دانشگاه زنجان
دانشکده فنی و مهندسی
گروه مهندسی برق

عنوان:

بررسی و تحلیل سیستم‌های LTE

پژوهشگر:

محمد رحیمی

استاد راهنما:

دکتر مصطفوی

پروژه کارشناسی رشته مهندسی برق گرایش مخابرات

اسفند ماه ۱۳۹۱

فهرست مطالب

عنوان .....صفحه

مقدمه ۱

WCDMA ۵

HSPP ۵

LTE..... ۵

IMT پیشرفته 4G (IMT-Advanced)..... ۶

ملزومات LTE (Requirements on LTE) ۶

تکامل و توسعه بلند مدت مربوط به 3GPP ۷

معماری (RAN) شبکه دسترسی رادیویی Radio Access Network Architecture ۱۰

معماری پروتکل رادیویی(Radio Protocol Architecture) ۱۱

EPS (سیستم بسته تکامل یافته) ۱۱

MME (واحد مدیریت سیار) ۱۲

SGW (ورودی خدمات رسانی)..... ۱۴

PDN GW (ورودی شبکه داده‌ای بسته)..... ۱۵

E-utran ۱۶

eNB: نقطه (ایستگاه) B تکامل یافته..... ۱۸

UE (تجهیزات کاربری)..... ۲۰

نقاط مرجع (Reference Points) ۲۲

جوانب سیستم ۲۵

QoS ۲۵
امنیت ۲۶
لایه‌های پروتکل بالاتر LTE ۲۸
ساختار کانال ارتباطی ۲۹
لایه NAS ۳۲
لایه RRC ۳۳
لایه PDCP ۳۴
لایه RLC ۳۵
مدولاسیون ۳۶
لایه LTE MAC ۳۶
زمان‌بندی ۳۹
HARQ ۴۱
جستجوی سلولی(المان) ۴۱
کنترل و تنظیم نیرو ۴۳
کاهش تداخل داخلی ۴۴
همزمان سازی میان گره (قسمت) B ۴۵
اندازه‌گیری‌های کمی مربوط به لایه فیزیکی ۴۵
انتقال چند آنتنی ۴۵
تسهیم سازی(multiplexing) فضایی ۴۶
پرتو گیری (Beamforming) ۴۷
تنوع ارسال ۴۷

خدمات انتشار چند رسانه‌ای چند قالبی و توسعه یافته ۴۷
خود پیکره‌بندی ۴۹
لایه LTE PHY (فیزیکی) ۵۰
ساختار LTE ۵۱
رمز گذاری کانال ۵۴
اتصال code block CRC و بخش‌بندی قطعه رمز ۵۴
رمز گذاری کانوالی داده‌ها و اطلاعات کنترل ۵۵
رمزگذاری کانوالو (Tial biting (convolution ۵۵
رمزگذاری توربو ۵۵
تطبیق سرعت یا نرخ ۵۷
پیوستگی قطعه رمز (code block) ۵۷
اطلاعات کنترل و داده‌ها (Multiplexing) ۵۸
OFDMA downlink..... ۵۸
MIMO برای OFDMA downlink ۶۱
Sc-FDMA uplink ۶۲
MIMO برای SC-FDMA. UPLINK..... ۶۵
پهنای باند پشتیبانی شده ۶۷
باندهای فرکانسی ۶۸
پوشش‌هایِ طیفی ۷۰
توانایی اجرایی ۷۰
سرعت اوج پردازش داده‌ها ۷۰

راندمان و عملکرد کاربر ۷۱
کارایی و بازده طیفی هر یا سلول ۷۱
خلاصه ۷۴

مقدمه

صنعت ارتباطات راه دور فرایند رقابت با تأمین کنندگان خدمات تلفنی سنتی موجود را برای اپراتورهای جدید دشوار ساخته است و عامل مهمی برای کاربرد موثر این طیف می‌باشد. اکثر شبکه‌های دیجیتالی ارتباطاتی اطلاعاتی بر اثر داده‌ها هستند تا بر اساس صوت، بنابراین درخواست برای خدماتی پاکتی با سرعت بالا مثل داده‌های ترکیبی، صوتی و خدمات صوتی که از پهنای باند سیستم‌های متداول بیشتر هستند افزایش خواهند یافت.

کاربردهای چند رسانه‌ای و ارتباطات کامپیوتر در آینده کاربرد بیشتری خواهند داشت. یک کاربر نمونه انتظار خواهد داشت تا در زمان نیاز به یک مکانیسم با پهنای باند بالای آنی دسترسی داشته باشد. این بدان معناست که میانگین پهنای باند لازم برای ارائه یک سرویس مشخص کم خواهد بود، در صورتی که پهنای باند لحظه ای مورد نیاز بالا است.

