

مقیاس پذیری دفتر کل توزیع شده تنگل با خوشه بندی مبتنی بر محدوده فرکانسی دریافت و ارسال بسته

بهروز مرامی استیاری^۱، محمد علی جبرئیلی جمالی^۲

^۱ فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر- نرم افزار و موسسه آموزش عالی غیرانتفاعی _ غیردولتی
سراج تبریز.

^۲ گروه کامپیوتر، واحد شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، شبستر، ایران.

نام نویسنده مسئول:

بهروز مرامی استیاری

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۰

چکیده

دفتر کل به دفاتری اطلاق می‌گردد، که در شرکت‌ها و سازمان‌ها برای ذخیره تراکنش‌های مالی مشتریان، مشخصات فردی و غیره در قالب رکورد مورد استفاده قرار می‌گیرند. دفتر کل از نظر تکنولوژی کاربردی به دو دسته متمرکز و غیرمتمرکز تقسیم می‌گردند. البته در حالت کلی به دفتر کل غیرمتمرکز، دفتر کل توزیع شده هم اطلاق می‌گردد ولی درواقعیت با هم تفاوت دارد. دفتر کل توزیع شده در خیلی از زمینه‌ها، از جمله بهبود امنیت کاربرد دارد. در فناوری اینترنت اشیا جهت افزایش و بهبود امنیت حریم خصوصی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مقاله ضمن بررسی مقیاس پذیری دو نوع از دفتر کل توزیع شده (بلاک چین و تنگل)، مدل پیشنهادی تنگل مقیاس پذیر مبتنی بر خوشه بندی (بر مبنای محدود کردن فرکانس دریافت و ارسال) پرداخته شده است. دفتر کل مبتنی بر بلاک چین ضمن داشتن و فراهم کردن مزیت های برقراری امنیت، از مسله بسیار مهم مقیاس پذیری رنج می برد؛ که برای برطرف کردن آن، از دفتر کل توزیع شده مبتنی بر تنگل پیشنهاد شده توسط بنیاد IOTA استفاده گردیده است. در این مقاله فرض بر این است که مدل پیشنهادی نسبت به دو نوع دیگر از دفتر کل توزیع شده مطرح، مقیاس پذیری قابل قبول تری را به همراه داشته باشد. شبیه سازی دفتر کل توزیع شده مبتنی بر بلاک چین، تنگل و مدل پیشنهادی در نرم افزار کوجا انجام شده است.

واژگان کلیدی: اینترنت اشیا، امنیت، مقیاس پذیری، دفتر کل توزیع شده، بلاک چین، تنگل

مقدمه

اینترنت اشیا یک تکنولوژی جدیدی است که، ارتباط ما بین اشیا در دنیای واقعی و مجازی را با بهره جستن از تکنولوژیهای ارتباطی متنوع اینترنت، باهم دیگر برقرار می کند. با کمک گرفتن از این نوع تکنولوژی و ویژگی های استدلال پذیری اشیا، می توان به زندگی هوشمندانه دست پیدا کرد. اشیا هوشمندی ضمن داشتن توانایی خواندن و تشخیص (مکان یابی، ادرس پذیری) قادر هستند بدون توجه به نوع اتصالات و فناوریهای ارتباطی، ضمن دریافت فرامین در رابطه با یک کار خاص، در مراحل بعدی نسبت به پاسخ گویی آن ها، گام بردارند [۱]. اینترنت اشیا از دیدگاه های و رویکرد های متنوعی بهره می برد [۲].

اینترنت اشیا از مسئله بسیار مهم و چالش برانگیز امنیت حریم خصوصی رنج می برد؛ برای حل مسئله امنیت حریم خصوصی در رابطه با ذخیره و دسترسی به داده های رد و بدل شده در تکنولوژی اینترنت اشیا، از دفاتر کل توزیع شده استفاده گردیده است. از دفاتر کل توزیع شده مطرح، می توان به بلاک چین و تنگل اشاره نمود. بلاک چین توسط ارز رمزنگاری شده بیت کوین و تنگل توسط ارز رمزنگاری شده IOTA مورد استفاده گردیده است. بلاک چین با مسئله بسیار مهم و چالش برانگیز مقیاس پذیری روبرو است؛ هر چند تنگل برای حل مسئله مقیاس پذیری آن توسط بنیاد IOTA پیشنهاد و استفاده گردیده است. امنیت حریم خصوصی یک مسئله بسیار مهم تلقی می گردد، چراکه داده ها نباید توسط افراد غیر مجاز مورد دسترسی و یا تغییر قرار بگیرند. مقیاس پذیری اشاره به انجام تعداد تراکنش بیشتر در واحد زمان کمتر دارد. هدف از این تحقیق، ضمن بررسی مسئله مقیاس پذیری دفاتر کل توزیع شده بلاک چین/ تنگل، فرض بر افزایش و بهبود مقیاس پذیری مدل پیشنهادی تنگل مبتنی بر خوشه بندی (بر مبنای کاهش نرخ سرعت دریافت و ارسال داده ها) بیان شده است.

مفاهیم پایه و کارهای پیشین

متمرکز: در این نوع از دفاتر کل، یک نهاد مرکزی وظیفه کنترل داده های کل یک سیستم را بر عهده دارد. [۳]. یکپارچگی داده ها با بکارگیری و مدیریت و کنترل نهاد مرکزی تضمین می گردد، به عبارتی یکپارچگی داده ها اشاره به تایید درستی و پایداری داده ها در طول حیاتشان دارد [۴].

غیرمتمرکز: در این نوع از سیستم ها، به جای یک نهاد مرکزی، وظیفه کنترل داده های کل یک سیستم را چندین نهاد یا سرور را بر عهده دارد [۴]. گره های عضو با برقراری ارتباطات P2P اقدام به تبادل داده و اطلاعات با هم می کنند. هر گره عضو در سیستم های غیرمتمرکز، مسئولیت تایید، اعتبار سنجی و تصمیم گیری در قبال داده ها و اهداف از پیش تعریف شده را خودش بر عهده می گیرد.

