

تجزیه‌وتحلیل عملکرد پروتکل مسیریابی AODV و AOMDV و کارایی هرکدام برای MANET

میلاد عابدینی***[[1]](#footnote-1)***

استاد راهنما: دکتر وحید سلوک

چکیده

بحث پروتکل‌های مسیریابی در شبکه‌های موبایلی موردی در دنیای شبکه‌های کامپیوتری جلب‌توجه رو به بالایی دارد. یکی از ابزارهای چالش مسیریابی در شبکه‌های موبایلی موردی توسعه‌پذیری است که توانایی عملکرد یک پروتکل مسیریابی زمانی که یک یا چند پارامتر شبکه ازنظر مقداری در حال رشد هستند تعریف می‌کند.

در این فصل، دو پروتکل مسیریابی از نوع واکنش دار که یکی بردار فاصله در تقاضا (AODV) و دیگری بردار فاصله در چندین مسیر تقاضا (AOMDV) برای نمایش عملکردشان بر توسعه‌پذیری به‌وسیله تغییر تعداد نودها انتخاب‌شده‌اند. همچنین آنالیز مقایسه‌ای با استفاده شبیه‌سازی ns-2 با معیارهای متفاوتی شبیه تأخیر مقصد به مقصد e2e، توان عملیاتی و رسیدن تکه‌های قطعه انجام‌شده است. نتیجه‌ها نشان داده که AOMDV نسبت به AODV وقتی‌که تعداد نود در حال افزایش بهتر عمل می‌کند.

**کلمات کلیدی:** شبکه موبایلی موردی MANET، AODV، AOMDV، توسعه‌پذیری، ارزیابی عملکرد، تأخیر، بازدهی، در صد تحویل بسته (PDF)

# مقدمه

شبکه‌های موبایلی موردی MANET با پیکربندی سرخود، غیرمتمرکز کردن، توپولوژی‌ای با پویایی بالا و به‌راحتی شکستن اجزا ساختاری مشخص‌شده است. هر نود هم به‌صورت میزبان و هم مسیریاب عمل می‌کند. شبکه موبایلی موردی MANET با استراتژی شبکه‌های موردی موقت بدون پیش زیرساخت‌های موجود در توزیع سیستم با نودهای وایرلس موبایل که به‌صورت آزادانه درحرکت و شکل‌گیری خودکار منظم هستند نمایش داده‌شده است؛ بنابراین هر نود هم به‌صورت میزبان وهم مسیریاب عمل می‌کند. به‌طور سنتی ما برنامه‌های شبکه‌های موردی موبایلی را در شبکه‌های تاکتیکی پیدا می‌کردیم؛ اما حالا فنّاوری‌های شبیه IEEE 802.11 و خط ترکیبی وساطت بلوتوث گسترده توانای تجاری که جزئی از حوزه نظامی است.

امروزه، ما انقلابی را می‌بینیم که جامعه اطلاعاتی ما را به‌وسیله استفاده از وسایل ارتباطی وایرلسی از قبیل لب تاپ‌ها، موبایل‌ها، دستیار دیجیتالی شخصی (PDAs) تغییر داده است. به علت تحرک نودها، یکی از کلیدهای چالش‌های روبه‌رو شده به‌وسیله محققان، مسیریابی است. در این قسمت، با متغیر قرار دادن تعداد نودها به‌عنوان شبکه‌های گسترده تک‌کاره، کاربردهای در شبکه‌های متعلق به مشتری‌ها همانند شبکه‌های فنی نظامی، بازیابی فجایع طبیعی، سرویس‌ها و شبکه‌های مرتبط با حمل‌ونقل پیدا می‌کند.

# مروری بر پروتکل مسیریابی MANET

بر اساس اینکه چگونه اطلاعات مسیریابی به‌دست‌آمده و توسط نودهای سیار نگه‌داری می‌شود، پروتکل‌های مسیریابی MANET به 3 دسته، دسته‌بندی می‌شوند: فعالی (جدولی), واکنشی (درخواستی) و ترکیبی.

