

الله أكبر  
الله أكبر

پروژه

فناوری LTE

تهیه و تدوین :

بابک شیخی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

[www.pc-drop.com](http://www.pc-drop.com)

[www.pc-drop.ir](http://www.pc-drop.ir)

تقدیم به:

« آنان که اهل تفکر و تعقل اند »

## بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَإِنْ مِنْ شَيْءٍ إِلَّا عِنْدَنَا خَزَائِنُهُ وَمَا نُنزِلُهُ إِلَّا بِقَدَرٍ مَعْلُومٍ { خزائن و گنجینه های  
همه چیز تنها نزد ماست ، ولی ما جز به اندازه ی معین آن را نازل نمی کنیم {  
(سوره ی حجر آیه ی ۲۱).

جا دارد در ابتدا از تمام خوانندگان ارجمند این مقاله تشکر نموده واز همکاران و دوستان کنجکاو تقاضا نمایم که اگر اشتباهی یا لغزشی در این مقاله مشاهده نمودند مبتنی بر مولف بگذارند کتباً یا شفاهاً به اینجانب اطلاع دهند تا در مقالات بعدی رعایت گردد.

استادان ارجمند ، دوستان و خوانندگان گرامی به محدودیت ها و کاستی های خواسته و ناخواسته ی یک متن درخور واقف اند . در هر حال نمی توان از این حقیقت گذشت که :  
« هرکس کتابتی کرد ، خویشتن آماج ساخت و کس تا کتابی ننوشته یا شعری نسروده آسوده است ».

جا دارد با سپاس و قدردانی فراوان از همه کسانی که با ارائه انتقادات و پیشنهادهای سازنده در کتابت اینجانب نقش داشته اند ، چشم به راه دیدگاه های این بزرگواران ، استادان و خوانندگان درباره ی این مقاله باشم .  
باشد که این اثر ناچیز در پیشگاه اربابان فضل و ادب مطلوب واقع افتد و با انتقادات ادبانه ی خود نسبت به مندرجات آن نویسنده را یاری و تشویق فرمایند .

و من الله توفیق و علیه التکلان

بابک شیخی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

# فهرست

۷.....	چکیده مقاله.....
۸.....	مقدمه.....
۱۱.....	نسل دوم شبکه تلفن همراه یا 2G.....
۱۱.....	نسل سوم شبکه تلفن همراه یا 3G.....
۱۲.....	GSM.....
۱۳.....	HSDPA.....
۱۳.....	وایمکس: WiMAX.....
۱۴.....	لایه فیزیکی.....
۱۴.....	لایه کنترل دسترسی به رسانه ( پیوند داده).....
۱۵.....	نسل چهارم شبکه تلفن همراه.....
۱۸.....	استانداردهای تلفن همراه.....
۲۱.....	فناوری LTE خودروهای آینده آئودی را هدایت می کند.....
۲۲.....	فناوری LTE در استادیوم فوتبال.....
۲۳.....	LTE.....
۲۴.....	TCP/IP.....
۲۵.....	IP.....
۲۶.....	مجموعه پروتکل اینترنت.....
۲۸.....	ویژگی های فناوری LTE.....
۳۰.....	نتیجه.....
۳۱.....	ضمیمه ها.....
۳۱.....	VOIP.....
۳۳.....	MIMO.....
۳۴.....	OFDM.....
۳۶.....	مدولاسیون چند حاملی.....

٣٧.....	٣G
٤٠.....	Protocol
٤١.....	Acronyms
٤٤.....	منابع

## چکیده مقاله :

نسل چهارم یا (4G) واژه‌ای است که برای توصیف شبکه‌های بی‌سیم تکامل‌یافته یا ماورای نسل سوم استفاده می‌شود و شاید بتوان گفت نام تجاری آن در 3GPP به صورت LTE است.

نسل چهارم، یک راه‌حل جامع بر مبنای IP برای انتقال صدا، تصویر و داده استفاده می‌کند و بر پایه اصل "هرجا و هر زمان" داده‌ها را با سرعتی بسیار بالاتر از نسل‌های قبل در اختیار کاربر قرار می‌دهد. از لحاظ تکنیکی در نگاه ساده سرعت بارگذاری و بارگیری در LTE نسبت به نسل‌های قبل بسیار بالاتر است. البته جدای از نرخ داده بالا، تاخیر کمتر در ارسال بسته‌ها که منجر به کیفیت فوق‌العاده VoIP، ویدئو کنفرانس و سرویس‌های همزمان می‌شود و همچنین از دید یک اپراتور پهنای باند با کانال‌های متغیر که در محدوده ۲۰-۱.۲۵ MHz است.

مهمترین ویژگی برجسته LTE این است که تمامی زیرساخت آن بر اساس IP است، به عبارت بهتر بخش هسته شبکه کاملاً همگام با پروتکل‌های TCP/IP است و از سیگنالینگ معمولی که در شبکه‌های قدیمی‌تر به خصوص GSM استفاده می‌شد خبری نیست.

نرخ انتقال داده در این فناوری ۳۲۶ مگابیت در ثانیه برای بارگیری و ۸۶ مگابیت در ثانیه برای بارگذاری در طیف فرکانسی ۲۰ مگاهرتز است که در این شرایط حدود ۴۰۰ کاربر به صورت همزمان در یک سلول می‌توانند فعال و در عین حال متحرک باشند.

در شبکه نسل سوم پیشرفته یا HSPA تاخیر در حدود ۴۰ تا ۵۰ میلی‌ثانیه است که در LTE به حدود ۱۰ میلی‌ثانیه کاهش می‌یابد.

## مقدمه

بر اساس آخرین تحقیقات به عمل آمده از موسسه تحقیقاتی اینفونوتیکس، وایمکس در سال ۲۰۰۹ رشد قابل توجهی نخواهد داشت، توسعه و پشتیبانی از LTE به عنوان استراتژی اصلی اکثر شرکت‌های مخابراتی در نظر گرفته شده و علت عمده آن خروج شرکت‌های معتبری چون نورتل و آلتاکل - لوسنت که جزو چهار فروشنده اصلی تجهیزات وایمکس در جهان هستند، از بازار تولید وایمکس است. حتی شرکت بزرگی همچون نوکیا که از تولیدکنندگان برتر وایمکس و عضو ثابت انجمن جهانی وایمکس است از پشتیبانی تجهیزات این فناوری دست کشیده و استراتژی خود را بر توسعه تجهیزات مبتنی بر LTE معطوف کرده است.

فناوری LTE با سرعت بارگیری ۳۲۶ مگابیت در ثانیه و سرعت بارگذاری ۸۶ مگابیت در ثانیه در باند ۲۰ مگاهرتز در سال ۲۰۱۰ در بازار بوجود آمد و قرار بود تکنولوژی وایمکس با استاندارد (۱.۵ e Rel ۸۰۲.۱۶) در همین سال با سرعت ۷۰ مگابیت در ثانیه به بازار مصرف ارائه شود که البته این پیش‌بینی برای ورود وایمکس به بازار قبل از بحران اقتصادی در جهان بوده است.

نسخه پیشرفته‌تر LTE که در سال ۲۰۱۱ روانه بازار شد نیز قبل از نسخه m ۸۰۲.۱۶ وایمکس که منطبق بر شبکه‌های نسل چهارم است تجاری می‌شود و با ورود این نسخه از وایمکس، نسخه فوق پیشرفته LTE یعنی Rel ۱۰ که از لحاظ فنی قابلیت‌های بهتری نسبت به همتای وایمکس خود دارد وارد دنیای بزرگ شبکه تلفن همراه می‌شود. اتحادیه جهانی وایمکس طی گزارشی که حدود دو ماه پیش منتشر کرد، اعلام کرده است که در حال حاضر ۴۳۰ میلیون مشترک را در سطح جهان پوشش می‌دهد و پیش‌بینی کرده تعداد این کاربران تا سه سال دیگر به ۸۰۰ میلیون نفر برسد که با توجه به پتانسیل موجود و شرایط فعلی رویایی بیش به نظر نمی‌رسد. اما اگر کمی واقع‌بینانه و به دیگر آمارها همچون آماری که کمپانی Maravedis ارائه می‌دهد نگاه کنیم متوجه می‌شویم



که رقم واقعی کاربران وایمکس در حال حاضر بین دو تا سه میلیون است که با حقیقت کمی سازگارتر به نظر می‌رسد.

اکنون بهتر است نگاهی به آمار کاربران شبکه تلفن همراه ۳GPP بیندازیم که با عدد نجومی حدوداً یک میلیارد مواجه می‌شویم که قسمت اعظم آنها تمایل به استفاده از شبکه نسل جدید آن که همان LTE باشد، دارند. با نگاهی به نحوه توزیع کاربران شبکه های ۳G+ در دنیا که رقم آن براساس گزارش Media & InformaTelecoms به بیش از دو میلیارد تا سال ۲۰۱۳ خواهد رسید، کاربران وایمکس تنها ۱۰۳ میلیون، حدود پنج درصد از کل کاربران را تشکیل می‌دهند و این نشان می‌دهد که اگر خوشبینانه فرض شود که وایمکس تا آن زمان بتواند دوام آورد، درصد بسیار ناچیزی را در مقابل تعداد کاربران ۳GPP & ۲GPP کسب خواهد کرد.

