

یکپارچگی فن آوری بلاک چین برای امنیت و حریم خصوصی در اینترنت اشیا

مهدیس سلیمانی

کارشناسی، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی همدان، همدان، ایران

امیرمهدی ایمنی

کارشناسی، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی همدان، همدان، ایران

عبدالله میرزاییگی

استادیار، گروه مهندسی برق، دانشکده فنی و مهندسی، موسسه آموزش عالی جهاد دانشگاهی همدان، همدان، ایران

چکیده

اینترنت اشیا (IoT) امروزه یکی از فناوری‌های در حال ظهور است که با توسعه شبکه‌های بی‌سیم و استفاده از وسایل هوشمند در حال گسترش است. این مقاله ابتدا یک مرور جامع بر اینترنت اشیا را ارائه می‌دهد. اینترنت اشیا یک تکنولوژی مدرن است که اگر به تنهایی استفاده شود دارای مشکلات امنیتی است. هدف این مقاله بهره‌برداری از پیشرفت‌های انجام شده در اینترنت اشیا با استفاده از بلاک چین است. در این مقاله به بررسی پتانسیل بلاک چین و ساختار و انواع بلاک چین که شامل محیط‌های عمومی، خصوصی و ترکیبی است، اشاره شده است. برای کاهش این مشکلات و بهبود این فناوری و استفاده از زنجیره بلاک ها در اینترنت اشیا می‌تواند تکنولوژی اینترنت اشیا را بسیار قدرتمندتر کند. باید گفت که بلاک چین و اینترنت اشیا فناوری‌هایی با پتانسیل عالی هستند. اما به دلیل مشکلات فنی و امنیتی هنوز به مقبولیت عام نرسیده‌اند. شرکت‌های زیادی در حال استفاده از بلاک چین در اینترنت اشیا هستند و می‌خواهند از این طریق روشی برای کاهش ریسک ارائه دهند.

واژگان کلیدی: اینترنت اشیا، امنیت، بلاک چین، پایگاه داده، بلوک، چالش‌ها، الگوریتم

(۱) مقدمه

در چند سال اخیر، ظرفیت و پتانسیل اینترنت اشیاء (IoT)^۱ در ارائه خدمات مهیج در چندین بخش از رسانه‌های اجتماعی، کسب و کار، حمل و نقل هوشمند و شهرهای هوشمند مشاهده شده است (Abiodun, Abiodun, Alawida, Alkhawaldeh, & Arshad, 2021; Khanna). اینترنت اشیاء را می‌توان به عنوان ستون فقرات دیجیتالی کردن بخش صنعتی، با امکان بهینه سازی فرآیندهای تولید و ساخت و کاهش هزینه ها در نظر گرفت (Eslami & Khodayari, 2022). اینترنت اشیاء ابزارها و وسایل ناهمگن را با کارکردهای مختلف در شبکه‌های انسان محور و ماشین محور به هم متصل می‌کند و همزمان تعداد قابل توجه و هنگفتی از ادوات متصل شده به هم ترافیک میدهد که این مسائل به دلیل محدودیت‌های محاسباتی، ذخیره‌ای و پهنای باند دستگاه‌های اینترنت اشیاء است (Krishna, Rajkumar, & Velde, 2021). دستگاه‌های موجود در اینترنت اشیاء را می‌توان از راه دور برای انجام عملکرد مورد نظر، کنترل و سپس اطلاعات بین دستگاه‌ها از طریق شبکه‌ها به اشتراک گذاشت (Singh, Hosen, & Yoon, 2021). فناوری‌های مختلف شبکه‌ها، از جمله شبکه‌های حسگر بی سیم^۲ (WSN)، ماشین به ماشین^۳ (M2M) یا سیستم های فیزیکی-سایبری (CPS)^۴ به عنوان ضروری ترین عناصر در بحث اینترنت اشیاء شناخته شده است. از جمله چالش‌هایی که اینترنت اشیاء با آن رو به رو است میتوان به این مورد اشاره کرد، که اینترنت اشیاء حامل پروتکل استاندارد شبکه^۵ IP است و به حفاظت از کل چارچوب شبکه در برابر حملات امنیتی نیاز دارد. درغیراینصورت، حملات مخرب میتواند خدمات اینترنت اشیاء را مختل کند و همچنین امنیت داده‌ها، حریم خصوصی کاربران و محرمانه بودن کل شبکه را به خطر بیندازد (Uddin, Stranieri, Gondal, & Balasubramanian, 2021). بلاک چین فناوری جدیدی است که همه کاربردهای اینترنت اشیاء را با ممکن ساختن یک محیط غیرمتمرکز با تراکنش‌های ناشناس و مطمئن متحول کرده است که موجب حفظ حریم خصوصی برای برنامه های اینترنت اشیاء شده است (Namasudra, Deka, Johri, Hosseinpour, & Gandomi, 2021). سیستم اینترنت اشیاء در ترکیب با فن آوری بلاک چین علاوه بر امنیت باعث به وجود آمدن هزینه های کمتر، کاهش زمان، جلوگیری از ترافیک داده شده است (Da Xu, Lu, & Li, 2021). بنابراین هدف همگرایی اینترنت اشیاء و بلاک چین غلبه بر چالش‌های موجود و چالش‌های است که در آینده‌ای نزدیک برای آن ایجاد می‌شود (Maroufi, Abdolee, & Tazekand, 2019). فناوری بلاک چین ابتدا به عنوان ستون فقرات ارز دیجیتال بیت کوین شناخته شده است که در سال ۲۰۰۸ ساتوشی ناکاموتو مفهوم بلاک چین را بعنوان یک فناوری نظیر به نظیر (P2P)^۶ معرفی کرده است (Motie Shirazi, Bakhtiari Shohani, & Mostafavi, 2020; Sambana, 2021). با این حال، بلاک چین عملکرد قابل اعتماد و کارآمدی دارد و در بسیاری از برنامه‌های کاربردی دیگر مانند مدیریت زنجیره تامین، هویت دیجیتال، خدمات مراقبت های بهداشتی، بیمه، مدیریت دارایی‌های دیجیتال، اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی و داده‌های دخیل داشته است (Al Sadawi, Hassan, & Ndiaye, 2021).

