



طراحی و پیاده سازی یک پروتکل مسیریابی on-demand برای شبکه های MANET

نوشین موسوی راد

دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

nooshinrad@mail.com

محمد حسین یغمایی

دانشگاه فردوسی مشهد

hyaghmae@ferdowsi.um.ac.ir

۱۰ و AODV-LR² [۱۱-۱۲] استفاده نمودیم که این دو الگوریتم بر پایه الگوریتم مسیریابی AODV [۱۳-۱۴،۵] می باشند. در حال حاضر پروتکل مسیریابی AODV، یکی از پروتکل‌های پیشنهادی برای مسیریابی در شبکه های Ad-hoc می باشد. پروتکل مسیریابی AODV شامل مکانیزم کشف مسیر و مکانیزم بازسازی مسیر می باشد. مکانیزم کشف مسیر [۱۵،۱۳،۶]، تقاضای مسیر بین یک فرستنده و گیرنده می باشد و مکانیزم بازسازی مسیر، یک مسیر جدید برای مسیر فعال قطع شده پیدا می کند. قطع اتصال از طریق تأییدیه لایه اتصال یا پیامهای کنترلی Hello [۱۳] تشخیص داده می شود.

اگر هیچ مسیر مستقیمی بین مبدأ و مقصد وجود نداشته باشد، از مسیریابی^۵ پرش چندگانه استفاده می شود. بنابراین به علت محدودیت گستره انتشاری گره ها، هر دو گره برای برقراری ارتباط ممکن است نیاز به زنجیره ای از گره های واسطه داشته باشند. به علت طبیعت ناپایدار در این شبکه ها، بحث پیدا کردن و نگهداری مسیر از اهمیت ویژه ای برخوردار است. اطلاعات کنترلی جهت شناسایی حالت جاری شبکه، بین گره ها مبادله می شود. بطور کلی پروتکل های مسیریابی شبکه MANET به سه دسته^۶ پروتکل های فعال،^۷ پروتکل های واکنشی و^۸ پروتکل های ترکیبی تقسیم می شوند. در پروتکل های مسیریابی فعال [۱۹] (مسیریابی مبتنی بر جدول) جداول مسیریابی قبل از ارسال بسته ها ایجاد می شوند و هر نود مسیر به نودهای دیگر را می داند. مشکلی که این پروتکل در شبکه های ad-hoc دارد اینست که، نگهداری و بهنگام سازی جداول مسیریابی به پهنای باند زیادی نیاز دارد، همچنین خیلی از اطلاعات مسیریابی هرگز استفاده نمی شوند، در نتیجه منابع تلف می گردند. در پروتکل های مسیریابی واکنشی [۱۳،۶] (مسیریابی مبتنی بر درخواست) مسیر زمانی ایجاد می شود که نیاز باشد. قبل از اینکه بسته فرستاده شود کشف مسیر انجام می گیرد و نتایج در یک حافظه پنهان ذخیره می شوند. زمانیکه نودهای میانی جابجا می گردند بازسازی مسیر در صورت نیاز انجام می شود. مزیتی که

چکیده: یک شبکه ad-hoc مجموعه ای از نودهای موبایل می باشد که با امواج رادیویی با هم ارتباط برقرار می کنند. این شبکه ها به هیچ ساختار از قبل تعیین شده یا مدیریت مرکزی نیاز نداشته و تمامی نودها بعنوان مسیریاب عمل می کنند. این روزها موضوع مقیاس پذیری شبکه های Ad-hoc توجه برخی را بخود جلب کرده است. مقیاس پذیری بسیاری از پروتکل های مسیریابی on-demand بدلیل افزایش جمعیت نودها و حرکت در شبکه محدود شده است. در این مقاله یک الگوریتم مسیریابی on-demand برای شبکه های MANET ارائه می شود که هدف اصلی آن ایجاد الگوریتمی با مقیاس پذیری بالا می باشد. اثر اندازه شبکه (تعداد نودها)، حرکت نودها و ترافیک داده روی کارایی الگوریتم پیشنهادی و الگوریتم های پایه ای که در ایجاد این الگوریتم از آنها استفاده شده است، مطالعه و نتایج شبیه سازی آنها با هم مقایسه می گردند. نتایج شبیه سازی بیانگر کارایی بیشتر الگوریتم پیشنهادی نسبت به الگوریتم های استاندارد موجود می باشد.

واژه های کلیدی: شبکه MANET، پروتکل مسیریابی، مقیاس پذیری، شبیه سازی.

۱- مقدمه

شبکه های [۱-۳] MANET^۱، سیستمی از نودهای سیار سییم می باشند که به صورت پویا و خودسازمان یافته در توپولوژی های موقتی مطرح می شود. این شبکه ها مجموعه ای از مسیریاب هاومیزبان های سیار می باشند که توسط اتصالات بدون سییم، یک کانال رادیویی یکسان را به اشتراک می گذارند و بدون استفاده از مدیریت متمرکز یا گسترده به ردو بدل اطلاعات می پردازند. نودها در این شبکه ها می توانند از نظر مشخصه های مختلف نظیر بازدهی، توان ارسال داده و انرژی منابع با هم تفاوت داشته باشند.

