



高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材

LTE基础原理与关键技术

主编 曾召华



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

LTE 基础原理与关键技术

主编 曾召华

参编 秦洪峰 李 斌 李 萍 路程红

张 婷 李 磊 赵 谦

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

3GPP 标准组织在 2004 年底启动了其长期演进(LTE)技术的标准化工作,于 2008 年 12 月正式发布了 LTE R8 版本,定义了 LTE 的基本功能;于 2009 年底完成 R9 版本;预计在 2011 年左右完成 R10 版本。基于上述背景,本书系统介绍了 LTE 系统设计、物理层关键技术、组网技术以及 R9/R10 中的最新协议进展。本书内容包括:LTE 发展历史、系统基本参数、空中接口 OFDM/MIMO 多天线关键技术、LTE 组网策略、R9 双流 BF 技术、R10 中上下行 MIMO 技术发展等。

本书内容新颖,可供广大从事移动通信工作的工程技术人员参考,并可作为从事相关课题研究的师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

LTE 基础原理与关键技术/曾召华主编.

—西安:西安电子科技大学出版社,2010.5

高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2381 - 8

I. L… II. 曾… III. 移动通信:无线电通信—通信网—高等学校—教材 IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 003393 号

策 划 毛红兵

责任编辑 孟秋黎 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2010 年 5 月第 1 版 2010 年 5 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 22.875

字 数 534 千字

印 数 1~2000 册

定 价 32.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2381 - 8/TN · 0550

XDUP 2673001 - 1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

西安电子科技大学出版社
高等学校电子与通信类专业“十一五”规划教材
编审专家委员会名单

主任: 杨 震 (南京邮电大学校长、教授)

副主任: 张德民 (重庆邮电大学通信与信息工程学院副院长、教授)

秦会斌 (杭州电子科技大学电子信息学院院长、教授)

通信工程组

组 长: 张德民 (兼)

成 员: (成员按姓氏笔画排列)

王 晖 (深圳大学信息工程学院副院长、教授)

巨永锋 (长安大学信息工程学院副院长、教授)

成际镇 (南京邮电大学通信与信息工程学院副院长、副教授)

刘顺兰 (杭州电子科技大学通信工程学院副院长、教授)

李白萍 (西安科技大学通信与信息工程学院副院长、教授)

张邦宁 (解放军理工大学通信工程学院卫星系系主任、教授)

张瑞林 (浙江理工大学信息电子学院院长、教授)

张常年 (北方工业大学信息工程学院院长、教授)

范九伦 (西安邮电学院信息与控制系系主任、教授)

姜 兴 (桂林电子科技大学信息与通信学院副院长、教授)

姚远程 (西南科技大学信息工程学院副院长、教授)

康 健 (吉林大学通信工程学院副院长、教授)

葛利嘉 (中国人民解放军重庆通信学院军事信息工程系系主任、教授)

电子信息工程组

组 长: 秦会斌 (兼)

成 员: (成员按姓氏笔画排列)

王 荣 (解放军理工大学通信工程学院电信工程系系主任、教授)

朱宁一 (解放军理工大学理学院基础电子学系系主任、工程师)

李国民 (西安科技大学通信与信息工程学院院长、教授)

李邓化 (北京信息工程学院信息与通信工程系系主任、教授)

吴 谨 (武汉科技大学信息科学与工程学院电子系系主任、教授)

杨马英 (浙江工业大学信息工程学院副院长、教授)

杨瑞霞 (河北工业大学信息工程学院院长、教授)

张雪英 (太原理工大学信息工程学院副院长、教授)

张 彤 (吉林大学电子科学与工程学院副院长、教授)

张焕君 (沈阳理工大学信息科学与工程学院副院长、副教授)

陈鹤鸣 (南京邮电大学光电学院院长、教授)

周 杰 (南京信息工程大学电子与信息工程学院副院长、教授)

欧阳征标 (深圳大学电子科学与技术学院副院长、教授)

雷 加 (桂林电子科技大学电子工程学院副院长、教授)

