

Adaptive-PGRP: Routing Algorithm Based on PGRP Algorithm with Adaptive Hello Messages in VANET

Robabeh Ghafouri Vayghan^{1*}, Reza Akbari Sefideh²

1. Assistant Professor, Department of Computer, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. * *Corresponding Author*, autcomp@yahoo.com
2. Department of Computer, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Abstract

Introduction: In the vehicular ad hoc networks (VANETs), routing is a challenging issue due to the nodes mobility speed and frequent changes in the network topology. In these networks, geographic routing algorithms are more popular and have attracted more attention. The efficiency of geographic routing algorithms depends on the two factors: strategy of choosing the best neighbor and how to manage the mobility of neighbor nodes by the procedure of broadcasting Hello messages. Broadcasting Hello messages leads to the exchange of many control packets and causes the channel saturation and increases the probability of congestion and collision.

Method: In this work, with the aim of reducing the control overhead messages, the broadcast rate of Hello messages is adjusted adaptively based on the congestion and link expiration time. By applying the proposed method on the PGRP (Predictive Geographic Routing Protocol) algorithm, the broadcast rate of Hello packets is adjusted according to the network conditions. As a result, routing overhead packets are reduced and service quality in the network is improved.

Results: Two groups of experiments have been conducted. In the first group, the aim is to investigate the effect of increasing the number of vehicles. In the second group experiments, the goal is to investigate the nodes speed increasing. The simulation results show that the proposed method improves the performance of the PGRP protocol in different scenarios. It has been shown the proposed method for a different number of vehicles increases the packet delivery ratio on average by 16%; decrease end to end delay on average by 7%; decreases normalized routing overhead by 18% compared to PGRP. Also, it has been shown the proposed method for a varying speed of vehicles increases the packet delivery ratio by 18%; decreases average end to end delay by 5% and decreases the normalized routing overhead by 22% compared to PGRP.

Discussion: When the number of vehicles increases, the sources of broadcasting Hello messages increase, and the probability of collision increases. In the proposed method this situation is detected and the broadcast rate of Hello messages reduces. As the same way, when the speed of the nodes is low, the expiration time of links increases, and the proposed method reduces the broadcast of Hello messages to avoid wasting the network resources.

Keywords: VANET, Routing, Hello message, PGRP Algorithm.

Adaptive-PGRP: الگوریتم مسیریابی در شبکه‌های VANET بر اساس الگوریتم PGRP با ارسال تطبیقی پیام‌های Hello

دوره چهارم، زمستان ۱۴۰۲
شماره چهارم، صص: ۲۵-۳۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۳۰

ربابه غفوری وایقان^{۱*}، رضا اکبری سفیده^۲

۱. استادیار، گروه کامپیوتر، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول) autcomp@yahoo.com
۲. گروه کامپیوتر، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

چکیده: مسیریابی در شبکه‌های بین خودرویی به دلیل سرعت خودروها و تغییرات سریع شبکه، یک مسأله چالش‌برانگیز است. در این شبکه‌ها الگوریتم‌های مسیریابی جغرافیایی دارای محبوبیت بیشتری بوده و توجه بیشتری را به خود جلب کرده‌اند. کارایی الگوریتم‌های مسیریابی جغرافیایی به دو عامل استراتژی انتخاب بهترین همسایه و چگونگی مدیریت کردن تحرک گره‌های همسایه از طریق روال ارسال پیام‌های Hello بستگی دارد. انتشار پیام‌های Hello، منجر به مبادله بسته‌های بسیار و افزایش سربار شبکه و حتی باعث اشباع کانال و افزایش احتمال تصادم بسته‌های داده می‌شود. در این مقاله با هدف کاهش نرخ ارسال پیام‌های Hello، نرخ ارسال این پیام‌ها براساس عوامل سازگار با مشخصه‌های شبکه‌های بین خودرویی مانند ازدحام و طول عمر پیوندها به صورت تطبیقی تنظیم می‌شود. با به کار بردن روش پیشنهادی بر روی الگوریتم PGRP (Predictive Geographic Routing Protocol)، نرخ ارسال بسته‌های Hello در این الگوریتم با توجه به شرایط شبکه تنظیم می‌شود. در نتیجه پیام‌های سربار کنترلی کاهش می‌یابد و کیفیت خدمات در شبکه بهبود می‌یابد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی در سناریوهای مختلف باعث بهبود عملکرد پروتکل PGRP شده و ضمن افزایش نرخ تحویل بسته، تأخیر انتها به انتها و سربار کنترلی را کاهش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: VANET، مسیریابی، بسته Hello، الگوریتم PGRP.

۱. مقدمه

شبکه‌های بین خودرویی کاربردهای بسیاری از جمله اطلاعات جاده‌ای، خدمات ایمنی، تبلیغاتی و سرگرم‌کننده را برای رانندگان و مسافران فراهم می‌کنند. این شبکه‌ها ارتباط خودروها با یکدیگر (V2V) و یا خودروها با زیر ساخت V2I را فراهم می‌کنند که نیاز به هیچ‌گونه زیرساخت ثابتی ندارد و خودساز مانده‌ی از ویژگی‌های مهم آن‌هاست [۱].

مسیریابی در شبکه‌های بین خودرویی یک عملیات پایه‌ای است که امکان برقراری ارتباط بین خودروها را فراهم می‌کند. با توجه به ویژگی‌های شبکه‌های بین خودرویی از جمله تحرک سریع خودروها و تغییر مداوم توپولوژی و قطعی مداوم اتصالات بین گره‌ها، نیاز به طراحی پروتکل‌های مسیریابی کارآمد در این شبکه‌ها وجود دارد.

پروتکل‌های مسیریابی متفاوتی برای شبکه‌های بین خودرویی ارائه شده‌اند که به دو دسته عمده پروتکل‌های مبتنی بر توپولوژی [۲] و پروتکل‌های مبتنی بر موقعیت (پروتکل‌های مسیریابی جغرافیایی) [۳] و دسته‌بندی می‌شوند. الگوریتم‌های مبتنی بر توپولوژی، از اطلاعات پیوند بین گره‌ها که از قبل در جداول مسیریابی ذخیره شده‌است، برای ارسال بسته‌ها استفاده می‌کنند. پروتکل‌های مسیریابی مبتنی بر موقعیت، از موقعیت جغرافیایی گره‌ها برای تعیین مسیر برای ارسال بسته استفاده می‌کنند.

الگوریتم‌های مسیریابی مبتنی بر موقعیت محبوبیت بیشتری در محیط شبکه‌های بین خودرویی دارند و توجه بیشتری را به خود جلب کرده‌اند. دلیل این امر پیشرفت‌های حاصل در سیستم‌های موقعیت‌یاب و نقشه‌های دیجیتالی است. با این حال، کارایی الگوریتم‌های مسیریابی مبتنی بر موقعیت به دو عامل مهم بستگی دارد که عبارتند از: استراتژی و قوانین تعریف‌شده برای انتخاب بهترین همسایه به منظور ارسال داده به سمت مقصد.

چگونگی مدیریت کردن تحرک گره‌های همسایه که از طریق روال ارسال پیام‌های Hello (بیکن) صورت می‌گیرد.

در پروتکل‌های مبتنی بر موقعیت، گره‌ها با استفاده از پیام‌های Hello، موقعیت خود را با گره‌های همسایه به اشتراک می‌گذارند. به منظور حل مشکل مدیریت تحرک گره‌ها (خودروها) و در اختیار داشتن اطلاعات به‌روز از خودروهای محیط اطراف، کاهش بازه زمانی ارسال پیام‌های Hello یکی از راهکارهایی است که می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

از سوی دیگر یکی از نکات مهمی که در پخش پیام‌های Hello باید لحاظ شود، پهنای باند محدود رسانه اشتراکی می‌باشد. با توجه به آنکه استاندارد DSRC پهنای باند ۷۵ مگاهرتزی را به کاربردهای شبکه‌های بین خودرویی تخصیص داده‌است [۴]، استفاده ناکارآمد از منابع شبکه، موجب کاهش عملکرد کاربردها در شبکه‌های بین خودرویی می‌شود. لذا پخش بیش از اندازه بسته‌های Hello منجر به مبادله‌ی بسته‌های بسیار و افزایش سربار شبکه و هزینه مسیریابی خواهد شد و حتی باعث

ایجاد موارد بدتر مانند اشباع کانال و افزایش احتمال تصادم بسته‌های داده می‌شود.

