

مقایسه و ارزیابی پروتکل‌های مسیریابی DSDV و DSR، AODV و مقایسه و ارزیابی پروتکل‌های مسیریابی VANET در شبکه ادهاک خودرویی

محمدعلی نازری، معین سروی، مرتضی رموزی، حمیده بابایی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

۲- دانشگاه تربیت مدرس

۳- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کاشان

۴- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نراق

Email: Nazeri.ce@gmail.com

چکیده

ما در این مقاله پروتکل‌های مسیریابی در شبکه خودرویی ادهاک VANET را معرفی کرده و به بررسی و تحلیل بر اساس پارامترهای گوناگون در این زمینه خواهیم پرداخت. شبکه VANET شبکه‌ای تشکیل شده به صورت موقت و با عمر کوتاه بین خودروها است. در این شبکه خودروها گره‌های درون شبکه هستند. VANET توسط خودروها تشکیل می‌شود پس حرکت گره‌ها با عواملی همچون ساختار جاده، ازدحام ترافیک و قوانین و مقررات راهنمایی و رانندگی محدود هستند. بنابراین VANET از چالش‌های قابل توجهی برخوردار است، لذا طراحی یک پروتکل مسیریابی کارآمد برای VANET بسیار ضروری است. در VANET، دو نوع ارتباط می‌تواند صورت گیرد؛ خودرو به خودرو و خودرو به کنار جاده. بنابراین عملکرد چنین ارتباطی (خودرو به خودرو و خودرو به کنار جاده) بین خودروها بستگی به پروتکل‌های گوناگونی دارد. ما در این مقاله به بررسی عملکرد پروتکل‌های مسیریابی DSDV، AODV و DSR بر اساس شبیه‌سازی‌های ns2 با استفاده از پارامترهایی گوناگون از جمله توان عملیاتی، تأخیر کلی، نرخ تحویل بسته و میزان اختلاف در زمان رسیدن بسته‌ها برای تعداد مختلفی از خودروها خواهیم پرداخت. سپس نتایج را بر اساس پارامترهای ذکر شده بررسی و در نهایت مناسب‌ترین پروتکل برای مسیریابی در شبکه‌های ادهاک خودرویی را بر اساس نتایج به دست آمده معرفی خواهیم کرد.

کلمات کلیدی: شبکه ادهاک خودرویی، پروتکل مسیریابی در شبکه خودرویی، NS2، SUMO، VANET

۱. مقدمه

در زمان کنونی، بسیاری از افراد به‌طور روزانه از خودرو و سایر وسایل نقلیه‌ی خصوصی استفاده می‌کنند. بزرگ‌ترین مشکل در رابطه با استفاده‌ی روزافزون از حمل‌ونقل خصوصی، افزایش تعداد مرگ‌ومیر ناشی از تصادفات در جاده‌ها می‌باشد. بر اساس گزارش موسسه حمل‌ونقل دانشگاه میشیگان^۱، متوسط مرگ‌ومیر ناشی از حوادث رانندگی در جهان به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر ۱۸ نفر است. کشور ایران با ۳۸ کشته به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر جمعیت در سال، در زمره بیشترین دارندگان تلفات جانی در جهان می‌باشد [۱]. به‌طور متوسط در آمریکا سالانه ۳۳۰۰۰ مرگ و ۲۳۰۰۰۰۰ مجروح و بیش از ۸۷۱ میلیارد دلار هزینه به علت تصادفات رانندگی به وقوع می‌پیوندد. این تصادفات، نه تنها از نظر اقتصادی روی اجتماع تأثیر گذاشته بلکه تأثیر روحی و روانی نیز برای مجروحین و بازماندگان قربانیان این اتفاقات را منجر می‌شود. [۲، ۳]. لذا مشخص است که هزینه و خطرات مربوطه، به‌عنوان یک مشکل جدی شناخته در جامعه‌ی مدرن کنونی است. VANET^۲، با استفاده از ارتباطات کوتاه برد اختصاصی (DSRC^۳)، یک ارتباط بیسیم بین خودروهای در حال حرکت فراهم می‌کند. DSRC اساساً IEEE802.11a است که برای عملیات با سربار کم برای 802.11p اصلاح شده است. سپس IEEE