روش تحقیق و یافته ها

¹ Internet Of Things

² Wireless Sensor Network

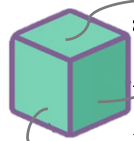
³ Machine-To-Machine

⁴ Cyber-Physical Systems

⁶ Peer-To-Peer

مطالعه حاضر بصورت مروری جامع از مقالات پایان نامه‌ها، کتب و پایگاه های داده از جمله گوگل اسکالر است. در این مقاله از مستندات جدیدتری که در سال های ۲۰۲۰ لغایت ۲۰۲۳ موجود است، استفاده شده است.

اینترنت اشیا اتوماسیون، نظارت و کنترل دستگاه ها را در مقیاس بزرگ ممکن کرده و قطعاً زندگی روزمره ما را بهتر می کند و بهره‌وری صنایع مختلف را نیز افزایش می‌دهد. گاهی اوقات شرکت‌ها و صاحب‌خانه‌ها ممکن است مجبور شوند که از چندین اپلیکیشن مختلف استفاده کنند تا بتوانند بر تمام دستگاه‌های خود را نظارت کنند. این خلا کاربردی ممکن است برای کاربران بالقوه اینترنت اشیا وقت‌گیر بوده و جذابیت کمی داشته باشد. استفاده از پتانسیل‌های فن
ن برای تبدیل شدن به چارچوب اقتصاد M2M
ب صرفه است. چرا که نوع ذخیره داده در بلاک چین هش کوپر
دیجیتال هم استفاده شده و امتحانش را پس داده است. - ضمانت
ی با سرعت به پیشرفت خود ادامه می‌دهد، امید
است که در آینده نزدیک موارد بیشتری به ایر هش بلاک قبلی



