Archive of SID.ir

فصلنامه علمی پژوهشنامه حمل و نقل، سال بیست و یکم، دوره اول، شماره ۷۸، بهار ۱۴۰۳

بهبود پروتکل مسیریابی در شبکه‌های موردی بین خودرویی براساس چگالی و تحرک خودروها

مقاله علمی – پژوهشی

عادل ابراهیمی، گروه برق و کامپیوتر، واحد مبارکه، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
کیوان محبی*، گروه کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: k.mohebbi@khuisf.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۵– پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۵
صفحه ۳۵۴-۳۳۹

چکیده

شبکه‌های موردی خودرویی، نوع خاصی از شبکه‌های اقتضائی سیار محسوب می‌شوند. مهم‌ترین چالش‌های مرتبط با مسیریابی در این شبکه‌ها عبارت‌اند از: کاهش سربار شبکه، اجتناب از بروز ازدحام و افزایش نرخ تحویل بسته. در شبکه‌های خودرویی، انتشار و ارسال به‌موقع پیام‌های هشدار، نظیر پیام‌های پیشگیری از تصادف و وارد آمدن خسارت، پیام‌های کنترل ازدحام و پیام‌های مرتبط با شرایط جاده به وسایل نقلیهٔ در معرض خطر، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این مقاله، روش جدیدی با نام VMDR-VANET برای بهبود مسیریابی در شبکه‌های موردی خودرویی ارائه شده است. این روش با ارسال پیام آگاهی‌دهنده به خودروهای همسایه و در نظر گرفتن معیارهای فاصله، سرعت، تأخیر و چگالی آنها، خودروی مناسب را برای ارسال بسته به مقصد انتخاب می‌کند. بعلاوه، هم برای مسیرهای مستقیم و هم جهت پیش‌بینی حرکت خودرو در تقاطع‌ها قابل استفاده است. نتایج شبیه‌سازی VMDR-VANET نشان‌دهندهٔ عملکرد مناسب این روش بوده و در ارزیابی‌ها، به‌طور میانگین، معیار نرخ تحویل بسته ۶۲ درصد، تأخیر انتها به انتها ۴۵ درصد، تعداد گام ۲۵ درصد و سربار مسیریابی ۳۰ درصد نسبت به روش‌های مشابه، بهبود داشته است.

واژه‌های کلیدی: شبکهٔ موردی خودرویی VANET، مسیریابی، چگالی و تحرک خودروها، کاهش تأخیر، مسیر مستقیم و تقاطع

۱- مقدمه

شبکهٔ موردی خودرویی (VANET[1])، شکلی از شبکه‌های موردی سیار است که در آن خودروها با یکدیگر و با تجهیزات ثابت اطراف کنار جاده، ارتباط برقرار می‌کنند (Cooper et al., 2016). در یک شبکهٔ موردی خودرویی، خودروها به‌صورت تصادفی در امتداد جاده‌ها جابه‌جا می‌شوند و با خودروهای دیگر در محدودهٔ رادیویی خود، تبادل اطلاعات انجام می‌دهند و همچنین دارای مشخصات منحصربه‌فردی از جمله سرعت بالا و تغییرات زیاد توپولوژی هستند؛ بنابراین طراحی ساز و کار مسیریابی مناسب و ارسال به‌موقع پیام برای جلوگیری از ازدحام و تصادف در این نوع شبکه‌ها ضروری است (Mantas et al., 2017). هدف اصلی سامانه‌های بین خودرویی، ایجاد امنیت و راحتی برای رانندگان و مسافران است. در این راستا تلاش‌های زیادی صورت گرفته تا از تصادف‌ها جلوگیری و وضعیت ترافیک بهتر شود. در شبکه‌های موردی بین خودرویی هر خودرو مجهز به فناوری است که به رانندگان این امکان را می‌دهد تا با

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

یکدیگر و با زیرساختار جاده ارتباط برقرار کنند؛ بنابراین، به‌صورت دوره‌ای پیام‌های مختلفی به‌منظور ایجاد فضای لازم برای رانندگی ایمن، منتشر می‌گردد. به‌عنوان نمونه در زمان وقوع یک تصادف، راننده‌ای اقدام به ترمز ناگهانی می‌نمایند. در چنین وضعیتی هرگونه تعلل رانندگان خودروهای عقبی می‌تواند باعث ایجاد تصادف‌های زنجیره‌ای گردد. در چنین شرایطی شبکه‌های بین خودرویی این امکان را دارند تا بدون دخالت رانندگان از این رخداد جلوگیری کنند. ساز و کار شبکه‌های بین خودرویی به این شکل است که به هنگام ترمز، سیستم ارتباطی شبکه اقدام به انتشار پیام اخطار برای خودروهای پشت سر می‌نماید. خودروهای دریافت‌کننده پیام، با مشاهده‌ی پیام اخطار، به‌صورت خودکار اقدام به کاهش سرعت خودرو می‌نمایند (Hanan et al., 2017; Li et al., 2014).

در VANET شکستگی اتصال‌ها، بارها و بارها رخ داده و نرخ از دست دادن بسته‌ها افزایش می‌یابد. در نتیجه، مسیریابی در این شبکه‌ها به دلیل حرکت سریع خودروها و تغییرات مکرر در ساختار، یک چالش است.

تاکنون روش‌های متعددی برای مسیریابی در این‌گونه شبکه‌ها ارائه شده ولی هنوز هم مسئله انتخاب خودروی مناسب در یک اتصال بهینه جهت کاهش تأخیر و ارسال سریع داده در شبکه موردی بین خودرویی به‌طور کامل حل نشده است و پارامترهای مختلفی در این موضوع دخیل هستند. در این مقاله، روش جدیدی برای بهبود مسیریابی در شبکه‌های VANET ارائه شده است. در این روش، از معیارهای سرعت و فاصله برای محاسبه تأخیر هر خودرو با توجه به کشف اطلاعات تمامی خودروهای همسایه استفاده می‌شود و همچنین معیار چگالی به معنی تعداد همسایه‌های هر خودرو در نظر قرار می‌گیرد تا کارایی مسیریابی افزایش یابد. روش ارائه شده همچنین با ابداع فرایندی موسوم به پیش‌گویی، قادر به استفاده در تقاطع‌ها است.

ادامه این مقاله به‌صورت زیر سازمان‌دهی شده است. در بخش ۲، کارهای مرتبط با موضوع تحقیق مرور می‌شود. در بخش ۳، راهکار پیشنهادی با جزئیات تشریح می‌شود. در بخش ٤، معیارهای ارزیابی معرفی شده و نتایج تجربی آزمایش‌ها ارائه می‌شود. در بخش ۵، نتیجه‌گیری مقاله انجام می‌گیرد.

۲- پیشینه تحقیق

این بخش، برخی از مهم‌ترین کارهای انجام‌شده در زمینهٔ مسیریابی در شبکه‌های بین خودرویی را مرور می‌کند. در (Katsaros et al., 2011)، پروتکلی برای پیش‌بینی ویژگی‌های یک محیط VANET طراحی شده است که با بهره‌گیری از پیش‌بینی موقعیت گره و اطلاعات ناوبری، اثر پروتکل مسیریابی در یک شبکه خودرویی را بهبود می‌دهد و نیز از اطلاعاتی درباره لایه پیوند از نظر نرخ خطای فریم SNIR و MAC برای بهبود اثر پروتکل استفاده می‌کند. در نهایت، ساز و کار حمل و ارسال به جلو در آن به‌عنوان استراتژی تعمیر در شبکه‌های پراکنده به کار گرفته می‌شود که موجب افزایش نرخ تحویل بسته شده اما تأخیر انتها به انتها را نیز افزایش می‌دهد. در (Hasan et al., 2013)، یک پروتکل مسیریابی مبتنی بر جغرافیا برای شبکه‌های بین خودرویی جهت تحمل‌پذیری و کاهش تأخیر با نام 3PR ارائه شده است. این پروتکل بر اساس ارسال پیام از یک گره میانی به گره دیگری که دارای احتمال مواجه‌شدن با گره مقصد بالاتری است، کار می‌کند. با این حال، این روند حفظ حریم خصوصی گره‌ها را با آشکار کردن الگوهای حرکتی آن‌ها به خطر انداخته است. برای جلوگیری از این مشکل، پروتکل 3PR پیام‌ها را با قیاس اطلاعات جغرافیایی درباره مکان گره‌ها به‌جای اطلاعات فردی ارسال می‌کند. این پروتکل، حداکثر احتمالی را که یک گره در اجتماع با یک گره میانی بالقوه با گره مقصد روبه‌رو خواهد شد، مقایسه می‌کند.

در (Ahmed et al., 2014)، روشی برای افزایش تحمل‌پذیری تحرک در شبکه‌های خودرویی معرفی شده که فقط از معیار زمان انقضای اتصال برای انتخاب گره‌های میانی مناسب و خودروی بعدی استفاده می‌نماید. در این روش، احتمال شکسته شدن مسیر، در شرایط تحرک بالا کمتر شده است. در (Cooper et al., 2016)، نویسندگان به بررسی گزینه‌های طراحی شده در توسعه الگوریتم‌های خوشه‌بندی در VANET ها پرداختند. خوشه‌بندی می‌تواند برای بهبود مقیاس‌پذیری و قابلیت اطمینان مسیریابی در VANET ها مورد استفاده قرار گیرد، زیرا در نتیجه ساختار شبکه توزیع سلسله مراتبی توسط گروه‌بندی، وسایل نقلیه بر اساس توزیع فضایی و سرعت نسبی مرتبط می‌شوند. علاوه بر مزایای مسیریابی، این گروه‌ها می‌توانند به‌عنوان پایه‌ای برای شناسایی تصادف‌ها، ترافیک، انتشار اطلاعات و برنامه‌های سرگرمی استفاده شوند. در این مقاله، روش‌هایی برای اعتبار سنجی

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

عملکرد خوشه‌ای بررسی شده و عملکرد دقیق و استاندارد آن با استفاده از مدل‌های واقعی کانال‌های خودرویی نشان داده شده است. در (Cao et al., 2016)، روشی مبتنی بر فنّاوری نسل پنجم دستگاه به دستگاه ($D2D^2$) برای بهبود عملکرد تأخیر VANET ها پیشنهاد شده است. ایده اصلی این است که ارتباط مستقیم بین وسایل نقلیه، تأخیر در پیش‌گیری و جلوگیری از فاصله دورتر را از بین می‌برد.