项目策划: 毛红兵

策 划: 曹 昶 寇向宏 杨 英 郭 景

前言

众所周知,移动通信未来的竞争焦点是数据业务。现有的 3G、3.5G 技术不能成为最终的解决方案,竞争的加剧进一步推动了技术的发展,从而使移动通信宽带化的步伐不断加快。为了应对宽带接入技术的挑战,同时为了满足新型业务需求,3GPP 标准组织在 2004 年底启动了其长期演进(LTE)技术的标准化工作。2004 年 11 月,根据众多移动通信运营商、制造商和研究机构的要求,3GPP 通过了关于“Evolved UTRA and UTRAN”(又称为 Long Term Evolution(LTE),即“3G 长期演进”)的立项工作,希望达到以下几个主要目标:

- 保持 3GPP 在移动通信领域的技术及标准优势。
- 填补第三代移动通信系统和第四代移动通信系统之间存在的巨大技术差距。
- 希望使用已分配给第三代移动通信系统的频谱,保持无线频谱资源的优势。
- 解决第三代移动通信系统存在的专利过分集中的问题。

目前整个宽带无线市场的发展方向更加清晰,一方面,3GPP2 明确放弃了 UMB 技术,确定了向 LTE 长期发展的路线,使得 3GPP2 的技术路线更加清晰;另一方面,来自于市场的原动力以及迫于市场对于移动宽带业务快速发展的需求(例如北美和日本市场),很多运营商开始在 2009 年推出 LTE 网络部署。2009 年巴塞罗那会议上,包括 Verizon 已经宣布在 2010 年初期部署 LTE,在 2015 年达到全北美的覆盖,在瑞典也已经开始部署。NTTDoCoMo 也计划在 2010 年左右推出 LTE 网络。

从 2008 年 12 月开始,LTE-TDD 测试组进行测试验证工作,目前已进入到外场验证阶段。在测试安排过程中,系统以及芯片、终端产品在各环节中介入。目前我国工信部和中国移动通信集团(CMCC)联合组织国内外的一些厂家完成了 LTE-TDD 室内 PoC 测试,进入外场验证阶段。在室内测试阶段,对 LTE-TDD 主要的性能参数进行了验证,涉及的技术包括峰值速率、小区吞吐量、AMC 等。作者及其相应团队自 2000 年开始进行 TD-SCDMA 关键技术研究与产品开发,同时关注 LTE 标准进展,并于 2006 年开始转入 LTE 关键技术及产品开发,本书正是在 LTE 产品开发的基础上编撰完成的。

本书第 1 章对 LTE 进行了概述,介绍了 LTE 标准发展状况。第 2 章阐述了 LTE 物理层协议。第 3 章论述了 LTE 中的 OFDM 关键技术,重点介绍了 OFDMA 和 SC-FDMA 这两种多址技术,并结合 LTE 系统的技术规范说明了其在系统中的应用。第 4 章论述了 OFDM 系统中各种信道估计技术,重点阐述了 LTE 规范中导频设计原则、上下行导频估计方法、各种非导频位置信道估计插值方法以及各种信道估计降噪方法。第 5 章论述了 OFDM 系统中的同步技术,包括时间同步和频率同步方法。第 6 章论述了 LTE 系统中的小区搜索方法。第 7 章介绍了主要的无线信道模型,重点包括 LTE 测试信道、SCM 信道、SCME 信道、ITU 信道、WINNER 信道等。第 8 章论述了 LTE 多天线技术,重点包括 LTE 中上下行各种 MIMO 技术。第 9 章介绍了 LTE 中的主要物理信道性能。第 10 章介

绍了 LTE 中的随机接入技术,重点包括检测算法及接入性能。第 11 章讨论了 LTE 中的校正技术及性能,为 TDD-LTE 波束赋形技术奠定了基础。第 12 章讨论了 OFDM 系统峰均比问题,重点讨论了 OFDM 系统峰均比产生的原因及降低峰均比的多种措施。第 13 章讨论了 LTE 组网技术,重点讨论了 LTE 中的同频干扰抑制技术、LTE 网络规划、LTE 链路预算、LTE 组网设备选型等。第 14 章介绍了最新的 LTE-A 技术进展,重点介绍了 LTE-A 需求、LTE R9/R10 标准进展、R9 物理层关键技术、R10 物理层关键技术等。

