

## بهبود پروتکل AODV برای ترافیک کاربردهای زمان واقعی در شبکه‌های MANET

جواد کبیری<sup>۱</sup>، فرهاد مصری نژاد<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد مخابرات گرایش سیستم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر مجلسی، ایران

<sup>۲</sup> استادیار گروه مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر مجلسی، ایران

### چکیده

گسترش روز افزون شبکه‌های اینترنتی، و افزایش تقاضای ترافیک‌های مختلف مخصوصاً ترافیک‌های زمان واقعی مانند صوت و ویدئوکنفرانس و همچنین تمایل به استفاده از شبکه‌های بی‌سیم، اهمیت مسیریابی در شبکه‌های MANET را بیش از پیش نمایان‌تر می‌کند. سه پروتکل AODV، TORA و DSR جزء پروتکل‌های مهم و کاربردی شبکه MANET می‌باشند. برای ترافیک‌های زمان واقعی پروتکل AODV برای پارامترهای تاخیر انتها به انتها و بازده از دیگر دو پروتکل TORA و DSR بهتر می‌باشد. این نتیجه با شبیه‌سازی در دو شبکه ۵۰ و ۱۰۰ نودی به اثبات رسیده است. در این مقاله با تصحیح پارامترهایی در پروتکل AODV و در نظر گرفتن وزن مسیر در مسیریابی شبکه به نتایج خیلی بهتری نسبت به پروتکل AODV پیش فرض دست پیدا کرده‌ایم. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد که پارامترهای: ترافیک ارسال دریافت خود پروتکل، بسته‌های از بین رفته در مسیریابی، خطای ارسال مسیر و بازده برای LAN و پارامتر جیت‌ر و ترافیک ارسال برای ویدئوکنفرانس؛ همچنین پارامتر تاخیر کل WLAN و کاهش بسته‌های از بین رفته در کل فرایند مسیریابی دچار بهبود شده‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** شبکه‌های حسگر متحرک اقتضایی، پروتکل مسیریابی AODV، شبکه Ad-hoc، نرم افزار OPNET.

## ۱- مقدمه

منظور از Ad-hoc، استفاده برای یک کاربرد خاص است. این واژه در جاهایی کاربرد دارد که حل یک مشکل خاص یا انجام یک وظیفه ویژه مد نظر بوده باشد؛ و ویژگی مهم آن، عدم امکان تعمیم راه حل فوق بصورت یک راه حل عمومی و بکارگیری آن در مسائل مشابه باشد (ترجکویس، ۲۰۱۱). بدلیل تحرک گره‌ها، توپولوژی شبکه پویا و متغیر می‌باشد. بنابراین، با توجه به این که گره‌ها می‌توانند بطور پیوسته موقعیت خود را تغییر دهند، به یک پروتکل مسیریابی که توانایی سازگاری با این تغییرات را داشته باشد، نیاز دارد. در یک شبکه بی‌سیم موردی، گره‌ها از طریق لینک‌های بی‌سیم به هم متصل شده‌اند. از آنجائیکه لینک‌ها می‌توانند در هر زمان متصل یا منفصل شوند، یک شبکه بایستی قادر باشد خود را با ساختار جدید تطبیق دهد. مسیریابی و امنیت در این شبکه از چالش‌های امروز این شبکه‌های مهم محسوب می‌شود. این شبکه‌ها قادر به خودپیکربندی هستند. بطوریکه اگر یکی از گره‌های میانی با مشکل مواجه شود، شبکه بطور خودکار مجدداً خود را پیکربندی کرده و یک مسیر جایگزین را از مبدا به مقصد تعیین می‌کند.

به شبکه‌های Ad-hoc اصطلاحاً MANET (Mobile Ad hoc Network) نیز می‌گویند (کارسون و ماکر، ۱۹۹۹). علت این نامگذاری آن است که ایستگاه‌ها در این شبکه می‌توانند بصورت آزادانه حرکت کرده و بطور دلخواهی به سازماندهی خود بپردازند. پس توپولوژی شبکه‌های بی‌سیم ممکن است به سرعت و بصورت غیر قابل پیش بینی تغییر کنند.

