



تأخیر در شبکه‌های خودروی موقتی: مطالعه و بررسی

ندا حیدری، سید محمود دانشور فرزنانگان^{۲*}

^۱ نواحیدری، دانشکده مهندسی کامپیوتر، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
nh_7070@yahoo.com

^{۲*} استادیار، دانشکده مهندسی کامپیوتر، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران
m_daneshvar@pel.iaun.ac.ir

چکیده

شبکه‌های خودروی موقتی (VANET) نوعی از شبکه‌های موقتی همراه (MANET) می‌باشند که در آن، خودرو به‌عنوان یک روتر و همچنین میزبان عمل نموده و وظیفه‌ی انتقال و دریافت اطلاعات و داده‌ها به خودروهای مجاور و همچنین تجهیزات موجود در جاده‌ها را بر عهده دارد. وجود چنین شبکه‌های موقتی، امکان بالا بردن ایمنی به هنگام رانندگی، صرفه‌جویی در زمان و همچنین هزینه را بر عهده دارد و در عبارتی کلی، کیفیت رانندگی را ارتقا می‌بخشد. در شبکه‌های VANET، بایستی مسیر انتقال داده و نحوه‌ی انتقال آن به صورتی باشد تا از بروز تصادفات و برخوردهای ناخواسته، رخداد ترافیک و غیره تا حد ممکن اجتناب شود. در این مقاله سعی بر آن است تا پروتکل‌های مختلف مسیریابی داده مورد بررسی قرار گرفته به‌نحوی که مسیر انتقال داده در مناطق شهری و آزادراه‌ها با کمترین تأخیر صورت گرفته و اطمینان از رسیدن اطلاعات به مقصد و عدم از دست رفتن بسته‌های اطلاعات حاصل گردد.

کلمات کلیدی

خودرو - شبکه‌های موقتی - تأخیر

اتومبیل‌سازی، شرکت‌های اتومبیل‌سازی بیشترین سعی خود را در ساختن تجهیزات ارتباطی داخل خودرو برای افزایش ایمنی، کاهش اتلاف منابع، مسیریابی صحیح برای کاهش اتلاف وقت و بهبود در تجربه رانندگی و جلوگیری از ترافیک و همین‌طور استفاده از امکانات تفریح و سرگرمی و راحتی بیشتر افراد نموده‌اند.

امروزه خودروها قادر هستند تا از فن‌آوری ارتباطی بی‌سیم در ارتباطات خود استفاده نمایند. از این‌رو استفاده از شبکه‌های خودروی موقتی به‌گونه‌ای که در آن هر یک از خودروها، خود در نقش یک گره می‌باشند، امروزه مورد توجه و استفاده قرار گرفته است. در این نوع از شبکه‌ها، هر خودرو بسته به علائم و هشدارهای رانندگی سرعت و مسیر خود را تعیین می‌نماید [۱]. کاربردهای بسیار متعددی برای این نوع از شبکه‌ها وجود داشته و شبکه‌های خودروی موقتی می‌توانند برای اهداف متفاوتی مورد استفاده قرار گیرند. بالا بردن سطح ایمنی به هنگام رانندگی، اجتناب از رخداد تصادف، نظارت مداوم بر رانندگی

۱- مقدمه

در اولین سال‌های تولید اتومبیل و تولید این ساخته دست بشر تا به امروز جهان شاهد پیشرفت‌های زیادی در این صنعت بوده است که یکی از بنیادی‌ترین صنایع قرن حاضر هست. در این مقوله الکترونیک خودروها تا حدی از قافله پیشرفت عقب افتاد، چون در ابتدا بیشتر توجه خودروسازان بر طراحی موتور، شاسی، فرم اتاق و ... متمرکز شده بود. همچنین استفاده وسیع از وسایل الکترونیکی تا به این حد که امروزه در خودروها کاربرد دارد، مورد توجه نبود؛ اما با توجه به مسائل بالا و افزایش قیمت قطعات مصرفی و دستمزد بالا، سعی بر کاهش هزینه و بالا بردن کیفیت خودرو، توجه خودروسازان را به لزوم ساده کردن سیستم‌کنشی موجود خودرو و ارتقاء این سیستم برای به‌کارگیری منابع مصرف‌کننده در خودرو معطوف کرد. در این بین توجه متخصصان به دستگاهی که در صنایع مخابراتی مورد استفاده بود، معطوف شد که تلفیق این سیستم با سایر فن‌آوری‌های موجود امروزی، در خودروسازی مورد استفاده قرار گرفت. با ورود دانش فناوری ارتباط به دنیای

^۱ Vehicular ad hoc network (VANET)

در سطوح شهری و بین‌شهری از جمله اهدافی است که در طی پیاده‌سازی این شبکه‌ها مدنظر قرار می‌گیرد.

