

ارائه یک معیار ترکیبی جدید برای مسیریابی فرصت طلبانه در راستای بهبود کیفیت سرویس در شبکه‌های خودرویی

سید وحید سادات پور کاشانی^{۱*}، علی عظیمی^۲

۱- گروه کامپیوتر، واحد شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- گروه کامپیوتر، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

چکیده

به علت ویژگی‌های خاص شبکه‌های بین خودرویی، تحویل کارآمد و مطمئن بسته در این گونه شبکه‌ها چالش‌انگیز است. مسیریابی فرصت‌طلبانه با استفاده از طبیعت پخش همگانی نسبت به مسیریابی‌های سنتی در تحویل بسته موثرتر عمل می‌کند و موجب افزایش قابلیت اطمینان در ارسال بسته‌ها می‌گردد. طراحی معیار در مسیریابی فرصت‌طلبانه مناسب و مقتضی با ویژگی‌های خاص شبکه‌های بین خودرویی جهت افزایش کارایی مسیریابی بسیار حائز اهمیت است زیرا علاوه بر انتخاب مجموعه داوطلب یا CRS موثرتر، باعث افزایش کیفیت سرویس با انتخاب گره بازپخش می‌شود. با توجه به حرکت سریع وسایل نقلیه، تغییرات مکرر توپولوژی و وجود پیام‌های راهنما دوره‌ای، در این مقاله به طراحی یک معیار ترکیبی از سه پارامتر کیفیت لینک، پیشروی بسته و چگالی گره پرداخته‌ایم. هر یک از این سه پارامتر سعی بر بهبود نرخ تحویل بسته، کاهش تاخیر انتها به انتها و کاهش تصادم به ترتیب دارد که در مجموع باعث افزایش کارایی پروتکل مسیریابی فرصت‌طلبانه می‌گردد. معیار QAD در مقایسه با معیارهای بکارگرفته شده در پروتکل‌های مسیریابی‌های فرصت‌طلبانه EXOR و LSGO بهبود کارایی شبکه را در ترم‌های نسبت تحویل بسته، تاخیر انتها به انتها و توان عملیاتی نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: مسیریابی فرصت‌طلبانه، مجموعه داوطلب، چگالی گره، پیشروی بسته، کیفیت لینک

۱. مقدمه

این شبکه‌های VANET زیر مجموعه‌ای از شبکه‌های MANET است. VANET‌ها از استاندارد IEEE 802.11 استفاده می‌کنند. این استاندارد ۷ باند ۱۰ مگا هرتزی در رنج فرکانس ۵,۸۸۰ - ۵,۹۲۵ گیگا هرتز دارد و رنج انتقال آن حدود چند صد متر است. ارتباطات VANET از نوع ارتباطات رنج کوتاه اختصاصی (DSRC) است و برای تحویل بسته به مقصد از ارتباطات چند گامه بهر می‌جوید. از طرفی شبکه‌های VANET از ویژگی‌های ذاتی خود نظیر حرکت سریع خودروها و تغییرات

* Corresponding author: عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس

Email: s.v.sadatpor@gmail.com

مکرر توپولوژی و غیره برخوردار است. بنابراین مسیریابی و تحویل کارآمد بسته به مقصد، چالش‌های خاص خود را در بر خواهد داشت.

مسیریابی در شبکه‌های VANET به دو دسته مبتنی بر توپولوژی و جغرافیایی تقسیم بندی می‌شود [1]. مسیریابی مبتنی بر توپولوژی برای بازپخش بسته، اطلاعات در مورد لینک‌ها را بکار می‌گیرد. چون اطلاعات لینک‌ها بطور مکرر تغییر می‌کند بنابراین این نوع مسیریابی برای شبکه‌های VANET مناسب نمی‌باشد. مسیریابی جغرافیایی [1] از اطلاعات موقعیتی همسایگان برای فوروارد بسته استفاده می‌کند. در این نوع مسیریابی گره‌ها نیازی به اطلاعات لینک‌ها و توپولوژی ندارند و از آنجا که در شبکه‌های VANET تغییرات مکرر توپولوژی رخ می‌دهد بنابراین این گونه مسیریابی با این شبکه سازگاری بهتری دارد و موجب بهبود قابلیت اطمینان مسیریابی می‌شود. معمولا در این نوع مسیریابی از پارامتر پیشروی بسته [2] به عنوان معیار مسیریابی استفاده می‌شود. در واقع گره‌ای به عنوان بازپخش کننده انتخاب می‌گردد که در انتهای رنج انتقال ارسال کننده در راستای مقصد باشد. این موضوع تحت عنوان ارسال حریصانه در مسیریابی جغرافیایی شناخته می‌شود [3]. در این صورت انتخاب این نوع لینک بسیار ناپایدار خواهد بود و نتیجتاً باعث افزایش نرخ اتلاف بسته و تاخیر انتها به انتها خواهد گردید. بنابراین مسیریابی فرصت طلبانه پیشنهاد می‌شود تا قابلیت اطمینان ارسال بسته افزایش پیدا کند. در مسیریابی فرصت طلبانه با توجه به ماهیت پخش همگانی، همسایگان ارسال کننده که به عنوان مجموعه داوطلب (CRS) شناخته می‌شوند می‌توانند عمل بازپخش را انجام دهند. اعضاء مجموعه داوطلب بر حسب معیار مسیریابی انتخاب و اولویت بندی می‌شوند. داوطلب با بالاترین اولویت، اولین گره‌ای خواهد بود که برای بازپخش انتخاب می‌شود. در صورت عدم موفق ارسال، داوطلب با اولویت دوم عمل بازپخش را انجام می‌دهد و این روش تا تحویل بسته به مقصد ادامه دارد. مابقی داوطلب‌ها با بازپخش موفق یک داوطلب از ارسال خود جلوگیری خواهند کرد.

