

ارائه یک طرح انتشار پیام‌های ایمنی مبتنی بر خوشه‌بندی در شبکه‌های

خودرویی اقتضایی

سامان کمالی، رضا ابراهیمی آتانی، حمید رضا ارکیان



۱- کارشناسی ارشد فناوری اطلاعات، دانشگاه گیلان

۲- استادیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی، دانشگاه گیلان

۳- کارشناسی ارشد فناوری اطلاعات، دانشگاه گیلان

Saman.kamali7@gmail.com

نام ارائه‌دهنده: سامان کمالی

کد مقاله: com-0882

خلاصه

VANETها در حقیقت کلاس خاصی از شبکه‌های اقتضایی متحرک (MANETs) می‌باشند که ویژگی‌های منحصر به فردی مانند سرعت بالا و تغییرات مکرر توپولوژی، این نوع شبکه را متمایز کرده است. تحقیقات صورت گرفته در مورد روش‌های انتشار پیام‌های ایمنی در VANET نشان می‌دهد که یک روش سریع با سربار کاهش یافته از بسیاری حوادث و تلفات جلوگیری می‌کند. ما در این مقاله یک طرح جدید انتشار پیام‌های ایمنی ارائه کرده‌ایم که از مزایای خوشه‌بندی پویا استفاده کرده و با تشکیل زنجیره‌ی متحرکی از خودروها در طول بزرگراه، عمل انتشار پیام را به صورت کارآمد انجام می‌دهد. در این طرح ابتدا با در نظر گرفتن معیارهای حرکتی اعضای خوشه تعیین شده و پس از آن جهت انتخاب سرخوشه معیار ترکیبی جدیدی استفاده می‌شود که موجب افزایش ثبات خوشه می‌گردد. همچنین برای تشکیل زنجیره خودرویی، انتخاب گره دروازه به روشی تعاملی با در نظر گرفتن شروط مختلفی صورت می‌پذیرد. روش انتشار پیام‌های ایمنی پیشنهادی دارای سربار و تاخیر کمتر بوده و برای هر دو محیط پرتراکم و کم تراکم مناسب است. ما کارایی طرح پیشنهادی را نیز در مقایسه با دو روش انتشار موجود ارزیابی کرده و بر اساس نتایج نشان می‌دهیم که طرح ما در زمینه نرخ تحویل داده و تاخیر تحویل، بهتر عمل می‌کند.

کلمات کلیدی: شبکه‌های خودرویی اقتضایی، VANET، انتشار، خوشه‌بندی

۱. مقدمه

با گذر زمان و ظهور فناوری‌های جدید، یکی از مسائل جدید ارتباطات بین خودروها می‌باشد. افزایش تعداد وسایل نقلیه در جهان، با افزایش میزان خسارت‌های مالی و جانی همراه است. علاوه بر این، مساله مهم دیگر اتلاف زمان و انرژی در جاده‌ها است. شبکه خودرویی اقتضایی (VANET)^۱ یکی از مهم‌ترین قسمت‌های کلیدی برای سیستم‌های حمل و نقل هوشمند (ITS)^۲ می‌باشد. کمیسیون ارتباطات فدرال ایالات متحده با تصویب استانداردها و پهنای‌باند لازم برای ارتباطات خودروها با یکدیگر و همچنین استفاده از تجهیزات ثابت کنار جاده‌ای، فاز جدیدی از شبکه‌های بین خودرویی را تعریف کرده است. ارتباطات خودرویی از نظر رسانه انتقال اطلاعات و زیرساخت شبکه دارای انواع مختلفی است، نوع جدید و کارآمد این نوع ارتباطات، شبکه خودرویی اقتضایی است. ارتباطات این نوع شبکه بر اساس استاندارد DSRC^۳ [1] بوده و شامل دو نوع خودرو با خودرو (V2V) و خودرو با زیرساخت (V2I) است. این فناوری می‌تواند با بوجود آوردن بستری برای ارتباط خودروها و انتقال اطلاعات در زمان مناسب، و همچنین انتشار پیام‌هایی مانند هشدارهای ایمنی، مدیریت ترافیک و عکس‌العمل‌های فوری از بسیاری از خسارت‌ها جلوگیری کند و باعث کاهش تلفات شود. تفاوت اصلی VANET با دیگر شبکه‌های خودرویی این است که هیچ گره مرکزی و یا ایستگاهی مدیریت و کنترل شبکه را بر عهده ندارد. این شبکه از گره‌هایی با

^۱ Vehicular Ad hoc NETwork
^۲ Intelligent Transport Systems
^۳ Dedicated Short Range Communication

تحرك بالا تشكيل شده كه توپولوژی آن‌ها دائما در حال تغيير است. بر اساس اين ارتباطات خودروها به طور دائم اطلاعاتی را با يكديگر مبادله می‌کنند؛ بنابراین انتشار بهينه يکی از مهم‌ترین چالش‌های اين نوع شبکه است.