از جمله چالش‌های اساسی این نوع از شبکه‌ها چگونگی برقراری اتصال مداوم میان خودروها در گره‌های موجود در شبکه هست. یکی از زمینه‌های مورد توجه پژوهشگران در این زمینه، برقراری مسیری مناسب در انتقال داده‌هاست.

در شبکه‌های خودروی موقتی، میزان بالایی از تحرک وجود داشته و هر گره از خودروها به‌عنوان یک میزبان و یا یک روتر بسته‌های اطلاعاتی را به دیگر گره‌ها ارسال نموده و توپولوژی خود در شبکه را به‌سرعت تغییر می‌دهند [۲]. در این نوع از شبکه‌ها، توپولوژی به‌سرعت تغییر یافته و خودروها همواره به شبکه اتصال ندارند. عدم اتصال مداوم گره‌ها در شبکه، نرخ پایین در انتقال داده و تغییرات متناوب در توپولوژی شبکه، از جمله مواردی است که شبکه‌های VANET را از دیگر شبکه‌های موقتی متمایز کرده است [۳].

در مناطق شهری بسیاری از موانع وجود دارد که خود می‌تواند ارتباطات را قطع نماید و وجود ساختمان‌های بزرگ از نمونه‌ی چنین موانعی محسوب می‌گردد. در نتیجه وجود چنین موانعی باید به‌هنگام ایجاد ارتباط، اطمینان حاصل شود که بسته‌های اطلاعاتی از دست نرفته و همچنین تأخیر در انتقال اطلاعات تا حد ممکن کم باشد.

در نهایت بایستی بیان داشت که برخی از چالش‌های پیش روی شبکه‌های خودروی موقتی (VANET) عبارت‌اند از:

- عدم انتقال داده بین گره‌ها به‌واسطه‌ی قطع ارتباط مداوم گره‌ها و همچنین تحرک بالا در این نوع شبکه‌ها خود چالشی مهم به‌شمار می‌آید.
- نحوه گردآوری اطلاعاتی نظیر تصادف، محدودیت سرعت، وجود موانع و شرایط ترافیک و غیره به‌منظور بالا بردن ایمنی و همچنین آسایش راننده نیز از دیگر چالش‌های این نوع از شبکه‌ها به‌شمار می‌آید.
- چالش دیگر انتخاب خودروها به‌صورتی است که به‌هنگام تحویل داده، بسته‌ها با حداقل تأخیر به‌هدف خود انتقال داده شوند.

انتقال داده‌ها با تأخیر چشمگیر و قابل توجه می‌تواند مشکلات بسیاری را به‌همراه داشته باشد. از این‌رو در این مقاله سعی بر این است تا پس از مروری کلی بر شبکه‌های VANET، برخی کاربردها و ویژگی‌های آن به‌مشریح بیان گردیده، ساختار این نوع از شبکه‌ها مورد بررسی قرار گرفته و در ادامه روش‌های کاهش تأثیر در این نوع شبکه‌ها مورد بررسی قرار گیرد.

۱-۱- کاربرد شبکه VANET

در راستای استفاده از شبکه‌های VANET، سه کاربرد عمده برای این شبکه‌ها در نظر گرفته شده است که عبارت‌اند از [۴]:

• ایمنی

افزایش ایمنی از مهم‌ترین کاربردهای شبکه‌های خودروی موقتی است که به‌وسیله‌ی کاهش تصادفات جاده‌ای و اجتناب از مرگ حاصل می‌شود. طبق

آمارهای جهانی تعداد بالایی از تصادفات جاده‌ای که منجر به مرگ می‌شود نتیجه‌ی تصادف بین خودروهاست. وجود این نوع شبکه به راننده این امکان را می‌دهد تا با در اختیار داشتن اطلاعات از مسیر، بتواند نظارت بیشتری بر رانندگی داشته و احتمال ایجاد تصادف را تا حد ممکن کاهش دهد.

• مدیریت ترافیک

کاهش میزان ترافیک شهری و صرفه‌جویی در وقت و هزینه‌ها از دیگر کاربردهای شبکه‌های خودروی موقتی است که می‌تواند به انسجام بخشیدن کلان‌شهرها کمک قابل توجهی نماید.

• کاربردهای سرگرم‌کننده

این نوع از کاربردها در حقیقت راحتی و آسایش را برای رانندگان و همچنین مسافران به‌همراه دارد. در این نوع از کاربرد، هدف این است که هرگونه اطلاعات در جهت بالا بردن آسایش راننده و مسافران در اختیار آن‌ها قرار گیرد. مواردی نظیر جستجو و ارائه‌ی نزدیک‌ترین مراکز خرید، مراکز تفریحی، رستوران، کافی شاپو سینما، مثال‌هایی محدود از این کاربرد است.