معیارهای متفاوتی نظیر ETX، تعداد گام، میزان پیشروی بسته و غیره در کارهای مربوطه در نظر گرفته شده است. انتخاب شایسته این معیار در کارایی پروتکل مسیریابی بسیار تاثیر گذار است. با توجه به لینک‌های ناپایدار بی‌سیم در شبکه‌های بین خودرویی، انتخاب لینک‌های با کیفیت در کارایی پروتکل مسیریابی موثر است و از طرفی پارامتر پیشروی بسته موجب تعداد گام کمتر و تاخیر انتها به انتها کمتری می‌شود. از آنجا که در شبکه‌های بین خودرویی پیام‌های راهنما به صورت دوره‌ای توسط تمام خودروها پخش همگانی می‌شود موجب افزایش ازدحام در شبکه می‌گردد و از طرفی در مسیریابی فرصت طلبانه داوطلب‌ها اجازه بازپخش بسته را دارند که ناخواسته باعث ارسال های تکراری می‌شود و نهایتاً به افزایش تصادم ختم می‌گردد. از این رو در این مقاله سعی بر آن شد که علاوه بر دو پارامتر کیفیت لینک و پیشروی بسته، پارامتر جدیدی برای کاهش تصادم به نام چگالی گره طراحی شود. واضح است که هراندازه چگالی گره پایین تر باشد احتمال تصادم در آن گره پایین تر خواهد بود [4] از اینرو معیار مسیریابی فرصت طلبانه از ضرب این سه پارامتر حاصل می‌شود و به عنوان QAD معرفی می‌گردد. هر کدام از گره‌های همسایه ارسال کننده در صورتیکه از QAD مناسبی برخوردار باشند می‌توانند عضوی از مجموعه ارسال شوند و CRSی انتخاب شود که نهایتاً موجب بهبود کارایی گردد. QAD در مقایسه با روش‌های EXOR و LSGO برتری خود را در پارامترهای کارایی شبکه مانند گذردهی، نسبت تحویل و تاخیر انتها به انتها در شبیه‌سازی توسط NS2 نشان داده است. مابقی مقاله بدین صورت ساماندهی می‌شود در بخش ۲ کارهای مرتبط ارائه گردیده است و در بخش ۳ معیار ترکیبی جدید و نحوی شکل‌گیری CRS توضیح داده می‌شود و شبیه‌سازی و بررسی نتایج در بخش ۴ آمده است و نهایتاً بخش ۵ به نتیجه‌گیری و کارهای آینده می‌پردازد.

۲. کارهای مرتبط

از آنجا که شبکه‌های بین خودرویی از ارتباطات رنج کوتاه بهره می‌جوید و انتقال بسته اطلاعات به صورت چند گامه انجام می‌گردد بنابراین انتخاب CRS و گره بازپخش اهمیت بسزایی در امر مسیریابی دارد. در مسیریابی فرصت طلبانه اعضاء مجموعه داوطلب توسط معیار مسیریابی جهت بازپخش بسته، اولویت بندی می‌شوند. معمولاً این معیار برای بهبود پارامترهای کارایی شبکه نظیر گذردهی، تاخیر انتها به انتها و غیره تعیین می‌شود. در مسیریابی مبتنی بر موقعیت، معیار انتخاب گره بازپخش حداقل فاصله تا مقصد یا پیشروی بسته تعیین می‌گردد. در این روش لینک‌ها بسیار ناپایدار هستند و موجب افزایش اتلاف بسته‌ها می‌گردند و از طرفی باعث کاهش تعداد گام‌ها می‌شوند. در [5, 6] از معیار آگاه به تاخیر در مسیریابی فرصت طلبانه با هدف کاهش تاخیر انتها به انتها استفاده می‌کند. مقاله [6], EDC را به عنوان معیار مسیریابی به کار می‌گیرد که مشابه معیار ETX است و [5] از DFD استفاده می‌کند که یک معیار ترکیبی آگاه از اطلاعات متن مانند کیفیت لینک، پیشروی بسته و انرژی باقیمانده است. در این مسیریابی گره بازپخش بر حسب پارامترهای مذکور انتخاب می‌شود. در [2] معیار EPA ارائه می‌شود. این معیار انرژی باقیمانده را در کنار پیشروی بسته در نظر می‌گیرد. در بعضی از کارها معیار مسیریابی بنحوی در نظر گرفته می‌شود تا گذردهی را به حداکثر برساند. برای نمونه مولفان در [7] EOT و OEOT را به عنوان معیار مسیریابی انتخاب می‌کنند تا گذردهی را افزایش دهند. آنها یک مصالحه مابین پیشروی بسته، قابلیت اطمینان لینک و تاخیر انتقال برقرار می‌کنند. از کارهای فوق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که انتخاب معیار مناسب در کارایی پروتکل مسیریابی فرصت طلبانه تاثیر گذار است. در این مقاله یک معیار ترکیبی مناسب و درخور شبکه‌های بین خودرویی ارائه می‌گردد که شامل سه پارامتر کیفیت لینک، پیشروی بسته و چگالی گره است. از طرفی واضح است که تصادم در شبکه منجر به کاهش پارامترهای کارایی شبکه می‌شود و با افزایش تصادم در لایه MAC زمان انتقال فریم افزایش پیدا کرده و منجر به افزایش تاخیر انتها به انتها می‌گردد بنابراین پارامتر چگالی گره در این معیار مسیریابی موجب انتخاب داوطلب‌ها و تبع CRS می‌شود که از احتمال تصادم کمتری نسبت سایر همسایگان برخوردار است و نتیجتاً پارامتر چگالی گره در کنار پارامتر کیفیت لینک و پیشروی بسته موجب افزایش کارایی پروتکل مسیریابی فرصت طلبانه می‌گردد.

