



مسیریابی مبتنی بر کیفیت سرویس در شبکه های موردی

صادق زینلی
ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی
Sadegh.z@gmail.com

محمد حسین یغمایی
ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی
M.yaghmaee@um.ac.ir

محمد رضائی
ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی
Mrk3796@gmail.com

در الگوریتمهای غیر فعال (بر مبنای تقاضا)، زمانی مسیر بین دو گره ایجاد می شود که به آن مسیر نیاز باشد [۲۱]. این دسته از الگوریتمها تاخیر اولیه بالایی دارند ولی سربرار مسیریابی کمتری دارند.

در الگوریتمهای فعال گره ها متناوبا اطلاعات مسیریابی خود را با یکدیگر مبادله می کنند و در نتیجه قبل از اینکه به مسیری نیاز باشد، ایجاد می شود [۳ و ۴]. در الگوریتمهای فعال سربرار بروز رسانی اطلاعات پیوندها بسیار بالا است ولی تاخیر اولیه وجود ندارد. از دیگر مشکلات این روشها عدم مقیاس پذیری آنها می باشد.

در الگوریتمهای ترکیبی از ترکیبی از دو روش فعال و غیر فعال استفاده می شود و از مزایای هر دو روش فعال و غیر فعال استفاده می شود. یک زیر دسته از الگوریتمهای ترکیبی، الگوریتمهایی می باشند که از خوشه بندی استفاده می کنند. در روش خوشه بندی گرهها گروه بندی می شوند و در هر گروه گرهی به عنوان سرگروه انتخاب می شود. گره سرگروه مسئول انجام عملیات گروه خود می باشد. این الگوریتمها بسیار مقیاس پذیر و مناسب برای تضمین کیفیت سرویس می باشند.

در این مقاله الگوریتم مسیریابی مبتنی بر کیفیت سرویس با استفاده از خوشه بندی ارائه شده است. ایجاد خوشه در روش پیشنهادی بسیار سریع است و خوشه های ایجاد شده بسیار پایدار می باشند. الگوریتم پیشنهادی توسط شبیه سازی در شبیه ساز NS2 [۵] با الگوریتم QOLSR مقایسه شده است. از نتایج شبیه سازی می توان نتیجه گرفت که الگوریتم پیشنهادی نسبت به QOLSR تاخیر انتها به انتهای کمتر و نرخ تحویل بسته بالاتری دارد.

۲- کارهای گذشته

در [۶] یک الگوریتم مسیریابی مبتنی بر کیفیت سرویس برای شبکه های موردی ناهمگون ارائه شده است. در این الگوریتم گره ها بر اساس موقعیت مکانیشان در یک سری مناطق مجازی قرار می گیرند. در هر منطقه یک یا چند گره به عنوان سرگروه انتخاب می شوند. انتخاب سرگروه بر اساس پارامترهای میزان باطری گره ها، سرعت گره ها و موقعیت گره ها انجام می شود. تنها نودهای سرگروه در عملیات مسیریابی شرکت می کنند. الگوریتم مسیریابی استفاده شده مبتنی بر روش OSPF^۱ است و پارامترهای تاخیر و پهنای باند به منظور

چکیده: شبکه های موردی در چند سال اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. کاربران این نوع شبکه ها خواهان استفاده از خدمات چند رسانه ای در این شبکه ها می باشند. این امر مستلزم فراهم کردن کیفیت سرویس برای کاربردهای چند رسانه ای در شبکه های موردی است. به علت خصوصیات خاص شبکه های موردی فراهم کردن کیفیت سرویس در آنها با چالشهای بسیاری روبرو است. در این مقاله الگوریتم مسیریابی مبتنی بر کیفیت سرویس جدیدی ارائه شده است. الگوریتم پیشنهادی از روش خوشه بندی استفاده می کند و بسیار کارا و قابل توسعه می باشد. نتایج پیشنهادی نشان می دهد که روش پیشنهادی نسبت به روشهای دیگر بهبود موثرتری در کاهش تاخیر انتها به انتها و همچنین افزایش نرخ تحویل بسته ها داشته است.

واژه های کلیدی: شبکه ها موردی، مسیریابی کیفیت سرویس.

۱- مقدمه

یک شبکه موردی مجموعه ای از گرههای متحرک است که بدون هیچ کنترل مرکزی و زیر ساختی با یکدیگر ارتباط برقرار می کنند. اگر فرستنده و گیرنده در محدوده ارتباطی هم نباشند بسته ها می توانند توسط گرههای میانی به گره مقصد ارسال شوند.

امروزه کاربردهای چند رسانه ای در این نوع شبکه ها بسیار مورد توجه قرار گرفته است. پشتیبانی از کاربردهای چند رسانه ای نیاز به یک الگوریتم مسیریابی کارا و مکانیزم تضمین کیفیت سرویس دارد. از طرفی در شبکه های موردی به علت تحرک غیر قابل پیش بینی گرهها، توپولوژی شبکه بسیار متغییر است و این امر باعث سخت شدن فراهم کردن کیفیت سرویس در این نوع شبکه ها می شود. از چالشهای دیگر تضمین کیفیت سرویس در شبکه های موردی، فقدان اطلاعات حالت دقیق، کانال رادیویی مشترک، محدودیت منابع موجود و رسانه غیر امن می باشد.

این خصوصیات ذاتی شبکه های موردی باعث می شود که بدست آوردن اطلاعات حالت پیوند از قبیل تاخیر، پهنای باند و غیره دقیقا امکان پذیر نباشد.

الگوریتم های مسیریابی متعددی برای شبکه های موردی معرفی شده است که آنها را می توان در سه دسته فعال، غیر فعال و ترکیبی تقسیم کرد.

¹ Open Shortest Path First



در الگوریتمهای ارائه شده بیشتر توجه به انتخاب مسیر با بیشترین پهنای باند و کمترین تاخیر شده است و پارامتر پایداری مسیر کمتر مورد توجه قرار گرفته است. محیط شبکه های موردی بسیار متغییر است و این امر باعث می شود تا پهنای باند موجود و تاخیر متغییر باشند. در این نوع شبکه ها باید سعی شود تا مسیرهای پایدارتری انتخاب شده تا تاثیر تغییرات متناوب توپولوژی کمتر شود. در الگوریتم پیشنهادی ساختار خوشه بندی ارائه شده است که باعث ایجاد خوشه های پایداری در شبکه می شود. با توجه به اینکه در الگوریتم پیشنهادی سعی می شود پایدارترین گره به عنوان سرگروه انتخاب شود و مسیر بر اساس آدرس گره های سرگروه انتخاب می شوند، پایداری مسیرهای ایجاد شده بسیار زیاد می باشد.