با توجه به چالش ذکر شده، هدف اصلی در این مقاله کنترل و مدیریت پخش بیش از اندازه پیام‌های Hello و کاهش پیام‌های کنترلی و سربار مسیریابی در الگوریتم‌های مسیریابی جغرافیایی است. لذا یک روش تطبیقی [۵] برای تنظیم بازه زمانی پخش پیام‌های Hello پیشنهاد شده‌است. در روش پیشنهادی به جای اینکه پخش پیام‌های Hello با بازه زمانی ثابت انجام گیرد، بازه‌ی ارسال به‌صورت تطبیقی با توجه به شرایط شبکه و گره‌ها تنظیم می‌شود. دو معیار اصلی برای تنظیم بازه‌ی زمانی پخش بسته Hello پیشنهاد شده‌است که عبارتند از: میزان ازدحام موجود در گره‌ها و میزان پایداری پیوندها. در صورتی که ازدحام در گره‌ی زیاد باشد یا پیوندها پایدار تشخیص داده‌شوند، پیام‌های Hello در بازه‌های زمانی طولانی‌تری ارسال خواهند شد.

در روش پیشنهادی زمان اعتبار لینک‌ها و میزان ازدحام گره‌ها به صورت ساده محاسبه می‌شود و با برقراری مصالحه بین آن‌ها، بازه‌ی زمانی برای انتشار پیام Hello توسط هر گره مشخص می‌شود. روش پیشنهادی بر روی پروتکل [۶] PGRP پیاده‌شده‌است. به این ترتیب ضمن حفظ سادگی پروتکل PGRP، امکان تنظیم تطبیقی نرخ ارسال پیام‌های Hello برای این الگوریتم فراهم شده‌است. با استفاده از شبیه‌سازی، آزمایش‌های گوناگونی برای بررسی و ارزیابی تأثیر روش پیشنهادی برای بهبود پروتکل PGRP انجام شده‌است.

در ادامه، ابتدا بخشی از کارهای ارائه‌شده توسط محققان قبلی بررسی می‌شوند. در بخش ۳ روش پیشنهادی شرح داده می‌شود. نهایتاً در بخش ۴، روش پیشنهادی بر روی الگوریتم PGRP پیاده‌شده و شبیه‌سازی انجام می‌گیرد و نتایج آزمایش‌ها مورد ارزیابی و تحلیل قرار می‌گیرند.

۲. کارهای مرتبط پیشین

در این بخش برخی از الگوریتم‌های مسیریابی در شبکه‌های بین خودرویی معرفی می‌شوند. در برخی از الگوریتم‌های معرفی‌شده، پیام‌های Hello به‌صورت دوره‌ای با بازه‌های زمانی ثابت منتشر می‌شوند و در برخی دیگر انتشار پیام‌های Hello کنترل و مدیریت شده‌است. در ادامه خلاصه‌ای از کارهای انجام‌شده ارائه شده‌است.

در پژوهش [۷] یک روش تطبیقی برای پخش پیام‌های Hello ارائه شده‌است که بر سه عامل تراکم وسایل نقلیه، میانگین اختلاف سرعت بین همسایگان و توزیع فضایی همسایگان تکیه دارد. بر اساس این سه عامل انتخاب گره بعدی انجام گرفته و بازه پخش پیام‌های Hello تنظیم می‌شوند.

در الگوریتم VP-CAST اطلاعات سرعت و موقعیت خودرو برای کاهش پخش پیام‌های Hello استفاده شده‌است [۸]. محدوده انتقال وسایل نقلیه بر اساس اطلاعات سرعت و موقعیت به شکاف‌های زمانی

پویا تقسیم می‌شود. این الگوریتم بازه‌ی کوتاه‌تر و پویا را به خودروهایی که با سرعت‌های بالا حرکت می‌کنند، اختصاص می‌دهد.

در پروتکل ABNT، یک روش تطبیقی برای تنظیم بازه زمانی پخش پیام‌های Hello در شبکه‌های پهنای باند ارائه شده است [۹]. در این پژوهش از سیستم منطق فازی استفاده شده است که پارامترهای مربوط به تحرک گره و انرژی باقیمانده گره را برای محاسبه نرخ ارسال پیام‌های Hello ترکیب می‌کند.

در پروتکل Geo-LU، هر گره علاوه بر اطلاعات همسایگان یک گامی، اطلاعات همسایگان دوگامی خود را نیز با استفاده از پیام‌های Hello به دست می‌آورد [۱۰]. پروتکل Geo-LU می‌تواند در برابر تغییرات مداوم توپولوژی و قطعی اتصالات در شبکه‌های بین خودرویی عکس‌العمل مناسبی نشان دهد.

در پروتکل تخمین کالمن [۱۱]، در مورد GPS در شبکه‌های بین خودرویی که از عوامل محیطی و اثرپذیر است و ممکن است دچار خطا شود، بحث شده است. در این پروتکل برای کاهش اثر خطای موقعیتی بر روی مسیریابی، از فیلتر کالمن و توسعه یافته آن با هدف بهبود پارامترهای شبکه از جمله نرخ تحویل، تأخیر متوسط انتها به انتها و توان مسیریابی با حداقل خطای مکان‌یابی استفاده شده است. فیلتر کالمن یک الگوریتم تخمین می‌باشد که به‌طور گسترده در انواع زمینه‌های متفاوت پردازش سیگنال تصویر استفاده می‌شود.

در پروتکل BOD-KF-GPSR به تخمین و پیش‌بینی موقعیت گره‌ها در شبکه‌های بین خودرویی پرداخته شده است و یک بهبود از الگوریتم GPSR را ارائه داده است [۱۲]. در واقع با به‌کارگیری تکنیک تخمین کالمن، امکان کاهش فرکانس مبادله پیام‌های Hello را فراهم کرده است. در این الگوریتم هر زمان که خودرو نیاز به اطلاعات موقعیتی همسایگان خود داشته باشد از مقادیر تخمین زده به‌جای مقادیر به‌دست آمده از طریق پیام‌های Hello استفاده خواهد کرد. هدف این روش پیش‌بینی و تخمین مکان گره‌های همسایه است تا با افزایش بازه ارسال پیام‌های Hello، کاهش تعداد بسته‌های Hello را رقم بزند.

در پروتکل M-GEDIR، یک تکنیک مسیریابی جغرافیایی چند معیاری برای انتخاب گام بعدی پیشنهاد شده است [۱۳]. این روش خودروهای گام بعدی را از ناحیه ارسال پویا انتخاب می‌کند و پارامترهایی مانند قدرت سیگنال دریافتی و موقعیت آینده خودروها و ناحیه بحرانی که در آن خودروها در کران شعاع انتقالی خود واقع هستند را در نظر می‌گیرد. این پروتکل پیام‌های Hello را به‌صورت دوره‌ای ارسال می‌کند.

در پژوهش [۱۴] یک استراتژی برای به‌روزرسانی تطبیقی چرخه ارسال پیام‌های Hello بر اساس ثبات رانندگی وسیله نقلیه ارائه شده است. روش ارائه شده از خطای پیش‌بینی موقعیت وسیله نقلیه برای تنظیم بازه زمانی ارسال پیام‌های Hello استفاده می‌کند. با توجه به خطای موقعیت، برخی از خودروها به‌عنوان یک وسیله نقلیه ناپایدار برخی دیگر به‌عنوان وسیله نقلیه پایدار تعریف می‌شوند.

در [۱۵]، یک پروتکل چندمعیاری جغرافیایی به نام AMGRP ارائه شده است که در انتخاب گام بعدی عواملی مانند تحرک، طول عمر پیوند، فاصله اقلیدسی که از جمله عوامل تأثیرگذار برای بهبود عملکرد یک پروتکل مسیریابی است، در نظر می‌گیرد. این پروتکل از یک تابع وزن‌دهی برای شناسایی گام بعدی در فرایند ارسال استفاده می‌کند.