۳. معیار ارائه شده

همان طور که قبلاً بیان شد شبکه‌های بین خودرویی از ویژگی‌های خاص برخوردار است بنابراین معیار مسیریابی باید متناسب با این گونه از ویژگی‌ها طراحی شود تا CRS را انتخاب کند که منجر به بهبود پارامترهای کارایی شبکه گردد. از طرفی اعضاء مجموعه داوطلب بوسیله معیار مسیریابی در مسیریابی فرصت طلبانه برای بازپخش بسته اولویت بندی می‌شوند و به هر لینکی رتبه‌ای تخصیص داده می‌شود. این رتبه توسط معیار مسیریابی تعیین می‌گردد. در این مقاله یک معیار ترکیبی جدید، متناسب با ویژگی‌های شبکه‌های بین خودرویی و آگاه به تصادم ارائه می‌شود. معیار ترکیبی از سه پارامتر تشکیل می‌شود و به نام QAD معرفی می‌گردد.

$$QAD_{ij} = pd_{ij}^T \times pa_{ij}^T / nd_j^T \quad (1)$$

اگر i گره ارسال کننده و j یکی از اعضاء مجموعه داوطلب و T بازه زمانی محاسبه این سه پارامتر باشد آنگاه pd_{ij}^T نشان دهنده کیفیت لینک مابین گره i و j ، pa_{ij}^T پیشروی بسته در راستای مقصد از گره i تا j و nd_j^T چگالی گره داوطلب j است.

نسبت تحویل بسته pd_{ij}^T :

از آنجا که لینک‌های بی‌سیم مستعد خرابی هستند و از طرفی حرکت سریع وسایل نقلیه منجر به شکست لینک می‌گردد بنابراین انتخاب لینک‌های با کیفیت‌تر حائز اهمیت است. در نتیجه نسبت تحویل بسته که نشان دهنده کیفیت لینک است [8] فاکتور مهمی در انتخاب داوطلب برای بازپخش بسته می‌باشد. pd_{ij}^{τ} احتمال تحویل بسته برای لینک مابین گره i و j را نشان می‌دهد. جهت اندازه‌گیری بسته‌های راهنما بصورت پی‌رودیک توسط تمام گره‌ها در شبکه ارسال می‌گردد و اطلاعات مورد نیاز مانند موقعیت را به همسایگان اعلام می‌کند. نسبت تحویل بسته بین دو گره همسایه i و j بوسیله نسبت تعداد بسته‌های راهنما دریافت شده در گره j به تعداد کل بسته‌های راهنما ارسال شده توسط گره i در یک بازه زمانی خاص τ اندازه‌گیری می‌شود [8].

$$pd_{ij}^{\tau} = \frac{N_{rece,ij}^{\tau}}{N_{total,ij}^{\tau}} \quad (2)$$

در جاییکه $N_{rece,ij}^{\tau}$ تعداد کل بسته‌های راهنما که باید در بازه زمانی خاص τ از گره i به گره j تحویل داده می‌شده است و $N_{total,ij}^{\tau}$ تعداد بسته‌های دریافت شده توسط گره j در بازه زمانی τ است. در [8] بیان شده است که هر آنچه طول لینک بیشتر باشد کیفیت لینک کمتر می‌گردد در نتیجه pd_{ij}^{τ} به داوطلبی اولویت بیشتر می‌دهد که نزدیک به ارسال کننده باشد.

پیشروی بسته pa_{ij}^{τ} :

این پارامتر مقدار پیشروی بسته در راستای مقصد را نشان می‌دهد و به صورت زیر تعریف می‌گردد

$$D_{ij} = D_{id} - D_{jd} \quad pa_{ij}^{\tau} = \begin{cases} \frac{D_{ij}}{r} & 0 < D_{ij} \leq r \\ 0 & o.w \end{cases} \quad (3)$$

در جاییکه r حداکثر رنج انتقال را نشان می‌دهد و D_{jd} ، D_{id} بیان کننده فاصله بین گره i و j تا مقصد d بترتیب است و در هر τ ثانیه این پارامتر محاسبه می‌گردد.

چون پارامتر پیشروی بسته موجب انتخاب گره بازپخش داوطلب دورتر به ارسال کننده می‌شود بنابراین لینک‌های طولانی‌تر از اولویت بالاتری برای بازپخش بسته برخوردار هستند در نتیجه باعث کاهش تعداد گام و تبعاً کاهش تاخیر انتها به انتها می‌گردد ولی این موضوع به افزایش اتلاف بسته منتهی می‌گردد. ترکیب پارامتر pd_{ij}^{τ} و pa_{ij}^{τ} به گره بازپخش داوطلبی اولویت بیشتری برای بازپخش شدن می‌دهد که هم به مقصد نزدیک‌تر باشد (یعنی لینک طولانی‌تر) و هم از کیفیت لینک بیشتری برخوردار باشد (یعنی لینک کوتاه‌تر).

چگالی گره nd_j^{τ} :

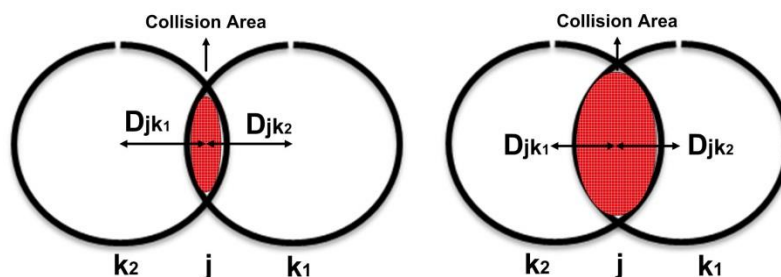
سومین پارامتر در معیار QAD پارامتر چگالی گره داوطلب است. مقاله [4] بیان می‌کند که هر آنچه چگالی گره بیشتر باشد تصادم در آن گره بصورت بلقوه بیشتر خواهد بود لذا این پارامتر در معیار QAD سعی می‌کند به گره داوطلبی اولویت بیشتر بدهد که از چگالی کمتری برخوردار باشد تا منجر به کاهش تصادم گردد. در این مقاله چگالی گره داوطلب از دو مولفه‌ی چگالی مکانی همسایگان و چگالی ترافیک بسته‌ها تشکیل می‌شود و به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$nd_j^\tau = \frac{1}{(\bar{D}_j^\tau \times \bar{N}_j)^\alpha} \quad (4)$$

