

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۲۶

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۳

ارزیابی سه پروتکل مسیریابی قابل اطمینان در شبکه‌های موردی بین خودرویی

مریم منصوری

دانشجوی کارشناس ارشد گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران
پست الکترونیکی: maryam.mansouri78@yahoo.com

راضیه فرازکیش*

دانشیار گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران
پست الکترونیکی: r.farazkish@srbiau.ac.ir

چکیده:

به پروتکل انتها به انتها می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شبکه موردی بین خودرویی، پروتکل‌های مسیریابی، قابلیت اطمینان.

شبکه موردی بین خودرویی، شبکه ویژه وسایل نقلیه است که این امکان را ایجاد می‌کند که وسایل نقلیه در جاده‌ها به صورت مستقل با یکدیگر در ارتباط باشند. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های مسیریابی در شبکه‌های موردی بین خودرویی، قابلیت اطمینان در مسیریابی است؛ که به طور کلی احتمال آن است که پیام‌های ارسال شده توسط فرستنده، به طور کامل به گیرنده منتقل شوند. با توجه به اهمیت موضوع، پروتکل‌های متعددی برای افزایش قابلیت اطمینان در این شبکه‌ها ارائه شده‌است. در این مقاله علاوه بر ارزیابی پروتکل مسیریابی AODV که در اینجا به عنوان مبنا در نظر گرفته شده، به بررسی و ارزیابی عملکرد سه پروتکل مسیریابی قابل اطمینان AODV-R، RIVER و RGE در پرداخته و صحت عملکرد آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز متلب ارائه می‌شود. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده این است که در بین پروتکل‌های ارائه شده بیشترین مقدار بسته‌های تحویلی با میانگین ۸۷ / ۹۰ و کم‌ترین تأخیر ارسال بسته‌ها با میانگین ۰/۱۷ - مربوط

۱. مقدمه

در سیستم حمل و نقل هوشمند^۱ (ITS)، پروتکل‌های مسیریابی^۲ جزء مهم‌ترین اصول طراحی سیستم‌های ارتباطی وسایل نقلیه هستند. یک پروتکل مسیریابی باید در سیستم ارتباطی وسایل نقلیه طوری طراحی شود که بتواند نیازهای برنامه‌های کاربردی را برآورده کند. سیستم حمل و نقل هوشمند به معنی استفاده و به کارگیری فناوری‌های نوین از قبیل الکترونیک، ارتباطات و سیستم کنترل است که به منظور ارتقای سطح ایمنی و کارایی در حمل و نقل است. با افزایش استفاده از وسایل موتوری، رشد شهرها و روند روبه رشد جمعیت، تصادفات جاده‌ای نیز نرخ فزاینده‌ای یافته است. دلایل این تصادفات، عدم وجود دانش قبلی در مورد تراکم ترافیک، وضعیت جاده، تغییر خط و غیره

1-Intelligent transportation system
2-Routing protocols

* نویسنده مسئول

است که همه این مشکلات را می‌توان با شبکه موردی بین خودرویی حل کرد [۱].

شبکه‌های موردی بین خودرویی (VANET) می‌تواند جهت ارتباط در سیستم‌های حمل و نقل هوشمند استفاده شود. چالش‌های موجود در شبکه‌های موردی بین خودرویی از قبیل سرعت و چگالی گره‌ها، همبندی پویای شبکه، عمر کوتاه پیوند، کنترل ازدحام و محدودیت منابع بی‌سیم، مسیریابی را به یکی از چالش برانگیزترین زمینه‌های تحقیقاتی شبکه‌ها تبدیل کرده است [۲].

به عنوان نمونه در زمان وقوع یک تصادف، رانندگان اقدام به ترمز ناگهانی می‌نمایند. در چنین وضعیتی هرگونه تعلل رانندگان خودروهای عقب، می‌تواند باعث ایجاد تصادف‌های زنجیره‌ای گردد و زیان‌های مالی و بعضاً جانی زیادی را به دنبال داشته باشد. در چنین شرایطی شبکه‌های موردی بین خودرویی این امکان را فراهم می‌آورد تا بدون دخالت رانندگان، تا حد امکان تصادفات تا حد چشم‌گیری کاهش یابند. سازوکار شبکه‌های بین خودرویی جهت ارتقای ایمنی به این شکل است که به هنگام ترمز، خودروها اقدام به انتشار پیام‌های خطر برای خودروهای پشت سر می‌نمایند. خودروهای دریافت کننده پیام، با مشاهده پیام خطر، به صورت خودکار اقدام به کاهش سرعت می‌نمایند. البته در شبکه‌های بین خودرویی، به صورت دوره‌ای پیام‌های مختلفی به منظور ایجاد فضای لازم برای رانندگی ایمن، منتشر می‌گردد. جذابیت این شبکه‌ها در عدم نیاز به یک سازمان متمرکز پردازش داده‌های ترافیکی است و سیستم به راحتی قابل گسترش به تمام مناطق است. در هر قسمتی از جاده، یک شبکه بین خودرویی شکل می‌گیرد و جاده‌های مختلف توسط شبکه‌های کوچک‌تر به یکدیگر متصل می‌شوند. ارتباط خودرو با خودرو و با تجهیزات کنار جاده^۳، موجب می‌شود تا نقش آن‌ها از ابزارهای حمل و نقل به ادوات هوشمند تغییر پیدا کند. در این پژوهش، قابلیت اطمینان^۴ به عنوان اساسی‌ترین رویکرد شبکه‌های موردی بین

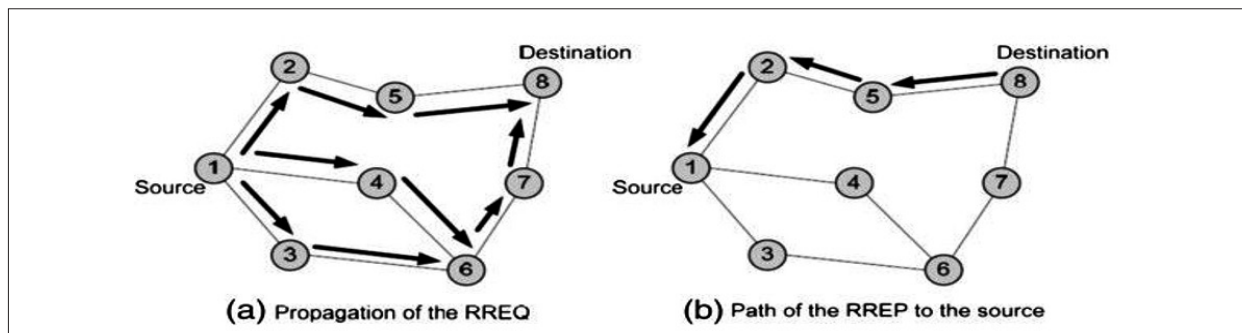
خودرویی در نظر می‌شود. منظور از قابلیت اطمینان، احتمال آن است که یک پیام بالاترین تعداد ممکن گیرنده را در شبکه داشته باشد.

