

## ZD-MPDSR: یک الگوریتم مسیریابی چند مسیری مجزای ناحیه‌ای برای شبکه‌های سیار موردی

نستوه طاهری جوان و مهدی دهقان

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

{Nastoo,Dehghan}@ce.aut.ac.ir

چکیده - برخی از الگوریتم‌های مسیریابی چندمسیری، جهت کاهش تاخیر انتها به انتها و متعادل کردن بار، ارسال اطلاعات را همزمان از طریق چندین مسیر کشف شده انجام می‌دهند. در این حالت برای افزایش تحمل‌پذیری خطا، انتخاب مسیرهای مجزای گره‌ای یکی از بهترین گزینه‌ها می‌باشد. اما در شبکه‌های بی‌سیم، بخاطر مسائل ذاتی مکانیزمهای دسترسی به کانال مانند ارسال *RTS* و *CTS*، ارسال همزمان اطلاعات حتی از طریق مسیرهای کاملاً مجزا نیز از هم مستقل نیستند، که این مساله کارایی این روش‌ها را تا حد زیادی کاهش می‌دهد. برای حل این مشکل پیشنهاد می‌شود از مسیرهای مجزای ناحیه‌ای به جای مسیرهای مجزای گره‌ای استفاده شود. در این مقاله یک الگوریتم مسیریابی چندمسیری براساس ایده *DSR* و با عنوان *ZD-MPDSR* برای شبکه‌های موردی ارائه شده است که اطلاعات را به صورت همروند از طریق مسیرهای مجزای ناحیه‌ای ارسال می‌کند. در این الگوریتم با استفاده از آنتن‌های همه جهته می‌توان مسیرهای مجزای ناحیه‌ای را بین دو گره کشف کرد. در نهایت کارایی الگوریتم پیشنهادی در حالت‌ها و سناریوهای مختلف ارزیابی شده و بهبود قابل توجهی در کاهش تاخیر انتها به انتها و افزایش درصد تحویل بسته‌ها به مقصد، نسبت به روشهای موجود ارائه داده است.

کلید واژه- شبکه‌های سیار موردی، مسیریابی چند مسیری، مسیرهای مجزای ناحیه‌ای، مسیریابی پویای مبدا، آنتن‌های همه جهته.

### ۱- مقدمه

همزمان چندین مسیر را کشف و ثبت می‌کنند. اکثر الگوریتم‌های مسیریابی چندمسیری، پس از آنکه در فرآیند کشف مسیر چندین مسیر را از مبدا تا مقصد پیدا کردند، یکی از این مسیرها را به عنوان مسیر اصلی انتخاب کرده و ارسال اطلاعات را از طریق همین مسیر آغاز می‌کنند و سایر مسیرها را به عنوان جایگزین نگهداری کرده و در صورت خرابی مسیر اصلی، یکی از مسیرهای جایگزین را برای ارسال اطلاعات استفاده می‌کنند. از مزیت‌های مسیریابی چندمسیری می‌توان به افزایش تحمل‌پذیری در برابر خرابی و کاهش تعداد دفعات اجرای فرآیند زمانگیر کشف مسیر اشاره کرد.

با کمی تامل در الگوریتم‌های مسیریابی چندمسیری می‌توان دریافت پس از اینکه در فرآیند کشف مسیر، چندین مسیر بین مبدا و مقصد پیدا شد، می‌توان ارسال اطلاعات به سمت مقصد را به طور همروند و از طریق چندین مسیر آغاز کرد. با استفاده از این مکانیزم‌ها می‌توان با تقسیم کردن بار بین چندین مسیر، ترافیک را در شبکه متعادل کرد، که در نهایت تقسیم و ارسال اطلاعات بین چندین

در شبکه‌های سیار موردی هیچ زیر ساخت، مسیریاب و ایستگاه ثابتی وجود ندارد [1]. در این شبکه‌ها، کلیه اعمال شبکه از قبیل مسیریابی توسط خود گره‌ها و با همکاری یکدیگر انجام می‌شود. خصوصیتی از قبیل قابلیت تحرک بسیار بالای گره‌ها و در نتیجه توپولوژی پویای شبکه، پهنای باند کم و حتی توان و انرژی محدود موجب پیچیدگی الگوریتم‌های مسیریابی در شبکه‌های موردی می‌شود. با این حال الگوریتم‌های مسیریابی زیادی برای شبکه‌های موردی پیشنهاد شده‌اند [2]، که از این بین می‌توان به الگوریتم‌های مسیریابی [3] *DSR* و [2] *AODV* اشاره کرد. هر دوی این الگوریتم‌ها از رده برحسب تقاضا<sup>۱</sup> هستند، به این معنی که فرآیند کشف مسیر تنها هنگامی اجرا می‌شود که یک مبدا به یک مسیر تا مقصدی خاص نیاز داشته باشد.

