برنامه‌های کاربردی که بر روی دستگاه‌های هوشمند نصب شده‌اند، دراختیار بیمارستان و پزشک موردنظر قرار می‌دهند. تمام سوابق به‌صورت محرمانه برای انجام درمان ذخیره می‌شوند. شکل ۳ ساختار کلی استفاده از حسگرهای اینترنت اشیا برای جمع‌آوری اطلاعات بیماران را نشان می‌دهد.



شکل ۳. ساختار کلی اینترنت اشیا و بلاک‌چین در سلامت الکترونیک

بطورکلی برای استفاده از دستگاه‌ها، برنامه‌ها و خدماتی که در بستر اینترنت اشیا استفاده می‌شود باید هزینه پرداخت کرد. امروزه با توجه به پیشرفت تکنولوژی پرداخت هزینه به‌صورت سنتی مرسوم نمی‌باشد و در شهرهای هوشمند از روش‌های جدیدی که در این زمینه ارائه شده‌است، استفاده می‌شود. همانطورکه در بالا گفته شد یکی از این روش‌ها استفاده از تکنولوژی بلاک‌چین می‌باشد. با توجه به اینکه در اینترنت اشیا برای بهره‌مندی از خدمات باید از برنامه‌ها و حسگرهای زیادی استفاده کرد، بهترین رویکرد استفاده از پرداخت خرد بلاک‌چین می‌باشد.

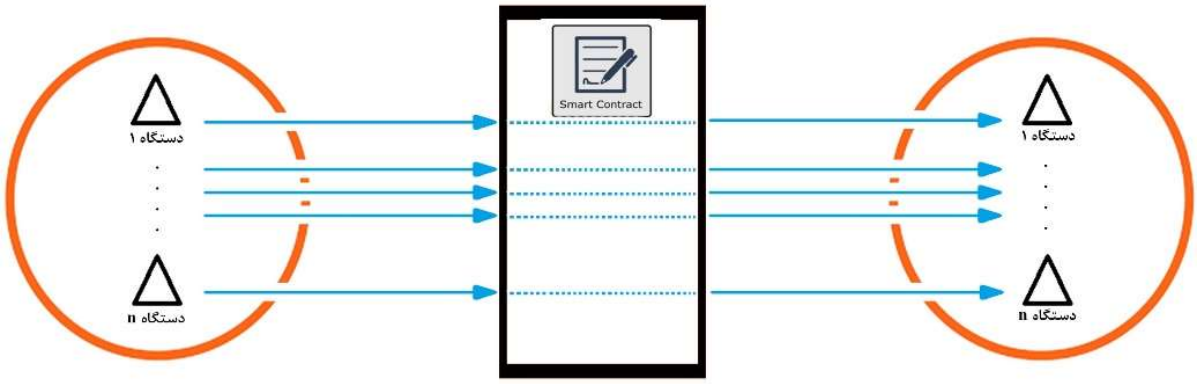
در بحث مراقب‌های بهداشتی و مانیتور کردن وضعیت بیمار یا بیماران در یک خانه هوشمند از حسگرهای زیادی از قبیل حسگر فشارخون، حسگر دمای بدن، حسگر سطح قند و غیره استفاده می‌شود. همچنین با توجه به تنوع حسگرهای مورداستفاده در یک خانه هوشمند برای نظارت سلامتی بیمار، نیاز به برنامه‌های کاربردی مختلفی وجود دارد که برای جمع‌آوری اطلاعات بالینی بیمار و ارسال آن به بیمارستان و پزشک استفاده می‌شود. برای بهره‌مندی از این خدمات در اینترنت اشیا نیاز به پرداخت‌های خرد احساس می‌شود. بنابراین در این مقاله یک چهارچوب پرداخت خرد برای پرداخت هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی و بالینی بیماران در شهر هوشمند ارائه شده‌است. شکل ۴ معماری لایه‌ای روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.



