JIPET

Journal of Intelligent Procedures in Electrical Technology
Vol. 14/ No. 55/ Autumn 2023
P-ISSN: 2322-3871, E-ISSN: 2345-5594, http://jipet.iaun.iau.ir/

20.1001.1.23223871.1402.14.55.10.8

Research Article

A Robust and Smart Approach to Message Broadcasts in Vehicular Ad Hoc Networks for Emergency

Mohammad Sadegh Azhdari, *Ph.D. Student*, Ali Barati, *Assistant Professor*, Hamid Barati, *Assistant Professor*

Department of Computer Engineering- Dezful Branch, Islamic Azad University, Dezful, Iran
m.s.azhdari@iaud.ac.ir, abarati@iaud.ac.ir, hbarati@iaud.ac.ir

Abstract
Vehicular ad hoc networks are designed to provide safety and comfort for drivers and passengers. In these networks, many topological changes create many challenges for efficient data delivery. The data dissemination method can meet the needs of emergency message broadcasting. Disseminating data on these networks is a complex and vital task because the highly variable speeds of vehicles increase communication gaps. In these networks, fast and guaranteed high delivery of packets is essential. In this paper, a method is proposed in which the dedicated short range communication (DSRC) channel is divided into three different types of priorities for beacon messages. A dynamic receiver is defined for each class to broadcast the message. The technique of considering the intermediate condition between the source node and the sender node is used to prevent the broadcast of redundancy and the optimal use of bandwidth. The proposed method does not require any hardware or central controller. In order to analyze the efficiency, the proposed method is compared with ASPBT and aadaptive data dissemination protocol (AddP) methods. The analytical evaluation and simulation results show that our proposed method is superior to other methods in terms of efficiency.

Keywords: broadcast, emergency messages, communication gap, dedicated short range communication, reliability, vehicular ad hoc networks

Received: 3 December 2021
Revised: 25 February 2022
Accepted: 20 April 2022

Corresponding Author: Dr. Ali Barati

Citation: M.S. Azhdari, A. Barati, H. Barati,, "A robust and smart approach to message broadcasts in vehicular ad hoc networks for emergency", Journal of Intelligent Procedures in Electrical Technology, vol. 14, no. 55, pp. 129-148, December 2023 (in Persian).

20.1001.1.23223871.1402.14.55.10.8

مقاله پژوهشی

یک رویکرد مقاوم و هوشمند شده برای پخش پیام در شبکه‌های موردی بین خودرویی برای موارد اضطراری

محمدصادق اژدری، دانشجوی دکتری، علی براتی، استادیار، حمید براتی، استادیار

گروه مهندسی کامپیوتر- واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران
m.s.azhdari@iaud.ac.ir, abarati@iaud.ac.ir, hbarati@iaud.ac.ir

چکیده: شبکه‌های موردی بین خودرویی با هدف ایجاد ایمنی و راحتی برای رانندگان و مسافران ایجاد شده است. در این شبکه‌ها، تغییرات زیاد توپولوژی، چالش‌های زیادی را برای تحویل کارآمد داده‌ها ایجاد می‌کند. روش انتشار داده می‌تواند نیازهای پخش پیام اضطراری را برآورده کند. انتشار داده‌ها در این شبکه‌ها کاری پیچیده و مهم است زیرا تغییر زیاد سرعت ماشین‌ها، احتمال وجود شکاف‌های ارتباطی را بالا می‌برد. در این شبکه‌ها تحویل سریع و تضمینی بالای بسته‌ها دارای اهمیت بسیاری است. در این مقاله روشی پیشنهاد شده که در آن کانال ارتباطات برد کوتاه اختصاصی (DSRC) با سه نوع اولویت متفاوت برای پیام‌های ایمنی تقسیم می‌گردد. جهت انتشار پیام برای هر کلاس یک گیرنده پویا تعریف می‌گردد، برای جلوگیری از انتشارات افزونه و استفاده بهینه از پهنای باند، شرط مابین بودن گره مبدأ و گره انتشار دهنده در نظر گرفته شده است. روش پیشنهادی به هیچ‌گونه سخت‌افزار یا کنترل‌کننده مرکزی نیاز ندارد. به‌منظور تحلیل میزان کارایی، روش پیشنهادی را با روش‌های تقسیم‌بندی و پخش برنامه‌ریزی‌شده تطبیقی (ASPBT) و پروتکل انتشار داده‌های انطباقی (AddP) مقایسه شده است. نتایج ارزیابی تحلیلی و شبیه‌سازی نشان می‌دهد که در روش پیشنهادی تاخیر در مقایسه با روش‌های ASPBT وAddP به‌ترتیب ۵ درصد و ۱۴ درصد کاهش یافته است. نرخ تحویل بسته در مقایسه با روش‌های AddP و ASPBT به‌ترتیب ۳۷ درصد و ۰/۸۳ درصد بهبود یافته است. همچنین نرخ تصادم روش پیشنهادی ۴ درصد و ۱۱ درصد در مقایسه با روش‌های ASPBT و AddP بهبود یافته است.

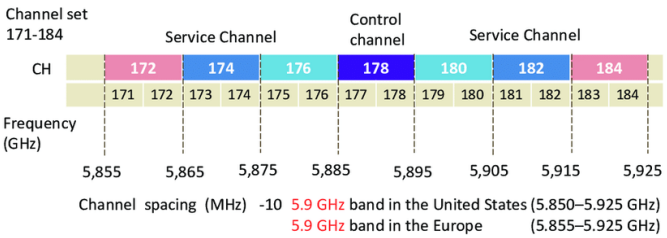
کلمات کلیدی: ارتباطات برد کوتاه اختصاصی، پیام‌های اضطراری، شبکه‌های موردی بین خودرویی، شکاف ارتباطی، قابلیت اطمینان، همه پخشی

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۰/۹/۱۲
تاریخ بازنگری مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۱/۳۱

نام نویسنده‌ی مسئول: دکتر علی براتی
نشانی نویسنده‌ی مسئول: دزفول- بلوار دانشگاه- دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول- دانشکده فنی و مهندسی

۱- مقدمه

شبکه موردی بین خودرویی زیرشاخه‌ای از شبکه موردی سیار است که در آن گره‌های شبکه خودروهای در حال حرکت هستند. این شبکه‌ها مانند شبکه‌های موردی بدون زیرساخت هستند [۱]. هر خودرو می‌تواند در هر لحظه خودروهای اطرافش را شناسایی کرده و با اتصال به آن‌ها یک شبکه تشکیل دهد و ارتباطات لازم را برقرار کند [۲]. توپولوژی در این نوع شبکه‌ها به سرعت تغییر می‌کند. شبکه‌های موردی بین خودرویی مبتنی بر انتقال بی‌سیم برد کوتاه هستند [۳]. کمیته ارتباطات و مخابرات فدرال طیف ۷۵ مگاهرتز در باند ۵/۹ گیگاهرتز را برای ارتباط برد کوتاه اختصاصی، تعیین کرده است تا ایمنی و بهره‌وری سیستم حمل‌ونقل را افزایش دهد [۴]. ارتباط برد کوتاه رایج، هر دو کاربرد ایمنی و غیر ایمنی را مجاز می‌داند البته پیام‌های ایمنی در اولویت قرار دارند. استاندارد برد کوتاه اختصاصی، IEEE 802.11p بهبود یافته IEEE 802.11 است که برای محیط خودرویی برای تبادل اطلاعات میان وسایل نقلیه با یکدیگر و یا میان وسایل نقلیه و ایستگاه‌های کنار جاده است [۵،۶]. کاربرد شبکه‌های موردی خودرویی به دو دسته طبقه‌بندی می‌شوند: رفاهی و ایمنی [۷]. در کاربردهای رفاهی هدف بهبود رفاه مسافر و بازدهی ترافیک است. برخی از کاربردهای رفاهی شامل سیستم اطلاعات ترافیک، به‌دست آوردن مسیر بهینه و وصول عوارض به‌صورت الکترونیکی است [۸]. پیش‌بینی شده این کاربردها در آینده به سرعت افزایش پیدا می‌کنند. در کاربردهای ایمنی هدف بهبود ایمنی مسافران با افزایش ایمنی مربوط به اطلاعات میان خودروهاست. چند مثال از این کاربرد شامل ارسال پیام اخطار در تصادفات، تغییر جهت، عدم رعایت فاصله مطمئن و ... است [۹]. هر یک از کاربردهای ایمنی به مبادله تعدادی پیام میان خودروها نیازمند هستند، از این‌رو همه پخشی پیام‌ها در شبکه‌های موردی خودرویی تقریباً در تمامی کاربردها نقش حیاتی داشته و نیازمند راه‌حل‌های جدیدی است که با تمامی انواع شبکه‌های موردی دیگر متفاوت هستند [۱۰]. نیازهای همه پخشی شامل: قابلیت اطمینان بالا و سرعت انتشار بالا با حداقل تأخیر در ارتباطات تک گامی یا چند گامی است [۱۱]. مشکلات الگوریتم‌های همه پخشی شامل احتمال بالای تصادم بین پیام‌های انتشار یافته، مشکل گره پنهان، عدم حضور گره در دامنه انتقال و... است [۱۲]. ارتباطات برد کوتاه اختصاصی[۱] (DSRC) به‌طورکلی به سرویس ارتباطات با دامنه کوتاه تا متوسط جهت ارتباطات خودرو به خودرو[۲] (V2V) و خودرو به زیرساخت[۳] (V2I) اطلاق می‌شود. اصطلاح ارتباطات برد کوتاه اختصاصی به‌صورت آزاد برای موجودیت‌هایی مستقل اطلاق می‌شود و استانداردهای مبتنی بر ارتباطات برد کوتاه اختصاصی همچنین با عنوان دسترسی بی‌سیم در محیط بین خودرویی[۴] (WAVE) نیز شناخته می‌شوند. از آنجاکه ارتباطات برد کوتاه اختصاصی مبتنی بر فناوری وای-فای است هزینه محصولات مربوط به آن نیز نسبتا ارزان است. در شکل (۱) طیف فرکانسی ارتباطات برد کوتاه اختصاصی را که در قالب هفت کانال ۱۰ مگاهرتز ساخته شده است که کانال ۱۷۸ به عنوان کانال کنترلی[۵] (CCH) است که وظیفه این کانال به‌صورت انحصاری به ارتباطات ایمنی و اهداف مدیریتی سیستم اختصاص داده شده است. دو کانال در ابتدا و انتهای باند برای مصارف ویژه اختصاص داده شده است. بقیه نیز کانال‌های سرویس[۶] (SCH) بوده و برای استفاده کاربردهای ایمنی و رفاهی به‌صورت مشترک در نظر گرفته شده است [۱۳]. انگیزه اصلی روش پیشنهادی ارائه یک طرح پخش فراگیر قابل اطمینان و هوشمند در شبکه‌های موردی خودرویی است که به‌طور اختصاصی برای عملکرد بهینه کاربردهای مرتبط با امنیت عمومی طراحی شده است. در روش پیشنهادی بر روی هر وسیله نقلیه دو ماژول نصب شده است یکی مربوط به خدمات معمول[۷] و دیگری مربوط به خدمات اضطراری[۸]. ماژول سرویس خدمات معمول برای تبادل پیام‌های ایمنی دوره‌ای[۹] و یا اطلاعات ترافیکی استفاده می‌شود. هر خودرو از طریق پیام‌های دوره‌ای، پایگاه داده خود که شامل اطلاعات شناسایی و جابه‌جایی وسایل نقلیه اطراف خود است را به‌صورت پویا به‌روزرسانی می‌کند.



