

تأثیر محوشدگی کانال بر تأمین کیفیت سرویس در EDCA

مرضیه ورپشتی^۱، ناصر موحدی نیا^۲

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد بروجن، marzieh_varposhti@yahoo.com

۲- دانشگاه اصفهان، دانشکده مهندسی، naserm@eng.ui.ac.ir

چکیده

ارسال ترافیک چندرسانه‌ای مانند صدا و ویدئو روی شبکه محلی بی‌سیم (WLAN) نیازمند تأمین تأخیر، تغییرات تأخیر و افت در یک محدوده مشخص می‌باشد. یکی از شیوه‌های تأمین QoS در IEEE 802.11e، دسترسی به کانال به صورت توزیع شده بهبود یافته (EDCA) نام دارد و عملکرد آن بر اساس رده‌بندی کردن ترافیک و رقابت برای بدست آوردن کانال می‌باشد. بنابراین نمی‌توان از EDCA بدون استفاده از مکانیسم‌های کنترل پذیرش و کنترل ترافیک مناسب، انتظار ارائه درجه بالایی از کیفیت سرویس را داشت. از طرفی خرابی کانال بر اثر محوشدگی در محیط بی‌سیم برای ترافیک چندرسانه‌ای یک مسئله چالش‌انگیز می‌باشد. به خصوص این‌که EDCA با این مسئله مانند حالتی که برخورد رخ داده است رفتار می‌کند. در این مقاله تأثیر میزان افت و تأخیر متوسط را با در نظر گرفتن خرابی کانال در اثر محوشدگی تحلیل کرده و سپس شیوه‌ای برای دسترسی به کانال جهت بالا بردن بهره سیستم با در نظر گرفتن مسئله محوشدگی ارائه می‌دهیم. علاوه بر این با محاسبه حداکثر تعداد انتقال‌های مجدد، برای تأمین نیازمندی‌های تأخیر و تغییرات تأخیر ترافیک چندرسانه‌ای پیشنهادی ارائه می‌کنیم. در نهایت با استفاده از شبیه‌سازی کارایی روش‌های پیشنهادی ارزیابی شده است.

واژه‌های کلیدی

EDCA، IEEE 802.11e، QoS، محوشدگی کانال

۱- مقدمه

پنجره رقابت خود را دو برابر کرده و رویه بالا را دوباره اجرا می‌کند. DCF دسترسی اولویتی به کانال را فراهم نمی‌کند و سطوحی از کیفیت سرویس را برای ارسال به صورت بهترین تلاش ارائه می‌دهد. در نتیجه برای ارسال ترافیک چندرسانه‌ای که نیازمند سطح بالایی از کیفیت سرویس می‌باشد مناسب نیست. برای حمایت از QoS در شبکه محلی بی‌سیم روش دسترسی به کانال مبتنی بر رقابت به نام EDCA در IEEE 802.11e استاندارد شده است. تحقیقات زیادی در زمینه مطالعه کارایی DCF انجام شده

روش اصلی برای دسترسی به کانال در IEEE 802.11 مکانیسم DCF^۱ می‌باشد که بر اساس CSMA/CA^۲ می‌باشد. در DCF از هیچ نوع کنترل مرکزی استفاده نمی‌شود. قبل از شروع به ارسال هر ایستگاه باید تعیین کند که کانال به مدت DIFS^۳ خالی است. سپس هر ایستگاه با استفاده از یک تایمر عقبگرد که مقدار آن بطور تصادفی بین صفر و CW (اندازه پنجره رقابت) انتخاب می‌شود، یک رویه عقبگرد را انجام می‌دهد. وقتی تایمر عقبگرد به صفر می‌رسد، ایستگاه داده خود را ارسال می‌کند. در صورت رخ دادن برخورد، فرستنده اندازه

دسترسی به کانال در 802.11e، مکانیسم مبتنی بر رقابت EDCA است. در EDCA چهار رده دسترسی (AC) تعریف می‌شود، به طوری که هر رده دسترسی اولویت متفاوتی نسبت به دیگری برای دسترسی به کانال دارد. برای هر AC با توجه به سطح اولویت آن، چهار مقدار $AIFS^x$ ، CW_{min}^y ، CW_{max} و $TXOP_{limit}$ تعریف می‌گردد. برای رده دسترسی با اولویت i که می‌تواند مقادیر ۰، ۱، ۲ و ۳ را اختیار کند، $CW_{min}[i]$ اندازه پنجره رقابت اولیه، $CW_{max}[i]$ اندازه حداکثر پنجره رقابت، $TXOP_{limit}[i]$ تعداد فریم‌هایی که بدون رقابت برای دسترسی به کانال می‌تواند ارسال شود و $AIFS[i]$ میزان انتظار اولیه برای کانال خالی می‌باشد.