在本书编写过程中,曾召华参加了全部章节的编写工作,重点编写了第 1 章、第 3 章、第 13 章、第 14 章等。秦洪峰、李斌、李萍、路程红、张婷、李磊、赵谦等各自承担了部分章节的编写。在编写过程中还得到了中兴通讯股份有限公司基带算法部费佩燕、雷杰、韩路佳、史凡、李春斌、熊高才、冯波、吴友、赵刚、闫金凤等同事的大力支持,也得到了中兴通讯相关专家江海、江朔、刘巧艳、张文忠、黄俊、周晖、李航以及相关领导的支持,在此一并表示衷心的感谢。

本书内容新颖,可供广大从事移动通信工作的工程技术人员参考,并可作为从事相关课题研究的师生的参考书。

由于作者水平有限,加之 LTE 相关标准还在不断变化和完善中,书中不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

作 者

2009 年 9 月

目 录

第 1 章 LTE 概述	1
1.1 LTE 简介	1
1.1.1 LTE 启动背景	1
1.1.2 LTE 技术特点	2
1.1.3 LTE 标准进展	4
1.1.4 LTE 产业进展	6
1.1.5 LTE 频谱划分	7
1.1.6 LTE 系统架构	9
1.2 LTE 基本需求	12
1.3 LTE TDD/FDD 协议综述	14
1.3.1 下行传输方案	16
1.3.2 上行传输方案	16
1.3.3 层 2 技术	17
1.3.4 FDD 和 TDD 的差异	20
1.4 LTE 与 HSPA、WiMAX 对比	21
1.4.1 调制技术	21
1.4.2 ARQ 机制	22
1.4.3 资源调度机制	23
1.4.4 网络结构	23
1.5 小结	26
参考文献	27
第 2 章 LTE 物理层协议	28
2.1 物理层概述	28
2.1.1 物理信道和物理信号	28
2.1.2 时隙结构与物理 RE	29
2.2 上行物理信道与调制	30
2.2.1 上行物理共享信道	30
2.2.2 上行物理控制信道	31
2.2.3 上行参考信号的产生	35
2.3 下行物理信道与调制	40
2.3.1 下行物理信道的通用结构	40
2.3.2 物理下行共享信道	43
2.3.3 物理多播信道	43
2.3.4 物理广播信道	43
2.3.5 物理控制格式指示信道	43
2.3.6 物理 HARQ 指示信道	44

2.3.7	物理下行控制信道	46
2.3.8	参考信号的生成	47
2.3.9	同步信号	47
2.4	复用与信道编码	48
2.4.1	通用过程	48
2.4.2	上行传输信道与控制信道	53
2.4.3	下行传输信道与控制信道	55
2.5	物理层过程	58
2.5.1	上行功率控制	58
2.5.2	下行功率分配	59
2.5.3	物理上行共享信道相关过程	60
2.5.4	物理下行共享信道相关过程	61
2.6	物理层测量	67
2.6.1	UE 或 E-UTRAN 测量的控制	67
2.6.2	E-UTRA 的测量能力	67
	参考文献	69
第 3 章	LTE 中 OFDM 技术	70
3.1	OFDM 基础	70
3.2	LTE 中的 OFDM	71
3.3	LTE 下行性能分析	77
3.3.1	下行抗多径分析	78
3.3.2	下行抗高速移动分析	83
3.3.3	下行固定频偏估计与补偿技术分析	86
3.4	LTE 上行性能分析	87
3.4.1	上行发射方式分析	87
3.4.2	上行抗多径干扰分析	89
3.4.3	上行抗高速移动分析	92
3.4.4	上行固定频偏估计与补偿技术分析	93
3.5	LTE 中上、下行 OFDM 技术对比	94
3.6	LTE 中 OFDM 参数选取	98
	参考文献	99
第 4 章	OFDM 信道估计	101
4.1	导频图案的选择	102
4.1.1	LTE 下行导频图案的选择	104
4.1.2	LTE 上行导频图案的选择	109
4.2	导频位置信道估计方法	112
4.2.1	LS 算法	113
4.2.2	MMSE 算法	113
4.2.3	SVD-MMSE 算法	114
4.2.4	基于降噪处理 LS 信道估计	115
4.3	数据位置信道估计	116
4.3.1	线性插值算法	116
4.3.2	二次多项式插值算法	116