شکل (۱): باند ۵/۹ گیگاهرتز مربوط به ارتباطات برد کوتاه اختصاصی و تخصیص کانال [۱۳]

Figure (1): 5.9 GHz band for DSRC communications and channel allocation

هنگامی که یک وضعیت اضطراری رخ می‌دهد وسایل نقلیه درگیر از ماژول خدمات اضطراری استفاده می‌کنند. برای هر ماژول یک فر ستنده/گیرنده پویا جهت انت شار فراگیر در گام بعدی ن سبت به اولویت پیام انتخاب می شود. یکپارچه سازی این ایده‌ها منجر به طرحی هوشمند و مستحکم می‌شود که دارای حداقل تأخیر، حداقل احتمال تصادم[۱۰] پیام‌ها و استحکام منحصر به فرد در سرعت‌ها و حجم ترافیک‌ها مختلف است. نوآوری روش پیشنهادی به شرح زیر است:

- تقسیم‌بندی کانال ارتباطات برد کوتاه اختصاصی با سه نوع اولویت متفاوت برای پیام‌های ایمنی که موجب انتقال سریع‌تر پیام‌ها براساس اولویت آنها می‌شود.
- استفاده از روش مسیریابی جهت‌دار چند گامی که باعث افزایش قابلیت اطمینان و اطلاع رسانی پیام‌های اضطراری با فاصله زیاد می‌شود.
- اعمال یک زمان تأخیر برای انتشار پیام‌ها بر اساس فاصله بین گره مبدأ و دریافت‌کننده جهت اجتناب از تصادم.
- استفاده از انتشارات افزونه با روش در نظر گرفتن شرط مابین بودن برای استفاده بهینه از پهنای باند.
- ارائه مفهومی مشابه پیام‌های پاسخ برای پیام‌های اضطراری در روش پیشنهادی برای اطلاع از وجود تصادم، مسئله گره‌های مخفی و عدم حضور گره در دامنه انتقال.
- استفاده از مکانیسم ذخیره و انتشار در هنگام شکاف‌های ارتباطی در روش پیشنهادی موجب بهبود کارایی می‌شود.
- در روش پیشنهادی به‌منظور افزایش قابلیت اطمینان در پیام‌های ایمنی چندین روش با هم ترکیب شده که باعث بروز رفتاری انعطاف‌پذیر، کارا و با ثبات و همچنین اختصاص پهنای باند به‌صورت پویا می‌شود.
- استفاده از این روش به هیچ‌گونه سخت‌افزار اضافی نیاز ندارد و بدون نیاز کنترل مرکزی صورت می‌گیرد.

در ادامه مقاله به صورت زیر سازماندهی شده ا ست. در بخش دوم به برر سی کارهای مرتبط پرداخته می شود. مقدمات مورد استفاده در روش پیشنهادی در بخش سوم شرح داده می‌شود. در بخش چهارم روش پیشنهادی ارائه می‌شود. نتایج شبیه‌سازی و ارزیابی روش پیشنهادی در بخش پنجم نشان داده شده است و در بخش آخر نتیجه‌گیری ارائه شده است.

۲- بیشینه تحقیق

پخش فراگیر پیام‌ها در شبکه‌های موردی خودرویی هنوز یک چالش تحقیقاتی بوده و نیازمند تلاش برای یافتن راه‌حل بهینه است. در سال‌های اخیر پروتکل‌های همه پخشی مختلفی برای شبکه‌های خودرویی معرفی شده‌اند که در ادامه برخی روش‌های ارائه شده در این زمینه مورد بررسی قرار گرفته است.

در مرجع [۱۴] یک مدل انتشار اطلاعات برای افزایش قابلیت اطمینان در ارتباطات بین خودرویی[۱۱] (PBCC) ارائه شده است. در این روش هنگام ارسال رو به جلو پیام در بیشتر از یک گام، الگوریتم اولویت‌بندی ارسال به جلو، ماژول PBCC را اجرا می‌کند که هر خودرو با توجه به خودرو دورتر از منبع که اولویت بیشتری برای ارسال رو به جلو را دارند، مقدار عقب‌گر بهینه خود را محاسبه می‌کند. ماژول PBCC یک لایه مستقل در دسترسی بی‌سیم در محیط بین خودرویی/ ارتباطات برد کوتاه اختصاصی ایجاد می‌کند، برای این کار یک رابط کنترلی در لایه کنترل دسترسی به رسانه[۱۲] (MAC) برای تنظیم دلخواه مقدار عقب‌گرد بکار برده شود که رابط کنترلی به سیگنال اضافی یا یک هماهنگ کننده نیاز ندارد.

یک پروتکل انتشار داده‌های انطباقی[۱۳] (AddP) با هدف ایجاد قابلیت اطمینان برای انتشار پیام در مرجع [۱۵] ارائه شده است. این پروتکل از مکانیسم‌های مختلفی برای کاهش تعداد پیام‌ها و چراغ‌های راهنما در شبکه استفاده می‌کند. هدف AddP انتشار پیام‌های هشدار به بیشترین تعداد ممکن با حداقل تأخیر و نیز رسیدگی به طوفان پخش، قطع ارتباط مکرر و مشکلات گره پنهان است. این پروتکل از معیارهای تراکم و فاصله برای انتخاب وسایل نقلیه رله استفاده می‌کند.

در مرجع [۱۶] یک پروتکل مبتنی بر موقعیت را برای پخش پیام‌های اضطراری درباره پخش پیام‌های اضطراری در شبکه موردی بین خودروی ارائه شده که این پروتکل برای سناریوهای شهری و بزرگراه طراحی شده است. پخش پیام توسط وسایل نقلیه و تصمیمات بعدی که بر اساس بسته داده دریافت شده انجام می‌شود تا از تأخیر یا ازدحام بیشتر جلوگیری شود. در این روش با کمک محدوده مورد نظر[۱۴] (ROI) داده‌ها منتقل شده و برخورد و انتقال مجدد ناخواسته را به حداقل می‌رساند.

یک طرح انتشار پیام اضطراری مبتنی بر مانع زمان[۱۵] (TBEMD) در مرجع [۱۷] ارائه شده که اطلاعات موقعیتی را با یک روش مانع زمانی ادغام می‌کند تا انتقال مجدد غیرضروری پیام‌های اضطراری را به حداقل برساند. هر گره قبل از پخش مجدد پیام‌های اضطراری منتظر می‌ماند. با این وجود، زمان انتظار در روش مانع زمانی منجر به تاخیرهای غیرضروری در انتقال پیام‌های اضطراری می‌شود. علاوه بر این، ممکن است بیش از یک گره در همان فاصله وجود داشته باشد؛ بنابراین چندین گره می‌توانند پیام‌های اضطراری یکسان را به‌طور هم‌زمان انتقال دهند که منجر به ازدحام ارتباطات می‌شود.

در مرجع [۱۸] یک فریم با ساختار برای همه پخشی پروتکل MAC در شبکه‌های موردی بین خودرویی به نام TDCSMA[۱۶] ارائه شده است. این روش امکان اشتراک کانال برای پیام‌های راهنما[۱۷] و اضطراری را فراهم می‌کند. در نتیجه منابع پهنای باند را ذخیره می‌کند. در پروتکل TDCSMA، هر گره باید یک برش زمانی برای پخش دوره‌ای پیام‌ها با استفاده از روالی مشابه پروتکل TDMA به‌دست آورد. همچنین در این روش با اولویت‌بندی این دو نوع پیام و تنظیم سازوکار ترجیحی منبع کانال، احتمال برخورد پیام و تأخیر را کاهش می‌دهد.

در مرجع [۱۹] یک روش تقسیم‌بندی و پخش برنامه‌ریزی‌شده تطبیقی[۱۸] (ASPBT) برای پخش پیام اضطراری ارائه داده‌اند. این پروتکل تعداد پارتیشن‌ها و دوره تناوب پیام‌های بیکن را به‌صورت پویا تنظیم می‌کند تا تعداد انتقال مجدد را کاهش دهد. اندازه پارتیشن‌ها در این روش با استفاده از تراکم شبکه تعیین می‌شود و برنامه انتقال برای هر پارتیشن با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی شیر[۱۹] (LOA) تخمین زده می‌شود. این روش برای کاربردهای مرتبط با ایمنی در شبکه موردی بین خودرویی ارائه شده است.

در مرجع [۲۰] روشی ارائه شده که شبکه را به‌صورت سلسله مراتبی به چندین خوشه در یک بزرگراه تقسیم کرده به طوری‌که تمام اعضای خوشه به سرخوشه خودشان متصل هستند. به‌منظور جلوگیری از انتقال اضافی برای انتشار قابل اعتماد پیام‌های اضطراری، فقط سرخوشه مسئول انتقال مجدد پیام‌های اضطراری در هر خوشه است. همچنین از یک گره رله برای به حداکثر رساندن پوشش استفاده می‌شود. ارزیابی‌ها نشان داده که روش پیشنهادی در محیط‌های بزرگراه به خوبی کار می‌کند.

در مرجع [۲۱] یک طرح انتشار پیام اضطراری مؤثر[۲۰] (EEMDS) برای شبکه‌های موردی بین خودرویی شهری پیشنهاد شده است. این طرح بر اساس معیارهای تحرک برای جلوگیری از سربار ارتباطات و حفظ ساختار خوشه‌ای پایدار است. در هر خوشه، سرخوشه مسئول مدیریت اعضای خوشه و کنترل انتشار پیام‌های اضطراری است. هر وسیله نقلیه برای انتخاب یک سرخوشه مناسب زاویه حرکت خود و ضریب افت مسیر را در نظر می‌گیرد. علاوه بر این، در این روش پارامتر پایداری پیوند تخمینی را برای انتخاب وسیله نقلیه رله مناسب معرفی کرده است که تعداد پخش مجدد و ازدحام ارتباطات در شبکه را کاهش دهد.

سازوکار پخش امن مبتنی بر اعتماد در مرجع [۲۲] ارائه شده که هدف اصلی این روش کاهش تأخیر و برقراری ارتباط مطمئن و کارآمد با وسایل نقلیه است. داده‌هایی مانند موقعیت خودرو، مکان، سرعت و سایر اطلاعات مربوط به ترافیک تولید شده، در یک جدول جداگانه ذخیره می‌شوند. الگوریتم رمزگذاری ماهی بادکنکی[۲۱] همراه با بهینه‌سازی شکار گوزن‌های مخالف[۲۲] (ODHO) برای ذخیره محل مطمئن وسایل نقلیه مورد استفاده قرار می‌گیرد تا از ردیابی غیرمجاز جلوگیری شود.

یک مدل مبتنی بر نسبت سیگنال به تداخل به نویز برای انجام تجزیه و تحلیل کیفیت خدمات در شبکه موردی بین خودرویی مبتنی بر IEEE 802.11p/bd برای کاربردهای ایمنی در مرجع [۲۳] پیشنهاد شده که ابتدا یک مدل فرآیند نیمه مارکوف با یک صف D/G/1/1 برای توصیف رفتار دسترسی به کانال شبکه‌های پخش IEEE 802.11 طراحی می‌شود. سپس یک رویکرد جدید برای استخراج توزیع نسبت سیگنال به تداخل به نویز در هر گیرنده را با توجه به مدل‌های محو/سایه‌کردن کانال عمومی توسعه داده شده است. در نتیجه معیارهای مختلف کیفیت سرویس دهی[۲۳] (QoS) در لایه‌های مختلف در شبکه موردی بین خودرویی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

در مرجع [۲۴] با استفاده از مرکزیت و قدرت سیگنال دریافتی، طرح جدیدی را برای کنترل طوفان پخش داده در شبکه بندی داده‌های نامگذاری شده[۲۴] (NDN) خودرو پیشنهاد کرده‌اند. این طرح تنها به زیرمجموعه ای از وسایل نقلیه اجازه می‌دهد تا بسته داده را به جای همه وسایل نقلیه‌ای که بسته‌های داده را دریافت می‌کنند، بازپخش کنند. این امر کپی بسته‌های داده پردازش شده و منتشر شده در شبکه را کاهش می‌دهد و در نتیجه ازدحام کاهش پیدا خواهد کرد.

یک طرح توزیع شده برای خدمات حیاتی ایمنی یک گامی مبتنی بر ارتباطات برد کوتاه اختصاصی در مرجع [۲۵] ارائه شده که این روش قابلیت اطمینان پخش پیام را با استفاده از تکرار بسته مبتنی بر گیرنده به‌صورت پویا افزایش می‌دهد و از مینی اسلات DIFS در IEEE 802.11 برای انتشار پیام هشدار اضطراری یک گامی استفاده می‌کند.

