

راهکارهای سرزمین هوشمند

مستند فنی

# شبکه های سلولی

## Cellular Networks

نسخه شماره ۱



*Smart Land Solutions*

## ۱- مقدمه

مخابرات بیسیم گستره وسیعی از فن‌آوری‌ها را در بر می‌گیرد. مخابرات ماهواره‌ای، پخش تلویزیونی، شبکه‌های بیسیم محلی که با نام Wi-Fi شناخته می‌شوند، بلوتوث، موس و کیبورد های بیسیم، تلفن‌های cord less و مخابرات سلولی نمونه‌هایی از فن‌آوری‌های بیسیم هستند. با وجود اینکه کیفیت سرویس ارائه شده در مخابرات بیسیم در بسیاری از مواقع پایین‌تر از مخابرات سیمی است؛ کاربران تمایل زیادی به استفاده از این نوع ارتباطات دارند. یکی از دلایل مهم آن درجه آزادی کاربر هنگام دریافت سرویس است. وقتی کاربری از اینترنت استفاده می‌کند لازم نیست در ستگاه وی با یک کابل به شبکه متصل باشد. در پاره‌ای از موارد مخابرات بیسیم تنها راه برقراری ارتباط بین فرستنده و گیرنده‌ای است که در فاصله بسیار دور از هم قرار دارند. در واقع ارتباط بیسیم جایگزین مناسبی برای رابط‌هایی مانند سیم مسی، کابل کوکس و فیبر نوری است.

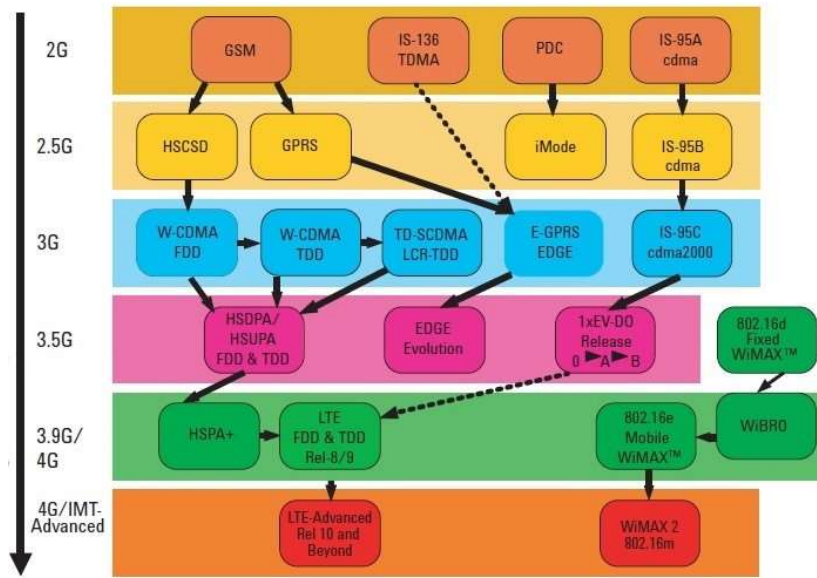
در بین فن‌آوری‌های بیسیم، شبکه‌های موبایل (سلولی) رشد سریع و چشم‌گیری داشته‌اند. امروزه کمتر کسی است که از تلفن همراه استفاده نکند. کاربران این شبکه‌ها هنگام حرکت با سرعت بالا نیز امکان دریافت سرویس به صورت پیوسته را دارند. هر چند سال یک بار نسل جدیدی از شبکه‌های سلولی معرفی می‌شود که سرویس‌های متنوع‌تر و با کیفیت بالاتر در اختیار کاربران قرار می‌دهد. هم‌اکنون نسل چهارم شبکه‌های موبایل در حال پیاده‌سازی در کشورهای مختلف است. اتحادیه جهانی مخابرات (ITU<sup>۱</sup>) مشخصاتی را که یک شبکه موبایل باید برآورده کند تا در زمره نسل جدیدی از شبکه‌های سلولی قرار بگیرد؛ تعیین می‌کند. مجموعه مشخصاتی که برای نسل سوم از سوی ITU تعیین شده است تحت عنوان IMT2000 شناخته می‌شود. همچنین IMT Advanced مشخصات سیستم‌های نسل چهارم سلولی را بیان می‌کند. این اتحادیه نقشی در طراحی، استانداردسازی و پیاده‌سازی این شبکه‌ها ندارد. 3GPP, 3GPP2 و IEEE موسساتی هستند که به تدوین استانداردهای نسل‌های جدید می‌پردازند.

