

استفاده از مدل ترافیک اینترنتی برای ارتقای ظرفیت سیستم CDMA

جهانگیر دادخواه چیمه*^(۱)

(۱) عضو هیئت علمی پژوهشکده فناوری ارتباطات، موسسه تحقیقات ارتباطات و فناوری اطلاعات

چکیده در سیستم‌های چند کاربره می‌دانیم سیگنال‌های کاربران پس از دریافت در آنتن و بخش‌های بعدی آن با عملیات پیچیده پردازش سیگنالی تفکیک می‌گردند. در نتیجه بهتر است برای بهره برداری بهتر از عملیات پرهزینه فوق در لینک‌های بالا و پایین، سیگنال‌های رسیده در کل زمان محتوی اطلاعات باشند. همه این‌ها در حالی است که می‌دانیم به دلیل ماهیت عملکرد کاربران و ماهیت آماری ترافیک ارسالی در موقع ارتباط، اطلاعات تنها در بخشی از زمان ارسال می‌گردند. می‌دانیم ترافیک اینترنتی دارای خاصیت برستی می‌باشد. هدف در این مقاله استفاده از خاصیت برستی ترافیک اینترنتی در سطح بسته برای افزایش ظرفیت است. برای استفاده از این خاصیت دیدگاه سنتی سویچ‌مداری را به دیدگاه سویچ بسته‌ای تبدیل کرده و اطلاعات محموله (Payload) بسته‌ها را از جعبه سیاه (تاکنون برای افزایش ظرفیت، پردازش سیگنال در لایه فیزیکی انجام می‌شد و در نتیجه محتویات بسته که همان اطلاعات ترافیکی است به صورت بسته سیاه (Black box) انگاشته می‌شد) خارج نموده‌ایم. در این مقاله با دیدگاهی جدید سعی در افزایش تعداد کاربران سیستم شده است بدین صورت که از مشخصه ترافیکی برای افزایش تعداد مشترکین سیستم‌های موبایل استفاده گردیده است. این در حالی است که تاکنون تنها در بعضی موارد آن‌هم تنها برای عمل سویچینگ در سطح جلسه (سطح جلسه (session) لایه بالاتر از لایه بسته در مدل ترافیکی سلسله مراتبی مورد استفاده در این مقاله است) از مدل‌های ترافیکی استفاده شده است. در این راستا ترافیک‌های مورد توجه مردم از قبیل ftp, email, web browsing و telnet در محیط چند کاربره مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. در نتیجه ابتدا با اثبات یک قضیه و با استفاده از پارامتر جدید فاکتور فعالیت ترافیک ((Traffic Activity Factor (TAF)) به راستی‌آزمایی (Verifying) نظریه افزایش ظرفیت با تکیه بر مدل ترافیکی اینترنتی می‌پردازیم. سپس دو روش را برای تجزیه و تحلیل نظریه بالا یکی با استناد به قضیه فوق و دیگری با محاسبات سیگنال به نویز با احتساب اثر فاکتور فعالیت ترافیک به کار می‌بریم. در انتها نتیجه می‌گیریم که این نظریه موجب بهبود ظرفیت سیستم چند کاربره CDMA می‌گردد.

واژه‌های کلیدی سویچ‌مداری، سویچ بسته‌ای، افزایش ظرفیت، ترافیک اینترنتی، CDMA.

*عهده دار مکاتبات

نشانی: تهران، انتهای کارگر شمالی، موسسه تحقیقات ارتباطات و فناوری اطلاعات

پست الکترونیکی: dadkhash@erict.ac.ir

تلفن: ۰۲۱-۸۴۹۷۷۵۹۱

۱- مقدمه

امروزه پرکاربردترین فناوری بی سیم، فناوری موجود در شبکه‌های سیار سلولی است که با ورود به عرصه زندگی باعث بروز تحولات عظیمی در روش‌های ارتباطی و سرویس‌های مخابراتی گشته است. در این راستا استفاده از سرویس‌های داده و اتصال به اینترنت نیز با رشد فزاینده‌ای مواجه شده‌اند [۱] و [۲]. سیستم‌های سلولی نسل سوم برای ارائه سرویس‌های اینترنتی بی سیم و متحرک پر سرعت به وجود آمده‌اند. انتقال مولتی مدیا به معنی انتقال چند نوع متفاوت اطلاعات به صورت همزمان می‌باشد. این اطلاعات شامل صوت، ویدیو و دیتا می‌باشد نرخ بیت و میزان حساسیت هر یک از سرویس‌های مذکور به تأخیر و خطا با توجه به نوع کاربرد آن‌ها متفاوت است [۳].

ترافیکی که توسط کاربر تولید می‌شود، دارای مشخصاتی است که می‌توان با مدل کردن آماری، آن‌ها را شبیه‌سازی کرد. گروه (hird Group Partnership Project) 3GPP ملزومات و مشخصات یک مدل ترافیکی سلسله مراتبی را برای سیستم‌های سلولی نسل سوم ارائه داده است. به عنوان مثال مدل ارائه شده برای شبیه‌سازی رفتار ترافیکی جستجوی وب که نمونه‌ای از سرویس غیربلادرنگ است، دارای سه رده اصلی به نام‌های نشست، برخوانی بسته و بسته می‌باشد [۴].