در مرجع [۲۶] یک پروتکل پخش چند گامی به نام حمل و نقل سریع در شبکه های بین خودرویی[۲۵] (ROFF) پیشنهاد شده که ROFF تاخیر غیرضروری را با استفاده از کاندیدای فوراردر برای استفاده از زمان انتظار که با اولویت ارسال آن نسبت معکوس دارد، حل می‌کند. یک کاندید ارسال، اولویت ارسال خود را با استفاده از توزیع فضاهای خالی بین وسایل نقلیه به‌دست می‌آورد. همچنین ROFF از کوتاه‌تر شدن اختلاف زمان انتظار از حد پایین‌تر از پیش تعریف شده برای جلوگیری از برخورد استفاده می کند.

الگوریتم توزیعی در مرجع [۲۷] ارائه شده که به حل سه مسئله خوشه‌بندی چند-پرشی، تعیین سرخوشه و ایجاد درخت مسیریابی برای هر خوشه در شبکه‌های موردی بین خودرویی می‌پردازد. این روش با بهره‌گیری از اطلاعات محلی هر گره وسایل نقلیه موجود در شبکه را به نحوی خوشه‌بندی می‌کند که ضمن کاهش کل تعداد خوشه‌ها و کاهش سرباری، حداکثر پایداری خوشه حاصل گردد. به‌منظور به‌روزرسانی پایگاه داده مسیریابی گره‌های شبکه، از آرایه لیست پیوندی دو طرفه استفاده می‌شود که در آن تشکیل توزیعی مسیرهای مختلف درخت مسیریابی در هر خوشه از سمت گره‌های مرزی خوشه شروع شده و تا سرخوشه ادامه می‌یابد.

خلاصه و مقایسه روش‌های بررسی شده در جدول (۱) ارائه شده است.

۳- مدل شبکه

هر وسیله نقلیه به قطعات مختلفی مجهز است. وسایل نقلیه ای که بخشی از شبکه موردی بین خودرویی هستند مجهز به واحد روی برد[۲۶] (OBU)، مجموعه‌ای از حسگرها (از داخل و خارج)، سرویس موقعیت‌یابی جهانی، سیستم اتصال درون خودرو از طریق ناحیه کنترل‌کننده هستند. واحد روی برد یک کامپیوتر کوچک است که امکان محاسبات، ذخیره‌سازی و امکانات ارتباطی رابط را می‌دهد. همچنین داده‌های یک منبع داخلی (حسگرهای خودرو) و منبع خارجی را پردازش می‌کند و بر اساس نتیجه به راننده در تصمیم‌گیری کمک می‌کند و اطلاعات دیگری را ارائه می‌دهد. واحد روی برد همچنین یک دستگاه ضد دستکاری در نظر گرفته شده است. در روش پیشنهادی، کانال ارتباطات برد کوتاه اختصاصی با سه نوع اولویت متفاوت برای پیام‌های ایمنی تقسیم می‌گردد. جهت انتشار پیام‌های اضطراری از روش تک‌گامی و برای افزایش قابلیت اطمینان و اطلاع رسانی پیام‌های اضطراری با فاصله زیاد از روش مسیریابی جهت‌دار چند گامی استفاده می‌شود. جهت اجتناب از تصادم یک زمان تأخیر برای انتشار پیام‌ها بر اساس فاصله بین گره مبدأ و دریافت‌کننده محاسبه می‌گردد. برای استفاده بهینه از پهنای باند از انتشارات افزونه با روش در نظر گرفتن شرط مابین بودن گره مبدأ و گره انتشار دهنده، استفاده می‌گردد. در روش پیشنهادی برای اطلاع از وجود تصادم، مسئله گره‌های مخفی و عدم حضور گره در دامنه انتقال، استفاده از مفهومی مشابه پیام‌های پاسخ برای پیام‌های اضطراری پیشنهاد می‌گردد. در این شبکه‌ها با توجه به سرعت‌های متفاوت ماشین‌ها و توپولوژی متغیر شبکه، مرتباً شرایط جدیدی ایجاد می‌شود، در نتیجه استفاده از مکانیسم ذخیره و انتشار در هنگام شکاف‌های ارتباطی در این شبکه‌ها کارایی بسیار خوبی دارد.

۴- روش پیشنهادی

در طرح پیشنهادی چند استراتژی به‌کار رفته که مهم‌ترین آن‌ها راه‌اندازی با اولویت پیشگیرانه برای انتقال پیام‌های اضطراری، شناسایی شکاف‌های ارتباطی و سرکوبی پایانه‌های مخفی با فرکانس دوربرد است. به‌منظور افزایش قابلیت اطمینان در پیام‌های ایمنی چندین روش با هم ترکیب شده که باعث بروز رفتاری انعطاف‌پذیر، کارا و با ثبات در سناریوهای مختلف شبکه شده است و پهنای باند را به‌صورت کاملاً پویا و در شرایط مختلف ترافیکی در اختیار خودروها قرار می‌دهد. استفاده از این روش به هیچ‌گونه سخت‌افزار اضافی نیاز ندارد و بدون نیاز کنترل مرکزی صورت می‌گیرد. همچنین طرح پیشنهادی ساده و آسان قابل پیاده‌سازی است. روش پیشنهادی به سه مرحله تقسیم شده و در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است.

جدول (۱): بررسی و مقایسه روش‌های پیشین

Table (1): Review and comparison of previous methods

معایب	مزایا	رهیافت	سال	مرجع
ارسال سیل‌آسا و مشکلات ترمینال پنهان	قابلیت اطمینان بالا و تأخیر کم	یک کنترل رقابت مبتنی بر اولویت که در آن اولویت بالایی برای انتشار پیام‌های هشدار اضطراری در شبکه موردی بین خودرویی اختصاص داده می‌شود.	۲۰۱۰	[۱۴]
امنیت پایین و کیفیت خدمات پایین	کاهش ارسال مجدد ناخواسته پیام‌ها و تأخیر در تحویل بسته	یک پروتکل انتشار داده تطبیقی مبتنی بر فاصله و چگالی برای پخش مؤثر پیام اضطراری و حل مشکل پایانه پنهان با طرح نظارت پیام.	۲۰۱۷	[۱۵]
نگهداری داده‌های بلادرنگ دشوار است زیرا مبادله مکرر پیام‌های بیکن باعث برخورد پیام‌ها می‌شود.	کاهش ارسال مجدد غیرضروری، جلوگیری از برخورد پخش پیام اضطراری	یک پروتکل پخش مبتنی بر موقعیت برای انتشار پیام‌های اضطراری در محیط شبکه موردی بین خودرویی.	۲۰۱۸	[۱۶]
تأخیر بالا و اطلاعات کم پوشش در تراکم پایین گره‌ها	کاهش سربار پیام	یک رویکرد انتشار داده که یک مانع زمانی را بر اساس فاصله از وسیله نقلیه منبع تعریف می‌کند	۲۰۱۹	[۱۷]
تأخیر بالا	صرفه‌جویی در منابع پهنای باند، برخورد کم	یک پروتکل MAC پخش کننده پیام که به پیام‌های بیکن و اضطراری اجازه می‌دهد کانال را به اشتراک بگذارند	۲۰۲۰	[۱۸]
تشخیص نوع پیام یک فرآیند طولانی است که در آن تعداد پیام‌ها بسیار زیاد است و دامنه ارسال زیاد است.	نسبت موفقیت بالای ارسال پیام	اولویت‌بندی پیام کارآمد با پارتیشن زمان‌بندی‌شده برای انتقال پیام اضطراری در شبکه موردی بین خودرویی	۲۰۲۰	[۱۹]
پوشش اطلاعات و نرخ تحویل پایین در چگالی گره کم	تاخیر و سربار کم	براساس معیارهای تحرک برای تقویت تشکیل خوشه، اجتناب از سربار ارتباط و حفظ قابلیت اطمینان پیام در یک سناریوی تحرک بالا	۲۰۲۰	[۲۰]
تأخیر بالا و اطلاعات کم پوشش در تراکم پایین گره‌ها	نرخ تحویل بسته بالا، مدت‌زمان پایداری سرخوشه بالا	براساس معیارهای تحرک برای جلوگیری از سربار ارتباط و حفظ ساختار خوشه‌ای پایدار	۲۰۲۱	[۲۱]
پیچیدگی بالا، سربار بالا، توان عملیاتی کم در سناریوهای سرعت بالا	تأخیر کم و قابلیت اطمینان بالا	از پروتکل دسترسی بی‌سیم بهینه در شبکه موردی بین خودرویی برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به خودرو استفاده می‌شود و الگوریتم رمزگذاری Blowfish به همراه بهینه‌سازی شکار گوزن مخالف برای ذخیره مکان وسایل نقلیه مورد اعتماد استفاده می‌شود.	۲۰۲۱	[۲۲]

۴-۱- کنترل کانال ارتباطات برد کوتاه اختصاصی با سه سطح خدمات ایمنی و کاربردی

جاده‌ای را در نظر بگیرید که یکی از ماشین‌ها در جاده، قصد انتشار پیام در کل جاده را دارد که این پیام می‌تواند، پیام وجود ترافیک در یک منطقه، پیام تبلیغاتی، یا رخدادن تصادف و... باشد. بسته به نوع پیام باید به نواحی متفاوتی همه‌پخشی گردد، به عنوان مثال، برای پیام اعلام ترافیک یا تصادف، ناحیه همه‌پخشی سمت عقب، برای پیام نزدیک شدن آمبولانس ناحیه همه‌پخشی به سمت جلو و در انتشار پیامی مثل لغزنده بودن سطح زمین، ناحیه انتشار جلو و عقب است. در ابتدا ماشینی که مبدأ همه‌پخشی پیام است پیام را ایجاد نموده و آن را به تمامی همسایگان در دامنه انتقال خود از طریق یک همه‌پخشی تک گامی انتشار می‌دهد. از آنجاکه ماشین‌ها مجهز به آنتن‌های چندجهته[۲۷] هستند و از طریق فرستنده و گیرنده‌های رادیویی با یکدیگر رابطه دارند، این پیام توسط تمامی ماشین‌ها در دامنه انتقال آن دریافت می‌گردد. در روش پیشنهادی طراحی کانال کنترل ارتباطات برد کوتاه اختصاصی با سه نوع پیام ایمنی در کلاس‌های متمایز تقسیم‌بندی شده است. کلاس یک مربوط به پیام‌های هشدار اضطراری

مانند ترمز ناگهانی یک خودرو پیشرو، تصادفات و دیگر خطرات است. این پیام داری بالاترین اولویت است که باید در همان محدوده ارسال شود. کلاس دوم مربوط به پیام‌های دوربرد اضطراری است، به‌عنوان مثال پیام‌ها اطلاع‌رسانی اطلاعات در مورد محیط‌زیست و آمبولانس جز این دسته هستند. ارتباطات اضطراری فقط گاهی اوقات اتفاق می‌افتد، اما در صورت رخداد، تحویل پیام‌ها باید سریع و تضمین شده باشد. کلاس سوم شامل پیام‌های دوره ایمنی که یک نمونه از این نوع پیام‌ها گزارش وسایل نقلیه، سرعت، زمان سفر و ... است. با استفاده از این پیام‌ها هر خودرو از اطلاعت خودروهای اطراف خود با خبر می‌شود. این پیام‌ها در سطح سوم قرار دارند و در بسیاری از برنامه‌های کاربرد ایمنی ضروری هستند. پیام‌های کلاس سوم به‌صورت دوره‌ای انتشار می‌یابند، فریم‌های این پیام‌ها داری اطلاعاتی موقعیتی از ایستگاه ارسال کننده آن‌ها است. فیلد آدرس مقصد این فریم‌ها با آدرس فراگیر پر می‌شود که همه خودروها باید آن‌ها را دریافت و پردازش کنند. هر خودرو در شبکه لیستی از اطلاعات خودرو اطراف خود که شامل شناسایی تعداد، موقعیت سرعت، جهت حرکت را در خود ذخیره دارد. در این روش، گیرنده به راحتی قادر به محاسبه فاصله خود با فرستنده است. هر خودرو از طریق پیام‌های دوره‌ای پایگاه داده خود که شامل اطلاعات شناسایی و جابه‌جایی وسایل نقلیه اطراف خود را به‌صورت پویا به‌روزرسانی می‌کند. پیام هشدار (کلاس یک و دو) در صورت وقوع تصادف، تغییر جهت ناگهانی، ترمز شدید، عدم رعایت فاصله قانونی و نزدیک شدن ماشین‌های پلیس و آمبولانس انتشار می‌یابند. ساختار این فریم پیام‌ها در شکل (۲) نشان داده شده است.

