

یک روش جدید برای انتخاب مسیر بهینه در الگوریتم AODV با استفاده از معیارهای چندگانه

رضا قنبرزاده^۱؛ محمدرضا میبدی^۲

چکیده

شبکه‌های موردنی سیار^۱ نوع خاصی از شبکه‌های بی‌سیم می‌باشند که قادر ساختار ثابت بوده و قابلیت جابجایی نودها در آنها وجود دارد که چنین ویژگی‌هایی بر بیچیدگی این شبکه‌ها افزوده است. این نوع از شبکه‌ها بدون هیچگونه ساختار مشخصی بربا 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 [۲]^۲ AODV^۳ اشاره نمود.

در این مقاله روش جدیدی برای بهبود مسیریابی در الگوریتم AODV با بکارگیری معیارهای چندگانه ارائه گردیده است، به نحوی که جهت پیدا کردن مسیر بهینه از نو مبدأ به یک مقصد مشخص، علاوه بر بررسی معيار تعداد پرش^۴‌ها، معیارهای دیگری چون فاصله نود مبدأ تا نود مقصد، انرژی نودهای مسیر و همچنین ترافیک داده‌ای موجود در مسیر را نیز بررسی کرده و مسیر بهینه را با در نظر گرفتن کلیه معیارهای فوق به صورت چند مسیره انتخاب کند. نتایج شبیه‌سازی ثابت می‌کند که الگوریتم جدید در اکثر موارد بهتر از الگوریتم کلاسیک AODV عمل می‌کند.

کلمات کلیدی:

شبکه‌های موردنی سیار، الگوریتم‌های مسیریابی، AODV، مسیر بهینه چندمعیاری، معیارهای چندگانه

A new method to find optimum path in AODV algorithm using multiple criteria

Reza Ghanbarzadeh; Mohammad Reza Meybodi

ABSTRACT

Mobile Ad hoc Network (MANET) is a multi-hop wireless network formed by a collection of mobile nodes without any fixed infrastructure. This type of networks set up without any specific structure and they often are used in military wars, rescue operations in damaged areas, conferences and Etc. Considering the features available in this type of networks, several routing protocols have been presented which AODV protocol can be noted.

In this paper a new method to improve AODV routing algorithm by using multiple criteria has been presented, so that to find the optimal path from a source node to a specific destination, addition to consider the Hop numbers, other criteria such as distance from source node to destination node, energy of route and data traffic of route also to review, and optimum path with regard to all the above criteria will be selected using multi-path routing. Simulation results prove that the new algorithm in most cases operates better than AODV classical algorithm.

KEYWORDS

MANET, Routing Algorithms, AODV, Multi-objective optimum path, multiple criteria

۱ دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی، هریس، ایران . ghanbarzadeh@herisau.ac.ir

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

۱. مقدمه

امروزه شبکه‌های موردي سیار به دلیل کاربردهای وسیعی که دارند و همچنین سرویسهایی که ارائه می‌دهند، رشد چشمگیری داشته‌اند. این شبکه‌ها در حال توسعه سریعی هستند و سرویسهای ارائه شده هم روز بروز بهتر و بیشتر می‌شوند. از نظر معماری، شبکه‌های بی‌سیم 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 موردي، 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 مسیریاب عمل می‌کند و گره‌ها خود، مسئول انتقال پسته‌ها به سایر گره‌های سیار موجود در شبکه می‌باشند. غالباً تپولوژی شبکه سیار موردي از گره‌هایی تشکیل می‌شود که به طور پویا و مداوم به شبکه وارد و یا خارج می‌شوند. هیچ کنترل مرکزی یا ساختاربندی ثابتی برای پشتیبانی پیکربندی شبکه و یا پیکربندی دوباره شبکه وجود ندارد^[۱]. این شبکه‌ها بطور کلی ترکیبی از گره‌های یکسان می‌باشند که بدون هیچ‌گونه کنترل مرکزی و بصورت بدون سیم با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. به علت طبیعت ناپایدار شبکه‌های موردي سیار مساله کشف و نگهداری مسیر از اهمیت خاصی برخوردار است. دو عامل فقدان پنهانی باند زیاد و توان باطری محدود در هر گره، سبب می‌شود که به دنبال یک شیوه مسیریابی مقرر به صرفه باشیم. انتقال پسته‌ها 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 پسته 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 ویژگیهای مزایای خاصی می‌باشند. از نقطه نظر شیوه برنامه‌ریزی، پروتکل‌های مسیریابی بر دو نوع مبتنی بر جدول^۲ و مبتنی بر تقاضا^۳ تقسیم می‌شوند^[۴]. یکی از مشهورترین الگوریتم‌های مسیریابی برای شبکه‌های موردي الگوریتم AODV می‌باشد که توسط Perkins [۲] پیشنهاد شده است. این الگوریتم مبتنی بر تقاضا بوده و جزو کارآمدترین الگوریتم‌های مسیریابی به شمار می‌رود.

مقالات متعددی در خصوص بهبود مسیریابی الگوریتم AODV و نیز استفاده از معیارهای متعدد در انتخاب مسیر بهینه در الگوریتم‌های مسیریابی، ارائه گردیده است. عنوان مثال در [۶] یک روش جدید آگاه از انرژی نودها برای مسیریابی در AODV برای بهبود طول عمر شبکه ارائه شده است. در [۷] یک الگوریتم چند مسیره بر مبنای AODV ارائه شده است که بر اساس مسافت بین مبدأ و مقصد، مسیر بهینه را از میان چندین مسیر انتخاب می‌کند.