۲-۱- ویژگی‌های شبکه VANET

علاوه بر داشتن برخی ویژگی‌های مشابه با شبکه‌های موقتی، VANET ها دارای ویژگی‌های منحصر به فردی می‌باشند که آن‌ها را از دیگر شبکه‌ها متمایز می‌نماید و بر پژوهش‌ها در این زمینه تأثیر می‌گذارد [۴]. برخی از این ویژگی‌های منحصر به فرد که به آن‌ها اشاره شده است در ادامه به‌صورت خلاصه آورده می‌شود:

- قابل پیش‌بینی اما دارای توپولوژی با پویایی بالا
- دارای مدل متحرک
- شامل محیط‌های ارتباطی متفاوت
- قطع شدن اتصالات متناوب در طول شبکه

۳-۱- چالش شبکه‌های VANET

نخستین و بزرگ‌ترین چالش شبکه‌های بین خودرویی موقتی، امنیت آن‌ها است. به‌راحتی می‌توان تصور کرد که اگر کوچک‌ترین تهدیدی متوجه این‌گونه شبکه‌ها شود چه عواقب ناگوار جانی و مالی به دنبال خواهد داشت و برخلاف اینترنت یا وب، سلامت و جان انسان‌ها به‌طور مستقیم در معرض خطر قرار می‌گیرد. کافی است شبکه VANET اطلاعات دقیقی به راننده ندهد تا شاهد تصادف و واژگونی و ده‌ها رخداد دیگر باشیم. همچنین کوچک‌ترین اشتباه یا اختلال در برنامه‌ها یا حسگرهای درون خودرو می‌تواند نتایج خطرناکی به دنبال داشته باشد.

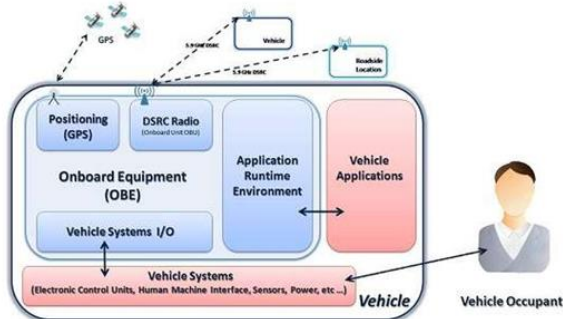
شبکه‌های «بین خودرویی موقتی» می‌توانند بزرگ‌ترین فناوری متحول‌کننده خودروها در دهه دوم هزاره دوم باشند و امنیت را به رانندگان هدیه کنند.

مسئله امنیت در شبکه‌های VANET آن‌قدر حساس و بحرانی است که یکی از عوامل اجرایی نشدن این شبکه‌ها در سال‌های گذشته محسوب می‌شود. انواع راه‌کارهای مبتنی بر رمزنگاری اطلاعات بین خودروها، ایزوله کردن شبکه و استفاده از مکانیک‌های احراز هویت برای خودروهای جدیدی که می‌خواهند وارد شبکه شوند، طراحی برنامه‌های اختصاصی اعتبارسنجی مانند VPKI، ELP و به‌کارگیری سخت‌افزارهایی با قابلیت اطمینان ۹۹،۹۹ درصد و ده‌ها طرح دیگر، برخی از کارهای صورت گرفته برای امن کردن شبکه‌های

۳- نحوه عملکرد قطعات در شبکه‌های موقت بین خودرویی

داخل خودروهای شبکه‌های موقتی بین خودرویی، تجهیزات بسیاری نصب می‌شود تا امکان برقراری ارتباط با شبکه را داشته باشند. در بازه‌های زمانی خاص، پیام‌های مربوط به سرعت، ترافیک، علائم جاده‌ای، وضعیت ترمزها و جهت حرکت توسط واحد داخل خودرو (OBU) به سایر خودروها همه پخش می‌شود و پیام‌های مربوط به سایر خودروها به خودروی موردنظر ارسال شده و مورد پردازش قرار می‌گیرند. در صورت وجود ترافیک یا تصادف و یا هر موقعیت اضطراری در مسیر، خودروها توسط سیستم موقعیت‌یابی جهانی (GPS)، مکان خود را به مرکز خاصی اعلام می‌کنند که با اطلاعات دریافتی، سعی در استخراج تصویر لحظه‌ای شبکه و خودروها دارد. همچنین در فواصل مشخصی اطلاعات مربوط به پیام‌ها، توسط تجهیزات کنار جاده‌ای به ایستگاه مرکزی (RSU) اطلاع داده می‌شود تا پیش‌بینی کلی در مورد رویدادهای تمام مناطق به دست آید. پیام‌های ترافیکی توسط ایستگاه پایه نیز به خودروها اطلاع داده می‌شود. ثبت اطلاعات خودرو مانند مکان، سرعت و زمان هنگام وقوع اتفاقات ضروری است که توسط واحد ضبط کننده وقایع (TPD) انجام می‌گیرد و مانند جعبه سیاه هواپیما عمل می‌کنند. اطلاعات توسط افرادی مانند مکانیک و یا پلیس استخراج می‌گردند تا در بررسی صحنه تصادف و یا شناسایی مقصر و سایر اطلاعات تصادف، مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین اطلاعات مربوط به پیام‌ها توسط مراکز تصدیق هویت ثبت می‌شود تا در صورت لزوم از آن‌ها استفاده شود.

