

افزایش طول عمر شبکه به کمک توزیع مصرف انرژی در شبکه های سیار موردی

نستوه طاهری جوان^۱، وصال حکمی^۲ و یسنا قنبری بیرگانی^۳

^۱ عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شرق، nastooh@aut.ac.ir

^۲ دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، vhakami@aut.ac.ir

^۳ دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، yasna.ghanbari@modares.ac.ir

چکیده - شبکه های سیار موردی زیر مجموعه مهمی از شبکه های بی سیم می باشند که بدون هیچ زیرساختار خاصی بر پا می شوند و کاربردهای متنوعی نظیر جنگهای نظامی، عملیات نجات در مناطق آسیب دیده و کنفرانسها دارند. از آنجا که عموماً گره ها در این نوع از شبکه ها متحرک هستند، مسأله بهینه سازی مصرف انرژی در این نوع از شبکه ها همواره مورد توجه بوده است. در این مقاله سعی شده است با اصلاح الگوریتم های مسیریابی در این شبکه ها بار ترافیکی تا حد امکان در کل شبکه توزیع شود تا با توزیع مصرف انرژی بین گره های مختلف از چندپاره شدن زودهنگام شبکه جلوگیری شود. برای این منظور یک الگوریتم مسیریابی چندمسیری بر اساس الگوریتم پایه AODV پیشنهاد شده است که در طول فرآیند کشف مسیر سعی در کشف و نگهداری چندین مسیر بین مبدا و مقصد دارد. در این الگوریتم که از رده الگوریتم های گام به گام می باشد، توزیع بار ترافیکی در گره های میانی و به صورت توزیع شده صورت می گیرد. الگوریتم پیشنهادی با برخی از روش های موجود مقایسه شده است و نتایج شبیه سازی بهبود قابل توجهی در افزایش طول عمر شبکه در مقابل هزینه های تحمیل شده نشان می دهند.

کلید واژه - شبکه های سیار موردی، افزایش طول عمر شبکه، توزیع مصرف انرژی، الگوریتم های مسیریابی.

۱- مقدمه

از آنجایی که ایجاد شبکه های بی سیم با زیرساخت محدودیت هایی در شبکه های سلولی معمولی ایجاد خواهد کرد؛ لذا شبکه های بدون زیرساخت می تواند ایده خوبی برای ادامه مخابرات بی سیم باشند. شبکه های سیار موردی، بدلیل عدم نیاز به زیرساختار، محدودیت شبکه های سیار را مرتفع خواهند کرد [1].

با توجه به ساختار و خصوصیات شبکه های سیار موردی، مسأله تامین انرژی در این شبکه ها همواره مورد بحث و تحقیق بوده است. در شبکه های سیار موردی بدلیل عدم وجود زیرساختار (که در سایر شبکه های بی سیم تقویت سیگنالها را برعهده دارند)، خود گره ها به عنوان تنها عناصر موجود در شبکه، می بایست انرژی مورد نیاز را تامین کنند. لذا در شبکه سیار موردی یکی از موارد مهم و مورد بحث مسئله تامین انرژی و مدیریت آن می باشد. از آنجا که این گره ها عمدتاً سیار هستند، مانند کامپیوترهای کیفی یا مثالهم، لذا بدلیل کوچک بودن این وسایل میزان انرژی ذخیره شده در باتری آنها هم کم است؛ به همین دلیل یکی از مشکلات موجود کم بودن باتری است.

یکی از موضوعات مهم، مسیریابی در شبکه سیار موردی است از آنجاییکه گره ها در حال حرکت هستند، لذا مسیرها بصورت پویا کشف می شوند و بدلیل مسیریابی پویا در این شبکه ها، خطاهای مسیریابی مکرراً اتفاق می افتد. این خصوصیات موجب پیچیدگی الگوریتم های مسیریابی در شبکه های موردی می شود. در حالت کلی می توان گفت بسیاری از ایده های موجود در الگوریتم های مسیریابی در شبکه های دیگر، برای شبکه های موردی کارایی و کاربردی ندارند. با این حال

الگوریتم های مسیریابی زیادی برای شبکه های موردی پیشنهاد شده اند [2] و برخی از آنها عمومیت و استقبال فراوانی پیدا کرده اند، که از این بین می توان به الگوریتم های مسیریابی DSR [3] و AODV [4] اشاره کرد.

در بین الگوریتم های مسیریابی شبکه های موردی، برخی از الگوریتم ها عمل مسیریابی را به صورت چند مسیری انجام می دهند [5]، به این ترتیب که طی فرآیند کشف مسیر، همزمان چندین مسیر را کشف و ثبت می کنند. با این کار تعداد دفعات اجرای فرآیند زمانگیر کشف مسیر به طور چشم گیری کاهش می یابد که این مسئله اولین مزیت مسیریابی چندمسیری می باشد. از طرفی دیگر؛ با استفاده از مسیریابی چندمسیری، تحمل پذیری در برابر خطا به طور موثری افزایش می یابد [6]. اکثر الگوریتم های 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 می کنند و سایر مسیرها را به عنوان جایگزین نگهداری کرده و در صورت خرابی مسیر اصلی، یکی از مسیرهای جایگزین را برای ارسال اطلاعات استفاده می کنند.

