

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۱۰/۰۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۰۲/۲۸

معماری توزیع شده مبتنی بر اینترنت اشیا برای ردیابی وسایل نقلیه با استفاده از فناوری RFID

راحیل رحیمی

کارشناس ارشد شرکت مخابرات ایران
پست الکترونیکی: rahil.rahimi63@gmail.com

هادی طباطبایی ملاذی*

استادیار دانشکده مهندسی و علوم کامپیوتر، دانشگاه شهید بهشتی
پست الکترونیکی: h_tabatabaee@sbu.ac.ir

محمود فضلعلی

استادیار دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه شهید بهشتی
پست الکترونیکی: fazlali@sbu.ac.ir

چکیده

ردیابی یک وسیله نقلیه و مقیاس پذیر بودن راهکار از نظر تعداد خودروها از مهم ترین چالش هایی است که در این پژوهش به آن پرداخته شده است. از مزایای مهم این راهکار پائین بودن زمان تاخیر عملیات ردیابی یک وسیله نقلیه و بالا بودن میزان موفقیت درخواست ردیابی یک وسیله نقلیه تحت آزمایش مقیاس پذیری می باشد.

واژه های کلیدی: اینترنت اشیا، شبکه های همتا به همتا، شبکه همپوشانی Chord، ردیابی وسایل نقلیه

اینترنت اشیا یک بستر ارتباطی جدید در جهت برقراری ارتباط بین اشیا هوشمند می باشد. معرفی این بستر موجب شده است تا امکانات جدیدی برای حل مسائلی همچون تعیین مکان و ردیابی وسایل نقلیه در سطح یک شهر، منطقه یا کشور فراهم گردد. به عنوان مثال، یک شرکت ممکن است بخواهد به طور مداوم وسایل نقلیه خود را ردیابی کند. در این مقاله راهکاری با نام DRVTS پیشنهاد شده است که تحت حمایت شبکه های همتا به همتا، وسایل نقلیه دارای برچسب RFID را با پروتکل های نشانی دهی اینترنت تلفیق نموده است. این راهکار مبتنی بر فناوری RFID و شبکه همپوشانی Chord است. به این ترتیب به شبکه های RFID اجازه می دهد که بخشی از شبکه های قابل پذیرش تحت محیط اینترنت اشیا باشند. ارائه یک زمان بیدرنگ برای

۱- مقدمه

اینترنت اشیا (IoT) یک بستر ارتباطی جدید است که به سرعت در حال به دست آوردن راهکارهایی در رابطه با سناریوی ارتباطات راه دور بی سیم می باشد و انتظار می رود که مبادله اطلاعات در رابطه با هر شیء در

شبکه‌های زنجیره‌ای منابع جهانی را آسان کند، شفافیت را افزایش دهد، و کارایی‌شان را بالا ببرد. به صورت گسترده IoT می‌تواند به‌عنوان ستون اصلی سیستم‌های فراگیر^۲ و فعال‌سازی محیط‌های هوشمند برای سادگی در تشخیص و شناسایی اشیاء و بازیابی اطلاعات از اینترنت در هر زمان و در هر مکان به‌کار برده شود [۲] [۱].

تعریف اصلی IoT حاصل یک برداشت مبتنی بر شیء است. اشیای بررسی شده، موارد بسیار ساده‌ای بودند مانند برچسب‌های شناسایی فرکانس رادیویی (RFID)^۳. واژه اینترنت اشیاء در واقع با Auto-ID Labs [۳] در ارتباط است و آن را می‌توان شبکه جهانی آزمایشگاه‌های پژوهش آکادمیک در عرصه RFID شبکه شده و فناوری‌های حسگر معرفی شده دانست. تمرکز درخواست‌ها عمدتاً بر توسعه کد محصول الکترونیکی^۴ (EPC) به منظور حمایت از استفاده گسترده از RFID در شبکه‌های تجاری جهانی مدرن و خلق استانداردهای جهانی صنعتی - محور برای شبکه EPCglobal است [۵]. این نهادها از زمان تأسیس قصد داشته‌اند که IoT را همراه با EPCglobal [۴] سازماندهی کنند. این استانداردها عمدتاً به این قصد طراحی می‌شوند که قابلیت رؤیت (به‌عنوان مثال، توانایی دنبال کردن شیء و آگاهی از موقعیت آن، مکان کنونی و غیره آن) را اثبات کنند. این حالت، بی‌شک مؤلفه کلیدی مسیر استفاده کامل از برداشت IoT است اما تنها مسیر موجود نیست.

از یک دیدگاه مفهومی، IoT متکی بر سه اصل مرتبط با توانایی اشیاء هوشمند است: ۱- قابلیت شناسایی (هر چیزی خود را شناسایی می‌کند) ۲- قابلیت انتقال (هر چیزی دست به انتقال می‌زند) و ۳- قابلیت تعامل (هر چیزی دست به تعامل می‌زند)، یا در میان خودشان و یا با کاربران نهایی یا سایر نهادهای فعال در شبکه. اشیاء معمولاً یا به صورت منحصر به فرد و یا به‌عنوان عضوی از یک رده شناسایی می‌شوند.

2-Pervasive Systems
3-Radio-Frequency Identification
4-Electronic Product Code™

یکی از مسایل مطرح امروزی، ردیابی بیدرنگ و به صورت برخط وسیله نقلیه می‌باشد که به ردیابی بیدرنگ موقعیت فعلی یک وسیله نقلیه معین اشاره دارد. کاربران (یا کاربردهای سطح بالا) اغلب یک التزام بیدرنگ در پیگردی یک وسیله نقلیه معین وضع می‌کنند که به دنبال آن، هر جستجو برای وسیله نقلیه باید در یک مدت زمان معین و محدود پاسخ داده شود. در غیر این صورت، پاسخ ارائه شده ممکن است نامعتبر و غیرمفید شود. چنانچه درخواست موفق نشود که در طی مدت زمان کوتاه پاسخ داده شود، درواقع اتومبیل می‌تواند از محل گزارش داده شده دور شود چرا که ممکن است با سرعت بالا در حرکت باشد. دوم این که سیستم باید مقیاس‌پذیر باشد تا صدها هزار وسیله نقلیه را مورد پشتیبانی قرار دهد.

با توجه به تعاریف بالا رسیدن به چنین فناوری قطعاً مشکلات و موانع و چالش‌های زیادی را در بر خواهد داشت چرا که این سیستم شامل تعداد باور نکردنی وسایل نقلیه است که هریک از درخواست‌ها باید به وسیله هر کاربر مجاز صرفنظر از مکان و موقعیت درخواست‌ها قابل ردیابی و شناسایی باشند (در دنیای IoT هر شیء باید قابل شناسایی باشد). چگونگی شناسایی و ردیابی وسایل نقلیه هنوز هم از چالش برانگیزترین موضوعات در تحقیقات IoT می‌باشد (وسایل نقلیه باید به صورت منحصر به فرد شناسایی شوند). این که چگونه کاربر بتواند از طریق یک درگاه وب در دنیای اینترنت، وسیله نقلیه مورد نظر خود را (با توجه به ضعف توان آن در شناخته شدن و ردیابی در استفاده از پروتکل IP) که در فاصله دوری از او قرار دارد از میان هزاران وسیله نقلیه دیگر شناسایی و موقعیت‌یابی کند و اگر وسیله نقلیه تغییر محل دهد، IP اختصاص داده شده به آن معتبر باشد از چالش‌های مهم این تحقیق است. از دیگر چالش‌های مهم این تحقیق این است که اگر هر کاربر پس از ردیابی وسیله نقلیه مورد نظر خود درخواستی را برای آن ارسال نماید چگونه می‌توان این حجم عظیم از اطلاعات که به سادگی

می‌تواند یک کارساز مرکزی را از پای درآورد کنترل کرد. کنترل ترافیک شبکه و دریافت پاسخ در حداقل زمان ممکن، همه از جنبه‌های مهم این پژوهش می‌باشد.

