ارزیابی کارایی مسیریابی های AODV و DSR در شبکه های موردی سیار

وحیده بابائیان[۱] ، زهره رحیمی[۲]
۱–عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی بیرجند
۲–کارشناس دانشگاه صنعتی بیرجند

چکیده
شبکه های موردی سیار مجموعه ای از گره های بی سیم سیار هستند که می تواند با یکدیگر بدون استفاده از هیچ گونه زیر ساختی ارتباط برقرار کنند. پروتکل های مسیریابی متعددی در این شبکه ها توسعه یافته اند. در شبکه های موردی سیار نیاز به یک پروتکل مسیریابی کارآمد و با کیفیت به منظور حمایت از برنامه های کاربردی چند رسانه ای مانند صدا و ویدئو مشهود است. برای چنین برنامه های کاربردی کنترل پارامترهای کیفی از قبیل پهنای باند، تأخیر، نوسان در تأخیر ضروری می باشد. . طراحی و توسعه الگوریتم های مسیر یابی مبتنی بر کیفیت خدمات در حال افزایش است. در این مقاله به بررسی پروتکل های مسیریابی AODV و DSR از نقطه نظر نحوه ارائه کیفیت خدمات آن ها می پردازیم. بدین منظور با استفاده از شبیه ساز OPNET و طراحی سناریوهای مختلف به تحلیل و مقایسه این پروتکل ها پرداختیم. نتایج بدست آمده نشان می دهد که پروتکل DSR در ترافیک های مبتنی بر صدا و تا زمانی که تحرک گره ها حداقل نگه داشته شود مناسب تر از پروتکل AODV است و وقتی تحرک و اندازه ی شبکه افزایش می یابد AODV انتخاب بهتری می باشد. اما به هنگامی که منابع نرم افزاری حجیم مانند صوت و تصویر مورد نظر باشد، ماهیت مبتنی بر تقاضا بودن AODV به شدت مانع عملکرد خوب شبکه می شود.

واژگان کلیدی: نرم افزار آپ نت، کیفیت خدمات، الگوریتم DSR، الگوریتم AODV، شبکه های موردی سیار

مقدمه

شبکه های موردی سیار به هنگامی که زیر ساختی در دسترس نیست ایجاد می شوند. در این شبکه ها با همکاری گره های واسط در شبکه بسته های داده ای به گره موبایل نهایی ارسال می شوند و ممکن است در این انتقال همه ی گره ها در برد یکدیگر نباشند. این شبکه ها به علت تغییر مداوم توپولوژی به پروتکل های مسیر یابی پویا و کار آمد نیاز دارند (Al-Ani,۲۰۱۱).

طراحی با قابلیت اطمینان و استفاده از پروتکل های مسیر یابی مناسب یکی از چالش های این نوع شبکه می باشد(Maltz et al, ۱۹۹۹)

در این مقاله به بررسی و مقایسه پارامترهای کیفی دو مسیریابی AODV و DSR می پردازیم.

با توجه به افزایش محبوبیت صوت و تصویر برنامه های کاربردی در این زمینه و زمینه های تجاری پشتیبانی از کیفیت خدمات در شبکه های موردی سیار تبدیل به یک موضوع قابل توجهی در تحقیقات اخیر شده است. کیفیت خدمات مورد نیاز به طور کلی شامل در دسترس بودن پهنای باند بالا، نرخ تحویل بسته بالا و نرخ تأخیر پایین می شود (Nanda et al, ۲۰۱۳).

Dynamic Source Routing (DSR)

پروتکل DSR یک پروتکل مسیر یابی واکنشی است که بر پایه ی مفهوم مسیر یابی منبع شناخته می شود. این پروتکل شامل دو جزء اصلی عملیاتی کشف مسیر و تعمیر و نگهداری مسیر و سه نوع پیام کنترلی مسیر می باشد که عبارتند از پیام درخواست مسیر RREQ، پاسخ مسیر RREP و پیام خطای مسیر RERR . زمانی که گره منبع در شبکه برای ارسال بسته تلاش می کند و مسیر به سمت مقصد را نزد خود نداشته باشد آن گره یک فرآیند کشف مسیر را بوسیله ی پخش همگانی بسته RREQ آغاز می کند. این بسته درخواست مسیر شامل آدرس گره مقصد، شماره توالی منحصر به فرد می باشد. هر گره میانی پس از دریافت درخواست مسیر، برای اولین بار جدول مسیریابی خود را بررسی می کند و اگر مسیری به مقصد نداشته باشد پیام RREQ را پخش همگانی می کند اما اگر نزد خود یک مسیر به مقصد داشته باشد پیام پاسخ مسیر RREP را به عقب تا گره مبدأ شروع می فرستد. بسته ی پاسخ مسیر RREP شامل رکورد کاملی از شماره توالی گره ها از مبدأ تا مقصد می باشد. گره میانی اگر همان درخواست مسیر را مجدد دریافت با بررسی شماره توالی بسته، این درخواست تکراری را در نظر نمی گیرد.