نکته قابل توجه در این الگوریتم ها این است که تا زمانی که یک مسیر برقرار باشد و گره های تشکیل دهنده آن انرژی داشته باشند، از همان مسیرها استفاده می شود، که این امر در نهایت باعث اتمام انرژی گره های این مسیرها می شود [7]. اتمام انرژی گره های موجود بر یک مسیر و از کار افتادن گره ها، باعث ایجاد شکاف در شبکه و چند پاره شدن شبکه می گردد که تاثیر مستقیمی بر روی کارایی و مسیریابی در شبکه دارد. این مسأله هم در الگوریتم های یک مسیره و هم در

مسیر، چندین مسیر مجزای پیوندی کشف می‌شوند. در این الگوریتم، هر گره به ازای هر مقصد، آدرس دو گره را بعنوان گام‌های بعدی دو مسیر مجزا به سمت مقصد نگه می‌دارد. اگر در طول برقراری ارتباط، یکی از اتصال‌ها از بین رفت، گره میانی از گام بعدی جایگزین استفاده می‌کند. نقطه ضعف این الگوریتم این است ممکن است که درحین ارتباط، اتصال با گام بعدی جایگزین نیز از بین رود و هنگامی که به این گام بعدی نیاز است، اتصال با آن نیز از بین رفته باشد.

۳- الگوریتم پیشنهادی

الگوریتم پیشنهادی از رده الگوریتم‌های بردارفاصله و با عنوان EMAODV است که بر اساس الگوریتم پایه AODV بنا شده است. دستاورد اصلی این پروتکل، فراهم نمودن چندین مسیر بین مبدا و مقصد است تا مبدا بتواند جهت ارسال داده‌های خود بطور همزمان از تمامی آنها استفاده نماید. در AODV، گره مبدا، داده‌های خود را تنها از طریق کوتاهترین مسیر به مقصد ارسال می‌کند، بنابراین همواره چند گره محدود در انتقال داده‌ها شرکت می‌نمایند و انرژی این گره‌ها به سرعت رو به کاهش می‌نهد، ولی در الگوریتم پیشنهادی سعی می‌شود با کشف هرچه بیشتر مسیرها بین مبدا و مقصد، از چندین مسیر به طور همزمان استفاده شود، با این کار مصرف انرژی بر روی تعداد بیشتری از گره‌های شبکه توزیع می‌گردد. البته با توجه به ماهیت گام به گام بودن الگوریتم AODV، کشف تعداد بالای مسیرها به اعمال تغییرات زیادی در الگوریتم AODV نیاز دارد که تشریح می‌شوند.

الگوریتم EMAODV از سه فاز تشکیل شده است:

۳-۱- فاز کشف مسیر

هرگاه که یک گره، داده‌ای برای ارسال داشته باشد ولی در جدول مسیریابی خود مسیری به سمت مقصد پیدا نکند، فرایند اکتشاف مسیر را با ارسال بسته درخواست مسیر (RREQ) به همسایگان خود آغاز می‌کند. در بسته RREQ آدرس (یا شناسه) گره مقصد (که درخواست مسیر برای آن صورت گرفته است) و آدرس درخواست کننده (گره مبدا) قرار داده می‌شود. علاوه بر آن، هر بسته درخواست مسیر حاوی فیلدی به نام Route Record است که آدرس تمامی گره‌هایی را که بسته درخواست مسیر در حین اکتشاف از آنها عبور کرده است را در خود ذخیره می‌کند. همچنین، هر بسته RREQ دارای یک شناسه درخواست یکتا به نام Request ID است که توسط مبدا پر می‌شود.

جهت جلوگیری از ایجاد حلقه در مسیر، هر گره میانی با دریافت RREQ، ابتدا فیلد Route Record آن را بررسی می‌کند و تنها در صورتیکه آدرس خود را در میان این فیلد نیافت، آدرس خود را به انتهای آن اضافه کرده و بسته RREQ را دوباره انتشار می‌دهد.

هرگاه گره‌ای یک بسته RREQ جدید دریافت کند (یعنی Request ID آن تکراری نبود)، علاوه بر ذخیره کردن Request ID آن در جدول خود، تعداد گام آن درخواست را نیز در فیلد NumHopCount در مقابل شناسه آن در جدول ذخیره می‌کند و پس

الگوریتم‌های چندمسیری موجود به چشم می‌خورد.