در بین الگوریتم‌های مسیریابی شبکه‌های موردی، برخی از الگوریتم‌ها عمل مسیریابی را به صورت چند مسیری انجام می‌دهند. به این ترتیب که طی فرآیند کشف مسیر،

مسیرها به ترافیک مسیر دیگر نیز وابسته است که این امر به خاطر تبادل پیام‌های RTS و CTS بین گره‌های شبکه برای اجتناب از تصادم و رفع مشکلات ایستگاه پنهان و ایستگاه آشکار می‌باشد. در نتیجه برخی از ایستگاه‌های یک مسیر، مثلاً به خاطر دریافت CTS از یک گره در مسیرمقابل، باید فعلاً ارسال خود را به تعویق بیندازند.

برای برطرف کردن این مشکل می‌توان از مسیرهای مجزای ناحیه‌ای به جای مسیرهای مجزای گره‌ای استفاده کرد. اصطلاحاً دو مسیر را مجزای ناحیه‌ای گوئیم که در این دو مسیر هیچ دو گره‌ای با هم همسایه نباشند. برای کشف مسیرهای مجزای ناحیه‌ای در [6] روشی پیشنهاد شده است که از آنتن‌های جهت‌دار استفاده می‌کند، اما اکثر تجهیزات موجود به آنتن‌های جهت‌دار مجهز نیستند. در این مقاله یک الگوریتم مسیریابی چند مسیری بر اساس الگوریتم DSR و با عنوان ZD-MPDSR<sup>5</sup> پیشنهاد شده‌است که در آن سعی می‌شود با استفاده از آنتن‌های همه‌جهته، مسیرهای مجزای ناحیه‌ای کشف شوند و برای ارسال همروند اطلاعات از این مسیرها استفاده می‌کند.

ادامه این مقاله از بخش‌های زیر تشکیل شده‌است: در بخش دوم کارهای انجام شده مرتبط با این موضوع بررسی می‌شوند، در بخش سوم الگوریتم پیشنهادی بیان می‌شود و در بخش چهارم نتایج به دست‌آمده از شبیه‌سازی ارائه می‌شوند و در نهایت در بخش ۵ یک نتیجه‌ی اجمالی از کار انجام شده، گرفته می‌شود.

## ۲- کارهای مرتبط

### ۲-۱- مروری بر روشهای چندمسیری بر پایه DSR

در این بخش دو الگوریتم مسیریابی که بر پایه الگوریتم مسیریابی DSR بنا شده‌اند، بررسی می‌شوند.

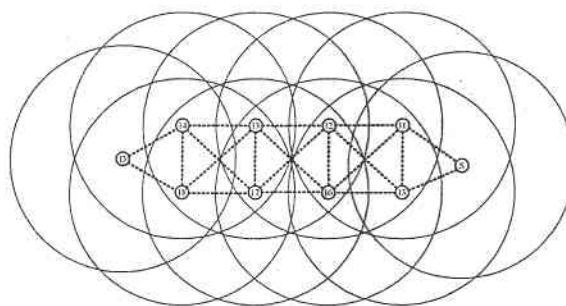
در [4] الگوریتمی تحت عنوان SMR<sup>6</sup> پیشنهاد شده- است که سعی دارد در فرآیند کشف مسیر، مسیرهایی را پیدا کند که حداقل اشتراک را با هم دارند. برای این منظور مبدا یک بسته درخواست مسیر را برای همه همسایه‌های خود به صورت فراگیر ارسال می‌کند. در SMR بر خلاف DSR، گره‌های میانی همه بسته‌های درخواست مسیر تکراری را حذف نمی‌کنند، بلکه اگر یک بسته درخواست مسیر به طور تکراری ولی از یک اتصال دیگر به این گره رسیده باشد و همچنین تعداد گام آن از تعداد گام اولین بسته درخواست مسیر دریافت شده بزرگتر نباشد، این بسته

مسیر مختلف، می‌تواند منجر به افزایش پهنای باند انتها به انتها و در نتیجه کاهش قابل توجه تأخیر شود.