در مکانیسم EDCA، قبل از شروع به ارسال، هر ایستگاه باید تعیین کند که کانال به مدت $AIFS_i^A$ خالی است. سپس هر ایستگاه با استفاده از یک تایمر عقبگرد که مقدار آن به طور یکنواخت از $[0, CW_{i,j}]$ انتخاب می‌شود، یک رویه عقبگرد را انجام می‌دهد، که در آن $CW_{i,j}$ اندازه پنجره رقابت کنونی است. انتخاب این متغیر تصادفی یک توزیع یکنواخت دارد و بنابراین متوسط این مقدار برابر با $\frac{1}{2} CW_{i,j}$ می‌باشد.

اگر در این اسلات عقبگرد مشخص شود که کانال خالی است، یکی از مقدار تایمر عقبگرد کاسته می‌شود. در غیر این صورت تایمر معلق می‌ماند تا کانال خالی شود. وقتی تایمر عقبگرد به صفر می‌رسد، ایستگاه داده خود را ارسال می‌کند. اگر گیرنده بسته داده را با موفقیت دریافت کرد، با ارسال ACK فرستنده را مطلع می‌سازد. این در حالی است که دریافت نکردن هیچ ACK ای توسط فرستنده به معنای گم شدن بسته می‌باشد؛ در صورت ارسال موفق اندازه پنجره رقابت به $CW_{i,min}$ کاهش می‌یابد و اگر برخورد رخ داد در صورت کوچکتر بودن پنجره رقابت کنونی از $CW_{i,max}$ ($CW_{i,max} = 2^m \cdot CW_{i,min}$) که بنا بر استاندارد m برابر ۵ است، ایستگاه اندازه پنجره رقابت خود را ۲ برابر نموده و دوباره رویه عقبگرد را اجرا می‌کند.

این فرآیند ادامه می‌یابد تا داده به درستی ارسال شود یا به تعداد α مرتبه انتقال مجدد صورت گیرد که بنا بر استاندارد این مقدار برابر با ۷ می‌باشد [13]. در صورت عدم ارسال موفق در این مرحله داده از بین می‌رود.

است. اکثر این تحقیقات شرایط کانال را به صورت ایده‌آل در نظر گرفته‌اند که به این معنی است که خرابی بسته تنها در صورت بروز برخورد اتفاق می‌افتد [۱][۲][۳]. برای بهبود کارایی EDCA روش‌هایی جهت تنظیم اندازه پنجره رقابت و چگونگی تغییر آن و همچنین نحوه تخصیص اندازه TXOP پیشنهاد شده است [۴][۵][۶]. همچنین تحقیقاتی در زمینه توان عملیاتی EDCA و تحلیل تأخیر در آن انجام شده است [۷][۸]. در [۹] برای EDCA یک زنجیره مارکوف سه بعدی پیشنهاد شده است. در [۱۰] روشی برای اصلاح رفتار ایستگاه‌های ارسال کننده صدا و داده پیشنهاد شده است تا نیازمندی‌های تأخیر مربوط به ترافیک صدا تأمین شود. در [11] و [12] تحلیلی از تأخیر دسترسی به رسانه در DCF به عمل آمده است.

در تمام موارد ذکر شده، مسئله خرابی کانال در اثر محوشدگی^۴ که منجر به عدم سرویس دهی می‌شود، در نظر گرفته نشده است. این مسئله به خصوص برای ترافیک چندرسانه‌ای که محدودیت‌های شدیدی در میزان تأخیر و تغییرات تأخیر دارند، بسیار چالش‌انگیز می‌باشد. در EDCA، ایستگاه‌ها با مسئله محوشدگی مانند حالتی که برخورد رخ می‌دهد رفتار می‌کنند. در این مقاله EDCA را در یک کانال با وجود مسئله محوشدگی در نظر گرفته و آن را تحلیل می‌کنیم، سپس روشی برای چگونگی رفتار ایستگاه‌ها با مسئله محوشدگی مطرح می‌کنیم.

در ادامه این مقاله به موارد زیر پرداخته می‌شود. در قسمت ۲ نحوه عملکرد EDCA مورد بررسی قرار می‌گیرد. در قسمت ۳ تأثیر محوشدگی کانال بر روی میزان تأخیر در دسترسی به کانال بررسی می‌شود. احتمال افت در قسمت ۴ و تعیین حداکثر تعداد انتقال‌های مجدد در قسمت ۵ بررسی می‌گردد. در قسمت ۶ نتایج شبیه‌سازی برای طرح‌های پیشنهادی ارائه می‌گردد و در نهایت در قسمت ۷ به نتیجه‌گیری از این مقاله پرداخته می‌شود.