عمده بازار وایمکس دنیا در حال حاضر به اروپا و استرالیا محدود می‌شود، البته طیفی از کاربران نیز در آمریکای جنوبی و آفریقا هستند و در این میان خاورمیانه کمترین میزان کاربر وایمکس در دنیا را دارد. طبق گزارش Media & InformaTelecoms تنها چهار درصد از کل کاربران وایمکس در خاورمیانه و حدود ۳۰ درصد آن در اروپا هستند. در استرالیا اغلب سرویس دهنده‌های وایمکس سرویس‌دهی خود را متوقف کرده و بقیه نیز قصد توقف آن را دارند و به جای وایمکس استفاده از ۳G را برای کاربران تبلیغ می‌کنند. در اروپا نیز شبکه نسل سوم بسیار فراگیر است و استفاده از آن به علت قابلیت تحرک بیشتر، کیفیت مناسب و از همه مهمتر ارزان تر بودن نسبت به وایمکس فزونی دارد. علاوه بر آن در حال حاضر دو کشور سوئد و نروژ در حال پیاده‌سازی LTE هستند که به سرعت در تمامی اروپا تا دو سال آینده نفوذ خواهد کرد و منجر به از رده خارج شدن وایمکس در این قاره می‌شود. استاندارد ۳GPP از وایمکس که در حال حاضر در بیشتر کشورهای دنیا پیاده‌سازی شده ۳GPP است ولی در بعضی نقاط نیز نسخه سیار آن یعنی ۳GPP پیاده‌سازی شده و در حال حاضر این نسخه از استاندارد در حال پیاده سازی و توسعه در دنیا است و تمامی آمارهای مربوط به این حوزه صرفاً منحصر به همین استاندارد است در حالیکه می‌دانیم ویژگی‌های فنی این نسخه هیچ شباهتی به LTE ندارد و اگر قرار باشد وایمکس به عنوان شبکه نسل آینده عنوان شود و یا با تکنولوژی

همچون LTE مقایسه کرد باید منتظر نسخه بعدی آن که هنوز به بازار عرضه نشده است (m۸۰۲.۱۶) بود که شاید بتوان آن را با LTE مقایسه کرد.

ضرب نفوذ بسیار پائین شبکه وایمکس در خاورمیانه، دلیل روند رو به رشد آن را در این منطقه به وضوح نمایان می‌کند، ایران نیز از این قاعده مستثنی نیست و این یکی از دلایل اصلی ورود تکنولوژی وایمکس به ایران به شمار می‌رود. با توجه به مطالب ذکر شده شاید راحت تر بتوان گفت که شبکه نسل آینده LTE است که به بررسی آن می پردازیم.

دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

## نسل دوم شبکه تلفن همراه یا 2G

نسل دوم گوشی‌های تلفن که به صورت دیجیتال می‌باشند و شامل سیستم‌های GSM, TDMA, CDMA هستند. از خصوصیات آنها می‌توان به سرعت بالای انتقال اطلاعات صوتی و انتقال محدود داده‌ها یا اطلاعات اشاره کرد.

بسیاری از شبکه‌های AMPS می‌توانند تا حدی به D-AMPS تبدیل شوند که اغلب TDMA خوانده می‌شود. این سیستم دیجیتالی است و استاندارد 2G در آن مورد استفاده Wireless و سیستم سلولی آمریکایی است. از آن در کانادا و ونزوئلا نیز استفاده شده است.

## نسل سوم شبکه تلفن همراه یا 3G

روشی برای انتقال اطلاعات در تلفن‌های همراه و سیستم‌های بدون سیم می‌باشد. نسل جدید شبکه موبایل با رویکرد مولتی مدیا می‌باشد. 3G برخلاف جی‌اس‌ام که نسلی برای انتقال صدا و اطلاعات بود، این نسل جدید سرعت بالا برای انتقال مولتی مدیا را فراهم می‌سازد. در نسل سوم همه چیز در قالب اطلاعات دیجیتال منتقل می‌شود. با سرعت نسبتاً بالایی که در تلفن‌های نسل سوم پیش بینی شده است، امکاناتی از قبیل تلفن‌های تصویری بی سیم، با کیفیت مناسب مقدور خواهد بود.

اولین کشوری که از شبکه 3G به صورت گسترده و تجاری استفاده کرد، کشور ژاپن بود. در اولین روز ماه اکتبر سال 2001، بزرگ‌ترین شرکت مخابراتی ژاپن، ان‌تی‌تی دوکومو، سرویس‌های مخابراتی خود را به نسل سوم مجهز کرد. از سال 2005، شبکه‌های نسل سوم ضریب نفوذ خود را افزایش داده‌اند، یکی از علل را می‌توان در پر شدن گنجایش نسل دوم شبکه‌های مخابراتی دانست. شبکه‌های نسل دوم برای انتقال اطلاعات صوتی با سرعت پایین طراحی شده است. از همین رو براساس نیازهای مشترکین به ارتباطات پر سرعت تر، این نسل وارد عمل شد.

## GSM

یا سامانه جهانی ارتباطات همراه یکی از متداول ترین استانداردهای تلفن های همراه در جهان است. فروشنده اصلی آن یعنی شرکت جی اس ام تخمین می زند که ۸۰ درصد از بازار جهانی تلفن همراه از این استاندارد استفاده می کند. سه میلیارد نفر در ۲۱۲ کشور از این استاندارد بهره می گیرند. گستردگی این استاندارد رومینگ بین المللی میان اپراتورهای تلفن همراه را رایج نموده است. این امکان مشترکین را قادر می سازد از تلفن های همراه خود در بیشتر نقاط دنیا استفاده کنند.

جی اس ام در اصل کوتاه شده ی عبارت فرانسوی **Groupe Spécial Mobile** (گروه ویژه ی تلفن همراه) است. تفاوت **GSM** با تکنولوژی های پیش از آن در سیگنالینگ و کانال های صدای دیجیتال است و به همین دلیل از آن به عنوان نسل دوم سیستم های تلفن همراه (۲G) یاد می شود. همچنین **GSM** برای اولین بار یک جایگزین ارزان (برای حامل شبکه) برای تماس های تلفنی ارائه کرد، سرویس پیام کوتاه (SMS)، که امروزه در سایر استانداردهای تلفن همراه نیز پشتیبانی می شود. یک مزیت دیگر آن است که استاندارد شامل یک شماره تلفن اورژانس جهانی ، ۱۱۲، می باشد.

نسخه های جدیدتر با استاندارد اصلی گوشی های **GSM** سازگار هستند. به عنوان مثال، در نسخه ۹۷ استاندارد قابلیت بسته داده با استفاده از **GPRS** افزوده شده است. نسخه ۹۹ با استفاده از تکنولوژی **EDGE** ارسال داده با سرعت بالا را ارائه کرد.

## HSDPA

بسته ی دست رسی دریافتی پر سرعت (Downlink Packet Access High-Speed) مخفف HSDPA، یک پروتکل پیشرفته نسل سوم ارتباطات موبایل، از خانواده بسته دست رسی پر سرعت HSPA (نسل سه و نیم شبکه تلفن همراه) است. این شبکه در حال حاضر می تواند سرعت های دریافتی ۱،۰۸، ۳،۶ و ۷،۲ Mbit/s (مگابیت در ثانیه) را پشتیبانی کند. افزایش سرعت در نسل بعد، یعنی HSPA+ (بسته دست رسی دریافتی پر سرعت تکامل یافته) می تواند تا حد اکثر به ۴۲ و ۸۴ Mbit/s (مگابیت در ثانیه) برسد.

## وایمکس: WiMAX

یا هم گننش پذیری جهانی برای دسترسی ریزموج (Access WorldWide Interoperability for Microwave)، پروتکل ارتباطی برای دسترسی پهن باند بی سیم بر پایه استاندارد IEEE ۸۰۲.۱۶ است. وایمکس امکان دسترسی به اینترنت را به هر دو صورت ثابت و کاملاً سیار در یک ناحیه گسترده فراهم می آورد. (۲۰۱۰ میلادی) آخرین بازبینی وایمکس امکان دسترسی با نرخ انتقال داده ۴۰ مگابیت بر ثانیه را عرضه می کند. با استاندارد IEEE ۸۰۲.۱۶ انتظار می رود که سرعت انتقال تا یک گیگابیت بر ثانیه افزایش یابد.

نام وایمکس توسط انجمن وایمکس انتخاب شد که در سال ۲۰۰۱ برای ارتقای هم نوایی و همکنش پذیری این استاندارد تاسیس شد. این انجمن وایمکس را به عنوان یک فناوری بر پایه استاندارد تعریف می کند که امکان دسترسی بی سیم پهن باند را به عنوان جایگزینی برای کابل و خطوط دی اس ال (DSL) ارائه می دهد به صورت جداگانه آشکار شوند.

## لایه فیزیکی

نسخه اولیه استاندارد که وایمکس بر آن بنا شد، IEEE ۸۰۲.۱۶ بود که لایه فیزیکی آن در دامنه ۱۰ تا ۶۶ گیگاهرتز عمل می کرد. IEEE ۸۰۲.۱۶a در سال ۲۰۰۴ با افزودن مشخصاتی برای محدوده ۲ تا ۱۱ گیگاهرتز به نام IEEE ۸۰۲.۱۶-۲۰۰۴ به روز رسانی شد. IEEE ۸۰۲.۱۶-۲۰۰۴ نیز به نوبه خود در سال ۲۰۰۵ به IEEE ۸۰۲.۱۶e-۲۰۰۵ به روز رسانی شد که در آن به جای استفاده از OFDM با ۲۵۶ حامل (که از ۲۰۰ تای آنها استفاده می شد) از SOFDMA مقیاس پذیر استفاده شد. نسخه های پیشرفته تر شامل IEEE ۸۰۲.۱۶e پشتیبانی از آنتن های چندگانه را با استفاده از MIMO مقصور می سازند که این امر منافع بالقوه ای در جهت پوشش، نصب شخصی، مصرف الکترونیسته، استفاده مجدد از فرکانس و کارایی پهنای باند را در بر دارد.