توزیع شده: یک سیستم توزیع شده، مجموعه ای از گره های مستقل است که هر کدام دارای ظرفیت ذخیره سازی و قدرت پردازشی مجزایی باشند. در این سیستم همتایان، که همان سیستم های کامپیوتری هستند با پاس دادن اطلاعات به هم دیگر با یکدیگر ارتباط برقرار می کنند [۴]. دفتر کل توزیع شده: یک تکنولوژی چند منظوره می باشد، که جهت به اشتراک گذاشتن داده ها مابین گره های مختلف در هر نقطه از دنیا به وجود آمده است. به عبارت دیگر یک ساختار داده عمومی را با تجمیع کردن یک سری از گره های غیرقابل اعتماد در محیط و بر مبنای توزیع پذیری فراهم کرده است [۱۵][۱۶][۱۷].

تاریخچه دفاتر کل توزیع شده

انجام تحقیق بر روی چگونگی انجام Time-Stamp بر روی اسناد دیجیتالی و چاپ آن توسط Stuart Haber و W.Scott Stornetta در قالب مقاله How to Time-Stamp a Digital Document در سال ۱۹۹۱ بر مبنای یک روش عملی در رابطه با تصدیق اسناد ایجاد/ تغییر یافته. انجام تحقیق بر روی چگونگی ذخیره داده ها در درون بلاک و چاپ آن توسط David Mazières و Dennis Shasha در قالب مقاله "Building secure file systems out of Byzantine storage" در سال ۲۰۰۲، که بر روی پروتکل ساختار داده و شبکه ای چند کاربره تمرکز داشتند، که با نام SUNDR یا امن کردن مخازن داده ای غیر قابل اعتماد (Secure Untrusted Data Repository) مطرح گردید.

اولین ارز رمز دیجیتالی غیرمتمرکز توسط دانشمند علوم رایانه (Nick Szabo) در سال ۲۰۰۵ ایجاد شد. این ارز Bit Gold نام داشت ولی هرگز اجرایی نشد و از آن به عنوان سرآغاز ایجاد ارز رمز دیجیتالی Bitcoin یاد می‌گردد.

مولفه های دفاترکل توزیع شده

دفاتر کل توزیع شده از ۴ مولفه اصلی، دفاترکل به اشتراک گذاشته شده، مکانیزم های رمزنگاری، گره ها و پروتکل ها و قوانین تهیه شده در رابطه با اجماع در شبکه بهره می‌برند [۴]. دفاتر کل توزیع شده با تمام مزایایی که دارد، چالش های نظارتی / قانونی و چالش های فنی را نیز به همراه خود خواهد داشت [۴].

دفاتر کل توزیع شده بلاک چین (Blockchain)

تراکنش ها در قالب بلاک مابین تمام گره های حاضر در شبکه توزیع و از هرگونه کنترل نهاد مرکزی و تقلب مصون می‌مانند. هر بلاک حاوی اطلاعات (مالی، شخصی و...) جهت پردازش در قبال انجام کاری خاص می‌باشد. هرگره حاضر در شبکه اقدام به ایجاد تراکنش و جای سازی آن در بلاک می‌نماید، سپس آن را در سطح شبکه برای گره های عضو دیگر توزیع می‌کند، در صورتی که گره ای عضو در شبکه موفق به تایید بلاک گردد، در اینصورت بلاک مذکور توسط دیگر گره ها در شبکه بلاک چین پذیرش و به زنجیره آن اضافه می‌شود؛ به این ترتیب رشد دفاترکل توزیع شده بلاک چین ادامه پیدا می‌کند. نحوه شکل گیری زنجیره بلاک چین در شکل ها و جداول ذیل بیان می‌گردد [۴][۶]. برای ایجاد هش یک بلاک از درخت مرکب استفاده می‌گردد [۶].

چالش های بلاک چین

ظرفیت ذخیره سازی و مقیاس پذیری: زنجیره بلاک چین همواره با نرخ 1 MB به ازای هر بلاک در در فواصل زمانی ۱۰ دقیقه رشد و توسعه می‌گردد، می‌توان به بلاک های حاوی تراکنش های مربوط به ارز Bitcoin در رابطه با این نوع از رشد و توسعه اشاره کرد. اعتبار سنجی تراکنش ها در شبکه بلاک چین جز کلیدی ترین مسائل در پیاده سازی پروتکل های توافق می‌باشد، چرا که گره های حاضر در شبکه بلاک چین مایل به تصدیق و اعتبار سنجی تراکنش های موجود در درون یک بلاک هستند [۶]. راه کارهای مطرح شده در قبال مقیاس پذیری می‌توان به پروتکل Bitcoin_NG (جهت حل مسئله مقیاس پذیری بر روی دو گزینه افزایش اندازه بلاک ها و کاهش تاخیر مابین بلاک ها تمرکز دارد جهت حل مسئله مقیاس پذیری بر روی دو گزینه افزایش اندازه بلاک ها و کاهش تاخیر مابین بلاک ها تمرکز دارد)، Litecoin، (از لحاظ فنی با مدل Bitcoin یکسان می‌باشد، ولی به علت بهره مند شدن از ویژگی هایی مانند، زمان تصدیق سریع تراکنش ها، استفاده از حافظه دستگاه برای ماینینگ و کاهش زمان تولید بلاک ها از ۱۰ به ۲.۵ دقیقه بر اساس مکانیزم Scrypt عملکرد بهتری دارد)، Ghost (رمزنگاری بر مبنای مدل گراف جهت دار غیر مدرور (Directed Acyclic Graph) مطرح و باعث شکل گیری ساختار غیرمتمرکز دفاتر کل (Ledger) و بهبود مقیاس پذیری با تغییر در قوانین فرایند انتخاب و شکل گیری زنجیر گردیده است) [۷]. در پروتکل Ghost به جای زنجیر طولانی تر، بزرگترین فورک که دارای بیشترین وزن تراکنش از سطح ریشه را دارد، انتخاب می‌گردد. کم کردن زمان ایجاد و انتشار بلاک ها را مدنظر قرار می‌دهد [۸]. BigchainDB راه حل دیگری است که بکارگیری جداول جست و جوی برگشت ناپذیر (Invertible Bloom Lookup Table) IBLT می‌تواند در رابطه با یک مورد خاص برخی از ویژگی های ساختار داده ای مبتنی بر HASH را با هم ترکیب و بر کاهش تراکنش های متناقض و مغایرت پذیر کمک نماید [۱۴]. (همچنین دارای تاخیر کمتر، نرخ تراکنش های بالا و فضای ذخیره سازی وسیع را به همراه دارد) [۹]. IPFS (پروتکل مذکور یک سیستم فایل توزیع شده همتا به همتا می‌باشد که به دنبال اتصال دستگاه های محاسباتی با سیستم فایل های یکسان است. از بعضی جهات شبیه وب است، اما IPFS را می‌توان به عنوان BitTorrent Swarm در نظر گرفت که می‌توان به تبادل داده در مخازن GIT پرداخت [۱۰]. Filecoin) از قدرت ذخیره سازی سایر گره های موجود در شبکه استفاده می‌کند. به

