

یک روش مسیریابی چند مسیری آگاه از انرژی بر پایه الگوریتم AODV برای انتخاب مسیر بهینه در شبکه‌های موردی سیار

رضا قنبرزاده^۱؛ محمدرضا میبیدی^۲

^۱ دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد هریس، هریس، ایران، ghanbarzadeh@herisiau.ac.ir

^۲ دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، تهران، ایران، mmeybodi@aut.ac.ir

چکیده - شبکه‌های موردی سیار نوع خاصی از شبکه‌های بی‌سیم می‌باشند که قابلیت جابجایی نودها در آنها وجود دارد. این نوع از شبکه‌ها بدون هیچگونه ساختار مشخصی برپا می‌شوند و اکثراً در جنگهای نظامی، عملیات نجات در مناطق آسیب دیده، کنفرانس‌ها و ... کاربرد بسیار دارند. با توجه به ویژگیهای موجود در این نوع از شبکه‌ها، پروتکل‌های مسیریابی متعددی ارائه شده است که از مهمترین آنها می‌توان به پروتکل AODV اشاره نمود. در این مقاله روش مسیریابی جدیدی بر پایه الگوریتم AODV پیشنهاد شده است که علاوه بر چند مسیری بودن، آگاه از انرژی مسیر می‌باشد. بدین نحو که در حین عملیات کشف مسیر، میزان متوسط انرژی نودهای هر مسیر را نیز محاسبه کرده و در نهایت مسیری را به عنوان مسیر بهینه انتخاب و در جدول مسیریابی نود مبدأ ذخیره می‌کند که علاوه بر داشتن تعداد پرش کمتر، دارای بالاترین میانگین انرژی نودها باشد. نتایج شبیه‌سازی ثابت می‌کند که الگوریتم جدید میانگین شکست لینک و متوسط نرخ دریافت بسته‌های داده را نسبت به الگوریتم AODV کلاسیک بهبود می‌بخشد.

کلید واژه- شبکه‌های موردی سیار، الگوریتم‌های مسیریابی، AODV، مسیریابی چند مسیری، الگوریتم آگاه از انرژی

۱- مقدمه

ترکیبی از گره‌های یکسان می‌باشند که بدون هیچگونه کنترل مرکزی و بصورت بدون سیم با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. به علت طبیعت ناپایدار شبکه‌های موردی سیار مسأله کشف و نگهداری مسیر از اهمیت خاصی برخوردار است. دو عامل فقدان پهنای باند زیاد و انرژی محدود در هر گره، سبب می‌شود که به دنبال یک شیوه مسیریابی مقرون به صرفه باشیم. انتقال بسته‌ها در این شبکه، طی یک سری عملیات پیوسته ذخیره‌سازی و ارسال مجدد، توسط مجموعه‌ای از گره‌های واسط و میانی صورت می‌گیرد و هدف از مسیریابی آن است که یک بسته داده بصورت مطمئن از مبدأ به مقصد انتقال یابد. علاوه بر این، کمینه کردن تأخیرها نیز، از دیگر اهداف مسیریابی می‌باشد. الگوریتم‌های مسیریابی متعددی برای این شبکه‌ها ارائه گردیده است که هر کدام دارای ویژگیها، معایب و مزایای خاصی می‌باشند. از نقطه- نظر شیوه برنامه‌ریزی، پروتکل‌های مسیریابی بر دو نوع مبتنی بر جدول^۲ و مبتنی بر تقاضا^۳ تقسیم می‌شوند [2]. یکی از مشهورترین الگوریتم‌های مسیریابی برای شبکه‌های موردی سیار الگوریتم AODV^۴ می‌باشد که توسط [3] Perkins پیشنهاد شده

امروزه شبکه‌های موردی سیار^۱ به دلیل کاربردهای وسیعی که دارند و همچنین سرویسهایی که ارائه می‌دهند، رشد چشمگیری داشته‌اند. این شبکه‌ها از نظر معماری، به دو دسته شبکه‌های با زیرساختار و شبکه‌های بدون زیرساختار تقسیم می‌شوند. مشخصه کلی در شبکه‌های بی‌سیم این است که این شبکه‌ها احتیاج به محاسبات به منظور دستیابی گره‌ها به یکدیگر دارند. یک شبکه بدون زیرساخت یا شبکه سیار موردی، تنها شامل گره‌های سیار است که بدون هیچ ایستگاه ثابت و اتصال سیمی برای مبادله اطلاعات و مدیریت شبکه بکار گرفته می‌شوند. هر گره سیار تنها مانند یک میزبان عمل نمی‌کند، بلکه مانند یک مسیر یاب عمل می‌کند و گره‌ها خود، مسئول انتقال بسته‌ها به سایر گره‌های سیار موجود در شبکه می‌باشند. غالباً توپولوژی شبکه سیار موردی از گره‌هایی تشکیل می‌شود که به طور پویا و مداوم به شبکه وارد و یا خارج می‌شوند. هیچ کنترل مرکزی یا ساختار بندی ثابتی برای پشتیبانی پیکربندی شبکه و یا پیکربندی دوباره شبکه وجود ندارد [1]. این شبکه‌ها بطور کلی