در جاییکه \bar{D}_j^τ ، عکس چگالی مکانی همسایگان، بیانگر مجموع فاصله متوسط اقلیدسی همسایگان گره j در بازه زمانی خاص τ است و \bar{N}_j^τ ، عکس چگالی ترافیک یا ازدحام بسته‌ها را نشان می‌دهد که بیانگر متوسط مجموع بسته‌های راهنما دریافتی از همسایگان خود، در بازه زمانی خاص τ است. از آنجا که مقدار پارامتر چگالی گره از دو پارامتر نسبت تحویل و پیشروی بسته بسیار کوچکتر است و این دو پارامتر در فرمول (۱) بر پارامتر چگالی گره غلبه می‌کنند و تاثیر بیشتری در معیار QAD خواهند داشت لذا توان α برای جلوگیری از این امر به کار گرفته می‌شود. با انجام شبیه‌سازی‌های متعدد مقدار $\alpha=0.005$ در نظر گرفته شده است. در ادامه نحوه اندازه‌گیری \bar{D}_j^τ و \bar{N}_j^τ توضیح داده می‌شود.

$$\bar{D}_j^\tau = \sum_{k=1}^n \bar{D}_{jk}^\tau \quad \bar{D}_{jk}^\tau = \frac{\sum_{q=1}^{\tau} D_{jkq}}{\tau} \quad (5)$$

در جاییکه n تعداد همسایگان گره j است و \bar{D}_{jk}^τ متوسط فاصله اقلیدسی گره j تا گره همسایه k در بازه زمانی τ است. از آنجا که پیام‌های راهنما بصورت پریودیک ارسال می‌شود D_{jkq} بیانگر فاصله اقلیدسی مابین گره j و همسایه k به ازاء هر پیام راهنما است. در واقع این مولفه برعکس چگالی مکانی همسایگان یک گره را نشان می‌دهد. به هر اندازه مجموع فاصله یک گره تا همسایگانش بیشتر باشد چگالی همسایگان گره کمتر خواهد بود و تجمع گره در اطراف آن گره کمتر می‌شود و گره با چگالی پایین‌تر از زمان دسترسی به کانال کمتری برخوردار است و از طرفی با افزایش فاصله یک گره تا همسایگانش موجب کاهش ناحیه‌ی برخورد بسته‌ها در آن گره می‌شود و در نتیجه کاهش احتمال تصادم در آن گره را در پی خواهد داشت شکل ۱ این موضوع را تشریح می‌کند.

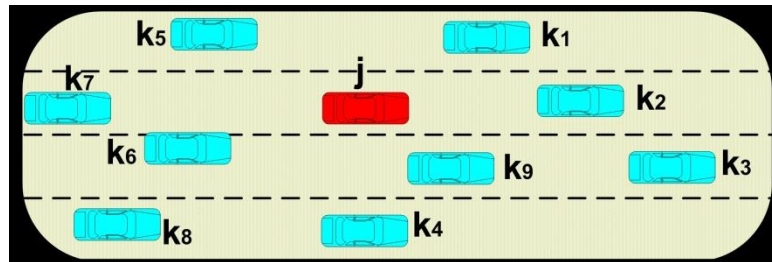


شکل (۱) با کاهش فاصله میان دو گره، افزایش ناحیه برخورد را در پی خواهد داشت.

$$\bar{N}_j^\tau = \frac{\sum_{k=1}^n \text{count}_{j,k}^\tau}{n} \quad (6)$$

در جاییکه $\text{count}_{j,k}^\tau$ بیانگر تعداد بسته‌های راهنما که گره j از همسایه k ام خود در بازه‌ی زمانی τ دریافت کرده است. کاهش \bar{N}_j^τ ، افزایش تصادم و ازدحام در گره j را نشان می‌دهد [9]، تغییر مکرر موقعیت مکانی وسایل نقلیه در شبکه‌های بین خودروبی

موجب تغییر چگالی تعداد همسایگان و به تبع تغییر ازدحام برای یک وسیله نقلیه می‌شود. با توجه به پیام‌های پرپودیک راهنما موجود در شبکه و ترافیک بسته‌ها، ازدحام و رقابت برای دسترسی به کانال تغییر می‌کند و بر روی چگالی ترافیک بسته‌ها تاثیر گذار است لذا تعداد متوسط بسته‌های دریافتی برای یک گره می‌تواند نشان دهنده تصادم برای آن گره باشد. البته فرض می‌شود که هر بسته‌ای که دریافت نمی‌گردد دارای تصادم شده است. شکل ۲ موید این موضوع می‌باشد.



شکل (۲) افزایش بسته‌های راهنما دریافتی بیانگر کاهش ازدحام بسته‌ها در آن گره می‌شود.