عبارتی دیگر، گره‌ها مقداری از فضای ذخیره‌سازی خود را در اختیار دیگر گره‌های حاضر در شبکه قرار می‌دهند و در قبال آن پاداش می‌گیرند ([۱۰]).

چالش‌های امنیتی: امنیت در هر فناوری یک مسئله بسیار چالش برانگیز است و توجه به آن بسیار مهم و حیاتی است. در بحث امنیت می‌توان به حملاتی همچون حمله ۵۱٪، حملات مبتنی بر رشوه، حملات نژادی، حملات فینی، حملات وکتور، حملات Dos&DDos، حملات مرد میانی، حمله سیبیل بر روی بستر بلاک چین اشاره کرد [6]. حریم خصوصی در طراحی پروتکل Bitcoin در حالت کلی مدنظر قرار نگرفته است، اما کلیدی اصلی پروتکل Bitcoin، ویژگی شفافیت آن است.

دفترکل توزیع شده تنگل (DLT of Tangle)

ایده اصلی تنگل بر مبنای تایید تراکنش یک گره منحصربفرد، در قبال تایید تراکنش‌های سایر گره‌هایی است که به شبکه ارسال شده‌اند، پایه‌ریزی شده است. به عبارت دیگر می‌توان گفت، کاربرانی که اقدام به ارسال تراکنش نموده‌اند، در تامین امنیت شبکه نیز مشارکت خواهند کرد. در تنگل فرض بر این است که هیچ کدام از تراکنش‌های ارسالی توسط گره‌های عضو باهم دیگر مغایرت نداشته باشند؛ بررسی و تشخیص مغایرت تراکنش‌ها بر عهده گره‌های عضو در شبکه است. اگر یک گره در شبکه تنگل یک تراکنش متناقض را با پیگیری در تاریخچه تنگل پیدا نماید، در اینصورت تراکنش مذکور را به طور مستقیم/ غیرمستقیم تایید نخواهد کرد [12][13]. ساختار داده‌ای آن بر پایه گراف جهت دار است که به هیچ وجه دوری را شامل نشده و از یک نظم توپولوژی خاص استفاده می‌نماید [4].

مقایسه دفاترکل توزیع شده مبتنی بر (تنگل) نسبت به بلاک چین

- عدم نیاز به پرداخت پاداش در تنگل، به علت عدم وجود Miner ها که بخواهند در جهت تایید تراکنش‌ها با هم رقابت نمایند.
- امنیت و مقیاس پذیری شبکه مبتنی بر تنگل، بر خلاف بلاک چین، با بیشتر شدن تعداد تراکنش‌ها افزایش پیدا می‌کند.
- شبکه مبتنی بر تنگل ضمن تقسیم شدن به چندین زیر شبکه، می‌تواند به شبکه اصلی از طریق اینترنت متصل گردد.
- اگر زیر شبکه‌های مبتنی بر تنگل به اینترنت متصل نباشند، باز هم می‌توانند به فرآیند عادی عملیات خود ادامه دهند [4].
- تاخیر کمتری را در رابطه با تایید تراکنش در تنگل نسبت به بلاک چین داریم.
- برچسب زمانی برای جلوگیری از حملات دوبار مصرف در تنگل به ازای هر تراکنش لحاظ می‌گردد، در حالی که در بلاک چین برای هر بلاک در نظر گرفته می‌شود.
- انجام تراکنش در تنگل نسبت به بلاک چین منصفانه‌تر است، به خاطر اینکه تراکنش‌ها دارای اولویت یکسان هستند.

مدل پیشنهادی

در روش پیشنهادی، تمرکز بر تایید تراکنش‌ها در قالب تنگل و مبتنی بر خوشه‌بندی خواهد بود. در روش مذکور با محدود کردن فرکانسی دریافت و پاسخ تراکنش‌ها، فرض بر این قرار داده شده است؛ تا تعداد تایید تراکنش‌ها و به طبع آن افزایش و بهبود مقیاس پذیری را داشته باشیم.

شبیه‌سازی

در این مقاله ۴ سناریو در رابطه با دفاترکل توزیع شده در نرم افزار استاندارد کوجا شبیه‌سازی گردیده‌اند.

۱- بلاک چین

- ۲- تنگل بدون لحاظ کردن محدوده فرکانسی دریافت / ارسال بسته
 ۳- تنگل با لحاظ کردن محدوده فرکانسی دریافت (RX:50) / ارسال (TX:100) بسته
 ۴- تنگل با لحاظ کردن محدوده فرکانسی دریافت (RX:50) / ارسال (TX:50) بسته

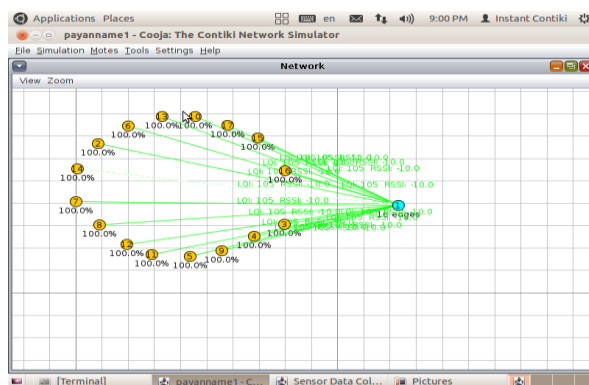
مشخصات شبیه سازی سناریوها در نرم افزار کوجا