شبکه های MANET کاربردهای فراوانی دارند. این شبکه ها در ابتدا جهت استفاده در کارهای نظامی به وجود آمدند. شبکه های MANET برای عملیات تجسس و امداد و نجات، عملیات تعقیب و گریز، کنفرانس های علمی، پر کاربرد می باشند.

در این مقاله برای ایجاد الگوریتم مسیریابی on-demand [۴-۸] Adjusted probabilistic flooding [۹] الگوریتم های

² Local repair

³ Route discovery

⁴ Rout repair

⁵ Multihop

⁶ Proactive protocol

⁷ Reactive protocol

⁸ Hybrid protocol

¹ Mobile Ad hoc Network



معتبر به نود مقصد دارد؟ اگر نود خودش مقصد باشد یا مسیری معتبر به مقصد داشته باشد شماره بسته مقصد بزرگتر یا مساوی شماره بسته مقصد در RREQ باشد، یک RREP شامل اطلاعات > آدرس مبدأ، آدرس مقصد، شماره بسته مقصد، تعداد پرشها به مقصد، طول عمر < را به مبدأ بصورت تک پخشی ارسال می کند. هنگامیکه نود میانی RREP را دریافت می کند، مسیر به نود مقصد را در جدول مسیریابی خود ایجاد کرده و RREP را به مبدأ ارسال می کند. در غیر این صورت (نود خودش مقصد نباشد یا مسیری معتبر به مقصد نداشته باشد) اگر تعداد همسایگان نود دریافت کننده RREQ (x) کمتر از متوسط تعداد همسایگان باشد، پیام را مطابق با یک احتمال بالا (p) بعد از یک واحد اضافه کردن به تعداد پرشها منتشر می کند.

نودهایی که در محدوده انتقال یکدیگر باشند همسایه گفته می شوند. تعداد همسایگان با استفاده از پیامهای Hello مشخص می گردد. هر نود یک پیام Hello بصورت پریدیک برای اعلام حضورش پخش می کند. احتمال انتشار p در هر نود موابیل مطابق با مقدار تعداد همسایگانش می باشد. زمانیکه نودها به محدوده دیگری حرکت می کنند مقدار p تغییر می کند. متوسط تعداد همسایگان با استفاده از فرمول ۱ [۹-۱۰] بدست می آید. با این روش در هنگام کشف مسیر بطور زیادی از انتشار دوباره RREQ جلوگیری می شود.

$$\bar{n} = (N - 1)0.8 \frac{\pi r^2}{A} \quad (1)$$

در این فرمول A محیط شبکه، N تعداد نودها در شبکه و r محدوده انتقال نودها می باشد.

هنگامیکه اتصال قطع می شود بهتر است مسیر جدید بصورت محلی وبدون کشف مسیر از مبدأ صورت گیرد. با این روش داده ارسالی در نود بالادست ذخیره می شود تا اینکه مسیر بصورت محلی بازسازی شود. در شبکه های بزرگ با استفاده از این روش، بدلیل اینکه زمان کمتری برای جستجو و دستیابی به مسیر جدید نیاز است تأخیر کاهش می یابد.

بنابر این در زمان قطع اتصال نود بالادست سعی به بازسازی مسیر می کند. یک RREQ که TTL آن برابر است با فاصله قبلی تا مقصد بعلاوه یک مقدار اضافی و شماره بسته آن، شماره بسته مقصد بعلاوه یک باشد، ایجاد می کند و آن را برای همسایگانش ارسال می کند. نود بالادست منتظر دریافت RREP می ماند. اگر بعد از مدت تعیین شده RREP را دریافت نکند یک پیام RERR^۸ به مبدأ ارسال می کند و تمامی نودهایی که از این اتصال برای رسیدن به مقصدشان استفاده می کنند، جداول خود را با دریافت RERR بروز می رسانند. سرانجام مبدأ

این پروتکل ها دارند این است که، تنها مسیرهای مورد نیاز نگهداری می شوند و مشکلاتشان شامل، تأخیر قبل از فرستادن اولین بسته و همچنین وجود flooding برای کشف مسیر می باشد. پروتکل های ترکیبی [۱۶]، ترکیبی از پروتکل های فعال و واکنشی می باشند. مقیاس پذیری بسیاری از پروتکل های مسیریابی on-demand بخاطر افزایش جمعیت و حرکت نودها محدود است. زمانیکه تعداد کاربران افزایش می یابد، پروتکل های مسیریابی Ad-hoc (مانند [۱۵-۱۹، ۵، ۶])، با افزایش تعداد نودها نیاز به مقیاس پذیری دارند. در این مقاله با ترکیب دو الگوریتم Adjusted prob. و AODV-LR الگوریتم جدیدی ارائه می شود که هدف اصلی آن افزایش مقیاس پذیری می باشد. موضوع مقیاس پذیری برای پروتکل های مسیریابی بدون سیم اساساً به سربار پیام های مسیریابی [۲۰] بیش از اندازه بستگی دارد. کارایی الگوریتم پیشنهادی را با الگوریتم های مسیریابی AODV، AODV-LR، Adjusted prob.، از طریق نتایج شبیه سازی مقایسه می کنیم.