هدف از این مقاله بررسی انتقال ترافیک در سیستم‌های نسل جدید مخابرات سیار با تکیه بر شبکه (Universal Mobile Telecommunication System) UMTS-WCDMA (Wideband CDMA) و بررسی و افزایش تعداد مشترکین در آن‌ها می‌باشد. در سیستم‌های UMTS برای بهبود ظرفیت از گیرنده‌های RAKE، آشکارسازهای چندکاربره، آنتن‌های هوشمند استفاده می‌شود [۵]. الگوریتم‌های مورد استفاده در این سیستم از طرفی باعث افزایش ظرفیت می‌گردد و از طرف دیگر باعث افزایش حجم پردازشی در سیستم می‌گردد. می‌دانیم تعداد کاربران درون سیستم می‌تواند

تخمینی مناسب از ظرفیت سیستم باشد. این کاربران ممکن است به علت محدود بودن منابع از گرفتن سرویس در زمان دلخواه محروم شوند.

در سیستم‌های چندکاربره مانند CDMA (Code Division Multiple Access) در لینک بالا اشعه ارسالی از کاربران مختلف به‌طور همزمان در آنتن دریافت می‌شوند. در لینک پایین نیز سیگنال ارسالی به کاربر از آنتن در تمام مدت حاوی اطلاعات نمی‌باشد. در نتیجه می‌توان ظرفیت سیستم را در حالات مختلف، بسته به نوع ترافیک و کیفیت سرویس درخواستی، مورد ارزیابی قرار داد. یک مدل ترافیکی (سرویس) تمام مشخصات آماری و غیر آماری آن ترافیک (سرویس) را مشخص می‌کند. ترافیک اینترنتی کاربران دارای مدل‌های آماری مختلفی می‌باشند که برای تحلیل می‌توان از آن‌ها استفاده نمود. این مدل‌ها در واقع فاصله بین ارسال بسته‌ها، زمان ارسال آن‌ها، طول بسته‌ها و غیره را مشخص می‌کنند. در این مقاله، ما از مدل پیشنهادی سلسله مراتبی [۱] استفاده نموده‌ایم. همچنین در این مقاله به دلیل خودداری از پرداختن به مدل‌های آماری ترافیکی، یک فاکتور جدید ترافیکی به نام فاکتور فعالیت ترافیک (سرویس) معرفی و استفاده می‌گردد. در این فاکتور از متوسط اثر توابع آماری به نام فاکتور فعالیت ترافیک (سرویس) TAF (Traffic Activity Factor) استفاده می‌گردد [۶]. این فاکتور با فاکتور فعالیت کاربر UAF (User Activity Factor) که در دیگر مراجع از جمله مرجع [۳] قبلاً به کارگرفته شده است تفاوت می‌کند. فاکتور فعالیت کاربر در حقیقت در سطح نشست تعریف شده است در حالی که فاکتور فعالیت ترافیک در سطح بسته‌ها و به صورت زیر تعریف شده است:

$$TAF = \frac{\text{کل زمان بسته ارسال بسته‌ها در یک نشست}}{\text{کل زمان یک نشست (کل زمان ارسال و عدم ارسال بسته)}} \quad (1)$$

$$F_n(k) = \text{Prob}(n \leq k) = \sum_{j=0}^k \binom{M}{j} \frac{(\alpha\rho)^j (1+(1-\alpha)\rho)^{M-j}}{(1+\rho)^j} \quad (2)$$

$k = 0, \dots, M$

اثبات: نرخ تولد و نرخ مرگ در حالت N (اگر N کاربر در حالت برخوانی باشند) به ترتیب برابر λ_N و μ_N بوده و توسط روابط زیر بیان می‌شوند $[Y]$ و $[X]$:

$$\lambda_N = \begin{cases} (M-N)\lambda & 0 \leq N \leq M \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_N = N\mu \quad N = 1, 2, \dots$$

در شرایط تعادلی احتمال این که N کاربر در حال برخوانی باشند برابر است با:

$$p_N = p_0 \prod_{i=0}^{N-1} \frac{\lambda(M-i)}{(i+1)\mu} \quad (4)$$

$$= p_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^N \binom{M}{N} \quad 0 \leq N \leq M$$

از رابطه بالا و رابطه $\sum_{N=0}^M p_N = 1$ خواهیم داشت:

$$p_0 = \frac{1}{(1 + \lambda/\mu)^M} \quad (5)$$

بنابراین:

$$p_N = \frac{\binom{M}{N} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^N}{\left(1 + \frac{\lambda}{\mu}\right)^M} = \binom{M}{N} \frac{\rho^N}{(1+\rho)^M} \quad (6)$$

در رابطه بالا فرض شده است $\rho = \lambda/\mu$

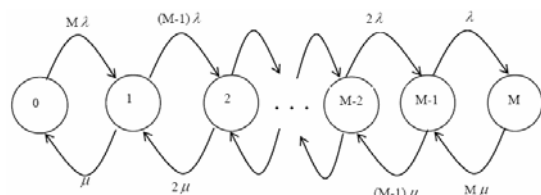
(نسبت تعداد برخوانی‌های ورودی به برخوانی‌های خروجی است). حال با این فرض که N کاربر در حال برخوانی هستند احتمال شرطی آن که n عدد آن‌ها به‌طور همزمان در حال ارسال اطلاعات باشند برابر است با:

$$p_{n|N} = \binom{N}{n} \alpha^n (1-\alpha)^{N-n} \quad (7)$$

در ادامه TAF را با α نشان داده‌ایم. در بخش (۲) این مقاله نظریه افزایش ظرفیت در اثر فاکتور فعالیت ترافیک را تحت یک قضیه ثابت می‌کنیم. در بخش (۳) اثر مدل ترافیک اینترنتی را بر ظرفیت سیستم بررسی می‌کنیم. در بخش (۴) با استفاده از روابط مستخرج از بخش‌های (۳) و (۴) از دو جنبه به اثبات نظریه می‌پردازیم و در انتها نتایج بیان می‌گردد.