ممکن است استانداردهای مختلفی در قالب یک نسل تدوین و پیاده‌سازی شوند. شکل ۱ استانداردهای پیشنهادی برای نسل‌های یک تا چهار شبکه‌های سلولی را نشان می‌دهد. کشورهایی نظیر ژاپن، آمریکا و اتحادیه اروپا استانداردهای مورد نظر خود را در نسل‌های مختلف پیاده کرده‌اند. به عنوان مثال GSM<sup>۲</sup> استاندارد نسل دوم است که توسط ETSI در اروپا طراحی و پیاده‌سازی شده است. CDMA2000 نیز استاندارد دیگری از نسل دوم است که در آمریکا پیاده‌سازی شده است. برای نسل چهارم دو استاندارد WIMAX II و LTE-Advanced پیشنهاد شده است. در حالیکه نسل چهارم در بعضی از کشورها به بهره‌برداری رسیده است محققان و کارشناسان در حال طراحی نسل پنجم شبکه‌های سلولی هستند.

نسل اول تلفن همراه در سال ۱۹۸۰ در آمریکا راه‌اندازی شد و بصورت محدود و محلی امکان مکالمه صوتی بر مبنای سیستم‌های آنالوگ را برای کاربران فراهم کرد. GSM با سوییچ کردن به فن‌آوری دیجیتال، مکالمه صوتی و ارسال پیامک (SMS) را به صورت فراگیر برای کاربران نسل دوم مهیا ساخت. با استفاده از روش‌های دیجیتال نه تنها کیفیت مکالمات افزایش یافت بلکه امکان استفاده از الگوریتم‌های رمزنگاری و جلوگیری از شنود اطلاعات نیز میسر شد. نسخه بهبود یافته نسل دوم GPRS<sup>۳</sup> امکان استفاده از سرویس دیتا با نرخ داندلود 41Kbit/s و نرخ آپلود 14Kbit/s را فراهم کرد. نسل سوم سرویس دیتا با کیفیت بالاتری در اختیار کاربران قرار داد. IMT2000 ماکزیمم نرخ داندلود را در سیستم‌های نسل سوم برای کاربران داخل ساختمان، کاربران متحرک با سرعت متوسط و کاربران متحرک با سرعت بالا به ترتیب 2048Kbit/s، 304Kbit/s و 144Kbit/s مشخص کرده است. با توجه به تمایل روزافزون کاربران به استفاده از سرویس‌های چندرسانه‌ای مانند ویدئو استریمینگ، ویدئو کنفرانس، شبکه‌های اجتماعی و بازی‌های آنلاین نرخ داندلود برای کاربران ثابت نسل چهارم 1Gbit/s و برای کاربران متحرک 300Mbit/s تعیین شد. در واقع نسل چهارم امکان اتصال کاربران به اینترنت باند پهن را به صورت بیسیم فراهم می‌سازد. LTE که در قالب نسل چهارم تدوین شده بود برای نخستین بار در دو کشور نروژ و سوئد پیاده‌سازی شد؛ اما نتوانست مشخصات IMT-Advanced را برآورده سازد. نسخه‌های بهبود یافته این استاندارد که به نام LTE-Advanced شناخته می‌شوند در نسل چهارم قرار می‌گیرند.