۳- الگوریتم خوشه بندی

ایده اصلی در این روش استفاده از روش خوشه بندی برای مسیریابی با تضمین کیفیت سرویس است. در این روش سعی شده پروسه ایجاد و نگهداری خوشه ساده تر، سریعتر و کارآمدتر شود. در انتخاب گره سرگروه از پارامترهایی استفاده شده است که پایداری خوشه را بیشتر کند تا ایجاد خوشه مجدد به حداقل رسیده و در نتیجه سربار ایجاد خوشه کمتر شود.

هر گره می تواند چهار حالت ISOLATED, NORMAL, CLUSTERED و GATEWAY را داشته باشد.

قبل از عملیات خوشه بندی تمام گرهها در حالت ISOLATED هستند. هر گره متناوباً پیام LIVE را با همسایگانش ارسال می کند. پیام LIVE حاوی اطلاعاتی است که گره ها با آن می توانند گروه وزنی خود را محاسبه کنند. گروه وزنی برای انتخاب گره سرگروه استفاده می شود. هر گرهی که در گروه وزنی بالاتری قرار داشته باشد و پیام LIVE خود را زودتر به گره های همسایه اش برساند، به عنوان سرگروه انتخاب می شود. ساختار پیام LIVE به صورت زیر است:

LIVE (ID, ID_{ch}, W, STATE)

پارامتر ID آدرس هر گره می باشد. پارامتر ID_{ch} مشخص کننده سرگروهی است که گره عضو آن هست یا عضو آن بوده است. در ابتدا مقدار آن ۱- است. مقدار W گروه وزنی گره را مشخص می کند. پارامتر STATE حالت گره را مشخص می کند.

گرهها برای مشخص کردن گروه وزنی خود، ابتدا وزن خود را مشخص می کنند و سپس بر اساس وزن خود در یکی از سه گروه وزنی قرار می گیرد.

وزن هر گره از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$Weight = aN + bR + cT + dP \quad (1)$$

پارامتر N تعداد همسایگان گره را مشخص می کند. برای محاسبه همسایگان، هر گره تنها آن گره هایی را به عنوان گره همسایه به

مسیریابی کیفیت سرویس در نظر گرفته شده اند. در این الگوریتم مکانیزمی برای محاسبه تاخیر و پهنای باند ارائه نشده است. علاوه بر آن فرض شده است که گره ها از موقعیت مکانی خود مطلع هستند. این امر استفاده از این الگوریتم را به گره های خاصی که توانایی درک موقعیت خود را دارند محدود می کند.

در [۷] گره ها بر اساس منابع موجودشان به سه دسته، گره های کیفیت سرویس، گره های مسیریاب و گره های دریافت کننده تقسیم می شوند. گره ها با ارسال متناوب پیام HELLO، مشخصات خود را برای همسایگانشان ارسال می کنند. هر گره با دریافت پیام HELLO از گره های همسایه اش می توانند دسته آنها را مشخص کند. در عملیات مسیریابی کیفیت سرویس فقط گره های کیفیت سرویس می توانند شرکت کنند. برای مسیر یابی AODV^۱ [۱] استفاده شده است و در درخواست مسیر پهنای باند درخواستی و تاخیر بیان می شود. در این الگوریتم به دلیل اینکه تنها نودهای کیفیت سرویس می توانند در مسیریابی شرکت کنند، سربار مسیریابی کم است.

در این روش تداخل گره های همسایه و تاثیر آن بر پهنای باند در نظر گرفته نشده است. علاوه بر آن پهنای باند ثابت در نظر گرفته شده است که این امر بر خلاف خصوصیات ذاتی شبکه های موردی است.

الگوریتم QOLSR [۹و۸] یک الگوریتم مطرح مسیریابی مبتنی بر کیفیت سرویس است. این روش بر مبنای الگوریتم مسیریابی OLSR^۲ [۳] می باشد. در این روش هر گره مجموعه ای از همسایگانش را به عنوان مجموعه MPR^۳ انتخاب می کند. در هنگام پخش بسته های کنترلی یک گره، تنها گره های موجود در مجموعه MPR آن گره، بسته ها را بازپخش می کنند و در نتیجه از پخش تکراری پیام ها جلوگیری می شود. برای انتخاب مجموعه MPR هر گره، همسایگانی را انتخاب می کند که از طریق آنها بتواند با تمام همسایگانی که از گره دو پرش فاصله دارند، ارتباط برقرار کند. علاوه بر این خاصیت سعی می شود تا همسایگانی انتخاب شود که پارامترهای کیفیت سرویس بهتری داشته باشند (مانند پهنای باند بیشتر و تاخیر کمتر). روشهای مختلفی برای انتخاب پارامترهای کیفیت سرویس و انتخاب همسایگان بیان شده است.

در روش QOLSR انتخاب مجموعه MPR نیاز به تبادل پیامهای نسبتاً طولانی است. تعداد این پیامها نیز زیاد می باشد. این امر باعث هدر رفتن پهنای باند شبکه و در نتیجه کاهش کارایی شبکه می شود. علاوه بر آن در این الگوریتم گره ها یک دید جزئی از ساختار شبکه دارند و تنها مسیریابی را از طریق مجموعه MPR انجام می شود. این باعث می شود که همیشه بهترین مسیر انتخاب نشود.

¹ Ad hoc On Demand Vector

² Optimized Link State Routing

³ MultiPoint Relay



کند، به اندازه یک زمان T_e دیگر به کار خود بدون انتخاب سرگروه ادامه می دهد. این امر باعث می شود که به گرههای دیگری که شرایط بهتری برای سرگروه شدن دارند شانس دوباره ای داده شود. در صورتی که گره بعد از گذشت این زمان ($2T_e$) پیامی از هیچ گره سرگروه دریافت نکند، خود را به عنوان سرگروه انتخاب کرده و حالت خود را به CLUSTERHEAD (سرگروه) تغییر می دهد.

با توجه به پایین بودن تعداد گره های وزنی (۳ گروه) انتخاب سرگروه به سرعت انجام می شود.

اگر گره ISOLATED بعد از گذشت زمان T_e و یا $2T_e$ از یک گره سرگروه پیام LIVE دریافت کرد آن گره را به عنوان سرگروه خود انتخاب کرده و حالت خود را به NORMAL تغییر می دهد و پارامتر ID_{ch} خود را با آدرس آن گره تنظیم می کند.