در این مقاله، یک سیستم ترکیبی با هر دو ارتباط مبتنی بر D2D و 802.11pIEEE طراحی شده است که در آن، اتصال D2D توسط ایستگاه‌های پایه سلولی پوشش داده می‌شود. هر وسیله نقلیه به‌صورت دوره‌ای طول عمر بسته خود را بررسی می‌کند و در صورت لزوم، ایستگاه‌های پایه می‌توانند اتصال‌های D2D را ایجاد کنند. مشکل تخصیص بهینه منابع در ایستگاه‌ها، انتخاب وسایل نقلیه گیرنده بهینه برای ایجاد اتصال‌های D2D و اختصاص کانال‌های مناسب برای آن‌ها است تا کل تأخیر به حداقل برسد.

در (He and Zhang, 2017) روشی برای جمع‌آوری داده‌ها در VANET تحت شرایط ترافیکی روان ارائه شده است. این رویکرد می‌تواند بسته‌های اطلاعاتی را بر اساس اطلاعات ترافیکی فعلی انتقال دهد و یا انتقال داده را سازگارانه انتخاب کند. در این مقاله، هدف به حداقل رساندن سربار ارتباطات شبکه است به‌گونه‌ای که محدودیت زمان جمع‌آوری داده‌ها نیز رعایت شود. در این روش مشکل جمع‌آوری اطلاعات به‌عنوان یک مسئله بهینه‌سازی که از نوع مسائل NP-complete است، مورد توجه قرار گرفته و یک راهکار اکتشافی مبتنی بر الگوریتم ژنتیک برای حل مشکل در سناریوهای کاربردی مختلف طراحی شده است. ارزیابی‌های گسترده این روش، نشان‌دهنده اثربخشی و کارایی آن است.

در (Huo et al., 2017)، روشی ارائه شده که به‌صورت پویا، ستون فقرات یا خطوط اصلی خودرویی را برای انتشار بسته‌های همه‌پخشی انتخاب می‌کند، بطوریکه زمان تداخل‌ها در هر گره کاهش یابد. این در حالی است که یک نسبت انتشار بسته بالا توسط همان ستون فقرات انتخاب شده باشد. روش پیشنهادی همچنین از کدینگ شبکه استفاده کرده و در نتیجه، سربار کاهش و انتقال بسته بهبود یافته است.

در (Venkatramana et al., 2017)، یک روش مسیریابی مبتنی بر شبکه تعریف شده با نرم‌افزار (SDN^3) در VANET ها ارائه شده است. SDN یک دید کلی از توپولوژی شبکه ارائه می‌دهد و شامل قابلیت برنامه‌ریزی در شبکه‌های خودرویی می‌شود. معماری، یک شبکه پیچیده و وسیع خودرویی را به‌صورت خلاصه و ساده مدیریت می‌کند. این کار، یک پروتکل مسیریابی جغرافیایی، جهت ارتباط متقابل SDN را فراهم نموده و موجب بهبود عملکرد برای انتقال بهینه بسته‌های داده می‌شود.

در (Bhoi et al., 2017) یک پروتکل مسیریابی مبتنی بر انتخاب مسیر برای شبکه‌های بین خودرویی شهری ارائه شده است. این روش از اطلاعات شبکه شهری مانند مسیر چندخطه برای ارسال داده به مقصد با حداقل تأخیر بسته استفاده می‌کند. مسیر بعدی برای ارسال داده‌ها بر اساس مقدار مسیر محاسبه‌شده توسط واحد جاده‌ای، برای هر مسیر متصل به یک اتصال، انتخاب شده است.

در (Zhou et al., 2018)، یک روش تحویل بسته برای شبکه‌های VANET در محیط شهری پیشنهاد شده که می‌تواند عملکرد مسیریابی را بدون اتکا به GPS بهبود بخشد. به این منظور، یک روش انتقال قاعده‌مند فازی برای بهینه‌سازی انتخاب راه، طراحی شده که معیارهای متعددی از جمله سرعت خودرو، جهت حرکت، تعداد گام و زمان اتصال را در نظر می‌گیرد. از آنجا که انتقال با سیم می‌تواند تأخیر را کاهش و قابلیت اطمینان را افزایش دهد، به همراه روش بی‌سیم در بین واحدهای کنار جاده (RSU^4) استفاده می‌شود. هر RSU مجهز به یک سیستم یادگیری ماشین است تا بدون GPS و از طریق پیش‌بینی سرعت خودرو در لحظه بعدی، گره اتصال را با اطمینان بیشتری انتخاب کند.

در (Goudarzi et al., 2018)، نویسندگان یک پروتکل مسیریابی مبتنی بر موقعیت و مطلع از ترافیک برای VANET ارائه کردند که مناسب محیط‌های شهری است. پروتکل پیشنهادی از الگوریتم کلونی مورچگان برای یافتن مسیری که دارای اتصال بهینه شبکه است، استفاده می‌کند. فرض بر این است که هر وسیله نقلیه دارای یک نقشه دیجیتالی از خیابان‌ها است. با استفاده از اطلاعات موجود در بسته‌های کنترلی کوچک موسوم به مورچه، وسایل نقلیه، برای هر بخش خیابانی، وزنی را متناسب با اتصال شبکه آن بخش محاسبه می‌کنند. به‌منظور یافتن مسیر مطلوب بین مبدأ و مقصد، وسیله نقلیه مبدأ، آن را در نقشه، با حداقل وزن کل برای مسیر کامل تعیین می‌کند. عملکرد پروتکل ارزیابی شده و کارایی آن در یک محیط شبیه‌سازی بررسی شده است.

در (Cárdenas et al., 2019)، یک پروتکل مسیریابی بر اساس چند متریک برای VANET ها ارائه شده است. این پروتکل برای هر یک از همسایگان گره‌ای که در حال حاضر بسته را حمل می‌کند، احتمال موفقیت‌آمیز بودن تحویل آن به مقصد را برآورد می‌کند. این احتمال بر اساس چهار متریک فاصله تا مقصد، پهنای باند، موقعیت و چگالی گره محاسبه می‌شود. شبیه‌سازی این پروتکل در یک سناریوی شهری واقعی انجام شده است و نتایج، عملکرد بهتر آن را در مقایسه با

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

کارهای مشابه از نظر تلفات بسته و تأخیر انتها به انتها برای تراکم خودروهای مختلف نشان می‌دهد.

در (Kumari and Shylaja, 2019)، یک پروتکل مسیریابی جغرافیایی برای محیط شهری مبتنی بر فرآیند سلسله‌مراتبی تحلیلی (AHP) ارائه شده است. روش آنها، معیارهای چندگانه‌ای مانند تحرک، طول عمر اتصال، تراکم گره و وضعیت گره را در مسیریابی، مورد نظر قرار می‌دهد. این معیارهای مسیریابی با استفاده از AHP برای محاسبه وزن تمام گره‌ها در جدول همسایگی گره منبع در طول فرایند حمل‌ونقل استفاده می‌شود. این پروتکل، یک تابع توزین را برای شناسایی گره بعدی در محدوده تعریف شده اجرا می‌کند که می‌تواند فرآیند حمل‌ونقل پیشرفته‌ای را تضمین کند.

در (Wu et al., 2020)، یک پروتکل مسیریابی برای VANET های شهری ارائه شده است. این پروتکل، از طریق ترکیب مزایای مسیریابی جغرافیایی و اطلاعات نقشه، اطلاعات ترافیک راه را بر اساس یک الگوریتم یادگیری، فرا می‌گیرد. در این روش، یک مسیر، شامل چندین قطعه اتصال جاده‌ای با قابلیت اطمینان بالا است که بسته‌ها را قادر می‌سازد به‌طور مؤثری به مقصد برسند. شبیه‌سازی این پروتکل، نتایج خوبی را از نظر معیارهای نرخ تحویل بسته و تأخیر انتها به انتها نشان داد. یکی از پروتکل‌های مسیریابی شناخته‌شده در شبکه‌های بین خودرویی، پروتکل مسیریابی AODV[5] است. در (MazloomiFard and Hatamloo, 2020)، یک پروتکل مسیریابی توزیع‌شده با رویکرد محاسبه تأخیر انتها به انتها در مسیرهای ایجاد شده، قبل از ارسال بسته داده، ارائه شده است. این پروتکل بر روی قطعات جاده‌ای، ستون فقرات پایدار ایجاد کرده و آنها را از طریق گره‌های پل به یکدیگر وصل می‌کند. گره‌های پل به قطعات جاده‌ای وزن اختصاص می‌دهد که آن را از روی اطلاعات جمع‌آوری شده از تأخیر موجود در مسیرها و کیفیت ارتباط انجام می‌دهد. نتایج شبیه‌سازی نشان‌دهنده برتری پروتکل پیشنهادی در مقایسه با AODV است.

در (ArabNezhad and Babaei, 2020)، یک رویکرد مسیریابی مبتنی بر موقعیت برای شبکه‌های موردی خودرویی ارائه شده است که از پارامترهای متعددی مانند فاصله، اولویت‌بندی بسته‌ها، جهت حرکت و تراکم خودروهای شبکه استفاده می‌کند. این رویکرد سعی در کاهش معیارهای تأخیر انتها به انتها و نرخ تحویل بسته‌ها داشته و نتایج شبیه‌سازی، حاکی از بهبود این معیارها نسبت به پروتکل‌های مورد مقایسه بوده است.