شکل ٤. معماری لایه‌ای روش پیشنهادی

چهارچوبی که در این مقاله ارائه شده‌است و برای پرداخت در سلامت الکترونیک استفاده می‌شود، پرداخت خرد مبتنی بر بلیط می‌باشد. در چهارچوب ارائه‌شده یک سری عملیات مبتنی بر بلاک‌چین شامل تنظیم قرارداد هوشمند، انتقال پول به قرارداد هوشمند، ارسال پیام درمورد تعهدهای تاییدشده و مطالبه پول‌های تعهد داده‌شده در قرارداد هوشمند وجود دارد.

هر قرارداد هوشمند یک واحد هماهنگ‌کننده و تاییدکننده معامله دارد که به آن مدیر قرارداد گفته می‌شود. در ابتدا برای راه‌اندازی حساب مشترک و واریز پول به این حساب از مدیر قرارداد استفاده می‌شود؛ و پس از تایید، هر یک از طرفین معامله در ازای وعده‌های قابل اثبات، آماده ارائه خدمات و یا استفاده از خدمات می‌باشند. یک مشکلی که در این روش دارد، انجام این عملیات برای هر تراکنش از نظر پردازشی و مصرف ترافیک شبکه سنگین خواهد بود زیرا نیازمند تعامل مداوم با زنجیره اصلی بلاک‌چین خواهد بود. شکل ۵ انجام این عملیات برای هر تراکنش در روش‌های فعلی را نشان می‌دهد.



شکل ۵. ساختار ارتباط بین موجودیت‌ها در بسترهای فعلی

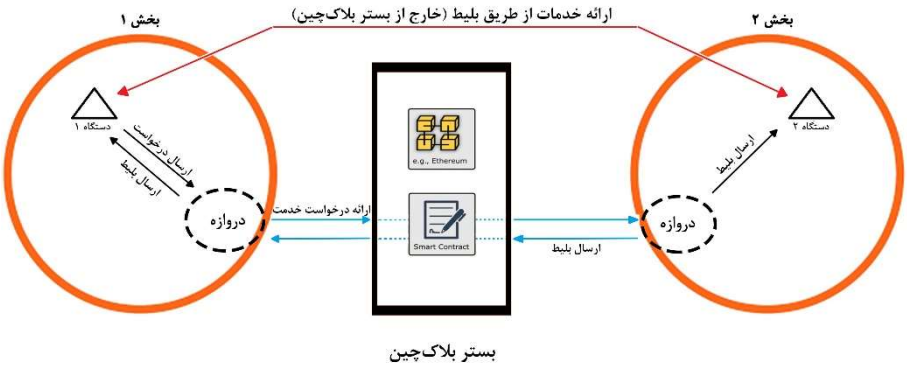
برای رفع این مشکل در این مقاله از روش مبتنی بر بلیط استفاده شده‌است. در این روش یک موجودیت به نام دروازه[9] که وظیفه آن کاهش بار ارتباطی است، تعریف شده‌است. به این صورت که برای بخش‌های مختلف که دارای سنسورها و یا دستگاه‌های اینترنت اشیا مختلفی می‌باشند یک دروازه درنظر گرفته می‌شود که این موجودیت وظیفه برقراری و ایجاد کانال ارتباطی را برعهده دارد. به عبارت دیگر، برای دستگاه‌های اینترنت اشیا که در بخش‌های مختلف مورداستفاده قرار می‌گیرند نیاز نیست در هر دفعه یک کانال پرداختی برای هر یک از دستگاه‌ها ایجاد شود و فقط کافی است یک کانال پرداختی بین دروازه این بخش که شامل دستگاه‌های اینترنت اشیا می‌باشند با طرف دیگر معامله برقرار شود.