شکل ۱

۲) ساختار بلاک چین

بلاک چین یک دفتر کل توزیع شده^۱ (DLT) است که منظور از دفتر کل توزیع شده، پایگاه داده‌ای است که در آن اطلاعات مختلف به شکل غیرمتمرکز ذخیره می‌شوند. بلاک چین از زنجیره‌ای از بلوک‌ها تشکیل شده است. بلوک ساختار داده‌ای است که به بلاک چین اجازه می‌دهد تا تراکنش‌های ایجاد شده و مبادله شده را ثبت کند و هر بلوک توسط رمزنگاری به زنجیره متصل می‌شود. داده‌هایی که در داخل یک بلوک جمع‌آوری می‌شوند بسته به برنامه‌های بلاک چین انواع داده‌ای مختلفی می‌تواند داشته باشد، به عنوان مثال، بلاک چین در بیت‌کوین اطلاعات تراکنش مانند فرستنده، گیرنده و تعداد سکه‌ها را ذخیره می‌کند (Conoscenti, Vetro, & De Martin, 2016). بلاک چین راهی برای ثبت ایمن، شفاف، مقاوم در برابر قطع شدن، قابل بازرسی و کارآمد می‌باشد که شبکه اینترنت اشیا را به فناوری مبتنی بر بلاک چین ارتقا می‌دهد. این یک دفتر کل توزیع شده است که توسط یک شبکه هم‌تا به هم‌تا (P2P) مدیریت می‌شود تا ارتباطات بین گره‌ای و بلوک‌های جدید را تأیید کند (Maroufi et al., 2019). سیستم بلاک چین توسط پروتکل‌های رمزنگاری پشتیبانی و ایمن می‌شود. به عنوان مثال، امضای دیجیتال و توابع هش این موارد را تضمین می‌کند که تراکنش‌هایی که در دفتر ثبت شده از یکپارچگی محافظت شده برخوردار می‌باشد یا نمی‌باشد (Al Sadawi et al, 2021). امنیت بلاک چین به قدرت و استحکام رمزنگاری‌های اولیه مورد استفاده برای انجام تراکنش‌ها و حفظ تاریخچه دقیق فعالیت‌های گذشته بستگی دارد. تلاش دشمن برای به خطر انداختن هویت کاربران بلاک چین به شبکه بلاک چین را حمله هویت می‌گویند (Dehalwar, Kolhe, Deoli, & Jhariya, 2022).

در شکل ۱ ساختار بلاک چین و در شکل ۲ نحوه ارتباط گرفتن بلاک مشاهده می‌شود. در شکل ۱ انواع بعد یک بلاک که برای امنیت بلاک چین لازم است مشاهده می‌شود.

^۱ Distributed Ledger Technology

[illegible]

شکل ۲



۳) تفاوت بلاک چین با پایگاه داده

پایگاه داده^۱، برخلاف بلاک چین یک دفتر مرکزی است که توسط یک مدیر اداره می شود. پایگاه داده همچنین ویژگی های منحصر به فردی مانند خواندن و نوشتن هم دارد که فقط کسانی می توانند از این قابلیت استفاده کنند که دسترسی متناسب را داشته باشند. پایگاه داده یک محیط متمرکز است و متمرکز بودن پایگاه داده مزایایی دارد. بعنوان مثال، دسترسی و ذخیره سازی اطلاعات در آن سریع و آسان تر انجام میشود (Peng et al., 2020). با دانستن این مواردی که گفته شد می توان حدس زد که اصلی ترین تفاوت پایگاه داده با بلاک چین از نظر ساختار آن است، زیرا که بلاک چین یک محیط غیر متمرکز دارد، اما از دیگر تفاوت های آن میتوان به انعطاف پذیری و دستیابی به داده ها، هزینه ها، سرعت و عملکرد و امنیت اشاره کرد (Nathan, Govindarajan, Saraf, Sethi, & Jayachandran, 2019).

۴) انواع بلاک چین

انواع بلاک چین بر اساس ماهیت دسترسی به داده ها به سه دسته تقسیم می شود (Al Sadawi et al., 2021).

الف) بلاک چین های عمومی^۲: یک سیستم دفتر کل توزیع شده بدون نیاز به مجوز است. به این معنی که تمام کاربران بدون هیچگونه محدودیتی و با حقوق برابر می توانند به شبکه دسترسی داشته باشند و در آن مشارکت کنند (Shrivastava & Yeboah, 2019; Yang et al., 2020). ویژگی ها، مزایا و معایب بلاک چین عمومی به شرح زیر است:

ویژگی های بلاک چین عمومی: دست زدن به اطلاعات بلاک چین عمومی حداقل نیاز به ۵۱ درصد توان محاسباتی دارد که از نظر اقتصادی و منطقی غیرممکن است. اطلاعات تمام تراکنش ها، معاملات، تبادلات و قراردادهای برای همه قابل رؤیت است. تمام تصمیم گیری ها در بلاک چین عمومی از طریق ساز و کار اجماع صورت می گیرد (Kim, 2020). حال به چند مورد از ویژگی های بلاک چین عمومی اشاره کرده:

- تمرکز زدایی: شرکت کنندگان شبکه بدون کنترل یک مقام مرکزی به سوابق داده ها دسترسی دارند.
- توزیع: هر گره یک نسخه از رکوردهای داده را ارائه می دهد که به طور مداوم به روز می شوند.