با توجه به این‌که مسیرهای شبکه ارتباطی وسایل نقلیه پویا هستند، بنابراین وضعیت شبکه ارتباطی به طور مداوم در حال تغییر است، که این مسئله، چالشی برای میزان قابلیت اطمینان شبکه‌های ارتباطی به ویژه شبکه‌های موردی بین خودرویی خواهد بود که تحقیقات بسیاری در زمینه قابلیت اطمینان فناوری‌های نوینی مانند نانو و شبکه‌های VANET توسط محققان انجام شده است [۱۳-۱۲]. تاکنون پروتکل‌های مسیریابی قابل اطمینان بسیاری برای شبکه‌های بین خودرویی ارائه شده است [۲۰-۱۱]. به طور کلی می‌توان گفت برای شبکه‌های ارتباطی ویژه وسایل نقلیه، پروتکل‌های مسیریابی مورد نیاز هستند که بیشترین قابلیت اطمینان و کمترین تأخیرها را در ارسال پیام داشته باشند. مقایسه بین پروتکل‌های مسیریابی قابل اطمینان می‌تواند در تحقیقات آینده برای به کارگیری روش‌هایی که پروتکل‌های مسیریابی قابل اطمینان را به طور کامل و صد در صد ایجاد می‌کنند، راهگشا باشد.

در این مقاله، به ارزیابی و مقایسه پروتکل AODV^۶ که یک پروتکل مسیریابی است که به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد به عنوان پروتکل پایه و مبنای، و سه پروتکل قابل اطمینان RIVER^۸، AODV-R^۷ و RGE^۹ در شبکه‌های موردی بین خودرویی می‌پردازیم. نوآوری این پژوهش در این است که ارزیابی این پروتکل‌ها برای اولین بار از نظر میانگین تأخیر پایانی و میزان بسته تحویلی نسبی صورت گرفته که به دلیل اهمیت آن‌ها در ارسال پیام در شبکه‌های بین خودرویی حائز اهمیت می‌باشد، زیرا می‌توان گفت در این شبکه‌ها پیام‌هایی که با تأخیر طولانی ارسال شوند، ارزش زیادی برخوردار نخواهند بود.

6-Ad hoc On-Demand Distance Vector
7-Ad hoc On-Demand Distance Vector-Reliable
8-Reliable Inter-Vehicular Routing Protocol
9-Reliable Geo-cast End-to-End

3-Vehicular ad-hoc networks
4-Road side unit (RSU)
5-Reliability



شکل ۱: پروتکل مسیریابی AODV [۱۵]

در AODV برای هر مقصد ممکن در شبکه، مسیر مشخص ایجاد و نگهداری نمی‌شود، بلکه زمانی که گره منبع بسته‌ای برای ارسال داشته باشد، مسیرها بر اساس نیاز موجود برپاسازی می‌شوند. با توجه به این‌که برای مسیرهایی که اخیراً استفاده شده، اطلاعات مسیریابی در جدول مسیریابی نگهداری می‌شود، بنابراین زمانی که یک پیام درخواست مسیر جدید می‌رسد، در شبکه ارسال سیل آسا^{۱۲} صورت نمی‌گیرد؛ چراکه هر گره می‌تواند فقط به مقصدهای موجود در جدول مسیریابی خود، بسته ارسال کند.

برای جلوگیری از به وجود آمدن مشکل حلقه^{۱۳} در فرآیند مسیریابی، AODV در هر مقصد برای شناسایی اطلاعات مربوط به مسیریابی کنونی، از یک شماره توالی^{۱۴} استفاده می‌کند که این شماره توسط کلیه بسته‌های مسیریابی حمل می‌شود تا به مقصد برسد (شکل ۱).

پروتکل AODV با مدیریت مسیر با جدول در ارتباط است. اطلاعات جدول مسیر باید حتی برای مسیرهای کوتاه مدت نگهداری شود. از مهم‌ترین ویژگی‌های آن استفاده از یک مقصد است. شماره توالی برای هر ورودی مسیر توسط مقصد به وجود آمده و اطلاعات مسیری که به گره‌های درخواست می‌فرستد ارسال خواهد شد. با استفاده از مقصد، توالی اعداد را تضمین شده و برنامه‌ریزی آن بسیار ساده است [۱۶].

۲-۲. پروتکل مسیریابی AODV-R

پروتکل مسیریابی AODV مبتنی بر قابلیت اطمینان

12-Flooding
13-Loop
14-Sequence Number

به‌طور کلی پروتکل‌های قابل اطمینان، دارای میانگین تحویل بسته نسبی بهتری نسبت به سایر پروتکل‌های مسیریابی هستند، اما در مقابل به دلیل انجام محاسبات و عملیات پیچیده، احتمال بالا رفتن تأخیر پایانی نیز در آن‌ها وجود دارد [۱۹]. در ادامه به بررسی نتایج شبیه‌سازی پروتکل‌های ارائه شده که با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی متلب صورت گرفته پرداخته‌ایم. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده این است که در بین پروتکل‌های ارائه شده بیشترین مقدار بسته‌های تحویلی با میانگین ۸۷/۹۰ و کمترین تأخیر ارسال بسته‌ها با میانگین ۰/۱۷- مربوط به پروتکل انتها به انتها می‌باشد. در نهایت نیز، با انجام این مقایسه‌ها می‌توان بهترین پروتکل مسیریابی قابل اطمینان را برای به‌کارگیری در شبکه‌های موردی بین خودرویی ارائه نمود.

۲. پروتکل‌های مسیریابی در شبکه‌های موردی بین خودرویی

۲-۱. پروتکل مسیریابی AODV

پروتکل مسیریابی AODV یک پروتکل مسیریابی مبتنی بر درخواست است که در آن همه مسیرها تنها زمانی که مورد نیاز باشند، کشف شده و در طول مدتی که مورد استفاده قرار می‌گیرند، نگهداری می‌شوند [۱۵]. این پروتکل قادر به یافتن مسیر بین گره‌ها بوده و توانایی انجام هر دو نوع مسیریابی تک‌پخشی^{۱۰} و چندپخشی^{۱۱} را دارد.

