

## بهبود توان عملیاتی پروتکل CoopMAC با استفاده از معیار پایداری

حامد طاهری<sup>۱</sup>، دکتر رسول صادقی<sup>۲</sup> و دکتر محمد رضا سلطان آقایی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی رشته مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)، اصفهان، ایران، Hamed\_Taheri32@yahoo.com

<sup>۲</sup> دانشگاه آزاد اسلامی واحد دولت آباد، اصفهان، ایران، r.sadeghi.2005@gmail.com

<sup>۳</sup> دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)، اصفهان، ایران، mcra6@yahoo.com

چکیده - تمرکز اصلی این تحقیق بر بهینه سازی انتخاب ایستگاه مناسب میانی (رله) در پروتکل CoopMAC شبکه های IEEE 802.11 می باشد. در واقع این تحقیق در پی آن است تا کارایی پروتکل مذکور را با استفاده از معیار پایداری بهبود ببخشد. در پروتکل اصلی CoopMAC تنها معیار برای گزینش ایستگاه میانی نسبت تاخیر می باشد. این معیار وابسته به طول بسته ها است و هر چه طول بسته بیشتر باشد کارایی پروتکل CoopMAC نیز بیشتر است. حال اگر ایستگاه ها متحرک باشند و ایستگاهی به عنوان رله انتخاب شود که در حال دور شدن از ایستگاه منبع باشد، باعث می شود نرخ از دست دادن بسته ها افزایش یابد و در کل توان عملیاتی پروتکل CoopMAC را در شبکه ها کاهش می دهد. برای رفع این مشکل معیار پایداری را تعریف می کنیم که در آن تنها ایستگاه هایی انتخاب می شوند که در حالت پایدار یا نزدیک شدن به ایستگاه منبع قرار داشته باشند. این کار باعث می شود نرخ از دست دادن بسته ها کاهش پیدا کرده و در کل توان عملیاتی پروتکل CoopMAC در شبکه ها افزایش یابد.

کلید واژه- پایداری، توان عملیاتی، شبکه، مشارکتی، وای فای

ایستگاه با سرعت در حال دور شدن از منطقه پوشش باشد و این گونه مقدار گم شدن بسته ها (Packet Loss) افزایش می یابد. پس زمانی که بحث تحرک در میان است ما باید این معیار را که آیا ایستگاه رله در حالت پایدار قرار دارد یا در حال نزدیک شدن و یا دور شدن از ما هست را تشخیص دهیم و تنها ایستگاهی را انتخاب کنیم که در حالت پایدار یا در حال نزدیک شدن به ما هستند.

همکاری به عنوان یک استراتژی موثر در طبیعت برای رسیدن به اهداف فردی و یا مشترک با تشکیل گروه های مشارکتی شناخته شده است. توصیف همکاری به عمل افراد و یا گروه برای رسیدن به یک هدف مشترک و یا حتی یک هدف فردی با استفاده مشترک می باشد. همکاری، همواره به عنوان یک پل بین طبیعت و مهندسی مفید بوده است [2].

### ۱-۱- همکاری در شبکه های وای-فای

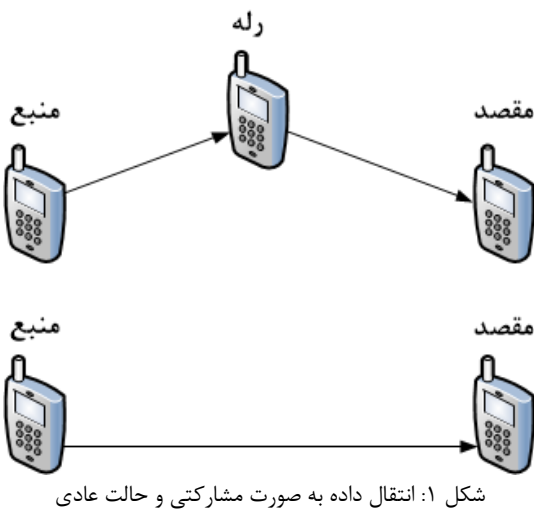
ارتباطات مشارکتی به عنوان یک راه موثر برای بهره برداری از تنوع فضایی موجود و بهبود کیفیت لینک های ارتباطی شبکه های بی سیم نشان داده شده است. قابلیت های

