



سومین کنفرانس ملی ایده های نو در مهندسی برق
۶ و ۷ دی ماه ۱۳۹۳ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)



بررسی پروتکل AODV و تعدادی از پروتکل های مشتق شده از آن در شبکه MANET

الهام زمانی^۱، محمدرضا سلطان آقایی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، zamanielham85@yahoo.com

^۲ استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، msoltanaghahi@yahoo.com

چکیده - شبکه سیار موردی (MANET) یکی از انواع شبکه های رو به رشد می باشد. ویژگی های این نوع شبکه همچون محدودیت انرژی، محدودیت پهنای باند، آسیب پذیری امنیتی و ... باعث شده است که مورد توجه محققین زیادی قرار بگیرد. یکی از انواع پروتکل های پایه ای که در این شبکه مورد استفاده قرار می گیرد، پروتکل AODV است. این پروتکل دارای مزایا و معایب خاص خود است، از این رو چه از لحاظ کیفیت و چه از لحاظ امنیت، سعی در بهبود آن شده است. در این مقاله پروتکل AODV و پروتکل های مشتق شده از آن به همراه ویژگی ها، مزایا و معایب هر یک بررسی می شود. مشاهده می شود که تعدادی از این پروتکل ها با در نظر گرفتن روش و مکانیسم مخصوص به خود امنیت پروتکل AODV را بهتر کرده اند و برخی دیگر با تغییری در روند کار پروتکل AODV کیفیت آن همچون کاهش مصرف انرژی و سربار، افزایش نرخ تحویل بسته و توان عملیاتی را ارتقا داده اند.

کلیدواژه - AODV، پروتکل های مشتق شده از AODV، تأخیر، شبکه MANET، مصرف انرژی.

۱- مقدمه

بخش ۳ تعدادی از پروتکل های مشتق شده از آن و در بخش ۴ نتیجه گیری این مقاله انجام شده است.

۲- معرفی پروتکل AODV

AODV یک پروتکل مسیریابی بدون حلقه برای شبکه های ادهاک است. این پروتکل به گونه ای طراحی شده است که در محیط های با نودهای متحرک به طور خودکار شروع به کار کند و مقاوم به انواع مختلفی از رفتارهای شبکه همچون تحرک نودها، شکست لینک و از دست دادن بسته ها هست. AODV یک پروتکل واکنشی است، یعنی مسیرها فقط وقتی که به آن ها نیاز باشد ساخته می شوند. این پروتکل از جداول مسیریابی سنتی استفاده می کند که به ازای هر مقصد یک مدخل وجود دارد و از شماره توالی (Sequence Number) برای تصمیم گیری این که آیا اطلاعات مسیریابی به روز هستند یا نه و همین طور برای جلوگیری از حلقه های مسیریابی، استفاده می کند. [۱]

این پروتکل شناخته شده ترین پروتکل در MANET است. تقاضای پهنای باند در دسترس به طرز چشمگیری کمتر از سایر پروتکل های پیش فعال است، چراکه AODV به اعلان دوره ای جهانی نیاز ندارد. این پروتکل، مسیریابی پویا، خود آغاز و

MANET یک مجموعه از میزبان های متحرک بی سیم بدون ساختار ثابت شبکه و مدیر مرکزی می باشد. ارتباطات در MANET از طریق مسیرهای چند گامه انجام می گیرد. چالش های زیادی در این نوع شبکه ها به چشم می خورد: MANET منابع متفاوتی دارد، خط دفاع آن مبهم است. نودها در رابط های بی سیم به صورت اشتراکی عمل می کنند، توپولوژی شبکه به طرز غیرقابل پیش بینی و خیلی پویا تغییر می کند، اعتمادپذیری لینک رادیویی سؤال برانگیز است و شکست های ارتباطی به مراتب رخ می دهد. همین طور تراکم نودها، تعداد آن ها و تحرکشان در برنامه های مختلف، متفاوت می باشد. زیرساخت مشخص وجود ندارد و هر نود به عنوان مسیریابی که بسته های داده را به جلو می راند عمل می کند. به هر حال، انتخاب پروتکل مسیریابی قوی، وفق پذیر، مناسب و مؤثر، مهم ترین قدم است. [۱]

در این مقاله پروتکل پایه AODV و تعدادی از پروتکل های مشتق شده از آن معرفی می گردد. روند مقاله بدین شرح است: در بخش ۲ پروتکل AODV و مشخصات آن معرفی می شود. در

بسته RREQ و در شکل ۲ فرمت بسته RREP در پروتکل AODV آمده است.