است. این الگوریتم مبتنی بر تقاضا بوده و جزو کارآمدترین الگوریتم‌های مسیریابی به شمار می‌رود.

مقالات متعددی در خصوص مسیریابی آگاه از انرژی در الگوریتم AODV ارائه گردیده است. به عنوان نمونه در [4] یک الگوریتم مسیریابی آگاه از انرژی ارائه گردیده است که با تشخیص نودهای کم انرژی و عدم استفاده از آنها در مسیریابی، الگوریتم AODV را بهبود بخشیده است. در [5] یک روش جدید برای مسیریابی در الگوریتم AODV ارائه گردیده است که در انتخاب مسیر، وضعیت بارگذاری، وضعیت لینکهای بین نودها و همچنین انرژی نودها را مدنظر قرار داده و کارایی این الگوریتم را افزایش می‌دهد. در [6] یک الگوریتم جدید برپایه الگوریتم AODV ارائه گردیده است که با استفاده از آن مسیری که مصرف انرژی کمتر و همچنین ظرفیت بالاتری دارد، برای ارسال داده انتخاب می‌گردد و در نتیجه مصرف انرژی کمینه می‌شود.

در این مقاله یک روش مسیریابی چند مسیری آگاه از انرژی برای انتخاب مسیر بهینه در الگوریتم AODV پیشنهاد گردیده است که مسیرهای دارای میانگین انرژی بالا را برای ارسال بسته‌های داده استفاده می‌کند. در بخش ۲ این مقاله، مروری کوتاه بر الگوریتم AODV کلاسیک انجام گرفته، در بخش ۳، روش پیشنهادی جدید، در بخش ۴ ارزیابی کارایی الگوریتم جدید و در بخش ۵ نیز نتیجه‌گیری ارائه گردیده است.

۲- آشنایی با پروتکل AODV کلاسیک

پروتکل AODV یک الگوریتم مسیریابی پویا بر حسب تقاضا می‌باشد به نحوی که مسیریابی در آن به هنگام نیاز به مسیر جدید انجام می‌گیرد. زمانی که نود مبدأ نیاز به ارسال یک بسته داده به یک نود مقصد داشته باشد، چنانچه هیچگونه اطلاعات مسیریابی در جدول مسیریابی آن موجود نباشد، آنگاه یک فرآیند کشف مسیر به نود مقصد از طریق انتشار یک پیام درخواست مسیر (RREQ) انجام می‌گیرد. به محض دریافت پیام RREQ، هر نود ابتدا یک مسیر معکوس جهت برگشت به نود مبدأ ایجاد و یا به‌روزرسانی کرده و اگر چنانچه نود دریافت کننده، خود، مقصد نبوده و یا یک مسیر تازه به مقصد نداشته باشد، بسته RREQ را دوباره منتشر خواهد کرد. در غیر اینصورت یک بسته پاسخ مسیر (RREP) تولید شده و به نود مبدأ از طریق مسیر معکوس ارسال می‌گردد. بطور مشابه مسیر پیش‌رو به سمت مقصد نیز همچنین در زمان دریافت یک بسته RREP به‌روزرسانی می‌شود. زمانی که RREP در نهایت به نود مبدأ می‌رسد، دوره کشف مسیر به اتمام رسیده و مسیر برقرار شده

