

ارزیابی نرخ گزیده‌ی اطلاعات کاربران اینترنت در شبکه بی‌سیم سیار UMTS

جهانگیر دادخواه چیمه^۱، محمد حاکم^۲، پائیز عزمی^۳

۱- کارشناس ارشد مرکز تحقیقات مخابرات ایران و دانشجوی دوره دکتری مخابرات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، Dadkhah@itrc.ac.ir

۲- استاد گروه مخابرات دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس، M_hakkak@modares.ac.ir

۳- دانشیار گروه مخابرات دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس، Pazmi@modares.ac.ir

چکیده

با اینکه صوت یک سرویس حاکم بر شبکه‌های مخابراتی است، بسیاری از سرویس‌های جدید مخابراتی مبتنی بر شبکه‌های داده و مخصوصاً اینترنت هستند. این سرویس‌ها شامل http، telnet، ftp، SMTP^۱ و غیره هستند. به علاوه محیط موبایل یک محیط چند مسیره^۲ و دارای خاصیت محوکنندگی^۳ می‌باشد. پروتکل TCP/IP که در شبکه‌های سیمی داده استفاده می‌شود در شبکه‌های بی‌سیم نیز به کار می‌رود. می‌دانیم عملکرد این پروتکل به تراکم در لینک و از دست رفتن بسته‌ها حساس است. به علاوه از همین پروتکل در سیستم‌های بی‌سیم نیز استفاده گردیده و مشاهده می‌شود که عملکرد آن بسیار پائین می‌آید. در این مقاله ضمن بررسی نحوه استفاده از این پروتکل در سیستم مخابرات سیار^۴ UMTS عملکرد و علل کاهش آن در یک محیط محو کننده بررسی و نیز با استفاده از پروتکل ARQ^۵ سعی در بهبود آن می‌نماییم.

واژه‌های کلیدی

اینترنت، عملکرد پروتکل TCP/IP، کانال محوکننده، UMTS.

۱- مقدمه

هدف از نسل سوم شبکه‌های بی‌سیم، فراهم کردن دسترسی به اینترنت سرعت بالا و ارتباطات بی‌سیم پر سرعت، جهت پشتیبانی از ارسال و دریافت مولتی‌مدیا برای مشترکین متحرک است. سیستم جهانی مخابرات سیار UMTS دارای یک استاندارد واسط هوایی و ثابت شبکه مخابراتی می‌باشد که تحت نظر ETSI از اواخر سال ۱۹۹۶ میلادی ایجاد گردید. در گروه‌های استانداردسازی، تکنولوژی WCDMA در واسط رادیویی نسل سوم پذیرفته شده و خصوصیات آن در استانداردهای 3GPP ذکر شده‌است. حداقل باند فرکانسی مورد نیاز WCDMA، پنج مگاهرتز بوده و از هر دو تکنیک سوئیچینگ مداری و سوئیچینگ بسته‌ای برای انتقال دیتا استفاده می‌کند. سیستم WCDMA نرخ بیتی از هشت کیلوبیت بر ثانیه تا دو مگا بیت بر ثانیه را به‌طور هم‌زمان در یک کانال پنج مگاهرتزی پشتیبانی می‌کند. از نظر ساختار فیزیکی، هر شبکه UMTS دارای سه قسمت می‌باشد که عبارتند از UTRAN، CN و UE [۵]. وظیفه اصلی CN انجام سوئیچینگ و مسیریابی برای ترافیک

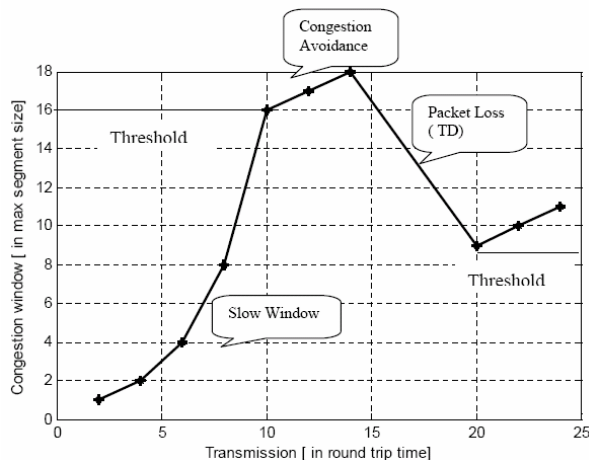
سرویس‌های داده شامل انتقال فایل‌های داده، ویدیو، صوت و غیره از طریق اتصال شبکه موبایل با شبکه اینترنت میسر می‌گردند. ترافیک اینترنت ترکیبی از سرویس‌های ترافیکی فوق هستند. می‌دانیم ترافیک داده به از دست رفتن بسته‌ها و ترافیک صوت به تأخیر حساس هستند [۱]. پروتکل کنترل انتقال TCP یک پروتکل انتها به انتها در شبکه اینترنت می‌باشد که در کاربردهای معمولی مانند http، ftp، telnet و غیره استفاده می‌شود. این پروتکل، حمل مطمئن و ترتیب دریافت بسته‌ها را تضمین می‌کند. نسخه‌های Tahoe و Reno پروتکل TCP دو نسخه معروف این پروتکل هستند. همچنین نمونه‌های جدید این دو نسخه به نام‌های New Reno، Vegas و SACK برای افزایش راندمان TCP پیشنهاد شده‌اند [۲، ۳]. از لایه ۲ برای کنترل جریان داده و تشخیص و تصحیح خطای انتقال در محیط فیزیکی استفاده می‌شود. از طرفی

