Archive of SID

مدیریت انتخاب مجدد سلول در نسل‌های مختلف شبکه‌های سلولی مبتنی بر 3GPP و تحلیل دو چالش یک اپراتور داخلی

فرهاد دانائی یگانه[۱]، دانشجوی دکتری، افشین ابراهیمی[۲]، دانشیار

۱- دانشکده مهندسی برق - دانشگاه صنعتی سهند - تبریز - ایران - f_danaei@sut.ac.ir
۲- دانشکده مهندسی برق - دانشگاه صنعتی سهند- تبریز - ایران - aebrahimi@sut.ac.ir

چکیده: در بحث مدیریت منابع رادیوئی نسل‌های مختلف شبکه‌های سلولی، عملکرد تلفن همراه در وضعیت بیکار و چگونگی انجام فرایندهای انتخاب سلول و انتخاب مجدد سلول اهمیت دارد. در این مقاله بر اساس آخرین استانداردهای 3GPP و به‌صورت کاربردی پارامترهای مؤثر در انتخاب سلول و انتخاب مجدد سلول در محدوده شبکه‌های سلولی نسل دوم تا چهارم و نواحی همپوشانی آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند. سپس عملکرد تلفن همراه در مرز بین سلول شبکه خانگی یا شبکه رومینگ و استفاده از قابلیت "شبکه تلفن همراه معادل" بررسی می‌شود. درنهایت به دو مسئله موجود در شبکه اپراتور همراه اول پرداخته می‌شود. مسئله اول مربوط به مشکل محدودیت انتخاب سلول بهینه در مرز بین شبکه همراه اول و شبکه تلفن همراه روستایی است و مسئله دوم مربوط به مشکل هدایت خودکار تلفن همراه مشترکین اپراتور همراه اول به شبکه نسل سه در مقایسه با شبکه ایرانسل در برخی از مناطق تحت بررسی است. در این مقاله راهکارهایی جهت حل این مشکلات ارائه و نتایج اقدامات عملی بیان می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: شبکه‌های سلولی، انتخاب مجدد سلول، GERAN، UTRAN، EUTRAN، رومینگ، شبکه تلفن همراه معادل، مدیریت منابع رادیوئی

Management of cell re-selection in 3GPP cellular networks and analysis of two challenges of an Iranian Operator

F. Danaei Yeganeh, PHD Student[1], A. Ebrahimi, Associate professor[2]

1- Faculty of Electrical Engineering, Sahand University of Technology, Tabriz, Iran, Email: f_danaei@sut.ac.ir
2- Faculty of Electrical Engineering, Sahand University of Technology, Tabriz, Iran, Email: aebrahimi@sut.ac.ir

Abstract: Concerning radio resource management in different generations of cellular networks, the focus upon the function of mobile phones in idle mode as well as the mechanism of cell selection and re-selection procedures should assume great importance. In this paper, based upon the last 3GPP standards together with considering applicable requirements of telecommunication industry in Iran, effective parameters related to cell selection and reselection in GERAN, UTRAN and EUTRAN networks are examined. Then the operation of mobile phones in the borders between home PLMN and roaming PLMN is investigated and Equivalent PLMN feature affection in these areas is discussed. Ultimately, two existing problems related to MCI PLMN are analyzed and some suitable solutions presented. The first issue is related to the problem of cell re-selection in the boarder of MCI PLMN and East Azerbaijan province WLL PLMN. The second issue considers the problem of inter system (GERAN and UTRAN) cell re-selection on the MCI network compared with MTNIrancell Network. In this article, some approaches in order to solve the problems are presented and consequences of practical measures expressed.

Keywords: Cellular networks, cell reselection, GERAN, UTRAN, EUTRAN, roaming, equivalent PLMN (public land mobile network), RRM (radio resource management)

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۴/۰۲/۲۲
تاریخ اصلاح مقاله: ۱۳۹۴/۰۵/۰۵ و ۱۳۹۴/۰۸/۱۰
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۲۸
نام نویسنده مسئول: افشین ابراهیمی
نشانی نویسنده مسئول: ایران - تبریز – شهر جدید سهند - دانشگاه صنعتی سهند - دانشکده مهندسی برق

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

حجم فعالیت‌های علمی در مورد شبکه‌های سلولی تلفن همراه به‌خصوص در سه دهه اخیر بیش‌ازحد تصور است. در این میان، از یک دید کلی، فناوری‌های سیستمی مرتبط با این مقوله را می‌توان به سه بخش رادیو و بسته‌بندی اطلاعات، پردازش سیگنال دیجیتال و بخش پروتکل و سیگنالینگ تقسیم نمود. این مقاله مرتبط با بخش سوم است که در نوشته‌های دانشگاهی در مقایسه با دو بخش قبلی کم‌تر به آن پرداخته شده است. همچنین پژوهش‌های داخلی در زمینه شبکه‌های سلولی غالباً مربوط به روش‌های بهبود عملکرد در بخش رادیوئی و لایه فیزیکی می‌باشند [۱] و پژوهش‌هایی که در زمینه سیگنالینگ و پروتکلی انجام گرفته نیز بیش‌تر مرتبط با شبکه‌های بی‌سیم کامپیوتری هستند [۲]. مؤسسه استاندارد اروپا یا ETSI و پروژه همکاری نسل سوم یا 3GPP ارائه‌کننده استانداردهای لازم در سیر تکامل شبکه‌های سلولی از GSM تا LTE-A می‌باشند و در این مقاله سعی شده است با معیار قرار دادن این استانداردها، پروتکل‌های مربوط به نحوه عملکرد تلفن همراه در وضعیت بیکار بررسی شده و جهت برخی از مشکلات موجود در شبکه‌های تلفن همراه کشورمان راه‌حل‌هایی ارائه شود. با توجه به حجم زیاد کلمات اختصاری در این مقاله، جدول ۱ به این منظور اختصاص داده شده است. وضعیت بیکار تلفن همراه وضعیتی است که در آن گوشی موبایل روشن و در یک شبکه مستقر باشد ولی کانال ترافیکی به آن اختصاص داده نشده باشد. پژوهش‌های زیادی در زمینه عملکرد تلفن همراه در وضعیت بیکار و نحوه انتخاب سلول مناسب در حین جابجایی با لحاظ پارامترهای واقعی شبکه های 3GPP انجام نشده است. در برخی پژوهش‌ها انتخاب بهینه سلول با هدف افزایش راندمان به‌کارگیری منابع شبکه سلولی به روش‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است ولی پارامترهای 3GPP در آن‌ها لحاظ نگردیده است [۵-۳]. در [۶] پارامترهای بهینه جهت انتخاب سلول، حین جابجائی در شبکه UMTS، با هدف مصالحه بین کیفیت سلول انتخابی و مصرف باطری تلفن همراه در وضعیت بیکار پیشنهاد شده است. در [۷] نیز پارامترهای بهینه در شبکه‌های دارای همپوشانی دو سیستم GSM و UMTS با هدف مصالحه بین کیفیت سرویس‌دهی و نرخ جابجائی بین دو سیستم پیشنهاد گردیده است. در [۸] تکنیکی پیشنهاد شده که باعث می‌شود تعداد انتخاب مجدد سلول در شبکه دارای سه نسل همپوشان GSM، UMTS و LTE کاهش یافته و در نتیجه آن مصرف انرژی تلفن همراه نسبت به حالت استاندارد کاهش یابد. هر سه مورد اخیر به صورت محدود در جهت مسیری است که در این مقاله به‌صورت بومی پی گرفته می‌شود. در این مقاله ضمن مروری بر شبکه‌های تلفن همراه کشورمان مشخصه‌های اصلی شبکه‌های سلولی که باعث تمایز آن‌ها از دید گوشی موبایل می‌شوند بیان گردیده سپس این مشخصه‌ها در شبکه‌های GERAN، UTRAN و EUTRAN بررسی شده‌اند. ضمناً در هر نسل از شبکه‌های سلولی، به‌صورت کاربردی و با ارائه اطلاعات میدانی به بررسی نحوه انتخاب سلول مناسب حین روشن نمودن و جابجایی گوشی موبایل و پارامترهای مربوطه پرداخته شده است. همچنین نشان داده شده که پارامترهای انتخاب سلول در وضعیت بیکار به تنهائی کارایی لازم جهت پوشش پیوسته و یکنواخت حین جابجایی در مرز شبکه دو اپراتور دارای قرارداد رومینگ را نداشته و مشکل نوسان آنتن در مناطق مرزی وجود خواهد داشت. جهت حل مشکل فوق فعال‌سازی قابلیت شبکه تلفن همراه معادل پیشنهاد شده است. در بخش پایانی این مقاله نخست به نتایج فعال‌سازی قابلیت شبکه تلفن همراه معادل در مرز بین دو شبکه همراه اول و تلفن همراه روستایی استان آذربایجان‌شرقی پرداخته شده سپس مقایسه‌ای بین عملکرد تلفن همراه در دو شبکه همراه اول و ایرانسل پس از راه‌اندازی شبکه UTRAN این دو اپراتور انجام گرفته و دلایل وقوع برخی مشکلات ارائه گردیده است.

جدول ۱: لیست کلمات اختصاری

کلمه اختصاری	عبارت کامل
3GPP	3rd Generation Partnership Project
ARFCN	Absolute Radio Frequency Channel Number
BTS	Base Transceiver Station
BA	BCCH Allocation
BCH	Broadcast Channel
BCCH	Broadcast Control Channel
CRH	Cell Reselection Hysteresis
CCCH	Common control Channel
CPICH	Common Pilot Channel
DCS1800	Digital Communication System, Band 1800
DRX	Discontinuous Reception
EDGE	Enhanced Data rates For GSM Evolution
E-UTRAN	Enhanced UTRAN
EPLMN	Equivalent PLMN
ETSI	European Telecommunication Standard Institute
E-GSM900	Extended GSM 900
FCCH	Frequency Correction Channel
FDD	Frequency division duplex
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communication
GERAN	GSM EDGE Radio Access Network
HSPA+	High Speed Packet Access+
HSDPA	High-Speed Downlink Packet Access
HSUPA	High-Speed Uplink Packet Access
HPLMN	Home PLMN
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
ITU	International Telecommunication Union
LAC	Location Area Code
LTE-A	Long Term Evolution-Advanced
MCC	Mobile Country Code
MCI	Mobile Company of Iran
MNC	Mobile Network Code
MS	Mobile Station
MSIN	Mobile Subscriber Identity Number
MSC	Mobile Switching Center
MME	Mobility Management Entity
NSN	Nokia Siemens Network
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
PLMN	Public Land Mobile Network
RAN	Radio Access Technology
RLA_C	Received Level Averages for Cell reselection
RSCP	Received Signal Code Power
RSSI	Received Signal Strength Indicator
RSRP	Reference Signal Received Power
RSRQ	Reference Signal Received Quality
RB	Resource Block
RE	Resource Element
SGSN	Serving GPRS Support Node
SC-FDMA	Single Carrier Frequency Division Multiple Access
SCH	Synchronization Channel
SI	System Information
SIB	System Information Block
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
UTRAN	Universal Terrestrial Radio Access Network
UE	User Equipment
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access

www.SID.ir

Archive of SID

۲- اصلی‌ترین مشخصه‌های تمایز شبکه‌های سلولی از دید گوشی موبایل

طبق استاندارد E.212 اتحادیه جهانی مخابرات جهت تمایز بین شبکه‌های سلولی کشورها و اپراتورهای مختلف از سیستم کددهی شامل ترکیب کد کشوری موبایل یا MCC و کد شبکه (اپراتور) موبایل یا MNC استفاده می‌شود. کد MCC یک عدد سه‌رقمی بوده و توسط سازمان ITU اختصاص داده می‌شود و MNC عددی دو یا سه رقمی بوده و توسط کشور مربوطه اختصاص می‌یابد. کد ترکیبی MCC+MNC هر شبکه تلفن همراه که کد شبکه تلفن همراه یا کد PLMN نامیده می‌شود توسط سلول‌های پوشش‌دهنده آن شبکه در کانال کنترلی پخشی[1] به‌طور متوالی پخش می‌شوند. از طرف دیگر در سیم‌کارت هر مشترک کد منحصربه‌فرد و ۱۵ رقمی تحت عنوان "شماره بین المللی کاربر سیار" یا IMSI ذخیره گردیده که شامل کدهای MCC و MNC است. با کمک کدهای MCC و MNC ذخیره‌شده در سیم‌کارت و پخش‌شونده در شبکه سلولی است که هر تلفن همراه شبکه اصلی خود را یافته و تقاضای دریافت سرویس می‌نماید. کد MCC اختصاصی ایران ۴۳۲ بوده و کدهای MNC اپراتورهای مختلف ایران نیز مطابق جدول ۲ می‌باشند.

جدول ۲: کدهای MCC و MNC اپراتورهای تلفن همراه ایران

نام اپراتور	MCC	MNC
همراه اول (MCI)	۴۳۲	۱۱
ایرانسل (MTNIrancell)	۴۳۲	۳۵
Taliya	۴۳۲	۳۲
RighTel	۴۳۲	۲۰
Kish Free Zone	۴۳۲	۱۴
Esfahan Celcom (MTCE)	۴۳۲	۱۹
شبکه تلفن همراه روستایی استان آ.ش.	۴۳۲	۴۱
سایر اپراتورهای تلفن همراه روستایی ایران	۴۳۲	۷۰ یا ۹۳

علاوه بر معیاری که برای تمایز شبکه‌های سلولی بیان گردید، فناوری دسترسی رادیوئی می‌تواند معیار دوم جهت تمایز بین شبکه‌های سلولی باشد. اصلی‌ترین فناوری‌های دسترسی که در حال حاضر در شبکه‌های سلولی اکثر کشورهای جهان و بر اساس سیر تکاملی شبکه‌های سلولی دیجیتال و استانداردهای 3GPP مطرح بوده و موردبحث در این مقاله هستند به‌قرار زیر می‌باشند:

الف) فناوری دسترسی GSM در نسل دوم شبکه‌های سلولی دیجیتال.

ب) فناوری دسترسی GSM Compact یا GERAN (دسترسی همزمان GSM و سرویس GPRS/EDGE) در نسل ۲,۵ و ۲,۷۵ شبکه‌های سلولی دیجیتال.

ج) فناوری دسترسی UTRAN در نسل سوم و ۳,۷۵ شبکه‌های سلولی دیجیتال (WCDMA تا +HSPA)

د) فناوری دسترسی E-UTRAN در نسل چهارم شبکه‌های سلولی دیجیتال (LTE و LTE-A)

فناوری‌های دسترسی می‌توانند به‌صورت همزمان توسط یک اپراتور ارائه شوند ولی استفاده از نسل‌های بالاتر توسط کاربر نیازمند ارتقاء تلفن همراه و سیم‌کارت به نسل‌های بالاتر است [۹، ۱۰].

باند فرکانسی مورداستفاده در فناوری دسترسی رادیوئی را می‌توان سومین معیار تمایز مشخصات شبکه‌های سلولی در نظر گرفت به‌خصوص در حال حاضر که بر اساس استانداردهای جهانی به یک فناوری دسترسی رادیوئی چندین باند فرکانسی اختصاص داده شده است. در بخش ۳ به نحوه عملکرد گوشی تلفن همراه در حضور شبکه‌های سلولی دارای مشخصات مختلف، طبق آخرین استانداردها پرداخته شده است.

۳- مرور منابع مربوط به عوامل موثر در فرایندهای انتخاب و انتخاب مجدد سلول در نسل‌های مختلف شبکه‌های سلولی مبتنی بر استانداردهای 3GPP

در زمان روشن نمودن تلفن همراه، فرایند انتخاب یک سلول برای مستقر شدن[2] روی آن، به اصطلاح انتخاب سلول نامیده می‌شود. اما برای جابجایی استقرار از یک سلول به یک سلول جدید اصطلاح انتخاب مجدد سلول به کار می‌رود. این اصطلاحات در زمانی که مشترک در وضعیت بدون مکالمه یا اتصال داده باشد مصداق دارند و برای تمامی فناوری‌های دسترسی رادیوئی به کار می‌روند. در وضعیتی که کانال مکالمه به مشترک اختصاص داده شده باشد جابجایی کانال ترافیکی از یک سلول به سلول دیگر به اصطلاح دست‌به‌دست‌دهی[3] نامیده می‌شود.

