

زمان بندی هماهنگ عادلانه در شبکه های LTE-A با سلول های قطاع بندی شده

مجید عبیری، مهری مهرجو و رشید عباس پور قادی

چکیده: در این تحقیق، روش زمان بندی هماهنگ عادلانه در شبکه های LTE-A را معرفی می کنیم که در آن سلول ها به آنتن های چندقطاعه مجهز بوده و برای افزایش گذردهی کاربران، قطاع ها از باند فرکانسی یکسان استفاده می کنند. برای کاهش تداخل هم کانال ارسال بین قطاع ها و کاربران به صورت هماهنگ شده خواهد بود. به عبارت دیگر اگر تداخل هم کانال از یک مقدار آستانه کمتر باشد، چندین قطاع هم زمان می توانند ارسال داده انجام دهند. طرح زمان بندی هماهنگ عادلانه از تمایز فضایی (قطاع بندی) برای ارسال هم زمان و طرح ارسال پویا با معیار عدالت آلفا استفاده می کند. در ادامه روش زمان بندی ابتکاری جهت کاهش پیچیدگی طرح زمان بندی ارائه شده است. سپس اثر استفاده از ارسال هماهنگ چندنقطه ای با زمان بندی هماهنگ عادلانه در کاهش تداخل و افزایش میزان گذردهی کاربران ارزیابی می گردد. نتایج این ارزیابی نشان می دهد با استفاده از زمان بندی هماهنگ عادلانه ضمن کاهش تداخل، میزان گذردهی کاربران در شبکه افزایش می یابد.

در این تحقیق، طرح زمان بندی هماهنگ عادلانه برای ارسال پویا با معیار عدالت آلفا در شبکه های LTE-A معرفی شده که در آن با استفاده از روش ارسال هماهنگ چندنقطه ای و با در نظر گرفتن تداخل درون سلولی علاوه بر همکاری ایستگاه های پایه، همکاری قطاع ها نیز امکان پذیر است. به این ترتیب که اگر نسبت SINR از یک مقدار آستانه بیشتر باشد به قطاع هایی که از فرکانس یکسان استفاده می کنند اجازه داده می شود به طور هم زمان ارسال انجام دهند. علاوه بر این روش زمان بندی ابتکاری، جهت کاهش پیچیدگی طرح زمان بندی ارائه شده است. در ادامه، اثر استفاده از طرح معرفی شده در کاهش تداخل و افزایش میزان گذردهی کاربران ارزیابی می گردد. نتایج این ارزیابی نشان می دهد با استفاده از زمان بندی هماهنگ عادلانه ضمن کاهش تداخل، میزان گذردهی کاربران در شبکه افزایش می یابد.

ادامه مطالب این مقاله به صورت زیر تدوین گردیده اند. ابتدا در بخش دوم مدل سیستم مورد بررسی ارائه شده و روش های زمان بندی هماهنگ عادلانه در سیستم قطاع بندی شده و زمان بندی ابتکاری در بخش سوم آمده اند. در بخش چهارم نتایج حاصل از شبیه سازی ارائه گردیده و بخش پنجم نیز به نتیجه گیری این تحقیق اختصاص دارد.

۲- مدل سیستم

در این بخش ضمن معرفی مدل سیستم مورد استفاده در تحقیق، روش های ارسال هماهنگ در سلول های قطاع بندی شده و طرح ریزی عادلانه با معیار آلفا را معرفی خواهیم نمود.

۱-۲ مدل شبکه

در این تحقیق از طرح ارسال هماهنگ چندنقطه ای برای N_c سلول هماهنگ و N_s قطاع در هر سلول را استفاده می کنیم. مجموعه قطاع هایی که فعال بودن آنها با هماهنگی یکدیگر انجام می شوند را قطاع های هماهنگ می نامیم که با C_s نشان می دهیم. تعداد کل قطاع های هماهنگ $C_s = N_c N_s$ است. مطابق شکل ۱ سلول ها را شش ضلعی در نظر گرفته و قطاع های هر سلول را با S_i مشخص کرده ایم. هر قطاع سلول یک آنتن جهت دار روی ایستگاه پایه در مرکز سلول قرار دارد. تعداد N_{ii} کاربر به صورت یکنواخت در محیط سلول پخش شده اند که بدون واسطه با ایستگاه پایه ارتباط دارند.

مطابق شکل ۲ هر قاب در مسیر بالاسو و پایین سو به N_i شیار زمانی تقسیم می شود. کاربر u بهره دریافتی از قطاع هماهنگ $\{s | s \in C_s\}$

کلیدواژه: ارسال هماهنگ چندنقطه ای، زمان بندی عادلانه، سیستم های LTE-A، قطاع بندی، نسل چهارم مخابرات سلولی.

۱- مقدمه

LTE یکی از فناوری های نسل چهارم مخابرات سلولی است که در حال حاضر، مؤسسه 3GPP به دنبال ارائه نسخه جدید فناوری LTE تحت عنوان LTE-A می باشد. پیاده سازی فناوری مخابرات مشارکتی و استفاده از روش های ارسال هماهنگ چندنقطه ای اصلی ترین راهکارهای گذر از LTE به LTE-A است [۱]. ارسال هماهنگ چندنقطه ای روشی است که در آن چند ایستگاه پایه به گونه ای با یکدیگر همکاری می کنند تا ضمن کاهش تداخل، کارایی طیفی در شبکه بهبود یافته و میزان گذردهی سلول افزایش یابد [۲].