۲- الگوریتم پیشنهادی

در این بخش برای بهتر شدن مقیاس پذیری، الگوریتم مسیریابی جدیدی را پیشنهاد می کنیم. الگوریتم Adjusted prob. کشف مسیر توسط نود مبدأ را بهینه می کند و مقدار RREQ در شبکه کاهش می یابد و الگوریتم AODV-LR تعداد کشف دوباره مسیر که باید توسط نود مبدأ صورت گیرد را کاهش می دهد. برای افزایش مقیاس پذیری، الگوریتم Adjusted prob. را با الگوریتم AODV-LR ترکیب می کنیم. در الگوریتم حاصل زمانیکه برای ارسال داده ها مسیری از مبدأ به مقصد وجود نداشته باشد، نود مبدأ اقدام به کشف مسیر می کند و یک بسته RREQ شامل اطلاعات > آدرس مبدأ، شماره بسته مبدأ، مشخصه چند پخشی، آدرس مقصد، شماره بسته مقصد، تعداد پرشها < منتشر می کند. مشخصه چند پخشی به ازاء هر انتشار توسط مبدأ افزایش می یابد. > آدرس مبدأ، مشخصه چند پخشی < جفت منحصر بفردی برای تشخیص RREQ ها می باشند.

هنگامیکه یک نود RREQ را دریافت می کند، اگر پیام RREQ را برای چندمین بار دریافت کرده باشد از آن صرف نظر می کند و در صورت دریافت آن برای اولین بار، مسیر به مبدأ را در جدول مسیریابی خود ایجاد می کند. اطلاعاتی شامل > آدرس مقصد، پرش بعدی، تعداد پرشها، شماره بسته مقصد، مدت^۵ زمان اعتبار این مسیر < در نود ذخیره می شود. اگر از مسیری در مدت زمان تعیین شده استفاده نشود آن مسیر غیر معتبر می گردد. سپس نود چک می کند که آیا مسیری