جدول ۱. مشخصات مکانیزم شبیه سازی

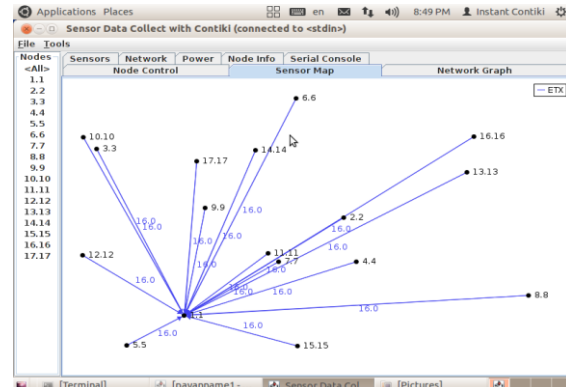
Cpu G2030 3.00Ghz	Type of system
Instantcontiki2.7	windows
4.00GB	RAM
Cooja	Software simulation
16(yellow) all simulation tx50rx50	Number of node in senario blockchan
1(blue)	Number of block in senario blockchan
1(Green)	Number of miner in senario blockchan
16(yellow) two simulation wittx0rx0	Number of node in scenario 1 of tangle
8(Green) one simulation	Number of Tip in scenario 1 of tangle
16(yellow) two simulation tx50rx50	Number of node in scenario 2 of tangle
8(Green) one simulation	Number of Tip in scenario 2 of tangle
16(yellow) two simulation tx100rx50	Number of node in our proposol
8(Green) one simulation	Number of Tip in our proposal
Time of simulation	5 hors 20 minute

سناریوی اول (بلاک چین)

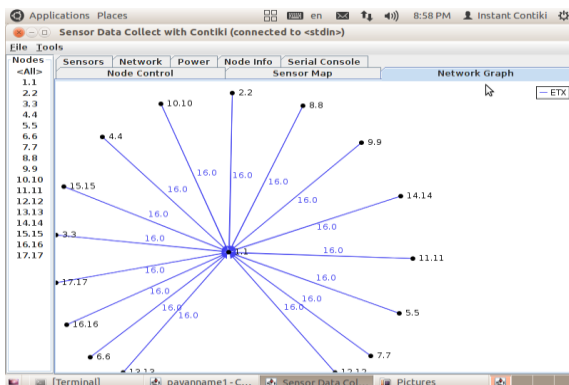
شبیه سازی روش مبتنی بر بلاک چین با یک Miner و شانزده گره در شبیه ساز کوجا انجام شده است. در این شبیه سازی روش های اجماع و تایید تراکنش ها مدنظر قرار نگرفته است.



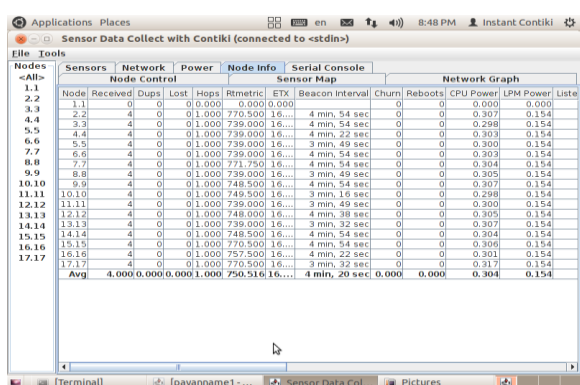
شکل ۲. Sensor map



شکل ۱. مدل بلاک چین

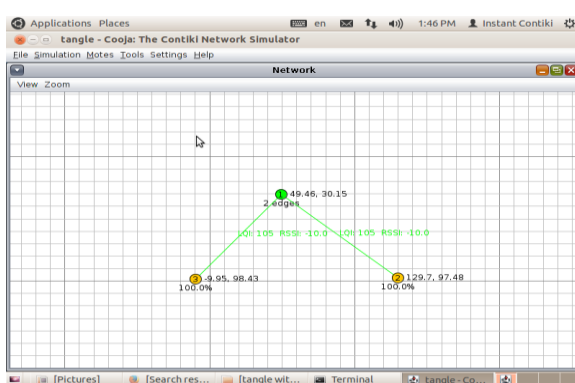


شکل ۴. Network Graph

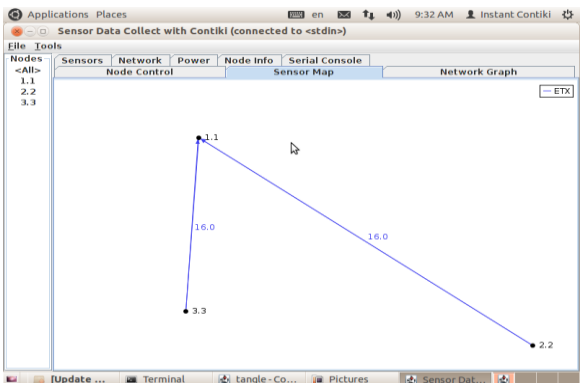


شکل ۳. Node info

سناریوی دوم (تنگل بدون لحاظ کردن محدوده فرکانسی دریافت / ارسال بسته)