¹Data base

² Public Blockchain

- امنیت: ساختار بلوک های پیوند دهنده با استفاده از الگوریتم HASH تضمین می کند که بلوک های تولید شده نمی توانند پاک یا اصلاح شوند.
- شفافیت: داده های محصور شده در بلوک ها برای همه شرکت کنندگان در بلاک چین قابل مشاهده است.
- اتوماسیون: با مفهوم قرارداد هوشمند انجام می شود که در آن هر زمان که مجموعه ای از شرایط از پیش تعیین شده برآورده شود، یک اقدام خاص می تواند به طور خودکار توسط یک برنامه هوشمند آغاز شود.
- حریم خصوصی: اطلاعات شرکت کنندگان با استفاده از کلید خصوصی/عمومی ناشناس نگه داشته می شود. بلاک چین ها به دلیل ویژگی ها و ساختار قوی، توسط سازمان های مختلف با موفقیت پیاده سازی شده اند (Al Sadawi et al., 2021).

مزایای بلاک چین عمومی:

- کاملاً غیرمتمرکز است.
- برای عموم آزاد است.
- شفاف است.

معایب بلاک چین عمومی:

- قانون تایید تراکنش ها توسط تمام نودها سرعت تراکنش در این شبکه را به شدت کاهش داده است.
- مقیاس پذیری بسیار پایینی دارد.
- مالک شبکه می تواند کنترل کند که چه کسی قادر به ذخیره اطلاعات است و اینکه اطلاعات ثبت شده برای چه کسانی قابل مشاهده است (Makridakis & Christodoulou, 2019).

ب) بلاک چین خصوصی^۱:

این بلاک چین برخلاف بلاک چین عمومی مبتنی بر مجوز است. به همین دلیل بلاک چین های خصوصی برای مشارکت نیاز به دعوت نامه دارند (Bernabe et al., 2019). یکی از شناخته شده ترین زنجیره های خصوصی، Hyper ledger Fabric IBM است. این یک سیستم صف اطلاعات با پارتیشن های اصلاح شده است. پارتیشن ها به عنوان دنباله ای از پیام ها عمل می کند که به طور پیوسته با یکدیگر مرتبط هستند و نوعی «زنجیره» ایجاد می کنند (Bhuvana & Aithal, 2020).

معایب بلاک چین خصوصی:

- برای اجرای یک بلاک چین خصوصی، یک کسب و کار باید از گره های اعتبارسنجی توزیع شده استفاده کند که دائماً داده ها را تأیید می کند و هزینه های برق و سخت افزار را در طول مسیر متحمل می شود.

مزایای بلاک چین خصوصی :

- در یک شبکه بلاک چین خصوصی، اعتبار سنجی توسط خالق شبکه انجام می شود و بنابراین هیچ مابنری امیدوار نیست که از تسهیل شبکه سود ببرد.
- امنیت بالا
- حفظ حریم خصوصی
- کارایی زیاد
- فعالیت متمرکز سرعت تراکنش بالا (Bernabe, Canovas, Hernandez-Ramos, Moreno, & Skarmeta, 2019).

¹ Private Blockchain

ج) بلاک چین فدرال یا ترکیبی:

این یک بلاک چین نیمه خصوصی است که ترکیبی از یک بلاک چین عمومی و خصوصی است. میتوان آن را یک بلاک چین عمومی کوچک شده در نظر گرفت که در دسترس یک گروه ممتاز خاص از گره ها است (Al Sadawi et al., 2021). مشکل اعتماد در سیستم های اطلاعاتی زمانی است که هیچ مکانیزم تایید و هیچ حسابرسی ارائه نمی شود، بسیار پیچیده است، به ویژه زمانی که آنها باید با اطلاعات حساس، مانند معاملات اقتصادی با ارزهای مجازی سر و کار داشته باشند (Torky & Hassanein, 2020).