در VANET دو نوع داده وجود دارد، اطلاعاتی كه به تاخير حساس هستند مانند پیام‌های ایمنی و اطلاعاتی كه به تاخير حساس نبوده و اجباری برای تحویل فوری آن‌ها وجود ندارد، مانند اطلاعات ترافیکی یا اطلاعات آب و هوا. در بحث انتشار اطلاعات ایمنی به دلیل ارتباط مستقیم با جان انسان‌ها حساسیت‌های بسیاری وجود دارد، لذا انتشار درست و به موقع اطلاعات نقش مهمی را در شبکه‌های خودرویی ایفا می‌کند. اطلاعات ایمنی شامل پیام‌های مختلفی مانند هشدار پس از سانحه، هشدار وضعیت مخاطرات جاده‌ای، توصیه‌کننده‌ی کاهش سرعت / توقف، هشدار ازدحام جاده، تغییر خطوط و نزدیک شدن خودروی اورژانس می‌شود [2]. انتشار اطلاعات شامل پروتکل‌های مختلفی برای انتقال اطلاعات می‌باشد كه بسته به نوع کاربرد و محتوای پیام از آن‌ها استفاده می‌شود. انتشار سیل‌آسا و پخش جغرافیایی^۱، درخواست/پاسخ، اشتراك، پخش گردشی^۲ و خوشه‌بندی انواع پروتکل‌های انتقال اطلاعات می‌باشند كه در طرح پیشنهادی برای انتشار اطلاعات از خوشه‌بندی پویا استفاده شده است [5].

خوشه‌بندی در VANET روشی است كه می‌توان برای انتشار بهينه، کاهش سربار و همچنین کاهش تاخير تحویل پیام از آن استفاده كرد. خوشه‌بندی پویا مفهوم پایگاه ثابت را به طور كامل حذف می‌کند. در حقیقت خوشه‌بندی پویا تکنیکی است جهت تشكيل گروهی از خودروهای در حال حرکت كه هیچ‌گونه ارتباط و اتصال فیزیکی ندارند. يك خوشه پویا به صورت فیزیکی در طول جاده حرکت کرده و خودروها براساس سرعت و نزدیکی‌شان به سردهسته خوشه مشخص شده، عضو خوشه شده و یا خوشه را ترك می‌کنند [3]. باید به این نکته ضروری نیز توجه داشت كه در ارتباطات بین خودرویی كه مفهوم زیرساخت كنارجاده‌ای (RSU) حذف می‌شود، مزایای مختلفی قابل پیش‌بینی است: منعطف‌تر بوده، به شرایط كنار جاده وابسته نبوده و برای کشورهای در حال توسعه و همچنین نواحی فاقد زیرساخت بسیار مفید می‌باشد. همچنین این نوع ارتباطات می‌تواند جلوی محوشدگی سریع، زمان اتصال کوتاه، دست‌انداذهای مكرر و هرگونه مشكلی كه در ارتباط با سرعت بالای خودروها پیش می‌آید را بگیرد [4].

ما در این مقاله بر اساس مزایای خوشه‌بندی پویا در انتشار اطلاعات، يك طرح جدید انتشار پیام‌های ایمنی مبتنی بر خوشه‌بندی را ارائه می‌دهیم. در طرح پیشنهادی ابتدا در بزرگراه خوشه‌ها تشكيل شده و بر اساس معیارهای تعریف شده سرخوشه انتخاب می‌شود. پس از انتخاب سرخوشه برای فراهم نمودن بستر انتشار سریع اطلاعات، گره‌هایی مشترك از دو خوشه مجاور انتخاب می‌شوند و به این ترتیب يك زنجیره‌ی خودرویی در طول بزرگراه تشكيل شده و انتشار پیام‌های ایمنی از طریق این زنجیره‌ی خودرویی صورت می‌گیرد.

در بخش بعدی مقاله، کارهای تحقیقاتی مختلفی در این زمینه بیان می‌شود. بخش سوم شامل تشریح طرح پیشنهادی و دو سناریوی تشكيل خوشه و انتشار پیام بوده و در بخش چهارم نتایج شبیه‌سازی طرح بیان می‌گردد. در بخش پایانی نیز نتیجه‌گیری آورده شده است.

۲. پیشینه تحقیق

در مورد انتشار پیام‌های اضطراری و خوشه‌بندی، تحقیقات مختلفی صورت گرفته است كه در این بخش به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌كنیم. طرح بیکن ترافیکی تطبیقی كه در [6] بیان شده، از پخش دوره‌ای تطبیقی بر اساس پارامترهایی مانند سودمندی پیام و کیفیت كانال استفاده می‌کند. در اكثر موارد، ایده پخش جغرافیایی به عنوان مفهوم اصلی شبکه برای پیاده‌سازی انواع مختلف کاربردهای خودرویی مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ پروتکل‌های پخش جغرافیایی كه در شبکه VANET پیشنهاد می‌شوند به دو دسته واكنشی^۳ و پیش‌گیرانه^۴ تقسیم می‌شوند، نویسندگان در [7] این تقسیم‌بندی را انجام داده‌اند. در روش‌های واكنشی تعیین بازپخش‌کننده‌ی بعدی توسط فاز رقابت صورت می‌گیرد كه در [8] نویسندگان تنظیم اندازه پنجره رقابت در لایه MAC را پیشنهاد داده‌اند كه خودروهای دورتر برای دسترسی به كانال اولویت داشته باشند و بتوانند بازپخش‌کننده‌ی پیام باشند. در روش‌های پیش‌گیرانه، انتخاب و تعیین بازپخش‌کنندگان قبل از انتشار صورت می‌گیرد و با ایجاد ستون فقرات از خودروها در شبکه این عمل محقق می‌شود [9]. در طرح پیشنهادی [10]، روش انتشار پیام اضطراری مبتنی بر خوشه بیان شده كه از زمانبند جدیدی در آن استفاده می‌شود. در این طرح پس از تشكيل خوشه به صورت ساده و تعیین چندین مسیر سعی بر انتشار پیام به خوشه‌های دورتر شده كه با محاسبای زمان‌گیر همراه است. در طرحی دیگر برای انتشار پیام هشدار، هدف اصلی کاهش احتمال وقوع طوفان همه‌پخشی با استفاده از خوشه‌بندی بوده كه با محدود كردن بازپخش‌کنندگان پیام اتفاق