در این روش از بلیط برای تایید اعتبار خریداران خدمات اینترنت اشیا استفاده شده‌است. به‌طور مثال: فرض کنید دو دستگاه اینترنت اشیا که در دو بخش یا دروازه متفاوت قرار دارند خواستار انجام معامله می‌باشند. در ابتدا دستگاه اول که در یک بخش متفاوت نسبت به دستگاه اول قرار دارد، درخواست خود را به دروازه بخش خود ارسال می‌کند. سپس دروازه اول نسبت به ایجاد یک کانال پرداختی بین خود و دروازه بخش دوم اقدام می‌کند. پس از ایجاد کانال پرداختی دروازه‌ها درمورد خدماتی که قرار هست ارائه شود و همچنین قیمت هر خدمت به توافق می‌رسند. پس از آن دروازه اول درمورد حداکثر تعداد خدمتی که قرار هست دریافت کند به دروازه بخش دیگر اطلاع می‌دهد. با دریافت این پیام دروازه دوم از اینکه در حساب مشترک ایجاد شده در کانال پرداختی در ازای خدماتی که ارائه می‌دهد، پول به اندازه کافی است اطمینان حاصل می‌کند. سپس بعد از اطمینان، دروازه دوم اقدام به صدور بلیط می‌کند. در بلیط ایجادشده، آدرس دریافت‌کننده خدمت، حساب بلاک‌چین دریافت‌کننده خدمت، شناسه خدمت موردنظر، تاریخ به پایان رسیدن ارائه خدمت، تعداد واحدهای خدمت قابل‌ارائه و قیمت هر واحد خدمت قرار داده شده‌است. سپس بلیط صادرشده توسط دروازه دوم با کلید مخفی امضا می‌شود و دوباره به دروازه اول ارسال می‌گردد. دروازه اول با دریافت این بلیط آن را به دستگاه اینترنت اشیا که خواستار دریافت خدمت بود، ارسال می‌کند. اطلاعات موجود در بلیط در شکل ۶ نشان داده شده‌است.

[9]. Gateway

شکل ٦. جزئیات اطلاعات بلیط

پس از آن دستگاه اینترنت اشیا در دروازه اول، پس از دریافت بلیط می‌تواند ارتباط خود را با دستگاه‌های موجود در دروازه دوم بدون نیاز دوباره به برقراری ارتباط از طریق دروازه‌ها و فقط از طریق ارائه بلیط صادرشده، انجام دهد. دستگاه اینترنت اشیا در دروازه دوم که ارائه‌دهنده خدمت می‌باشد پس از دریافت بلیط با توجه به اینکه بلیط توسط دروازه همین بخش صادر شده‌است، اطمینان پیدا می‌کند و آماده ارائه خدمات می‌باشد. به عبارت دیگر این ویژگی سبب شده‌است تا از ایجاد کانال‌های ارتباطی زیاد که باعث افزایش پردازش اطلاعات، افزایش ترافیک شبکه و افزایش هزینه‌های مربوط به کارمزد تراکنش‌ها می‌شود، جلوگیری کند. ساختار کلی روش پیشنهادی در شکل ۷ نشان داده شده‌است.