¹ The University of Michigan Transportation Research Institute

² Vehicular Ad-Hoc Network

³ Dedicated Short Range Communications

کل ارتباطات پشته را توسط خانواده‌ی ۱۶۰۹ از استانداردها که به دسترسی بیسیم به محیط‌های خودرویی (WAVE) اشاره دارند استانداردسازی می‌کند. خودرو می‌تواند با ایجاد ارتباط خودرو به خودرو (V2V)، مستقیماً با سایر خودروها ارتباط برقرار کند یا با ایجاد ارتباط خودرو به زیر ساختار (V2I)، با تجهیزات ثابت کنار جاده که واحد کنار جاده‌ای (RSU) نام دارد ارتباط داشته باشد [۴]. این نوع ارتباطات، خودروها را قادر می‌سازند انواع مختلف اطلاعات را به اشتراک بگذارند، مثل اطلاعات ایمنی به منظور پیشگیری از تصادف، بررسی پس از تصادف یا ترافیک. نوع دیگری از اطلاعات مثل اطلاعات مربوط به مسافر را هم می‌توان منتشر کرد که در زمره‌ی اطلاعات غیر ایمنی قرار می‌گیرند. هدف از توزیع و به اشتراک‌گذاری این اطلاعات این است که یک پیام ایمنی ارائه کنیم تا در مورد خطرات پیش‌بینی شده به رانندگان هشدار داده و تعداد تصادفات کاهش یابد و زندگی مردم را نجات دهد، یا سفر دلپذیری برای مسافران فراهم شود.

این حوزه، محققین را از حوزه‌های مختلف به خود جلب کرده تا ابزارهای شبیه‌سازی، پروتکل‌ها و برنامه‌های کاربردی VANET را توسعه دهند. محققین و توسعه‌دهندگان با چالش‌های مختلفی مواجه می‌شوند. در این مقاله ما سعی داریم عملکرد پروتکل‌های مسیریابی همچون AODV، DSR و DSDV را با توجه به پارامترهای گوناگونی مانند توان عملیاتی^۳، تأخیر کلی^۴، نرخ تحویل بسته^۵ و میزان اختلاف در زمان رسیدن بسته‌ها (Jitter) برای تعداد مختلف خودروها و... تحلیل نماییم. عملکرد پروتکل پیشنهاد شده با استفاده از شبیه‌سازی ns2^۶ و sumo^۷ انجام شده است. مقاله در پنج بخش تنظیم شده است. در بخش بعدی پروتکل‌های مسیریابی VANET را معرفی و به تشریح پروتکل‌های AODV، DSR و DSDV خواهیم پرداخت. در بخش ۳ درباره روش تحقیق و معیارهای اجرا شده در آزمایش بحث می‌کنیم. در بخش ۴ چگونگی شبیه‌سازی را شرح داده و سپس در بخش ۵ نتایج بررسی انجام شده را ارائه نموده و در نهایت بخش پایانی مقاله خود را به نتیجه‌گیری از مقایسه‌های به دست آمده اختصاص خواهیم داد.

۲. پروتکل‌های مسیریابی

VANET‌ها دسته خاصی از شبکه‌های ادهاک^۸ در یک ناحیه خاص هستند. تفاوت اصلی بین VANET و MANET^۹ الگوی سیار سیار ویژه و توپولوژی سریعاً متغیر آن است. پروتکل‌های مسیریابی ادهاک عادی مورد استفاده ابتدا در MANET‌ها مورد آزمایش قرار می‌گیرند و سپس برای استفاده در محیط VANET ارزیابی می‌شوند. یک پروتکل مسیریابی، با روش برقراری ارتباط میان اجزا و اشیای مختلف برای تبادل اطلاعات مطلوب در مقدار قابل توجهی از زمان نظارت می‌کند. شکل ۱ سلسله‌مراتب پروتکل‌های مسیریابی VANET را ترسیم می‌کند که می‌توانیم در مقیاس کلی، به موارد زیر دسته‌بندی کنیم [۵]:

- پروتکل مسیریابی بر پایه مکان (جغرافیایی)^{۱۰}
- پروتکل مسیریابی بر پایه توپولوژی^{۱۱}
- پروتکل مسیریابی بر پایه پخش^{۱۲}
- پروتکل مسیریابی بر پایه کلاستریک (خوشه‌ای)^{۱۳}
- پروتکل مسیریابی بر پایه پخش جغرافیایی^{۱۴}

¹ Vehicle to vehicle

² Vehicle to RSU (Road Side Unit)