در این حالت یکی از مهمترین مسائل، انتخاب مسیرهای مناسب برای ارسال همروند اطلاعات به سمت مقصد می‌باشد. یکی از ایده‌هایی که برای این کار از آن استفاده می‌شود، انتخاب مسیرهای مجزای گره‌ای بین مبدا و مقصد می‌باشد. با این کار تحمل پذیری خطا به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. به طوری که اگر مسیرهایی که برای ارسال انتخاب می‌شوند، هیچ گره مشترکی با هم نداشته باشند، خراب شدن و از بین رفتن یک گره یا یک اتصال نهایتاً به شکستن یک مسیر می‌انجامد و تأثیری بر روی بیش از یک مسیر ندارد.

همانطور که می‌دانیم در شبکه‌های موردی دو مشکل با عنوان ایستگاه آشکار و ایستگاه پنهان وجود دارد که برای برطرف کردن آن‌ها پروتکل CSMA/CA<sup>2</sup> پیشنهاد شده- است [9]. در استاندارد 802.11 از این پروتکل برای دستیابی به کانال استفاده می‌شود. در این پروتکل به خاطر تبادل پیام‌های RTS<sup>3</sup> و CTS<sup>4</sup> بین گره‌ها، برخی از گره‌ها مجبور به سکوت و عدم ارسال اطلاعات می‌شوند که این مسئله تأخیر انتها به انتها را افزایش می‌دهد.

به عنوان مثال شکل (۱) را در نظر بگیرید. این شکل یک شبکه فرضی را نشان می‌دهد که در آن فقط ده گره نمایش داده شده‌است. در این شکل بُرد رادیویی هر گره مشخص شده‌است و خطوط نقطه چین وجود ارتباط مستقیم بین دو گره را نشان می‌دهند، به عبارت دیگر وجود نقطه چین بین دو گره خاص به این معناست که دو گره در بُرد رادیویی یکدیگر قرار دارند.



شکل ۱: مسیرهای مجزای گره‌ای.

در این شبکه بین دو گره S و D، دو مسیر مجزای گره‌ای S-11-12-13-14-D و S-15-16-17-18-D وجود دارند که ارتباط و ارسال داده از یک مسیر، کاملاً مستقل از مسیر دیگر نیست. در این حالت تأخیر انتها به انتها هر یک از

مسیرهای مجزای ناحیه‌ای را انتخاب می‌کند. در این حالت مبدا می‌تواند محاسبات مربوط به شناسایی مسیرهای مجزای ناحیه‌ای را به‌طور متناوب تکرار کرده و تصمیم مسیریابی خود را به‌روز کند. لازم به ذکر است در [7] نیز درباره مزایا و معایب الگوریتم‌های چندمسیری با استفاده از آنتن‌های جهت دار بحث شده‌است.

### ۳- الگوریتم پیشنهادی

الگوریتم پیشنهادی سعی می‌کند برای ارسال همروند اطلاعات به سمت مقصد، با استفاده از آنتن‌های همه‌جهته مسیرهای مجزای ناحیه‌ای را کشف کند. دو مسیر را مجزای ناحیه‌ای گوئیم که در آنها حتی الامکان هیچ دو گره‌ای با هم همسایه نباشند.

الگوریتم پیشنهادی بر اساس الگوریتم مسیریابی DSR بنا شده‌است. به طور کلی می‌توان گفت در الگوریتم پیشنهادی، مقصد سعی می‌کند از بین RREQ های دریافتی مسیرهای مجزای ناحیه‌ای را انتخاب کرده و بسته پاسخ مسیر را از طریق این مسیرها به سمت مبدا ارسال کند. برای کشف مسیرهای مجزای ناحیه‌ای بین مبدا و مقصد، یک فیلد جدید با عنوان *ActiveNeighborCount* و با مقدار اولیه صفر در سرآیند بسته‌های RREQ ایجاد می‌شود. این فیلد در واقع تعداد همسایه‌های فعال برای گره‌های موجود در یک مسیر را نشان می‌دهد. در اینجا منظور از همسایه‌های فعال گره‌هایی هستند که قبلاً همین RREQ را دریافت کرده‌اند و این احتمال وجود دارد که مبدا و مقصد برای تبادل اطلاعات بین خود، مسیری دیگر را که از آن گره می‌گذرد، نیز انتخاب کرده باشند که در این صورت ارسال اطلاعات از طریق این دو مسیر، به هم وابسته است. به علاوه برای پیاده سازی الگوریتم پیشنهادی، همه گره‌ها باید یک جدول با عنوان *RREQ Seen* نگهداری کنند، که در این جدول مشخصات RREQ های دریافت شده توسط هر گره ثبت می‌شود.