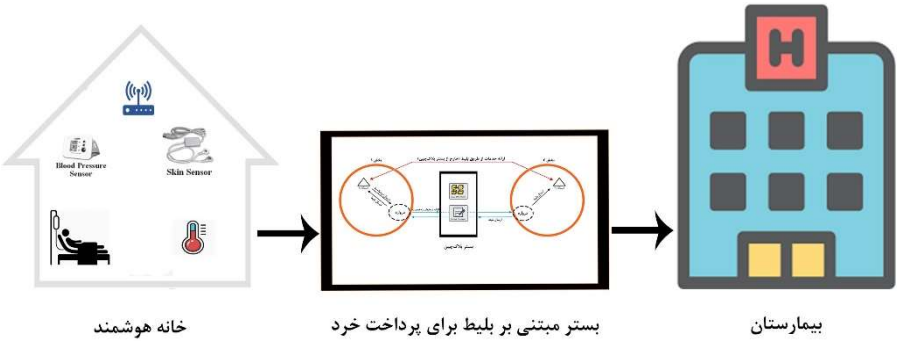
شکل ۷. ساختار کلی روش پیشنهادی

در این مقاله از این ساختار پیشنهادی برای پرداخت خرد هزینه سنسور نودهایی که در پزشکی مورداستفاده قرار می‌گیرد، استفاده شده‌است. به این صورت که با استفاده از بلیط ارتباط اولیه بین بیمار و بیمارستان برقرار می‌شود و کانال ارتباطی توسط بلاک‌چین ایجاد می‌شود. حسگرهایی که بیماران استفاده می‌کنند شامل حسگرهای مختلف برای تشخیص بالینی، نظارت بر فعالیت قلب، نظارت بر خواب، نظارت بر سلامت زنان، نظارت بر نوزادان، نظارت مداوم بر قند، سنسور تعیین دمای بدن و غیره می‌باشند که اطلاعات هر یک از این حسگرها برای بخش‌های مختلف بیمارستان و یا پزشکان مختلفی ارسال می‌شود.

در روش‌های قبلی برای پرداخت هزینه هر یک از این حسگرها که مربوط به بخش خاصی از بیمارستان یا پزشک می‌شود، باید برای هر یک کانال پرداختی جداگانه‌ای ایجاد شود که این امر باعث افزایش پردازش، افزایش زمان پرداخت

و افزایش ترافیک شبکه خواهد شد. اما در روش پیشنهادی کافی است ارتباط اولیه بین خانه هوشمند بیمار و بیمارستان از طریق بلیط انجام شود و پس از آن از طریق کانال پرداختی خارج از بلاک‌چین، تمامی تراکنش‌ها بین بیمار و بخش‌های مختلف بیمارستان و پزشک انجام خواهد شد. علاوه بر این با توجه به حساس بودن سنسورها در سلامت الکترونیک که نقش حیاتی را ایفا می‌کنند (به این دلیل که علائم حیاتی انسان ازجمله نبض، فشارخون، قند و غیره را چک می‌کنند) با استفاده از روش پیشنهادی مبتنی بر بلیط، اگر ارتباط ثانویه‌ای که بین بیمار با هر بخش از بیمارستان ایجاد شده‌است قطع شود، به دلیل اینکه در ابتدای کار بین بیمار و بیمارستان بلیط رد و بدل شده‌است، بخش‌های مختلف بیمارستان می‌توانند از بابت پرداخت هزینه اطمینان خاطر داشته باشند و ارائه خدمات خود را به‌طور کامل انجام دهند.

یکی دیگر از مشکلاتی که در روش پیشنهادی رفع شده‌است، بحث تاخیر در ساختار بلاک‌چین است. وقتی تراکنش‌ها از طریق زنجیره اصلی بلاک‌چین انجام می‌شوند، برای تایید نیازمند یک حداقل زمانی است و ازآنجاکه در پزشکی مسئله تاخیر موضوع مهمی است، با استفاده از ساختار مبتنی بر بلیط این مشکل هم برطرف خواهد شد. شکل ۸ ساختار روش پیشنهادی برای پرداخت هزینه حسگرهای مورداستفاده بیمار را نشان می‌دهد.



شکل ۸. روش پیشنهادی برای پرداخت هزینه حسگرها در اینترنت اشیا

یکی از موارد کاربرد روش پیشنهادی استفاده از آن در بحث بیماری کرونا (Covid-19) که درحال‌حاضر مهمترین مسئله در سراسر جهان است، می‌باشد. به این صورت که پس از برقراری ارتباط و ایجاد کانال پرداختی با استفاده از روش پیشنهادی علائم حیاتی که در بیماری کرونا باید چک شوند (مثل تب، میزان اکسیژن خون و غیره) با استفاده از حسگرهای اینترنت اشیا جمع‌آوری و به پزشک یا بیمارستان موردنظر ارسال می‌شوند. یکی از موارد مهمی که در مسئله کرونا وجود دارد بحث کاهش تجمع و کاهش رفت‌وآمد است که می‌تواند در کاهش این بیماری پاندمیک موثر باشد. استفاده از این روش می‌تواند بر کاهش همه‌گیری کرونا به دلیل کاهش ارتباط بین بیماران با بیمارستان و سایر افراد تأثیر بسزایی داشته باشد. بیمار می‌تواند بدون مراجعه حضوری پرداخت خود را با استفاده از چهارچوب پرداختی ارائه‌شده در این مقاله با بخش‌های مختلف بیمارستان انجام دهد.

