فصلنامه رویکردهای پژوهشی نوین در
مدیریت و حسابداری
سال هفتم، شماره ۸۸، بهار ۱۴۰۲، ص ۱۷۳۴-۱۷۱۸

Journal of New Research Approaches
in Management and Accounting
ISSN: 2588-4573
http://www.majournal.ir

کاهش تأخیر و افزایش نرخ تحویل بسته با بهبود فاز کشف مسیر در پروتکل مسیریابی AODV در شبکه های خودروئی

علی اکبر احمدی [۱]
سمانه کامبیزی [۲]
بهراد دهقانی [۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۱۷ تاریخ چاپ: ۱۴۰۲/۰۳/۳۱

چکیده

شبکه بین خودرویی مجموعه ای است از خودروهای سیار یا متحرک مجهز به گیرنده و فرستنده به منظور برقراری ارتباطات بی سیم گره‌ها که به دلیل وجود محدودیت‌هایی در فرستنده و گیرنده‌های خود نمی‌توانند با تمام گره‌ها ارتباط مستقیم برقرار کنند. به همین دلیل لازم است در مواردی که امکان برقراری چنین ارتباط مستقیمی وجود ندارد داده‌ها از طریق بقیه ی گره‌ها که در این حالت نقش مسیریاب را ایفا می‌کنند منتقل شوند. با این حال متحرک بودن گره ها باعث شده شبکه مدام در حال تغییر بوده و مسیرهای مختلفی بین دو گره به وجود آید. عوامل دیگری همچون چند گامی، اندازه ی بزرگ شبکه و تنوع نوع و ساختار آنها، طراحی پروتکل های مسیریابی مناسب را به یک مشکل جدی تبدیل کرده است. در این مقاله روشی برای مسیریابی برای شبکه های بین خودرویی ارائه شده است که کیفیت سرویس را در شبکه افزایش می دهد. این روش مبتنی بر پروتکل مسریابی AODVمی باشد که با انتخاب مسیر مناسب کارایی شبکه را بهبود می بخشد و همچنین این روش پیشنهادی در یک سناریو شبیه سازی با نرم افزار شبیه ساز شبکه (NS-2) شبیه سازی شده و نتایج شبیه سازی نشان دهنده کارایی بهتر نسبت به حالت استاندارد پروتکل مسیر یابی AODV می باشد.

واژگان کلیدی

شبکه های بین خودوریی، مسیریابی، AODV، چند گامی، شبیه سازی

۱. هیئت علمی دانشگاه پیام نور– گروه مدیریت دولتی. aliakbarahmadi@pnu.ac.ir
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته ی مدیریت فناوری اطلاعات گرایش منابع اطلاعاتی. samanehkambizi@gmail.com
۳. پژوهشگر دانشگاه پیام نور. Bh.dehghani1400@gmail.com

مقدمه

شبکه‌های بین خودرویی نوعی از شبکه‌های سیار موقتی هستند که برای ارائه ارتباطات میان وسائل نقلیه استفاده می شود. در این نوع شبکه ها ارائه اطلاعات مناسب در زمان مناسب می‌تواند در جلوگیری از تصادفات مفید باشد. چنین اطلاعاتی می‌تواند یا توسط V2V یا V2I یا هر دو جمع آوری شده باشد. اغلب تصادف‌ها به علت اطلاعات ناقص از شرایط جاده از جمله چراغ‌های راهنمایی، سرعت و موقعیت وسایل نقلیه مجاور اتفاق می‌افتد. یکی از ابتکارات عمده ITSارائه اطلاعات لازم درباره محیط اطراف راننده است. این اطلاعات می‌تواند برای جلوگیری از حوادث، پیش بینی حالت‌های شدیداً خطرناک، هشدار دهی نسبت به خطرات، وضعیت جاده ها و موقعیت وسایل نقلیه مجاور مورد استفاده قرار گیرد. وسایل نقلیه اطلاعات اطراف خود را با یکدیگر و با زیرساخت‌ها به اشتراک گذاشته و آن را در دسترس دیگر شبکه‌های خودرویی موقتی قرار می‌دهند. این اطلاعات، از طریق استفاده از الگوی چند هابی مبادله می‌شود. در نوشته ها، تعدادی از الگوریتم‌های مسیریابی بر اساس ارتباطات چند هابی است. این الگوریتم‌های مسیریابی همچنین ویژگی‌های متمایز ارتباطات خودرویی نظیر شبکه بسیار پویا، تغییرات مکرر در توپولوژی شبکه خودرویی، سرعت بالای وسایل نقلیه و قابلیت پیش بینی تحرک را در نظر می‌گیرند. ویژگی‌های خودرویی از محیط‌های روستایی به محیط شهری متفاوت است. بیشتر پروتکل‌های مسیریابی ارتباطات را یا محیط روستایی یا محیط شهری و نه هر دو را در نظر می‌گیرند؛ بنابراین، در هر دو محیط، اطلاعات از اطراف جمع آوری شده و به ترتیب با استفاده از V2V یا V2I به وسایل نقلیه دیگر و یا زیرساخت‌های ارائه می‌شود. پروتکل‌ها را بر اساس نحوه برقراری ارتباط آنهاV2V ، V2Iو صرف نظر از محیط شبیه سازی خود به دو دسته تقسیم می شوند. در این پایان نامه درباره جواب مثبت و منفی برای پروتکل‌های مسیریابی متعلق به هر دو دسته بحث شد و از طریق مقایسه کیفی پروتکل‌ها نشان داده شد که ارتباط ترکیبی که در هر دو حالت ارتباطی وجود دارد، بهترین انتخاب است. همچنین یک روش پیشنهادی مبتنی بر پروتکل مسیریابی AODV برای انتخاب مسیر با اطمینان بالا ارائه می شود که در بخشهای زیر به آن پرداخته می شود.

انواع شبکه خودرویی

ارتباط میان خودروها با دنیای خارج و ارتباط میان خودروها در هنگام حرکت، رؤیای قدیمی بشر بوده است و تاریخچه نخستین تلاش‌ها برای تحقق این رؤیا به بیش از چهل سال پیش بر می‌گردد. در آن زمان با نصب یک آنتن روی خودروهای خاصی مانند خودروهای پلیس یا اورژانس و تنظیم کردن آنتن‌ها روی یک فرکانس خاص در یک محدوده جغرافیایی، سعی می‌کردند یک ارتباط رادیویی و شبه تلفنی را ایجاد کنند. در سال ۱۹۹۹ کمیسیون ارتباطات فدرال ایالات متحده (FCC) با تصویب استانداردها و پهنای باند لازم برای ارتباط خودروها با تجهیزات ثابت کنار جاده، عملاً فاز جدیدی از شبکه‌های بین خودرویی را ایجاد کرد که این حرکت با تصویب استاندارد (Dedicated Short Range Communications (DSRC در سال ۲۰۰۳ تکمیل شد. در این استاندارد پهنای باند ۵/۹ گیگاهرتز به ارتباطات بین خودرویی اختصاص یافته است و روی این فرکانس بین هفت تا ده کانال (۵/۸۵۰ گیگاهرتز تا ۵/۹۲۶ گیگاهرتز) تعریف می‌شود که یک کانال به صورت ویژه به افزایش ضریب امنیت خودروها و سایر کانال‌ها به کاربردهای خاص، اختصاص یافته است. پس از این رخدادها، انواع ارتباطات میان خودروها براساس فناوری‌ها و زیرساخت‌های متفاوت مطرح شده و هریک مسیری جداگانه برای توسعه و مجهز کردن خودروها به امکانات شبکه‌ای در پیش گرفتند. به طور کلی حوزه های ارتباطی در شبکه‌های خودرویی به سه دسته تقسیم می شوند.

۱. حوزه ارتباطی درون خودرو: این حوزه به ارتباط بین OBU و AU ها می پردازند. ارتباط میتواند از طریق سیم یا به صورت بی‌سیم انجام پذیرد. یک OBUو یک AU در یک خودرو در کنار هم قرار می گیرند. OBU یک لینک ارتباطی را برای AU ایجاد می کند تا یک یا چند مجموعه از برنامه های کاربردی تهیه شده توسط برنامه سازان را با استفاده از قابلیت های ارتباطی OBU به اجرا درآورد.