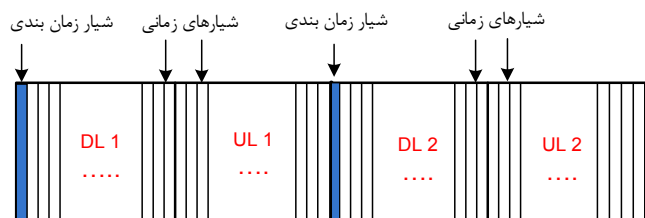
تاکنون طرح های زمان بندی مختلفی برای ارسال هماهنگ چندنقطه ای معرفی شده اند. در [۳] روشی جهت مدیریت تداخل با استفاده از ارسال هماهنگ چندنقطه ای در شبکه های LTE-A آمده که میانگین گذردهی کاربران در سلول را افزایش می دهد. در [۴] یک طرح زمان بندی با هماهنگی ایستگاه های پایه در شبکه های OFDMA معرفی شده که کارایی انرژی و تخصیص توان را بهبود می بخشد. با در نظر گرفتن هم زمان زمان بندی، شکل دهی پرتو و تخصیص توان، یک روش

این مقاله در تاریخ ۲۰ شهریور ماه ۱۳۹۲ دریافت و در تاریخ ۲۸ خرداد ماه ۱۳۹۳ بازنگری شد.

مجید عبیری، گروه مهندسی مخابرات، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، (email: abiri064@pgs.usb.ac.ir).

مهری مهرجو، گروه مهندسی مخابرات، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، (email: mehrjoo@ieee.org).

رشید عباس پور قادی، گروه مهندسی مخابرات، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، (email: abaspour@gmail.com).



شکل ۲: قاب‌ها و شیارهای زمانی در مسیر بالاسو و پایین‌سو.

حداکثر گذردهی را خواهیم داشت که در این حالت حداکثر گذردهی حاصل شود و در صورتی که $\alpha \rightarrow \infty$ توزیع منابع به روش حداقل-حداکثر عدالت خواهد بود [۹]. بزرگ‌تر بودن مقدار عددی آلفا به معنی توجه بیشتر به تاریخچه اختصاص منابع به کاربران و کوچک‌بودن این مقدار به معنی توجه کمتر به این تاریخچه در لحظه جاری می‌باشد

$$\lim_{\alpha \rightarrow 1} \frac{(x_n)^{1-\alpha}}{1-\alpha} = \ln x_n \quad (5)$$

۳- طرح پیشنهادی

روش پیشنهادی برای زمان‌بندی هماهنگ عادلانه در سیستم قطاع‌بندی شده و روش زمان‌بندی ابتکاری به ترتیب در بخش‌های ۳-۱ تا ۳-۲ معرفی می‌شوند.

۳-۱ زمان‌بندی هماهنگ عادلانه در سیستم قطاع‌بندی شده

در این تحقیق ما علامت $l_{u,s}$ را به عنوان نماد مسیر ارتباطی بین منبع s و کاربر u در نظر می‌گیریم. در هر شیار زمانی نرخ انتقال داده r بین کاربر u و آنتن قطاع s در صورتی معتبر است که نسبت SINR در مسیر ارتباطی از یک مقدار آستانه مانند β بزرگ‌تر باشد. در این شرایط $l_{u,s} = 1$ بوده و مسیر ارتباطی فعال است و در غیر این صورت $l_{u,s} = 0$ و مسیر ارتباطی منطقی غیر فعال خواهد بود. در هر شیار زمانی حداقل یک مسیر ارتباطی برای هر کاربر از هر قطاع هماهنگ وجود دارد. در این حالت تداخل، ناشی از مسیریابی است که به صورت هم‌زمان با مسیر ارتباطی فعال می‌شوند. SINR مسیر بین قطاع s و کاربر u به فعال بودن لینک ارتباطی در همه قطاع‌ها بستگی دارد که از رابطه زیر محاسبه می‌شود

$$SINR_{u,s} = \frac{G_{(u,s)} l_{u,s} P_s}{I + N} \quad (6)$$

که در آن

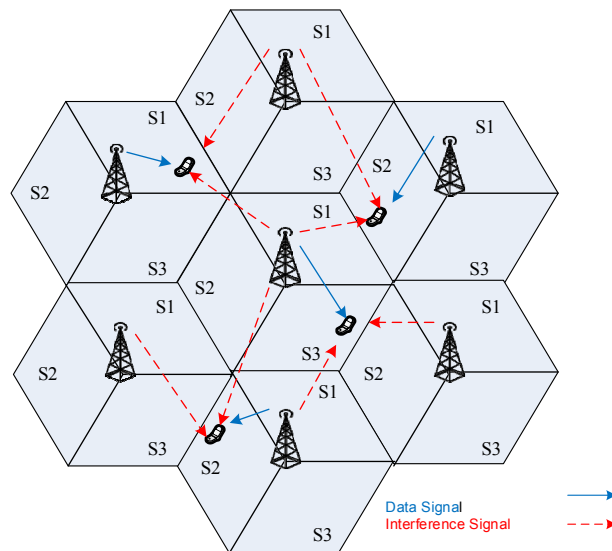
$$I = \sum_{j=1, j \neq s}^{C_s} \sum_{i=1, i \neq u}^{N_u} G_{(u,i)} l_{i,j} P_j \quad (7)$$