## ۲- یک شبکه سلولی چگونه کار می‌کند؟

در یک شبکه سلولی ناحیه تحت پوشش یک اپراتور تلفن همراه به نواحی کوچکتری به نام سلول تقسیم می‌شود. کلیه عملیاتی که در یک سلول انجام می‌شود تحت مدیریت ایستگاه پایه<sup>۴</sup> (BTS) قرار دارد. ارتباط بین کاربران و ایستگاه پایه از طریق امواج رادیویی برقرار می‌شود. ارسال از سمت کاربر به ایستگاه پایه به نام ارتباط فراسو<sup>۵</sup> شناخته می‌شود و ارسال از سمت ایستگاه پایه به کاربر ارتباط فرسو<sup>۶</sup> نام دارد. برای هر اتصال<sup>۷</sup> بین ایستگاه پایه یک کانال رادیویی اختصاص داده می‌شود. برای جلوگیری از تداخل بین اتصالات مختلف کاربران نزدیک به هم نباید از یک کانال رادیویی استفاده کنند. در فاز فراسو کاربران به سمت ایستگاه پایه ارسال می‌کنند و در فاز فرسو ارسال از سمت ایستگاه پایه به کاربران است. نحوه اختصاص کانال‌های رادیویی در فاز فرسو و فرسو تو سط روش‌های دسترس چندگانه مشخص می‌شود. این روش‌ها عبارتند از TDMA، FDMA و CDMA. ارتباطات فراسو و فرسو در سیستم‌های سلولی می‌توانند در زمان‌های متفاوت و در یک باند فرکانسی انجام پذیرند<sup>۸</sup> (TDD) و یا بصورت همزمان ولی در باند های فرکانسی متفاوت<sup>۹</sup> (FDD) محقق شوند.



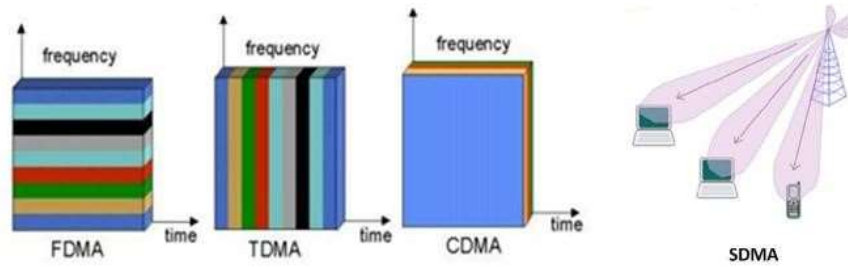
شکل ۱: تکامل شبکه های موبایل تا نسل چهار

### ۳- روش های دسترسی چندگانه

زمان، فرکانس و کد سه بعد متفاوتی هستند که برای تعریف یک کانال رادیویی استفاده می شوند. در روش دسترسی چندگانه<sup>۱۱</sup> TDMA زمان بین کاربران تقسیم می شود و هر بازه از زمان به یک کاربر (برای ارسال / دریافت) اختصاص می یابد. در<sup>۱۲</sup> FDMA پهنای باند اختصاص یافته به یک سلول بین کاربران تقسیم می شود. در<sup>۱۳</sup> CDMA تمام کاربران می توانند در کل زمان و کل پهنای باند موجود ارسال/دریافت کنند، لیکن از کدهایی که بر هم متعامد هستند، استفاده می کنند. این بدین معنی است که گیرنده با دانستن کلمه کد هر کاربر می تواند اطلاعات مربوط به آن کاربر را از بین سیگنال های دریافتی دیگر جدا کند. روش دسترسی دیگری است که به کاربران نزدیک هم امکان استفاده از یک کانال رادیویی بدون اینکه تداخل قابل ملاحظه ای دریافت کنند؛ می دهد. در این روش ایستگاه پایه یا نقطه دسترسی با استفاده از چند آنتن و روش های پردازش سیگنال می تواند تشعشعات آنتن ها را بصورت بیم های مختلف شکل دهی کند و هر بیم را به سمت یک کاربر متمرکز کند. به تعبیری می توان گفت فضا به عنوان بعد جدیدی برای تعریف کانال در نظر گرفته می شود. با تغییر هر کدام از این چهار بعد، کانال (منبع) جدیدی برای استفاده کاربران ایجاد می شود، شکل ۲. نسل های مختلف و استانداردهای متفاوت یک نسل ممکن است از روش های دسترسی چندگانه متفاوتی استفاده کنند. مثلا GSM از TDMA استفاده می کند و CDMA 2000 از CDMA<sup>۱۴</sup>، UMTS که استاندارد نسل سوم است از روش CDMA باند پهن (WCDMA) استفاده کرده که ظرفیت بالاتری را نسبت به TDMA و CDMA برای سیستم های سلولی فراهم می کند.