تعدادی از پروتکل‌های مسیریابی برای MANET پیشنهاد شده است. این پروتکل‌ها به سه دسته مختلف طبقه بندی می‌شوند: سرتاسری/فعال، تقاضایی/واکنش پذیر و هیبرید. از زیر دسته پروتکل‌های واکنش پذیر؛ پروتکل‌های (Ad hoc on demand distance vector) (داس و دیگران، ۲۰۰۲)، AODV، TORA و DSR قرار دارند که در این مقاله مقایسه‌ای بین پارامترهای مهم شبکه بین این سه پروتکل انجام خواهد شد. در مراجع مختلفی به بررسی مقایسه‌ای برای پارامترهای مختلف کارایی شبکه بین پروتکل‌های مهم در MANET پرداخته شده است ((داس و دیگران، ۲۰۰۲) - (پارک و کارسون، ۱۹۹۷)). از برترین پروتکل‌های مهم شبکه‌های MANET پروتکل AODV است که از حیث پارامترهای عمده‌ای مانند پایداری، تاخیر انتها به انتها، بازده لینک و ... نسبت به دیگر پروتکل‌های شایع در MANET دارای برتری است (کارام، ۲۰۰۸). برای بهبود خود پروتکل پیش فرض AODV در مراجع مختلفی کارهایی انجام شده است.

در مرجع (یان و یابو، ۲۰۱۲)، بهبود پروتکل AODV براساس هزینه کوتاهترین مسیر ارائه شده و با استفاده از نرم افزار OPNET پارامترهای مهم شبکه مانند: بازده، تاخیر انتها به انتها و ... مورد ارزیابی برای کارایی شبکه سنسور بی‌سیم قرار گرفته است. عبارتی در این مرجع بهبودی بر روی پروتکل AODV که یکی از پروتکل‌های مهم شبکه‌های MANET است، انجام شده است. در این مرجع ابتدا یک سناریوی با ۱۰ گره و سپس سناریوی با ۵۰ گره در نظر گرفته شده است. منطقه حرکت هر دو سناریو یک دفتر کار فرضی با مختصات ۱۰ متر در ۱۰ متر در نظر گرفته شده است. از این مرجع نتیجه گرفته شده است که سناریوی که دارای پروتکل تصحیح شده AODV است، دارای نتایج بهتری در پارامترهای تاخیر WLAN و کل بسته‌های از بین رفته در شبکه؛ نسبت به پروتکل پیش فرض AODV خواهد داشت. همچنین نتیجه گرفته شده است که کل تعداد بسته‌های از بین رفته برای شبکه‌ی با ۱۰ گره با پروتکل تصحیح شده AODV توانایی تطبیق به شبکه با تعداد گره کمتر از ۵۰ عدد را نخواهد داشت.

در مرجع (شانگویی و دیگران، ۲۰۱۲)، بهبودی بر روی پروتکل AODV جهت انطباق با ویژگی‌هایی مانند محدودیت انرژی و تغییر متناوب توپولوژی در شبکه حسگر بی‌سیم انجام شده است. بر پایه انرژی باقیمانده و بار ارتباطاتی برای هر گره، این پروتکل چندین مسیر از گره مبدا به گره مقصد را ایجاد خواهد کرد و سپس مسیری را برای ارسال بسته‌های اطلاعاتی مطابق با قابلیت اطمینان بودن آنها برای مسیریابی انتخاب خواهد کرد. زمانیکه مسیری بدلیل تحرک گره‌ای و یا خارج شدن از محدوده انرژی، خراب شود؛ پروتکل مذکور پیشنهاد داده شده گره پشتیبانی را که دارای قابلیت ارتباطاتی قوی داشته باشد، برای ارسال بسته‌های اطلاعاتی از طریق اطلاعات مسیریابی پشتیبان ارسال خواهد کرد. در این مرجع، شبیه‌سازی با استفاده از

نرم افزار OMNET++ انجام شده و نتایج استخراج شده نشاندهنده کارایی خوب بر پارامترهایی مانند: سیکل طول عمر شبکه، تاخیر، نرخ ارسال بسته و ... می باشد. نام پروتکل بهینه شده AODV، در این مرجع AODV++ نام گذاری شده است که اساساً استراتژی کشف مسیر را بهینه می کند و تعمیر و نگهداری مسیر و ابطال مسیر در آن اصولاً با پروتکل مسیریابی AODV یکسان خواهد بود.