کنیم یک سگمنت دارای خطا شود ارسال مجدد سگمنت‌ها در TCP می‌تواند توسط دو رویداد تحریک شود [۷].

- دریافت چندین ACK تکراری (معمولاً سه ACK تکراری).

- سررسید زمانی زمان سنج.

زمان ارسال هر قطعه (سگمنت) در فرستنده ثبت می‌شود. اگر قطعه از دست رفته به وسیله سپری شدن زمان زمان سنج شناسایی شود مجدداً اقدام به ارسال آن قطعه می‌شود و متغیر Threshold به نصف طول پنجره جاری مقداردهی می‌شود. در این حالت پنجره تراکم به یک سگمنت تنظیم شده ($MSS=1$) و مجدداً الگوریتم Slow Start آغاز می‌شود. در حالی که اگر قطعه از دست رفته به وسیله ACK‌های تکراری آشکار شود شکل (۱) متغیر Threshold به نصف طول پنجره جاری مقداردهی می‌شود و طول پنجره تراکم نیز نصف شده و ارسال از مرحله جلوگیری از تراکم ادامه می‌یابد (سمت راست شکل (۱)). همان‌گونه که ملاحظه گردید اثر سررسید زمانی شدیدتر از اثر ACK تکراری می‌باشد.



شکل ۱- مثالی از پنجره تراکمی در طی شروع آهسته و ارسال مجدد سریع در حالت تصدیق تکراری

زمان زمان سنج ارسال مجدد RTO^{11} را از متوسط زمان یک چرخه کامل (RTT) یعنی A و انحراف استاندارد D زمان به صورت زیر محاسبه می‌کنند:

$$RTO = A + 4D \quad (2)$$

از طرفی از لایه ۲ برای تشخیص و تصحیح خطای انتقال در محیط فیزیکی استفاده می‌شود. خطا در لایه ۲ به دو صورت مستقیم FEC^{11} و فیدبک‌دار ARQ قابل اصلاح است. در روش مستقیم در مبدا برای اصلاح خطای بیت‌هایی به بیت‌های افزوده شده که در مقصد برای تشخیص و اصلاح خطا استفاده می‌شود. در روش فیدبک‌دار در صورت وقوع خطا، مقصد از مبدا درخواست ارسال مجدد بسته‌های خراب را می‌نماید. در این مقاله از روش

کاربران است. وظیفه اصلی UTRAN، فراهم کردن یک روش دسترسی واسط هوایی برای تجهیزات کاربران می‌باشد و از دو قسمت عمده تشکیل شده‌است که عبارتند از: Node-B و RNC. در واقع RNC وظیفه کنترل منابع رادیویی، کنترل ورود به سیستم، تخصیص کانال، کنترل توان، سیگنالینگ و غیره را برعهده دارند. در اروپا دو باند ۶۰ مگاهرتزی برای WCDMA FDD موجود می‌باشد که به‌علت ماهیت سیستم‌های FDD در استفاده از دو باند فرکانسی متفاوت ۱۹۸۰-۱۹۲۰ مگاهرتز برای لینک بالا و ۲۱۷۰-۲۱۱۰ مگاهرتز برای لینک پائین تشکیل می‌گردند [۶]. در بخش ۲ این مقاله به معرفی پروتکل TCP/ARQ می‌پردازیم. سپس در بخش ۳ به معرفی کانال در شبکه مخابرات سیمار پرداخته می‌شود. در بخش ۴ به کاربردهای TCP/ARQ در شبکه مخابرات سیمار پرداخته می‌شود. در بخش ۵ اثر کانال هوایی بر میزان گذردهی^۶ کانال بررسی می‌گردد. در بخش ۶ به انجام شبیه‌سازی و در بخش ۷ به نتیجه‌گیری پرداخته می‌شود.