در پروتکل GSA، خودروها بر اساس موقعیت جغرافیایی خود شان و با توجه به بخش‌های جاده به خوشه‌هایی تقسیم می‌شوند [۱۶]. از خوشه‌های ایجاد شده برای مسیریابی استفاده می‌شود. هر خوشه شامل سرخوشه‌ای برای خودروهای داخل خوشه است. انتخاب سرخوشه باعث پوشش مسیر انتها به انتها و کنترل پخش سیلابی پیام‌های Hello می‌شود. همچنین این روش از خوشه‌بندی برای حفظ جدول مسیریابی در پروتکل مسیریابی جغرافیایی استفاده کرده است که باعث کاهش بیشتر سربار و افزایش دقت نسبت به روش فرایند دوره‌ای پیام‌های Hello در شبکه می‌شود.

در الگوریتم SSFA، هدف کاهش نرخ ارسال پیام‌های Hello است [۱۷]. مسئله کنترل نرخ ارسال پیام‌های Hello به‌عنوان یک فرآیند تصمیم‌گیری مارکوف فرموله شده است. سپس با استفاده از یادگیری تقریبی تقویتی حل شده است.

در پژوهش ارائه شده در [۱۸]، یک استراتژی به‌روزرسانی تطبیقی برای بازه ارسال پیام‌های Hello ارائه شده است. در این پژوهش دو قانون برای ارسال پیام‌های Hello تعریف شده است. تخمین طول عمر پیوندها و تغییر مجموعه ارسال سال بسته‌های داده دریافتی متوالی. با توجه به دو قانون اشاره شده، مشخص می‌شود که چه زمانی باید پیام‌های Hello ارسال شوند تا گره‌ها بتوانند اطلاعات به‌روز از همسایگان‌شان به‌دست آورند.

در مرجع [۱۹]، از مدل تخمین موقعیتی وسیله نقلیه برای تطبیق و تحلیل فرکانس ارسال پیام‌های Hello استفاده شده است. اگر تفاوت بین مقدار پیش‌بینی شده موقعیت و موقعیت واقعی بیشتر از مقدار آستانه در نظر گرفته شده باشد، پیام Hello ارسال می‌شود. با این حال، تعیین مقدار مناسب برای آستانه یکی از چالش‌های این روش است. تعیین مقدار کمتر برای آستانه، سربار مسیریابی را افزایش می‌دهد و مقدار زیاد می‌تواند باعث عدم دقت در شکل‌گیری توپولوژی محلی شود.

الگوریتم CAPU، یک روش به‌روزرسانی موقعیت به‌صورت تطبیقی ارائه می‌دهد که بر دقت انتخاب گام بعدی در طول انتقال داده تمرکز دارد [۲۰]. در این روش، اگر تفاوت بین موقعیت تخمینی و موقعیت واقعی برای گره گام بعدی بیشتر از یک مقدار آستانه از پیش تعیین شده باشد، مشخصات و وسیله نقلیه شامل موقعیت، سرعت و جهت با ارسال پیام Hello به‌روزرسانی می‌شود در غیر این صورت نیازی به ارسال اطلاعات به همسایگان نخواهد بود.

در پروتکل PGRP، از اطلاعات محلی به‌دست آمده از همسایگان یک‌گامی برای انتخاب گره بعدی استفاده می‌شود [۶]. در این پروتکل

۱.۳. مدل شبکه

شبکه‌های بین خودرویی می‌توانند به صورت یک گراف $G = (V, E)$ که در آن V نشان‌دهنده مجموعه رئوس (خودروها) و E یال‌ها یا پیوندها است، مدل شوند. هر یال نشان‌دهنده پیوند بین دو گره می‌باشد که در شرایط کنونی در محدوده انتقال یکدیگر قرار گرفته‌اند.

هر خودرو در شبکه بین خودرویی دارای یک شماره شناسه منحصر به فرد است. فرض بر این است که موقعیت خودروها به صورت تصادفی با یک سرعت حداقلی و حداکثری در حال تغییرند. لازم به توضیح است که مقادیر سرعت و توپولوژی در نظر گرفته شده در بخش مربوط به شبیه‌سازی و انجام آزمایش‌ها بیان شده‌است. هر خودرو توانایی به‌دست‌آوردن موقعیت، سرعت و جهت خود را دارد. مبادله بسته‌های Hello با همسایگان یک‌گامی صورت خواهد گرفت. خودروها می‌توانند خودروهای واقع در شعاع انتقالی خود (همسایگان خود) را از طریق مبادله پیام‌های Hello شناسایی کنند. مجموعه همسایگان گره v_i با N_i نشان داده می‌شود.

۲.۳. ایده پیشنهادی: تنظیم نرخ ارسال پیام‌های Hello

در این بخش، روش پیشنهادی برای تنظیم بازه ارسال پیام‌های Hello در هر گره به صورت تطبیقی و با در نظر گرفتن معیارهای ازدحام در هر گره و پایداری پیوندها شرح داده می‌شود. ابتدا روش محاسبه میزان ازدحام و طول عمر لینک‌ها بررسی می‌شوند.

سطح ازدحام در هر گره: یکی از عوامل مهم برای تنظیم نرخ ارسال پیام‌های Hello به منظور بهبود در عملکرد شبکه و ذخیره منابع از جمله پهنای باند در دسترس، در نظر گرفتن سطح ازدحام در گره‌ها و شبکه می‌باشد. این معیار می‌تواند باعث کاهش تصادم، کاهش تأخیر بسته‌ها در بافر و کاهش سرریز بافر شود که در نتیجه آن پارامترهای کیفیت خدمات شبکه می‌توانند بهبود یابند. به همین منظور در روش پیشنهادی با توجه به نرخ ورود و خروج بسته‌ها (سرویس‌دهی به پیام‌های وارد شده به بافر و خارج شده از آن)، سطح ازدحام در هر گره را محاسبه کرده‌ایم و بر اساس آن، می‌توانیم بازه ارسال پیام‌های Hello را تنظیم کنیم.

بر اساس سطح ازدحام در نظر گرفته شده، در صورتی که گره‌ها دارای نرخ ورود بیشتری به نسبت نرخ سرویس‌دهی باشند، لازم است که ارسال بسته‌ها در این بخش به منظور کاهش تصادم کاهش یابد، زیرا با ارسال بسته‌ها توسط این گره‌ها، ازدحام بیشتر و این امر باعث افزایش تأخیر و کاهش نرخ تحویل بیشتری خواهد شد. میزان ازدحام و تراکم در گره i می‌تواند به صورت زیر محاسبه شود.

$$k_i = \frac{\tau_i}{\omega_i} \quad (1)$$

که در آن τ_i نرخ ترافیک ورودی و ω_i نرخ ترافیک خروجی (نرخ خدمات) می‌باشد [۲۲]. هر قدر حاصل این کسر عدد بزرگتری

هر گره از مجموعه همسایگان خود، بهترین همسایه را برای ارسال بسته به مقصد انتخاب می‌کند. هدف اصلی از PGRP تخمین موقعیت آینده از همسایگان و انتخاب بهترین همسایه برای ارسال بسته در بزرگراه و سناریوهای شهری می‌باشد. انتخاب بهترین گره همسایه در PGRP بر اساس دو ویژگی انجام می‌شود. اولین ویژگی، موقعیت همسایگان در ارتباط با مقصد در آینده نزدیک است و دومین ویژگی، زاویه همسایگان با مقصد در آینده نزدیک است. به عبارت دیگر، در PGRP هنگامی که یک گره همسایگان خود را از طریق پیام‌های Hello شناسایی می‌کند، موقعیت و سرعت را برای همه همسایه‌های خودش به دست می‌آورد سپس وزن هر یک از همسایگان را با توجه به دو ویژگی ذکر شده به دست می‌آورد. همسایه‌ای که دارای بیشترین وزن باشد برای ارسال بسته به مقصد انتخاب می‌شود. در این پروتکل پیام‌های Hello با بازه زمانی ثابت یک ثانیه‌ای توسط گره‌ها منتشر می‌شوند.