در صورتی که گره NORMAL از یک سرگروه دیگر پیامی دریافت کند، می تواند به گره GATEWAY تبدیل شود. گره در ابتدا سرگروه مربوطه را در جدول همسایگان خود جستجو می کند و در صورتی که آن را پیدا نکند، اطلاعات آن را به جدول همسایگان خود اضافه و حالت خود را به GATEWAY تغییر می دهد. سپس با ارسال پیام CH_NEW اطلاعات گره سرگروه جدید را برای گره سرگروه می فرستد. گره سرگروه با دریافت پیام CH_NEW اطلاعات گره سرگروه جدید را به جدول CHNEIGHBOR خود اضافه می کند.

ممکن است یک گره NORMAL از خوشه ای در همسایگی گره NORMAL خوشه دیگر قرار گیرند. در این شرایط به دلیل اینکه هیچ کدام از گرههای NORMAL در بازه انتقال گره سرگروه خوشه دیگر قرار ندارند نمی توانند به گره GATEWAY تبدیل شود و در نتیجه امکان ارتباط بین خوشه ها وجود ندارد. این مسئله در هیچکدام از الگوریتمها خوشه بندی پیشین در نظر گرفته نشده است. در الگوریتم پیشنهادی، در این حالت هر دو گره با ارسال پیام CH_NEW به گره سرگروه خود، اطلاعات گره سرگروه جدید را برای آن ارسال می کند. در نتیجه امکان ارتباط دو خوشه ایجاد می شود.

۴- نگهداری خوشه

به منظور نگهداری خوشه های ایجاد شده، هر گره سرگروه در بازه های زمانی T_i ($T_i \gg T_e$) به طور متناوب پیام LIVE را در خوشه خود ارسال می کند. گرههای عضو یک خوشه با دریافت پیام از گره سرگروه از زنده بودن آن مطلع می شوند. گرههای NORMAL و GATEWAY نیز نیاز دارند تا با ارسال متناوب پیام LIVE حضور خود را اعلام کنند البته با بازه زمانی بیشتر از گرههای سرگروه ($2T_i$). اگر اعضای یک خوشه بعد از گذشت مدت زمان $2T_i$ از گره سرگروه پیامی دریافت نکردند، نتیجه می گیرند که گره سرگروه از بین رفته است. گرههای NORMAL به حالت ISOLATED می روند و گرهها GATEWAY حالت خود را بروز می کنند. یا به حالت NORMAL

حساب می آورد که از آن دور نشوند. این امر توسط چک کردن قدرت سیگنال دریافتی از هر گره همسایه انجام می شود. گره، در صورتی یک گره را به عنوان گره همسایه به لیست همسایگان خود اضافه می کند که قدرت سیگنال دریافتی از آن ها کاهش نیابد. این امر باعث می شود تا انتخاب همسایگان دقیق تر، و در نتیجه واقعی تر شود. با این عمل دیگر همسایگان لحظه ای گره به عنوان همسایه گره تلقی نخواهند شد. پارامتر R درصد باطری باقی مانده هر گره است. این پارامتر باعث می شود تا گرههایی بتواند شانس بیشتری برای سرگروه شدن داشته باشند که عمر بیشتری داشته باشند. عمر بیشتر سرگروه یک خوشه باعث افزایش عمر خوشه ایجاد شده می شود. و این امر از احتمال ایجاد دوباره خوشه که امری هزینه بر است می کاهد. پارامتر T زمان عضویت گره را در آخرین خوشه ای که عضو آن بوده را مشخص می کند. با استفاده از این پارامتر در انتخاب سرگروه، گرههایی شانس بیشتری برای سرگروه شدن پیدا می کنند که پایدارتر بوده اند، زیرا در خوشه ای که قبلا بوده اند، عضویشان طولانی تر بوده است. این عمل باعث انتخاب سرگروه پایدارتر شده که خود منجر به ایجاد خوشه های پایدارتر می شود. پارامتر P قدرت ارتباطی گره را مشخص می کند. با در نظر گرفتن این پارامتر گرههایی که قدرت ارتباطی بیشتری داشته باشند شانس سرگروه شدنشان بیشتر است. در نتیجه قطر خوشه های ایجاد شده بیشتر می شود. افزایش قطر خوشه های ایجاد شده باعث کاهش تعداد آنها می شود و این موضوع ارائه سرویسهای شبکه را سریعتر کرده و سربار را کاهش می دهد.

ضرایب a, b, c, d پارامترهای وزنی را مشخص می کنند و بر اساس پارامترهای سیستم مشخص می شود. این پارامترها باید طوری انتخاب شوند که مجموع آنها برابر یک باشد. توانایی انتخاب این ضرایب به ما این امکان را می دهد که الگوریتم پیشنهادی را در شبکه های با شرایط مختلف اعمال کنیم.

هر گره جدولی به نام NEIGHBOR دارد که در آن اطلاعات همسایگانش را نگه داری می کند. هر گره با دریافت پیام LIVE از همسایگانش، اطلاعات آن را به جدول NEIGHBOR خود اضافه کرده و پارامتر W خود را مجددا محاسبه می کند.

گره های سرگروه علاوه بر جدول NEIGHBOR دارای جدول CHNEIGHBOR نیز می باشند که در آن اطلاعات گره های سرگروه خوشه های مجاور را نگهداری می کنند.

گرههای ISOLATED بعد از زمان مشخصی (T_e) می توانند شروع به انتخاب سرگروه کنند. اگر گره ISOLATED بعد از گذشت زمان T_e پیامی از یک گره سرگروه دریافت نکرد، در جدول NEIGHBOR خود به دنبال گرهی می گردد که در گروه وزنی بالاتر از خودش باشد. اگر گرهی با این شرایط پیدا نکرد، خود را به عنوان سرگروه انتخاب می کند و این را در پیام LIVE بعدی منعکس می کند. در صورتی که گره در جدول NEIGHBOR خود گرهی را بالاتر از گروه وزنی خود پیدا