## لایه کنترل دسترسی به رسانه ( پیوند داده)

لایه کنترل دسترسی به رسانه (MAC) در وایمکس از یک الگوریتم زمانبندی استفاده می کند که در آن هر ایستگاه مشترک نیاز دارد که تنها یک بار برای ورود اولیه به شبکه به رقابت پردازد. پس از اینکه اجازه ورود به شبکه داده شد یک چاک (slot) دسترسی به ایستگاه پایه برای ایستگاه مشترک تخصیص می یابد. چاک زمانی ممکن است بزرگتر یا کوچکتر شود اما همواره در اختیار ایستگاه مشترک باقی می ماند و سایر مشترکین نمی توانند از آن استفاده کنند.

## نسل چهارم شبکه تلفن همراه

پروژه مشارکتی نسل سوم شبکه تلفن همراه (3GPP Long Term Evolution)، مخفف LTE<sup>۱</sup>، آخرین استاندارد در بین فناوری های شبکه ی تلفن همراه است که فناوری شبکه های GSM/EDGE و UMTS/HSPA را ارائه می دهد. نسل حاضر شبکه های ارتباطی تلفن همراه به طور کلی نسل سوم (3G) شناخته می شوند.

اگر چه LTE غالباً با عنوان نسل چهارم شبکه تلفن همراه (3G) شناخته شده است. نسخه اول LTE به طور کامل نیاز های 4G را بر طرف نمی کند. استاندارد Pre-4G که یک استاندارد قبل از شبکه 4G (نسل چهارم) است، یک گام به نسل چهارم شبکه تلفن همراه (Advanced-LTE)<sup>۲</sup> نزدیکتر است.

ارائه فناوری LTE به رونق خدماتی مانند تلویزیون همراه و دیگر سرویس های چند رسانه یی بر روی گوشی های تلفن همراه منجر شده است؛ بعد از گذشت مدتی طراحان فناوری LTE با ارتقای آن، فناوری تازه ای موسوم به Advanced LTE یا (Long-term-evolution Advanced) را ابداع کردند.

این فناوری که با استانداردهای مصوب خدمات نسل چهارم تلفن همراه انطباق و سازگاری کامل داشت، در پاییز سال ۲۰۰۹ تکمیل شد و انتظار می رود استفاده عمومی از آن در سال ۲۰۱۲ آغاز شود.

طراحان این فناوری مدعی هستند که قصد دارند سرعت تبادل دیتا با استفاده از LTE Advanced را حتی از استانداردهای مصوب اتحادیه بین المللی مخابرات نیز فراتر ببرند. باید توجه داشت که این فناوری با اصلاح شبکه های LTE بر روی همان شبکه ها قابل استفاده و به کارگیری است و لذا استفاده از آن مستلزم صرف هزینه های کمتر برای به روزرسانی است.

---

۱- تکامل طولانی مدت.

۲- LTE پیشرفته.

فناوری LTE که از آن به عنوان شبکه‌های تلفن همراه نسل چهارم نام برده می‌شود جدیدترین فناوری شبکه‌های تلفن همراه است که در حال تکامل بوده و تعداد معدودی از کشورها آن را به صورت محدود آزمایش کرده‌اند. برخی موسسات استاندارد‌گذاری بین‌المللی مانند 3GPP<sup>۱</sup> در حال تدوین و نهایی‌سازی استانداردهای عملیاتی فناوری LTE هستند.

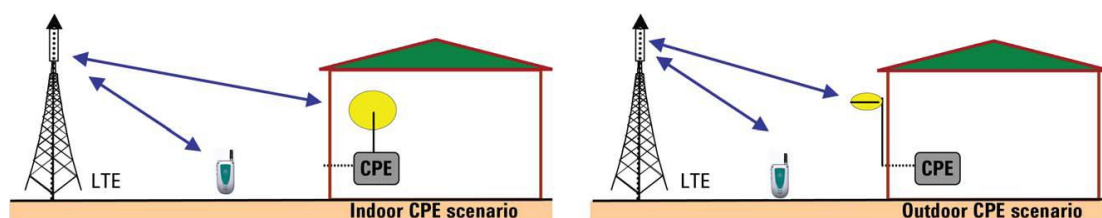


Figure ۱: CPE deployment scenario

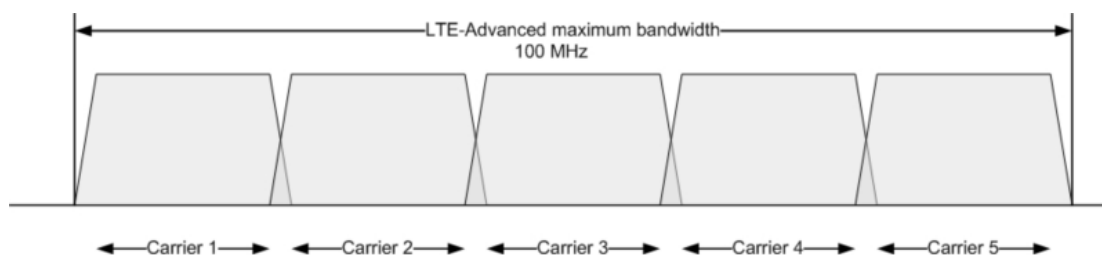


Figure ۲: LTE-Advanced maximum bandwidth in contiguous deployment

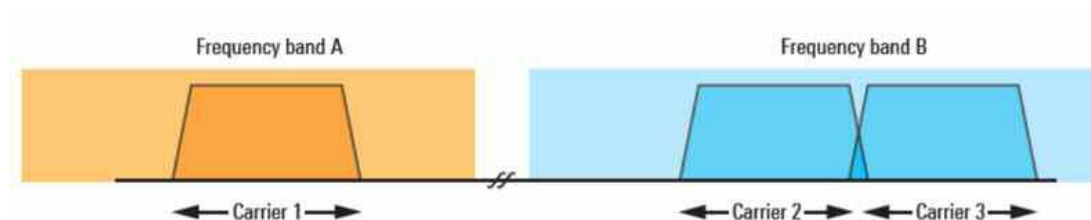


Figure ۳: LTE-Advanced non-contiguous spectrum deployment



Galaxy S II LTE بعنوان نخستین اسمارت فون LTE در بازارهای کره جنوبی ترکیبی  
رویائی از امکانات پیشرفته Galaxy S II و قابلیت ارتباطی پرسرعت LTE تلقی  
می شود.



شرکت ال جی از عرضه گوشی هوشمند Optimus LTE خود به بازار کره خبر داد.



Optimus LTE نخستین گوشی هوشمند نسل چهارمی دنیاست که دارای اتصالات  
LTE بوده و علاوه بر این صفحه نمایش کاملاً HD داشته و از پنل های نمایشگر IPS  
برخوردار است.

بر طبق آخرین گزارشات کمپانی جفریز و شرکا، ال جی به عنوان پیشرو در زمینه  
تکنولوژی LTE و دارنده ۲۳ درصد از ۱۴۰۰ محصول مجهز به این فناوری با ارزش مالی ۸  
بیلیون دلار در جهان شناخته شده است.

## استانداردهای تلفن

همراه

### تلفن رادیویی همراه

- PTT •
- MTS •
- IMTS •
- AMTS •
- OLT •
- MTD •
- Autotel/Palm •
- ARP •

### نسل اول

- NMT •
- AMPS/TACS/ETACS •
- Hicap •
- CDPD •
- Mobitex •
- DataTac •

### نسل دوم

- GSM •
- iDEN •
- D-AMPS •
- /cdmaOneIS-۹۵ •
- PDC •
- CSD •
- PHS •

**GPRS** •

**HSCSD**

**WiDEN**

**/IS-2000-CDMA2000 1xRTT**

**(EGPRS)EDGE**

**نسل سوم**

**W-CDMA**

**UMTS** جی اس ام ۳

**FOMA**

**TD-CDMA/UMTS-TDD**

**/IS-856 1xEV-DO**

**TD-SCDMA**

**GAN**

**HSPA**

**HSDPA**

**HSUPA**

**HSPA+**

**HSOPA**

در حال حاضر هشت اپراتور برتر تلفن همراه دنیا آمادگی خود را جهت راه اندازی شبکه نسل چهارم LTE تا اواسط سال ۲۰۱۰ اعلام کرده‌اند که Verizon<sup>۱</sup> آمریکا از جمله آنهاست و ۱۶ شرکت مخابراتی دیگر نیز بعد از سال ۲۰۱۰ به آنها خواهند پیوست.

کمپانی Verizon همراه با -وودافون شریک و سرمایه‌گذار خود- به منظور ترغیب هر چه بیشتر سازندگان و اپراتورهایی که روی LTE سرمایه‌گذاری کرده‌اند و قصد توسعه آن را دارند، برای نخستین بار اقدام به انتشار ویژگی‌های دقیق فنی این تکنولوژی تحت عنوان کنفرانسی با همین نام کرد که با این اقدام قصد شفاف‌سازی LTE را داشت.