³ Throughput

⁴ End to end delay

⁵ Packet delivery ratio

⁶ isi.edu/nsnam/ns/

⁷ sumo.dlr.de

⁸ ad-hoc Network

⁹ Mobile Adhoc Network

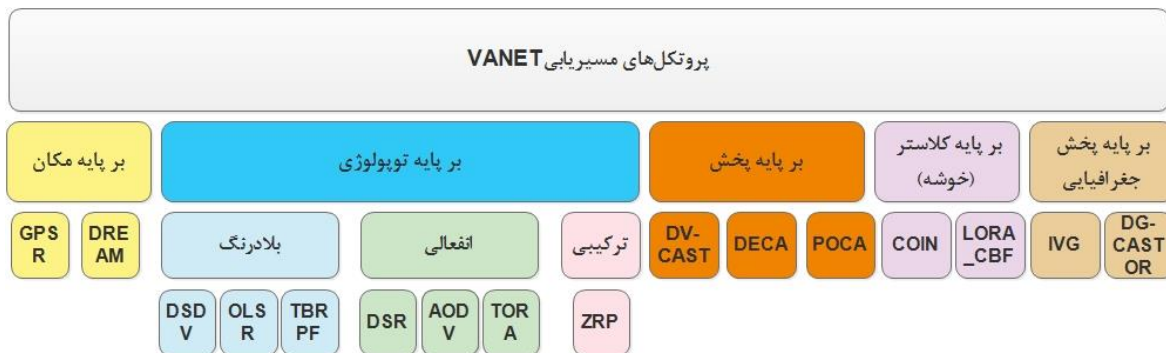
¹⁰ Position(geographic) Based Routing Protocol

¹¹ Topology Based Routing Protocol

¹² Broadcast Based Routing Protocol

¹³ Cluster Based Routing Protocol

¹⁴ Geocast Based Routing Protocol



شکل ۱- سلسله مراتب پروتکل‌های مسیریابی در شبکه ادهاک خودرویی VANET

در این مقاله تنها به بررسی پروتکل مسیریابی بر اساس توپولوژی DSDV، AODV و DSR خواهیم پرداخت.

۱-۲- پروتکل مسیریابی DSDV^۱

DSDV به بردار فاصله توالی مقصد گفته می‌شود و یک پروتکل مسیریابی بلادرنگ^۲ است که در آن هر گره جدولی از اطلاعات را در حضور هر گره دیگر در شبکه حفظ می‌کند [۶]. این پروتکل هر زمان که تغییری در شبکه ایجاد شود، جدول را به صورت دوره‌ای به‌روزرسانی می‌کند. اگر هر تغییری در شبکه رخ دهد، به تمامی گره‌های دیگر شبکه اطلاع‌رسانی می‌شود.

۲-۲- پروتکل مسیریابی AODV^۳

AODV به بردار فاصله تک منظوره به هنگام تقاضا گفته می‌شود و یک پروتکل مسیریابی انفعالی^۴ است که هنگامی که تقاضا برای انتقال داده‌ها رخ می‌دهد، مسیری به یک مقصد برقرار می‌سازد [۷]. این پروتکل دارای حلقه نیست. پروتکل مسیریابی AODV از تعداد ثابتی جفت پیام <RREQ, RREP> برای یافتن مسیر استفاده می‌کند. AODV به جای اطلاع‌رسانی به تمام گره‌های موجود در شبکه، تنها گره‌های مجاور مرتبط را به‌روزرسانی می‌کند.

۳-۲- پروتکل مسیریابی DSR^۵

DSR به مسیریابی منابع پویا گفته می‌شود و مانند AODV یک پروتکل مسیریابی انفعالی است. DSR به حفظ منبع مسیریابی که در آن هر گره همسایه در DSR مسیر کل شبکه را از مبدأ تا مقصد حفظ می‌کند، کمک می‌نماید [۸].

۳- روش تحقیق و معیارهای عملکرد مورد استفاده

۳-۱- روش تحقیق

NS2، SUMO، MOVE سه ابزاری هستند که ما برای ایجاد مدل واقع‌گرایانه‌ی سیار، پارامتر شبیه‌سازی و معیارهای عملکرد مورد استفاده قرار داده‌ایم.

- NS2: NS2 به شبیه‌سازی شبکه (نسخه ۲) که در UC Berkeley توسعه یافته است گفته می‌شود و یک شبیه‌ساز بر اساس رویداد است و از آن برای شبیه‌سازی پروتکل‌های مسیریابی و کمک به شبیه‌سازی رفتار متناظر آن‌ها استفاده می‌نماییم. NS2 یک شبیه‌ساز با زبان برنامه‌نویسی شیء‌گرا است که کد آن یا به زبان ++C یا OCTL نوشته شده است