سیستم‌های دارای پهنای باند بالا که به صورت مناسب طراحی شده باشند، ظرفیتی را به کاربران خاص به صورت لحظه‌ای اختصاص می‌دهند و با فرض وجود کاربران زیاد از مزایای Multiplexing برای خدمات رسانی مناسب به هر کاربر با یک کسر از پهنای باند مورد نیاز برای مدیریت پیک سرعت انتقال داده‌ای بهره می‌برند. ظهور شبکه‌ای پروتکل اینترنت (SIP) نمونه‌ای از این روند است. همان‌گونه که نمونه ارائه شده در جدول (۵.۱) نشان می‌دهد، خدمات چند رسانه‌ای مختلف دارای تعداد کاربران متفاوتی هستند.

Table 5-1 Examples of data rates and bit error rates versus services [25]

Service	Data rate	Bit error rate
Telephony and messaging	8–64 kbit/s	10^{-3}–10^{-6}
Short control messages/signaling	8–64 kbit/s	10^{-9}
Lightweight browsing	64–512 kbit/s	10^{-6}
Video telephony/video conferencing	64 kbit/s–5 Mbit/s	10^{-3}–10^{-6}
Real time gaming	1–20 Mbit/s	10^{-6}–10^{-9}
Video streaming	5–30 Mbit/s	10^{-6}–10^{-9}
File exchange	Up to 50 Mbit/s	10^{-6}
LAN access	Up to 50 Mbit/s	10^{-6}

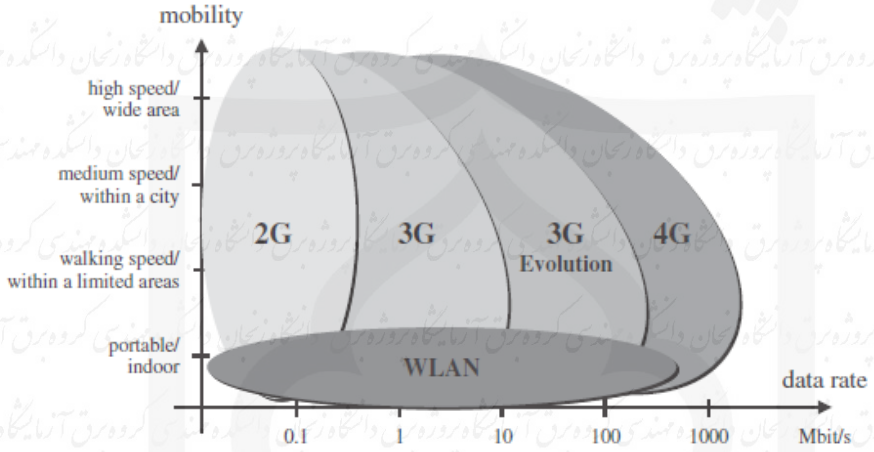


Figure 5-1 Data rate versus mobility in wireless standards

تصویر (۵.۱) : نرخ داده‌ای بر حسب Mobility بر حسب استانداردهای بی سیم.

معمولاً پیک متعدد نرخ انتقال داده برای یک کاربر تنها در دوره‌های زمانی کوتاه مدت مورد نیاز است. بنابراین، نرخ داده‌ای که در سیستم‌های آتی وجود دارد به پیک 50Mbits تا 100 Mbits در مسیر downlink محدود است. در برخی سیستم‌ها، پشتیبانی محض از نرخ‌های داده‌ای کم انجام می‌شود بنابراین کاهش ملزومات ترافیکی کلی باعث کاهش هزینه‌ها می‌شود و منجر به رنج بالاتر می‌شود.

تقاضای کاربر برای خدمات پاکتی (Packet - oriented) با پهنای باند بالا با حلقه‌های مسی خطوط دارای پهنای باند کم (PSTN,ISDN, XDSL) در حال حاضر مناسب است ولی برای آینده تأثیر گذار نمی‌باشد.

فن آوری‌های بی سیم اکنون به خدمات دارای نرخ‌های داده‌ای متوسط محدود هستند ولی با ارائه Mobility بالا، فن آوری‌های بی سیم جایگزین‌های جدید خواهند بود. در تصویر (۵.۱)، نمودار نرخ داده‌ای بر حسب Mobility به ازای استانداردهای فعلی و آتی (4G) ترسیم شده است. سیستم‌های 2G کنونی مثل GSM دارای Mobility بالا ولی نرخ داده‌ای پایین هستند. سیستم‌های تکامل 3G و 3G مثل LTE, HSPA,WCDMA/OMTS دارای Mobility یکسان با GSM هستند ولی نرخ یا سرعت انتقال داده‌ای بسیار بالاتری دارند.