ما یک مجموعه مستقل (Iset) را به عنوان مجموعه لینک‌های منطقی معرفی می‌کنیم که می‌توانند هم‌زمان با هم فعال شوند. به عبارت دیگر یک Iset شامل زوج‌های کاربر-قطاع است که به صورت هم‌زمان انتقال داده را انجام می‌دهند. هر برداری با ابعاد $1 \times N_u \times C_s$ از $l_{u,s}$ ، $\{l_{u,s} \mid 1 \leq u \leq N_u, 1 \leq s \leq C_s\}$ برای هر Iset داریم

$$SINR_{u,s} \geq \beta, \forall u \text{ and } s \text{ where } l_{u,s} \neq 0 \quad (8)$$

$$\sum_{u=1}^{N_u} l_{u,s} \leq 1, \forall s \quad (9)$$

$$\sum_{s=1}^{C_s} l_{u,s} \leq 1, \forall u \quad (10)$$



شکل ۱: مدل سیستم زمان‌بندی هماهنگ عادلانه با قطاع‌بندی سلول.

و اطلاعات وضعیت کانال را در مسیر پایین‌سو محاسبه کرده و بهره کانال $G(u,s)$ که تابعی از بهره آنتن و تلفات مسیر انتقال بین قطاع s و کاربر u را در زیرقاب بالاسو به ایستگاه پایه ارسال می‌کند. با فرض این که کانال محوکنندگی مسطح باشد، این بردار در مسیر پایین‌سو برای تصمیم‌گیری در مورد ارسال قاب بعدی استفاده خواهد شد. زمان‌بندی برای هر قاب در اولین شیار زمانی انجام می‌شود

$$G_{dB}(u,s) = AntG_{dB}(\theta) - PL_{dB}(D_u) \quad (1)$$

۲-۲ ارسال هماهنگ در سلول‌های قطاع‌بندی شده

در طرح سرویس‌دهی به کاربران با روش ارسال هماهنگ چندقطه‌ای، سیگنال دریافتی و SINR برای کاربر u واقع در قطاع s به ترتیب از (۲) و (۳) به دست می‌آیند

$$Y_{u,s} = \sqrt{P_s G_{u,s}} X_{u,s} + \sum_{j \neq s, j \in C_s} (\sqrt{P_j G_{u,j}} X_{u,j}) + n \quad (2)$$

$$SINR_u^c = \frac{P_s G_{(u,s)}}{\sum_{j \neq s, j \in C_s} P_j G_{(u,j)} + N} \quad (3)$$

که در آنها P_s توان ارسالی آنتن قطاع s ، $X_{u,s}$ سیگنال ارسالی از قطاع s به کاربر u و n نویز سفید گوسی با توان N است.

۳-۲ طرح‌ریزی عادلانه با معیار آلفا

زمان‌بندی عادلانه با معیار آلفا روشی پویا جهت تخصیص عادلانه منابع بین کاربران است که امکان اختصاص منابع با توابع مطلوبیت متفاوت را می‌دهد [۷]. اگر x_n منبع اختصاص‌یافته به کاربر n م از میان مجموع N کاربر موجود باشد منابع با تابع مطلوبیت زیر به کاربران اختصاص می‌یابد [۸]

$$\max_{n \in N} \sum \frac{(x_n)^{1-\alpha}}{1-\alpha} \quad (4)$$

در رابطه فوق، ضریب α عددی بین صفر و بی‌نهایت است که از یک سو اختصاص بهینه منابع را کنترل کرده و از سوی دیگر عدالت در تخصیص این منابع را تأمین می‌کند. با توجه به مقادیر مختلف آلفا، روش‌های عدالت مختلف به دست می‌آید. هنگامی که $\alpha \rightarrow 1$ ، مطابق (۵) روش عدالت نسبی را خواهیم داشت، هنگامی که $\alpha = 0$ است روش

عبارت اول در (۱۴) تأثیری در حداکثرسازی این رابطه ندارد. بر این اساس مدل تقریبی محاسبه زمان‌بندی هماهنگ عادلانه با معیار آلفا به این صورت خواهد بود

$$\max_{I_{u,s}} \sum_{u=1}^{N_u} \sum_{s=1}^{C_s} \frac{I_{u,s} r_h}{R_u(t-1)^\alpha} \quad (15)$$