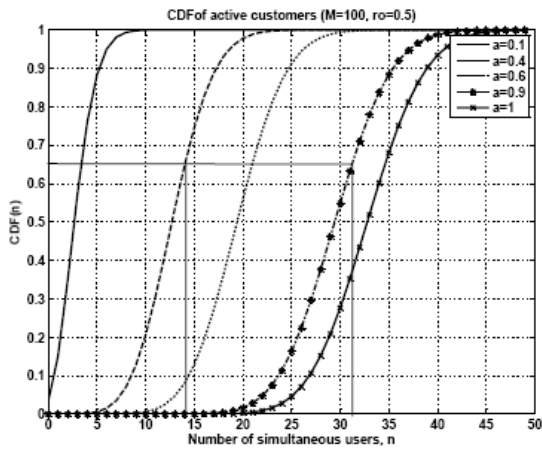
۲- راستی آزمایی نظریه

در روش اول اثبات نظریه افزایش ظرفیت با تکیه بر مدل ترافیکی اینترنتی، یک سلول مخابراتی را در نظر می‌گیریم که در آن M مشترک قادر به آغاز برخوانی می‌باشند (تعدادی از این مشترکین در حالت (برخوانی می‌تواند از نوع مکالمه صوتی و یا ارسال داده باشد و تعدادی دیگر قادر به آغاز برخوانی می‌باشند). در این صورت زمانی که طول می‌کشد مشترکین وارد شبکه شوند یک متغیر تصادفی با توزیع نمایی با متوسط λ sec می‌باشد. همچنین فرض کنید کل زمان یک برخوانی دارای توزیع نمایی با متوسط μ sec باشد؛ در این صورت یک زنجیره مارکف تولد - مرگ پیوسته ساخته می‌شود که حالت‌های آن تعداد مشترکینی هستند که در حال برخوانی می‌باشند (شکل (۱)).



شکل ۱ دیگرام نرخ-انتقال-حالت با بی‌نهایت خدمت دهنده و مشترکین محدود

هم اکنون نظریه وابستگی ظرفیت با ضریب فعالیت را در قالب قضیه ذیل بیان می‌کنیم.
قضیه: در سیستم صف ذکر شده در بالا ثابت کنید تابع توزیع تجمعی n کاربر با فاکتور فعالیت α برابر است با:



شکل ۲ نمایش ضریب فعالیت با تعداد مشترکین سیستم

همان گونه که از شکل (۲) مشاهده می شود، اگر $\alpha=1$ باشد احتمال داشتن بیش از ۳۲ کاربر ۰.۶۲ می باشد. اگر $\alpha=0.9$ باشد احتمال داشتن بیش از ۳۲ کاربر ۰.۳۵ می باشد. اگر $\alpha=0.6$ باشد، احتمال داشتن بیش از ۱۴ کاربر ۰.۹۲ می باشد. اگر $\alpha=0.4$ باشد احتمال داشتن بیش از ۱۴ کاربر ۰.۳۵ می باشد. این امر نشان می دهد که با α کوچک تر، با ظرفیت بسیار پایین تر صف می توان مشترکین بیشتری را سرویس دهی نمود.

۳- محاسبه اثر مدل ترافیک اینترنتی بر ظرفیت

سیستم CDMA

حال روش دیگری را برای بررسی اثر فاکتور فعالیت ترافیک بر ظرفیت سیستم را بررسی می کنیم. می دانیم BER تابعی از E_b / N_0 می باشد. فرض می کنیم N گروه کاربری داشته باشیم که مشتمل بر یک گروه صوتی و چند گروه داده ای از قبیل Web browsing, ftp و غیره باشد. یک گروه کاربری شامل چندین کاربر یک سرویس (مثلاً www) با پارامتر کیفیت سرویس (QoS) یکسان می باشد. اگر قدرت دریافتی ناشی از کاربر صوتی i ام در BS را با $S_{v,i}$ و قدرت دریافتی ناشی از کاربر داده n ام در گروه کاربری j را با $S_{d,j,n}$ نشان

حال آن که n کاربر همزمان در حال ارسال

اطلاعات باشند برابر است با:

$$P_n = \sum_{N=n}^M P_{n|N} P_N = \binom{M}{n} \frac{(\alpha\rho)^n (1+(1-\alpha)\rho)^{M-n}}{(1+\rho)^M} \quad (8)$$

که M، N و n در رابطه بالا به ترتیب کل تعداد کاربران یک سلول، تعداد کاربران در حال برخوانی و تعداد کاربرانی که در یک لحظه معین در حال ارسال اطلاعات هستند می باشند. همان گونه که می دانیم در یک سیستم WCDMA پارامتر n بسیار مهم بوده و به α و M و ρ وابسته می باشد.