همانطور که در فوق بیان شد معیار مسیریابی ترکیبی QAD مناسب و مقتضی برای شبکه‌های بین خودرویی طراحی گردیده است. پارامتر pd برای جبران لینک‌های نامطمئن ناشی از تغییرات توپولوژی در شبکه‌های بین خودرویی بکار گرفته شده است و بکارگیری پارامتر pa به منظور کاهش تاخیر آنها به انتها است و در نهایت پارامتر nd برای کاهش تصادم ناشی از تغییرات سریع و مکرر وسایل نقلیه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

انتخاب مجموعه بازپخش CRS

با توجه به معیار حاصله هریک از همسایگان گره بازپخش از مقدار QAD خاص خود در لحظه t برخوردار است. برای انتخاب اعضاء مجموعه داوطلب و تعداد آنها نیازمند این است که شرط زیر تامین گردد زیرا با تامین این شرط موجب تضمین افزایش کارایی شبکه می‌شود.

$$1 - \left[\prod_{j=1}^n (1 - QAD_j(t)) \right] \geq QAD \quad (7)$$

در جاییکه n تعداد همسایگان است. در صورتیکه شرط فوق به علت نبود همسایه کافی در شبکه‌های پراکنده تامین نشود تمام همسایگان موجود عضو CRS خواهند شد. در بخش بعدی به ارزیابی معیار QAD می‌پردازیم.

۴. ارزیابی کارایی

در این بخش با استفاده از شبیه‌ساز ns2.35 به ارزیابی کارایی معیار ارایه شده QAD برای مسیریابی فرصت طلبانه می‌پردازیم. جهت انجام این هدف، معیار QAD با دو پروتکل EXOR و LSGO مقایسه می‌شود. پروتکل مسیریابی EXOR یکی از معروفترین مسیریابی‌های فرصت طلبانه برای شبکه‌های بی‌سیم است [10] که بسته داده را پخش همگانی می‌کند و گره داوطلب با بالاترین اولویت به عنوان بازپخش از مجموعه داوطلب انتخاب می‌شود. مجموعه داوطلب بر اساس معیار ETX اولویت بندی می‌شود. پروتکل مسیریابی LSGO یک پروتکل مسیریابی فرصت طلبانه برای شبکه‌های خودرویی است که از یک معیار

ترکیبی متشکل از ETX بهبود یافته و پیشروی بسته در راستای مقصد برای اولویت بندی مجموعه داوطلب استفاده می‌کند [1]. در این مقاله، معیار ارائه شده با این دو پروتکل مسیریابی در دو سناریوی متفاوت شبیه‌سازی مقایسه می‌شود. در اولین سناریو، تعداد متفاوت گره‌ها برای ارزیابی کارایی شبکه در نظر گرفته می‌شود در حالی که در سناریوی دوم، ارزیابی شبکه با بار ترافیکی متفاوت صورت می‌پذیرد. در ادامه به تشریح محیط شبیه‌سازی می‌پردازیم و سپس نتایج حاصله در سناریوی شبیه‌سازی با جزئیات توضیح داده می‌شود.

محیط شبیه‌سازی

در این مقاله از مدل حرکتی FleetNet [11] جهت ارزیابی معیار ارائه شده استفاده شده است. در مدل حرکتی FleetNet، اتومبیل‌ها با حداقل سرعت ۵۲ km/hr و حداکثر سرعت ۲۲۴ km/hr در بزرگراهی به طول ۱۵ km و عرض ۱۵m به صورت رفت و برگشت در حال حرکت می‌باشند. این مدل حرکتی از حرکت واقعی اتومبیل‌ها در بزرگراه‌های آلمان استخراج شده است که قابلیت سبقت و تغییر لاین نیز دارند.

نویسندگان در [12] یک مدل واقعی کانال بی‌سیم برای شبکه‌های موردی بین خودرویی به نام مدل کانال V2V ارائه نموده‌اند که تاثیرات محوشدگی Nakagom را تولید می‌کند. جهت به‌کارگیری مدل واقعی کانال بی‌سیم، در شبیه‌سازی از این مدل استفاده شده است. برای تولید ترافیک از CBR استفاده کرده‌ایم. رنج انتقال اتومبیل‌ها ۳۰۰m و نرخ انتقال کانال 2 mbps در نظر گرفته شده است. پیام‌های راهنما هر ۱ ثانیه ارسال می‌شود و پیوند محاسبه QAD ، $\tau = 4^S$ است. پارامترهای شبیه‌سازی در جدول ۱ لیست شده است.

جدول ۱- پارامترهای شبیه‌سازی

Simulation Parameter	Value
Simulator	Ns-2 (v2.35)
Simulation Area	15000m × 15m
Number of Node	170-266-467
Transmission Range	300m
Channel Data Rate	2 Mbps
Traffic Type	CBR
Packet Size	512 byte
Min. Speed	52 Km/h
Max. Speed	224 Km/h
Simulation Time	60 s

Beacon Interval	1 s
Queue Length	50 packets
Radio Propagation Model	V2V – Nakagami
Mac Layer	DCF of IEEE 802.11

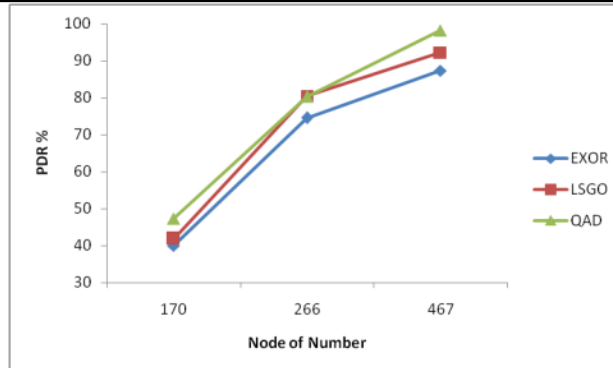
سه پارامتر کارایی شبکه که مورد ارزیابی قرار می‌گیرند عبارتند از:

- نسبت تحویل بسته: بیانگر نسبت بسته‌هایی تحویلی به مقصد به تعداد کل بسته‌های تولید شده توسط مبدأ است.
- متوسط تأخیر انتها به انتها: چون بعضی از بسته‌ها در بین راه گم می‌شوند و تاخیر آن‌ها لحاظ نمی‌گردد بنابراین مجموع تاخیر انتها به انتهای بسته‌ها، تقسیم بر تعداد بسته‌هایی که با موفقیت به مقصد رسیده‌اند، بیانگر متوسط تاخیر انتها به انتها است.
- گذردهی: نرخ متوسط دیتای رسیده در مقصد بر حسب b/s را نشان می‌دهد.
- دو سناریوی متفاوت جهت ارزیابی معیار ارائه شده در شبیه‌سازی استفاده شده است.
- تعداد متغیر وسایل نقلیه در شبکه
- تغییر نرخ تولید ترافیک در شبکه

از الگوهای حرکتی FleetNet، تعداد ۱۷۰، ۲۶۶ و ۴۶۷ اتومبیل انتخاب شده و نرخ تولید بسته توسط CBR یک بسته بر ثانیه در نظر گرفته شده است. و در سناریوی دوم، تغییرات بار ترافیکی شبکه با تغییر نرخ تولید بسته توسط CBR تولید می‌شود و نرخ تولید بسته ۱/۴، ۱، ۱/۱۷ بسته بر ثانیه در نظر گرفته شده است. در ادامه نتایج شبیه‌سازی آورده شده است.

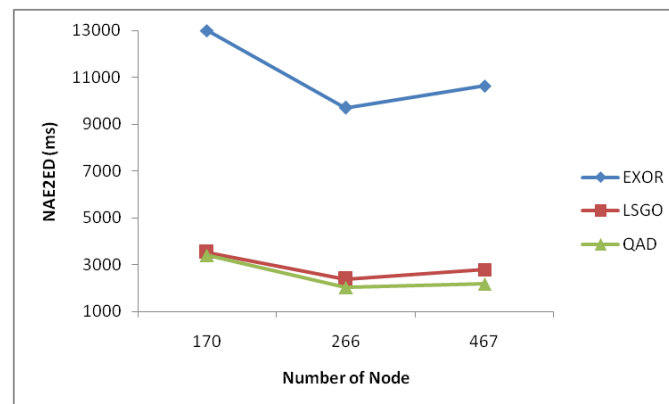
الف) ارزیابی کارایی معیار برای تعداد متغیر وسایل نقلیه در شبکه

برای اینکه معیار ارائه شده در مقابل چگالی شبکه بررسی شود تعداد وسایل موجود در شبکه با سه مقدار ۱۷۰، ۲۶۶ و ۴۶۷ با توجه به الگوهای حرکتی مورد استفاده، در نظر گرفته شده است که در امتداد جاده‌ای بطول ۱۵ کیلومتر با سرعت متغیر از 52 K m/s تا 224 Km/s به همراه تغییر لاین و سبقت در حال حرکت هستند. برای تولید ترافیک از CBR با نرخ تولید ۱ بسته بر ثانیه استفاده شده است. از آنجا که فاصله بین مبدأ و مقصد بروی تاخیر انتها به انتها و تعداد گام تاثیر می‌گذارد بنابراین گره‌های مبدأ و مقصد در سه حالت با فاصله یکسان انتخاب شده است.



شکل (۳) نسبت تحویل بسته در مقابل تغییر تعداد وسایل نقلیه

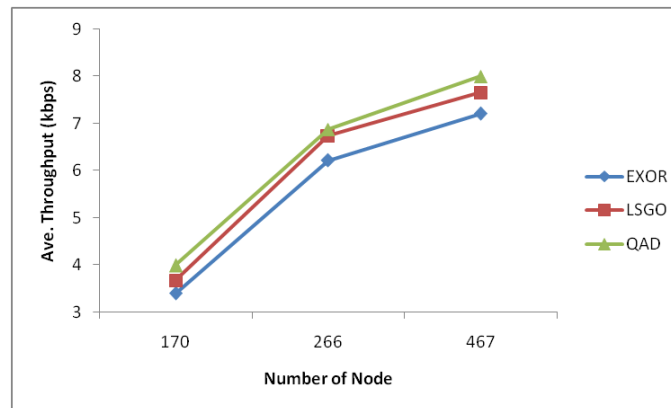
همانطور که از شکل ۳ پیدا است هر سه روش با افزایش چگالی گره‌ها نرخ تحویل بسته افزایش می‌یابد زیرا این افزایش به همبندی شبکه کمک کرده و از تکه تکه شدن محیط شبکه جلوگیری می‌کند که در نهایت باعث افزایش نرخ تحویل بسته می‌گردد. نرخ تحویل معیار *QAD* همواره از روش‌های *EXOR* و *LSGO* بیشتر می‌باشد. از آنجا که پارامتر چگالی گره در انتخاب گره داوطلب بازپخش در مجموعه داوطلب تاثیر گذار است و موجب انتخاب گره‌ای با چگالی کمتر می‌شود از اینرو باعث کاهش تصادم می‌گردد و نرخ تحویل بسته بالاتری نسبت به سایر روش‌ها با افزایش گره‌ها دارد و این امر از شکل (۳) مشهود می‌باشد.