Verizon یکی از کمپانی‌های معروف در زمینه تکنولوژی بی‌سیم در آمریکا، چندی پیش از گشایش مرکز تحقیقات بزرگی که صرفاً روی شبکه نسل چهارم تلفن همراه فعالیت می‌کند، خبر داد. این در حالی است که کمپانی AT&T به عنوان بزرگ‌ترین اپراتور تلفن همراه در آمریکا که سریع‌ترین رشد را در پهنای باند وسیع سیار داشته، حمایت خود را از LTE در سال ۲۰۰۸ رسماً اعلام کرد و پیش‌بینی کرده تا سال ۲۰۱۰ این سرویس را در سراسر آمریکا به صورت تجاری عرضه کند. در این راستا اپراتور T-Mobile نیز با همکاری Nortel نسخه آزمایشی LTE را در شهر برن آلمان به نمایش گذاشتند.

در کشور ما (ایران) فناوری LTE به باند فرکانسی نیاز دارد که کارهایی برای تخلیه باند فرکانسی برای این منظور و پیاده‌سازی این فن‌آوری انجام شده و در حال انجام است. بررسی و مطالعه سرویس‌های نسل چهارم تلفن همراه نیز از دیگر مواردی است که در دست بررسی و مطالعه است که نتایج آن بعد از جمع‌آوری و تصمیم‌گیری به کمیسیون تنظیم مقررات ارتباطات ارجاع داده می‌شود. در حال حاضر اپراتورهای اول و دوم تلفن همراه نسل ۲.۷۵ تلفن همراه را ارائه می‌دهند و اپراتور سوم نیز قرار است سرویس‌های نسل سوم را ارائه دهد و ممکن است اپراتور جدیدی نسل چهارم تلفن همراه را ارائه دهد که این موضوعات در دست بررسی است. از ابتدای سال جاری کارها و اقدامات لازم برای این منظور در دست انجام است .

---

۱- یک شرکت تجاری می‌باشد که هر ساله با توجه به معیارهای ویژه خود بهترین برندهای سال را معرفی می‌کند.

## فناوری LTE خودروهای آینده آئودی را هدایت می کند

آئودی<sup>۱</sup> تولیدکننده بزرگ آلمانی خودرو در CES ۲۰۱۲ اعلام کرد مدل آینده محصولات این شرکت از فن آوری LTE برخوردار خواهند بود و جدیدترین مدل ها خودرو آئودی از جمله مدل A۳ از پردازنده های چهارهسته ای Tegra ۳ شرکت انویدیا بهره خواهند برد.

رانندگان خودروهای آینده آئودی علاوه بر آنکه می توانند از نسل چهارم فن آوری های ارتباطی جهت ارتباط با محیط پیرامون خود استفاده کنند می توانند از واسط کاربری چندرسانه ای (MMI) و همچنین فن آوری اتصال آئودی (Audi Connect) نیز برای دریافت تصاویر باکیفیت گرافیکی سه بعدی Google Earth و Street View بهره مند شوند.

فن آوری دیگری که آئودی در نمایشگاه محصولات الکترونیکی به معرفی آن پرداخت، سیستم هدایت خودکار خودرو است؛ این سیستم همراه با فن آوری LTE و برقراری ارتباط خودرو با محیط پیرامونش می تواند ایمنی خودرو را تضمین کند. با استفاده از آن راننده در محل های شلوغ و یا هنگام برقراری تماس های تلفنی می تواند هدایت خودرو خود را به سیستم کامپیوتری بسپارد.

---

۱- آئودی (Audi AG) یک خودروساز آلمانی و تولیدکننده خودروهای لوکس است. دفتر اصلی آن در شهر اینگولشتاد در ایالت بایرن آلمان است. این شرکت از سال ۱۹۶۴ یکی از زیرمجموعه های گروه فولکس واگن است. شعار این شرکت Vorsprung durch Technik به معنی پیشرفت از طریق تکنولوژی برتر است. مدل هایی آئودی از جمله R۸، TT، ۴A، ۱۰۰، ۹۰ در ایران وجود دارد.

## فناوری LTE در استادیوم فوتبال

شرکت وودافون<sup>۱</sup> ایتالیا اعلام کرد که دوره آزمایشی فناوری LTE را در استادیوم‌های فوتبال این کشور اجرا خواهد کرد.

به گزارش آژانس خبری صنعت ارتباطات، پایلوت این طرح در استادیوم تورین این کشور آغاز خواهد شد و تا ماه مارس ۲۰۱۲ زمین‌های اصلی فوتبال ایتالیا تحت پوشش قرار خواهند گرفت.

در فاز نخست، این سرویس در طول زمان بازی‌های اصلی این فصل فوتبال توسط یک گروه انتخابی از مشترکان توسط وودافون که امکان دسترسی رایگان به اینترنت را خواهند داشت، مورد تست و آزمایش قرار خواهد گرفت.

---

۱- وودافون (Vodafone) یک شرکت ارتباطات راه دور جهانی است که مقر آن در لندن است. وودافون از لحاظ درآمد نخستین و از لحاظ تعداد مشترک با داشتن ۳۹۱ میلیون مشترک بعد از شرکت موبایل چین China Mobile که ۶۵۵ میلیون مشترک دارد، دومین شرکت بزرگ در زمینه ارتباطات راه دور در جهان است.

## LTE

فرمت LTE برای اولین بار توسط NTT DoCoMo ژاپن پیشنهاد شد و به عنوان استاندارد بین المللی پذیرفته شده است.

بررسی های اخیر مخابرات رادیویی کنفرانس جهانی (WRC-07) تصمیم گیری در مورد باندهای فرکانسی است تا اطمینان حاصل شود که LTE-Advanced طیف ظرفیت برای کانال بالای ۲۰ مگاهرتز از لحاظ جغرافیایی در دسترس است.

نسل چهارم، یک راه حل جامع بر مبنای IP برای انتقال صدا، تصویر و داده استفاده می کند و بر پایه اصل "هرجا و هر زمان" داده ها را با سرعتی بسیار بالاتر از نسل های قبل در اختیار کاربر قرار می دهد. از لحاظ تکنیکی در نگاه ساده سرعت بارگذاری و بارگیری در LTE نسبت به نسل های قبل بسیار بالاتر است. البته جدای از نرخ داده بالا، تاخیر کمتر در ارسال بسته ها که منجر به کیفیت فوق العاده VoIP، ویدئو کنفرانس و سرویس های همزمان می شود و همچنین از دید یک اپراتور پهنای باند با کانال های متغیر که در محدوده ۱.۲۵-۲۰ MHz است. مهمترین ویژگی برجسته LTE این است که تمامی زیرساخت آن بر اساس IP است، به عبارت بهتر بخش هسته شبکه کاملاً همگام با پروتکل های TCP/IP است و از سیگنالینگ معمولی که در شبکه های قدیمی تر به خصوص GSM استفاده می شد خبری نیست.

۴G بر پایه ی نسل چهارم استاندارد های شبکه های سلولی (شبکه های موبایل) است و جانشینی برای نسل سوم (۳G) و نسل دوم (۲G) این استاندارد هاست. در نسل چهارم، برای ارتباطات موبایلیته (ارتباط در حال حرکت) مانند استفاده در قطار یا خودرو حداکثر سرعت ۱۰۰ مگابیت در ثانیه (۱۰۰ Mbit/s) و برای ارتباطات نسبتاً ثابت و بدون جابجایی مانند کاربران پیاده رو یا ساکن، یک گیگابیت در ثانیه (۱ Gbit/s) است.

## TCP/IP

مدل TCP/IP یا مدل مرجع اینترنتی که گاهی به مدل DOD (وزارت دفاع)، مدل مرجع ARPANET نامیده می‌شود، یک توصیف خلاصه لایه TCP/IP برای ارتباطات و طراحی پروتکل شبکه کامپیوتر است. TCP/IP در سال ۱۹۷۰ بوسیله DARPA ساخته شده که برای پروتکل‌های اینترنت در حال توسعه مورد استفاده قرار گرفته است، ساختار اینترنت دقیقاً بوسیله مدل TCP/IP منعکس شده است.

مدل اصلی TCP/IP از ۴ لایه تشکیل شده است. هرچند که سازمان IETF استاندارد می‌دهد که یک مدل ۵ لایه‌ای است را قبول نکرده است. به هر حال پروتکل‌های لایه فیزیکی و لایه پیوند داده‌ها بوسیله IETF استاندارد نشده‌اند. سازمان IETF تمام مدل‌های لایه فیزیکی را تایید نکرده است. با پذیرفتن مدل ۵ لایه‌ای در بحث اصلی بامسئولیت فنی برای نمایش پروتکل می‌باشد این امکان هست که راجع به پروتکل‌های غیر IETF در لایه فیزیکی صحبت کنیم. این مدل قبل از مدل مرجع OSI گسترش یافته و واحد وظایف مهندسی اینترنت (IETF)، برای مدل و پروتکل‌های گسترش یافته تحت آن پاسخگو است، هیچ‌گاه خود را ملزم ندانست که توسط OSI تسلیم شود. در حالیکه مدل بیسیک OSI کاملاً در آموزش استفاده شده است و OSI به یک مدل ۷ لایه‌ای معرفی شده است، معماری یک پروتکل واقعی ( RFC ۱۱۲۲ ) مورد استفاده در محیط اصلی اینترنت خیلی منعکس نشده است. حتی یک مدرک معماری IETF که اخیراً منتشر شده یک مطلب با این عنوان دارد: " لایه بندی مضر است ". تاکید روی لایه بندی به عنوان محرک کلیدی معماری یک ویژگی از مدل TCP/IP نیست، اما نسبت به OSI بیشتر است. بیشتر اختلال از تلاش‌های واحد OSI می‌آید لایه شبیه داخل یک معماری است که استفاده آنها را به حداقل می‌رساند.