در این مقاله متد جدیدی پیشنهاد شده است تا نحوه عملکرد الگوریتم AODV را در انتخاب مسیر بهینه به صورت چند معیاری تغییر داده و برای ارسال پسته‌های داده، مسیری را انتخاب کند که با در نظر گرفتن چندین معیار، بهترین باشد. بدین صورت که در هنگام کشف مسیر معیارهای جدیدی از قبیل فاصله نود مبدأ تا نود مقصد، انرژی و ترافیک داده‌ای مسیر را نیز علاوه بر معیار تعداد پرش‌ها برای هر مسیر محاسبه نموده و مسیری را به عنوان مسیر بهینه انتخاب کند که با در نظر گرفتن همه معیارهای فوق بهترین باشد. سپس آن مسیر را در جدول مسیریابی ذخیره و یا به روز رسانی کند.

در بخش ۲ این مقاله، معرفی کوتاه بر الگوریتم AODV کلاسیک انجام گرفته، در بخش ۳، الگوریتم پیشنهادی جدید، در بخش ۴ ارزیابی کارآیی 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 پسته داده به یک نود مقصد داشته باشد، چنانچه هیچ‌گونه اطلاعات 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 یک پیام RREQ، هر نود ابتدا یک مسیر معکوس جهت برگشت به نود مبدأ ایجاد و یا به روزرسانی 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 پسته 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 دریافت یک پسته RREP به روزرسانی می‌شود. زمانی که RREP در نهایت به نود مبدأ رسید، دوره کشف مسیر به اتمام رسیده و مسیر برقرار شده جدید، اکنون می‌تواند جهت ارسال پسته‌های دادهمنتظر 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 پرسش 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 متواتی از جانب یک همسایه، چنین در نظر گرفته می‌شود که لینک مابین نود و آن همسایه منقضی شده است. سپس، یک پیام خطای مسیر (RRER) جهت آگاهسازی نودها از چنین شکست لینک ایجاد می‌گردد. چنانچه پیام RRER 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 خواهد شد.^[۳]. قالب پیامهای RREQ و RREP مربوط به الگوریتم AODV کلاسیک در شکل ۱ (الف و ب) نشان داده شده است.

آدرس نود مبدا	آدرس نود مقصد	شماره دنباله مبدا	شماره دنباله مقصد	شماره درخواست	تعداد پرش‌ها
------------------	------------------	----------------------	----------------------	------------------	-----------------

شکل ۱-الف- قالب پیام RREQ

آدرس نود مبدا	آدرس نود مقصد	آدرس نود مقصد	شماره دنباله مقصد	زمان حیات	تعداد پرش‌ها
------------------	------------------	------------------	-------------------	--------------	-----------------

شکل ۱-ب- قالب پیام RREP

سطرهای جدول مسیریابی هر گره نیز دارای اطلاعاتی به صورت شکل ۲ می‌باشد.

آدرس نود مقصد	شماره دنباله مقصد	پرش بعدی به سمت مقصد	زمان حیات	ثبات‌های مسیریابی	تعداد پرش‌های لازم برای رسیدن به مقصد
------------------	----------------------	-------------------------	--------------	----------------------	--

شکل ۲- فیلدهای موجود در جدول مسیریابی هر نود

۳. روش پیشنهادی

الگوریتم کلاسیک AODV برای انجام عمل کشف مسیر، ابتدا یک بسته درخواست مسیر را به طور فرآگیر در شبکه منتشر کرده و پس از انجام کشف مسیر جدید، آن را با مسیر قبلی موجود در جدول مسیریابی (در صورت وجود) مقایسه نموده و مسیری را که جدیدتر از مسیر قبلی بوده و نیز از لحظه تعداد پرش‌ها کمتر از دیگری باشد، را به عنوان مسیر بهینه انتخاب و بسته داده را از طریق آن مسیر به مقصد ارسال می‌کند. اما همیشه مقایسه تعداد پرش‌ها، معیار سنجش کافی و دقیقی برای انتخاب مسیر بهینه نیست.

روش جدیدی که در این مقاله پیشنهاد شده است AODV را قادر می‌سازد تا علاوه بر اعمال یک روش مسیریابی چند-مسیره^۷، در طول فرآیند کشف مسیر معیارهای دیگری همچون انرژی نودهای مسیر، فاصله نود مبدأ تا نود مقصد، و ترافیک داده‌ای نودهای مسیر را نیز برای هر مسیر کشف شده محاسبه کرده و در نهایت مسیری که از نظر همه معیارهای ذکر شده بهینه باشد را عنوان مسیر نهایی انتخاب و در جدول مسیریابی ذخیره کرده و بسته داده را از طریق آن مسیر به مقصد ارسال کند. در الگوریتم AODV جدول مسیریابی نود مبدأ زمانی به روزرسانی می‌شود که یکی از سه شرط زیر برقرار باشد :

(الف) اگر هیچ مسیر شناخته شده‌ای به مقصد نداشته باشد.

(ب) اگر شماره ترتیب مقصد بزرگتر از شماره‌ای باشد که در جدول مسیریابی برای آن مقصد درج شده است.

(ج) اگر شماره ترتیب یکسان باشد ولی مسیر جدید دارای تعداد پرش‌ها کمتری باشد.

در الگوریتم جدید علاوه بر بررسی موارد الف و ب، در قسمت ج، بجای بررسی تنها تعداد پرش‌ها، سه معیار دیگر نیز به همراه تعداد پرش‌ها، بررسی شده و مسیری که بلحاظ کلیه معیارهای ذکر شده، بهینه باشد را به عنوان بهترین مسیر در جدول مسیریابی به روزرسانی کند. در ادامه ابتدا به بررسی هر کدام از معیارهای جدید می‌پردازیم.