شکل ۲ اجزای حساس در شبکه‌های موقت بین خودرویی را نشان می‌دهد.



شکل ۲. اجزای حساس در شبکه‌های موقت بین خودرویی [۴]

حساس بودن نحوه‌ی ارتباط قطعات در داخل شبکه و وظایفی که باید دنبال نمایند اهمیت اطمینان از انتقال بسته‌های اطلاعاتی در حداقل زمان ممکن نبود تأخیر بیش‌ازحد را شفاف می‌سازد. در همین راستا در ادامه به راهکارهای کاهش تأخیر در شبکه‌های VANET پرداخته می‌شود.

۴- مروری بر راهکارهای کاهش تأخیر در شبکه‌های VANET

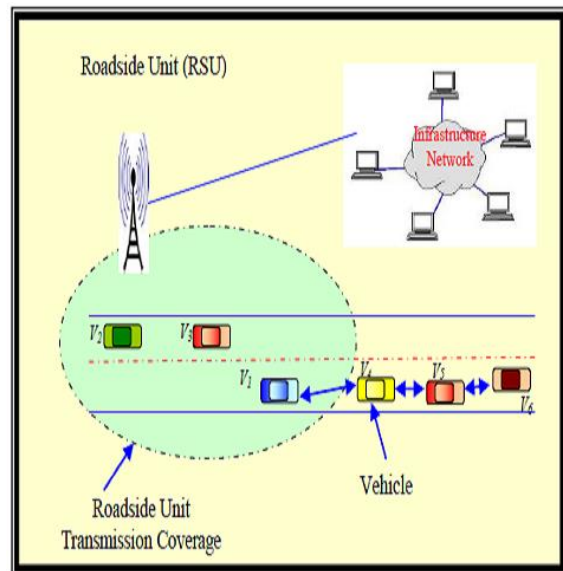
در این بخش سعی بر آن است تا راهکارهای کاهش تأخیر در شبکه‌های موقت بین خودرویی مورد بررسی قرار گیرد. در راستای کاهش تأخیر از الگوریتم‌های مختلفی استفاده شده است که در ادامه معرفی خواهند شد.

VANET است. به‌غیر از امنیت، مسیریابی اطلاعات و ارتباط میان خودروها با سرعت بالا چالش بعدی است. به علت نبود یک نود مرکزی، یک خودرو برای ارتباط با خودروی دیگری که به‌طور مستقیم امکان ارسال و دریافت اطلاعات را ندارد، باید از خودروهای میانی استفاده کند و چون سرعت در این شبکه‌ها یک فاکتور بسیار حیاتی است، الگوریتم مسیریابی اهمیت دوچندانی پیدا می‌کند. استفاده از سیگنال‌های چندگانه، مکانیک‌های تشخیص حضور و محو شدن خودروها در یک شبکه، پشتیبانی شرکت‌های خودروساز از استانداردها و پروتکل‌ها و ارتباط میان حسگرها از دیگر چالش‌های شبکه‌های VANET است.

وجود تأخیر به هنگام ارتباط میان نودها یا گره‌ها نیز از دیگر چالش‌هایی است که در شبکه‌های موقت خودرویی وجود داشته و بایستی مورد بررسی قرار گیرد.

۲- ساختار شبکه‌های VANET

همان‌گونه که در شکل ۱ نشان داده شده است، انتشار داده در شبکه‌های VANET به سه نوع ساختار وابسته است:



شکل ۱. ساختار ارتباطات بین خودرویی [۴]

- i. **ساختار V2V:** در این ساختار که به ساختار خودرو به خودرو^۲ معروف است، خودروها خود به‌عنوان تولیدکننده و مصرف‌کننده محسوب شده و اطلاعات را از دیگر خودروهای در شبکه تحویل گرفته و در طول شبکه برای دیگر خودروها، توزیع می‌کنند. در نتیجه‌ی این امر جمع‌آوری و توزیع داده‌ها توسط خودرو و به شیوه‌ای سریع انجام می‌پذیرد [۵].
- ii. **ساختار V2I:** این ساختار که به ساختار بی‌سیم خودرو به زیر ساختار معروف است، از زیر ساختار برای جمع‌آوری اطلاعات خودروها و انتقال به دیگر خودروها استفاده می‌نماید [۵].
- iii. **ساختار هیبریدی:** این ساختار ترکیبی از دو ساختار فوق می‌باشد.