هدف ما در این مقاله، کمک به افزایش طول عمر شبکه‌های سیار موردی از طریق اصلاح الگوریتم مسیریابی پایه AODV و افزودن قابلیت چندمسیری به آن است. برای این منظور در این مقاله یک الگوریتم مسیریابی جدید با عنوان EMADOV ارائه شده است که ارسال داده و بار ترافیکی بین مبدا و مقصد را تا حد امکان بین چندین مسیر توزیع می‌کند تا با این راهکار مصرف انرژی را در حداکثر گره‌ها توزیع کند.

ادامه این مقاله از بخش‌های زیر تشکیل شده است: در بخش دوم کارهای مرتبط معرفی می‌شوند، بخش سوم پروتکل پیشنهادی را تشریح خواهد کرد. بخش چهارم به معرفی محیط شبیه‌سازی و ارائه شرایط و نتایج شبیه‌سازی اختصاص دارد و در نهایت، در بخش پنجم نتیجه‌گیری و کارهای آتی ارائه شده است.

۲- کارهای مرتبط

در راستای توزیع بار ترافیکی در شبکه‌های سیار موردی تحقیقاتی در سالهای اخیر صورت گرفته است [8,9,10].

در راستای مسیریابی چند مسیری در شبکه‌های موردی کارها و تحقیقات بسیاری صورت گرفته است [11,12].

درمقاله [13] نویسندگان ایده‌های موجود برای استفاده از مسیرهای مجزا در شبکه‌های اقتضایی را با هم مقایسه کرده اند. برای این منظور آنها چندین ایده و الگوریتم موجود را به طور دقیق با استفاده از ابزارهای شبیه‌سازی، شبیه‌سازی کرده اند و از نظر پارامترهایی از قبیل متوسط طول مسیر و تاخیر ایده‌های موجود را مقایسه کرده اند.

در [14] نویسندگان یک الگوریتم مسیریابی چند مسیری برای کاهش طول مسیرهای در شبکه‌های Ad Hoc ارائه داده اند. در این مقاله آنها از مسیرهای مجزای گره‌ای استفاده می‌کنند. البته ایده پیشنهادی آنها هیچ تضمینی نمی‌دهد که همه مسیرهای مجزای گره‌ای را بین هر دو گره داده شده در شبکه کشف کند.

در [15] نویسندگان یک ایده جهت مسیریابی چند مسیری در شبکه‌های سیار اقتضایی به صورت مجزای گره‌ای ارائه داده اند. آنها در این مقاله الگوریتم پایه AODV را به عنوان پایه کار خود انتخاب کرده اند. در این ایده آنها به هر مسیر یک ID تخصیص می‌دهند. برای این منظور پارامتر قابلیت اطمینان یک مسیر، کیفیت مسیر و حتی نرخ خرابی گره‌ها برای انتخاب یک مسیر دخالت داده می‌شود.

در [16] نیز یک پروتکل مسیریابی بر اساس پیدا کردن مسیرهای مجزای اتصالی پیشنهاد شده است. برای این منظور آنها در فاز کشف مسیر الگوریتم AODV تغییراتی را اعمال کرده اند که در نتیجه این تغییرات مسیرهای بیشتر و مناسب تری کشف خواهند شد. البته آنها برای کار خود از ایده AOMDV نیز استفاده موثری کرده اند.

به عنوان یک مثال دیگر از الگوریتم‌های مسیریابی چندمسیری، در [17] روشی تحت عنوان AOMDV براساس الگوریتم مسیریابی AODV طراحی شده است. در الگوریتم AOMDV، طی فرآیند کشف

شکل ۱ نشان داده شده است، گره C دارای سه گره همسایه به عنوان گام بعدی به سمت مقصد D می باشد. بنابر این شکل، گره S هفت بسته RREP از همسایگان خود (گام های بعدی به سمت مقصد D) دریافت می کند، و چون چهار بسته RREP را از گره C دریافت کرده، مقدار CountReply مربوط به گره C در S، مقدار ۴ به خود می گیرد.

Handle Route Request Packet:

```
If (this node is destination)
    Send Back Route Reply to the Source;
Else
{
    If (Its address is not included in reqPkt's Route Record field)
    {
        If (reqPkt.hopCount <= the first HopCount received for this reqPkt.requestId)
        {
            reqPkt.hopCount++;
            Append Its Address to the Route Record of reqPkt;
            Rebroadcast reqPkt;
        }
        Else
            Drop reqPkt;
    }
    Else
        Drop reqPkt;
}
```