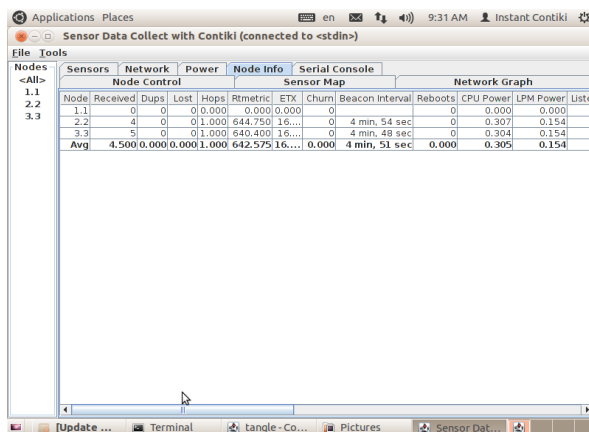


شکل ۶. Sensor map

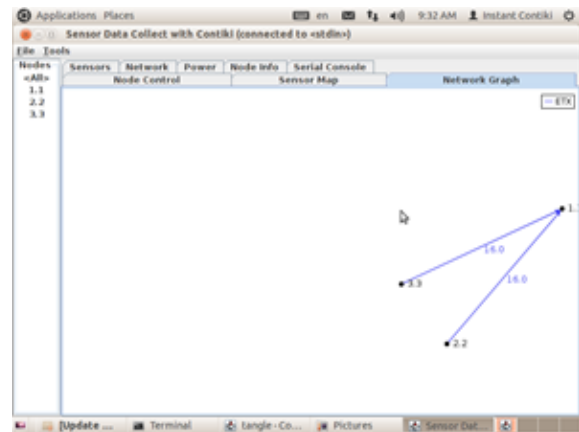


شکل ۵. مدل شبیه سازی

شبیه سازی روش مبتنی بر تنگل بدون در نظر گرفتن پارامترهای TXRX با ۸ Tip و شانزده گره در شبیه ساز کوجا انجام شده است. لازم بذکر است که در این شبیه سازی، فقط بخشی از تنگل (1 Tip & 2 node) شبیه سازی شده است. در این شبیه سازی روش های اجماع و تایید تراکنش ها مدنظر قرار نگرفته است.

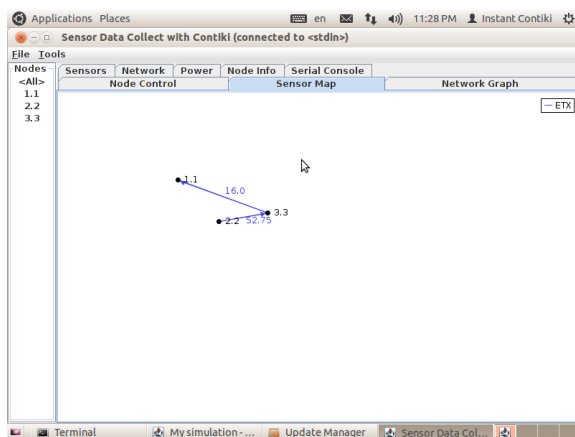


شکل ۸. Network Graph

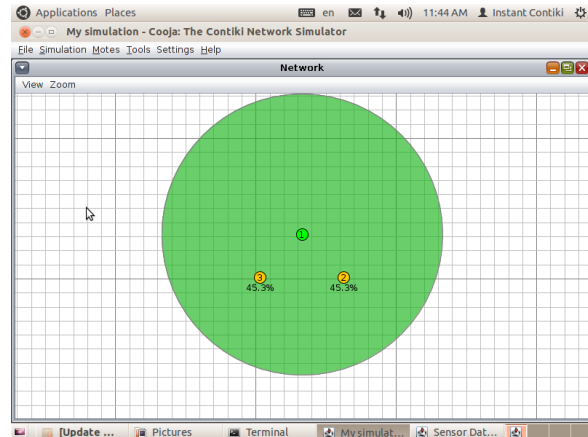


شکل ۷. Node info

سناریوی سوم مبتنی بر خوشه بندی ((تنگل با لحاظ کردن محدوده فرکانسی دریافت (RX:50) / ارسال (TX:100) (پسته))

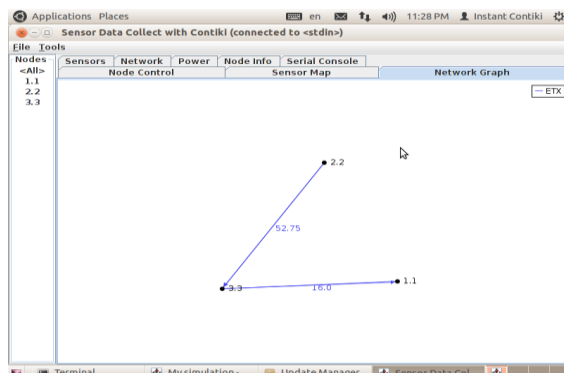


شکل ۱۰. Sensor map

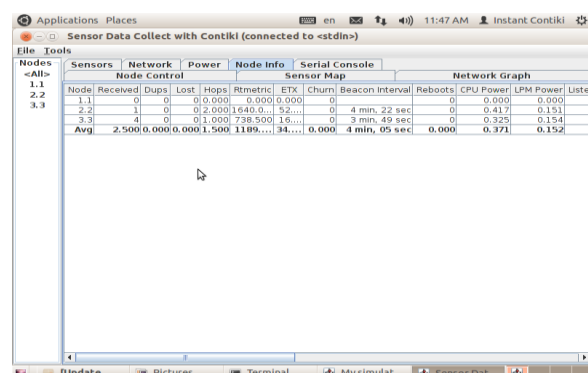


شکل ۹. مدل شبیه سازی

شبیه سازی روش مبتنی بر تنگل با در نظر گرفتن پارامترهای TX100RX50 با Tip 8 و شانزده گره در شبیه ساز کوچا انجام شده است. لازم بذکر است که در این شبیه سازی، فقط بخشی از تنگل (1 Tip & 2 node) شبیه سازی شده است. در این شبیه سازی روش های اجماع و تایید تراکنش ها مدنظر قرار نگرفته است.