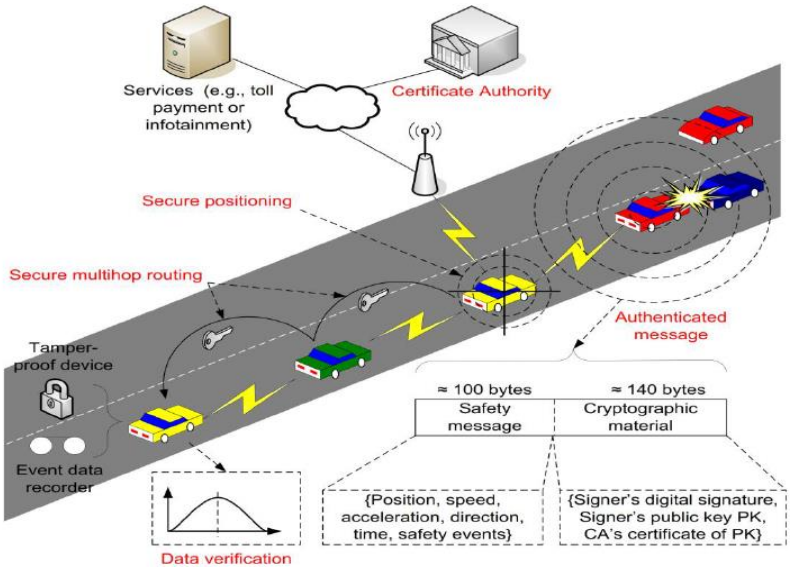
۲. V2V خودرو با خودرو: در این نوع ارتباط خودروها با یکدیگر از طریق OBU هایشان با استفاده از امواج بیسیم ارتباط برقرار می کنند و سرور یا دیتاسنتر خارجی به عنوان واسط وجود ندارد.

۳. V2I خودرو با زیرساخت: تقسیم‌بندی بعدی شبکه‌های بین خودرویی می‌تواند بر اساس زیرساخت شبکه باشد. به طور کلی در این تقسیم‌بندی ارتباط بین خوردو با یک زیرساخت مطرح می شود. در این نوع شبکه ها، خودروها با واحدهای کنار جاده ای (RSU) از طریق امواج بییسم ارتباط برقرار می کنند. در این نوع شبکه ها، میتوان از شبکه کلی سلولی و اختصاصی به جای RSU ها استفاده کرد که در ادامه این دو نوع به صورت اختصار بررسی می‌شود. [۳]

شبکه‌های خودرویی سلولی

در شبکه‌های سلولی از فناوری‌های ۳G، ۴G و GSM استفاده می‌شود و به طور عمده اپراتورهای تلفن همراه و سرویس‌دهنده‌های باند پهن موبایل بازیگران اصلی این حوزه هستند. همان‌طور که در شکل ۱-۱ مشخص است در کنار جاده یک سری ایستگاه مرکزی ثابت (Base Station) وجود دارد که می‌توانند به اینترنت و شبکه‌های درون شهری متصل باشند. خودروها از طریق امکانات موبایل می‌توانند به این ایستگاه‌ها متصل شده و اطلاعات ترافیکی یا آب و هوا را دریافت کنند. همچنین می‌توانند به اینترنت متصل شده و از طریق سرویس‌های کلود به شبکه محل کار یا خانه دسترسی پیدا کنند. مزیت این شبکه‌ها استفاده از زیرساخت‌های آماده موبایل و باند پهن ارائه شده توسط اپراتورهای موبایل است. پیش‌بینی می‌شود با ورود نسل جدید ۵G و افزایش سرعت و پهنای باند، این نوع شبکه‌ها رواج و استقبال بیشتری را شاهد باشند. عیب بزرگ شبکه‌های سلولی عدم امکان استفاده برای کاربردهای ایمنی خودروها به خاطر تأخیرهای ذاتی این نوع شبکه‌ها است اما چنین شبکه‌هایی برای استفاده‌های معمول مانند استفاده از اینترنت و سرگرمی بسیار مناسب هستند.

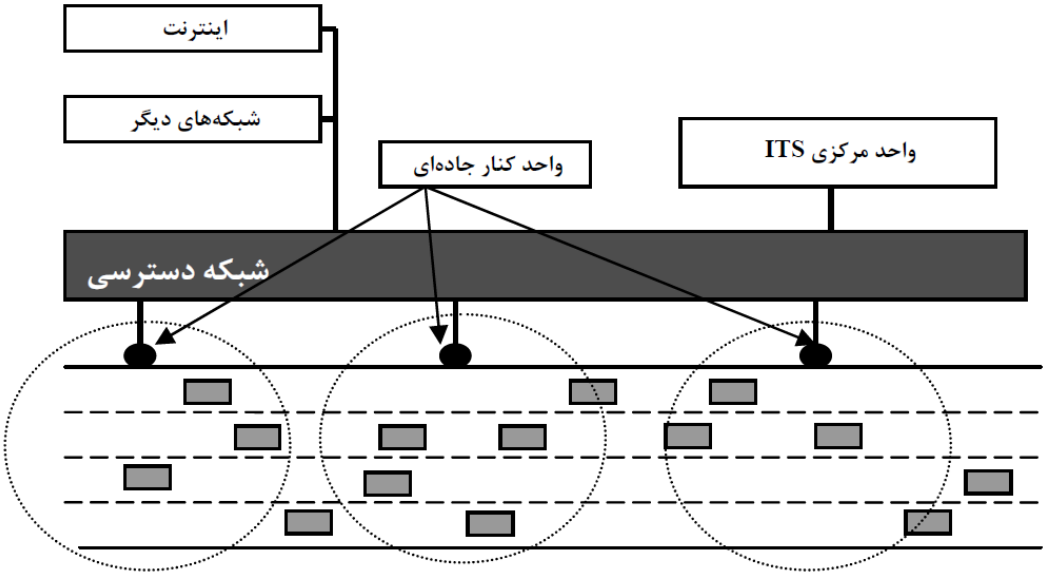
"مزیت شبکه‌های خودروی سلولی استفاده از زیرساخت‌های آماده موبایل و باند پهن ارائه شده توسط اپراتورهای موبایل است."



شکل ۱- نحوه پخش پیغام تصادف در شبکه‌های بین خودرویی [۴]

شبکه‌های خودرویی اختصاصی

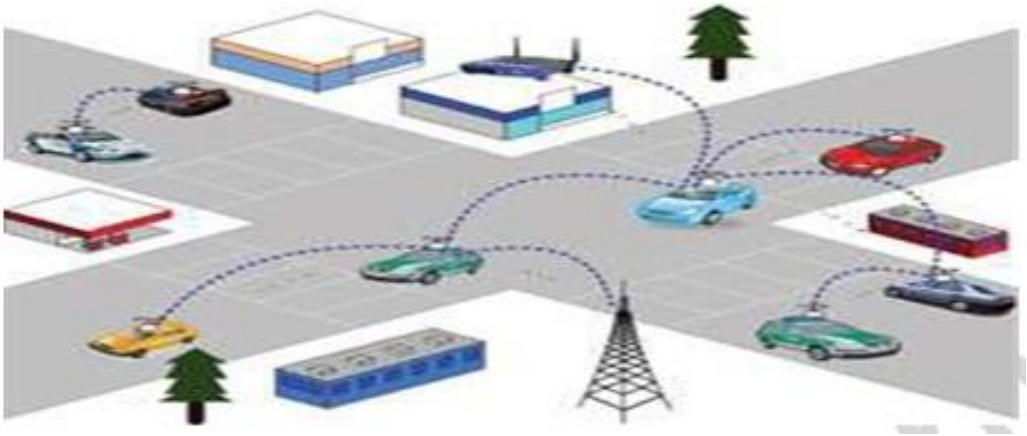
در شبکه‌های اختصاصی، یک شرکت ثالث می‌تواند با نصب تجهیزات ثابت کنار جاده‌ها یا در تقاطع‌ها و ایجاد یک سری ایستگاه‌های سرور و نصب رابط‌ها در خودروها، بین خودروها و دنیای خارج ارتباط برقرار کند (شکل ۲). سیستم VICS در ژاپن نمونه‌ای از این نوع شبکه‌ها است که اطلاعات ترافیکی را از خودروهای مختلف جمع‌آوری کرده و به یک سیستم مرکزی هدایت می‌کند. سیستم مرکزی به صورت هوشمند؛ پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات دریافتی وضعیت ترافیکی جاده‌ها و خیابان‌های مختلف، اطلاعات مورد نیاز سایر راننده‌ها را استخراج کرده و دوباره به ایستگاه‌ها کاری کنار جاده‌ها ارسال می‌کند تا خودروها این اطلاعات را دریافت و برای مسیرهای بعدی خود تصمیم‌گیری کنند. این نوع شبکه‌ها معایب زیادی دارند. هزینه بالای نصب و راه‌اندازی تجهیزات و زیرساخت لازم در تمام جاده‌ها و مراکز اصلی تردد خودروها، تأخیر در ارسال و دریافت اطلاعات و تأخیر در دسترسی به اطلاعات استخراج شده از وضعیت ترافیکی جاده‌ها و الگوریتم‌های هوشمند مربوط به محاسبات، برخی از معایب شبکه‌های خودرویی اختصاصی هستند.