¹ Destination Sequence Distance Vector

² Proactive

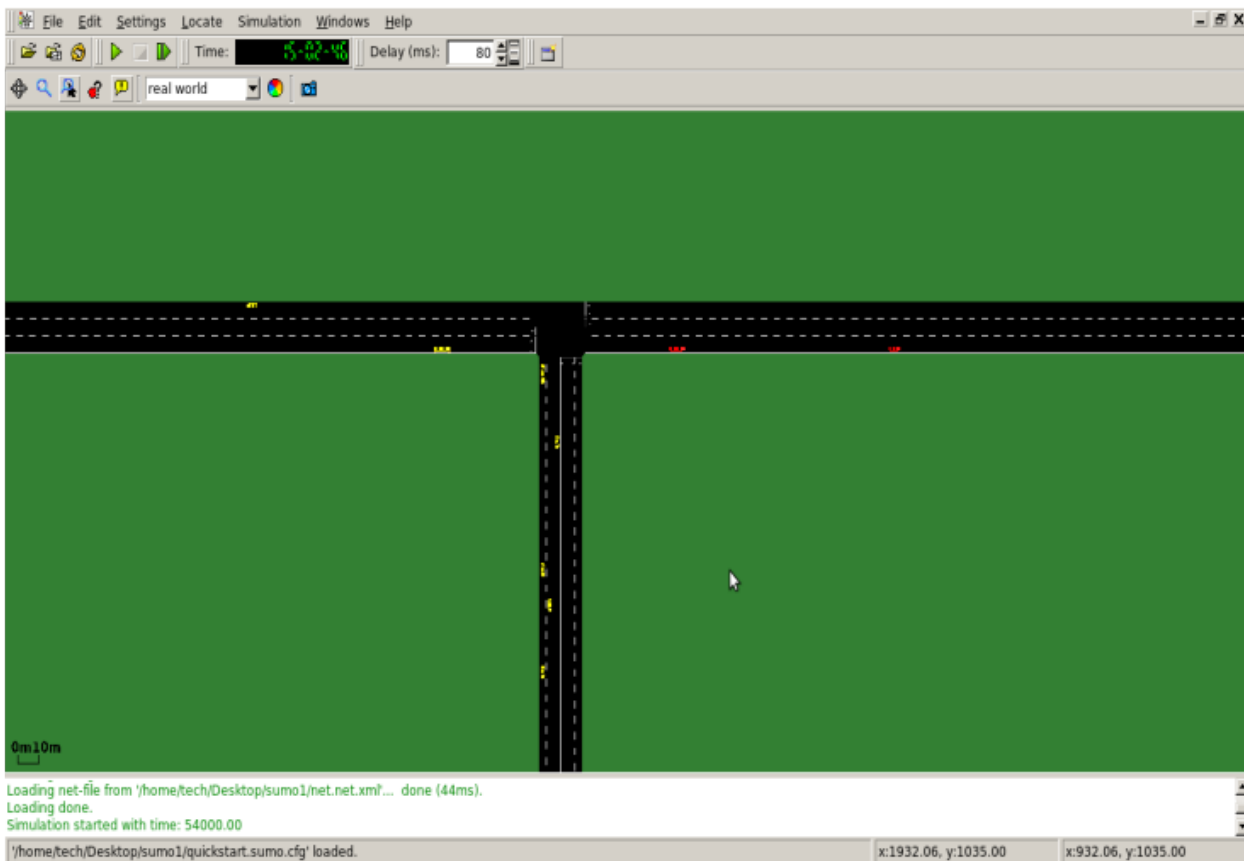
³ Ad hoc on Demand Distance Vector

⁴ Reactive

⁵ Dynamic Source Routing

و از یک فایل جداگانه که با مترجم OCTL اجرا می‌شود، تشکیل شده است، بنابراین فایل خروجی را برای NAM (Network Animator) ایجاد می‌کند [۹]. سپس گره‌ها را در مکانی که توسط کد تعریف شده است رسم می‌کند و خروجی ارتباط گره‌ها با یکدیگر را نمایش می‌دهد. NS2 از دو ابزار تشکیل شده است؛ شبیه‌ساز شبکه (NS) که شامل تمامی پروتکل‌های رایج IP است و انیماتور شبکه (NAM) که برای ترسیم بصری شبیه‌سازی استفاده می‌شود.

- SUMO: SUMO به شبیه‌سازی سیار شهری گفته می‌شود و یک بسته شبیه‌سازی ترافیک جاده‌ای متن‌باز، قابل انتقال و پر جزئیات است که به طراحی و مدیریت شبکه‌های بزرگ جاده‌ای کمک می‌کند. SUMO تحت لیسانس GPL است. SUMO به‌طور عمده توسط ITS (موسسه سیستم حمل‌ونقل) در مرکز هوافضای آلمان توسط کارمندان توسعه‌یافته است. SUMO به کاربران اجازه می‌دهد تا یک توپولوژی جاده اختصاصی بسازند و همچنین می‌توان نقشه‌های آماده از شهرک و شهرهای جهان را در آن وارد کرد [۱۰].