DSR قادر به ذخیره سازی مسیرهای چندگانه به یک مقصد خاص است. علاوه بر این پاسخ از مقصد به روزترین توپولوژی ارتباطات و با بیش ترین دقت را منعکس می کند. با توجه به حرکت گره ها در شبکه ی موردی سیار، مسیرهای کشف شده ممکن است در طول مسیر و در زمانی که فعال است معتبر نباشد. اگر در مسیری که در حال استفاده و فعال است در لینکی از آن شکستی رخ دهد، گره بالا دست، پیغام خطای RERR را به عقب منشر می کند تا گره مبدأ از این اتفاق آگاه شود. هر گره میانی پس از دریافت پیغام خطا همه ی مسیرها که شامل لینک شکسته است را از جدول مسیریابی

خود حذف می کنند. در نتیجه اگر گره منبع هنوز مسیر را بخواهد یعنی هنوز بسته های برای ارسال به مقصد داشته باشد، باید مجددا فرآیند کشف مسیر را انجام دهد و مسیر جدیدی برای ارسال بسته ها به مقصد پیدا کند (Sathish, ۲۰۱۱).

Ad – hoc on- demand Distance vector (AODV)

الگوریتم مسیر یابی بردار فاصله (AODV) یک پروتکل مسیریابی برای شبکه های موردی سیار و بر مبنای تقاضا می باشد. به این معنی که مسیر بین گره ها را فقط با درخواست گره مبدأ می سازد و تا زمانی که گره مبدأ به آن نیاز دارد آن را نگه می دارد. AODV از شماره توالی برای اطمینان از تازگی مسیرها استفاده می کند. در این روش ایجاد مسیر با استفاده از درخواست مسیر، پاسخ مسیر و چرخه ی جست و جو ساخته می شود. هنگامی که گره مبدأ یک مسیر به گره مقصد بخواهد که در حال حاضر مسیری به آن ندارد، یک پیام RREQ را در سراسر شبکه پخش می کند. بسته ی RREQ شامل آدرس گره مبدأ ، شماره توالی جاری، شماره توالی پخش همگانی، شماره ترتیب أخیر برای مقصد که گره منبع از آن آگاه است می‌باشد. یک گره که بسته ی RREQ را دریافت می کند اگر آن گره مقصد باشد یا مسیری به مقصد داشته باشد یعنی که شماره توالی بالاتر داشته باشد یا محتویات برابر RREQ را دارا باشد ممکن است بسته ی RREP را به مبدأ ارسال کند و فقط یک بسته RREP ارسال می شود. در غیر اینصورت آن گره مجدد RREQ را در شبکه پخش می کند. گره های موجود، توالی آدرس های مبدأ پیام RREQ و شماره توالی پخش همگانی را نگه داری می کنند و اگر بسته RREQ را مجدد دریافت کنند آن را بیرون انداخته و به جلو نمی فرستند. گره های واسط تا مقصد، پیام RREP را به عقب منتشر می کنند تا به مبدا تقاضا برسد. گره مبدأ ممکن است RREP های مختلفی را دریافت کند اما با دریافت اولین RREP شروع به ارسال بسته های داده به جلو تا مقصد می کند. گره ی مبدأ اطلاعات خود را به گره مقصد آپدیت می کند یعنی اگر گره مبدأ بعدا یک RREP با شماره توالی بالاتر یا همان شماره توالی با تعداد نود میانی کمتر دریافت کند آن مسیر را انتخاب می کند و تا زمانی که مبدأ فعال است آن مسیر باقی می ماند. مسیر تا زمانی که بسته بصورت دوره ای از گره مبدأ تا گره مقصد فرستاده می شود فعال در نظر گرفته می شود. اگر گره مبدأ ارسال بسته ها را متوقف کند مسیر موجود Time out شده و از جداول مسیر یابی گره های میانی حذف می شوند. اگر در مسیری که فعال است شکستی صورت گیرد گره بالا دست یک پیام خطای RERR به گره مبدأ ارسال می کند که مبین این است که مقصد در دسترس نیست. گره مبدأ بعد از دریافت بسته ی RERR در صورت نیاز به مسیری به سمت مقصد باید یک فرآیند کشف مسیر را انجام داده و مسیری جدیدی انتخاب نماید . از آنجا که این گره ها موبایل می باشند این احتمال وجود دارد که بسیاری از شکستگی های لینک در امتداد یک مسیر و در طول عمر یک مسیر رخ دهد. AODV اجازه می دهد که به شکست ها پاسخ داده شود و توپولوژی شبکه به موقع تغییر کند.(Murty and. Das, ۲۰۱۱)

تحقیقات پیشین

در (khan et al, ۲۰۱۱) نویسندگان به مقایسه دو پروتکل AODV و DSR پرداختند. نتایج آنها نشان داد زمانی که شبکه برای مدت زمان کوتاه برپا میگردد عملکرد AODV بهتر است. چرا که گم شدن بسته های اولیه ی کمتری دارد و DSR به دلیل از دست دادن بسته ها مناسب نیست. اما اگر شبکه برای مدت زمان بیشتری اجرا گردد DSR و AODV عملکرد مشابهی خواهند داشت.