شکل ۲ - شبکه‌های خودرویی اختصاصی [۵]

شبکه‌های بین خودرویی موردی

ایده اولیه شبکه‌های VANET(Vehicular Ad Hoc Network) برای نخستین بار در سال ۱۹۹۸ توسط یک گروه مهندسی به نام Delphi Delco Electronics Systems با همکاری شرکت آی‌بی‌ام مطرح شد. شبکه VANET با استفاده از امواج رادیویی انواع ارتباط‌های خودرو به خودرو (V2V) و خودرو به زیرساخت (V2I) را ایجاد می‌کند. خودروها به صورت کاملاً خود مختار با یکدیگر ارتباط برقرار کرده و یک شبکه غیر ساختارمند بی‌سیم ایجاد می‌کنند."تفاوت اصلی شبکه‌های VANET با شبکه‌های سلولی و اختصاصی این است که هیچ ایستگاه یا نود مرکزی، مدیریت و کنترل شبکه را بر عهده ندارد و شبکه از یک سری خودرو تشکیل شده است."



شکل۳ - نمای کلی از شبکه‌های بین خودرویی موردی (VANET) [۶]

تفاوت اصلی شبکه‌های VANET با شبکه‌های سلولی و اختصاصی این است که هیچ ایستگاه یا نود مرکزی، مدیریت و کنترل شبکه را بر عهده ندارد و شبکه از یک سری خودرو (در اینجا فرض کنید نود شبکه) تشکیل شده که متحرک بوده و جای ثابتی ندارند و هیچ یک نقش روتر یا اکسس پوینت را بازی نمی‌کنند. در حقیقت شبکه‌های VANET یک نوع خاص شبکه‌های MANETs (Mobile Ad hoc Networks)هستند که نودهای آن خودروها خواهند بود. هر خودرو می‌تواند در هر لحظه خودروهای اطرافش را شناسایی کرده و با اتصال به آنها یک شبکه تشکیل داده و ارتباطات لازم را برقرار کند [۷] این خودرو کمی بعدتر با خودروهای جدید اطرافش یک شبکه دیگر ایجاد خواهد کرد. مبنای اصلی شبکه‌های VANET غیر ساختارمند بودن آنها و استفاده از استاندارد 802.11p و DSRC است؛ بنابراین این نوع شبکه‌ها به سرعت می‌توانند تغییر توپولوژی داده و با توجه به این که از نظر مصرف انرژی و منابع محاسباتی مشکلی ندارند، انعطاف‌پذیری زیادی ایجاد کنند. برای نمونه، یک خودرو می‌تواند همزمان به چندین شبکه VANET متصل باشد و اطلاعات لازم را دریافت کند. محدوده‌های جغرافیایی شبکه VANET می‌تواند دایره‌هایی به شعاع حداکثر چند کیلومتر باشد و هر خودرو می‌تواند برای مثال با خودروهای جلویی در فاصله دو یا سه کیلومتر ارتباط برقرار کند.

VANET سه کاربرد اصلی و مشخص دارد:

ایمنی (Safety)، راحتی (Convenience) و کاربرد تجاری (Commercial).

بنابراین یک ویژگی دیگر این نوع شبکه‌ها برد کوتاه آن است. در شبکه‌های VANET می‌توان به ایستگاه‌های مرکزی (BS) یا اینترنت نیز متصل شد و با آنها تبادل اطلاعات کرد، اما مبنای اصلی شبکه، ارتباطات بین خودرویی است. VANET یکی از اجزای اصلی سیستم‌های حمل و نقل هوشمند است و در چند سال اخیر تحقیقات و پژوهش‌های زیادی روی آن انجام شده است و امیدهای فراوانی به آن وجود دارد. علت این اهمیت نیز ارتباط مستقیم این نوع شبکه‌ها با ایمنی خودروها و ترافیک است.

پروتکل مسیریابی AODV[1]

یک پروتکل مسیریابی است که از روش مبتنی بر تقاضا برای پیدا کردن مسیرها استفاده می‌کند، تفاوت اصلی بین این پروتکل و DSR [۲۴] این است که DSR از مسیریابی منبع استفاده می‌کند، ولی AODV از مسیریابی منبع استفاده نمی‌کند، در مقابل در AODV گره مبدأ و گره‌های میانی اطلاعات hop بعدی را مطابق با هر جریان انتقال بسته داده نگهداری می‌کنند. در یک پروتکل مسیریابی reactive گره مبدأ بسته درخواست مسیر (RREQ[2]) را وقتی flood می‌کند که مسیری به مقصد مورد نظر در دسترس نباشد. تفاوت اصلی بین AODV و دیگر پروتکل‌های مسیریابی reactive این است که AODV یک شماره توالی مقصد (DestSeqNum[3]) برای مشخص کردن مسیر به روز به مقصد استفاده می‌کند. یک گره اطلاعات مسیرش را وقتی به روز می‌کند که DestSeqNum بسته جاری دریافت شده بیشتر از آخرین DestSeqNum ذخیره شده در گره باشد.

هر بسته درخواست مسیر شامل نشانگر مبدأ (SrcID[4])، نشانگر مقصد (DestID[5])، شماره توالی مبدأ (SrcSeqNum[6])، شماره توالی مقصد (DestSeqNum)، نشانگر همه پخشی (BcastID[7]) و زمان بقا (TTL[8]) می‌باشد. DestSeqNum تازه‌گی مسیری را مشخص می‌کند که بوسیله مبدأ پذیرفته شده است. وقتی که یک گره میانی یک درخواست مسیر دریافت می‌کند، آن را به جلو می‌فرستد یا اگر یک مسیر معتبر به مقصد داشته باشد، یک پاسخ مسیر آماده می‌کند. اعتبار یک مسیر در گره میانی با مقایسه شماره توالی در گره میانی با شماره توالی مقصد در بسته درخواست مسیر مشخص می‌شود. اگر یک درخواست مسیر چند بار دریافت شود، بوسیله BcastID و SrcID مشخص می‌شود و کپی‌های تکرار شده از بین برده می‌شود. به گره مقصد یا گره های میانی که مسیر معتبر به مقصد دارند، اجازه داده می‌شود بسته‌های پاسخ مسیر (RREP[9]) به مبدأ بفرستند. هر گره میانی که یک درخواست مسیر را هدایت می‌کند، آدرس گره قبلی و BcastID را ثبت می‌کند. یک تایمر برای پاک کردن این ورودی استفاده می‌شود که اگر پاسخ مسیر قبل از اتمام تایمر نرسد، ورودی پاک می‌شود. وقتی که یک گره یک بسته پاسخ مسیر دریافت می‌کند، اطلاعات درباره گره قبلی که بسته را از آن دریافت کرده است، ذخیره می‌کند. در شکل های زیر عملیات انجام