۰ معيار فاصله نودها

فرض بر این است که همه نودها مجهز به سیستم موقعیت‌یاب جهانی^۸ بوده و در هر لحظه طول و عرض جغرافیابی خود را می‌دانند. هر نود شروع کننده ارسال پیام RREP، با ارسال طول و عرض جغرافیابی خود در فیلد جدیدی، به نود میانی بعدی در مسیر معکوس، آن نود را قادر می-سازد تا فاصله خود و نود ارسال کننده را با استفاده از فرمول (۱) محاسبه کند. به این ترتیب مقدار فاصله نیز در هر پوش در فیلد جدید دیگری به نام فاصله، به نود میانی بعدی در مسیر معکوس ارسال می‌گردد. نود میانی بعدی نیز باز فاصله خود و نود ارسال کننده را محاسبه و با مقدار قبلی

این فیلد جمع و به نود میانی بعدی به سمت مبدا ارسال می‌کند. در نهایت حاصل جمع این معیار به نود مبدأ می‌رسد. بدین ترتیب در زمان رسیدن پیام RREP به نود مبدأ، نود مبدأ فاصله خود تا نود مقصد را برای مسیر مربوطه در اختیار خواهد داشت.

$$= \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

در فرمول فوق (x_1, y_1) طول و عرض جغرافیایی نود ارسال کننده پیام RREP بوده و (x_2, y_2) طول و عرض جغرافیایی نود میانی دریافت کننده آن پیام در هر پرس می‌باشد.

۰ معیار انرژی نودها

با فرض اینکه نودها کامپیوترهای کیفی و وسایل بی‌سیم قابل حمل می‌باشند، لذا دارای باتری و یا منابع انرژی اتمام پذیر بوده و احتمال کاهش و اتمام انرژی آنها وجود دارد. بنابراین ممکن است در یک مسیر یکی از نودها خاموش شده و سبب شکست مسیر گردد. لذا همانند معیار قبلی، با ارسال مقدار انرژی هر نود توسط فیلد جدیدی در پیام RREP و محاسبه مجموع انرژی نودهای مسیر به ترتیب از مقصد تا نود مبدأ در طول فرآیند کشف مسیر، می‌توان مقدار کل انرژی هر مسیر را بدست آورد. مقدار انرژی هر نود را می‌توان عددی مابین ۱ و ۱۰۰ در نظر گرفت که میزان ۱۰۰ به معنی کامل بودن انرژی و میزان ۱ به معنی اتمام انرژی آن نود می‌باشد. برای اینکار بدین صورت عمل می‌شود که مقدار این فیلد جدید در ابتدا در نود مقصد و یا هر نود میانی که شروع به ارسال پیام RREP ارسال می‌کند، برابر با مقدار انرژی آن نود می‌باشد. هر نود میانی دریافت کننده پیام RREP مقدار انرژی خود را بدان اضافه کرده و دوباره پیام را ارسال می‌کند. بدین ترتیب زمانی که پیام RREP به مبدأ می‌رسد، مجموع انرژی کل مسیر به صورت یک عدد ثابت محاسبه می‌شود.

۰ معیار ترافیک دادهای نودها

معیار دیگری که علاوه بر دو معیار فوق در نظر خواهیم گرفت، میزان ترافیک دادهای یک مسیر در شبکه می‌باشد. بدین نحو که هر نود می‌تواند فیلد جدیدی را در خود داشته باشد که به ازای هر بار ارسال بسته دادهای از خود آن نود و یا به عنوان یک نود میانی، به نودهای دیگر، یک واحد به مقدار آن فیلد افروزد شود، لذا مقدار این فیلد در هر زمان نشان دهنده تعداد بسته‌های دادهای دادهای است که تاکنون از طریق آن نود به نودهای دیگر ارسال شده است که می‌توان آن را میزان ترافیک دادهای آن نود در شبکه نام‌گذاری کرد. هر قدر یک نود از لحاظ موقعیت مکانی در مرکزیت شبکه قرار گرفته باشد، میزان ترافیک دادهای آن نود در شبکه بیشتر خواهد بود. در شرایط شلوغی شبکه و ترافیک بالای داده‌ها، باید از صفت‌بندی در نودهای با ترافیک بالا استفاده شود که خود برای مسیریابی زمانگیر است. زیرا اگر تعداد بسته‌های ارسالی از این نود بالا باشد، بسته‌ها باید برای انتقال توسط این نود در صفحه قرار گیرند که این امر تا حدی زمانگیر است. از طرفی ممکن است در مدت زمان انتظار برای صفت‌بندی تعدادی از لینک‌های پایدار، منقضی شوند. برای این معیار نیز همانند دو معیار فوق، مجموع مقدار این معیار می‌تواند توسط فیلد جدید ترافیک در پیام RREP در طول مسیر معکوس به نود مبدأ برسد.

۱.۳. عملکرد الگوریتم با اعمال روش پیشنهادی جدید

با بکارگیری متدهای جدید در الگوریتم AODV، در پیام پاسخ مسیر چهار فیلد به نامهای طول و عرض جغرافیایی، فاصله، انرژی و ترافیک اضافه می‌گردد. فیلد طول و عرض جغرافیایی جهت محاسبه فاصله مابین نودها و سه فیلد دیگر برای انتقال مقادیر معیارهای مربوطه مابین نودها می‌باشد. هر نود شروع کننده پیام RREP ابتدا مقادیر معیارهای خود را در فیلدهای مربوطه پیام پاسخ مسیر قرار داده و به نود میانی بعدی به سمت مبدا ارسال می‌کند. نود دریافت کننده RREP نیز مقادیر معیارهای خود را به هر کدام از مقادیر موجود اضافه کرده و دوباره به سمت نود میانی بعدی به سمت مبدا ارسال می‌دارد تا در نهایت به مبدأ برسد. در این صورت، در هر نود میانی مقدار هر فیلد، حاصل جمع معیار مربوطه از نود مقصد تا آن نود میانی می‌باشد. در این شرایط زمانی که پیام RREP به مبدأ می‌رسد، مبدا حاصل جمع مقادیر هر کدام از معیارهای فوق برای هر مسیر را در اختیار خواهد داشت. فیلد دیگری نیز در رکوردهای جدول مسیریابی ایجاد می‌گردد که مقدار آن برابر با حاصل جمع همه معیارها در کل مسیر می‌باشد. بنابراین ساختار پیام RREP و جدول مسیریابی به صورت شکل‌های ۳-الف و ب تغییر پیدا خواهد کرد.