¹ Scalability
² Rout request
³ Sequence number
⁴ Broadcast id
⁵ Expiration time

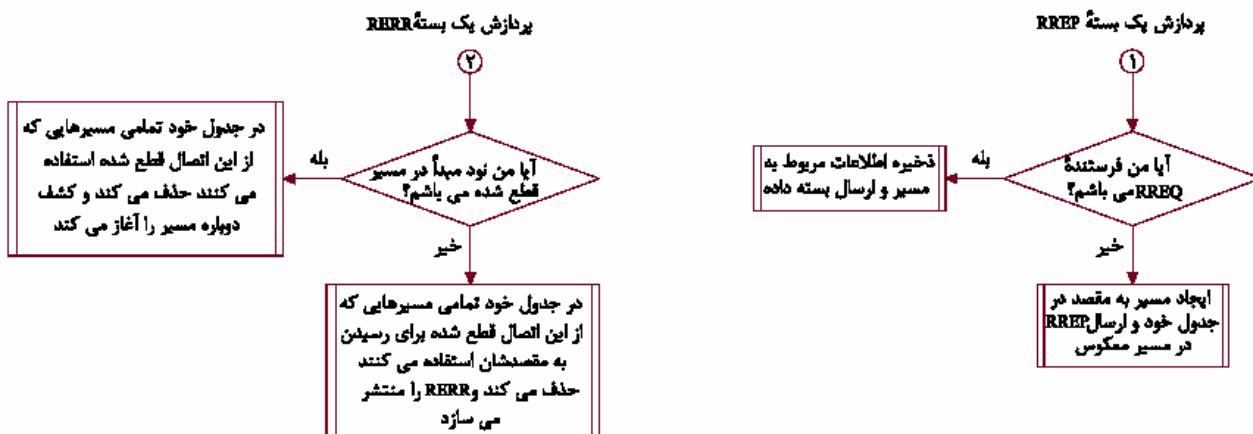
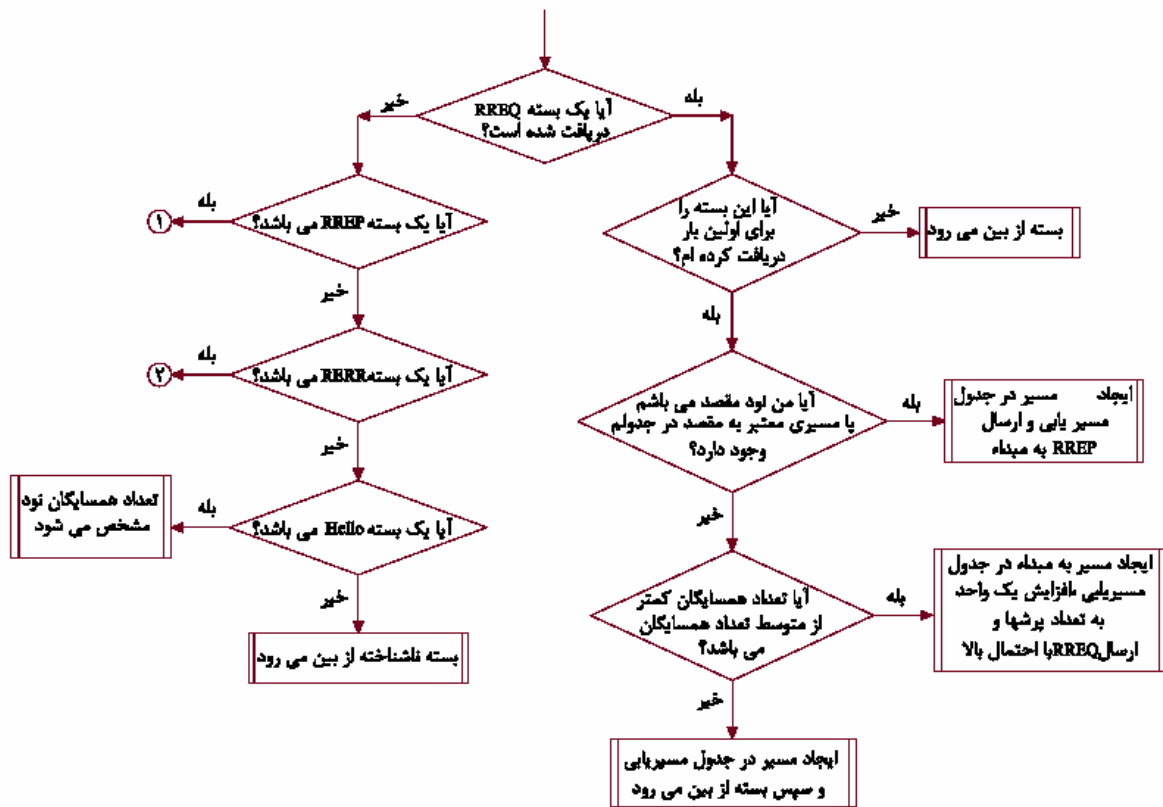
⁶ Rout reply

⁷ Life time

⁸ Rout error

پیشنهادی نشان می دهد.
 شبه کد الگوریتم مسیریابی پیشنهادی نیز در شکل ۲ ارائه گردیده است.

RERR را دریافت مسیرهای مربوطه را از جدول خود حذف می کند سپس عملیات کشف مسیر جدید را آغاز می کند.
 شکل ۱، فلوچارت پردازش بسته دریافتی توسط یک نود را در الگوریتم



شکل ۱: فلوچارت پردازش بسته دریافتی، توسط یک نود



و تعداد نودها را از ۲۵ تا ۲۰۰ نود تغییر می دهیم. هر شبیه سازی S ۳۰۰ طول می کشد. طبق آزمایشات و مطالعات قبلی، در سناریوهایی با حرکت بالا، تفاوت در کارایی پروتکلها مشخص تر می باشد. در شبکه های ثابت می توانیم قدرت یک پروتکل را در کشف سریع یک مسیر و تحویل موثر داده ها آزمایش کنیم. در این شبکه ها بخاطر ثابت بودن نودها هیچ مسیری قطع نمی شود به همین خاطر بار اجرایی حداقل می باشد و تأخیرها طولانی نمی گردد و یا بسته های داده گم نمی شوند. در این راستا با تعداد نودهایی بین ۲۵ تا ۲۰۰، سناریوها را با حرکت ثابت (زمان توقف ۰ ثانیه) و زمانیکه نودها بیکارند (زمان توقف ۳۰۰ ثانیه) اجرا و گزارش می کنیم. همچنین با ۷۵ نود، اثر حرکت را روی کارایی پروتکلها بررسی می نماییم. هر آزمایش را با ۱۰ و ۲۰ منبع ترافیکی CBR اجرا می کنیم و با این تعداد منابع مقیاس پذیری پروتکلها را با بار ترافیکی بررسی می نماییم.

از دو متریک ROP^3 و PDF^4 برای بدست آوردن کارایی پروتکلها مسیر یابی استفاده می کنیم. ROP ، مجموع تعداد بسته های مسیریابی انتقال داده شده در طول شبیه سازی می باشد و هر پرس در یک مسیر بطور جداگانه محاسبه می شود. PDF ، کسری از بسته های داده ارسالی شده می باشد که توسط هر پروتکل مسیریابی تحویل داده شده اند. در ادامه اثر تعداد نودها و حرکت را بر روی کارایی پروتکلها بررسی می کنیم.