^۱ Geocasting
^۲ Beaconing
^۳ Reactive
^۴ Proactive

می‌افتد [11]. در [12] انتشار سیل آسای چندپخشی ۲-جهشی مبتنی بر موقعیت مطرح شده است که به دلیل مشکلات روش انتشار سیل آسا، در طرح پیشنهادی با استفاده از موقعیت گره‌ها و جدول همسایگان ۲-جهشی سعی بر بهینه نمودن آن شده است.

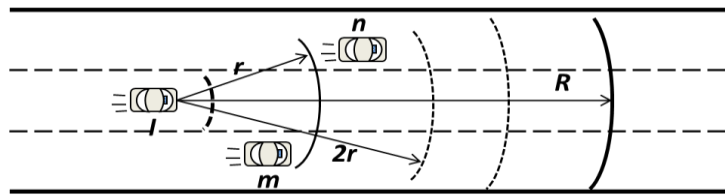
در بحث خوشه‌بندی و نگهداری از خوشه نیز تحقیقات بسیاری انجام شده که نشان از اهمیت و کاربرد آن در شبکه VANET دارد. یک پروتکل MAC به نام DBA-MAC در [13] ارائه شده که روشی برای پشتیبانی از ارتباطات پخش جغرافیای در سناریوی بزرگراه جهت کاربردهای مختلف است. DBA-MAC شامل یک طرح خوشه‌بندی توزیع شده و یک مکانیزم انتشار سریع اطلاعات است. در این طرح سه پارامتر مهم برای انتخاب اعضا در نظر گرفته شده است که در نرخ و میزان تاخیر تحویل‌دهی پیام تأثیر دارد. در طرحی دیگر الگوریتم خوشه‌بندی و یک پروتکل مسیریابی سلسله‌مراتبی جهت ثبات شبکه پیشنهاد شده است [14]. در این طرح سه معیار سنجش ثبات در شبکه نیز ارائه شده است که عبارتند از طول عمر خوشه، طول عمر اتصال بین خوشه‌ای و طول عمر مسیر انتها به انتها. یک روش خوشه‌بندی پویای چندعاملی^۱ در [3] پیشنهاد شده است که پارامترهایی نظیر سرعت خودرو، جهت حرکت را نیز در نظر می‌گیرد. این مقاله همچنین روشی برای تشکیل مجدد خوشه در زیربخش بعدی جاده بر اساس الگوی حرکتی ارائه داده است.

۳. طرح پیشنهادی

ما در این مقاله شبکه‌ی VANET را در نظر می‌گیریم که به طور محض مبتنی بر معماری خودرو به خودرو (V2V) بوده و خودروها در یک سناریوی بزرگراه در حال حرکت هستند. تمام خودروها به GPS و یک فرستنده/گیرنده VANET مجهز هستند. معماری مبتنی بر خوشه از خوشه‌های مختلف تشکیل شده است؛ خودروها در مسیر مشترک حرکت کرده و در همسایگی یکدیگر (به فاصله حدود ۱km) عضو یک خوشه می‌شوند. یک خوشه در سرتاسر دو تا چهار خط جاده (بسته به نوع جاده) گسترش می‌یابد. خوشه‌ها ظاهری مستطیلی شکل دارند. در شبکه خودرویی طول خوشه بسیار مهم بوده و حتماً بزرگتر از پهنای خطوط می‌باشد. مزیت مهم داشتن خوشه‌های متحرک مختلف این است که با وجود تحرک خودروها، سرخوشه و خود خوشه همراه خودروهای دیگر در خوشه حرکت می‌کنند. این مسئله تضمین می‌کند که با وجود سرعت بالای خودروها، به خاطر معماری خوشه‌های متحرک یک توپولوژی پایدار برقرار شده و خودروهای مجاور، در کنار یکدیگر باقی خواهد ماند.

ارتباطات درون خودرویی (IVC)^۲ در باند فرکانسی 5.9 GHz جهت پشتیبانی از کاربردهای ایمنی و غیرایمنی استفاده می‌شود. DSRC، پهنای باند 75 MHz را استفاده می‌کند که به هفت کانال تقسیم می‌گردد. کانالی به عنوان کانال کنترل در نظر گرفته شده و بقیه آن‌ها کانال‌های سرویس نام-گذاری می‌شوند [1]. فرض می‌شود خودروها از کانال کنترل جهت مبادله پیام‌های دوره‌ی و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به همسایه‌ها استفاده کرده و همچنین کانال سرویس را برای تعریف شعاع خوشه و انجام وظایف ارتباطی درون خوشه‌ی، به کار می‌گیرند. با توجه به توصیف DSRC در [1]، لایه لینک داده می‌تواند برد انتقال را تا ۱۰۰۰ متر یا یک کانال، تأمین کند. کاربردهای VANET می‌توانند برد طولانی‌تر (R) را برای کانال کنترل به کار گیرند، به‌طوری‌که سرخوشه می‌تواند با سرخوشه‌های همسایه برای انتشار پیام‌ها ارتباط برقرار کند و برد کوتاه‌تر (r) را برای کانال سرویس که برای مدیریت درون خوشه‌ای استفاده می‌شود، بکار گیرد. با استفاده از کانال کنترل، خوشه‌ها می‌توانند اطلاعات مربوط به وضعیت جاده را از طریق خوشه‌های همسایه دیگر جمع‌آوری کرده و سپس یک تصویر کامل از جاده که حتی می‌تواند فراتر از مرزهای خوشه خودشان باشد، بسازند.