همانطوریکه می دانیم ارائه خدمات کیفیت سرویس برای رسیدن به اهداف خاصی مانند: ارائه کیفیت تضمین شده به یک ترافیک کاربردی خاص، تضمین کیفیت دریافتی برای کاربران یک منطقه و ... همیشه مد نظر ارائه دهندگان سرویس بوده است. با پیشرفت تکنولوژی و درخواست روز افزون کاربران برای ترافیک های زمان واقعی مانند صدا و تصویر، بحث کیفیت سرویس را بیش از پیش برجسته تر می کند. فلذا ارائه کیفیت سرویس برای شبکه های بی سیم در راستای ارائه ترافیک های زمان واقعی مساله ای جدی خواهد بود که در مراجع زیادی به آن پرداخته شده است. در مرجع (پرمالتا و بالاسوبرامین، ۲۰۱۱)، افزایش کیفیت سرویس در MANET بوسیله مسیریابی موثر مطرح شده است. برای این منظور پروتکل لایه MAC و لایه شبکه با مکانیزم کنترل ازدحام انتقال با هم ترکیب شده اند. عنوان شده است، در شبکه Ad-hoc برخی پارامترهای مهم کیفیت سرویس مانند: نرخ خطا، تلفات بسته و تاخیر افزایش یافته است و برخی پارامترها مانند بازده و نرخ تحویل بسته در لایه انتقال ناشی از مشکلات MAC و قطع که ناشی از تحرک بدلیل لایه شبکه است، کاهش پیدا کرده است. فلذا با ترکیب مکانیزم های این سه لایه پارامترهای کیفیت سرویس در شبکه بشدت بهبود یافته است.

در این مقاله برای بررسی بهبود پارامترهای مسیریابی شبکه MANET، پروتکل AODV، را انتخاب و سپس با بهبود پارامترهای آن و همچنین اعمال همزمان تکنیک های کیفیت سرویس؛ سعی در بهبود پارامترهای شبکه خود خواهیم داشت.

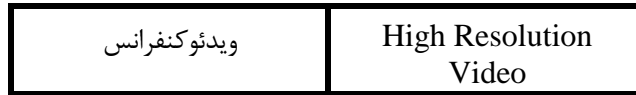
## ۲- بررسی شبکه MANET پیشنهادی

نمایی از شبکه فرضی تحت بررسی در نرم افزار OPNET در شکل ۱ آورده شده است. همانطویکه مشاهده می شود، ۵۰ گره از ایستگاه های کاری است که توانایی پوشش دادن هر پروتکل مسیریابی MANET را در خود دارند. این گره ها علاوه بر تولید ترافیک های کاربردی موجود در شبکه های واقعی (مانند: FTP, Email, HTTP و...), همچنین توانایی مسیریابی ترافیک مذکور با استفاده از پیکربندی های مختلف MANET را نیز دارا هستند. در این شبکه، یک سرور بی سیم، جهت تبادل ترافیکی بین ایستگاه های کاری با سرور و بالعکس، و سه نود بنام های Profile Config, App Config و Rx Group Config به ترتیب برای تنظیمات پروفایل ترافیکی بکار گرفته شده در شبکه، تعریف خود ترافیک های شبکه و پیکربندی گره های گیرنده از میان کل اطلاعات فرستاده شده توسط سرور، در شبکه شبیه سازی شده قرار داده شده است. در جدول ۱، مشخصات ترافیک های اعمالی در شبکه آورده شده است.

لازم به ذکر است که کل زمان شبیه سازی را یک ساعت در نظر گرفته ایم. همچنین در گره Rx Group Config تنظیم فاصله گیرنده برای مسافت ۱۵۰۰ m تنظیم شده است. مسیر زرد رنگ در شبکه مذکور، مسیر درخواست ترافیک را نشان می دهد.

جدول ۱: نوع و نرخ ترافیک های پیاده سازی شده در شبیه سازی شکل ۱

نرخ انتخابی	عنوان ترافیک
FTP (Light)	انتقال فایل
WWW Browser (High Load)	جستجو در صفحات وب
PCM Quality and silence Suppressed	صوت



شکل ۱: نمایی از شبکه شبیه‌سازی شده برای بررسی بهترین پروتکل برای مسیریابی در شبکه MANET با ۵۰ گره