۲- نگاهی به EDCA

برای پشتیبانی از QoS^۵ در سطح MAC برای شبکه‌های محلی بی‌سیم، IEEE 802.11e استاندارد شده است. یکی از روش‌های

$$\theta_{i,j} = \frac{1}{2} CW_{i,j} \times t_{-1} + AIFS_i \quad (2)$$

بنابر آنچه گفته شد تأخیر متوسطی که بسته‌ها متحمل می‌شوند برابر است با

$$T_i = \hat{w}_i + \tau_i \quad (3)$$

در این رابطه τ_i متوسط زمان سرویس دهی لایه MAC به فرض ارسال موفق، و \hat{w}_i متوسط زمان انتظار در صف می‌باشد.

۳-۱- تحلیل زمان سرویس دهی لایه MAC در DCWCF

در DCWCF در صورت بروز محوشدگی، فرستنده اندازه پنجره رقابت خود را دو برابر کرده و به رقابت برای دسترسی به کانال ادامه می‌دهد. ما فرض می‌کنیم که محوشدگی و برخورد ناهمبسته هستند. بنابراین فرستنده با احتمال P_i با یک انتقال ناموفق مواجه می‌شود. اگر P_{ci} احتمال برخورد و P_f احتمال محوشدگی باشد، با توجه به ناهمبسته بودن این دو رخداد، P_i با این رابطه محاسبه می‌شود:

$$P_i = P_{ci} + P_f \quad (4)$$

مقدار τ_i را می‌توان با متوسط‌گیری روی زمان صرف شده به‌علت ارسال‌های ناموفق بدست آورد:

$$\begin{aligned} \tau_i = & [\theta_{i,0} p_i^{m+1} (2^{m+1} - m2^m) - \\ & \theta_{i,0} (p_i^\alpha (2^{m+1} - m2^m - 1) - 1) + \\ & 2\theta_{i,0} \times \frac{(1-p_i)(1-(2p_i)^{m+1})}{1-2p_i} + \\ & 2^m \theta_{i,0} \times \frac{p_i^{m+1}(m+1-mp_i) - p_i^\alpha(\alpha - \alpha p_i + p_i)}{1-p_i} + \\ & T_{col,i} \times \frac{p_i - (\alpha + p_i - \alpha p_i)p_i^\alpha}{1-p_i}] \times \frac{1}{1-p_i^\alpha} \end{aligned} \quad (5)$$

۳-۲- تحلیل زمان سرویس دهی لایه MAC در CAFD

در روش پیشنهادی ما که آن را CAFD نامیدیم، در صورت بروز محوشدگی، ایستگاه اندازه پنجره رقابت خود را دو برابر نمی‌کند، بلکه به اندازه متوسط زمان محوشدگی منتظر مانده و سپس برای ارسال تلاش می‌نماید.

در این مدل ایستگاه به‌طور متوسط به میزان $\theta_{i,j} + P_f \bar{t}$ منتظر می‌ماند که در اینجا \bar{t} متوسط زمان محوشدگی می‌باشد. احتمال محوشدگی و متوسط زمان محوشدگی با دو رابطه (۶) و (۷) بدست می‌آیند [۱۴]:

$$p_f = 1 - e^{-\rho^2} \quad (6)$$

۳- تحلیل تأخیر در EDCA و تأثیر محوشدگی بر آن

همان‌طور که می‌دانیم یکی از چالش‌های موجود در شبکه بی‌سیم، مسئله محوشدگی کانال می‌باشد. محوشدگی موجب کاهش توان سیگنال و منجر به عدم سرویس دهی می‌شود. بنابراین محوشدگی همانند برخورد موجب افت بسته می‌شود. به دو صورت می‌توان با مسئله محوشدگی برخورد نمود. یک راه این است که در صورت بروز محوشدگی در حین ارسال، ایستگاه دقیقاً مانند حالتی که برخورد رخ داده است، اندازه پنجره رقابت خود را دو برابر کرده و روند رقابت برای کانال را ادامه می‌دهد. ما این رویه را DCWCF^۱ می‌نامیم.