۲- شرح پروتکل TCP/ARQ

برای برقراری یک اتصال قابل اطمینان توسط TCP از مکانیسم ارسال مجدد و کنترل جریان استفاده می‌شود. در ابتدا طول پنجره تراکم برابر یک قطعه فرض می‌شود و TCP تنها یک قطعه برای گیرنده ارسال و منتظر تصدیق آن می‌ماند. اگر یک تصدیق مثبت دریافت شد فرستنده TCP فرض می‌کند که شبکه قادر به ارسال حداقل یک قطعه است. در نتیجه فرستنده TCP یک قطعه به طول پنجره تراکم افزوده و دو قطعه ارسال می‌کند. حال اگر تصدیق مثبت برای هر دو بخش دریافت گردد طرف فرستنده این بار طول پنجره تراکم را چهار می‌نماید. بنابراین در این روش طول پنجره تراکم به‌صورت نمائی تغییر می‌کند تا به مقدار Threshold برسد که آستانه شروع آهسته است (این مقدار در شکل (۱) برابر ۱۶ قطعه می‌باشد). از این مرحله به بعد الگوریتم جلوگیری از تراکم آغاز می‌شود. در این موقع طول پنجره تراکم به‌صورت خطی افزایش می‌یابد. یعنی برای هر پنجره ای که تمام سگمنت‌های آن تصدیق مثبت شده‌اند طول پنجره تراکم یک سگمنت اضافه می‌شود [۲]. همان‌گونه که مشاهده گردید پنجره تراکم دارای تغییرات بسیاری است و در نهایت تنها محدودکننده نرخ ارسال، پنجره دریافت می‌باشد. پس می‌توان نوشت:

$$TCP_throughput = \frac{advertised_window(bits)}{round_trip_time(s)} \quad (1)$$

که در آن رابطه $advertised_window(bits)$ طول پنجره در گیرنده و $round_trip_time(s)$ زمان یک چرخه کامل^۸ بوده و برابر با مجموع زمان ارسال سگمنت و دریافت تصدیق آن می‌باشد. اندازه سگمنت‌ها در پنجره تراکم را MSS^1 نامند. حال اگر فرض

که در آن دامنه سیگنال رسیده $y(t)$ برابر مجموع مولفه‌های دارای تضعیف، شیفت زمانی و تاخیر به صورت زیر می‌گردد:

$$y(t) = \sum_i a_i e^{-j2\pi \frac{x_i}{\lambda} s\left(t - \frac{x_i}{c}\right)} = \sum_i a_i e^{-j2\pi f_c \tau_i} s(t - \tau_i) \quad (5)$$

در رابطه بالا $\tau_i = x_i/c$ تاخیر زمانی سیگنال می‌باشد. حال حرکت را در فرمول بالا وارد می‌کنیم. اگر زاویه شعاع رسیده به موبایل نسبت به جهت حرکت آن θ_i باشد در این صورت تغییر در طول مسیر بر حسب سرعت مشترک و زمان برابر $\Delta x_i = -v \cos(\theta_i)t$ می‌گردد. در این صورت دامنه خروجی کانال برابر است با:

$$y(t) = \sum_i a_i e^{-j2\pi \frac{x_i + \Delta x_i}{\lambda} s\left(t - \frac{x_i + \Delta x_i}{c}\right)} \quad (6)$$

$$= \sum_i a_i e^{-j2\pi \frac{x_i}{\lambda} s\left(t - \frac{x_i}{c} + \frac{v \cos(\theta_i)t}{c}\right)} e^{j2\pi \frac{v \cos(\theta_i)t}{\lambda} s\left(t - \frac{x_i}{c} + \frac{v \cos(\theta_i)t}{c}\right)}$$

با وارد کردن فازهای $2\pi x_i/\lambda$ در a_i و نیز در نظر نگرفتن $v \cos(\theta_i)t/c$ در مقابل مقیاس زمانی $s(t)$ رابطه زیر به دست می‌آید.