۱- اولویت پیام: نوع کلاس پیام را مشخص می‌سازد. مشخص می‌کند که پیام جز کلاس یک یا دو است.

۲- جهت حرکت گره تولید کننده پیام: این فیلد، جهت حرکت گره تولیدکننده پیام را مشخص می‌سازد و در روش پیشنهادی، برای تعیین موقعیت گره همه‌پخشی کننده به گره‌ای که پیام را دریافت می‌دارد، به‌کار می‌رود (جهت ناحیه انتشار پیام را مشخص می‌کند).

۳- شناسه گره تولیدکننده پیام: شناسه ماشینی که به دلیل خاصی اقدام به تولید و همه‌پخشی پیغام نموده است.

۴- مختصات مکانی گره تولیدکننده پیام: در این روش مانند سایر روش‌ها فرض می‌شود که ماشین‌ها به سیستم موقعیت‌یاب جهانی مجهز است که خروجی آن یک مختصات دوبعدی مشخص کننده مکان هر ماشین است که مختصات مکانی گره تولیدکننده پیام، در پیام قرار می‌گیرد و از آن برای تعیین موقعیت مکانی ماشین‌ها نسبت به هم استفاده می‌شود.

۵- شناسه آخرین انتشاردهنده پیام: با توجه به این که همه‌پخشی از طریق انتشار چندگام صورت می‌گیرد. در هر گام، یک ماشین مناسب، به عنوان انتشار دهنده پیام تعیین می‌گردد و شناسه خود را در پیام همه‌پخشی قرار می‌دهد.

۶- مختصات مکانی آخرین انتشاردهنده پیام: هر ماشین که به عنوان انتشار دهنده در هر گام مشخص می‌گردد، مختصات مکانی خود را در پیام همه‌پخشی شده قرار می‌دهد. این مشخصه نیز برای تعیین موقعیت ماشین‌ها نسبت به هم مورد نیاز است.

۷- تعداد گام ها: تعداد گام‌هایی که پیام باید انتشار یابد نیز در پیام همه‌پخشی قرار می‌گیرد. این مشخصه به عنوان معیاری برای طول عمر پیام به‌کار می‌رود. با توجه به اینکه در شبکه‌های ماشین‌ها شکاف ارتباطی وجود دارد، قرار دادن حد مکانی و زمانی چندان مناسب نیست و ممکن است ناحیه مورد نظر پوشش نیابد. از این‌رو در این روش از تعداد گام‌ها به همراه یک حد زمانی هنگام مواجهه با شکاف‌های ارتباطی، استفاده می‌شود.

۸- در فیلد آخر محتوای پیام قرار می‌گیرد.

۱- اولویت پیام	۲- جهت حرکت گره تولید کننده	۳- شناسه گره تولیدکنندگان پیام	۴- مکان گره تولید کننده پیام	۵- شناسه گره منتشر کننده پیام	۶- مکان گره منتشر کننده پیام	۷- تعداد گام‌ها	۸- متن پیام

شکل (۲): ساختار فریم هشدار

Figure (2): Warning frame structure

با استفاده از این نوع اطلاعات یک طرح همه‌پخشی محکم و کارآمد برای خدمات ضروری شکل می‌گیرد. در صورتی که دو پیام اضطراری و پیام ایمنی دوره هم‌زمان آماده انتقال باشند به دلیل این‌که اولویت پیشگیرانه است پیام اضطراری منتقل می‌گردد و تمام گرهها با دریافت پیام اضطراری تلاش خود را برای ارسال پیام‌های پایین‌تر متوقف خواهد کرد.

۴-۲- انتخاب گیرنده پویا برای همه پخشی پیام اضطراری

در این بخش برای پیام‌های اضطراری کلاس یک و کلاس دو ماشینی انتخاب می‌گردد که ناحیه بیشتری را پوشش دهد و از تصادم پیام‌ها و انتشارات افزونه جلوگیری نماید. انتخاب گیرنده پویا به‌صورت زیر است.

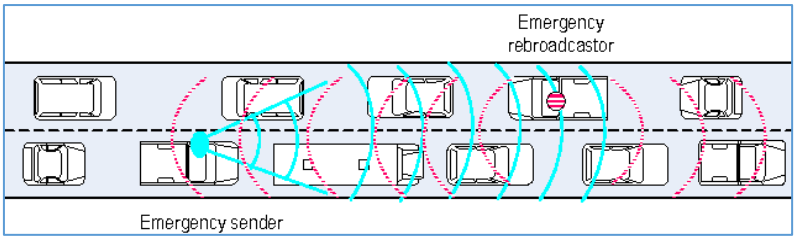
۴-۲-۱- انتخاب گیرنده برای پیام اضطراری (کلاس یک)

هنگامی که یک وسیله نقلیه یک پیام اضطراری با اولویت یک را ارسال می‌کند یک یا چند گره همسایه که با موفقیت بسته را دریافت کرده‌اند با تکرار این پیام آن را انتشار می‌دهند انتشار فراگیر در این روش را به اصطلاح گیرنده گرا[۲۸] می‌نامند. در شکل (۳) نمونه از انتشار فراگیر به‌صورت گیرنده گرا نشان داده شده است. همان‌طور که قبلاً بیان شده است از طریق مبادله پیام‌های ایمنی دوره، هر خودرو در شبکه لیستی از اطلاعات خودروهای اطراف خود را که شامل تعداد خودروها، موقعیت، سرعت و جهت حرکت را در خود ذخیره دارد. در این روش، گیرنده با استفاده از این اطلاعات به راحتی قادر به محاسبه فاصله خود با فرستنده است. جهت انتشار اطلاعات در گام بعدی باید اجتناب از تصادم پیام‌ها، انتخاب خودرو جهت تحت پوشش قرار دادن ناحیه بیشتر و همچنین اجتناب از انتشارات افزونه، مدنظر قرار گیرند. تمامی ماشین‌ها با دریافت پیام همه‌پخشی شده، فاصله خود تا گره مبدأ را محاسبه می‌کند و یک زمان تاخیر را بر اساس فاصله مطابق رابطه (۱) محاسبه می‌نماید. هر گره قبل از همه‌پخشی پیام، باید برابر با این زمان انتظار صبر نماید.

$$T_{AD}=\left(1-\frac{d}{R}\right)*T_{Max} \qquad (۱)$$

به‌طوری که d فاصله تا فرستنده، R محدوده انتقال و T_{MAX} یک پارامتر قابل تنظیم (حداکثر مدت‌زمان لازم جهت انتقال اطلاعات در محدوده انتشار) و به طور معمول کمتر از طول عمر پیام است. رابطه شماره (۱) تضمین می‌کند که گره با فاصله طولانی‌تر تا فرستنده زمان تأخیر کمتری برای پخش پیام داشته باشد.

علت اصلی نسبت دادن این تأخیر، اجتناب از درگیری و تصادم است، چنانچه تأخیری در نظر گرفته نشود تمامی ماشین‌ها به هنگام دریافت پیام به‌صورت هم‌زمان اقدام به همه‌پخشی اطلاعات می‌نمایند که سبب درگیری در دسترسی به رسانه و تصادم پیام‌ها به‌صورت هم‌زمان می‌شود. بنابراین با نسبت دادن زمان تاخیر متفاوت از همه‌پخشی هم‌زمان ماشین‌ها جلوگیری می‌شود و ماشین‌ها پس از پایان این زمان، در زمان‌های متفاوت اقدام به همه‌پخشی می‌نمایند. به‌منظور اجتناب از افزونگی، مرحله بعدی برای انتخاب مناسب‌ترین گره که باید وظیفه همه پخشی به آن اختصاص داده شود، گرهی انتخاب می‌گردد که ناحیه همه‌پخشی سایر گره‌ها را نیز تحت پوشش قرار دهد. به دلیل آنکه در همه‌پخشی گسترش هرچه بیشتر اطلاعات مدنظر است، گرهی باید برای همه‌پخشی انتخاب شود که ناحیه جدید و بیشتری را تحت پوشش قرار دهد. در شبکه بین خودرویی که ناحیه مورد نظر برای همه‌پخشی به جاده‌ها محدود شده دورترین گره مناسب‌ترین است. شکل (۴) را در نظر بگیرید، فرض کنید که ماشین A اقدام به همه‌پخشی یک پیام می‌نماید و ناحیه انتشار سمت عقب آن است.

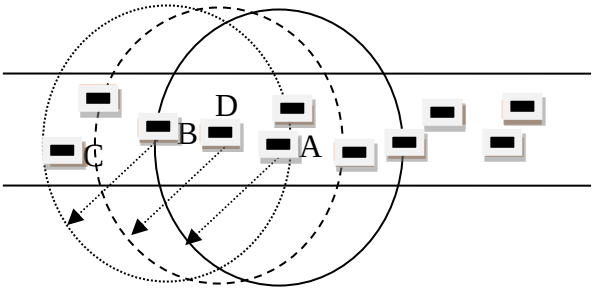


شکل (۳): انتشار فراگیر [۲۸]

Figure (3): Broadcast propagation [28]

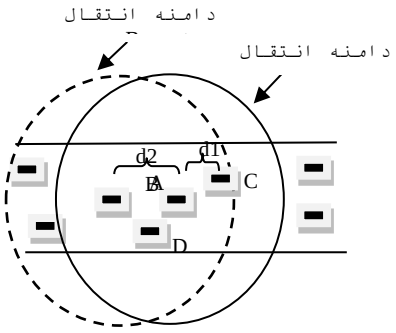
با دریافت پیام توسط گره‌های D و B چنانچه گره D اقدام به انتشار اطلاعات نماید، مطابق شکل، گره C در دامنه انتقال آن نبوده و پیام را دریافت نمی‌نماید اما چنانچه گره B که گره دورتری است همه‌پخشی را انجام دهد ماشین‌های بیشتری که پیام را دریافت نداشته‌اند، در دامنه انتقال آن بوده (از جمله C) که با این همه‌پخشی، پیام را دریافت می‌دارند. با توجه به آنکه گره های جلوی D پیام را از گره A دریافت نموده‌اند، با همه‌پخشی B باید تمامی همسایگانی که در عقب D قرار دارند و پیام را دریافت ننموده‌اند آن را دریافت دارند؛ که ملاحظه می‌شود که چنین نیز است. از طریق رابطه (۱) می‌توان اثبات کرد که گره با فاصله طولانی‌تر به فرستنده زمان تأخیر کمتری برای پخش پیام در محدوده خود را دارند و همچنین این گره به عنوان گره رله برای گام بعدی انتخاب می‌گردد را تضمین می‌کند.