در نهایت آخرین تغییر مهمی که باید در الگوریتم DSR ایجاد کرد این است که گره‌های میانی نباید پاسخ هیچ بسته درخواست مسیری را برای مبدا ارسال کنند، در حقیقت باید اجازه دهند همه بسته‌های درخواست مسیر به مقصد برسند تا مقصد بتواند از بین آنها مسیرهای مناسب را انتخاب کرده و بسته‌های پاسخ مسیر مناسب را برای مبدا ارسال کند. به عبارت دیگر در الگوریتم پیشنهادی، گره‌های میانی نیازی

را دوباره پخش می‌کنند. به این ترتیب بسته‌های درخواست مسیر بیشتری به مقصد می‌رسند. در این حالت مقصد در جواب اولین درخواست مسیری که دریافت کرد، یک بسته پاسخ مسیر به سوی مبدا بر می‌گرداند، زیرا این بسته قاعداً از طریق کوتاه‌ترین مسیر رسیده است. بعد از این مرحله، مقصد پس از دریافت بسته‌های درخواست مسیر دیگر، از بین آنها مسیرهای مجزای گره‌ای را انتخاب کرده و بسته پاسخ مسیر را از طریق آن‌ها به سمت مبدا روانه می‌کند.

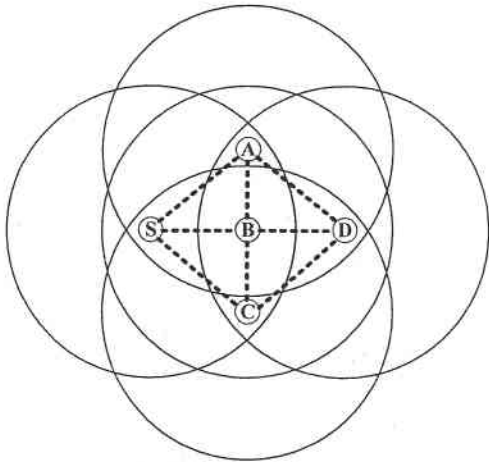
در [5] نیز روش  $MSR^7$  برای شبکه های موردی بسط داده شده است. در الگوریتم MSR، پس از آنکه مبدا درخواست مسیر را پخش کرد، مقصد چندین درخواست مسیر را دریافت می‌کند. سپس مقصد اولین درخواست مسیری را که دریافت کرده است، به عنوان مسیر اصلی انتخاب می‌کند. دلیل اینکه اولین درخواست را به عنوان مسیر اصلی انتخاب می‌کند این است که این درخواست احتمالاً از کوتاه‌ترین مسیر رسیده است. مقصد بعد از رسیدن درخواستهای مسیر، مسیرهای مجزا را انتخاب کرده و پاسخ مسیر را از طریق آنها ارسال می‌کند. مبدا نیز تمام پاسخ های مسیر رسیده را نگهداری می‌کند و از طریق مسیر اصلی شروع به ارسال داده می‌کند، حال در صورتی که یک مسیر با خرابی مواجه شود، کوتاه‌ترین مسیر جایگزین می‌شود. در صورت خراب شدن این مسیر هم یک مسیر دیگر جایگزین می‌شود. این عمل تا زمانی ادامه می‌یابد که مسیری وجود داشته باشد. هنگامی که دیگر مسیری موجود نبود، دوباره عمل کشف مسیر انجام می‌شود.

### ۲-۲- کشف مسیرهای مجزای ناحیه‌ای با استفاده از آنتن‌های جهت‌دار

در راستای کشف مسیرهای مجزای ناحیه‌ای بین دو گره در شبکه های موردی، کارهای اندکی صورت گرفته‌است که از آن بین می‌توان به [6] اشاره کرد که در آن سعی می‌شود با استفاده از آنتن‌های جهت‌دار اینگونه مسیرها کشف شوند.