در مطالعه صورت گرفته شده (Harminder et al, ۲۰۱۰) کارایی دو الگوریتم DSR و AODV در کاربردهای نظامی مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد در ترافیک CBR مسیریابی AODV عملکرد بهتری دارد. اما به هنگام ترافیک TCP مسیریابیDSR بهتر عمل می کند. همچنین DSR در موقعیت های حساس مثل تحرک زیاد و حجم ترافیک بالا عملکرد بهتری دارد بنابراین در شرایطی که محدودیت پهنای باند داریم استفاده از این پروتکل توصیه میگردد.

در (Barakovic et al, ۲۰۱۰) نویسندگان به مقایسه سه پروتکل DSR, AODV و DSDV در نرم افزار شبیه ساز ns۲ پرداختند. نتایج نشان می دهد به هنگام تحرک زیاد شبکه DSR به نسبت دو روش دیگر عملکرد بهتری دارد.

در (Sathish et al, ۲۰۱۱) مقایسه ای بین DSR , AODV, FSR و ZRP انجام شد. نتایج آن ها نشان داد که DSR از لحاظ نرخ تحویل بسته و توان عملیاتی به نسبت AODV بهتر عمل می کند.

در (Kaushik and Deshmukh, ۲۰۰۹) نویسندگان به مقایسه سه روتینگ DSR, AODV و DSDV پرداختند. نتایج آن ها نشان داد در سناریوهایی با تحرک زیاد گره ها، DSR از AODV بهتر می باشد.

در (Sharman and. Bhatia, ۲۰۱۱) نویسندگان مطالعه ای را در مورد سه پروتکل DSR, AODV و DSDV در نرم افزار شبیه ساز ns۲ پرداختند. نتایج آن ها نشان می دهد از لحاظ نرخ تحویل بسته، توان عملیاتی و تأخیر انتها به انتها مسیریابی DSR از AODV بهتر می باشد.

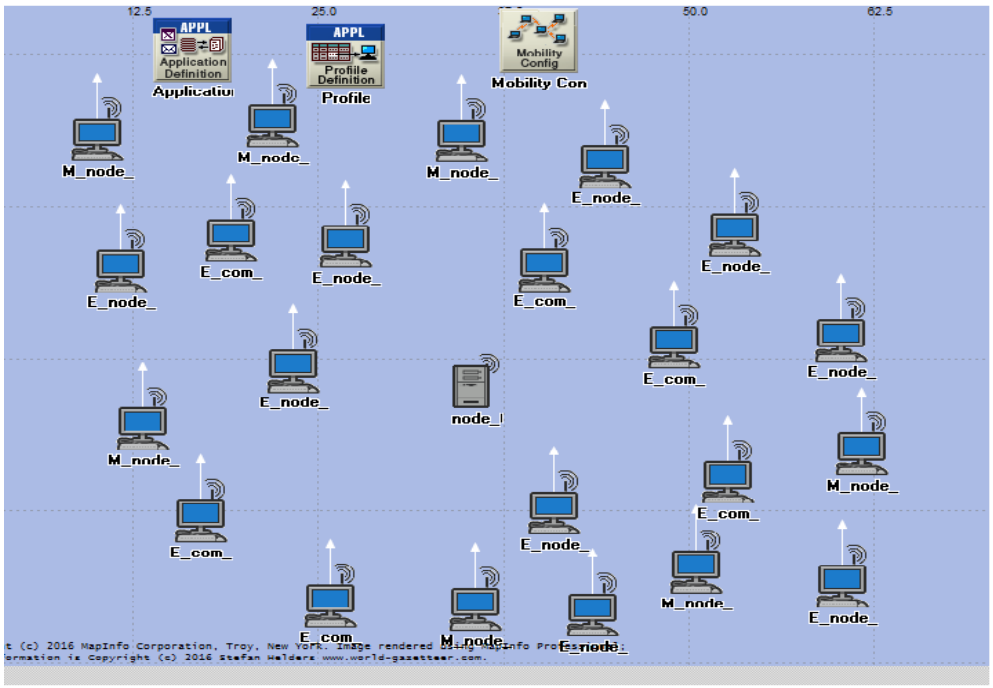
در (Usop et al, ۲۰۰۹) به مقایسه AODV, DSR و DSDV در شبیه ساز ns۲ پرداختند. نتایج آن ها نشان داد به هنگام تحرک زیاد گره ها DSR کارایی بیشتری از AODV دارد.