### ۴- شبکه دسترسی رادیویی

هر چند ایستگاه پایه که در یک منطقه جغرافیایی قرار دارند به یک کنترل کننده ایستگاه پایه<sup>۱۵</sup> (کنترل کننده رادیویی) متصل می شوند. ارتباط این کنترل کننده ها با ایستگاه پایه از طریق اتصالات رادیویی مانند لینک های مایکروویو و یا لینک های زمینی مانند فیبر نوری برقرار می شود. اکثر ایستگاه های پایه مجهز به دیش های مایکروویو برای برقراری ارتباط با کنترل کننده های ایستگاه های پایه هستند. این کنترل کننده ها ترافیک کاربران را به سمت شبکه هسته و بالعکس هدایت می کنند و می توانند بصورت محلی در مورد تخصیص کانال به کاربران و مدیریت دست به دست شدن<sup>۱۶</sup> تصمیم گیری کنند. مجموعه ایستگاه های پایه و کنترل کننده ها به نام شبکه دسترسی رادیویی<sup>۱۷</sup> شناخته می شوند.

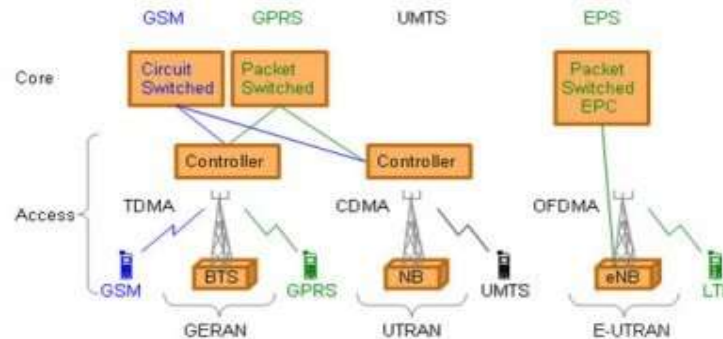


شکل ۲: روش‌های دسترسی چندگانه

## ۵- شبکه هسته

شبکه هسته<sup>۱۸</sup> شامل المان‌هایی مانند مرکز سوئیچینگ موبایل<sup>۱۹</sup> MSC، HLR<sup>۲۰</sup> و VLR<sup>۲۱</sup> است. VLR و HLR پایگاه‌های داده‌ای هستند که اطلاعات مربوط به کاربران را به ترتیب به صورت دائمی و موقت نگه می‌دارند. ترافیک کاربران از طرف کنترل‌کننده‌ها وارد مرکز سوئیچینگ موبایل می‌شود و در صورت لزوم به سمت شبکه PSTN هدایت می‌گردد. مکالمات صوتی در نسل دوم و سوم با استفاده از سوئیچینگ مدار<sup>۲۲</sup> بین مبدا و مقصد انجام می‌پذیرد. در سوئیچینگ مدار مسیری و منابعی از شبکه هسته و شبکه دسترسی رادیویی به یک تماس اختصاص می‌یابد. این منابع در تمام مدت برقراری تماس برای سایر تماس‌ها قابل استفاده نیست. در GPRS و UMTS سرویس دیتا نیز به کاربران ارائه می‌شود. این شبکه‌ها از سوئیچینگ مدار برای انتقال ترافیک صوتی و از سوئیچینگ پاکتی<sup>۲۳</sup> برای انتقال ترافیک دیتا استفاده می‌کنند. در سوئیچینگ پاکتی اطلاعات کاربران بصورت بسته‌های IP درآمده و ممکن است مسیرهای مختلفی را تا مقصد طی کنند. در این نوع سوئیچینگ منابع شبکه به صورت مشترک توسط بسته‌های IP استفاده می‌شود.