مزایای بلاک چین ترکیبی:

- کار در یک اکو سیستم بسته
- حفاظت بالا در برابر حملات
- پایین بودن هزینه تراکنش

معایب بلاک چین ترکیبی: عدم شفافیت و ارتقا آن دشوار است.

۵) طرح بهینه سازی الگوریتم با بلاک چین:

لایه فیزیکی اینترنت اشیا از دستگاه های به هم پیوسته متعدد تشکیل شده است که ممکن است داده ها با یکدیگر ارتباط باشند و آنها را محاسبه و ذخیره کنند. وظیفه اصلی لایه شبکه مدیریت مسیر است، زیرا سازماندهی به دلیل عدم وجود پروتکل های اینترنت جهانی در دستگاه های فیزیکی ضروری است (Maroufi et al., 2019). سیستم بلاک چین توزیع شده است و نیاز به اعتماد بین طرفین را از میان بر می دارد. در این حالت، هیچ سازمان خاصی داده های عظیم فراهم آمده توسط شبکه اینترنت اشیا را کنترل نخواهد کرد. استفاده از بلاک چین برای نگهداری داده ها یک لایه امنیتی اضافی ایجاد

بلاک چین عمومی	بلاک چین خصوصی	بلاک چین ترکیبی	
کنترل کننده	ماینرها	یک سازمان	یک نهاد متمرکز
دسترسی به اطلاعات	عمومی	محدود	عمومی یا محدود
نیاز به احراز هویت	ندارد	دارد	دارد
تغییر داده	غیر ممکن	ممکن	در برخی داده ها ممکن است
تمرکز	ندارد	دارد	تا حدودی
نمونه بلاک چین	بیت کوین و اتریوم	ریپل نت ^۱	زین فین ^۲

می کند و سطح مستحکمی از رمزنگاری را فراهم می کند که سوابق هک موجود را غیرممکن می کند.

¹ Ripple net

² Xinfen

برنامه های کاربردی اینترنت اشیا معمولاً می توانند از بلاک چین برای دسترسی و ذخیره داده ها استفاده کنند. کاربران باید بتوانند از راه دور از هر مکانی با استفاده از یک وسیله ایمن به داده ها دسترسی داشته باشند و از حریم خصوصی داده های ذخیره شده در شبکه اطمینان حاصل کنند (Lockl, Schlatt, Schweizer, Urbach, & Harth, 2020).
در جدول ۱ مقایسه انواع بلاک چین مشاهده می شود.

جدول ۱: مقایسه انواع بلاک چین

۶) نحوه اجرای فناوری بلاک چین در اینترنت اشیا:

-کرونیکلد^۱:

محصولات بلاک چین و اینترنت اشیا را برای ارائه یک راه حل زنجیره تامین انتها به انتها ادغام می کند. نشان می دهد که چگونه رویدادهای زنجیره تامین بلاک چین را می توان بدون مرجع ثالث ثبت کرد. ادغام بلاک چین و اینترنت اشیا، سیاست های سختگیرانه حریم خصوصی داده ها و قوانین، مدیریت پیچیده صنعت داروسازی را برای ثبت زنجیره تامین شرایط برای این مورد خاص را با موفقیت به پیش برد (Alsharari, 2021; Huckle, Bhattacharya, White, & Beloff, 2016).

۷) شرکت های فعال در حوزه بلاک چین و اینترنت اشیا

- رمز ریدلر^۲: راه حل های برچسب رمزنگاری را برای بلاک چین ها در تدارکات هوشمند و مدیریت زنجیره تامین فراهم می آورد. این پروژه راه حل هایی نرم افزاری و سخت افزاری را ارائه می دهد که تعامل ایمن و قابل اعتماد را بین ابزارها فراهم می کند. این فناوری بین جهان دیجیتال و فیزیکی توازن برقرار کرده است (Elghaish et al., 2021).
- مودوم آی او^۳: سنسورهای اینترنت اشیا را با فناوری بلاک چین ترکیب می کند و یکپارچگی داده را برای تراکنش های محصولات فیزیکی مهیا می کند. سنسورهای مودوم آی او شرایط محیطی را ثبت می کنند و وقتی که کالاها به سطح انتقالی بعدی می رسند، داده های حسگر در برابر شرایط از پیش تعیین شده در قرارداد هوشمند روی بلاک چین مورد تایید قرار می گیرند (Elghaish et al., 2021; Huckle et al., 2016).