پیاده سازی و تنظیم پارامترها

در این بخش به ارزیابی عملکرد دو پروتکل مسیریابی AODV و DSR در ترافیک هایی مانند voip و video می پردازیم. در مقایسه دو پروتکل از نرم افزار شبیه سازی OPNET نسخه ی ۱۴,۵ استفاده کرده ایم. شبکه با ابعاد ۱۰۰*۱۰۰ در نظر گرفته شده است و گره های موجود در این شبکه با قابلیت های متفاوتی تنظیم شده اند بطوریکه هفت گره از نوع Mobil node با قابلیت پشتیبانی چند رسانه ای، نه گره با قابلیت VIOP و شش گره با قابلیت FTP, HTTP را تنظیم کرده ایم. در دو سناریو پایه و QOS پروتکل های AODV و DSR با متریک هایی از قبیل نوسان در تاخیر، تعداد درخواست، تاخیر شبکه، تاخیر انتها به انتهای ویدئو، تاخیر انتها به انتها ی صوت و زمان پاسخ HTTP مقایسه شده اند.

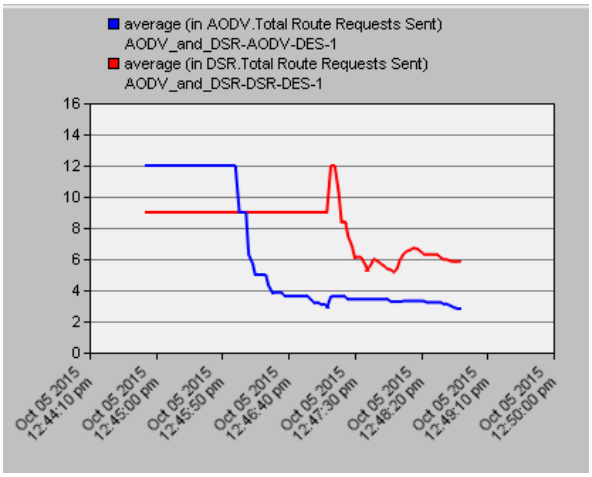
سناریو پایه

محیط آزمون مبنا به منظور ارزیابی عملکرد پروتکل مسیریابی DSR و AODV در شکل ۱ نشان داده شده است. توپولوژی شبکه بوسیله توزیع تصادفی گره ها در یک منطقه ایجاد می شود. در نرم افزار OPNET مشخصات تحرک، تعریف برنامه ها و مشخصات برنامه قابل پیکر بندی است. در این سناریو گره های متعددی با ترافیک های متفاوت از قبیل ترافیک چند رسانه ای ، ترافیک VIOP و ترافیک FTP و Http ایجاد می کنیم.



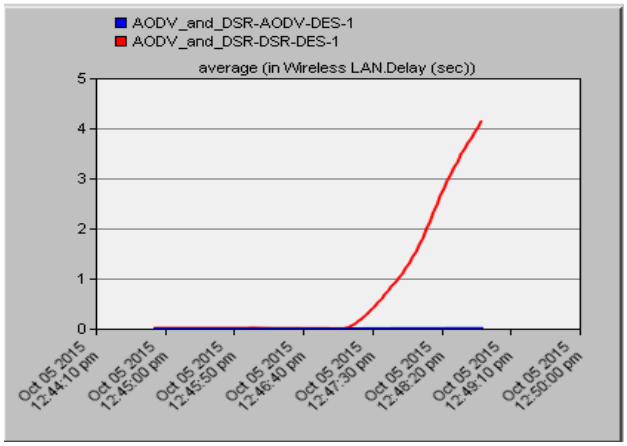
شکل ۱: محیط آزمون مبنا

پس از اجرای این سناریو با توجه به نتایج حاصل که در شکل ۲ نشان داده شده است مقایسه ای بین DSR و AODV و تعداد درخواست ها را می بینید. همانطور که در نمودار مشخص شده است تعداد درخواست های مسیر AODV کمتر از درخواست های مسیر DSR است. DSR بدلیل پویایی بیشتر و تعمیر مسیر های بیشتر در خواست مسیر بیشتری دارد اما در AODV یک مسیر فقط در ابتدا که درخواست می شود ایجاد می گردد در نتیجه در مقایسه با DSR درخواست مسیر کمتری دارد اما در آغاز که مسیرها ایجاد می شود AODV برای مدت کمی تعداد در خواست های مسیر آن از DSR بیشتر است.