### ۱- مقدمه

با گسترش روز افزون فن آوری اطلاعات و پیشرفته شدن شبکه های کامپیوتری و نیاز به تبادل اطلاعات با سرعت بالا احتیاج به تکنولوژی وای-فای بیش از پیش محسوس می باشد. ارتباط شبکه های کامپیوتری به روش سیمی در مسافت های طولانی دارای محدودیت های سرعت ارتباط و مستلزم هزینه های زیاد است. از زمان پیدایش فناوری وای-فای، کاربردهای بسیار زیادی برای آن تعریف شده است. شبکه های وای-فای علاوه بر کاربرد به اشتراک گذاری شبکه های دیتا نظیر اینترنت، در مواردی نظیر سیستم های ردیابی، RFID، اسکن بارکدها و ... کاربردهای گسترده ای دارند [1].

زمانی که بحث تحرک ایستگاه ها در یک شبکه وای-فای مطرح باشد و بخواهیم از پروتکل CoopMAC برای انتقال مشارکتی استفاده کنیم این نکته که آیا ایستگاهی که به عنوان رله انتخاب می کنیم پایدار هست یا نه اهمیت ویژه ای دارد، چرا که ممکن است ایستگاهی را به عنوان رله انتخاب کنیم ولی آن

۲۰۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)



شکل ۱: انتقال داده به صورت مشارکتی و حالت عادی

برای استفاده از حالت مشارکتی در لایه فیزیکی می توان به پروتکل های تقویت و حرکت رو به جلو، رمزگشایی و حرکت رو به جلو، فشرده سازی و حرکت رو به جلو و ذخیره سازی و حرکت رو به جلو اشاره کرد که هدف آنها بهبود عملکرد در سطح لایه فیزیکی است. با این وجود، هم اپراتورهای مخابراتی و هم کاربران نهایی شبکه بی سیم باید پیکربندی های پیچیده ای را به صورت دستی اعمال کنند، که این کار بسیار مشکل و پرهزینه است [4][5].

مشارکت با هدف پنجره های Back-Off [6]. هدف اصلی در این روش پنجره های back-off می باشند. مکانیسم مورد استفاده در این روش بر اصلاح پنجره های back-off برای ایجاد مشارکت تمرکز دارد. استراتژی همکاری در این روش می تواند از برخورد ها جلوگیری کند. از ویژگی های اصلی این روش همکاری، تلاش برای بهبود عدالت در پروتکل IEEE802.11 است. از آنجا که مکانیسم قطع کردن اسلات های بیکار در هر دوره رقابت بر عملکرد سیستم شبکه های IEEE802.11 اثر می گذارد، پروتکل های این دسته با اصلاح پنجره های back-off در راستای اهداف مشارکتی سعی در کاهش اسلات های بیکار دارند

پروتکل SD-MAC یک پروتکل مک 802.11 به صورت پویا می باشد [7] که آدرس دهی در آن به صورت یک مکانیزم سرویس دهی متمایز، برای WLAN و شبکه های ad-hoc ارائه شده است. مک IEEE802.11e به عنوان یک پروتکل مک پویا

کلیدی ارتباطات مشارکتی این است که دستگاه های تک آنتنه را برای به اشتراک گذاشتن آنتن های خود و همکاری در فضای کاری به طوری که یک آرایه آنتن مجازی و توزیع شده ساخته شود، تشویق می کند. نتیجه این کار می تواند منجر به بهبود قابلیت اطمینان از دریافت داده ها و بهبود سرعت و کیفیت کاری شود [3].