در این روش هر گره باید به‌طور متناوب اطلاعات مربوط به همسایه‌های خود را در یک جدول موسوم به  $AST^8$  درج کند. این اطلاعات باید شامل قدرت سیگنال رادیویی یک گره تا یک همسایه و در زاویه‌ای خاص باشد. دقت کنید برای این کار حتماً به آنتن‌های رادیویی جهت‌دار نیاز داریم. پس از این مرحله، هنگامی که مبدا به یک مسیر تا مقصد نیاز داشت، ابتدا سعی می‌کند تمام مسیرهای مجزای گره‌ای تا مقصد را شناسایی کند، سپس از بین این مسیرها،

از طریق دو مسیر ارسال کند. با دقت در شکل متوجه می-شویم بین گره‌های S و D، سه مسیر مجزای گره‌های S-A-D، S-B-D و S-C-D وجود دارد. حال به عنوان مثال اگر مبدأ دو مسیر S-A-D و S-B-D را انتخاب کند، به خاطر تبادل RTS و CTS بین گره‌های A و B، می‌توان گفت در آن واحد فقط یکی از این دو گره فعال می‌باشد و در این صورت با اینکه ما از دو مسیر داده ارسال می‌کنیم، اما در واقع به کارایی و تاخیری در حد ارسال اطلاعات از یک مسیر خواهیم رسید!



شکل ۲: مسیرهای مجزای ناحیه‌ای.

حال فرض کنید از الگوریتم پیشنهادی استفاده شود. در گام اول، مبدأ RREQ را برای همسایه‌های خود یعنی گره-های A، B و C ارسال می‌کند. اما این گره‌ها قبل از ارسال این بسته برای همسایه‌های خود، باید ابتدا از همسایه‌های خود در مورد این RREQ پرس و جو کنند. بعد از انجام پرس‌وجو، گره‌های A و C متوجه می‌شوند فقط یکی از همسایه‌های آنها این RREQ را قبلاً دیده است، در نتیجه هر یک از گره‌های A و C یک واحد به فیلد *ActiveNeighborCount* اضافه می‌کنند، اما گره B پس از پرس و جو متوجه می‌شود که دو همسایه وی قبلاً این RREQ را دیده‌اند و بایند دو واحد به فیلد *ActiveNeighborCount* اضافه کند. سپس این گره‌ها نیز RREQ را برای همسایه‌های خود ارسال می‌کنند.

در نهایت مقصد تعدادی RREQ را دریافت می‌کند که متوجه می‌شود از بین آنها، سه مسیر S-A-D، S-B-D و S-C-D مجزای گره‌ای هستند. سپس مقصد با بررسی فیلد *ActiveNeighborCount* در این RREQ ها، دو مسیر S-A-D و S-C-D را به عنوان بهترین گزینه‌ها انتخاب کرده

به Route Cache ندارند.

در الگوریتم ZD-MPDSR، گره مبدا براساس اصول الگوریتم‌های برحسب تقاضا، یک بسته درخواست مسیر را به منظور کشف مسیر، تولید و پخش می‌کند. همانطور که ذکر شد، مقدار اولیه فیلد *ActiveNeighborCount* در این بسته، صفر می‌باشد. در این حالت هریک از گره‌های میانی که یک RREQ را دریافت کرد، ابتدا مشخصات آن را در جدول *RREQ Seen* خود درج می‌کند، اما قبل از ارسال این بسته فقط از همسایه‌های خود پرس و جو می‌کند که "آیا شما قبلاً این RREQ را با این مشخصات دیده‌اید؟" و برای این منظور، یک بسته با عنوان *RREQ\_Query* برای همسایه‌های خود ارسال می‌کند و مدت زمان مشخصی را با تنظیم کردن یک تایمر، منتظر بازگشت پاسخ همسایه‌ها می‌ماند. در این حالت همسایه‌ها پس از دریافت این پرسش، موظف هستند با جستجو در جدول *RREQ Seen* پاسخ این سوال را برگردانند. پس از منقضی شدن زمان تایمر، این گره به تعداد همسایه‌هایی که پاسخ مثبت می‌دهند، محتوای فیلد *ActiveNeighborCount* را در بسته RREQ افزایش می‌دهد و آنگاه آن را برای همه ارسال می‌کند.