جدید، اکنون می‌تواند جهت ارسال بسته‌های داده منتظر در بافر استفاده شود. زمانی که یک مسیر به سمت یک مقصد مشخص ایجاد می‌شود، هر نود در امتداد یک مسیر مشخص باید تعدادی از لینک‌ها یا مکانیزم‌های لایه شبکه را جهت انجام نگهداری مسیر استفاده کند. به عبارت دیگر، نود جاری تلاش می‌کند تا بداند که پرش بعدی به طرف مقصد در دسترس می‌باشد یا نه. در AODV، نگهداری مسیر معمولاً با الزام ارسال پیام Hello دوره‌ای در فواصل زمانی مشخص توسط نودها به تمام همسایگان‌شان، انجام می‌پذیرد. عدم موفقیت یک نود در دریافت دو پیام Hello متوالی از جانب یک همسایه، چنین در نظر گرفته می‌شود که لینک مابین نود و آن همسایه منقضی شده است. سپس، یک پیام خطای مسیر (RERR) جهت آگاه‌سازی نودها از چنین شکست لینک ایجاد می‌گردد. چنانچه پیام RERR در طول مسیر پیش می‌رود، هر نود، جدول مسیریابی خود را با غیر معتبرسازی مسیر متناظر به‌روزرسانی می‌کند. در نهایت، مسیرهای شکسته شده، از جدول مسیریابی هر کدام از نودها حذف خواهند شد [7].

قالب پیام‌های RREQ و RREP مربوط به الگوریتم AODV کلاسیک در شکل ۱-الف و ۱-ب نشان داده شده است. رکوردهای جدول مسیریابی هر گره نیز دارای فیلدهایی به صورت شکل ۲ می‌باشد.

آدرس نود مبدأ	آدرس نود مقصد	شماره دنباله مبدأ	شماره دنباله مقصد	شماره درخواست	تعداد پرش ها
------------------	------------------	-------------------------	-------------------------	------------------	-----------------

شکل ۱-الف: قالب پیام RREQ در AODV کلاسیک

آدرس نود مبدأ	آدرس نود مقصد	شماره دنباله مقصد	زمان حیات	تعداد پرش ها
------------------	------------------	-------------------------	--------------	-----------------

شکل ۱-ب: قالب پیام RREP در AODV کلاسیک

آدرس نود مقصد	شماره دنباله مقصد	پرش بعدی به سمت مقصد	زمان حیات	ثبات‌های مسیریابی	تعداد پرشها تا مقصد
------------------	-------------------------	----------------------------	--------------	----------------------	---------------------------

شکل ۲: فیلدهای موجود در جدول مسیریابی هر نود در AODV کلاسیک

۳- روش پیشنهادی

در الگوریتم کلاسیک AODV هر نود بمحض دریافت یک RREQ از یکی از همسایه‌ها، RREQهای مشابه بعدی را حذف می‌کند. این عمل سبب دریافت تنها یک درخواست مسیر از طرف همه همسایه‌ها به آن نود برای یک مقصد مشخص، گردیده و در نهایت باعث کشف تنها یک مسیر از طریق همان نود به آن

مقصد می‌گردد. در روش پیشنهادی، در صورتی که پیامهای RREQ به مقصد و یا هر نود آگاه از مقصد برسند، همگی آنها توسط RREQهای مجزا پاسخ داده شده و حذف نمی‌گردند. تنها RREQهایی حذف می‌شوند که از یک همسایه مشخص برای همان مقصد و بیش از یک بار دریافت شده باشند. این امر سبب ایجاد مسیرهای متعدد از نود مبدأ به نود مقصد می‌گردد. بنابراین الگوریتم جدید شامل یک روش مسیریابی چند مسیری می‌باشد. از طرفی دیگر الگوریتم AODV کلاسیک برای انجام عمل کشف مسیر، ابتدا یک بسته درخواست مسیر را به طور فراگیر در شبکه منتشر کرده و پس از کشف مسیر جدید، آن را با مسیر قبلی موجود در جدول مسیریابی-در صورت وجود- مقایسه نموده و مسیری را که جدیدتر^۵ از مسیر قبلی بوده و نیز از لحاظ تعداد پرش‌ها کمتر از دیگری باشد، به عنوان مسیر بهینه انتخاب و در جدول مسیریابی درج و یا به روز رسانی می‌کند. در نتیجه معیار سنجش الگوریتم AODV کلاسیک برای انتخاب مسیر از بین چندین مسیر کشف شده، تعداد پرش‌های موجود در مسیرها می‌باشد که مسیر با تعداد پرش کمتر به عنوان مسیر بهینه انتخاب می‌شود.