در پژوهش [۲۱]، الگوریتم جستجوی Tabu برای کنترل تراکم و ازدحام در شبکه استفاده شده‌است. در این پژوهش ابتدا طرح‌های تشخیص ازدحام بررسی شده و سپس از یک مدل اولویت برای تنظیم نرخ انتقال پیام‌های Hello بر اساس ازدحام استفاده شده‌است.

۳. روش پیشنهادی

همان‌طور که در بخش مقدمه اشاره شد در شبکه‌های بین خودرویی و در الگوریتم‌های مسیر یابی جغرافیایی، هر گره موقعیت خود را با خودروهای همسایه از طریق پخش پیام‌های Hello به اشتراک می‌گذارد. با توجه به پویایی شبکه‌های بین خودرویی، به روزرسانی مداوم موقعیت همسایگان ضروری و مورد نیاز می‌باشد. راه حل غیر مؤثر برای این موضوع، ارسال پیام‌های Hello به صورت مداوم و با بازه زمانی ثابت می‌باشد که منجر به مبادله بسته‌های بسیار و سر بار شبکه و افزایش هزینه مسیریابی خواهد شد.

راه حل پیشنهادی ارائه یک مکانیزم تطبیقی پذیر برای تنظیم بازه زمانی انتشار بسته‌های کنترلی Hello است. در روش پیشنهادی به جای استفاده از مکانیزم پخش دوره‌ای پیام‌های Hello در بازه‌های زمانی ثابت، از ارسال تطبیقی بر اساس دو معیار (که با توجه به ویژگی‌های شبکه‌های بین خودرویی انتخاب شده‌اند) استفاده می‌شود. معیارهای در نظر گرفته شده عبارتند از: میزان ازدحام و تراکم در هر گره و میزان پایداری و طول عمر پیوند میان همسایگان. ارسال تطبیقی پذیر پیام‌های Hello به جای ارسال دوره‌ای با بازه ثابت، می‌تواند فرکانس ارسال این پیام‌ها را با توجه به شرایط شبکه تنظیم کند و نتیجتاً در شرایطی منجر به کاهش پیام‌های سر بار کنترلی و کاهش مشکل برخورد و تصادم شده و نرخ تحویل و تأخیر انتها به انتها را بهبود دهد.

در این بخش ابتدا مدل شبکه بیان شده. سپس راه حل پیشنهادی توضیح داده می‌شود

$$\Delta s = s_j - s_i$$

$$\Delta x = x_j - x_i$$

برای هر خودرو یا گره v_i مقدار LET_i برابر با حداقل مقدار طول عمر لینک مابین v_i و گره‌های همسایه آن (مجموعه N_i) در نظر گرفته می‌شود.

$$LET_i = \text{Min}\{LET_{i,j} | v_j \in N_i\} \quad (4)$$

$$N_i = \{v_j | v_j \in V, v_{ij} \in E\}$$

بر اساس ازدحام به دست آمده برای هر گره (k_i) و طول عمر پیوند به دست آمده برای هر گره (LET_i) ، بازه زمانی ارسال پیام Hello برای هر گره می‌تواند به صورت زیر تنظیم شود.

$$\delta_i = LET_i + k_i - \text{Rand}[0.002] \quad (5)$$

مقدار $\text{Rand}[0.002]$ نشان دهنده زمان تولید شده تصادفی بین ۰ و ۲ میلی ثانیه است. این مقدار انحراف برای به حداقل رساندن احتمال اینکه دو خودرو یا بیشتر زمان پخش مشابهی را به خود اختصاص دهند، استفاده شده است. لازم به توضیح است که وزن پارامترهای طول عمر پیوند و ازدحام در روش پیشنهادی یکسان در نظر گرفته شده است. می‌توان در رابطه (۵) ضرایبی را هم برای k_i و LET_i قرارداد.

شبه کد مربوط به روش تنظیم نرخ ارسال پیام‌های Hello می‌تواند به صورت زیر نوشته شود:

Algorithm 1: Sending Adaptive Hello
Input: Hello Packets, x, y, speed, direction
Output: Hello Period Value
Notations:

i: A vehicle or Node
N_i: Neighbor List of Node i
K_i: Congestion of Node i
LET_i: Link Expiration Time of Node i
δ_i: Hello Period Value of Node i

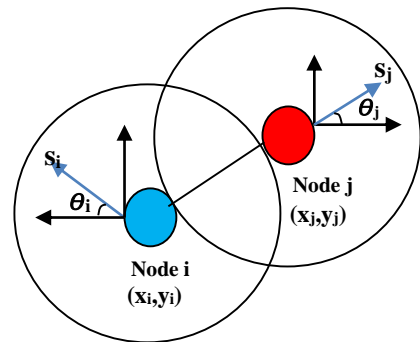
1. Each node i broadcasts Hello to its neighbors
2. Based on Hello received, each node i creates the N_i
3. **While** (1) **do**
4. **For** (each node(i) in Network) **do**
5. Calculate k_i based on Eq. (1)
6. Calculate LET_i based on Eq. (4)
7. Calculate δ_i Based on Eq. (5)
8. Set a timer based on δ_i
9. **If** ($\delta_i == 0$) **THEN**
10. Node i sends a Hello packets
11. each Node updates its neighbor list
12. **Endif**
13. **End For**
14. **End**

روش پیشنهادی برای تنظیم بازه ارسال پیام‌های Hello، بر روی پروتکل PGRP اعمال شد. در این پروتکل بازه ارسال پیام‌های Hello به صورت دوره‌ای و ثابت با فاصله زمانی یک ثانیه در نظر گرفته شده است و معیار و استراتژی انتخاب گره بعدی فاصله اقلیدسی و زاویه حرکت گره‌ها است. در بخش بعدی روش پیشنهادی طی آزمایش بررسی و ارزیابی می‌شود و با الگوریتم PGRP مقایسه می‌شود.

باشد به معنی وجود ازدحام در گره می‌باشد و بهتر است که این گره پیام‌های Hello را با فاصله‌های زمانی طولانی‌تری ارسال کند.

در صورتی که k_i برای گرهی عدد بزرگی باشد حتی اگر این گره به عنوان گره بعدی هم انتخاب شود امکان سرویس‌دهی مناسب را نخواهد داشت. بنابراین بهتر است با فاصله زمانی بیشتری پیام‌های Hello را ارسال کند تا زمانی که ازدحام در آن کاهش یابد. این گره با کاهش نرخ ارسال پیام Hello، نه تنها به کاهش بار شبکه کمک می‌کند بلکه از دید همسایگانش هم پنهان می‌ماند و فعلاً "به عنوان گره بعدی در مسیرها انتخاب نمی‌شود".

زمان انقضای پیوند: معیار دیگری که در روش پیشنهادی برای تنظیم بازه زمانی ارسال پیام‌های Hello در نظر گرفته شده است، تنظیم بازه ارسال پیام Hello بر اساس LET (Link Expiration Time) طول عمر پیوندها است. گره‌هایی که با همسایگان خود دارای لینک‌های پایدار با طول عمر بیشتر باشند می‌توانند دارای نرخ ارسال Hello کمتری باشند و بازه ارسال Hello طولانی‌تر باشد.



شکل ۱: گره‌های i و j با سرعت، موقعیت و جهت حرکت مشخص

با توجه به شکل (۱) با در نظر گرفتن دو خودروی i و j با شعاع انتقالی R و با مختصات (x_i, y_i) و (x_j, y_j) که با سرعت (s_i, s_j) حرکت می‌کنند، بر اساس معادله زیر محاسبه می‌شود [۲۳].

$$LET_{i,j} = \frac{-(ab + cd) + \sqrt{(a^2 + c^2)r^2 - (ad - bc)^2}}{a^2 + c^2} \quad (2)$$

که در آن

$$a = s_i \cos \theta_i - s_j \cos \theta_j$$

$$b = x_i - x_j$$

$$c = s_i \sin \theta_i - s_j \sin \theta_j$$

$$d = y_i - y_j$$

با توجه به ویژگی اکثر شبکه‌های VANET که خودروها در یک جهت در حال حرکت هستند و عرض خیابان‌ها خیلی کمتر از شعاع انتقال گره‌ها (R) است، می‌توان برای هر گره فقط موقعیت x آن را در نظر گرفت و از زاویه نیز صرف نظر کرد [۲۴] و رابطه (۲) را به صورت زیر ساده‌سازی کرد:

$$LET_{ij} = \frac{-\Delta s \cdot \Delta x + |\Delta s| \cdot R}{(\Delta s)^2} \quad (3)$$

Maximum vehicle speed	آزمایش‌ها گروه اول 5.5-22.5 m/s
Maximum vehicle speed	آزمایش‌ها گروه دوم 5-55 m/s
Propagation Model	Shadowing
Number of Runs	10

۴. شبیه‌سازی و ارزیابی روش پیشنهادی

در این بخش، طرح پیشنهادی را با استفاده از شبیه‌ساز [۲۵] NS2، شبیه‌سازی کرده و در سناریوهای مختلف با پروتکل مسیریابی PGRP مقایسه می‌کنیم.