در این حالت وقتی مقصد RREQ های مختلف را دریافت کرد، شروع به انتخاب مسیرهای مجزای گره‌ای می‌کند، سپس در بین مسیرهای انتخاب شده، محتوای فیلد *ActiveNeighborCount* را بررسی کرده و مسیرهایی را انتخاب می‌کند که محتوای فیلد *ActiveNeighborCount* در آنها کمترین باشد. در واقع مقصد با انتخاب مسیرهایی که محتوای این فیلد در آنها کمتر از بقیه است، سعی می‌کند مسیرهای مجزای ناحیه‌ای را انتخاب کند. سپس مقصد بسته پاسخ مسیر را از طریق مسیرهای انتخاب شده به سمت مبدا ارسال می‌کند. مبدا نیز به محض دریافت اولین بسته پاسخ مسیر، ارسال اطلاعات را از طریق این مسیر شروع می‌کند و پس از دریافت بسته های پاسخ مسیر بعدی، بر اساس معیارهای موردنظر در زمینه متعادل کردن بار، به تقسیم بار بین مسیرهای موجود می‌پردازد. قابل ذکر است این معیارها از قبیل نحوه تقسیم بار بین مسیرهای مختلف، قابل تغییر و تنظیم هستند.

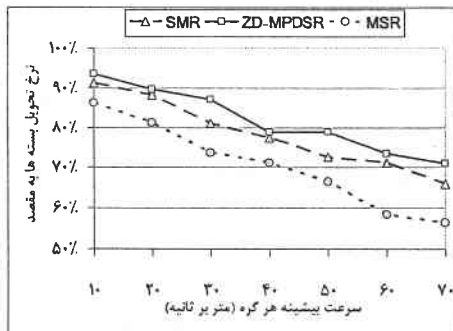
برای روشن تر شدن راهکار الگوریتم پیشنهادی، شبکه فرضی شکل ۲ را در نظر بگیرید.

فرض کنید در این حالت گره S قصد ارسال داده برای گره D را دارد و تصمیم دارد این اطلاعات را به طور همزمان

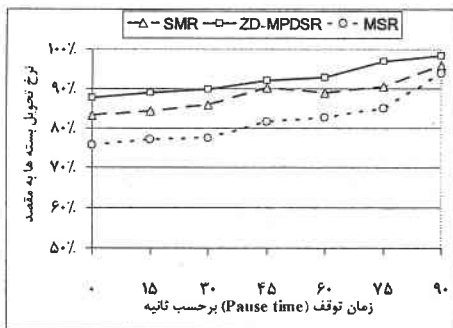
#### ۴-۲- نرخ تحویل بسته ها به مقصد

در شکل ۳ این سه الگوریتم با استفاده از نتایج به دست آمده از شبیه سازی، از نظر نرخ تحویل بسته ها به مقصد با هم مقایسه شده اند. در این حالت مقدار Pause time برابر یک ثانیه در نظر گرفته شده است. مشاهده می شود در هر سه الگوریتم با افزایش سرعت بیشینه گره ها، نرخ تحویل بسته ها به مقصد کاهش می یابد.

در شکل شماره ۴ از منظری دیگر این سه الگوریتم با هم مقایسه شده اند. در این حالت سرعت بیشینه برای همه گره ها ۲۵ متر بر ثانیه تنظیم شده است و مقدار Pause time متغیر در نظر گرفته شده است. همانطور که مشاهده می شود، با افزایش زمان Pause time و در حقیقت ایستادن کردن توپولوژی شبکه، نرخ تحویل بسته ها به مقصد در هر سه الگوریتم به طور چشم گیری افزایش می یابد.



شکل ۳: مقایسه نرخ تحویل بسته ها به مقصد در سه الگوریتم SMR، MSR و ZD-MPDSR در سرعت های بیشینه متفاوت.



شکل ۴: مقایسه نرخ تحویل بسته ها به مقصد در سه الگوریتم SMR، MSR و ZD-MPDSR در زمان های توقف متفاوت.

#### ۴-۳- تاخیر انتها به انتها

در شکل شماره ۵ این سه الگوریتم از نظر تاخیر انتها به انتها با هم مقایسه شده اند. در این حالت مقدار Pause time برابر یک ثانیه در نظر گرفته شده است.