اگر قابلیت همکاری درون استاندارد IEEE 802.11 پیاده سازی شود، ایستگاه ها توانایی همکاری با یک دیگر، برای انتقال بسته ها را پیدا می کنند. این کار باعث افزایش توان عملیاتی و کاهش تداخل امواج می شود. حاصل این کار پروتکلی به نام CoopMAC است. در این پروتکل تغییراتی در لایه MAC ایجاد شده که قابلیت همکاری را به ایستگاه ها می دهد. به همین دلیل نام لایه مک جدید CoopMAC گذاشته شده است [4].

## ۲- کارهای انجام شده

تکنیک های مشارکتی با استفاده از طبیعت پخشی سیگنال های بی سیم کار می کنند. یعنی هنگامی که سیگنال های یک ایستگاه در فضا پخش می شود اگر ایستگاه دیگر در همسایگی آن باشد، سیگنال های پخش شده در فضا را دریافت کرده و فرستنده آن سیگنال را مشخص و بعد ها از آن ایستگاه به عنوان یک رله استفاده می کند. سه ایستگاه در این ارتباط نقش دارند. یکی به عنوان ارسال کننده داده، یکی به عنوان رله یا کمک کننده و دیگری به عنوان مقصد. در این حالت اگر ایستگاهی به عنوان ارسال کننده بخواهد داده ای را به سمت مقصد ارسال کنند، به جای اینکه آن را مستقیم به مقصد ارسال کند، ابتدا آن را به یک ایستگاه میانی که کار رله را انجام می دهد ارسال کرده، سپس ایستگاه میانی آن را به مقصد انتقال می دهد. این عملیات در شکل ۱ نشان داده شده است [5].

بسته کش (cache) شده است (نیمه حالت). در غیر این صورت، حالت بهبود یافته فعال می‌شود که همان عملیات CoopMAC است.

پروتکل EMR قابلیت چند نرخ IEEE802.11 در حالت DCF برای شبکه‌های ad-hoc از طریق انتقال سریع بسته معرفی می‌کند [9]. در EMR، برجسته‌ترین ویژگی در انتخاب گره رله، توان عملیاتی موثر با در نظر گرفتن ترکیبات مختلف از منبع، مقصد و رله است. [10] برای انجام این کار، می‌توان موجود را به یک اولویت (ارزش ۴ بیتی)، که در آن شماره بالاتر به معنای اولویت بالاتر است تطبیق داد. در این پروتکل، پکت‌های RTS و CTS اصلاح شده در نرخ داده پایه یعنی ۱ مگابیت بر ثانیه رد و بدل می‌شوند. گره رله بالقوه می‌تواند فاصله خود از منبع و مقصد را بر اساس شنود و مانیتور کردن بسته کنترل RSSI به دست بیاورد. پس از اینکه یک گره رله توسط گره منبع انتخاب شد، اولویت انتقال در حال انجام به بسته‌های کنترل اضافه می‌شود. پس از دریافت بسته‌های کنترل، گره رله بالقوه اولویت خود را محاسبه کرده و با اولویت فعلی اعلام شده در بسته‌های کنترل دریافتی مقایسه می‌نماید. پس از آن گره‌هایی که دارای اولویت بالاتری هستند، پکت درخواست برای رله شدن را ارسال می‌کنند. این بسته شامل آدرس خود گره رله و اولویت مسیر آن است. سپس، انتخاب رله توسط منبع انجام می‌شود که از میان پکت‌های درخواست رله دریافتی، بهترین آن‌ها را بر اساس اولویت انتخاب کرده و با ارسال یک پکت به عنوان پذیرش درخواست رله که شامل آدرس گره رله و قبولی پذیرش است به آن پاسخ می‌دهد. این پروتکل بر اساس اولویت‌های اضافه شده بر روی IEEE802.11 توان عملیاتی آن را بهبود و افزایش داده است.