10-Unicast
11-Multicast

که پروتکل AODV-R نامیده می‌شود، یک پروتکل واکنش‌پذیر است؛ بدین معنی که مسیر ایجاد شده بین مبدأ و مقصد تنها در هنگام درخواست صورت می‌گیرد. [۱۷] هنگامی که مسیرهای شبکه نیازمند اتصال هستند، پخش پیام درخواست مسیریابی در وسایل نقلیه مجاور صورت می‌گیرد. در این شبکه، هر وسیله نقلیه‌ای که پیام درخواست مسیریابی را دریافت کند آن را ضبط کرده و در دیگر شبکه‌ها پخش می‌کند. اگر یکی از شبکه‌های چندرسانه‌ای مسیر مقصد را داشته باشد، به شبکه مبدأ پاسخ می‌دهد و چنانچه قطع خطوط رخ دهد، پیام خطای مسیریابی در مسیر موجود اصلاح شده و یا مسیر جدیدی طرح می‌گردد.

در این تکنیک، هنگامی که وسیله نقلیه مبدأ داده را ارسال می‌کند، ابتدا در فهرست مسیریابی بررسی می‌شود. اگر مسیر معتبری در مقصد بود، می‌توان از آن استفاده کرد و روند ایجاد مسیر جدید آغاز می‌شود. سپس وسیله نقلیه مبدأ پیام درخواست مسیریابی جدید (RREQ) را به وسایل نقلیه مجاور ارسال کرده و اطلاعات موقعیت مکانی، مسیر و سرعت را به این درخواست اضافه می‌کند. هنگامی که RREQ توسط وسیله نقلیه همسایه دریافت می‌شود، قابلیت اطمینان پیوند را به وسیله نقلیه فرستنده از رابطه (۱) محاسبه کرده و مسیر مستقیمی را براساس میزان نهایی قابلیت اطمینان محاسبه شده برورسانی می‌کند. سپس، مقدار قابلیت اطمینان پیوند با ضرب کردن مقدار محاسبه شده و مقدار ذخیره شده در پیام RREQ مطابق معادله (۲) بروز شده و مقدار پایه جدید سپس در پیام RREQ ذخیره می‌شود. پس از آن، وسیله نقلیه کنونی بررسی خواهد کرد که آیا این RREQ قبلاً پردازش شده است یا خیر. این سازوکار به وسیله نقلیه میانی یا مقصد پردازش چندین RREQ و ارسال هم‌زمان درخواست پاسخ‌های (RREP) متعدد را اجازه می‌دهد. پس از اتمام روند ایجاد یا به روزرسانی مسیر معکوس، اگر وسیله نقلیه کنونی

15-Routing request
16-Routing reply

همان مقصد باشد، پیام RREP به وسیله مبدأ فرستاده شده و در غیر این صورت بررسی می‌کند که آیا مسیر فعال به مقصد وجود دارد یا خیر. اگر مسیری وجود داشته باشد، پیام RREP را به وسیله مبدأ ارسال کرده و در غیر این صورت RREQ به سایر وسایل نقلیه منتقل خواهد شد. اگر وسیله مبدأ برای RREQ چندین RREP دریافت کند، مسیر را براساس حداکثر قابلیت اطمینان در میان تمام RREP انتخاب خواهد کرد. به این ترتیب، قابل اطمینان‌ترین مسیر به سمت مقصد را انتخاب می‌کنیم.

$$r_t(l) = \begin{cases} \int_t^{t+T_p} f(T)dt & \text{if } T_p > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

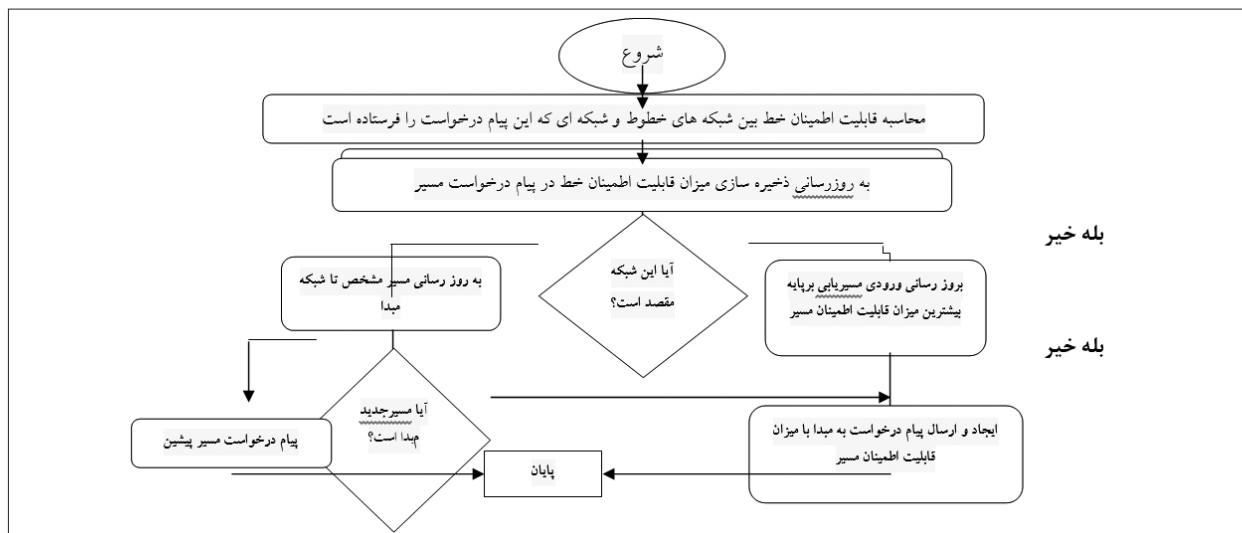
در رابطه (۱) $r_t(l)$ میزان قابلیت اطمینان لینک در بازه زمانی t تا T_p را نشان می‌دهد.

$$R_T = \prod r_t(l) \quad (2)$$

شکل ۲ الگوریتم روند پیام درخواست مسیر در پروتکل AODV-R را نشان می‌دهد.

۳-۲. پروتکل مسیریابی RIVER

پروتکل مسیریابی RIVER، یک پروتکل مسیریابی مبتنی بر موقعیت است که راهبرد حریصانه بهینه را به کار می‌برد [۱۸]. این راهبرد، پروتکل را قادر می‌سازد که کوتاه‌ترین مسیر برای انتقال داده را تشخیص دهد. بر این اساس در این پروتکل مسیرهای انتقال بسته در امتداد یک خط با استفاده از یک نقشه تراکم مسیر ارزیابی می‌شوند. این پروتکل با استفاده از مسیرهای اجزای قابل اطمینان نظارت بر ترافیک، پیام را انتقال می‌دهد. به طور کلی، نظارت بر ترافیک با انتشار اطلاعات قابل اطمینان در داخل شبکه بدون استفاده از پخش و یا جاری شدن سیل آسا در شبکه انجام می‌شود و داده‌های قابل اطمینان، به شیوه محلی با اعلام دریافت اطلاعات در پیام‌های مسیریابی، اتصالات و چراغ‌های راهنمایی توزیع خواهند شد. این پروتکل از یک گراف بدون جهت که نشان‌دهنده طرح خیابان‌های اطراف است، بهره می‌گیرد. در این گراف، رئوس خیابان‌ها و یا