در فرایند انتخاب سلول، کد شبکه تلفن همراه سیم‌کارت و فناوری‌های دسترسی رادیوئی که تلفن همراه از آن‌ها پشتیبانی می‌کند و همچنین باندهای فرکانسی تحت پوشش هر کدام از فناوری‌های دسترسی رادیوئی ازجمله اصلی‌ترین مسائل هستند. ضمناً در گوشی‌های موبایل در مورد انتخاب مشخصات شبکه گزینه‌هایی وجود دارد که امکان تغییر آن‌ها توسط کاربر وجود دارد که در زیر به آن‌ها اشاره می‌شود [۹]:

۱- انتخاب حالت خودکار یا حالت دستی اپراتور شبکه: در وضعیت خودکار، تلفن همراه از لیستی از شبکه‌های تلفن همراه که در فرایند جستجوی شبکه یافته و بر اساس اولویت ردیف شده‌اند، شبکه PLMN که دارای بالاترین اولویت باشد را انتخاب می‌کند. در حالت دستی، لیستی از PLMNهای در دسترس توسط تلفن همراه نمایش داده می‌شوند و کاربر یکی را به‌صورت دستی انتخاب می‌نماید. با انتخاب PLMN فرایند ثبت در شبکه یا درخواست تلفن همراه آغاز می‌شود. حال اگر تلفن همراه در پاسخ به این درخواست پیام "عدم اجازه دسترسی" را دریافت نماید PLMN فوق در لیست PLMNهای ممنوع در سیم‌کارت قرار می‌گیرد. در این صورت در حالت خودکار دیگر درخواستی جهت درخواست ثبت به آن PLMN ارسال نخواهد گردید.

۲- انتخاب فناوری دسترسی رادیوئی: اگر تلفن همراه از چند فناوری دسترسی مثل GSM، WCDMA یا LTE پشتیبانی نماید برای

www.SID.ir

Archive of SID

کاربر این امکان وجود دارد که برخی از آن‌ها را به‌تنهایی یا به‌طور مشترک انتخاب نماید. مثلاً اگر یک PLMN در یک منطقه تنها از GSM پشتیبانی نماید کاربر می‌تواند در تنظیمات فناوری‌های دسترسی رادیویی تلفن همراه خود صرفاً گزینه GSM را فعال نماید و این محدودیت باعث افزایش سرعت یافتن شبکه مناسب و کاهش مصرف باطری خواهد شد.

۳- انتخاب دستی باند فرکانسی تنها در تجهیزات آزمایش حرفه‌ای شبکه امکان داشته و در گوشی‌های تجاری این امکان وجود ندارد.

البته در صورت تنظیم صحیح پارامترهای شبکه، تلفن همراه در فرایند انتخاب سلول و درخواست سرویس به بهترین وضعیت ممکن هدایت می‌شود و به تنظیمات دستی نیازی نخواهد بود.

در بررسی عوامل مؤثر در فرایندهای انتخاب و انتخاب مجدد سلول، نخست به شبکه‌ای با کد PLMN یکسان ولی با تفاوت‌های فناوری دسترسی رادیوئی و فرکانس پرداخته شده سپس به عملکرد تلفن همراه در مرز دو PLMN مختلف دارای قرارداد رومینگ پرداخته می‌شود.

۳-۱- عوامل موثر در فرایندهای انتخاب و انتخاب مجدد سلول در شبکه های سلولی **3GPP** در محدوده یک **PLMN**

در این بخش عوامل مؤثر در فرایندهای انتخاب و انتخاب مجدد سلول در تمامی شبکه‌های سلولی نسل دوم تا چهارم مبتنی بر آخرین استانداردهای 3GPP مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۳-۱-۱- شبکه‌های نسل ۲ تا ۲,۷۵ یا GERAN

آغاز استفاده از شبکه GSM به اول جولای سال ۱۹۹۱ در کشور فنلاند باز می‌گردد. این استاندارد که توسط موسسه استاندارد اروپا ارائه گردیده فناوری دسترسی رادیوئی TDMA را به کار می‌برد. این شبکه بعدها با توجه به ضعف GSM در مقوله ارسال داده، با قابلیت‌های GPRS و EDGE تکمیل گردید و شبکه GSM دارای قابلیت‌های فوق شبکه GERAN نام گرفت. در شبکه GERAN هر حامل فرکانسی دارای ۲۰۰ کیلوهرتز پهنای باند است. بر اساس فناوری دسترسی رادیوئی TDMA در GSM، هر حامل فرکانسی در ۸ شکاف زمانی[۴] متناوب جهت ۸ ارتباط ترافیکی یا کنترلی اختصاص داده می‌شود. این شکاف‌های زمانی از شماره صفر تا ۷ شماره‌گذاری می‌شوند و این مجموعه ۸ تایی متوالی یک قاب[۵] TDMA نامیده می‌شود. قالب اطلاعات در هر بازه زمانی به اصطلاح بسته قطاری یا برست[۶] نامیده می‌شود که برابر ۱۵۶/۲۵ بیت فضای بیتی و طول زمانی ۵۷۶/۹۲ میکروثانیه است. در شبکه GSM ارتباط دوطرفه به‌صورت تقسیم فرکانسی یا FDD هست یعنی هر ارتباط، یک حامل فرکانسی فراسو و یک حامل فرکانسی فروسو را شامل می‌شود.

باند فرکانسی P-GSM900 اولین باند فرکانسی به کار برده‌شده در GSM بوده که در حال حاضر نیز مورد استفاده است. این باند محدوده فرکانسی ۸۹۰ الی ۹۱۵ مگاهرتز جهت فراسو و محدوده فرکانسی ۹۳۵ الی ۹۶۰ مگاهرتز را جهت فروسو استفاده می‌نماید و شامل ۱۲۴ کانال فرکانسی ۲۰۰ کیلوهرتز و یک محدوده فرکانسی ۱۰۰ کیلوهرتز در ابتدا و انتهای باند به‌عنوان باند محافظ[۷] است. باند فرکانسی GSM1800 یا DCS1800 در سال سوم تجاری‌سازی استاندارد GSM (۱۹۹۳) با ۳۷۴ کانال فرکانسی استفاده گردید. در همان سال‌ها ۵۰ کانال، معادل ۱۰ مگاهرتز در فراسو و ۱۰ مگاهرتز در مسیر فروسو به باند P-GSM900 اضافه گردید و تحت نام باند E-GSM900 شناخته شد. تمامی اپراتورهای فعال با فناوری GSM در ایران مجوز استفاده از بخش‌هایی از دو باند فرکانسی P-GSM900 و DCS1800 را از سازمان تنظیم مقررات رادیوئی البته در محدوده‌های جغرافیایی تعریف‌شده کسب نموده‌اند. اکثر کشورهای جهان نیز شرایطی مانند ایران را دارند ولی در برخی کشورها چون باند ۹۰۰ و ۱۸۰۰ قبلاً در کاربردهای دیگری از قبیل شبکه‌های سلولی آنالوگ استفاده شده بودند لذا باندهای دیگری را به کار گرفتند. مثلاً در آمریکا از باند GSM850 و PCS1900 به‌جای دو باند GSM900 و DCS1800 استفاده شد.

در ارتباط بین تلفن همراه (یا ایستگاه سیار یا MS در شبکه GERAN) و ایستگاه پایه (یا BTS در شبکه GERAN) به هر حامل ۲۰۰ کیلوهرتز یک شماره استاندارد بنام شماره ARFCN اختصاص داده می‌شود. باندهای فرکانسی مطرح در شبکه GSM طبق آخرین استانداردها به ۱۵ باند می‌رسد [۱۱] ولی ۵ باند اصلی که بیش‌ترین استفاده را در کشورهای دنیا دارند به همراه شماره ARFCN آن‌ها در جدول ۳ نمایش داده شده‌اند.

جدول ۳: ۵ باند فرکانسی مطرح و **ARFCN** آن‌ها در شبکه‌های سلولی نسل ۲ و ۲,۷۵ (**GSM/GPRS/EDGE**) [۱۱]

سیستم فرکانسی	محدوده فرکانسی فراسو (MHz)	محدوده فرکانسی فروسو (MHz)	ARFCN	تعداد کانال
GSM-850	۸۲۴-۸۴۹	۸۶۹-۸۹۴	۱۲۸-۲۵۱	۱۲۴
P-GSM900	۸۹۰-۹۱۵	۹۳۵-۹۶۰	۱-۱۲۴	۱۲۴
E-GSM900	۸۸۰-۹۱۵	۹۲۵-۹۶۰	۹۷۵-۱۰۲۴ و ۰-۱۲۴	۱۷۴
DCS-1800	۱۷۱۰-۱۷۸۵	۱۸۰۵-۱۸۸۰	۵۱۲-۸۸۵	۳۷۴
PCS-1900	۱۸۵۰-۱۹۱۰	۱۹۳۰-۱۹۹۰	۵۱۲-۸۱۰	۲۹۹

طبق استانداردهای GSM، اطلاعاتی از قبیل کد PLMN، کد منطقه[۸]، کد سلول و نیز اطلاعات کنترلی موردنیاز جهت انتخاب سلول و انتخاب مجدد سلول و پیام فراخوانی در کانال منطقی BCCH ارسال می‌شوند. این کانال در کنار کانال‌های منطقی تصحیح فرکانس، همزمانی و کانال کنترل مشترک که جهت فراخوانی و اجازه دسترسی به کار می‌رود بر اساس الگوی خاصی مالتی فریم[۹] پخش یا BCH را تشکیل می‌دهد. مالتی فریم BCH در تایم اسلات فیزیکی شماره صفر قاب یکی از حامل‌های فرکانسی پوشش‌دهنده هر سلول تعریف می‌شود. کانال منطقی BCCH صرفاً در مسیر فروسو منتشر می‌گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

فرایند انتخاب سلول توسط تلفن همراه در حالتی که هم تلفن همراه و هم شبکه GSM از دو باند ۹۰۰ و ۱۸۰۰ پشتیبانی نمایند به این صورت واقع می‌شود که، تلفن همراه پس از روشن شدن نخست سطح توان ۱۷۴ حامل فرکانسی باند E-GSM900 و ۳۷۴ حامل فرکانس باند DCS1800 جدول ۳ را پیمایش نموده و سپس آن‌ها را بر اساس شدت توان دریافتی از قوی به ضعیف مرتب می‌نماید. سپس از حامل قوی‌تر شروع نموده و در هر حامل کانال‌های تصحیح فرکانس و همزمانی را جستجوی می‌نماید و در صورت تشخیص وجود این کانال‌ها آن حامل را به‌عنوان فرکانس حاوی BCCH شناخته و اطلاعاتی تحت عنوان اطلاعات سیستم یا SI را از داخل کانال منطقی BCCH استخراج می‌نماید. اگر اطلاعات استخراجی از کانال BCCH شرایط زیر را برآورده سازند آن سلول جهت استقرار انتخاب می‌شود:

۱-کد PLMN شبکه با کد PLMN اپراتوری خانگی که در سیم‌کارت مشخص‌شده برابر باشد.

۲-سلول از نوع مسدودشده نباشد. چراکه این نوع سلول‌ها صرفاً جهت دست‌به‌دست‌دهی به کار گرفته می‌شوند. تلفن همراه وضعیت مسدود بودن سلول را با توجه به اطلاعات استخراجی از کانال منطقی BCCH تشخیص می‌دهد.

۳-پارامتر C1 که در ادامه به آن خواهیم پرداخت بزرگ‌تر از صفر باشد.

پس از مرحله پیمایش و در فرایند جستجوی قوی‌ترین حامل‌های فرکانسی جهت یافتن کانال‌های منطقی FCCH، SCH و BCCH، حداکثر ۳۰ حامل فرکانسی باند E-GSM900 و ۴۰ حامل فرکانسی باند DCS1800 بررسی می‌شوند. در صورت عدم یافتن شبکه خانگی گوشی مجدداً فرایند پیمایش را انجام داده و این بار شبکه‌های PLMN دیگر را نیز که شرط اول را برقرار نمی‌کنند انتخاب و درخواست ثبت در شبکه را ارسال می‌کند. درصورتی‌که درخواست گوشی از یک PLMN با پاسخ عدم اجازه دسترسی مواجه شود آن PLMN به‌عنوان PLMN ممنوع تلقی شده و این ویژگی PLMN فوق به‌طور دائمی در سیم‌کارت ذخیره می‌شود. این مسئله باعث عدم تلاش مجدد تلفن همراه از آن PLMN در آینده خواهد شد مگر آنکه به‌صورت دستی آن شبکه انتخاب و درخواست ثبت صورت گیرد. البته در صورت پذیرش گوشی در شبکه فوق، آن PLMN از لیست ممنوع سیم‌کارت خارج خواهد شد. لازم به ذکر است PLMN خانگی هیچگاه در لیست ممنوع سیم‌کارت قرار نمی‌گیرد.

درصورتی‌که گوشی هیچ شبکه مناسبی را جهت انتخاب سلول و ثبت نیابد قوی‌ترین سیگنال انتخاب و گوشی در وضعیت سرویس محدود[۱۰] در سلول مربوطه قرار می‌گیرد و در این صورت تنها امکان تماس اضطراری (کد ۱۱۲) وجود خواهد داشت. اگر گوشی هیچ سیگنالی حتی برای حالت سرویس محدود نیز نیابد به وضعیت عدم سرویس[۱۱] می‌رود. البته در دو حالت اخیر تلفن همراه به‌طور متوالی فرایند جستجوی شبکه را ادامه خواهد داد.

جهت تسریع در فرایند انتخاب سلول یک قابلیت اختیاری تحت عنوان "انتخاب سلول از لیست ذخیره‌شده[۱۲]" در اغلب گوشی‌ها وجود دارد. بر آن اساس جستجوی جهت یافت سلول مناسب، نخست محدود به فرکانس‌هایی می‌شود که تلفن همراه قبل از خاموش شدن از آن فرکانس‌ها استفاده می‌کرد و در صورت عدم موفقیت در یافتن سلول مناسب، فرایند انتخاب سلول طبق روال شروع می‌شود.

فرایندهای انتخاب سلول و انتخاب مجدد سلول در تکامل نسل دوم به سمت نسل‌های ۲,۵ و ۲,۷۵ که با قابلیت‌های مرتبط به سرویس دیتا GPRS و EDGE محقق گردیده است می‌تواند بدون تغییر قابل توجه باشد. بر اساس استانداردهای 3GPP برای هر اپراتور امکان انتخاب یکی از دو حالت زیر برای تنظیم پارامترهای وضعیت بیکار در شبکه GERAN فراهم گردیده است [۱۲، ۱۳]:

حالت اول: معیارهای انتخاب سلول و انتخاب مجدد سلول در شبکه دارای قابلیت‌های GPRS و EDGE حتی در زمان اتصال به شبکه جهت دانلود داده دقیقاً مشابه شبکه GSM باشد که در آن از پارامترهایی تحت عنوان C1 و C2 بدین منظور استفاده شوند.

حالت دوم: در این حالت که در فناوری دسترسی GSM Compact به‌کار می‌رود معیارهای انتخاب سلول و انتخاب مجدد سلول جهت خدمات مکالمه و دیتا متفاوت بوده و از پارامترهای C1 و C2 جهت خدمات سوئیچ مداری و در وضعیت عدم اتصال به اینترنت استفاده می‌شود و از پارامترهای C31 و C32 جهت مودم‌های دیتا یا تلفن‌های همراه که سرویس GPRS/EDGE آن‌ها آماده اتصال است بهره گرفته می‌شود.

جهت به‌کارگیری پارامترهای C31 و C32 علاوه بر کانال فیزیکی BCCH کانال دیگری بنام PBCCH یا کانال پخشی ارتباط داده در کنار آن تعریف می‌شود و باعث می‌شود اولویت انتخاب سلول برای مودم‌های دیتا که تنها دارای سرویس GPRS/EDGE هستند و یا تلفن‌های همراهی که آماده یا در حال دریافت دیتا می‌باشند با حالت اول متفاوت باشد. لازم به ذکر است در ارتباط دیتا GPRS/EDGE دست‌به‌دست‌دهی وجود ندارد و معیار جابجایی در حالت اتصال داده نیز پارامترهای انتخاب و انتخاب مجدد سلول می‌باشند. استفاده از C31 و C32 فرایند انتخاب سلول بهتری را در ارتباط دیتا GPRS/EDGE تسریع می‌کند. ولی با توجه به اشغال یک کانال فیزیکی اضافی جهت PBCCH و پیچیدگی طراحی شبکه، معمولاً از این پارامترها در شبکه‌هایی که کاربران مکالمه در اولویت هستند استفاده نمی‌شوند و ما نیز در این مقاله تا این حد به بحث در مورد آن‌ها اکتفا می‌کنیم.