شکل (۴) تاخیر انتها به انتها در مقابل تغییر تعداد وسایل نقلیه

شکل ۴ تاخیر انتها به انتها را برای هر سه روش نشان می‌دهد. در بعضی از پروتکل‌های مسیریابی با استفاده از تکنیک ذخیره و ارسال، هنگامی که گره‌ای برای دریافت بسته نباشد، ارسال کننده تا رسیدن به رنج انتقال گره بعدی بسته را ذخیره و با خود حمل می‌کند که این امر باعث افزایش تاخیر می‌شود. در انجام شبیه‌سازی از تکنیک ذخیره و ارسال استفاده نکرده‌ایم. در شبکه‌های خلوت بعثت همبندی ضعیف شبکه و تکه تکه شدن شبکه بعضی از بسته‌های ارسال شده به مقصد نمی‌رسند. بنابراین بسته‌های ارسالی که هیچ‌گاه به مقصد نمی‌رسند دارای تاخیر بی‌نهایت هستند از اینرو نسبت تاخیر متوسط هر روش به تعداد بسته‌های دریافت شده محاسبه شده است. همانطور که از شکل مشاهده می‌شود با افزایش گره‌های شبکه تاخیر متوسط در هر

سه روش بعلت افزایش همبندی کاهش پیدا می‌کند. البته در حالتی که ۴۷۶ گره در شبکه موجود است تاخیر ارسال مجدد لایه MAC به علت تصادم، ناشی از افزایش ازدحام محسوس می‌شود و افزایش تاخیر را نسبت به حالت ۲۶۶ گره در روش‌های LSGO و EXOR داریم اما معیار QAD با افزایش ازدحام از افزایش تاخیر انتها به انتها جلوگیری می‌کند. تاخیر فوق‌العاده زیاد روش EXOR نسبت LSGO و QAD ناشی از عدم بکارگیری پارامتر پیشروی بسته در معیار مسیریابی خود است چون پارامتر کیفیت لینک موجب افزایش تعداد گام و نهایتاً افزایش تاخیر را در پی خواهد داشت. به طور کلی تاخیر متوسط در معیار پیشنهادی QAD همواره از تمام روش‌ها کمتر می‌باشد.

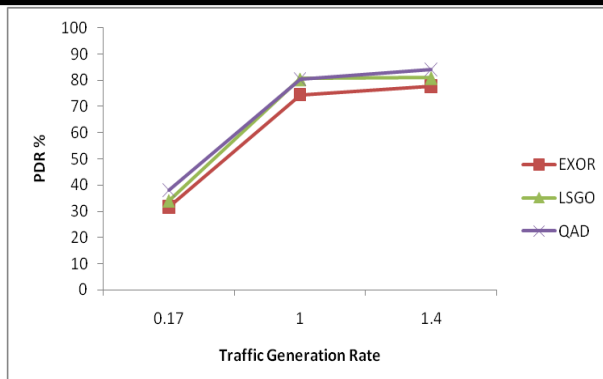


شکل (۵) توان عملیاتی در مقابل تغییر تعداد وسایل نقلیه

شکل ۵ توان عملیاتی را در مقابل تغییرات تعداد وسایل نقلیه در شبکه برای سه روش را نشان می‌دهد. با افزایش تعداد گره‌ها در شبکه توان عملیاتی متوسط نیز افزایش پیدا می‌کند. از آنجا نرخ ارسال داده و زمان شبیه‌سازی برای تمام روش‌ها یکسان می‌باشد پس تعداد بسته‌های ارسالی در تعداد گره متفاوت برابر خواهد بود. افزایش گره‌ها موجب بالا رفتن همبندی شبکه و نتیجتاً تحویل بیشتر بسته‌ها می‌گردد که نمودار PDR نیز این موضوع را تایید می‌کند. از شکل (۵) می‌توان دریافت که همواره توان عملیاتی معیار QAD از روش‌های LSGO و EXOR بیشتر می‌باشد.

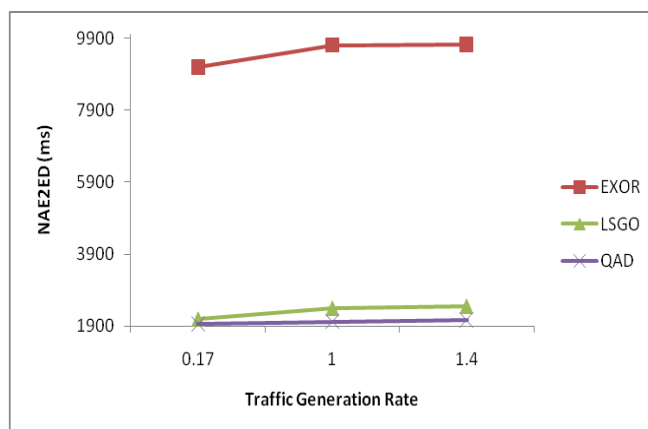
ب) ارزیابی کارایی معیار برای تغییر نرخ تولید ترافیک در شبکه

در امر ارزیابی تاثیر ترافیک بسته‌های موجود در شبکه بر روی معیار پیشنهادی، نرخ تولید بسته در ترافیک CBR را از ۰,۱۷ تا ۱,۴ بسته بر ثانیه تغییر می‌دهیم. در این حالت تعداد وسایل نقلیه ۲۶۶ در امتداد جاده‌ای به طول ۱۵ کیلومتر با سرعت متغییر از ۵۲ K m/s تا ۲۲۴ Km/s به همراه تغییر لاین در نظر گرفته می‌شود. با افزایش نرخ تولید دیتا، نسبت تحویل بسته برای هر سه پروتکل افزایش پیدا می‌کند. همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده است در معیار QAD پارامتر چگالی گره موجب کاهش تصادم و بهبود نرخ تحویل نسبت به سایر روش‌ها می‌گردد. هنگامی که نرخ تولید دیتا افزایش پیدا می‌کند بعلت افزایش تصادم روند رشد افزایش نسبت تحویل بسته کاهش پیدا می‌کند که این امر در خصوص معیار QAD نسبت به مابقی روش‌ها کمتر است.