$$y(t) = \sum_i a_i e^{j2\pi f_D \cos(\theta_i)t} s(t - \tau_i) \quad (7)$$

در یک کانال محوکننده صاف پهنای باند سیگنال به اندازه کافی کوچک می‌باشد. به طوری که می‌توان از تاخیر τ_i در فرمول بالا صرف نظر کرد و $s(t - \tau_i) = s(t)$ بنابراین:

$$y(t) = s(t) \sum_i a_i e^{j2\pi f_D \cos(\theta_i)t} = g(t).s(t) \quad (8)$$

که در آن بهره مختلط کانال، $g(t)$ ، متغیر با زمان است. اما در یک کانال با محوکنندگی انتخابگر فرکانسی از آن تأخیر نمی‌توان صرف نظر نمود. در این صورت

$$y(t) = \sum_i g_i(t).s(t - \tau_i) \quad (9)$$

که در آن $g_i(t) = a_i e^{j2\pi f_D \cos(\theta_i)t}$ می‌باشد. (10)

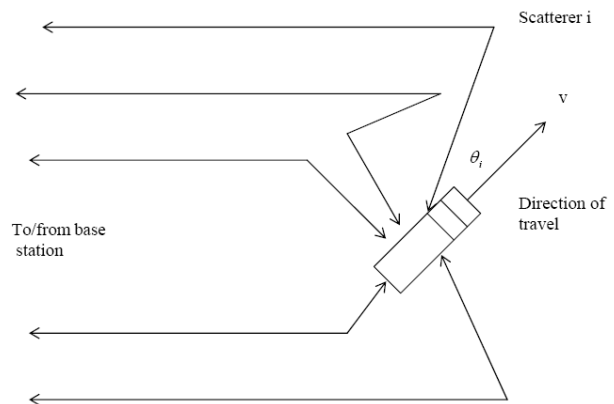
۴- کاربرد TCP/ARQ در شبکه مخابرات سیار

اکنون مطابق شکل (۳-الف) یک اتصال TCP بین یک مشترک مرورگر وب و سرور را در نظر می‌گیریم به طوری که اتصال آن بی‌سیم و اتصال سرور سیمی باشد. مرورگر وب از آن جهت انتخاب شده است که درصد بالایی از کاربران وب از آن سرویس استفاده می‌کنند. مطابق شکل دو گره SGSN و GGSN که برای برقراری اتصال مشترک موبایل به شبکه اینترنت به کار می‌روند

فیدبک دار Go-Back-N برای اصلاح خطا استفاده می‌شود. یک قطعه TCP در لایه ۲ به n فریم ARQ تقسیم شده که روی لینک رادیویی منتشر می‌گردند (n یک عدد صحیح می‌باشد).

۳- کانال موبایل

در اینجا قصد داریم یک کانال چند مسیره که یک مشترک موبایل در حال حرکت در آن است را تعریف نمائیم. در حالت کلی سیگنال دریافتی در یک کانال موبایل تحت تاثیر سه عامل افت مسیر، افت سایه‌زنی^{۱۲} و محو شدگی قرار می‌گیرد. محو شدگی که به معنی تضعیف و تقویت لحظه‌ای دامنه سیگنال می‌باشد ناشی از دو پدیده انتشار چند مسیره و جابه‌جائی فرکانسی داپلر می‌باشد. انتشار چند مسیره زمانی روی می‌دهد که امواج الکترومغناطیسی حامل اطلاعات در طول مسیر حرکت به سمت مقصد به چندین مانع برخورد نمایند. این موانع می‌تواند در درون ساختمان، بدنه ساختمان، تپه‌ها و غیره باشند. حال اگر فرستنده و گیرنده دارای حرکتی نسبی نیز باشند فرکانس سیگنال رسیده تحت تاثیر جابه‌جائی فرکانسی نیز قرار می‌گیرد. شکل زیر وضعیتی را نشان می‌دهد که سیگنال رسیده از N مسیر دریافت شده است [۸].



شکل ۲- یک مشترک موبایل در حال حرکت در یک کانال چند مسیره

فرض می‌کنیم سیگنال میانگذر اطلاعات ارسالی با فرکانس حامل f_c و دامنه مختلط $s(t)$ به صورت زیر نشان داده شود:

$$s'(t) = \text{Re}(s(t).e^{j2\pi f_c t}) \quad (3)$$

اگر هر مسیر دارای طول x_i و ضریب انعکاس a_i باشد سیگنال میانگذر رسیده جمع چند سیگنال به صورت زیر می‌شود:

$$y'(t) = \sum a_i s'\left(t - \frac{x_i}{c}\right) = \text{Re}(y(t).e^{j2\pi f_c t}) \quad (4)$$

استفاده می‌کند. این پروتکل به گونه‌های GO-back-N, Stop and Wait و Selective Repeat قابل پیاده‌سازی می‌باشد. به همین دلیل ابتدا عملکرد شبکه را تنها با TCP و بار دیگر بر مبنای TCP/ARQ بررسی می‌نمائیم [۹ و ۱۰].