#### ۲-۱. تصحیح برخی پارامترهای AODV برای شبکه MANET

در این بخش شبکه ۵۰ گره‌ای که در شکل ۱ آورده شده است، را مد نظر قرار خواهیم داد و تحت سه سناریو مفاهیم تصحیح شده برخی پارامترهای AODV برای رسیدن به بهبود پارامترهای عمده شبکه را در نظر خواهیم گرفت. نام و توضیحات سه سناریوی در نظر گرفته در این بخش در جدول ۲ آمده است. همچنین در شکل ۲، نمایی از تغییرات اعمال شده برای پارامترهای AODV در سه سناریوی مذکور جهت مقایسه آورده شده است. در ضمن بدلیل اینکه یکی از پارامترهای بهبود در شبکه‌های بی‌سیم کاهش هزینه مسیریابی است، فلذا پارامتر هزینه مسیریابی را نیز در شبیه‌سازی های خود اعمال کرده و سعی در اعمال این کاهش در نتایج شبیه‌سازی هستیم.

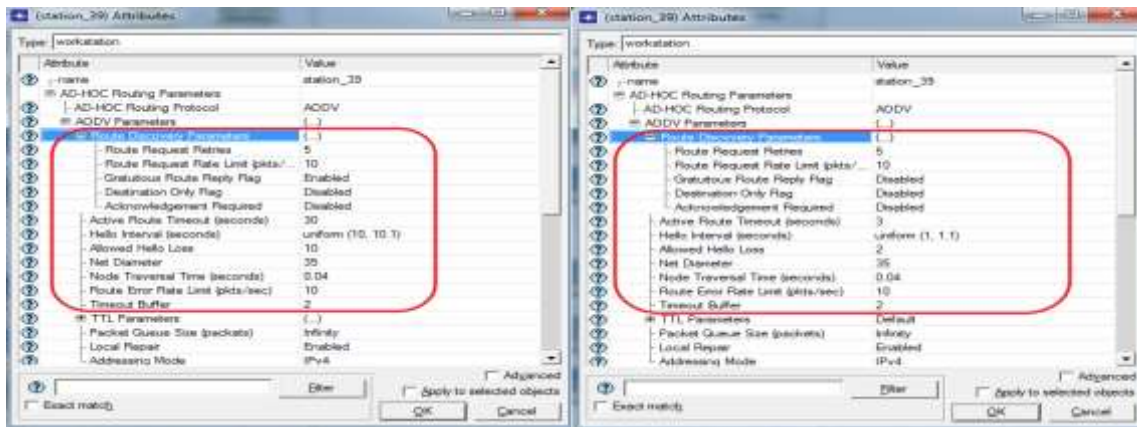
همانطوریکه از شکل ۲ ملاحظه می‌شود، در قسمت الف که مربوط به سناریوی اول شبیه‌سازی است، تمامی پارامترهای پیش فرض پروتکل AODV که توسط RFC تنظیم شده، استفاده شده است.

در قسمت ب که مربوط به سناریوی دوم شبیه‌سازی است، از دسته پارامترهای کشف مسیر پروتکل AODV، گزینه مربوط به پرچم پاسخ مسیر بلاعوض فعال شده است. همچنین زمان توقف مسیر فعال از سناریوی قبلی که دارای مقدار ۳ ثانیه بود، به ۳۰ ثانیه افزایش پیدا کرده است.

جدول ۲: نام سناریوهای پیاده سازی شده برای شبکه مطرح شده در شکل ۱

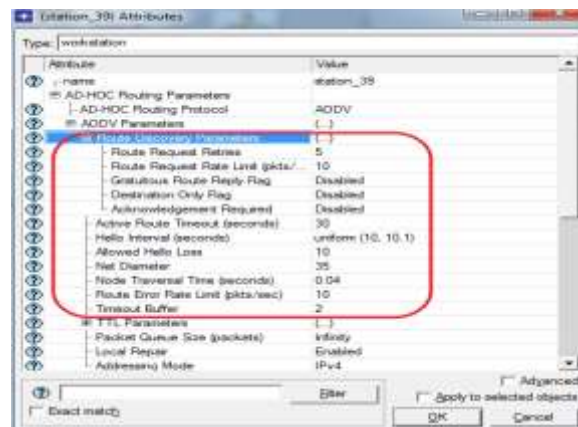
ردیف	نام سناریو	مشخصات اعمال شده در شبیه‌سازی
۱	AODV_without exchange of parameters of RFC	در این سناریو بدن تغییر پارامترهای پروتکل AODV که در RFC عنوان شده و در نرم افزار OPNET بکار گرفته شده، شبیه سازی انجام شده است.