---

1 Ad-hoc On Demand Distance vector

2 Route Request

3 Destination Sequence Number

4 Source Identifier

5 Destination Identifier

6 Source Sequence Number

7 Broadcast Identifier

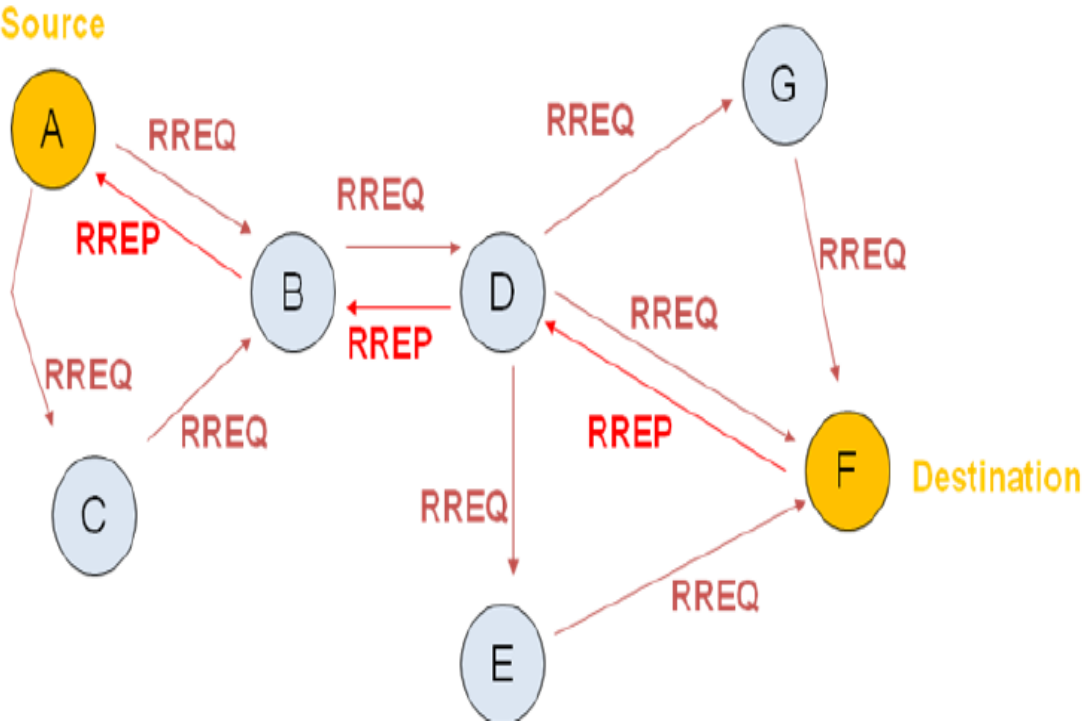
8 Time To Live

9 Route Reply

شده توسط این پروتکل در هنگام کشف مسیر نشان داده شده است که شکل ۳-۱ انتشار بسته درخواست مسیر و مسیر طی شده توسط بسته پاسخ مسیر یعنی مسیر کشف شده توسط پروتکل AODV نشان داده شده است.

مزیت اصلی پروتکل AODV این است که مسیرها به روش reactive ایجاد می‌شود و شماره توالی مقصد برای پیدا کردن آخرین مسیر استفاده می‌شود، به همین دلیل تأخیر تنظیم مسیر کم است. یک عیب پروتکل AODV این است که گره‌های میانی می‌توانند منجر به مسیرهای ناسازگار شوند اگر شماره توالی مبدأ خیلی قدیمی باشد و گره‌های میانی شماره بالاتری دارند اما آخرین شماره توالی مقصد نیست، در نتیجه ورودی کهنه دارند. همچنین بسته‌های پاسخ مسیر در

ین است



مقادیر و پارامترهای مربوط به بسته های RREQ و RREP که شامل آدرس مبدا و مقصد، شماره درخواست در RReq، شماره مسلسل مبدا و مقصد، شمارنده گره و طول عمر بسته می باشد، در شکل3 نشان داده شده است.

علل بوجود آمدن *AODV*

- حداقل سربار کنترلی
- حداقل سربار پردازشی
- قابلیت مسیریابی چندگامی
- نگهداری پویای توپولوژی
- عاری بودن از حلقه

چون منابع در شبکه های موردی سیار کمیاب هستند AODV سعی می کند تا سربار کنترلی را با محدود کردن بروزرسانی های متناوب مسیر و همچنین تنها استفاده از پیغام های میتنی بر تقاضا به حداقل برساند. برای به حداقل

[10] Bandwidth

رساندن سربار پردازشی ، پیغام های AODV ساختار ساده ای دارند و نیاز به محاسبات کمی دارند. در یک شبکه موردی سیار منابع و مقصدها ممکن است در خارج از محدوده ارتباطی مستقیم یکدیگر باشند که این به خاطر محدودیت حوزه ارسال تجهیزات بیسیم است. از اینرو AODV گره ها را قادر می سازد بتوانند از کشف مسیرهای چندگامی به سمت مقصد استفاده کنند و این مسیرها را تا وقتی که توپولوژی شبکه به طور مدام تغییر می کند نگهداری کنند. همچنین در برابر حلقه های مسیریابی به شدت مقابله می کنند چون آنها در هر شبکه ای پرهزینه هستند مخصوصا در یک شبکه بیسیم که ظرفیت سیگنالینگ و توان پردازشی نود محدود است.AODV در هر نود شماره های ترتیبی را برای جلوگیری از حلقه های مسیریابی بکار می برد.

روش پیشنهادی

روش پیشنهادی سعی در کاهش سیل آسای بسته های کنترلی مانند بسته درخواست مسیر و پاسخ درخواست مسیر دارد که با این کار میتوان کیفیت سرویس بویژه سربار کنترلی را در شبکه های سیار موردی بهبود بخشید.

در پروتکل مسیریابی AODV چندین روش برای شناساندن گره های سیار به همدیگر وجود دارد که نمونه های از انها را میتوان پیام های Hello و انتشار محلی بیان کرد. در اینجا ما یک روش مبتنی بر پیام Hello ارائه می دهیم که در زمان تغییر توپولوژی کاربرد دارد. این پیام علاوه بر حمل وضعیت گره های همسایه، ویژِیگی های گره های همسایه را نیز ارسال می کند. در روش ارائه شده گره اطلاعات مربوطه را در جدول مسیریابی اضافه می کند که این کار بعنوان اهداف اصلی روش پیشنهادی به حساب می آید که در زیر توضیحات کامل بیان می شود.

فاز کشف مسیر

پخش بسته های کشف (بسته درخواست مسیر) تنها زمانی که لازم باشد انجام می شود، در این فاز مدیریت ارتباط محلی و نگهداری توپولوژی از همدیگر متمایز می شوند و همچنین یکی از اهداف مهم انتشار اطلاعات مربوط به تغییرات توپولوژی برای گره های همسایه که ممکن است به دنبال اطلاعات باشند در این فاز اتفاق می افتد.

روش اعمال شده دربسته کنترلی درخواست مسیر

تغییرات اعمال شده در بسته کنترلی درخواست مسیر از فازهای زیر تشکیل شده است:

۱. فاز جمع آوری اطلاعات

- هر گره ویژگی های گره های همسایه یک گامی و دوگامی خود را جمع آوری کرده در یک زمان دوره ای تایید می کند.
- گره منبع یا گره میانی اطلاعات جمع آوری شده مربوط به گره همسایه را به مجموعه ای از اطلاعات و یا قوانین تبدیل می کند.

در این فاز نیز همانند فاز کشف مسیر در حالت پایه (استاندارد AODV) بسته کنترلی درخواست مسیر توسط گره مبدا زمانی که نیاز به کشف مسیر باشد ارسال می شود. بسته درخواست مسیر شامل آدرس منبع، آدرس مقصد، شماره توالی منبع، شماره توالی فاصله، آی دی انتشار، تعداد گام می باشد که تمام این مقادیر توسط گره منبع تنظیم می شوند سپس بعد از تنظیم این بسته کنترلی درخواست مسیر به تمام گره های موجود در شبکه ارسال می شود.

تعداد گام	شناسه انتشار	شماره توالی مقصد	شماره توالی منبع	آدرس مقصد	آدرس منبع

ساختار بسته کنترلی درخواست مسیر

۲. فرایند انتخاب در گره مبدا

در این فاز بحث مربوط به فرایند انتخاب در گره مبدا بررسی می شود. در هنگام ارسال بسته از طرف مبدا به سمت گره مقصد، اگر گرهِ هر گره همسایه مقصد باشد بسته کنترلی درخواست مسیر ۱۱(RREQ) به آن گره ارسال می شود و در غیر اینصورت بسته درخواست مسیر به نزدیکترین گره همسایه (یک گامی) ارسال می شود و در آن گره نیز روش گفته شده بررسی می شود این کار تا رسیدن بسته به مقصد ادامه پیدا می کند.