۲: الگوریتم روند پیام درخواست مسیر در پروتکل AODV-R [۱۷]

بر این، هر یال در مسیر مسیریابی بسته ها با یک وزن لبه در بسته ارائه شده است. (در شکل ۳ با "۷" مشخص شده است). در نهایت، هر لبه ضمنی در مسیر به احتمال زیاد قابلیت اطمینان خود را دریافت کرده، چون ممکن است گره‌هایی که بسته را از منبع به مقصد ارسال کرده‌اند، به هر بسته وزن قابل اطمینان شناخته شده آن‌ها را اضافه کرده باشند و همچنین در لیست لبه‌های شناخته شده باشند. (مشخص شده با "Z" در شکل ۳) همچنین علاوه بر جمع‌آوری داده‌های ترافیک از بسته‌هایی که به‌طور مستقیم توسط یک گره دریافت می‌شوند، هر گره در انتقال‌های رادیویی بین گره‌های نزدیک دیگر استراق سمع می‌کند. (به‌عنوان مثال probe)، و بسته‌های مسیریابی به یک گیرنده خاص در هر نقطه پرش ارسال می‌شوند. به‌طور پیش فرض، گره‌های دیگر در محدوده رادیویی فرستنده، بسته در لایه پیوند از پروتکل پشته خود را دور می‌اندازند. با این حال، علاوه بر دریافت‌کنندگان در نظر گرفته شده، اطلاعات موجود در این کاوشگر و بسته‌های مسیریابی حامل مقدار برای گره‌های دیگر در منطقه می‌باشند. به منظور انجام نظارت بر ترافیک منفعل، هرگره با استراق سمع در این سطح به لایه پیوند در پشته شبکه آن نفوذ می‌کند. هر کاوشگر RIVER و بسته‌های مسیریابی که نشانی نیستند، می‌توانند پشته پروتکل را برای پردازش تحت فشار قرار دهند.

تقاطع‌ها هستند و لبه نمودار نشان‌دهنده بخشی از خیابان است که بین دو نقطه (رأس) مورد نظر است. هر گره به بسته‌های مسیریابی که در داخل شبکه ارسال می‌شود، نظارت می‌کند. هر پیام شامل اطلاعات قابل اطمینان در مورد لبه و یا به‌طور ضمنی یا صریح، در شبکه است. این پیام‌های نظارت ممکن است پیام‌هایی که به‌طور مستقیم به یک گره به‌عنوان یک نقطه پرش بعدی و یا به مقصد ارسال می‌شود، باشد. با این حال، هر گره به لایه پیوند در پشته شبکه آن نفوذ می‌کند و به بسته RIVER گوش می‌کند که نشانی خود را به گره دیگری می‌دهد. به دست آوردن اطلاعات قابلیت اطمینان بعد از به اشتراک گذاشتن در داخل شبکه به صورت توزیع شده می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، در مدل RIVER به وسیله جمع‌آوری و توزیع دانش در مورد اتصال از لبه‌ها در نمودار خیابان به مسیریابی کمک می‌شود. این موضوع تا حدی از طریق نظارت منفعل امکان‌پذیر است. نظارت منفعل یک گره را قادر به یادگیری در مورد لبه‌های نمودار خیابانی می‌سازد که ممکن است از گره دور باشد. یک گره، بسته مسیریابی از یک گره از راه دور دریافت می‌کند. گره از قابلیت اطمینان در نزدیکی لبه آن آگاه است چون آن را می‌فرستد و بسته probe را در امتداد آن لبه دریافت می‌کند. (در شکل ۳ با "X" مشخص شده است). علاوه



شکل ۳: به دست آوردن اطلاعات از نظارت منفعل یک بسته مسیریابی [۱۸]

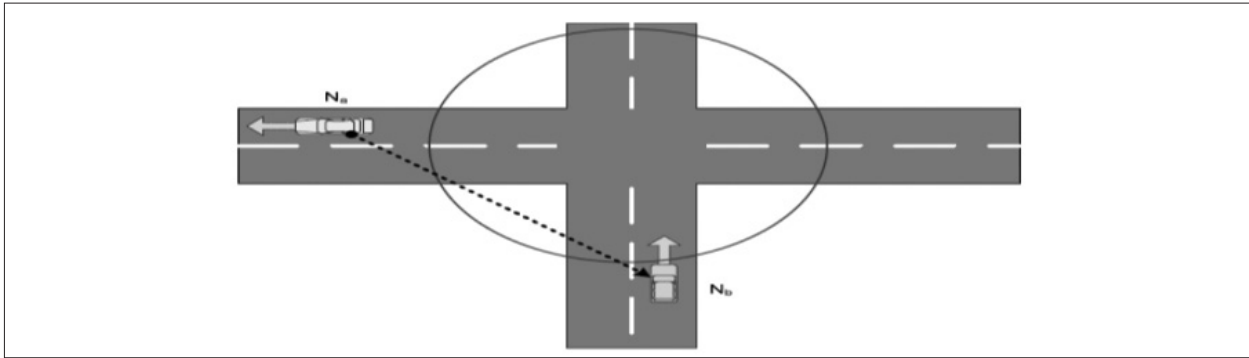
باشد، پروتکل قابلیت اطمینان یک لبه، تعداد لبه گذشته طی سده توسط یک بسته را محاسبه می‌کند. در پروتکل RIV-ER از دو نوع راهبرد بهبود بدون کاوش‌گر و با کاوش‌گر استفاده می‌شود. این تکنیک برای محاسبه میزان قابلیت اطمینان از راهبرد کوتاه‌ترین مسیر و از پیوند MAC برای تشخیص خطا بهره می‌گیرد. RIVER شامل بهینه‌سازی برای رسیدگی به سناریوی اول یا بهینه‌سازی حریصانه است. همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده، این پروتکل به نزدیک‌ترین همسایه به نقطه اتصال بعدی نگاه می‌کند و چنان‌چه همسایه‌ای که در لبه خیابان واقع شده بین نقطه اتصال فعلی و نقطه اتصال بعدی باشد، به جای حذف بسته آن را ارسال می‌کند.