این پروتکل را می‌توان هم از نظر سخت افزاری و هم از نظر نرم افزاری پیاده سازی و اجرا نمود. این پروتکل منحصراً در اختیار اینترنت نمی‌باشد و هر شبکه اترنت دیگری می‌تواند از TCP/IP استفاده کند.



از جمله ویژگی های این نوع شبکه ها :

۱- collision ندارند.

۲- به صورت دیتاگرام می باشند .

TCP/IP برگرفته از مدل OSI می باشد که هفت لایه این الگو را به چهار لایه تقلیل داده است.

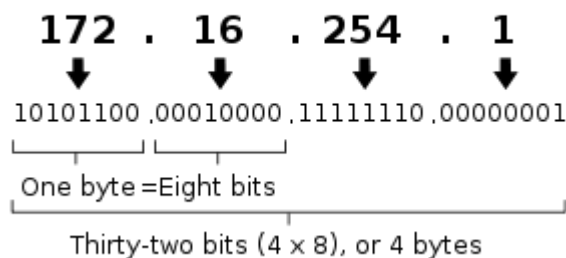
### IP : Internetwork Layer Protocol

لایه اول از این مدل معادل لایه های اول و دوم مدل OSI میباشد.

## IP

داده های پروتکل لایه فوقانی، داخل برنامه ها و بسته هایی قرار می گیرند که نقش همزمان دارند. هیچ نصب مداری قبل از ارسال بسته ها به یک میزبان نیاز نیست. ارتباط در این شرایط از نوع پروتکل بدون ارتباط می باشد. شبکه های تلفنی کلیدی می توانند نصب مدار را عملی سازند قبل از آنکه تلفن زنگ بزند.

An IPv4 address (dotted-decimal notation)



### مجموعه پروتکل اینترنت

#### لایه کاربرد

· DHCP · DNS · FTP · GTP · BGP  
HTTP · IMAP · IRC · LDAP ·  
Megaco · MGCP · NNTP · NTP ·  
POP · RIP · RPC · RTP · RTSP ·  
SDP · SIP · SMTP · SNMP · SOAP ·  
SSH · Telnet · TLS/SSL · XMPP ·

#### لایه انتقال

· UDP · DCCP · SCTP · RSVP · TCP  
ECN ·

#### لایه اینترنت

IP (IPv4, IPv6) · ICMP · ICMPv6 ·  
IGMP · IPsec ·

#### لایه پیوند

· NDP · OSPF · ARP/InARP  
· Tunnels (L2TP) · PPP ·  
دسترسی به رسانه انتقال (اترنت، خط اشتراک  
دیجیتال، ISDN, FDDI)

یکی از مزایای مهم **LTE-Advanced** ، توانایی استفاده از شبکه های پیشرفته توپولوژی شبکه های ناهمگن با ترکیبی از **macrocells** با گره های قدرت کم مانند **picocells**، گره رله جدید **femtocells**، بهینه سازی شده است.

کاربران یک میزبان کامل از مزیت های بزرگ جدید را بیش از اتصالات **3G** فعلی که تکنولوژی **LTE** می شود در نهایت توسط اپراتورهای پهن باند تلفن همراه مستقر است. این کار با سرعت بسیار سریعتر از اتصال است که به کاربران اجازه خواهد داد که صدا با کیفیت بالا و تصویری بر روی اینترنت و همچنین توانایی دانلود فایل های داده های بسیار بزرگتر از آنها در حال حاضر قادر به بیش از سرویس **3G** خود را به جریان باشد. برای ارائه دهندگان شبکه های تلفن همراه تکنولوژی **LTE** امکان را می دهد که آنها را به حمایت از کاربران های بسیار بیشتری روی شبکه خود و پهنای باند اضافی را نیز به آنها اجازه می دهد که مسئولیت رسیدگی به اطلاعات زیادی در حال حرکت در سراسر شبکه خود، حتی در شلوغ ترین ساعات روز است .

پوشش به مراتب بهتر شبکه نیز در دسترس خواهد بود با استفاده از تکنولوژی **LTE** نیاز به نصب تجهیزات کمتر را در جهت رسیدن به این پوشش اضافی و ارائه دهندگان خواهد شد ، که تا حد زیادی کاهش هزینه های ارتقاء شبکه خود را خواهد داد .

## ویژگی های فناوری LTE

پشتیبانی از ایستگاه های پایه گره رله  
هماهنگ چند نقطه (COMP) انتقال و پذیرش  
TX UE دو آنتن راه حل برای SU-MIMO و تنوع MIMO  
پهنای باند سیستم مقیاس پذیر بیش از ۲۰ مگاهرتز تا ۱۰۰ مگاهرتز  
تجمع حامل تخصیص طیف پیوسته و غیر پیوسته  
بهینه سازی محلی از رابط هوا  
عشایری / شبکه های محلی منطقه و راه حل های تحرک  
استفاده از طیف های انعطاف پذیر  
شناخت رادیو  
پیکربندی خودکار و خودمختار شبکه و بهره برداری  
پشتیبانی از شبکه های مستقل و تست دستگاه، اندازه گیری وابسته به مدیریت و بهینه  
سازی شبکه  
precoding پیشرفته و اصلاح خطا رو به جلو  
مدیریت مداخله و سرکوب  
تخصیص پهنای باند نامتقارن برای FDD  
هیبرید OFDMA و SC-FDMA در اتصال بالایی  
UL / DL بین ENB هماهنگ MIMO  
تقاضای کاربر برای نرخ داده بالا و کیفیت خدمات  
بهینه سازی سیستم سوئیچ بسته  
تقاضای مداوم برای کاهش هزینه (CAPEX) و (OPEX)  
پیچیدگی کم  
جلوگیری از تکه تکه شدن های غیر ضروری را از فن آوری برای زوج و بهره برداری گروه  
جفت نشده  
کارایی طیفی بالا  
OFDM در downlink، مقاوم در برابر دخالت چند میل بالا و تکنیک های پیشرفته

ای نظیر: دامنه فرکانس کانال های وابسته به برنامه ریزی و MIMO  
FDMA تنها حامل در اتصال بالایی، PAPR پایین، orthogonality کاربرد در حوزه

فرکانس

نرم افزار چند آنتن

زمان تاخیر بسیار پایین

زمان نصب کوتاه و تاخیر انتقال کوتاه

زمان تاخیر کوتاه HO و زمان وقفه کوتاه TTI

پشتیبانی از پهنای باند متغیر

۳، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ مگاهرتز

معماری پروتکل ساده

کانال های به اشتراک گذاشته شده بر اساس

PS حالت فقط با قابلیت VoIP

معماری ساده

eNodeB - به عنوان تنها گره E-UTRAN

سازگاری و درون کار کردن با نام زودتر ۳ GPP

اینتر کار با سیستم های دیگر، به عنوان مثال CDMA2000

FDD و TDD در داخل یک تکنولوژی دسترسی به رادیو

چندپخشی کارآمد / پخش

شبکه فرکانس تنها توسط OFDM

پشتیبانی از شبکه خود سازماندهی عملیات

# نتیجه

پیشرفت های که ساخته شده که تکنولوژی LTE در نهایت از لحاظ سرعت، ظرفیت و پوشش شبکه نورد پهن باند تلفن همراه یک گزینه بسیار مناسب رشد و ترقی را برای بسیاری از کاربران، چه آنها که با استفاده از این سرویس برای استفاده شخصی یا کسب و کار هستند فراهم می کند. اتصال سرعت سریع تر و سطح پوشش بیشتر خواهد شد. در حال حاضر بزرگترین رقیب به LTE تکنولوژی وایمکس است و اگر چه آنها منافع تقریباً مشابه از لحاظ سرعت و پوشش دارند آنها دارای فن آوری های کاملاً متفاوت اند. هزینه ها از دو تکنولوژی نیز متفاوت خواهد شد.

دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

# ضمیمه ها

## VOIP

صدا روی پروتکل اینترنت (Voice Over Internet Protocol) یک اصطلاح عمومی برای خانواده‌ای از فناوری‌های انتقال برای تحویل ارتباطات صوتی بر روی شبکه‌های مبتنی بر IP مثل اینترنت و شبکه‌های سویچینگ بسته می‌باشد .

VoIP تلفن IP، تلفن اینترنتی، تلفن پهن‌بند، صدای پهن‌بند و صدا روی پهن‌بند نیز نامیده می‌شود.

معمولاً از شرکت‌های ارائه‌کننده سرویس‌های VoIP به‌عنوان تهیه‌کنندگان، و از پروتکل‌های استفاده شده برای حمل‌علایم صدا روی شبکه IP به‌عنوان صدا روی IP یا پروتکل‌های VoIP یاد می‌شود. آن‌ها را می‌توان در اصل توسعه تجاری تجربه پروتکل صدای شبکه (۱۹۷۳) که توسط تهیه‌کنندگان نسل قدیمی اینترنت (ARPANET) اختراع شده بود، در نظر گرفت.