### ۳- معیار پایداری

معیار پایداری بر اساس تحرک (Mobility) ایستگاه‌ها مشخص است. همان‌طور که می‌دانیم هر چه فاصله دو ایستگاه از یک دیگر کمتر باشد، نسبت سیگنال به نویز (SNR) آن‌ها بیشتر است و هر چه فاصله آن‌ها از یک دیگر بیشتر باشد نسبت سیگنال به نویز آن‌ها کمتر است. از این خاصیت برای فهمیدن این نکته که آیا دو ایستگاه در یک لینک ارتباطی در حال نزدیک

به حساب می‌آید و مکانیزم سرویس دهی بر اساس کلاس‌های مختلفی به نام دسته‌های دسترسی (ACs)، طبقه‌بندی شده است. دسته با شماره AC بالاتر دارای اولویت بیشتری برای دسترسی به کانال ارتباطی است. با این حال IEEE802.11e در شبکه‌هایی با بار ترافیکی بالا کارایی بهینه‌ای ندارند، ولی SD-MAC این مشکل را با استفاده از تکنیک مشارکتی حل کرده است. کلید اصلی در SD-MAC برای حل این مشکل این است که هر ایستگاه مقدار کانتر back-off پنجره خود را بر اساس هر دو سطح اولویت بسته خود و سطح بسته منتقل شده (دریافت بسته در حالت شنود یا مانیتور) تغییر می‌کند. در این راستا، هر گره، شمارنده پنجره back-off خود را به صورت نمایی برای انتقال بسته‌هایی با اولویت پایین‌تر کاهش می‌دهد و به صورت خطی برای بسته‌هایی با اولویت بالاتر افزایش می‌دهد. زمانی که عملکرد SD-MAC با مک IEEE802.11e مقایسه شد، به توان عملیاتی بیشتر و انصاف کوتاه مدت بهتری برای WLAN و شبکه‌های ad-hoc دست یافت.

پروتکل CCMAC یک انتقال مشارکتی همزمان را برای اتصال کلاینت‌ها به نقطه دسترسی (AP) فراهم می‌کند [8]. این پروتکل از سه حالت مختلف انتقال پشتیبانی می‌کند: حالت اولیه، حالت نصفه و حالت بهبود یافته. باید توجه داشت انتخاب این حالات به شرایط کانال بستگی دارد. در حالت اولیه، حالت DFC نرمال استفاده می‌شود، که در این حالت ارسال‌کننده نیازی به گره کمکی (رله) ندارد. حالت نصفه و بهبود یافته، بر اساس انتقالات موفق از گره رله به مقصد کار می‌کنند. ایده اصلی برای حالت نصفه این است که اگر گره رله پکت را دریافت کند و در ارسال آن به مقصد ناموفق باشد، این لینک به عنوان یک کانال بد شناخته خواهد شد. در این حالت گره رله پکتی که در ارسال آن ناموفق بوده را حذف نمی‌کند، آن را ذخیره کرده و یک شماره تک به آن اختصاص می‌دهد که شماره شناسه همان پکت است. اگر این رله دوباره توسط گره منبع برای ارسال مجدد بسته شکست خورده قبلی انتخاب شد، گره منبع با ارسال پکت RTS که در آن شماره پکت به عنوان تگ به آن اضافه شده به دست گره رله می‌رسد و از آن مطلع می‌شود. اگر عدد خوانده شده از تگ پکت RTS دریافتی با شماره تگ بسته ذخیره شده در رله یکی بود، رله پکت HTS را ارسال می‌کند تا نشان دهد