در فرایندهای انتخاب و انتخاب مجدد سلول، تلفن همراه از پارامتر $C1$ طبق رابطه (۱) که به‌عنوان "معیار افت مسیر" شناخته می‌شود در فرایند تشخیص مناسب یا غیرمناسب بودن سلول استفاده می‌کند [۱۳].

$$C1 = (A - MAX(B,0))$$
$$A = RLA_C - Rxlev_Access_\min \qquad (۱)$$
$$B = MS_TXPWR_MAX_CCH - P$$

www.SID.ir

Archive of SID

در این رابطه RLA_C میانگین سطح سیگنال دریافتی حامل فرکانسی است که گوشی اندازه‌گیری می‌کند، Rxlev_Access_min پارامتر حداقل سطح سیگنال مجاز جهت انتخاب سلول است. پارامتر MS-TXPWR_MAX_CCH متناظر با ماکزیمم توان مجاز تشعشعی گوشی است و پارامتر P هم ماکزیمم توان ممکن گوشی است. دو پارامتر Rxlev_Access_min و MS-TXPWR_MAX_CCH جزء پارامترهای دسترسی هر سلول بوده و از طریق کانال منطقی BCCH ارسال می‌گردند [۱۴]. معمولاً Rxlev_Access_min به‌صورت پیش‌فرض برابر ۱۰۵dBm- است. پارامتر MS-TXPWR_MAX_CCH نیز معمولاً به‌صورت پیش‌فرض در باند GSM900 برابر ۳۳dBm (۲ وات) و در باند DCS1800 برابر ۳۰dBm (۱ وات) تعریف می‌شود. البته در فرایند بهینه‌سازی شبکه امکان تغییر پارامترهای فوق در محدوده معین [۱۲] وجود دارد. پارامتر P نیز توسط کارخانه سازنده گوشی مشخص می‌شود و غالباً مقدار آن جهت اجتناب از مضرات گوشی ۳۳dBm برای باند ۹۰۰ و ۳۰dBm برای باند ۱۸۰۰ تعیین می‌شود. با این توصیف در حالت پیش‌فرض پارامترهای P و MS-TXPWR_MAX_CCH از رابطه $C1$ حذف شده و Rxlev_Access_min و سطح توان دریافتی مشخص کنند پارامتر $C1$ هستند.

فرایند انتخاب مجدد سلول پس از فرایند انتخاب سلول واقع می‌شود بدین‌صورت که تلفن همراه پس از انتخاب و مقیم شدن در یک سلول، لیستی تحت عنوان لیست اختصاص BCCH یا BA که معمولاً شامل کلیه کانال‌های فرکانسی BCCH سلول‌های همسایه آن سلول است را از کانال منطقی BCCH دریافت می‌کند. سپس تلفن همراه حداکثر در هر ۵ ثانیه یکبار پارامترهای $C1$ و $C2$ فرکانس‌های لیست فوق را استخراج می‌کند. اگر به مدت ۵ ثانیه $C1$ یکی از سلول‌های همسایه از $C1$ سلول سرویس‌دهنده بیش‌تر باشد سلول همسایه جهت مقیم شدن انتخاب می‌شود. در صورت فعال بودن پارامتر $C2$ این پارامتر معیار مقایسه خواهد بود و البته بایستی شرط مثبت بودن $C1$ سلول همسایه برقرار باشد. پارامتر $C2$ در اغلب شبکه‌های سلولی در حالت پیش‌فرض غیرفعال بوده و درنتیجه مقدار آن برابر $C1$ لحاظ می‌شود. ولی با فعال بودن C2 اپراتور امکان اولویت دادن به انتخاب یک سلول از بین چند سلول با $C1$ بیش‌تر یا ایجاد تأخیر زمانی در انتخاب یک سلول را خواهد داشت.

$$C2 = C1 + \text{Cell_Reselect_Offset} - \text{Temporary Offset} * H(\text{Penalty_Time} - T) \quad (۲)$$

در رابطه (۲) پارامتر T تایمری است که در زمان حضور فرکانس BCCH سلول مربوطه در لیست انتخاب فعال می‌شود [۱۳]. Penalty -Time مدتی برحسب ثانیه است و توسط اپراتور تنظیم می‌شود و در آن مدت قبل از آنکه T به آن برسد H(x) برابر عدد یک است لذا در آن مدت Temporary Offset که مقداری برحسب دسی‌بل است باعث افت $C2$ می‌شود. پارامتر Cell_Reselect_Offset نیز مقدار مثبت برحسب دسی‌بل است. تنها درصورتی‌که Temporary Offset برابر ۱۱۱۱۱ باینری قرار گیرد رابطه (۲) به‌صورت رابطه (۳) درخواهد آمد.

$$C2 = C1 - \text{Cell_Reselect_Offset} \quad (۳)$$

درصورتی‌که کانال فرکانسی موجود در لیست BA متعلق به سلول همسایه دارای کد منطقه یا LAC متفاوت با LAC سلول سرویس‌دهنده باشد بایستی مقدار پارامتر $C1$ آن سلول (یا $C2$ در صورت فعال بودن) به میزان پارامتری بنام پارامتر پسماند از C1 سلول سرویس‌دهنده قوی‌تر باشد. این مسئله جهت اجتناب از افزایش بار سیگنالینگی شبکه به دلیل درخواست‌های ثبت در شبکه متوالی در مرز دو LAC انجام می‌گیرد. پارامتر پسماند نیز در کانال منطقی BCCH ارسال می‌گردد.

درصورتی‌که کانال فرکانسی موجود در لیست BA متعلق به سلول یک PLMN دیگر باشد، تلفن همراه به‌هیچ‌وجهی در فرایند انتخاب مجدد آن سلول را انتخاب نخواهد کرد. حتی درصورتی‌که سلول سرویس‌دهنده و سایر فرکانس‌های لیست BA مربوط به شبکه تلفن همراه خانگی در وضعیت $C1$ کم‌تر از صفر قرار بگیرند باز سلول موردنظر انتخاب نشده بلکه تلفن همراه، طبق فرایند انتخاب سلول، پیمایش فرکانسی را انجام خواهد داد تا یک فرکانس BCCH مربوط به شبکه خانگی بیابد. تنها در صورتی انتخاب بدون تأخیر شبکه‌های غیرخانگی واقع می‌شود که قبلاً کد PLMN مربوط به آن شبکه‌ها برای تلفن همراه شناسانده شده باشد. در بخش ۳-۲ به این مسئله پرداخته خواهد شد.

۳-۱-۲- شبکه‌های نسل ۳ تا ۳,۷۵ یا UTRAN

در ۱۷ آوریل سال ۲۰۰۱ دو شرکت اریکسون و ووداfون انگلستان اعلام به برقراری اولین مکالمه صوتی در یک شبکه تجاری UMTS نمودند [۱۵]. شبکه UMTS نسل سوم شبکه‌های سلولی بر اساس استانداردهای اروپائی 3GPP بوده و بیش‌ترین سازگاری را با شبکه GSM دارد. این استاندارد با نام‌های دیگری چون WCDMA یا UTRAN-FDD نیز شناخته می‌شود. درواقع WCDMA فناوری دسترسی رادیوئی استاندارد UMTS است. همان‌طوری که شبکه GSM با فناوری‌های GPRS و EDGE جهت بهبود خدمات دیتا ارتقا داده شد، فناوری شبکه‌های نسل ۳ نیز با همین هدف از UMTS به HSDPA، HSUPA و در حال حاضر HSPA+ ارتقا داده شده است. شبکه دارای قابلیت HSPA+ به‌اصطلاح نسل ۳,۷۵ شبکه‌های سلولی 3GPP نامیده می‌شود. اساس فرایند انتخاب سلول و انتخاب مجدد سلول در شبکه نسل ۳ با وجود ارتقا فناوری تغییر نکرده است. در این استاندارد هر حامل فرکانسی اختصاص داده‌شده به ارتباط دوطرفه تلفن همراه نسل سوم (یا UE) با سایت‌های شبکه (NodeB) دارای پهنای باند ۵ مگاهرتز در مسیر فراسو و ۵ مگاهرتز در مسیر فروسو بوده و تمایز سلول‌ها و اطلاعات کاربران مختلف در یک فرکانس حامل

www.SID.ir

Archive of SID

با کمک کدهای گسترش[۱۳] تحقق می‌یابد. در فناوری دسترسی رادیوئی WCDMA دو نوع کد مطرح است. نوع اول، کدهای اسکرمبلینگ[۱۴] هستند که جهت تمایز بین سلول‌های مختلف در مسیر فروسو و جهت تمایز مشترکین در مسیر فراسو به کار می‌روند. دسته دوم، کدهای کانال‌بندی[۱۵] هستند که جهت تمایز بین کاربران واقع در محدوده یک سلول در مسیر فروسو و تمایز کانال‌های مربوط به یک کاربر در مسیر فراسو به کار می‌روند. کد گسترش برای هر مشترک از ضرب این دو کد در هم به دست می‌آید. لازم به ذکر است بر اساس استانداردهای 3GPP مربوط به شبکه UTRAN، نحوه اختصاص فرکانس حامل به یک ارتباط به دو صورت تقسیم فرکانسی (FDD) و تقسیم زمانی (TDD) امکان‌پذیر است. در روش TDD پهنای باند ۵ مگاهرتز برای فراسو و فروسو به‌صورت مشترک بر اساس تقسیم زمانی استفاده می‌شود. روش ارتباط دو طرفه با تقسیم فرکانسی همگونی بیشتری با نسل دوم دارد. در این مقاله با توجه به عدم استفاده از TDD در ایران و اکثر کشورهای جهان و کاربردی بودن مقاله تنها به FDD پرداخته شده است.

طبق آخرین استانداردهای 3GPP [۱۶] تعداد باندهای FDD مجاز جهت نسل سوم شبکه‌های سلولی به ۲۱ باند می‌رسد که هر کشوری با توجه به شرایط طیف فرکانسی خود یکی از آن‌ها را انتخاب می‌کند ولی دو باند ۲۱۰۰ و ۹۰۰ یا شماره باندهای یک و هشت UMTS در آسیا و اروپا و دو باند ۱۹۰۰ و ۸۵۰ یا شماره باندهای دو و پنج UMTS در آمریکا مورد استفاده قرار گرفته‌اند و اغلب گوشی‌های موجود در بازار نیز غالباً از همین باندها پشتیبانی می‌کنند. جدول ۴ محدوده فرکانسی و شماره UARFCN این چهار باند فرکانسی را نشان می‌دهد.

جدول ٤: چهار باند فرکانسی مطرح و **UARFCN** آن‌ها در شبکه‌های سلولی نسل ۳ [۱٦]

شماره باند	نام باند فرکانسی	محدوده فرکانسی فراسو (MHz)	محدوده فرکانسی فروسو (MHz)	UARFCN-UL	UARFCN-DL
I	۲۱۰۰	۱۹۲۰-۱۹۸۰	۲۱۱۰-۲۱۷۰	-۹۸۸۸ ۹۶۱۲	-۱۰۸۳۸ ۱۰۵۶۲
II	۱۹۰۰	۱۸۵۰-۱۹۱۰	۱۹۳۰-۱۹۹۰	-۹۵۳۸ ۹۲۶۲	۹۶۶۲-۹۹۳۸
V	۸۵۰	۸۲۴-۸۴۹	۸۶۹-۸۹۴	-۴۲۳۳ ۴۱۳۲	۴۳۵۷-۴۴۵۸
VIII	۹۰۰	۸۸۰-۹۱۵	۹۲۵-۹۶۰	-۲۸۶۳ ۲۷۱۲	۲۹۳۷-۳۰۸۸

در UMTS فاصله فرکانس مرکزی دو UARFCN مجاور هم ۲۰۰ کیلوهرتز است (که نوعی سازگاری طیفی با GSM را نشان می‌دهد) لذا در صورت استفاده از دو حامل فرکانسی در یک شبکه باید فاصله عددی دو UARFCN حداقل ۲۵ شماره باشد. شماره فرکانس‌های UARFCN استفاده‌شده توسط سه اپراتور ایران که از فناوری نسل ۳ پشتیبانی می‌نمایند مطابق جدول ۵ است.

جدول ۵: شماره فرکانس‌های UARFCN مورداستفاده توسط اپراتورهای دارای شبکه‌های سلولی نسل ۳

نام اپراتور	باند فرکانسی	UARFCN-UL	UARFCN-DL
همراه اول	۲۱۰۰	۹۸۳۷ و ۹۸۶۲	۱۰۷۸۷ و ۱۰۸۱۲
ایرانسل	۲۱۰۰	۹۶۸۷ و ۹۷۱۲	۱۰۶۳۷ و ۱۰۶۶۲
رایتل	۹۰۰ و ۲۱۰۰	۲۷۱۳ و ۹۷۶۲ و ۹۷۸۷	۲۹۳۸ و ۱۰۷۱۲ و ۱۰۷۳۷

طبق استانداردهای 3GPP فرایند انتخاب سلول و انتخاب مجدد سلول در شبکه نسل ۳ تا حدی مشابه شبکه نسل ۲ هست که شامل پیمایش کانال‌های فرکانسی و انتخاب قوی‌ترین کانال‌ها و انتخاب سلول بر اساس اولویت PLMN است. در UTRAN-FDD معیار مناسب بودن یک سلول جهت انتخاب، تأمین شرط نسبت CPICH Ec/N0 و داشتن سطح توان CPICH RSCP مورد نظر است. در بررسی سطح توان در سلول در هر دو حالت، کانال CPICH معیار قرار می‌گیرد. کانال CPICH عملکرد مشابه کانال تصحیح فرکانس در GSM دارد و دارای رشته بیت ثابت بیست بیتی بوده و با توان ثابت منتشر می‌شود. در حالت اول پارامتر CPICH Ec/N0 که نشان‌دهنده نسبت انرژی چیپ[۱۶] به سطح نویز کانال است بررسی شده و در حالت دوم نیز CPICH RSCP بررسی می‌شود. روابط (۴) و (۵) شروط انتخاب سلول در FDD می‌باشند [۱۷].

$$S_{qual} > 0$$
$$S_{qual} = Q_{qualmeas} - \left(Q_{qual\min} + Q_{qual\min Offset}\right) \quad (۴)$$

$$S_{rxlev} > 0$$
$$S_{rxlev} = Q_{rxlevmeas} - \left(Q_{rxlev\min} + Q_{rxlev\min Offset}\right) - Pcompensation \quad (۵)$$

در این روابط پارامترهای Q با اندیس‌های qualmeas و rxlevmeas به ترتیب سیگنال به نویز و سطح توان اندازه‌گیری‌شده CPICH توسط تلفن همراه نسل ۳ هستند. سایر پارامترهای روابط فوق در داخل بلوک اطلاعات سیستم SIB3 در محدوده سلول پخش می‌شوند [۱۸]. پارامترهای Q با اندیس‌های qualmin و rxlevmin به ترتیب آستانه حداقل سیگنال به نویز و سطح توان مجاز در سلول موردنظر را نشان می‌دهند و دو پارامتر Q باقی‌مانده مقادیر افزونه[۱۷] هستند که می‌توان به پارامترهای فوق اعمال نمود. پارامتر Pcompensation نیز دقیقاً مشابه Max(B,0) در رابطه (۱) هست که به‌جای MS-TXPWR_MAX_CCH مقدار UE_TXPWR_MAX_RACH قرار داده شده است. به‌عنوان یک مثال مقادیر پارامترهای فوق در شبکه رایتل تبریز که به کمک تجهیزات TEMS Investigation استخراج گردیده به قرار زیر می‌باشند:

$$Q_{qualmin} = -18dB\ ,\ Q_{qualminOffset} = 0$$
$$Q_{rxlevmin} = -115dBm\ ,\ Q_{rxlevminOffset} = 0 \quad (۶)$$
$$UE_TXPWR_MAX_RACH=24$$

فرایند تحریک انتخاب مجدد سلول داخل فرکانسی به‌شرط وقوع رابطه (۷) تحریک می‌شود و در صورت وقوع رابطه (۸) فرایند

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری جهت انتخاب مجدد سلول بین فرکانسی آغاز می‌گردد [۱۷].

$$S_{qual} \le S_{intrasearch} \quad (۷)$$

$$S_{qual} \le S_{intersearch} \quad (۸)$$

پارامترهای S یا اندیس‌های intrasearch و intersearch مشخص‌کننده سطوح آستانه برحسب دسی‌بل به ترتیب جهت جستجوی سلول‌هایی با فرکانس مشابه و کد اسکرمبلینگ متفاوت و جستجو در فرکانس‌های همسایه متفاوت است. پس از تحریک فرایند انتخاب مجدد سلول، این فرایند می‌تواند هم بر اساس اندازه نسبت CPICH Ec/N0 و هم بر اساس سطح توان سیگنال CPICH RSCP سلول‌های همسایه انجام پذیرد. این مسئله با توجه به پارامتر "معیار ارزیابی کیفیت" مشخص می‌شود. تلفن همراه کلیه پارامترهای اشاره‌شده در مورد تحریک جستجوی شبکه را از بلوک اطلاعات سیستم SIB3 استخراج می‌کند. در معیار Ec/N0 سلولی انتخاب می‌شود که نسبت سیگنال به نویز آن حداقل به میزان Qhyst2s+Qoffset2n دسی‌بل از سلول سرویس‌دهنده بهتر باشد و در معیار RSCP، سیگنال سلول همسایه باید به میزان Qhyst1s+Qoffset1n دسی‌بل از سلول سرویس‌دهنده بهتر باشد. تمامی اندازه‌گیری‌ها در بازهای زمانی که با پارامتر DRX (با سه گزینه ممکن ۰/۶۴، ۱/۲۸ و ۲/۵۶ ثانیه) مشخص می‌شوند انجام می‌گیرد. برتری سلول مجاور نیز باید برای مدتی، طبق پارامتر Treselection (گزینه صفر، ۱ و ۲ ثانیه) تداوم یابد. در جدول ۶ طبق [۶] مقادیر بهینه پارامترهای انتخاب مجدد سلول در بین سلول‌های هم‌فرکانس همسایه با هدف مصالحه بین کیفیت سرویس‌دهی سلول و درصد مدت‌زمان آماده به‌کار تلفن همراه (به منظور کاهش مصرف گوشی)، قابل مشاهده است.