زمانی که کاربر جدید روی یک کانال کنترلی تقاضای کانال می‌کند، این تقاضا از طریق ایستگاه پایه به MSC منتقل می‌شود. اگر کانالی موجود باشد به کاربر اختصاص داده می‌شود و در غیر این صورت تقاضای کاربر رد می‌شود. دست به دست شدن زمانی رخ می‌دهد که سطح سیگنال دریافتی کاربر یا ایستگاه پایه ضعیف باشد. مثلاً زمانی که یک کاربر متحرک از یک سلول به سلول دیگر وارد می‌شود چنین وضعیتی رخ می‌دهد. در این صورت ایستگاه پایه به مرکز سوئیچینگ اطلاع می‌دهد که موبایل نیاز به دست به دست شدن دارد؛ سپس مرکز سوئیچینگ بررسی می‌کند از بین ایستگاه‌های پایه، کدام یک سیگنال کاربر را با کیفیت مطلوب دریافت می‌کند. اگر چنین ایستگاه پایه‌ای وجود داشته عملیات دست به دست شدن بین ایستگاه پایه جدید و ایستگاه پایه قدیم انجام می‌شود. اگر در سلول ایستگاه پایه جدید، کانال خالی وجود داشته باشد تماس ادامه پیدا می‌کند و در غیر این صورت قطع می‌شود. آنچه بیان کردیم ساختار کلی یک شبکه سلولی مبتنی بر GSM/GPRS بود. نسل سوم نیز ساختاری مشابه نسل دوم دارد. بعضی از المان‌های شبکه مانند MSC، HLR و VLR قابل استفاده در نسل سوم هستند. ایستگاه‌های پایه و کنترل‌کننده‌های ایستگاه پایه که به ترتیب با نام Node B و کنترل‌کننده رادیویی<sup>۲۴</sup> در نسل سوم شناخته می‌شوند از جمله المان‌هایی هستند که باید جایگزین شوند. در حالیکه GPRS و نسل سوم از سوئیچینگ مدار و سوئیچینگ پاکتی در شبکه هسته استفاده می‌کنند نسل چهارم سوئیچینگ پاکتی و بستر IP را برای ارائه کلیه سرویس‌ها از جمله صوت، ویدیو و دیتا انتخاب کرده است. شبکه هسته نسل چهارم که با نام EPC<sup>۲۵</sup> شناخته می‌شود؛ یک ساختار سبک و کارآمد است. هنگامیکه کاربر گوشی خود را روشن می‌کند یک آدرس IP به او اختصاص داده می‌شود و زمانی که گوشی خود را خاموش می‌کند آدرس IP آزاد می‌شود.



شکل ۳: شبکه دسترسی رادیویی از GSM تا LTE-Advanced [1]