جهت اجتناب از انتشارات افزونه، در انتشار فراگیر با توجه به آنکه در لایه MAC از مکانیسم دسترسی چندگانه با قابلیت شنود سیگنال حامل/پیشگیری از تصادم[۲۹] (CSMA/CA) استفاده می‌شود که بر اساس آن هنگام دسترسی یکی از گره‌ها به کانال سایر گره‌ها نمی‌توانند به آن دسترسی داشته باشند، در طی همه‌پخشی توسط دورترین گره، سایر گره‌ها اقدام به همه پخشی نمی‌نمایند بنابراین تداخلی در همه پخشی‌ها روی نمی‌دهد، اما پس از انتشار پیام توسط دورترین گره، باید از همه‌پخشی‌های افزونه‌ای که توسط سایر گره‌هایی که پیام را دریافت کرده‌اند و با اتمام زمان تأخیرشان، صورت می‌پذیرد اجتناب گردد. برای این منظور ماشین‌هایی که در فاصله بین گره همه‌پخشی کننده اصلی و گره انتشاردهنده (دورترین گره انتخاب شده) قرار دارند، با دریافت مجدد پیغام، از وجود یک گره در فاصله دورتر که مناسب‌تر برای همه‌پخشی بوده و پیام را همه‌پخشی نموده است باخبر شده و دیگر پیام را همه‌پخشی نمی‌نمایند و به این‌صورت از همه‌پخشی‌های مجدد اجتناب می‌گردد. با افزودن این شرط مابین بودن، قابلیت اعتماد همه‌پخشی زیاد شده است زیرا در دیگر روش‌ها یک گره که در انتشار به سمت جلو شرکت می‌نماید چنانچه پیام را از گرهی در عقب دریافت نماید همه‌پخشی خود را لغو می‌نماید. علت ذکر شرط ما بین بودن، این است که برای گره‌هایی که قابلیت همه‌پخشی به سمت جلو را دارند احتمال دریافت پیام از یک انتشاردهنده به سمت عقب وجود دارد اما از آنجا که قابلیت همه‌پخشی به سمت جلو را دارند نباید همه‌پخشی خود را لغو نمایند. به شکل (۵) توجه نمایید، مطابق شکل، ماشین A اقدام به همه‌پخشی اطلاعات می‌نماید و ماشین‌های B و C و D پیام را دریافت می‌دارند به دلیل آنکه گره B در فاصله دورتری قرار دارد ($d_2>d_1$). زمان انتظار کمتری به آن اختصاص یافته و زودتر از سایرین اقدام به همه‌پخشی اطلاعات می‌نماید؛ که این پیام توسط گره‌های در دامنه انتقال آن دریافت می‌گردد. با دریافت مجدد پیام توسط ماشین D، این ماشین از وجود ماشین دیگری که همه پخشی را برعهده گرفته باخبر شده و با توجه به این‌که ما بین دو ماشین A و B قرار دارد، دیگر پیام را همه‌پخشی نمی‌نماید. این پیام توسط گرهC نیز مجددا دریافت می‌گردد اما به دلیل آنکه مطابق شرط ذکرشده، مابین بین گره A و گره B ناست همه‌پخشی در سمت جلو از طریق آن ادامه می‌یابد. با افزودن این شرط ما بین بودن، به قابلیت اعتماد همه‌پخشی افزوده شده است زیرا در دیگر روش‌ها یک گره که در انتشار به سمت جلو شرکت می‌نماید (در اینجا گره C)، چنانچه پیام را از گره‌ای در عقب دریافت نماید همه‌پخشی خود را کنسل می‌نماید که چنانچه در این شکل نیز ملاحظه می‌نمایید همه‌پخشی به جلو دیگر صورت نمی‌پذیرد. در این روش برای دریافتن موقعیت مکانی گره‌ها نسبت به هم از جهت حرکت و بردار مکانی نسبی آن‌ها (برداری از گره دریافت‌کننده به گره همه‌پخشی کننده) استفاده شده است که از طریق رابطه (۲) موقعیت مکانی گره‌ها انتشار دهنده را به‌دست می‌آورد. در شکل (۶) گره جلوی گره انتشاردهنده گرهی است که زاویه بین بردار مکانی آن نسبت به گره انتشاردهنده و بردار حرکت گره انتشاردهنده بزرگ‌تر از ۹۰ درجه بوده و کسینوس آن کوچک‌تر از صفر است.



شکل (۴): انتخاب گیرنده مناسب برای انتشار فراگیر در گام بعدی

Figure (4): Select the right receiver for all broadcasts in the next step



شکل (۵). شرط مابین بودن [۲۹]
Figure (5): Condition of being between [29]

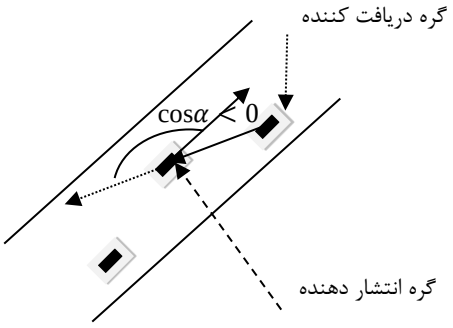
به این‌صورت هر گره با دریافت پیام، موقعیت خود را نسبت به گره همه‌پخشی کننده مشخص می‌سازد. مطابق شکل (۷) گره عقبی گرهی است که زاویه بین بردار مکانی آن نسبت به گره انتشاردهنده و بردار حرکت گره انتشاردهنده کوچک‌تر از ۹۰ درجه بوده و کسینوس آن بزرگ‌تر از صفر است.

$$\begin{cases} \text{If } \cos\alpha < o & \text{Location of the forward message transmitter node} \\ \text{If } \cos\alpha > o & \text{Location of the backward message transmitter node} \end{cases} \quad (۲)$$

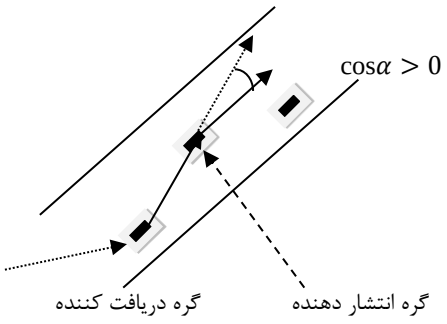
۳-۲-۲- انتخاب گیرنده برای پیام دور برد اضطراری (کلاس دوم)

در سرآیند پیام اضطراری اطلاعات مربوط به گره منبع، نوع پیام و جهت انتشار پیام‌ها قرار دارد که با استفاده از این اطلاعات یک طرح پخش قوی چندگامی و کارآمد برای اطلاع رسانی خدمات اضطراری شکل گرفت. این طرح یک راه قابل اعتماد برای مسیریابی و انتخاب یک گره برای همه‌پخشی پیام اضطراری است. یک گره تحت شرایط زیر برای گام بعدی انتشار انتخاب خواهد شد:

۱- گره با موفقیت پیام را دریافت کند.



شکل (۶): موقعیت مکانی گره انتشار دهنده پیام به جلویی [۳۰]
Figure (6): Location of the forward message transmitter node [30]



شکل (۷): موقعیت مکانی گره انتشار دهنده پیام به عقبی [۳۰]
Figure (7): Location of the backward message transmitter node [30]

۲- کانال در دسترس باشد.

۳- گره دورترین همسایه تک گامی گره تولیدکننده پیام باشد که پیام را با موفقیت دریافت کرده است (دورترین گره در دامنه پیام را دریافت کند)

فاصله بین گره مبدأ و دورترین همسایه تک گامی‌اش با استفاده از فاصله اقلیدسی تعریف شده است. با توجه به موقعیت (x,y) و سرعت (vx,vy) هر گره که واجد شرایط همه پخشی پیام را داشته باشد با موقعیت گره مبدأ (x_s, y_s) و همچنین سرعت گره (vx_s,vy_s) می‌تواند مطابق فرمول (۳) فاصله فرستنده و گیرنده را جهت مسیریابی برای انتخاب گره انتشار دهنده محاسبه کنید. در شکل (۸) انتخاب گره انتشار دهنده را با استفاده از روش چند گامی برای کلاس دوم پیام اضطراری را نشان داده است.

$$d_d = d_e \cos\alpha \quad (۳)$$

مقادیر d_e و α با استفاده از رابطه‌های (۴) و (۵) به‌دست می‌آیند:

$$d_e = \sqrt{(x-x_s)^2 + (y-y_s)^2} \quad (۴)$$

$$\alpha = \arctan y\left(\frac{y - y_s}{x - x_s}\right) \quad (۵)$$

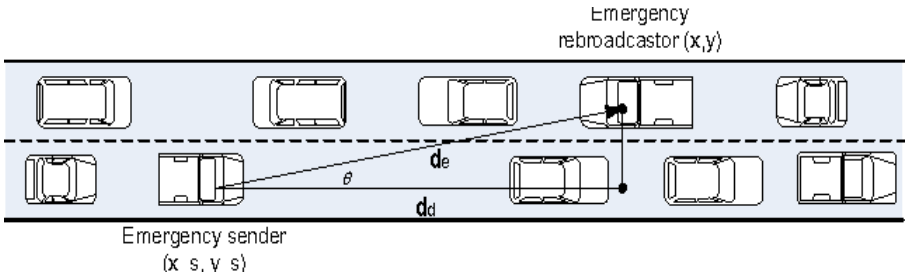
سپس جهت اجتناب از تصادم یک زمان تأخیر برای انتشار پیام‌ها به‌صورت رابطه (۶) محاسبه می‌گردد.

$$T_{AD} = \left(1 - \frac{d_d}{R}\right) * T_{Max} \quad (۶)$$

به‌طوری که d_d فاصله تا فرستنده و R محدوده انتقال است. این عبارت تضمین می‌کند که دورترین گره که در جهت ارسال قرار دارد، مسئول انتشار فراگیر در گام بعدی است و گره با فاصله طولانی‌تر از فرستنده زمان تأخیر کمتری برای پخش پیام در محدوده خود دارند. تمامی وسایل نقلیه که با موفقیت پیام را دریافت کرده‌اند با یک تأخیر T_{AD} جهت اجتناب از انتقال هم‌زمان دو یا بیشتر از دو گره است. جهت جلوگیری از انتشار افزونه از روش شرط ما بین قرار گرفتن گره‌ها استفاده می‌شود. هدف اصلی از این طرح برای اطلاع رسانی پیام‌های اضطراری با دور برد زیاد با قابلیت اطمینان و سریع صورت می‌گیرد. شبه کد انتخاب گیرنده برای پیام اضطراری در الگوریتم (۱) نشان داده شده است. پیچیدگی زمانی روش پیشنهادی o(n) است که n تعداد گره‌های همسایه است.

۳-۳- روشی جهت شناسایی شکاف ارتباطی و ارائه سازوکاری جهت اطمینان از ارسال پیام‌ها

در شبکه‌های بین خودرویی به دلیل ماهیت بسیار پویای آن‌ها دو حالت با پیوستگی زیاد و یا کم در این شبکه‌ها می‌تواند به‌صورت متناوب رخ دهد. در نتیجه ارائه رویکردی که به‌صورت تطبیق‌پذیر با این شرایط عمل نماید ضروری است. افزایش و کاهش تعداد ماشین‌ها بر کارایی شبکه بین خودرویی از دو طریق اثر می‌گذارد. از یک طرف تعداد زیاد وسایل منجر به یک بار ترافیکی بسیار بالا می‌شود و از طرف دیگر، تعداد وسایل کم و ماشین‌های کم تأثیر منفی در پیوستگی شبکه دارد. با این وجود مکانیسم همه‌پخشی در شبکه بدون ساختار ماشین‌ها بایستی دو حد را برآورده سازد، یکی شبکه‌های با پیوستگی کم و یکی شبکه‌های دارای تراکم بسیار زیاد است. وقتی پیوستگی شبکه کم باشد، ماشین‌ها در پارتیشن‌های مجزایی قرار می‌گیرند. این مسئله موجب می‌شود تا گره مناسب در دامنه انتشار برای واگذاری وظیفه همه‌پخشی یافت نشود.

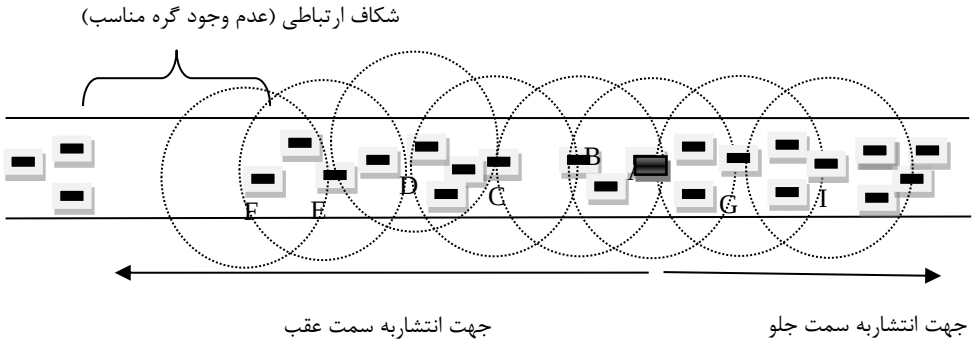


شکل (۸): گره انتشار دهنده با استفاده از تکنیک Multihop برای پیام اضطراری اولویت دوم [۲۸]

Figure (8): Disseminator node using the multi-hop technique for second priority emergency message [28]

Algorithm 1 Pseudo-code of the selecting a receiver for an emergency message

Initialization: (d: distance to the sender, n: number of neighbor node, C: number of received a packet),
Source vehicle sends an emergency message
for (i=1; i<=n; i++) do
neighbor node i calculate its distance to the source node
neighbor node i calculate a delay time (TAD)
$TAD = (1 - \frac{d}{R}) * Tmax$
End for
temp=0
for (i=1; i<=n; i++) do
if ($d_i > temp$) then
$temp = d_i$
End for
Select the node i as farthest node.
For (j=1; j<=TAD; j++) do
The node i waits.
End for
Farthest node broadcast the message
for (i=1; i<=n; i++) do
if (channel is free based on CSMA/CA mechanism) then
if (message is not receive again by the node) then
Node i broadcast the message to other neighbor nodes
else
Node i do not broadcast the message
End if
Else
Node i wait for channel access
End if
End for
End



شکل (۹): عدم وجود گره مناسب

Figure (9): Lack of proper node.