نتیجه گیری

اینترنت اشیا با سرعت خیلی زیادی در حال رشد است. بنابراین دور از ذهن نیست که در آینده ای نزدیک دنیای متصل به اینترنت داشته باشیم. امنیت یکی از حیاتی ترین جنبه های اینترنت اشیا است. نگرانی های امنیتی و حریم خصوصی اینترنت اشیا می تواند باعث مطرح شدن مسائل کاربردی بسیاری شود. در این مقاله ما به برخی از چالش های اینترنت اشیا که میتوان با بلاک چین آنها را مدیریت کرد و مزایا و چالش هایی که خود بلاک چین با آن رو به رو است و کمپانی های که در این حوزه فعالیت میکنند، پرداختیم. که به این

¹ Chronicled

² Riddle Code

³ Modum.io



نتیجه رسیدیم که بلاک چین خصوصی به دلیل امنیت بالا و متمرکز بودن سیستم آن از امنیت بسیار بالای برخوردار است. اینترنت اشیا با بلاک چین میتواند مشکلات و چالش های پیش روی اینترنت اشیا را حل کند و راه خوبی برای آینده فراهم کند. بنابراین هدف از این مقاله یک بحث جامع در مورد ادغام اینترنت اشیا با بلاک چین بود. در مبحث امنیت اینترنت اشیا چندین مورد چالش برانگیز وجود دارد بعنوان مثال چارچوب حمله های ترکیبی انتشار تبلیغ ابری در وسایل نقلیه که در آینده ای نزدیک بیشتر میتوان آنها را مورد بررسی قرار داد.

منابع

- Abiodun, O. I., Abiodun, E. O., Alawida, M., Alkhawaldeh, R. S., & Arshad, H. (2021). A Review on the Security of the Internet of Things: Challenges and Solutions. *Wireless Personal Communications*, 119(3), 2603-2637.
- Al Sadawi, A., Hassan, M. S., & Ndiaye, M. (2021). A survey on the integration of blockchain with IoT to enhance performance and eliminate challenges. *IEEE Access*, 9, 54478-54497.
- Alsharari, N. (2021). Integrating blockchain technology with internet of things to efficiency. *International Journal of Technology, Innovation and Management (IJTIM)*, 1(2), 01-13.
- Bernabe, J. B., Canovas, J. L., Hernandez-Ramos, J. L., Moreno, R. T., & Skarmeta, A. (2019). Privacy-preserving solutions for blockchain: Review and challenges. *IEEE Access*, 7, 164908-164940.
- Bhuvana, R., & Aithal, P. (2020). Blockchain based service: A case study on IBM blockchain services & hyperledger fabric. *International Journal of Case Studies in Business, IT, and Education (IJCSBE)*, 4(1), 94-102.
- Conoscenti, M., Vetro, A., & De Martin, J. C. (2016). *Blockchain for the Internet of Things: A systematic literature review*. Paper presented at the 2016 IEEE/ACS 13th International Conference of Computer Systems and Applications (AICCSA).
- Da Xu, L., Lu, Y., & Li, L. (2021). Embedding blockchain technology into IoT for security: A survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(13), 10452-10473.
- Dehalwar, V., Kolhe, M. L., Deoli, S., & Jhariya, M. K. (2022). Blockchain-based trust management and authentication of devices in smart grid. *Cleaner Engineering and Technology*, 8, 100481.
- Elghaish, F., Hosseini, M. R., Matarneh, S., Talebi, S., Wu, S., Martek, I., . . . Ghodrati, N. (2021). Blockchain and the 'Internet of Things' for the construction industry: research trends and opportunities. *Automation in construction*, 132, 103942.
- Eslami, G., & Khodayari, R. (2022). Identifying the Application, Opportunities, and Challenges of Using Blockchain Technology in Human Resource Management: A Systematic Review. *Scientific Quarterly Journal of Human Resources Studies*, 12(1), 1-16.
- Huckle, S., Bhattacharya, R., White, M., & Beloff, N. (2016). Internet of Things, blockchain and shared economy applications. *Procedia Computer Science*, 98, 461-466.
- Khanna, D. Internet of Things Challenges and Opportunities.
- Kim, J. (2020). Blockchain technology and its applications: Case studies. *Journal of System and Management Sciences*, 10(1), 83-93.
- Krishna, B., Rajkumar, P., & Velde, V. (2021). Integration of blockchain technology for security and privacy in internet of things. *Materials Today: Proceedings*, 1-5.
- Lockl, J., Schlatt, V., Schweizer, A., Urbach, N., & Harth, N. (2020). Toward trust in Internet of Things ecosystems: Design principles for blockchain-based IoT applications. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(4), 1256-1270.
- Makridakis, S., & Christodoulou, K. (2019). Blockchain: Current challenges and future prospects/applications. *Future Internet*, 11(12), 258.
- Maroufi, M., Abdolee, R., & Tazekand, B. M. (2019). On the convergence of blockchain and internet of things (iot) technologies. *arXiv preprint arXiv:1904.01936*.
- Motie Shirazi, F., Bakhtiari Shohani, R., & Mostafavi, S. (2020). *A Survey on Applications and Challenges of Blockchain for Internet of Things*. Paper presented at the International Web Research Conference.
- Namasudra, S., Deka, G. C., Johri, P., Hosseinpour, M., & Gandomi, A. H. (2021). The revolution of blockchain: State-of-the-art and research challenges. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 28, 1497-1515.
- Nathan, S., Govindarajan, C., Saraf, A., Sethi, M., & Jayachandran, P. (2019). Blockchain meets database: Design and implementation of a blockchain relational database. *arXiv preprint arXiv:1903.01919*.
- Peng, Y., Du, M., Li, F., Cheng, R., & Song, D. (2020). *FalconDB: Blockchain-based collaborative database*. Paper presented at the Proceedings of the 2020 ACM SIGMOD international conference on management of data.
- Sambana, B. (2021). Blockchain Technology: Bitcoins, Cryptocurrency and Applications. *arXiv preprint arXiv:2107.07964*.