در (KhaleghiTabar and FarazKish, 2021)، الگوریتم‌های فراابتکاری مختلفی از قبیل بهینه‌سازی ملخ، ازدحام ذرات و ژنتیک برای یافتن بهترین مقدار پارامترهایی که کارکرد پروتکل AODV را کنترل می‌کنند اعمال شده تا کارایی آن افزایش یابد. معیارهایی که برای ارزیابی عملکرد این روش استفاده شده، نرخ تحویل بسته، میانگین تأخیر انتها به انتها و بار مسیریابی نرمال شده است. نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی، نشان دهنده عملکرد مناسب این الگوریتم‌های الهام گرفته‌شده از طبیعت بوده است.

در (Zandi et al., 2021)، راهکاری برای مسیریابی در محیط پویا و وسعت جغرافیایی بزرگ با استفاده از الگوریتم فراابتکاری کرم شب‌تاب ارائه شده است. دو معیار میانگین فاصله و احتمال رسیدن دو خودرو به یکدیگر برای جذب خودروها و مسیریابی مورد آزمایش قرار گرفته است. همچنین، تعداد خودروهای هر ناحیه که با چگالی متفاوت وسایل نقلیه در دو منطقه شهری و بین‌شهری مشخص می‌شود، سنجیده شده است. نتایج شبیه‌سازی روش پیشنهادی در حوزه شبکه‌های نسل پنجم مخابراتی، نشان دهنده برتری آن در مقایسه با الگوریتم تقسیم پویای دسته جمعی است.

در (Zhou et al., 2021)، یک پروتکل مسیریابی برای VANETهای شهری پیشنهاد شده که توزیع وسایل نقلیه تحت تأثیر چراغ‌های راهنمایی را در نظر می‌گیرد. در این روش، ابتدا با در نظر گرفتن چراغ‌های راهنمایی، احتمال اتصال جاده‌ای یک راه دو طرفه محاسبه می‌شود. سپس بر اساس این احتمال، یک مدل بهینه‌سازی برای انتخاب مسیر مطلوب از مبدأ به مقصد ایجاد می‌شود. همچنین تعداد وسایل نقلیه همسایه در محدوده ارتباطی وسیله نقلیه حامل بسته‌ها و موقعیت، سرعت و جهت آنها در نظر گرفته شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که این پروتکل نرخ تحویل بسته را افزایش و تأخیر انتها به انتها را کاهش داده است.

در (Kazi and Khan, 2021)، یک پروتکل مسیریابی معرفی شده که منطقه‌ای را برای پیدا کردن وسیله نقلیه مقصد در VANET شهری انتخاب می‌کند. این کار از طریق اجازه دادن به گره‌های مربوطه برای مشارکت در فرایند ارتباطی، با استفاده از مختصات مکان گره‌های مبدأ و مقصد انجام می‌گیرد. پروتکل مسیریابی پیشنهادی مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج، بهبود چشم‌گیری را در کاهش بار مسیریابی شبکه و افزایش نرخ تحویل بسته و توان شبکه نشان داده است.

مطالعه پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که در زمینه مسیریابی در شبکه‌های VANET تاکنون کارهای زیادی انجام شده است ولی با توجه به تحرکات بالا و نگرانی‌های ناهمگنی و مقیاس‌پذیری شبکه، انتشار اطلاعات در این شبکه‌ها یک چالش محسوب شده و هنوز هم مسئله انتخاب خودروی مناسب در یک اتصال بهینه جهت کاهش تأخیر و ارسال سریع

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

پیامها به‌طور کامل حل نشده است. از جمله کارهای بارز قبلی، در (Kumari and Shylaja, 2019) یک روش مسیریابی جغرافیایی به نام AMGRP[6] ارائه شده است که از معیارهای گوناگونی شامل تحرک، طول عمر اتصال، چگالی و وضعیت گره‌ها برای مسیریابی شبکه‌های VANET در محیط شهری استفاده می‌کند. با وجود مزیت‌هایی که AMGRP در انتخاب خودرو دارد و عملکرد خوبی را در مسیریابی از خود نشان می‌دهد، ولی فقط برای مسیرهای مستقیم طراحی شده است. همچنین با افزایش ترافیک مسیر، کارایی آن کاهش می‌یابد. در مقاله حاضر، روش جدیدی با نام VMDR-VANET[7] ارائه شده است که با اقتباس از AMGRP، از چند معیار برای مسیریابی در شبکه‌های VANET استفاده می‌کند و همچنین به دریافت و تجزیه و تحلیل اطلاعات تمام خودروهای همسایه برای انتخاب بهترین خودرو جهت ارسال پیام می‌پردازد، لیکن با تغییر در معیارها و روش انتخاب خوردوها، به دنبال بهبود کارایی AMGRP و حل مشکلات آن در عدم امکان مسیریابی در تقاطع و افت اثربخشی در ترافیک سنگین است.

۳-روش پیشنهادی VMDR-VANET

در این بخش، ابتدا سناریو و مفروضات VMDR-VANET و سپس جزئیات آن تشریح می‌شود.

۳-۱- مفروضات VMDR-VANET

روش پیشنهادی جهت مناطق شهری و غیرشهری دارای مسیرهای مستقیم و تقاطع‌ها طراحی شده، بنابراین مسیریابی آن مبتنی بر موقعیت جغرافیایی است. مفروضات در نظر گرفته شده برای ارائه این راهکار در ادامه آمده است:

در VMDR-VANET، طبق شبکه‌های VANET، ارسال داده به‌صورت ارسال وسیله نقلیه به وسیله نقلیه و وسیله نقلیه به زیرساخت‌های جاده‌ای انجام می‌شود.

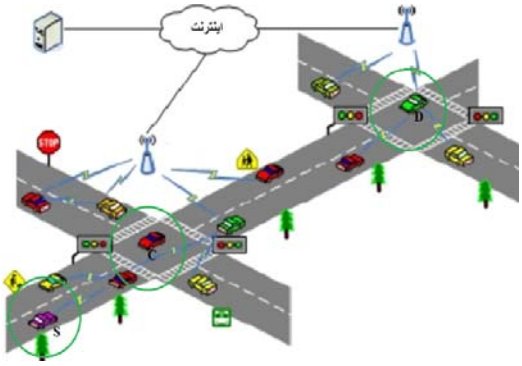
VMDR-VANET- یک روش مسیریابی مبتنی بر موقعیت جغرافیایی است بنابراین فرض می‌شود که هر وسیله نقلیه مجهز به GPS جهت کسب اطلاعات موقعیت خود است.

-هر وسیله نقلیه مشخصات خود را می‌داند. وسیله نقلیه منبع موقعیت خودش را به‌صورت بسته‌ای در پیام آگاهی‌دهنده HELLO می‌فرستد تا وسیله‌های نقلیه مجاور، بر اساس آن، بسته‌ها را به مقصد بفرستند.

-با ارسال پیام آگاهی‌دهنده HELLO، هر وسیله نقلیه اطلاعات وسایل نقلیه مجاور را دریافت کرده و اطلاعات آن را در جدول لیست همسایه‌های خود تغییر داده و اطلاعات را به‌روزرسانی می‌کند. منظور از وسایل نقلیه همسایه، وسیله نقلیه‌ای است که در یک گامی وسیله دیگر قرار دارد.

-فرض می‌شود که سیگنال‌ها با برخورد به موانع یا ساختمان‌ها مسدود می‌شوند. همچنین موانع، منجر به کاهش سیگنال یا کاهش کیفیت ارتباط می‌گردند.

-سناریوی شهر در روش پیشنهادی در شکل ۱ نشان داده شده است. دایره‌های سبز رنگ اطراف هر خودرو به معنی محدوده انتقال وسایل نقلیه هستند. وسیله نقلیه S نشان‌دهنده گره منبع است. وسیله نقلیه C در مرکز، گره هماهنگ‌کننده است. وسیله نقلیه D گره مقصد است.