در رابطه بالا r_h نرخ ارسالی برای کاربر انتخابی h است. بر پایه (۱۵) فرایندی دومرحله‌ای را برای محاسبه Iset به روش ابتکاری معرفی می‌کنیم. در مرحله اول، یک زیرمجموعه شامل h کاربر از هر قطاع را انتخاب می‌کنیم که در آن h کمتر از تعداد کاربران در هر قطاع است و برای این مجموعه از کاربران، عبارت r_h/R_h^α حداکثر مقدار را در آن قطاع دارد. نرخ ارسالی r_h برای هر کاربر از نرخ ارسالی r_u متفاوت است چرا که r_h با این فرض محاسبه می‌شود که آنتن‌های هر قطاع با حداکثر توان و فقط برای کاربران انتخابی ارسال انجام می‌دهند و هیچ تداخلی بین قطاع‌ها وجود ندارد. در روش بهینه، ما ابتدا همه Isetها را بدون در نظر گرفتن معیار تصمیم‌گیری در طرح زمان‌بندی محاسبه می‌کنیم اما در روش ابتکاری یک زیرمجموعه‌ای شامل h کاربر در هر قطاع را از میان همه کاربران انتخاب کرده و با محاسبه Isetهای مربوط به این کاربران زمان‌بندی را فقط برای کاربران انتخاب‌شده انجام می‌دهیم. در مرحله دوم، Isetها که ما آنها را Isetهای ابتکاری می‌نامیم برای h کاربر انتخاب‌شده محاسبه می‌شوند. برخلاف روش بهینه که Isetها یک بار برای هر قاب محاسبه می‌گردند، محاسبه Isetهای ابتکاری در هر شیار زمانی می‌باشد چرا که در روش ابتکاری تعداد کمی از کاربران برای محاسبه Isetهای ابتکاری انتخاب می‌شوند و در صورتی که محاسبه Isetها برای بازه‌های زمانی بزرگ مثل یک قاب انجام شود. با این حال به دلیل انتخاب تعداد کمی از کاربران در فرایند محاسبات، این فرایند بسیار سریع‌تر و پیچیدگی آن بسیار کمتر از روش زمان‌بندی بهینه است. فرایند انتخاب h کاربر و محاسبه Isetهای ابتکاری در شکل ۳ نشان داده شده است.

۴- نتایج شبیه‌سازی

در این بخش به بررسی اثر روش زمان‌بندی هماهنگ عادلانه بر میزان گذردهی کاربران در شبکه‌های LTE-A می‌پردازیم. بدین منظور ابتدا فرضیات شبیه‌سازی را بیان کرده و سپس به ارائه نتایج حاصل از این شبیه‌سازی‌ها خواهیم پرداخت.

در این تحقیق، ۷ سلول قطاع‌بندی شده با شعاع ۱۰۰۰ متر را در نظر می‌گیریم که تعداد ۱۰۰ کاربر به صورت تصادفی و با توزیع یکنواخت در سلول پخش شده‌اند. قطاع‌های سلول، دارای آنتن‌های جهت‌دار با تابع بهره $A(\theta)$ به صورت زیر هستند [۱۰]

$$A(\theta) = \frac{3(\cos\theta - 1)}{1 - \cos\frac{\theta_{\text{rdb}}}{2}} \quad (16)$$

که در آن θ زاویه بین خط تقارن قطاع و گیرنده و θ_{rdb} پهنای پرتو نیم‌توان آنتن می‌باشد. تلفات توان در مسیر هوایی بین فرستنده و گیرنده به صورت (۱۷) تعریف می‌شود

$$|\gamma_u|^n = (D_u)^{-n} \quad (17)$$

که در آن γ_u تلفات مسیر برای کاربر u در فاصله D_u تا ایستگاه پایه هستند و نمای تضعیف n در اینجا برابر ۳ است. برای به دست آوردن

ورودی‌ها: $R_u, \alpha, h, N, N_u, P_s, C_s$

شروع

برای تمامی کاربران پارامترهای زیر را محاسبه کن:

$$R_h(u), SINR(u), r_h(u)$$

برای تمامی قطاع‌ها اگر کاربر u متعلق به قطاع s بود آن گاه $R_h(u)$

را به بردار S_s اضافه کن و S_s را از بزرگ به کوچک مرتب کن

h کاربر اول در بردار S_s را در U_s قرار بده

Isetهای ابتکاری را برای h کاربر انتخاب‌شده محاسبه کن

پایان

شکل ۳: فرایند انتخاب h کاربر برای محاسبه Isetهای ابتکاری.

یک Iset در حالتی حداکثر است که با اضافه‌کردن هیچ لینک منطقی فعالی مجموع نرخ ارسال بزرگ‌تری به دست نیاید. ما I_m را به عنوان مجموعه‌ای از Isetهای حداکثر تعریف می‌کنیم.

در آغاز ارسال هر قاب بهره کانال $G(u,s)$ تعیین شده و طرح زمان‌بندی مجموعه I_m خروجی را از میان همه Isetهای ممکن تعیین می‌کند. Isetها برای همه شیارهای زمانی در هر قاب معین می‌گردد. ما $\bar{I} \subset I_m$ را به عنوان پاسخ بهینه روش زمان‌بندی هماهنگ عادلانه با معیار آلفا می‌نامیم اگر مجموعه $I_{u,s} \in \bar{I}$ عبارت زیر را در شیار زمانی t حداکثر کند

$$\max_{I_{u,s}} \sum_{u=1}^{N_u} \sum_{s=1}^{C_s} I_{u,s} r_u + R_u(t-1)^{1-\alpha} \quad (11)$$