^۲ Vehicle to Vehicle

^۴ Vehicle to infrastructure wireless

۱-۴- الگوریتم AODV

الگوریتم AODV^۵ یک روش مسیریابی است که به منظور کاهش تأخیر در سیستم‌ها ارتباطی شبکه‌های موقت خودرویی استفاده می‌شود. در این الگوریتم معمولاً کوتاه‌ترین مسیر به سمت هدف انتخاب می‌گردد. در این الگوریتم مسیری به سوی هدف، تنها به هنگام نیاز ایجاد می‌شود. این الگوریتم امکان مسیریابی یونیکست و مولتی کست را داشته و تا زمانی که نیاز به اتصال باشد، شبکه در حالت خاموشی قرار دارد. در این الگوریتم، در گره‌ای که نیاز به اتصال است درخواستی برای اتصال ارسال می‌گردد. دیگر گره‌ها این پیام‌ها را دریافت نموده و گره‌ای که درخواست ارائه داده را شناسایی می‌کنند و مسیری به سوی گرهی مدنظر ایجاد می‌نمایند. هنگامی که گره‌ای چنین پیامی را دریافت نموده و همچنین مسیری به گرهی مطلوب ایجاد شود، پیامی مجدداً ارسال می‌گردد. سپس کوتاه‌ترین مسیر انتخاب شده و اتصال برقرار می‌گردد. در صورت قطع اتصال مجدداً همین روند پیاده می‌شود. عمده هدف پروتکل، کم کردن تعداد پیام‌های انتقالی برای جلوگیری از پر شدن ظرفیت شبکه کاهش تأخیر در شبکه می‌باشد. در این راستا، در الگوریتم ارائه شده هر درخواست برای ایجاد مسیر دارای یک شماره توالی است. گره‌ها از این شماره توالی استفاده نموده تا درخواست مسیر تکراری نداشته باشند. از مزایای الگوریتم AODV این است که ترافیک اضافی برای شبکه ایجاد نمی‌کند. همچنین اساس پیاده‌سازی آن راحت و ساده است و نیاز به محاسبات پیچیده و حجم بالایی از حافظه ندارد [۶].

۲-۴- روش گام حریصانه^۶

در این الگوریتم، هدف یافتن مسیری است که دارای کمترین گرهی واسط باشد. پروتکل مدنظر به گونه‌ای طراحی شده است که در محیط شهری، مناطق چندگانه را مدنظر قرار دهد. در این الگوریتم درخواستی برای ایجاد مسیر ارائه شده و با توجه به گره‌های واسط مسیر انتخاب می‌گردد. در راستای ارسال بسته‌های اطلاعاتی میان دو گره، نیاز است تا از این بسته‌ها از گره‌های واسط نیز عبور کند و در صورتی که گره‌های واسط به اشتباه انتخاب شود، احتمال از دست رفتن بسته‌های اطلاعاتی و بالا رفتن زمان تأخیر نیز زیاد می‌شود. همچنین اگر مبدأ و یا مقصد نیز دچار تغییر شود، می‌تواند منجر به از دست رفتن بسته‌های اطلاعاتی گردد. از سوی دیگر بنا به پویایی بالای شبکه‌های موقتی بین خودرو، ممکن است مناطقی تهی در این نوع از شبکه‌ها ایجاد شده و مجدداً موجب ازدیاد تأخیر و از دست رفتن بسته‌های اطلاعاتی شود. به همین دلیل در این الگوریتم، هدف در نظر گرفتن گره‌هایی است که مسئولیت حفظ ارتباط و اتصال را بر عهده داشته باشند. به همین دلیل به این گره‌ها در الگوریتم مفروض، گره‌های پشتیبان گفته می‌شود. این گره‌ها به محض ورود به ناحیه‌ی تقاطع، حضور خود را بیان می‌کنند و منجر به پایدار ماندن اتصال می‌گردند. در این صورت بسته‌های اطلاعاتی از بین نرفته و تأخیر در ارسال اطلاعات کاهش می‌یابد [۷].