شرط همسایگی به طور مستقیم به محدوده ارسال و دریافت گره وابسته است، البته DSRC یک واسط چندکاناله با محدوده‌های انتقال مختلف است. بنابراین شرط همسایگی باید مبتنی بر کانالی که استفاده می‌شود، مجدداً تعیین شود. تشریح این موضوع در شکل (۱) قابل مشاهده است. در این شکل سه خودروی l و m و n در یک ناحیه جغرافیایی قرار دارند. برای گره l، گره n از منظر کانال کنترل یک همسایه محسوب می‌شود اما از لحاظ کانال سرویس یک همسایه نیست، چراکه فاصله l بیشتر از r یا حداکثر برد کانال سرویس می‌باشد، اما گره m از منظر هر دو کانال یک همسایه محسوب می‌شود. پس به این ترتیب می‌توانیم بین سرخوشه‌های همسایه در طول یک بزرگراه ارتباط برقرار کرده و اطلاعات وضعیت جاده را بین آن‌ها ارسال و دریافت کنیم.



شکل ۱- محدوده ارسال و دریافت گره

گره‌ها در خوشه به سه نوع مختلف دسته‌بندی می‌شوند: سرخوشه (CH)، که مسئول ایجاد و سازماندهی خوشه می‌باشد؛ اعضای خوشه^۱ (CM) یا گره‌های نرمالی که متعلق به یک خوشه می‌باشند و گره‌های دروازه^۲ (GN) که در حقیقت CMهایی هستند که توسط سرخوشه برای مدیریت ارتباط با خوشه‌های مجاور انتخاب شده‌اند [15].

روش خوشه‌بندی پیشنهادی مسئولیتش ایجاد یک ستون فقرات مجازی از خودرو، در سناریوی بزرگراه، به صورت توزیع شده می‌باشد. این ساختار ستون فقراتی نیاز است که یکپارچه باشد، به این معنا که باید از چندین زنجیره به هم متصل از خودروها تشکیل شده باشد. هر GN دارای یک شماره توالی در زنجیره فعلی می‌باشد (شاخص i) و اطلاعات مربوط به سرخوشه قبلی و بعدی را نگهداری می‌کند. هرگاه یک پیام ایمنی توسط خودرویی تولید می‌شود، توسط خودروهای GN و CH به طریق جلودرانی چندجهشی که در بخش‌های بعد توضیح داده خواهد شد، انتشار می‌یابد. این روش امکان جلودرانی بدون رقابت پخش پیام ایمنی را فراهم می‌کند که از وجود خودروهای GN و CH بهره می‌برد. با توجه به اطلاعات بیان شده به راحتی قابل مشاهده است که این طرح جلودرانی تاخیر تحویل را در توپولوژی چندجهشی با توجه به این که ارسال پیام ایمنی توسط خودروهای GN و CH بدون تاخیر در هر جهش صورت می‌گیرد، کاهش می‌دهد. همچنین در مقایسه با طرح‌های پخش همگانی چندجهشی واکنشی، استفاده از پیام اعلام دریافت (Ack) باعث افزایش اطمینان دریافت پیام بین سرخوشه‌ها می‌شود. نکته دیگر اینکه در این روش هنگامی که یک منبع هیچ مسیری به مقصد نداشته باشد، بسته‌های داده در سرخوشه‌ی پویا ذخیره می‌شوند و تا کشف خوشه بعدی و تعیین GN منتظر می‌مانند.

۱.۳. سناریوی خوشه‌بندی

ما در این مقاله یک طرح انتشار اطلاعات ایمنی مبتنی بر خوشه‌بندی پویای خودروها در شرایط وقوع حادثه ارائه می‌دهیم. در این پروتکل پیشنهادی فرآیندهای مختلفی صورت می‌گیرد که در ادامه به بیان آن‌ها می‌پردازیم. به طور کلی ما با تشکیل زنجیره‌ی به هم پیوسته از خوشه‌های متحرک، ستون فقرات خودرویی تشکیل داده و به این ترتیب با کاهش تاخیر ارسال پیام‌های ایمنی و همچنین کاهش مصرف پهنای باند از طریق حذف انتشار سیل-آسای معمولی به استفاده بهینه از شبکه دست می‌یابیم. لذا همان طور که مشخص است در ابتدا باید خودروها در یک زیرساخت مبتنی بر خوشه‌های پویا قرار گیرند و سپس با انتخاب گره‌های مشترک (گره‌های دروازه) بین خوشه‌های همسایه تشکیل یک زنجیره‌ی خودرویی داده و به این ترتیب به ارسال اطلاعات ایمنی در طول بزرگراه پردازند.