۲	AODV_reduced_routing_traffic	پارامترهای کشف مسیر، زمان توقف مسیرفعال، فاصله زمانی ارسال پیام Hello نسبت به سناریوی شماره ۱، تغییر داده شده است. همچنین کیفیت سرویس MWRP اعمال شده است. و پارامتر هزینه مسیریابی نیز افزوده و در شبیه سازی اعمال شده است.
۳	AODV_reduced_routing_traffic_wo_greply	همان تنظیمات سناریوی شماره ۲ است منتها پارامتر گارانتی کشف مسیر که در سناریوی قبلی فعال بود، در این سناریو غیر فعال خواهد شد تا تاثیر آن بررسی گردد. همچنین کیفیت سرویس MWRP اعمال شده است. و پارامتر هزینه مسیریابی نیز افزوده و در شبیه سازی اعمال شده است.



(ب)

(الف)



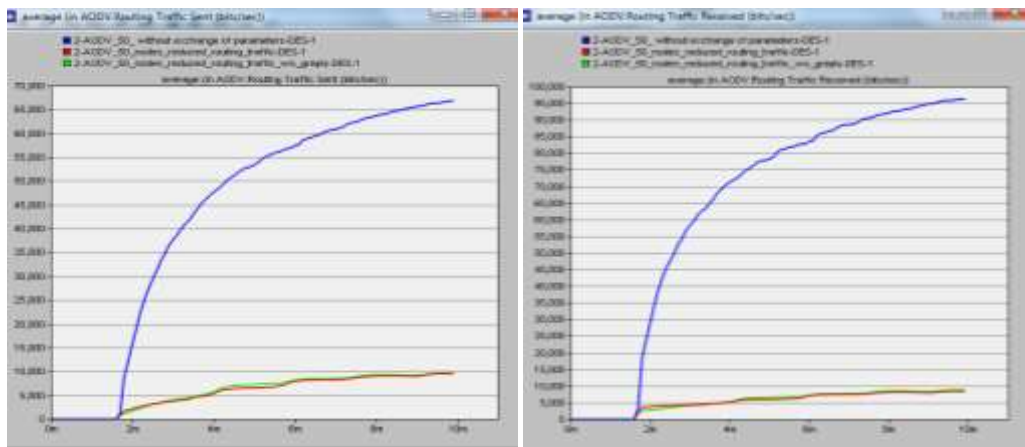
(ج)

شکل ۲: تغییرات اعمالی در پارامترهای پروتکل AODV برای گره‌های شبکه تحت شبیه سازی برای الف) سناریوی اول ب) سناریوی دوم ج) سناریوی سوم بیان شده در جدول ۲

همچنین بازه زمانی پیام Hello نیز از سناریوی قبلی به این سناریو افزایش یافته است. چرا که هدف از افزایش این پارامتر، کاهش ازدحام در مسیریابی است. یعنی می‌خواهیم با افزایش بازه زمانی ارسال این پیام، ازدحام را کاهش داده و اثر آن بر پارامترهای مهم شبکه خود را مورد ارزیابی قرار دهیم. میزان اجازه داده شده برای تلفات Hello نیز در این سناریو نسبت به سناریوی قبلی افزایش یافته و از مقدار ۲ به ۱۰ رسیده است. عبارتی همه تنظیمات فوق الذکر در جهت کاهش ترافیک خود پروتکل مسیریابی AODV انجام شده است. همچنین تنظیمات سناریوی سوم و سناریوی دوم (با توجه به شکل اخیر) همانند هم می‌باشند و تنها تفاوت این دو سناریو در غیر فعال کردن پرچم پاسخ مسیر بلاعوض است. حال به بررسی مقایسه‌ای نتایج بدست آمده از سناریوهای مذکور خواهیم پرداخت.

## ۲-۲. پارامتر ترافیک ارسالی و دریافتی AODV

این پارامترها میزان کل ترافیک ارسالی و دریافتی خود پروتکل مسیریابی AODV در کل شبکه را نشان می‌دهد. در شکل ۳ این پارامترها برای سه سناریوی مطرح شده در این مقاله آورده شده است. همانطوریکه از این شکل‌ها بر می‌آید؛ با اعمال تغییرات در پارامترهای پروتکل AODV در سناریوی شماره دو و سه شاهد کاهش شدید ترافیک ارسالی و دریافتی مسیریابی برای پروتکل AODV در کل شبکه خواهیم بود. عبارتی تغییرات داده شده سبب کاهش ترافیک‌های ارسالی و دریافتی مسیریابی در شبکه خواهد شد که آن نیز به نوبه خود منجر به افزایش بازده در شبکه و استفاده بهینه پهنای باند خواهد شد.