جدول ۶: مقادیر بهینه پارامترهای انتخاب مجدد سلول در نقاط همپوشانی سلول‌های هم‌فرکانس [۶]

مقدار پارامتر	پارامتر سیستم
۱/۲۸ ثانیه	DRX Cycle
۱ ثانیه	Treselection
۱۸- دسی‌بل	Qqualmin
۸ دسی‌بل	Sintrasearch
۲ دسی‌بل	Qhyst2s
۱ دسی‌بل	Qoffset2n

۳-۱-۳- شبکه‌های سلولی نسل ۳,۹ و ٤ یا EUTRAN

در ماه سپتامبر سال ۲۰۰۹ اولین مکالمه LTE بر اساس نسخه ۸ استانداردهای 3GPP توسط شرکت NSN برقرار گردید. نظر به اینکه LTE الزامات ITU [۱۹] برای نسل چهارم را ازلحاظ نرخ بیت بیشینه برآورده نمی‌کرد بنابراین بنام نسل ۳,۹ شناخته شد. اما 3GPP یا ارائه LTE-A در نسخه ۱۰ استانداردهای خود الزامات ITU را برآورده نمود و LTE-A به‌عنوان نسل چهارم شبکه‌های سلولی پذیرفته شد [۲۰].

شبکه LTE/LTE-A از فناوری دسترسی رادیویی "دسترسی چندگانه از طریق فرکانس‌های متعامد" یا OFDMA در مسیر فروسو و SC-FDMA در مسیر فراسو استفاده می‌نماید [۲۱]. باندهای فرکانسی این شبکه طبق استاندارد شامل ۴۴ باند فرکانسی است و امکان استفاده از پهنای باندهای ۱/۴، ۳، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ مگاهرتز با توجه به فضای طیفی آزاد هر اپراتور وجود دارد [۲۲]. در حال حاضر ۶ باند اشاره‌شده در جدول ۷ پراستفاده‌ترین باندهای فرکانسی این شبکه در جهان می‌باشند.

خدمات LTE در ایران در حال حاضر توسط اپراتور ایرانسل در باند شماره ۳ در دو حامل فرکانسی ۵ مگا هرتزی با شماره های ۱۷۰۰ و ۱۷۷۵ (شماره‌های مسیر فروسو) و به‌صورت آزمایشی توسط اپراتور همراه اول در باند شماره ۷ در حامل فرکانسی ۱۵ مگا هرتزی با شماره ۳۳۲۵ (مسیر فروسو) ارائه می شوند.

جدول ۷: مطرح‌ترین باندهای فرکانسی شبکه EUTRAN [۲۲]

شماره باند	نام باند فرکانسی	محدوده فرکانسی فراسو (MHz)	محدوده فرکانسی فروسو (MHz)	EARFCN-UL	EARFCN-DL
۱	۲۱۰۰	۱۹۲۰-۱۹۸۰	۲۱۱۰-۲۱۷۰	۱۸۵۹۹- ۱۸۰۰۰	۰-۵۹۹
۳	۱۸۰۰	۱۷۱۰-۱۷۸۵	۱۸۰۵-۱۸۸۰	۱۹۹۴۹- ۱۹۲۰۰	۱۹۴۹- ۱۲۰۰
۵	۸۵۰	۸۲۴-۸۴۹	۸۶۹-۸۹۴	۲۰۶۴۹- ۲۰۴۰۰	۲۶۴۹- ۲۴۰۰
۷	۲۶۰۰	۲۵۰۰-۲۵۷۰	۲۶۲۰-۲۶۹۰	۲۱۴۴۹- ۲۰۷۵۰	۳۴۴۹- ۲۷۵۰
۸	۹۰۰	۸۸۰-۹۱۵	۹۲۵-۹۶۰	۲۱۷۹۹- ۲۱۴۵۰	۳۷۹۹- ۳۴۵۰
۲۰	۸۰۰	۷۹۱-۸۲۱	۸۳۲-۸۶۲	۲۴۴۴۹- ۲۴۱۵۰	۶۴۴۹- ۶۱۵۰

در LTE فاصله فرکانس مرکزی دو EARFCN مجاور هم ۱۰۰ کیلوهرتز است لذا در صورت استفاده از دو حامل فرکانسی ۲۰ مگاهرتز در یک شبکه فاصله عددی ERFCN دو حامل حداقل باید ۲۰۰ باشد.

در شبکه LTE که باند فرکانسی مسیر فروسو از زیر حامل‌های فرکانسی متعامد تشکیل شده است فاصله فرکانس مرکزی زیر حامل‌های مجاور ۱۵ کیلوهرتز است. در این سیستم کوچک‌ترین واحد اختصاص ظرفیت "جزء منبع" نامیده می‌شود که دربرگیرنده یک زیر حامل یا تداوم طول زمانی سمبل OFDMA است. جزءهای منبع را در قالب "بلوک‌های منبع" دسته‌بندی می‌کنند که هر بلوک منبع ازلحاظ فرکانسی شامل ۱۲ زیر حامل و ازلحاظ زمانی نیم میلی‌ثانیه است. در هر بلوک منبع برخی از جزءهای منبع بر اساس الگوی خاصی جهت ارسال سیگنال‌های مرجع در نظر گرفته می‌شوند. سیگنال‌های مرجع در شبکه LTE مشابه CPICH در شبکه WCDMA هستند که جهت تخمین کیفیت کانال و قدرت سیگنال به کار می‌روند. در شبکه LTE شاخص‌های اصلی اندازه‌گیری RSSI، RSRP و RSRQ هستند. شاخص

www.SID.ir

Archive of SID

RSSI توان کلی ناشی از تمام سیگنال‌های مرجع موجود در سلول سرویس‌دهنده و سلول‌های همسایه و نویز در کل پهنای باند حامل فرکانسی است. شاخص RSRP میانگین توان دریافتی از سیگنال‌های مرجع سلول سرویس‌دهنده است. شاخص RSRQ نیز از رابطه N*RSRP/RSSI به دست می‌آید که N تعداد بلوک‌های منبع موجود در حامل فرکانسی است [۲۳].

در نسخه ۱۲ استانداردهای 3GPP، معیار انتخاب یک سلول توسط تلفن همراه LTE برآورده شدن شرایط (۹) و (۱۰) است [۲۴].

$$S_{rxlev} > 0$$
$$S_{rxlev} = Q_{rxlevmeas} - \left(Q_{rxlevmin} + Q_{rxlevminOffset}\right) - Pcompensation - Qoffset_{temp} \quad (۹)$$

$$S_{qual} > 0$$
$$S_{qual} = Q_{qualmeas} - \left(Q_{qualmin} + Q_{qualminOffset}\right) - \mathrm{Qoffset}_{temp} \quad (۱۰)$$

رابطه (۱۰) از نسخه ۹ استانداردهای 3GPP به‌عنوان شرط دوم انتخاب سلول LTE لحاظ شده است و پارامتر $\mathrm{Qoffset}_{temp}$ نیز از نسخه ۱۲ در روابط (۹) و (۱۰) وارد گردیده است [۲۴].

در این روابط پارامترهای Q با اندیس‌های rxlevmeas و qualmeas به ترتیب شاخص‌های RSRP و RSRQ اندازه‌گیری‌شده توسط تلفن همراه تسل ۴ می‌باشند. پارامترهای Q با اندیس‌های rxlevmin و qualmin به ترتیب پارامترهای حداقل مجاز شاخص‌های RSRP و RSRQ سلول می‌باشند که از طریق اطلاعات سیستم SIB1 در محدوده سلول پخش می‌گردند. پارامتر Pcompensation نیز دقیقاً عملکرد مشابه پارامتر فوق در شبکه WCDMA دارد. سایر پارامترها که غالباً به‌صورت پیش‌فرض غیرفعال هستند در [۲۵] توضیح داده شده‌اند. عدم ارسال Qqualmin اطلاعات سیستم SIB1 به مفهوم منفی بی‌نهایت بودن آن و لذا منتفی شدن شرط کیفیت در انتخاب سلول است. طبق بررسی در شبکه ایرانسل شرط کیفیت غیرفعال بوده و مقدار پارامتر Qrxlevmin برابر ۱۰۵dBm- تنظیم شده است. سایر پارامترها نیز ارسال نمی‌شوند لذا در روابط صفر لحاظ می‌شوند.

فرایند انتخاب مجدد سلول در شبکه نسل چهارم 3GPP مشابه شبکه نسل سه شامل مرحله تحریک جستجو برای جستجوی داخل فرکانسی و جستجوی بین فرکانسی است و در صورت تحقق شرایط تحریک، اندازه‌گیری در فرکانس‌های همسایه انجام می‌پذیرد [۲۶]. طبق نسخه ۸ استانداردهای 3GPP [۲۷] شرط تحریک فرایند جستجوی سلول‌های همسایه هم فرکانسی تحقق رابطه (۱۱) و شرط تحریک فرایند جستجوی سلول‌های همسایه با فرکانسی متفاوت، تحقق رابطه (۱۲) است.

$$S_{rxlev} \le S_{IntraSearchP} \quad (۱۱)$$

$$S_{rxlev} \le S_{nonIntraSearchP} \quad (۱۲)$$

در معادله‌های (۱۱) و (۱۲)، $S_{IntraSearchP}$ و $S_{nonIntraSearchP}$ سطوح آستانه برای شاخص RSRP هستند که سلول آن‌ها را در اطلاعات سیستم SIB3 اعلام می‌کند (پسوند P اندیس از نسخه ۹ افزوده شده است). از نسخه ۹ استانداردهای 3GPP امکان تحریک جستجوی شبکه بر اساس شاخص RSRQ نیز بر اساس روابط (۱۳) و (۱۴) امکان‌پذیر گشته است [۲۴].

$$S_{qual} \le S_{IntraSearchQ} \quad (۱۳)$$

$$S_{qual} \le S_{nonIntraSearchQ} \quad (۱۴)$$

پارامترهای $S_{IntraSearchP}$ و $S_{nonIntraSearchP}$ سطوح آستانه برای شاخص RSRQ هستند که این پارامترها نیز جزء عناصر اطلاعاتی SIB3 می‌باشند. در جدول ۸ مقادیر پارامترهای اصلی مؤثر در انتخاب مجدد سلول برای اپراتور ایرانسل نشان داده شده است. این پارامترها از اطلاعات سیستم SIB3 استخراج شده‌اند و توضیحات آن‌ها در این بخش ارائه می‌شوند. مفهوم مقدار عددی هرکدام از پارامترها طبق [۲۵] است.

جدول ۸: مقادیر پارامترهای مرتبط با انتخاب مجدد سلول در شبکه **EUTRAN** اپراتور ایرانسل (اسفندماه ۹۳)

پارامتر سیستم	مقدار نمایشی پارامتر	مفهوم مقدار نمایشی
$Q_{rxlevmin}$	-۶۰	۱۲۰-دسی‌بل میلی وات
$S_{IntraSearch}$	۲۵	۵۰ دسی‌بل
$S_{nonIntraSearch}$	۵	۱۰ دسی‌بل
Q_{Hyst}	dB4	۴ دسی‌بل
$Thresh_{Serving,LowP}$	۳	۶ دسی‌بل
cellReselectionPriority	۶	۶
$T_{Reselection,EUTRA}$	۱	۱ ثانیه

بازه‌های زمانی که اندازه‌گیری RSRP و RSRQ سلول سرویس‌دهنده توسط تلفن همراه انجام می‌گیرد با توجه به دوره تناوب دریافت ناپیوسته مشخص می‌گردد. مقدار پیش‌فرض پارامتر دریافت ناپیوسته طبق پارامتر DefaultPagingCyle که در اطلاعات سیستم SIB2 قرار دارد مشخص می‌شود. به این پارامتر می‌توان ۴ مقدار ۰/۳۲، ۰/۶۴، ۱/۲۸ و ۲/۵۶ ثانیه اختصاص داد که در شبکه ایرانسل مقدار ۱/۲۸ ثانیه در تمامی نقاط بررسی‌شده مشاهده می‌گردد.

در فرایند انتخاب مجدد سلول‌های هم‌فرکانس یا سلول سرویس‌دهنده، به سلول سرویس‌دهنده و هر کدام از سلول‌های همسایه رتبه‌ای اختصاص داده می‌شود. روابط (۱۵) و (۱۶) به ترتیب رتبه سلول سرویس‌دهنده و سلول همسایه شماره n هستند و سلولی انتخاب می‌شود که رتبه بالاتری داشته باشد [۲۴].

$$R_s = Q_{meas,s} + Q_{Hyst} \quad (۱۵)$$

$$R_n = Q_{meas,n} - Q_{offset,s,n} \quad (۱۶)$$

در روابط فوق شاخص‌های $Q_{meas,s}$ و $Q_{meas,n}$ به ترتیب مقادیر اندازه‌گیری‌شده شاخص RSRP سلول سرویس‌دهنده و سلول همسایه شماره n هستند. پارامتر Q_{Hyst} یک متغیر پسماند است که جهت

www.SID.ir

Archive of SID

اجتناب از پینگ‌پنگ بین دو سلول هم‌توان استفاده می‌شود و جزء عناصر اطلاعاتی SIB3 است. پارامتر $Q_{offset,s,n}$ نیز یک پارامتر اختیاری است و جهت تشویق یا بر حذر داشتن انتخاب یک سلول همسایه به کار می‌رود و به ازای هر سلول همسایه مقدار آن در اطلاعات سیستم SIB4 اعلام می‌شود. در شبکه اپراتور ایرانسل پارامتر Qhyst برابر ۴ دسی‌بل مقداردهی شده است. در این شبکه اطلاعات سیستمی SIB4 ارسال نمی‌شود لذا طبق [۲۴]، تلفن همراه مقدار پارامتر $Q_{offset,s,n}$ را صفر لحاظ می‌کند. در شبکه LTE، تلفن همراه می‌تواند بدون نیاز ضروری به اطلاعات سیستمی SIB4 و اطلاعات سلول‌های همسایه، همسایه‌های هم‌فرکانس خود را بیابد لذا در مقایسه با نسل‌های قبلی مدیریت تعاریف همسایگی بسیار ساده‌تر شده است.

در صورت تحقق شرایط تحریک جستجو در سلول‌هایی با فرکانس متفاوت، تلفن همراه به اطلاعات سیستم SIB5 مراجعه می‌کند. نکته مهم در مورد انتخاب مجدد سلول در فرکانس‌های متفاوت، اولویت‌بندی فرکانس حامل سلول سرویس‌دهنده و هر یک از فرکانس‌های همسایه است. اولویت سلول سرویس‌دهنده با توجه در پارامتر cellReselectionPriority در اطلاعات سیستم SIB3 مشخص می‌گردد که مقدار آن عددی صحیح بین صفر تا هفت بوده و عدد ۷ بالاترین اولویت را نشان می‌دهد. اولویت هریک از فرکانس‌های متفاوت همسایه نیز در اطلاعات سیستم SIB5 مشخص می‌گردد. نحوه عملکرد تلفن همراه در جستجوی فرکانس‌های همسایه با اولویت یکسان مشابه حالت هم فرکانس است و روابط (۱۵) و (۱۶) برقرار می‌باشند. اما نحوه عملکرد در جستجوی فرکانس‌های همسایه با اولویت بالاتر متفاوت است به این صورت که تلفن همراه در صورت عدم تحقق روابط (۱۲) و (۱۴) مستقل از دوره تناوب دریافت ناپیوسته در ضرایبی از یک دقیقه فرکانس‌های متفاوت با اولویت بالاتر را جستجو می‌کند. اگر فرکانس همسایه به مدت $T_{Reselection,EUTRA}$ شرط رابطه (۱۷) را برآورده نماید و شرایط عمومی برقرار باشند انتخاب می‌شود. شرایط عمومی به این مفهوم است که حداقل یک ثانیه بر روی سلول خدمات مستقر باشد و در ضمن روابط (۹) و (۱۰) برقرار باشند.

$$S_{rxlev,x,n} > Thresh_{x,HighP} \quad (۱۷)$$

در رابطه (۱۷) پارامتر $Thresh_{x,HighP}$ سطح آستانه برای انتخاب فرکانس x است که در اطلاعات سیستم SIB5 ارسال می‌گردد. پارامتر $S_{rxlev,x,n}$ نیز از رابطه مشابه رابطه (۹) به دست می‌آید. پارامتر زمانی $T_{Reselection,EUTRA}$ در اطلاعات سیستم SIB3 ارسال می‌گردد و در شبکه ایرانسل برابر یک ثانیه تنظیم شده است. البته با توجه به عدم وجود فرکانس همسایگی متفاوت در شبکه ایرانسل اطلاعات سیستم SIB5 ارسال نمی‌گردند.