۵- اثر کانال هوایی بر میزان گذردهی کانال

ابتدا تنها TCP را بدون هستینه ARQ در کانال سیمی در نظر می‌گیریم و راندمان آن را در مسیر انتها به انتها بررسی می‌کنیم. فرض می‌کنیم TCP گیرنده برای هر b قطعه دریافتی متوالی تنها یک ACK_{TCP} می‌فرستد. همچنین فرض می‌کنیم که W اندازه پنجره تراکمی TCP بوده و TCP همواره در حالت اجتناب از تراکم باشد. بنابراین هر زمانی که سمت گیرنده یک ACK_{TCP} دریافت کند پنجره W به اندازه $1/W$ افزایش می‌یابد. بر عکس اگر سگمندی از دست برود پنجره کاهش می‌یابد. میزان این کاهش بستگی به نحوه تشخیص از دست رفتن بسته‌ها دارد. همان‌گونه که ذکر گردید از دست رفتن بسته‌ها را به دو طریق می‌توان تشخیص داد. به محض دریافت یک ACK_{TCP} سه گانه (که با TD نشان داده می‌شود) و به محض سر رسید زمانی یک تایمر (که با To نشان داده می‌شود). در حالت بروز یک TD پنجره W نصف می‌شود. در صورتی که محدودیتی روی طول پنجره تراکم W نباشد گذردهی TCP در یک محیط سیمی با پروتکل TCP Reno به عنوان تابعی از احتمال از دست رفتن بسته‌ها در محیط سیمی p به صورت زیر به دست می‌آید [۱۱، ۱۲ و ۱۳].

$$Th(p) = \frac{1}{RTT_{TCP} \sqrt{\frac{2bp}{3}} + T_0 \min(1, 3\sqrt{\frac{3bp}{8}}) p(1+32p^2)} \quad (11)$$

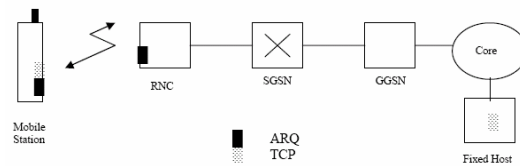
که در آن RTT_{TCP} زمان یک چرخه کامل تنها ناشی از وجود پروتکل TCP می‌باشد.

در مسیر انتها به انتها از فرستنده به گیرنده با فرض مستقل بودن خطا در بخش‌های سیمی و هوایی، TCP کل نرخ متوسط گم شدن بسته را به صورت رابطه

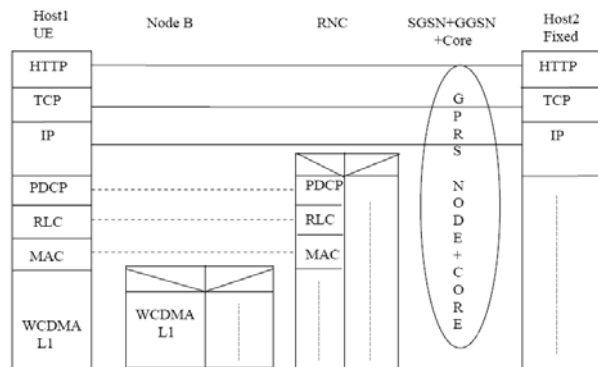
$$1 - (1 - PER)(1 - p) = p + PER - p * PER \quad (12)$$

می‌بیند. در نتیجه گذردهی در کل کانال هوایی و ثابت TCP به صورت تابعی از احتمال از دست رفتن بسته‌ها در بخش ثابت p و احتمال خطای بسته‌ها در بخش هوایی PER به صورت زیر می‌گردد.

استفاده شده‌اند. پشته پروتکلی کاربر فوق در شکل (۳-ب) نشان داده شده‌است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود زیر لایه‌های PDCP, RLC و MAC در RNC خاتمه می‌یابند در حالی که IP, HTTP و TCP در دو انتها خاتمه می‌یابند. پروتکل به کار گرفته شده توسط مرورگر www شکل ساده شده HTTP می‌باشد اما پروتکل‌های دیگر مانند FTP و پروتکل‌های email مثل IMAP و یا Telnet از ساختاری مشابه در بالای TCP/IP استفاده می‌کنند. همان‌گونه که از شکل مشاهده می‌شود یک اتصال انتها به انتهای TCP بین UE و سرور و یک اتصال دیگر بین UE و RNC برقرار می‌گردد [۷].