شکل (۲): رفتار گره های میانی با RREQ دریافتی در EMAODV

۳-۲- فاز ارسال داده

هنگامی که بسته های RREP به مبدا رسیدند، مبدا می تواند داده ها را از طریق مسیرهای اکتشاف شده ارسال نماید. پروتکل ما از متد گام به گام جهت ارسال داده ها بدین ترتیب استفاده می کند که هر گره ای که داده ها را دریافت می کند، بسته های داده را به نسبت CountReply مربوط به هر گام بعدی، به آن گام (گره) ارسال می کند. به بیانی دیگر، هر گام بعدی که دارای CountReply بیشتری باشد، داده های بیشتری نسبت به گام هایی که دارای CountReply کمتری هستند دریافت می نماید. بکارگیری این روال باعث می شود که از تمامی مسیرهای پیدا شده برای ارسال داده ها استفاده شود و بسته های داده بطور همزمان بر روی تمامی مسیرهای موجود توزیع شوند. بعنوان مثال گره S، $\frac{4}{7}$ بسته ها را به گره C می فرستد، این بدین معنی است که این بسته ها بعدا بر روی ۴ مسیر مختلف توزیع خواهند شد. همچنین $\frac{2}{7}$ بسته ها را به گره B و $\frac{1}{7}$ بسته ها را به گره A ارسال خواهد کرد. به همین صورت، هر گره میانی که بسته های داده را دریافت می کند، آنها را بر اساس CountReply گام بعدی که در جدول خود ذخیره کرده است به آن گام ارسال می نماید.

۳-۳- فاز نگهداری مسیر

اگر برای مدت زمان معینی از مسیری استفاده نشود، گره نمی تواند از معتبر بودن آن مسیر اطمینان داشته باشد، به همین دلیل پس از انقضای مهلت زمانی، مسیری هایی که بدون استفاده بمانند، از جدول

از اضافه کردن آدرس خود در انتهای Route Record بسته درخواست مسیر، Hop Count بسته RREQ را یک واحد افزایش داده و سپس آنرا دوباره انتشار می دهد.

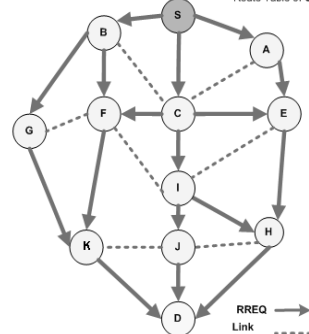
به منظور ممانعت از ایجاد سیلی از بسته های RREQ، هر گره تنها در صورتی بسته RREQ جدید را مجددا انتشار خواهد داد که Hop Count بسته RREQ دریافتی، کوچکتر یا مساوی NumHopCount در جدول آن گره (متناظر با آن Request ID) باشد. انتشار RREQ تا زمان رسیدن آن به مقصد ادامه می یابد. با بکارگیری این روال در انتشار بسته های RREQ، تعداد زیادی RREQ از مسیرهای مختلف به مقصد خواهد رسید.

به عنوان مثال در شکل ۱ گره S شروع به انتشار RREQ به مقصد گره D می کند و گره های A، B و C این RREQ را با Hop Count=1 دریافت می نمایند. بر اساس الگوریتم ارائه شده، زمانی که گره B بسته RREQ را انتشار می دهد و گره C آن بسته را دریافت می کند، چون Hop Count بسته دریافتی از Hop Count بسته RREQ اولیه بیشتر است، آنرا دور می ریزد. با استفاده از این روش، همانطور که در شکل ۱ مشخص شده است، مجموعاً ۷ بسته RREQ از مسیرهای مختلف به گره D (مقصد) خواهد رسید. شکل ۲ نحوه رفتار گره های میانی با RREQ را بصورت شبه کد نمایش می دهد.

DestAddr	NextHop	CountReply	DestAddr	NextHop	CountReply
D	C	4	D	I	2
D	B	2	D	E	1
D	A	1	D	F	1

Route Table Of S

Route Table of C



شکل (۱): فرآیند انتشار بسته درخواست مسیر

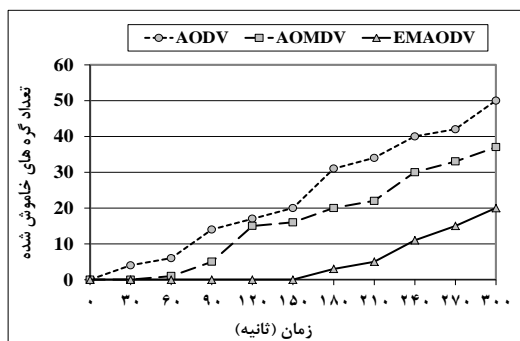
هنگامی که گره مقصد، بسته های RREQ را دریافت کرد، مسیر ذخیره شده در فیلد Route Record بسته دریافتی را معکوس کرده و از مسیر بدست آمده جهت ارسال بسته پاسخ مسیر (RREP) به مبدا، استفاده می نماید. درحین بازگشت بسته RREP به سمت مبدا، تمامی گره های میانی واقع در مسیر، یک اشاره گر به گره ای که بسته RREP را از آن دریافت کرده اند، به عنوان Next Hop در جدول مسیریابی خود درج می کنند. هرگاه یک گره، چندین RREP از گره ای دیگر دریافت کند، مقدار فیلد CountReply مربوط به آن گره را در جدول خود افزایش می دهد. در واقع مقدار فیلد CountReply، تعداد RREP دریافتی از آن گره را در خود نگه می دارد. به بیانی دیگر، CountReply، تعداد مسیرهای موجود آن گره را به سمت مقصد نشان می دهد. این روال تا رسیدن بسته RREP به مبدا ادامه پیدا می کند و در این فاز چندین مسیر از مبدا تا مقصد ایجاد می گردد. همانطور که در

۲-۴- نتایج شبیه سازی

نتایج به دست آمده از شبیه سازی ها به قرار زیر هستند.