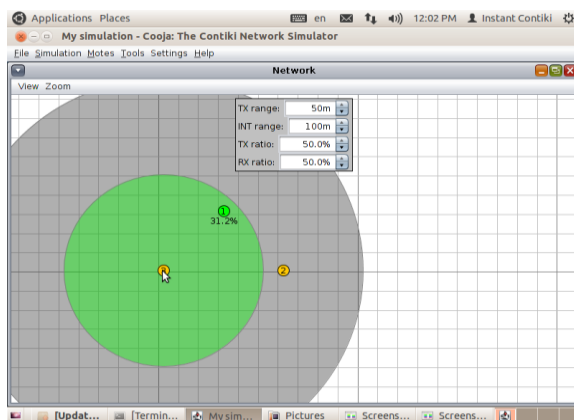


شکل ۱۲. Network Graph

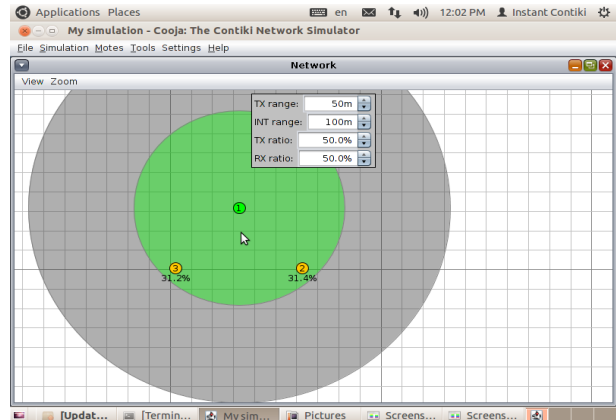


شکل ۱۱. Node info

سناریوی چهارم مبتنی بر خوشه‌بندی ((تنگل با لحاظ کردن محدوده فرکانسی دریافت (RX:50) / ارسال (TX:50) (پسته))

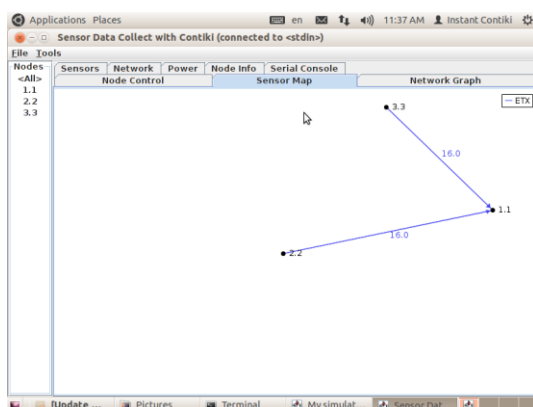


شکل ۱۴. مدل شبیه سازی (خوشه بندی)

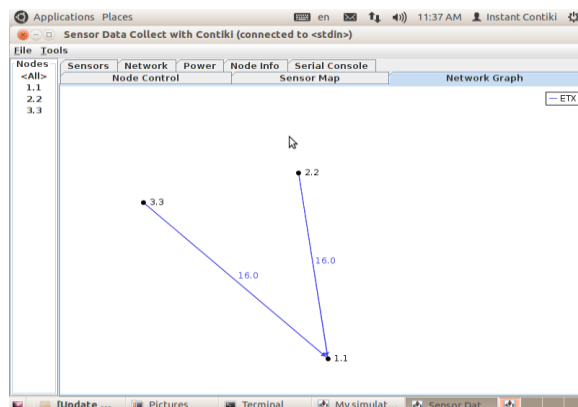


شکل ۱۳. مدل شبیه سازی (خوشه بندی)

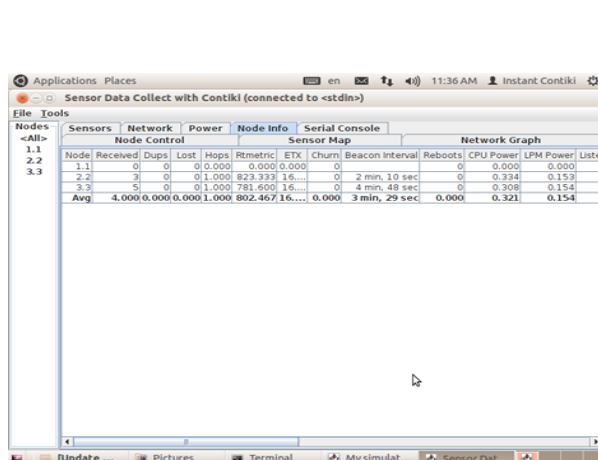
شبیه سازی روش مبتنی بر تنگل با در نظر گرفتن پارامترهای TX50RX50 با Tip ۸ و شانزده گره در شبیه ساز کوچا انجام شده است. لازم بذکر است که در این شبیه سازی، فقط بخشی از تنگل (1 node & Tip 2) شبیه سازی شده است. در این شبیه سازی روش های اجماع و تایید تراکنش ها مدنظر قرار نگرفته است.



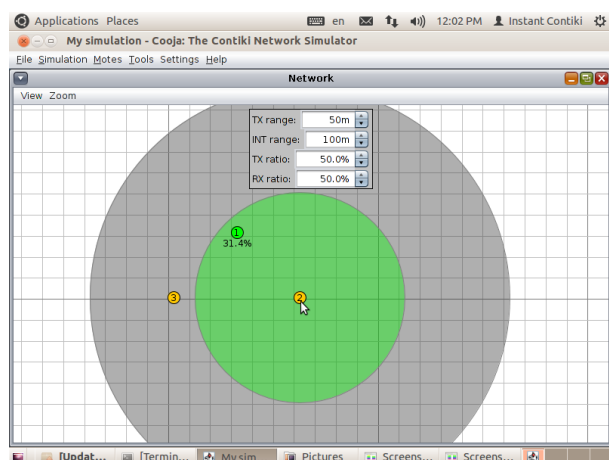
شکل ۱۶. Sensor map (خوشه بندی)



شکل ۱۵. مدل شبیه سازی (خوشه بندی)



شکل ۱۸. Network Graph (خوشه بندی)



شکل ۱۷. Node info (خوشه بندی)

استنتاج شبیه سازی ها

سناریو اول بلاک چین: به طور همگام توانایی پاسخ به ۴۰۰۰ تراکنش در مدت زمان شبیه سازی ۵ ساعت و ۲۰ دقیقه را دارد. در بلاک چین به علت همگام بودن، هر ماینر به طور همزمان بر روی یک بلاک کار می کند. به عبارت با وجود یک یا بیشتر ماینر در شبکه بلاک چین در نهایت کار، فقط انجام ۴۰۰۰ تراکنش در واحد زمان امکان پذیر است.