4.3.3 高斯插值算法	117
4.3.4 基于 DFT 插值算法	117
4.4 不同变换对信道估计性能影响分析	118
4.4.1 基于傅立叶变换的信道估计	118
4.4.2 基于离散余弦变换的信道估计	118
4.4.3 基于变换域处理(transform domain)的信道估计	118
4.4.4 基于小波变换(wavelet transform)的信道估计	119
参考文献	120
第 5 章 OFDM 同步	121
5.1 同步偏差对 OFDM 信号影响分析	121
5.1.1 频率偏差对 OFDM 系统的影响	121
5.1.2 定时偏差对 OFDM 系统的影响	128
5.2 频率同步方法与性能	131
5.2.1 频率偏差估计方法	132
5.2.2 频率偏差补偿方法	133
5.2.3 频率同步算法性能	134
5.3 时间同步方法与性能	135
5.3.1 定时偏差估计方法	135
5.3.2 时间同步算法性能	137
参考文献	138
第 6 章 LTE 系统小区搜索	139
6.1 LTE 下行同步序列	139
6.1.1 ZC 序列	139
6.1.2 P-SCH 序列及映射	140
6.1.3 S-SCH 序列及映射	141
6.1.4 S-SCH 信号下行发射方案	143
6.2 LTE 小区搜索过程及相关同步算法	145
6.2.1 粗时间同步与扇区号匹配	145
6.2.2 小数倍频偏估计与补偿	146
6.2.3 时间精同步	147
6.2.4 帧同步	147
6.3 小区搜索算法性能	147
6.3.1 低通滤波器特性	147
6.3.2 小数倍频偏的均方误差	148
6.3.3 粗同步与精同步性能	148
6.3.4 小区 ID 搜索性能	150
6.3.5 帧同步性能	150
参考文献	150
第 7 章 无线信道模型	152
7.1 概述	152
7.1.1 信道建模方式	152
7.1.2 瑞利衰落	153

7.1.3 Jakes 模型仿真方法	154
7.2 常规测试信道	156
7.2.1 静态传播条件	156
7.2.2 多径衰落传播条件	156
7.2.3 高速列车条件	157
7.2.4 移动传播条件	158
7.3 SCM 信道模型	159
7.3.1 概述	159
7.3.2 环境类型	160
7.3.3 单极化无线信道	162
7.3.4 双极化无线信道	162
7.4 SCM-A~SCM-D 信道模型	163
7.4.1 SCM-A	163
7.4.2 SCM-B	164
7.4.3 SCM-C	165
7.4.4 SCM-D	166
7.5 SCME 信道模型	168
7.5.1 SCME 与 SCM 信道模型主要差异	168
7.5.2 信道模型参数	168
7.5.3 路损模型	169
7.5.4 LOS 参数	169
7.5.5 抽头延迟线模型	169
7.6 ITU 信道模型	170
7.6.1 应用场景与配置参数	171
7.6.2 天线特性	173
7.6.3 信道建模	174
7.6.4 路损模型	174
7.6.5 通用(Generic)模型	177
7.6.6 簇延迟线(CDL)模型	181
7.7 WINNER 信道模型	187
参考文献	188
第 8 章 LTE 多天线技术	189
8.1 多输入多输出(MIMO)技术原理	189
8.1.1 传统的天线系统	189
8.1.2 多输入多输出系统	191
8.2 LTE 上行多天线模式	193
8.2.1 上行接收模式	193
8.2.2 上行 MU-MIMO	193
8.3 LTE 下行多天线发射模式	194
8.4 LTE 下行发射分集	195
8.4.1 二端口发射分集	195
8.4.2 四端口发射分集	197
8.5 LTE 下行闭环空间复用	199