که در آن $0 < \alpha < \infty$ می‌باشد، r_u نرخ ارسالی در زمان حال برای کاربر u و $\bar{R}_u(t-1)$ میانگین نرخ ارسال شده به کاربر u تا شیار زمانی t است که به عنوان سابقه ارسال برای کاربر u شناخته می‌شود و در پایان هر شیار زمانی مطابق (۱۲) به وسیله $I_{u,s}$ به روز می‌شود

$$\bar{R}_u(t) = \left(1 - \frac{1}{T}\right) \bar{R}_u(t-1) + \sum_{s=1}^{C_s} I_{u,s} r \quad (12)$$

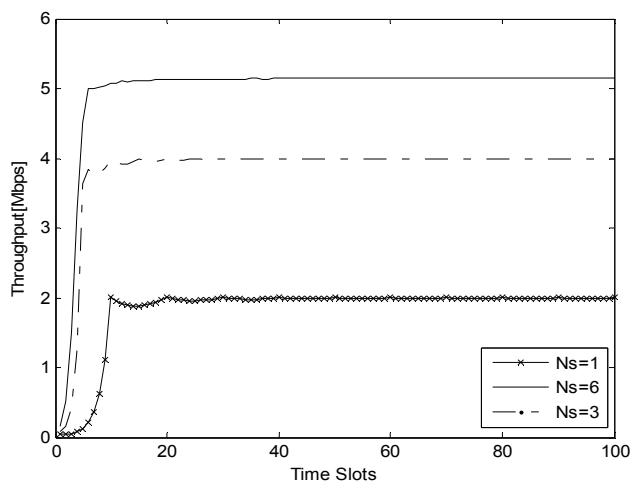
در واقع در روش زمان‌بندی هماهنگ عادلانه با معیار آلفا با در نظر گرفتن تاریخچه نرخ ارسال شده به هر کاربر در شیارهای زمانی گذشته، با توجه به معیار عدالت آلفا نرخ ارسالی در زمان فعلی به گونه‌ای مشخص می‌شود که نرخ دریافتی هر کاربر از قطاع‌های فعال توسط (۱۱) را حداکثر ساخته و بازده عمومی را حداکثر نماید.

۳-۲ روش زمان‌بندی ابتکاری

با توجه به وجود تعداد زیاد ترکیبات زوج-کاربر برای محاسبه Isetها، محاسبه همه این ترکیبات منجر به پیچیدگی زیاد و کاهش سرعت فرایند محاسبات در زمان‌بندی هماهنگ عادلانه می‌شود. از این رو به منظور افزایش سرعت و کاهش پیچیدگی در طرح پیشنهادی، در این بخش با استفاده از تقریب دوجمله‌ای، روشی ابتکاری را جهت زمان‌بندی عادلانه به صورت زیر ارائه می‌کنیم

$$\max_{I_{u,s}} \sum_{u=1}^{N_u} \frac{R_u(t-1)^{1-\alpha}}{1-\alpha} \times \left(1 + \frac{\sum_{s=1}^{C_s} I_{u,s} r}{R_u(t-1)}\right)^{1-\alpha} \quad (13)$$

$$\approx \max_{I_{u,s}} \sum_{u=1}^{N_u} \frac{R_u(t-1)^{1-\alpha}}{1-\alpha} + \sum_{u=1}^{N_u} \sum_{s=1}^{C_s} \frac{I_{u,s} r}{R_u(t-1)^\alpha} \quad (14)$$



شکل ۳: اثر قطع‌بندی سلول بر گذردهی سلول.

جدول ۱: مقادیر عددی مورد استفاده در شبیه‌سازی.

مقدار عددی	پارامتر مورد نظر
$N_c = 3$	تعداد سلول‌های هماهنگ‌شده
$N_s = 3$	تعداد قطعات در هر سلول
$\alpha = 1$	مقدار عددی معیار عدالت
$\beta = 10 \text{ dB}$	مقدار آستانه SINR
$N = -100 \text{ dBm}$	توان نویز سفید گوسی جمع‌شونده
$P_{\max} = 20 \text{ dBm}$	توان ارسالی توسط ایستگاه پایه
$N_t = 100$	تعداد شیارهای زمانی
γ	تعداد کل سلول‌ها

جدول ۲: زمان محاسبه ISetها برای زمان‌بندی بهینه و ابتکاری.

نوع زمان‌بندی	زمان محاسبه ISetها
بهینه	۹۸۰ ثانیه
ابتکاری با انتخاب یک کاربر در هر قطعه	۰٫۰۵ ثانیه
ابتکاری با انتخاب ۵ کاربر در هر قطعه	۵٫۵ ثانیه

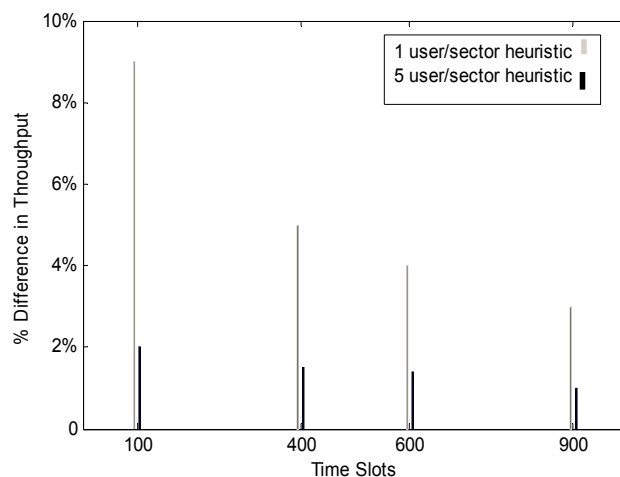
ناشی از صرف نظر کردن از تعداد عوامل مؤثر در جمع است. در ادامه شبیه‌سازی‌ها از روش زمان‌بندی ابتکاری، با انتخاب یک کاربر در هر قطعه استفاده می‌کنیم.