سناریوی تشکیل خوشه‌ی پویا به این صورت در نظر گرفته می‌شود که یک خودرو به محض ورود به بخش جدیدی از بزرگراه با پخش همگانی پیام درخواست عضویت، اقدام به جستجوی خوشه می‌کند. اگر در مدت زمان پیش‌بینی شده هیچ پیام پذیرشی دریافت نکند، خودروی مذکور فرآیند تشکیل خوشه را با پخش همگانی یک پیام HELLO در همسایگی خود آغاز می‌کند. سپس خودروهای همسایه این خودرو با فاصله دو جهش رو به عقب به انتشار اطلاعات مربوط به خود می‌پردازند، این اطلاعات شامل سرعت نسبی، درجه همسایگی و موقعیت نسبی می‌باشد. نکته قابل ذکر این است که فقط خودروهای همسایه محسوب می‌شوند که اختلاف سرعت آن‌ها کمتر از حد آستانه (ΔS_{thr}) باشد. در ادامه، تحت فرآیند رای‌گیری بین این مجموعه از خودروها، خودروی با بالاترین مقدار معیار مناسب بودن (Λ) که مبتنی بر اطلاعات تحرک همسایه‌هایش به دست می‌آید، به عنوان سرخوشه‌ی خوشه فعلی انتخاب می‌شود. لازم به ذکر است که معیار مناسب بودن خودرو برای افزایش ثبات ساختار خوشه و افزایش طول عمر تعریف می‌شود. بنابراین، سرخوشه‌ی انتخاب شده انتظار می‌رود برای طولانی‌ترین مدت زمان با اعضای خود متصل باقی بماند.

جهت محاسبه Λ ، هر خودرو باید مقدار نزدیکی موقعیتش به موقعیت میانگین همه ی n همسایه اش را پیدا کند. خودرو همچنین تعیین می کند که سرعتش چه مقدار به میانگین سرعت همه ی n همسایه اش نزدیک است. از آنجا که فاصله خودرو تا موقعیت میانگین همه n همسایه اش می تواند مقادیر بزرگی داشته باشد، ضروری است که جهت اجتناب از تسلط این پارامتر بر نتایج محاسبات از تکنیک نرمال سازی استفاده شود. فاصله میانگین نرمال شده یک گره (p_{norm}) تا n همسایه اش را می توان با داشتن موقعیت میانگین هر خودرو (μ_p) و انحراف معیار (σ_p) همه n همسایه از معادله زیر به دست آورد:

$$p_{norm} = \frac{n_i^{pos} - \mu_p}{\sigma_p} \quad (1)$$

که در آن n_i^{pos} موقعیت خودرو می باشد، هرچه مقدار p_{norm} کمتر باشد موقعیت خودرو به موقعیت میانگین همسایه هایش نزدیکتر است. سرعت میانگین نرمال سازی شده (v_{norm}) از طریق مشابه قابل محاسبه است، و به همان ترتیب هرچه قدر مقدار v_{norm} کمتر باشد، سرعت خودرو به سرعت میانگین همسایه هایش نزدیکتر است. علاوه بر این ما پارامتر درجه اتصال (D_n) را نیز تعداد همسایه های تک جهشی خودرو در نظر می گیریم و از این پارامتر در محاسبه معیار مناسب بودن استفاده می کنیم. دلیل استفاده از این پارامتر این است که خودرویی با تعداد همسایه های بیشتر در صورت سرخوشه شدن می تواند به ثبات ساختار خوشه کمک کرده و علاوه بر این انتقال پیام های درون خوشه ای را نیز تسریع کند. در نهایت Λ از معادله زیر قابل محاسبه است:

$$\Lambda = \alpha \times D_n + \beta \times p_{norm} + \gamma \times v_{norm} \quad (2)$$

در این معادله α, β و γ مقادیر ثابتی هستند بین 0 و 1؛ به طوری که $\alpha + \beta + \gamma = 1$. این مقادیر وابسته به شرایط جاده و تراکم خودروها توسط مدیران شبکه تعیین می گردد و حساسیت Λ را نسبت به هر یک از پارامترها بیان می کنند.

۲.۳. سناریوی انتشار پیام های ایمنی

در این بخش به توضیح نحوه انتشار پیام ایمنی می پردازیم. به این منظور ابتدا باید گره های دروازه بین سرخوشه ها تعیین شوند و با استفاده از آنها یک ستون فقرات در طول جاده ایجاد گردد. پس از تشکیل ستون فقرات خودرویی متحرک، انتشار پیام به روشی صورت می گیرد که تاخیر و نرخ تحویل بهبود یابد.

۱.۲.۳. فرآیند انتخاب گره دروازه

همانطور که بیان شد، نحوه انتخاب گره های GN شدیداً بر روی کارایی ستون فقرات تأثیر می گذارد و باید با توجه به شرایط ارسال پیام های ایمنی صورت گیرد. لذا سرخوشه منتخب (CH_i) در ابتدا با ارسال پیام از طریق کانال کنترلی به سرخوشه خوشه ی مجاور که در طول جاده قبل از خوشه فعلی قرار دارد (CH_j) به تعامل جهت انتخاب گره پیوند دهنده ی دو خوشه یا همان گره دروازه (GN) می پردازد. از آنجا که پیام های ایمنی باید با کمترین تاخیر ممکن به سرخوشه های عقبی و به تبع آن به خودروهای خوشه های عقبی برسد لذا GN خودرویی فرض می شود که دورترین فاصله ممکن را از سرخوشه فعلی داشته و علاوه بر آن در محدوده ی انتقال سرخوشه عقبی نیز قرار داشته باشد؛ البته تمام خودروهایی که به دنبال سرخوشه ی خوشه فعلی هستند و عضو خوشه می باشند، نامزد پیوستن به ستون فقرات به عنوان گره GN خواهند بود. به منظور یافتن مناسبترین گزینه، CH_i معیار انتخاب گره دروازه یا φ را برای خودروهای عضو خوشه که در عقب خود قرار دارند، محاسبه کرده و پس از انتخاب بهترین گزینه، اطلاعات مربوط به این گره را از طریق کانال کنترلی در اختیار سرخوشه خوشه عقبی (CH_j) قرار می دهد و همچنین پس از تایید CH_j و ارسال پیام Ack، CH_i با ارسال یک پیام به خودروی مذکور از طریق کانال سرویس، انتخاب آن را به عنوان گره دروازه اطلاع رسانی می کند.