آنچه در این مقاله خواهید دید بدین شرح است. در بخش بعد مروری بر کارهایی انجام شده در رابطه با نحوه نشانی‌دهی و ردیابی اشیاء و وسایل نقلیه در دنیای IoT خواهیم داشت. در بخش سوم راهکار و سیستم پیشنهادی با بیان دقیق اجزای آن و چگونگی عملکرد آن به تفصیل شرح داده می‌شود. در ادامه و بخش چهارم راهکار پیشنهادی خود را ارزیابی کرده و نتایج ارزیابی و قیاس آن با چندین روش دیگر را که به این مقوله پرداخته‌اند نشان می‌دهیم و در بخش پایانی این مقاله نتیجه‌گیری راهکار پیشنهادی خود را شرح داده و پیشنهادهایی برای دانش‌پژوهانی که می‌خواهند در رابطه با این موضوع تحقیق کنند ارائه داده می‌شود.

۲- مرور تحقیقات پیشین

جهت بررسی بهتر تحقیقات گذشته، درخواست‌ها را به دو بخش روش‌های نشانی‌دهی و روش‌های ردیابی تقسیم نموده‌ایم که در ادامه به بررسی هر یک پرداخته می‌شود.

۲-۱- مروری بر روش‌های نشانی‌دهی

پژوهشگران راهکارهای متعددی را ارائه داده‌اند که از ابتدایی‌ترین درخواست‌ها پروتکل نشانی‌دهی IPv6 بود که برای ارتباط گره‌های بی‌سیم با قدرت پائین مطابق با مفهوم LowPAN^۵ پیشنهاد شد. نشانی‌های IPv6 به وسیله ۱۲۸ بیت بیان می‌شوند و در نتیجه^۶ ۱۰^{۳۸} نشانی را می‌توان به وسیله آن تعریف کرد که باید برای شناسایی هر شیء که ارزش شناخته شدن دارد کافی باشد. با ظهور فناوری شناسایی فرکانس رادیویی (RFID) و استاندارد کد محصولات الکترونیکی (EPC)^۷ [۵] هر وسیله نقلیه که یک برچسب RFID به آن متصل

شده باشد می‌تواند به صورت منحصر به فرد شناسایی شود و بر روی شبکه تجارت جهانی ردیابی گردد [۶]. برچسب‌های RFID از شناسه ۹۶-۶۴ بیتی استفاده می‌کنند و در نتیجه ادغام شناساگرهای RFID و نشانی IPv6 در [۷] پیشنهاد گردید. به عنوان مثال در [۸] پژوهشگران از ۶۴ بیت شناسه‌های داخلی نشانی IPv6 برای انتشار شناسه برچسب RFID استفاده کردند در حالی که ۶۴ بیت دیگر پیشوند شبکه برای نشانی‌دهی دروازه^۸ بین سیستم RFID و اینترنت استفاده می‌شود. اما این روش مشکلاتی به همراه داشت، به عنوان مثال اگر شناسه برچسب RFID بلندتر از ۹۶ بیت باشد دیگر نمی‌شود از این روش استفاده کرد.

در [۹] یک روش دیگر پیشنهاد شد که از یک عنصر شبکه مناسب استفاده می‌کند که عامل^۸ نامیده می‌شود. این روش شناسه RFID را (صرفنظر از طول درخواست‌ها) در یک حوزه^۹ ۶۴ بیتی که به عنوان ID ارتباط داخلی در نظر گرفته می‌شود به نشانی IPv6 می‌نگارد. واضح است که عامل باید نگاهت بین نشانی‌های IPv6 تولید شده و شناسه برچسب RFID را بروز رسانی کند و این عمل نیز به دلیل تاخیر زمانی زیادی که در برداشت، شبکه را با چالش مواجه می‌کرد.

۲-۲- مروری بر روش‌های ردیابی

یکی از روش‌هایی که از گذشته تا کنون برای ردیابی وسایل نقلیه استفاده می‌شد استفاده از فناوری^۹ GPS می‌باشد. استفاده صرف از این روش نقاط ضعفی دارد. اول این‌که معمولاً به دلیل وجود بناهای مرتفع در اطراف خیابان‌های باریک شهر، سیستم GPS به سختی می‌تواند بدون سایر دستگاه‌های کمکی به درستی عمل کند. حتی ممکن است موقعیت گزارش شده GPS یک وسیله نقلیه بیش از ۱۰۰ متر با موقعیت واقعی آن فرق داشته باشد. علاوه بر این، جاده‌های فراوانی توسط پل‌های هوایی پر

7-Gateway

8-Agent

9-Global Positioning System

5- IPv6 Over Low Power Wireless Personal Area Networks

6- Electronic Product Code

شده‌اند که گیرنده‌های GPS را از دریافت امواج ماهواره‌ای باز می‌دارد. دوم این‌که فاصله‌های گزارش‌های اطلاعاتی تعیین موقعیت طولانی می‌باشند. به دلیل هزینه ارتباط GPRS برای انتقال اطلاعات تعیین موقعیت GPS به مرکز داده‌ها رانندگان ترجیح می‌دهند فواصل نسبتاً بزرگ را انتخاب کنند که این رقم حدود یک تا سه دقیقه است. سوم این‌که هزینه یک گیرنده GPS و هزینه ارتباط داده‌ای کاملاً بالاست که استفاده گسترده از این فناوری را محدود می‌کند.

معماری‌های رایج طراحی شده برای حل مشکلات ردیابی وسیله نقلیه در اکوسیستم IoT به دو دسته کلی روش‌های سلسله مراتبی و روش‌های هم‌تا به هم‌تا^{۱۰} تقسیم‌بندی می‌شوند. در [۱۰] یک معماری شامل سه جزء پیشنهاد شده است که در معماری سلسله مراتبی گسترش یافته است و دسته‌بندی درخواست‌ها از برگ به ریشه به صورت زیر است: خوانندگان RFID، Savant،^{۱۱} زبان نشانه‌گذاری فیزیکی (PML)^{۱۲} یک کارساز مسیریابی داده است که کار آن جمع‌آوری داده‌ها از خوانندگان برچسب RFID و انتقال آن به کارساز PML می‌باشد. کارساز PML برای ذخیره اطلاعات مربوط به وسیله نقلیه است. برای ردیابی نیز از روش ثبت مکان خانه (HLR)^{۱۳} و ثبت مکان ملاقات (VLR)^{۱۴} که به صورت وسیع در شبکه‌های سلولی کاربرد دارد استفاده می‌شود. اما این روش هم به‌عنوان یک روش ردیابی به دلیل وجود الگوریتم‌های سنگین ردیابی بیش از حد پیچیده و از طرفی گران قیمت است.

یک روش دیگر در [۱۱] از گره‌های حسگر به‌عنوان جفت بر روی حلقه Chord [۱۲] از شناسه شیء به‌عنوان یک کلید و از موقعیت داده به‌عنوان یک مقدار

به‌عنوان ورودی جدول درهم‌ساز توزیعی (DHT)^{۱۵} استفاده می‌کند. در سال ۲۰۱۱ پژوهشگران در [۱۳] روشی را ارائه دادند که در آن با یک گروه گره‌های داده، یک حلقه Chord [۱۲] می‌سازد که یک تعداد از خوانندگان RFID را کنترل می‌کند. بر خلاف روش قبل، این روش از ID شیء برای نگاشت یک اشاره‌گر راهنما که به گره داده جاری که شیء به آن تعلق دارد استفاده می‌کند. مطالعات بسیار زیاد دیگری در این زمینه صورت گرفته که تنها به تعدادی از درخواست‌ها که به خط مشی این مقاله مرتبط است اشاره شد [۱۴، ۱۵].