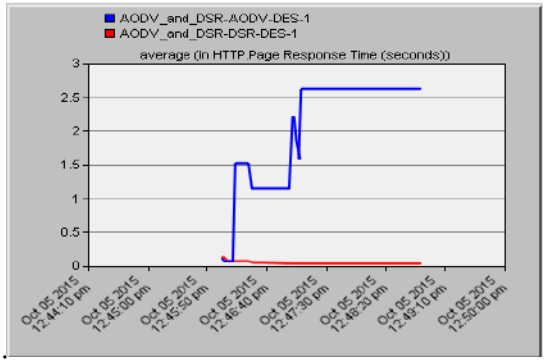
شکل۲: تعداد درخواست های مسیر

یکی دیگر از پارامترهای مهم برای کاربران در MANET تأخیر است. تأخیر به عوامل متعددی بستگی دارد. برخی از عوامل شامل اندازه ی شبکه، حرکت و نوع انتقال داده است. در شکل ۳ نتایج حاصل از مقایسه تأخیر دو الگوریتم به تصویر کشیده شده است. در این شکل DSR مقدار تأخیر بیشتری دارد زیرا ممکن است فقط یک مسیر را در جدول مسیریابی خود نگه داری کند و به دلیل این که چندین گره از آن مسیر استفاده می کنند درنتیجه ترافیک عبوری از آن مسیر افزایش یافته در نتیجه تأخیر افزایش می یابد . در AODV مسیر همراه با تقاضا ساخته می شود و انتخاب مسیر بهتر با تأخیر کمتر را در کل مسیر اجازه می دهد.



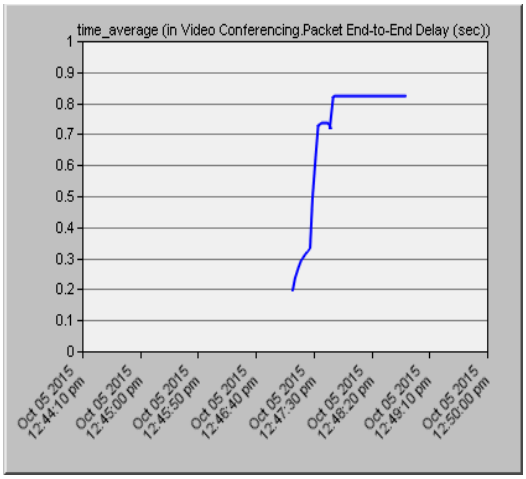
شکل۳: مقایسه تأخیر دو الگوریتم

شکل۴ زمان پاسخ HTTP را نشان می دهد در نمودار روند کلی AODV نشان داده شده است که زمان پاسخ وجود دارد. زیرا باید در هر بار تقاضا مسیر را کشف کند. DSRیک ماهیت غیر قابل پیش بینی در زمان پاسخ دارد که بدلیل ذخیره سازی مسیر می باشد و گاهی رفتاری بهتر از دیگران دارد.



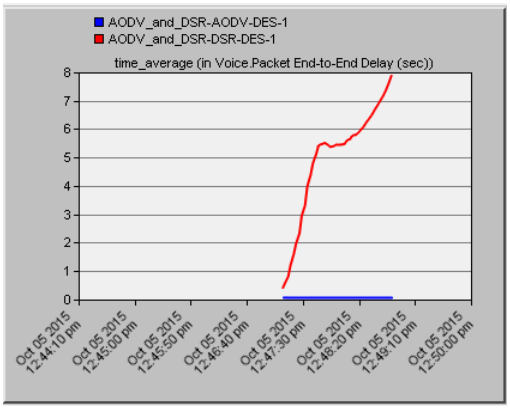
شکل٤: مقایسه زمان پاسخ HTTP

مقایسه بعدی بررسی عملکرد دو الگوریتم در ترافیک ویدیو کنفرانس می باشد. شکل ۵ تأخیر انتها به انتهای ویدیو را نشان می دهد. AODV تأخیر کم قابل توجهی از مبدأ به مقصد دارد (طبق پیاده سازی ما ندارد). اما برعکس DSR تأخیر بسیار بیشتری دارد.



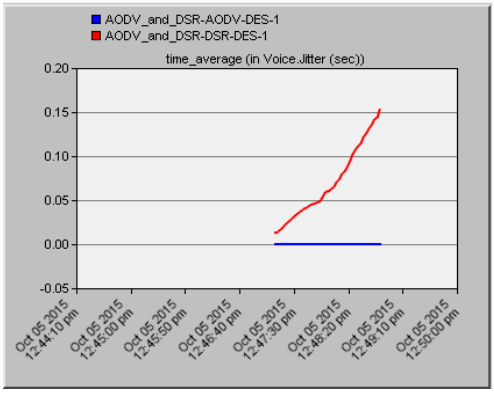
شکل۵: تأخیر در ترافیک های ویدئو کنفرانس

در شکل ۶ مقایسه بین تأخیر انتها به انتهای داده های صوتی را نشان می دهد. در این مورد AODV تأخیر کمتری دارد و DSR تأخیر بالاتری دارد. بنابراین از لحاظ کیفیت خدمات برای داده های صوتی AODV به عنوان پروتکل مسیر یابی پویاتر و بهتر می باشد



شکل ٦: تأخیر انتها به انتهای داده های صوتی

Jitter یا نوسان در تأخیر نقش بسیار مهمی در کیفیت خدمات ایفا می کند و در یک شبکه در حال تغییر می توان تفاوت ها را به روشنی دید. همان طور که در شکل ۷ نشان داده شده است AODV به طور کلی jitter کمتری به نسبت DSR دارد.