شکل ۲- تصویرسازی SUMO (حرکت خودروها)

- MOVE: MOVE به مدل‌ساز حرکت برای شبکه‌های خودرویی گفته می‌شود [۱۱]. این ابزار برای ایجاد مدل‌های واقع‌گرایانه حرکت برای شبیه‌سازی‌های VANET استفاده می‌شود. در VANET لازم است که مدل حرکت دنیای واقعی را ارائه نمود تا نتایج حاصل شده از شبیه‌سازی به‌درستی دنیای واقعی را منعکس نماید. در حال حاضر MOVE در Java پیاده‌سازی شده است و با یک شبیه‌ساز متن‌باز پر جزئیات ترافیک یعنی SUMO ساخته می‌شود. با فراهم آوردن رابط‌های کاربری گرافیکی که ایجاد دستورهای شبیه‌سازی را خودکار می‌سازند، MOVE به کاربر اجازه می‌دهد تا بدون دغدغه‌ی نوشتن دستورهای شبیه‌سازی و یادگیری جزئیات داخلی شبیه‌ساز، به‌سرعت سناریوهای واقع‌گرایانه ایجاد کند. خروجی MOVE یک فایل ردیابی حرکت است که شامل اطلاعاتی درباره حرکت واقع‌گرایانه خودرو است که می‌تواند به سرعت توسط ابزارهای شبیه‌سازی رایج همچون ns-2 مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۲- معیارهای عملکرد

معیارهای عملکرد مختلفی برای بررسی پروتکل‌های مسیریابی در محیط‌های گوناگون شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرند. ما در مطالعه‌مان، توان عملیاتی، تأخیر کلی، نرخ تحویل بسته و میزان اختلاف در زمان رسیدن بسته‌ها (Jitter) را برای تعداد مختلفی از خودروها برای بررسی عملکرد پروتکل‌های مسیریابی VANET در مقابل یکدیگر انتخاب کرده‌ایم. دلیل انتخاب این معیارها، بررسی عملکرد پروتکل‌های مسیریابی در محیط به شدت سیار VANET است. علاوه بر این، این معیارها برای بررسی مؤثر بودن پروتکل‌های مسیریابی VANET استفاده شده تا نشان دهد پروتکل بسته‌ها را با چه کیفیتی تحویل می‌دهد و الگوریتم پروتکل مسیریابی با چه کیفیتی برای کشف مسیر به مقصد عمل می‌کند. معیارهای منتخب برای ارزیابی پروتکل‌ها به شرح زیر هستند:

- نرخ تحویل بسته

این معیار با تعداد بسته‌های داده که با موفقیت به مقصد رسیده‌اند تقسیم بر تعداد بسته‌های داده که توسط منابع ارسال شده‌اند تعریف می‌شود.

- توان عملیاتی

توان عملیاتی به عنوان میانگین تعداد بسته‌های داده تحویل داده شده در یک شبکه ارتباطی تعریف می‌شود. به بیانی دیگر، توان عملیاتی تعداد کل بسته‌های دریافت شده در مقصد از میان تمام بسته‌های مخابره شده را شرح می‌دهد. توان عملیاتی با بسته‌های داده در هر ثانیه یا بایت/ثانیه تعریف می‌شود. نتیجه شبیه‌سازی، کل بسته‌های دریافتی در مقصد را با واحد کیلو بایت بر ثانیه نشان می‌دهد.

- میانگین تأخیر کلی (تاخیر E2E)

میانگین تأخیر کلی به عنوان محاسبه کل زمانی که بسته از منبع خارج شده و به مقصد می‌رسد تعریف می‌شود. به بیانی دیگر، تمام تأخیرهای بالقوه همچون کشف مسیر، پردازش‌های میانگیری (buffering)، صف‌بندی‌های گوناگون بین بخش‌ها و... طی کل زمان مخابره‌ی بسته را پوشش می‌دهد. برای این معیار، هر چه زمان کاهش یابد، آن پروتکل مسیریابی برتری دارد.

- میزان اختلاف در زمان رسیدن بسته‌ها (Jitter)

Jitter به عنوان اختلاف بین زمان مورد انتظار برای رسیدن بسته و زمان واقعی رسیدن آن تعریف می‌شود. Jitter به عنوان متوسط انحراف بسته‌ها از مبدا تا مقصد برای تعداد خودروها تعریف می‌شود. Jitter در درجه اول با تأخیرها و ازدحام در شبکه بسته ایجاد می‌شود.