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

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

آدرس نod مقصد	شماره دنباله مقصد	پرش بعدی به سمت مقصد	زمان حیات	ثبات های مسیریابی	تعداد پرشها تا مقصد	مجموع فاصله و ترافیک و انرژی به صورت Weighted-Sum
---------------	-------------------	----------------------	-----------	-------------------	---------------------	---

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

بنابراین با فرض اینکه مقادیر معیارهای جدید برای هر مسیر در اختیار نod مبدا می‌باشد، لذا واضح است که مسیری باید انتخاب گردد که از نظر هر چهار معیار بهینه باشد. بعارتی مسیری بهینه است که دارای فاصله، تعداد پرش و ترافیک کمتری، همچنین مقدار انرژی بیشتری نسبت به مسیرهای دیگر و یا مسیرهای قبلی پیدا شده، باشد. حال با این وجود، هر Nod مبدأ در شبکه با در دست داشتن حاصل جمع هر کدام از چهار معیار فوق برای هر مسیر، می‌تواند با عمال یک روش بهینه Pareto، بهترین مسیر را انتخاب کند. برای اینکار AODV از یک روش چندمعیاری Weighted-Sum استفاده خواهد کرد.

با توجه به اینکه در سه معیار تعداد پرش، ترافیک و فاصله، کم بودن مقادیر به عنوان ایدهآل بوده ولی در معیار انرژی بیشتر بودن مقدار آن ایدهآل می‌باشد، لذا نیاز به عمال تغییری در مقدار انرژی کل مسیر می‌باشیم. می‌توان مقدار آن را از مقدار ۱۰۰ (که مقدار حداکثر انرژی یک Nod در نظر گرفته شده است) کم کرده و حاصل را به عنوان شاخص انرژی در نظر گرفت. با این تغییر هر قدر که انرژی بیشتر باشد اختلاف آن با مقدار ۱۰۰ کمتر خواهد بود. در واقع با این تغییر، کمینه بودن انرژی برای ما به ایدهآل تبدیل خواهد شد. با فرض اینکه w_1 تعداد پرشها تا مقصد، w_2 میزان ترافیک مسیر، w_3 فاصله تا مقصد و w_4 مجموع انرژی Nodهای مسیر باشد، با استفاده از روش Weighted-Sum میزان واحد (W_p) با استفاده از فرمول (۲) بدست خواهد آمد:

$$W_p = w_1 + w_2 + w_3 + ((100 * \text{Hop Count}) - w_4) \quad (2)$$

اکنون الگوریتم AODV می‌تواند میزان ارزش مسیر P_i را که W_{pi} می‌باشد، با مسیر موجود قبلی و یا مسیرهای کشف شده دیگر مقایسه کرده و مسیری را که کمترین مقدار W_p را داشته باشد جهت ارسال بسته داده انتخاب و در جدول مسیریابی به روز رسانی کند. مقدار W_p نیز برای هر مسیر در فیلد جدید در جدول مسیریابی ذخیره خواهد شد.

از سوی دیگر، همانگونه که می‌دانیم در الگوریتم کلاسیک AODV هر Nod بمحض دریافت یک RREQ از یکی از همسایه‌ها، RREQ‌های مشابه بعدی را حذف می‌کند. تغییر دیگری که در الگوریتم کلاسیک AODV اعمال شده، این است که در صورتی که پیامهای RREQ به مقصد و یا نود آگاه از مقدار بررسنده، همگی آنها توسط RREP‌های مجرزا پاسخ داده شده و حذف نمی‌گردند. تنها RREQ‌هایی حذف می‌گردند که از یک همسایه مشابه برای همان مسیر دریافت شده باشند. این امر سبب ایجاد چندین مسیر به مقصد می‌گردد که بهترین آنها با در نظر گرفتن چهار معیار انتخاب خواهد گردید. لذا الگوریتم جدید حالت چند مسیره دارد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که روش چندمعیاری پیشنهادی با توجه به آنکه معیارهای متعددی را در انتخاب مسیر بهینه مدنظر قرار می‌دهد، لذا مسیرهای پایدارتر، کوتاه‌تر و با ترافیک پایین‌تری انتخاب می‌گردد و این امر سبب بهبود نسبی متريک‌های خاصی نسبت به الگوریتم کلاسیک AODV می‌شود.

۴. ارزیابی کارآیی الگوریتم پیشنهادی

۱.۴. پارامترهای شبیه‌سازی

همه شبیه‌سازی‌ها برای روش پیشنهادی، بوسیله شبیه‌ساز شبکه [۱۰، ۱۱] Glomosim شبیه‌سازی شده است. مدل تحرک Mord استفاده در این شبیه‌سازی [۱۲] Random Way Point می‌باشد. شبیه‌سازی در محیطی به ابعاد مختلف از $800m \times 800m$ تا $1600m \times 1600m$ در شبیه‌سازی‌های مختلف در نظر گرفته شده است و حداقل رنج رادیویی هر Nod ۲۵۰ m می‌باشد. مدل انتشار two-ray path loss MAC پروتکل IEEE ۸۰۲.۱۱ استفاده شده و پهنای باند ۲ mbps است. سرعت تحرک Nodها در شبیه‌سازی‌های مختلف بین $10m/s$ تا $20m/s$ انتخاب شده است. زمان توقف نیز به صورت تصادفی بین ۱۰ تا ۳۰۰ ثانیه انتخاب می‌شود. تعداد Nodها در شبیه‌سازی‌های مختلف به صورت متغیر از ۲۰ تا ۷۰ Nod، در نظر گرفته شده است. هر نقطه از نodemدارها از میانگین ۳۰ بار اجرای شبیه‌سازی با Nodهای توزیع شده در موقعیت‌های اولیه متفاوت بدست آمده است.