## ۶- فناوری‌های پیشرفته در شبکه دسترسی نسل چهار

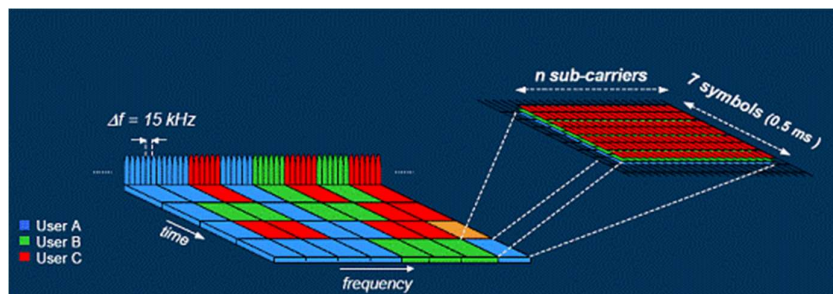
ساختار شبکه دسترسی رادیویی نیز در نسل چهار تغییر یافته و ساده‌تر شده است. در LTE-Advanced کنترل کننده رادیویی وجود ندارد و وظایف این نود به ایستگاه‌های پایه که (eNodeB<sup>۲۶</sup>) نام دارند سپرده شده‌است. با توجه به ساختار جدید، زمان لازم برای برقراری ارتباط و دست به دست شدن کمتر می‌شود. LTE-Advanced از شبکه‌های دسترسی متفاوت پشتیبانی می‌کند. در واقع ایده نسل چهار این است که کاربران از شبکه‌های دسترسی مختلف مانند GSM و Wi-Fi به شبکه هسته واحد که از بستر IP استفاده می‌کند متصل شوند. شبکه دسترسی رادیویی نسل چهارم (E-UTRAN<sup>۲۷</sup>) از فن آوری‌های نوینی استفاده می‌کند که نتیجه آن افزایش بهره‌وری طیفی، افزایش تعداد کاربران فعال هم‌زمان و کیفیت سرویس تضمین شده برای کاربران است.

### ۶-۱- OFDMA

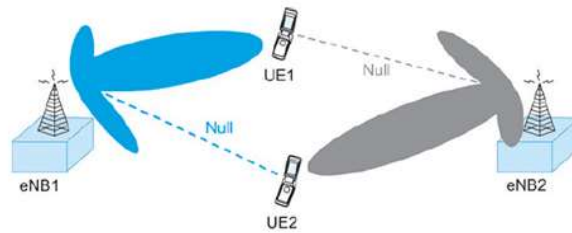
روش دسترسی چندگانه مورد استفاده در انتقال فرسوسو<sup>۲۸</sup> OFDMA و فراسو<sup>۲۹</sup> SCFDMA است. OFDMA یک فن آوری چند حاملی است که از بعد زمان و فرکانس برای تخصیص منابع رادیویی به کاربران استفاده می‌کند. در پهنای باند موجود تعداد زیادی زیرحامل تعریف می‌شوند که بر هم عمود هستند. عمود بودن زیرحامل‌ها این امکان را به گیرنده می‌دهد که داده‌های هر کلام از زیرحامل‌ها را آشکار سازی کند. برای اینکه زیرحامل‌ها بر هم عمود باشند باید فاصله فرکانسی معینی با هم داشته باشند. در LTE هر ۱۲ زیر حامل تشکیل یک بلوک منبع می‌دهند. بعد دیگر بلوک منبع زمان است. به هر کاربر بر حسب سرویس مورد استفاده و کیفیت سرویس مورد نیاز یک یا چند بلوک منبع اختصاص داده می‌شود. در واقع در نظر گرفتن بعد زمان این امکان را به وجود می‌آورد که زیرحامل‌ها به صورت مشترک به کاربران اختصاص یابند. در حالی که یک زیر حامل در یک زمان به یک کاربر اختصاص دارد در زمان دیگر به کاربر دیگری اختصاص می‌یابد شکل ۴.