۳-۱- اثر تعداد نودها

شکل ۳، ROP پروتکلها را با سناریوی ساکن (زمان توقف ۳۰۰ ثانیه) و با سناریوی حرکت بالا (زمان توقف ۰ ثانیه) بعنوان تابعی از تعداد نودها و بار شبکه برای تعداد متفاوتی از منابع ترافیکی نشان می دهد. در حالت ساکن ROP برای الگوریتم پیشنهادی و Adjusted prob بدلیل ثابت بودن نودها یکی می باشد و از دو الگوریتم دیگر بخاطر انتشار RREQ کمتر، بهتر می باشند. در سناریوی حرکت بالا (۵۰ نود به بالا) الگوریتم پیشنهادی بدلیل انتشار کمتر RREQ در هنگام کشف مسیر و بازسازی محلی مسیر قطع شده دارای ROP کمتری می باشد.

شکل ۴ PDF اندازه گیری شده را نشان می دهد. در سناریوی ساکن (زمان توقف ۳۰۰ ثانیه) پروتکلها نسبت به افزایش تعداد نودها مقیاس پذیری خوبی دارند.

Protocol Receive request ()

On hearing a broadcast packet m at node X

Get the Broadcast ID from the message; \bar{n}
average number of neighbor (threshold value);

Get degree n of a node X (number of neighbors);
If packet m received for the first time then

If $n < \bar{n}$ then

Node X has a low degree:

set high rebroadcast probability $p = p_1$;

Else $n \geq \bar{n}$

Node X has a high degree:

set low rebroadcast probability $p = p_2$;

End if

End if

Generate a random number RN over [0, 1].

If $RN \leq p$ rebroadcast message; otherwise, drop.

protocol route link layer failed()

if the broken link is closer to the destination than source, attempt a local repair else bring down the route.

(local repair retrieve all the packets in the ifq using this link, queue the packets for which local repair is done.)

شکل ۲: شبیه کد الگوریتم پیشنهادی

۳- شبیه سازی و ارزیابی عملکرد

برای شبیه سازی از ns2 [۲۱] نسخه ns2.31 استفاده نمودیم که شامل یکسری از جزئیات شبکه های بدون سیم بر پایه ۸۰۲.۱۱ [۲۲] می باشد و به نودها اجازه می دهد که در محیط شبکه آزادانه حرکت کنند. بسیاری از پروتکلهای مسیریابی که اخیراً پیشنهاد شده اند ($AODV, DSR, TORA, DSDV$) در ns2 شبیه سازی گردیده اند [۲۳-۲۴، ۱۴].

در این شبیه سازی بسته های داده را ۵۱۲ بایت در نظر گرفته و از ترافیک CBR^۱ استفاده می کنیم. هر نود مدل random way [۲۴] point model را استفاده می کند و با سرعتی تصادفی بین ۰ تا ۱۰ m/s حرکت می کند.

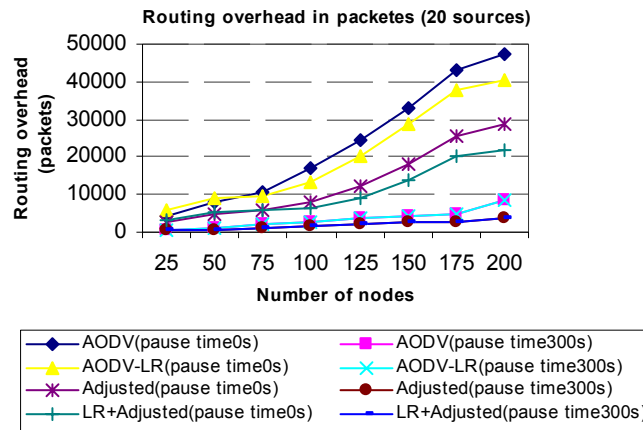
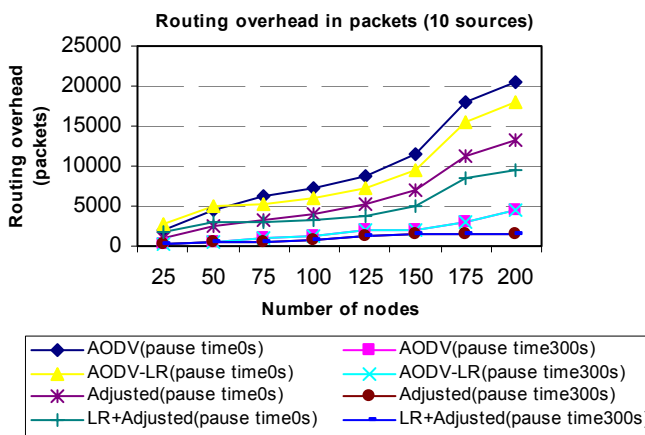
در این مدل، نود یک مقصد تصادفی را انتخاب و بطرف آن مقصد با سرعتی که قبلاً حداقل و حداکثر آن تعیین شده حرکت می کند. زمانیکه نود به مقصد می رسد در آنجا به اندازه زمان توقفی که تعیین شده توقف میکند، بعد از این مدت بطور تصادفی نود مقصد دیگری را انتخاب و حرکت می نماید. اندازه زمین $750m \times 750m$