(الف)



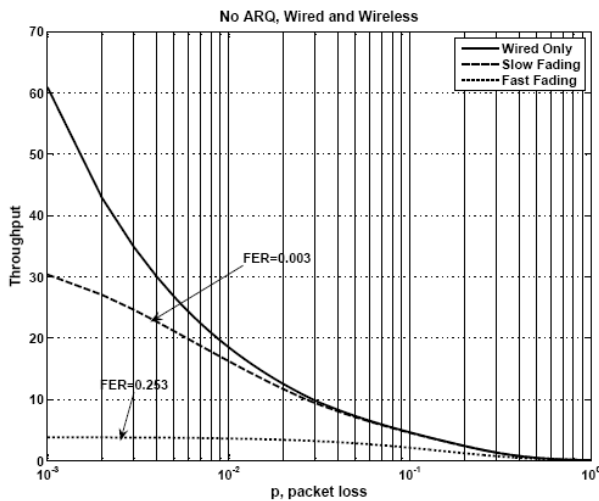
(ب)

شکل ۳- الف - اتصال یک مشترک به سرور و ب- پشته پروتکلی صفحه کاربر برای مرورگر وب

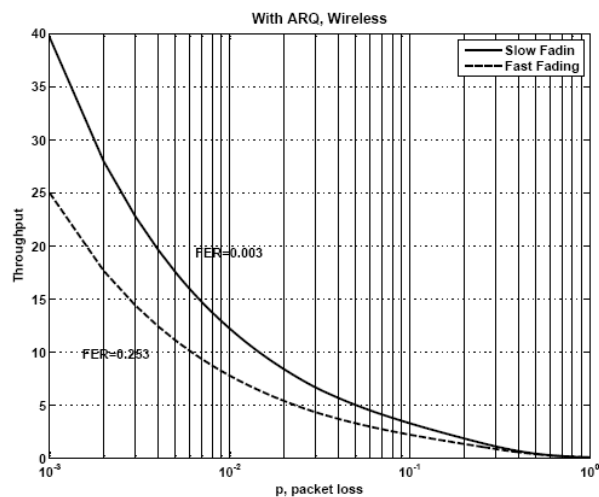
برای انتقال مطمئن داده در شبکه‌های داده ثابت از لایه‌های ۲ و ۴ استفاده می‌شود. لایه ۲ مبتنی بر دو لایه RLC و MAC و لایه چهار مبتنی بر پروتکل TCP می‌باشد. در شبکه‌های داده ثابت (مانند اینترنت ثابت) به دلیل احتمال خطای پایین در خطوط انتقال، خطا به دلیل پر شدن صف دریافتی و از دست رفتن (Loss) بسته‌ها رخ می‌دهد اما در شبکه بی‌سیم UMTS به دلیل وجود کانال بی‌سیم و پدیده‌های گوناگونی از جمله سایه زنی و محوشدگی احتمال خطای سیستم بالاتر رفته و مکانیسم‌های اولیه موجود در شبکه‌های ثابت قادر به رفع آن نمی‌گردد. این مکانیسم‌ها موجب کوچک شدن پنجره تراکمی و در نتیجه کاهش شدید گذردهی کانال باعث می‌گردد. در نتیجه برای حل مشکل باید در سیستم مکانیسم‌های دیگری استفاده شود. باید توجه داشت که در UMTS زیر لایه RLC از یک پروتکل تشخیص خطای ARQ که می‌تواند برای بهبود عملکرد کانال هوایی استفاده گردد برای افزایش راندمان

نمائیم.

$RTT_{ARQ} = 0.005$ $D_{ARQ} = 0.001$ $n = 10$ $N = 10$ (۱۷)
 در این صورت گذردهی در کانال‌های ثابت و کامل بدون اثر ARQ مطابق شکل (۴) به دست می‌آید. شکل (۵) گذردهی یک لینک کامل را با اثر ARQ نشان می‌دهد. در هر دو شکل کاهش گذردهی بر حسب p و با FER های مندرج در آنها در کانال‌های دارای محوکنندگی آهسته و سریع به تصویر کشیده شده است. حال به محاسبه گذردهی کانال بر حسب FER در کانال‌های محوکننده آهسته و سریع می‌پردازیم. در اینجا دو حالت با ARQ و بدون ARQ را در نظر گرفته و فرض می‌کنیم خطا در بخش سیمی ثابت باشد (شکل (۶)).