بعد از توزیع اولیه Nodها به صورت تصادفی در محیط شبیه‌سازی، Nodها به مدت ۶۰ ثانیه حرکت می‌کنند تا در سرتاسر محیط شبیه‌سازی توزیع شوند. سپس ۲۰ جلسه داده^۹ شروع می‌شود. اندازه بسته داده ۵۱۲ بایت بوده و نرخ ارسال ۴ بسته بر ثانیه است. ماکریم تعداد بسته‌ها که

می‌تواند در هر نشست داده ارسال شود ۶۰۰۰۰ بسته‌ای می‌تواند به وسیله ۲۰ مقصود انتخاب شده دریافت شود. ۲۰ مبدأ و ۲۰ مقصد به صورت تصادفی انتخاب می‌شود. 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 ۱۸۰ ثانیه‌ای ادامه می‌یابد. تمام جلسات داده از مدل ترافیک CBR (نرخ بیت ثابت) استفاده می‌کنند. تعداد نودهای کلاینت و سرور به صورت تصادفی انتخاب شده است.

۲.۴. حالت‌های شبیه‌سازی

شبیه‌سازی‌های روش پیشنهادی براساس ویژگیهای محیطی و ویژگیهای نودها، در سه حالت مختلف زیر انجام گرفته است:

- **شبیه‌سازی در حالت سرعت‌های مختلف نودها**

در این حالت تعداد نودها ۵۰ و اندازه محیط ۱۰۰۰ متر در نظر گرفته شده است. اما سرعت نودها از ۰ تا ۱۰ متر بر ثانیه متغیر می‌باشد. بدین نحو که یکبار با سرعت صفر، یکبار با سرعت مابین ۰ و ۲، سپس سرعت مابین ۲ تا ۴ و ... شبیه‌سازی‌های مختلف انجام گرفته است.

- **شبیه‌سازی در حالت تعداد متفاوت نودها**:

در این حالت اندازه محیط ۱۰۰۰ 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 ۰ تا ۷۰ نod متغیر است.

- **شبیه‌سازی در حالت اندازه‌های متفاوت محیط**

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

۳.۴. متریک‌های شبیه‌سازی

برای ارزیابی کارآیی الگوریتم پیشنهادی و مقایسه آن با الگوریتم کلاسیک AODV، متریک‌های مختلف، تحت شرایط محیطی مختلف، مورد شبیه‌سازی و ارزیابی قرار گرفته است. این متریک‌ها عبارتند از:

- **نرخ دریافت بسته داده**: تعداد بسته‌های داده دریافت شده در مقصدهای مورد نظر

- **سرواره مسیریابی**: تعداد انتقالات بسته‌های کنترلی لایه شبکه.

- **تأخیر انتها به انتها**: زمان انتقال انتها به انتها برای بسته‌های داده.

- **متوجه لینکهای شکسته شده**: متوجه لینکهای شکسته شده برای همسایه‌های هر nod در سرتاسر شبیه‌سازی.

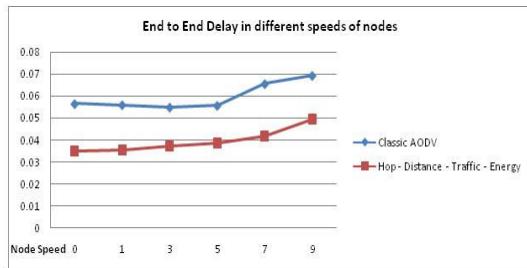
۴. نتایج شبیه‌سازی

در این بخش نتایج شبیه‌سازی‌های متعدد در شرایط محیطی و حالات مختلف نودها و با در نظر گرفتن ترکیب هر چهار معیار ذکر شده قرار داده شده است. برای این منظور متریک‌های شبیه‌سازی ذکر شده را به تفکیک در نظر گرفته و نتایج و نمودارهای شبیه‌سازی را در حالات مختلف محیطی و نتیجه تأثیر آنها در متریک ذکر شده مورد ارزیابی و بررسی قرار خواهیم داد. منظور از ترکیب چهارتایی، سه معیار فاصله، انرژی و ترافیک به همراه معیار اصلی تعداد پرش می‌باشد.

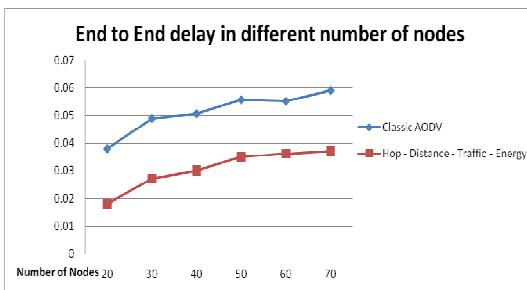
۴.۱. بروزی متریک تأخیر انتها به انتها

همانگونه که پیشتر اشاره گردید، زمان انتقال انتها به انتها برای بسته‌های داده را تأخیر انتها به انتها گویند که این مقدار شامل تأخیرهایی است که به سبب مسیریابی ایجاد شده‌اند. در این قسمت متوسط تأخیر انتها به انتها، برای الگوریتم پیشنهادی با در نظر گرفتن شرایط سرعت‌های مختلف نودها، تعداد مختلف نودها و اندازه‌های مختلف محیط، به ترتیب مطابق نمودارهای شکل‌های ۴-الف، ۴-ب و ۴-ج، مورد شبیه‌سازی و ارزیابی قرار گرفته‌اند. همانطور که در نمودارها مشخص است، در نظر گرفتن سه معیار فاصله، انرژی و ترافیک به همراه معیار تعداد پرش باعث کاهش زمان تأخیر انتها به انتها شده است. با بکارگیری معیار فاصله، مسیرهایی انتخاب می‌شود که دارای لینکهای کوتاه‌تر و پایدارتری بوده و لذا سبب ارسال سریعتر و مطمئن‌تر داده‌ها می‌شود. بکارگیری معیار ترافیک داده‌ای، مسیرهایی با نودهای با ترافیک داده‌ای کمتر انتخاب می‌شود که این مسئله سبب می‌گردد که بسته‌های داده کمتر در صفحه پردازش نودهای میانی منتظر بمانند و لذا سریعتر ارسال شوند. همچنین با استفاده از معیار انرژی نودها، مسیرهایی انتخاب می‌شود که پایدارتر می‌باشند یعنی انرژی نودهای آن به ناگاه تمام نمی‌شود و سبب از بین رفتن بسته داده