مسیریابی و ارسالهای تکراری استفاده می شود. پیامهای مسیریابی که به یک گره می رسند در صورتی پردازش می شوند که شماره ترتیب پیام رسیده از یک مقصد خاص بزرگتر از شماره ترتیب موجود در جدول مسیریابی برای گره مقصد باشد. این عمل ساده از ارسال تکراری بسته های مسیریابی جلوگیری کرده و همچنین از ایجاد حلقه در ارسال بسته های مسیریابی جلوگیری می کند. فیلد فاصله، طول مسیر را مشخص می کند. حداقل پهنای باند درخواستی، میزان حداقل پهنای باند مورد درخواست جریان را مشخص می کند. این فیلد تنها در مورد جریانهای کیفیت سرویس (جریانهایی که نیاز به کیفیت سرویس دارند) مورد نیاز است و فقط زمانی پردازش می شود که نوع جریان از نوع کیفیت سرویس باشد. در فیلد حداکثر تاخیر مجاز، مقدار حداکثر تاخیر قابل تحمل توسط جریانهای کیفیت سرویس مشخص می شود. این فیلد نیز در زمان ارسال جریانهای کیفیت سرویس کاربرد دارد. نوع جریان در فیلد نوع جریان مشخص می شود. این فیلد می تواند مقدار کیفیت سرویس یا بهترین تلاش را داشته باشد. توسط این فیلد نوع سرویس درخواستی مشخص می شود. فیلد زمان اعتبار مسیر، زمانی را مشخص می کند که یک مسیر اعتبار دارد. بعد از گذشت این زمان دیگر مسیر معتبر نمی باشد. این فیلد در صورت دریافت بسته ای از مقصد قبل از انقضای زمانش دوباره مقداردهی می شود.

مسیریابی بر اساس کیفیت سرویس در الگوریتم پیشنهادی در دو مرحله انجام می شود: مرحله رزرو و مرحله پذیرش. در مرحله پذیرش گره مبدأ درخواست کشف مسیر خود را ارسال می کند. این درخواست شامل حداکثر تاخیر مورد قبول و حداقل پهنای باند مورد نیاز است. این درخواست در طول سرگروهها پخش می شود تا به گره مقصد برسد. گرههای سرگروه میانی با دریافت پیام درخواست مسیر، در صورتی که بتوانند پهنای باند درخواستی را فراهم کنند، پیام درخواست را از طریق گره های GATEWAY موجود در همسایگیشان به گرههای سرگروه مجاور خود داده و پهنای باند درخواستی را رزرو می کنند. پهنای باند رزرو شده موقتی می باشد و گرهها می توانند این پهنای باند را تا قطعی نشدن پهنای باند درخواستی در مرحله پذیرش در اختیار جریانهای بهترین تلاش قرار دهند. اما گرهها نمی توانند پهنای باند رزرو شده را در اختیار جریانهای کیفیت سرویس دیگر قرار دهند.

زمانی که گره مقصد پیام درخواست مسیر را دریافت کرد، در صورت داشتن پهنای باند درخواستی و بیشتر نشدن تاخیر بسته از تاخیر اعلان شده، به گره مبدأ پاسخ می دهد. با ارسال پیام از طرف گره مقصد مرحله رزرو به پایان رسیده و مرحله پذیرش آغاز می شود. گرههای میانی با دریافت این پیام، منابع رزرو شده را به منابع تخصیص یافته تغییر حالت می دهند.

۱-۵ محاسبه تاخیر

محاسبه تاخیر به صورت دو طرفه انجام می شود. گرههای عضو خوشه برای محاسبه تاخیر در یک پیوند از پیام LIVE استفاده می کنند. هر

می روند (در صورتی که عضو دو خوشه باشند) و یا در حالت GATEWAY باقی می ماند (اگر در بیشتر از دو خوشه عضو باشند). به دلیل متحرک بودن گرهها، توپولوژی شبکه متغیر است. یک گره در هر لحظه می تواند خوشه ای را ترک کند و یا به یک خوشه بپیوندد. دو سرگروه می توانند در بازه انتقال هم قرار گیرند که این امر باعث ایجاد تداخل در هر کدام از آنها خواهد شد و به دلیل مسؤلیت سرگروهها، این امر باعث تاثیر بر سرویسهای ارائه شده از سوی خوشه ها می شود. برای جلوگیری از این عمل، در این شرایط باید یکی از سرگروهها، از سرگروه بودن خود کناره گیری کند. در اکثر الگوریتمهای خوشه کردن این عمل انجام می شود و یکی از گرهها به حالت عادی می رود. از معایب این روش اینست که تغییر یک سرگروه باعث تغییرات گسترده سرگروههای دیگر می شود و نیاز است اکثر ساختارها مثلا جداول مسیریابی دوباره ایجاد شوند که این امر هزینه زیادی دارد. از طرفی دیگر گرههای عضو خوشه ای که کناره گیری کرده باید دوباره مراحل عضویت را پشت سر گذاشته و این کار باعث تاخیر در سرویس دهی به آنها می شود.

در الگوریتم پیشنهادی ما زمانی که دو سرگروه A و B در بازه انتقال هم قرار گیرند، یکی از آنها به حالت NORMAL رفته و یا به حالت GATEWAY می رود. اگر سرگروه A، از سرگروه B پیامی دریافت کند، ابتدا حالت تمام اعضای خود را چک می کند. در صورتی که تمام اعضایش در حالت GATEWAY باشند، از سرگروه بودن خود کناره گیری کرده و به حالت NORMAL می رود و گره سرگروه B را به عنوان گره سرگروه خود انتخاب می کند. اما در غیر اینصورت یعنی در حالتی که اعضایش در حالت GATEWAY نباشند، گره وزنی خود و گره B را مقایسه می کند. در صورتی که نسبت به سرگروه B در گره وزنی بالاتری قرار نداشته باشد از سرگروه بودن کناره گیری کرده و به حالت GATEWAY می رود.

در صورتی که گره A آگاه شود که در گره وزنی بالاتری نسبت به سرگروه B قرار دارد پیام COVERLAP را به سرگروه B ارسال می کند. سرگروه B با دریافت پیام COVERLAP عملیات بالا را انجام می دهد.

۵- مسیریابی

مسیریابی در الگوریتم پیشنهادی بر مبنای مسیریابی بر مبنای تقاضا است. هر گره دارای جدول مسیریابی است که در آن اطلاعات مسیریابی خود را نگه می دارد. جدول مسیریابی شامل فیلدهای: آدرس گره مقصد، آدرس گره بعدی، شماره ترتیب، فاصله، حداقل پهنای باند درخواستی، حداکثر تاخیر مجاز، نوع جریان و زمان اعتبار مسیر می باشد.