در اینجا ما با تعریف معیار $\varphi(CH_i, v)$ تلاش می کنیم که تعداد ارسال/دریافت مجدد مورد نیاز برای تحویل پیام ایمنی را در محدوده مشخص شده، به حداقل برسانیم. به همین دلیل ترجیح داده می شود که گره متصل کننده ی دو خوشه، خودرویی باشد که در دورترین فاصله از CH_i قرار گرفته است. بنابراین $\varphi(CH_i, v)$ به صورت زیر تعریف می شود:

$$\varphi(CH_i, v) = \frac{d}{R} \quad (3)$$

که در اینجا، d همان فاصله واقعی بین CH_i و خودروی کاندید می‌باشد که توسط اطلاعات GPS که در پیام مربوطه گنجانده شده است، محاسبه می‌شود. R نیز حداکثر بازه ارسال/دریافت CH_i می‌باشد. $\varphi(CH_i, v)$ در حقیقت مقداری است در بازه $[0,1]$ که میزان مناسب بودن خودروی v برای انتخاب شدن به عنوان GN را مشخص می‌کند. به سادگی قابل دریافت است که خودروهایی با مقادیر بالاتری از φ ، نسبت به دیگر خودروها برای انتخاب به عنوان گره GN واجد شرایط هستند. در طرف دیگر زمانیکه سرخوشی خوشه‌ی عقبی (CH_j) پیام حاوی اطلاعات گره GN را از سرخوشی جلویی دریافت می‌کند، با بررسی برقراری دو شرط زیر، تایید می‌کند که گره GN منتخب می‌تواند به عنوان گره متصل کننده‌ی دو خوشه مورد استفاده قرار گیرد یا خیر:

$$\omega(CH_j, GN) > \Delta_\omega \text{ و } |S_{CH_j} - S_{GN}| < \Delta_S \quad (4)$$

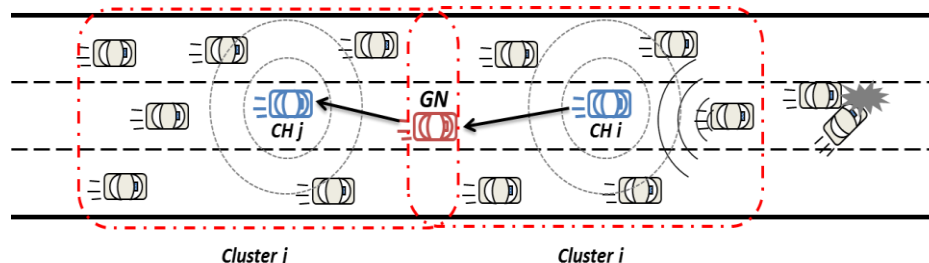
در اینجا، Δ_S یک مقدار آستانه است که اطمینان می‌سازد که خودروهای CH_j و GN با سرعت نسبتاً یکسانی در حال حرکتند. $\omega(CH_j, GN)$ نیز ظرفیت اتصال^۱ مربوط به اتصال $\langle CH_j, GN \rangle$ را نشان می‌دهد که توسط سرخوشی عقبی به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\omega(CH_j, GN) = P_{rx}^{CH_j} - RS_{thr}^{CH_j} \quad (5)$$

که در اینجا، $P_{rx}^{CH_j}$ قدرت پیام دریافتی (برحسب dBm) از GN که توسط خودروی CH_j دریافت شده است و $RS_{thr}^{CH_j}$ حساسیت دریافت کننده‌ی واسطه‌ی بی سیم آن است. اساساً، $\omega(CH_j, GN)$ کیفیت اتصال بین CH_j و GN کاندید را تخمین می‌زند. با در نظر گرفتن این مساله که $\omega(CH_j, GN)$ باید بیشتر از حد آستانه Δ_ω (به عنوان مثال -20dBm) باشد، تلاش می‌شود تا تمام کاندیدهایی را که به دلیل فاصله زیادشان از CH_j یا به خاطر وضعیت انتشار ضعیفشان اتصال مناسبی با خودروی CH_j ندارند، از فرایند مورد نظر حذف شوند. CH_j پس از تایید GN پیشنهادی، آن گره را به عنوان گره مشترک با خوشه‌ی جلویی در نظر گرفته و پیام Ack را به سرخوشی خوشه‌ی جلویی و همچنین گره GN منتخب برمی گرداند. بعد از دریافت پیام Ack گره GN تازه انتخاب شده، وضعیت خود را به GN تغییر داده، CH_i را به عنوان سرخوشه قبلی و CH_j را به عنوان سرخوشه‌ی بعدی در جدول اطلاعات خود در نظر می‌گیرد.