در شبکه‌های سیار موردی، گره‌ها از باتری و یا منابع اتمام‌پذیر برای تأمین انرژی استفاده می‌کنند و لذا اتمام انرژی یک نود سبب خاموش شدن آن نود در شبکه و به تبع آن انقضای کلیه مسیرهایی که نود مذکور به عنوان نود میانی در آنها بوده است می‌گردد. بدیهی است مسیرهایی که دارای متوسط انرژی کمتری در نودهایشان باشند، احتمال شکست در آن مسیرها بالاتر است. بنابراین در الگوریتم جدید در طول فرآیند کشف مسیر، میزان متوسط انرژی نیز برای هر مسیر کشف شده، محاسبه گردیده و در اختیار نود درخواست کننده مسیر قرار می‌گیرد. نود درخواست کننده نیز از بین چندین مسیر کشف شده، مسیری را بعنوان مسیر بهینه انتخاب و در جدول مسیریابی‌اش ذخیره و یا به روز رسانی می‌کند که تعداد پرش آن نسبت به سایر مسیرها کمتر بوده و نیز میانگین انرژی آن نسبت به سایر مسیرها بیشتر باشد. در ادامه به بررسی نحوه محاسبه میزان انرژی مسیر و نیز عملکرد الگوریتم AODV با اعمال روش جدید می‌پردازیم.

۳-۱- عملکرد الگوریتم با اعمال روش پیشنهادی

با بکارگیری روش پیشنهادی در الگوریتم AODV، یک فیلد جدید به نام «انرژی» به بسته پیام پاسخ مسیر اضافه می‌گردد. این فیلد برای محاسبه و انتقال میزان انرژی بین نودها در

هر مسیر می‌باشد. هر نود شروع کننده ارسال پیام RREP، ابتدا مقدار عددی انرژی خود را در فیلد جدید در پیام RREP قرار داده و به نود میانی بعدی به سمت مبدأ ارسال می‌کند. نود دریافت کننده RREP نیز مقدار انرژی خود را با مقدار موجود در فیلد انرژی جمع کرده و دوباره آن را به نود میانی بعدی به سمت مبدأ ارسال می‌دارد. این فرآیند تا زمانی ادامه می‌یابد که در نهایت پیام RREP به نود مبدأ برسد. بنابراین، در هر نود میانی، مقدار فیلد انرژی، مجموع انرژی آن نود میانی تا نود مقصد می‌باشد. بدین ترتیب زمانی که پیام RREP به نود مبدأ می‌رسد، نود مبدأ مجموع کل انرژی نودهای مسیر کشف شده را در اختیار خواهد داشت که با تقسیم این مقدار به تعداد پرش‌های مسیر، میانگین انرژی مسیر محاسبه خواهد شد.

علاوه بر فیلد اضافه شده به پیام RREP، فیلد جدید دیگری نیز به نام «میانگین انرژی مسیر» به رکوردهای جدول مسیریابی هر نود اضافه می‌گردد که مقدار آن برای هر مسیر انتخاب شده برابر با میانگین انرژی آن مسیر می‌باشد. بنابراین با اعمال روش پیشنهادی در الگوریتم AODV، قالب پیامهای RREP و نیز ساختار جدول مسیریابی به صورت شکل‌های ۳-الف و ۳-ب تغییر پیدا می‌کند.

آدرس نود مبدأ	آدرس نود مقصد	شماره دنباله مقصد	زمان حیات	تعداد پرش‌ها	طول و عرض جغرافیایی	انرژی
---------------	---------------	-------------------	-----------	--------------	---------------------	-------

شکل ۳-الف: فیلدهای موجود در پیام پاسخ مسیر در روش جدید

آدرس نود مقصد	شماره دنباله مقصد	پرش بعدی به سمت مقصد	زمان حیات	ثبات‌های مسیریابی	تعداد پرش‌ها تا مقصد	میانگین انرژی مسیر
---------------	-------------------	----------------------	-----------	-------------------	----------------------	--------------------

شکل ۳-ب: فیلدهای موجود در جدول مسیریابی هر نود در روش جدید

با توجه به اینکه میانگین انرژی تمام مسیرهای کشف شده در اختیار نود مبدأ قرار می‌گیرد، لذا مسیری انتخاب می‌گردد که نه تنها تعداد پرش کمتری دارد بلکه از نظر میزان انرژی نیز بالاتر از سایر مسیرها می‌باشد. بدین ترتیب با بکارگیری روش جدید، با توجه به اینکه، تعداد مسیرهای کشف شده مابین نود مبدأ و نود مقصد افزایش پیدا می‌کند، لذا امکان مقایسه مسیرهای متعددی برای انتخاب مسیر بهینه وجود دارد و در نهایت مسیر انتخابی نهایی که در جدول مسیریابی نود مبدأ ذخیره می‌گردد، متوسط انرژی بالاتر و تعداد پرش کمتری نسبت به سایر مسیرها دارد.