0	1	2	3
012345678901234567890123456789012			
Type	R R G D U	Reserved	Hop Count
RREQ ID			
Destination IP Address			
Destination Sequence Number			
Originator IP Address			
Originator Sequence Number			

شکل ۱- فرمت پیام RREQ [۴]

در حین پروسه ارسال RREQ، مدخل نودهای میانی در جدول مسیریابی شان که شامل آدرس همسایگانی که اولین بسته پخش شده از آن ها دریافت گردیده نیز هست، وارد می گردد. اگر در بعضی موارد چندین نسخه از یک RREQ مشابه دریافت شود، بعداً این بسته ها از دور خارج می شوند. وقتی که RREQ به مقصد رسید، نود مقصد یا میانی با ارسال بسته RREP به همسایه ای که اولین بار RREQ را از آن دریافت کرده بود، پاسخ می دهد. وقتی که انتقال بسته در پردازش می باشد، چندین عامل نقش اساسی در آن خواهد داشت. مشاهده شده است که ممکن است بسته در بین راه به دلیل کیفیت نامناسب لینک و نبود کانال ارتباطی مناسب بین نودها، از دست برود. گاهی ارتباط موفق است اما عامل های باطنی همچون تأخیر انتها به انتها، مصرف انرژی، سربار مسیریابی و محدودیت گام باعث پرهزینه شدن و غیرقابل اعتماد شدن شبکه می شود. [۳]

0	1	2	3
012345678901234567890123456789012			
Type	R A	Reserved	Prefix size Hop Count
Destination IP Address			
Destination Sequence Number			
Originator IP Address			
Lifetime			

شکل ۲- فرمت پیام RREP [۳]

چندگانه را در MANET، ممکن می سازد. در شبکه های با تعداد زیاد نودهای متحرک، AODV به خاطر این که بر ایجاد کردن پویای مدخل های جدول مسیر در نودهای میانی وابسته است، خیلی مؤثر می باشد. [۱]

AODV هیچ وقت حلقه ایجاد نمی کند زیرا که هیچ حلقه ای در جدول مسیریابی هیچ نودی به خاطر مفهوم شمارنده شماره توالی نمی تواند باشد. شماره توالی به عنوان مهر زمانی (Time stamp) به کار گرفته می شود و به نودها اجازه مقایسه این که چقدر اطلاعاتشان برای نودهای دیگر شبکه تازه هستند، داده می شود. مزیت اصلی AODV، مسیر با حداقل ازدحام آن به جای کوتاه ترین مسیر است. [۱]

۲-۱- مزایا و معایب AODV

مزیت اصلی این پروتکل این است که مسیرها برحسب تقاضا ساخته شده و شماره توالی مقصد برای پیدا کردن آخرین مسیر به مقصد استفاده می شود. عیب اصلی این پروتکل این است که یک پروتکل مسیریابی تک مسیره است بنابراین وقتی که مسیری کشف و نگهداری می شود، اگر از حالت شناخته شده دربیاید، مبدأ نمی تواند به مقصد دسترسی پیدا کند. [۲]

۲-۲- ویژگی های AODV

-نودها فقط مسیرهایی که نیاز دارند را ذخیره می کنند.
 -نیاز به همه پخشی، حداقل می گردد.
 -نیازمندی های حافظه و کپی برداری های غیرضروری را کاهش می دهد.
 -مسیرهای بدون حلقه را به وسیله شماره توالی مقصد نگهداری می کند.
 -قابل توسعه به تعداد زیادی نود می باشد. [۱]