۲.۲.۳. نحوه انتشار پیام‌های ایمنی

پس از تشکیل خوشه و انتخاب سرخوشه مناسب و تعیین گره دروازه بصورت تعاملی، زنجیره‌ی بین خوشه‌ای پیشنهادی تشکیل شده و در طول جاده همراه با خودروها بصورت پویا جایجا می‌شود. در زمان وقوع حادثه، به این صورت عمل می‌شود که در ابتدا خودرویی که مسئله اضطراری برایش پیش آمده و یا دچار حادثه شده با ارسال پیام ایمنی به صورت چندپخش^۲ بر اساس جدول همسایگانش به خودروهای عقبی که در فاصله‌ی یک جهش قرار دارند، فرایند انتشار پیام ایمنی را آغاز می‌کند. لازم به ذکر است که بر اساس طرح پیشنهادی تشکیل خوشه، سرخوشه‌ی مربوط به خوشه فرستنده پیام نیز در فاصله یک جهش با آن خودرو قرار داشته و بنابراین سرخوشه هم پیام ایمنی را دریافت خواهد کرد. سرخوشه با دریافت پیام ایمنی دو وظیفه را بر عهده دارد: اول این که پیام را در اختیار اعضای خوشه خود قرار دهد، علاوه بر آن سرخوشه باید پیام جداگانه‌ای که حاوی اطلاعات اضافی مانند زمان اعتبار و مسافت مؤثر ارسال پیام می‌باشد را به گره دروازه ارسال کند، که از این طریق بر اساس الگوریتم بیان شده همان‌طور که در شکل (۲) نشان داده شده، گره دروازه نیز پیام را در اختیار سرخوشه‌ی خوشه عقبی قرار دهد. سرخوشه عقبی نیز به همین ترتیب با پیام جداگانه‌ای اعضای خوشه خود و همچنین گره دروازه مشترک با خوشه‌ی قبل از خود را مطلع می‌سازد.



شکل ۲- نحوه انتشار پیام ایمنی

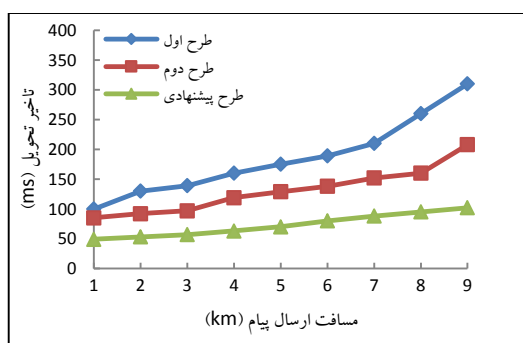
۴. ارزیابی طرح

در این بخش ما به بررسی و ارائه نتایج ارزیابی‌های انجام شده بر روی طرح پیشنهادی خود، با استفاده از شبیه‌سازی می‌پردازیم. ما از یک بستر شبیه‌سازی استفاده کرده‌ایم که در آن از ابزار شبیه‌سازی VANETMobiSim [16] بهره می‌بریم. با استفاده از این ابزار ارتباطات بی‌سیم بین خودروها و همچنین ارسال و دریافت بسته‌ها، مدل شده و همچنین مدل حرکتی خودروها، چینش آن‌ها در شبکه و همچنین تراکم آن‌ها، شبیه‌سازی گردید. سرعتی که به خودروها تخصیص داده می‌شود از توزیع نرمال با میانگین ۱۱ و انحراف معیار ۵، پیروی می‌کند. پارامترهای دیگری نیز برای اجرای فرایند شبیه‌سازی مورد نیاز می‌باشد که مبتنی بر سناریوی بزرگراه، در جدول (۱) آورده شده است.

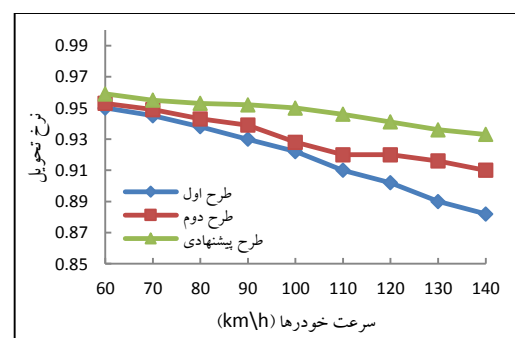
جدول ۱- پارامترهای شبیه‌سازی

پارامترها	مقدار
زمان شبیه‌سازی	300 s
طول جاده	9 km
تعداد خودروها	50-400
سرعت (حداقل و حداکثر)	60-140 km/h

همانطور که قبلاً نیز بیان شد، مهمترین هدف ما از ارائه یک طرح جدید انتشار اطلاعات ایمنی کاهش تاخیر تحویل، کاهش سربار شبکه و افزایش نرخ تحویل بوده است؛ لذا ما دو معیار تاخیر تحویل پیام و نرخ تحویل را جهت ارزیابی طرح پیشنهادی تعریف می‌کنیم. جهت نمایش کارایی طرح پیشنهادی، ما نتایج حاصل از شبیه‌سازی طرح جدید را با دو طرح دیگر مورد مقایسه قرار دادیم: یکی روش انتشار پیام اضطراری/هشدار مبتنی بر خوشه با زمانبند جدید (طرح اول) که در [10] پیشنهاد شده است و دیگری الگوریتم پخش همگانی بهینه مبتنی بر خوشه‌بندی (طرح دوم) که در [11] معرفی شده است. در نمودار (۱) نرخ تحویل نسبت به سرعت نسبی خودروها بیان شده که طرح پیشنهادی به دلیل اینکه نحوه تشکیل خوشه و شرایط انتخاب سرخوشه، موجبات ایجاد خوشه‌ای با ثبات را فراهم کرده و همچنین در نحوه انتشار از ایجاد ازدحام و طوفان پخش همگانی جلوگیری می‌شود، لذا نرخ تحویل پیام نسبت به دو طرح دیگر بهتر و بهینه‌تر شده است.