۳-۴- الگوریتم EBGR^۹

این الگوریتم مسیریابی برای ارسال پیام از چند گره به چند گره و یا از یک گره‌ی واحد به سایر گره‌ها در شبکه‌های موقت بین خودرویی طراحی شده است. هدف کلی از طراحی الگوریتم EBGR بهینه نمودن رفتار بسته‌های اطلاعاتی برای شبکه‌های VANET و کاهش حداکثری تأخیر در ارسال بسته‌ها در طول شبکه می‌باشد. این الگوریتم شامل شش واحد عملکردی برای رسیدن به مقاصد موردنظر در طراحی می‌باشد. اولین واحد بانام NNI مسئولیت جمع‌آوری اطلاعات گره‌های مجاور را در هر زمان دار است. واحد DC یا واحد محاسبه‌ی مسافت، بایستی از طریق سیستم GPS اطلاعات مسافتی گره‌ها را استخراج نماید. واحد DMI بایستی جهت حرکت گره‌های مجاور را تشخیص دهد. واحد RLS پایداری ارتباط و اتصال بین گره‌های مبدأ و مقصد و گره‌های مجاور را بررسی می‌نماید. واحد PS گره‌های مجاور را تشخیص می‌دهد که بالاترین پتانسیل برای ارسال بسته‌های اطلاعاتی به مقصد را دارا هستند. در نهایت نیز در واحد ENS گره‌های موجود در لبه که دارای بالاترین پتانسیل در سطوح مختلف انتقال اطلاعات هستند را تشخیص می‌دهد. با کنار یکدیگر قرار دادن این شش واحد، می‌توان بسته‌های اطلاعاتی را به صورت بهینه به مقصد رساند و همچنین تأخیر در شبکه را کاهش داد [۸].

۴-۴- کاهش تأخیر در شبکه‌های موقت خودرویی با

در نظر گرفتن مسیر دوطرفه و توپولوژی مسیر

در رویکردی جدید، بحث تأخیر در تحویل داده از مبدأ به مقصد، برای شبکه‌های موقت بین خودرویی، بر روی مسیرهای دوطرفه و با در نظر گرفتن توپولوژی کاملی از مسیر موردبررسی قرار گرفته است. در این توپولوژی، مسیرهای دوطرفه، مسیرهای گردش به چپ، گردش به راست، مسیرهای مستقیم و چراغ‌راهنماهای موجود در تقاطع بین مسیرها همگی در نظر گرفته شده‌اند. در این الگوریتم تأثیر توپولوژی مسیر به دقت موردبررسی قرار گرفته تا بتوان تأخیر در شبکه را به حداقل رسانید. با به کارگیری نظریه صف‌بندی و تحلیل عملکرد چراغ‌خطر در تقاطع‌ها، برای سناریوهای مختلف تأخیر کاهش داده شده است. نشان داده شده است که تأخیر تحویل داده در شبکه را می‌توان با انتخاب گره‌های تقویتی یا کمکی مناسب کاهش داد. در الگوریتم ارائه شده، جریان ترافیکی تقاطع‌ها در طول مسیر مورد تحلیل قرار گرفته و از تئوری صف‌بندی برای محاسبه‌ی زمان انتظار در صف در مسیر استفاده شده است. سپس مشخص گردیده است که توپولوژی مسیر دوطرفه می‌تواند زمان تأخیر تحویل داده را در مکان‌های برخورد دو جاده و یا در نقاط تقاطع کاهش دهد. در نتیجه از خودروهای موجود در جاده مخالف و مسیرهای گردش به چپ به عنوان گره‌های تقویتی و یا کمکی استفاده شده و با توجه به این مسئله، مسیرهای انتقال داده در راستای کاهش تأخیر طراحی شده است. با بررسی سناریوهای مختلف، فرمول‌هایی برای محاسبه‌ی تأخیر ارائه شده و مسیرهای ممکن در شبکه‌ای با ابعاد $n \times n$ مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. با ارائه‌ی چنین ایده‌ای تأخیر در شبکه به نحو مناسبی کاهش داشته است [۹].

^۵ Adhoc On Demand Distance Vector Routing

^۶ Hop Greedy Method

^۷ Backbone nodes

^۸ Intersection region

^۹ Edge Node Based Greedy Routing

^۱ Relay nodes

۵-۴- کاهش تأخیر با استفاده از الگوریتم کلونی مورچه

مورچه

ایده‌ی بهره‌گیری از شیوه‌ی مسیریابی مورچه بانام تخصصی الگوریتم کلونی مورچه از اینجا آغاز می‌شود که کلونی از مورچه‌ها، در مسیریابی خود از بر جای گذاشتن ماده‌ای شیمیایی به نام فرومون استفاده می‌نمایند. مورچه‌های مجاور با آگاهی از حضور این ماده‌ی شیمیایی، مسیری را اتخاذ می‌کنند که غلظت فرومون‌های برجای‌مانده بیشترین مقدار را داشته باشد.

این روش با معرفی شبکه در قالب الگوریتم هوشمند که ارتباطات خودرویی در آن در نظر گرفته شده است، آغاز می‌گردد. در این الگوریتم، هر خودرو می‌تواند با در نظرگیری مسیر موجود، سرعت و سایر پارامترها اطلاعات را به خودروها انتقال دهد. از سویی اطلاعات مربوط به تصادفات خودرویی نیز در نظر گرفته می‌شود. در الگوریتم مربوطه چنانچه خودرویی ضربه یا تصادفی را هشدار دهد، خودروهای مجاور از این برخورد آگاهی یافته و می‌توانند بنا به مسیر تغییر یافته تصمیمات جدیدی اتخاذ نمایند. به منظور تشخیص مسیرهای جدید از الگوریتم هوشمند استفاده شده است. استفاده از این الگوریتم هوشمند بانام IBI^۱ تأخیر در شبکه کاهش به همراه دارد [۱۰].