در پروتکل PGRP، گره‌ها بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده از پیام‌های Hello، لیست همسایگان یک‌گامی خود را تشکیل می‌دهند. نرخ ارسال پیام‌های Hello در این پروتکل ثابت و برابر با یک ثانیه در نظر گرفته شده است. این پروتکل از معیارهای فاصله پیش‌بینی شده تا مقصد و جهت حرکتی گره‌ها برای انتخاب گام بعدی استفاده می‌کند. به این ترتیب در میان گره‌های همسایه، گرهی که کمترین فاصله و اختلاف جهت حرکتی را با گره مقصد داشته باشد، به عنوان گام بعدی انتخاب می‌شود. روش پیشنهادی مشابه با PGRP است، با این تفاوت که نرخ ارسال پیام‌های Hello در روش پیشنهادی بر اساس معیارهای ازدحام و طول عمر پیوند (الگوریتم معرفی شده در بخش ۳) تنظیم می‌گردد.

در ادامه، پارامترهای شبیه‌سازی استفاده شده بیان می‌شوند، معیارهای ارزیابی معرفی می‌شوند و سپس نتایج آزمایش‌های انجام شده ارائه، تحلیل و ارزیابی می‌شوند.

۱.۴. پارامترهای شبیه‌سازی

در آزمایش‌های انجام شده برای تولید الگوی حرکتی گره‌ها از MOVE [۲۶] که می‌تواند انواع سرعت‌ها را برای هر گره پشتیبانی کند استفاده شده است. همچنین SUMO [۲۷] برای ایجاد نقشه و مختصات حرکت گره‌ها در امتداد جاده استفاده شده است. در آزمایش‌های انجام شده، یک سناریوی شهری با ابعاد ۱۱۲۰۰ متر در ۱۱۲۰۰ متر در نظر گرفته شده است. جدول ۱ مقادیر در نظر گرفته شده برای پارامترهای شبیه‌سازی را نشان می‌دهد. در طول شبیه‌سازی هر گره مجهز به گیرنده GPS است. هر آزمایش ۱۰ بار تکرار شده است و مقادیر میانگین به همراه بازه اطمینان ۹۵٪ ارائه شده‌اند. زمان کل شبیه‌سازی ۳۰۰ ثانیه است.

۴.۲. معیارهای ارزیابی

ارزیابی روش پیشنهادی و مقایسه عملکرد آن با الگوریتم پایه PGRP، بر اساس معیارهای متفاوتی از جمله نرخ تحویل بسته، تأخیر انتها به انتها و سربار نرمال‌سازی شده، انجام گرفته است.

نرخ تحویل بسته: تعداد بسته‌های داده‌ای که به شکل صحیح در مقصد دریافت شده‌اند به بسته‌هایی که به وسیله گره مبدأ ارسال شده‌اند. این معیار با PDR (Packet Delivery Ratio) نشان داده شده است و به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$PDR = \frac{\text{No. of Data Packets Received}}{\text{No. of Data Packets Sent}} \times 100 \quad (۶)$$

متوسط تأخیر انتها به انتها: به صورت میانگین فاصله زمانی بین ارسال و دریافت موفقیت‌آمیز بسته‌ها در شبکه از مبدأ به مقصد تعریف می‌شود و شامل همه تأخیرها از جمله بافر کردن، تأخیر بازپخش در لایه MAC و تأخیر انتشار و انتقال می‌باشد و به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\text{End to End Delay} = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - S_i)}{n} \quad (۷)$$

که در آن n تعداد بسته‌های دریافت شده با موفقیت، i شناسه بسته، R زمان دریافت بسته و S زمان ارسال بسته می‌باشد.

سربار مسیریابی نرمال‌سازی شده: به صورت تعداد بسته‌های مسیریابی انتقال داده شده (بسته Hello) به تعداد بسته‌های داده دریافت شده در مقصد تعریف و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

(۸)

$$\text{Normalized Routing Overhead} = \frac{\text{No. of Routing Pkts Transferred}}{\text{No. of Data Pkts Received}}$$

به منظور ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی، پارامترهای ذکر شده در سناریوهای متفاوت بررسی و ارزیابی شده‌اند.

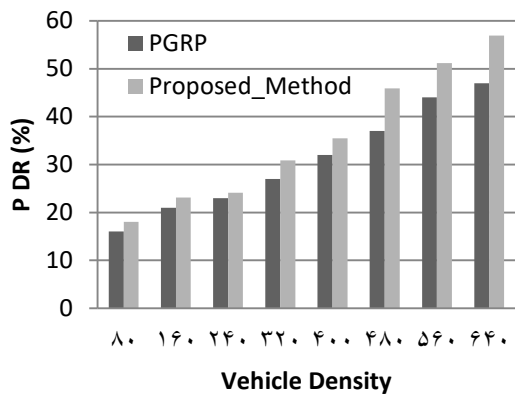
۳.۴. نتایج شبیه‌سازی

در این بخش نتایج حاصل از آزمایش‌ها برای روش پیشنهادی و الگوریتم پایه PGRP ارائه شده و با توجه به معیارهای ارزیابی معرفی شده، بررسی و تحلیل شده‌اند.

آزمایش‌ها به دو گروه تقسیم شده‌اند. در گروه اول هدف بررسی اثر افزایش تعداد خودروها است. با افزایش تعداد خودروها، منابع ارسال کننده پیام‌های Hello افزایش می‌یابند و ازدحام و ترافیک در شبکه افزایش می‌یابد. انتظار می‌رود الگوریتم پیشنهادی بتواند در مقابل

جدول ۱: پارامترهای شبیه‌سازی

Parameter	Value
Number of Nodes	80, 160, 240, 320, 400, 480, آزمایش‌ها گروه اول 560,640
Simulated Area	11200 m * 11200 m
Transmission range	250 Meters
MAC	IEEE 802.11 DCF
Channel Rate	6 Mbps
Simulation Time	300 Second
Mobility Generator	MOVE
Queue Model	FIFO
Queue Size	50 Packets



شکل ۲: نرخ تحویل بسته به ازای تعداد خودروهای متفاوت

جدول ۲: بازه اطمینان ۹۵٪ برای مقادیر PDR در روش پیشنهادی

Vehicle Density	PDR (میانگین)	بازه اطمینان ۹۵٪
80	18.055	[17.684-18.425]
160	23.128	[22.965-23.290]
240	24.107	[23.972-24.242]
320	30.869	[30.688-31.049]
400	35.491	[35.202-35.779]
480	45.896	[45.220-46.571]
560	51.200	[50.631-51.768]
640	56.915	[56.145-57.684]

تأخیر انتها به انتها: شکل ۳، الگوریتم PGRP و روش پیشنهادی را با استفاده از معیار تأخیر انتها به انتها مقایسه می‌کند. بر اساس شکل ۳ با افزایش تعداد خودروها، تأخیر انتها به انتها برای هر دو روش افزایش می‌یابد. با افزایش تعداد خودروها دلایل متفاوتی از جمله افزایش رقابت گره‌ها برای در اختیار گرفتن کانال، فضای محدود بافر و سرریز بسته‌های داده می‌تواند باعث افزایش تأخیر شود. در روش پیشنهادی با کاهش تعداد بسته‌های Hello مبادله شده در شبکه، سرعت انتقال بسته‌های داده افزایش می‌یابد و همین مسأله موجب می‌شود که تأخیر انتها به انتها نسبت به روش PGRP که اقدام به فرایخس بسته‌های Hello از هر یک ثانیه می‌کند، کاهش یابد. روش پیشنهادی دارای کاهش ۷ درصدی تأخیر انتها به انتها نسبت به PGRP است. در سناریوهای با تراکم کمتر هر دو روش دارای عملکرد یکسانی هستند ولی عملکرد روش پیشنهادی در سناریوهای متراکم بهبود بیشتری را نشان می‌دهد. در جدول ۳، بازه اطمینان ۹۵٪ برای مقادیر ارائه شده در روش پیشنهادی برای تأخیر انتها به انتها آورده شده‌اند.