(ب)

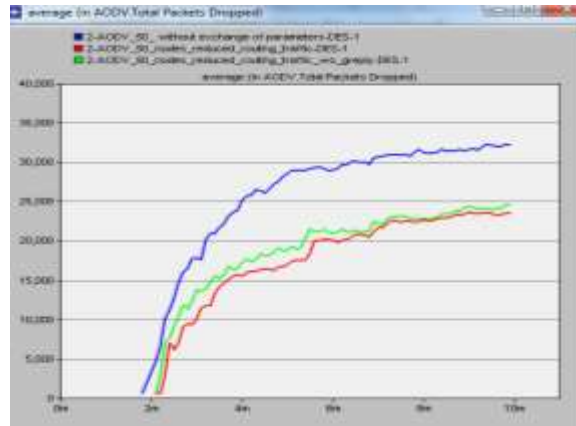
(الف)

شکل ۳: پارامتر ترافیک (الف) ارسالی (ب) دریافتی برای پروتکل مسیریابی AODV برای سه سناریوی مطرح شده در جدول ۲

## ۳-۲. پارامتر بسته‌های از بین رفته در AODV

زمانیکه هیچ مسیری به سمت مقصد یافته نشود، گره بسته‌هایی که بسمت مقصد به صف شده‌اند را حذف خواهد کرد. این پارامتر تعداد کل بسته‌های به دور ریخته شده توسط همه گره‌ها در کل شبکه را نشان خواهد داد. قابل توجه است که چنانچه مقدار این پارامتر در یک پروتکلی در شبکه کم باشد، نشانگر بهینه بودن پروتکل استفاده شده در شبکه خواهد بود چراکه با افزایش این پارامتر، تعداد زیادی از بسته‌های شبکه دور ریخته خواهد شد و اطلاعات از بین می‌رود. در شکل ۴، این پارامتر

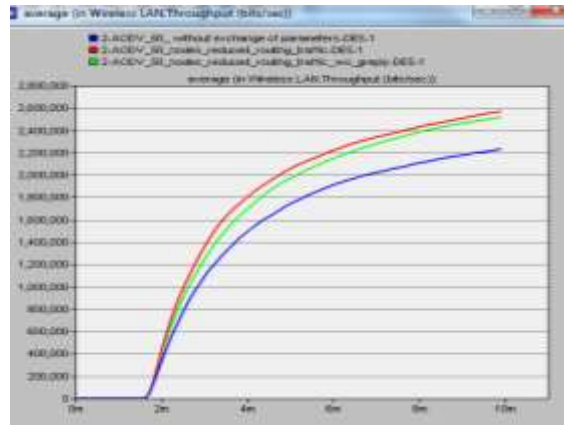
نشان داده شده است. همانطوریکه از این شکل مشاهده می‌شود، با اعمال تغییرات مطرح شده در سناریوی دو و سه، میزان این پارامتر کاهش خواهد یافت. بعبارتی شبکه تحت سناریوی دوم شبکه دارای کمترین مقدار از بین رفتگی بسته‌های شبکه خواهد شد.



شکل ۴: پارامتر بسته‌های از بین رفته برای سه سناریوی عنوان شده در جدول ۲

#### ۴-۲. پارامتر بازده LAN

در شکل ۵، پارامتر بازده LAN آورده شده است. مشاهده خواهد شد که میزان بازده برای سناریوی ۲ و ۳ بهتر از سناریوی ۱ بوده، که شامل پروتکل AODV با پارامترهای پیش فرض در شبکه است. میزان بازده سناریوی ۲ از سناریوی ۳ نیز بیشتر خواهد بود.