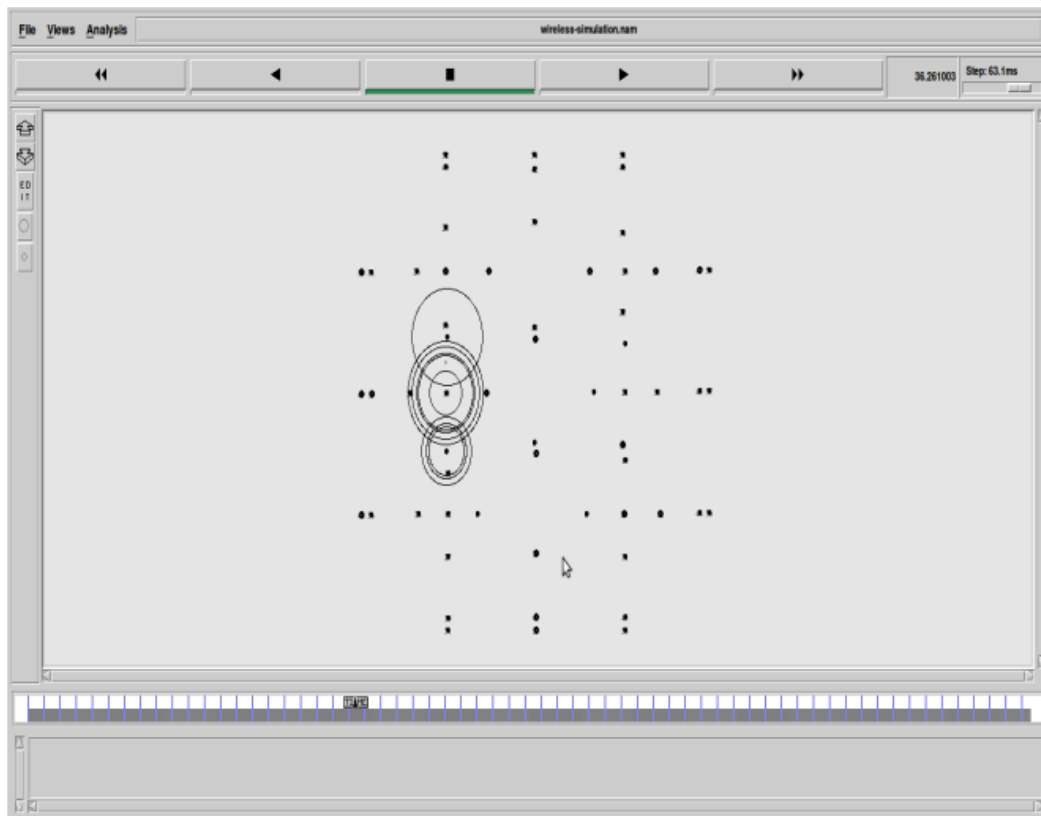
۴- برپایی شبیه سازی

در جدول ۱ پارامترهای پیکربندی برای شبیه‌سازی داده شده‌اند:

جدول ۱ - پارامترهای پیکربندی برای شبیه‌سازی

شبیه‌ساز	NS 2.34
مدل آنتن	آنتن / آنتن همه جهته
مدل انتشار رادیویی	انتشار / TwoRayGround
نوع مک (MAC)	IEEE 802.11
نوع رابط صف‌بندی	صف‌بندی / PriQueue/DropTail
پروتکل‌های مسیریابی	AODV و DSR, DSDV
تعداد خودروها	۶۰ - ۵۰ - ۲۴ - ۱۲
نوع رابط N/W	Phy /Phy بی‌سیم
نوع ترافیک	CBR

هنگامی که حرکت خودروها در یک نقشه جاده‌ی خاص رخ می‌دهد اکثراً MOVE برای شبیه‌سازی استفاده می‌شود. به همین دلیل ما نیز در مقاله‌مان شبیه‌سازی را با استفاده از MOVE انجام داده‌ایم و در آخرین گام فایل (.tcl) به نام (NS2.tcl) را دریافت کرده‌ایم که برای تحلیل‌های بعدی استفاده شده است. بنابراین می‌توانیم کدهای NS2 را با استفاده از برنامه‌های اجرای دستوره‌های NS2 اجرا کنیم. در نهایت NAM (انیماتور شبکه) را از منوی اصلی فرا می‌خوانیم و حرکت واقعی خودروها را در NAM به تصویر می‌کشیم.