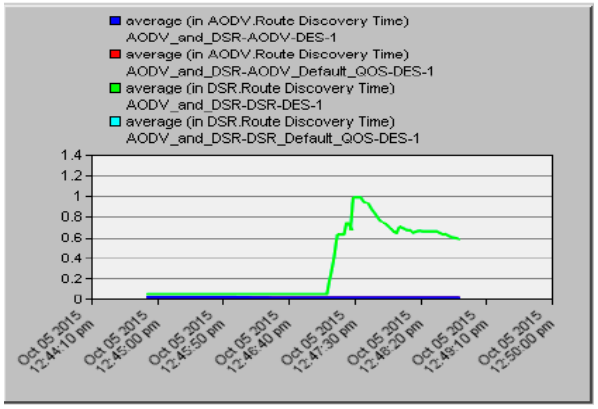


شکل۷: نوسان در تأخیر یا jitter

سناریوی QOS

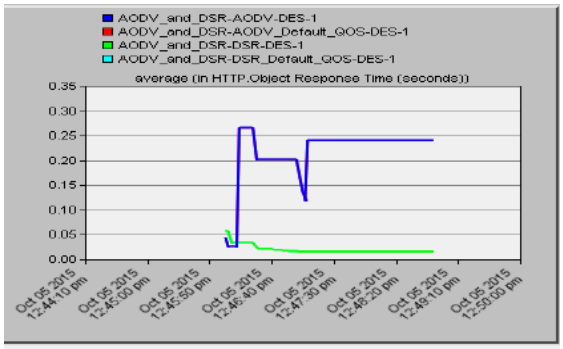
در اینجا شبیه سازی سناریو QOS با ترافیک قراردادی QOS با همان پیکر بندی سناریوی پایه را داریم. در این مقایسه همانند تحقیق انجام شده در (Sharma et al, ۲۰۱۰) به بررسی پارامترهای کیفی شبکه می پردازیم. در شکل ۸ می بینیم

که DSR کشف مسیر کمتری در زمان دارد. ولی AODV کشف مسیر بالاتری دارد. به هر حال شما می توانید ببینید AODV زمان کمتری را در اولین شبیه سازی می گیرد.



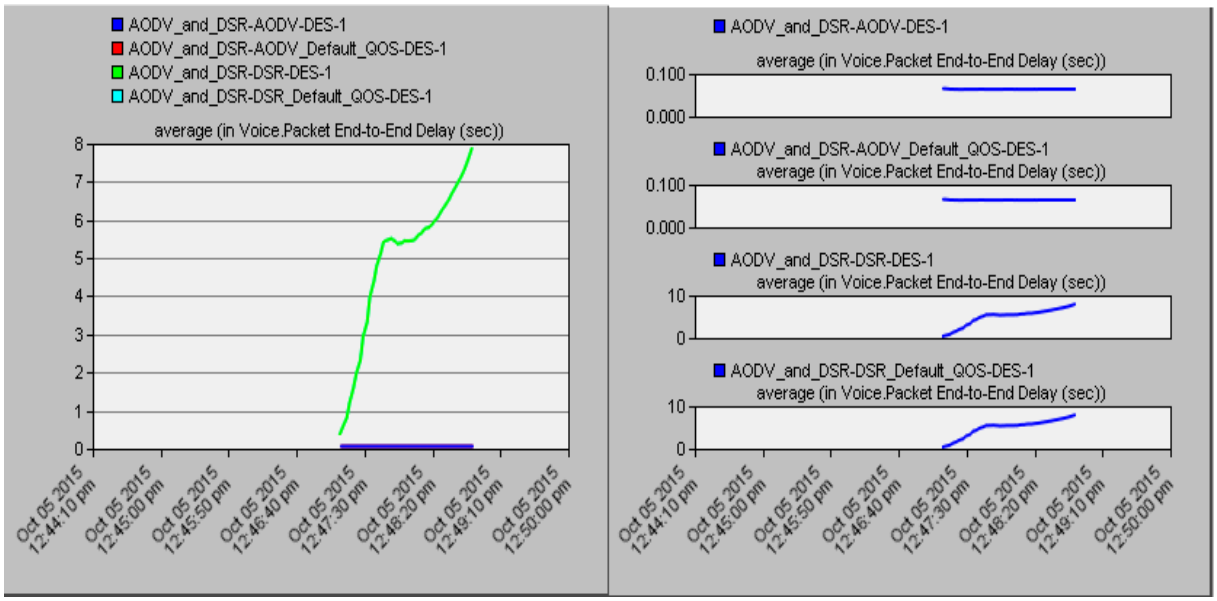
شکل۸: زمان کشف مسیر در سناریوی QOS

شکل ۹ زمان پاسخ HTTP را نشان می دهد. کیفیت خدمات با ایجاد مسیرهایی در سطوح پایین تر مدل OSI، DSR را بیشتر تحت تأثیر قرار می دهد و به مسیر اجازه می دهد که به طور موثر ذخیره سازی شود. نمودار هر دو پروتکل DSR و AODV بسیار شبیه یکدیگرند بطوری که هر دوی آنها ابتدا افزایش یافته سپس بعد از کشف مسیر کاهش می یابد. کیفیت خدمات در DSR خیلی بهتر ارائه می گردد بطوریکه زمان پاسخ برای داده های HTTP خیلی بهتر است.