در [۱۶] پژوهشگران برای ردیابی وسایل نقلیه در مرکز شهر شانگهای معماری دیگری را ارائه داده‌اند که در آن تنها دو مولفه وجود دارد: خوانندگان RFID و گره‌های محلی^{۱۶}. خوانندگان RFID و گره‌های محلی مسئول جمع‌آوری اطلاعات و وسایل نقلیه و مسیریابی داده‌ها می‌باشند. شکل قرارگیری گره‌های محلی به صورت روی هم‌گذاری می‌باشد. این روی هم‌گذاری به چند منطقه دایره بسته اتصالی در فاصله بین وسایل نقلیه و گره‌های محلی تقسیم شده است. برای ردیابی هدف مورد نظر، به‌عنوان وسیله نقلیه متحرک به روز رسانی موقعیت آن تنها در منطقه دایره‌ای که نزدیک به وسیله نقلیه مورد نظر است صورت می‌پذیرد. اما این روش نیز به دلیل پیچیدگی زیاد آن و تنگنای بدی که بر روی منطقه خاصی از ترافیک با توجه به جمعیت بالای وسایل نقلیه اتفاق می‌افتاد روش مناسبی نبود، هرچند نسبت به روش‌های دیگر که تا آن زمان پیشنهاد شده بود زمان پاسخگویی بسیار مناسبی داشت. اما روش DRVTS که در این مقاله پیشنهاد گردیده تلاش می‌کند با حداقل پیچیدگی و کم‌ترین شکست به ردیابی بیدرنگ وسایل نقلیه بپردازد.

در روش ST-Updating [۱۶] هر زمان که یک گره وسیله نقلیه را می‌گیرد، زمانی که وسیله نقلیه در محدوده یک گره قرار می‌گیرد اطلاعات آن وسیله نقلیه را برای

10- Peer-to-Peer
11- RFID Readers
12- Physical Markup Language
13- Home Location Register
14- Visiting Location Register

15-Distributed Hash Table
16- Local Node

تمامی گره‌های دیگر به‌روزرسانی می‌کند. برای کاهش سربار ترافیک شبکه از این به‌روزرسانی، سیستم یک درخت پوشای سراسری را نگهداری می‌کند. بنابراین تنها N-1 بسته به‌روزرسانی در سراسر کل شبکه برای هر یک به‌روزرسانی زمانی که N گره در شبکه وجود داشته باشد معرفی می‌شود. قدرت این روش این است که هر گره می‌تواند هر درخواست را به صورت محلی پاسخ دهد و حداقل زمان پاسخ به درخواست را فراهم کند.

در روش ST-Flooding [۱۶] به‌روزرسانی اطلاعات وسیله نقلیه در شبکه انجام نمی‌شوند. از این‌رو، سرباری برای به‌روزرسانی موقعیت ایجاد نمی‌شود. برای جستجوی وسیله نقلیه یک درخواست در سراسر شبکه به صورت سیل‌آسا منتشر می‌شود. یک درخت پوشای سراسری برای پخش یک درخواست به منظور کاهش سربار ترافیک شبکه استفاده می‌شود.

روش EX-Flooding [۱۶] به‌روزرسانی اطلاعات وسیله نقلیه را انجام نمی‌دهد. بدون تکیه بر یک درخت پوشای سراسری، این روش توسعه سیل‌آسا را به‌کار می‌گیرد. درخواست در شبکه همپوشانی به صورت سیل‌آسا ارسال می‌شود. در ابتدا TTL درخواست کوچک است اگر این تلاش با موفقیت مواجه نشود، درخواست دوباره با TTL افزایش یافته (به علاوه ۴ هاپ) ارسال می‌گردد. این فرایند تا زمانی که وسیله نقلیه پیدا نشود تکرار می‌گردد.

از سه روش فوق می‌توان گفت بجز ST-UPDATING که بهترین زمان پاسخ‌گویی به درخواست را دارد، روش‌های دیگر تاخیر بالایی برای پاسخ‌گویی به درخواست کاربر دارند. تصادم اطلاعات و اشغال پهنای باند نیز به صورت غیر ضروری از معایب دیگر روش‌های نامبرده می‌باشد.

۳- معماری سیستم پیشنهادی DRVTS^{۱۷}

روش DRVTS تحت حمایت شبکه‌های هم‌تا به هم‌تا، وسایل نقلیه دارای برچسب RFID را با پروتکل‌های

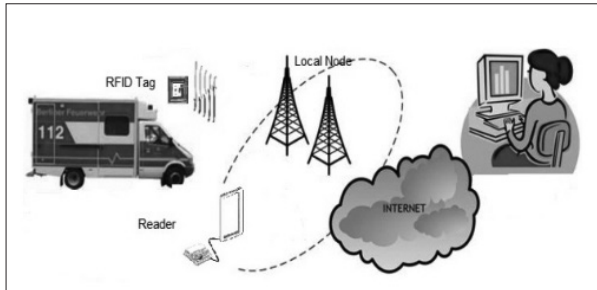
نشانی‌دهی اینترنت تلفیق نموده است. به این ترتیب به شبکه‌های RFID اجازه می‌دهد که بخشی از شبکه‌های قابل پذیرش تحت محیط اینترنت اشیاء باشند. معماری پیشنهادی آن را در دو بخش ساختاری و رفتاری توصیف نموده‌ایم.

۳-۱ مدل ساختاری سیستم پیشنهادی

سیستم پیشنهادی از چهار مولفه تشکیل شده است. الف) درگاه وب^{۱۸}، ب) گره‌های محلی، پ) خواننده وسایل نقلیه ت) وسیله نقلیه مجهز به برچسب RFID. فرض ما این است که خوانندگان RFID نصب شده در سراسر شهر از نوع خوانندگان RFID فعال، 2.45GHz می‌باشند و می‌توانند موقعیت‌یابی شوند. یک گره محلی مسئول جمع‌آوری اطلاعات از طریق خوانندگان RFID مختلف در منطقه خود می‌باشد و درخواست‌ها را از کاربران یا برنامه‌های کاربردی دریافت می‌کند. یک گره محلی اساساً کارسازی است که به یک شبکه مشخص به قصد ارتباط وصل می‌شود. اطلاعات وسایل نقلیه هم به صورت فعال و هم به صورت غیرفعال جمع‌آوری می‌شود. یک برچسب فعال RFID که می‌تواند از نوع 2.45GHz با عمر باتری ۵ ساله باشد، شناسه (ID) خود را در فاصله‌ای ثابت به خارج ساطع می‌کند و معمولاً از محدوده ارتباطی حدود ۰ تا ۱۰۰ متر برخوردار است. مشابه این نوع برچسب فعال در مرجع [۱۷] نیز به‌کار گرفته شده است. یک برچسب RFID فعال را در صورتی می‌توان ثبت کرد که سیگنال ارسال شده از آن به برخی از خوانندگان برسد. در این روش از یک شبکه گسترده^{۱۹} مخصوص می‌توان استفاده کرد که انتقال مطمئن و قابل پیش‌بینی از داده‌های بین هر دو نقطه انتهایی ارائه می‌دهد. گره‌های محلی را به شبکه گسترده ناحیه-باز ارائه شده توسط مخابرات شهری از طریق یک اتصال مخصوص ADSL ارزان وصل می‌کنیم. معماری کامل سیستم بدین صورت است که درگاه وب می‌تواند نتایج را به کاربران نشان دهد. هم خوانندگان وسایل نقلیه و هم وسایل نقلیه بر

18-WebPortal
19-Wide Area Network

17-Distributed RFID Vehicle Tracking System



شکل ۱- معماری سیستم DRVTS جهت ردیابی وسیله نقلیه

خواننده ورودی به خواننده وسیله نقلیه در منطقه جدید بدل می‌شود.

ب) خواننده نمایه‌بندی^{۲۳}: این خواننده مسئول ذخیره‌سازی اطلاعات دسترسی به وسیله نقلیه روی جدول درهم ساز^{۲۴} است. این خواننده طبق پروتکل Chord مشخص می‌شود.

۲-۳ روش‌های نشانی نویسی

در این بخش، به شرح یکپارچه سازی کد EPC و IPv6 پرداخته می‌شود و مشخص می‌گردد که چگونه وسیله نقلیه در اینترنت و قالب DHT در الگوریتم Chord تعیین شده توسط هر خواننده وسیله نقلیه قابلیت این را پیدا می‌کند که دارای نشانی شود.