انتخاب سلول همسایه با اولویت پایین‌تر تنها زمانی محقق می‌شود که سلول همسایه‌ای با اولویت بالاتر یا یکسان وجود نداشته باشد و شرط رابطه (۱۸) برای سلول سرویس‌دهنده و شرط رابطه (۱۹) برای سلول همسایه برقرار باشند.

$$S_{rxlev} < Thresh_{Serving,LowP} \quad (۱۸)$$

$$S_{rxlev,x,n} > Thresh_{x,LowP} \quad (۱۹)$$

در رابطه (۱۸) پارامتر $Thresh_{Serving,LowP}$ سطح آستانه‌ای است که در اطلاعات سیستم SIB3 ارسال می‌شود و مقدار عددی آن در شبکه ایرانسل برابر ۳ (۶ دسی‌بل) است. در رابطه (۱۹) پارامتر $Thresh_{x,LowP}$ سطح آستانه برای انتخاب فرکانس x است که در اطلاعات سیستم SIB5 ارسال می‌شود. از نسخه ۹ استانداردهای 3GPP درصورتی‌که پارامتر threshServingLowQ در اطلاعات سیستم SIB3 ارائه شود پارامترها و سطوح آستانه مرتبط با RSRQ به‌جای RSRP قرار می‌گیرند و بدین ترتیب در روابط مشابه روابط (۱۷) تا (۱۹) به‌جای اندیس rxlev، qual و به‌جای پسوند P در اندیس‌های سطوح آستانه، پسوند Q قرار می‌گیرد.

۳-۱-۴- انتخاب مجدد سلول بین سلول‌های همسایه دارای دو فناوری دسترسی رادیوئی متفاوت

وقتی‌که انتخاب مجدد سلول از یک فناوری دسترسی رادیوئی به یک فناوری دسترسی رادیوئی دیگر واقع می‌شود انتخاب بین سیستمی نامیده می‌شود. در این بخش شرایط ممکن انتخاب مجدد سلول بین سیستمی را در ۶ حالت ممکن بررسی خواهیم کرد که شامل نسل ۲ به نسل ۳ و ۴، نسل ۳ به نسل ۲ و ۴ و نسل چهار به نسل ۲ و ۳ می‌باشند.

۳-۱-۴-۱- انتخاب مجدد سلول از شبکه GERAN به UTRAN

در شبکه‌های دارای دو فناوری دسترسی رادیوئی GERAN و UTRAN، تلفن همراه علاوه بر اینکه لیست فرکانس‌های همسایه GSM را از طریق لیست BA موجود در اطلاعات سیستم SI2 دریافت می‌کند، لیستی حاوی فرکانس‌های UTRAN تحت عنوان لیست انتخاب سلول نسل ۳ را نیز از اطلاعات سیستم SI2q دریافت می‌نماید [۲۸]. اگر لیست انتخاب سلول نسل ۳ حاوی فرکانس‌های UTRAN باشد، MS بایستی حداکثر در هر پنج ثانیه نتایج اندازه‌گیری سطح سیگنال سلول سرویس‌دهنده و حداقل شش عدد از قوی‌ترین سلول‌های همسایگی GSM یا WCDMA را به‌روز نماید و در صورت تحقق شرایط رابطه (۲۰) به مدت ۵ ثانیه، انتخاب مجدد سلول نسل ۳ را انجام دهد. در رابطه مذکور محدوده مقداردهی FDD_Qmin شامل ۸ مقدار ممکن بین ۲۰dB- تا ۶dB- و محدوده مقداردهی FDD_Qoffset در ۱۶ مقدار ممکن بین منفی بی‌نهایت تا ۲۸ دسی‌بل قابل‌تعریف است [۱۳].

$$\begin{aligned} &RSCP > RLA_C + FDD_Qoffset \\ &\frac{E_C}{N_0} > FDD_Qmin \\ &RSCP > FDD_RSCP_Threshold \end{aligned} \quad (۲۰)$$

www.SID.ir

Archive of SID

مقدار FDD_RSCP_Threshold در شرط سوم برابر Qrxlevmin + Pcompensation +۱۰dB هست و در صورت عدم استفاده از پارامترهای فوق در اطلاعات سیستم SI2q، شرط سوم در تلفن همراه نادیده گرفته می‌شود. به مفهوم این پارامترها در توضیحات روابط (۴) و (۵) اشاره شده است. طبق [۱۳] اگر کم‌تر از ۱۵ ثانیه از انتخاب بین سیستمی نسل ۲ گذشته باشد، جهت اجتناب از پینگ‌پنگ بین سیستمی پارامتر FDD_Qoffset به میزان ۵ دسی‌بل افزایش می‌یابد. از نسخه ۸ استانداردهای 3GPP همزمان با ارائه استانداردهای LTE معیار انتخاب مجدد از شبکه GERAN به شبکه UTRAN بر اساس پارامتر اولویت نیز افزوده شد [۲۹] که در بخش ۳-۱-۴-۲ به آن اشاره خواهد شد.

۳-۱-۴-۲- انتخاب مجدد سلول از شبکه GERAN به EUTRAN

معیار ارزیابی تلفن همراه مستقر در GERAN در مورد انتخاب مجدد شبکه EUTRAN بر اساس اطلاعات سیستم SI2q است [۲۹]. در این معیار تلفن همراه در مرحله اول پارامترهای اولویت سه شبکه UTRAN،GERAN و EUTRAN را استخراج می‌نماید. معیار اولویت تنها معیار انتخاب مجدد سلول EUTRAN است لذا اگر فرکانس EUTAN جزوه همسایه‌های سلول GERAN باشد شبکه GERAN بایستی اطلاعات اولویت را در اطلاعات سیستم SI2q سلول‌های شبکه ارائه نماید. امکان اختصاص اولویت به ازای هر فرکانس UTRAN یا EUTRAN وجود دارد. در ارزیابی مبتنی بر اولویت، شاخص C1 سلول سرویس‌دهنده GERAN که در این بحث S_Serving یا S_GSM نامیده می‌شود با شاخص S_non_Serving_UTRAN که شاخص ارزیابی UTRAN هست و یا با شاخص S_non_Serving_EUTRAN که شاخص ارزیابی EUTRAN هست (روابط (۲۱) و (۲۲)) مقایسه می‌شود [۲۹].

$$S_non_Serving_UTRAN=RSCP - UTRAN_Q_{Rxlevmin} \quad (۲۱)$$

$$S_non_Serving_EUTRAN=RSRP - EUTRAN_Q_{Rxlevmin} \quad (۲۲)$$

درصورتی‌که اولویت UTRAN یا EUTRAN از سلول سرویس‌دهنده GERAN بیش‌تر باشند سلولی انتخاب مجدد خواهد شد که به مدت T_reselection شرط رابطه (۲۳) برقرار باشد [۲۹].

$$S_non_Serving_XXX > THRESH_XXX_high \quad (۲۳)$$

در این رابطه با توجه به فناوری دسترسی رادیوئی سلول مقصد، XXX می‌تواند معادل UTRAN یا EUTRAN باشد. پارامتر THRESH_XXX_high با مقادیر زوج صفر دسی‌بل تا ۶۲ دسی‌بل قابل‌تعریف است و T_reselection نیز بین ۵ تا ۲۰ ثانیه با مضرب‌های ۵ ثانیه قابل‌تعریف است. در صورت تحقق شرط رابطه (۲۳) برای بیش از یک سلول همسایه، همسایه با اولویت بالاتر انتخاب خواهد شد و در صورت اولویت یکسان همسایه‌ها، همسایه‌ای که دارای رتبه بالاتری با توجه به مقدار شاخص S_non_Serving_XXX باشد انتخاب خواهد شد.

درصورتی‌که مقدار شاخص S_GSM سلول سرویس‌دهنده و تمامی همسایه‌های GSM در بازه زمانی T_reselection به مقدار کمتر از پارامتر THRESH_GSM_low کاهش یابند امکان انتخاب همسایه‌های بین سیستمی با اولویت پایین‌تر از سلول سرویس‌دهنده GERAN وجود خواهد داشت. در این صورت سلولی انتخاب مجدد خواهد شد که شرط رابطه (۲۴) به مدت T_reselection در مورد آن فراهم باشد و در صورت عدم وجود سلولی با این شرایط سلولی انتخاب خواهد شد که شرط رابطه (۲۵) در مورد آن فراهم باشد [۲۹].

$$S_non_Serving_XXX > THRESH_XXX_low \quad (۲۴)$$

$$S_non_Serving_XXX > S_GSM + H_PRIO \quad (۲۵)$$

در صورت تأمین هر یک از شرایط فوق توسط بیش از یک سلول همسایه، سلول دارای اولویت بالاتر و در صورت یکسان بودن اولویت‌ها سلول با سطح توان بیش‌تر انتخاب خواهد شد.

در تمامی موارد فوق باید شرایط حداقل انتخاب سلول در شبکه‌های UTRAN و EUTRAN که در بخش‌های ۳-۱-۲ و ۳-۱-۳ به آن‌ها اشاره گردیده است فراهم باشند. از نسخه ۹ استانداردهای 3GPP [۳۰]، در صورت ارائه پارامترهای آستانه کیفی مربوط به EUTRAN در اطلاعات سیستم SI2Q که شامل THRESH_EUTRAN_high_Q و THRESH_EUTRAN_low_Q می‌باشند، رابطه (۲۲) به رابطه (۲۶) تغییر می‌یابد و در روابط (۲۳) و (۲۴) پارامترهای آستانه کیفی ذکرشده جایگزین پارامتر آستانه متناظر با شاخص RSRP می‌گردند [۳۰].

$$S_non_Serving_EUTRAN=RSRQ - EUTRAN_Q_{Qualmin} \quad (۲۶)$$

با توجه به بررسی میدانی شبکه ایرانسل در اسفندماه ۹۳ پارامترهای مربوط به شبکه EUTRAN در اطلاعات سیستم SI2q ارسال نمی‌گردند لذا امکان انتخاب مجدد سلولی در این حالت وجود نخواهد داشت.

۳-۱-۴-۳- انتخاب مجدد سلول از شبکه UTRAN به GERAN

جهت تحقق انتخاب مجدد شبکه GERAN زمانی که تلفن همراه در شبکه UTRAN مستقر است دو گروه از پارامترهای اطلاعات سیستم مؤثر هستند. گروه اول مربوط به تحریک تلفن همراه مستقر در شبکه UTRAN جهت جستجوی شبکه GERAN و گروه دوم پارامترهای انتخاب سلول مقصد هستند. پارامترهای موردنیاز جهت شروع جستجوی شبکه GERAN وقتی تلفن همراه در شبکه UTRAN قرار دارد شامل پارامترهای Q-qualmin و S-SearchRAT هستند که این پارامترها در اطلاعات سیستم SIB3 قرار دارند [۱۸]. شرط تحریک جستجوی شبکه GERAN تحقق رابطه (۲۷) است.

$$S_{qual} < Q_{qualmin} + S_{SearchRAT} \quad (۲۷)$$

در صورت تحقق روابط (۲۸) و (۲۹) در مورد سلول GSM nام به

www.SID.ir

Archive of SID

مدت T-reselection-s ثانیه آن سلول انتخاب خواهد شد [۱۷].

$$Q_{meas,n} > Q_{meas,s} + Qhyst1s + Qoffset1n \quad (۲۸)$$

$$Q_{meas,n} > Q\text{-}Rxlevmin \quad (۲۹)$$

تلفن همراه پارامترهای Q-hystl-s و T-reselection-s را از اطلاعات سیستم SIB3 و پارامترهای Q-offset1-n و Q-RxlevMin که مربوط به همسایه GSM تعریف‌شده هم می‌باشند را از اطلاعات سیستم SIB11 سلول سرویس‌دهنده WCDMA استخراج می‌نماید.

جدول ۹: مقادیر پارامترهای مرتبط با انتخاب مجدد بین سیستمی از **UTRAN** به **EUTRAN** در اپراتور ایرانسل (اسفندماه ۹۳)

پارامتر سیستم	مقدار عددی پارامتر	مفهوم مقدار عددی
UTRA priority	۴	۴
EUTRA priority	۶	۶
$S_{periioritysearch1}$	۲	۴ دسی‌بل
$S_{periioritysearch2}$	۲	۲ دسی‌بل
$Thresh_{serving,low}$	۱	۲ دسی‌بل
EARFCN	۱۷۷۵	۱۷۷۵
$Q_{rxlevminEUTRA}$	-۶۰	۱۲۰-دسی‌بل میلی وات
$Thresh_{x,high}$	۵	۱۰ دسی‌بل
$Thresh_{x,low}$	۲	۴ دسی‌بل

شاخص $Q_{meas,n}$ معادل RLA_C سلول همسایه است. مقادیر نمونه این پارامترها در دو شبکه همراه اول و ایرانسل در بخش ۴-۲ نمایش داده شده‌اند.

۳-۱-۴-۴- انتخاب مجدد سلول از شبکه UTRAN به EUTRAN

جهت انجام انتخاب مجدد سلول LTE وقتی‌که تلفن همراه در شبکه UTRAN مستقر است این شبکه بایستی اطلاعات فرکانس، پهنای باند و پارامترهای مربوط به سلول‌های همسایه LTE را در اطلاعات سیستم SIB9 ارسال نماید. در این حالت نیز همانند انتخاب مجدد از شبکه GERAN به EUTRAN انتخاب بر اساس پارامترهای اولویت انجام می‌گیرد. این معیار از ویرایش ۳ نسخه ۸ استانداردهای 3GPP مشخص شده است [۳۱]. درصورتی‌که پارامتر اولویت فرکانس یا فرکانس‌های شبکه EUTRAN همسایه مقدار بیش‌تری در مقایسه با سلول سرویس‌دهنده UTRAN داشته باشند در این صورت تلفن همراه جهت جستجو در شبکه EUTRAN طبق فرکانس‌های تعریف‌شده تحریک می‌شود و سلولی که شاخص Srxlev آن به مدت Treselection ثانیه در شرط رابطه (۳۰) بالاترین رتبه را داشته باشد انتخاب می‌گردد [۳۱].

$$Srxlev_{nonServingCell,x} > Thresh_{x,high} \quad (۳۰)$$

درصورتی‌که فرکانس‌های همسایه EUTRAN دارای اولویت کم‌تر از سلول سرویس‌دهنده UTRAN باشند در این صورت جستجوی فرکانس‌های همسایه EUTRAN به‌شرط افت سطح سیگنال سلول سرویس‌دهنده UTRAN مطابق رابطه (۳۱) و یا افت سطح کیفی سلول سرویس‌دهنده UTRAN مطابق رابطه (۳۲) واقع می‌شود.

$$Srxlev_{ServingCell} < S_{prioritysearch1} \quad (۳۱)$$

$$Squal_{ServingCell} < S_{prioritysearch2} \quad (۳۲)$$

در صورت تحقق امکان جستجوی فرکانس‌های همسایه EUTRAN با اولویت پائین، انتخاب مجدد در صورتی واقع می‌شود که رابطه (۳۳) یا (۳۴) برای سلول سرویس‌دهنده و رابطه (۳۵) برای سلول همسایه محقق گردد [۳۱].

$$Srxlev_{ServingCell} < Thresh_{serving,low} \quad (۳۳)$$

$$Squal_{ServingCell} < 0 \quad (۳۴)$$

$$Srxlev_{nonServingCell,x} > Thresh_{x,low} \quad (۳۵)$$

در تمامی روابط اندیس x اشاره به اندیس فرکانس EUTRAN در لیست فرکانس‌های همسایه دارد. در جدول ۹ مقادیر پارامترها مورداشاره در شبکه UTRAN ایرانسل مشاهده می‌گردد. مفهوم مقداری عددی هر پارامتر طبق [۳۲] استخراج گردیده است.

طبق جدول ۹ با توجه به اولویت بالاتر شبکه EUTRAN نسبت به شبکه UTRAN درصورتی‌که در همسایگی سلول سرویس‌دهنده سلولی EUTRAN با فرکانس ۱۷۷۵ و با توان RSRP برابر -۱۱۰dBm یا بیش‌تر وجود داشته باشد عمل انتخاب مجدد سلول واقع می‌شود.