برخی از کاهش هزینه‌ها تا حدودی به دلیل استفاده از یک شبکه منفرد برای حمل صدا و اطلاعات است، مخصوصاً در جایی که استفاده‌کنندگان به شبکه‌ای دسترسی دارند که از ظرفیت آن کمتر استفاده شده و می‌تواند VOIP را بدون هیچ هزینه اضافی حمل کند. تماس‌های VoIP به VoIP برخی اوقات مجانی هستند، در حالی که تماس VOIP به شبکه‌های تلفن عمومی (PSTN) ممکن است هزینه‌ای در بر داشته باشد که باید توسط استفاده‌کنندگان VoIP پرداخت شود.

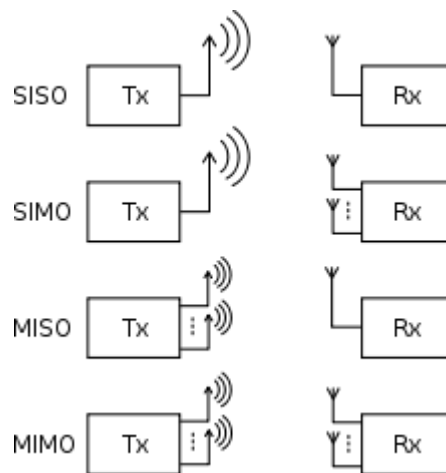
پروتکل‌های صدا روی IP، سیگنال‌های تلفنی را، به‌عنوان شنیداری دیجیتال حمل می‌کنند(که معمولاً با فنون فشرده‌سازی دیتای گفتاری، نرخ دیتای آن کاهش یافته و به‌صورت مجموعه‌ای از جریان دیتا، روی IP ارسال می‌شوند).

دو نوع PSTN روی سرویس‌های VoIP وجود دارد. شماره‌گیری داخلی مستقیم(DID) و شماره‌های دسترسی. شماره‌گیری داخلی مستقیم(DID)، تماس‌گیرنده را به‌صورت مستقیم به استفاده‌کننده از VoIP متصل می‌کند در صورتی که لازمه شماره‌های دسترسی، گرفتن شماره داخلی استفاده‌کننده از VoIP توسط تماس‌گیرنده‌است.



## MIMO

که عبارت اختصاری (Output Multiple Input - Multiple) چند ورودی - چند خروجی است، یک فناوری انتشار امواج (آنتن) برای سیستم‌های مخابراتی بی‌سیم است، بدین صورت که در هر دو طرف فرستنده و گیرنده از چند آنتن استفاده می‌شود. سیگنال‌های ارسالی در انتهای مدار مخابراتی با هم ترکیب می‌شوند تا خطا به حداقل رسیده، سرعت انتقال اطلاعات به بیشینه، افزایش پیدا کند. دقت کنید که واژه‌های ورودی و خروجی در عنوان مقاله، به کانال رادیویی حامل پیام بر می‌گردد، نه به سیستم شامل آنتن‌ها. فناوری مایمو، با افزودن چشمگیر گذردهی داده‌ها (data throughput) و مسافت اثر مفید، آن‌هم بدون نیاز به پهنای باند یا توان ارسالی اضافی، جایگاه ویژه‌ای در مخابرات بی‌سیم یافته است. دستیابی مایمو به این امر، بوسیله‌ی بازدهی طیفی (efficiency spectral) بالاتر (تعداد بیت‌های بیشتر در هر ثانیه در هر هرتز از پهنای باند) و قابلیت اطمینان ارتباط است. به سبب این ویژگی‌ها، مایمو بخش مهمی از استاندارد‌های مخابرات بی‌سیم گشته است. استاندارد‌هایی مانند IEEE 802.11n (وای‌فای) و 4G و 3GPP Long Term Evolution و WiMAX و HSPA+ همچنین، فناوری مایمو شروع به سازگاری با سیستم‌های ارتباطی غیر بی‌سیم، نموده است. برای نمونه، استاندارد ITU-T 3G. 996، استاندارد نو، برای شبکه‌ی خانگی است که یک سیستم ارتباطی خط قدرت را تعریف می‌کند که از فنون مایمو برای ارسال چند سیگنال، روی سیم‌های جریان متناوب (فاز و نول و زمین) بهره می‌برد.



## 'OFDM

مدولاسیون تقسیم فرکانس عمود برهم در واقع یک مدولاسیون باند پایه است. OFDM این مدولاسیون همانطور که از اسمش پیداست عملیات مالتی پلکسینگ را با استفاده از تقسیم فرکانس البته به صورت **Orthogonal** اجرا می‌کند. مفهوم **Orthogonal** در تقسیم فرکانس به تعامد (عمود بودن) سیگنالها اشاره دارد که به یک تعریف ریاضی بر می‌گردد که در آن هرگاه دو تابع سینوسی در هم ضرب شوند، انتگرال این حاصلضرب بر روی هر پریود زمانی برابر صفر خواهد بود. از لحاظ پیش از این نوعی مدولاسیون در صنایع نظامی استفاده می‌شده که به آن **Multi tone** می‌گفتند یعنی یک بازه فرکانسی را به چندین فرکانس حامل یا به عبارت علمی تر زیرحامل (**Sub Carrier**) تقسیم می‌کردند و بر روی هر کدام از این زیر حاملها بخشی از اطلاعات را ارسال می‌کردند. مزیت این روش یکی ارسال دیتا به صورت موازی بود و دیگر غلبه بر محو شدگی فرکانس گزین (**Frequency Selective Fading**) چرا که در این حال هر قسمتی از دیتا روی بازه کوچکی از باند فرکانسی حمل می‌شود که این نوع محو شدگی روی این بازه کوچک عملاً به صورت خطی ظاهر می‌شود و قابل جبران شدن و نهایتاً استخراج سیگنال است. حال ببینیم تعامد یا **Orthogonality** در این میان چه نقشی را بازی می‌کند و چه اثر مثبتی در سیستم ایجاد می‌کند. در واقع مدل **OFDM** مدولاسیون **Multi Tone** باعث می‌شود که هر کدام از این زیر حاملها «دو به دو» با هم متعامد باشند و نتیجتاً به دلیل قابلیت تفکیک پذیری زیر حاملها که متاثر از این خاصیت به وجود می‌آید می‌توان آنها را به گونه‌ای در کنار هم چید که بر روی هم همپوشانی داشته باشند چیزی که در حالت **Ton Multi** امکان نداشت. براحتی می‌توان دریافت که بر اساس این قابلیت منطقاً در یک بازه فرکانسی نسبت به حالت **Multi Tone** می‌توان تعداد بالاتری از زیر حاملها ایجاد کرد و این خود به معنی امکان ارسال نرخ بیت بیشتر در پهنای باند فرکانسی کمتر است مثلاً ارسال **۳۰ Mbps** در **۶ MHz** که نسبت این دو یعنی عدد ۵ به عنوان بهروری فرکانسی مطرح می‌شود.

البته این بخشی از توانایی‌های این نوع مدولاسیون است توانایی غلبه بر **Multi path Fading**، **Frequency Selective Fading**... از دیگر مزایای استفاده از این سیستم است. ناگفته نماند که در عین حال این سیستم نسبت به رفتارهای غیر خطی بخصوص در حوزه فاز سیگنال بسیار حساس و آسیب پذیر است به همین دلیل معمولاً تقویت کننده‌های توان در این نوع سیستم‌ها بسیار گرانقیمت تر از نوعی است که در مدولاسیونهای دیگر مثل **DSSS** یا **FHSS** (طیف گسترده) استفاده می‌شوند. قابل ذکر است که همانطور که در ابتدا گفته شد **OFDM** نوعی **Coding** باند پایه‌است و برای ارسال آن باید از یکی از روشهای **DPSK**، **QPSK**، یا **nQAM** که  $n=16, 64, 128, \dots$  استفاده کرد.

مدولاسیون تقسیم فرکانس عمود برهم (**Orthogonal frequency division multiplexing**) که به اختصار **OFDM** خوانده می‌شود، یک تکنیک مدولاسیون است که براساس اصل انتقال همزمان  $n$  فرکانس متعامد است. این مدولاسیون، در تبادل اطلاعات با حجم بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد و در کاربردهایی نظیر خطوط دی‌اس‌ال، شبکه‌های محلی، وای‌فای، دی‌وی‌بی و وایمکس استفاده می‌شود. یک امتیاز ویژه **OFDM**، صرفه جویی در استفاده از پهنای باند است. فرکانس‌های متعامد اغلب به عنوان زیرحامل‌های **OFDM** شناخته می‌شوند. پهنای باندی که به هر کدام از این زیرکانال‌ها اختصاص می‌یابد کمتر از کل پهنای باند سیگنال اصلی است (که با تک حامل شناخته می‌شود). داشتن پهنای باند فرکانسی کوچکتر برای هر کانال معادل است با پربود زمانی بیشتر، در نتیجه مقاومت بهتری در برابر انتشار چندمسیره، نسبت به سیگنال تک حاملی خواهیم داشت.