۶-۴- الگوریتم هیبریدی برگرفته از الگوریتم لانه‌زنبوری در راستای کاهش تأخیر شبکه‌های VANET

هدف از این الگوریتم پیاده شده ترکیب پروتکل‌های مسیریابی لانه‌زنبوری و الگوریتم ژنتیک به منظور بهینه‌سازی مسیریابی و کاهش تأخیر در شبکه‌های موقت بین خودرویی است. مکانیزم پایه این روش پیاده‌سازی الگوریتم بر روی شبکه‌ای است که به بخش‌های مختلف تقسیم نشده است. پس از پیاده‌سازی این روش، به واسطه‌ی بهره‌گیری روش از مزایای الگوریتم لانه‌زنبوری و الگوریتم شبکه بهبود در شبکه حاصل می‌گردد. بهینه‌سازی بر اساس پروتکل لانه‌زنبوری بر اساس رفتار هوشمندانه‌ی کلونی زنبورهای عسل در پیمودن مبدأ تا مقصد استوار است.

در الگوریتم کلونی‌های زنبورعسل (ABC) زنبورها شامل سه گروه می‌شوند: زنبورهای کارگر، تماشاچیان و پیشرو (طلایه‌دار). زنبورعسلی که در منطقه رقص برای ایجاد تصمیم به انتخاب یک منبع غذایی باقی می‌ماند زنبورعسل جستجوگر نامیده می‌شود و زنبورعسلی که به طرف منابع غذایی از پیش مشخص شده می‌رود زنبورعسل کارگر نام دارد. زنبورعسلی که جستجوی تصادفی انجام می‌دهد زنبورعسل پیشرو یا طلایه‌دار نام دارد.

در الگوریتم ABC، برای اولین بار نیمی از جمعیت زنبورها زنبور کارگر و نیمی دیگر زنبور جستجوگر هستند. برای هر منبع غذایی، فقط یک زنبورعسل کارگر وجود دارد. به عبارت دیگر، تعداد زنبورهای کارگر با تعداد منابع غذایی اطراف کندو باهم برابرند. زنبورعسل کارگر که در کار در منابع غذایی خسته شده‌اند زنبورهای جستجوگر پیشرو می‌شوند.

همچنین الگوریتم ژنتیک به کار گرفته شده در این روش فن تصادفی است که بر اساس ژنتیک عمل می‌نماید. در الگوریتم هیبریدی، نودها و گره‌های مبدأ تا مقصد توسط پروتکل لانه‌زنبوری ایجاد می‌شوند. تابع تناسب به‌عنوان

معیاری که بر اساس انتخاب، معرفی می‌گردد. اعمال این معیار بر روی سیستم باعث می‌شود تا نودها و گره‌های به‌اصطلاح ناتوان حذف شده و نودهای مناسب باقی بمانند. الگوریتم ژنتیک نیز وظیفه‌ی انتخاب این گره‌ها را بر عهده دارد. در نتیجه‌ی استفاده از این الگوریتم هیبریدی، مسیرهای مطمئن و بهینه بین مبدأ و مقصد با کمترین میزان تأخیر انتخاب می‌گردد [۱۱]. در جدول ۱، مقایسه‌ی بین روش‌های بررسی شده در این مقاله در زمینه کاهش تأخیر در شبکه‌های موقت بین خودرویی انجام گرفته است.

جدول ۱. مقایسه بین روش‌های کاهش تأخیر در شبکه

نام الگوریتم	هدف	مزایا	معایب
AODV	کاهش تأخیر	محاسبات کم، نیاز به حجم پایین حافظه، پیاده‌سازی راحت	در نظر نگرفتن پدیده از دست رفتن بسته‌های اطلاعاتی
روش گام حریصانه	کاهش تأخیر و ارسال بسته‌های اطلاعاتی	در نظر گرفتن پدیده از دست رفتن بسته‌های اطلاعاتی	انتخاب اشتباه گره موجب تأخیر می‌شود
الگوریتم EBGR	بهینه نمودن رفتار بسته‌های اطلاعاتی در جهت کاهش تأخیر	کاهش حداکثری تأخیر	در نظر نگرفتن پدیده از دست رفتن بسته‌های اطلاعاتی
استفاده از رویکرد مسیر دوطرفه و توپولوژی مسیر	کاهش تأخیر	در نظر گرفتن توپولوژی مسیر، کاهش تأخیر تا اندازه مناسب	نیاز به محاسبات بالا
الگوریتم کلونی مورچه	کاهش تأخیر	در نظر گرفتن الگوریتم‌های هوشمند	نیاز به حجم بالای محاسبات
الگوریتم هیبریدی برگرفته از لانه‌زنبوری	بهینه‌سازی مسیر و کاهش تأخیر	انتخاب مسیرهای بهینه با کمترین میزان تأخیر	نیاز به حجم بالای محاسبات