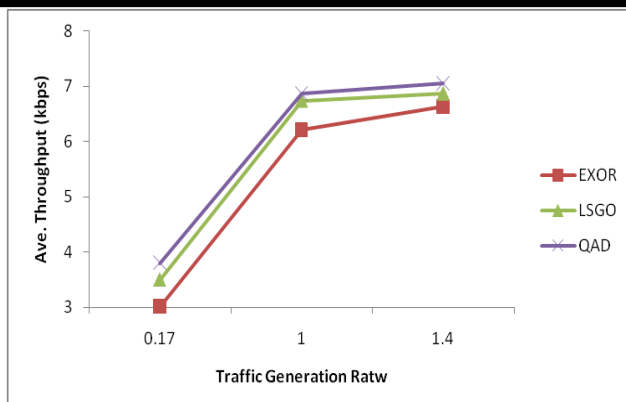
شکل (۶) نسبت تحویل بسته در مقابل تغییر نرخ تولید دیتا

شکل ۷ تاخیر انتها به انتها را برای نرخ‌های متفاوت تولید ترافیک در شبکه‌ای با ۲۶۶ گره نشان می‌دهد. نسبت تاخیر انتها به انتها به بسته‌های دریافت شده در نظر گرفته شده است تا تاخیر بسته‌های که تحویل مقصد نشده‌اند نیز در نظر گرفته شود. با افزایش نرخ تولید ترافیک تاخیر نیز افزایش پیدا می‌کند بدین علت که هر چقدر به میزان دیتای شبکه اضافه می‌شود علاوه بر زمان دسترسی به کانال، انتظار بسته‌ها در صف گره‌ها افزایش پیدا می‌کند و نتیجتاً تاخیر انتها به انتها بیشتر می‌شود. تاخیر روش EXOR نسبت به مابقی روش‌ها به علت عدم وجود پارامتر پیشروی بسته مراتب بیشتر است و دلالت بر آن دارد که تا چه اندازه این پارامتر بر کاهش تاخیر تاثیر گذار است. وجود پارامتر چگالی گره باعث کاهش تاخیر بیشتر نسبت به روش LSGO می‌شود زیرا بسته‌ها کمتر دچار تصادم و بتبع ارسال مجدد می‌شوند.



شکل (۷) متوسط تاخیر انتها به انتها نرمال شده

در شکل ۸ میزان گذردهی سه پروتکل در مقابل تغییرات نرخ تولید بسته ارائه شده است. واضح است که هر اندازه نرخ تولید بسته بالا می‌رود توان عملیاتی نیز افزایش پیدا می‌کند. معیار QAD توان عملیاتی بهتری را نسبت به سایر روش‌ها به علت تحویل موثرتر بسته و کاهش تصادم از خود نشان می‌دهد.



شکل (۸) توان عملیاتی در مقابل تغییرات نرخ تولید داده

۵. نتیجه‌گیری

در این مقاله یک معیار ترکیبی آگاه به تصادم برای مسیریابی فرصت طلبانه در شبکه‌های VANET معرفی شده است. معیار QAD از سه پارامتر کیفیت لینک، پیشروی بسته و چگالی گره تشکیل شده است که با توجه به خواص شبکه‌های بین خودرویی تعریف گردیده است. وجود پارامتر چگالی گره در این معیار موجب کاهش ناحیه‌ی برخورد می‌گردد و احتمال وقوع تصادم را کاهش می‌دهد. انتخاب CRS با توجه به معیار QAD موجب بهبود کارایی مسیریابی فرصت طلبانه می‌شود. نتایج شبیه‌سازی افزایش کارایی را برای پروتکل مسیریابی فرصت طلبانه در مقایسه با روش‌های EXOR و LSGO نشان می‌دهد.

۶. سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهش و فناوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس به خاطر حمایت‌های مادی و معنوی اجرای این طرح پژوهشی تشکر و قدردانی می‌نماید.

۷. مراجع

1. Xuelian C. Ying H. Chunchun Zh. Lina Zh. and Changle L. (June 2014), "LSGO: Link State aware Geographic Opportunistic routing protocol for VANETs" EURASIP JWCN, 96. doi:10.1186/1687-1499-2014-96..
2. K. Zeng, W. Lou, J. Yang, and D. B. III, (Dec. 2007) "On throughput efficiency of geographic opportunistic routing in multihop wireless networks," Mobile Networks Applications, vol. 12, pp. 347–357.
3. B. Karp and H. T. Kung, (Aug.2000) "GPSR: Greedy perimeter stateless routing for wireless networks," in Proc. the 6th ACM Annual international Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom).

4. G. Khomami, P. Veeraraghavan, and F. Fontan, (2015) "Node density estimation in vanets using received signal power", *Radio engineering*, 24:489--498.
5. Z. Zhao, D. Rosario, T. Braun, and E. Cerqueira, (April 2014) "Context-aware opportunistic routing in mobile ad-hoc networks incorporating node mobility," in *IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)*, pp. 2138–2143.
6. S. Duquennoy, O. Landsiedel, and T. Voigt, (Nov. 2013) "Let the tree bloom: Scalable opportunistic routing with orpl," in *Proc. ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys)*.
7. K. Zeng, Z. Yang, and W. Lou, (July 2009) "Location-aided opportunistic forwarding in multirate and multihop wireless networks," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 58, pp. 3032–3040.
8. D. D. Couto, D. Aguayo, J. Bicket, and R. Morris, (Sep. 2003) "A high-throughput path metric for multi-hop wireless routing," in *Proc. ACM MobiCom*, pp. 134–146.
9. BALON, N., GUO, J. (2006) "Increasing broadcast reliability in vehicular ad-hoc networks. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on Vehicular Ad Hoc Networks (VANET)*", Los Angeles (CA, USA), p. 104–105. DOI: 10.1145/1161064.1161088.
10. S. Biswas and R. Morris, (Aug. 2005) "Opportunistic routing in multi-hop wireless networks," in *Proc. Conference of the ACM Special Interest Group on Data Communication (SIGCOMM)*.
11. W. Enkelmann, (2003) "FleetNet-applications for inter-vehicle communication", *Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 162-167.
12. Gerges D. (2009), "Vehicle-to-Vehicle Channel Simulation in a Network Simulator", Carnegie Mellon University, Master's Thesis.