۴- ارزیابی کارآیی الگوریتم پیشنهادی

۴-۱- پارامترهای شبیه‌سازی

همه شبیه‌سازی‌ها برای روش پیشنهادی، بوسیله شبیه‌ساز شبکه Glomosim [8,9] انجام شده‌اند. مدل تحرک نودها در این شبیه‌سازی‌ها [10] Random Way Point می‌باشد. ابعاد محیط شبیه‌سازی در اندازه‌های $800m \times 800m$ تا $1600m \times 1600m$ در شبیه‌سازی‌های مختلف در نظر گرفته شده است و حداقل رنج رادیویی هر نود 250 m می‌باشد. مدل انتشار 2-Ray Path Loss بوده، در لایه MAC، پروتکل IEEE 802.11 استفاده شده و پهنای باند 2 mbps است. سرعت حرکت نودها در شبیه‌سازی‌های مختلف بین 0m/s تا 10m/s و زمان توقف نیز به صورت تصادفی بین ۱۰ تا ۳۰۰ ثانیه انتخاب شده است. تعداد نودها در شبیه‌سازی‌های مختلف به صورت متغیر از ۲۰ نود تا ۷۰ نود، در نظر گرفته شده و هر نقطه از نمودارها از میانگین ۳۰ بار اجرای شبیه‌سازی با نودهای توزیع شده در موقعیت‌های اولیه متفاوت بدست آمده است. بعد از توزیع اولیه نودها به صورت تصادفی در محیط شبیه‌سازی، نودها به مدت ۶۰ ثانیه حرکت می‌کنند تا در سرتاسر محیط شبیه‌سازی توزیع شوند. سپس ۲۰ جلسه داده^۶ شروع می‌شود. اندازه بسته داده ۵۱۲ بایت بوده و نرخ ارسال ۴ بسته بر ثانیه است. ماکزیمم تعداد بسته‌ها که می‌تواند در هر نشست داده ارسال شود ۶۰۰۰۰ است. از این رو یک توده ۶۰۰۰۰ بسته‌ای می‌تواند به وسیله ۲۰ مقصد انتخاب شده دریافت شود. ۲۰ مبدأ و ۲۰ مقصد به صورت تصادفی انتخاب می‌شوند. در شبیه‌سازی‌های مختلف، همه نودها با سرعت معین و مساوی بین ۰ تا ۱۰ متر بر ثانیه حرکت می‌کنند. حرکت در طول شبیه‌سازی برای یک پریود ۱۸۰۰ ثانیه‌ای ادامه می‌یابد. تمام جلسات داده از مدل ترافیک CBR (نرخ بیت ثابت) استفاده کرده و تعداد نودهای کلاینت و سرور به صورت تصادفی انتخاب شده است.

۴-۲- نتایج شبیه‌سازی

شبیه‌سازی‌های روش پیشنهادی بر اساس ویژگیهای محیط و نودها، در سه حالت مختلف زیر انجام گرفته است:

• شبیه‌سازی در سرعت‌های مختلف نودها

در این حالت تعداد نودها ۵۰ و اندازه محیط ۱۰۰۰ متر در ۱۰۰۰ متر در نظر گرفته شده است. اما سرعت نودها از ۰ تا ۱۰ متر بر ثانیه در شبیه‌سازی‌های مختلف، متغیر می‌باشد.

• شبیه‌سازی در تعداد متفاوت نودها

در این حالت اندازه محیط ۱۰۰۰ متر در ۱۰۰۰ متر و سرعت حرکت نودها مابین ۰ تا ۳ متر بر ثانیه در نظر گرفته شده است. ولی تعداد نودها در شبیه‌سازی‌های مختلف از ۲۰ تا ۷۰ نود متغیر است.

• شبیه‌سازی در اندازه‌های متفاوت محیط

در این حالت نیز تعداد نودها ثابت و برابر ۵۰ در نظر گرفته شده و سرعت نودها مابین ۰ تا ۳ متر بر ثانیه است. اما اندازه محیط از ۸۰۰ متر در ۸۰۰ متر تا ۱۸۰۰ متر در ۱۸۰۰ متر در شبیه‌سازی‌های مختلف، متغیر است.