شکل ۱. سناریوی منطقه شهری

Archive of SID.ir

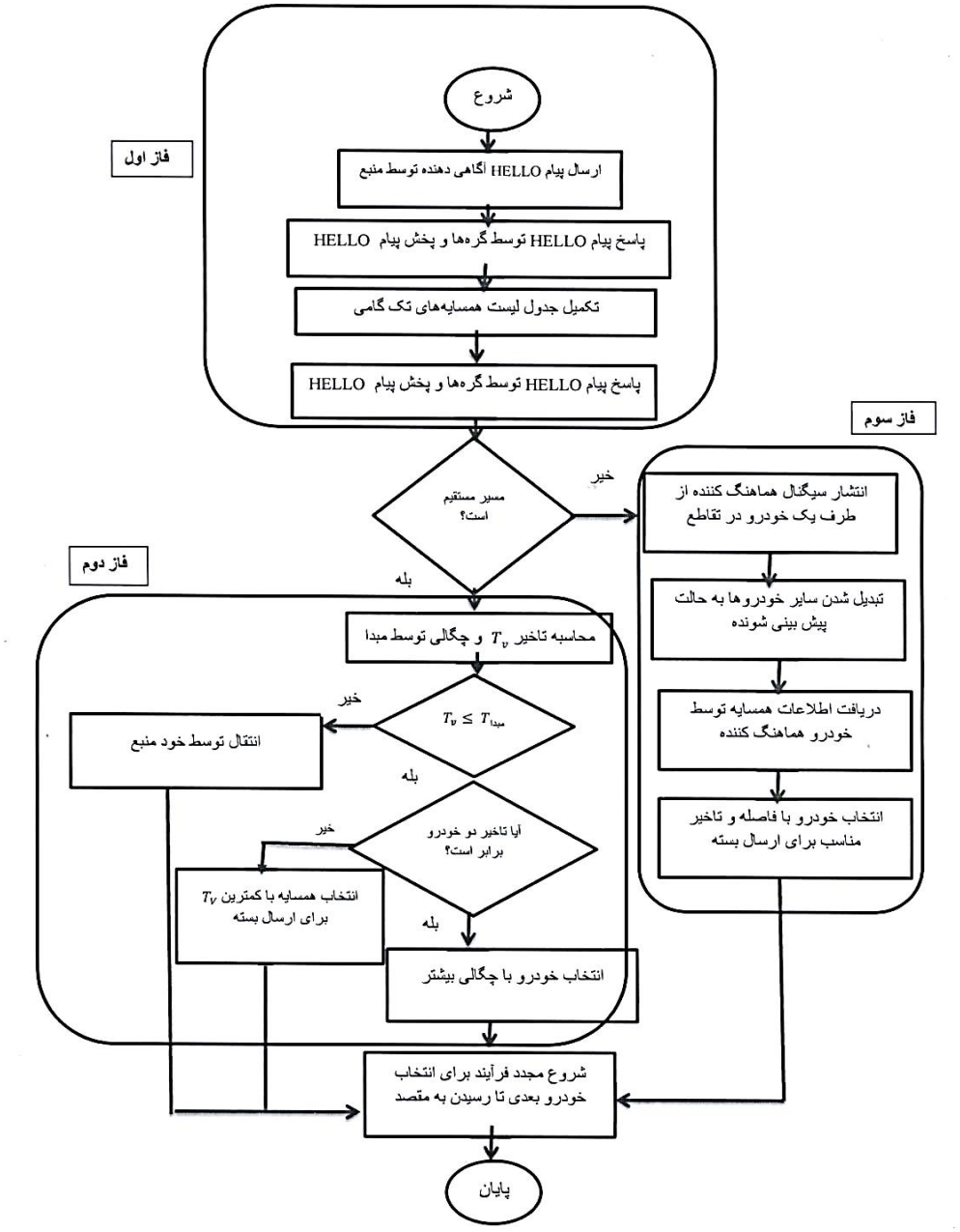
Archive of SID.ir

۲-۳- مراحل VMDR-VANET

روش VMDR-VANET شامل سه فاز است که در شکل ۲ نمایش داده شده و در ادامه تشریح می‌گردد.

۳-۲-۱- فاز اول: ایجاد جدول همسایه

هر وسیله نقلیه برای خود یک جدول از خودروهای همسایه تک‌گامی نگهداری می‌کند که اطلاعات آن‌ها را در آن ذخیره و به‌روزرسانی می‌کند. برای کسب این اطلاعات، پیام‌های آگاهی‌دهنده HELLO را دریافت کرده، سپس آن‌ها را به‌صورت دوره‌ای با کسب اطلاعات وسایل مجاور، توزیع می‌نماید. پیام آگاهی‌دهنده HELLO شامل موقعیت، سرعت و جهت به‌دست‌آمده از GPS و چگالی است. نحوه به دست آوردن چگالی و فاصله در بخش‌های بعد بیان می‌شود.

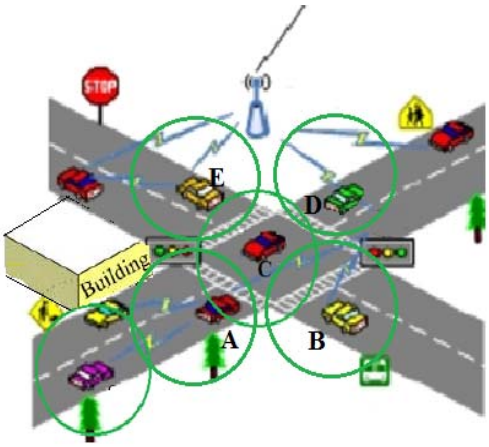


شکل ۲. مراحل روش پیشنهادی VMDR-VANET

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

هر وسیله نقلیه می‌تواند از پیام آگاهی‌دهنده برای حفظ جدول لیست همسایه‌های تک‌گامی خود استفاده نماید. به‌عنوان نمونه اگر پنج اتومبیل A، B، C، D و E را در شکل ۳ در نظر بگیریم، بعد از انتشار پیام آگاهی‌دهنده، وسیله نقلیه C به جدول وسایل نقلیه A، B، D و E اضافه می‌شود و وسایل نقلیه A، B، D و E در جدول لیست همسایه‌های وسیله نقلیه C اضافه می‌شوند؛ بنابراین، هر وسیله نقلیه از پیام‌های آگاهی‌دهنده برای حفظ جدول لیست مجاورین خود و همچنین انتخاب گره بعدی برای ارسال پیام استفاده می‌نماید.



شکل ۳. نمونه‌ای از تقاطع

در سناریوی شهری، دانستن چگونگی ارسال اطلاعات در جاده‌های متفاوت با استفاده از وسایل نقلیه در تقاطع‌ها اهمیت بسیاری دارد؛ بنابراین، در شکل ۳، یک مثال برای معرفی اینکه خودرو چگونه می‌داند در تقاطع قرار دارد، ارائه شده است.

با انتشار پیام‌های آگاهی‌دهنده توسط همهٔ وسایل نقلیه، هر وسیله‌ای می‌تواند جدول لیست همسایگان خود را ایجاد نماید تا بداند آیا این وسیله هماهنگ‌کننده است یا خیر. در شکل ۳، چهار همسایه در جدول C قرار دارند: وسایل نقلیه A-B-D و E . با مقایسه مختصات نسبی این خودروها مشخص می‌شود که وسیله نقلیه C در تقاطع قرار دارد. بعلاوه با مقایسه‌ی جداول لیست همسایه‌های وسایل نقلیه A، B و C مشخص می‌شود که وسایل نقلیه A و E در پوشش وسیله نقلیه C قرار دارند. اگر وسایل نقلیه A و E در جدول لیست همسایه‌های همدیگر به نمایش در نیامدند می‌توان این‌گونه برداشت کرد که سیگنال‌ها توسط موانع یا ساختمان‌های میان این دو مسدود شده‌اند یا آنها در جاده‌های متفاوت قرار دارند.

در نتیجه وسیله نقلیه‌ی C که پوشش وسایل نقلیه A و E است به احتمال زیاد در تقاطع قرار دارد و می‌تواند به‌عنوان هماهنگ‌کننده در نظر گرفته شود. وقتی یک وسیله نقلیه بداند که در تقاطع قرار دارد، پیام آگاهی‌دهنده را برای اطلاع دادن به وسایل نقلیه همسایه انتشار می‌دهد.

۳-۲-۲- فاز دوم: عملکرد VMDR-VANET در مسیر مستقیم

روش VMDR-VANET در یک مسیر مستقیم بر اساس حداقل تأخیر تا مقصد و چگالی بیشتر عمل می‌کند. همان‌گونه که بیان شد فرض بر این است که هر خودرو می‌تواند اطلاعات مکان فعلی خود را با استفاده از GPS به دست آورده و با استفاده از اطلاعات رسیده از همسایه‌ها میزان چگالی خود را محاسبه کند. در VMDR-VANET برای سناریوی مسیر مستقیم، خودروی بعدی جهت انتقال بسته اطلاعاتی، بر اساس کمترین زمان تحویل به مقصد انتخاب می‌گردد و اگر دو خودرو تأخیر برابر داشته باشند، خودرویی که چگالی بیشتری دارد به عنوان خودروی بعدی انتخاب می‌شود. در روش پیشنهادی، سرعت، فاصله از مقصد و چگالی خودروها جهت انتخاب خودروی همسایه بعدی به‌عنوان انتقال‌دهنده بسته اطلاعاتی در نظر گرفته می‌شود.

به‌عنوان نمونه، جدول ۱ وضعیتی را که در آن یک خودرو دارای پنج خودروی دیگر در محدوده ارتباطی‌اش است را نشان می‌دهد. تأخیر برای هر خودرو در این جدول محاسبه شده است. در VMDR-VANET، برخلاف روش‌های دیگر، فقط سرعت خودرو به عنوان معیار انتخاب در نظر گرفته نمی‌شود. بلکه تأخیر تا گره مقصد و چگالی خودروها نیز مؤثر هستند؛ بنابراین خودرو E به عنوان انتقال‌دهنده بعدی بسته انتخاب خواهد شد. هر چند که کمترین سرعت را دارا هست، ولی تأخیر آن به اندازه‌ای کوچک است که بسته را به سمت مقصد ارسال نماید.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

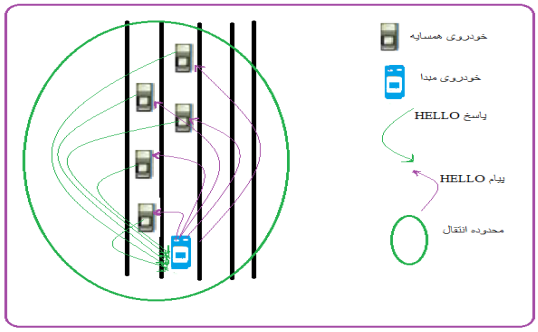
جدول ۱. محاسبه تأخیر خودروها

خودرو	فاصله (متر)	سرعت (متر بر ثانیه)	تأخیر (ثانیه)
A	۵۵۰	۵۰	۱۱
B	۶۰۰	۵۰	۱۲
C	۵۰۰	۴۵	۱۱
D	۷۰۰	۵۰	۱۴
E	۴۰۰	۴۰	۱۰

روند VMDR-VANET در جاده‌های مستقیم به شرح زیر است:

الف) کسب اطلاعات وضعیت خودروهای همسایه

خودروی مبدأ، شماری از بسته‌ها را برای مقصدی که در مسیر مستقیم واقع شده تولید می‌نماید. وقتی خودرو مبدأ با برخی از خودروهای همسایه ملاقات می‌کند، یک پیام HELLO را به‌صورت همگانی ارسال و درخواست گزارش وضعیت خودروهای همسایه را می‌نماید. خودروهای همسایه نیز پیام HELLO را دریافت کرده و گزارش وضعیت خود را به‌صورت همه‌پخشی به گره مبدأ ارسال می‌نمایند که در شکل ٤ نشان داده شده است.