از طرفی تابع توزیع تجمعی تعداد کاربرانی که در یک سلول با M کاربر در حال برخوانی هستند به صورت ذیل است:

$$F_N(k) = \text{Prob}(N \leq k) = \sum_{j=0}^k \binom{M}{j} \frac{\rho^j}{(1+\rho)^j} \quad (9)$$

$k = 0, \dots, M$

و تابع توزیع تجمعی تعداد n کاربر در یک سلول با M کاربر که به طور همزمان در حال ارسال اطلاعات هستند به صورت ذیل به دست می آید:

$$F_n(k) = \text{Prob}(n \leq k) = \sum_{j=0}^k \binom{M}{j} \frac{(\alpha\rho)^j (1+(1-\alpha)\rho)^{M-j}}{(1+\rho)^j} \quad (10)$$

$k = 0, \dots, M$

که اثبات قضیه کامل می شود.

توجه: در صورتی که $\alpha=1$ گردد، رابطه (۸) به رابطه (۶) تبدیل می شود. این امر نشان دهنده آن است که رابطه (۶) مربوط به ترافیک سویچ مداری و رابطه (۸) مربوط به ترافیک سویچ بسته ای می باشد. شکل (۲) ارتباط تعداد مشترکین را با ضریب فعالیت نشان می دهد:

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{d_j} \cong \frac{W}{R_{d_j}} \cdot \frac{S_{d_j}}{\alpha_v N_v S_v + (N_{d_j} - 1) \alpha_{d_j} S_{d_j} + \sum_{j=1, j \neq i}^{N-1} N_{d_j} \alpha_{d_j} S_{d_j} + I} \quad (14)$$

بعد از کمی عملیات جبری بر روابط (۱۲) و (۱۴) خواهیم داشت:

$$\{(SIR)_v^{-1} + \alpha_v\} S_v = \{(SIR)_{d_j}^{-1} + \alpha_{d_j}\} S_{d_j} \quad (15)$$

که در آن:

$$(SIR)_v = \frac{R_v}{W} \cdot \left(\frac{E_b}{N_0}\right)_v \quad \text{and} \quad (SIR)_{d_j} = \frac{R_{d_j}}{W} \cdot \left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{d_j} \quad (16)$$

برای تعیین میزان BER به منظور تأمین فاکتور QoS برای همه گروه‌های کاربری، E_b / N_0 دریافتی باید از E_b / N_0 لازم بزرگتر باشد یعنی:

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_v \geq \left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{v_{req}} \quad \text{and} \quad \left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{d_j} \geq \left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{d_{j,req}} \quad (17)$$

به علاوه برای تأمین نرخ اطلاعات لازم برای همه گروه‌های صوت و داده می‌توانیم بنویسیم:

$$R_v \geq R_{v_{req}}, R_{d_j} \geq R_{d_{j,req}} \quad (18)$$

بعد از جایگزین (۱۲) در (۱۷) و (۱۸) و همچنین جایگزینی (۱۴) در همان دو عبارت و انجام کمی عملیات جبری داریم:

$$\begin{aligned} \alpha_v (N_v - 1) S_v + \sum_{j=1}^{N-1} N_{d_j} \alpha_{d_j} S_{d_j} + I \\ \leq \frac{W}{R_{v_{req}}} \left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{v_{req}}^{-1} S_v = (SIR)_{v_{req}}^{-1} S_v \end{aligned} \quad (19)$$

که در آن $N_v, N_{d_1}, N_{d_2}, \dots, N_{d_{N-1}}$ ؛ تعداد کاربران هستند. معادله (۱۹) را می‌توان به صورت ذیل نوشت:

دهیم، $(j=1, 2, \dots, N-1)$ و همچنین نرخ ارسال اطلاعات را برای صوت R_v و برای گروه داده d_j را با R_{d_j} نشان دهیم، برای i امین کاربر صوتی E_b / N_0 دریافتی به صورت ذیل نشان داده می‌شود [۹]:

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{v,i} \cong \frac{W}{R_v} \cdot \frac{S_{v,i}}{\sum_{k=1, k \neq i}^{N_v} \alpha_v S_{v,k} + \sum_{j=1}^{N-1} \sum_{n=1}^{N_{d_j}} \alpha_{d_j} S_{d_{j,n}} + I + \eta_k W} \quad (11)$$

که در آن w ؛ پهنای باند سیستم، N_v و N_{d_j} ؛ به ترتیب تعداد کاربران در گروه کاربری صوت و گروه کاربری داده j ام در یک سکتور می‌باشند. α_v و α_{d_j} نیز فاکتورهای فعالیت صوت و گروه کاربری داده j ام می‌باشند. I ؛ تداخل ناشی از سلول‌های دیگر و η_k ؛ چگالی طیفی قدرت نویز پس زمینه است. فرض می‌کنیم کنترل قدرت کامل بوده و فیدینگ نیز کنترل قدرت را خراب نکند. در نتیجه برای تمام مقایر n و i و k داریم:

$$S_{d_{j,n}} = S_{d_j} \quad \text{و} \quad S_{v,k} = S_{v,i} = S_v$$

اگر از نویز پس زمینه η_k در مقابل تداخل کاربری چشم پوشی کنیم رابطه (۱۱) را می‌توان به صورت ذیل نوشت:

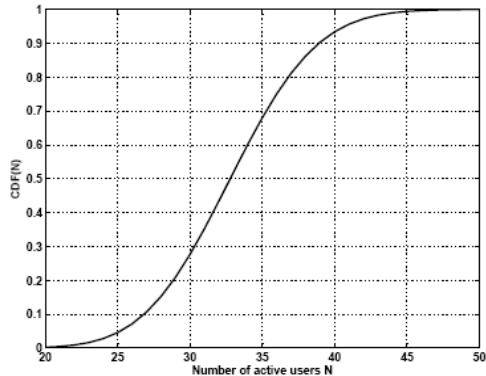
$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_v \cong \frac{W}{R_v} \cdot \frac{S_v}{\alpha_v (N_v - 1) S_v + \sum_{j=1}^{N-1} N_{d_j} \alpha_{d_j} S_{d_j} + I} \quad (12)$$

به طور مشابه E_b / N_0 دریافتی برای کاربر داده i ام در گروه کاربری j ام به قرار ذیل می‌شود:

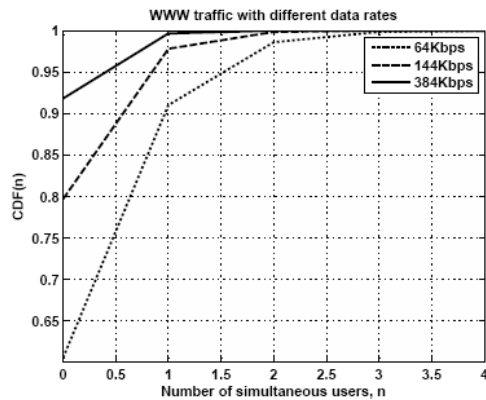
$$\begin{aligned} \left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{d_j,i} \cong \frac{W}{R_{d_j}} \cdot \frac{S_{d_j,i}}{\sum_{k=1}^{N_v} \alpha_v S_{v,k} + \sum_{j=1, j \neq i}^{N-1} \sum_{n=1}^{N_{d_j}} \alpha_{d_j} S_{d_{j,n}} + I + \eta_k W} \\ \text{for } i = 1, 2, \dots, N-1 \end{aligned} \quad (13)$$

باز به دلیل کنترل قدرت کامل می‌توانیم بنویسیم:

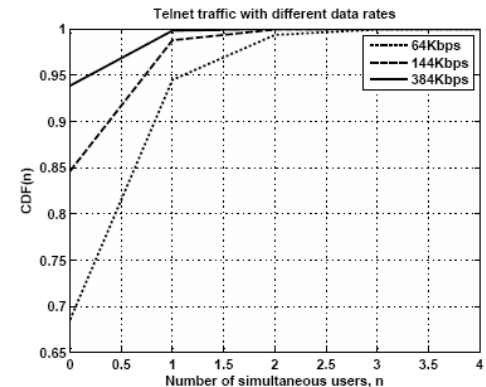
در روش اول تجزیه و تحلیل توزیع های تجمعی (۹) و (۱۰) را به ازای $M=100$ و $\rho=0.5$ بر حسب مقادیر جدول (۱) رسم می کنیم. در شکل (۳) تابع توزیع تجمعی کاربران فعال رسم شده است. شکل ۴ همین تابع را برای چند ترافیک مهم اینترنتی در سه نرخ بیت متفاوت نشان داده است:



شکل ۳ توزیع کاربران داده فعال



(الف) ترافیک مرورگر وب به ترتیب با $\alpha=0/0068$ و $\alpha=0/015$ و $\alpha=0/0256$



(ب) ترافیک Telnet به ترتیب با $\alpha=0/0005$ و $\alpha=0/0113$ و $\alpha=0/019$

$$\alpha_v \frac{N_v}{(SIR)_{v_{req}}^{-1} + \alpha_v} + \sum_{j=1}^{N-1} \frac{N_{d_j} \alpha_{d_j}}{(SIR)_{d_{jreq}}^{-1} + \alpha_{d_j}} \leq 1-z \quad (20)$$

که در آن:

$$z = \frac{I}{S_v} \frac{1}{(SIR)_{v_{req}}^{-1} + \alpha_v} = \frac{I}{S_{d_j}} \frac{\alpha_{d_j}}{(SIR)_{d_{jreq}}^{-1} + \alpha_{d_j}} \quad (21)$$

در حالت سیستم تک سلولی به دلیل صفر بودن تداخل بین سلولی عبارت z در سمت راست رابطه ۲۰ صفر می باشد در نتیجه رابطه (۲۰) به صورت ذیل تبدیل می شود:

$$\gamma_v N_v + \sum_{j=1}^{N-1} \gamma_{d_j} N_{d_j} \leq 1 \quad (22)$$

که در آن

$$\gamma_v = \frac{\alpha_v}{(SIR)_{v_{req}}^{-1} + \alpha_v}, \quad \gamma_{d_j} = \frac{\alpha_{d_j}}{(SIR)_{d_{jreq}}^{-1} + \alpha_{d_j}} \quad (23)$$