۲-۴. پروتکل مسیریابی RGEE

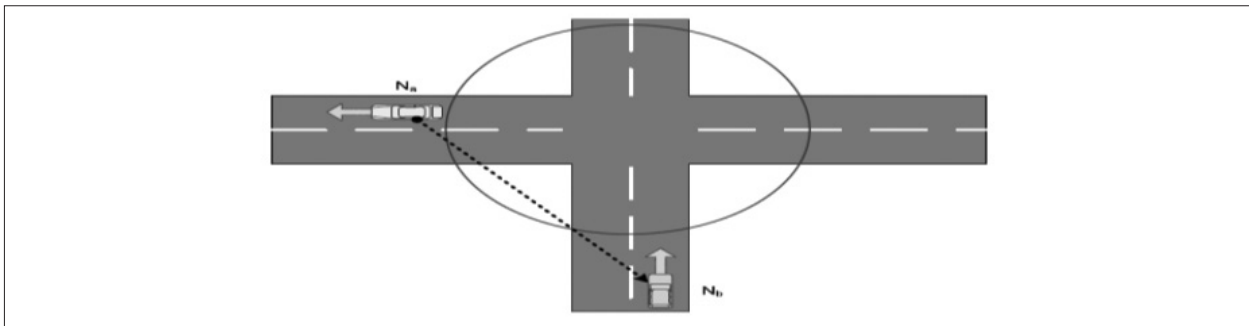
پروتکل RGEE، یک پروتکل مبتنی بر گیرنده در محیط‌های بین خودرویی است [۱۹]. این پروتکل با رویکرد مبتنی بر گیرنده قادر به تشخیص پیام‌های از دست رفته و تصحیح آن‌ها با اجرای یک دنباله با قابلیت بررسی کردن طیف گسترده‌ای از برنامه‌هایی است که الزاماً خواستار تحویل دقیق پیام هستند. در این تکنیک، از روش انتظار برای جلوگیری از ارسال مجدد پیام‌های تکراری متعدد و جلوگیری از برخورد استفاده می‌شود. تجزیه و تحلیل پروتکل ارائه شده، بر اساس نرم افزار مستقیم از زنجیره

در پروتکل مسیریابی RIVER، ابتدا یک مسیر شامل تعدادی مکان‌های جغرافیایی متصل مشخص شده و برای انتقال پیام پس از شناسایی موقعیت جغرافیایی مقصد تلاش می‌کند. اگر فاصله تا مقصد کم باشد، بسته به صورت حریصانه به مقصد ارسال شده و در غیر این صورت، از الگوریتم حداقل وزن مسیر دایکسترا برای محاسبه قابل اطمینان‌ترین مسیر به مقصد استفاده می‌کند. در شکل ۶، نمونه‌ای از این مسیریابی نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در این ساختار، گره N_0 خارج از محدوده رؤس است و از آن‌جا که هنوز به نقطه اتصال نرسیده، از لحاظ فنی یک حداکثر محلی است. در نتیجه، مسیریابی حریصانه تأکید خواهد کرد که گره N_0 باید بسته را رها کند.

انتقال یک بسته از فرستنده به گیرنده در یک بازه زمانی، بسیار کوتاه‌تر از حرکت‌های ترافیک رخ می‌دهد، بنابراین حتی ایجاد یک شکاف کوچک در شبکه می‌تواند باعث تأخیر در تحویل بسیاری از بسته‌ها شود. شکاف شبکه زمانی رخ می‌دهد که فاصله بین هر گره و نزدیک‌ترین همسایه‌اش بیشتر از محدوده انتقال هر دو آن‌ها باشد. برای اطمینان از کم‌ترین تأخیر بسته‌ها، به روز رسانی اطلاعات به‌کار می‌رود. به‌منظور اولویت دادن به اطلاعات اخیر، هنگامی که اطلاعات دست اول مشاهده شده در دسترس



شکل ۴: گذشتن از نقطه اتصال در خارج از منطقه [۱۸]



شکل ۵: ارسال بسته به همسایه در نزدیکی محدوده اتصال [۱۸]

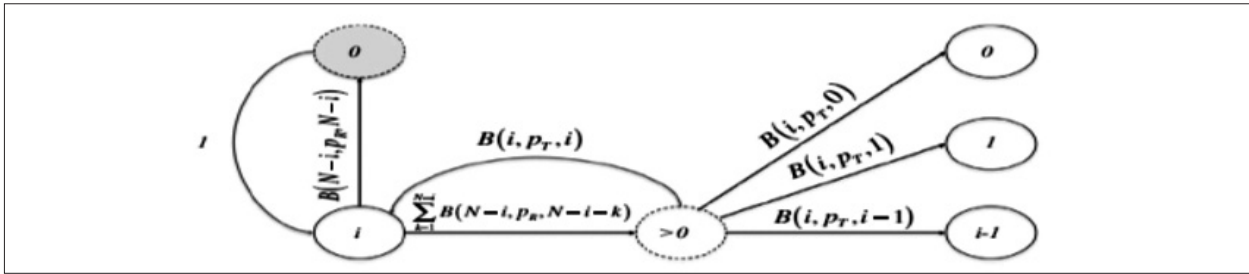
به کار می‌کند. پس از انقضای این زمان سنج، یک پخش پرس و جو تک پرشه شروع شده و به واکنشی بسته از دست رفته از هر همسایه که شامل شماره ترتیب مربوط به درخواست است، می‌پردازد.

در این تکنیک، برای کاهش اثر برخورد، یک سیاست مبتنی بر زمان سنج به کار می‌رود. طول دوره شمارش معکوس، در هر بار پخش آن بسته زمان سنج را لغو می‌کند. این عملکرد یک وقفه به همسایه در حال انتظار برای دریافت بسته مورد نظر می‌دهد. پس از پخش درخواست، وسیله نقلیه شروع به تنظیم تصادفی زمان سنج کرده و منتظر پاسخ می‌ماند. در طول فرایند شمارش معکوس، اگر وسیله نقلیه پاسخی دریافت نکند، آن‌گاه پخش مجدد درخواست بار دیگر برای دریافت بسته مورد نظر انجام خواهد شد. این روش انتظار برای جلوگیری از ارسال مجدد پیام‌های تکراری متعدد و جلوگیری از برخورد طراحی شده است.

در این روش، حتی با وجود تعداد زیادی گیرنده و احتمال زیاد از دست دادن بسته، داده‌ها می‌توانند به صورت قابل اطمینان در تعداد محدودی از تلاش‌های مجدد توزیع

جذب مارکوف و روش ماتریسی است. رفتن به حالت جذب از حالت دلخواه i به صورت یک احتمال می‌باشد، شکل ۶، انتقال از حالت i از زنجیره جذب مارکوف را نشان می‌دهد. روش پیشنهادی یک برنامه خاص را هدف قرار نمی‌دهد، اما می‌تواند در حالت‌هایی که اندازه پیام بسیار بزرگ و یا بسیار کوچک است، به صورت مناسب اعمال شود. این روش مبتنی بر گیرنده به منظور ایجاد یکپارچگی پیام دریافت و درعین حال نگه‌داشتن سربار در یک سطح منطقی پایین است.