۵) مزایا و محدودیت‌ها

همانطورکه پیش‌تر گفته شد روش پیشنهادی، مزایایی در پرداخت خرد بلاک‌چین به‌همراه دارد. مزیت این روش نسبت به سایر روش‌ها عبارتند از:

۱) کاهش بار ارتباطی
۲) عدم نیاز به چندین حساب بلاک‌چین
۳) کاهش زمان پرداخت هزینه‌ها

ازآنجایی‌که ارتباط اولیه بین اشیاء مختلف در روش مبتنی بر بلیط ارائه‌شده در این مقاله از طریق دروازه‌ها انجام خواهد شد، شاهد کاهش بار ارتباطی خواهیم بود. به این دلیل که نیاز به ایجاد کانال‌های پرداختی جداگانه برای انجام هر تراکنش بین اشیا از بین خواهد رفت که این امر باعث کاهش ترافیک ارتباطی و پردازش داده‌ها خواهد شد. با توجه به ایجاد کانال‌های ارتباطی خارج از بلاک‌چین برای برقراری ارتباط بین اشیا و انجام پرداخت‌های خرد، عملا نیاز به چندین حساب بلاک‌چین از بین خواهد رفت. ازآنجاکه پرداخت‌های خرد یکی از روش‌های مناسب برای کاهش هزینه‌ها می‌باشد، روش پیشنهادی توانسته است علاوه بر کاهش کارمزد تراکنش‌ها، باعث کاهش زمان برای پرداخت هزینه خدمات شود. دلیل اصلی که باعث کاهش زمان خواهد شد استفاده از بلیط می‌باشد که توانسته با ایجاد کانال پرداختی خارج از بلاک‌چین باعث این امر شود. در کنار مزایای روش پیشنهادی می‌توان برای آن چالش‌هایی را درنظر گرفت. این چالش‌ها و محدودیت‌ها را می‌توان از ۳ جنبه مورد بررسی قرار داد که عبارتند از: محدودیت‌ها از لحاظ کارایی، محدودیت‌های ناشی از استقرار و محدودیت‌های مدیریتی.

در بحث محدودیت‌های کارایی می‌توان به تاخیر در ساختار بلاک‌چین اشاره کرد. همان‌طورکه در بخش‌های قبل عنوان شد یکی از محدودیت‌هایی که ساختار بلاک‌چین با آن روبه‌رو می‌باشد، تاخیر در ثبت تراکنش‌های اصلی در بستر زنجیره اصلی است. در روش پیشنهادی اگرچه بخش زیادی از این مشکل با استفاده از ساختار ایجاد شده در خارج از بستر بلاک‌چین رفع شده‌است اما همچنان ثبت تراکنش‌های اصلی در ساختار بلاک‌چین دارای محدودیت تاخیر برای تایید تراکنش‌ها می‌باشد.

در بخش محدودیت‌های ناشی از استقرار یکی از اصلی‌ترین چالش‌هایی که در روش‌های استفاده از بلاک‌چین در بستر اینترنت اشیا می‌توان به آن اشاره کرد، بحث هزینه استقرار و پیاده‌سازی فیزیکی این روش‌ها می‌باشد. همان‌طورکه می‌دانید اینترنت اشیا دارای حسگرها و محرک‌های گوناگونی می‌باشد که برای دستگاه‌های مختلف طراحی و ایجاد شده‌اند. بنابراین پیاده‌سازی این حسگرها و ارتباط آنها با دستگاه‌های مختلف در ساختار بلاک‌چین نیازمند هزینه‌های زیادی می‌باشد. علاوه بر این در روش پیشنهادی علاوه بر ساختار بلاک‌چین، یک کانال پرداختی خارج از بستر اصلی بلاک‌چین برای پرداخت‌های خرد طراحی شده‌است که باعث افزایش هزینه ناشی از استقرار و پیاده‌سازی خواهد شد. درنهایت در بحث محدودیت‌های مدیریتی می‌توان به مدیریت بلیط‌ها اشاره نمود. وقتی تعداد بلیط‌های ارتباطی بین بخش‌های مختلف زیاد می‌شود، مدیریت آن می‌تواند یکی از چالش‌های روش پیشنهادی باشد. به این صورت که در روش پیشنهادی هر بخش نیازمند یک بلیط برای ارتباط تنها با یک بخش می‌باشد. اگر این بخش خواستار ارتباط با بخش دیگری باشد نیاز به ایجاد بلیط جدید دارد. بنابراین در روش پیشنهادی برای ارتباط با دستگاه‌ها در بخش‌های مختلف نیاز به ایجاد بلیط‌های گوناگون می‌باشد که این امر باعث افزایش مرتبه زمانی مدیریت بلیط‌ها خواهد شد.