افزایش ازدحام در شبکه عکس‌العمل مناسب نشان داده و نرخ ارسال پیام‌های Hello را کاهش دهد. در این گروه از آزمایش‌ها، تعداد خودروها از ۸۰ تا ۶۴۰ افزایش داده می‌شوند.

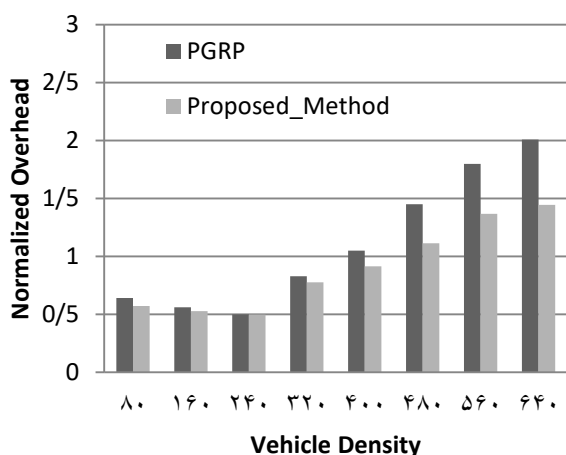
در گروه دوم هدف بررسی افزایش سرعت گره‌ها است. با افزایش سرعت گره‌ها طول عمر پیوندها کاهش می‌یابد و روش پیشنهادی باید بتواند فاصله زمانی بین ارسال پیام‌های Hello را کاهش دهد و پیام‌های Hello با فرکانس بالاتری ارسال شوند تا بتوانند اعتبار مسیرها را تضمین کنند. برعکس وقتی سرعت گره‌ها پایین است، نرخ ارسال پیام‌های Hello باید کاهش داده شود تا منابع شبکه تلف نشوند. در این آزمایش‌ها تعداد خودروها ۶۴۰ در نظر گرفته شده است و سرعت خودروها از 5 m/s تا 55 m/s افزایش داده می‌شود.

۱.۳.۴. نتایج آزمایش‌های گروه اول

در آزمایش‌های گروه اول، هدف بررسی اثر افزایش تعداد خودروها در الگوریتم PGRP و روش پیشنهادی است. انتظار می‌رود با افزایش تعداد خودروها و افزایش پیام‌های Hello در شبکه که باعث افزایش ازدحام می‌شود روش پیشنهادی نرخ ارسال پیام‌های Hello را کاهش دهد. در ادامه نتایج آزمایش‌ها انجام شده ارائه می‌شود و بر اساس معیارهای ارزیابی معرفی شده، تحلیل و بررسی می‌شوند.

بررسی و مقایسه نرخ تحویل بسته (PDR): شکل ۲ نرخ تحویل بسته را در الگوریتم PGRP و روش پیشنهادی نشان می‌دهد. همان‌طور که تراکم افزایش یافته، نرخ تحویل PGRP و روش پیشنهادی افزایش یافته است. دلیل این امر آن است که اتصالات شبکه با افزایش تراکم، افزایش یافته است. بر اساس نتایج به دست آمده از شکل ۲ روش پیشنهادی نسبت به روش PGRP دارای بهبود ۱۶ درصدی است.

دلیل بهبود عملکرد روش پیشنهادی از نظر نرخ تحویل این است که در روش پیشنهادی با افزایش تراکم و ازدحام در شبکه، فاصله زمانی بین ارسال پیام‌های Hello افزایش یافته است و این امر باعث افزایش زمان خالی در کانال می‌شود. به این طریق در صورتی که داده‌ای برای ارسال وجود داشته باشد، گره با در اختیار گرفتن کانال، آن را سریع‌تر ارسال خواهد کرد. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، استراتژی تطبیقی ارسال پیام Hello در سناریوهای متراکم عملکرد بهتری از خود نشان داده است که عملکرد در روش پیشنهادی در شرایط وجود تراکم را نشان می‌دهد. در سناریوهای با تراکم کمتر عملکرد هر دو روش مثل هم است. جدول ۲ بازه‌های اطمینان ۹۵٪ را برای نتایج گزارش شده برای نرخ تحویل بسته در روش پیشنهادی نشان می‌دهد.



شکل ۴: سربار نرمال سازی شده به ازای تعداد خودروهای متفاوت.

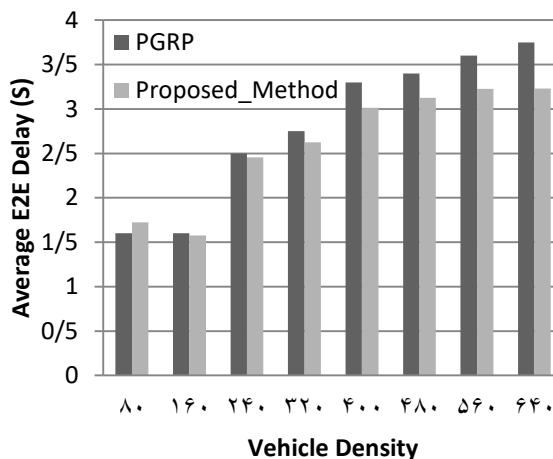
جدول ۴: بازه اطمینان ۹۵٪ برای سربار نرمال سازی شده در روش پیشنهادی

Vehicle Density	سربار نرمال سازی شده (میانگین)	بازه اطمینان ۹۵٪
80	0.573	[0.555-0.590]
160	0.527	[0.514-0.539]
240	0.498	[0.477-0.518]
320	0.778	[0.754-0.801]
400	0.915	[0.879-0.950]
480	1.114	[1.058-1.169]
560	1.368	[1.293-1.442]
640	1.446	[1.387-1.504]

۲،۳،۴. نتایج آزمایش‌ها گروه دوم

در آزمایش‌ها گروه دوم، هدف بررسی افزایش سرعت گره‌ها است. در این آزمایش‌ها تعداد خودروها ۶۴۰ در نظر گرفته شده است و سرعت خودروها از 5 m/s تا 55 m/s افزایش داده می‌شود.

بررسی و مقایسه نرخ تحویل بسته (PDR): شکل ۵ نرخ تحویل بسته را در الگوریتم PGRP و روش پیشنهادی با افزایش سرعت گره‌ها نشان می‌دهد. همان‌طور که سرعت تحرک گره‌ها افزایش یافته است، نرخ تحویل PGRP و روش پیشنهادی کاهش یافته است. دلیل این امر آن است که گره‌ها از محدوده انتقالی یکدیگر خارج می‌شوند و مسیرها نیاز به بازسازی پیدامی‌کنند. بر اساس نتایج در شکل ۵، روش پیشنهادی در سرعت‌های پایین‌تر عملکرد بهتری نسبت به الگوریتم PGRP دارد. زیرا به دلیل پایداری پیوندها، پیام‌های Hello را با فاصله زمانی بیشتری ارسال می‌کند و تا حدود زیادی از مشکل ازدحام و تصادم بسته‌ها می‌کاهد. با افزایش سرعت گره‌ها، هر دو روش عملکرد یکسانی را به نمایش می‌گذارند. زیرا با افزایش سرعت گره‌ها در روش پیشنهادی نیز نرخ ارسال پیام‌های Hello افزایش می‌یابد. در جدول ۵ بازه اطمینان ۹۵٪ برای مقادیر به دست آمده برای PDR در روش