فیلد آدرس گره مقصد مشخص کننده آدرس گره مقصد است. آدرس گره بعدی، مشخص کننده گره بعدی در مسیر، برای ارسال بسته به مقصد است. فیلد شماره ترتیب به منظور جلوگیری از ایجاد حلقه های



هر گره پهنای باند موجود خود را با استفاده از فرمول زیر محاسبه می کند :

$$\text{AvailableBandwidth} = (1 - m) * T \quad (۳)$$

در این فرمول μ میزان استفاده از پیوند است. این پارامتر مدت زمانی را مشخص می کند که کانال اشغال است. میزان استفاده از پیوند از فرمول زیر محاسبه می شود :

$$m = \frac{\text{BusyTime}}{\text{WindowDuration}} \quad (۴)$$

پارامتر BusyTime زمان استفاده از پیوند را مشخص می کند. پارامتر WindowDuration کل زمان اندازه گیری را مشخص می کند. T گذردهی را مشخص می کند که برای بسته ای به اندازه S بایت از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$T = \frac{S}{t_q + (t_s + t_{CA} + t_{overhead}) * R + \sum_{t=1}^R B_t} \quad (۵)$$

پارامتر t_q زمان انتظار صفبندی در لایه بالاتر می باشد، t_s زمان انتقال بسته S بیتی می باشد، t_{CA} زمان اجتناب از برخورد است، $t_{overhead}$ زمان سربرار کنترل است و B_t زمان عقبگرد است.

۳-۵ پهنای باند حقیقی موجود در مسیر

در هنگام مسیریابی، پهنای باند موجود بستگی به موقعیت گره در مسیر دارد. گرههایی که در یک مسیر قرار دارند باعث ایجاد تداخل در یکدیگر می شوند. مثلا در یک مسیر به طول حداقل ۶ پرش، گرههای میانی حداقل با چهار گره موجود در مسیر در یک شعاع تداخلی قرار دارند از اینرو در هنگام ارسال بسته توسط این گرهها، گرههای موجود در شعاع تداخلی آنها امکان ارسال و دریافت بسته را ندارند. بنابراین پهنای باند حقیقی موجود در مسیر حدود یک پنجم پهنای باند موجود می باشد. برای محاسبه پهنای باند موجود، هر گره از فرمول زیر استفاده می کند:

$$\text{RealAvailableBandwidth} = \frac{\text{AvailableBandwidth}}{\text{CSN}} \quad (۶)$$

پارامتر CSN بر اساس تعداد همسایگان تداخلی گره که در مسیر وجود دارند، مشخص می شود.

تعیین پارامتر CSN با ضابطه زیر انجام می شود:

اگر گره همسایه مبدا یا مقصد باشد آنگاه $\text{CSN}=4$ است.

اگر گره مبدا یا مقصد باشد آنگاه $\text{CSN}=3$ است.

برای سایر گرهها $\text{CSN}=5$ است.

گره عضو با دریافت بسته LIVE از گره سرگروه خود، با کم کردن زمان ارسال گره از زمان دریافت آن، تاخیر را محاسبه می کند. این زمان تاخیر شامل زمان انتظار در صف، زمان انتقال، زمان اجتناب از برخورد و زمان سربرار کنترل می باشد. هر گره عضو پس از محاسبه تاخیر بدست آمده، آن را در پیام LIVE بعدی که به گره سرگروه ارسال می کند، درج می نماید. گره سرگروه با دریافت پیام LIVE از اعضایش، زمان ارسال بسته را محاسبه می کند و سپس بین این زمان و زمان بیان شده در بسته LIVE میانگین گیری انجام می دهد و جدول مسیریابی خود را بروز می کند. هر گره برای محاسبه تاخیر از فرمول زیر استفاده می کند :

$$\text{delay}_{avg} = a * \text{delay}_{avg}(t-1) + (1-a) * \text{measured_delay} \quad (۲)$$

$\text{delay}_{avg}(t-1)$ تاخیر محاسبه شده در پیام قبلی می باشد. measured_delay مقدار تاخیر محاسبه شده بسته LIVE را مشخص می کند. a عددی بین صفر و یک است. در فرمول بیان شده برای محاسبه تاخیر به دلیل جلوگیری از تاثیر تغییرات لحظه ای در شبکه، از نسبتی از تاخیر حساب شده در دوره پیشین محاسبه تاخیر استفاده شده است. این امر باعث واقعی تر شدن محاسبه زمان تاخیر می شود.

۲-۵ محاسبه پهنای باند

محاسبه پهنای باند موجود با استفاده از لایه MAC استاندارد IEEE 802.11 در شبکه های موردی به علت اشتراکی بودن آن در بین گرههای مجاور چالش بسیار بزرگی است. در پروتکل های MAC مبتنی بر CSMA تمام گرههایی که در شعاع تداخلی گره فرستنده قرار دارند، تا زمانی که گره فرستنده مشغول ارسال داده است، قادر به ارسال و دریافت بسته نمی باشند. شعاع تداخلی هر گره فاصله ای از اطراف گره است که در صورتی که در آن فاصله گره ای بسته ای ارسال کند توسط این گره قابل رمز گشایی نیست و تنها حس می شود. این امر به دلیل ایجاد تداخل، بوجود می آید. از اینرو، پهنای باند موجود برای یک گره، حداقل پهنای باند همسایگان تداخلی است به این دلیل که گره نباید با جریاناتی که در حیطه همسایگان تداخلی قرار دارد همزمان شده و باعث اختلال در آنها شود. از اینرو هر گره در استفاده از پهنای باند با تمام همسایگان تداخلی مشترک است. در هنگام محاسبه پهنای باند باید این مسئله در نظر گرفته شود.

در الگوریتم پیشنهادی هر گره عضو خوشه متناوبا پهنای باند موجود خود را محاسبه می کند و آن را در پیغام LIVE ارسالی به سرگروه خود ارسال می کند. گره سرگروه با دریافت پیامهای ارسالی LIVE جدول همسایگان خود بروز رسانی می کند. گرههای سرگروه با دریافت پیام LIVE از گرههای GATEWAY موجود در همسایگی خود، پهنای باند موجود برای ارتباط با گرههای سرگروه خوشه های مجاور را محاسبه و جدول CHNEIGHBOR خود را نیز بروز می کند.



و در غیر اینصورت بسته را به سرگروه های مجاور می دهند. زمانی که پیام درخواست به مقصد برسد، مقصد با ارسال پیام ARP مبدا را از مسیر موجود آگاه می کند.