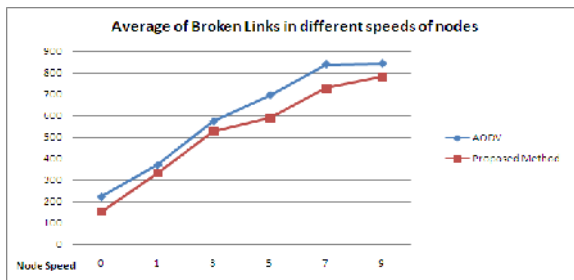
۴-۳- متریک‌های شبیه‌سازی

برای ارزیابی کارآیی الگوریتم پیشنهادی و مقایسه آن با الگوریتم AODV کلاسیک، سه متریک متوسط نرخ دریافت بسته‌های داده، میانگین شکست لینک‌ها و سرباره مسیریابی در حالت‌های مختلف شبیه‌سازی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در ادامه نتایج شبیه‌سازی‌ها و نمودارهای مربوطه به تفکیک سه متریک فوق ارائه شده و تأثیر روش پیشنهادی در این متریک‌ها در مقایسه با الگوریتم AODV کلاسیک، مورد بررسی قرار گرفته است.

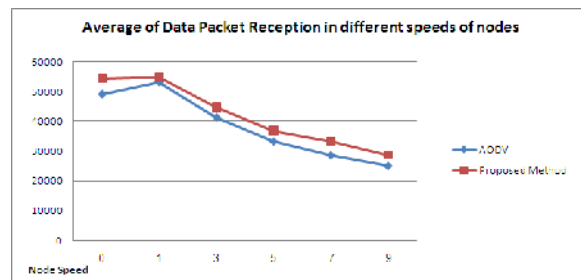
• نرخ دریافت بسته داده^۷

تعداد بسته‌های داده دریافت شده در مقصدهای مشخص را نرخ دریافت بسته داده می‌گویند. در این بخش متوسط نرخ دریافت بسته داده در شبیه‌سازی با سرعت‌های متفاوت نودها، تعداد مختلف نودها و اندازه‌های مختلف محیط به ترتیب مطابق نمودار شکل‌های ۴-الف، ۴-ب و ۴-ج محاسبه و بررسی شده است.

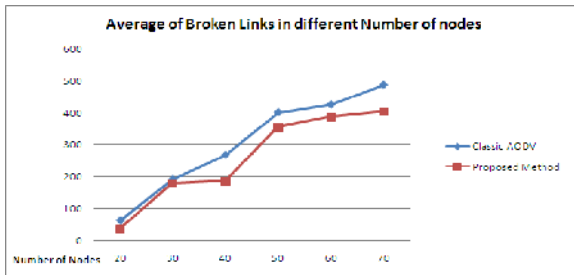
مسیرهای دارای میانگین انرژی بالاتر دارای پایداری بیشتری نسبت به مسیرهای دارای میانگین انرژی پایین‌تر بوده و احتمال شکست در آنها کمتر است. به عبارت دیگر در مسیرهای پر انرژی احتمال انقضای لینک‌های مابین نودها نسبت به مسیرهای کم انرژی پایین‌تر است. لذا میزان بسته‌های داده‌ای که به طور کامل به مقصد می‌رسند و به دلیل شکست مسیر از بین نمی‌روند، در چنین مسیرهایی بیشتر است. با توجه به نمودارهای مربوطه در شکل ۴، این مساله در هر سه حالت شبیه‌سازی کاملاً مشهود است.



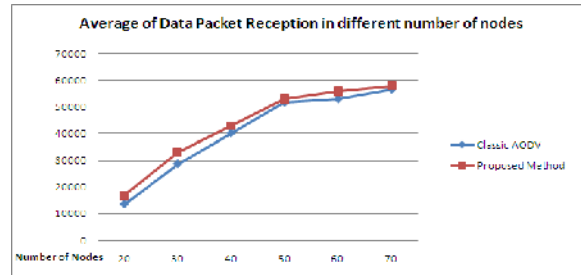
شکل ۵-الف: میانگین لینک‌های شکسته در روش پیشنهادی و AODV کلاسیک در شرایط سرعت‌های مختلف نودها



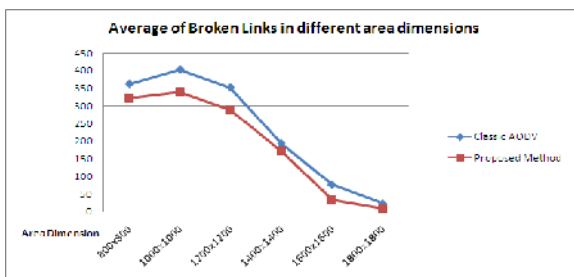
شکل ۴-الف: متوسط نرخ دریافت بسته داده در روش پیشنهادی و AODV کلاسیک در شرایط سرعت‌های مختلف نودها