شکل ۳: تأخیر انتها به انتها به ازای تعداد خودروهای متفاوت

جدول ۳: بازه اطمینان ۹۵٪ برای تأخیر انتها به انتها در روش پیشنهادی

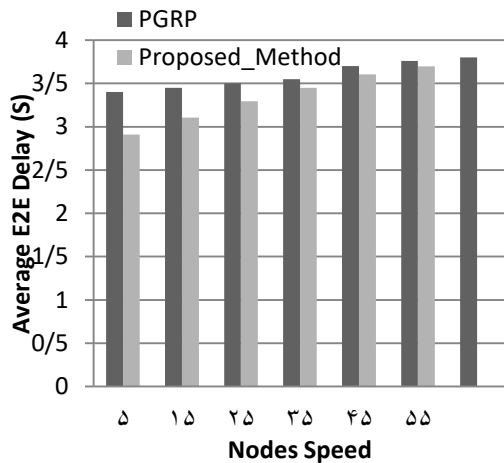
Vehicle Density	E2E Delay (میانگین)	بازه اطمینان ۹۵٪
80	1.725	[1.681-1.768]
160	1.576	[1.553-1.598]
240	2.455	[2.365-2.544]
320	2.626	[2.582-2.669]
400	3.012	[2.958-3.065]
480	3.125	[3.031-3.218]
560	3.225	[3.133-3.316]
640	3.231	[3.172-3.289]

سربار نرمال سازی شده: شکل ۴ سربار نرمال سازی شده را به ازای تعداد گره‌های متفاوت در شبکه نشان می‌دهد. بسته‌های کنترلی شامل بسته‌های Hello می‌باشند که در هر دو پروتکل PGRP و روش پیشنهادی برای حفظ جداول محلی مبادله می‌شوند. برای هر دو روش PGRP و روش پیشنهادی، با افزایش تراکم خودروها، سربار مسیریابی افزایش یافته است که دلیل افزایش آن نیز افزایش تعداد بسته‌های Hello می‌باشد.

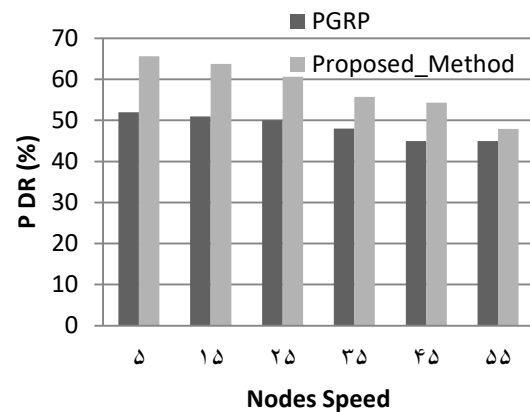
روش پیشنهادی با توجه به اینکه از ارسال تطبیقی پیام‌های Hello با در نظر گرفتن ازدحام استفاده کرده است، موجب کاهش سربار نسبت به پروتکل PGRP شده است. مخصوصاً زمانی که تراکم در شبکه زیاد باشد کاهش سربار بیشتر به چشم می‌خورد.

در فرمول محاسبه سربار نرمال سازی شده (فرمول ۸) همزمان با کاهش تعداد بسته‌های کنترلی در روش پیشنهادی که در صورت کسر قرار دارد، مخرج کسر نیز که تعداد بسته‌های دریافت شده می‌باشد، افزایش می‌یابد. شکل ۴ نشان می‌دهد که روش پیشنهادی دارای بهبود ۱۸ درصدی نسبت به پروتکل PGRP است. همچنین در جدول ۴، بازه‌های اطمینان ۹۵٪ برای مقادیر به دست آمده در سربار نرمال سازی شده در روش پیشنهادی ارائه شده‌اند.

پیشنهادی ارائه شده است. همچنین در این آزمایش‌ها میزان بهبود نرخ تحویل بسته حدود ۱۸٪ است.



شکل ۶: تأخیر انتها به انتها با افزایش سرعت گره‌ها



شکل ۵: نرخ تحویل بسته با افزایش سرعت گره‌ها

جدول ۶: بازه اطمینان ۹۵٪ برای تأخیر انتها به انتها در روش پیشنهادی

Nodes Speed	E2E Delay (میانگین)	بازه اطمینان ۹۵٪
5	2.908	[2.811-3.004]
15	3.106	[2.992-3.219]
25	3.292	[3.174-3.410]
35	3.449	[3.353-3.544]
45	3.603	[3.549-3.656]
55	3.697	[3.625-3.768]

جدول ۵: بازه اطمینان ۹۵٪ برای مقادیر PDR در روش پیشنهادی

Nodes Speed	PDR (میانگین)	بازه اطمینان ۹۵٪
5	65.633	[63.406-67.860]
15	63.774	[61.705-65.842]
25	60.666	[58.452-62.879]
35	55.698	[53.393-58.002]
45	54.353	[52.161-56.544]
55	47.915	[46.175-49.654]

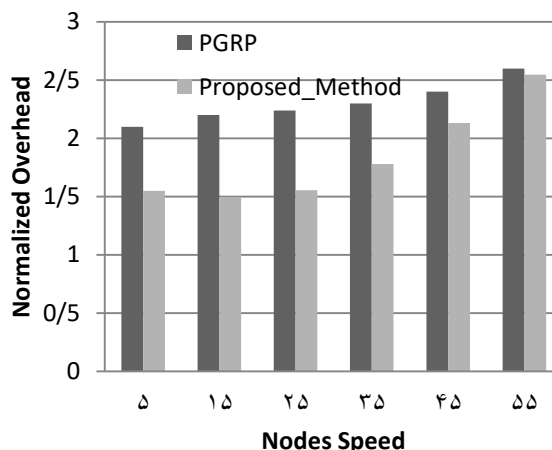
سربار نرمال سازی شده: شکل ۷ سربار نرمال سازی شده را با افزایش سرعت گره‌ها در شبکه نشان می‌دهد. برای هر دو روش PGRP و روش پیشنهادی، با افزایش سرعت خودروها، سربار مسیریابی افزایش یافته است. دلیل افزایش سربار نرمال سازی شده برای الگوریتم PGRP کاهش بسته‌های داده‌ای تحویل داده شده است که در فرمول ۸ در مخرج کسر قرار گرفته است. زیرا با افزایش سرعت خودروها، نرخ تحویل کاهش یافته است. ولی در مورد روش پیشنهادی دلیل افزایش سربار نرمال سازی شده علاوه بر کاهش مخرج کسر، افزایش نرخ ارسال پیام‌های Hello است. در روش پیشنهادی با افزایش سرعت گره‌ها نرخ ارسال پیام Hello توسط گره‌ها افزایش می‌یابد.

با توجه به شکل ۷، روش پیشنهادی در سرعت‌های پایین عملکرد بهتری را نشان می‌دهد زیرا نرخ ارسال پیام‌های Hello را به دلیل سرعت پایین گره‌ها کاهش می‌دهد و سربار مسیریابی کاهش می‌یابد، ولی هرچه سرعت گره‌ها افزایش می‌یابد طول عمر لینک‌ها کاهش می‌یابد و روش پیشنهادی نرخ ارسال پیام‌های Hello را افزایش می‌دهد. در جدول ۷ بازه اطمینان ۹۵٪ برای مقادیر مربوط به سربار نرمال سازی شده در روش پیشنهادی آورده شده است. روش پیشنهادی به‌طور میانگین سربار نرمال سازی شده را ۲۲٪ کاهش داده است.

تأخیر انتها به انتها: در شکل ۶، روش PGRP و روش پیشنهادی با افزایش سرعت گره‌ها براساس معیار تأخیر انتها به انتها باهم مقایسه شده‌اند. بر اساس شکل ۶، با افزایش سرعت، تأخیر انتها به انتها برای هر دو روش به دلیل شکست مسیریاب‌ها افزایش می‌یابد. روش پیشنهادی در سرعت‌های پایین تر دارای عملکرد بهتری است زیرا نرخ ارسال بسته‌های Hello به دلیل سرعت پایین گره‌ها کمتر است و ازدحام و ترافیک در شبکه نسبت به روش PGRP کمتر است. با افزایش سرعت گره‌ها نرخ ارسال بسته‌های Hello در روش پیشنهادی نیز افزایش می‌یابد و عملکرد هر دو الگوریتم به هم نزدیک می‌شود. با استفاده از روش پیشنهادی تأخیر انتها به انتها به طور میانگین ۵ درصد کاهش یافته است. جدول ۶ بازه اطمینان ۹۵٪ را برای مقادیر ارائه شده برای تأخیر انتها به انتها در روش پیشنهادی نشان می‌دهد.