هنگامی که داده‌ها، در محیط انتقال، انتشار می‌یابند، ممکن است از مسیرهای گوناگونی به گیرنده برسند. هر کدام از این مسیرها دارای یک تأخیر برای نمونه‌های واصله به گیرنده می‌باشند. بیشترین تأخیر ناشی از انتشار را با  $T_s$  نشان می‌دهند و مدت نمونه را در ارسال اطلاعات با نرخ بالا، معمولاً  $T_s \ll$  است که این مساله، باعث تداخل بین نمونه‌ها (**ISI**) می‌گردد که به طور کلی، سیستم‌های باند وسیع مانند وایمکس دارای این نوع اختلال هستند.

بنابراین به تکنیک‌های دریافت و ارسالی نیاز است که بر تداخل درون سمبلی غلبه کند. درحقیقت برای داشتن یک کانال که تداخل درون سمبلی نداشته باشد، زمان سمبل باید بزرگتر از تاخیر انتشارکانال باشد. به همین دلیل از تکنیک مدولاسیون اوف‌دی‌ام استفاده می‌شود.

## مدولاسیون چند حاملی

اساس و مبنای استفاده از این مدولاسیون برای ارسال داده‌های با نرخ بالا و ایجاد کانال‌های فاقد ISI می‌باشد. در واقع تلاش این روش برای ایجاد شرط  $T_s \ll$  می‌باشد. سیستم‌های دیجیتال در صورت وجود ISI، به خوبی قادر به کار کردن نیستند. در واقع هنگامی که  $T_s$  کاهش یابد و کمتر از شود، دیگر نرخ خطای بی‌تی، قابل تحمل نخواهد بود. برای رفع این مشکل، روش مدولاسیون چند حاملی دنباله انتقالی با نرخ بالا را به  $L$  زیر دنباله با نرخ ارسال پائین تر تبدیل می‌کند که در هر کدام برقرار است و لذا کانال فاقد ISI می‌گردد. سپس این زیردنباله‌ها روی  $L$  زیرکانال موازی با فرکانس‌های متعامد ارسال می‌شوند در حالیکه همچنان نرخ دیتای کلی مطلوب حفظ شده‌است. از آنجا که نرخ داده در هر کانال فرعی از نرخ داده کل کمتر است بنابراین پهنای باند هر زیر کانال از پهنای باند کل سیستم کمتر خواهد بود. تعداد زیردنباله‌هایی که انتخاب می‌شوند به گونه‌ای است که پهنای باند هر زیرکانال از پهنای باند هم‌دوس کانال کمتر شود، بنابراین در هر زیرکانال محوشدگی هموار خواهیم داشت. در نتیجه مقدار ISI در هر زیرکانال کوچک می‌شود. علاوه بر این با اجرا و پیاده‌سازی دیجیتال اوف‌دی‌ام، ISI با به کار بردن پیشوند متناوب کاملاً حذف می‌شود.

شبکه‌های جی‌تری حجم بسیار وسیع‌تری از اطلاعات را منتقل می‌کنند. مانند ارسال ویدیو کلیپ، آهنگ‌ها، بازی‌ها و بسیاری از این دست از شخصی به شخص دیگر.

کلمه جی‌تری (۳G) توضیحی برای نسل سوم تکنولوژی ارتباطی سیار (سلولار آنالوگ برای نسل اول و دیجیتال PCS برای نسل دوم) است. جی‌تری شبکه‌ای با تکنولوژی سلولی است که علاوه بر تماس‌های تلفنی و دسترسی به اینترنت پرسرعت واقعی، منطقه وسیعی را هم پوشش می‌دهد. جی‌تری به سرعت در حال فراگیر شدن در سراسر جهان است.

ژاپن اولین کشوری بود که به صورت گسترده و تجاری در سال ۲۰۰۱ از این تکنولوژی استفاده کرد.

عاملی که باعث تفاوت جی‌تری و سیستم کنونی تلفن موبایل است، شبکه‌های آن‌هاست. جذابیت و کاربرد این شبکه آن قدر زیاد است که بسیاری از اپراتورها قصد دارند تا به شکل سریع‌تری از آن برسند تا بتوانند دانلود بسته‌های دیتا با سرعت بالا (HSDPA) را ارائه دهند. قدرت شبکه مخابراتی نسل سوم در ارائه خدمات مبتنی بر دیتا مثل خدمات ارزش‌افزوده شامل موسیقی روی تلفن موبایل با پهنای باند بیشتر یا تماشای ویدئو به صورت آنلاین و ارسال صدا و تصویر و از این قبیل بوده و در عین حال پهنای باند لازم برای دسترسی به اینترنت پرسرعت به صورت سیار در اختیار کاربر قرار می‌گیرد.

گسترده‌گی این فن‌آوری باعث شده تا امروزه سایت‌های تلفن موبایل چیزی بیش‌تر از یک وسیله ارتباطی باشند. بسیاری از کسانی که از داشتن سایت‌های مجهز به این فن‌آوری بهره‌مندند، امیدوارند تا با عرضه سیم‌کارت‌هایی بر بستر جی‌تری، توسط اپراتور سوم بتوانند از تمامی قابلیت‌های گوشی خود استفاده کنند.

در زیر به برخی از توانایی‌های تکنولوژی جی تری می‌پردازیم:

### \* نمایش تصویری و ویدئو کنفرانس:

همان طور که از عنوان می‌توان تصور کرد، شما در حال صحبت با مخاطب‌تان می‌توانید تصویر زنده او را نیز ببینید. از این امکان می‌شود در ارتباط چند کاربر به صورت ویدئویی یا همان ویدئو کنفرانس نیز استفاده کرد.

### \* اینترنت پرسرعت بر روی موبایل:

با استفاده از تکنولوژی جی تری می‌توانید سرعتی تا ۲ مگابیت بر ثانیه برای دسترسی به شبکه (و اینترنت) در حال سکون یا در حال حرکت کند (مثل راه رفتن) سرعتی تا ۳۴۸ کیلوبیت بر ثانیه و در موتور سرعتی حدود ۱۲۸ کیلوبیت بر ثانیه داشته باشید. این خود تحولی عظیم نسبت به اینترنت در نسل‌های قبلی تلفن موبایل است.

### \* تماس و ارتباط صوتی:

در این تکنولوژی ارتباط صوتی به تماس تلفنی دو کاربر خلاصه نمی‌شود بلکه می‌توان کنفرانس‌های صوتی برگزار کرد یا ایمیل و پیغام صوتی نیز ارسال کرد.

### \* انتقال پیام:

انتقال پیام‌های مختلف از دیگر توانایی‌های تکنولوژی جی تری است. این گونه که شما می‌توانید پیام‌های چندرسانه‌ای (MMS) ارسال و دریافت کنید. به عنوان مثال: شما در ورزشگاه تصویر گل تیم مورد علاقه‌تان را ثبت کرده و در کمتر از چند لحظه به دوست خود در نقطه‌ای دیگر، خارج از ورزشگاه ارسال می‌نمایید. دیگر این که می‌توان انتقال پیام‌های الکترونیکی را نیز انجام داد و ضمیمه‌های آن‌ها را نیز با سرعتی بسیار بالا دانلود کرد.

## \*تشخیص موقعیت جغرافیایی:

این امکان برای کاربر فراهم است که موقعیت جغرافیایی خود را در هر کجا که هست تشخیص دهد، فقط کافی است یک نقشه دیجیتال بر روی موبایل خود در اختیار داشته باشد. تصور کنید برای کسی که در جایی گم شده و نیاز دارد که بداند کجاست چه قدر می‌تواند مفید باشد.

توانمندی‌های این تکنولوژی بسیار بیش‌تر از موارد یادشده در بالاست. به طور مثال: موج جدیدی از سرگرمی‌ها، بازی‌های آنلاین روی تلفن موبایل، تبلیغات نوین و موارد زیاد دیگر.

لازم به ذکر است استفاده از سیستم‌های چندرسانه‌ای باعث عملی شدن اهداف بزرگی چون دولت الکترونیک، آموزش الکترونیک، تجارت الکترونیک و... بر روی تلفن موبایل می‌شود.

## Protocol

پروتکل ارتباطی بین واحدها در ایستگاه‌های کاری مختلف که قواعد و قالب‌هایی را برای مبادله پیام‌ها تعریف می‌کند.

معانی گوناگون واژه پروتکل عبارت‌اند از: صورت جلسه کنفرانس، خلاصه مذاکرات معاهده و اتفاق، نسخه اول و اصلی مقاله‌نامه مقدماتی، پیوندنامه، موافقت مقدماتی، پیش‌نویس سند.

پروتکل عموماً به مجموعه قوانین و مقرراتی گفته می‌شود که چند نفر برای برقراری ارتباط با هم، باید آن را رعایت کنند.

- در رایانه: قرارداد

همچنین در رایانه حرف **p** از **http** مخفف کلمه ی پروتکل است که در آن: **HTTP** مخفف شده **Hyper Text Transport Protocol** است که به زبان ساده یک پروتکل (یک زبان) جهت رد و بدل اطلاعات میان سرور و کاربر است.