۳-۲-۱- قالب نشانی وسیله نقلیه یکپارچه‌سازی نشانی IPv6 و کد EPC

در روش پیشنهادی یکپارچه‌سازی بین نشانی IPv6 و کد EPC انجام شده است. برای بیان بهتر راه حل ابتدا، از طریق دو دیدگاه مجزا، مسئله را باز می‌کنیم. (۱) روش ادغام EPC در نشانی دهی IPv6 (۲) عمل پروکسی که توسط خواننده ورودی انجام می‌شود. اول این که هر وسیله نقلیه به وسیله نشانی‌های ۱۲۸ بیتی IPv6 به صورت ضمنی نشان داده می‌شود. ۶۴ بیت اول عبارتند از پیشوند شبکه و ۶۴ بیت باقی مانده هم شناساگر رابط نشانی- مبنای EUI-64 می‌باشد که توسط کد ۶۴ بیتی EPC جایگزین می‌شود. سپس به منظور شناسایی دقیق‌تر یک وسیله نقلیه خاص از طریق نشانی‌های IPv6 آن، خواننده ورودی نقش کلیدی ایفا می‌کند. در سیستم پیشنهادی، خواننده ورودی

23-Indexing Reader
24-Hash Table

چسب RFID گذاری شده، قسمت‌های اصلی در سیستم ما می‌باشند. تمامی خوانندگان و وسایل نقلیه در سیستم، یک حلقه Chord [۱۲] را شکل می‌دهند و تمامی وسایل نقلیه مجهز به برچسب‌های RFID می‌باشند و هر برچسب یک کد محصول الکترونیکی (EPC) منحصر به فرد را ذخیره کرده است. با جابجایی وسایل نقلیه در سطح شهر، جدول درهم ساز^{۲۰} ساخته شده روی شبکه همپوشانی Chord دست به ذخیره سازی اطلاعات دسترسی به وسیله نقلیه می‌زند (پیشوند شبکه).

خوانندگان RFID دو وظیفه اصلی دارند: (۱) پروکسی^{۲۱} و (۲) خواندن برچسب RFID. برای کارکرد پروکسی، خواننده وسیله نقلیه به‌عنوان دروازه‌ای بین اینترنت و شبکه‌های RFID عمل می‌کند و می‌تواند بسته IP در سیگنال RFID را به سمت وسایل نقلیه موردنظر ما و بالعکس انتقال دهد. در خصوص کارکرد خواننده برچسب، هر خواننده وسیله نقلیه بر گروهی از وسایل نقلیه برچسب RFID گذاری شده حاکمیت می‌کند. وسایل نقلیه برچسب زده شده، خوانندگان وسیله نقلیه را ترک می‌کند یا به درخواست‌ها می‌پیوندد و گره‌های محلی نیز اطلاعات مربوط به وسایل نقلیه منطقه تحت تسلط خود را نگهداری می‌کنند و در صورت ترک وسیله نقلیه به منطقه دیگر اطلاعات آن را به گره محلی مسئول آن منطقه می‌دهند. در شرح ذیل فرض می‌کنیم برچسب متصل به وسیله نقلیه، فعال است و ظرفیت ذخیره سازی پایه‌ای را برای ذخیره سازی فرستنده/گیرنده، نشانی IP و مسیر ردیابی نگه می‌دارد. نقش‌هایی که با یک وسیله نقلیه تعامل (ارتباط) برقرار می‌کنند (به دلیل رابطه بین وسیله نقلیه، خواننده و پروتکل Chord)، بدین صورت مشخص گردیده:

الف) خواننده ورودی (دروازه)^{۲۲}: خواننده کنونی که بر وسیله نقلیه حاکم است را خواننده ورودی می‌گویند. این خواننده میانجی ارتباط دادن وسیله نقلیه با اینترنت است. زمانی که وسیله نقلیه شروع به حرکت می‌کند،

20-Hash Table
21-Proxy
22- Getway Reader

با پشته TCP/IP توسعه می‌یابد و گروهی از وسایل نقلیه را کنترل می‌کند. همچنین فهرستی را حفظ می‌کند که ثبت کننده وسایل نقلیه موجود می‌باشد. از آنجایی که درخواست برای یک وسیله نقلیه مشخص و مورد نظر، به سمت خواننده صحیح ورودی حرکت می‌کند، خواننده ورودی، بسته را بازگشایی می‌کند و آن را به بسته RFID تبدیل می‌کند تا با وسیله نقلیه مورد نظر از طریق فرکانس رادیویی ارتباط برقرار کند و سرانجام هم پاسخ را به درخواست دهنده باز می‌گرداند.

در سیستم پیشنهادی هر وسیله نقلیه دارای یک نشانی IPv6 است. قالب آن از پیشوند خواننده ورودی (۶۴ بیت) و کد EPC (۶۴ بیت) به دست آمده است. هر کدام از کدهای EPC وسیله نقلیه، منحصر به فرد است. با این حال، پیشوند ورودی (دروازه)، با تغییر موقعیت توسط وسیله نقلیه دچار تغییر می‌شود. البته فرض بر این است که ۶۴ بیت اول هر نشانی IP خواننده، متفاوت می‌باشد. از این نشانی می‌توان در شناسایی وسیله نقلیه در اینترنت بهره برد.

۳-۲-۲- قالب جدول درهم ساز ۲۵

هدف این جدول، حفظ اطلاعات دسترسی به وسیله نقلیه است. پیش‌الگوی جدول درهم‌ساز، نگاشتی است بین کلید (key) و مقدار (Value). هر کلید، در جدول منحصر به فرد است. در این طرح، از کد EPC وسیله نقلیه به عنوان کلید و از پیشوند دروازه وسیله نقلیه به عنوان یک مقدار استفاده می‌کنیم. بنابراین درگاه وب از کد EPC توسط کاربر برای ارسال درخواست در شبکه Chord استفاده می‌کند و پاسخ هم، پیشوند دروازه وسیله نقلیه می‌باشد. این دو حالت، فقط نشانی‌های IPv6 می‌باشند که از درخواست‌ها می‌توان برای مخاطب قراردادن یک وسیله نقلیه استفاده کرد. بنابراین، درگاه وب، یک درخواست جهت ردیابی را ارسال می‌کند و مقصد آن نشانی‌های IPv6 وسیله نقلیه است.

از آن جایی که IP وسیله نقلیه یک پروتکل موقعیت - محور است، صحیح نگر داشتن پیشوند ورودی وسیله نقلیه ثبت شده در جدول درهم‌ساز موضوعی مهم است؛

25-Hash Table

البته اگر وسیله نقلیه دارای تحرک کافی باشد. بنابراین می‌توان گفت که تازگی و به‌روز بودن هر مدخل (فهرست) در جدول درهم‌ساز ضروری است. زمانی که وسیله نقلیه از خواننده ورودی اصلی خود به یک خواننده ورودی جدید حرکت می‌کند، روش به‌روزرسانی مکان و موقعیت وسیله نقلیه دچار مشکل می‌شود. خواننده ورودی جدید از پیشوند خود به عنوان پیشوند ورودی جدید وسیله نقلیه برای اجرای دستور UPDATE استفاده می‌کند تا اطلاعات دسترسی به وسیله نقلیه را به‌روزرسانی کند. در بخش مربوط به توصیف مدل رفتاری، نحوه به‌روزرسانی موقعیت شرح داده می‌شود.

۳-۳- مدل رفتاری معماری سیستم پیشنهادی DRVTS

سه رفتار اصلی سیستم پیشنهادی مربوط به زمانی است که وسیله نقلیه شروع به حرکت می‌کند، موقعیت وسیله نقلیه تغییر می‌یابد و کاربر وسیله نقلیه را جستجو می‌کند. در ادامه به شرح هر یک از این رفتارها پرداخته می‌شود.

۳-۳-۱- راه اندازی اولیه و شروع حرکت

با تغییر و تحولات هرچه بیشتر در فناوری RFID، از این فناوری استفاده‌های بیشماری در پیگیری اشیاء متحرک مختلف مانند وسایل نقلیه شده است. دولت ایالت متحده هم قانون TREAD [۱۹] را عملی کرده است که از سپتامبر ۲۰۰۷ بر روی هر تایلر جدید برچسب های RFID جای داده شده است. زمانی که وسیله نقلیه شروع به حرکت می‌کند که البته می‌توان زمان شروع را همان زمان تولید و خوانده شدن برچسب RFID توسط اولین خواننده دانست، کد EPC مربوط به برچسب RFID آن می‌تواند توسط خواننده خوانده شود و اطلاعات دسترسی به آن روی حلقه Chord قرار گیرد.