8.5.1 预编码(Precoding)原理	199
8.5.2 预编码(Precoding)码本	201
8.6 开环空间复用	202
8.6.1 循环延迟分集原理	202
8.6.2 大循环延迟分集预编码	203
8.7 下行 MU-MIMO	204
8.8 下行闭环 Rank=1 预编码	207
8.9 波束赋形	207
8.9.1 空间相关矩阵计算	207
8.9.2 基于最小均方误差准则的赋形权矢量计算	209
8.9.3 基于最大信噪比(MSNR)准则的赋形权矢量计算	209
8.9.4 基于最大信干噪比(MSINR)准则的赋形权矢量计算	210
8.9.5 基于最强路径准则的赋形权矢量计算	211
8.10 LTE 中组网性能仿真评估	211
8.10.1 动态物理层参数提取	212
8.10.2 EESM	213
8.10.3 每载波信噪比计算	213
8.10.4 系统级仿真过程	217
8.10.5 下行系统性能	218
8.10.6 上行系统性能	221
参考文献	223
第 9 章 LTE 主要物理信道性能	224
9.1 上行控制信道	224
9.1.1 1 比特 ACK/NAK	224
9.1.2 2 比特 ACK/NAK	225
9.1.3 不同 ACK 长度性能	227
9.2 上行业务信道	229
9.2.1 Hopping	229
9.2.2 Sounding RS	230
9.3 下行控制信道	238
9.3.1 物理广播信道(PBCH)	238
9.3.2 物理控制格式指示信道(PCFICH)	239
9.3.3 物理下行控制信道(PDCCH)	240
9.3.4 物理 HARQ 指示信道(PHICH)	244
9.4 下行业务信道	246
9.4.1 PDSCH 的发射/接收端处理	246
9.4.2 PDSCH 资源分配方式	246
9.4.3 PDSCH 性能分析	250
9.5 下行控制信道资源映射图例	253
9.5.1 REG 的图例	253
9.5.2 不同天线配置、带宽情况下的 REG 数目	254
9.5.3 下行控制信道符号的物理资源映射	254
参考文献	258

第 10 章 LTE 随机接入技术	259
10.1 随机接入过程	259
10.1.1 随机接入配置格式	259
10.1.2 随机接入的时域结构	262
10.1.3 随机接入的用户签名序列	263
10.1.4 随机接入的用户消息数据	265
10.1.5 随机接入的流程描述	266
10.2 检测算法	266
10.2.1 随机接入检测原理	266
10.2.2 低速检测原理	268
10.2.3 高速检测原理	268
10.3 随机接入性能	270
10.3.1 多天线虚警概率分析	270
10.3.2 多天线漏警概率分析	272
10.4 干扰分析	274
10.4.1 PRACH 收/发结构	274
10.4.2 仿真设置	275
10.4.3 干扰性能仿真	275
参考文献	278
第 11 章 LTE 校正技术	279
11.1 校正的分类	279
11.1.1 生产校正	279
11.1.2 初始化校正	279
11.1.3 在线校正	280
11.2 在线校正原理	282
11.3 在线校正算法与性能仿真	282
11.3.1 参考信号产生及分组映射	283
11.3.2 上行每载波各通道信道估计	284
11.3.3 下行每载波各通道信道估计	285
11.3.4 校正权值计算	285
11.3.5 校正仿真性能	286
参考文献	288
第 12 章 OFDM 峰均比	289
12.1 峰均比产生的原因	289
12.1.1 OFDM 系统发送端模型	289
12.1.2 峰均比的定义	290
12.1.3 峰均比对系统的影响	290
12.1.4 OFDM 系统内峰值平均功率比的分布	291
12.2 OFDM 系统中降低峰均比的几种方法	292
12.2.1 中频削峰	292
12.2.2 基带削峰	294
12.2.3 基带中频联合削峰	300

参考文献	301
第 13 章 LTE 组网技术	303
13.1 LTE 同频组网	303
13.1.1 干扰分析	303
13.1.2 业务信道解决方案	304
13.1.3 控制信道解决方案	309
13.2 LTE 网络规划	310
13.2.1 LTE 网络规模的特点	310
13.2.2 LTE 网络规模的估算的概念	311
13.2.3 LTE 网络规模的估算的主要工作	311
13.2.4 站型与覆盖面积的关系	311
13.2.5 覆盖估算的流程	312
13.3 LTE 链路预算	312
13.3.1 链路预算的定义	312
13.3.2 链路预算关键参数	313
13.4 LTE-TDD 组网设备选型	319
13.4.1 室内分布	319
13.4.2 TD-SCDMA 与 LTE-TDD 之间同步/帧同步/对齐的共存分析	320
13.4.3 TD-SCDMA 现有技术在 LTE-TDD 中的应用	321
参考文献	323
第 14 章 LTE-A 技术进展	324
14.1 IMT-A 和 LTE-A 时间计划表	324
14.2 IMT-A 和 LTE-A 需求对比分析	327
14.2.1 IMT-A 基本需求	327
14.2.2 LTE-A 基本需求	327
14.3 3GPP R8/R9/R10 标准进展摘要	328
14.3.1 R8 标准进展摘要	329
14.3.2 R9 标准进展摘要	329
14.3.3 R10 标准进展摘要	331
14.4 3GPP LTE R9 技术重点	332
14.4.1 LTE R9 物理层技术	332
14.4.2 LTE R9 RAN2/RAN3 技术	336
14.5 3GPP LTE-R10 物理层重点技术	338
14.5.1 频谱聚合	338
14.5.2 协作 MIMO	341
14.5.3 下行 MIMO	344
14.5.4 下行参考信号设计	346
14.5.5 中继技术	347
14.5.6 上行技术	348
参考文献	351