## پروتکل مسیریابی فعال

مسیریابی فعال، مسیریابی (کوتاه‌ترین مسیر) را به‌طور دوره‌ای (بازه‌های زمانی) به ازای تغییراتی که در توپولوژی شبکه اتفاق می‌افتاد می‌سازد و در جداول مسیریابی خود نگه‌داری می‌کند. ازآنجایی‌که مسیر به یک نود خاص در هر زمان قابل‌دسترس است. آن‌ها (نودهای سیار) یک لیست تازه‌ای از مقاصد و مسیرهای منتهی به آن‌ها را در جداولی که به‌طور دوره‌ای در شبکه توزیع می‌گردد نگه‌داری می‌کنند. ولی سربار کنترل‌های افزوده‌شده به ازای تغییرات متناوب ایجادشده در توپولوژی نودها به علت سیار بودن آن‌ها، میزان قابل‌توجهی داده برای نگه‌داری و واکنش آرام به بازسازی‌ها و خطاها در شبکه از ایرادات این پروتکل هست. از مثال‌هایی که می‌توان دراین‌باره نام برد می‌توان به پروتکل مسیریابی وایرلس (WRP) پروتکل مسیریابی بردار فواصل مقاصد متوالی (DSDV) مسیریابی موقعیت (FSR)Fisheye پروتکل مسیریابی موقعیت‌های لینک شده‌ی بهینه (OLSR)

## پروتکل مسیریابی واکنشی

این پروتکل مسیرها را با استفاده از مکانیسم اکتشافی بر اساس نیازها تشکیل می‌دهد. این پروتکل مسیر را به ازای نیازها و درخواست‌ها با انتشار بسته‌ها درخواست مسیر در شبکه پیدا می‌کند بعد از پیدا کردن مسیر به هر مقصد دلخواه، این مسیر نگهداری می‌شود تا زمانی که دیگر موردنیاز نباشد تا زمانی نود مقصد در دسترس نباشد (موجود نباشد) یکی از مزایای این روش میزان سربار کنترل کمتر هست و همچنین توسعه‌پذیری بهتری نسبت به پروتکل مسیریابی فعال دارد. ولی به‌هرحال نودهای مبدأ قبل از ارسال بسته‌های داده در پروسه‌ی اکتشاف مسیر تأخیرهای زمانی دارند، این تأخیر زمانی بالا در پیدا کردن مسیر و سیل‌آسای افراطی (flooding) باعث سنگین شدن شبکه می‌شود؛ که از مثال‌هایی ازاین‌دست می‌توان به DSR AODV AOMDV TORA DYMO برای مسیریابی بر اساس نیازها نام برد.

## پروتکل مسیریابی ترکیبی

پروتکل‌های ترکیبی مزایای پروتکل‌های مسیریابی فعال و واکنشی را ترکیب می‌کنند مسیریابی در ابتدا به‌صورت فعال یک دورنمایی از مسیرها را به دست می‌آورد سپس به درخواست‌های نودهای جدید فعال‌شده به طریق سیل‌آسا پاسخ می‌دهند.

از الگوریتم‌های ترکیبی می‌توان به ZRP HWMP HRPLS اشاره کرد.

# کارهای مرتبط

AODV و AOMDV در ارجاع 2 و 3 مقایسه شدند و یافته شده است که AOMDV سربار مسیریابی و تأخیر بیشتری نسبت به AODV ایجاد می‌کند ولی بازدهی بهتری در دور انداختن بسته‌ها و تحویل دارد.