شکل ۴ - اثر کانال هوایی بر گذردهی کانال بدون اثر ARQ



شکل ۵ - اثر ARQ بر گذردهی در کانال هوایی

(۱۳)

$$[Th(p, PER)]^{-1} = RTT_{TCP} \sqrt{\frac{2b(p + PER - p * PER)}{3}} + T_0 \min \left(1, 3 \sqrt{\frac{3b(p + PER - p * PER)}{8}} (p + PER - p * PER) \times \right) \left(1 + 32(p + PER - p * PER)^2 \right)$$

که همان (۱۱) است که در آن p با (۱۲) جایگزین شده است. به علاوه اگر مکانیسم کنترل خطای GO-Back-N را در لایه ۲ در نظر بگیریم گذردهی به صورت رابطه زیر می‌گردد [۱۱].

(۱۴)

$$[Th(p, FER)]^{-1} = \left(\frac{RTT_{wire} + nbD_{ARQ} + RTT_{wless} + ND_{ARQ} \frac{FER(nb-1)}{1-FER} \sqrt{\frac{2bp}{3}}}{(1, 3 \sqrt{\frac{2bp}{8}}) p (1 + 32p^2)} \right) + T_0 \min$$

که در آن D_{ARQ} مؤلفه ثابت تأخیر پردازش فریم ARQ بوده و RTT_{wire} و RTT_{ARQ} به ترتیب زمان‌های چرخه کامل برای ARQ و بخش سیمی هستند.

۶- شبیه سازی

کانالی را در نظر می‌گیریم که یک مشترک در آن در حال حرکت است. این کانال توسط موانعی احاطه شده است که شعاع منتشر شده در طول مسیر به آنها برخورد می‌کند. در این حالت احتمال خطای بیت BER کانال را مطابق [۱۴] که مرجع نرم افزار MATLAB نیز هست محاسبه می‌کنیم. در این مرجع یک کانال متغیر با زمان موبایل با یک کانال FIR با ضرایب کانال زیر نشان داده شده است.

$$g_n = \sum_k h_k \text{sinc}(\tau_k / T - n) \quad \text{for } -N_1 \leq n \leq N_2 \quad (15)$$

که در آن τ_k تاخیر هر مسیر و T پریود نمونه برداری می‌باشند. N_1 و N_2 چنان انتخاب شده‌اند که $|g_n|$ برای n های بزرگتر از N_2 و n های کوچکتر از $-N_1$ ناچیز باشد. بهره مختلط کانال می‌باشد.

حال فرض می‌کنیم RLC در حالت تصدیق شده (AM) و با مکانیسم GO-Back-N به کار رود اگر پارامترهای TCP را به صورت زیر مقدار دهی نمائیم [۱۵].

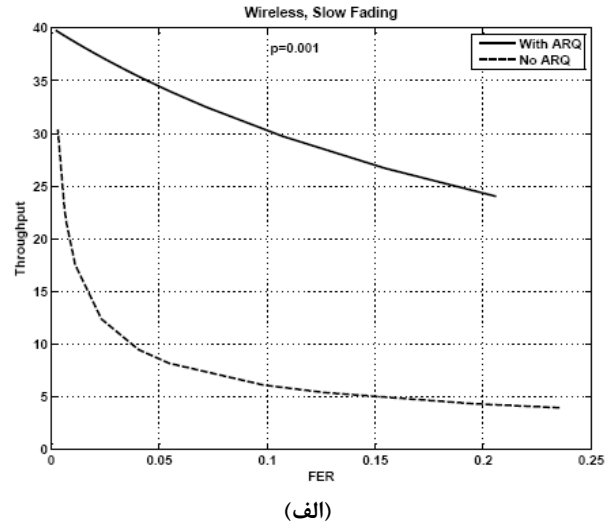
$$RTT_{wire} = 0.2s \quad b = 10 \quad T_o = 0.4s \quad (16)$$