در شکل (۹) یک نمونه از شکاف ارتباطی به دلیل عدم وجود یک گره مناسب در دامنه انتشار را نشان می‌دهد. مطابق شکل پس از همه‌پخشی گره A گره‌های B، C، D، E و F به‌ترتیب، به عنوان گره همه‌پخشی کننده در سمت عقب انتخاب می‌شوند اما به دلیل آن‌که در دامنه انتشار گره F در جهت همه‌پخشی گره‌ای وجود ندارد که همه پخشی به آن واگذار گردد، در این سناریو عدم وجود یک گره مناسب در دامنه انتشار قبل از آن‌که طول عمر بسته پایان یابد و یا ناحیه هدف تحت پوشش، انتشار متوقف می‌شود. نکته دیگر این که استفاده از ظرفیت کانال در شبکه همواره به‌صورت یکنواخت نیست. به عنوان مثال ترافیک ایجاد شده توسط برنامه‌های ایمنی معمولاً دارای یک پیک ناگهانی ترافیکی است به‌طوری که حجم زیادی از اطلاعات تولید شده و در یک زمان کوتاه در یک ناحیه خاص انتشار می‌یابند و ظرفیت زیادی از پهنای باند را اشغال می‌نماید، نمونه دیگری از این وضعیت هنگام دسترسی تعداد زیادی از ماشین‌ها در چهارراه‌ها به واحدهای کنار جاده است. از این رو یک برنامه همه‌پخشی باید تا حد

ممکن این پیک‌های ترافیکی و حجم داده‌های انتقال یافته را در عین داشتن کارایی بالا کاهش دهد. باید از طریق یک مکانیسم همه‌پخشی، انتشار اطلاعات به یک ناحیه هدف تضمین گردد. برای اطلاع از وجود تصادم، مسئله گره‌های مخفی، عدم حضور گره در دامنه انتقال و... (تحت عنوان شکاف‌های ارتباطی بیان می‌شود)، استفاده از مفهومی مشابه پیام‌های پاسخ پیشنهاد می‌گردد. به این ترتیب که ماشین انتشاردهنده پس از همه‌پخشی پیام، آن را در خود ذخیره کرده و یک تایمر انتظار پاسخ را آغاز می‌نماید، پس از پایان زمان انتظار پاسخ، چنانچه پیام مجدداً دریافت نگردد به معنای عدم حضور گره همه‌پخشی کننده بعدی برای انتشار در جهت انتشار است و وجود شکاف ارتباطی مشخص می‌گردد. پس از مواجهه با شکاف ارتباطی و کشف آن، برای ادامه همه‌پخشی باید از یک مکانیسم ذخیره و انتشار استفاده شود. این مکانیسم در شبکه به این گونه است که پیغام گره ذخیره می‌شود و سپس در یک زمان دیگر در شرایطی متفاوت با شرایط اولیه دوباره انتشار می‌یابد. استفاده از این مکانیسم برای ادامه انتشار در شبکه بین خودرویی مناسب است، زیرا در این شبکه‌ها با توجه به سرعت‌های متفاوت ماشین‌ها و توپولوژی متغیر شبکه، مرتبا شرایط جدیدی ایجاد می‌شود که امکان قرار گرفتن گره جدید در دامنه انتقال گره‌ها و حذف شکاف‌های ارتباطی وجود دارد. پس از این‌که همه پخشی توسط گره اولیه انجام شد، پس از طی زمان دوره انتقال، پیام ارسال شده توسط دورترین گره دریافت می‌گردد. دورترین گره نیز پس از طی زمان انتظار مجدد این پیام را همه پخشی می‌کند و یک دوره انتقال طول می‌کشد تا پیام دوباره توسط گره اولیه دریافت شود. به این دلیل زمان انتظار پاسخ باید حداقل، دو برابر دوره انتقال بعلاوه زمان انتظار دورترین گره برای به‌دست گرفتن همه‌پخشی باشد.

۳-۴- ادغام طرح همه پخشی و مسائل مربوط به اجرای آن

بر اساس طرح فوق مطرح شده برای خدمات ایمنی مرتبط با آن، می‌توان یک پروتکل سیستماتیک را ایجاد نمود که بر روی هر وسیله نقلیه دو ماژول نصب شده است ۱- ماژول خدمات معمول ۲- ماژول خدمات اضطراری.

سرویس ماژول خدمات معمول برای تبادل پیام‌های ایمنی دوره‌ای و یا اطلاعات ترافیکی کاربرد دارند. حالت برقراری این نوع ارتباط طبق استاندارد IEEE802.11P در لایه فیزیکی صورت می‌گیرد با توجه به آنکه در لایه MAC از مکانیسم CSMA/CA استفاده می‌شود که بر اساس آن هنگام دسترسی یکی از گره‌ها به کانال سایر گره‌ها نمی‌توانند به آن دسترسی داشته باشند. پیام‌های ایمنی به شکل دوره‌ای تولید شده و هر وسیله نقلیه در جاده اطلاعات خود را به‌روزرسانی می‌کند. هنگامی که یک پیام ایمنی دوره‌ای آماده است اگر کانال در دسترس خودرو بود آن را ارسال می‌کند در غیر این صورت در زمان دیگر پیام را ارسال می‌کند. هر خودرو از طریق پیام‌های دوره‌ای پایگاه داده خود که شامل اطلاعات شناسایی و جابه‌جایی وسایل نقلیه اطراف خود را به صورت پویا به‌روزرسانی می‌کند. هنگامی که یک وضعیت اضطراری صورت می‌گیرد وسایل نقلیه درگیر، ماژول خدمات اضطراری را فعال می‌کنند. اگر پیام، اضطراری (سیگنال اضطراری) تشخیص داده شد ارسال پیام‌های ایمنی دوره‌ای متوقف خواهد شد، وسایل نقلیه در محدوده منطقه خطر با دریافت سیگنال کانال متوجه می‌شوند که پیام اضطراری مربوط به کلاس یک یا کلاس دوم است و ماژول خدمات اضطراری را آغاز می‌کند. جلوگیری از پیام‌های افزونه با استفاده از تکنیک شرایط مابین بودن گره‌ها و اطمینان از ارسال پیام اضطراری با استفاده از مکانیسم تصدیق و انتشار پیام است. با این حال تفاوت دو کلاس اضطراری عبارت از: در پیام با اولویت یک پیام‌های را بدون مسیریابی همه پخشی می‌کند ولی در پیام با اولویت دوم از تکنیک مسیریابی جهت‌دار فاصله (از راه دور) جهت انتخاب گره رله برای پیام با اولویت دوم استفاده می‌گردد. استفاده از روش پیشنهادی به هیچ‌گونه سخت‌افزار اضافی نیاز ندارد و بدون نیاز کنترل مرکزی صورت می‌گیرد علاوه بر این طرح پیشنهادی ساده و آسان قابل پیاده‌سازی است. مراحل روش پیشنهادی در شکل (۱۰) نشان داده شده است

۴- شبیه‌سازی و تحلیل

در این بخش به ارزیابی پروتکل پیشنهادی اشاره می‌شود. روش پیشنهادی با استفاده از نرم‌افزار متلب شبیه‌سازی شده است. عملکرد پروتکل پیشنهادی با پروتکل‌های ASPBT [۱۹] و AddP [۱۵] مقایسه شده است. همان‌طور که بیان شد ویژگی‌های یک روش فراگیر اطلاعات در شبکه‌های موردی خودرویی باید دارای تأخیر کم، نرخ تحویل بالا، کاهش تصادم جهت استفاده

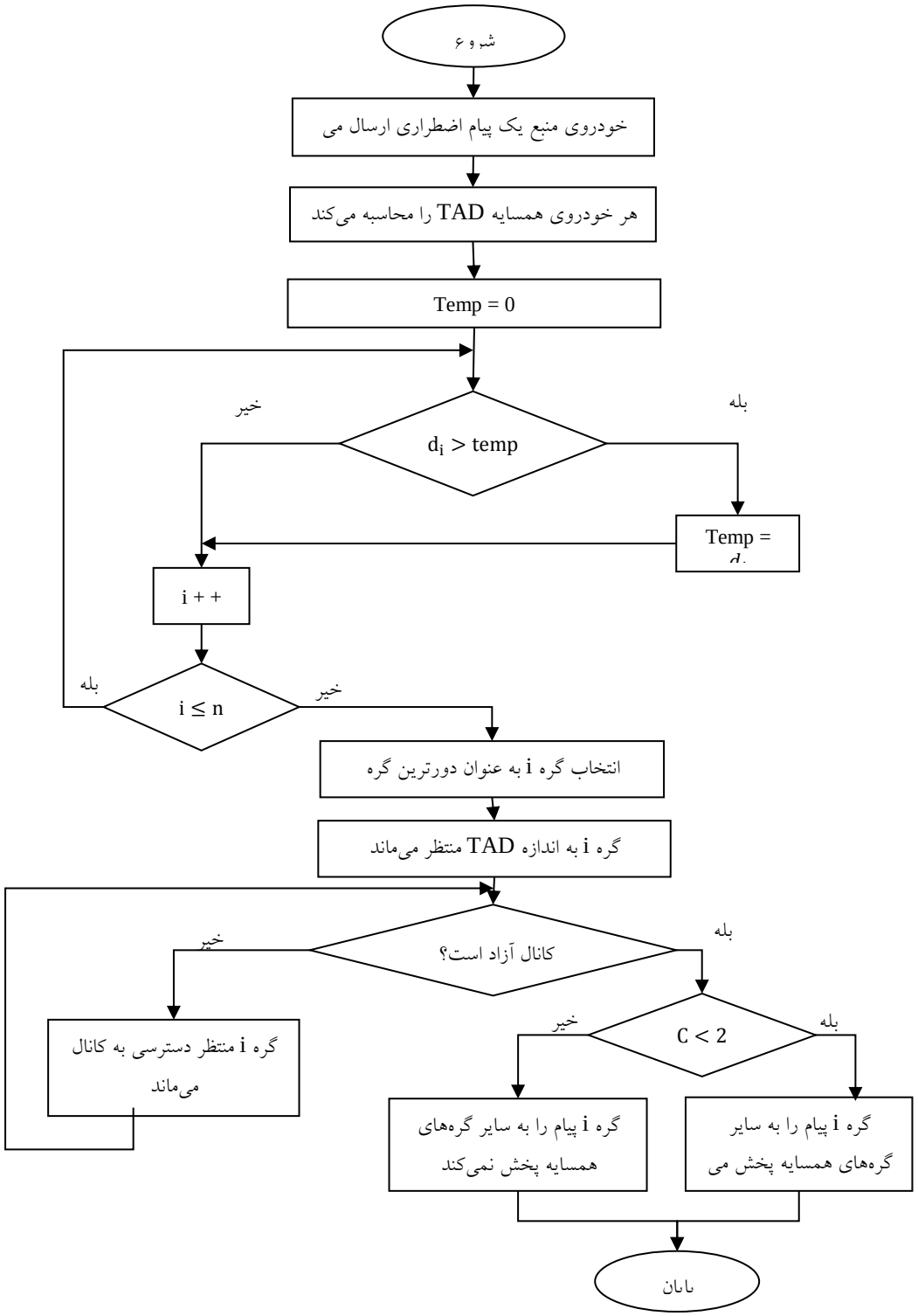
بهینه از پهنای باند بوده و همچنین یک روش فراگیر موفق باید بتواند در چگالی‌های مختلف شبکه کارایی مناسب را داشته باشد. معیارهای ارزیابی و مقایسه بین دو پروتکل نرخ تحویل، نرخ تصادم، تأخیر مورد ارزیابی واقع می‌شود. پارامترهای شبیه‌سازی در جدول (۲) آمده است. هر وسیله نقلیه مجهز به امکانات ارتباطات برد کوتاه اختصاصی و قابلیت آنتن‌های چندجهته بی‌سیم هستند که با استفاده از آن‌ها فرستنده‌ها می‌توانند پیام را به همه ماشین‌هایی که در دامنه انتقال خود قرار دارند ارسال نمایند. با توجه به افزایش محدوده ارسال به‌واسطه محصولات اخیر رادیویی، انتشار تک‌گامی به عنوان نوع مهمی از ارتباطات با قابلیت اطمینان بالا خودرویی است. پیام‌های بیکن، پخش تک گامی در لایه MAC نیاز دارند در حالی که پیام‌های هشدار و پیام‌های رفاهی معمولاً نیازمند تک‌پخشی یا پخش فراگیر چند گامی هستند.