سناریو دوم تنگل بدون لحاظ کردن محدوده فرکانسی TxRx: به طور ناهمگام و با در نظر گرفتن یک Tip و دو گره، توانایی انجام ۴۵۰۰ تراکنش در مدت زمان شبیه سازی ۵ ساعت و ۲۰ دقیقه را دارد.

در تنگل به دلیل ناهمگام بودن، در هر لحظه از زمان یک Tip توانایی انجام ۴۵۰۰ تراکنش را دارد؛ به این ترتیب اگر مدت زمان شبیه سازی ۵ ساعت و ۲۰ دقیقه، هشت Tip داشته باشیم و برای هر Tip دو گره در نظر بگیریم، در اینصورت به انجام تعداد $36000 = 8 * 4500$ تراکنش در مدت زمان شبیه سازی مذکور خواهیم رسید.

سناریو سوم تنگل مبتنی بر خوشه بندی با لحاظ کردن محدوده فرکانسی Tx100Rx50: به طور ناهمگام و با در نظر گرفتن یک Tip و دو گره، توانایی انجام ۲۵۰۰ تراکنش در مدت زمان شبیه سازی ۵ ساعت و ۲۰ دقیقه را دارد.

در تنگل به دلیل ناهمگام بودن، در هر لحظه از زمان یک Tip توانایی انجام ۲۵۰۰ هزار تراکنش را دارد؛ به این ترتیب اگر مدت زمان شبیه سازی ۵ ساعت و ۲۰ دقیقه، هشت Tip داشته باشیم و برای هر Tip دو گره در نظر بگیریم، در اینصورت به انجام تعداد $20000 = 8 * 2500$ تراکنش در مدت زمان شبیه سازی مذکور خواهیم رسید.

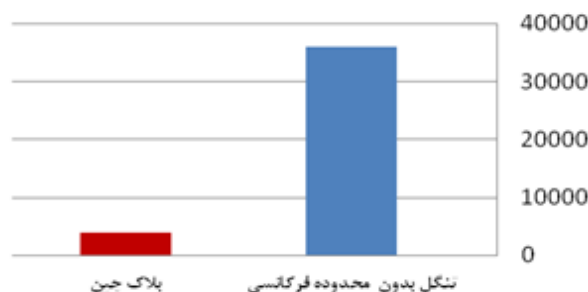
سناریو چهارم تنگل مبتنی بر خوشه بندی با لحاظ کردن محدوده فرکانسی Rx50Tx50: به طور ناهمگام و با در نظر گرفتن یک Tip و دو گره، توانایی انجام ۴۰۰۰ تراکنش در مدت زمان شبیه سازی ۵ ساعت و ۲۰ دقیقه را دارد.

در تنگل به دلیل ناهمگام بودن، در هر لحظه از زمان یک Tip توانایی انجام ۴۰۰۰ تراکنش را دارد؛ به این ترتیب اگر مدت زمان شبیه سازی ۵ ساعت و ۲۰ دقیقه، هشت Tip داشته باشیم و برای هر Tip دو گره در نظر بگیریم، در اینصورت به انجام تعداد $32000 = 8 * 4000$ تراکنش در مدت زمان شبیه سازی مذکور خواهیم رسید.

نتایج شبیه سازی

بررسی نتایج حاصله سناریوی اول و دوم:

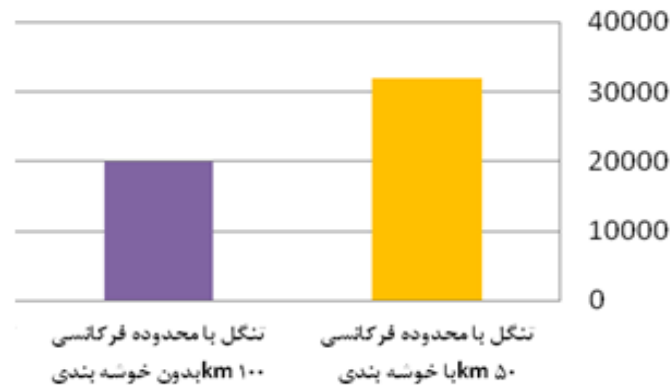
همان طور که از نتایج بدست آمده مشخص است، در سناریوی اول مربوط به بلاک چین، تعداد تراکنش های مورد تایید کمتر از تعداد تراکنش های مورد تایید در تنگل بدون در نظر گرفتن کنترل محدوده فرکانسی ارسال و دریافت می باشد؛ ولی چیزی که کاملاً قبول مشهود است، ثابت ماندن نرخ تایید تراکنش ها با توجه به ویژگی های خاص هر کدام است و به عبارت دیگر انعطاف پذیری در قبال تایید تراکنش ها نداریم.



شکل ۱۵. نتایج شبیه سازی بلاک چین و تنگل

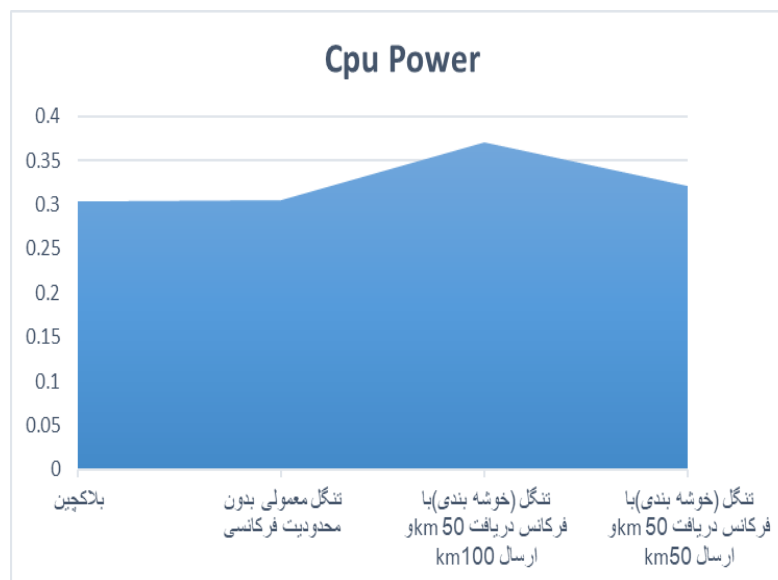
بررسی نتایج حاصله سناریوی سوم و چهارم:

همان‌طور که در دو سناریوی محدود سازی فرکانس قابل مشاهده است؛ تعداد تایید تراکنش‌ها با محدود کردن فرکانس ارسال و دریافت از انعطاف‌پذیری قابل قبولی برخوردار هستند؛ به طوریکه با تعداد تایید تراکنش‌ها در ناحیه‌ها با محدوده فرکانسی کوچک افزایش پیدا می‌کند، در نتیجه تعداد تراکنش‌های تاییدی بیشتر در قالب خوشه بندی بر مبنای محدوده‌ی فرکانسی در سریع‌ترین زمان خواهیم داشت. به عبارت دیگر ضمن انعطاف‌پذیری در تایید تراکنش‌ها، بهبود مقیاس‌پذیری نیز ممکن خواهد بود.