شکل ٤. انتشار بسته HELLO توسط خودرو مبدأ برای دریافت وضعیت همسایه‌ها

ب) انتخاب خودروی بعدی

پس از دریافت گزارش‌های وضعیت و اطلاعات خودروهای همسایه، گره مبدأ، تأخیر T_v را برای هر همسایه محاسبه می‌نماید. تأخیر T_v نشان‌دهنده زمان مورد نیاز برای خودرویی با شماره شناسایی منحصربه‌فرد جهت تحویل بسته به مقصد مورد نظر است که با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود. Di_v نشان‌دهنده فاصله بین خودروی همسایه با مقصد است که با استفاده از رابطه (۲) به دست می‌آید و $speed_v$ سرعت مربوط به خودروهای همسایه است.

$$T_v = \frac{Di_v}{speed_v} \quad (۱)$$

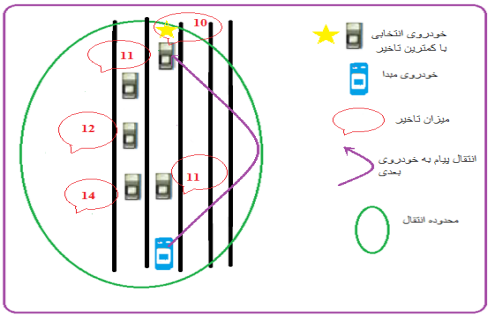
$$Di_v = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (۲)$$

چگالی، نمایش دهنده تعداد همسایه‌ها در برد انتقال در لحظه‌ی ارسال پیام HELLO فعلی است. به عبارتی، تعداد خودرویی است که در هنگام ارسال پیام HELLO در همسایگی گره قرار دارند و به‌صورت تعداد خودروهای در لیست همسایگی ($Nnig$) هر گره در لحظه t ارسال پیام HELLO، تقسیم بر برد انتقال[8] (TR_{id}) گره، محاسبه می‌شود. لیست همسایه‌ها، از خودروهایی در برد انتقال تشکیل شده است که بسته‌های HELLO را با توان بالایی ارسال می‌کنند و به‌عنوان همسایه‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند. هر گره، به محاسبه‌ی چگالی فعلی خود $Density_{id(t)}$ می‌پردازد و آن را در پیام HELLO بعدی، قرار می‌دهد.

$$Density_{id(t)} = \frac{Nnig\ (t)}{TR_{id}} \quad (۳)$$

بر اساس رابطه (۳)، زمانی که یک گره، مقدار چگالی بالاتری نسبت به سایر گره‌ها دارد گزینه بهتری برای انتخاب است، زیرا گره‌های با ناحیه چگال‌تر در برد انتقال، امکان بیشتری جهت ارسال بهتر بسته به گره بعدی دارند.

پس از محاسبه T_v و $Density_{id(t)}$ برای تمام همسایه‌ها، گره مبدأ مقادیر T_v را مقایسه کرده و همسایه‌ای با کمترین T_v را انتخاب می‌کند. اگر $T_v < T_{\text{خودرو مبدأ}}$ باشد (به این معنی که تأخیر گره همسایه از تأخیر خود مبدأ کمتر است)، بنابراین خودرو مبدأ بسته را به خودروی همسایه انتخاب‌شده که دارای تأخیر کمتر تا مقصد است، ارسال می‌کند که در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵. ارسال بسته توسط مبدأ به خودروی انتخابی بعدی

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

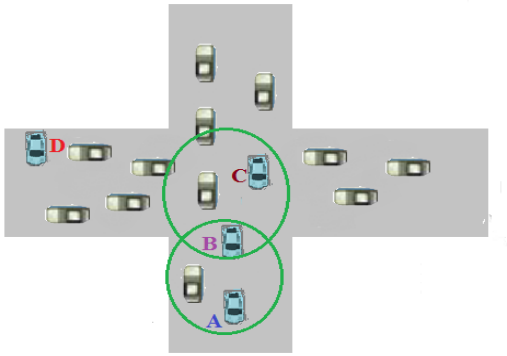
اگر دو خودرو دارای تأخیر برابر باشند خودرویی که دارای چگالی بیشتر است برای ارسال بسته انتخاب می‌شود. همان‌گونه که در شکل ۵ مشاهده می‌شود خودروی انتخابی، هیچ خودروی همسایه‌ای در محدوده انتقالی خودش ندارد، بنابراین مجبور خواهد بود تا زمان پیدا شدن یک خودروی همسایه دیگر بسته را حمل نماید. زمانی که خودرو انتخابی با برخی از خودروها ملاقات می‌کند، دوباره همین فرایند را به‌منظور پیدا کردن خودرو بعدی میانی تا زمان تحویل بسته به مقصد تکرار خواهد نمود. اگر هیچ خودروی همسایه‌ای که تأخیر کمتری نسبت به خودروی فعلی داشته باشد، موجود نباشد، خودروی فعلی بسته را تا زمانی که خودرویی با کمترین تأخیر به مقصد پیدا شود نگه می‌دارد.

در روش پیشنهادی، تأخیر، اهمیت و اولویت بالاتری نسبت به چگالی دارد، به این دلیل که در شبکه‌های بین خودرویی، پیام‌های ارسالی مانند پیام تصادف بسیار ضروری هستند و زمان بسیار کوتاه نیز حائز اهمیت است؛ بنابراین، برای انتخاب خودروی بعدی، ابتدا معیار تأخیر بررسی شده و در شرایط برابری تأخیرها، چگالی بررسی می‌شود.

۳-۲-۳- فاز سوم: پیش‌گویی حرکت در تقاطع

در VMDR-VANET زمانی که خودروها در تقاطع هستند، برای اینکه تأخیر ارسال پیام‌ها کم شود و همچنین جهت آگاهی از وضعیت خودروهای همسایه، از روش پیش‌گویی حرکت استفاده می‌شود. منظور از پیش‌گویی این است که یک خودرو متوجه شود می‌تواند دریافت‌کننده پیام از مبدأ بوده و آن را به خودروی مناسب بعدی که در جهت مقصد است، تحویل دهد. به این صورت که یک خودرو را به‌عنوان هماهنگ‌کننده در نظر می‌گیریم. طبق توضیحات قبل، هر وسیله نقلیه از موقعیت خود و همسایگانش که اطلاعات آن‌ها را در جدول مسیریابی‌اش دارد، آگاه است. فرض شده است که یک وسیله نقلیه می‌تواند قضاوت کند آیا در موقعیتی است که بتواند یک هماهنگ‌کننده باشد و پیام‌های آگاهی‌دهنده را ارسال کند یا خیر. وقتی یک خودرو، سیگنالی مبنی بر اینکه هماهنگ‌کننده است را انتشار دهد، گره‌های همسایه به حالت پیش‌بینی‌کننده برای پیش‌گویی حرکت گره‌های همسایه تبدیل می‌شوند، زیرا گره هماهنگ‌کننده تمامی اطلاعات همسایگان خود را انتشار می‌دهد تا همسایگان بتوانند در مورد حرکت بعدی، پیش‌بینی درستی انجام دهند.

برای مثال، در شکل ٦، وسیله نقلیه C که در تقاطع قرار دارد، سیگنال‌هایی برای اطلاع همسایگانش، مبنی بر هماهنگ‌کننده بودن خود ارسال می‌نماید و اطلاعات تمامی همسایه‌ها را در نقاط مختلف تقاطع، گرفته و برای دیگر همسایگان ارسال می‌کند تا گره‌های همسایه بتوانند بهترین پیش‌گویی حرکت را انجام دهند. خودروی C به این دلیل به‌عنوان هماهنگ‌کننده خود را معرفی می‌کند که طبق پیام رسیده از مبدأ A با توجه به موقعیت مبدأ و مقصد، همچنین با توجه به موقعیت خودش، متوجه می‌شود می‌تواند هماهنگ‌کننده بوده و پیام‌های خودروهای مختلف در جهت‌های متفاوت را که به این خودرو می‌رسند، پخش کند تا گره‌های همسایه بتوانند بهترین پیش‌گویی حرکت را انجام دهند.



شکل ٦. مثالی از حالت پیش‌گویی

در شکل ٦ گره هماهنگ‌کننده C بعد از دریافت اطلاعات خودروهای A، B و دیگر همسایگان، تمامی اطلاعات حرکت آنها را ارسال می‌کند و با دریافت این اطلاعات، گره B متوجه می‌شود که بهترین خودرو برای ارسال بسته‌ها از A به مقصد D، خود B بوده که در محدوده A قرار دارد و همچنین نزدیک به تقاطع است. قبلاً بیان شد که خودروها پیام کنترلی رسیده را به‌تمامی همسایگان خـود، همه‌پخشی می‌کننـد اما در صورتی می‌توانند یک پیام داده را از خودرویی دریافت کنند که حتماً در محدوده و برد آن خودرو قرار داشته باشند؛ بنابراین از آنجایی‌که خودروی B در محدوده A و نزدیک به تقاطع است و این موضوع را از طریق پیام‌های رسیده از خودروی C متوجه می‌شود، پیش‌گویی می‌کند و خود را مناسب برای دریافت بسته از مبدأ می‌بیند.