دو برابر کردن پنجره رقابت منجر به افزایش تأخیر می‌شود، که این موضوع برای بسته‌های صدا و ویدیو چالش‌انگیز است. اگر محوشدگی طولانی باشد، ایستگاه از روی کاهش توان دریافتی، محوشدگی را تشخیص می‌دهد. با توجه به این موضوع، شیوه دوم به این صورت پیشنهاد می‌شود که در صورت بروز محوشدگی ایستگاه پنجره رقابت خود را افزایش نمی‌دهد، بلکه به میزان متوسط زمان محوشدگی منتظر مانده و سپس دوباره اقدام به ارسال می‌کند. ما این روش را CAFD^۱ می‌نامیم.

اگر P_i احتمال انتقال بسته در حداقل یکی از ایستگاه‌های واقع در محدوده ایستگاه مورد نظر باشد، و P_{suc} احتمال ارسال موفق در بین چنین ایستگاه‌هایی باشد، در این صورت احتمال اینکه برخوردی در میان این ایستگاه‌ها رخ دهد برابر $P_i - P_{suc}$ می‌باشد که آن را با P_i نشان می‌دهیم. بنابراین شمارنده با احتمال $1 - P_i$ به میزان یک واحد در یک اسلات زمانی ξ کاهش می‌یابد، و با احتمال P_{suc} به مدت T_{suc} در همان مرحله باقی می‌ماند که در اینجا T_{suc} مدت زمان ارسال موفق می‌باشد. در نهایت ایستگاه با احتمال P_i ، به مدت T_{col} در همان مرحله باقی می‌ماند که در اینجا T_{col} زمان مورد نیاز برای تشخیص برخورد می‌باشد.

بنابراین متوسط زمان صرف شده برای این که مقدار شمارنده یک واحد کاهش یابد برابر مقدار زیر خواهد بود:

$$t_{-1} = \xi(1 - P_t) + (P_t - P_i)T_{suc} + P_i T_{col} \quad (1)$$

با استفاده از رابطه (۱) زمان متوسط برای اینکه شمارنده به صفر برسد، در رابطه (۲) بیان شده است:

۴- تحلیل احتمال افت

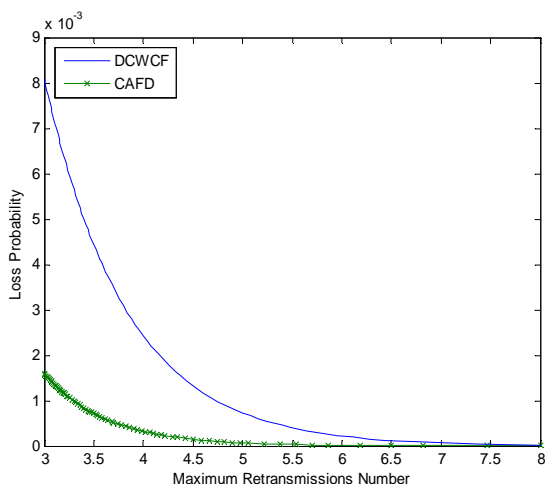
در EDCA بسته در صورتی از بین می‌رود که α امین مرتبه ارسال مجدد با شکست مواجه شود. احتمال شکست در DCWCF برابر با $P_{ci} + P_f$ و در CAFD برابر با P_{ci} می‌باشد. بنابراین احتمال افت در DCWCF می‌تواند با این رابطه بدست آید:

$$(P_{loss})_{DCWCF} = p_i^{\alpha+1} = (p_{ci} + p_f)^{\alpha+1} \quad (10)$$

و در CAFD

$$(P_{loss})_{CAFD} = p_{ci}^{\alpha+1} \quad (11)$$

این دو رابطه مزیت دیگر CAFD را نسبت به DCWCF نشان می‌دهد. در شکل (۲) احتمال افت در CAFD و DCWCF با یکدیگر مقایسه شده‌اند. همان‌طور که از شکل (۲) مشاهده می‌شود CAFD نرخ افت کمتری را مخصوصاً در تعداد انتقال‌های مجدد پایین‌تر ارائه می‌دهد.