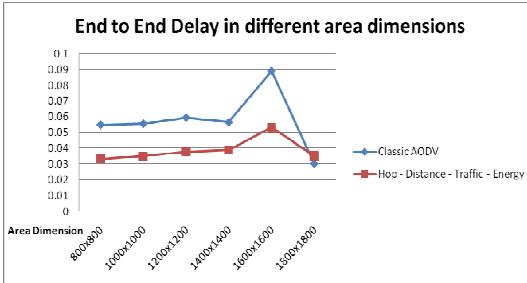
نمی‌شوند. بنابراین با در نظر گرفتن معیارهای جدید در الگوریتم AODV، مشاهده می‌شود که متوسط زمان تأخیر انتها به انتهای در همه نمودارهای سرعت‌های مختلف نودها، تعداد مختلف نودها و اندازه‌های مختلف محیط، از AODV کلاسیک کمتر است.



شکل ۴-الف میزان تأخیر انتها به انتهای در ترکیب چهار معیاری و AODV کلاسیک در شرایط سرعت‌های مختلف نودها



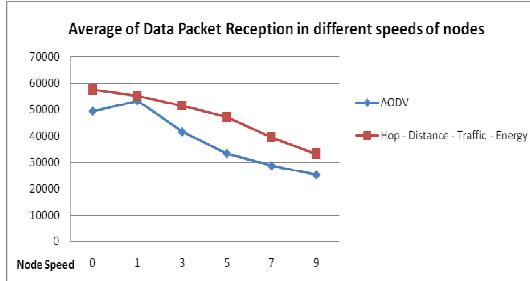
شکل ۴-ب میزان تأخیر انتها به انتهای در ترکیب چهار معیاری و AODV کلاسیک در شرایط تعداد مختلف نودها



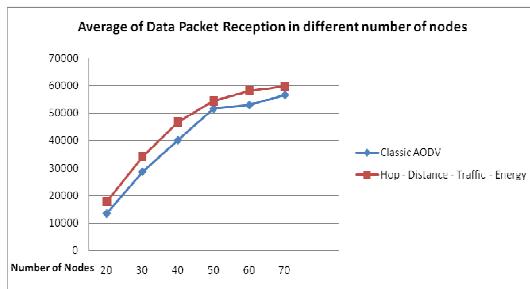
شکل ۴-ج میزان تأخیر انتها به انتهای در ترکیب چهار معیاری و AODV کلاسیک در شرایط اندازه‌های مختلف محیط

• بروزی متريک نرخ دريافت بسته داده^{۱۱}

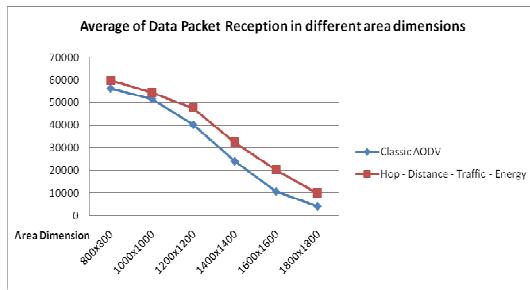
تعداد بسته‌های داده دریافت شده در مقصدۀای مشخص را نرخ دریافت بسته داده می‌گویند. در این بخش نمودارهای متوسط نرخ دریافت بسته داده با در نظر گرفتن ترکیب چهار معیاری مذکور، برای شبیه‌سازی در حالات سرعت‌های متفاوت نودها، تعداد مختلف نودها و اندازه‌های مختلف محیط به ترتیب مطابق نمودارهای شکل‌های ۵-الف، ۵-ب و ۵-ج انجام گرفته است. هر چهار معیار نقش مهمی در نرخ دریافت داده دارند و حضور هر چهار تای آنها بهترین نتیجه را در بهبود نرخ دریافت بسته داده در الگوریتم AODV دارد. معیار تعداد پرش باعث کوتاهتر شدن مسیر از نظر تعداد پرش‌ها می‌باشد. معیار فاصله سبب کوتاهتر شدن طول مسیر و پایداری مسیر می‌شود یعنی احتمال اینکه با کوچکترین حرکتی نودها از رنج رادیویی هم‌دیگر خارج شوند، کم می‌شود. معیار ترافیک نیز بیشتر در تأخیر نقش دارد اما اگر آنقدر ترافیک زیاد شود که منجر به بن‌بست شود بسته‌های داده از بین می‌روند و نرخ دریافت بسته‌های داده پایین‌تر می‌شود. معیار انرژی نod نیز به پایداری مسیر کمک می‌کند که مسیرهایی انتخاب نشود که به زودی نودهای آن مسیر انرژی‌شان تمام شده و مسیر شکسته شود. همانطور که در شکل‌های ۵-الف، ۵-ب و ۵-ج مشاهده می‌شود، استفاده از حالت چهار معیاری باعث افزایش نرخ دریافت بسته داده در هر سه حالت مختلف شبیه‌سازی شده است.