نرخ داده‌ای پشتیبانی شده از چندین Mbit در HSPA تا بیش از ۳۰۰ Mbit در LTE متغیر است. استانداردهای IEEE802 و IEEE802.114(WLAN) برای خدمات نرخ‌های داده‌ای بالا با Mobility کم و پوشش پایین در محیط‌های داخلی طراحی شده‌اند. از سوی دیگر، استانداردهای , IEEE802.16x ETSI BRAN HIPCRMAN برای نرخ‌های داده‌ای بالا برای دسترسی بی سیم پهن باند (BWA) با پوشش بالا طراحی شده‌اند. این دو استاندارد قادر هستند تا نرخ داده‌ای با پیک 60MBits را فراهم نمایند. در سمت انتشار (broad cast) , DAB از لحاظ Mobility مشابه GSM است ولی نرخ داده‌ای انتشار آن بسیار بالاتر است. اگرچه استاندارد DVB-T ابتدا برای گیرنده‌های portable یا ثابت طراحی شده است، ولی نتایج مطالعات میدانی نشان دهنده کارایی بالای آن در سرعت‌های بالا بوده است. استاندارد DVB-T نیز به عنوان گونه‌ای تکامل DVB-T برای تجهیزات دستی با Mobility بالا است. کاربرد سیستم مخابره چند حاملی یعنی OFDM مشخصه مشترک استانداردهای بی سیم کنونی است که دارای نرخ‌های انتقال داده‌ای بالا هستند. علاوه بر این استانداردها، با کاربرد حالات مخابره چندگانه از فن آوری انطباقی استفاده می‌نمایند که در آن امکان ترکیب کد سازی مدولاسیون کانال با کنترل توان وجود دارد. یک استراتژی

ساده در DAB با استفاده از مدولاسیون تفاضلی چند حاملی (Q PSK) معرفی شده است که دارای نرخ‌های انتقال داده‌ای بالا می‌باشد. با اعمال کردن ترکیب ساده‌ای از کدگذاری کانال و منبع، هدف اولیه یعنی حفاظت از قسمت پیغام صوتی/آوایی با مناسب‌ترین طرح FEC و انتقال داده‌های رمزگذاری شده کم اهمیت‌تر منبع بدون FEC بوده است. این به شخص امکان می‌دهد تا در حالت گیرندگی داده‌ها را با بیشترین کیفیت دریافت نماید.

DVB-T , DVB-H دارای نرخ‌های رمزگذاری FEC مختلف با مدولاسیون بالا تا حدود 64-QAM و تعداد بالای زیر حامل‌ها و زمان‌های گارد هستند. در این جا، هدف تأمین کیفیت‌های ویدیویی مختلف بر حسب فاصله و انعطاف پذیری سلولی بوده است یعنی یک شبکه تک فرکانسی کشوری که به علت میزان بالای تداخل یا اعوجاج کانال نمی‌توان از آن برای مخابرات مد آنالوگ استفاده کرد.

در WCDM/UMTJ، علاوه بر نرخ‌های رمزگذاری FEC از یک عامل انتشار متغیر (VSF) با کنترل توان وفقی نیز استفاده می‌شود. مثل GSM، ترکیب FEC با رمزگذاری منبع وجود دارد.

در استانداردهای IEEE 80L. lla,HlpERMAN, IEEE802.16X (Wimax)، یک راه حل مبتنی به ترکیبی از سیستم مخابره‌ای چند حاملی با مدولاسیون مرتبه بالا (تا حد 64QAM) با FEC وفقی (رمزگذاری متغیر) و کنترل توان وفقی مورد استفاده قرار گرفته است. برای هر کاربر، بر اساس نرخ داده‌ای مورد نیازش و شرایط کانال بهترین ترکیب FEC و طرح مدولاسیون، و مقدار شیارهای زمانی اختصاص داده شده است. هدف اصلی ایجاد بهترین تعادل میان پوشش و نرخ داده‌ای بوده است. ایجاد تعادل میان پوشش، نرخ داده‌ای و Mobility با یک معماری سطح مشترک، هدف اولیه سیستم‌های بی سیم نسل بعدی است. کاربران فاقد Mobility و کمترین فاصله پوشش (سلول‌های پیکو) با یک شرایط کانالی ایده آل قادر خواهند بود تا از بیشترین نرخ داده‌ای ممکن بهره‌مند شوند. این فصل ارائه گر یک بازنگری کلی از پارامترهای فنی مهم و استراتژی‌های نهفته در ورای این گزینه‌ها است.