روش پیش‌گویی با رابطه‌های (٤)، (٥)، (٦) و (٧) تکمیل می‌گردد. در رابطه (٤)، موقعیت کنونی خودروی B $(x_2$ و $y_2)$، T_{ts} زمان چراغ راهنما و $(x_1$ و $y_1)$ موقعیت آن

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

است. خودروی B می‌تواند با استفاده از موقعیت خود و موقعیت چراغ راهنمای قبلی که در تقاطع قرار دارد، زاویه (θ_B) میان خود و محور X را محاسبه کند. این اطلاعات، نشان‌دهنده جهت حرکت B است. همچنین، با استفاده از این مختصات و T_{ts} می‌توان سرعت B را با رابطه (۵) محاسبه کرد. به این معنی که در هر ثانیه چه میزان مسافتی را طی می‌کند. ابتدا با رابطه (٤)، θ_B محاسبه شده تا جهت دقیق این خودرو مشخص شود. سپس با رابطه (۵) سرعت دقیق B بر اساس فاصله تا چراغ راهنمای موجود در تقاطع و موقعیت چراغ محاسبه می‌شود. زمان بر اساس ثانیه‌شمار چراغ راهنما سنجیده می‌شود.

$$\theta = Tan^{-1}\frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \quad (٤)$$

$$speed = \frac{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}{T_{ts}} \quad (۵)$$

توسط این رابطه‌ها و با استفاده از پخش اطلاعات در شبکه، گره‌ها به حالت پیش‌گویی می‌روند؛ بنابراین گره‌های A و B متوجه می‌شوند که خودروی مناسب بعدی که در محدوده A قرار دارد، B است. بعد از اینکه B متوجه شد برای ارسال بسته مناسب است، پیام را از گره مبدأ A دریافت می‌کند. سپس B باید خودروی مناسب بعدی را در محدوده خودش برای ارسال به مقصد انتخاب کند. با جایگذاری نتایج عبارت‌های (٤) و (۵) در رابطه‌های (٦) و (۷)، می‌توانیم موقعیت همسایگان B را که در پوشش این گره هستند بیابیم. مختصات (x_n و y_n) برای nامین وسیله نقلیه یافته‌شده در پوشش B به‌کار برده می‌شود. (x_n' و y_n') موقعیت قبلی گره و ($t_1 - t_0$) تفاوت زمان قبلی و فعلی، جهت محاسبه زمان طی شده است. به این معنی که با این رابطه می‌توان موقعیت همسایگان را بر اساس فاصله و سرعت آن‌ها محاسبه کرد تا بتوان بهترین خودرو با فاصله کمتر را انتخاب نمود.

$$x_n = x_n' + speed \times (t_1 - t_0)COS\,(\theta_n) \quad (٦)$$

$$y_n = y_n' + speed \times (t_1 - t_0)Sin\,(\theta_n) \quad (۷)$$

با نتایج حاصل از روابط (٦) و (۷) گره می‌تواند وسیله نقلیه مناسب بعدی با فاصله کمتر را برای ارسال بسته‌ها به سمت خودرو مقصد انتخاب کند. در واقع با محاسبه موقعیت تمام همسایگان گره، می‌تواند خودروی با فاصله و مناسب بعدی در محدوده خود را انتخاب کند. وقتی وسیله نقلیه، تقاطع را ترک می‌کند، حالت فعلی تغییر یافته و خودروی دیگری، بسته به نوع مسیر انتخاب می‌شود تا زمانی که بسته‌ها به مقصد برسند.

٤-ارزیابی تجربی

روش VMDR-VANET شبیه‌سازی شده و کارایی آن مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این بخش، معیارهای ارزیابی، تنظیمات شبیه‌سازی و نتایج ارزیابی توضیح داده شده است.

٤-۱- معیارهای ارزیابی

از آنجایی که یکی از دلایل ایجاد شبکه‌های بین خودرویی، ارسال سریع و به‌موقع پیام‌های اضطراری به دیگر خودروها برای جلوگیری از وقوع خطر و اطلاع از حوادث اتفاق‌افتاده است، بنابراین معیارهایی از قبیل تأخیر انتها به انتها، نرخ تحویل بسته، سربار مسیریابی و مجموع تعداد گام در این شبکه‌ها بسیار مهم می‌باشند. تعریف این معیارها بر اساس (Kumari and Shylaja, 2019) در ادامه آمده است.

- **تأخیر انتها به انتها (*E2ED*[9])**: مدت زمانی است که طول می‌کشد تا بسته‌های اطلاعاتی انتقال داده شده و بین خودروها ردوبدل شوند. این معیار از تفاضل زمان رسیدن مجموع بسته‌ها به مقصد (TR_{ij}) و زمان ارسال بسته‌ها به مبدأ (TS_{ij}) طبق رابطه زیر به دست می‌آید.

$$E2ED = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} R_i}\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{R_i} T\,R_{ij} - TS_{ij}\right) \quad (۸)$$

- **نرخ تحویل بسته (*PDR*[10])**: برابر است با نسبت تعداد بسته‌های داده‌ای که به‌طور موفق به گره‌های مقصد رسیده‌اند، به تعداد کل بسته‌هایی که از گره‌های مبدأ ارسال شده‌اند.

$$PDR = \frac{\Sigma \text{تعداد بسته‌های رسیده به مقصد}}{\Sigma \text{تعداد بسته‌های ارسالی}} \quad (۹)$$

- **سربار مسیریابی (*NRO*[11])**: نشان‌دهنده نسبت کل تعداد بسته‌های کنترل به بسته‌های داده منتقل‌شده به مقصد در طی زمان شبیه‌سازی است.

$$NRO = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{R_i}\left(\sum_{j=1}^{R_i}\sum_{k=1}^{p_{ij}} C_{ijk}\right) \quad (۱۰)$$

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

در این رابطه، C_{ijk} تعداد بایت‌های کنترل‌شده است که در k گام با ارسال j بسته توسط منبع i ارسال می‌شوند.

- **میانگین تعداد گام (AHC^{12})**: نشان‌دهنده تعداد گام طی شده جهت ارسال بسته داده از مبدأ به مقصد است.

$$AHC = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{R_i}\left(\sum_{j=1}^{R_i}\sum_{k=1}^{p_{ij}} H_{ijk}\right) \qquad (۱۱)$$

در این معیار، مجموع تمام گام‌ها از مبدأ به مقصد برای هر مسیر شمارش شده و میانگین این عدد برای کل مسیرها محاسبه می‌شود.

٤-٢- تنظیمات شبیه‌سازی

راهکار پیشنهادی با استفاده از نرم‌افزار NS-2 شبیه‌سازی شده است. مقادیر پارامترهای استفاده‌شده در شبیه‌سازی در جدول ۲ بیان‌شده است.

جدول ۲. پارامترهای شبیه‌سازی

پارامتر	مقدار
محیط	۱۰۰۰*۱۰۰۰
محدوده انتقال	۲۵۰ متر
نوع آنتن	Omenia Antenna
سرعت	۵-۲۵ متر بر ثانیه
تعداد گره (خودرو)	۵۰-۲۵۰
لایه MAC	IEEE 802.11
نوع ترافیک	CBR (UDP)
اندازه بافر	۱۵۰ بسته
موقعیت قرارگیری گره‌ها	تصادفی

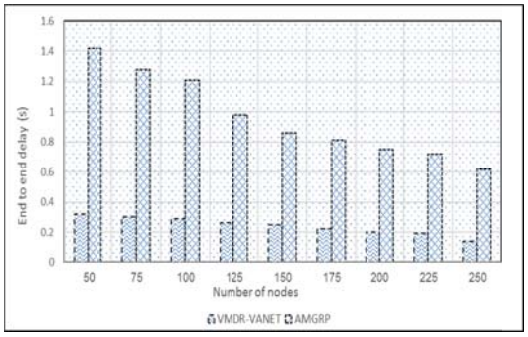
محیط شبیه‌سازی استفاده‌شده در این سناریو برای شبیه‌سازی ۱۰۰۰ متر در ۱۰۰۰ متر است. دامنه انتشار رادیویی برای هر خودرو ۲۵۰ متر در نظر گرفته شده و پروتکل لایه MAC آن IEEE 802.11 است. همچنین در این شبیه‌سازی دو جریان ترافیکی در شبکه وجود دارد که با نرخ ثابت بسته را به شبکه ارسال می‌کنند. شبیه‌سازی در سناریویی با تغییر تعداد گره و تغییر سرعت انجام گرفته است. در سناریوی تعداد گره یا خودرو، تعداد خودروهای موجود در شبیه‌سازی، بین ۵۰ تا ۲۵۰ خودرو در نظر گرفته شده و در سناریوی دوم، مقدار سرعت بین ۵ تا ۲۵ متر بر ثانیه تغییر یافته است. اندازه بافر استفاده‌شده در این سناریو ۱۵۰ بسته است. قرار گرفتن موقعیت گره‌ها در این سناریو به‌صورت تصادفی در نظر گرفته شده است.

٤-٣- نتایج شبیه‌سازی

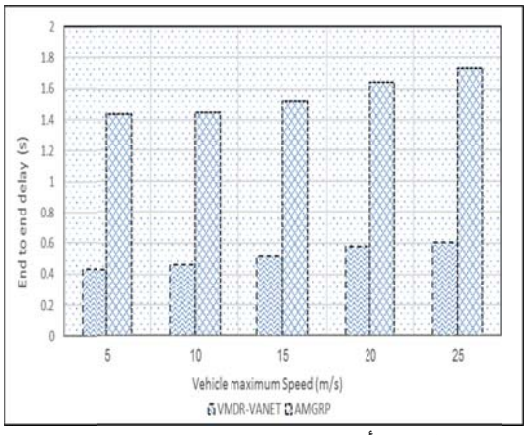
نتایج تجربی راهکار پیشنهادی به تفکیک معیارهای ارزیابی در این بخش آمده است. به‌منظور امکان مقایسه، نتایج روش مهم و مشابه AMGRP نیز ذکر شده است.

٤-٣-١- ارزیابی تأخیر انتها به انتها

در شبکه‌های بین خودرویی، تأخیر انتها به انتها اشاره به مدت زمانی دارد که بسته‌های اطلاعاتی به خودروهای دیگر می‌رسد و آن‌ها را از حوادث مطلع می‌کند. از آنجایی‌که یکی از دلایل ایجاد این شبکه‌ها ارسال سریع و به‌موقع پیام‌های اضطراری به دیگر خودروها برای جلوگیری از وقوع خطر و اطلاع از حوادث اتفاق افتاده است، بنابراین این معیار در این شبکه‌ها اهمیت بسیاری دارد. نتایج ارزیابی این معیار در دو سناریوی تعداد گره و سرعت‌های متفاوت به ترتیب در شکل‌های ۷ و ۸ آمده است.