۳. فرایند انتخاب در گره میانی

در این فاز نیز فرایند انتخاب بسته در گره میانی بررسی می شود. هنگام دریافت بسته کنترلی درخواست مسیر توسط گره میانی اگر بسته درخواست مسیر قدیمی باشد یعنی آن بسته کنترلی درخواست با همان مشخصات موجود قبلا توسط گره میانی ذکر شده دریافت شده باشد، بسته حذف خواهد شد و در غیر اینصورت اگر بسته درخواست مسیر جدیدی باشد یعنی برای اولین بار دریافت شده باشد و گره همسایه گره مقصد باشد در آن صورت بسته به گره همسایه ارسال می شود ولی اگر شرایط ذکر شده فراهم نباشد بسته کنترلی درخواست مسیر به گره انتخاب شده ارسال می شود این کار تا زمان رسیدن بسته به مقصد ادامه پیدا می کند تا مسیر مناسب پیدا شود.

٤. مدیریت جدول همسایه

در روش پیشنهادی، یک گره، اطلاعات همسایه یک گامی و دو گامی را برای شناسایی گره های انتخابی نگه داری می کند که این جدول، جدول همسایه نامیده می شود این جدول حاوی اطلاعات زیر است:

۱. گره همسایه
۲. زمان توقف گره
۳. میزان انرژی گره
۴. ترافیک موجود در امتداد مسیر گره
۵. فاصله نسبی گره تا مقصد

فاصله نسبی گره تا مقصد	ترافیک موجود در امتداد مسیر	میزان انرژی گره	زمان توقف گره	گره همسایه

ساختار جدول همسایه روش پیشنهادی

مقادیر بالا ابتدا شناسایی و در جدول همسایه ثبت می شود و همچنین فاصله نسبی، زمانی ارزیابی می شود که بسته درخواست مسیر به گره خاصی رسیده باشد و بعد از آن فاصله نسبی اندازه گیری شده و در جدول همسایه ذخیره می شود. همچنین این جدول همسایه در صورت تغییر توپولوژی شبکه بروز رسانی می شود و اطلاعات جدید را در خود ثبت و نگهداری می کند.

[11] Route request

۵. مدیریت جدول مسیریابی

هر گره در شبکه سیار موردی دارای جدول مسیریابی است که اطلاعاتی را در خود نگهداری می کند این جدول مسیریابی بعد از فاز کشف مسیریابی بروزرسانی می شود و شامل اطلاعاتی از قبیل ادرس مبدا و ... می باشد که در پایین به اطلاعات موجود در جدول مسیریابی پرداخته می شود.

جدول مسیریابی حاوی اطلاعات زیر می باشد:

۱. آدرس مبدا
۲. آدرس مقصد
۳. شماره توالی برای مقصد
۴. ادرس همسایگان فعال برای این مقصد
۵. زمان انقضای ورودی جدول مسیریابی

در جدول مسیریابی هر بار که یک ورودی مسیر برای انتقال بسته داده از طرف گره مبدا به سمت گره مقصد استفاده می شود، زمان انقضای ورودی برابر با زمان فعلی به علاوه مدت زمان استفاده از مسیر فعال قرار داده می شود.

مدت زمان استفاده از مسیر فعال + زمان فعلی = زمان انقضای ورودی

معادله۱- زمان انقضای ورودی جدول مسیریابی در روش پیشنهادی

اگر یک مسیر جدید برای گرهی ارائه شود، شماره توالی مقصد مسیر جدید با شماره توالی مقصد مسیر جاری مقایسه می‌شود هر مسیری که شماره توالی بزرگتری داشته باشد بعنوان مسیر اصلی انتخاب می شود ولی اگر شماره های توالی یکسان باشند، تنها مسیر جدید که دارای متریکهای (فیلدهای موجود در جدول مسیریابی) کوچکتر به مقصد باشد انتخاب می شود.

٦. تنظیم مسیر معکوس و مسیر رو به جلو

همانطور که بسته کنترلی پاسخ درخواست مسیر (RREP)[۱۲] به سمت گره منبع باز می گردد، هر گرهی که در طول مسیر وجود داشته باشد و بسته کنترلی پاسخ درخواست مسیر را دریافت می کند و آن را بروزرسانی می کند و اطلاعات مربوط به ورودی مسیر از گره مبدا به سمت گره مقصد و آخرین شماره توالی مقصد، برای مقصد مورد نیاز را ثبت می کند.

اگر گرهی یک بسته کنترلی پاسخ درخواست مسیر دریافت کند ابتدا آنرا به سمت گره مبدا ارسال می‌کند ولی اگر بسته کنترلی پاسخ درخواست مسیری بیشتری دریافت کند اطلاعات مسیریابی خودش را به روز می کند و فقط بسته های پاسخ درخواست مسیری را که شماره توالی بزرگتری نسبت به شماره توالی مقصد RREP قبلی یا با شماره توالی مقصد RREP قبلی یکسان باشد و یا با شماره توالی مقصد یکسان با تعداد گام کمتر باشد پخش می کند.

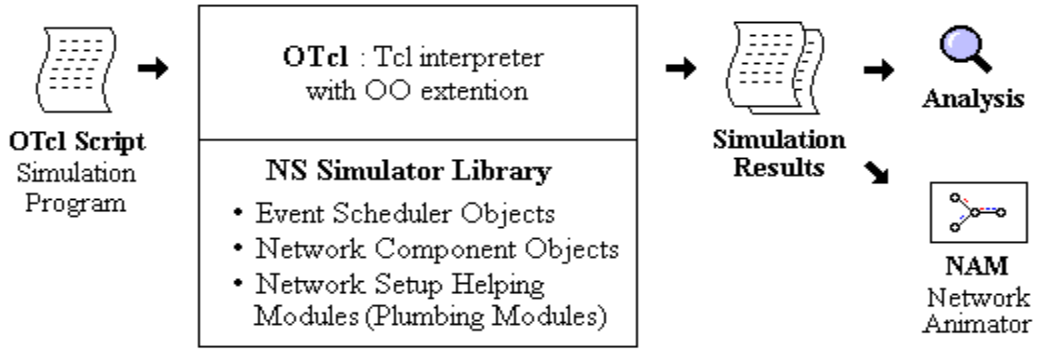
نمای کلی ns

NS یک شبیه ساز رویدادگراست که در دانشگاه برکلی برای شبیه‌سازی شبکه‌های مبتنی بر IP ایجاد گردید. در این شبیه ساز پروتکلهای شبکه از قبیل TCP و UDP، رفتار منابع ترافیک زا مانند Ftp، Telnet و Web، مکانیزم

[12] Route Reply

مدیریت صف در مسیریابها از قبیل DropTail، RED و CBQ، الگوریتمهای مسیریابی مانند Dijkestra و .... قابل اجرا می‌باشند.

همچنین در NS، ارسال چندتایی (Multicast) و برخی از پروتکلهای لایهٔ فیزیکی برای شبیه سازی LAN ها نیز قابل اجرا می‌باشند. پروژهٔ NS در حال حاضر بخشی از پروژهٔ VINT می‌باشد که ابزارهایی را برای نمایش نتایج شبیه سازی، آنالیز و تبدیل توپولوژهای شبکه ایجاد کرده و توسعه می‌دهد. توسعهٔ VINT از طریق تولید کننده‌هایی که بخوبی توانایی بکارگیری NS را دارند. NS رایج کنونی در محیط C++ وOtcl) Otcl) یک زبان اسکریپت با الحاقات شئ گراست که در MIT ایجاد شده است)، نوشته شده و در دسترس می‌باشد. در مورد ساختار NS به صورت مختصری بحث می‌شود اما چگونگی استفادهٔ بیشتر از NS بطور جزئی با مثالهایی توضیح داده خواهد شد.