# Acronyms

**2G : Second Generation**

**3G :Third Generation**

**3GPP : Third Generation Partnership Project**

**4G : Fourth Generation**

**AMC : Adaptive Modulation and Coding**

**ARQ : Automatic Repeat Request**

**BS : Base Station**

**BW : Bandwidth**

**CA : Carrier Aggregation**

**CC : Component Carrier**

**CDMA : Code Division Multiple Access**

**CoMP : Cooperative Multipoint**

**CPE : Customer Premises Equipment**

**CQI : Channel Quality Indicator**

**CRS : Cell-specific Reference Signal**

**CSG : Closed Subscriber Group**

**CSI-RS : Channel State Information Reference Signals**

**DeNB : Donor-cell Enhanced Node B**

**DFT-S-OFDM D : iscrete Fourier Transform Spread Orthogonal Frequency  
Division Multiplexing**

**DL : Downlink**

**DLMA : Downlink Multiple Antenna**

**DL-SCH : Downlink Shared Channel**

**DMRS : Demodulation Reference Signal**

**DSL : Digital Subscriber Line**

**EDA : Electronic Design Automation**

**E-DCH : Enhanced Dedicated Channel**

**EDGE : Enhanced Data Rates for GSM Evolution**

**eNB : Evolved Node B**

**EPA : Extended Pedestrian-A**

**E-UTRA : Evolved Universal Terrestrial Radio Access**

**E-UTRA : Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network**

**FDD : Frequency Division Duplex**

**GCF : Global Certification Forum**

**GPRS : General Packet Radio Service**

**GSM : Global System for Mobile Communication**

**HARQ : Hybrid Automatic Repeat Request**

**HeNB : Home eNB**

**HSCSD : High Speed Circuit Switched Data**

**HSDPA : High Speed Downlink Packet Access**

**HSPA : High Speed Packet Access**

**HSUPA : High Speed Uplink Packet Access**

**ICIC : Inter Cell Interference Cancellation**

**IMT : International Mobile Telecommunications**

**IMT-Advanced :International Mobile Telecommunications Advanced (4G)**

**IMT- $\gamma$**  International Mobile Telecommunications  $\gamma$  project ( $\gamma$ G)  
**ISD** : Inter-Site Distance  
**ITU** : International Telecommunications Union  
**ITU-R** ITU- :Radiocommunications Sector  
**LCR-TDD** : Low Chip Rate Time Division Duplex  
**LTE** : Long Term Evolution  
**LTE-A** LTE-Advanced  
**MAC** : Medium Access Control  
**MIMO** : Multiple Input Multiple Output  
**MU-MIMO** : Multiple User MIMO  
**O&M** : Operations and Maintenance  
**OCC** : Orthogonal Code Cover  
**OFDM** : Orthogonal Frequency Division Multiplexing  
**OFDMA** : Orthogonal Frequency Division Multiple Access  
**PA** : Power Amplifier  
**PAPR** : Peak to Average Power Ratio  
**PCFICH** : Physical Control Format Indicator Channel  
**PDCCH** : Physical Downlink Control Channel  
**PDS** : Packet Data System  
**PHICH** : Physical Hybrid ARQ Indicator Channel  
**PHY** : Physical Layer  
**PMI** : Precoding Matrix Indicator  
**PUCCH** : Physical Uplink Control Channel  
**PUSCH** : Physical Uplink Shared Channel  
**QAM** : Quadrature Amplitude Modulation  
**QoS** : Quality of Service  
**QPSK** : Quadrature Phase Shift Keying  
**RAN** : Radio Access Network  
**RB** : Resource Block  
**RF** : Radio Frequency  
**RI** : Rank Indicator  
**RIT** : Radio Interface Technology  
**RN** : Relay Node  
**RS** : Reference Signal  
**RX** : Receiver  
**SAE** : System Architecture Evolution  
**SC-FDMA** : Single Carrier Frequency Division Multiple Access  
**SISO** : Single Input Single Output  
**SON** : Self Optimizing Network  
**SRS** : Sounding Reference Signal  
**SU-MIMO** : Single User MIMO  
**TB** : Transport Block  
**TDD** : Time Division Duplex  
**TD-SCDMA** : Time Division Synchronous Code Division Multiple Access  
**TR** : Technical Report  
**TS** : Technical Specification  
**TTI** : Transmission Time Interval  
**TX** : Transmitter  
**UCI** : Uplink Control Information  
**UE** : User Equipment

**UL : Uplink**  
**ULMA : Uplink Multiple Antenna**  
**UL-SCH : Uplink Shared Channel**  
**UMTS : Universal Mobile Telecommunications System**  
**UCI : Uplink Control Information**  
**VoIP : Voice over Internet Protocol**  
**W-CDMA : Wideband CDMA**  
**WP : Working Party**

# منابع

در تألیف این مقاله علاوه بر توجه به تئوریهای آموزشی و هدفهای رفتاری از برخی کتابها و مقالات و مطالب موجود در اینترنت استفاده شده ، از این منابع به خاطر حفظ امانت و صحت مطالب گاه عیناً و گاه با تلخیص استفاده شده است که نام منابع آنها در زیر نوشته شده است :

- [۱] 3GPP press release, “3 GPP Partners propose IMT-Advanced radio,” Geneva, October ۸, ۲۰۰۹.
- [۲] <http://www.3gpp.org/LTE>
- [۳] [http://www.globalcertificationforum.org/WebSite/Public/LTE\\_Certification.aspx](http://www.globalcertificationforum.org/WebSite/Public/LTE_Certification.aspx)
- [۴] <http://3gpp.org/ITU-R-Confers-IMT-Advanced-4G>
- [۵] ITU-R M [IMT-TECH], “Requirements related to technical performance for IMT-Advanced radio interface(s),” August ۲۰۰۸.
- [۶] 3GPP TR ۳۶.۹۱۳ V۹.۰.۰ (۲۰۰۹-۱۲): [http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/36\\_series/36.913](http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/36_series/36.913).
- [۷] <http://www.3gpp.org/LTE-Advanced>
- [۸] [http://www.3gpp.org/IMG/pdf/2009\\_10\\_3gpp\\_IMT.pdf](http://www.3gpp.org/IMG/pdf/2009_10_3gpp_IMT.pdf)
- [۹] 3GPP TSG RAN Tdoc RP-۰۷۰۴۶۶
- [۱۰] 3GPP TR ۳۶.۹۱۳ V۹.۰.۰ (۲۰۰۹-۱۲), “Requirements for Further Advancements of E-UTRA (LTE-Advanced).”
- [۱۱] ITU-R M.[IMT-TECH] “Requirements related to technical performance for IMT-Advanced radio interface(s),” August ۲۰۰۸.
- [۱۲] 3GPP TR ۳۶.۸۱۴, [www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/36\\_series/36.814/](http://www.3gpp.org/ftp/Specs/archive/36_series/36.814/)
- [۱۳] 3GPP IMT-Advanced Evaluation Workshop papers, [http://www.3gpp.org/ftp/workshop/2009-12-17-ITU-R-IMT-Adv\\_eval/docs/](http://www.3gpp.org/ftp/workshop/2009-12-17-ITU-R-IMT-Adv_eval/docs/)
- [۱۴] 3GPP TR ۳۶.۸۰۷ <ftp://3gpp.org/Specs/html-info/36807.htm>
- [۱۵] 3GPP TS ۳۶.۲۱۱ V۱۰.۰.۰
- [۱۶] [ftp://ftp.3gpp.org/tsg\\_ran/TSG\\_RAN/TSGR\\_48/Docs/RP-100661.zip](ftp://ftp.3gpp.org/tsg_ran/TSG_RAN/TSGR_48/Docs/RP-100661.zip) and [ftp://ftp.3gpp.org/tsg\\_ran/WG4\\_Radio/TSGR4\\_56/Documents/R4-102882.zip](ftp://ftp.3gpp.org/tsg_ran/WG4_Radio/TSGR4_56/Documents/R4-102882.zip)
- [۱۷] [ftp://3gpp.org/tsg\\_ran/WG1\\_RL1/TSGR1\\_61b/Docs/R1-104177.zip](ftp://3gpp.org/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_61b/Docs/R1-104177.zip)
- [۱۸] [ftp://3gpp.org/tsg\\_ran/WG1\\_RL1/TSGR1\\_61b/Docs/R1-104263.zip](ftp://3gpp.org/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_61b/Docs/R1-104263.zip)
- [۱۹] [http://www.easy-c.de/PublicWS\\_eng\\_Fachmedien.pdf](http://www.easy-c.de/PublicWS_eng_Fachmedien.pdf)
- [۲۰] 3GPP TR ۳۶.۸۱۴ V۹.۰.۰, A۲.۱.۱.۲
- [۲۱] <http://www.3gpp.org/ftp/Specs/html-info/36807.htm>
- [۲۲] [ftp://ftp.3gpp.org/tsg\\_ran/WG4\\_Radio/TSGR4\\_54/Documents/R4-100427.zip](ftp://ftp.3gpp.org/tsg_ran/WG4_Radio/TSGR4_54/Documents/R4-100427.zip)

بدین وسیله از کلیه اساتید ، دوستان و خوانندگان ارجمند ، درخواست می گردد که کلیه نواقص ، اشتباهات و موارد اصلاحی در مورد این مقاله را با اینجانب در میان بگذارند تا در مقالات بعدی مورد استفاده قرار گیرد ، این صفحه علاوه براین که به عنوان یادداشت ها مورد استفاده قرار خواهد گرفت ، از آن می توان جهت ذکر و تصحیح اشتباهات احتمالی مقاله استفاده نمود.

**Project**

**LTE Technology**

**Babak Sheikhi**

**Islamic Azad  
University of Karaj**

**[www.pc-drop.com](http://www.pc-drop.com)**

**[www.pc-drop.ir](http://www.pc-drop.ir)**