شکل ۵-الف میزان نرخ دریافت بسته داده در ترکیب چهار معیاری و AODV کلاسیک در شرایط سرعتهای مختلف نودها



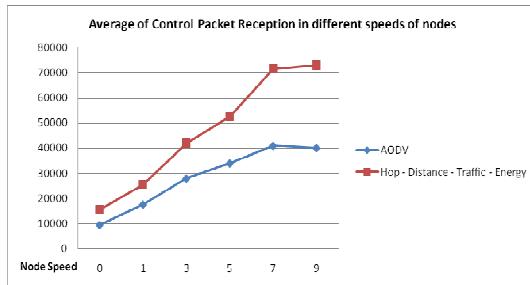
شکل ۵-ب میزان نرخ دریافت بسته داده در ترکیب چهار معیاری و AODV کلاسیک در شرایط تعداد مختلف نودها



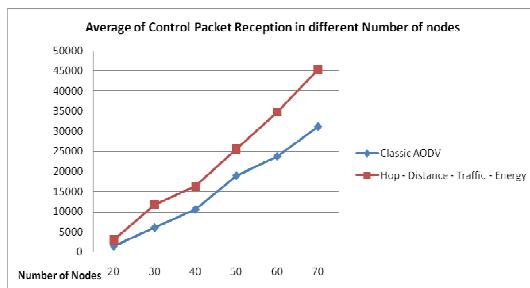
شکل ۵-ج میزان نرخ دریافت بسته داده در ترکیب چهار معیاری و AODV کلاسیک در شرایط اندازه های مختلف محیط

• بروزی متیریک سرباره مسیریابی^{۱۲}

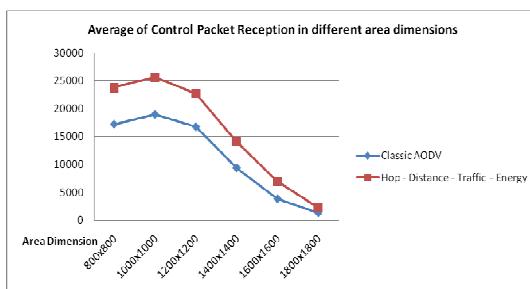
تعداد انتقالات بسته های کنترلی لایه شبکه سرباره مسیریابی نامیده می شود. در این قسمت سرباره مسیریابی با در نظر گرفتن هر چهار معیار در شرایط مختلف سرعتهای متفاوت نودها، تعداد متغیر نودها و اندازه متغیر محیط بررسی شده و نمودارهای آن در شکل های ۶-الف، ۶-ب و ۶-ج نشان داده شده است. همانگونه در تمام نمودارها مشهود است، سرباره مسیریابی در روش پیشنهادی در همه حالات تا حدودی بیشتر می شود. این مسئله به دلیل آن است که روش پیشنهادی ما علاوه بر چند معیاری بودن حالت چند مسیره دارد. بدین معنی که در مقصد و یا هر نod آگاه از مقصد، در هنگام دریافت بسته RREQ حتی اگر آن RREQ را قبلًا دریافت کرده باشد، در صورتیکه دقیقاً از نod قبلي دریافت نشده باشد، برای آن مجدد RREP ارسال می گردد. پس تعداد RREP های بیشتری نسبت به AODV کلاسیک تولید می گردد که این مسئله سبب بوجود آمدن نتایج بهتری در دریافت بسته داده و تأخیر انتها به انتها می شود اما باعث افزایش سرباره مسیریابی می گردد. نتایج در هر سه حالت مختلف شبیه سازی برای الگوریتم پیشنهادی، مشابه می باشد.



شکل ۶-الف میزان سرباره مسیریابی در ترکیب چهار معیاری و AODV کلاسیک در شرایط سرعت‌های مختلف نودها



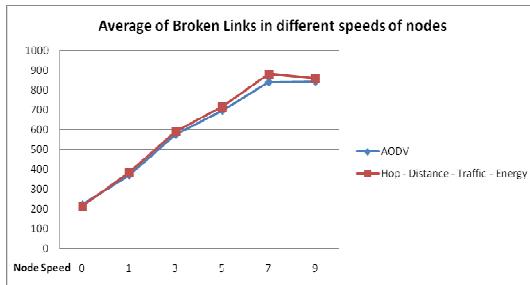
شکل ۶-ب میزان سرباره مسیریابی در ترکیب چهار معیاری و AODV کلاسیک در شرایط تعداد مختلف نودها



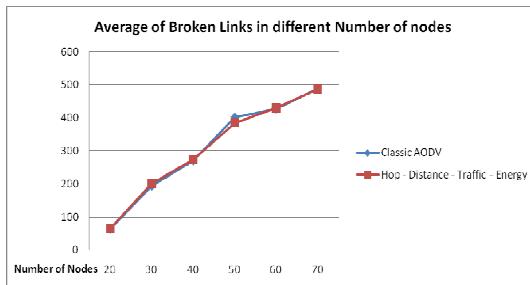
شکل ۶-ج میزان سرباره مسیریابی در ترکیب چهار معیاری و AODV کلاسیک در شرایط اندازه‌های مختلف محیط