شکل ۴- NS از دیدگاهی ساده شده برای کاربر [26]

همانگونه که در شکل ۴- نشان داده شده است از دیدگاهی ساده شده برای کاربر، NS مفسر اسکریپت TCL بصورت شئ گراست که دارای یک فهرست کنندهٔ رویدادهای شبیه سازی و کتابخانهٔ Object های اجزاء شبکه و کتابخانه‌های راه‌اندازی و تنظیم شبکه می‌باشد. بعبارت دیگر برای استفاده از NS شما در زبان اسکریپت Otcl برنامه می‌نویسید. برای تنظیم و راه‌اندازی شبکه، کاربر باید اسکریپت Otcl بنویسد که یک فهرست کنندهٔ رویداد (زمانبند) را ایجاد کند، برای تنظیم کردن توپولوژی‌های شبکه از Object های شبکه و توابع موجود در کتابخانه‌ها و بیان منابع ترافیک زا در هنگام شروع و توقف انتقال بسته‌ها از طریق زمانبند رویدادها استفاده می‌شود. لغت عمودی برای تنظیم شبکه استفاده شده است چون تنظیم نمودن شبکه بصورت عمودی (عمقی) امکان مسیرهای داده را از میان Object های شبکه بوسیلهٔ تنظیم اشاره‌گر از یک Object به آدرس Object دیگر، فراهم می‌کند. هنگامیکه یک کاربر بخواهد یک Object شبکهٔ جدید ایجاد کند به سهولت می‌تواند با نوشتن یک Object جدید یا ایجاد یک Object مرکب از کتابخانهٔ Object یک Object جدید ایجاد نماید و جریان داده را از طریق Object ها برقرار سازد.

از اجزاء مهم NS در کنار Object های شبکه زمانبند رویدادهاست. هر رویداد در NS یک ID منحصر بفردی با زمان تنظیم شده برای هر بسته است که به یک Object که رویدادها را موجب می‌شود، اشاره می‌کند. در NS یک زمانبند رویداد، زمان شبیه سازی و شروع همهٔ رویدادها را نگه می‌دارد. اجزاء شبکه از طریق ارسال بسته‌ها با یکدیگر

ارتباط برقرار می‌کنند، هرچند که این امر موجب مصرف زمان حقیقی شبیه سازی نمی‌شود. همهٔ اجزاء شبکه بخشی از زمان شبیه سازی را صرف بکاربردن بسته‌ها می‌کنند.

برای مثال سوئیچی در شبکه که با ۲۰ میکروثانیه تأخیر خروج یک رویداد برای یک بسته شبیه سازی شده‌است، در جدول زمانبندی تأخیر هر رویداد برای آن ۲۰ میکروثانیه تنظیم گردیده، زمانبند بعد از ۲۰ میکروثانیه رویداد را از صف خارج کرده و آنرا به عنصر سوئیچ ارسال می‌کند، که آنهم بعد بسته را یک عنصر مرتبط خروجی مشخص ارسال می‌نماید. استفادهٔ دیگری که از زمانبند رویداد می‌شود بعنوان تایمر است.

برای مثال TCP نیازمند یک تایمر برای نگهداری زمان سرآمدن انتقال بسته‌ها می‌باشد. تنها تفاوت بین تایمرها و زمانبندها، آن است که تایمر مقدار زمان مرتبط با یک بسته را اندازه‌گیری می‌کند و یک عمل خاص را به آن بسته بعد از سپری شدن یک زمان مشخص نسبت می‌دهد.

NS نه تنها در Otcl بلکه در C++ نیز نوشته شده است. بدلیل کارآمد بودن، NS مسیرهای عبوری داده‌ها را از مسیرهای عبوری کنترلی تفکیک ساخته است. بخاطر کاهش دادن بسته‌ها زمان پردازش رویدادها (نه زمان شبیه سازی)، زمانبند و Object های اجزای شبکهٔ اصلی در مسیر داده‌ها با زبان C++ نوشته و کمپایل شده‌اند. این Object های کمپایل شده از طریق یک اتصال Otcl در دسترس مفسر Otcl قرار گرفته‌اند که هر اتصال Otcl یک Otcl Object جفت برای هر C++ Object ایجاد کرده و توابع کنترلی را می‌سازند.

متغیرهای قابل تنظیم مشخص شده با Object های C++ بعنوان توابع و متغیرهای عضو Object های Otcl مخابره شده عمل می‌کنند. بدین طریق کنترل Object های C++ به Otcl واگذار شده است. همچنین افزودن توابع عضو و متغیرها به یک اتصال C++ در Otcl Object امکانپذیر است.

مهمترین پارامترهای مسیریابی

به منظور ارزیابی عملکرد پروتکل های مسیریابی، معیارهای اندازه گیری تعریف شده اند که با بررسی این پارامترها و معیارها میزان پاسخگویی پروتکل به نیازمندی های موردنظر مشخص می گردد که در زیر به مهم ترین این پارامترها اشاره می گردد. [۲۷]

جهت پی بردن به این موضوع که کدامیک از پروتکل های مسیریابی عملکرد بهتری داشته و جوابگوی نیازها و چالش های ما بوده است از یک سری معیارهای اندازه گیری می توان به این اهمیت پی برد. مهم ترین پارامترهایی که یک پروتکل مسیریابی دارد به شرح زیر می باشد.

PDR (Packet Drop Rate)

هنگام انتقال داده ها برخی از اطلاعات به دلیل موانع موجود، نویز، مسیریابی ناکارآمد، توپولوژی شبکه و غیره از بین می‌روند که به عنوان نرخ افت بسته ذکر می شود و از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$\text{Packet Drop Rate (PDR)} = \frac{\text{Total No. Packets Sent} - \text{Total No. of Packets Received}}{\text{Total No. of Packet Sent}}$$

Here Packet Delivery Ratio can be calculated by

$$\text{Packet Delivery Ratio} = \frac{\text{Total No. of Packets Received}}{\text{Total No. of Packet Sent}}$$

Overhead

هر پروتکل، اطلاعات مسیریابی را برای مدیریت انتقال بسته اضافه می کند. افزودن این بسته ها به عنوان یک بار اضافی یا سربار مسیریابی برای انتقال بسته داده در نظر گرفته می شود.

$$\text{Normalized routing load (NRL)} = \frac{\text{No. of Routing Packet Sent}}{\text{No. of Data Packet Sent}}$$

Average End-to-End Delay

میانگین کل زمان انتقال هر بسته از مبدا به مقصد را E2Eیا همان تاخیر انتها به انتها گویند.

$$\text{Avg. E2E Delay} = \frac{\sum_{i=0}^{n} [\text{End Time (t2)} - \text{Start Time (t1)}]}{\text{Total No. of Packets}}$$

توان عملیاتی Thr (Throughput)

توان عملیاتی شبکه جزئیاتی در مورد نرخ داده واقعی شبکه می دهد که از طریق آن می توان ظرفیت شبکه را شناسایی کرد.

$$\text{Throughput (Th)} = \frac{\text{Total Data Sent (Kb)}}{\text{Total Time (S)}}$$

۴-سناریو شبیه سازی

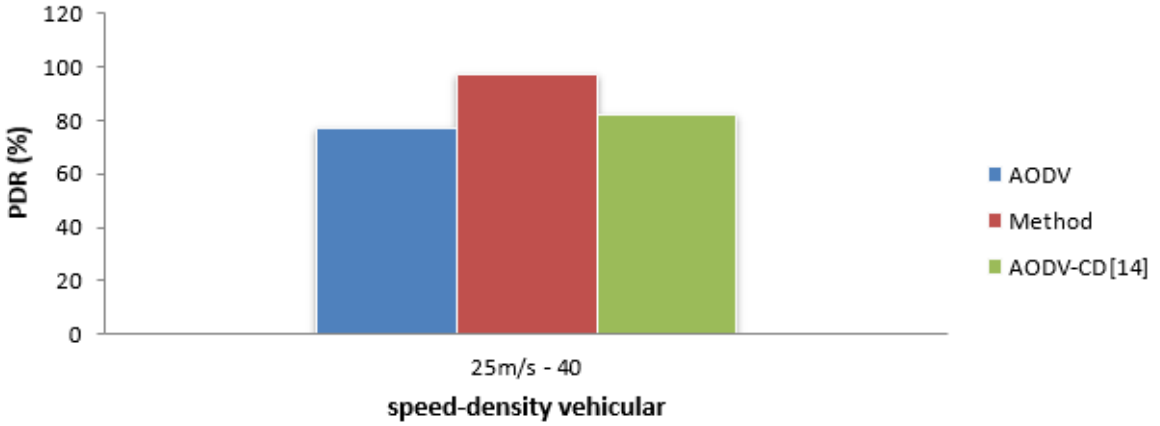
براساس جدول پارامترهای شبکه را تنظیم کرده و نتایج آزمایش را در چهار بخش توان عملیاتی، نرخ تحویل بسته، سربار و تاخیر انتها به انتها ی شبکه آورده‌ایم. در این آزمایش که از نرم افزار NS2 استفاده شده است، تعداد گره ها ۴۰ متغییر در نظر گرفته شده است و زمان شبیه سازی 400 ثانیه می باشد. با توجه به نمودارها به خوبی نتایج قابل درک می باشد و دیده می شود که روش پیشنهادی توانسته است پارامترهای مهم مسیریابی AODV را بهبود ببخشد.