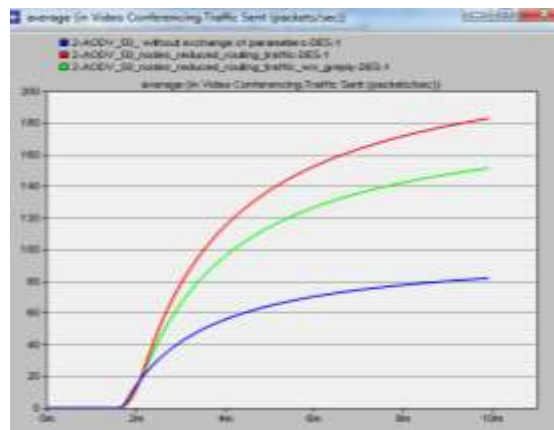
شکل ۴: پارامتر بازده LAN برای سه سناریوی عنوان شده در جدول ۲

#### ۵-۲. پارامتر ترافیک ارسالی برای ویدئوکنفرانس

میزان میانگین بایت بر ثانیه ثبت شده به لایه انتقال توسط همه کاربردهای ویدئوکنفرانس در شبکه، تشکیل دهنده این پارامتر خواهد بود. هر چقدر میزان این پارامتر بیشتر باشد، نشانگر کارایی پروتکل انتخابی برای شبمه تحت کار خواهد بود. در شکل ۵، نمایی از این پارامتر آورده شده است و مشاهده خواهیم کرد که دو سناریوی دو و سه دارای افزایش چشمگیری در میزان ترافیک ارسالی ویدئوکنفرانس در شبکه را خواهند داشت. بالاخص سناریوی دوم مطرح شده در جدول ۲، دارای بالاترین میزان ارسال ترافیک ویدئوکنفرانس در بین سایر سناریوها خواهد بود.

## ۲-۶. پارامترهای تاخیر انتها به انتها و تغییر در تاخیر بسته برای ترافیک صوتی

پارامترهای تاخیر انتها به انتها، تغییر در تاخیر بسته و جیتر برای ترافیک صوتی در شکل ۶، آورده شده است. از این شکل بخش الف مشاهده می‌شود که تغییرات تاخیر بسته برای ترافیک صوتی در سناریوی شماره ۳ کمترین مقدار در بین سایر سناریوها را دارا است. همچنین پارامتر جیتر برای سناریوی شماره ۲ کمترین مقدار را دارد. اما تاخیر انتها به انتها برای ترافیک صوتی در سناریوهای دو و سه بیشتر از سناریوی اول شبکه شبیه‌سازی شده می‌باشد که در آن سناریو هیچ تغییری در پارامترهای AODV صورت نپذیرفته است.



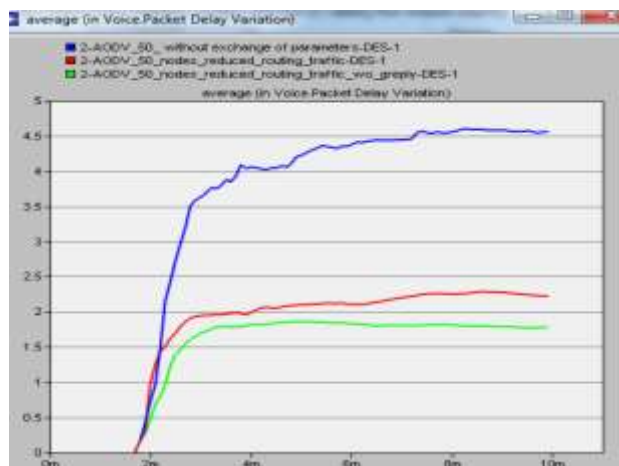
شکل ۵: پارامتر ویدئوکنفرانس برای سه سناریوی عنوان شده در جدول ۲

از کل شبیه‌سازی‌های انجام شده در این بخش می‌توان نتیجه گرفت که در اغلب پارامترهای مهم شبکه بهبود عمده‌ای به سبب تغییر پارامترهای پروتکل مسیریابی AODV حاصل شده است. حتی برای ترافیک‌های زمان واقعی مانند صوت و ویدئوکنفرانس نیز نتایج بدست آمده قابل تعمیم خواهد بود که شبیه‌سازی‌های موجود در بخش ۲-۵ و ۳-۵، اثبات کننده این موضوع خواهد بود.