بررسی متغیر متوسط لینکهای شکسته^{۱۳}

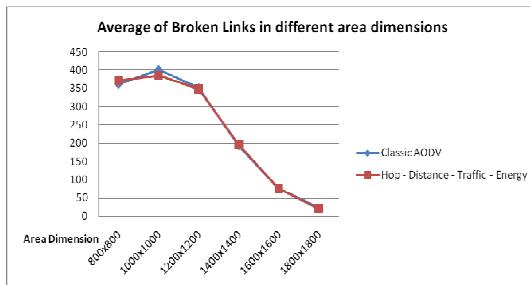
تعداد لینکهای شکسته شده نیز همچون دیگر متغیرها در شرایط تعداد مختلف نودها، سرعت‌های مختلف نودها و اندازه‌های مختلف محیط مورد بررسی قرار گرفته است. اما مشاهده می‌گردد که الگوریتم پیشنهادی اثری روی این متغیر ندارد. پس می‌توان نتیجه گرفت که الگوریتم‌های مسیریابی نقش چندانی روی این متغیر ندارد و این متغیر بیشتر تحت تأثیر تحرک و مدل حرکت نودها می‌باشد. در حقیقت وقتی نودی تصمیم‌گیرید که حرکت کند و از محدوده انتقال نود همسایه خود خارج شود. الگوریتم مسیریابی نمی‌تواند کاری در این مورد انجام دهد و مانع آن شود و خواه ناخواه لینک مذکور شکسته خواهد شد. در شکل ۷-الف مشاهده می‌شود که با افزایش سرعت نودها لینکهای بیشتری شکسته می‌شوند که این مسئله بدان علت است که نودها به سرعت از رنج انتقال هم خارج می‌شوند. در شکل ۷-ب نیز مشاهده می‌گردد که با افزایش تعداد نودها، تعداد لینکهای شکسته شده بیشتر می‌شود. این مسئله به دلیل ازدحام نودها می‌باشد که چون پهنای باند محدود می‌باشد و حجم بالایی از نودها می‌خواهد از این باند محدود استفاده کنند لذا لینکهای بیشتری بر اثر رقابت نودها برای انتساب کانال، شکسته می‌شوند. همانطور که در شکل ۷-ج مشهود است، با افزایش اندازه محیط لینکهای کمتری شکسته می‌شوند که به دلیل کم شدن ازدحام و چگالی نودهاست که باعث می‌شود رقابت بر سر کانال کمتر شده و لینکهای محدودی که ایجاد می‌شوند به دلیل ازدحام شکسته نشوند.



شکل ۷-الف میزان لینک‌های شکسته در ترکیب چهار معیاری و AODV کلاسیک در شرایط سرعت‌های مختلف نودها



شکل ۷-ب میزان لینک‌های شکسته در ترکیب چهار معیاری و AODV کلاسیک در شرایط تعداد مختلف نودها



شکل ۷-ج میزان لینک‌های شکسته در ترکیب چهار معیاری و AODV کلاسیک در شرایط اندازه‌های مختلف محیط

۵. نتیجه‌گیری

در الگوریتم کلاسیک AODV پس از مرحله کشف مسیر، تنها معیار سنجش مسیر بهینه به مقصد از میان مسیرهای موجود قبلی و فعلی، تعداد پرش‌های مابین نod مبدأ و مقصد می‌باشد که در برخی از موارد معیار مناسبی برای سنجش مسیر بهینه نمی‌باشد. زیرا کم بودن تعداد پرش‌ها دلیل بر کوتاه بودن یا بهینه بودن مسیری نمی‌باشد. چه بسا که مسیری دارای تعداد پرش کمتری بوده اما دارای مسیرهای غیر بهینه دیگری در مقایسه با مسیرهای دیگر باشد. در این بخش روش جدیدی ارائه گردید که سبب افزایش کارآیی الگوریتم AODV می‌گردد. بدین نحو که اولاً الگوریتم جدید به صورت چند-مسیره عمل کرده و ثانیاً برای انتخاب مسیر بهینه می‌باشد به عنوان مسیر ارسال داده در جدول مسیریابی ذخیره گردد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که پارامترهای تأخیر انتها به انتهای و متوسط بسته‌های داده به میزان خاصی بهبود می‌یابد.

۶. مراجع

- [۱] C. Siva Ram Murthy and B.S. Manoj, "Ad Hoc Wireless Networks Architectures and Protocols", PRENTICE HALL, ۲۰۰۴.
- [۲] C. E. Perkins, E. M. Royer, "Ad Hoc On Demand Distance Vector Routing", In Proceedings of ۲nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp. ۹۰-۱۰۰, ۱۹۹۹
- [۳] C. E. Perkins, E. M. Royer and S.R. Das, "Ad-hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing", IETF RFC ۳۵۶۱, ۲۰۰۳.
- [۴] L.M. Feeney, "A taxonomy for Routing Protocols in Mobile Ad-hoc Network.", www.sics.se/~lmFeeney/huc.pdf

- [Δ] J. Broch, D.A. Maltz, D.B. Johnson, Y.C. Hu, J. Jetcheva, "A performance comparison of multi-hop wireless ad hoc network routing protocols", Proceedings of ACM MobiCom, pp. 85–97, 1998.
- [§] J.-M. Kim, J.-W. Jang, and W. Lyu, "Improvement of AODV for Energy-Aware Routing Algorithm in MANET", Networks and Communication System, (Δ27), 2006.
- [Y] Mahesh K. Marina and Samir R. Das, "On-demand Multipath Distance Vector Routing in Ad Hoc Networks", In Proc. of the International Conference for Network Protocols (ICNP), Riverside, USA, pp. 14–23, 2001.
- [Λ] I. Y. Kim and O. D. Weck, "Adaptive weighted sum method for multiobjective optimization", Structural and Multidisciplinary Optimization, Vol. 21, No. 2, pp. 105–116, 2006.
- [¶] 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, Mar, 2002.
- [·] X. Zeng, R. Bagrodia and M. Gerla, "GloMoSim: A library for parallel simulation of large-scale wireless networks", In PADS '98, 1998.
- [¶] <http://pcl.cs.ucla.edu/projects/domains/glomosim.html>
- [¶] 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, Mar, 2002.

زیر نویس‌ها

-
- ↳ Mobile Ad hoc Networks - MANET
 - ↳ Ad hoc On demand Distance Vector Routing
 - ↳ Hop
 - ↳ Proactive
 - ↳ Reactive
 - ↳ Fresh-Enough
 - ↳ Multi-Path
 - ↳ GPS
 - ↳ Data Session
 - ↳ End-to-End Delay
 - ↳ Data Packet Reception
 - ↳ Routing Overhead
 - ↳ Broken Links