۵-۵ نگهداری مسیر

مسیر موجود به دو علت می تواند از بین برود: از بین رفتن گره بعدی در مسیر و یا عدم بر آورده شدن پارامترهای کیفیت سرویس. در روش پیشنهادی مسیر بر اساس آدرس سرگروه ها مشخص می شود. در جدول مسیریابی هر گره آدرس گره بعدی در مسیر، آدرس سرگروه بعدی در مسیر است. اگر در حین ارسال اطلاعات، گره GATEWAY از بین برود و یا از محدوده ارتباطی خارج شود، گره سرگروه در صورت وجود گره GATEWAY دیگری که در شعاع رادیویی سرگروه بعدی در مسیر باشد و بتواند تقاضاهای کیفیت سرویس را بر آورده کند از آن استفاده می کند. این عمل باعث می شود احتمال از بین رفتن مسیر کمتر شود. در صورتی که گره سرگروه بعدی از شعاع رادیویی خارج شود، گره سرگروه یک بسته خطای مسیر (RE) ایجاد کرده و آن را به گره مبدا می فرستد. هر گرهی در مسیر که پیام RE را دریافت کند در صورت لزوم جدول مسیریابی خود را بروز می کند و منابع رزرو شده برای آن جریان را آزاد می کند. گره مبدا با دریافت پیام RE ارسال اطلاعات خود را متوقف کرده و عملیات کشف مسیر را دوباره انجام می دهد.

هر گره سرگروه موجود در مسیر متناوباً پهنای باند درخواستی و تاخیر بیان شده را چک می کند. گره سرگروه در صورتی که تشخیص داد که تاخیر ایجاد شده بیشتر از تاخیر ذکر شده در پیام است، با ارسال بسته RE، مبدا را آگاه می کند. اگر گره سرگروه تشخیص داد که پهنای باند موجود کمتر از پهنای باند درخواستی است، سعی می کند با حذف کردن بسته های جریانهای بهترین تلاش پهنای باند درخواستی را فراهم آورد. در صورتی که جریانهای بهترین تلاش وجود نداشتند و یا پهنای باند بدست آمده کافی نبود، گره سرگروه در همسایگانش به دنبال گره GATEWAY می گردد که بتواند پهنای باند درخواستی را برآورده کند و با سرگروه بعدی در مسیر ارتباط داشته باشد. اگر چنین گرهی را پیدا کرد، آن را جایگزین گره قبلی می کند، در غیر اینصورت با ارسال بسته RE، مبدا را آگاه می کند.

۶- شبیه سازی

در این بخش الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم مسیریابی QOLSR مقایسه شده است. شبیه سازی توسط نرم افزار NS2 انجام شده است. گره ها بطور تصادفی در فضایی به ابعاد $1000 * 1000$ متر مربع پراکنده شده اند و بطور تصادفی در حال حرکت هستند. حداکثر شعاع رادیویی گرهها ۳۰۰ متر در نظر گرفته شده است. از پروتکل IEEE802.11 برای لایه کنترل دسترسی به واسطه استفاده شده است.

با استفاده از این فرمول مسیریابی کیفیت سرویس با دقت بالایی انجام می شود.

۴-۵ کشف مسیر

زمانی که گره ای می خواهد بسته ای به مقصدی ارسال کند، باید پروسه کشف مسیر را انجام دهد. پروسه کشف مسیر به صورت زیر انجام می پذیرد:

گره اگر در حالت NORMAL باشد یک بسته درخواست مسیر (RR) را به سرگروه خود می فرستد. اگر گره در حالت GATEWAY باشد بسته RR را به تمام سرگروه های موجود در همسایگی خود می فرستد. پیام درخواست مسیر شامل فیلدهای: آدرس مبدا، آدرس مقصد، شماره ترتیب، فاصل، حداکثر تاخیرمجاز، حداقل پهنای باند درخواستی، طول عمر و نوع جریان می باشد.

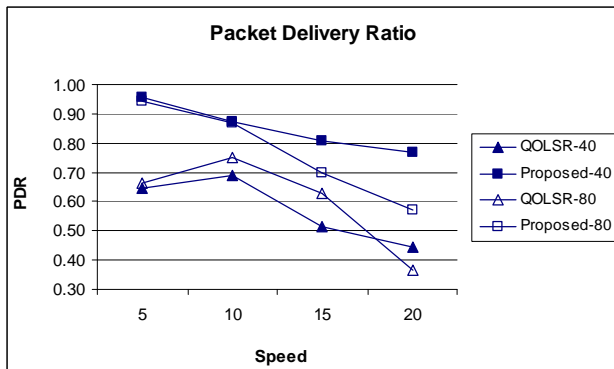
پیام RR در طول سرگروه ها ارسال می شود. هر گره سرگروه با دریافت پیام RR ابتدا در صورتی که این بسته را قبلاً دریافت نکرده باشد و نوع بسته کیفیت سرویس باشد حداکثر تاخیر را با تاخیر به دست آمده از پیام RR مقایسه می کند. در صورتی که تاخیر بدست آمده بیشتر از تاخیر ذکر شده در پیام RR باشد بسته را از بین می برد. در غیر اینصورت پهنای باند حقیقی موجود را محاسبه و آن را با پهنای باند درخواستی مقایسه می کند. در صورتی که پهنای باند درخواستی بیشتر باشد بسته را حذف می کند. در غیر اینصورت، پهنای باند درخواست شده را رزرو کرده، جدول مسیریابی خود را بروز می کند و بسته را به سرگروه های مجاور خود می فرستد. علاوه بر آن هر گره با دریافت پیام RR در صورتی که آدرسی به مبدا پیام نداشته باشد، یک ورودی در جدول مسیریابی خود ایجاد کرده و اطلاعات مسیر منتهی به مبدا را در آن وارد می کند.

به دلیل آنکه امکان دارد پیام درخواستی از بین برود و یا مسیر دیگری برای ارسال بسته ها انتخاب شود برای هر منبع رزرو شده یک زمانسنج تنظیم می شود. اگر بعد از انقضای زمان مورد نظر هیچ پیام جوابی از گره مقصد دریافت نشد، منابع رزرو شده آزاد می شوند. این امر باعث جلوگیری از اتلاف منابع که مسئله مهمی در شبکه های مودمی است، می شود.

هر گره در صورتی پیام RR را قبول می کند که قبلاً آن را دریافت نکرده باشد. گره ها با استفاده از فیلد شماره ترتیب و آدرس مقصد می توانند مشخص کنند که آیا این بسته را قبلاً دریافت کرده اند یا نه.