第1章 LTE 概述

1.1 LTE 简介

1.1.1 LTE 启动背景

众所周知,移动通信的发展方向是与互联网密切结合的,即移动通信未来的竞争焦点是数据业务。从长远规划的角度来看,现有的 3G、3.5G 技术不能成为最终的解决方案,面对宽带无线接入技术的竞争,特别是 IEEE 802.16/20 技术的发展,3G 必须加快后续技术的研究。目前国际标准化组织正在推动无线传输技术从 2 Mb/s 向 100 Mb/s(E3G)、1000 Mb/s(B3G)的目标发展。竞争的加剧进一步推动了技术的发展,从而使移动通信宽带化的步伐不断加快,为迎接移动数据业务时代的到来奠定了坚实的技术基础。

图 1.1.1 给出了移动通信技术演进的基本路线和示意图。从图中可清晰地看到两个特点:

- 移动通信正在从 2G 向 3G、B3G、4G 演进, 载频带宽由窄带向宽带发展。
- 移动通信网络将会从以语音为主导的网络向以高速数据为主导的网络转型。

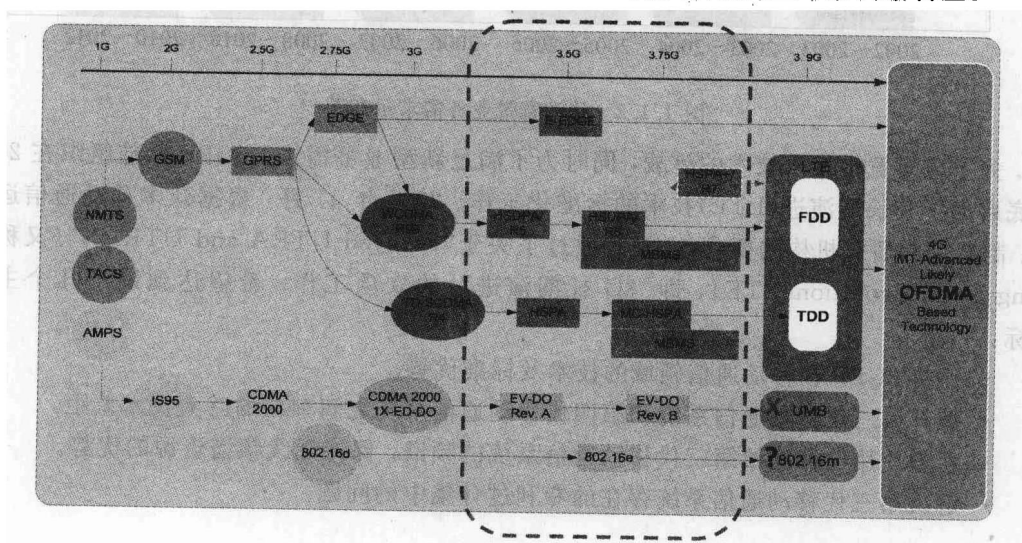


图 1.1.1 移动通信技术演进示意图

在第三代移动通信的发展过程中,随着 R99、R4、R5、R6 和 R7 各个系统版本技术规范的发布,3GPP 作为 WCDMA 和 TD-SCDMA 两个系统进行国际标准化工作的主要组织,为基于 CDMA 技术的第三代移动通信技术的发展发挥了重要的作用,近年来这些系统逐渐进入了商用的进程。另一方面,无线通信技术在不断发展,以 OFDM 技术为代表的各项新技术在近几年成为热点,并且逐渐走向产业化。特别是这些新技术在无线宽带接入系统中的出现,将无线通信的接入速率提升到了 100 Mb/s 的范畴,同时开始加强对于终端移动性的支持,这给正处在 3G 发展期的传统蜂窝移动通信带来了强大的竞争压力。在这样的背景下,作为传统移动通信领域的领导者,无论是为了促进新技术的产业化,还是应对行业内激烈的技术竞争,保持移动通信领域的领导地位,都要求 3GPP 作出进一步的努力。同时,移动多媒体业务对带宽要求越来越高,“宽带化”成为移动通信技术的发展趋势。