۴- تحلیل و رسم معادلات

در این بخش با دو روش مستخرج از بخش های ۲ و ۳ به تجزیه و تحلیل نظریه می پردازیم. در این بخش اثر مدل ترافیکی را با متوسط فاکتور فعالیت که از مدل ترافیکی استخراج شده است، محاسبه می کنیم. ابتدا براساس مدل ترافیکی سلسله مراتبی ذکر شده در [۶]، فاکتور فعالیت ترافیک α را برای ۵ نوع ترافیک داده شامل Email, ftp, www, Telnet و fax بر مبنای اطلاعات مندرج در [۶] و برای نرخ 64kbps محاسبه می کنیم. نتایج در جدول (۱) آورده شده اند [۶] و [۱۰]:

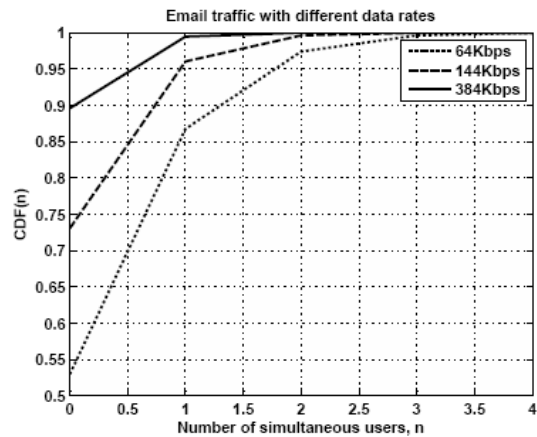
جدول ۱ مقادیر فاکتور فعالیت مبتنی چند نوع ترافیک

	ON duration(s)	OFF duration(s)	Activity Factor
Telnet	۱/۲۸	۱۱۱/۷۳	۰/۰۱۱۳
WWW	۷/۵	۴۸۰/۸۴	۰/۰۱۵
ftp	۳/۶۶	۰/۴۲۷	۰/۸۹
E-mail	۱/۸	۹۰/۱	۰/۰۱۹
Fax	۶/۶۶	۸۲/۶۸	۰/۰۷۵

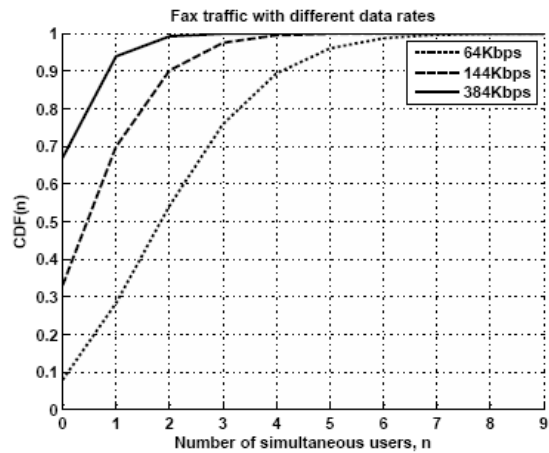
از طرف دیگر روابط (۹) و (۱۰) را می‌توان به ترتیب متناظر با ترافیک عرضه شده توسط کاربران سویچ مداری و سویچ بسته‌ای دانست؛ زیرا در حالت اول تعداد کاربران N مربوط به کل زمان برقراری برخوانی می‌باشد، اما در حالت دوم تعداد کاربران تنها مربوط به آن‌هایی است که در حال ارسال داده هستند. در نتیجه می‌توان دریافت که احتمال همزمان یک تعداد کاربر در شکل (۴) از یک طرف بستگی به فاکتور فعالیت ترافیک و از طرف دیگر به نرخ ارسال اطلاعات آن کاربر بستگی دارد. در نتیجه می‌توان تعداد کاربران را در این حالت بسیار افزایش داد. از طرف دیگر معادله (۲۲) نشان می‌دهد که منابع به کار رفته توسط کاربران از کل منابع سیستم کمتر است. در روش دوم تجزیه و تحلیل یک سیستم UMTS با پارامترهای نشان داده شده در جدول (۲) را در نظر می‌گیریم و فاکتور فعالیت را از جدول (۱) استخراج نمائیم. ابتدا شش گروه کاربری شامل یک گروه صوت و ۵ گروه داده را در نظر می‌گیریم. حال سیستم را هم بدون تداخل و هم با تداخل برای سه مقدار متفاوت E_b/N_0 شبیه‌سازی می‌کنیم. سپس تعداد کاربران صوت را برحسب ترافیک ترکیبی Telnet، WWW، ftp، FAX و E-mail محاسبه و رسم می‌کنیم.