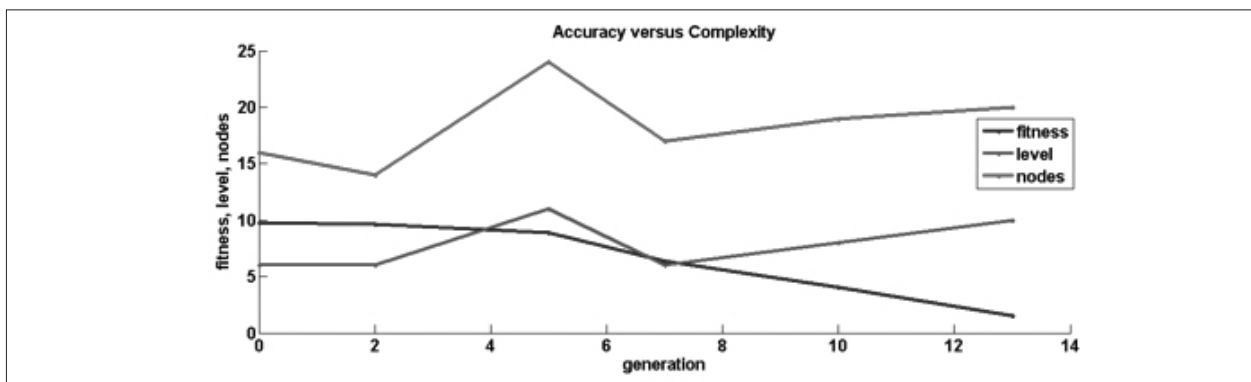
در این روش مسیریابی، هر بسته به‌عنوان بخشی از یک پیام، با یک شماره توالی به صورت افزایشی مشخص شده که به ترتیب شماره در شبکه پخش می‌شوند. علاوه بر آن، یک شناسه منحصر به فرد، برای تشکیل بسته تک پیام و همچنین یک پرچم برای شناسایی بسته‌های اول و آخر پیام نیز وجود دارد. از این رو، گیرنده می‌تواند هر تناقض در دنباله‌ای از پیام‌های دریافتی را تشخیص دهد. اگر یک بسته گم شده شناسایی شود، یک زمان سنج که به‌طور تصادفی از ۰ تا چند میلی ثانیه تنظیم شده، شروع



شکل ۶: انتقال از حالت آ از زنجیره جذب مارکوف [۱۹]

جدول ۱: مقایسه مزایا و معایب سه پروتکل قابل اطمینان AODV-R، RIVER، RGEE

| پروتکل | روش مسیریابی | مزایا | معایب |
|--------|------------------------|---|-------------------------|
| AODV-R | مسیریابی هنگام درخواست | قابلیت اطمینان بیشتر نسبت به پروتکل AODV | تأخیر پایانی بسیار بالا |
| RIVER | روش حریمانه بهینه شده | قابلیت اطمینان بیشتر نسبت به روش مسیریابی حریمانه | تأخیر پایانی نسبتا بالا |
| RGEE | روش پخش جغرافیایی | قابلیت اطمینان نسبتا بالا | مشکلات مقیاس پذیری دارد |



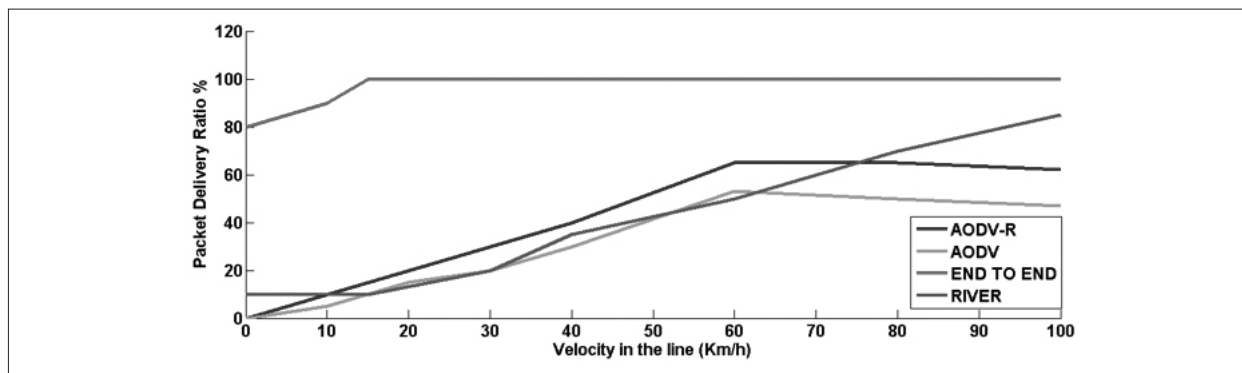
شکل ۷: تولید و سطح گره‌های اولیه

با مشکلات فراوانی رو به روست. بنابراین از شبیه‌سازهای مناسب برای توسعه این شبکه‌ها استفاده می‌کنیم. در این بخش به بررسی نتایج شبیه‌سازی پروتکل‌های ارائه شده با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی متلب می‌پردازیم که با استفاده از روش کدنویسی متلب انجام شده است. نسخه نرم‌افزار متلب مورد استفاده b2013 بوده است که تحت سیستم عامل ویندوز قابل نصب و اجرا می‌باشد. منطقه شبیه‌سازی شده با تراکم ترافیک ۱۰۰ تا ۳۰۰ از گره‌های شبکه خودرویی به‌طور تصادفی توزیع جمعیت شده است. سرعت وسایل نقلیه در محدوده ۱۱ تا ۵۱ کیلومتر بر سرعت با متوسط سرعت ۳۶ کیلومتر است. نرخ انتقال داده نیز در این شبیه‌سازی با در نظر گرفتن الگوریتم به‌کار رفته در نرخ بیت ثابت، ۴ کیلو بیت و شامل ۵ فرستنده /

شوند. یک سناریوی تک پرشه پخش قابل اطمینان مبتنی بر گیرنده، می‌تواند قابلیت اطمینان خوبی ارائه نماید. جدول شماره ۱ به‌طور خلاصه روش‌های مسیریابی هر کدام از سه پروتکل قابل اطمینان توصیف شده، و مزایا و معایب آن‌ها را نشان می‌دهد.

۳. ارزیابی پروتکل‌های توصیف شده و تفسیر نتایج

به‌منظور شبیه‌سازی پروتکل‌های توصیف شده، مدل منطقه‌های ترافیکی جاده و الگوی رسانشی را مورد نظر قرار خواهیم داد. مدل‌های سیال واقعی با استفاده از شبیه‌ساز تهیه می‌شوند، زیرا به علت ویژگی‌های خاص شبکه بین خودرویی استفاده از محیط واقعی برای گسترش و آزمایش کردن آن‌ها مستلزم هزینه‌های بسیار می‌باشد و



شکل ۸: میانگین نسبی تحویل بسته‌ها

$$Avg. EED = \frac{S}{N} \quad (4)$$

با توجه به معیارهای فوق، نتایج مقایسه شبیه‌سازی پروتکل‌های ارائه شده در شکل‌های ۸ و ۹ نشان داده شده است.