图 1.1.2 给出了移动宽带业务需求示意图。

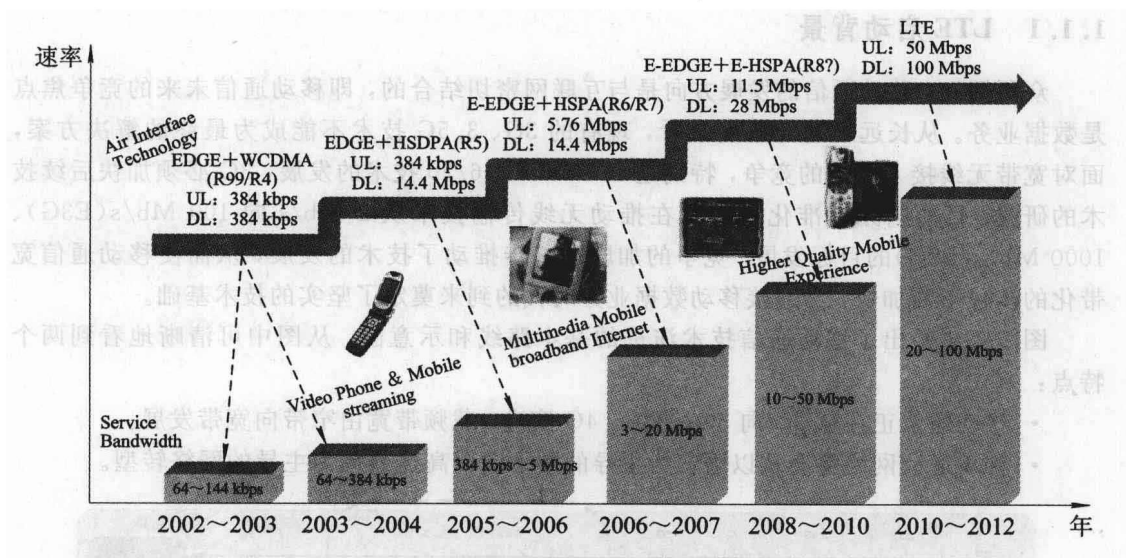


图 1.1.2 移动宽带业务需求示意图

为了应对宽带接入技术的挑战,同时为了满足新型业务需求,3GPP 标准组织在 2004 年底启动了其长期演进(LTE)技术的标准化工作。2004 年 11 月,根据众多移动通信运营商、制造商和研究机构的要求,3GPP 通过了关于“Evolved UTRA and UTRAN”(又称为 Long Term Evolution(LTE),即“3G 长期演进”)的立项工作,希望达到以下几个主要目标:

- 保持 3GPP 在移动通信领域的技术及标准优势。
- 填补第三代移动通信系统和第四代移动通信系统之间存在的巨大技术差距。
- 希望使用已分配给第三代移动通信系统的频谱,保持无线频谱资源的优势。
- 解决第三代移动通信系统存在的专利过分集中的问题。

1.1.2 LTE 技术特点

为了在未来移动通信技术竞争激烈的环境中处于有利位置,LTE 项目开始以后,作为

技术研究工作的基础,在 3GPP 中对演进型系统的市场需求进行了详细的讨论,从系统性能要求、网络的部署场景、网络架构、业务支持能力以及和现有各个系统的演进和互通关系等方面进行了详细的描述。相比目前各个第三代移动通信系统,LTE 演进具有如下主要技术特点:

(1) 提高了通信速率和频谱效率。系统的最大带宽为 20 MHz,在这样的带宽下,下行峰值速率为 100 Mb/s、上行峰值速率为 50 Mb/s。

(2) 分组交换与 QoS 保证。系统在整体架构上将基于分组交换,同时通过系统设计和严格的 QoS 机制,保证实时业务(VoIP、视频流等)的服务质量。

(3) 支持各种系统带宽。除了 20 MHz 的最大带宽以外,还能够支持 1.4 MHz、3 MHz、5 MHz、10 MHz 和 15 MHz 等系统带宽,以及“成对”与“非成对”频段的部署,以保证将来在系统部署上的灵活性。