شکل ۲- احتمال افت بر حسب حداکثر تعداد انتقال‌های مجدد

۵- تعیین حداکثر تعداد انتقال‌های مجدد

حداکثر تغییرات تأخیر، تأخیر متوسط و افت رابطه مستقیمی با حداکثر تعداد انتقال‌های مجدد (α) دارند. با کاهش α نرخ افت بسته افزایش یافته و تأخیر متوسط و تغییرات تأخیر افزایش می‌یابند. بنابراین ما پیشنهاد می‌کنیم که برای ترافیک حساس به تأخیر و ترافیک حساس به افت از مقادیر مختلفی از α استفاده گردد. به‌وضوح انتخاب α کوچکتر برای ترافیک حساس به تأخیر و انتخاب α بزرگتر

$$\bar{t} = \frac{e^{\rho^2} - 1}{\sqrt{2\pi} f_m \rho} \quad (7)$$

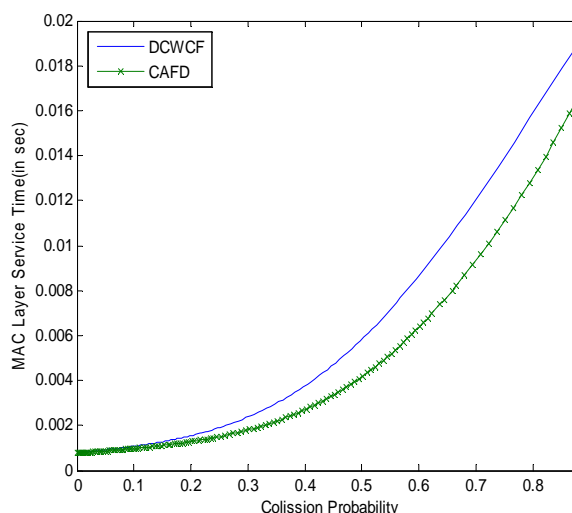
که f_m حداکثر فرکانس دوپلر و ρ برابر مقدار زیر می‌باشد:

$$\rho = \frac{R}{\sqrt{E(r^2)}} \quad (8)$$

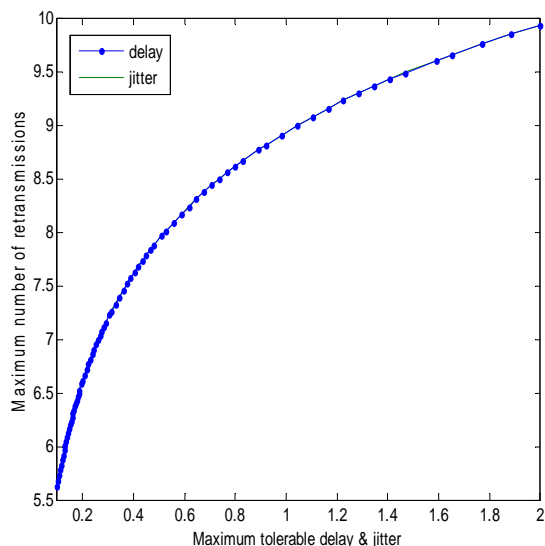
در این رابطه R برابر سطح آستانه برای مقدار توان سیگنالی است که قابل تشخیص می‌باشد و $E(r^2)$ توان سیگنال دریافتی است [۱۴]. در این حالت زمان سرویس‌دهی لایه MAC در

$$\begin{aligned} \tau_i = & [\theta_{i,0} \times p_{ci}^{m+1} (2^{m+1} - m2^m) - \\ & \theta_{i,0} (p_{ci}^\alpha (2^{m+1} - m2^m - 1) - 1) + \\ & 2\theta_{i,0} \times \frac{(1 - p_{ci})(1 - (2p_{ci})^{m+1})}{1 - 2p_{ci}} + \\ & 2^m \theta_{i,0} \times \frac{p_{ci}^{m+1} (m + 1 - mp_{ci}) - p_{ci}^\alpha (\alpha - ap_{ci} + p_{ci})}{1 - p_{ci}} + \\ & (T_{col,i} + p_f \bar{t}) \times \frac{p_{ci} - (\alpha + p_{ci} - ap_{ci}) p_{ci}^\alpha}{1 - p_{ci}} + \\ & p_f \bar{t} (1 - p_{ci}^\alpha)] \times \frac{1}{1 - p_{ci}^\alpha} \end{aligned}$$

در شکل (۱) نمودار تأخیر متوسط برای دو روش CAFD و DCWCF نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که CAFD نسبت به DCWCF کارایی بهتری دارد. این مزیت به این علت است که دو برابر کردن پنجره رقابت در DCWCF منجر به افزایش تأخیر می‌شود.