از نسخه ۹ استانداردهای 3GPP در صورت ارسال پارامترهای $Thresh_{serving,low2}$، $Thresh_{x,low2}$ و $Thresh_{x,high2}$ در سلول سرویس‌دهنده، رابطه (۳۶) جایگزین رابطه (۳۴) می‌شود و روابط (۳۷) و (۳۸) به ترتیب جایگزین روابط (۳۰) و (۳۵) می‌شوند [۱۷].

$$Squal_{ServingCell} < Thresh_{serving,low2} \quad (۳۶)$$

$$Squal_{nonServingCell,x} > Thresh_{x,high2} \quad (۳۷)$$

$$Squal_{nonServingCell,x} > Thresh_{x,low2} \quad (۳۸)$$

۳-۱-۴-۵- انتخاب مجدد سلول از شبکه EUTRAN به GERAN و UTRAN

انتخاب مجدد شبکه‌های UTRAN و GERAN وقتی تلفن همراه در شبکه EUTRAN مستقر است طبق مرجع [۲۴] و تنها بر اساس معیارهای اولویت قابل انجام است و مشابه انتخاب مجدد بین فرکانسی شبکه EUTRAN است. در این فرایند تلفن همراه اطلاعات موردنیاز مربوط به سلول سرویس‌دهنده را از اطلاعات سیستم SIB3 و اطلاعات مربوط به همسایگی‌های UTRAN و GERAN را به ترتیب از اطلاعات سیستم SIB6 و SIB7 استخراج می‌نماید. نحوه عملکرد تلفن همراه در حالات اولویت بالاتر یا پایین‌تر سلول همسایه نسبت به سلول سرویس‌دهنده متفاوت است و وجود اولویت یکسان یا سلول سرویس‌دهنده مجاز نیست. در نسخه ۸ استانداردهای 3GPP معیارهای اندازه‌گیری جهت انتخاب مجدد شامل شاخص‌های توان RSRP، RSCP و RLA_C و پارامترهای مربوطه می‌شد ولی از نسخه ۹ در صورت ارسال پارامتر $Thresh_{Serving,LowQ}$ در اطلاعات سیستم SIB3

www.SID.ir

Archive of SID

سلول سرویس‌دهنده شاخص‌های RSRQ و Ec/N0 و پارامترهای مربوطه جایگزین RSRP و RSCP می‌شوند. در صورت عدم ارسال پارامتر $\text{Thresh}_{\text{servingLowQ}}$ همان‌طوری که در شبکه ایرانسل نیز این‌گونه تعریف شده است شرایط انتخاب مجدد سلول GERAN یا EUTRAN به قرار زیر است:

درصورتی‌که اولویت فرکانس UTRAN یا سلول GERAN بیش‌تر از سلول سرویس‌دهنده EUTRAN باشد تحقق رابطه (۳۹) به مدت $\text{Treselection}_{\text{RAT}}$ کافی است [۲۴]. اندیس RAT با توجه به نوع شبکه مقصد می‌تواند UTRAN یا GERAN باشد.

$$\text{Srxlev}_{\text{RAT},x} > \text{Thresh}_{x,\text{HighP}} \quad (۳۹)$$

شاخص $\text{Srxlev}_{\text{RAT},x}$ در GERAN معادل شاخص C1 (رابطه (۱)) و در UTRAN معادل مقدار رابطه (۲۱) است و پارامتر $\text{Thresh}_{x,\text{HighP}}$ نیز به ازای هر همسایگی در اطلاعات سیستم SIB6 یا SIB7 ارسال می‌شود.

درصورتی‌که اولویت سلول‌های همسایه کم‌تر از سلول سرویس‌دهنده EUTRAN باشد شرط انتخاب مجدد آن سلول‌ها تحقق روابط (۴۰) و (۴۱) به مدت $\text{Treselection}_{\text{RAT}}$ است [۲۴].

$$\text{Srxlev}_{\text{Serving,EUTRAN}} < \text{Thresh}_{\text{serving,lowP}} \quad (۴۰)$$

$$\text{Srxlev}_{\text{RAT},x} > \text{Thresh}_{x,\text{lowP}} \quad (۴۱)$$

در صورت تحقق شرایط برای بیش از یک سلول همسایه، همسایه با اولویت بالاتر انتخاب می‌شود و در صورت اولویت یکسان، همسایه با شاخص Srxlev بالاتر نسبت به سطح آستانه مربوطه (همسایه با رتبه بالاتر) انتخاب می‌شود. پارامترهای مربوط به اطلاعات سیستم SIB6 شبکه ایرانسل که در آزمون میدانی شبکه EUTRAN این اپراتور در اسفند ۹۳ به دست آمده‌اند مطابق جدول ۱۰ می‌باشند. پارامترهای فوق برای هردو فرکانس UTRAN-DL این شبکه درجدول ۵ یکسان تعریف شده‌اند. همان‌گونه که در جدول ۱۰ مشاهده می‌شود اولویت سلول‌های همسایه UTRAN در مقایسه با سلول سرویس‌دهنده که برابر ۶ هست (جدول ۸) کم‌تر است. طبق رابطه (۴۰) و مقادیر جدول ۸، انتخاب مجدد از شبکه EUTRAN به UTRAN زمانی انجام خواهد پذیرفت که در درجه اول سطح سیگنال RSRP سلول سرویس‌دهنده کم‌تر از ۱۱۴dBm- شود و در درجه دوم سطح سیگنال RSCP حداقل یکی از سلول‌های UTRAN همسایه بهتر از ۱۰۳dBm- باشد.

جدول ۱۰: مقادیر پارامترهای مرتبط با انتخاب مجدد بین سیستمی از **EUTRAN** به **UTRAN** در اپراتور ایرانسل (اسفندماه ۹۳)

مفهوم مقدار عددی	مقدار عددی پارامتر	پارامتر سیستم
۱۰۶۳۷ یا ۱۰۶۶۲	۱۰۶۳۷ یا ۱۰۶۶۲	CarrierFreq
۴	۴	CellReselectionPriority
۲۲ دسی‌بل	۱۱	threshX-High
۱۲ دسی‌بل	۶	threshX-Low
۱۱۵- دسی‌بل میلی وات	-۵۸	q-RxLevMin
۲۴ دسی‌بل میلی وات	۲۴	p-MaxUTRA
۲۲- دسی‌بل	-۲۲	q-QualMin
۱ ثانیه	۱	$\text{Treselection}_{\text{UTRA}}$

در صورت ارسال پارامتر کیفی $\text{Thresh}_{\text{servingLowQ}}$ در اطلاعات سیستم SIB3 سلول سرویس‌دهنده، معیار ارزیابی انتخاب مجدد سلول GERAN همسایه مشابه حالتی است که این پارامتر ارسال نشده باشد. اما در مورد سلول‌های UTRAN همسایه، معیارهای مرتبط با شاخص‌های RSRQ و Ec/N0 جایگزین معیارهای مرتبط با شاخص‌های RSRP و RSCP می‌شوند. در این حالت وقتی اولویت سلول UTRAN همسایه بالاتر از اولویت سلول سرویس‌دهنده EUTRAN باشد تحقق شرط رابطه (۴۲) به مدت $\text{Treselection}_{\text{UTRAN}}$ باعث انتخاب سلول UTRAN می‌شود [۲۴].

$$\text{Squal}_{\text{UTRAN},x} > \text{Thresh}_{x,\text{HighQ}} \quad (۴۲)$$

درصورتی‌که سلول UTRAN همسایه دارای اولویت پایین‌تر از سلول EUTRAN سرویس‌دهنده باشد بایستی شرط رابطه (۴۳) برای سلول سرویس‌دهنده و شرط رابطه (۴۴) برای سلول UTRAN همسایه به مدت $\text{Treselection}_{\text{UTRAN}}$ برقرار باشد تا شرایط انتخاب مجدد فراهم شود.

$$\text{Squal}_{\text{Serving,EUTRAN}} < \text{Thresh}_{\text{serving,lowQ}} \quad (۴۳)$$

$$\text{Squal}_{\text{UTRAN},x} > \text{Thresh}_{x,\text{lowQ}} \quad (۴۴)$$

۳-۲- انتخاب مجدد سلول بین دو **PLMN** دارای قرارداد رومینگ و چالش موجود

در فرایند انتخاب مجدد سلول امکان انتخاب سلولی متعلق به شبکه تلفن همراه غیرخانگی تا زمانی که حداقل توانی از شبکه خانگی وجود داشته باشد ممکن نخواهد بود (مستقل از نوع فناوری دسترسی رادیوئی سلول‌های همسایه). در صورت از دست دادن پوشش شبکه خانگی، تلفن همراه به مرحله پیمایش فرکانسی طبق فرایند انتخاب سلول وارد می‌شود و در صورت عدم وجود سلول مناسب متعلق به شبکه خانگی امکان انتخاب شبکه دیگر وجود خواهد داشت. تقاضای ثبت تنها به شبکه‌هایی ارسال خواهد شد که کد آن‌ها در لیست شبکه‌های ممنوعه حافظه سیم‌کارت تلفن همراه وجود نداشته باشد. ولی این مسئله باعث می‌شود تلفن همراه در شرایطی که می‌تواند در کیفیت عالی از شبکه دیگر سرویس دریافت نماید با ضعیف‌ترین سطح توان در شبکه خود باقی بماند. البته در مرزهای رومینگ بین‌المللی که مسائل امنیتی و تفاوت تعرفه مکالمه بالا مطرح است این مسئله نامطلوب نیست و اپراتورها ترجیح می‌دهند با راه‌اندازی سایت‌های BTS جدید پوشش خود را مناسب‌تر نمایند. ولی در مناطقی که اپراتور دارای مشترکین کم یا فصلی است راه‌اندازی سایت جدید و نگهداری آن معمولاً مقرون‌به‌صرفه نیست. لذا اپراتورها می‌توانند در چنین مناطقی شبکه‌های مشترک راه‌اندازی نمایند و به مشترکین خود خدماتی یا تعرفه‌های مشابه ارائه دهند. اما محدوده اشاره‌شده در فرایند انتخاب PLMN متفاوت باعث از دست دادن پیغام فراخوانی در مدت جستجوی شبکه و نیز گسستگی ارتباط با شبکه در مسیر حرکت بین

www.SID.ir

Archive of SID

دو PLMN می‌گردد. حتی در صورت انتخاب PLMN مقصد در مضرب‌های از ۶ دقیقه تلفن همراه تلاش در جهت جستجوی شبکه تلفن همراه خانگی می‌نماید و این مسئله باعث نوسان آنتن در مناطق مرزی و عدم رضایت مشترکین می‌گردند. جهت حل این مشکل استانداردهای 3GPP قابلیت تلفن همراه معادل را پیشنهاد نموده‌اند [۳۳]. بر این اساس در بخش سوئیچ شبکه تلفن همراه لیستی تحت عنوان لیست شبکه‌های تلفن همراه معادل تعریف می‌شود و کد PLMN شبکه مجاور در این لیست قرار می‌گیرد. لیست فوق در پیغام پذیرش فرایند ثبت[۱۸]، از گره‌هایی[۱۹] چون گره سوئیچ مداری یا MSC و گره سوئیچ بسته ای یا SGSN در نسل‌های دوم و سوم شبکه‌های سلولی و از گره MME در نسل چهارم شبکه‌های سلولی ارسال می‌گردد [۳۴]. گوشی موبایل پس از دریافت لیست فوق آن را در سیم‌کارت ذخیره می‌کند. اطلاعات فوق حتی با خاموش نمودن گوشی حفظ می‌شوند و تنها با فرایند ثبت در شبکه جدید یا خارج نمودن سیم‌کارت این لیست پاک می‌شود. قابلیت تلفن همراه معادل امکان تعریف برای مشترکین خاص یا در محدوده LAC خاص را نیز دارد. با شرایط فوق، تلفن همراه در انتخاب PLMN همسایه طبق فرایند انتخاب مجدد سلول در شبکه‌های سلولی GERAN، UTRAN و EUTRAN عمل می‌کند. با فعال‌سازی قابلیت تلفن همراه معادل، اپراتورها می‌توانند گستردگی پوشش شبکه خود در مناطق مرز دو اپراتور بر اساس پارامترهای واسط رادیوئی و قراردادهای فی‌مابین تنظیم نمایند تا با هزینه کم مشترکین خود را در عرصه رقابتی حفظ و درآمد خود را افزایش دهند.

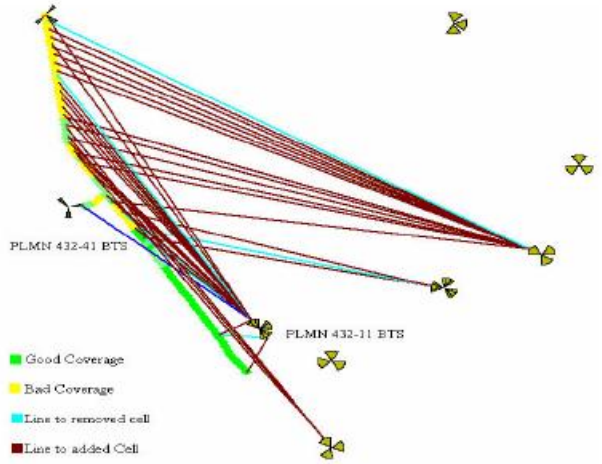
۴- تحلیل دو چالش موجود در شبکه اپراتور همراه اول

در این بخش به تحلیل دو چالش موجود در شبکه تلفن همراه اول بر اساس بررسی‌های انجام‌گرفته در بخش ۳ می پردازیم.

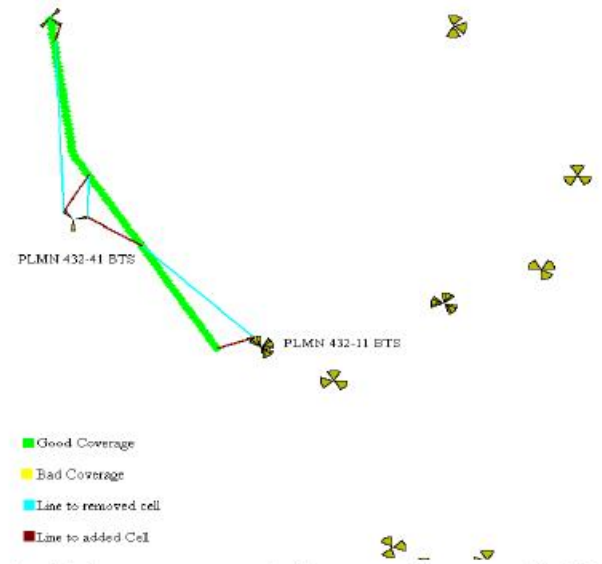
٤-١-نتایج پیاده‌سازی قابلیت شبکه تلفن همراه معادل در مرز دو **PLMN** دارای قرارداد رومینگ

در این بخش عملکرد تلفن همراه (در وضعیت بیکار) در مرز دو PLMN متفاوت دارای قرارداد رومینگ در قبل و بعد از فعال‌سازی قابلیت تلفن همراه معادل مورد بررسی قرار گرفته است. جهت انجام آزمایش محدوده مرزی بین شبکه اپراتور همراه اول و شبکه تلفن همراه روستایی استان آذربایجان‌شرقی در جاده روستایی مسیر جاده آذرشهر به سمت روستای نوجه‌ده در نظر گرفته شده است [۳۵]. همچنین در قبل و بعد از فعال‌سازی قابلیت تلفن همراه معادل فرکانس‌های همسایگی در سلول‌های متناظر دو شبکه در لیست BA تعریف شده‌اند (قابل توجه است که در تعاریف همسایگی بین سلولی در شبکه‌های تلفن همراه از جمله موارد مرسوم، یکسان بودن تعاریف همسایگی مربوط به وضعیت بیکار تلفن همراه (انتخاب مجدد سلول) و وضعیت در حال مکالمه (دست‌به‌دست‌دهی) است. اما طبق تجارب عملیاتی این مقاله، جهت اجتناب از دست‌به‌دست‌دهی ناموفق باید تعاریف همسایگی صرفاً برای حالت بیکار تعریف شوند مگر آن که تعریف همسایگی بین هسته‌های دو شبکه نیز انجام شود که حجم فعالیت‌ها و پیچیدگی موضوع را به میزان زیادی افزایش می‌دهد. این فعالیت‌ها شامل تعریف اطلاعات سلول و منطقه دو شبکه، پارامترهای دست‌به‌دست‌دهی و نحوه شارژینگ مکالمات مشترک در زمان دست‌به‌دست‌دهی بین دو شبکه هستند).

برای انجام این بررسی از تجهیزاتی شامل گوشی موبایل SE K800 و موقعیت‌یاب GPS مرتبط به کامپیوتر لپ‌تاپ، نرم‌افزار TEMS Investigation و همچنین از فایلی شامل اطلاعات سایت‌های منطقه بهره گرفته شده است. در شکل‌های ۱ و ۲ به ترتیب سطح پوشش مشاهده‌شده از دید مشترک همراه اول، قبل و بعد از تعاریف مربوط به قابلیت تلفن همراه معادل نمایش داده شده است.