ابتدا در ادامه جزییات شبیه سازی در جدول زیر بطور کامل بیان شده و سپس نمودار های نتایج خروجی پارامترهای ذکر شده نشان داده می شود.

جدول پارامترهای شبیه سازی

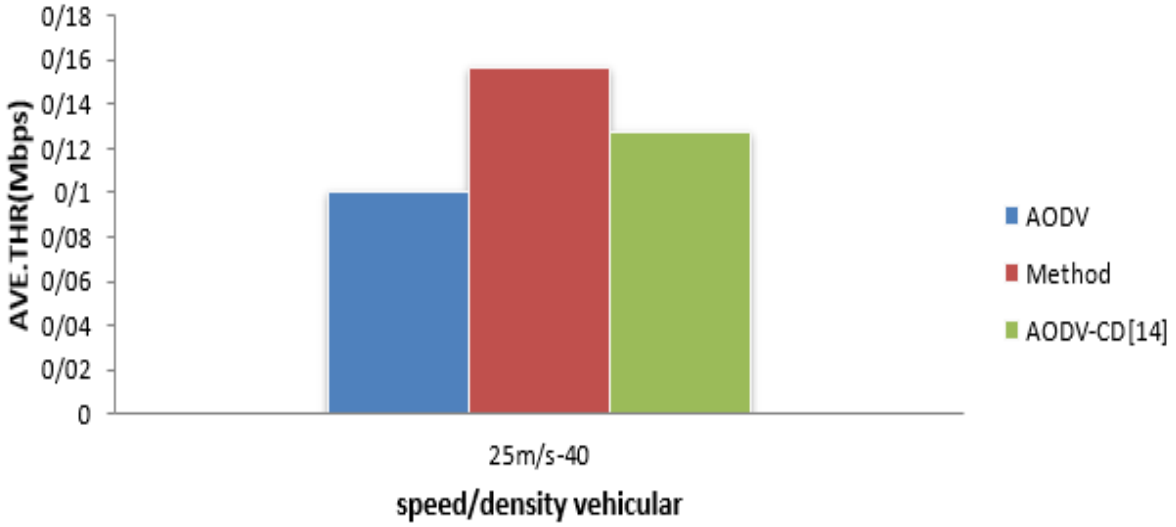
پارامتر	مقدار
ابعاد شبکه	۴۵۰*۴۰۰۰
تعداد گره‌ها	۴۰
پروتکل مسیریابی	AODV
ظرفیت صف واسط	100 packet
نوع صف واسط	DropTail
زمان شبیه سازی	۵۰۰ ثانیه
سرعت حرکت گره ها	5m/s

پارامتر	مقدار
	9m/s 15m/s 20m/s 25m/s
نوع استاندارد MAC	۸۰۲,۱۱



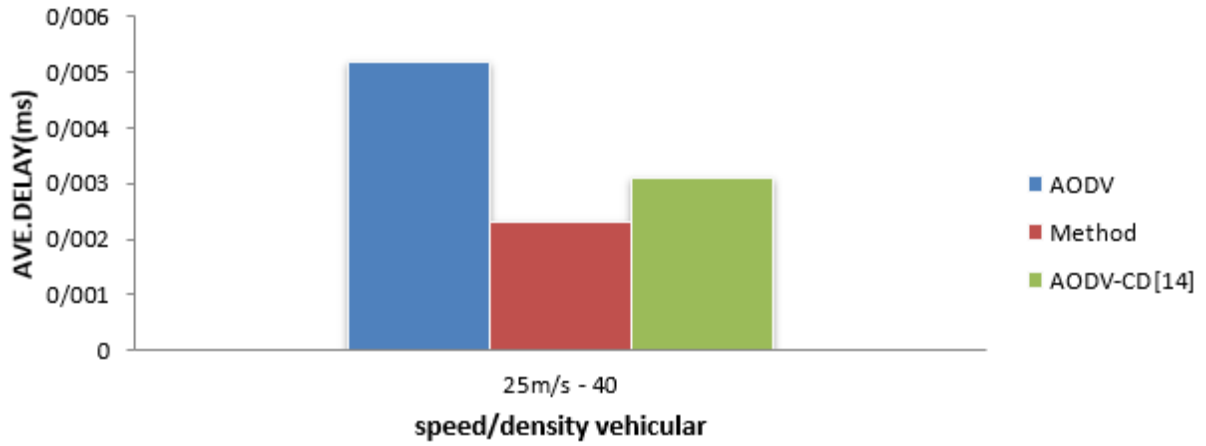
شکل ۵- نمودار نرخ تحویل بسته شبکه نسبت به سرعت گره

نمودار نرخ تحویل بسته شبکه در میان هر دو روش در نمودار ۴-۲ آمده است. نتایج نشان داده که روش پیشنهادی بیشترین نرخ تحویل را داشته است. مسیر یابی مناسب و براساس روش پیشنهادی ذکر شده باعث این افزایش شده است. نتایج این نمودار نشان داده که روش پیشنهادی در کل شبیه سازی، دارای ۹۷,۳۱ درصد نرخ تحویل بوده است.



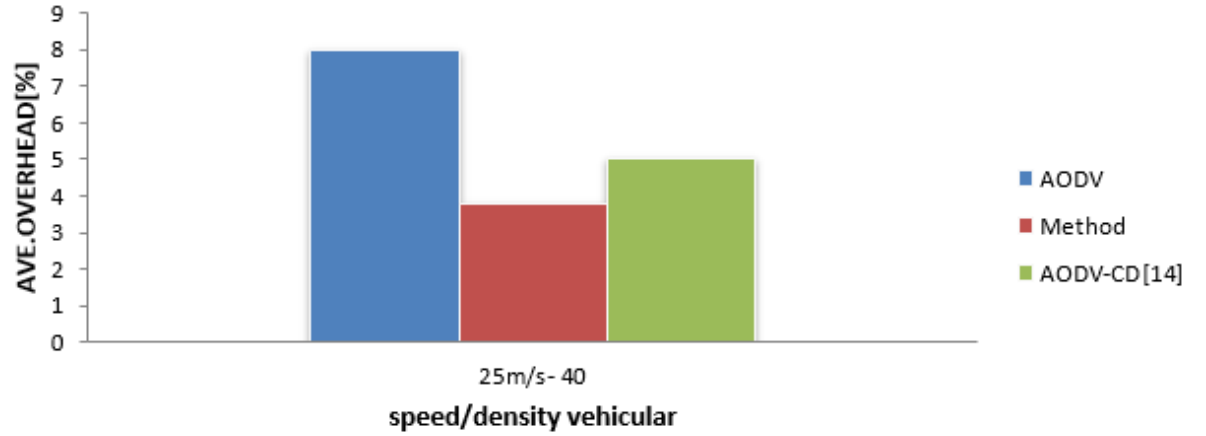
شکل ۶- نمودار توان عملیاتی شبکه نسبت به سرعت گره

نمودار توان عملیاتی در هر دو روش در نمودار بالا آمده است. نتایج نشان داده که روش پیشنهادی کل شبیه سازی با فاصله چشمگیری نسبت به روش پایه دیگر دارای 0.157 Mbps توان عملیاتی شبکه بوده است.



شکل۷- نمودار تاخیر انتها به انتها شبکه نسبت به سرعت گره

نمودار ۷- نمودار میزان تاخیر در هر دو روش در نمودار بالا آمده است. نتایج نشان داده که روش پیشنهادی کل شبیه سازی با فاصله چشمگیری نسبت به روش پایه دیگر دارای 0.0023 ms میزان تاخیر شبکه بوده است.



شکل ۸- نمودار سربارکنترلی شبکه نسبت به سرعت گره

نمودار ۴-۵ نمودار سربار کنترلی در هر دو روش در نمودار بالا آمده است. نتایج نشان داده که روش پیشنهادی نسبت به روش پایه دارای ۳،۸ درصد میزان سربار شبکه بوده است.