تعداد گره های خاموش شده:

در شکل ۳ تعداد گره های خاموش شده در طول مدت زمان شبیه سازی به ازای هر سه الگوریتم آورده شده است.

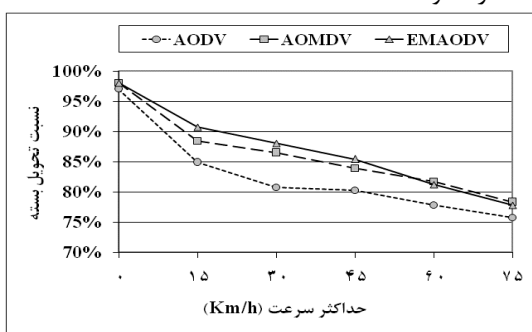


شکل (۳): تعداد گره های خاموش شده در طول زمان.

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می شود، در الگوریتم پیشنهادی و به دلیل توزیع ترافیک بین گره های شبکه، لحظه خاموش شدن اولین گره با فاصله زیادی نسبت به دو الگوریتم دیگر بسیار بالاست. این نمودار به خوبی نشان دهنده افزایش طول عمر شبکه می باشد.

نرخ تحویل بسته به مقصد:

در شکل های ۴ و ۵ نرخ تحویل بسته ها به مقصد بصورت تابعی از سرعت تحرک گره ها و نرخ ارسال شبکه نمایش داده شده است. در شکل ۴ نرخ ارسال داده ها 300 kb/s است. در این شکل، می توان مشاهده نمود که با افزایش سرعت حرکت گره ها، نسبت تحویل بسته در هر سه پروتکل به دلیل قطعی پیوندها افزایش می یابد. ولی در EMAODV، از آنجایی که از تمام مسیرها بطور همزمان برای ارسال داده ها استفاده می شود، تعداد زیادتری از بسته های داده در مقایسه با AODV و AOMDV، که تنها از یک مسیر برای ارسال داده ها استفاده می کنند، به مقصد می رسند. در شکل ۵ حداکثر سرعت حرکت گره ها برابر 30 km/h است. در AODV با افزایش گزردهی، "نسبت تحویل بسته ها" به شدت کاهش می یابد بطوریکه در نرخ 600 kb/s نسبت تحویل بسته در پروتکل AODV در حدود ۵۵٪ می شود، ولی در EMAODV، به دلیل اینکه از چندین مسیر بطور همزمان استفاده می شود، نسبت تحویل بسته در حدود ۸۰٪ است.



شکل (۴): نسبت تحویل بسته در برابر تحرک

مسیریابی گره حذف می شود.

اگر درحین انتقال داده ها تشخیص داده شود که یک پیوند قطع شده است، یک بسته خطای مسیر (RERR) بصورت گام به گام به سمت مبدا داده ها ارسال می گردد. در حین انتشار بسته RERR به سمت مبدا، هر گره میانی یک واحد از CountReply گره ای که RERR را از آن دریافت کرده، کم می کند و به این معنی است که یکی از مسیرهایی که از آن گره (به عنوان گام بعدی) به سمت مقصد وجود داشته، قطع شده است. زمانی که CountReply به هر گام بعدی در جدول مسیریابی به صفر برسد، آن گام (و در نتیجه مسیرهایی که از آن گره به مقصد می گذرند) از جدول مسیریابی حذف خواهد شد. اگر در جدول مسیریابی، دیگر مسیری برای رسیدن به مقصد وجود نداشته باشد، در صورت نیاز، مجدداً فرآیند اکتشاف مسیر آغاز خواهد شد. به عنوان مثال اگر در شکل ۱، پیوند بین گره I و J قطع شوند، گره I بسته RERR به گره C می فرستد. گره C نیز با دریافت RERR، مقدار CountReply مربوط به I را در جدول خود به عدد ۱ تغییر می دهد و RERR را برای S ارسال می کند. گره S نیز با دریافت این بسته، CountReply مربوط به C را به عدد ۳ کاهش می دهد.

۴- ارزیابی کارایی

برای ارزیابی کارایی الگوریتم پیشنهادی، الگوریتم EMAODV با دو الگوریتم مسیریابی AODV و AOMDV مقایسه شده است.