۳-۳-۲- روش به‌روزرسانی موقعیت

زمانی که وسیله نقلیه منطقه خود را تغییر می‌دهد و در واقع گویی به منطقه بعدی تحویل داده می‌شود، خواننده

وسیله نقلیه منطقه جدید آن را حس می‌کند و سپس اطلاعات دسترسی ذخیره شده روی حلقه Chord را به روزرسانی (UPDATE) می‌کند. به روزرسانی موقعیت زمانی انجام می‌شود که یک وسیله نقلیه، خواننده ورودی را در زمان حرکت تغییر دهد و هدف این کار حفظ و نگهداری از اطلاعات دسترسی به وسیله نقلیه می‌باشد که روی حلقه Chord [۱۲] توزیع می‌یابد. جریان پیغام‌های مبادله شده جهت به روزرسانی موقعیت در شکل (۲) نمایش داده شده است.

نقش اصلی در روش به روزرسانی موقعیت، بر عهده خواننده ورودی جدید است. همان‌طور که در شکل (۲) آمده است، هنگامی که یک وسیله نقلیه، مثلاً A، وارد حوزه تحت پوشش یک خواننده خاص نظیر R1 شود، خواننده طی پیغامی IP وسیله نقلیه را درخواست می‌کند. پس از برگشت IP وسیله نقلیه، خواننده R1 پیشوند این IP را با پیشوند خودش مقایسه نموده و چنانچه این دو پیشوند یکسان نباشند به این معنی خواهد بود که R1 خواننده جدید برای وسیله نقلیه A خواهد بود. لذا باید پیشوند IP برچسب RFID این وسیله نقلیه A را به روزرسانی کند. برای این کار، خواننده R1 پیشوند خودش را برای برچسب RFID این وسیله نقلیه ارسال می‌کند تا عملیات به روزرسانی صورت پذیرد. خواننده R1 پس از دریافت ACK مربوط به عملیات به روزرسانی پیشوند IP برچسب RFID وسیله نقلیه، یک پیغام برای خواننده قبلی این وسیله نقلیه که پیشوند آن را از IP وسیله نقلیه استخراج نموده است ارسال می‌نماید تا به خواننده قبلی اطلاع دهد. از این پس وسیله نقلیه A در حوزه پوششی آن قرار گرفته است. خواننده قبلی (قدیمی) نیز در حافظه خود ثبت می‌کند که وسیله نقلیه A در حوزه پوششی R1 قرار گرفته است و سپس یک تأییدیه (ACK) برای R1 برگشت می‌دهد. پس از آن، اطلاعات جدول درهم‌ساز در خواننده نمایه‌بندی به روزرسانی می‌گردد. پیغام‌های (c) تا (f) می‌تواند نشان دهد که چگونه Chord به روزرسانی دروازه می‌تواند موقعیت غلط خواننده

ورودی فعلی وسیله نقلیه A را اصلاح کند. قبل از اتمام روش به روزرسانی موقعیت، اطلاعات دسترسی به وسیله نقلیه A ذخیره شده در خواننده نمایه‌بندی از بین می‌رود (پیغام b). بنابراین، اولین گام در دسترس به وسیله نقلیه A از بین می‌رود اما به دلیل وجود Chord به روزرسانی در دروازه ذخیره شده در خواننده ورودی قدیم، این Chord به کاربر پاسخ خواهد داد، درست زمانی که تلاش اول متوقف می‌شود (پیغام d). بنابراین کاربر می‌تواند از این روش برای دسترسی به وسیله نقلیه A با نشانی IP صحیح استفاده کند (پیغام e).

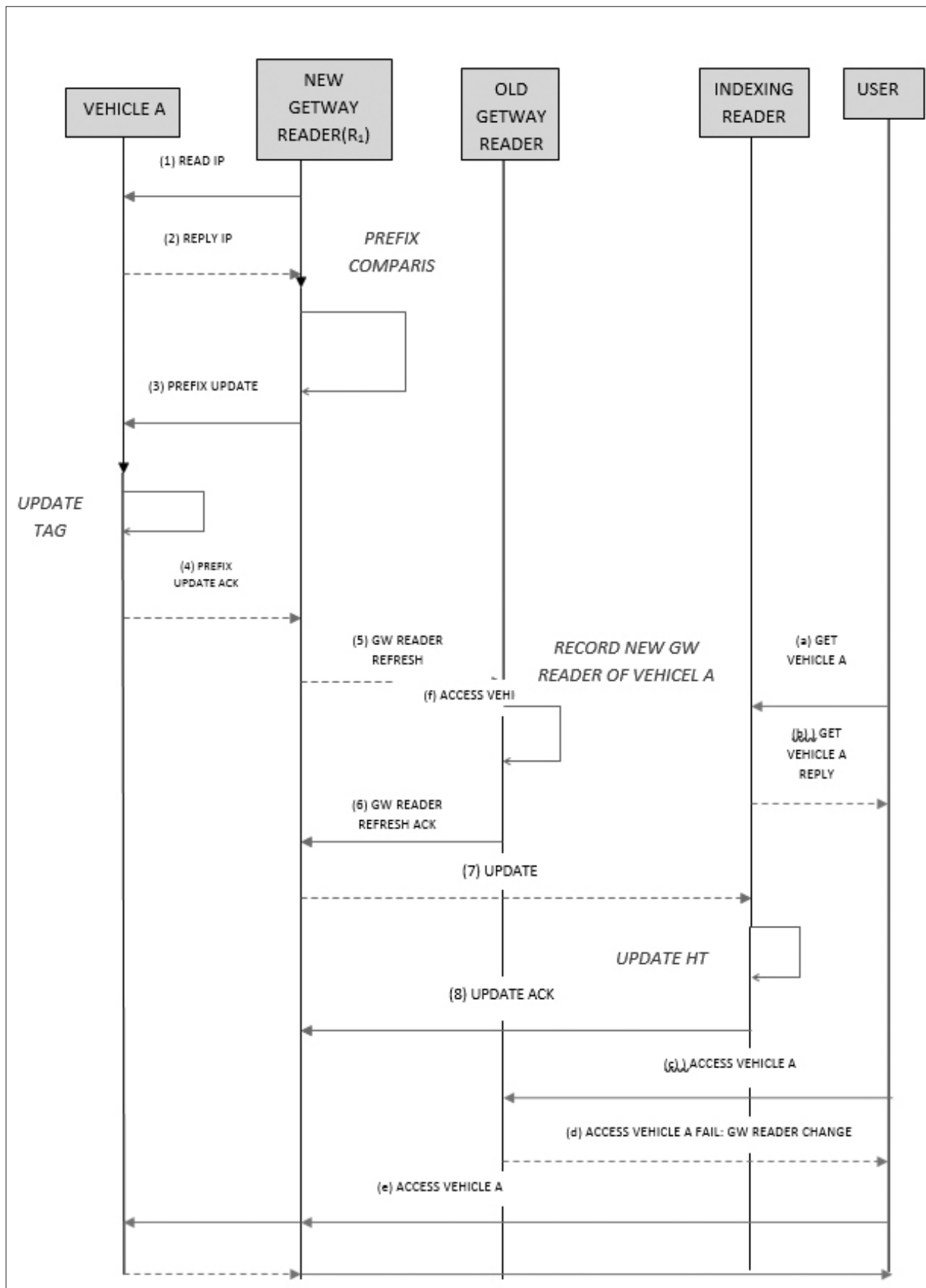
۴- ارزیابی کارایی سیستم پیشنهادی

در این بخش سیستم پیشنهادی در محیط شبیه‌ساز JSIM [۱۸] پیاده‌سازی شده و با انجام یک سری آزمایش‌ها، کارایی آن ارزیابی گردیده است. مدل شبیه‌سازی شامل یک محیط 500×500 متر است که N گره خواننده RFID و V وسیله نقلیه به صورت تصادفی در آن پخش شده است. فرض می‌شود دامنه حوزه تحت پوشش هر خواننده یک دایره به شعاع ۲۰ متر است. همچنین فرض تأخیر انتقال پیوند بین دو گره همسایه 48ms و بر اساس [۱۶] و پهنای باند پیوندها IMB می‌باشد. همچنین فرض می‌شود در هر P ثانیه یک درخواست از جانب کاربر جهت پیگیری یک وسیله نقلیه صادر می‌گردد. همچنین سرعت حرکت وسایل نقلیه را ۵ متر برثانیه فرض نموده‌ایم. زمان شبیه‌سازی برای هر آزمایش ۵۰۰۰ ثانیه در نظر گرفته شده است. هر آزمایش ۲۰ بار تکرار شده و نتایج نهایی از میانگین این ۲۰ اجرا به دست آمده است.