۲-۴ بررسی اثر تعداد سلول‌های هماهنگ

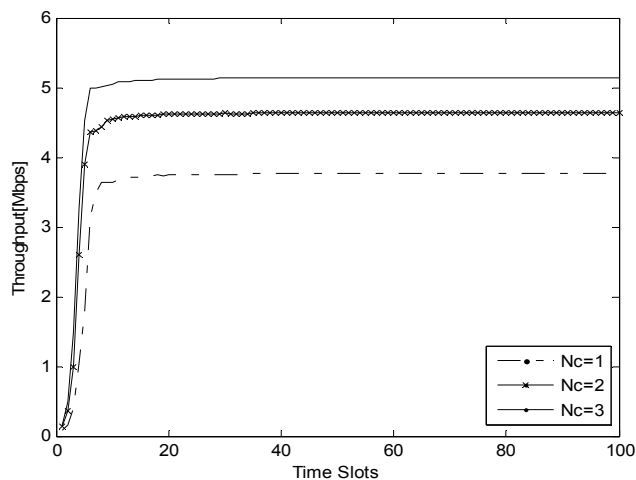
در این بخش، اثر هماهنگی سلول‌ها در زمان‌بندی هماهنگ عادلانه را بر میزان گذردهی سلول بررسی می‌کنیم. تأثیر استفاده از سلول‌های هماهنگ‌شده بر میزان گذردهی سلول در شکل ۵ نشان داده شده است. استفاده از همکاری هماهنگ چند ایستگاه پایه، باعث کاهش تداخل و در نتیجه افزایش SINR و افزایش حداکثر نرخ ارسال داده کاربران خواهد شد. با فرض تمام بار بودن شبکه، افزایش حداکثر نرخ ارسال داده کاربران نیز منجر به افزایش میزان گذردهی سلول می‌شود. مطابق شکل ۵، افزایش تعداد سلول‌های هماهنگ، منجر به دلیل کاهش بیشتر تداخل و در نتیجه افزایش میزان گذردهی خواهد شد.

۳-۴ بررسی اثر قطع‌بندی

در این بخش، اثر قطع‌بندی در زمان‌بندی هماهنگ عادلانه را بر میزان گذردهی سلول بررسی می‌کنیم. شکل ۶ میانگین میزان گذردهی سلول را با استفاده از زمان‌بندی هماهنگ عادلانه نشان می‌دهد. در حالت



شکل ۴: درصد اختلاف گذردهی سلول در زمان‌بندی ابتکاری نسبت به زمان‌بندی بهینه.



شکل ۵: اثر تعداد سلول‌های هماهنگ بر گذردهی سلول.

نتایج عددی، مقادیر جدول ۱ استفاده شده است مگر در متن، مقدار دیگری برای متغیرها ذکر شده باشد.

۴-۱ مقایسه روش‌های زمان‌بندی بهینه و ابتکاری

در این بخش به مقایسه طرح‌های زمان‌بندی بهینه و ابتکاری از دیدگاه زمان اجرا و میزان گذردهی می‌پردازیم. به منظور مقایسه این دو روش، ابتدا فرض می‌کنیم هماهنگی بین سلول‌ها وجود ندارد ($N_c = 1$). تعداد کاربران انتخاب‌شده برای زمان‌بندی ابتکاری در دو حالت، یک کاربر و ۵ کاربر انتخابی در هر قطعه در نظر گرفته شده است. ISetهای بهینه در آغاز هر قاب محاسبه می‌شوند در حالی که محاسبه ISetهای ابتکاری در هر شیار زمانی انجام می‌شود. جدول ۲ میانگین زمان محاسبه ISetهای بهینه و ابتکاری را نشان می‌دهد. مطابق جدول زمان لازم برای محاسبه ISetهای ابتکاری به طور قابل توجهی کمتر از زمان لازم برای محاسبه ISetهای بهینه است و افزایش تعداد کاربران انتخابی منجر به افزایش زمان محاسبه ISetهای ابتکاری می‌شود.

روش زمان‌بندی ابتکاری نسبت به روش بهینه، زمان محاسبه ISetهای ابتکاری را کاهش می‌دهد هر چند منجر به کاهش میزان گذردهی در سلول می‌گردد. شکل ۴ درصد اختلاف میزان گذردهی سلول با زمان‌بندی ابتکاری نسبت به زمان‌بندی بهینه را نشان می‌دهد. بیشترین اختلاف هنگامی است که یک کاربر در هر قطعه برای زمان‌بندی انتخاب می‌شود. این اختلاف با افزایش تعداد کاربران انتخابی برای محاسبه ISetهای ابتکاری کاهش می‌یابد. مطابق (۱۴) این اختلاف از مقدار دقیق،

مقدار α میزان گذردهی کاربران افزایش می‌یابد. هنگامی که $\alpha \rightarrow 0$ است، حداکثر میزان گذردهی را خواهیم داشت. با افزایش مقدار α و توجه بیشتر به تاریخچه اختصاص منابع، میزان گذردهی کاربران کاهش می‌یابد هر چند در این حالت عدالت در توزیع منابع افزایش پیدا می‌کند.