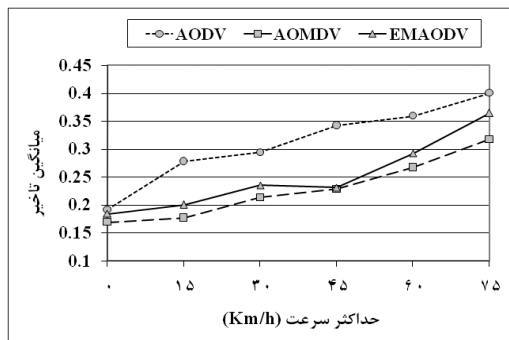
۴-۱- محیط شبیه سازی

برای شبیه سازی پروتکل پیشنهادی و ارزیابی نتایج، از نرم افزار GloMoSim استفاده شده است [18]. این شبیه سازی ها برای شبکه های با ۹۰ گره که بصورت تصادفی در محیطی به ابعاد ۷۵۰ * ۷۵۰ متر پراکنده شده اند، انجام گرفته است. محدوده انتشار رادیویی هر گره ۱۵۰ متر و ظرفیت کانال برابر 2 Mbit/Sec در نظر گرفته شده است و مدت زمان هر شبیه سازی ۶۰۰ ثانیه بوده است. پروتکل دسترسی به رسانه در تمام شبیه سازی ها، پروتکل IEEE 802.11 در حالت DCF می باشد. از ترافیک CBR (نرخ بیت ثابت) و مدل حرکتی Random Way point استفاده شده است. اندازه داده هر بسته ۵۱۲ بایت می باشد. مقادیر پارامترهای شبیه سازی در جدول ۱ نشان داده شده است.

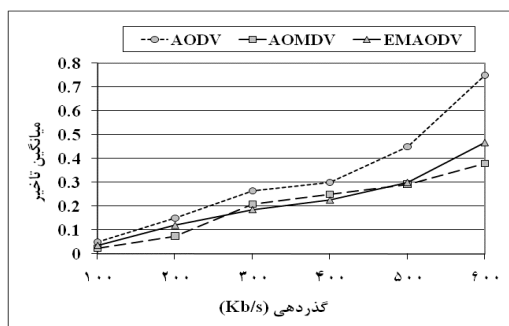
جدول (۱): پارامترهای شبیه سازی

پارامتر	مقدار
Number of nodes	90
Simulation area	750m x 750m
Simulation time	600s
Mobility model	random waypoint
Maximum Pause time	3 s
Maximum speed	75 km/s
Transmission range	150 m
Traffic type	CBR(UDP)
Data rate	100-600 kb/s
Packet size	512 bytes
Bandwidth	2 Mbps
MAC Protocol	IEEE 802.11 DCF mode

چون مسیریابی که EMAODV پیدا می کند ممکن است نسبت به AOMDV طولانی تر باشد (چون از تمامی مسیرها استفاده می کند، هم مسیرهای کوتاه و هم مسیرهای طولانی)، لذا تاخیر آن از AOMDV بیشتر است.



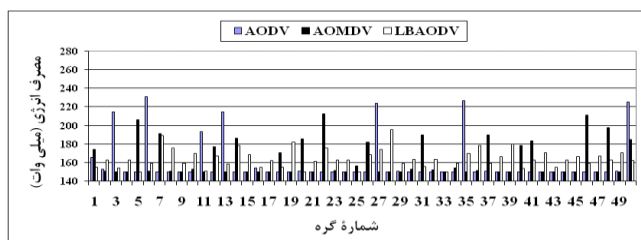
شکل (۸): میانگین تاخیر انتها به انتها در برابر تحرک گره ها



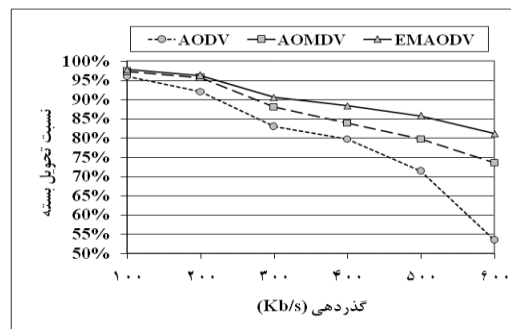
شکل (۹): میانگین تاخیر انتها به انتها در برابر گذردهی

مصرف انرژی:

در شکل های ۱۰، ۱۱ و ۱۲، مصرف انرژی بصورت تابعی از سرعت حرکت و نرخ داده، نمایش داده شده است. همانطور که قبلا گفته شد، EMAODV از تمام مسیرها بطور همزمان استفاده می کند، بنابراین تعداد بسیاری از گره های شبکه در پیش رانی داده ها به سمت مقصد مشارکت می کنند، به همین خاطر انرژی آنها تقریبا بطور یکسان مصرف می شود، ولی در AODV و AOMDV چون تنها از یک مسیر استفاده می شود، تنها تعداد کمی از گره های شبکه در پیش رانی داده به مقصد مشارکت می کنند، لذا انرژی آنها به سرعت مصرف می شود. در حقیقت در EMAODV، بار مصرف انرژی بر روی تعداد بیشتری از گره های شبکه توزیع می شود و به همین خاطر طول عمر شبکه افزایش می یابد، ولی در AODV و AOMDV بار مصرف انرژی بر روی تعداد کمی از گره ها می باشد، بنابراین طول عمر شبکه نسبت به EMAODV کمتر است.