معیارهای مورد ارزیابی عبارتند از:

۱- میانگین تأخیر درخواست (AQL^{26}): این معیار عبارتست از مدت زمان بین صدور یک درخواست جهت ردیابی یک وسیله نقلیه خاص تا زمان پیدا کردن آن (مدت زمان مورد نیاز جهت پیدا کردن خواننده صاحب یک وسیله نقلیه خاص).

26- Average Query Latency



شکل ۲- نحوه بروز رسانی موقعیت

۲- ترافیک شبکه به ازای یک درخواست (NTQ^{TV}): تعداد بسته‌های منتقل شده در شبکه به ازای یک درخواست جهت ردیابی یک وسیله نقلیه خاص.

۳- تعداد پرس و جوهای شکست خورده (NFQ^{2A}): تعداد درخواست‌های منجر به شکست در ردیابی یک وسیله نقلیه است.

آزمایش ۱: هدف این آزمایش ارزیابی تأثیر تعداد گره‌های خواننده، N ، و تعداد وسایل نقلیه، V ، بر کارایی الگوریتم پیشنهادی است. در این آزمایش، تعداد خواننده‌ها را از $N=[250-1250]$ و تعداد وسایل نقلیه را از $V=[10-30]$ تغییر داده‌ایم. فرض می‌شود کاربر هر $P=20$ ثانیه یک درخواست صادر می‌کند. نمودارهای (۱)، (۲) و (۳) نتایج این آزمایش را به ترتیب در قالب معیارهای NTQ ، AQL و NFQ نشان می‌دهد.

نتایج این آزمایش در نمودار (۱) نشان می‌دهد با افزایش تعداد خواننده‌ها، میانگین تأخیر درخواست‌ها نیز افزایش می‌یابد. به‌عنوان مثال، چنانچه $N=250$ خواننده داشته باشیم، میانگین تأخیر درخواست‌ها تقریباً ۱۹۳ میلی‌ثانیه خواهد بود. ولی چنانچه تعداد خواننده‌ها به $N=1250$ افزایش یابد، میانگین تأخیر تقریباً ۲۵۰ میلی‌ثانیه می‌شود. دلیل این نتیجه روشن است، با افزایش تعداد خواننده‌ها، در واقع اندازه حلقه Chord افزایش یافته و در نتیجه زمان جستجو در آن جهت پیدا کردن خواننده حاکم افزایش می‌یابد. این امر از طرف دیگر سبب می‌گردد تعداد بسته‌های رد و بدل شده در شبکه Chord نیز تا حدودی افزایش یابد. نتایج آزمایش در نمودار (۲) نیز همین موضوع را نشان می‌دهد. بنابر این، افزایش تعداد خواننده‌ها نیز بر ترافیک شبکه تأثیر گذاشته و سبب افزایش این معیار می‌گردد. به‌عنوان مثال، چنانچه $N=250$ خواننده در شبکه داشته باشیم، تعداد بسته‌های رد و بدل شده جهت پردازش هر درخواست برابر ۴ و چنانچه $N=1000$ خواننده در شبکه وجود داشته باشد مقدار این معیار تقریباً ۵ خواهد شد.

هم‌چنین، نتایج این آزمایش در نمودار (۳) نشان می‌دهد با افزایش تعداد خواننده‌ها، تعداد درخواست‌های شکست خورده نیز تا حد اندکی افزایش می‌یابد. به‌عنوان مثال، در صورت داشتن $N=250$ گره خواننده، تقریباً ۳ درخواست با شکست مواجه می‌شود درحالی که اگر $N=1250$ باشد، تقریباً ۸ درخواست با شکست مواجه می‌گردد. دلیل این نتیجه نیز این است که با افزایش تعداد خواننده‌ها، ترافیک شبکه افزایش یافته و این سبب افزایش تعداد تصادم‌ها و گم شدن بسته‌ها می‌گردد.

نتایج این آزمایش نیز نشان می‌دهد تعداد وسایل نقلیه در محیط مورد نظر تأثیر چندانی بر سه معیار AQL ، NTQ و AFQ ندارد. دلیل این نتایج نیز روشن است چراکه الگوریتم پیشنهادی ما مستقل از تعداد وسایل نقلیه بوده و کافی است ظرفیت حافظه هر خواننده به قدری زیاد باشد که گنجایش ذخیره اطلاعات لازم برای وسایل نقلیه زیاد را داشته باشد. از آنجا که الگوریتم پیشنهادی مبتنی بر شبکه Chord است، لذا تنها عامل تأثیرگذار بر آن فقط اندازه حلقه Chord و نیز میزان درخواست‌ها یا درخواست‌های صادر شده از سوی کاربران خواهد بود.

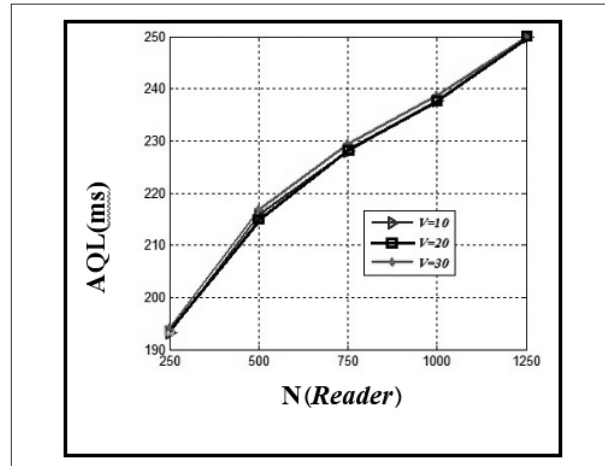
آزمایش ۲: هدف این آزمایش ارزیابی تأثیر میزان ترافیک ارسال درخواست‌ها از طرف کاربران بر کارایی الگوریتم پیشنهادی است. در این آزمایش، تعداد خواننده‌ها را $N=[250-750]$ و تعداد وسایل نقلیه را $V=20$ در نظر گرفته و فرکانس ارسال درخواست را تغییر داده و نتایج حاصل را در قالب معیارهای در قالب معیارهای NTQ ، AQL و NFQ به ترتیب در نمودارهای (۴)، (۵) و (۶) نشان داده‌ایم. همان‌طور که در آزمایش قبل اشاره شد، یکی از پارامترهای تأثیرگذار بر کارایی الگوریتم پیشنهادی، میزان ترافیک ارسال درخواست‌ها به سیستم طراحی شده است. به عبارت دیگر هرچه تعداد درخواست‌های بیشتری در واحد زمان به سیستم پیشنهادی ما وارد گردد، سبب افزایش بار ترافیکی شبکه گشته که این منجر به کاهش