و بسته RREP را از طریق این دو مسیر به سمت مبدا ارسال می کند.

با دقت در الگوریتم های پیشین که فقط مجزای گره های بودن مسیرها را بررسی می کردند، متوجه می شویم مشکل آنها از آنجا ناشی می شود که در آنها وضعیت همسایه های گره های موجود در یک مسیر مورد توجه واقع نمی شود، اما با این ایده وضعیت همسایه ها نیز در انتخاب مسیرها مد نظر قرار می گیرد.

نکته قابل تامل در ایده پیشنهادی این است که در آن سعی می شود با استفاده از آنتن های همه جهته، تا حد امکان مسیرهایی برای ارسال همزمان انتخاب شوند که از هم مستقل باشند و در این راه هزینه ای که پرداخت می شود، تاخیر و محاسبات لازم برای فاز کشف مسیر است که در بخش نتایج شبیه سازی به آن اشاره خواهد شد.

#### ۴- نتایج شبیه سازی

##### ۴-۱- محیط شبیه سازی

ما برای شبیه سازی از شبیه ساز GloMoSim<sup>9</sup> استفاده کرده ایم [8]. برای این کار سه الگوریتم SMR، MSR و ZD-MPDSR را با هم مقایسه کرده ایم.

برای شبیه سازی از ۱۰۰ گره با بُرد رادیویی ۲۵۰ متر استفاده شده اند که به طور تصادفی در یک محدوده ۱۰۰۰ در ۱۰۰۰ متری قرار می گیرند و به طور تصادفی حرکت می کنند. همچنین ما به طور تصادفی ترافیک هایی از نوع CBR و FTP را بر شبکه اعمال کرده ایم. در این شبیه سازی گره ها از پروتکل 802.11 در لایه MAC استفاده می کنند و برای ارسال و دریافت اطلاعات، از مدل رادیویی استاندارد RADIO-ACCNOISE استفاده شده است. به علاوه در تمام اجراها مدل Random Waypoint را برای تحرک گره های شبکه انتخاب کرده ایم. لازم به ذکر است در این مدل، هر گره به طور تصادفی یک نقطه را به عنوان مقصد انتخاب می کند، سپس با یک سرعت، مابین سرعت کمینه و بیشینه، به سمت مقصد حرکت می کند. پس از اینکه به مقصد رسید، برای مدت زمانی که با عنوان Pause time مشخص شده است، در همان نقطه می ماند و دوباره همین عمل را تکرار می کند.

زمان هر یک از شبیه سازی ها برابر ۳۰۰ ثانیه در نظر گرفته شده است و هر یک از نتایج ثبت شده، میانگین بیست و پنج بار اجرای شبیه سازی می باشد.

پیشنهادی با دو الگوریتم مسیریابی SMR و MSR مقایسه شده است که نتایج قابل قبولی در زمینه کاهش تاخیر انتها به انتها و افزایش نرخ تحویل بسته‌ها به مقصد به دست آمده است.

### سپاسگزاری

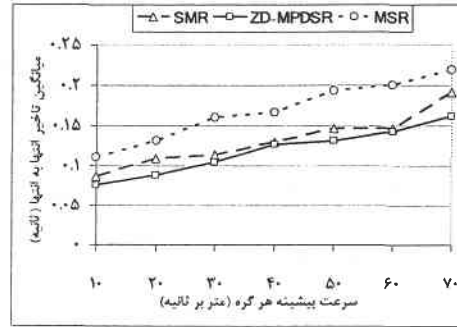
این پروژه تحت حمایت مرکز تحقیقات مخابرات ایران انجام شده است.