شکل ۱- زمان سرویس‌دهی لایه MAC بر حسب احتمال برخورد



شکل ۴- حداکثر تعداد انتقال مجدد بر حسب تأخیر برای ترافیک غیر بیدرنگ

۶- نتایج شبیه سازی

در این قسمت نتایج شبیه سازی مربوط به دو روش CAFD و DCWCF ارائه می گردد. برای بررسی کارایی روش های پیشنهادی از ابزار OPNET modeler 10.5 استفاده شده است. پارامترهای AIFS و CW به صورت زیر در نظر گرفته شده اند: $AIFS[2] = 60\mu s$, $AIFS[1] = 70\mu s$, $AIFS[0] = 80\mu s$, $CW_{2,0} = 32$, $CW_{1,0} = 64$, $CW_{0,0} = 128$, $AIFS[3] = 50\mu s$, $CW_{3,0} = 16$.

برای شبیه سازی ترکیبی از ترافیک حساس به افت و ترافیک حساس به تأخیر استفاده شده است. ارسال بسته های ۵۰۰۰۰ بیتی برای ترافیک حساس به افت و برای ترافیک حساس به تأخیر از صدا با انکدر G.711 استفاده شده است. در هر بسته یک فریم صدا وجود دارد. از ابتدا تا ثانیه ۱۲۰ ام، هر ۲۰ ثانیه یک ترافیک صدا به سیستم اضافه می شود.

در شکل (۵) و (۶) تأخیر متوسط و افت متوسط برای دو روش CAFD و DCWCF مقایسه شده اند. این مقایسه، کارایی بهتر CAFD را نسبت به DCWCF در تأمین QoS برای ترافیک بیدرنگ نشان می دهد.

برای ترافیک حساس به افت پیشنهاد می گردد. برای تعیین α مناسب باید توجه کرد که دو رابطه زیر باید برقرار باشند:

$$D_{i,m} \geq \sum_{l=0}^{n_r} \theta_{i,l} \quad (12)$$

$$J_{i,m} \geq \sum_{l=1}^{n_r} \theta_{i,l} \quad (13)$$

که $D_{i,m}$ و $J_{i,m}$ حداکثر تأخیر و جیتر قابل تحمل برای زمان سرویس دهی لایه MAC برای ترافیک نوع i می باشد. با توجه به رابطه (۲) روابط (۱۴) و (۱۵) را بدست می آوریم:

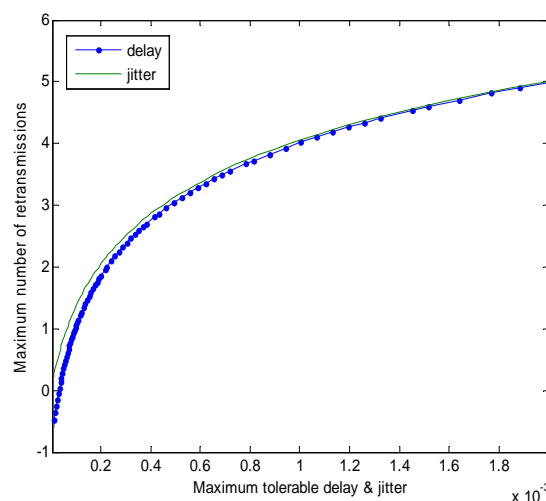
$$D_{i,m} \geq \frac{1}{2} t_{-1} CW_{i,0} (2^{n_r+1} - 1) \quad (14)$$

$$J_{i,m} \geq \frac{1}{2} t_{-1} CW_{i,0} (2^{n_r+1} - 2) \quad (15)$$

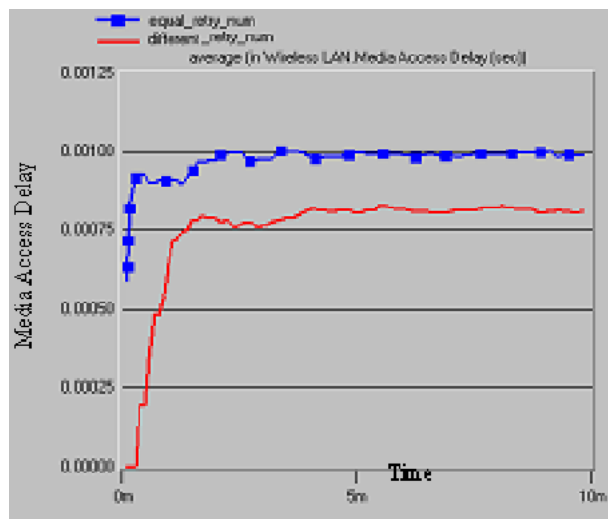
بنابراین اگر $n_{r,m}$ را حداکثر تعداد انتقال های مجدد در نظر بگیریم، با محاسباتی ساده به رابطه زیر می رسیم:

$$n_{r,m} = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} \log_2 \left(\frac{2D_{i,m}}{t_{-1} CW_{i,0}} + 1 \right) - 1 \\ \log_2 \left(\frac{2J_{i,m}}{t_{-1} CW_{i,0}} + 2 \right) - 1 \end{array} \right. \quad (16)$$