۲-۳- فرمت بسته های پیام AODV

پروتکل مسیریابی AODV از سه سیگنال کنترل RREQ، RREP و RRER استفاده می کند. وقتی که نود مبدأ بخواهد پیغامی را به مقصد بفرستد، به دنبال مسیر و راهی برای یافتن مکان سایر نودها می باشد. نود مبدأ یک بسته RREQ را به همسایه اش می فرستد که این درخواست به ترتیب به همسایه بعدی ارسال می شود تا وقتی که به مقصد برسد. در شکل ۱ فرمت

مزیت اصلی این روش، دارا بودن امنیت و عیب اصلی آن، وجود سربار به دلیل پردازش زیاد و زمان تأخیر در آن است. [۵]

AD-AODV: در راستای کاهش مشکل تحرک نودها که باعث شکست دائمی لینک بین مبدأ و مقصد می شود و باعث از دست رفتن بسته ها در طی انتقال در شبکه MANET می شود، پروتکل AD-AODV بر اساس پروتکل پایه AODV طراحی شده است. در اینجا با معرفی متریکی به نام M که تعداد آن به تعداد گام و متوسط تحرک مسیر داده شده، بستگی دارد، مکانیسم مسیریابی AODV را بهبود بخشیده اند و به AD-AODV اجازه انتخاب پایدارترین مسیر داده شده است. AD-AODV مسیری را انتخاب می کنند که کمترین M را داشته باشد و نسبت به AODV در مسیریابی قابل اعتمادتر است. [۶]

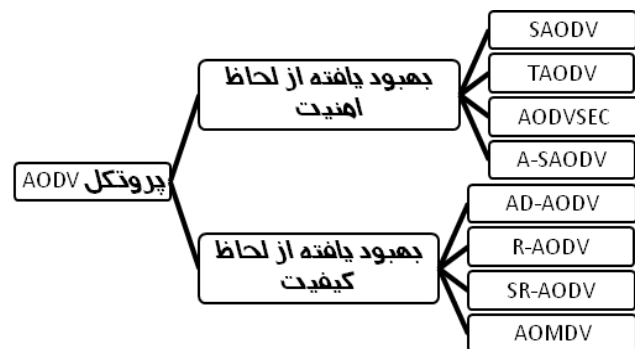
پروتکل AODV پیشرفته (AD-AODV) ارتقا یافته پروتکل مسیریابی AODV است و بر اساس استراتژی مدل انرژی و توازن بار طراحی شده است. وقتی که AD-AODV درخواست مسیر را اجرا می کند، باقیمانده انرژی (Residual energy) و وضعیت بار نودها را در نظر می گیرد. بر اساس نتایج شبیه سازی، پروتکل مسیریابی AD-AODV مؤثر بودن شبکه ادهاک و نرخ تحویل بسته را ارتقا داده، تأخیر انتها به انتهای متوسط را کمتر کرده و بار مسیریابی را کاهش می دهد. [۷]

TAODV: به منظور امن کردن بسته های داده در حین انتقال در شبکه از مکانیسم های رمزنگاری در پروتکل های مسیریابی استفاده می شده است. اما تکنیک های رمزنگاری باعث متحمل شدن هزینه محاسباتی بالایی می شوند و نمی توانند نودهای باهدف بدخواهانه را شناسایی کنند. بنابراین استفاده از تکنیک های رمزنگاری در MANET تقریباً بی فایده است چراکه منابع محدود است و این شبکه ها نسبت به حملات امنیتی مختلفی آسیب پذیر هستند. از مکانیسم اعتماد (Trust Mechanism) به عنوان یک جایگزین برای تکنیک رمزگذاری استفاده می شود. مکانیسم اعتماد با ایزوله کردن نودهای باهدف بدخواهانه و توسط ارزش اعتماد در نودها، ارسال داده را امن می کند. [۸]

TAODV از متریک های اعتماد برای تصمیم گیری بهتر مسیریابی و جریمه نودهای غیر همکار استفاده می کند. هم

۳- پروتکل های مشتق شده از AODV

در شکل ۳ دسته بندی کلی پروتکل های معرفی شده در این مقاله از لحاظ بهبود امنیتی و کیفیتی که در آن ها صورت گرفته، آمده است. منظور از بهبود امنیتی دارا بودن مکانیسمی برای مقابله با حداقل یک نوع از حملات در شبکه های MANET و منظور از بهبود کیفیتی، بهبود پروتکل از نظر پارامترهایی چون تأخیر، نرخ تحویل بسته، کاهش مصرف انرژی و... است.