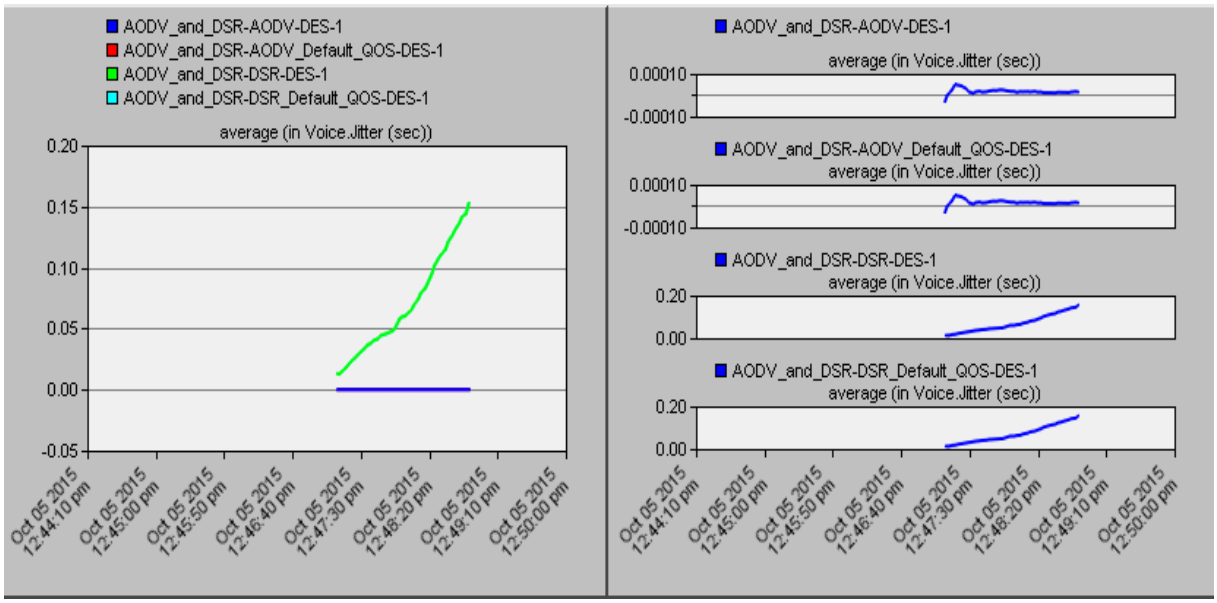
شکل۹: زمان پاسخ HTTP در سناریوی QOS

شکل ۱۰ تأخیر انتهابه انتهای صدا را نشان می دهد. در این نمودار تفاوت میان دو پروتکل و دو سناریو به روشنی مشخص می شود. مقایسه اصلی نشان می دهد که AODV کارآمدتر از DSR است در حالی که در سناریوی QOS مسیریابی DSR به طور شگفت انگیزی باعث بهبود عملکرد می شود. در موقعیتی که داده های صوتی نیاز است توصیه می شود از DSR با کیفیت خدمات استفاده شود .



شکل ۱۰: تأخیر انتهابه انتهای صدا در سناریوی QOS

شکل ۱۱ نوسانات تأخیر صدا را نشان می دهد. این یک مقایسه بسیار خوبی برای نشان دادن این واقعیت است که DSR باید در زمانی که داده های صوتی در شبکه ی موبایل ad –hoc مورد نیاز است استفاده شود.



شکل ۱۱: نوسانات تأخیر صدا در سناریوی QOS

بحث و نتیجه گیری:

نتایج حاصله شامل دو مجموعه می باشد که مجموعه ی اول برای مقایسه کارایی دو پروتکل مسیریابی در حالت پایه می باشد. و در مجموعه ی دوم کارایی این دو پروتکل با QOS بدست آمده که با مجموعه ی اول مقایسه می شود.

با توجه به نتایج حالت پایه ای (مجموعه ی اول) AODV پروتکلی است که اغلب مورد استفاده قرار می گیرد . (اما نه در همه ی شرایط) به این دلیل که AODV مسیرها را بر مبنای تقاضا ایجاد می کند بنابراین شانس یا احتمال کمتری برای خطای مسیر یا ارسال مجدد وجود دارد. با این حال حرکت نزولی AODV ترافیک شبکه به طور مداوم با ایجاد مسیر هنگامی که منبع مسیر را درخواست می کند و مقصد پاسخ مسیر را ارسال می کند افزایش می یابد. مجموعه ی دوم از شبیه سازی برای اجرای کیفیت خدمات برای هر دو پروتکل ساخته شده است. نتایج روی QOS در همان سناریو که در مطالعه ی پایه مورد آزمایش قرار گرفته بود استوار است.