در این مقاله انتشار پیام‌های بیکن به‌صورت تک گامی و دوره تکرار هر ۴ ثانیه شبیه‌سازی شده است و پیام‌های هشدار با توجه به طول عمر و نوع اولویت تعیین شده به‌صورت تک‌گامی یا چند گامی ارسال شده‌اند. مسیر بزرگراهی به طول ۱۲ کیلومتر و به‌صورت دو باند و هر باند شامل سه خط است. سرعت خودروها بین ۶۰ تا ۱۰۰ کیلومتر متغیر است. خودروها به‌صورت تصادفی توزیع می‌شوند. مقداردهی اولیه قدرت انتقال با توجه به آنتن استاندارد این شبکه صورت پذیرفته است. مقایسه نرخ تحویل بسته در روش پیشنهادی با سایر روش‌ها در شکل (۱۱) نشان داده شده است. نسبت تحویل بسته یکی از پارامترهای مهم در کیفیت سرویس است که پروتکل‌های مختلف همواره سعی در افزایش آن را دارند. نرخ تحویل بسته ارسالی برابر با احتمال اینکه یک بسته داده با موفقیت به مقصد برسد، نرخ تحویل معکوس برابر است با احتمال اینکه بسته تصدیق[۳۰] (ACK) با موفقیت دریافت شود. احتمال اینکه ارسال با موفقیت انجام شده و تصدیق شود برابر است با ضرب نرخ تحویل بسته در نرخ تحویل معکوس. فرستنده وقتی اقدام به ارسال مجدد می‌کند که بسته ACK را دریافت نکند. در پروتکل پیشنهادی چون از روش ذخیره و انتشار[۳۱] استفاده می‌شود باعث می‌گردد به شکاف ارتباطی از این طریق پی برده و با همه‌پخشی متناوب با فاصله زمانی مناسب وجود یک گره جدید را دریافته و همه‌پخشی را به آن واگذار نماید و به این ترتیب همه‌پخشی ادامه می‌یابد و نرخ تحویل بالایی را فراهم می‌آورد و استفاده از روش لایه‌بندی در کانال ارتباطات برد کوتاه اختصاصی باعث می‌شود که احتمال تصادم و ارسال مجدد پیام‌ها کاهش پیدا کند. در شکل (۱۲) مقایسه تأخیر در روش پیشنهادی با سایر روش‌ها انجام شده است. یکی از نتایج کاهش بار کانال، کاهش تأخیر است. تأخیر برای هر کاربرد شبکه مهم است، به خاطر ویژگی‌های کاربردهای ایمنی اهمیت تأخیر برای این کاربردها، نقش حیاتی دارد. در پروتکل پیشنهادی به دلیل استفاده از گیرنده پویا در کلاس یک و دو که مربوط به پیام‌های ایمنی و انتخاب دورترین گره به عنوان رله همه پخشی برای گام بعدی بر اساس TAD (زمان)، باعث می‌گردد که همه پخشی در روش پیشنهادی با کمترین زمان ممکن و بیشترین محدوده ارسال انتشار پیدا کند. در شکل (۱۳) مقایسه نرخ تصادم در روش پیشنهادی و سایر روش‌ها انجام شده است. استفاده از روش لایه‌بندی در کانال ارتباطات برد کوتاه اختصاصی با سه سطح خدمات ایمنی و اولویت‌بندی پیام‌ها باعث کاهش تصادم و اجتناب از تصادم پخش فراگیر می‌شود.

جدول (۲): پارامترهای شبیه‌سازی

Table (2): Simulation parameters

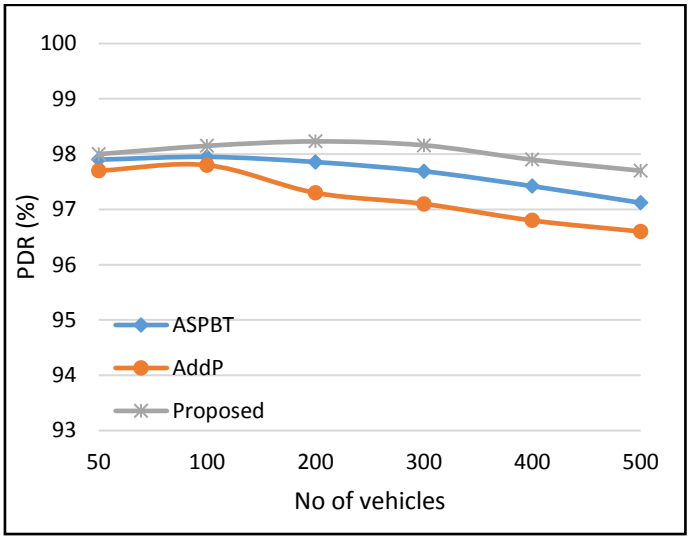
پارامتر	مقدار
اندازه محیط	۱۲ کیلومتر
پروتکل MAC	IEEE 802.11P
رنج انتقال	۲۰۰ متر
اندازه بسته بیکن	۳۲ بیت
تعداد خودرو	۵۰۰
نرخ انتقال	۳۲ مگابیت بر ثانیه
سرعت	۶۰ الی ۱۰۰ کیلومتر بر ساعت
جریان ترافیک	۵۰ الی ۶۰۰ کیلومتر بر ساعت
مدل انتشار	تداخل دو طرفه
مدل حرکت	مدل نقطه راه تصادفی
زمان شبیه‌سازی	۳۰ دقیقه



شکل (۱۰): فلوچارت روش پیشنهادی

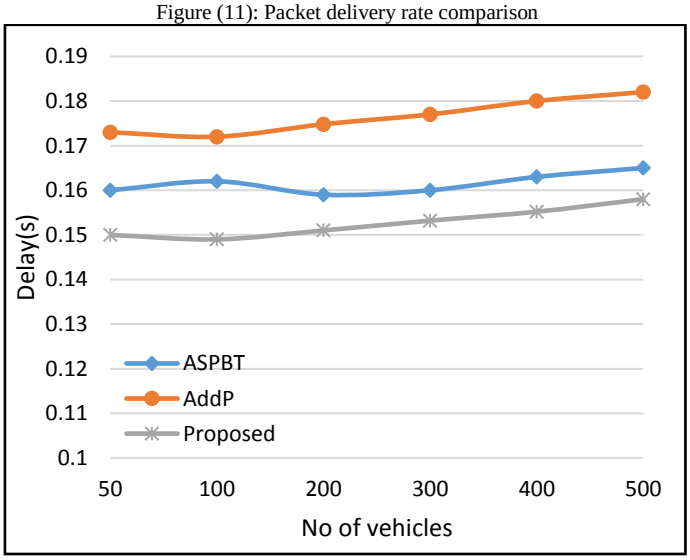
Figure (10): Flowchart of the proposed method

همچنین یک زمان تأخیر برای انتشار پیام‌ها بر اساس فاصله بین گره مبدأ و دریافت کننده محاسبه می‌گردد که برای جلوگیری از انتشارات افزونه استفاده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود. عدم وجود تصادم فریم‌ها منجر به افزایش صحت اطلاعات مبادله شده می‌گردد، زیرا اطلاعاتی به واسطه تصادم از بین نمی‌رود.