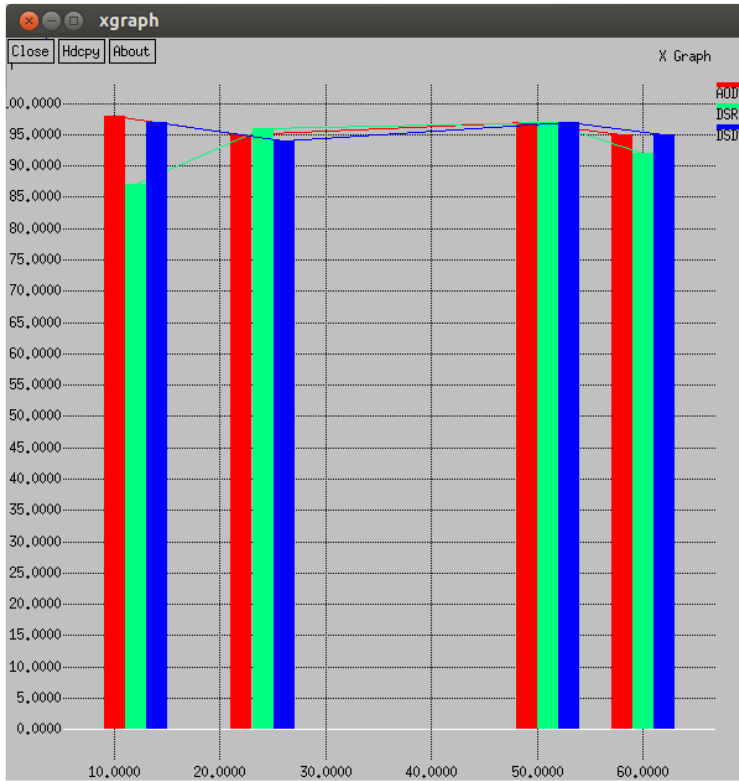


شکل ۳ - تجسم NAM (حرکت خودروها و همچنین ارتباط خودرو به خودرو را نمایش می‌دهد).

۵- نتایج و تحلیل‌ها

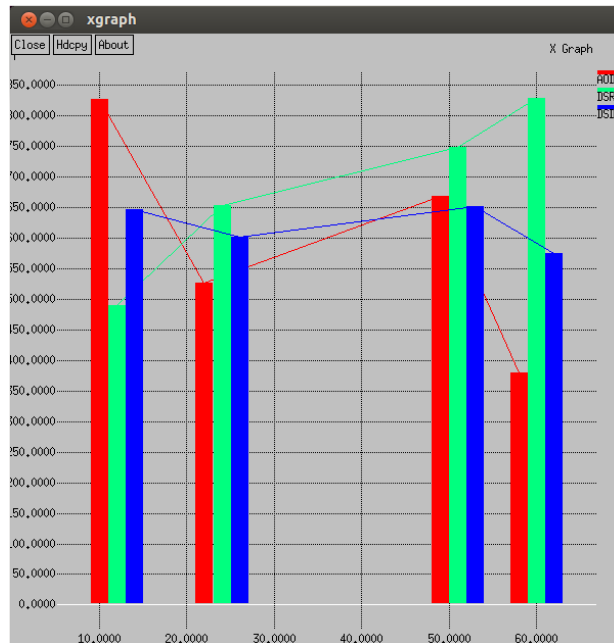
جهت ارزیابی معیارهای عملکرد برای هر مورد، شبیه‌سازی‌های مختلفی انجام شده و سپس مقادیر میانگین برای رسم نمودارها مورد استفاده قرار گرفته است. اولین معیار که رسم شده است برای نرخ تحویل بسته در برابر تعداد خودروها است. در این معیار بسته‌های داده‌ای که با موفقیت به مقصد رسیده‌اند تقسیم بر تعداد بسته‌های داده‌ای را که توسط مبدأهای مختلف ارسال شده‌اند برای پروتکل‌های مسیریابی مختلف مشاهده می‌کنیم.

۵-۱- نرخ تحویل بسته



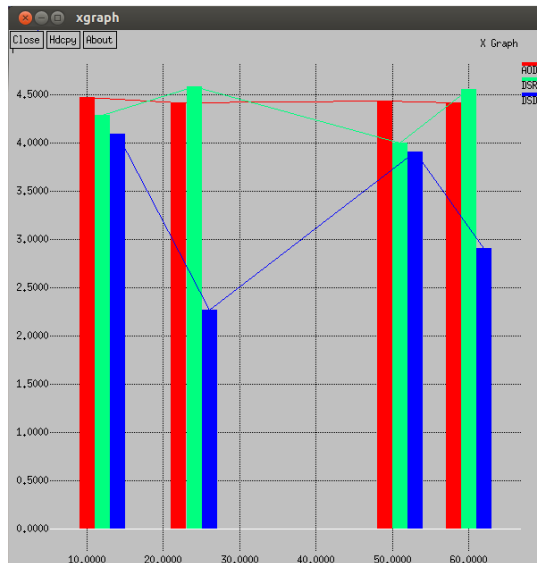
شکل ۴- نرخ تحویل بسته در برابر تعداد خودروها