شکل ۷. تأخیر انتها به انتها در سناریوی تعداد گره



شکل ۸. تأخیر انتها به انتها در سناریوی سرعت

Archive of SID.ir

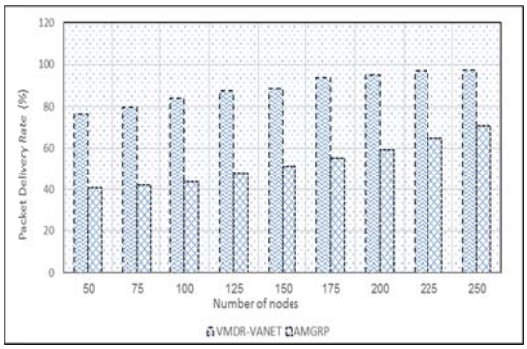
Archive of SID.ir

همان‌طور که مشاهده می‌شود، تأخیر انتها به انتها برای VMDR-VANET در مقایسه با AMGRP به‌طور قابل‌توجهی پایین‌تر است. دلیل این امر این است که در روش پیشنهادی، با استفاده از پیام آگاهی‌دهنده، تمامی گره‌ها از موقعیت همسایگان خود اطلاع پیدا کرده و همیشه کوتاه‌ترین فاصله برای گام بعدی انتخاب می‌شود. در این روش در مسیر مستقیم، بهترین خودرو از نظر تأخیر و چگالی انتخاب می‌شود و در تقاطع نیز خودروی با تأخیر کمتر، سریعاً توسط هماهنگ‌کننده انتخاب می‌شود.

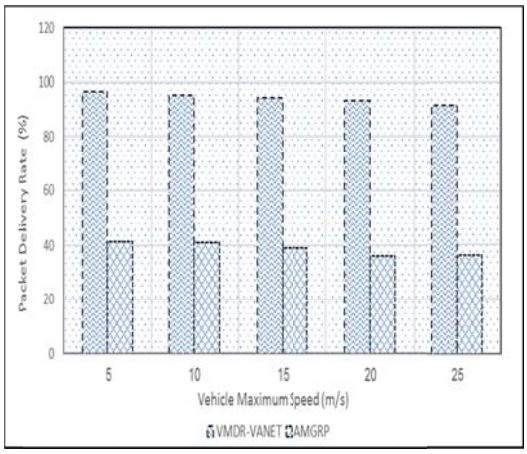
درحالی‌که روش AMGRP تنها برای مسیرهای مستقیم مناسب است،VMDR-VANET در تقاطع‌ها نیز قادر به مسیریابی با عملکرد خوبی بوده و پیام‌ها با تأخیر بسیار کمی به اتومبیل‌های مقصد می‌رسند.

٤-٣-٣- ارزیابی نرخ تحویل بسته

نتایج ارزیابی این معیار در دو سناریوی تعداد گره و سرعت‌های متفاوت به ترتیب در شکل‌های ۹ و ۱۰ آمده است.



شکل ۹. نرخ تحویل بسته در سناریوی تعداد گره

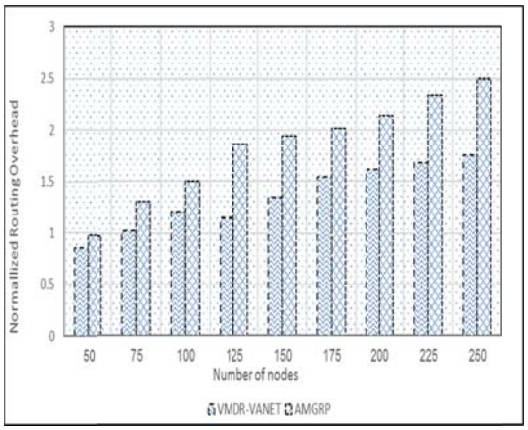


شکل ۱۰. نرخ تحویل بسته در سناریوی سرعت

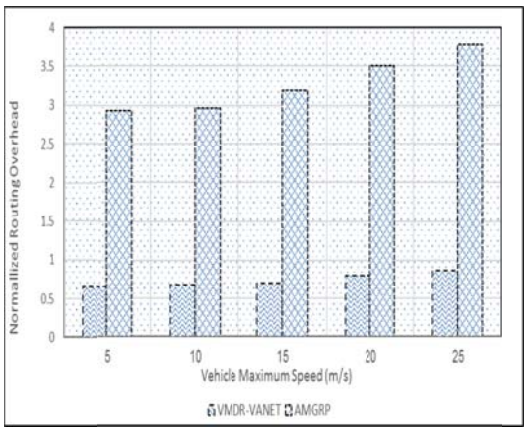
نمودارها در این دو شکل نشان می‌دهند که نرخ رسیدن بسته برای VMDR-VANET در مقایسه با AMGRP به‌طور قابل توجهی بهتر است؛ زیرا در روش پیشنهادی، پیام‌های اضطراری سریع‌تر به مقصد می‌رسند و همچنین با استراتژی که برای تمامی مسیرها و تقاطع‌ها در نظر گرفته شده، امکان از دست رفتن بسته‌ها بسیار کاهش می‌یابد. در VMDR-VANET در مسیر مستقیم، علاوه بر تأخیر، معیار چگالی نیز استفاده می‌شود که به تعداد همسایه‌های یک خودرو بستگی دارد و موجب می‌شود سریعاً بسته منتقل شود. در تقاطع‌ها نیز این روش با استفاده از خودروی هماهنگ‌کننده سریعاً بهترین خودرو از نظر فاصله و تأخیر را انتخاب می‌کند بنابراین نرخ تحویل بسته در آن بالاتر است.

٤-٣-٤- ارزیابی سربار مسیریابی

نتایج ارزیابی این معیار در دو سناریوی تعداد گره و سرعت‌های متفاوت به ترتیب در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ آمده است.



شکل ۱۱. سربار مسیریابی در سناریوی تعداد گره



شکل ۱۲. سربار مسیریابی در سناریوی سرعت

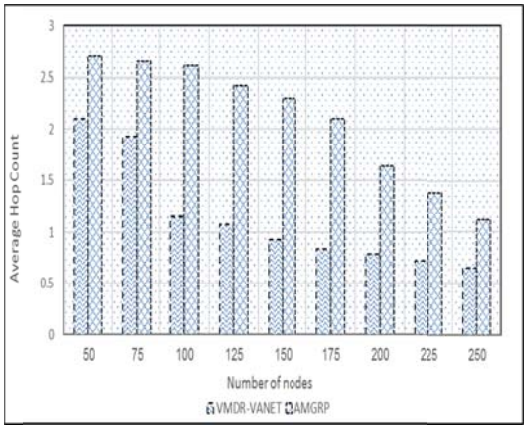
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

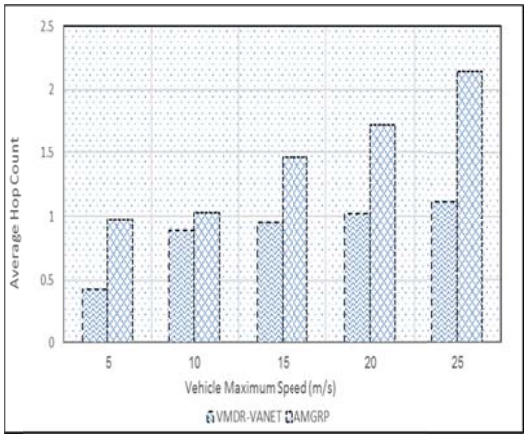
همان‌طور که در این نمودارها مشاهده می‌شود، سربار مسیریابی VMDR-VANET نسبت به AMGRP کمتر است؛ زیرا در هر محدوده، یک بار پیام HELLO ارسال می‌شود و با انتخاب خودروی مناسب، این خودرو بسته را حمل کرده و با سرعت به مقصد منتقل می‌سازد. در تقاطع نیز هماهنگ‌کننده موجب می‌شود که پیام HELLO در تمامی تقاطع‌ها انتقال داده نشود و توسط خود هماهنگ‌کننده سریعاً خودروی بعدی انتخاب شود؛ بنابراین سربار در روش پیشنهادی کاهش یافته است.

٤-٣-٥- ارزیابی میانگین تعداد گام

نتایج ارزیابی این معیار در دو سناریوی تعداد گره و سرعت‌های متفاوت به ترتیب در شکل‌های ۱۳ و ١٤ آمده است.



شکل ۱۳. میانگین تعداد گام در سناریوی تعداد گره



شکل ١٤. میانگین تعداد گام در سناریوی سرعت

طبق نمودارهای این دو شکل، VMDR-VANET در مقایسه با AMGRP در این معیار نیز بهتر عمل می‌کند. چون روش پیشنهادی در مسیرهای مستقیم و تقاطع‌ها می‌تواند به سرعت مناسب‌ترین خودرو را برای انتقال بسته انتخاب کند و خودروی انتخابی دارای تأخیر و فاصله کمتری تا مقصد است، بنابراین میانگین تعداد گام در روش پیشنهادی بهبود داده شده است.