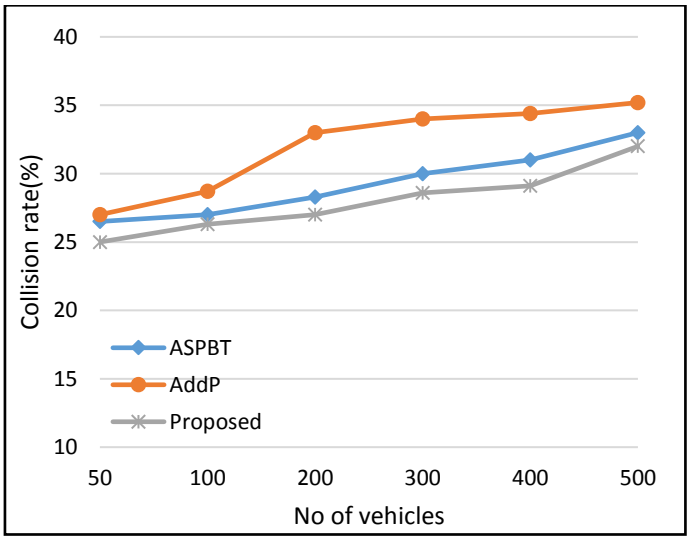
شکل (۱۱): مقایسه نرخ تحویل بسته

Figure (11): Packet delivery rate comparison



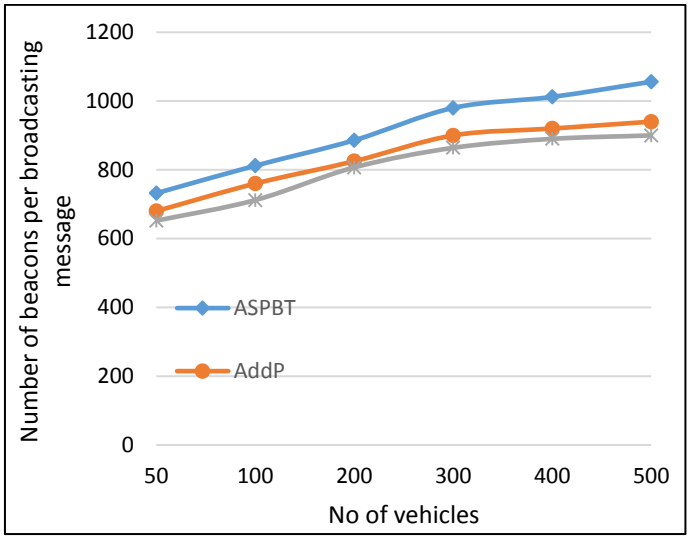
شکل (۱۲): مقایسه تأخیر انتها به انتها

Figure (12): End-to-end delay comparison



شکل (۱۳): مقایسه نرخ تصادم

Figure (13): Collision rate comparison



شکل (۱۴): مقایسه سربار

Figure (13): Overhead comparison

آشکار است که موفقیت هر کاربرد ایمنی رابطه مستقیم با میزان صحت اطلاعات دارد؛ بنابراین استفاده از پروتکل پیشنهادی می تواند موجب بهبود صحت بهبود اطلاعات مبادله شده و بالا بردن قابلیت اطمینان در شبکه‌های موردی خودرویی گردد. وقتی پیامی به‌صورت پخش‌فراگیر در شبکه خودرویی ارسال می‌شود کلیه خودروها بسته را دریافت می‌کنند و فرآیند پردازش را روی آن انجام می‌دهند. در روش پیشنهادی این پردازش برای هر خودرو به‌صورت یکسری پردازش مجزا صورت می‌گیرد که عمدتاً مربوط به ضرب چیپ کدها و نرمالیزه کردن آنها مربوط است، تعداد پیام‌های افزونه‌ای که در طی همه‌پخشی ایجاد می‌گردند و پردازش تعیین موقعیت هر گره در شبکه است. با توجه به اینکه تعداد خودروهای ارسال‌کننده هر فریم تنها یک خودرو هست داری سربار پردازشی کمتری است. در شکل (۱۴) سربار پردازشی روش پیشنهادی و سایر روش‌ها نشان داده شده که سربار پردازشی روش پیشنهادی کمتر است.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله یک پروتکل جدید برای تحویل سریع و قابل اعتماد برای پیام‌های ایمنی با استفاده از لایه‌بندی کانال ارتباطات برد کوتاه اختصاصی مورد بررسی قرار گرفته است. به‌منظور افزایش قابلیت اطمینان در پیام‌های ایمنی چندین روش با هم ترکیب شده است که شامل پیام‌های با اولویت، گیرنده پویا در هر اولویت، انتخاب دورترین گره به عنوان رله همه پخشی برای گام بعدی بر اساس TAD (زمان)، استفاده از موقعیت مکانی گره‌ها نسبت به هم‌جهت جلوگیری از پیام‌های افزونه و استفاده از مکانیسم تصدیق پیام برای اطمینان از عدم وجود شکاف‌های ارتباطی برای پیام‌های ایمنی است. این پروتکل اجازه می‌دهد تا کنترل کانال ارتباطات برد کوتاه اختصاصی برای ارائه سه کلاس از پیام‌های مربوط ایمنی با کیفیت سرویس مورد نیاز به آسانی پیاده‌سازی شود. لازم به ذکر است پروتکل پیشنهادی به‌صورت هوشمندانه و بدون نیاز به سخت‌افزار اضافی می‌تواند در هر شرایطی با کیفیت مناسب کار نماید. با توجه به نقش مؤثر کنترل کانال ارتباطات برد کوتاه اختصاصی، اولویت‌بندی پیام‌ها و تشخیص شکاف‌های ارتباطی در می‌یابیم که برای ارائه پروتکلی با کارایی بالا نیازمند بهبود و نحوه ترکیب مناسب آن‌ها هستیم که هرکدام می‌توانند نقش مؤثری در بالا بردن توان عملیاتی و مقیاس‌پذیری پروتکل داشته باشند. مهم‌ترین کارهایی که در آینده مورد بررسی قرار خواهند گرفت عبارت‌اند از استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی برای پیش‌گویی مکان بعدی گره و همچنین انتخاب بهترین مسیرها با افزودن سخت‌افزار موقعیت‌یاب، متغیر نمودن دامنه انتقال گره‌ها، در این صورت انتخاب گره‌های مناسب جهت انتشار در گام بعدی در هر دامنه متفاوت است.

سپاسگزاری

این مقاله از رساله دوره دکتری در دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول استخراج شده است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر صمیمانه خود را از همکاران حوزه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی و داوران محترم که ما را در انجام و ارتقای کیفی این مقاله یاری نموده‌اند، اعلام نمایند.

References

مراجع

[1] E. Bozorgzadeh, H. Barati, A. Barati, "3DEOR: an opportunity routing protocol using evidence theory appropriate for 3D urban environments in VANETs", IET Communications, vol. 14, no. 22, pp. 4022-4028, Dec. 2020 (doi: 10.1049/iet-com.2020.0473).

[2] R. Palizian, H. Barati, A. AnsariAsl, "A multi-level routing method in vehicular ad hoc networks using unnamed aerial vehicle nodes", International Journal of Communication Systems, vol. 34, no.13, Article Number: e4923, Sept. 2021 (doi: 10.1002/dac.4923).

[3] S.A. Rashid, L. Audah, M.M. Hamdi, M.S. Abood, S. Alani, "Reliable and efficient data dissemination scheme in VANET: A review", International Journal of Electrical and Computer Engineering, vol. 10, no. 6, pp. 6423-6434, Dec. 2020 (doi: 10.11591/ijece.v10i6.pp6423-6434).

[4] S. Farooq, S.M. Hussain, S. Kiran, T.S. Ustun, "Certificate based security mechanisms in vehicular ad-hoc networks based on IEC 61850 and IEEE WAVE standards", Electronics, vol. 8, no. 1, pp. 96-112, Jan. 2019 (doi: 10.3390/electronics8010096).

[5] R. Hussain, F. Hussain, S. Zeadally, "Integration of VANET and 5G security: A review of design and implementation issues", Future Generation Computer Systems, vol. 101, pp. 843-864, Jul. 2019 (doi: 10.1016/j.future.2019.07.006).

[6] S. Sharma, "Vehicular ad-hoc network: An overview", Proceeding of the IEEE/ICCCIS, pp. 131-134, Greater Noida, India, Oct. 2019 (doi: 10.1109/ICCCIS48478.2019.8974524).

[7] E. Moridi, H. Barati, "RMRPTS: A reliable multi-level routing protocol with tabu search in VANET", Telecommunication Systems, vol. 65, no. 1, pp. 127-137, 2017 (doi: 10.1007/s11235-016-0219-6).

[8] A. Avokh, G. Mirjalily, "Performance analysis of broadcasting in small-scale multi-radio multi-channel wireless mesh networks", Proceeding of the IEEE/ICACT, pp. 537-542, PyeongChang, Korea, Feb. 2012.

[9] E. Moridi, H. Barati, "Increasing efficiency and reliability in multicasting geographical routing based on Fuzzy Logic in VANETs", Journal of Soft Computing and Information Technology, pp. 1-11, Oct. 2020 (Articles in Press).

[10] B.R. Senapati, P.M. Khilar, R.R. Swain, "Fire controlling under uncertainty in urban region using smart vehicular ad hoc network", Wireless Personal Communications, vol. 116, no. 3, pp. 2049-2069, Feb. 2021 (doi: 10.1007/s11277-020-07779-0).

[11] H.R. Abdulshaheed, Z.T. Yaseen, A.M. Salman, I. Al-Barazanchi, "A survey on the use of wimax and wi-fi on vehicular ad-hoc networks (vanets)", Proceeding of the ICRAT, vol. 870, no. 1, Article Number: 012122, Feb. 2020 (doi: 10.1088/1757-899X/870/1/012122).

[12] M.M. Joe, B. Ramakrishnan, "Live emergency and warning alerts through android application for vehicular ad hoc network communication (Android VANET)", Wireless Personal Communications, vol. 116, no. 1, pp. 125-151, Jan. 2021 (doi: 10.1007/s11277-020-07708-1).

[13] V.D. Khairnar, K. Kotecha, "Performance of vehicle-to-vehicle communication using IEEE 802.11 p in vehicular ad-hoc network environment", International Journal of Network Security and Its Applications (IJNSA), vol. 5, no. 2, pp. 144-170, Mar. 2013 (doi: 10.5121/ijnsa.2013.5212).

[14] Y. Fei, R. Yim, J. Guo, J. Zhang, S. Roy, "Prioritized broadcast contention control in VANET", Proceeding of the IEEE/ICC, pp. 1-5, Cape Town, South Africa, May. 2010 (doi: 10.1109/ICC.2010.5501792).

[15] R. Oliveira, C. Montez, A. Boukerche, M.S. Wangham, "Reliable data dissemination protocol for VANET traffic safety applications. Ad Hoc Networks", Ad Hoc Networks, vol. 63, pp. 30-44, Aug. 2017 (doi: 10.1016/j.adhoc.2017.05.002).

[16] D. Tian, C. Liu, X. Duan, Z. Sheng, Q. Ni, M. Chen, V.C. Leung, "A distributed position-based protocol for emergency messages broadcasting in vehicular ad hoc networks", IEEE Internet of Things Journal, vol. 5, no. 2, pp. 1218-1227, April 2018 (doi: 10.1109/JIOT.2018.2791627).

[17] S.S. Shah, A.W. Malik, A.U. Rahman, S. Iqbal, S.U. Khan, "Time barrier-based emergency message dissemination in vehicular ad-hoc networks", IEEE Access, vol. 7, pp. 16494-16503, Jan. 2019 (doi: 10.1109/ACCESS.2019.2895114).

[18] Z. Lin, Y. Sun, Y. Tang, Z. Liu, "An efficient message broadcasting MAC protocol for VANETs" , Wireless Networks, vol. 26, no. 8, pp. 6043-6057, Nov. 2020 (doi: 10.1007/s11276-020-02415-y).

[19] M. Selvi, B. Ramakrishnan, "Lion optimization algorithm (LOA)-based reliable emergency message broadcasting system in VANET", Soft Computing, vol. 24, no. 14, pp. 10415-10432, Jul. 2020 (doi: 10.10-07/s00500-019-04545-8).
[20] S. Ullah, G. Abbas, Z.H. Abbas, M. Waqas, M. Ahmed, "RBO-EM: Reduced broadcast overhead scheme for emergency message dissemination in VANETs", IEEE Access, vol. 8, pp. 175205-175219, Sept. 2020 (doi: 10.1109/ACCESS.2020.3025212).
[21] S. Ullah, G. Abbas, M. Waqas, Z.H. Abbas, S. Tu, I.A. Hameed, "EEMDS: An effective emergency message dissemination scheme for urban VANETs", Sensors, vol. 21, no. 5, pp. 1588, Feb. 2021 (doi: 10.3390/s2-1051588).
[22] M. Selvi, B. Ramakrishnan, "Secured message broadcasting in VANET using blowfish algorithm with oppositional deer hunting optimization", International Journal of Computer Network & Information Security, vol. 13, no. 2, April 2021 (doi: 10.5815/ijcnis.2021.02.04).
[23] X. Ma, K.S. Trivedi, "SINR-based Analysis of IEEE 802.11 p/bd Broadcast VANETs for Safety Services", IEEE Trans. on Network and Service Management, vol. 18, no. 3, pp. 2672-2686, Mar. 2021 (doi: 10.1109/T-NSM.2021.3069206).
[24] I. Ali, H. Lim, "NameCent: Name centrality-based data broadcast mitigation in vehicular named data networks", IEEE Access, vol. 9, pp. 162438-162447, Dec. 2021(doi: 10.1109/ACCESS.2021.3133016).
[25] X. Ma, X. Yin, K. Trivedi, "A robust broadcast scheme for VANET one-hop emergency services". Proceeding of the IEEE/VTC, pp. 1-5, San Francisco, CA, USA, Sept. 2011 (doi: 10.1109/VETECF.2011.6093018).
[26] H. Yoo, D. Kim, "ROFF: Robust and fast forwarding in vehicular ad-hoc networks", IEEE Trans. on Mobile Computing, vol. 14, no. 7, pp. 1490-1502, Sept. 2014 (doi: 10.1109/TMC.2014.2359664).
[27] A. Avokh, A. Shamaei-Chaharsough, "Joint multi-hop clustering and routing in VANETs using array of doubly linked list", Journal of Modeling in Engineering, vol. 19, no. 67, Autumn 2021 (in Persian) (doi: 10.22075/jme.2021.22568.2037).
[28] X. Ma, J. Zhang, X. Yin, K.S. Trivedi, "Design and analysis of a robust broadcast scheme for VANET safety-related services". IEEE Trans. on Vehicular Technology, vol. 61, no. 1, pp. 46-61, Nov. 2011 (doi: 10.1109/T-VT.2011.2177675).
[29] S. Khakbaz, M. Fathy, "Adding reliability of broadcast methods in vehicular ad hoc networks", Proceeding of the IEEE/HGMAST, pp. 385-388, Cardiff, UK, Sept. 2008 (doi: 10.1109/NGMAST.2008.94).
[30] S. Khakbaz, M. Dadfarnia, "The challenge of broadcasting at intersections in Vehicular Adhoc Networks". Proceeding of the IEEE/ICEIE, vol. 2, pp. 505-509, Kyoto, Japan, Aug. 2010 (doi: 10.1109/ICEIE.2010.55-59757).

زیرنویس

1. Dedicated short range communication (DSRC)
2. Vehicle to vehicle (V2V)
3. Vehicle to infrastructure (V2I)
4. Wireless access in vehicular environments
5. Control channel
6. Services channel
7. Ordinary services
8 Emergency services
9. Beacon message
10. Collision
11. Prioritized broadcast contention control
12. Medium access control
13. Aadaptive data dissemination protocol
14. Region of interes
15. Time barrier-based emergency message dissemination
16. Time division carrier sense multiple access
17. Beacon
18. Adaptive scheduled partitioning and broadcasting technique
19. Lion optimization algorithm
20. Effective emergency message dissemination scheme
21. Blowfish
22. Oppositional deer hunting optimization
23. Quality of service
24. Named data networking
25. Robust and fast forwarding in vehicular ad-hoc networks

26. On board unit
27. Omnidirectional
28. Receiver-Oriented
29. Carrier-sense multiple access with collision avoidance
30. Acknowledgement Packet
31. Stroe and Forward