³ Routing overhead in packets

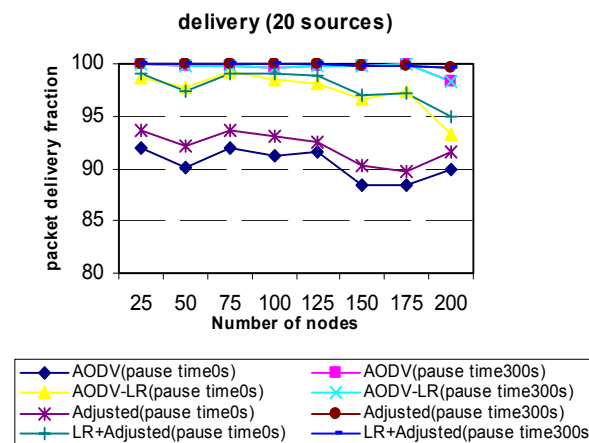
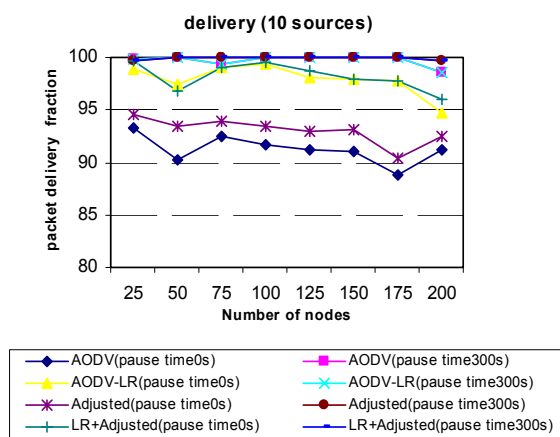
⁴ Packet Delivery Fraction

¹ Constant bit rate

² Pause time



شکل ۳: (ROP) : مجموع تعداد بسته های مسیریابی انتقال داده شده در طول شبیه سازی



شکل ۴: (PDF) : کسری از بسته های داده ارسال شده که توسط هر پروتکل مسیریابی تحویل داده شده اند.

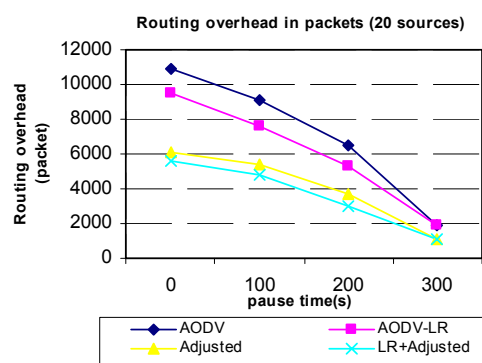
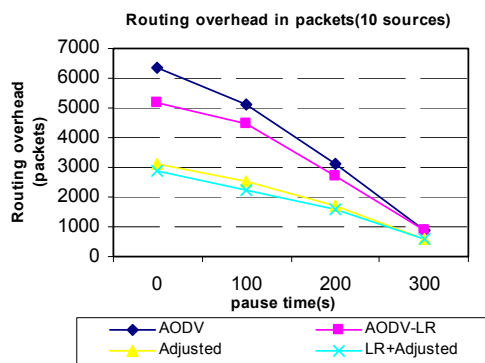
^۱ IFQ قرار می گیرد. اگر مسیری به مقصد وجود داشته باشد بسته مستقیماً وارد IFQ میشود و از رفتن به send-buffer اجتناب می کند. لایه MAC بسته را از IFQ بر می دارد و آن را روی کانال ارسال می کند. اگر send-buffer پر باشد یا بسته برای مدت طولانی نگه داشته شده باشد و منتظر یک مسیر باشد، بسته داده می تواند در نود مبدأ حذف گردد. دلیل دیگر حذف بسته داده در نود مبدأ، سرریز شدن IFQ می باشد. IFQ بصورت FIFO عمل می کند، زمانیکه پر می شود با آمدن بسته جدید، بسته های قدیمی بخاطر سرریز شدن IFQ حذف می گردند.