۵- نتیجه‌گیری

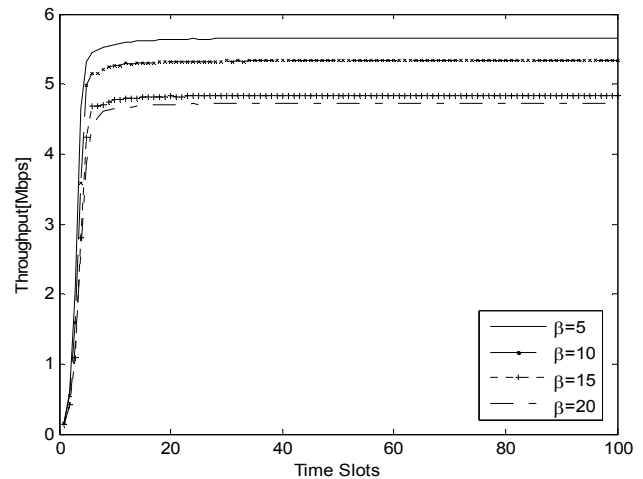
در این تحقیق، طرح زمان‌بندی هماهنگ عادلانه با معیار α برای همکاری هماهنگ بین قطعات سلول‌های مجاور پیشنهاد گردید. در این طرح با استفاده از قطع‌بندی سلول با لحاظ کردن تفاوت فضایی بین کاربران و توجه به مقدار SINR، علاوه بر همکاری ایستگاه‌های پایه، زمان‌بندی هماهنگ عادلانه در همکاری قطعات آنتن در هر سلول نیز امکان‌پذیر است. به منظور افزایش سرعت محاسبات و کاهش پیچیدگی یک طرح زمان‌بندی ابتکاری پیشنهاد شد. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهد استفاده از روش ارسال هماهنگ چندقطه‌ای، ضمن کاهش تداخل منجر به افزایش میزان گذردهی سلول در سیستم‌های LTE-A می‌گردد. نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد این همکاری باعث افزایش میزان گذردهی در شبکه می‌شود. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان می‌دهد استفاده از طرح زمان‌بندی ابتکاری منجر به کاهش پیچیدگی و افزایش سرعت محاسبات در اجرای زمان‌بندی می‌گردد.

مراجع

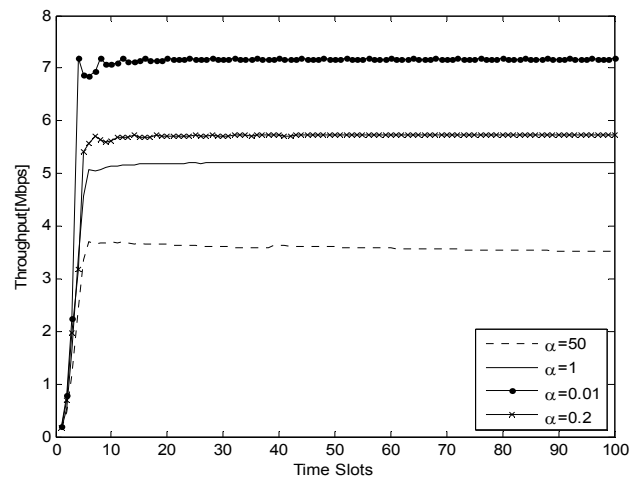
- [1] 3GPP Technical Report 36.913, *Requirements for Further Advancements for E-UTRA (LTE-Advanced)*, Jun. 2008.
- [2] M. Sawahashi, Y. Kishiyama, A. Morimoto, D. Nishikawa, and M. Tanno, "Coordinated multipoint transmission/reception techniques for LTE-advanced [coordinated and distributed MIMO]," *IEEE Trans. Wireless Communications*, vol. 17, no. 3, pp. 26-34, Jun. 2010.
- [3] S. Sun, Q. Gao, Y. Peng, Y. Wang, and L. Song, "Interference management through CoMP in 3GPP LTE-advanced networks," *IEEE Wireless Communications*, vol. 20, no. 1, pp. 59-66, Feb. 2013.
- [4] L. Venturino, A. Zappone, C. Risi, and S. Buzzi, "Energy-efficient scheduling and power allocation in downlink OFDMA networks with base station coordination," *IEEE Trans. Wireless Communications*, vol. 14, no. 1, pp. 1-14, Jan. 2014.
- [5] W. Yu, T. Kwon, and C. Shin, "Multicell coordination via joint scheduling, beamforming, and power spectrum adaptation," *IEEE Trans. on Wireless Communications*, vol. 12, no. 7, pp. 1-14, Jul. 2013.
- [6] P. Mitran, C. Rosenberg, J. Sydor, J. Luo, and S. Shabdanov, "On the capacity and scheduling of a multi-sector cell with co-channel interference knowledge," in *Proc. 9th IFIP Annual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop*, 8 pp., Aug. 2010.
- [7] J. Mo and J. Walrand, "Fair end-to-end window-based congestion control," *IEEE/ACM Trans. on Networking*, vol. 8, no. 5, pp. 556-567, Oct. 2000.
- [8] E. Altman, K. Avrachenkov, and A. Garnaev, "Generalized α -fair resource allocation in wireless networks," in *Proc. 47th IEEE Conf. on Decision and Control*, pp. 2414-2419, 9-11 Dec. 2008.
- [9] C. Touati, E. Altman, and J. Galtier, "Generalized Nash bargaining solution for bandwidth allocation," *Computer Networks*, vol. 50, no. 17, pp. 3242-3263, Dec. 2006.