نمودار ۲- تاخیر تحویل پیام‌های ایمنی



نمودار ۱- نرخ موفقیت تحویل پیام‌ها

نمودار (۲) نیز بیان‌کننده برتری نسبی طرح پیشنهادی نسبت به دیگر روش‌ها می‌باشد. در روش انتشار پیام اضطراری/هشدار مبتنی بر خوشه با زمانبند جدید و الگوریتم پخش همگانی بهینه مبتنی بر خوشه‌بندی به دلیل محاسبات زیاد برای انتخاب بهترین بازپخش‌کننده پیام، میزان تاخیر ارسال بالا بوده که در انتشار پیام‌های ایمنی یک ضعف محسوب می‌شود. اما در طرح پیشنهادی به دلیل تشکیل زنجیره‌ی خودرویی و مشخص بودن بازپخش‌کنندگان دیگر احتیاجی به ارسال و دریافت پیام بین اعضا مثلاً برای اطلاع از فاصله نمی‌باشد و انتشار پیام بلادرنگ صورت می‌گیرد.

۵. نتیجه‌گیری

همانطور که بیان شد بسیاری از مشکلات و حوادث جاده‌ای با فراهم کردن اطلاعات مناسب در زمان مناسب برای راننده‌ها و وسایل نقلیه قابل حل است. VANET می‌تواند فراهم کننده ارتباطات خودرویی لازم باشد. در این مقاله طرحی برای انتشار اطلاعات ایمنی در VANET پیشنهاد شد که از خوشه-بندی پویا بهره می‌برد. در این طرح ابتدا الگوریتم خوشه‌بندی پویایی مطرح شده که ثبات و پایداری خوشه را تا حد ممکن افزایش دهد. سپس با استفاده از گره‌های دروازه یک زنجیره‌ی ارتباطی در طول بزرگراه تشکیل می‌شود. پس از تشکیل این ستون فقرات خودرویی متحرک، نحوه‌ی انتشار پیام ایمنی مطرح شده که با کمک سرخوشه‌ها و گره‌های دروازه انجام می‌شود. در انتها نیز با استفاده از شبیه‌سازی و مقایسه‌ی نتایج حاصل از اجرای طرح پیشنهادی خود با دو روش پیشنهادی دیگر ادعاهای مربوط به افزایش نرخ تحویل و کاهش تاخیر طرح جدید را به صورت عملی مشاهده و ارائه کردیم.

۶. مراجع

- [1] ASTM2213-03. "Standard specification for telecommunications and information exchange between roadside and vehicle systems—5 GH band dedicated short range communications (DSRC) medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications". 2003.
- [2] Ruj, Sushmita. On Data-centric Misbehavior Detection in VANETs. Vehicular Technology Conference (VTC Fall), 2011.
- [3] M. S. Kakkasageri, S. S. Manvi. "Multiagent driven dynamic clustering of vehicles in VANETs". Journal of Network and Computer Applications, 2012. pp. 1771–80. Vol. 35.
- [4] L. a. Maglaras, D. Katsaros. "Distributed clustering in vehicular networks". IEEE 8th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications, 2012.
- [5] Bako, Boto. "Advances in Vehicular Networking Technologies". intechopen, 2011.
- [6] Sommer C, Tonguz OK, Dressler F. "Traffic information systems: efficient message dissemination via adaptive beaconing". IEEE CommunMag, 2011.
- [7] A. Casteigts, A. Nayak, I. Stojmenovic. "Communication protocols for vehicular ad hoc networks". Wireless Communication and Mobile Computing 11, 2011.
- [8] Palazzi, C.E. "An inter-vehicular communication architecture for safety and entertainment". IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2010.
- [9] M.S. Almalag, M.C. Weigle. "Using traffic flow for cluster formation in vehicular ad-hoc networks". in: Proc. of IEEE On-Move, 2010.
- [10] Berlin, MA. "Cluster Based Message Dissemination for Broadcasting the Emergency/Warning Messages using a Novel Scheduling in VANETS". International Journal on Computer ..., 2011. Vol. 3.
- [11] Ghodrati, Aylin Deljavan. "A New Cluster-Based Efficient Broadcast Algorithm for Alert Message Dissemination in VANETs". International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 2013.
- [12] Rajini Girinath, D. "A novel hierarchical model for vehicular traffic regulation". Telecommunication Systems, 2011.
- [13] M. Di Felice, L. Bedogni, L. Bononi. "Group communication on highways: An evaluation study of geocast protocols and applications". Journal of Ad Hoc Networks, 2012.
- [14] Xu Y., Wang W. "Topology stability analysis and its application in hierarchical mobile adhoc networks". IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2009.
- [15] Almalag, Mohammad Salem. "TDMA slot reservation in cluster-based VANETs". Old Dominion University, 2013.
- [16] Haerri J, Fiore M, Fethi F, Bonnet C. "VanetMobiSim: generating realistic mobility patterns for VANETs". Insti- tut Eurécom and Politecnico Di Torino. Available at: <http://vanet.eurecom.fr/>, 2006.