شدن به هم هستند یا دور شدن از یک دیگر استفاده می کنیم. همه ایستگاه ها با شنود (مانیتور) کردن ترافیک انتقالی در شبکه و بررسی سرایند های آن می توانند آدرس ارسال کننده و مقصد بسته را پیدا کنند. همچنین با بررسی سرایند فیزیکی بسته می توانند نسبت سیگنال به نویز (SNR) آن را نیز تشخیص دهند. هر ایستگاه ترافیک دریافتی را مانیتور کرده و مقدار SNR مربوط به ترافیک دریافتی را بررسی می کند. سپس باید این SNR را نسبت به ایستگاه ارسال کننده و خودش ذخیره کند. یعنی باید لینک بین خودش تا ایستگاه ارسال کننده را تحت ساختاری مشخص در خود ذخیره کند. سپس در طول زمان هر بار که مجددا ترافیکی از همان ایستگاه ارسال کننده دریافت کرد، مقدار SNR جدید را همراه با زمان دریافت آن (به صورت یک زوج مرتب مقدار SNR و زمان) در همان ساختار قبلی مربوط به این لینک، در خود ذخیره کند. در واقع باید یک تاریخچه از مقدار SNR و زمان دریافت را برای این لینک در خودش برای مدت زمانی مشخص ذخیره کند. سپس با بررسی آن می تواند به نوع حرکت خود نسبت به ایستگاه ارسال کننده ترافیک آگاهی پیدا کند که آیا دارد به آن نزدیک می شود یا در حال دور شدن از آن است و یا در حالت پایدار نسبت به آن قرار دارد.

هنگام نیاز برای مشخص شدن وضعیت پایداری (Stability) یک لینک، ابتدا تاریخچه آن را به دست آورده، سپس تمام تاریخچه بر حسب زمان اضافه شدن به صورت صعودی مرتب (Sort) می شود. در مرحله بعدی SNR در مکان اولیه با مکان فعلی (زمان فعلی) مقایسه می شود. اگر مقدار SNR مکان فعلی بیشتر از مکان اولیه بود، دو ایستگاه در حال نزدیک شدن به هم هستند، اگر مقدار SNR مکان فعلی کمتر از مکان اولیه بود، دو ایستگاه در حال دور شدن از هم هستند و اگر مقدار SNR مکان فعلی با مکان اولیه اختلاف زیادی نداشتند، حالت دو ایستگاه نسبت به هم پایدار در نظر گرفته می شود. با این روش نوع پایداری لینک مشخص خواهد شد.

با توجه به رابطه ۱ معیار نسبت تاخیر (DR) را با معیار پایداری (ST) ترکیب کرده و هر گره ای که بیشترین مقدار را از این رابطه به دست آورد به عنوان ایستگاه رله انتخاب می شود.

$$Value = \{ST + (1/DR)\}$$

رابطه ۱

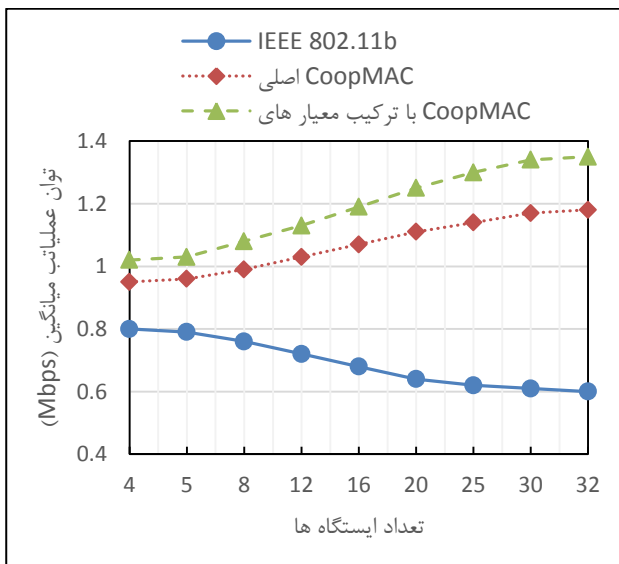
#### ۴- شبیه سازی و نتایج

آلگوریتم جدید، که ترکیبی از معیار پایداری و نسبت تاخیر است را برای سرویس ویدئو بر حسب تقاضا (VOD) در نظر گرفته و شبیه سازی را چندین مرتبه با توجه به افزایش تعداد ایستگاه ها تکرار می کنیم. پارامتر های در نظر گرفته شده برای این سرویس در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: پارامتر های شبیه سازی برای سرویس VOD