۵-۲- توان عملیاتی



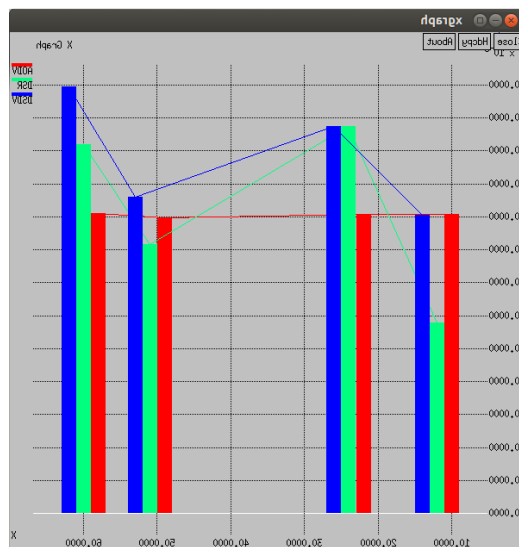
شکل ۵- توان عملیاتی تجمعی در برابر تعداد مختلف خودروها

۵-۳- میانگین تأخیر کلی



شکل ۶- میانگین تأخیر کلی در برابر تعداد خودروها

۵-۴- میزان اختلاف در زمان رسیدن بسته‌ها (Jitter)



شکل ۷- میزان اختلاف در زمان رسیدن بسته‌ها (Jitter) در برابر تعداد خودروها

۶. نتیجه‌گیری

هدف اصلی این مقاله تحلیل پروتکل‌های مسیریابی بر اساس توپولوژی و ارزیابی این پروتکل‌های مسیریابی با پارامترهای مختلف در VANET است. در VANET به دلیل تحرک زیاد گره‌ها، مسیر شبکه مداوم تغییر می‌کند و وابسته به زیرساخت جاده شهری است. پس ضروری است تا نقشه‌ی جاده را واقع‌گرایانه و مشخص در نظر گرفت. در این مقاله از MOVE در کنار SUMO و NS2 برای شبیه‌سازی پروتکل‌های مسیریابی AODV، DSDV و DSR با مدل حرکت واقع‌گرایانه استفاده کردیم.

در این مطالعه تنها بر پروتکل‌های بر اساس توپولوژی تمرکز نمودیم. بررسی کرده‌ایم که چگونه پروتکل‌های مسیریابی بر اساس توپولوژی مختلف در مقابل ماهیت سیار VANET دچار ضعف هستند. از نتایج این مطالعه دریافته‌ایم که AODV در مقایسه با DSR و DSDV از نرخ تحویل بسته‌ی بهتری برخوردار است در حالی که DSR تأخیر کلی کمتری دارد. در حالی که DSR از توان عملیاتی تجمعی بالایی برای تعداد متخلف خودرو برخوردار است، پروتکل مسیریابی DSDV دارای حداکثر میزان اختلاف در زمان رسیدن بسته‌ها (Jitter) برای تعداد مختلف خودروها در مقابل دیگر پروتکل‌های مسیریابی است.

در آینده، می‌توان برای تعداد بیشتری از گره‌ها (خودروها) شبیه‌سازی و تحلیل را انجام داد.

مراجع

1. Sivak, M., *Mortality from road crashes in 193 countries: a comparison with other leading causes of death*. 2014, Transportation Research Institute.
2. Abid, H., et al. *V-Cloud: vehicular cyber-physical systems and cloud computing*. in *Proceedings of the 4th International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies*. 2011. ACM.
3. ITS_America_Statement, *ITS America Statement on U.S. DOT Advance Notice of Proposed Rulemaking on Vehicle-to-Vehicle Communication Technology*. 2014.
4. Olariu, S., I. Khalil, and M. Abuelela, *Taking VANET to the clouds*. *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, 2011. 7(1): p. 7-21.
5. Tufail, R.M., *Review of Routing Protocols in VANETs*. 2016.
6. Sutariya, D. and S. Pradhan. *Evaluation of routing protocols for Vanets in city scenarios*. in *Emerging Trends in Networks and Computer Communications (ETNCC), 2011 International Conference on*. 2011. IEEE.
7. Perkins, C., E. Belding-Royer, and S. Das, *Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing*. 2003.
8. Johnson, D.B., *The dynamic source routing protocol for mobile ad hoc networks*. draft-ietf-manet-dsr-09. txt, 2003.
9. Mahajan, S.S., et al., *Delay Analysis of AODV Routing Protocol*. *IJRCCT*, 2016. 5(4): p. 200-203.
10. Santana, S.R., J.J. Sanchez-Medina, and E. Rubio-Royo. *How to Simulate Traffic with SUMO*. in *International Conference on Computer Aided Systems Theory*. 2015. Springer.
11. Harri, J., F. Filali, and C. Bonnet, *Mobility models for vehicular ad hoc networks: a survey and taxonomy*. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2009. 11(4): p. 19-41.