شکل ۳- دسته بندی پروتکل های مشتق شده از AODV

SAODV: یک بسط امنیتی از پروتکل AODV است که بر رمزنگاری کلید عمومی وابسته است. پیام های مسیریابی SAODV که عبارت اند از RREQ، RREP، RRER به طور دیجیتال امضا می گردند تا صحت و اعتبارشان تضمین گردد. از این رو، نودی که پیام مسیر را تولید می کند با یک کلید خصوصی آن را امضا کرده و نودی که آن را دریافت می کند با استفاده از کلید عمومی فرستنده، امضایش را بررسی می کند. [۵]

برای حفظ همکاری با مکانیسم AODV، SAODV یک نوع ویژگی نمایندگی (Delegation) دارد که به نودهای میانی اجازه پاسخ دهی به پیام های RREQ را می دهد. به این روش امضای دو برابر گفته می شود. وقتی که نود A پیام RREQ را تولید می کند، علاوه بر امضای معمولی یک امضای دوم هم می کند که در پیام RREP ساختگی به سمت خود، محاسبه می شود. [۵]



سومین کنفرانس ملی ایده های نو در مهندسی برق عرو ۷ دی ماه ۱۳۹۳ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)



پروتکل R-AODV توان عملیاتی، نسبت تحویل بسته و زمان زندگی شبکه را بهبود داده و میزان مصرف انرژی و تأخیر را کاهش می دهد. [۱۱]

SR-AODV: در این مدل، به منظور افزایش استحکام انتقال داده از ثبات لینک استفاده می شود. نودهای شبکه ادهاک بر استفاده نود از ملاحظه خودش در طی پروسه مسیریابی تکیه دارند تا بتوانند پارامتری داشته باشند که پایداری پروتکل مسیریابی را حدس بزنند. [۴]

SR-AODV در بسیاری از متریک ها همچون نرخ تحویل بسته، تأخیر انتها به انتها و مصرف انرژی عملکرد AODV را بهبود می بخشد. [۳]

در AODV یا R-AODV وقتی که لینک ارتباطی می شکند مقدار زیادی از تلاش های کشف مسیر از دست می رود و نود مبدأ مجبور خواهد بود که یکبار دیگر عملیات کشف مسیر را انجام دهد ولی در SR-AODV که ثبات لینک را در بسته های R-REQ اعمال کرده اند، در تعداد تلاش کمتری نسبت به AODV و R-AODV به موفقیت رسیده است. [۴]

AOMDV: AOMDV از پروتکل تک مسیره AODV سرچشمه گرفته است. مفهوم اصلی AOMDV مسیرهای بدون حلقه چندگانه در هر مرحله کشف مسیر است. با مسیرهای اضافی چندگانه در دسترس، هر وقت که مسیر اولی شکست بخورد پروتکل به مسیر بعدی سوییچ می کند و از این رو از پروسه کشف مسیر جدید جلوگیری می شود. کشف مسیر فقط وقتی که همه مسیرها به مقصد شکست بخورد، پایهریزی می شود. [۲]

نتایج شبیه سازی نشان می دهد که با افزایش تعداد نودها، نسبت تحویل بسته زیاد شده ولی زمان زندگی شبکه و زمان زندگی سیستم کاهش می یابد. افزایش نرخ انتقال باعث کاهش عملکرد شبکه می شود. در بعضی موارد AOMDV عملکرد بهتر و در بعضی AODV عملکرد بهتری داشته است. [۱۲]

در AOMDV تأخیر انتها به انتها با استفاده از چندین مسیر موازی کاهش می یابد. این الگوریتم سعی در استفاده تا حد ممکن از تعداد زیادی مسیر پرت (disjoint) و بدون حلقه دارد تا قابل اعتماد بودن نود را زیاد کند و منابع اشتراکی را کاهش دهد، همین طور افزایش پهنای باند و کاهش تأخیر از نود دیگر را در بر