۵-نتیجه‌گیری

در این مقاله، یک روش مسیریابی و انتشار سریع پیام‌های اضطراری با نام VMDR-VANET برای شبکه‌های موردی خودرویی پیشنهاد شده است. بر خلاف روش‌هایی که تنها از یک معیار جهت انتخاب خودرو برای انتقال بسته داده استفاده می‌کنند، VMDR-VANET از معیارهای سرعت و فاصله برای محاسبه تأخیر هر خودرو در هر اتصال، با توجه به کشف اطلاعات تمامی خودروهای همسایه استفاده نموده و بعلاوه، معیار چگالی به معنی تعداد همسایه‌های یک خودرو را نیز به کار می‌برد؛ بنابراین خودرویی با کمترین تأخیر و فاصله و بیشترین چگالی به‌عنوان گام بعدی جهت انتقال بسته انتخاب می‌شود. برای انجام این کار پیامی را برای کشف اطلاعات خودروهای همسایه و همچنین آگاهی از موقعیت آن‌ها ارسال می‌کند و طبق جداول مسیریابی گره‌ها، تأخیر و چگالی محاسبه می‌شود. در این روش، تأخیر اهمیت و اولویت بالاتری نسبت به چگالی دارد، زیرا در شبکه‌های بین خودرویی، ارسال سریع پیام‌های هشدار مانند خبر تصادف، بسیار ضروری است. بنابراین برای انتخاب خودروی بعدی، ابتدا معیار تأخیر و پس از آن میزان چگالی بررسی می‌شود. نوآوری دیگر VMDR-VANET، روش مسیریابی آن در تقاطع‌ها است. به این صورت که ابتدا مناسب‌ترین خودرو در تقاطع، به‌عنوان هماهنگ‌کننده معرفی شده و با دریافت اطلاعات گره‌های همسایه، این اطلاعات را به همراه درخواست مبدأ و موقعیت آن انتشار می‌دهد تا همسایگان بتوانند در مورد حرکت بعدی پیش‌بینی درستی انجام دهند. با دریافت این اطلاعات، یک گره می‌تواند متوجه شود که آیا در محدوده مبدأ بوده و نیز دارای حداقل تأخیر جهت ارسال به مقصد است. در این حالت بهترین خودرو به‌عنوان دریافت‌کننده بسته جهت گام بعدی معرفی شده و این روند تا ارسال بسته به مقصد ادامه می‌یابد. برای اثبات کارایی VMDR-VANET، شبیه‌سازی آن انجام شده و نتایج

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

ارزیابی معیارهای تأخیر انتها به انتها، نرخ تحویل بسته، سربار مسیریابی و میانگین تعداد گام، نشان داد که این روش عملکرد بهتری در مقایسه با کارهای مشابه دارد و همچنین با توجه به ارزیابی‌های انجام شده در سناریوی تعداد گره، کارایی خوبی را در هر دو ترافیک سبک و سنگین از خود نشان می‌دهد.

٦-پی‌نوشت‌ها

1. Vehicular Ad-hoc Networks
2. Device-to-Device
3. Software Defined Networks
4. Road-Side Unit
5. Ad-hoc On Demand Vector
6. AHP-based Multimetric Geographical Routing Protocol
7. Vehicles Mobility and Density based Routing in Vehicular Ad-hoc Networks
8. Transfer Range
9. End-to-End Delay
10. Packet Delivery Ratio
11. Normalized Routing Overhead
12. Average Hop Count

۷-مراجع

-خالقی‌تبار، اکرم، و فرازکیش، راضیه (۱۳۹٦). بهبود مسیریابی برای شبکه‌های موردی بین خودرویی (VANETs) با استفاده از الگوریتم‌های الهام گرفته از طبیعت. *محاسبات نرم*، ٦(۲)، ۷۲-۸۵.

-زندی، مینا، جهانشاهی، محسن، و هدایتی، علیرضا (۱۳۹۹). بهینه‌سازی مسیریابی در شبکه‌های اجتماعی خودرویی با استفاده از الگوریتم کرم شب‌تاب. *مجله بین‌المللی ریاضیات صنعتی*. ۱۳(٤)، ۳٦۹-۳٦۱.

-عرب‌نژاد، رعنا، و بابائی، شهرام (۱۳۹۹). ارائه یک الگوریتم مسیریابی مبتنی بر جهت حرکت و موقعیت خودروها برای شبکه‌های موردی بین خودرویی. *مجله علمی رایانش نرم و فناوری اطلاعات*. ۹(۳)، ۲۱۳-۲۰٦.

-مظلومی‌فرد، بهاره، و حاتم‌لو، عبدالرضا (۱۳۹۹). یک پروتکل مسیریابی آگاه از جاده برای شبکه‌های موردی بین خودرویی. *روش‌های هوشمند در صنعت برق*. ۱۱(٤۳)، ۸۲-٦۹.

-Ahmed, I., Rahman, K. A., & Tepe, K. E. (2014). A mobility tolerant routing algorithm for vehicular ad hoc networks. Paper presented at the 2014 27th Biennial Symposium on Communications (QBSC).

-Bhoi, S. K., Khilar, P. M., & Singh, M. (2017). A path selection based routing protocol for urban vehicular ad hoc network (UVAN) environment. *Wireless Networks*, *23*(2), 311-322.

-Cao, X., Liu, L., Cheng, Y., Cai, L. X., & Sun, C. (2016). On optimal device-to-device resource allocation for minimizing end-to-end delay in VANETs. *IEEE transactions on vehicular technology*, *65*(10), 7905-7916.

-Cárdenas, L. L., Mezher, A. M., Bautista, P. A. B., & Igartua, M. A. (2019). A probability-based multimetric routing protocol for vehicular ad hoc networks in urban scenarios. *IEEE Access*, *7*, 178020-178032.

-Cooper, C., Franklin, D., Ros, M., Safaei, F., & Abolhasan, M. (2016). A comparative survey of VANET clustering techniques. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, *19*(1), 657-681.

-Goudarzi, F., Asgari, H., & Al-Raweshidy, H . S. (2018). Traffic-aware VANET routing for city environments—A protocol based on ant colony optimization. *IEEE Systems Journal*, *13*(1), 571-581.

-Hanan, A. H. A., Idris, M. Y., Kaiwartya, O., Prasad, M., & Shah, R. R. (2017). Real traffic-data based evaluation of vehicular traffic environment and state-of-the-art with future issues in location-centric data dissemination for VANETs. *Digital Communications and Networks*. *3*(3), 195-210.

-Hasan, O., Miao, J., Mokhtar, S. B., & Brunie, L. (2013). A privacy preserving prediction-based routing protocol for mobile delay tolerant networks. *Paper presented at the 2013 IEEE 27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA)*.

-He, Z., & Zhang, D. (2017). Cost-efficient traffic-aware data collection protocol in VANET. *Ad Hoc Networks*. 55, 28-39.

-Huo, Y., Dong, W., Qian, J., & Jing, T. (2017). Coalition game-based secure and effective clustering communication in vehicular cyber-physical system (VCPS). *Sensors*. *17*(3), 475.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

International Conference on Information, Intelligence, *Systems and Applications (IISA)*.

-Venkatramana, D. K. N., Srikantaiah, S. B., & Moodabidri, J. (2017). SCGRP: SDN-enabled connectivity-aware geographical routing protocol of VANETs for urban environment. *IET Networks*. *6*(5), 102-111.

-Wu, J., Fang, M., Li, H., & Li, X. (2020). RSU-assisted traffic-aware routing based on reinforcement learning for urban VANETs. *IEEE Access*. 8, 5733-5748.

-Zhou, S., Li, D., Tang, Q., Fu, Y., Guo, C., & Chen, X. (2021). Multiple intersection selection routing protocol based on road section connectivity probability for urban VANETs. *Computer Communications*. 177, 255-264.

-Zhou, Y., Li, H., Shi, C., Lu, N., & Cheng, N. (2018). A Fuzzy-Rule Based Data Delivery Scheme in VANETs with Intelligent Speed Prediction and Relay Selection. *Wireless Communications and Mobile Computing*. *7637059*.

doi:10.1155/2018/7637059

-Katsaros ,K., Dianati, M., Tafazolli, R., & Kernchen, R. (2011). CLWPR—A novel cross-layer optimized position based routing protocol for VANETs. *Paper presented at the 2011 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC)*.

-Kazi, A. K., & Khan, S. M. (2021). DyTE: An Effective Routing Protocol for VANET in Urban Scenarios. Engineering. *Technology and Applied Science Research*. *11*(2), 6979-6985.

-Kumari, N. D., & Shylaja, B. (2019). AMGRP: AHP-based multimetric geographical routing protocol for urban environment of VANETs. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*. *31*(1), 72-81.

-Li, J., Lu, H., & Guizani, M. (2014). ACPN: A novel authentication framework with conditional privacy-preservation and non-repudiation for VANETs. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*. *26*(4), 938-948.

-Mantas, N., Louta, M., Katsaros, K., & Kraounakis, S. (2017). Social CLWPR: A socially enhanced position based routing protocol for handling misbehaviour in VANETs. Paper presented at the 2017 8th

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Improving the Routing in VANETs based on Vehicle Density and Mobility

Adel Ebrahimi, Department of Electrical and Computer Engineering,

Mobarakeh Branch, Islamic Azad University, Mobarakeh, Isfahan, Iran.

Keyvan Mohebbi, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Isfahan

(Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

E-mail: k.mohebbi@khuisf.ac.ir

Received: September 2023 Accepted: January 2024

ABSTRACT

Vehicular ad-hoc networks are a sub-category of mobile ad-hoc networks. The most important routing challenges in these networks include: reducing network overhead, avoiding congestion, and increasing packet delivery rates. In vehicular networks, on-time broadcasting and sending warning messages, such as accident and damage prevention, congestion control, and road condition messages to vehicles exposed to danger is of particular importance. In this paper, a new approach called VMDR-VANET is proposed to improve routing in vehicular ad-hoc networks. This approach selects the appropriate vehicle to send a packet to the target using an alert message to the neighboring vehicles and considering the distance, speed, delay, and density criteria. In addition, it can be used both for direct routes and for predicting the movement of vehicles at intersections. The results of the VMDR-VANET simulation show the proper performance of this approach so that on average, it has improved by 62 percent in packet delivery rate, 45 percent in end-to-end delay, 25 percent in hop count, and 30 percent in routing overhead compared to similar works.

Keywords: Vehicular Ad-Hoc Network (VANET), Routing, Vehicles Density and Mobility, Latency Reduction, Direct Route and Intersection

Archive of SID.ir