جدول ۲ پارامترهای UMTS [۹]

Item	Symbol	Value
Bandwidth	W	5Mhz
Voice activity factor	α	≤ 0.5
Information data rate for the voice group	R_v	۹/۶ Kbps
Information data rate for the data group	R_{d_i}	32,64,144,384,768, 2048Kbps
Quality requirement for the voice group	$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{v,req}$	5(7) dB
Quality requirement for the data group	$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{d_i,req}$	12,10,5 dB

(ج) ترافیک ایمیل به ترتیب با $\alpha=0/019$ ، $\alpha=0/094$ و

$$\alpha=0/033$$

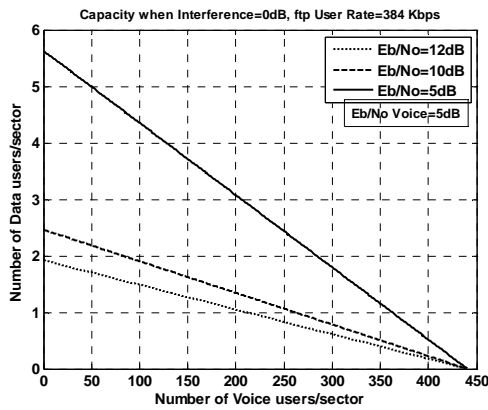
(د) ترافیک فکس به ترتیب با $\alpha=0/085$ ، $\alpha=0/033$ و $\alpha=0/012$

شکل ۴ توزیع کاربران داده در سه نرخ متفاوت که به طور همزمان اطلاعات ارسال می‌کنند

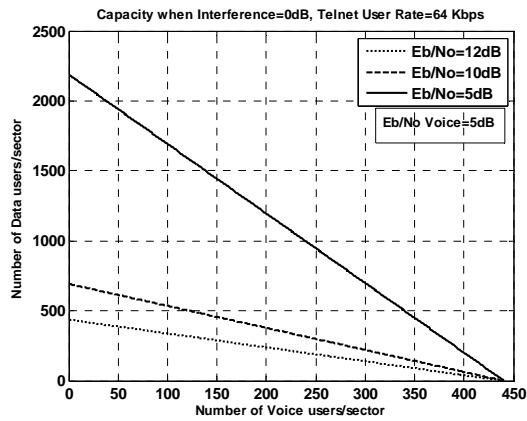
در این صورت از شکل (۳) مشاهده می‌شود که احتمال داشتن بیش از ۳۸ کاربر فعال در یک لحظه حدود ۱۰٪ است. همچنین احتمال داشتن کم‌تر از ۲۷ کاربر فعال در یک لحظه نیز ۱۰٪ است. از شکل (۴-د) دیده می‌شود که احتمال داشتن بیش از ۴ کاربر Fax با نرخ ۶۴kbps به طور همزمان برابر ۱۰٪ است؛ درحالی‌که از شکل‌های (۴-الف تا ج) مشاهده می‌شود که برای E-mail و WWW، Telnet احتمال داشتن بیش از یک کاربر همزمان به ترتیب برابر با ۵٪، ۸٪ و ۱۳٪ می‌باشد.

نتایج را در بندهای (الف) تا (ه) شکل (۵) رسم

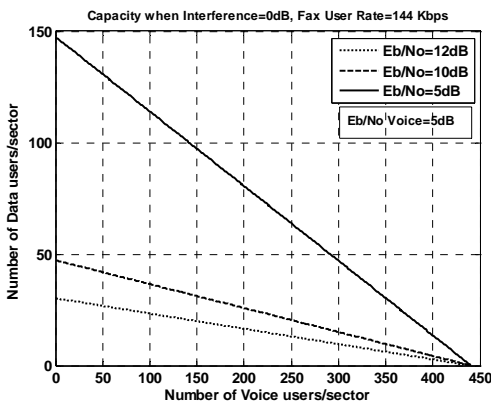
می‌کنیم.



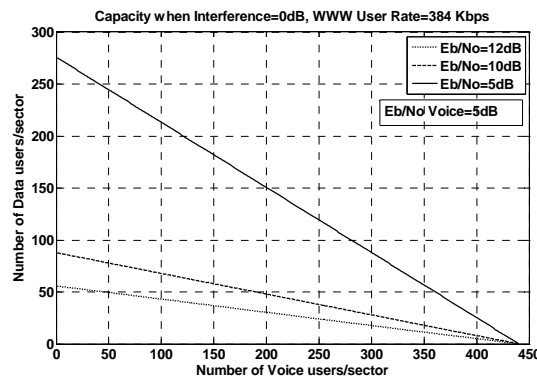
(د) رابطه بین تعداد کاربران صوت و کاربران ftp



(الف) رابطه بین تعداد کاربران صوت و کاربران Telnet

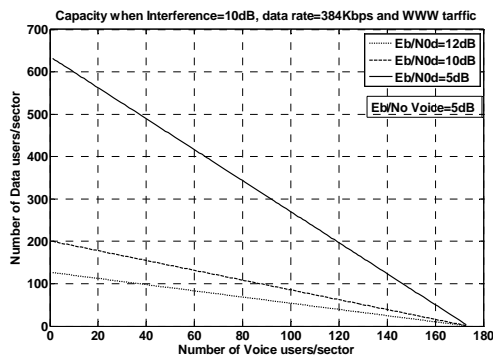


(ه) رابطه بین تعداد کاربران صوت و کاربران فکس

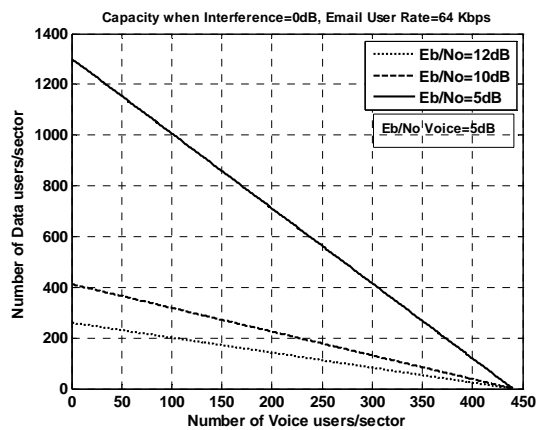


(ب) رابطه بین تعداد کاربران صوت و کاربران مرورگر وب

شکل ۵ رابطه بین تعداد کاربران صوت و یک گروه کاربری داده با $R_v = 9/6 \text{ Kbps}$ در یک سلول مجزا و فاکتور فعالیت صوتی برابر $0/375$