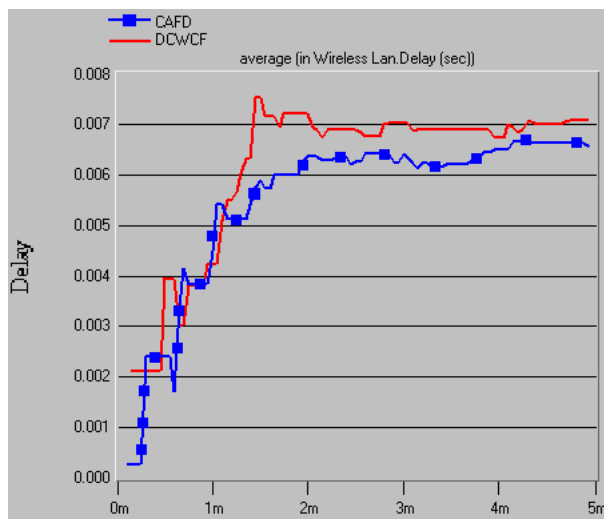
دو شکل (۳) و (۴) نشان می دهند که بهتر است مقدار α برای ترافیک حساس به تأخیر مقدار ۴ یا ۵ و برای ترافیک حساس به افت مقدار ۹ یا ۱۰ انتخاب گردد.



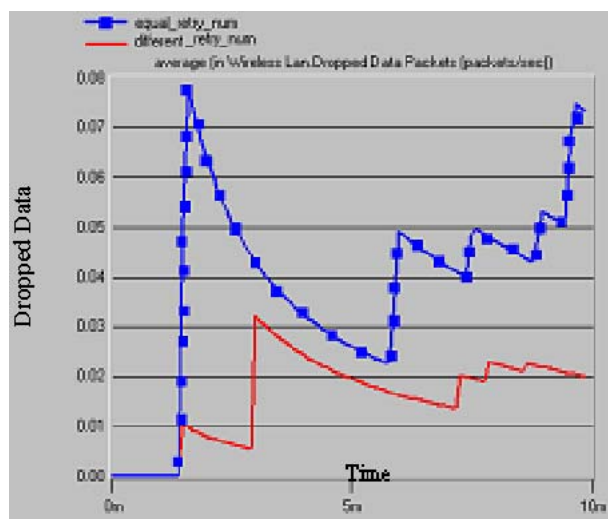
شکل ۳- حداکثر تعداد انتقال مجدد بر حسب تأخیر برای ترافیک بیدرنگ



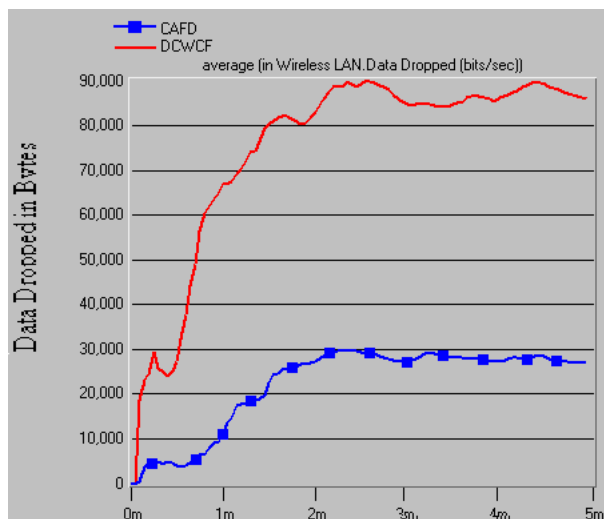
شکل ۷- تأخیر دسترسی به رسانه برای ترافیک حساس به تأخیر



شکل ۵- تأخیر متوسط برای ترافیک صدا در CAFD و DCWCF



شکل ۸- میزان افت برای ترافیک حساس به افت



شکل ۶- افت در CAFD و DCWCF

۷- نتیجه گیری

یکی از مشکلات موجود در محیط بی سیم، مسئله خرابی کانال در اثر محوشدگی می باشد، که وقوع آن منجر به افزایش تأخیر و تغییرات تأخیر می گردد. این مسئله برای ترافیک چندرسانه ای که محدودیت شدیدی روی میزان تأخیر و تغییرات تأخیر دارند، بسیار چالش انگیز می باشد. ما در این مقاله کارآیی روش EDCA را در کانالی با در نظر گرفتن مسئله محوشدگی بررسی کردیم و با پیشنهاد یک رفتار جدید برای ایستگاهها در رابطه با مسئله محوشدگی و انتخاب یک مقدار مناسب برای حداکثر تعداد انتقال های مجدد برای ترافیک