[۱۰] ر. عباس‌پور قادی، کاهش تداخل هم‌کانال با استفاده از آنتن‌های هوشمند در شبکه‌ی سلولی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، بهمن ۱۳۹۰.

مجید عبیری تحصیلات خود را در مقاطع کارشناسی و کارشناسی ارشد مهندسی برق به ترتیب در سالهای ۱۳۹۰ و ۱۳۹۲ در دانشگاه سیستان و بلوچستان به پایان رسانده است و هم اکنون دانشجوی دوره‌ی دکتری مهندسی برق گرایش مخابرات دانشگاه سیستان و بلوچستان است. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان عبارتند از: ارسال هماهنگ چندقطه‌ای در شبکه‌های LTE-A، شبکه‌های نامگن نسل پنجم و انتقال ویدئو در شبکه‌های مخابرات سلولی.



شکل ۷: اثر مقدار آستانه β بر میزان گذردهی سلول.



شکل ۸: اثر معیار عدالت α بر روی میزان گذردهی سلول.

کلی، استفاده از قطع‌بندی در ارسال هماهنگ چندقطه‌ای به دلیل افزایش کیفیت طیفی، گذردهی سیستم را افزایش می‌دهد. مطابق شکل ۶ قطع‌بندی سلول‌ها با استفاده بیشتر از آنتن‌های جهت‌دار باعث افزایش میزان گذردهی می‌گردد و به عبارت دیگر افزایش تعداد قطعات باعث افزایش بهره تمایز فضایی و در نتیجه افزایش میزان گذردهی سلول می‌شود.

۴-۴ بررسی اثر مقدار آستانه SINR (β)

در این بخش، اثر مقدار آستانه SINR در زمان‌بندی هماهنگ عادلانه را بر میزان گذردهی سلول بررسی می‌کنیم. شکل ۷ اثر مقدار آستانه β بر میزان گذردهی سلول را نشان می‌دهد.

مطابق شکل با کاهش مقدار آستانه احتمال فعال شدن مسیر ارتباطی بین قطعات و کاربر بیشتر خواهد بود و در نتیجه میزان گذردهی سلول افزایش خواهد یافت. هرچند با کاهش مقدار آستانه، میزان گذردهی افزایش می‌یابد اما این افزایش میزان گذردهی همراه با افزایش پیچیدگی و افزایش محاسبات است چرا که با کاهش مقدار آستانه احتمال فعال شدن مسیرهای ارتباطی بیشتری بین قطعات و کاربران فراهم می‌شود.

۴-۵ بررسی اثر معیار عدالت (α)

در این بخش به بررسی اثر معیار عدالت بر روی میزان گذردهی سلول با زمان‌بندی هماهنگ عادلانه می‌پردازیم. اثر معیار عدالت α بر میزان گذردهی سلول در شکل ۸ نشان داده شده است. مطابق شکل با کاهش

رشید عباس پور قادی مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی برق در سال ۱۳۸۷ از دانشگاه صنعتی نوشیروانی و مدرک کارشناسی ارشد مهندسی برق خود را در سال ۱۳۹۰ از دانشگاه سیستان و بلوچستان اخذ نمود. ایشان هم‌اکنون در شرکت اریکسون مشغول به فعالیت هستند. زمینه‌های تحقیقاتی و فعالیاتی مورد علاقه ایشان عبارتند از: بهینه‌سازی و طراحی شبکه رادیویی ۳G/LTE و طراحی آنتن هوشمند.

مهری مهرجو مدرک کارشناسی و کارشناسی ارشد مهندسی برق خود را به ترتیب در سال‌های ۱۳۷۲ و ۱۳۷۶ در دانشگاه فردوسی مشهد دریافت نمود و در سال ۱۳۸۸ موفق به اخذ درجه دکترا در مهندسی برق- مخابرات از دانشگاه واترلو کانادا گردید و دوره پس‌دکتری را در سال ۱۳۸۹ در این دانشگاه گذراند. دکتر مهرجو از سال ۱۳۷۶ تاکنون در دانشگاه سیستان و بلوچستان مشغول به فعالیت بوده و اینک نیز عضو هیأت علمی و دانشیار گروه مهندسی مخابرات این دانشگاه می‌باشد. زمینه‌های علمی مورد علاقه نام‌برده متنوع بوده و شامل موضوعاتی مانند تحلیل پروتکل‌های مخابرات بی‌سیم، روش‌های اختصاص منابع در شبکه‌های مخابراتی، معماری شبکه‌های مخابراتی پیشرفته و مکانیزم‌های دسترسی به کانال‌های باند پهن می‌باشد.