### مراجع

- [1] S. Sesay, Z. Yang, J. He. "A Survey on Mobile Ad Hoc Wireless Network," Information Technology Journal, vol. 2, pp. 168-175, 2004.
- [2] E. Royer, C. Toh, "A Review of Current Routing Protocols for Ad-hoc Mobile Wireless Networks," IEEE Personal Communication Magazine, Vol. 6, No. 2, pp. 46-55, 1999.
- [3] D. B. Johnson, D. A. Maltz. "Dynamic Source Routing in Ad-Hoc Wireless Networks," Mobile Computing, vol. 353, pp. 153-81, 1996.
- [4] S. j. lee, M. gerla, "Split Multipath Routing with Maximally Disjoint Paths in Ad hoc Networks," in proceedings of IEEE International Conference on Communication (ICC), pp. 3201-3205, Helsinki, Finland, 2001.
- [5] L. Wang, Y. Shu, M. Dong, L. Zhang, O. W.W. Yang, "Adaptive Multipath Source Routing in Ad hoc Networks," in proceedings of IEEE International Conference on Communications (ICC), pp. 867 871, Helsinki, Finland, 2001.
- [6] S. Roy, D. Saha, S. Bandyopadhyay, Tetsuro Ueda, S. Tanaka, "Improving End-to-End Delay through Load Balancing with Multipath Routing in Ad Hoc Wireless Networks using Directional Antenna," in proceedings of IWDC 2003: 5<sup>th</sup> International Workshop, LNCS, pp. 225-234, 2003.
- [7] S. Bandyopadhyay, S. Roy, T. Ueda, k. hasuike, "Multipath Routing in Ad hoc Wireless Networks with Directional Antenna," Personal Wireless Communication, vol. 234, pp. 45-52, 2002.
- [8] L. Bajaj, M. takai, R. Ahuja, R. Bagrodia, M. Gerla, "Glomosim: a Scalable Network Simulation Environment," Technical Report 990027, Computer Science Department, UCLA, 1999.
- [9] A. Colvin, "CSMA with Collision Avoidance," Computer Communication, Vol. 6, pp. 227-235, 1983.

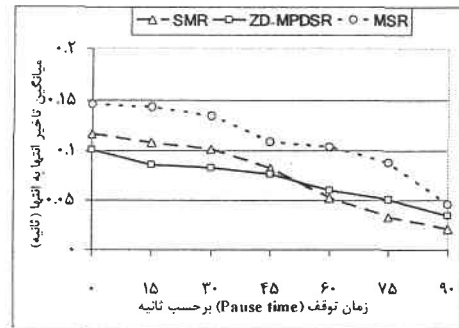
### زیر نویس‌ها

- <sup>1</sup> On Demand.
- <sup>2</sup> Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance.
- <sup>3</sup> Request To Send.
- <sup>4</sup> Clear To Send.
- <sup>5</sup> Zone Disjoint MultiPath Dynamic Source Routing.
- <sup>6</sup> Split Multipath Routing.
- <sup>7</sup> Multipath Sourcr Routing.
- <sup>8</sup> Angle SINR Table.
- <sup>9</sup> GLObal MOBILE SIMulation.



شکل ۵: مقایسه میانگین تاخیر انتها به انتها در سه الگوریتم SMR، ZD-MPDSR و MSR در سرعت‌های پیشینه متفاوت.

در شکل شماره ۶ مقدار سرعت پیشینه برابر ۲۵ متر بر ثانیه تنظیم شده است و براساس مقادیر مختلف Pause time، میزان تاخیر انتها به انتها این سه الگوریتم با هم مقایسه شده‌اند.



شکل ۶: مقایسه میانگین تاخیر انتها به انتها در سه الگوریتم SMR، ZD-MPDSR و MSR در زمان‌های توقف متفاوت.

### ۵- نتیجه گیری

برخی الگوریتم‌های مسیریابی چندمسیری در شبکه‌های موردی برای کاهش تاخیر انتها به انتها، در مبدا داده را تقسیم‌بندی کرده و قسمتهای مختلف را به‌طور همزمان از طریق چندین مسیر به سمت مقصد ارسال می‌کنند. در این راه استفاده از مسیرهای مجزای گره‌ای گزینه مطلوبی به حساب می‌آید، اما حتی ارسال اطلاعات از طریق مسیرهای مجزای گره‌ای نیز مستقل از یکدیگر نیستند و به خاطر مسائل ذاتی موجود در شبکه‌های موردی و پروتکل CSMA/CA، ارسال اطلاعات از یک مسیر بر روی مسیر دیگر تاثیر می‌گذارد. در این مقاله یک الگوریتم مسیریابی چند مسیری با عنوان ZD-MPDSR ارائه شده است که در آن با استفاده از آنتن‌های معمولی و همه‌جبهه، تا حدود بسیار زیادی می‌توان مسیرهای مجزای ناحیه‌ای بین دو گره را تشخیص داد و برای ارسال همروند اطلاعات، از این مسیرها استفاده کرد. در نهایت جهت ارزیابی، الگوریتم