- Shrivas, M. K., & Yeboah, T. (2019). The disruptive blockchain: types, platforms and applications. *Texila International Journal of Academic Research*, 3, 17-39.
- Singh, S., Hosen, A. S., & Yoon, B. (2021). Blockchain security attacks, challenges, and solutions for the future distributed iot network. *IEEE Access*, 9, 13938-13959.
- Torky, M., & Hassanein, A. E. (2020). Integrating blockchain and the internet of things in precision agriculture: Analysis, opportunities, and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 178, 105476.
- Uddin, M. A., Stranieri, A., Gondal, I., & Balasubramanian, V. (2021). A survey on the adoption of blockchain in iot: Challenges and solutions. *Blockchain: Research and Applications*, 2(2), 100006.
- Yang, R., Wakefield, R., Lyu, S., Jayasuriya, S., Han, F., Yi, X., . . . Chen, S. (2020). Public and private blockchain in construction business process and information integration. *Automation in construction*, 118, 103276.

Integration of blockchain technology for security and privacy in the Internet of Things

Mahdis Soleimani

Bachelor, Department of Computer Engineering, ACECR, Hamedan, Iran

Amirmahdi Imeni

Bachelor, Department of Computer Engineering, ACECR, Hamedan, Iran

Abdollah Mirzabeigi

Assistant Professor, Department of Electrical Engineering, ACECR, Hamedan, Iran

Abstract

Today, the Internet of Things (IoT) is one of the emerging technologies that is expanding with the development of wireless networks and smart devices. This article first provides a comprehensive overview of the Internet of Things. The Internet of Things is a modern technology that has security problems if used alone; This article aims to exploit the advances made in the Internet of Things using blockchain. This article examines the potential of blockchain and the structure and types of blockchain, which include public, private, and hybrid environments. To reduce these problems and improve this technology, the use of blockchain in the Internet of Things can make the Internet of Things technology powerful. It must be said that blockchain and the Internet of Things are technologies with potential; However, due to technical and security problems, they have not yet reached general acceptance. Companies are using blockchain in the Internet of Things and want to provide a way to reduce risk.

Keywords: Internet of things, security, blockchain, database, algorithm