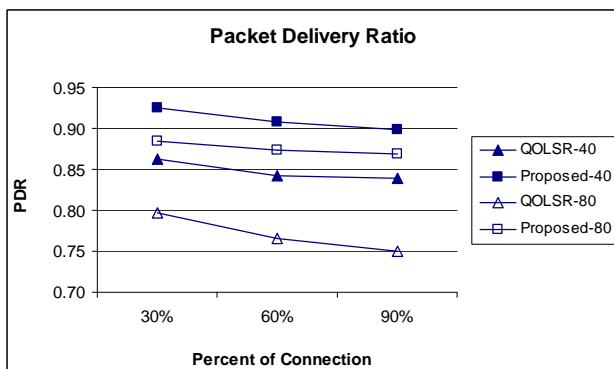
زمانی که پیام RR به گره مقصد رسید، روال بالا را انجام می دهد و پیام تصدیق مسیر (ARR) را به گره مبدا ارسال می کند. گره های میانی به محض دریافت پیام ARR منابع رزرو شده برای جریان مورد نظر را تخصیص می دهند.

گره مبدا با دریافت پیام ARR شروع به ارسال پیام می کند. در صورتی که نوع جریان بهترین تلاش باشد، گره های میانی اگر مسیری به مقصد داشته باشند با ارسال بسته ARR مبدا را مطلع کرده



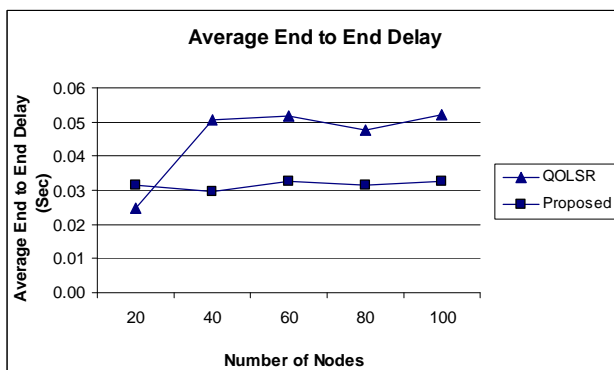
شکل ۲ درصد تحویل بسته ها در مقابل سرعت گره ها

در شکل ۳ نرخ تحویل بسته در تعداد مختلف جریان میان گره ها، برای هر دو الگوریتم بررسی شده است. تعداد جریانها ۳۰ درصد، ۶۰ درصد و ۹۰ درصد کل تعداد گرهها در نظر گرفته شده است. با افزایش درصد جریانها، ترافیک شبکه افزایش یافته و در نتیجه احتمال از بین رفتن بسته ها بیشتر می شود. در الگوریتم پیشنهادی این کاهش نسبت به الگوریتم QOLSR کمتر می باشد.



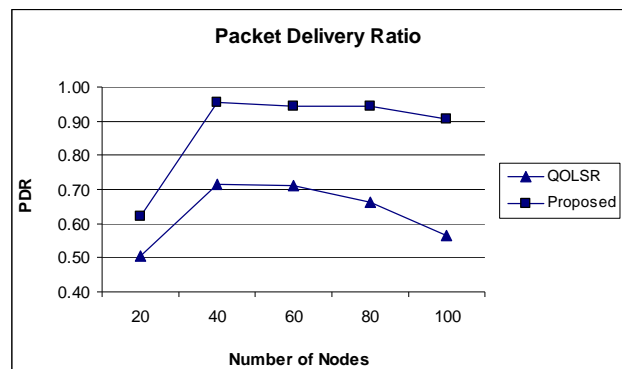
شکل ۳ درصد تحویل بسته در مقابل درصد جریان

در شکل ۴ میانگین تاخیر آنها به انتها در حالی که تعداد گره ها بین ۲۰ تا ۱۰۰ گره متغیر می باشد، برای دو الگوریتم نشان داده شده است.



شکل ۴ میانگین تاخیر در مقابل تعداد گره ها

منبع ترافیکی از نوع ترافیک با نرخ ثابت با ارسال ۴ بسته ۵۱۲ بایتی در ثانیه می باشد. پهنای باند هر گره 2 Mb/s در نظر گرفته شده است. به منظور مقایسه دو روش در شبیه سازی از پارامترهای درصد تحویل بسته ها و میانگین تاخیر آنها به انتها استفاده شده است. درصد تحویل بسته: درصد بسته هایی را که به مقصد می رسند، نسبت به کل بسته های ارسالی به مقصد را مشخص می کند. میانگین تاخیر آنها به انتها: متوسط زمانی را مشخص می کند که طول می کشد تا یک بسته از مبدا به مقصد برسد. در شکل ۱ میزان درصد تحویل بسته ها در تعداد گرههای مختلف برای الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم QOLSR نشان داده شده است. با افزایش تعداد گره ها، احتمال تداخل گره ها با یکدیگر بیشتر شده و در نتیجه بسته های بیشتری از بین می روند و از میزان تحویل بسته های ارسالی کاسته می شود. در هنگامی که ۲۰ گره وجود دارد نرخ تحویل بسته برخلاف بقیه حالات کمتر است. این امر به این دلیل است که در زمانی که ۲۰ گره در شبکه وجود دارد، به دلیل کم بودن گره ها در فضا شبیه سازی، فاصله گره ها معمولاً از شعاع رادیویی آنها بیشتر است و در نتیجه امکان ایجاد مسیر کمتر می شود. همانطور که از شکل ۱ مشخص می شود، نرخ تحویل بسته در روش پیشنهادی از روش QOLSR بیشتر می باشد.



شکل ۱ درصد تحویل بسته در مقابل تعداد گره ها

در شکل ۲ نرخ تحویل بسته برای دو الگوریتم در حالت های مختلف حرکت گرهها نشان داده شده است. در شکل ۲ سرعت گرهها بین ۵ تا ۲۰ متر بر ثانیه می باشد و گرهها حداکثر به میزان ۵ ثانیه متوقف می شوند. با افزایش تحرک گرهها، احتمال از بین رفتن پیوندها بیشتر می شود و در نتیجه نرخ تحویل بسته ها کاهش می یابد. در الگوریتم پیشنهادی به علت انجام ترمیم محلی مسیر توسط گره های سرگروه در هنگام از بین رفتن پیوند، با افزایش سرعت، نرخ تحویل بسته ها کاهش کمتری دارد. همانطور که در شکل ۲ مشخص شده است، نرخ تحویل الگوریتم پیشنهادی از الگوریتم QOLSR بیشتر می باشد.