پروژه مشارکت از نسل سوم (3GPP) حوزه‌ای است که در آن WCDMA و تکامل‌های آن یعنی LTE, HSPA مشخص شده‌اند. نمادهای استاندارد سازی ETSI, ARIB, TTC, TTA, CC8A, ATIS شرکای سازمانی در زمینه 3Gpp هستند. تکامل استانداردهای 3G تحت 3Gpp در تصویر (۵.۲) نمایش داده شده است و در ادامه به ذکر مختصری در مورد آن می‌پردازیم.

WCDMA

یک رادیو موبایل سلولی با تأمین سرویس‌های متحرک با پوشش جغرافیایی بالا تعریف می‌شود.

معرفی WCDMA در قاره اروپا (UMTS) جنبشی بود از ارتباطات متحرک تا کاربردهای چند رسانه‌ای. نسخه اول WCDMA عبارت بود از (R99)99 که در باندهای فرکانس حامل 3G حدود ۲ گیگا هرتزی با استفاده از کانال‌هایی با پهنای باند 5MHZ راه‌اندازی می‌شد. نرخ داده‌ای پیک نظری 2Mblt/s با R99 ممکن است در حالی که در عمل 384Kbit/s پیاده سازی می‌شود.

HSPP

تقاضای فزاینده برای انتقال داده‌ای بالاتر با بحث ایجاد نسخه‌های تکاملی WCDMA یعنی HSUPA, HSDPA آغاز شد. هر دو واژن بر اساس WCDMA تک حاملی R99 هستند. افزایش نرخ انتقال داده تا میزان 14/4Mbits در HSDPA و 5/7Mbits در HSUPA میسر شد.

این پیشرفت در اثر زمان بندی کانال وابسته و ARQ هیبریدی (HARQ) و اختصاص رمز چندگانه بوده است. Downlink علاوه بر این مدولاسیون، رمز گذاری وفقی را ساپورت می‌نماید. مجموعه HSUPA , HSDPA دسترسی بسته بندی سرعت بالا (HSPA) نامیده می‌شود.

LTE

3GPP LTE که به آن همچنین دسترسی رادیویی زمینی جهانی EUTAA یا سوپر 3G (S3G) نیز می‌گویند به صورت (R8)8 معرفی شده است. این ارائه گر یک سطح مشترک هوایی فیزیکی جدید برای

افزایش بیشتر نرخ داده‌ای رادیو موبایل سلولی در قیاس با WCDMA و HSPA و OFDM downlink تک حاملی است. LTE دارای نرخ انتقال داده‌ای 100Mbit/s در downlink و 50Mbit/S در uplink است. این ارتقای سرعت انتقال داده به علت ارتقای زمان بندی کانال وابسته و انطباق سرعت، حوزه فرکانسی Mulitip lexing فضایی، MIM و پهنای باند وسیع‌تر تا حد 2Mhtz است.

IMT پیشرفته 4G (IMT-Advanced)

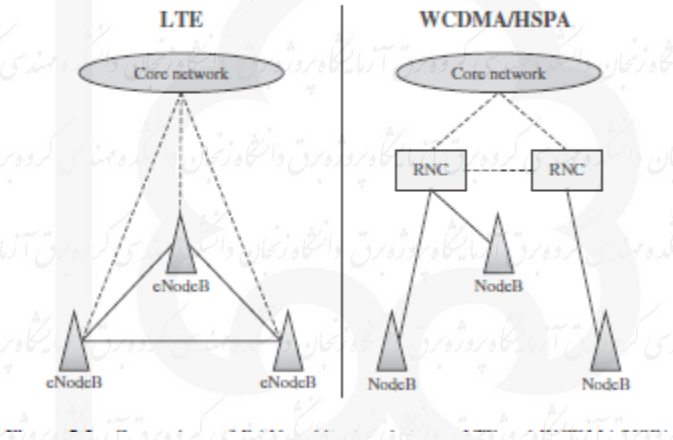
نسل چهارم (4G) رادیو موبایل سلولی را IMT پیشرفته می‌نامند و شامل فن آوری‌های رادیویی نوین و فن آوری‌های قبل است. استاندارد سازی سطح مشترک هوایی فیزیکی جدید دارای سرعت انتقال داده‌ای Gbit/s در Mobility کم و 100Mbility در mobility بالا در downlik است.