۵- نتیجه‌گیری

با پیشرفت روزافزون علوم و فناوری، جوامع سعی در بهره‌گیری از آن‌ها برای رفع مشکلات و بهینه‌سازی فرآیندها دارند. شبکه‌های موقت بین خودرویی یکی از این فناوری‌های پیشنهاد شده در شبکه حمل‌ونقل خودرویی است که می‌تواند کمک شایانی به صنعت حمل‌ونقل، صنعت بیمه خودرو، مدیریت جاده‌ای و بهبود بهره‌وری نهادهای مربوطه داشته باشد. از جمله کاربردهای تعریف شده برای این فناوری می‌توان به این موارد اشاره کرد:

- کاهش مشکلات ترافیکی
- پیشگیری از حوادث جاده‌ای
- بهبود مدیریت اقدامات لازم پس از حوادث جاده‌ای

^۱ Intelligent Bio Inspire

- Trends (IJSETT)*, Vol. 14, Issue 1, pp.12-16, March-2014.
- [6] Veena.V. Gopal, S. Manikandan. *An Innovative Method For Delay Reduction In VANET. International Journal of Engineering Science & Research Tech.* Vol 3, Issue 6. June 2014.
- [7] L. Vandana, R Varun, K, Swapna, V Bhupathi. *A Hop Greedy Method- A method To Reduce Delay In Vanets. International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management.* Vol 4. Issue 4. April 2015.
- [8] K. Prasanth et al. *Reducing Packet Transmission Delay In VANET using ENBGR Algorithm. International Journal of Computer Networks.* Vol 2, Issue 1. 2014.
- [9] Chang Gou, Demin Li, G Zhang, Zhao Chi. *Data Delivery Delay Reduction for VANETs on Bi-Directional Roadway. IEEE.* January 2017.
- [10] Jaya Sehgal. Poonam Arora. *Delay Optimization in VANET Using Ant Colony Optimization and WI-MAX. International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering.* Vol 3. Issue 8. August 2014.
- [11] K. Kaur. Er. Kumar. *Performance Evaluation of Bee Swarm Inspired Hybrid Routing Protocol Parameters for Application in VANETs. IJCSET.* Vol 6. Issue 6. 2013.

• کنترل اعتبار مدارک و کاربردهای آماری و رفاهی دیگر

شبیه‌سازی ترافیکی و شبکه حمل‌ونقل، پیشرفت‌های نرم‌افزاری قابل‌توجهی یافته است اما نیاز به همگامی با پیشرفت‌های سخت‌افزاری دارند. به‌علاوه، شبیه‌سازها برای ایجاد نتایج واقعی‌تر نیازمند در نظر گرفتن پارامترهای مؤثر مربوط است. هرچند VANET با چالش‌های بسیاری مانند چالش‌های اقتصادی، اجتماعی، امنیتی و فنی روبرو است اما چالش‌هایی نظیر تأخیر در شبکه و پیامدهایی که می‌تواند به همراه داشته باشد بایستی به‌صورت جدی موردبررسی قرار گیرند تا از وقوع حوادث ناگوار به‌شدت جلوگیری گردد. در همین راستا الگوریتم‌های مختلفی از لحاظ نظری ارائه شده که قادر است با به‌کارگیری روش‌های مختلف از بروز تأخیرهای نامناسب در این نوع از شبکه‌ها جلوگیری نموده و پدیده‌ی تأخیر را تا حد ممکن کاهش دهد.

۶- منابع

- [1] Saha AK, Johnson DB. *Modeling mobility for vehicular ad hoc network In: Proceedings of the ACM international workshop on vehicular ad hoc networks.* p. 91–2. Doi .2004.
- [2] Dubey Brij Bihari, Chauhan Naveen, Kumar Prashant, “A Survey on Data Dissemination Techniques used in VANETs,” *International Journal of Computer Applications*, vol.10, issue7, pp. 5-10, nov-2010
- [3] Daraghmi Yousef-Awwad, Yi Chih-Wei, Stojmenovic Ivan, Abdulaziz King, “Forwarding Methods in Data Dissemination and Routing Protocols for Vehicular Ad Hoc Network,” pp. ۷۴-۷۹, IEEE .۲۰۱۳.
- [4] Rakesh Kumar, Mayank Dave, “A Review of Various VANET Data Dissemination Protocols”, *International Journal of uand eService, Science and Technology*, Vol. 5, Issue 3, pp.27-44, Sep-2012.
- [5] *Analysis of Cluster-based data dissemination protocols in VANET”, International Journal for Science and Emerging Technologies with Latest*