27- Network Traffic per Query
28- Number of Failed Query

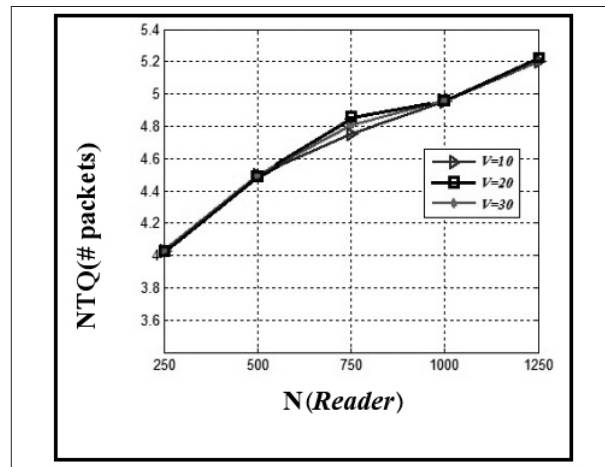
نتایج این آزمایش در نمودارهای (۴)، (۵) و (۶) نیز همین موضوع را به خوبی نشان می‌دهند. توجه شود در این آزمایش مقدار کوچک‌تر برای پارمتر P نشان دهنده افزایش میزان ترافیک ارسال درخواست‌ها می‌باشد. چراکه فرض می‌شود کاربر در هر P ثانیه یک درخواست برای سیستم پیشنهادی ما ارسال می‌کند. چنانچه دوره زمانی ارسال درخواست‌ها $P=2$ ثانیه باشد، میانگین تأخیر در درخواست‌ها تقریباً ۲۱۶ میلی ثانیه و چنانچه $P=10$ ثانیه باشد، میانگین تأخیر در هر درخواست، به ازای $N=250$ تقریباً ۱۹۲ میلی ثانیه خواهد بود، درحالی که به ازای $N=750$ ، این معیار تقریباً ۲۳۰ میلی ثانیه خواهد بود. البته نمودار (۵) نشان می‌دهد افزایش پارمتر P تأثیر بسیار اندکی بر معیار میانگین بسته‌های رد و بدل شده به ازای هر درخواست دارد. این معیار بیشترین تأثیر را از تعداد خواننده‌ها دارد. چراکه فقط افزایش تعداد خواننده‌ها است که اندازه حلقه Chord را افزایش می‌دهد. لذا روشن است که تغییر در نرخ صدور درخواست‌ها تأثیری در اندازه حلقه Chord ندارد. اما نتایج این آزمایش در شکل (۵-۶) نشان می‌دهد هرچه نرخ ارسال درخواست‌ها کاهش یابد، یعنی P افزایش یابد، تعداد درخواست‌های شکست خورده به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد چراکه کاهش در نرخ ارسال درخواست‌ها سبب کاهش بار ترافیکی سیستم و در نتیجه کاهش در میزان درخواست‌های شکست خورده می‌شود.

آزمایش ۳: هدف این آزمایش مقایسه کارایی الگوریتم پیشنهادی DRVTS با دیگر الگوریتم‌های موجود (که در بخش ۲ در رابطه با درخواست‌ها توضیح داده شد) ((EX-Flooding و HERO، ST-Updating، ST-Flooding)) است. در این آزمایش تعداد کل وسایل نقلیه $V=100$ در نظر گرفته شده است. تعداد کل درخواست‌های تولید شده ۱۰۵ بوده و تعداد کل خواننده‌ها را یک بار $N=1000$ و یکبار دیگر $N=2000$ در نظر گرفته شده است.

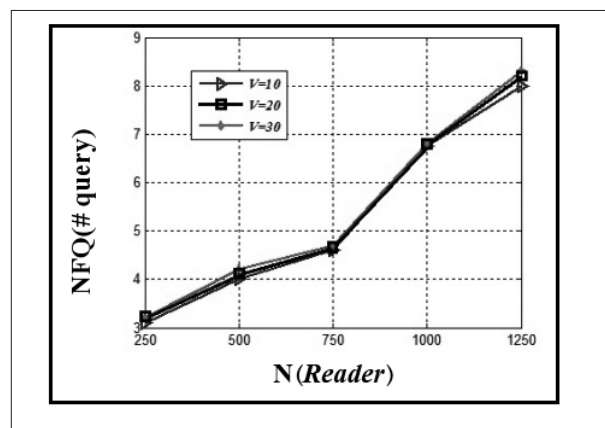
نتایج حاصل در قالب معیارهای AQL و NTQ



نمودار ۱: بررسی تأثیر تعداد خواننده‌ها، N ، بر میانگین تأخیر در هر درخواست

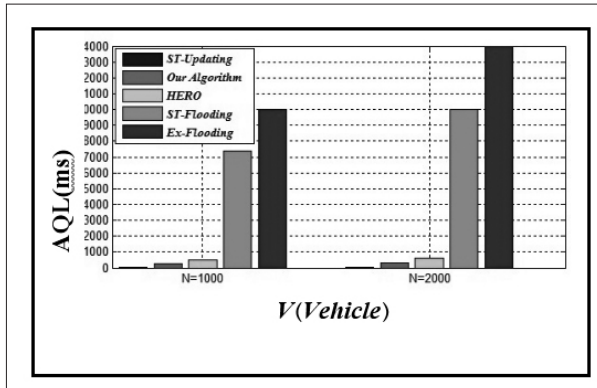


نمودار ۲: بررسی تأثیر تعداد خواننده‌ها، N ، بر ترافیک شبکه به ازای هر درخواست

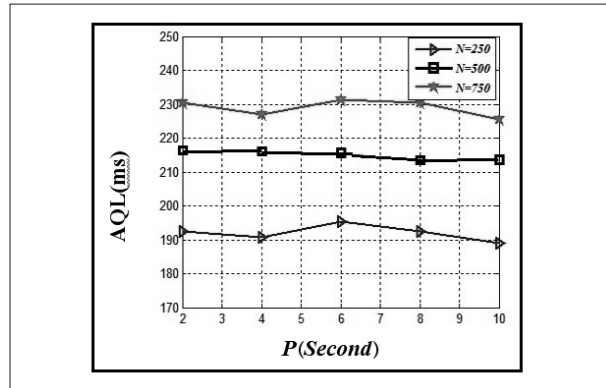


نمودار ۳: بررسی تأثیر تعداد خواننده‌ها، N ، بر تعداد درخواست‌های شکست خورده

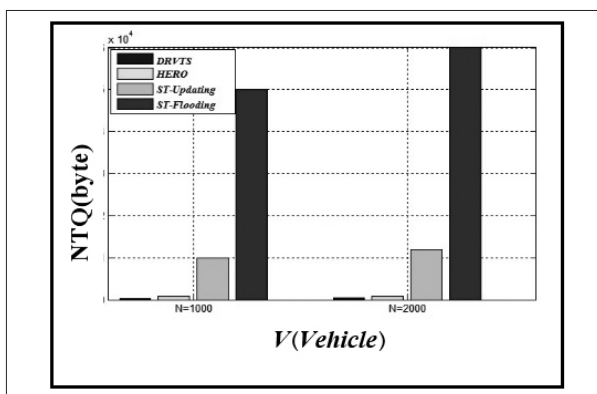
کارایی الگوریتم پیشنهادی و در واقع اکثر الگوریتم‌های موجود می‌گردد.



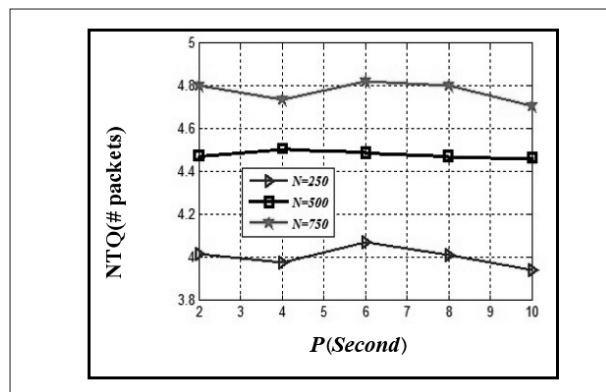
نمودار ۷: بررسی تأثیر تعداد وسایل نقلیه، V ، بر میانگین تأخیر در هر درخواست



نمودار ۴: بررسی تأثیر دوره تناوب تولید پرس و جوها، بر میانگین تأخیر در هر درخواست



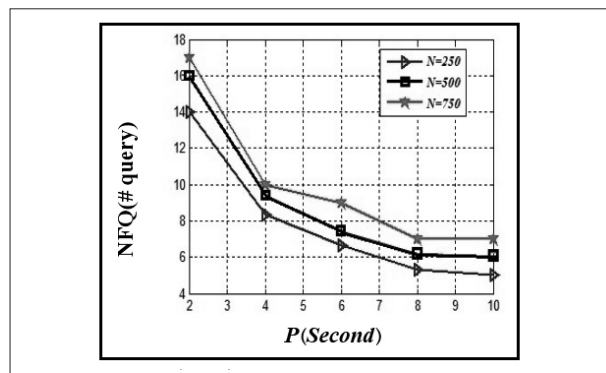
نمودار ۸: بررسی تأثیر تعداد وسایل نقلیه، V ، بر ترافیک شبکه به ازای هر