ملزومات LTE (Requirements on LTE)

فن آوری دسترسی رادیویی LTE باید برای ترافیک سوئیچ شده پاکتی با نرخ داده‌ای بالا و تا خیر کم بهینه سازی شود. ملزومات LTE در مرجع (۵) ارائه و در جدول (۵.۲) نرخ داده‌ی مورد انتظار در dounlink برابر است با 100 Mbit/s در پهنای باند 20MHZ و در U Plink برابر است با 2/5 bit/s/HZ با 50 Mbit/s در پهنای باند 20MHZ. عملکرد LTE که در بخش (۵.۲.۱۱) نمایش داده شده است، بیانگر این است که مشخصات فنی LTE در R8 بیش از راندمان‌های طیفی مورد نیاز است.

Parameter	Target figures
Peak data rates	100 Mbit/s for downlink 50 Mbit/s for uplink
Average user throughput per MHz compared to HSPA Release 6	3–4 times higher for downlink 2–3 times higher for uplink
Spectrum efficiency in bit/s/Hz/cell compared to HSPA Release 6	3–4 times higher for downlink 2–3 times higher for uplink
Mobility	0–15 km/h (optimized for this range) 15–120 km/h (high performance guaranteed) 120–350 km/h (connection maintained)
Supported bandwidths	1.25–20 MHz
Spectrum allocation	Operation in paired spectrum (FDD) and unpaired spectrum (TDD) should be supported
Latency	5 ms user-plane latency at IP layer, for one-way 100 ms control-plane latency from idle to active state
Number of users per cell	At least 200 at 5 MHz bandwidth At least 400 at bandwidth higher than 5 MHz

جدول ۵.۲: ملزومات LTE.



تصویر۵.۳: مقایسه معماری RA N بین LTE و WCDMA/HSPA

تکامل و توسعه بلند مدت مربوط به 3GPP

پروژه مشارکت تولیدی نسل سوم (3GPP) در واقع پیدایش جدید تکنولوژی OFDMA بر مبنـای IP بـا توسعه بلند مدت (LTE) این پروژه را مخاطب قرار می‌دهد، بدین منظـور کـه افـزایش تصـاعدی کـاربرد داده‌های سیار و همچنین برنامه‌های کاربردی چند رسانه‌ای جدید را اصـلاح سـازد. ایـن سـطح مشـترک

Table 5-14 Uplink LTE spectrum efficiency per cell in a scenario with 500 m inter-site distance [4]

	Spectrum efficiency (bit/s/Hz/cell)	Spectrum efficiency (relative to UTRA)
Requirement	0.332	2–3 × UTRA
1 × 2 SIMO	0.735	2.2 × UTRA
1 × 4 SIMO	1.103	3.3 × UTRA
2 × 2 SU-MIMO	0.776	2.3 × UTRA

جدول ۵.۱۴ : راندمان طیفی uplink LTE در هر سلول در یک طرح با فاصله ۵۰۰ متری.

خلاصه

ارزیابی بلند مدت (LTE) در واقع استانداردسازی در 3GPP است تا یک شیوه چرخشی خاص برای سرعت‌های بالاتر و دوره رکود پایین‌تر را از طریق طرح خانه خانه (سلولی) مبنی OFDMA، ارائه نماید. تکامل طرح سیستم (SAE) که در 3GPP توسعه یافته یک سیستم مبنی بر تمام IP هاست و برای استقرار با LTE تعیین شده است.

در اینجا ویژگی‌های اصلی LTE به صورت خلاصه شده آورده شده‌اند:

- LTE مشخص شده در 3GPP، ۸ ساختار را انتشار می‌دهد و SC-FDMA uplink را با OFDMADdownlink ترکیب می‌کند.
- LTE دامنه فرکانس‌های قیاس پذیر در دامنه‌ای از ۱/۲۵ تا ۲۰ مگا هرتز را پشتیبانی می‌کند، که LTE را قادر می‌سازد تا در تمام باندهای فرکانسی 3GPP در تخصیص‌های طیفی جفتی و غیر جفتی، عمل کند.
- با طیف ۲۰ مگا هرتزی، سرعت‌های فرضی برای Ddownlink، ۳۰۰ Mbps و برای uplink، ۷۵ Mbps می‌باشد.

- E-UTRAN در بر گیرنده ENB مربوط به ایستگاه مبنا و UE را معرفی می‌کند.
- SAE در ورودی دسترسی صفحه کنترل و صفحه داده‌ها را مجزا کرده است و MME برای عملکرد کنترل و SGW برای ارسال داده‌ها معرفی شده‌اند. همچنین PDN GW به عنوان یک نقطه مرجع تحرک عمل می‌کند.
- همچنین امکانات LTE تکامل پیدا خواهد کرد تا الزامات و مقتضیات IMT پیشرفته با LTE پیشرفته را کامل شده و اجرا نماید.