ولی حداکثر تعداد ارتباطات 50 عدد در نظر گرفته‌شده است. یک آنالیز مقایسه‌ای که در ارجاع 4 داده‌شده است به روی دو الگوریتم AODV و AOMDV انجام‌شده‌اند. نویسندگان میزان میانگین خطای لینک‌ها را تابعی از میانگین سرعت نودها در نظر گرفته‌شده است. ثابت کرده‌اند که AOMDV با خطاهای مسیریابی ناشی از خاصیت سیار بودن شبکه بهتر کنار بیاید و میزان بسته‌های ازدست‌رفته را به میزان 40% کاهش داده و همچنین تأخیر زمانی و سربار کلی را کاهش داده است. نویسندگان در مراجع (3 و 5-8) زمان‌های مکث متفاوتی را جهت ارزیابی عملکرد پروتکل مسیریابی انتخاب کرده‌اند. اگرچه تعداد نودها مابین 50-100 عدد بودند. مقایسه‌ی این دو پروتکل در رده‌ترهای ترکیبی ناهمگن مسیریابی در ارجاع 7 انجام‌شده است که نشان دهند که توان عملیاتی افزایش پیداکرده است. آن‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که AOMDV عملکرد بهتری دارد. ولی بااین‌حال 50 نود برای شبیه ساری انتخاب کرده‌اند.

ازآنجایی‌که نودها با سرعت‌های مختلف در MANET در حال حرکت‌اند اصلی‌ترین چالش، مسیردهی بسته‌ها با کمترین سربار و توان عملیاتی بالا و تعداد کمتر بسته‌های ازدست‌داده شده هست. در این فصل تلاشی جهت ارزیابی عملکرد دو پروتکل انتخاب‌شده ازلحاظ توسعه‌پذیری MANET در کنار معیار ارزیابی چون درصد تحویل بسته‌ها، توان عملیاتی، میانگین تأخیر end to end؛ شده است.

# مروری در AODV

AODV یک پروتکل تک مسیر، واکنشی، بردار مسیریابی فواصل بدون دور هست. این پروتکل توانایی مسیریابی unicast و multicast را که از روش اکتشاف مسیر DSR و DSDV استفاده می‌کند؛ را دارد. نود مبدأ برای پیدا کردن مقصد یک پروسه‌ی اکتشاف مسیر را به اجرا درمی‌آورد که با سیل‌آسا کردن بسته‌های درخواست مسیر (RREQ) و منتظر جواب بسته‌های درخواست مسیر (RREP) از نود مقصد می‌شود. با رسیدن اولین کپی از بسته‌های RREQ نودهای میانی یک مسیر برگشت به نود ابتدا به این صورت که با استفاده از گام‌های RREQ قبلی به‌عنوان گام‌های بعدی برای مسیر برگشت راه‌اندازی می‌کند. اگرچه AODV از روش مسیریابی کام به گام استفاده می‌کند.

اعداد متوالی برای مطمئن شدن از این‌که در شبکه دور وجود ندارد در AODV استفاده می‌شود هریک از نودها یک عدد در جدول مسیریابی خوددارند که به‌صورت اکیداً افزایشی، افزایش می‌یابد. هر وقت یکی از نود پیامی را می‌فرستد آن عدد متوالی خودش را افزایش می‌دهد. حداکثر عدد متوالی برای هریک از مقاصد به ازای هر نود نشان‌دهنده‌ی مسیر جدیدتر هست. این عدد میزان جدید بودن اطلاعات مسیریابی را نشان می‌دهد، نودی با حداکثر عدد متوالی دارای آخرین اطلاعات مسیریابی هست. بسته‌های خطای مسیر (RERR) توسط نودهای MANET جهت نگهداری مسیرها استفاده می‌شوند.

اگر هرکدام از نودهای میانی خطای را بروی هر یک از لینک‌هایشان شناسایی کنند تمامی مقاصدی که دسترس‌ناپذیر توسط این نود را باطل می‌کند آنگاه یک RERR ایجاد می‌کنند و به سمت تمامی منابع ترافیک شبکه‌ای که به لینکی که آن خطا از سمت آن شناسایی‌شده تحمیل می‌کنند. را می‌فرستد و مبدأ بعد از دریافت بسته RERR یک پروسه‌ی جدید جهت اکتشاف مسیر به اجرا درمی‌آورد. شکل 1 یک نمایشی از مسیریابی AODV را نشان می‌دهد.