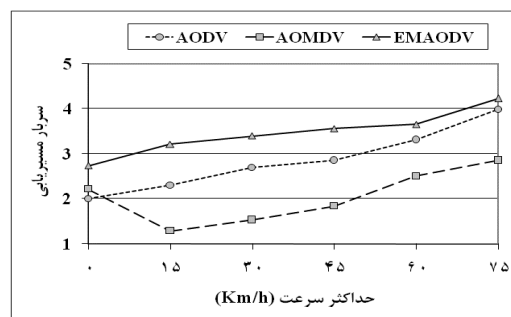
شکل (۱۰): مصرف انرژی گره ها (حداکثر سرعت: ۱۵ Km/h)



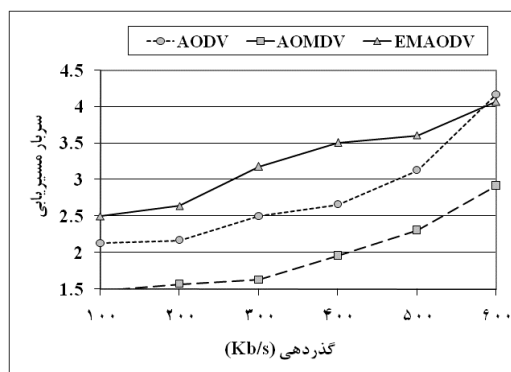
شکل (۵): نسبت تحویل بسته در برابر گذردهی

سر بار مسیریابی:

سر بار مسیریابی به عنوان تابعی از سرعت حرکت و نرخ ارسال در شکل های ۶ و ۷ نمایش داده شده است. در شکل ۶ نرخ داده ها برابر 300 Kb/s و در شکل ۷ سرعت تحرک برابر 30 km/h می باشد. همانطور که در شکل ۶ مشاهده می شود، با افزایش سرعت حرکت، به دلیل قطع پیوندها و بازسازی مسیر، سر بار مسیریابی در هر سه پروتکل AODV، AOMDV و EMAODV افزایش می یابد. چون در EMAODV، در مقایسه با دو پروتکل دیگر، تعداد زیادتری RREQ و RREP مبادله می گردد، بنابراین سر بار مسیریابی بیشتر از AODV و AOMDV است.



شکل (۶): سر بار مسیریابی در برابر تحرک گره ها

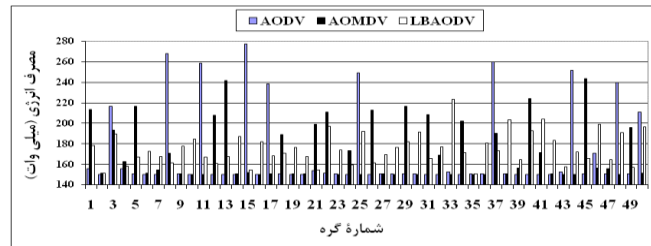


شکل (۷): سر بار مسیریابی در برابر نرخ ارسال

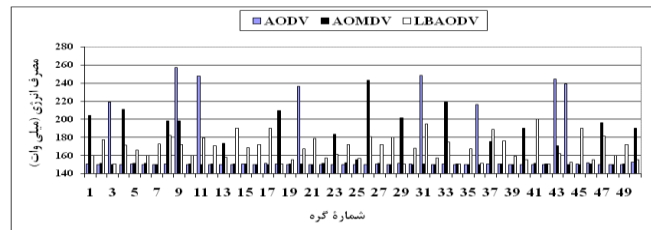
میانگین تاخیر انتها به انتها:

شکل های ۸ و ۹ میانگین تاخیر انتها به انتها را به عنوان تابعی از سرعت حرکت و گذردهی نمایش می دهند. در شکل ۸ نرخ داده ها برابر 300 Kb/s و در شکل ۹ حداکثر سرعت تحرک برابر 30 km/h می باشد. به دلیل اینکه EMAODV از تمام مسیرها بطور همزمان برای انتقال داده ها استفاده می کند، بنابراین تاخیر آن از AODV کمتر است، ولی