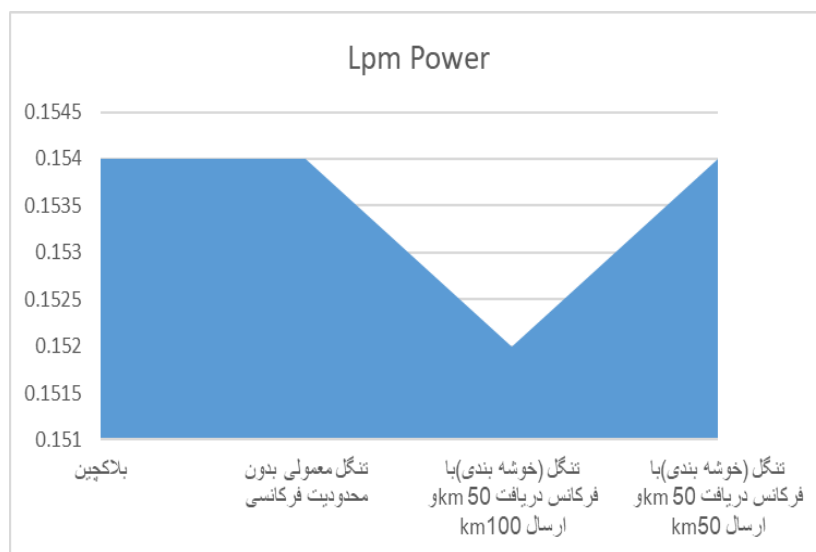


شکل ۱۶. نتایج شبیه سازی تنگل با دو محدود فرکانسی

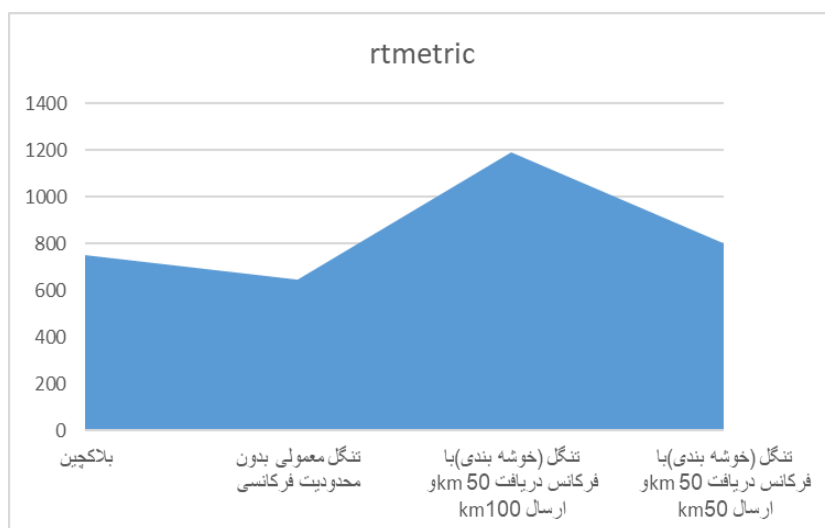
نتایج حاصله سناریوها در قبال سایر پارامترها:



شکل ۱۷. نتایج مربوط به میانگین مصرف انرژی CPU



شکل ۱۸. نتایج مربوط به حداقل مصرف انرژی Cpu نسبت به هر گره



شکل ۱۹. نتایج مربوط به معیار مسیریابی

منابع و مراجع

- [1] D. Misra, G. Das, and D. Das, Review on Internet of Things (IoT): Making the World Smart. Springer Singapore, 2018.
- [2] A. Čolaković and M. Hadžialić, "Internet of Things (IoT): A review of enabling technologies,
- [3] D. Burkhardt and M. Werling, "Distributed Ledger," 2018 IEEE Int. Conf. Eng. Technol. Innov., pp. 1–9, 2018.
- [4] H. F. Atlam and G. B. Wills, Intersections between IoT and distributed ledger, 1st ed. Elsevier Inc., 2019.
- [5] <https://medium.com/blockstreethq/before-blockchain-there-was-distributed-ledger-technology-319d0295f011>.
- [6] B. Tavares and F. F. Correia, "A Survey of Blockchain Frameworks and Applications," vol. 1, pp. 308–317.
- [7] Y. Sompolinsky and A. Zohar, "Secure High-Rate Transaction Processing in."
- [8] P. Lamb, "Invertible Bloom Lookup Table Cache," 2016.
- [9] B. GmbH, "The Blockchain Database," no. May, pp. 1–14, 2018.
- [10] J. Benet, "IPFS - Content Addressed, Versioned, P2P File System," no. Draft 3.
- [11] B. Ku, P. Staupe, and A. Gal, "Extracting Tangle Properties in Continuous Time via Large-Scale Simulations," 2018.
- [12] S. Popov, "The Tangle," pp. 1–28, 2018.
- [13] B. Ku, P. Staupe, and A. Gal, "Extracting Tangle Properties in Continuous Time via Large-Scale Simulations," 2018.
- [14] <https://www.myaccountingcourse.com/ACCOUNTINGDICTIONARY/LEDGER%0AHTTPS://BLOG.LIQUID.COM/DISTRIBUTEDLEDGERTECHNOLOGY%0A>
- [15] <https://blog.liquid.com/distributed-ledger-technology>.