AODV و هم TAODV، وقتی که پاسخ از همسایه مقصد وجود داشته باشد بعد از چند گام بسته RREP را تولید می کنند. [۹]

A-SAODV: این پروتکل یک الگوی تکمیلی از SAODV است. A-SAODV یک برنامه چند نخه است، عملیات رمزنگاری توسط یک نخ اختصاصی به منظور جلوگیری از بلوکه شدن پروسه سایر پیام ها اجرا می گردد. [۵]

این پروتکل برای برنامه های چند نخه (multithread) است که شامل دو نخ می باشد. بین این دو نخ از طریق یک صف FIFO که عمل نگه داری بسته هایی که نیاز به امضا و تأیید دارند را انجام می دهد، ارتباط برقرار می کنند. [۱۰]

پروتکل A-SAODV از مکانیسم وفقی (adaptive) و مکانیسم آستانه به منظور ارتقای SAODV استفاده می کند. نتایج شبیه سازی نشان داد که این پروتکل می تواند تأخیر انتها به انتها را کم کند، توان عملیاتی را افزایش دهد و امنیت پروتکل A-SAODV را بهبود بخشد. در این روش، عملکرد به همراه مسیریابی ایمن بهبود می یابد. [۱۰]

RAODV: R-AODV به انرژی نود کمتری برای انتقال داده نیاز دارد. AODV برعکس یک پروتکل مسیریابی بهبود یافته AODV است که از متدولوژی کشف مسیر برعکس در راستای جلوگیری از گم شدن بسته های RREP استفاده می کند. R-AODV مقدار زیادی انتقال مجدد بسته های RREP جلوگیری می کند که تراکم در شبکه را کاهش می دهد و نسبت تحویل را ارتقا می دهد. فرمت بسته RREQ در AODV و R-AODV یکسان است. وقتی که نود مقصد اولین بسته RREQ را دریافت می کند، یک بسته درخواست مسیر برعکس (R-RREQ) شروع می شود و به همه نودهای همسایه در رنج انتقال همه پخش می شود. [۱۱]

نود مبدأ انتقال بسته را بعد از دریافت اولین پیام R-RREQ شروع می کند و آخرین بسته R-RREQ رسیده برای استفاده آتی حفظ می شود. اگر که نودی که بسته R-RREQ را دریافت کرده، نود مبدأ نباشد، یک مدخل مسیر روبه جلو ساخته می شود. سپس R-RREQ به نودهای همسایه خود همه پخش می شود. بعد از دریافت بسته، به یک مسیر جدید با گام متفاوت یا به همان گام بعدی اضافه می شود. این امر کاملاً به شماره توالی که بزرگ تر یا کوچک تر می باشد بستگی دارد. [۱۱]



سومین کنفرانس ملی ایده های نو در مهندسی برق عرو ۷ دی ماه ۱۳۹۳ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)



داشته باشد. الگوریتم AOMDV عملکرد بهتری دارد زیرا استفاده از مسیرهای با نود پرت را ترجیح می دهد. در این حالت مسیرها کاملاً مستقل اند و هیچ نودی در بین دو مسیر پیوسته نیست و هیچ منبع اشتراکی هم ندارند. [۱۳]

AODVSEC: یک نسخه بهبود یافته از SAODV است که بر اساس توسعه مکانیسم معرفی شده در AODV انجام می گیرد. PKI به عنوان لنگر اعتماد استفاده می شود. از این رو لازم است که هر نود در شبکه یک جفت کلید تصدیق دارا باشد. علاوه بر این، هر نود نیاز دارد که گواهی کنونی مرجع گواهی نامه (CA) را داشته باشد تا قادر به تأیید گواهی های ناشناخته قبلی از سایر نودها باشد. در مقاله شماره ۱۴ دستاوردی برای AODVSEC با اضافه کردن گواهی های مخصوص خود به بسته های ایجاد مسیر ارائه شده است. در AODVSEC نوع کوچک تر گواهی به نام MCET معرفی می شود که مخصوصاً مناسب سناریوهای متحرکی که از ارتباطات WLAN استفاده می کنند، می باشد. [۱۴]