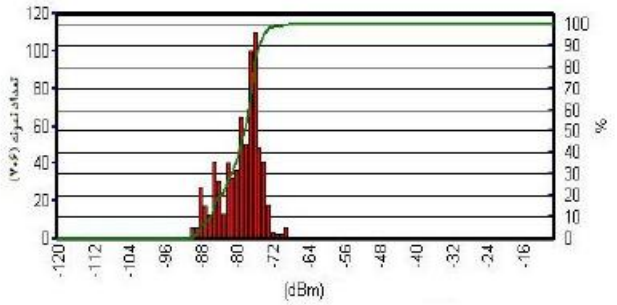
شکل ۱: وضعیت پوشش مسیر و سلول‌های سرویس‌دهنده قبل از فعال‌سازی قابلیت شبکه تلفن همراه معادل



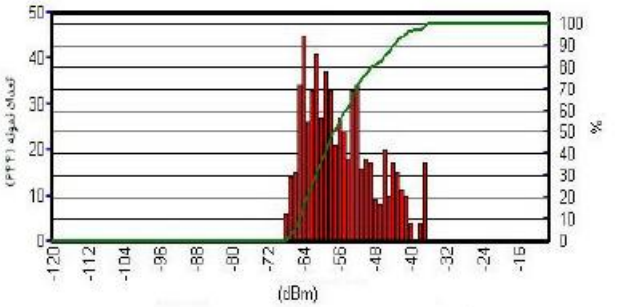
شکل ۲: وضعیت پوشش مسیر و سلول‌های سرویس‌دهنده بعد از فعال‌سازی قابلیت شبکه تلفن همراه معادل

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳: نمودار آماری مقادیر دریافتی سطح سیگنال شبکه **GSM** در مسیر پوشش‌گیری توسط کاربر همراه اول در وضعیت بیکار قبل از فعال‌سازی قابلیت شبکه تلفن همراه معادل، میانگین ۷۹/۰۸-، میانه ۷۸- و انحراف معیار ٤/۳



شکل ٤: نمودار آماری مقادیر دریافتی سطح سیگنال شبکه **GSM** در مسیر پوشش‌گیری توسط کاربر همراه اول در وضعیت بیکار بعد از فعال‌سازی قابلیت شبکه تلفن همراه معادل، میانگین ٥٦/٥٥-، میانه ٥٧- و انحراف معیار ۷/۷۹

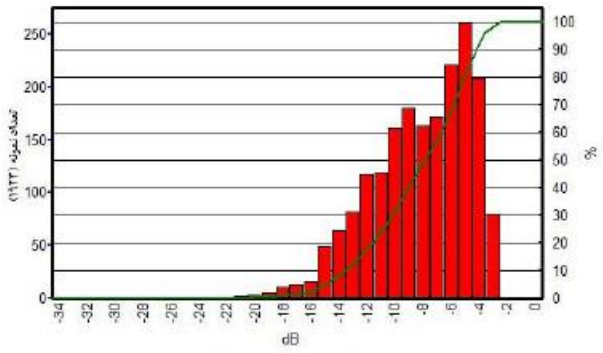
نتایج اندازه‌گیری قبل از فعال‌سازی قابلیت فوق نشان می‌دهد که در مسیر ۸ کیلومتری طی‌شده میانگین سطح سیگنال دریافتی ۷۹دسی‌بل میلی‌وات بوده درحالی‌که پس از فعال‌سازی این قابلیت با انتخاب صحیح سلول‌های پوششی این میانگین به ۵۵/۵۶-دسی‌بل میلی‌وات افزایش یافته است. شکل‌های ۳ و ۴ نمودار میله نتایج به‌دست‌آمده را نشان می‌دهد. طبق نتایج این بررسی پیشنهاد می‌شود قابلیت تلفن همراه معادل در سیستم و مرز شبکه‌های تلفن همراه روستایی کل کشور و شبکه همراه اول فعال شود تا پیوستگی پوششی در مرز دو شبکه فراهم شود. منافع اپراتورها نیز نه بر اساس حذف این قابلیت (به‌منظور حفظ مشترکین در شبکه خانگی یا حداقل سطح سیگنال)، بلکه بر اساس کنترل شعاع سلولی در مرز دو شبکه (از طریق تغییر مشخصات آنتن یا تغییر پارامترهای انتخاب سلول طبق توافق دو اپراتور) و افزایش رضایت مشترکین تأمین شود.

٤-۲- مقایسه دو اپراتور همراه اول و ایرانسل از لحاظ اعمال پارامترهای بهینه انتخاب مجدد سلول از سیستم **GERAN** به **UTRAN** و بلعکس و تحلیل وضعیت اپراتور همراه اول

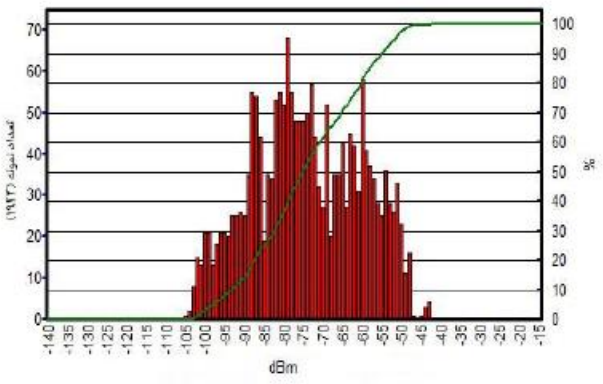
در این بررسی ابتدا آزمون میدانی جهت مقایسه دو اپراتور همراه اول و ایرانسل ازلحاظ اندازه شاخص‌های RSCP و Ec/N0 در فناوری دسترسی رادیوئی WCDMA در حالت قفل روی این فناوری انجام پذیرفت. با توجه به اینکه قفل روی فناوری دسترسی رادیوئی نسل‌های بالاتر باوجود سرویس‌های بهتر باعث از دست دادن آنتن در مناطقی که این فناوری‌ها پوشش ندارد می‌شود و از طرف دیگر تلفن همراه اغلب کاربران به‌صورت پیش‌فرض در حالت خودکار قرار دارد لذا آزمون میدانی دوم در وضعیت خودکار انجام پذیرفت. در حالت خودکار، انتخاب مجدد سلول و انتخاب فناوری دسترسی رادیوئی بر اساس پارامترهای دریافتی از شبکه انجام می‌گیرد.

محل انجام آزمون میدانی مسیر جاده یازده کیلومتری در محدوده جنوب‌شرق شهر تبریز در نظر گرفته شد. همچنین در این بررسی تجهیزات آزمون شامل گوشی سونی اریکسون مدل W995 دارای لیسانس نرم‌افزاری TEMS، GPS و نرم‌افزار TEMS Investigation نسخه ۱۱ و کامپیوتر همراه جهت اندازه‌گیری‌های لازم مورد استفاده قرار گرفتند.

بررسی شاخص‌های RSCP و Ec/N0 دو شبکه همراه اول و ایرانسل در حالت قفل روی شبکه WCDMA نشان می‌دهد که شبکه همراه اول در میانگین شاخص CPICH EC/N0 به میزان ۰/۲دسی‌بل و در میانگین شاخص RSCP به میزان ۲/۳۵دسی‌بل بهتر از شبکه ایرانسل است (شکل‌های ۵، ۶، ۷، ۸).



شکل ۵: نمودار آماری مقادیر دریافتی CPICH Ec/N0 در مسیر پوشش‌گیری توسط کاربر همراه اول در وضعیت بیکار وقفل در WCDMA، میانگین ۸/٤-، میانه ۸- و انحراف معیار ۳/۵



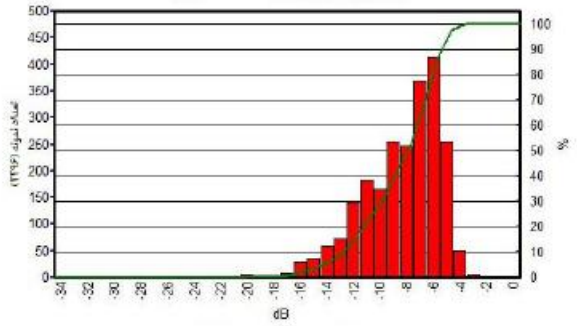
شکل ٦: نمودار آماری مقادیر دریافتی CPICH RSCP در مسیر پوشش‌گیری توسط کاربر همراه اول در وضعیت بیکار وقفل در WCDMA، میانگین ۷٤/۱۵-، میانه ۷۵- و انحراف معیار ۱۳/۸۹

www.SID.ir

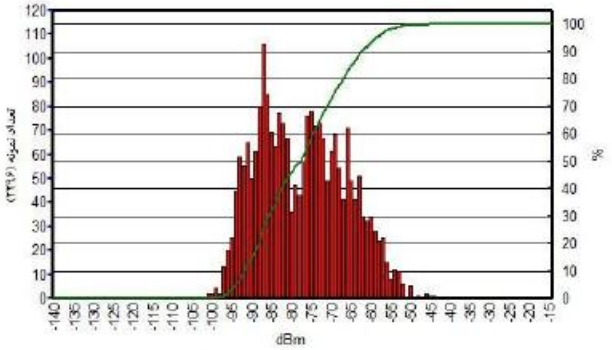
Archive of SID

جدول ۱۱: مقادیر پارامترهای انتخاب شبکه **WCDMA** در شبکه **GSM** در دو اپراتور همراه اول و ایرانسل (اسفندماه ۹۳)

ردیف	نام پارامتر	همراه اول	ایرانسل
۱	FDD_Qoffset	عدد ۷ متناظر ۴-دسی‌بل	(0) Always select a cell if acceptable
۲	Qsearch_I	(7) Always search for 3G cells	(7) Always search for 3G cells
۳	FDD_Qmin	عدد ۶ متناظر ۱۴-دسی‌بل	عدد ۵ متناظر ۱۰-دسی‌بل
۴	FDD RSCP min	عدد ۰ متناظر ۱۱۴-دسی‌بل میلی وات	عدد ۱۲ متناظر ۹۰-دسی‌بل میلی وات



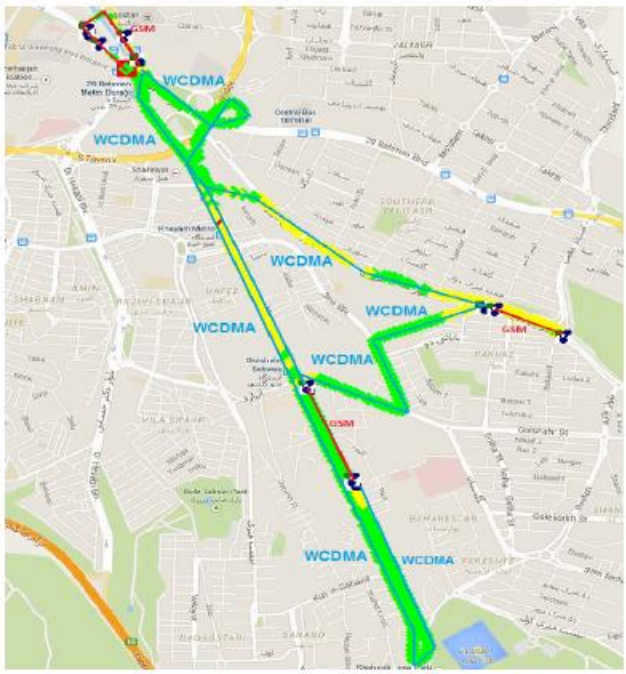
شکل ۷: نمودار آماری مقادیر دریافتی CPICH Ec/N0 در مسیر پوشش‌گیری توسط کاربر ایرانسل در وضعیت بیکار و قفل در WCDMA، میانگین ۸/٦٤-، میانه ۸- و انحراف معیار ۲/۸۷



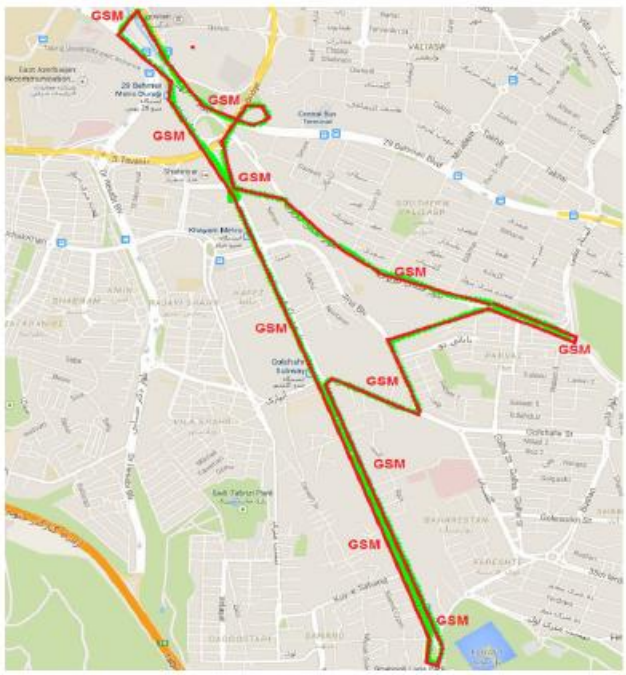
شکل ۸: نمودار آماری مقادیر دریافتی RSCP در مسیر پوشش گیری توسط کاربر ایرانسل در وضعیت بیکار و قفل در WCDMA، میانگین ۷۷/۳۵-، میانه ۷۸- و انحراف معیار ۱۱/۰٤

در مرحله دوم بررسی دو اپراتور، آزمون میدانی در وضعیت خودکار تلفن همراه انجام پذیرفت. در این آزمایش مشترک ایرانسل در ۹۱/۸ درصد نمونه‌ها شبکه نسل سه را انتخاب نمود (شکل ۹) و مشترک همراه اول در کل مسیر در شبکه GSM باقی ماند (شکل ۱۰).

با توجه به سطح سیگنال و کیفیت نسبتاً بهتر همراه اول نسبت به ایرانسل در محدوده تحت بررسی انتظار می‌رفت که در همراه اول نیز تلفن همراه غالباً شبکه WCDMA را انتخاب نماید تا از خدمات بهتر نسل سه بهره‌مند شود. در ضمن طبق اطلاعات استخراج‌شده از نرم‌افزار TEMS Investigation تعداد سلول‌های پوشش‌دهنده همراه اول در مسیر تحت بررسی ۱۹ سلول و ایرانسل ۱۳ سلول است که به‌صورت سرانگشتی انتظار می‌رود ظرفیت سرویس‌دهی نسل سه همراه اول نسبت به ایرانسل نیز بیش‌تر باشد. با این توضیح به تحلیل این مشکل در شبکه همراه اول می‌پردازیم. پارامترهای موردنیاز جهت ارزیابی انتخاب خودکار شبکه WCDMA وقتی تلفن همراه در شبکه GSM قرار دارد در اطلاعات سیستم نوع SI2q می‌باشند. پارامترهای فوق که از اطلاعات سیگنالینگی شبکه‌های همراه اول و ایرانسل استخراج گردیده‌اند به شرح جدول ۱۱ می‌باشند.



شکل ۹: وضعیت انتخاب شبکه‌های GSM و WCDMA در مسیر پوشش‌گیری توسط کاربر ایرانسل در حالت انتخاب خودکار فناوری دسترسی رادیوئی، ۹۱/۸ درصد WCDMA و ۸/۲ درصد GSM

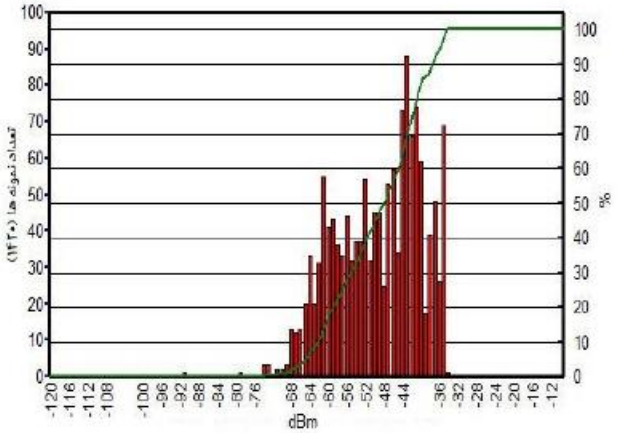


شکل ۱۰: وضعیت انتخاب شبکه‌های GSM و WCDMA در مسیر پوشش‌گیری توسط کاربر همراه اول در حالت انتخاب خودکار فناوری دسترسی رادیوئی، صفر درصد WCDMA و ۱۰۰ درصد GSM

www.SID.ir

Archive of SID

در مقایسه بین اپراتورهای همراه اول و ایرانسل مشاهده می‌گردد که پارامتر FDD_Qoffset در ایرانسل هیچ محدودیتی ایجاد نمی‌کند ولی این پارامتر در شبکه همراه اول انتخاب شبکه WCDMA را وابسته به سطح سیگنال شبکه GSM می‌نماید بدین‌صورت که اگر سطح سیگنال شبکه GSM چهار دسی‌بل یا بیش‌تر قوی‌تر از سطح توان RSCP شبکه WCDMA باشد امکان انتخاب شبکه WCDMA وجود نخواهد داشت. با توجه به شکل ۶ و شکل ۱۱، در آزمون میدانی انجام گرفته چون شبکه GSM غالباً دارای سطح سیگنال بالائی در مقایسه با شبکه WCDMA بوده است لذا در کل مسیر، شبکه WCDMA انتخاب نشده است.