همان‌طور که در شکل‌های ۸ و ۹ مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار بسته‌های تحویلی در پروتکل‌های بررسی شده مربوط به پروتکل انتها به انتها می‌باشد. در این پروتکل بسته‌های ارسالی در مقیاس بزرگ به سمت گیرنده ارسال می‌شود که این امر احتمال از دست رفتن بسته ارسالی به دلیل تعدد ایستگاه‌ها و درخواست ارسال مجدد را به مراتب کاهش خواهد داد.

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، از رویکرد حریصانه برای پروتکل RIVER استفاده می‌شود که این پروتکل را قادر می‌سازد تا کوتاه‌ترین مسیر انتقال داده را تشخیص دهد. بر این اساس، در این پروتکل مسیرهای انتقال بسته در امتداد یک خط با استفاده از یک نقشه تراکم مسیر و خط مورد نظر ارزیابی خواهند شد. بنابراین، این پروتکل بعد از پروتکل انتها به انتها دارای بالاترین بسته تحویلی می‌باشد. همچنین کم‌ترین بسته تحویلی در بین سه پروتکل دارای قابلیت اطمینان مربوط به پروتکل AODV-R می‌باشد.

با توجه به نتایج به دست آمده، بیشترین زمان تأخیر در بین پروتکل‌های بررسی شده با توجه به حجم محاسبات بالا مربوط به پروتکل ADOV-R می‌باشد، به گونه‌ای که میزان بسته‌های از بین رفته در طی انتقال به سمت گیرنده در این پروتکل کم‌ترین مقدار خود را دارد. در این پروتکل

گیرنده می‌باشد که هر فرستنده یک بسته ۵۱۲ بیتی را در هر ۸ ثانیه ارسال کرده و در مجموع ۱۰۵ بسته ارسال دریافت می‌شود به طوری که هر فرستنده ۲۱ بسته ارسال خواهد کرد. تولید و سطح هر گره اولیه در شکل ۷ نشان داده شده است.

۳-۱- معیار شبیه‌سازی

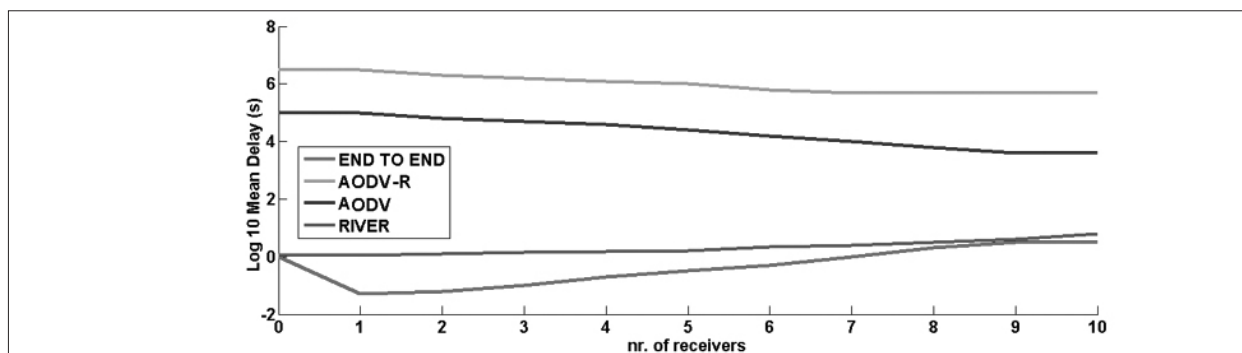
عملکردهای معیار برای شبیه‌سازی به صورت زیر در نظر گرفته می‌شوند:

۱. میانگین نسبی تحویل بسته‌ها^{۱۷} که به صورت میانگین نسبی تعداد بسته‌های اطلاعاتی دریافتی به تعداد بسته‌های اطلاعاتی تحویل داده شده در شبکه مقصد در نظر گرفته شده که از رابطه (۳) محاسبه می‌شود و عددی بین صفر تا صد خواهد بود. این رابطه نشان‌دهنده نسبت واقعی بسته‌های دریافتی به کل بسته‌های ارسال شده است. در رابطه (۳)، S_1 مجموع بسته‌های دریافتی توسط مقصد و S_2 نیز مجموع بسته‌های تولید شده توسط مبدأ است.

$$PDR = \frac{S_1}{S_2} \quad (3)$$

۲. میانگین تأخیر پایانی بسته‌ها^{۱۸} که به صورت میانگین زمان بین ارسال و دریافت بسته‌ها خواهد بود و مطابق رابطه (۴) به دست می‌آید. به طور کلی، بسته‌ها با تأخیر به گره‌های مقصد منتقل می‌شوند، که ممکن است این تأخیر با توجه به نوع و اندازه بسته‌ها متغیر باشد. در رابطه (۴)، S مجموع زمان سپری شده برای تحویل بسته‌ها به مقصد و N نیز تعداد بسته‌هایی است که توسط مقصد دریافت می‌شود.

17- Packet delivery ratio (PDR)
18- End to end delay



شکل ۹: میانگین تأخیر پایانی بسته‌ها

جدول ۲: مقایسه نتایج شبیه‌سازی پروتکل‌های ارائه شده

| پروتکل | میانگین نسبی تحویل بسته‌ها | میانگین تأخیر پایانی بسته‌ها |
|------------|----------------------------|------------------------------|
| AODV | ۵۱,۳۶ | ۰,۳۸ |
| AODV-R | ۶۴,۴۱ | ۰,۰۶۲ |
| RIVER | ۵۸,۰۳ | ۰,۰۱۸ |
| End-to-End | ۹۰,۸۷ | -۰,۰۱۷ |

مقاله، به بررسی و ارزیابی عملکرد سه پروتکل مسیریابی قابل اطمینان RIVER، AODV-R، و RGEE پرداخته و صحت عملکرد آن‌ها را با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌ساز متلب ارائه نمودیم. این مقایسه می‌تواند در تحقیقات آینده برای به کار بردن روش‌هایی که پروتکل‌های مسیریابی قابل اطمینان را به‌طور کامل و صد در صد ایجاد می‌کنند، راه‌گشا باشد و به حل مشکل عدم وجود قابلیت اطمینان مسیریابی در شبکه‌های بین خودرویی کمک کند. نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده این است که در بین پروتکل‌های ارائه شده بیشترین مقدار بسته‌های تحویلی با میانگین ۸۷ / ۹۰ و کم‌ترین تأخیر ارسال بسته‌ها با میانگین ۰/۰۱۷ - مربوط به پروتکل انتها به انتها می‌باشد.