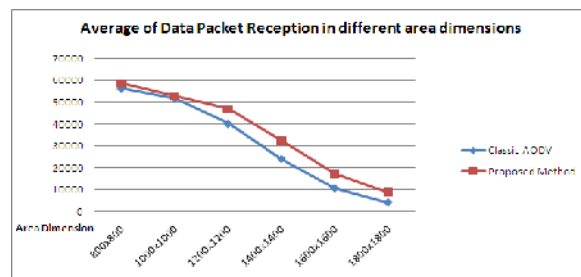
شکل ۵-ب: میانگین لینک‌های شکسته در روش پیشنهادی و AODV کلاسیک در شرایط تعداد مختلف نودها



شکل ۴-ب: متوسط نرخ دریافت بسته داده در روش پیشنهادی و AODV کلاسیک در شرایط تعداد مختلف نودها



شکل ۵-ج: میانگین لینک‌های شکسته در روش پیشنهادی و AODV کلاسیک در شرایط اندازه‌های مختلف محیط



شکل ۴-ج: متوسط نرخ دریافت بسته داده در روش پیشنهادی و AODV کلاسیک در شرایط اندازه‌های مختلف محیط

• میانگین سرباره مسیریابی^۹

تعداد انتقالات بسته‌های کنترلی لایه شبکه سرباره مسیریابی نامیده می‌شود. در این بخش، سرباره مسیریابی در شبیه‌سازی با سرعت‌های متفاوت نودها، تعداد متغیر نودها و اندازه‌های مختلف محیط بررسی شده و نمودارهای آن به ترتیب در شکل‌های ۶-الف، ۶-ب و ۶-ج نشان داده شده است. همانگونه در تمام نمودارها مشهود است، سرباره مسیریابی در روش پیشنهادی در همه حالات شبیه‌سازی تا حدودی بیشتر از حالت کلاسیک الگوریتم AODV می‌باشد. این مسأله به دلیل حالت چند مسیری بودن روش پیشنهادی می‌باشد. بدین معنی که تعداد مسیرهای کشف شده نسبت به الگوریتم کلاسیک زیادتر بوده و در نتیجه بسته‌های کنترلی بیشتری در سطح شبکه ایجاد و توزیع می‌گردند که این مسأله سبب بوجود آمدن نتایج بهتری

• میانگین شکست لینک‌ها^۸

متوسط لینک‌های شکسته شده برای همسایه‌های هر نود در شبیه‌سازی‌های متفاوت، با سرعت‌های مختلف نودها، تعداد مختلف نودها و در اندازه‌های مختلف محیط، به ترتیب در نمودار شکل‌های ۵-الف، ۵-ب و ۵-ج، نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، در روش پیشنهادی، لینک‌های کمتری نسبت به الگوریتم کلاسیک در همه حالت‌ها شکسته شده‌اند. این موضوع اشاره به این نکته مهم دارد که با استفاده از روش پیشنهادی جدید، فقط مسیرهایی انتخاب شده‌اند که پایداری آنها بیشتر است. بدین نحو که از میان چندین مسیر کشف شده مسیری که امکان شکست آن به دلیل اتمام منابع انرژی کمتر است انتخاب می‌گردد، لذا میزان لینک‌های شکسته شده در کل کاهش می‌یابد.

انرژی نودهای همه مسیرهای کشف شده را محاسبه می‌کند تا مسیری که علاوه بر داشتن تعداد پرش کمتر دارای انرژی بالاتری نسبت به سایر مسیرها می‌باشد، به عنوان مسیر ارسال داده در جدول مسیریابی ذخیره و یا به روزرسانی گردد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که متریک‌های نرخ دریافت بسته داده و متوسط شکست لینک به میزان خاصی نسبت به الگوریتم AODV کلاسیک بهبود می‌یابد.