### ۶-۲- چند ورودی-چند خروجی (مایمو)

در این فن آوری، هم فرستنده و هم گیرنده می‌توانند مجهز به چند آنتن باشند. Wi-Fi، WiMAX و LTE از جمله سیستم‌هایی هستند که از مایمو استفاده می‌کنند. مایمو می‌تواند برای بهبود کیفیت و قابلیت اطمینان ارتباطات مورد استفاده قرار گیرد. فرستنده می‌تواند یک جریان دیتا را از آنتن‌های مختلف ارسال کند. چنانچه آنتن‌ها فاصله معینی از هم داشته باشند کانال‌های مستقلی بین فرستنده و گیرنده ایجاد می‌شود و امکان اینکه هم‌زمان همه کانال‌ها سیگنال ارسالی را به نحو مخربی تحت تاثیر قرار دهند کاهش می‌یابد. گیرنده نسخه‌های متفاوتی از سیگنال ارسالی را دریافت می‌کند که می‌تواند با پردازش آن‌ها سیگنال ارسالی را با کیفیت بهتری نسبت به سیستم‌های تک‌آنتنه بازسازی کند. سیستم‌های چند آنتنه می‌تواند برای افزایش ظرفیت (نرخ ارسال) بین فرستنده و گیرنده به کار رود. در واقع با استفاده از چند آنتن در فرستنده و گیرنده می‌توان چند مسیر موازی برای ارسال دیتا بین فرستنده و گیرنده به وجود آورد. در این حالت بدون استفاده از پهنای باند بیشتر که منبع باارزشی و کمیابی محسوب می‌شود؛ نرخ ارسال افزایش یافته‌است. شکل ۳۱ دهی پرتو کاربرد دیگری است که می‌توان با استفاده از سیستم‌های چندآنتنی به آن دست یافت. در شکل دهی پرتو قسمت عمده انرژی تابشی از آنتن‌ها در جهت خاصی متمرکز می‌شود. از این روش می‌توان برای افزایش کیفیت سیگنال دریافتی کاربرانی که در مرز سلول قرار دارند؛ استفاده کرد، شکل ۵.



شکل ۴: هر بلوک در OFDMA دارای بعد زمان و مکان است.



شکل ۵: شکل‌دهی پرتو برای افزایش کیفیت سرویس کاربرانی که در مرز سلول قرار دارند.

### ۳-۶- انعطاف‌پذیری در طیف و تجمیع حامل‌ها

LTE-Advanced برای باندهای متفاوت فرکانسی در فاصله 700 MHz تا 2.7GHz طراحی شده‌است. این ویژگی راضی کردن محدودیت‌های عملی از طرف رگولاتوری‌ها و پیاده‌سازی این استاندارد در کشورهای مختلف را تسهیل می‌سازد. پهنای باند کانال‌های LTE-Advanced از 4MHz تا 200 MHz متغیر است. تجمیع حامل‌ها فن‌آوری است که LTE-Advanced از آن بهره می‌گیرد تا نرخ دیتا و ظرفیت سیستم را بالا ببرد. با تجمیع باندهای فرکانسی می‌توان کانال‌هایی با پهنای باند بالاتر به دست آورد. این امکان وجود دارد که باندهای فرکانسی بصورت غیر پیوسته و از فرکانس‌های متفاوت انتخاب شود. از آن جایی که ممکن است پهنای باند کافی در یک محدوده فرکانسی در اختیار یک اپراتور نباشد؛ این موضوع مزیت مهمی محسوب می‌شود. عمده چالش در نقاط انتهایی و لایه فیزیکی است. دستگاه‌های کاربران باید مجهز به فرستنده/گیرنده‌هایی باشند که ارسال و دریافت را در باندهای مختلف پشتیبانی کند. هم‌اکنون با تجمیع ۵ حامل (کانال) پهنای باند کانال LTE-Advanced تا 100 MHz هم می‌رسد.

### ۴-۶- رله

رله‌ها ایستگاه‌های پایه کوچکی هستند که برای افزایش پوشش کاربرانی که در مرز سلول و دور از ایستگاه پایه هستند؛ مورد استفاده قرار می‌گیرند. رله حکم یک تکرارکننده را دارد و آنچه را از ایستگاه پایه در یافت می‌کند، تقویت و ارسال می‌کند.

### ۵-۶- فمتوسل

فمتوسل‌ها یا ایستگاه پایه خانگی<sup>۳</sup>، ایستگاه‌های پایه با توان مصرفی کم، برد محدود و ارزانی هستند که به منظور افزایش پوشش و ظرفیت شبکه سلولی برای نصب در منازل، ادارات و مکان‌های تجاری طراحی شده‌اند.