نام پارامتر	مقدار
طول بسته	۱۰۲۴ بایت
مدت زمان شبیه سازی	۱۰۰ ثانیه
نرخ داده در لایه سرویس	2 Mbps
تعداد ایستگاه ها	4,5,8,12,16,20,25,30,32

معیار پایداری را به الگوریتم CoopMAC اضافه کرده و به صورت ترکیبی از آن استفاده می کنیم (با توجه به رابطه ۱). نتیجه شبیه سازی برای توان عملیاتی میانگین در مقابل تعداد ایستگاه ها در شکل ۲ آورده شده است.



شکل ۲: توان عملیاتی میانگین در مقابل تعداد ایستگاه ها

در شکل ۳ درصد افزایش توان عملیاتی آلگوریتم جدید و CoopMAC اصلی نسبت به توان عملیاتی Ieee802.11 مقایسه شده است.

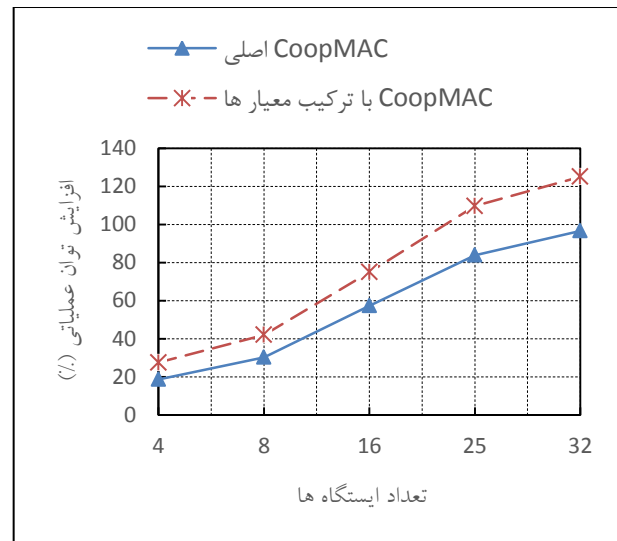
اصلی که تنها از معیار نسبت تاخیر برای گزینش استفاده می‌کرد، به جای گذاشت. از این رو برای سرویس‌هایی که طول بسته انتقالی در آنها زیاد است، استفاده از پروتکل CoopMAC با استفاده از ترکیب معیارهای نسبت تاخیر و پایداری، می‌تواند توان عملیاتی شبکه را نسبت به حالت عادی بهبود بیشتری ببخشد.

### ۶- کارهای آینده

با توجه به رشد روز افزون استفاده از شبکه‌های بی‌سیم از جمله وای-فای، نیاز به شبکه‌هایی با پهنای باند گارانتی شده و قابلیت اطمینان بالا ضروری به نظر می‌رسد. ارتباطات مشارکتی به عنوان یک راه موثر برای بهره‌برداری از تنوع فضایی موجود و بهبود کیفیت لینک‌های ارتباطی در شبکه‌های بی‌سیم می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. در این میان بحث انرژی مصرفی در رابطه با مشارکت ایستگاه‌ها می‌تواند مورد توجه قرار بگیرد. هر ایستگاه سیار از جمله تلفن‌های سیار منبع محدودی انرژی (باتری) دارند، پس در انتخاب ایستگاه رله می‌توانیم میزان سطح انرژی آن را نیز به عنوان یک معیار برای انتخاب رله مناسب در نظر بگیریم.