## مزایا و معایب:

اصلی‌ترین مزیت AODV این است که مسیرهای درخواستی و عدد متوالی مقصدها برای پیدا کردن آخرین مسیر به مقصد استفاده می‌شود. تأخیر راه‌اندازی ارتباط کمتر است. از معایب AODV این است که نودهای میانی می‌توانند به مسیرهای متناقض (اگر عدد متوالی خیلی قدیمی ‌باشد) و نودمیانی که دارای مقدار بزرگ‌تری از این عدد باشند ولی مقدار این عدد با عدد متوالی آخرین مقصد یکسان نباشد دارای درایه منقضی (مانده) شده می‌باشند. همچنین بسته‌های چندگانه درخواست مسیر در پاسخ به یک مبدأ می‌تواند ترافیک کنترلی زیادی را به شبکه تحمیل می‌کند. یکی از معایب AODV مصرف پهنای باند غیرضروری برای هشدارهای متناوب هست.

# مروری بر AOMDV

یک پروتکل مسیریابی واکنشی است که یک توسعه‌ای بر AODV است. این پروتکل چندین مسیر بدون دور و منفصل را محاسبه می‌کند. درایه‌های مسیریابی به ازای هریک از مقاصد شامل فهرستی از گام بعدی و تعداد گام متناظر با آن هست که تمامی گام‌های بعدی دارای یک عدد متوالی می‌باشند. این عدد کمک می‌کند که بتونیم مسیرها را پیگیری کنیم. به ازای هر مقصد هر نود مقدار تعداد گام به ازای کلی مسیرها هست.

اگر تبلیغی تکرار مجدد شده باشد به این معنی هست یک مسیر دیگر نیز به مقصد نیز وجود دارد خاصیت بدون دور بودن برای یک نود زمانی تضمین می‌شود که نود بتواند مسیرهای دیگری را به مقصدی بپذیرد زمانی که این مسیر تعداد گام کمتری نسبت به تعداد گام تبلیغ‌شده به ازای آن مقصد داشته باشد. تعداد گام تبلیغ‌شده به ازای یک عدد متوالی و هم‌چنین تعداد گام نیز تغییر نمی‌کند. زمانی که تبلیغات یک مسیر به ازای یک مقصد با عدد متوالی بزرگ‌تر دریافت شد لیست گام بعدی و تعداد گام تبلیغ‌شده دوباره مقداردهی می‌شوند.

AOMDV می‌تواند برای پیدا کردن مسیرهای نود-منفصل و لینک منفصل استفاده کرد. برای پیدا کردن مسیرهای نود- منفصل هر نود فوران RREQ هایی تکراری را رد نمی‌کند. هر RREQ که برای همسایگان متفاوت یک منبع می‌رسد نشان‌دهنده‌ی یک نود منفصل هست. این مسئله به این خاطر است که نودها نمی‌توانند RREQ ی تکراری را پخش همگانی کنند؛ بنابراین هر دو RREQ یی که توسط یک نودمیانی به ازای همسایگان متفاوت یک منبع دریافت می‌شوند نمی‌توانند از آن نود بگذرند (فقط یک RREQ باید خارج شود). در تلاشی که برای گرفتن چندین مسیر لینک-منفصل انجام می‌شد مقصد تنها به RREQ هایی جواب می‌دهد که از همسایگان منحصربه‌فرد دریافت می‌کنند. بعد از اولین قدم RREQ هایی از مسیرهای وارون پیروی می‌کنند که نود-منفصل و لینک-منفصل می‌باشند. مزیت استفاده از AOMDV این است که مسیرهای بدون دور چندگانه و منفصل را تضمین می‌کند.

# محیط شبیه‌سازی

شبیه‌سازی با استفاده ابزار شبیه‌سازی شبکه‌ی ns-2 به اجرا درآورده شده است. شبیه‌ساز شبکه ns-2 یک نرم‌افزار شبیه‌ساز رویدادهای جدا (discrete-event) است. شبکه‌ای از نودها در مساحتی به وسعت 11000\*11000 در نظر گرفته‌شده‌اند. عملکرد اجرایی شبکه توسط سرعت آن و زمان مکث ثابت و تغییر دادن سایز شبکه‌ای (تعداد نودهای سیار) ارزیابی می‌شود. شکل 2 شبکه‌ای با تعداد هزار نود سیار و NAM Console؛ نشان داده‌شده است که یک برنامه درونی (built-in) در پکیج ns-2-allinone هست جدول 1 پارامترهای ارزیابی را نشان می‌دهد.