نمودار ۵: بررسی تأثیر دوره تناوب تولید پرس و جوها، بر ترافیک شبکه به ازای

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

یکی از مسائل مطرح امروزی، تعیین مکان، ردیابی و مخابره با وسایل نقلیه در سطح یک شهر، کشور یا حتی چندین کشور است. به‌عنوان مثال، یک شرکت ممکن است بخواهد به‌طور مداوم وسایل نقلیه خود را ردیابی کند. یک مثال دیگر، ردیابی ماشین‌های یک ارگان خاص نظیر پلیس، امداد خودرو، اورژانس توسط مسئولین مربوطه است. در این پژوهش سعی شد با بهره‌گیری از فناوری RFID و سیستم Chord یک سیستم جدید و کارآمد جهت ردیابی وسایل نقلیه پیشنهاد گردد. سیستم پیشنهادی از تعدادی گره خواننده RFID، ماشین‌های مجهز به برچسب‌های RFID و درگاه وب تشکیل شده است. گره‌های خواننده تشکیل حلقه Chord را می‌دهند. هر ماشین یک برچسب RFID یکتا دارد که توسط خواننده‌ها قابل خواندن است. هر گره خواننده نیز یک شناسه یکتا دارد. هرگاه یک ماشین



نمودار ۶: بررسی تأثیر دوره تناوب تولید پرس و جوها بر تعداد درخواست‌های شکست خورده

(برحسب بایت) در نمودارهای (۷) و (۸) ارائه شده است. نتایج این آزمایش نشان می‌دهد الگوریتم پیشنهادی از نظر معیار AQL کارایی بهتری نسبت به سایر الگوریتم‌ها (بجز الگوریتم ST-Updating) دارد و از نظر میزان ترافیک برتر از دیگر الگوریتم‌های نامبرده می‌باشد.

- [2] B. Fabian, "Implementing secure P2P-ons," Institute of information systems, D-10178 Berlin, no. 1, IEEE ICC. 2009.
- [3] Auto-Id Labs, <<http://www.autoidlabs.org/>>.last visit, 7 Sep. 2014
- [4] Auto-Id Labs, <<http://www.IoT-conference.org/IoT2014/>> last visit, 23 Jul. 2016
- [5] The EPCglobal Architecture Framework, EPCglobal Final Version 2.3, Approved 6 Oct. 2014, <www.epcglobalinc.org>. last visit 23 Jun. 2016
- [6] L. Atzori, A. Iera and G. Morabito, "The internet of things: a survey," Elsevier Computer Networks, vol. 54, no. 13, pp. 2787-2805, 28 Oct. 2010.
- [7] <http://ipv6.com/articles/applications/Using-RFID-and-IPv6.htm>.last visit 5 Jun 2016
- [8] M. C. Chong, G. Mayoung Lee, N. Crespi, C. C. Tseng, "RFID object tracking with IP compatibility for the internet of things," IEEE international conference on Green Computing and communications, doi /GreenCom, no. 1, pp. 10.1109, 2012.
- [9] Y.-W. Ma, C.-F. Lai, Y.-M. Huang, J.-L. Chen, Mobile RFID with IPv6 for phone services, in: Proceedings of IEEE ISCE 2009, Kyoto, Japan, May 2009
- [10] S.-D. Lee, M.-K. Shin, H.-J. Kim, EPC vs. IPv6 mapping mechanism, in: Proceedings of Ninth International Conference on Advanced Communication Technology, Phoenix Park, South Korea, Feb. 2007.
- [11] D.G. Yoo, D.H. Lee, C.H. Seo, S.G. Choi, RFID networking mechanism using address management agent, in: Proceedings of NCM 2008, Gyeongju, South Korea, Sept. 2008.
- [12] I. Stoica, R. Morris, D. Liben-Nowell, D. R. Karger, M. F. Kaashoek, F. Dabek and H. Balakrishnan, "Chord: a scalable peer-to-peer lookup protocol for internet applications," Networking, IEEE/ACM Transactions, vol. 11, no. 1, pp. 17-32, Feb. 2003.
- [13] T. Osano, T. Kato, M. Michel and Q. Wei, "Object tracking system for mobile terminals: prototype system using cameras and position measurement sensors," NTT DoCoMo Technical Journal, vol. 9, pp 35-42.
- [14] Y. Wu, Q. Z. Sheng and D. Ranasinghe, "P2P object tracking in the internet of things," ICPP, 2011, Taipei, pp. 502-511, 13-16 Sep. 2011.
- [15] GAO RFID Inc <<http://gaorfid.com/devices/rfid-tags-by-frequencies/gen-2-uhf-902-928-mhz-rfid-tags/>> last visit, 19 Feb 2016
- [16] H. Zhu, M. Li, Y. Zhu and L. M. Ni, "HERO: online real-time vehicle tracking," Parallel and Distributed Systems, IEEE Transactions, vol. 20, no. 5, pp. 740-752, May 2009.
- [17] S.-D. Lee, M.-K. Shin and H.-J. Kim, "EPC vs. IPv6 mapping mechanism," Advanced Communication Technology, 9th, Gangwon-Do, vol. 2, pp. 1243-1245, 12-14 Feb. 2007.
- [18] S. Naicken, A. Basu, B. Livingston and S. Rodhetbhai, "A survey of peer-to-peer network simulators," Proceedings of Annual Postgraduate Symposium, 7th, Liverpool, pp. 120-125, 26-27 June 2006.
- [19] "Transportation Recall Enhancement, Accountability, and Documentation (TREAD) Act," The 106th United States Congress, <http://www.citizen.org/documents/TREAD Act.pdf>, 2000.

وارد حوزه پوششی یک خواننده شود، به راحتی برچسب و شناسه آن کشف می‌گردد. در سیستم پیشنهادی یک DHT وجود دارد که از آن جهت نگاشت یک برچسب RFID به پیشوند شبکه خواننده صاحب ماشین استفاده می‌شود. هنگامی که کاربر درخواستی را جهت پیگیری یک ماشین با برچسب خاصی می‌دهد، این درخواست توسط گره‌های شبکه Chord مسیره می‌شود تا به خواننده حاکم برسد. راهکار پیشنهادی توسط شبیه‌ساز JSIM پیاده‌سازی گردید و با انجام یک سری آزمایش‌ها کارایی آن را از نقطه نظرهای میانگین تأخیر در هر درخواست، میزان ترافیک شبکه و نیز میزان درخواست‌های شکست خورده ارزیابی گردید. نتایج آزمایش‌ها کارایی مطلوب سیستم پیشنهادی را نشان داد. نتایج نشان می‌دهد که تأخیر عملیات سیستم ما پائین است و میزان موفقیت درخواست ردیابی کاربران تحت آزمایش مقیاس‌پذیری بالاست. نکته مهم در استفاده از روش پیشنهادی این است که با افزایش تعداد خواننده‌ها، بسته‌های رد و بدل شده، میانگین تأخیر درخواست‌ها و تعداد درخواست‌های ناموفق افزایش می‌یابد. از طرفی با کاهش تعداد خواننده‌ها، دقت سیستم نیز کاهش پیدا می‌کند. لذا انتخاب درست تعداد خواننده‌ها یک چالش بسیار مهم در حفظ کارایی سیستم پیشنهادی می‌باشد.

در آینده پیشنهاد می‌شود که برای ارزیابی بهتر این سیستم یک مدل تحلیلی ارائه گردد که امکان‌اتی را فراهم سازد که سیستم ما از طریق یک مدل‌سازی ریاضی به صورت گسترده‌تر بررسی گردد. از طرفی با توجه به این‌که ما روش خود را در سطح یک شهر بررسی کرده‌ایم، پیشنهاد می‌گردد در سطح یک کشور نیز بررسی گردد چراکه ما معتقدیم این راهکار پیشنهادی گام خوبی به سمت دستیابی به بوم‌سامانه IoT در آینده خواهد بود.

مراجع

- [1] D. Miorandi, S. Sicari, F. D. Pellegrini, I. Chlamtac, "The internet of things vision, application and research challenges," Elsevier Ad Hcc Networks, vol. 10, no. 1, pp. 1497-1516, 16 Oct. 2012.