## ۶- نتیجه‌گیری

بدلیل افزایش ترافیک‌های کاربردی و تقاضای روزافزون برای استفاده از شبکه‌های بی‌سیم، پارامترهای مانند زمان تاخیر بارگذاری، بیشتر شدن بازده استفاده از کانال و عبارتی افزایش پهنای باند، کم بودن نوسانات در دریافت صدا و تصویر و ... مهم شده و برای کاربران حایز اهمیت فراوانی دارد. همه این پارامترها بدلیل پروتکل‌های مسیریابی استفاده شده در شبکه می‌تواند کاهش و یا افزایش یابد. بدلیل اینکه گره‌های شبکه MANET دارای پویایی حرکت بالا هستند، فلذا الگوریتم مسیریابی در این شبکه‌ها بیش از سایر شبکه‌ها اهمیت خواهد داشت. در این مقاله تصحیحی بر پارامترهای AODV در یک شبکه فرضی ۵۰ گرهی MANET انجام شده است. با تصحیح پارامترهای زمان توقف مسیر فعال و بازه زمانی پیام Hello در پروتکل AODV همچنین اعمال طرح کیفیت سرویس MWRR و در نظر گرفتن وزن مسیر در مسیریابی شبکه به نتایج خیلی بهتری نسبت به خود پروتکل AODV دست یافتیم. در پروتکل تصحیح شده AODV، نسبت به پروتکل AODV به بهتر شدن پارامترهای: ترافیک ارسال دریافت خود پروتکل، بسته‌های از بین رفته در مسیریابی، خطای ارسالی مسیر و بازده برای LAN و پارامتر جیتر و ترافیک ارسالی برای ویدئوکنفرانس؛ همچنین پارامتر تاخیر کل WLAN و کاهش بسته‌های از بین رفته در کل فرایند مسیریابی دست یافته ایم.

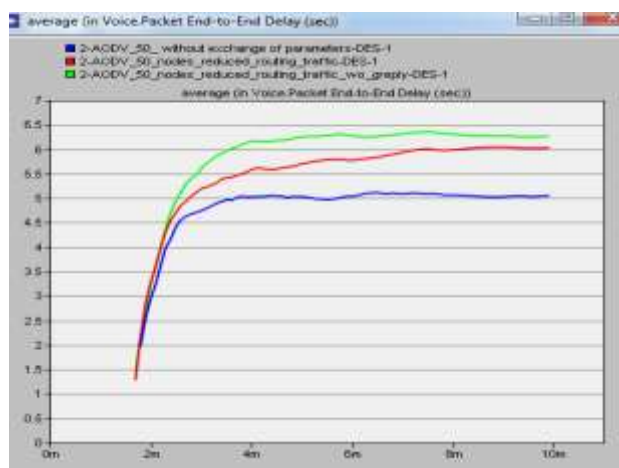




(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۶: پارامترهای الف) تغییرات تأخیر بسته (ب) جیتر (ج) تأخیر انتها به انتها برای ترافیک صوت برای سه سناریوی مطرح شده در جدول ۲

## مراجع

1. Tarjkovic, I., Final Project OSPF, EIGRP and RIP performance analysis based on OPNET, report ensc835: communication networks, 2011.
2. Corson S., Macker J., Mobile Adhoc Networking (MANET): routing protocol performance issues and evaluation considerations, RFC2501, 1999.
3. Das S., Perkins C., Royer E., Ad hoc on demand distance vector (AODV) routing, Internet Draft, draft-ietf-manetaodv- 11.txt, work in progress, 2002 .
4. Park V.D., Corson M.S., A highly adaptive distributed routing algorithm for mobile wireless networks, Proceedings of INFOCOM, 1997.
5. Royer E.M., Toh C.-K., A review of current routing protocols for ad hoc mobile wireless networks, IEEE Personal Communications 6, 1999.
6. J. Premalatha, P. Balasubramanie, Enhancing Quality of Service in MANETS by Effective Routing, IEEE transaction, 2011.
7. Karam, E., Implementation and Simulation of Communication Network for Wide Area Monitoring and Control Systems in OPNET, Master of Science Thesis Stockholm, 2008.
8. Yan Y., Yubao Y., Improved AODV Routing Protocol for Wireless Sensor Networks and Implementation Using OPNET, Third International Conference on Intelligent Control and Information Processing, Dalian, China, 2012.
9. Shuangyin Ren, et al., An Improved Wireless Sensor Networks Routing Protocol Based on AODV, IEEE 12th International Conference on Computer and Information Technology, 2012.
10. J. Premalatha, P. Balasubramanie, Enhancing Quality of Service in MANETS by Effective Routing, IEEE transaction, 2011