مراجع

۱. گودینی م، سلیمانی ف، زهره وندی ع، «مقایسه و ارزیابی کارایی پروتکل‌های مسیریابی مبتنی بر توپولوژی در شبکه خودرویی»، دومین کنگره سراسری فناوریهای نوین ایران با هدف دستیابی به توسعه پایدار، ۱۳۹۴.
۲. موحدی ز، مازندرانی الف، «پروتکل مسیریابی خودتطبیقی با محدوده تأخیر برای شبکه‌های موردی بین خودرویی»، نشریه علمی ترویجی محاسبات نرم، ۱۳۹۵.

برای جلوگیری از امکان انتقال دو یا چند گره به‌طور هم‌زمان، ۲۰ ثانیه قبل از هرگونه انتقال بسته مسیریابی انجام شده و انتقال بسته به مدت ۱۵ ثانیه بعد از مسیریابی نهایی انجام خواهد شد، بنابراین در مجموع ۲۰۰ ثانیه در زمان انتقال بسته توقف خواهیم داشت. کم‌ترین تأخیر بسته نیز در پروتکل انتها به انتها مشاهده می‌شود، به‌طوری که در این پروتکل ضریب اطمینان برابر ۰/۱ در نظر گرفته می‌شود. بر این اساس می‌توان گفت در این پروتکل، احتمال از دست دادن بسته ارسالی بسیار کم است و تلاش برای ارسال مجدد برای پوشش بسیاری از ایستگاه‌ها در مقایسه با سایر پروتکل‌های موجود بسیار کم خواهد بود. نتایج این مقایسه‌ها در جدول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

۴. نتیجه‌گیری

شبکه موردی بین خودرویی، یک فناوری نوین است که در آن از وسایل نقلیه متحرک به‌عنوان گره برای ساختن یک شبکه متحرک استفاده می‌شود. شبکه موردی بین خودرویی هر وسیله نقلیه را به یک مسیریاب بی‌سیم یا گره افزاز می‌کند و به آن‌ها در فواصل ۱۰۰ تا ۳۰۰ متر امکان ارتباط با یکدیگر را می‌دهد و در عوض یک شبکه با ابعاد گسترده تشکیل می‌دهد. در سال‌های اخیر پروتکل‌های مسیریابی زیادی در شبکه‌های بین خودرویی ارائه شده‌اند؛ پروتکل مسیریابی مناسب نیازمند برقراری ارتباط بین وسایل نقلیه در راستای برقراری قابلیت اطمینان جاده‌ای است. در این

جدول ۳: مقایسه سه پروتکل قابل اطمینان ارائه شده با توجه به نتایج شبیه‌سازی

| پروتکل | میانگین تأخیر پایانی بسته‌ها نسبت به دو پروتکل دیگر | میانگین نسبی تحویل بسته‌ها نسبت به دو پروتکل دیگر | قابلیت اطمینان نسبت به دو پروتکل دیگر |
|------------|---|---|---------------------------------------|
| AODV-R | زیاد | متوسط | پایین |
| RIVER | پایین | زیاد | متوسط |
| End-to-End | بسیار پایین | بسیار زیاد | زیاد |

- on Wireless Communications and Networking, 2013.
18. Bernsen J., Manivannan D., "RIVER: A reliable inter-vehicular routing protocol for vehicular ad hoc network", *Computer Networks*, Vol. 56 (17), pp. 3795-3807, 2012.
 19. Gholibeigi M., Heijenk G., Moltchanov D, Koucheryavy Y., "Analysis of a receiver-based reliable broadcast approach for vehicular networks", *IEEE Vehicular Networking Conference (VNC)*, 2015.
 20. Maratha B.P., Sheltami T.R., Salah K., "Performance Study of MANET Routing Protocols in VANET", *Arab J Sci Eng*, 42: 3115, doi.org/10.1007/s13369-016-2377-y, 2017.
 ۳. حسومی الف، فرازکیش ر،، *مجله دنیای نانو*، سال چهاردهم، شماره پنجاه و یک، ۱۳۹۷.
 ۴. فرازکیش ر،، *طراحی و مشخصه‌سازی نانوربات‌های زیستی*، فصل‌نامه عصر برق، سال پنجم، شماره نهم، ۱۳۹۷.
 ۵. فرازکیش ر،، *طراحی و کنترل سیستم‌های نانورباتیک*، *مجله دنیای نانو*، سال سیزدهم، شماره چهل و نهم، ۱۳۹۶.
 6. Farazkish R., Navi K., "New efficient five-input majority gate for quantum-dot cellular automata", *J. Nanopart. Res.* 14: 1252-1258, 2012.
 7. Farazkish R., Sayedsalehi S., Navi K., "Novel design for quantum dots cellular automata to obtain fault-tolerant majority gate", *Journal of Nanotechnology*, doi: 10.1155/943406, 2012.
 8. Farazkish R., "A new quantum-dot cellular automata fault-tolerant five-input majority gate", *Journal of Nanoparticle Research* 16:2259, 2014.
 9. Farazkish R., Khodaparast F., "Design and characterization of a new fault-tolerant full-adder for quantum-dot cellular automata", *Microprocessors and Microsystems J.*, doi:10.1016/j.micpro.2015.04.004, 2015.
 10. Farazkish R., "A new quantum-dot cellular automata fault-tolerant full-adder", *J. Comput. Electr.* 14, 506-514, 2015.
 11. Farazkish R., "Fault-tolerant adder design in quantum-dot cellular automata", *Int. J. Nano Dimens.*, 8(1), 40-48, 2017.
 12. Farazkish R., "Novel efficient fault-tolerant full-adder for quantum-dot cellular Automata", *Int. J. Nano Dimens.*, 9(1), 58-67, 2018.
 13. Farazkish R., "Robust and Reliable Design of Bio-Nanorobotic Systems", *Microsyšt Technol*, https://doi.org/10.1007/s00542-018-4049-1, 2018.
 14. Zhang D., KiatYeo C., "Efficient replication for vehicular content distribution", *Vehicular Communications*, pp. 13-26, 2018.
 15. Yasser A., Zorkany M., Kader N., Chen K., "VANET routing protocol for V2V implementation: A suitable solution for developing countries", *Cogent Engineering*, 4:1, DOI: 10.1080/23311916.2017.1362802, 2017.
 16. Perkins C., Royer E. B., Das S., "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing", *Internet Draft*, 2003.
 17. Hashem E., Ni Q., Owens T, Min G., "Investigation of routing reliability of vehicular ad hoc networks", *Journal*