اندازه send-buffer را برای تمامی پروتکلها ۶۴ بسته و سرعت ارسال بسته ها را ۴ بسته در ثانیه در نظر گرفته ایم. بطور خلاصه دلیل حذف

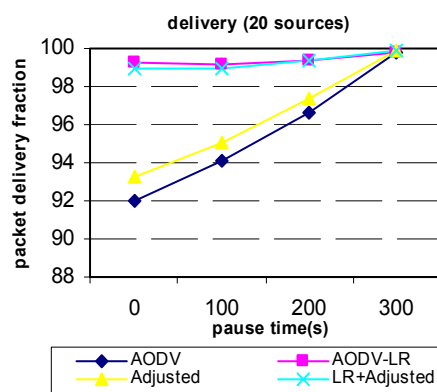
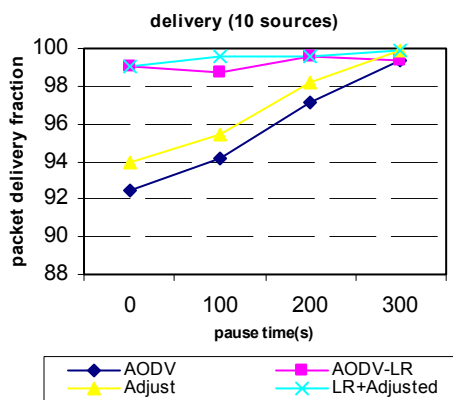
در سناریوی حرکت بالا، الگوریتم پیشنهادی و AODV-LR دارای PDF بیشتری نسبت به دو الگوریتم دیگر می باشند. زیرا زمانیکه مسیری قطع میشود، الگوریتم پیشنهادی و AODV-LR بسته های داده را از بین نمی برند در نتیجه نسبت تحویل بسته ها در این دو الگوریتم بیشتر می باشد همانطور که در شکل مشاهده می کنید در حرکت بالا، PDF با ۲۰ منبع ترافیکی از PDF با ۱۰ منبع ترافیکی کمتر است.

پایین بودن PDF بدلیل اینست که تعداد زیادی از بسته های داده در رسیدن به مقصدشان شکست می خورند. وقتی تعداد منابع ترافیکی افزایش می یابد پروتکلها در مبدأ شروع به حذف بیشتر بسته های داده میکنند. زمانیکه یک بسته داده (CBR) تولید می شود و در send-buffer یک عامل مسیریابی قرار می گیرد. در اینجا بسته داده منتظر می ماند تا مسیرش پیدا شود. هنگامیکه مسیر کشف شد، بسته داده از send-buffer خارج می شود و به لایه اتصال فرستاده می شود و در

^۱ Interface queue



شکل ۵: ROP با ۷۵ نود



شکل ۶: PDF با ۷۵ نود

پیشنهادی قادر است بسته های داده بیشتری را نسبت به الگوریتم های دیگر به مقصد تحویل دهد. الگوریتم مسیریابی AODV و Adjusted prob. زمانیکه مسیری قطع میشود به آسانی بسته های داده را از بین می برد در نتیجه نسبت تحویل بسته ها در AODV و Adjusted prob. در مقایسه با بقیه پروتکلها بدتر می باشد.

۴- نتیجه گیری

این مقاله مقیاس پذیری پروتکلهای مسیریابی on-demand را با انتخاب چند پروتکل از مجموعه پروتکلها (AODV و AODV-LR و Adjusted prob.) بررسی نمود و برای بهتر شدن کارایی در شبکه های بزرگ، الگوریتم جدیدی پیشنهاد گردید. از جنبه های مختلف، مقیاس پذیری پروتکلهای AODV و AODV-LR و Adjusted prob. را بررسی نمودیم. دیدیم که چگونه کارایی این پروتکلها به تعداد و سرعت حرکت نودها و بار ترافیکی داده بستگی دارد. زمانیکه حرکت و جمعیت نودها افزایش می یابد سربار مسیریابی افزایش و مانع تحویل بسته های داده می شود. مشاهده کردید که بازسازی محلی در افزایش تحویل بسته

بسته های داده در نود مبدأ، سرریز شدن IFQ، به اتمام رسیدن زمان بسته ویا بدلیل ازدحام یا تصادم است که لایه MAC قادر به انتقال بسته نمی باشد. ضمناً انتشار بسته های اجرایی نیز اولویت بالاتری نسبت به بسته های داده دارند.

۳-۲- اثر حرکت

برای بهتر فهمیدن چگونگی اثر حرکت و تعداد منابع ترافیکی بر کارایی پروتکلها، تعداد نودها را در سناریوها ثابت نگه داشته و نتایج آزمایشات را ارائه می دهیم.

شکل ۵، ROP را بعنوان تابعی از زمان توقف و بار شبکه برای تعداد متفاوتی از منابع ترافیکی نشان می دهد. مطابق شکل ۵ هنگامیکه زمان توقف افزایش می یابد ROP کمتر می شود. زیرا اتصالات کمتر قطع شده و در نتیجه سربار مسیریابی کاهش می یابد.