برای بررسی تأثیر تعداد انتقال های مجدد، شبیه سازی یک بار با α یکسان برای ترافیک بیدرنگ و غیر بیدرنگ (با α برابر با ۷)، و یک بار با α متفاوت (α برابر ۳ برای ترافیک بیدرنگ و برابر با ۸ برای ترافیک غیر بیدرنگ) برای این دو نوع ترافیک انجام شده است. شکل (۷) تأخیر دسترسی به رسانه را برای ترافیک بیدرنگ و شکل (۸) نرخ افت را برای ترافیک غیر بیدرنگ نشان می دهند. این دو شکل نشان می دهند که استفاده از α های متفاوت نتیجه بهتری را حاصل می کند.

- [11] Hongqiang Zhai¹, Y. Younggoo Kwon² and Yuguang Fang¹; “**Performance analysis of IEEE 802.11 MAC protocols in wireless LANs**”, *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, pp 917-931, Dec 2004;
- [12] Hongqiang Zhai, Xiang Chen, Yuguang Fang; “**A call admission and rate control scheme for multimedia support over IEEE 802.11 wireless LANs**”, pp 451-460, Springer 2006
- [13] IEEE Draft Standard 802.11e/D13.0, Jan. 2005.
- [14] T. S. Rappaport, *Wireless Communications: Principles and Practice*, 2nd edition, Prentice Hall, December 31, 2001.
- حساس به تأخیر و ترافیک حساس به افت، کارایی EDCA را بهبود بخشیدیم. نتایج تحلیلی و شبیه‌سازی کارایی بهتر روش‌های پیشنهادی را نشان می‌دهند.

۸- مراجع

- [1] F. Cali; “**IEEE 802.11 protocol: Design and performance evaluation of an adaptive backoff mechanism**”, *IEEE J. Select. Areas Commun*, Vol. 18, pp. 1774- 1786, Sept. 2000.
- [2] G. Bianchi; “**Performance analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function**”, *IEEE J. Select. Areas Commun*, Vol. 18, pp. 535 - 547, Mar. 2000.
- [3] H. Wu, Y. Peng, K. Long, S. Cheng, and J. Ma; “**Performance of reliable transport protocol over IEEE 802.11 wireless LAN: Analysis and enhancement**”, in *INFOCOM 2002 - 21th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, Vol. 2, pp. 599 - 607, June 2002
- [4] T. Bheemarjuna Reddy , John P. John , C. Siva Ram Murthy; “**Providing MAC QoS for multimedia traffic in 802.11e based multi-hop ad hoc wireless networks**”, pp 153-184, Elsevier 2006
- [5] L. Romdhani, Ni. Qiang, T. Turletti; “**Adaptive EDCAF: enhanced service differentiation for IEEE 802.11 wireless ad-hoc Networks**”, in: *IEEE Wireless Communications and Networking, Conference*, Vol. 2, pp 16-20, March 2003
- [6] Wen-Yen Lin , Jung-Shyr Wu; “**Modified EDCAF to improve the performance of IEEE 802.11e WLAN**”, pp 1-8, Elsevier 2006
- [7] Wu Haitao, et.al; “**IEEE 802.11e Enhanced Distributed Channel Access (EDCAF) Throughput Analysis**”, pp 223-226, IEEE 2006
- [8] Mangold Stefan, Philips Research; “**Analysis of IEEE 802.11E for QoS support in wireless LANs**”, pp 40-49, *IEEE Wireless Communications* , December 2003
- [9] Zhifeng Tao and Shivendra Panwar; “**Throughput and Delay Analysis for the IEEE 802.11e Enhanced Distributed Channel Access** ”, *IEEE Transactions on communications*, Vol. 54, No. 4, pp 596-600, APRIL 2006
- [10] Hai Jiang, Ping Wang, and Weihua Zhuang; “**Enhanced QoS Provisioning in Distributed Wireless Access** ”, IEEE 2006

۹- پی‌نوشت‌ها

- 1- Distributed Coordination Function
- 2- Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance
- 3- DCF Inter Frame Space
- 4- Fade
- 5- Quality of Service
- 6- Arbitration Inter Frame Space
- 7- Contention Window
- 8- DCF Inter Frame Space
- 9- Doubling Contention Window on Channel Failures
- 10- Collision Avoidance with Fading Detection