مراجع

- [1] A. Kumar Goyal, G. Agarwal, A. K. Tripathi and S. Girish, "Systematic Study of VANET Applications, Challenges, Threats, Attacks, Schemes and Issues in Research," in *Green Computing in Network Security*, Taylor & Francis, 2022, p. 20.
- [2] K. Bayad, E. H. Bourhim, M. Rziza and M. Oumsis, "Comparative study of topology-based routing protocols in vehicular ad hoc network using IEEE802.11p," in *2016 International Conference on Electrical and Information Technologies, IEEE*, 2016.
- [3] J. Liu, J. Wan, Q. Wang, D. Pan, K. Zhou and Y. Qiao, "A survey on position-based routing for vehicular ad hoc networks," *Telecommunication Systems*, vol. 62, pp. 15-30, 2016.
- [4] J. B. Kenney, "Dedicated Short-Range Communications (DSRC) Standards in the United States," *Proceedings of the IEEE*, vol. 99, no. 7, pp. 1162-1182, 2011.
- [5] S. A. A. Shah, E. Ahmed, F. Xia, A. Karim, M. Shiraz and R. M. Noor, "Adaptive Beaconing Approaches for Vehicular Ad Hoc Networks: A Survey," *IEEE Systems Journal*, vol. 12, no. 2, pp. 1263 - 1277, 2018.
- [6] R. Karimi and S. Shokrollahi, "Predictive geographic routing protocol for VANETs," *Computer Networks*, vol. 141, pp. 67-81, 2018.
- [7] A. T. Amaya, A. A. P. Pohl, M. S. Fonseca and R. Lüders, "Traffic-Aware Beacon Interval for Position-Based Protocols in VANETs," in *2022 IEEE Latin-American Conference on Communications (LATINCOM)*, 2022.
- [8] A. Khan, A. A. Siddiqui and F. Ullah, "VP-CAST : Velocity and Position-Based Broadcast Suppression for VANETs.," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.*, 2022.
- [9] V. Singh, K. Sharma and H. Verma, "ABNT: Adaptive beaconing and neighbor timeout for geographical routing in UAV networks," *Peer-to-Peer Netw. Appl.*, 2022.
- [10] O. i. Alzamzam and I. Mahgoub, "Link utility aware geographic routing for urban VANETs using two-hop neighbor information," *Ad Hoc Networks*, vol. 106, 2020.
- [11] R. K. Jaiswal, "Position-based routing protocol using Kalman filter as a Prediction module for vehicular ad hoc networks.," *Computers and Electrical Engineering*, vol. 83, 2020.
- [12] Z. Squalli Houssaini, I. Zaimi, M. Drissi and M. Oumsis, "Trade-off between accuracy, cost, and QoS using a beacon-on-demand strategy and Kalman filtering over a VANET," *Digital Communications and Networks*, vol. 4, no. 1, pp. 13-26, 2018.
- [13] A. Hassan, A. Abdullah and O. Kaiwartya, "Multi-metric geographic routing for vehicular ad hoc networks," pp. 2763-2779, 2018.
- [14] Y. Zhang, M. Wang, J. Wang and A. Zhan, "Research on adaptive beacon message broadcasting cycle based on vehicle driving stability," *Network Management*, vol. 31, no. 2, 2021.
- [15] N. i. Dharani Kumar and B. Shylaja, "AMGRP: AHP-based Multimetric Geographical Routing Protocol for Urban environment of VANETs," *Journal of King Saud*



شکل ۷: سربار نرمال سازی شده با افزایش سرعت گره ها

جدول ۷: بازه اطمینان ۹۵٪ برای سربار نرمال سازی شده در روش پیشنهادی

Nodes Speed	سربار نرمال سازی شده (میانگین)	بازه اطمینان ۹۵٪
5	1.550	[1.484-1.615]
15	1.493	[1.443-1.542]
25	1.556	[1.512-1.599]
35	1.780	[1.712-1.847]
45	2.131	[2.056-2.205]
55	2.546	[2.511-2.580]

۵. نتیجه گیری

در الگوریتم های مسیریابی مبتنی بر موقعیت در شبکه های بین خودرویی به دست آوردن اطلاعات به روز در مورد موقعیت همسایگان برای هر گره امری ضروری و مورد نیاز است. راه حل غیر مؤثر برای این موضوع، ارسال پیام های Hello به صورت مدارم و با بازه زمانی ثابت می باشد که منجر به مبادله بسته های بسیار، سربار شبکه، هدر رفتن منابع شبکه و تصادم و کاهش نرخ تحویل می شود.

در این پژوهش یک مکانیزم تطبیق پذیر برای پخش بسته های کنترلی Hello ارائه شد. در روش پیشنهادی به جای استفاده از مکانیزم ارسال دوره ای در بازه های زمانی ثابت، از ارسال تطبیقی با توجه به میزان ازدحام در هر گره و پایداری پیوند میان همسایگان استفاده شد. روش پیشنهادی بر روی الگوریتم PGRP اعمال شد. برای ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی آزمایش ها متعددی انجام شد. نتایج آزمایش ها نشان دادند که با اعمال روش پیشنهادی بر روی پروتکل PGRP، بهبود ۱۷ درصدی در نرخ تحویل، کاهش ۶ درصدی در تأخیر انتها به انتها و کاهش ۲۰ درصدی در سربار نرمال سازی شده نسبت به الگوریتم PGRP حاصل شد.

- University - Computer and Information Sciences, vol. 31, no. 1, pp. 72-81, 2019.
- [16] A. Huang and M. Motani, "A geographical segment architecture for connected vehicle networks, Vehicular Communications," *Vehicular Communications*, vol. 19, 2019.
- [17] J. Aznar-Poveda, A. García-Sánchez and E. Egea-López, "Approximate reinforcement learning to control beaconing congestion in distributed networks," *Scientific Reports*, vol. 142, 2022.
- [18] M. Naderi, F. i. Zargar and M. Ghanbari, "Adaptive Beacon Broadcast in Opportunistic Routing for VANETs," *Ad Hoc Networks*, vol. 86, pp. 119-130, 2019.
- [19] A. Boukerche, C. Rezende and R. W. Pazz, "Improving Neighbor Localization in Vehicular Ad Hoc Networks to Avoid Overhead from Periodic Messages," in *GLOBECOM 2009 - 2009 IEEE Global Telecommunications Conference*, 2009.
- [20] Q. Zhang, H. Zhang, X. Du, Z. Zhou, S. Su and R. Jin, "Contention-based adaptive position update for intermittently connected VANETs," in *2014 IEEE Global Communications Conference*, 2014.
- [21] S. Sharma and M. Panjeta, "Optimization transmit rate-based decentralized congestion control scheme in vehicular ad hoc networks," in *AIP Conf. Proc.*, 2022.
- [22] M. Elappila, S. Chinara and D. R. Parhi, "Survivable Path Routing in WSN for IoT applications," *Pervasive and Mobile Computing*, 2018.
- [23] W. Su, S.-J. Lee and M. Gerla, "Mobility Prediction and Routing in Ad Hoc Wireless Networks," *International Journal of Network Management*, vol. 11, no. 1, pp. 3-30, 2001.
- [24] S.-S. Wang and Y.-S. Lin, "PassCAR: A passive clustering aided routing protocol for vehicular ad hoc networks," *Computer Communications*, vol. 36, no. 2, pp. 170-180, 2013.
- [25] T. I. Issariyaku and E. Hossain, *Introduction to Network Simulator NS2*, Springer, 2009.
- [26] M. Fiore, J. Harri, F. Filali and C. Bonnet, "Vehicular mobility simulation for VANETs," in *Annual Symposium on Simulation*, 2007.
- [27] D. Krajzewicz, G. Hertkorn, C. Feld and P. Wagner, "SUMO (Simulation of Urban MObility); An open-source traffic simulation," in *4th Middle East Symposium on Simulation and Modelling*, 2002.