شکل ۶، PDF اندازه گیری شده را برای ۷۵ نود بعنوان تابعی از حرکت نودها با تعداد منابع ترافیکی مختلف نشان می دهد. مشاهده می کنید که نسبت تحویل بسته ها با افزایش زمان توقف بالاتر می رود زیرا زمان توقف طولانی تر به معنی حرکت کمتر می باشد. الگوریتم مسیریابی



- های داده به مقصد مفید می باشد، همچنین الگوریتم Adjusted prob. کاهش سربار مسیریابی هنگام کشف مسیر مؤثر است .
- بنابر این برای افزایش مقیاس پذیری، الگوریتم جدیدی پیشنهاد نمودیم که در حقیقت الگوریتم مسیریابی پیشمندی مزایای دو الگوریتم مسیریابی AODV-LR و Adjusted prob. را با هم ترکیب می کند و با توجه به نتایج شبیه سازی الگوریتم مسیریابی بهتری را برای شبکه های بزرگ ad-hoc ارائه می دهد.
- مراجع**
- [16] Pearlman.M.R. and Haas.Z. J., "Determining the Optimal Configuration for the Zone Routing Protocol," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 17, no. 8, pp. 1395-1414, August 1999.
- [17] Sinha.P., Sivakumar.R. and Bharghavan.V., "CEDAR: a Core-Extraction Distributed Ad hoc Routing Algorithm," Proceedings of the IEEE INFOCOM'99, pp. 202-209, New York, NY, March 1999.
- [18] Corson.S., Macker.J., Mobile ad hoc networking (MANET): routing protocol performance issues and evaluation considerations, RFC.2501, 1999.
- [19] Perkins.C.E., Bhagwat.P., Highly dynamic destination-sequenced distance-vector routing (DSDV) for mobile computers, Proceedings of the ACM SIGCOMM.1994 .
- [20] Ni.S., Tseng.Y., Chen.Y., and Sheu.J., The broadcast storm problem in a mobile ad hoc network, Wireless Networks, Vol. 8, No. 2, pp. 153-167, 2002.
- [21] The Network simulator ns-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-man.html>.
- [22] LAN MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society. Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. IEEE Standard 802.11. Technical report, 1999.
- [23] Naumov.V. and Gross.T., Scalability of routing methods in ad hoc networks. Performance Evaluation.(Elsevier Science), October 2005.
- [24] Broch.J., Maltz.D.A., Johnson.D.B., Hu.Y-C. and Jetcheva.J. A performance comparison of multi-hop wireless ad hoc network routing protocols . In Proceedings of the 4th International Conference on Mobile Computing and Networking (ACM MOBICOM'98) , pages 85-97, October 1998.
- [1] Macker.J and Corson.S , Mobile ad hoc networks (MANET), 1997, <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>.
- [2] Perkins.C.E., Ad Hoc Networking, Addison Wesley 2001.
- [3] Toh.C-K., Ad Hoc Mobile Wireless Networks: Protocols and Systems (Prentice-Hall, New York, 2002).
- [4] Maltz.D., Broch.J., Jetcheva.J., and Johnson.D., The effects of on-demand behavior in routing protocols for multihop wireless ad hoc networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communication, 1999.
- [5] Perkins.C.E., Royer.E and Das.S., "Ad Hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing," Internet Draft, draft-ietf-manet-aodv.۱۳-txt, February 2003.
- [6] Johnson.D.B., Maltz. D.A., Dynamic source routing in ad hoc wireless networks , in: Mobile Computing, Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [7] Abolhassan.M., Wysocki.T., and Dutkiewicz.E., A review of routing protocols for mobile adhoc networks. Ad Hoc Networks, 2004.
- [8] Lai.W. , Hsiao.S. , Lin.Y. , Adaptive backup routing for ad-hoc networks , September 2006.
- [9] Bani-Yassein.M., Ould-Khaoua.M., Mackenzie.L.M. and Apanastasiou.S., Performance Analysis of Adjusted Probabilistic Broadcasting in Mobile Ad Hoc Networks , International Journal of Wireless Information Networks, Vol. 13, No. 2, April 2006.
- [10] Bani Yassein.M. and Ould Khaoua. M. , Applications of Probabilistic Flooding in MANETs, Ubiquitous Computing and Communication Journal, 2006.
- [11] Lee.S., Belding-Royer.E. and Perkins.C., Scalability Study of the Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing Protocol. ACM/Wiley International Journal of Network Management, 2003.
- [12] Pan.M., Chuang.S. and Wang.S., Local Repair Mechanisms for On-Demand Routing in Mobile Ad hoc Networks. 11th Pacific Rim International Symposium on Volume , Issue , 12-14 Dec. 2005.
- [13] Perkins.C.E., Royer.E., Ad hoc on-demand distance vector routing, Proceedings of IEEE WMCSA 1999.
- [14] Perkins.C., Royer.E.M., Das.S.R., and Marina.M.K., Performance Comparison of Two On-demand Routing Protocols for Ad Hoc Networks, IEEE Personal Communications, pages 16-28, Feb. 2001.
- [15] Toh.C.-K., "Associativity-Based Routing for Ad-Hoc Mobile Networks," Wireless Personal Communications Journal, vol. 4, no. 2, pp. 103-139, Kluwer Academic Publishers, March 1997.