شکل ۱۱: نمودار آماری مقادیر دریافتی سطح سیگنال شبکه GSM در مسیر پوشش‌گیری توسط کاربر همراه اول در وضعیت بیکار، میانگین ۴۹/۲۶-، میانه ۴۸- و انحراف معیار ۹/۲۵

شبکه همراه اول در دو شرط مربوط به پارامترهای پارامتر FDD_Qmin و FDD RSCP min شرایط را در مقایسه با اپراتور ایرانسل تسهیل کرده است ولی این مسئله امکان انتخاب شبکه WCDMA در شرایط کیفی پائین‌تر CPICH Ec/N0 را نیز که مناسب نیست فراهم می‌کند. شرایط سخت‌گیرانه‌تر اپراتور ایرانسل در شروط دوم و سوم باعث رضایت مشترکین و اطمینان از سرویس مناسب در زمان انتخاب شبکه WCDMA می‌شود. با مقایسه پارامترهای دو اپراتور با [۷] مشاهده می‌شود که ایرانسل در تنظیم پارامترهای اصلی FDD_Qoffset و FDD_Qmin مشابه پژوهش فوق اقدام نموده است و باعث پوشش وسیع‌تر شبکه UTRAN از دید کاربران خود شده است.

بحث نهائی در این بخش بررسی شرایط بازگشت به شبکه GSM از شبکه WCDMA در شبکه‌های دو اپراتور همراه اول و ایرانسل است. جهت انجام این فرایند دو گروه از پارامترهای اطلاعات سیستم مؤثرند. گروه اول مربوط به تحریک تلفن همراه مستقر در شبکه WCDMA جهت جستجوی شبکه GSM و گروه دوم پارامترهای انتخاب سلول مقصد می‌باشند. همان‌طوری که در بخش ۳-۱-۴-۳ اشاره شده است پارامترهای موردنیاز جهت شروع جستجوی شبکه GSM وقتی تلفن همراه در شبکه WCDMA مستقر است در اطلاعات سیستم SIB3 قرار دارند. جدول ۱۲ این پارامترها را به ازای دو اپراتور نشان می‌دهد.

جدول ۱۲: مقادیر پارامترهای شروع جستجوی شبکه **GSM** در شبکه **WCDMA** دو اپراتور همراه اول و ایرانسل (اسفندماه ۹۳)

ردیف	نام پارامتر	همراه اول	ایرانسل
۱	Q-qualmin	۱۸-دسی‌بل	۱۶-دسی‌بل
۲	S-SearchRAT	۴ دسی‌بل	۲دسی‌بل

طبق جدول ۱۲ در شبکه هر دو اپراتور، تلفن همراه زمانی شبکه GSM را جستجو خواهد نمود که شاخص CPICH Ec/N0 کم‌تر از ۱۴- دسی‌بل باشد. این عدد از جمع پارامترهای ردیف اول و دوم به دست می‌آید. همان‌طور که مشاهده می‌شود شرایط جستجوی شبکه GSM در هر دو اپراتور یکسان است ولی با توجه به پارامتر FDD_Qmin در تنظیمات شبکه GSM امکان پینگ‌پنگ بین دو شبکه GSM و WCDMA در شبکه اپراتور همراه اول وجود دارد ولی در شبکه اپراتور ایرانسل وجود پسماند ۴ دسی‌بل مانع وقوع پینگ‌پنگ بین GSM و WCDMA می‌شود.

جدول ۱۳: مقادیر پارامترهای شبکه **WCDMA** مؤثر در انتخاب سلول شبکه **GSM** در شبکه دو اپراتور همراه اول و ایرانسل (اسفندماه ۹۳)

ردیف	نام پارامتر	همراه اول	ایرانسل
۱	Q-hystl-s	۴ دسی‌بل	۴ دسی‌بل
۲	T-reselection-s	۱ ثانیه	۱ ثانیه
۳	Q-offset1-N	۰ دسی‌بل	۰ دسی‌بل
۴	Q-RxlevMin	۹۹-دسی‌بل میلی وات	۹۹-دسی‌بل میلی وات

جدول ۱۳ مقادیر پارامترهای شبکه WCDMA که در انتخاب سلول GSM مقصد مؤثر می‌باشند را به ازای شبکه‌های دو اپراتور همراه اول و ایرانسل نشان می‌دهد. نحوه دست‌یابی تلفن همراه به پارامترهای این جدول در بخش ۳-۱-۴-۳ توضیح داده شده است. این جدول مقادیر یکسانی را برای شبکه‌های دو اپراتور نشان می‌دهد و در نتیجه این پارامترها سطح توان سیگنال سلول شبکه GSM بایستی حداقل ۴ دسی‌بل (جمع ردیف‌های ۱ و ۳) از سطح توان RSCP سلول سرویس‌دهنده WCDMA بیش‌تر باشد و این برتری به میزان ۱ ثانیه (پارامتر ردیف ۲) تداوم یابد. البته تنها سلول‌هایی انتخاب خواهند شد که توان بالاتر از ۹۹- دسی‌بل میلی وات داشته باشند.

ایراد روش پیشنهادی، امکان ایجاد انسداد در فناوری‌های دسترسی رادیوئی پیشرفته‌تر بخصوص با توجه به رشد روزافزون گوشی‌های هوشمند است. اما هر گونه محدود سازی مشترکین از این لحاظ باعث از دست دادن مشترکین در بلند مدت خواهد شد. راه‌حل مشکل مذکور افزایش منابع رادیوئی در فناوری‌های جدیدتر و همزمان اختصاص پهنای باند نسل قبلی به نسل جدید است. استفاده از روش‌هایی چون انجام هندور از نسل بالاتر به پائین‌تر در خدمات مکالمات صوتی و یا فعال‌سازی قابلیت "انتخاب سلول با کنترل شبکه[۲۰]" در زمان اتصال به اینترنت (با هزینه افزایش تأخیر و

www.SID.ir

Archive of SID

پیچیدگی شبکه) می‌توانند راه‌گشا باشند.

۵- نتیجه

شناخت و مدیریت عملکرد تلفن همراه در وضعیت بیکار پیش‌زمینه مدیریت منابع رادیوئی شبکه‌های سلولی در وضعیت اختصاص کانال است. لذا در این مقاله با توجه به کمبود تحقیقات دانشگاهی در این زمینه به بررسی این موضوع با توجه به نیازهای داخلی کشور پرداخته شده است. همچنین با توجه به اینکه تمامی شبکه‌های سلولی تجاری کشورمان مبتنی بر استانداردهای 3GPP هستند لذا بررسی‌های این مقاله بر اساس آخرین استانداردهای 3GPP بوده و سعی گردیده است تا یک جمع‌بندی در مورد نحوه عملکرد تلفن همراه در وضعیت بیکار در محدوده پوششی و همپوشانی نسل‌های مختلف شبکه‌های سلولی انجام پذیرد و زمینه را برای تحقیقات آتی هموارتر سازد. در این بررسی مقادیر پارامترهای انتخاب سلول و انتخاب مجدد سلول به‌کار گرفته‌شده توسط اپراتورهای همراه اول، ایرانسل و در برخی موارد رایتل با استفاده از تجهیزات آزمون میدانی استخراج گردیده‌اند. سپس بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده مقایسه‌ای بین اپراتورهای همراه اول و ایرانسل در یک مسیر ۱۱ کیلومتری در خیابان‌های جنوب شرقی تبریز از دید مشترک تلفن همراه انجام پذیرفته و نشان داده شده است که در شبکه اپراتور همراه اول باوجود تعداد سایت‌های بیش‌تر و شاخص‌های کیفی نسبتاً بهتر در مقایسه با اپراتور ایرانسل، شرایط انتخاب نسل سوم در این شبکه مشکل و در مواردی نامناسب است. در این مقاله با تحلیل پارامترهای دو اپراتور دلایل این مسئله تشریح گردیده است.

با توجه به استفاده از شبکه‌های سلولی اشتراکی توسط اپراتورهای تلفن همراه بسیاری از کشورها که به‌منظور کاهش هزینه‌های توسعه انجام می‌پذیرد، در این مقاله عملکرد تلفن همراه در وضعیت بیکار در مرز بین شبکه خانگی با یک شبکه همسایه دارای قرارداد رومینگ نیز بررسی شد. در این بررسی استفاده از قابلیت "تلفن همراه معادل" جهت رفع مشکل پیشنهاد گردید. نتایج اقدامات عملی در این مورد منجر به انتخاب سیگنال‌های غالب و بهبود سطح سیگنال دریافتی میانگین تا بیست دسی‌بل در مسیر ۸ کیلومتری در مرز اپراتور همراه اول با شبکه تلفن همراه روستایی استان آذربایجان‌شرقی گردید.

سپاسگزاری

از اداره طرح و مهندسی و بهینه‌سازی ارتباطات سیار شرکت مخابرات استان آذربایجان‌شرقی به‌دلیل همکاری در تهیه مقاله حاضر تشکر می‌نماییم.

مراجع

[۱] میرجواد موسوی‌نیا، صابر میمنت‌آبادی، «کاهش PAPR در SLM بدون ارسال جداگانه اطلاعات جانبی با استفاده از روش LCG»، مجله مهندسی برق دانشگاه تبریز، دوره ۴۴، شماره ۲، صفحه ۵۱-۵۹، دانشگاه تبریز، تابستان ۱۳۹۳.

[۲] شهرام جمالی، توفان سماپور، «کنترل ازدحام مبتنی بر تخمین در شبکه‌های موردی بی‌سیم»، مجله مهندسی برق دانشگاه تبریز، دوره ۴۳، شماره ۱، صفحه ۱-۱۴، دانشگاه تبریز، تابستان ۱۳۹۲.

[3] D. A. L. Amzallag, R. Efal, R. Bar-Yehuda, D. raz and G. Scalosub, "Cell Selection in 4G Cellular Networks," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 12, pp. 1443 - 1455, 2013.

[4] X. Gelabert, J. Perez, O. Sallent and R. Agusti, "A Markovian Approach to Radio Access Technology Selection in Heterogeneous Multiaccess/Multiservice Wireless Networks," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 7, pp. 1257 - 1270, 2008.

[5] W. Juan, S. Min, Z. Yan and W. Xijun, "Traffic characteristics based dynamic radio resource management in heterogeneous wireless networks," *China Communications*, vol. 11, pp. 1 - 11, 2014.

[6] D. Flore, C. Brunner, F. Grilli, and V. Vanghi, "Cell Reselection Parameter Optimization in UMTS," *2nd International Symposium on Wireless Communication Systems*, pp. 50-53, 2005.

[7] A. Garavaglia, C. Brunner, D. Flore and M. Yang, "Inter-system cell reselection parameter optimization in UMTS," *IEEE 16th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, pp. 1636-1640, 2005.

[8] R. Wang, T. Zhang, X. Luo and D. Xiao, "A Novel Cell Reselection Method in the Scenario of Multi-RAT," *International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC)*, pp. 442-447, 2013.

[9] 3GPP TS 31.102 version 12.6.0 Release 12, *Universal Subscriber Identity Module (USIM) application*, 01-2015, http://www.3gpp.org/DynaReport/31102.htm

[10] 3GPP TS 31.102 version 12.6.0 Release 12, *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Characteristics of the Universal Subscriber Identity Module (USIM) application*, 01-2015, http://www.3gpp.org/DynaReport/31102.htm

[11] 3GPP TS 45.005 version 12.4.0 Release 12, *Radio transmission and reception*, 01-2015, http://www.3gpp.org/DynaReport/45005.htm

[12] 3GPP TS 03.22 version 8.7.0 Release 1999, *Functions related to Mobile Station (MS) in idle mode and group receive mode*, 11-2005, http://www.3gpp.org/DynaReport/0322.htm

[13] 3GPP TS 05.08 version 8.23.0 Release 1999, *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio subsystem link control*, 11-2005, http://www.3gpp.org/DynaReport/0508.htm

[14] 3GPP TS 04.08 version 7.21.0 Release 1998, *Mobile radio interface layer 3 specification*, 12-2003, http://www.3gpp.org/DynaReport/0408.htm

[15] Available: www.umtsworld.com/umts/history.htm

[16] 3GPP TS 25.101 version 12.6.0 Release 12, *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); User Equipment (UE) radio transmission and reception (FDD)*, 01-2015, http://www.3gpp.org/DynaReport/ 25101.htm

[17] 3GPP TS 25.304 version 12.3.0 Release 12, *User Equipment (UE) procedures in idle mode and procedures for cell reselection in connected mode*, 09-2014, http://www.3gpp.org/DynaReport/25304.htm

www.SID.ir

Archive of SID

[18] 3GPP TS 25.331 version 12.4.0 Release 12, *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification*, Section 10.3.2.3, 02-2015, http://www.3gpp.org/DynaReport/25331.htm

[19] REPORT ITU-R M.2134, *International Telecommunication Union (2008) Requirements related to technical performance for IMT-Advanced radio interface(s)*, http://www.itu.int/pub/R-REP-M.2134-2008

[20] 3GPP TR 36.913 version 10.0.0 Release 10, *LTE; Requirements for further advancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) (LTE-Advanced)*, 04-2011, http://www.3gpp.org/DynaReport/36913.htm

[21] 3GPP TS 36.201 version 12.1.0 Release 12, *LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); LTE physical layer; General description*, 02-2015, http://www.3gpp.org/DynaReport/36201.htm

[22] 3GPP TS 36.101 version 12.5.0 Release 12, *Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception*, 11-2014, http://www.3gpp.org/DynaReport/36101.htm

[23] 3GPP TS 36.214 version 12.1.0 Release 12, *LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer; Measurements*, 02-2015, http://www.3gpp.org/DynaReport/36214.htm

[24] 3GPP TS 36.304 version 12.3.0 Release 12, *LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) procedures in idle mode*, 02-2015, http://www.3gpp.org/DynaReport/36304.htm

[25] 3GPP TS 36.331 version 12.4.1 Release 12, *LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification*, 02-2015, http://www.3gpp.org/DynaReport/36331.htm

[26] 3GPP TS 36.133 version 12.5.0 Release 12, *LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Requirements for support of radio resource management*, 11-2014, http://www.3gpp.org/DynaReport/36133.htm

[27] 3GPP TS 36.304 version 8.10.0 Release 8, *LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) procedures in idle mode*, Section 5.2.4.2, 06-2011, http://www.3gpp.org/DynaReport/ 36304.htm

[28] 3GPP TS 44.018 version 12.4.0 Release 12, *Mobile radio interface layer 3 specification; Radio Resource Control (RRC) protocol*, 01-2015, http://www.3gpp.org/DynaReport/44018.htm

[29] 3GPP TS 45.008, Release 8, *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio subsystem link control*, Sec. 6.6.6, 02-2009, http://www.3gpp.org/DynaReport/45008.htm

[30] 3GPP TS 45.008 version 12.4.0 Release 12, *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio subsystem link control*, Section 6.6.6, 01-2015, http://www.3gpp.org/DynaReport/45008.htm

[31] 3GPP TS 25.304 version 8.3.0 Release 8, *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); User Equipment (UE) procedures in idle mode and procedures for cell reselection in connected mode*, Section 5.2.6.1.2a, 10-2008, http://www.3gpp.org/DynaReport/ 25304.htm

[32] 3GPP TS 25.331 version 12.4.0 Release 12, *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification*, Section 13.4.15c, 02-2015-02, http://www.3gpp.org/DynaReport/25331.htm

[33] 3GPP TS 23.122 version 12.6.0 Release 12, *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Non-Access-Stratum (NAS) functions related to Mobile Station (MS) in idle mode*, 03-2015, http://www.3gpp.org/DynaReport/23122.htm

[34] 3GPP TS 23.251 version 12.1.0 Release 12, *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Network sharing; Architecture and functional description*, 10-2014, http://www.3gpp.org/DynaReport/ 23251.htm

[۳۵] فرهاد دانائی یگانه، افشین ابراهیمی، «پیوستگی ارتباط Idle مشترکین تلفن سیار در مرز بین شبکه‌های سلولی دارای رومینگ ملی و شبکه‌های اشتراکی»، همایش تخصصی ارتباطات سلولار، دانشگاه جامع امام حسین، آذرماه ۱۳۹۲.

زیرنویس‌ها

[1] Broadcast
[2] Camp
[3] Handover
[4] Time Slot
[5] Frame
[6] Burst
[7] Guard Band
[8] Location Area
[9] Multi frame
[10] Limited Service
[11] No Service
[12] Stored list cell selection
[13] Spreading Codes
[14] Scrambling Codes
[15] Channelization codes
[16] Chip
[17] Offset
[18] Location Updating Accept
[19] Nodes
[20] Network Controled Cell selection

www.SID.ir