- [7] G. I. Ivascu, S. Pierre and A. Quintero, "QoS routing with traffic distribution in mobile ad hoc networks," *Journal Computer Communications*, vol. 32, no. 2, pp. 305-316, 2009.
- [8] N. Kumar, N. Chilamkurti, J. H. Park and D. S. Park, "Load Balancing with Fair Scheduling for Multiclass Priority Traffic in Wireless Mesh Networks," *Communications in Computer and Information Science*, Vol. 184, pp. 101-109, 2011.
- [9] Z. Aalam, Sh. Agarwal and Sh. Khandelwal, "Gateway load balancing in integrated internet-manet using modified AODV routing protocol," *Proceedings of the International Conference & Workshop on Emerging Trends in Technology*, pp. 1371-1371, 2011.
- [10] M. Nagaratna, C. Raghavendra and V. K. Prasad, "Node Disjoint Split Multipath Multicast Ad-hoc On-demand Distance Vector Routing Protocol (NDSM-MAODV)," *International Journal of Computer Applications*, vol. 8, 2011.
- [11] M. Ekaya, N. Tabbane and S. Tabbane, "Multipath routing mechanism with load balancing in ad hoc network," *International Conference on Computer Engineering and Systems (ICCES)*, cairo, pp. 67-72, 2010.
- [12] Ch. K. Toh, A. N. Le and Y. Z. Cho, "Load balanced routing protocols for ad hoc mobile wireless networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 47, no. 8, pp. 78-84, 2009.
- [13] N. Meghanathan, "Performance Comparison of Link Node and Zone Disjoint Multi-Path Routing Strategies and Minimum Hop Single Path Routing for Mobile Ad Hoc Networks," *International Journal of Wireless & Mobile Networks (IJWMN)*, Vol.2, No.4, pp. 13-29, 2010.
- [14] A. M. Abbas, B. N. Jain, "Path diminution in node-disjoint multipath routing for mobile ad hoc networks is unavoidable with single route discovery," *Int. J. Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, vol. 1, pp. 7-21, 2010.
- [15] L. Guang-cong, Z. Hua, W. Dong-li, "Node-disjoint multi-path routing algorithm based on AODV in Ad hoc networks," *Application Research of Computers*, vol. 28, no. 2, pp. 692-695, 2011.
- [16] M. H. Shao, Y. P. Lee, "An Adaptive Link-Disjoint Multipath Routing in Ad Hoc Networks," *Advanced Materials Research*, Vols. 171 - 172, pp. 628-631, 2011.
- [17] M. k. marina, s. r. das, "On Demand Multipath Distance Vector Routing in Ad hoc Networks," in *proceedings of IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP)*, pp. 14-23, California, USA, 2001.
- [18] X. Zeng, R. Bagrodia, and M. Gerla, "GloMoSim: A Library for Parallel Simulation of Large-Scale Wire-less Networks," *Proc. 12th Workshop on Parallel and Distributed Simulations-PADS '98*, Alberta, Canada, 1998.



شکل ۱۱: مصرف انرژی گره‌ها (حداکثر سرعت: ۲۰ Km/h)



شکل ۱۲: مصرف انرژی گره‌ها (حداکثر سرعت: ۳۰ Km/h)

۵- نتیجه گیری

بهبود مصرف انرژی در شبکه های سیار موردی و افزایش طول عمر شبکه همواره یکی از موارد داغ تحقیقاتی در این نوع شبکه ها بوده است. در این پژوهش الگوریتم پایه AODV به گونه ای تغییر داده شده که چندین مسیر بین مبدا و مقصد برای ارسال داده برقرار شود. این مسیرها بنا بر اصول روش های گام به گام در گره های میانی برقرار می شوند. در واقع در الگوریتم پیشنهادی که ما آن را EMAODV نامیده ایم، با پخش ترافیک شبکه بین مسیرهای متفاوت، مصرف انرژی نیز بین گره های بیشتری از شبکه توزیع خواهد شد. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که در الگوریتم ارائه شده، نسبت تحویل بسته در مقایسه با AODV و AOMDV بهبود یافته است، از طرف دیگر مصرف انرژی بر روی تعداد بیشتری از گره ها توزیع شده که باعث بالا رفتن طول عمر شبکه و جلوگیری از چندپاره شدن زودهنگام شبکه می شود.

مراجع

- [1] S. Sesay, Z. Yang, J. He, "A Survey on Mobile Ad Hoc Wireless Networks," *Information Technology Journal*, vol. 2, pp. 168-175, 2004.
- [2] S. Taneja and A. Kush, "A Survey of Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Networks," *International Journal of Innovation, Management and Technology*, Vol. 1, No. 3, pp. 279-285, 2010.
- [3] D.B. Johnson, D.A. Maltz, and Y. Hu, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR)," *IETF MANET, Internet Draft*, 2003.
- [4] C. E. Perkins, E. M. Belding-Royer, and S. Das, "Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," *RFC 3561*, July 2003.
- [5] S. Adibi, Sh. Erfani, "A multipath routing survey for mobile ad-hoc networks," 3rd *IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC 2006)*, Las Vegas, United States, Vol. 2, pp. 984-988, 2006.
- [6] M. Tekaya, N. Tabbane and S. Tabbane, "Multipath Routing with Load Balancing and QoS in Ad hoc Networks," *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, Vol.10 No.8, pp. 280-286, 2010.