۶) نتیجه‌گیری

پیشرفت روزافزون تکنولوژی و استفاده از آن در جوامع هوشمند باعث افزایش کیفیت زندگی مردم شده‌است. تکنولوژی‌هایی از قبیل اینترنت اشیا و بلاک‌چین در سال‌های اخیر توانسته‌اند در بسیاری از زمینه‌ها مورد مطالعه و بهره‌برداری قرار بگیرند. یکی از زمینه‌ها سلامت الکترونیک می‌باشد که تاثیر بسزایی در زندگی جوامع هوشمند ایجاد کرده‌است. با استفاده از حسگرهای اینترنت اشیا، اطلاعات مربوط به بیماران به‌راحتی جمع‌آوری و دراختیار پزشک موردنظر قرار می‌گیرد و می‌توان با استفاده از تکنولوژی بلاک‌چین ساختار مناسبی را برای پرداخت هزینه حسگرها ایجاد کرد. در این مقاله یک روش مبتنی بر بلیط ارائه شده‌است که باعث توسعه مکانیزم پرداختی در بلاک‌چین گردیده‌است. براساس روش ارائه شده، نیازی به ارتباط تمامی حسگرها یا برنامه‌های اینترنت اشیا به‌صورت جداگانه با شبکه بلاک‌چین نیست که این باعث افزایش سرعت پرداخت هزینه و همچنین کاهش بار ارتباطی و کاهش پردازش داده‌ها خواهد شد. ویژگی اصلی که سبب تمایز این روش با سایر روش‌ها شده‌است، عدم نیاز به چندین حساب بلاک‌چین برای پرداخت هزینه استفاده از حسگرها و برنامه‌های متفاوتی می‌باشد که در ارتباط با یک مجموعه خاص می‌باشند. مثلا در بحث مراقبت‌های بهداشتی برای ارتباط بین حسگرها و بخش‌های مختلف بیمارستان، نیاز به ایجاد کانال‌های پرداختی جداگانه برای هر یک از سنسورها نمی‌باشد و این امر به‌راحتی توسط بلیط ایجاد شده بین دروازه‌ها انجام خواهد شد.

منابع

Bhushan, B. , Sahoo, C. , Sinha, P. & Khamparia, A. (2021). Unification of Blockchain and Internet of Things (BIoT): requirements, working model, challenges and future directions, Wireless Networks, pp. 55–90. https://doi.org/10.1016/j.trb.2017.04.003

Cavebring, J. , Arvidsson, A. & Buenvenida, T. (2021). DeFi merchant payment protocol with consumer protection for web 3.0, Tech. Rep. https://doi.org/1033/j.trb.2023.17.41

Ekblaw, A. , Azaria, A. , Halamka, J.D. & Lippman, A. (2016) . A Case Study for Blockchain in Healthcare: MedRec prototype for electronic health records and medical research data, IEEE. Reprinted from 2nd International Conference on Open & Big Data. https://doi.org/1054/j.trb.2011.13.32

Google cloud iot. [Online]. Available: *https://cloud.google.com/ solutions/iot*.