نتایج این مجموعه نشان می دهد DSR پروتکل بهتر برای استفاده و ترافیک مبتنی بر صدا است. و عملکرد بهتر با توجه به تأخیر پایین و تعداد گره کمتر دارد. در حالت کلی در شبکه های با ترافیک و تحرک کم گره ها DSR انتخاب بهتر برای پروتکل مسیر یابی است تا زمانی که تحرک حداقل نگه داشته شود DSR هنوز می تواند به عنوان پروتکل مسیر یابی مورد استفاده قرار گیرد. اما در نهایت جداول مسیر یابی به سادگی بیش از حد بزرگ یا از تاریخ گذشته می شود. همان طور که اندازه شبکه و تحرک افزایش می یابد AODV با توجه به ماهیت مبتنی بر تقاضایی که دارد انتخاب بهتر است که این بدلیل عدم ذخیره سازی مسیر هست که اجازه تحرک بیشتر را می دهد. با این حال زمانی که منابع نرم افزاری حجیم مانند صوت و تصویر معرفی می شوند ماهیت مبتنی بر تقاضای AODV به شدت مانع عملکرد خوب شبکه می شود.. در اینجاست که ذخیره سازی مسیر DSR واقعا می درخشد.

منابع :

R. Al-Ani,۲۰۱۱, Simulation and performance analysis evaluation for variant MANET routing protocols, International Journal of Advancements in Computing Technology, Volume ۳, Number ۱

S. Sathish, K. Thangavel and S. Boopathi,۲۰۱۱, Performance analysis of DSR, AODV, FSR and ZRP routing protocols in MANET , MES Journal of Technology and Management

M.S. Murty and M.V. Das, ۲۰۱۱, Performance evalution of MANET routing protocols using reference point group mobility and random waypoint models, International Journal of Ad hoc, Sensor & Ubiquitous Computing (IJASUC) Vol.۲, No.۱

Maltz, David and Broch, Jetcheva and Jorjeta Johnson, ۱۹۹۹, The Effects of On-Demand Behavior in Routing Protocols for Multi-Hop Wireless Ad Hoc Networks, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. ۱۷, no. ۸, pp. ۱۴۳۹-۱۴۵۳,

Jahangir khan, Dr.syed Irfan Hyder, Dr.Syed Malek Fakar Duani syed Mustafa, ۲۰۱۱, International Journal of Grid and Distributed Computing, Vol. ۴, No. ۱

Harminder S. Bindra, Sunil K. Maakar and A. L. Sangal, ۲۰۱۰, Performance evaluation of two reactive routing protocols of MANET using group mobility model", IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. ۷, Issue ۳, No ۱۰, ISSN (Online): ۱۶۹۴-۰۷۸۴

Sabina Barakovic, Suad Kasapovic, and Jasmina Barakovic, ۲۰۱۰, Comparison of MANET routing protocols in different traffic and mobility models, Telfor Journal, Vol. ۲, No. ۱

S. Sathish, K. Thangavel and S. Boopathi, ۲۰۱۱, Performance analysis of DSR, AODV, FSR and ZRP routing protocols in MANET", MES Journal of Technology and Management

Sapna S. Kaushik and P.R.Deshmukh۲, ۲۰۰۹, Comparision of effectiveness of AODV, DSDV AND DSR routing protocols in mobile ad hoc networks, International Journal of Information Technology and Knowledge Management, Volume ۲, No. ۲, pp.۴۹۹-۵۰۲

Anil. Kumar Sharman and Neha. Bhatia, ۲۰۱۱, Behavioral study of MANET routing protocols by using NS-۲", IJCEM International Journal of Computational Engineering & Management, Vol. ۱۲, ISSN (Online): ۲۲۳۰-۷۸۹۳

Nor Surayati Mohamad Usop, Azizol Abdullah, and Ahmad Faisal Amri Abidin, ۲۰۰۹, Performance evaluation of AODV, DSDV & DSR routing protocol in grid environment, International Journal of Computer Science and Network Security IJCSNS, vol. ۹, No. ۷, pp. ۲۶۱-۲۶۸

N. Sharma, S. Rana, R. M. Sharma, ۲۰۱۰, Provisioning of Quality of Service in MANETs performance analysis & comparison (AODV and DSR), Computer Engineering and Technology (ICCET), ۲nd International Conference on , vol.۷, no., pp.V۷-۲۴۳-V۷-۲۴۸

Nanda , Soumendra And Jiang, Zhenhui And Kotz, David, ۲۰۱۳, A Combined Routing Method for Wireless Ad Hoc Networks.” Dartmouth College Technical Report -۵۸۸