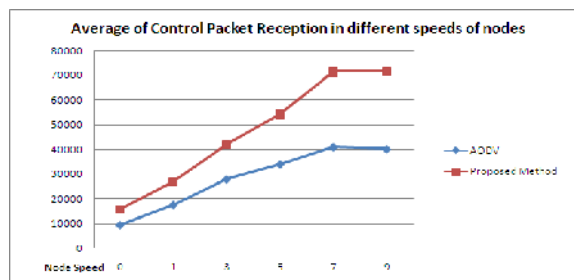
مراجع

- [1] C. S. R. Murthy and B.S. Manoj, "Ad Hoc Wireless Networks Architectures and Protocols", PRENTICE HALL, 2004.
- [2] L.M. Feeney, "A taxonomy for Routing Protocols in Mobile Ad-hoc Network.", www.sics.se/~lmfeeney/huc.pdf
- [3] C. E. Perkins, E. M. Royer, "Ad Hoc On Demand Distance Vector Routing", In Proceedings of 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp. 90-100, 1999.
- [4] X. Jing and M. Lee, "Energy-Aware Algorithms for AODV in Ad Hoc Networks," in Proceedings of Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU 2004), Yokosuka, Japan, 2004
- [5] H. Jutao, Z. Jingjing and L. Minglu, "Energy level and link state aware AODV route request forwarding mechanism research", WSEAS TRANSACTIONS on COMMUNICATIONS, v.8 n.2, p.290-299, 2009.
- [6] C. Jianglian, Z. Zhaoxiao, Z. Wenli, P. Tingrui, "Energy-aware AODV Routing for Ad Hoc Networks," International Conference on Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing, vol. 2, pp. 466-468, 2009.
- [7] C. E. Perkins, E. M. Royer and S.R. Das, "Ad-hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing", IETF RFC 3561, 2003.
- [8] X. Zeng, R. Bagrodia and M. Gerla, "GloMoSim: A library for parallel simulation of large-scale wireless networks", In PADS '98, 1998.
- [9] <http://pcl.cs.ucla.edu/projects/domains/gloimosim.html>
- [10] C. Bettstetter and C. Wagner, "The spatial node distribution of the random way-point mobility model", In Proc. German Workshop on Mobile ad hoc Networks (WMAN), Ulm, Germany, GI Lecture Notes in Informatics, no. P-11, pp. 41-58, 2002.

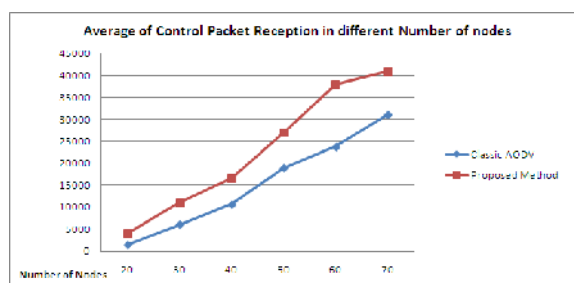
زیر نویس‌ها

- 1 Mobile Ad hoc Networks - MANET
- 2 Proactive (Table Driven)
- 3 Reactive (On-Demand)
- 4 Ad hoc On demand Distance Vector Routing
- 5 Fresh-Enough
- 6 Data Session
- 7 Data Packet Reception
- 8 Broken Links
- 9 Routing Overhead

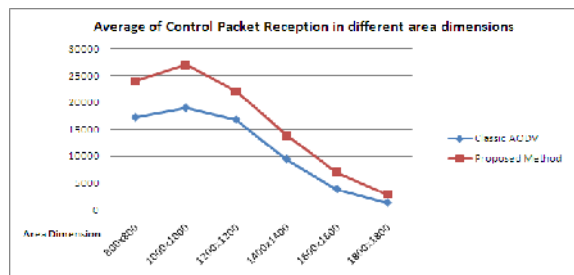
در نرخ دریافت بسته داده و میانگین لینک‌های شکسته در شبکه می‌شود اما باعث افزایش سرباره مسیریابی می‌گردد.



شکل ۶-الف: متوسط سرباره مسیریابی در روش پیشنهادی و AODV کلاسیک در شرایط سرعت‌های مختلف نودها



شکل ۶-ب: متوسط سرباره مسیریابی در روش پیشنهادی و AODV کلاسیک در شرایط تعداد مختلف نودها



شکل ۶-ج: متوسط سرباره مسیریابی در روش پیشنهادی و AODV کلاسیک در شرایط اندازه‌های مختلف محیط

۵- نتیجه‌گیری

در الگوریتم کلاسیک AODV پس از مرحله کشف مسیر، تنها معیار انتخاب مسیر بهینه به مقصد از میان مسیرهای موجود قبلی و کشف شده فعلی، تعداد پرش‌های مسیر می‌باشد که در برخی از موارد معیار کافی و مناسبی برای انتخاب مسیر بهینه نمی‌باشد. زیرا کم بودن تعداد پرش‌ها در یک مسیر، همیشه دلیل بر بهینه بودن مسیر نمی‌باشد. در این مقاله روش جدیدی ارائه گردید که اولاً مسیریابی در الگوریتم AODV را به صورت چندمسیری انجام داده و ثانیاً برای انتخاب مسیر بهینه، میانگین