و پارامترهای ARQ برای یک کانال را نیز به صورت زیر مقدار دهی

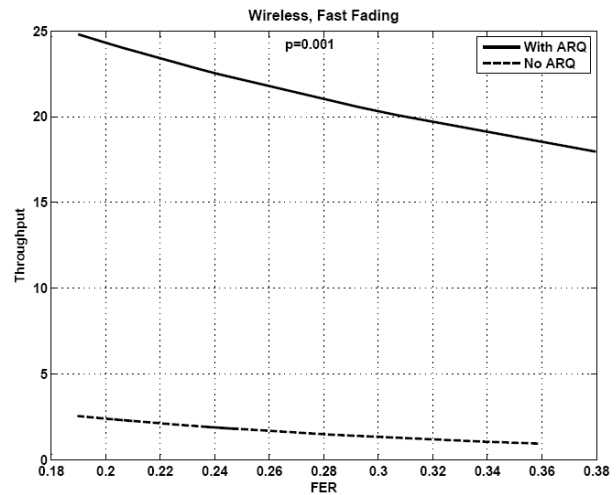
شکل (۶) کاهش گذردهی کانال را بر حسب FER نشان می‌دهد. همان‌گونه که انتظار می‌رود میزان این کاهش در کانال‌های با فیدینگ سریع بسیار بالاتر از این میزان در کانال‌های با فیدینگ آهسته می‌باشد.

۸- مراجع

- [1] T. Ojanpera and R. Prasad (Editors), "WCDMA: Towards IP Mobility and Mobile Internet", Artech House publisher, Boston, London, 2001.
- [۲] تنبوم - اندرواس، شبکه‌های کامپیوتری، ترجمه عین الله جعفرنژاد قمی، ۱۳۸۱.
- [3] A. Chockalingam, M. Zorzi and V. Tralli, "Wireless TCP Performance with Link Layer FEC/ARQ", IEEE International Conference on Communications, ICC'99, Vol. 2, 6-10 Page(s):1212-1216, June 1999.
- [4] C. Barakat, E. Altman and W. Dabbous, "On TCP Performance in a Heterogeneous Network: A Survey", IEEE Communication Magazine, Jan. 2000.
- [5] 3GPP TS 23 101, General UMTS architecture, 2004.
- [6] Minoru Etoh, "Next generation mobile systems, 3G and beyond" DoCoMo communication Lab. USA, John Wiley Sons, Ltd., 2005.
- [7] H. Holma and T. Antti, CDMA for UMTS : radio access for third Generation mobile communications, John Wiley & Sons, 2004.
- [8] J. K. Cavers, Mobile Channel Characteristics, Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [9] 3GPP TS 25.401: UTRAN overall description V7.0.0., (2006-03).
- [10] A. Elahi, Network Communication Technology, Thomson Learning, 2000.
- [11] A.F. Canton and T. Chahad, "End to End Reliability in UMTS: TCO over ARQ", Globecom'2001, San Antonio, Nove. 2001.
- [12] J. Padhye, et. All; " Modeling TCP Throughput: A simple model and its Imprical Valodation", Proc. ACM SIG COMM'98, pp.303-314, 1998.
- [13] R. Abdelmomen, M. Malli and C. Barakat, "Analysis of TCP Latency over Wireless



(الف)



(ب)

شکل ۶- نمودار گذردهی بر حسب FER با فرض ثابت بودن خطا در بخش سیمی الف- برای کانال محوکننده آهسته ب- کانال محوکننده سریع.

۷- نتیجه‌گیری

همان‌گونه که از شکل‌های (۴ و ۵) مشاهده می‌شود محیط بی‌سیم موجب کاهش شدید راندمان طیفی می‌گردد. این کاهش راندمان به علت خطای بیشتر بسته‌ها در بخش هوایی نسبت به بخش سیمی می‌باشد.

شکل (۴) این کاهش را تنها با وجود پروتکل TCP نشان می‌دهد.

شکل (۵) افزایش راندمان شبکه کامل در حالت استفاده از پروتکل ARQ و در نتیجه بهبود گذردهی ناشی از پروتکل TCP/ARQ نسبت به پروتکل TCP در محیط بی‌سیم را نشان می‌دهد.

Links Supporting FEC/ARQ-SR for Eoor Recovery", IEEE International Conference on Communications, Vol. 7, 20-24 June 2004, Page(s):3994-3998, 2004.

- [14] M. C. Jeruchim et al, **Simulation of Communication Systems: modeling, methodology and techniques** , Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2000.

۹- پی نوشتها

-
- 1- Simple Mail Transfer Protocol(SMTP)
 - 2- Multi-path Channel
 - 3- Fading
 - 4- Universal Mobile Telecommunication System
 - 5- Automatic Repeat reQuest
 - 6- Throughput
 - 7- بسته‌های TCP قطعه یا سگمنت نامیده می‌شود -
 - 8- Round Trip Time (RTT)
 - 9- Maximum Segment Size (MSS)
 - 10- Retransmission Time Out
 - 11- Frame Error Check
 - 12 - Shadowing