Hanada, Y., Hsiao, L., & Levis, P. (2018). Smart contracts for machine-to-machine communication: Possibilities and limitations. In 2018 IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence System (IOTAIS) (pp. 130-136). IEEE. https://doi.org/1052/j.trb.2018.24.24

Hees, H. (2016). Raiden network: Off-chain state network for fast DApps, in Devcon Two. Shanghai, China: Ethereum Foundation. https://doi.org/1051/j.trb.2015.30.19

Jabraeil Jamali M.A. , Bahrami B., Heidari A., Allahverdizadeh P., Norouzi F. (2020) IoT Security. In: Towards the Internet of Things. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer. https://doi.org/1016/j.trb.2004.29.18

Jamil, F. , Hang, L. , Kim, K. & Kim, D. (2019). A Novel Medical Blockchain Model for Drug Supply Chain Integrity Management in a Smart Hospital. Electronics, 8, 505. https://doi.org/1068/j.trb.2015.9.76

Khatoon, A. (2020). A blockchain-based smart contract system for healthcare management. Electronics, 9(1), 94. https://doi.org/1074/j.trb.2016.28.56

Liu, Y., Wang, K., Lin, Y., & Xu, W. (2019). a lightweight blockchain system for industrial internet of things. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 15(6), 3571-3581. https://doi.org/1092/j.trb.2009.38.80

Lu, Q. (2020). Integrated model-driven engineering of blockchain applications for business processes and asset management, Software: Practice and Experience, pp. 1–21. https://doi.org/1084/j.trb.2018.13.40

Mollah, M. B. , Zhao, J. , Niyato, D. , K.-Y. Lam, X. Zhang, A. M. Y. M. Ghias, L. H. Koh, & L. Yang. (2020). Blockchain for future smart grid: A comprehensive survey, IEEE Internet Things J. https://doi.org/1093/j.trb.2008.13.101

Musleh, A. S. , Yao, G. & S. Muyeen. (2019). Blockchain applications in smart grid–review and frameworks, IEEE Access, pp. 86 746– 86 757. https://doi.org/1096/j.trb.2004.11.113

Mutlag, M. M. , Ghani, M. K. A. , Arunkumar, N. , Mohammed, M. A. & Mohd, O. (2019). Enabling technologies for fog computing in healthcare IoT systems, Future Generation Computer Systems, pp. 62-78. https://doi.org/1015/j.trb.2020.19.128

Pouraghily, A. & Wolf, T. (2019). A Lightweight Payment Verification Protocol for Blockchain Transactions on IoT Devices, International Conference on Computing Networking and Communications (ICNC), pp. 617-623. https://doi.org/1079/j.trb.2015.32.120

Shen, B. , Guo, J. & Yang, Y. (2019). MedChain: Efficient Healthcare Data Sharing via Blockchain. Appl. Sci, 1207 https://doi.org/1012/j.trb.2006.21.115

Symantec. (2018) Internet Security Threat Report (ISTR).. [Online]. Available: docs/reports/istr-23-2018-en.pdf. https://doi.org/1081/j.trb.2005.34.99

Szabo, N. (1996). Smart contracts: Building blocks for digital markets. *[Online].Available: http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature* .

Vazirani, A.A., O'Donoghue, O., Brindley, D., Meinert, E. (2019). Implementing Blockchains for Efficient Health Care: Systematic Review. J. Med. Internet Res, e12439. https://doi.org/1054/j.trb.2018.18.41

Wang, Q. , Zhu, F. , Ji, S. & Ren, Y. (2020). Secure provenance of electronic records based on blockchain, Computers, Materials & Continua, pp. 1753–1769, 2020. https://doi.org/1029/j.trb.2018.20.62

Yassami, S. , Drego, N. , Sergeev, I. , Julian, T. , Harding, D. & Srinivasan, B. S. (2016). True Micropayments With Bitcoin. [Online]. https://medium.com/. https://doi.org/1036/j.trb.2013.16.74

Zehir, S. & Zehir, M. (2020). Internet of things in blockchain ecosystem from organizational and business management perspectives. Digital Business Strategies in Blockchain Ecosystems, pp. 47–62,. https://doi.org/1015/j.trb.2019.16.126