نتیجه گیری

در این مقاله پیشنهاد روشی جهت افزایش کارآیی پروتکل مسیریابی در شبکه های بین خودرویی ارایه شده است که در این الگوریتم انتخاب مسیر مناسب با اصلاح بسته درخواست مسیر ممکن می‌شود.

در بین الگوریتم‌های مسیریابی شبکه های بیسیم بعضی الگوریتم‌ها عمل مسیریابی را به‌صورت مبتنی بر تقاضا انجام می-دهند. با توجه به این امر که در شبکه‌های بیسیم بین خودرویی، تمامی اعمال شبکه توسط خود گره‌ها (خودروها) انجام می‌شود، هر گره باید سعی در نگهداری موقعیت خود داشته باشد. کشف مسیری با سطح انرژی کافی که انتقال داده‌ای قابل اطمینانی را انجام دهد، بسیار حائز اهمیت است به عبارت دیگر مسیریابی مناسب گره‌ها یک فاکتور بسیار مهم در شبکه‌های بین خودرویی است. برای بهبود این امر، در این پایان نامه ایده پیشنهادی با اصلاح بسته درخواست را معرفی کردیم. در این الگوریتم براساس ایده‌ی پیشنهادی، برای تمام خودروها موجود یک مسیری انتخاب می‌شود که در موجب کاهش تاخیر و یا افزایش کیفیت مسیر و نرخ تحویل بسته می شود.

در بخش ارزیابی الگوریتم پیشنهادی، نتایج شبیه‌سازی الگوریتم پیشنهادی در نرم افزار NS-2، تشریح شده است. برای این منظور، الگوریتم ارایه شده با الگوریتم پایه AODV مقایسه شده است که نتایج قابل قبولی در زمینه‌ی معیار های ارزیابی به‌دست آمده است.

منابع

1. Ganesh, A., Ayyasamy, S., & Kumar, N. M. (2021). Performance and Analysis of Advanced and Enhanced Security Protocol for Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs). Wireless Personal Communications, 121(4), 3163-3183.
2. Shahwani, H., Shah, S. A., Ashraf, M., Akram, M., Jeong, J. P., & Shin, J. (2021). A comprehensive survey on data dissemination in Vehicular Ad Hoc Networks. Vehicular Communications, 100420
3. Upadhyaya, Ajay. Shah, J.S.. (2019), AODV ROUTING PROTOCOL IMPLEMENTATION IN VANET, International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET),Volume 10, Issue 2
4. Saif, Al-Sultan. Moath, M.Al-Doori. Ali, H Al-Bayatti. Hussien, Zedan. (2013). A comprehensivesurveyonvehicularAdHocnetwork.SoftwareTechnologyResearchLaboratory, DeMontfortUniversity,BedeIslandBuilding,WesternBoulevard,LeicesterLE27EW,UK

۵. رهنمای، مهدی، (۱۳۹۵)، پیاده سازی و کاهش مصرف انرژی در شبکه های vanet، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود

۶. بستانی، مریم، (۱۳۹۳)، شناسایی سوء رفتار در شبکه های خودرویی موردی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گیلان

7. Hossain, M. A., Noor, R. M., Yau, K. L. A., Azzuhri, S. R., Z'Abar, M. R., Ahmedy, I., & Jabbarpour, M. R. (2021). Multi-objective Harris hawks optimization algorithm based 2-Hop routing algorithm for CR-VANET. IEEE Access, 9, 58230-58242
8. Belamri, F., Boulfekhar, S., & Aissani, D. (2021). A survey on QoS routing protocols in Vehicular Ad Hoc Network (VANET). Telecommunication Systems, 78(1), 117-153.
9. https://netsimulate.net/routing-in-adhoc-networks/
10. .Wang, X.-B.; Yang, Y.-L.; An, J.-W. Multi-metric routing decisions in VANET. In Proceedings of the 2009 Eighth IEEE International Conference on Dependable, Autonomic and Secure Computing, Chengdu, China, 12–14 December 2009; pp. 551–556.
11. He, Y.; Xu, W.; Lin, X. A stable routing protocol for highway mobility over vehicular ad-hoc networks. In Proceedings of the 2015 IEEE 81st Vehicular Technology Conference (VTC Spring), Glasgow, UK, 11–14 May 2015; pp. 1–5.

۱۲. فیضی، ع. ستاری – نائینی. کاربرد منطق فازی برای انتخاب مسیر در پروتکل مسیریابی AODV برای شبکه های موردی خودرویی. در مجموعه مقالات بیست و سومین کنفرانس مهندسی برق ایران، تهران، ایران، ۱۰-۱۴ مه: ۲۰۱۵ صص. ۶۸۴-۶۸۷

13. Abedi, O.; Fathy, M.; Taghiloo, J. Enhancing AODV routing protocol using mobility parameters in VANET.In Proceedings of the 2008 IEEE/ACS International Conference on Computer Systems and Applications,Doha, Qatar, 31 March–4 April 2008; pp. 229–235.
14. Nazib, R. A., & Moh, S. (2021). Reinforcement learning-based routing protocols for vehicular ad hoc networks: A comparative survey. IEEE Access, 9, 27552-27587.

15. Gupta A. and Sharma S.,"A Survey on LocationBased Routing Protocols in Mobile Ad-hocNetworks International Journal of ComputerScienceand Information Technologies, Vol. 5 (2),2014, 994-997.
16. Hamdi, M. M., Al-Dosary, O. A. R., Alrawi, O. A. S., Mustafa, A. S., Abood, M. S., & Noori, M. S. (2021, June). An overview of challenges for data dissemination and routing protocols in VANETs. In 2021 3rd International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA) (pp. 1-6). IEEE.
17. Michael Macedonia, Michael Zyda (1997). A taxonomy for networked virtual environment. DOI:10.1109/93.580395
18. Ahamed, A. (2021). Improving Routing Protocols to Enhance Qos in Vanet (Doctoral dissertation, The University of Nebraska-Lincoln).
19. ۱Kazi, A. K., & Khan, S. M. (2021). DyTE: an effective routing protocol for VANET in urban scenarios. Engineering, Technology & Applied Science Research, 11(2), 6979-6985.
20. Alaya, B. (2021). Payoff-based dynamic segment replication and graph classification method with attribute vectors adapted to urban VANET. ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM), 17(3), 1-22.
21. Sarkar, R. R., Chakrabarty, A., & Rahman, M. Z. (2021, September). VANET Routing Protocols in Real-World Mobility Tracing. In 2021 13th International Conference on Computational Intelligence and Communication Networks (CICN) (pp. 96-101). IEEE.
22. Ebadinezhad, S. (2021). Design and Analysis of An Improved AODV Protocol Based on Clustering Approach for Internet of Vehicles (AODV-CD). International Journal of Electronics and Telecommunications, 67
23. Abhijeet R Patil, Ravindra D. Patil, P M Mahajan, Kanchan S Bhagat,.Analysing the Performance of SDN/OpenFlow Controllers in VANET. (2020). International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)
24. Marinov, T., Nenova, M., & Iliev, G. (2021, October). Comparative Analysis of MTP and DSR Protocols in Vehicular ad-hoc Network. In 2021 29th National Conference with International Participation (TELECOM) (pp. 117-120). IEEE.
25. Sauood Yaqoob, Er Jasdeep Sing. (2022). A Study of Developments in the Routing Protocols in the Wireless Ad Hoc Networks (WANET). Ijraset Journal For Research in Applied Science and Engineering Technology. https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.40439
26. Sarkar, Nurul. McHaney, R. W. (2012). Modeling and Simulation of IEEE 802.11 Wireless LANs: A Case Study of a Network Simulator. DOI: 10.4018/978-1-4666-0191-8.ch005
27. Wang, X.-B.; Yang, Y.-L.; An, J.-W. Multi-metric routing decisions in VANET. In Proceedings of the 2009 Eighth IEEE International Conference on Dependable, Autonomic and Secure Computing, Chengdu, China,۱۲ 14 December 2009; pp. 551–556.
28. Deshpande, S. (2021). To simulate AODV, DSR, GRP and OLSR routing protocols of VANET and study the performance indicators using Opnet Modeler 14.5. Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT), 12(12), 3613-3617.
29. Ding, B.; Chen, Z.;Wang, Y.; Yu, H. An improved AODV routing protocol for VANETs. In Proceedings of the ۲۰۱۱ International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP), Nanjing, China,