شکل ۶ رابطه بین تعداد کاربران صوت و یک گروه کاربری داده با $R_d = 3/84 \text{ Kbps}$ و $R_v = 9/6 \text{ Kbps}$ در یک محیط چند سلولی و فاکتور فعالیت صوتی برابر $0/375$



(ج) رابطه بین تعداد کاربران صوت و کاربران ایمیل

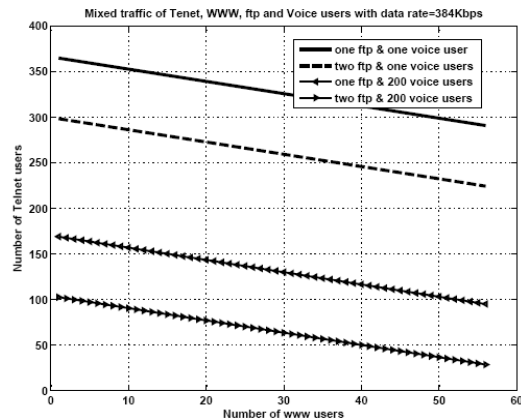
کاربری داده را در یک محیط چند سلولی و تداخل کارایی ۱۰dB شبیه سازی می کنیم (شکل (۶)).

در انتها یک گروه کاربری صوت و سه گروه کاربری داده را در یک محیط تک سلولی شبیه سازی می کنیم (شکل (۷)).

این بررسی نیز نظریه استفاده از فاکتور فعالیت در پردازش سرویس ترافیکی مبتنی را جهت افزایش تعداد مشترکین نشان داد [۱۱].

۵- نتیجه گیری

در این مقاله با اثبات یک قضیه و نتایج مستخرج از آن و رابطه سیگنال به نویز و اثر فاکتور جدید فعالیت ترافیک در یک محیط چندکاربره CDMA، نظریه استفاده از مدل ترافیکی برای افزایش تعداد مشترکین را ثابت کردیم. افزایش ظرفیت را با هر دو روش فوق مشاهده نمودیم. از این نظریه می توان برای ارزیابی و طراحی ترافیک اینترنتی در شبکه سلولی استفاده نمود.



شکل ۷ رابطه بین تعداد کاربران صوت و یک گروه کاربری داده با $R_v = 9.6 \text{Kbps}$ در یک سلول مجزا با فرض وجود سه نوع ترافیک داده و فاکتور فعالیت صوتی برابر 0.375

همان گونه که از شکل های (۵- الف تا ه) مشاهده می شود ۵۰ کاربر صوت می توانند به طور همزمان با ۱۹۵۰ کاربر Telnet یا ۲۴۰ کاربر www یا ۱۱۵۰ کاربر Email یا ۵ کاربر ftp و یا ۱۳۵ کاربر Fax فعالیت نمایند. حال یک گروه کاربری صوت و یک گروه

۶- مراجع

1. Y. Xu, H. Liu, and Q-A. Zeng, "Resource Management and QoS Control in Multiple Traffic Wireless and Mobile Internet Systems," Special Issue on "Modeling and Performance Evaluation of Radio Resource QoS for Next-Generation Wireless and Mobile Networks," Wiley's Journal of Wireless Communications & Mobile Computing, No. 5, pp. 971-982, 2005.
2. <http://www.internetworldstats.com/>.
3. T. Van Nguyen "Capacity Improvement Using Adaptive Sectorization in WCDMA Cellular Systems With Non-Uniform and Packet Mode Traffic," Victoria University, Melbourne, PhD Thesis, March, 2005.
4. 3GPP TR 101 112, "Selection procedures for the choice of radio transmission technologies of the UMTS", V3.3, www.etsi.org, 2004.

5. H. Holma, A. Toskala, WCDMA for UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications, Wiley, 2007.
6. J. Dadkhah Chimeh, M. Hakkak, P. Azmi, "Internet Traffic Modeling and Capacity Evaluation in UMTS", International Journal of Hybrid Information Technology, Vol. 1, No. 2, April, pp. 109-120, 2008.
7. L. Kleinrock, Queueing systems, Vol I:, John Wiley & Sons, 1975.
8. J. Perez-Romero, Oriol Sallent, Ramon Agusti, Miguel Angel Diaz-Guerra, Radio Resource Management Strategies in UMTS, Wiley, 2005.
9. K. Kim, I. Koo, CDMA Systems Capacity Engineering, Artech House, 2005.
10. J. Dadkhah Chimeh, M. Hakkak, P. Azmi, H. Bakhshi, "Traffic Capacity of UMTS System in Reverse Link", Wireless Personal Communications, Springer & Verlag, Vol. 51, No. 2, pp. 303-316, 2008.
11. J. Dadkhah Chimeh, An Approach to Mobile IP Traffic Planning, Vehicular Technology Conference, VTC, 2009.