## معیارهای عملکردی

در حین آنالیز *درصد تحویل بسته‌ها* (PDF) میانگین *تأخیر مقصد به مقصد* (e2e) و *توان عملیاتی*، معیارهای عملکردی می‌باشند که در شبیه‌سازی در نظر گرفته‌شده‌اند.

### درصد تحویل بسته‌ها

به نسبت بسته‌های دریافت شده توسط مقصد بر تعداد بسته‌های ارسال‌شده توسط منبع می‌گویند که این نشان‌دهنده‌ی سطح بسته‌های تحویلی به مقصد هست هر چه این مقدار بیشتر باشد به این معنی است که پروتکل عملکرد بهتری داشته است.

PDF =

Equation : درصد تحویل بسته‌ها

### میانگین تأخیر e2e

این معیار به‌صورت میانگین زمانی که طول می‌کشد که بسته‌ها داده از مبدأ به مقصد در شبکه انتشار پیدا کند این شامل تمامی تأخیرهای ممکن که توسط تأخیر زمانی بافر شدن در پروسه‌ی مسیریابی اکتشافی، زمان صف شدن در رابط کاربری صف، تأخیرهای انتقالی دوباره در MAC، انتشار، زمان انتقال؛ بدهد می‌روند. هر چه میزان تأخیر e2e کمتر باشد عملکرد پروتکل بهتر است.

Delay =

Equation : e2e میانگین تأخیر

### توان عملیاتی

به‌صورت میانگین تعداد پیام‌هایی که به‌صورت موفق تحویل داده‌شده‌اند در واحد زمان تعریف می‌شود که به‌عبارت‌دیگر میانگین تعداد نسبت‌های تحویل داده‌شده بر واحد زمان است.

Throughput =

## نتایج شبیه‌سازی و آنالیزها

در شکل 3 نشان داده‌شده است که AOMDV تأخیر بیشتری نسبت به AODV ایجاد می‌کند که علت این امر در ناکار آیی لینک در AOMDV هست. AOMDV برای پیدا کردن مسیرهای جایگزین از نسخه پشتیبان مسیر تلاش می‌کند که باعث تأخیر اضافی می‌شود. توان عملیاتی AOMDV بهتر از AODV است که آن را در شکل 4 نشان داده است به‌جز در یک نقطه که AODV پروتکل مسیر جدا است. در صورت ناکار آیی لینک، بسته‌ها به مقصد نمی‌رسند. زمانی که پروتکل مسیریابی AOMDV چندمسیره است مسیر جایگزین را پیدا می‌کند و بسته‌ها را می‌رسند. در افزایش تعداد نود، AOMDV نسبت به AODV در PDF بهتر است این به علت این است که AOMDV مسیرهای متفاوتی را در لینک‌ها آزاد پیدا می‌کند که در شکل 5 نشان داده است.

# نتیجه‌گیری

پروتکل‌های AOMDV و AODV به‌وسیله افزایش تعداد نودها در محدوده‌ی 500-1000 با استفاده از ns-2 ارزیابی می‌شوند. مقایسه بر اساس تأخیر e2e، توان عملیاتی و بخش تحویل بسته‌ها است. به‌وسیله شبیه‌سازی مطالعه مقایسه‌ای، مشخص‌شده است که AOMDV از AODV زمانی که توان عملیاتی و PDF مهم است توان عملیاتی و PDF بهتری دارد؛ اما AOMDV تأخیر بیشتری نسبت به AODV دارد. ازاین‌رو، زمانی که تأخیر مهم است AODV ترجیح داده می‌شود و اما هنوز هم در تمام موارد بالا، همچنان می‌توان مشاهده کرد که ارزش‌های AODV متناقض هستند.

# مراجع

1. abedini2010.m@gmail.com [↑](#footnote-ref-1)