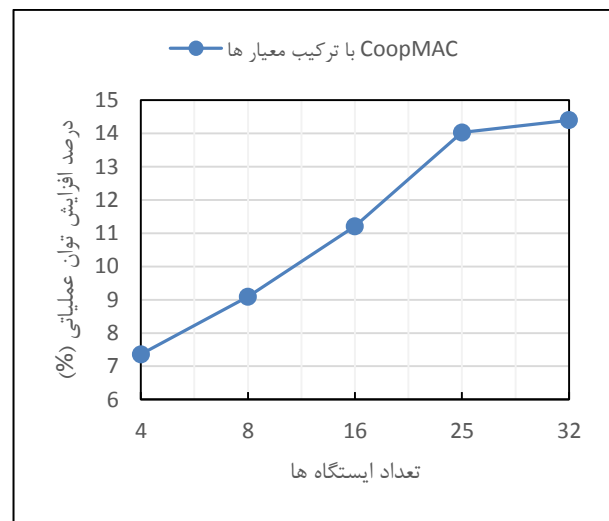
### مراجع

- [1] Bar T. Leiponen A. Mar 2014. "Committee Composition and Networking in Standard Setting: The Case of Wireless Telecommunications," J. Econ. Manag. Strategy, vol. 23, no. 1, pp. 1-23.
- [2] Fitzek Frank H. P, Katz Marcos D. 2006. Cooperation in Wireless Networks: Principles and Applications. Springer Netherlands. Vol 1.
- [3] Laneman J. N, Tse D. N, Wornell G. W. Dec. 2004. "Cooperative diversity in wireless networks: Efficient protocols and outage behavior". IEEE Trans. Inf. Theory, vol. 50(12).
- [4] Liu P, Tao Z, Narayanan S, Korakis T, Panwar S.S. Feb. 2007. "CoopMAC: A Cooperative MAC for Wireless LANs," IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 25, no. 2, pp. 340-354.
- [5] Liu P, Tao Z, Lin Z, Erkip E, Panwar S. Aug. 2006. "CooperativeWire-less Communications: A Cross-Layer Approach," in IEEE Wireless Communications, vol. 13, pp. 84-92.
- [6] Cetinkaya C, ORSUN O. 2004. Cooperative medium access protocol for dense wireless networks. In The Third Annual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop - Med Hoc NeT. Bodrum, Turkey.
- [7] Muharrem A. 2003. Service differentiation via cooperative MAC protocol (SD-MAC). Master's thesis, Wichita state University.



شکل ۳: درصد افزایش توان عملیاتی نسبت به Ieee802.11

در شکل ۴ درصد افزایش توان عملیاتی آلوگوریتیم جدید نسبت به توان عملیاتی CoopMAC اصلی مقایسه شده است.



شکل ۴: درصد افزایش توان عملیاتی نسبت به CoopMAC اصلی

### ۵- نتیجه‌گیری

تمرکز اصلی این تحقیق بر بهینه‌سازی انتخاب ایستگاه مناسب میانی (رله) در پروتکل CoopMAC برای شبکه‌های Ieee802.11 بود. با توجه با نتایجی که از شبیه‌سازی به دست آمد، ترکیب معیار پایداری با معیار نسبت تاخیر برای گزینش ایستگاه میانی بهبود خوبی را نسبت به CoopMAC



چهارمین کنفرانس ملی ایده های نو در مهندسی برق



۲۰۲۱ آبان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

- [8] Hu Z, Tham C. 2008. CCMAC: coordinated cooperative MAC for wireless LANs. In Proceedings of the 11th international symposium on Modeling, analysis and simulation of wireless and mobile systems, ACM New York, NY, USA, 60-69.
- [9] Pathmsuntharam J. S, Das A, Gupta K. 2005. Efficient multi-rate relaying (EMR) MAC protocol for ad hoc networks. In Proceeding of IEEE ICC 2005, Seoul, Korea, 2947 - 2951.
- [10] Sheng Z, Leung K. K, Ding Z. May 2011. "Cooperative wireless networks: from radio to network protocol designs," IEEE Commun. Mag., vol. 49, no. 5, pp. 64-69.