### ۶-۶- ارتباط مستقیم کاربر

ارتباط مستقیم کاربر<sup>۳</sup>، به کاربران سلولی که در نزدیکی هم هستند اجازه می‌دهد به طور مستقیم و بدون اینکه ترافیک خود را از ایستگاه پایه عبور دهند با هم در ارتباط باشند. در واقع یک ارتباط تک‌گامه بین فرستنده و گیرنده جایگزین ارتباط سلولی شامل فراسو و فروسو می‌شود. کاهش مصرف توان، افزایش نرخ ارسال و کاهش تأخیر از جمله مزایای این فن‌آوری افزونه برای شبکه‌های سلولی است. هم‌چنین بستر مناسبی برای ایجاد سرویس‌های جدید فراهم می‌گردد.

## مراجع

- [1] 3GPP, [Online]. Available: <http://www.3gpp.org/>.
- [2] A. Goldsmith, Wireless Communication, Cambridge University Press., 2005.
- [3] Rohde-Schwarz White Papers [Online]. Available: [http://www.rohde-schwarz.com/en/solutions/wireless-communications/lte/applications/applications\\_57856.html](http://www.rohde-schwarz.com/en/solutions/wireless-communications/lte/applications/applications_57856.html).
- [4] I. F. Akyildiz, D. M. Gutierrez-Estevéz, R. Balakrishnan and E. Chavarria Reyes, "LTE-Advanced and the evolution to Beyond 4G (B4G) systems," Physical Communication, vol.10, pp. 31-60, 2014.

## زیرنویس‌ها

<sup>1</sup> International Telecommunication Union

- 
- <sup>2</sup> Global System for Mobile Communications
  - <sup>3</sup> General Packet Radio Service
  - <sup>4</sup> Base Transceiver Station
  - <sup>5</sup> Up link
  - <sup>6</sup> Down link
  - <sup>7</sup> Connection
  
  - <sup>8</sup> Time Division Duplex
  - <sup>9</sup> Frequency Division Duplex
  - <sup>10</sup> Time Division Multiple Access
  - <sup>11</sup> Frequency Division Multiple Access
  - <sup>12</sup> Code Division Multiple Access
  - <sup>13</sup> Space Division Multiple Access
  - <sup>14</sup> Universal Mobile Telecommunication System
  - <sup>15</sup> Base Station Controller (BSC)
  - <sup>16</sup> Hand over
  - <sup>17</sup> Radio Access Network
  - <sup>18</sup> Core Network
  - <sup>19</sup> Mobile Switching Center
  - <sup>20</sup> Home Location Register
  - <sup>21</sup> Visiting Location Register
  - <sup>22</sup> Circuit Switching
  - <sup>23</sup> Packet Switching
  - <sup>24</sup> Radio Network Controller (RNC)
  - <sup>25</sup> Evolved Packet Core
  - <sup>26</sup> Evolved Node B
  - <sup>27</sup> Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)
  - <sup>28</sup> Orthogonal Frequency Division Multiple Access System
  - <sup>29</sup> Single Carrier Frequency Division Multiple Access System
  - <sup>30</sup> MIMO
  - <sup>31</sup> Beamforming
  - <sup>32</sup> Home eNodeB
  - <sup>33</sup> Device-to-Device Communication



راهکار سرزمین هوشمند یک شرکت پیشرو در حوزه فن آوری اطلاعات است. عمده فعالیت این شرکت دانش بنیان صنعتی در بخش backend موبایلی، خدمات ارزش افزوده موبایلی، طراحی و پیاده‌سازی نرم‌افزارهای موبایلی، سیستم‌های اطلاعاتی، امنیت مجازی پایش و پالایش اخبار متمرکز است.

تهران خیابان کارگر شمالی، پارک علم و فن آوری دانشگاه تهران، ساختمان شماره ۳ - ۸۸۷۲۰۱۱ - [www.sls.ir](http://www.sls.ir)