مراجع

- [۱] A. T. S. Lokanath, "Implementation of AODV Protocol and Detection of Malicious Nodes in MANET," *International Journal of science and Research(IJSR)*, vol. 2, 2013
- [۲] R. M. N. Nithya, "A Survey on Routing Protocols in Mobile Ad Hoc Networks," *International Journal of science and Research(IJSR)*, vol. 2, 2013
- [۳] N. G. A. Lanjewar, "Optimizing Cost, Delay, Packet Loss and Network Load in AODV Routing Protocol," *International Journal of Computer Science and Information Security(IJCSIS)*, vol. 11, 2013
- [۴] L. H. Yang, "A Stability Routing Protocols Z base on Reverse AODV," *IEEE*, 2011
- [۵] e. a. M. Yadav, "Implement of AODV, SAODV and ASAODV Routing Protocols for Blackhole in Ad Hoc Networks and Optimized Performance," *International Journal of Engineering and Management Research*, vol. 3, pp. 122-127, 2013
- [۶] e. a. Y. Wang, "AD-AODV: A Improved Routing Protocol Based on Network Mobility and Route Hops," *IEEE*, 2012

عیب اصلی این روش، تابع رمزنگاری و تأخیر محاسباتی در آن است. پروتکل AODV-SEC سعی در امن کردن همه جنبه های ممکن پروسه کشف مسیر می کند، که این امر شامل احراز هویت دو نود پایانی و پروسه کشف مسیر هست. در نهایت نودهای غیرقابل اعتماد را از مسیرهای کشف شده خارج می کند. طول مسیر کشف شده در حالتی که نودهای میانی نتوانند مسیر کوتاهتری را به جای آنهایی که موجودند تبلیغ کنند، حفاظت شده است. [۱۴]

۴- نتیجه گیری

بهبود عملکرد شبکه MANET سال ها مورد توجه محققین بوده است. این بهبود در زمینه های مختلفی همچون کاهش پارامترهای تأخیر، سربار، تعداد بسته های ازدست رفته و مصرف انرژی و افزایش پارامترهایی چون نرخ تحویل بسته، عملیاتی، بهبود زمان زندگی در شبکه و افزایش امنیت بوده است. در این مقاله پروتکل های مختلف مشتق شده از AODV و جنبه های مختلف آن ها بررسی شد. از مقایسه این پروتکل ها مشخص شد که پارامتر کاهش تأخیر در پروتکل های R-AODV



سومین کنفرانس ملی ایده های نو در مهندسی برق
۶ و ۷ دی ماه ۱۳۹۳ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)



- e. a. Z.Feng, "An improved routing protocol ad- [۷]
AODV based on AODV," atlantis press, 2013
- M. M.Sardar, "A Survey on Trust Based .K [۸]
Secure Routing in MANET," 2013
- D. N.V, "Performance Evaluation of Protocols [۹]
for Secure Routing in MANETs," *International
Journal of Computer trends and
Technology(IJCTT)*, vol. 15, 2014
- e. a. H.Li, "An Efficient Enhancement for [۱۰]
Security of A-SAODV Protocol," *Research Jing
and Technologyournal of Applied
Science,Engineer*, vol. 5, 2012
- S. K. M. P.Das, B.R.Swain, "A Simulation [۱۱]
Performance Evaluation of AODV,R- Based
AODV and PHR-AODV Routing Protocols for
Mobile Ad Hoc Networks," *International
Journal of Wireless & Mobile
Networks(IJWMN)*, vol. 6, 2014
- S. J. M.V.Khiavi, "Performance Comparison of [۱۲]
AODV and AOMDV Routing Protocols in
Mobile Ad Hoc Networks," *International
Research Journal of Applied and Basic
Sciences*, vol. 4, 2013
- S. S. R.Gulati, "Implementing Security [۱۳]
algorithm to worm hole attack using AOMDV
protocol & comparison using NS2 simulator,"
*IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-
JCE)*, vol. 16, 2014
- C. N. J.D.Joann, "AODV-SEC:A Secure On- [۱۴]
Demand Routing Protocol for Mobile Ad Hoc
Networks," *International Journal of
Engineering Sciences & Emerging
Technologies*, vol. 4, pp. 35-41, 2012