۷- نتیجه گیری

در مقاله الگوریتم مسیریابی مبتنی بر کیفیت سرویس بر اساس روش خوشه بندی ارائه شده است. در الگوریتم پیشنهادی سعی شده است تا پایدارترین گره ها به عنوان سرگروه انتخاب شود. از طرفی مسیر در الگوریتم پیشنهادی بر اساس آدرس سرگروهها می باشد. این امر باعث می شود مسیر پایدارتر برای ارسال بسته ها انتخاب شود. مسیرهای پایدارتر باعث می شود که درصد تحویل بسته ها افزایش یافته و در نتیجه تاخیر آنها به انتهای بسته ها کمتر شود.

در الگوریتم پیشنهادی گره ها برای ایجاد یک مسیر مبتنی بر کیفیت سرویس باید از گره سرگروه تقاضای ایجاد مسیر را انجام دهند. گره سرگروه تنها در صورتی اجازه ایجاد مسیر را می دهد که مسیر جدید باعث اختلال در مسیرهای جاری موجود در گروه نشود. در نتیجه ایجاد مسیر تحت کنترل سرگروه می باشد.

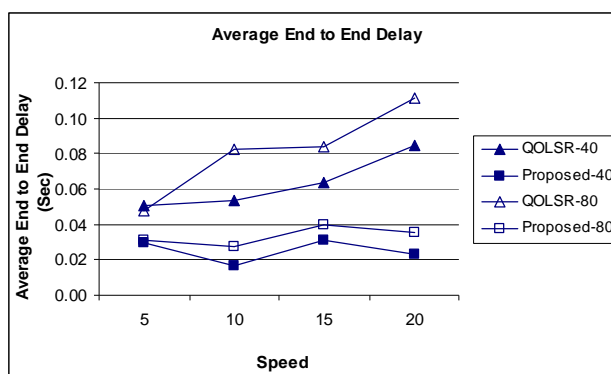
مکانیزم ترمیم مسیر موجود در الگوریتم پیشنهادی نیز باعث افزایش نرخ تحویل بسته می شود. گرههای سرگروه در صورتی که تشخیص دادند که گره بعدی مسیر از بین رفته است می توانند از گره دیگری برای ارسال بسته ها استفاده کرده و مسیر را ترمیم کنند. این امر باعث می شود نیاز به ایجاد مسیر دوباره کمتر شده و بسته های بیشتری به مقصد برسند.

مراجع

- [1] Perkins C. E., Royer E. M., "Ad hoc On-demand Distance Vector Routing", Proceedings of the IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, IEEE, 1999, pp. 90-100.
- [2] Johnson D., Maltz D., "Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks", Mobile Computing, Kluwer Academic, 1996, pp. 153-181.
- [3] Clausen H., Hansen G., Christensen L., Behrmann G., "The Optimized Link State Routing Protocol, Evaluation Through Experiments and Simulation", Proceedings of IEEE Symposium on Wireless Personal Mobile Communications, IEEE, September 2001, pp. 841-846.
- [4] Bellur B., Ogier R. G., "A Reliable, Efficient Topology Broadcast Protocol for Dynamic Networks", Proceedings of INFOCOM, 1999, pp. 178-186.
- [5] Network Simulator 2, <http://www.isi.edu/nsnam>
- [6] AL-Karaki J., Kamal A. E., "End-to-End support for statistical quality of service in heterogeneous mobile ad hoc networks", Computer Communication, 2005, pp. 2119-2132.
- [7] Ivascu G. L., Pierre S., Quintero A., "Qos Support based on a Mobile Routing Backbone for Ad Hoc Wireless Networks", IWCMC, Canada, July 2006.
- [8] Villanueva-Pena P. E., Kunz T., Dhakal P., "Extending Network Knowledge: Making OLSR a Quality of Service Conducive Protocol", IWCMC, Canada, July 2006.
- [9] Munaretto A., Fonseca M., "Routing and quality of service support for mobile ad hoc networks", Computer Networks, Networks, 2007.

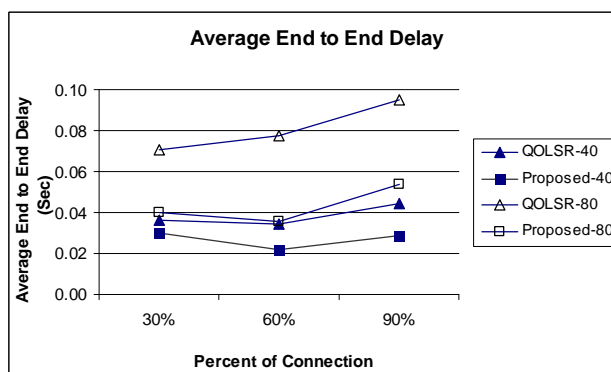
در شکل ۵ میانگین تاخیر انتها به انتها برای دو الگوریتم در حالت های مختلف سرعت گره ها نشان داده شده است. در شکل ۵ سرعت گرهها بین ۵ تا ۲۰ متر بر ثانیه می باشد و گرهها حداکثر به میزان ۵ ثانیه متوقف می شوند.

با افزایش تحرک گرهها، احتمال از بین رفتن پیوندها بیشتر و در نتیجه تاخیر بسته ها افزایش می شود. در الگوریتم پیشنهادی این افزایش تاخیر کمتر از روش QOLSR می باشد. در الگوریتم پیشنهادی زمانی که گرهی در مسیر از بین می رود، گرههای سرگروه سعی می کنند با جایگزین کردن گرهی دیگر، مسیر را به صورت محلی ترمیم کنند. در نتیجه بسته های کمتری از بین رفته و بسته ها تاخیر کمتری را تحمل می کنند.



شکل ۵ میانگین تاخیر در مقابل سرعت گره ها

در شکل ۶ تاثیر افزایش تعداد جریانها در شبکه برای دو الگوریتم مورد بررسی قرار گرفته است. تعداد جریانها ۳۰ درصد، ۶۰ درصد و ۹۰ درصد تعداد گره ها در نظر گرفته شده است. با افزایش تعداد جریانها، ترافیک شبکه افزایش یافته و در نتیجه احتمال تداخل گره ها بیشتر می شود. این امر باعث تاخیر بیشتر بسته های ارسالی می شود.



شکل ۶ میانگین تاخیر در مقابل درصد جریان