(4) 明确提出系统的支持高移动速率的基础上,需要考虑为低移动速率用户提供优化条件,同时改善小区边缘用户的吞吐量等具体的系统需求。

这些市场需求比较全面地描述了 LTE 系统在各个方向上的设计目标,为具体的系统设计工作奠定了良好的基础。在 LTE 系统的技术研究方面,2005 年 3 月,3GPP 制定了相应的工作计划,各工作小组开始了各个方面的具体研究工作,其中包括:

- RAN1 工作组:对于 LTE 系统物理层的研究。
- RAN2、RAN3 和 SA2 工作组:对于网络架构和接入网协议功能的研究。
- RAN4 工作组:对于无线射频以及接入网性能评估的研究。

物理层作为空中接口的基础在移动通信系统中扮演着重要的角色,而无线接入的多址方式作为物理层的基础,在移动通信系统的演进中起着重要的作用。

3GPP RAN1 工作组对各个公司提交的候选提案进行了概括和收敛,确定了六种备选的多址方式,包括:

方式 1: FDD, 上行 SC-FDMA(SingleCarrier-FDMA), 下行 OFDMA。

方式 2: FDD, 上行 OFDMA, 下行 OFDMA。

方式 3: FDD, MC-WCDMA。

方式 4: TDD, MC-TD-SCDMA。

方式 5: TDD, 上行 OFDMA, 下行 OFDMA。

方式 6: TDD, 上行 SC-FDMA, 下行 OFDMA。

这六种备选方案中,方式 3 和方式 4 是对于现有基于 CDMA 技术的第三代移动通信系统进行多载波演进的方案,方式 1、2、5、6 是以 OFDM 技术为基础的多址方式。随后,工作组开始了对于上述六种方案的筛选过程,由于多址方式对于移动通信系统至关重要,因此相关的筛选过程受到了广泛的重视。在 2005 年 12 月结束的 3GPP RAN 全会上,首先从六种候选的多址技术方案中选择了方式 1 和方式 6 为 LTE 关于多址方式的工作假设,同时开展后续的研究工作。方式 3 和方式 4 作为对现有 3G 系统更加直接的演进方式,在目前 3GPP 已有的版本演进路线上进行,由此确定了 LTE 系统将采用以 OFDM 技术为基础的多址方式。

关于网络架构的研究也在积极地进行,在整体方向上与第三代移动通信系统相比较,LTE 的网络架构将向“扁平化”方向发展,其中涉及若干具体问题,例如扁平网络的简单与

灵活、多层次网络的移动性支持与安全性等内容也得到深入讨论,以寻求良好的解决方案。

总体说来,随着项目的进展以及若干系统设计基础问题的解决,LTE 系统的技术发展方向已经明确进入到具体技术细节的设计与完善阶段。

1.1.3 LTE 标准进展

2008 年 12 月正式发布了 LTE R8 版本,它定义了 LTE 的基本功能。在 R9 阶段,是 3GPP 很小的版本,在这个版本里主要增加了两层 Beamforming、定位等功能,同时继续完善 LTE 家庭基站,特别是增强了管理和安全方面以及 LTE 微微基站和自组织管理的功能。未来的 4G 是作为 3GPP R10/R11 版本,和 ITU 的 4G 标准基本进程一致,估计在 2011 年左右完成。R10 版本可以运行在 100 MHz 带宽上,并且进一步提升 LTE 的上行传输性能,同时增强 MBNS 以及 SON 功能。国内的 CCSA 标准组织在 2008 年开展了整体技术研究工作,包括核心网络和无线接口的网络总体技术要求,以及在核心网络方面的设备研制工作,在 2009 年制定 LTE-TDD 设备规范和核心网络的系列行业标准。

3GPP LTE 项目以制定 3G 演进型系统技术规范作为目标,在时间上按照 3GPP 的工作流程分为两个阶段:从 2004 年 12 月到 2006 年 6 月为“StudyItem”,即技术可行性研究阶段;从 2006 年 6 月到 2007 年 6 月为“WorkItem”,即具体技术规范的撰写阶段。按照计划,2007 年 6 月 3GPP 开始发布 3G 演进型系统第一个版本的技术规范。具体 LTE 标准进展如图 1.1.3 所示,并且在 2009 年 3 月开始冻结 R8 协议。

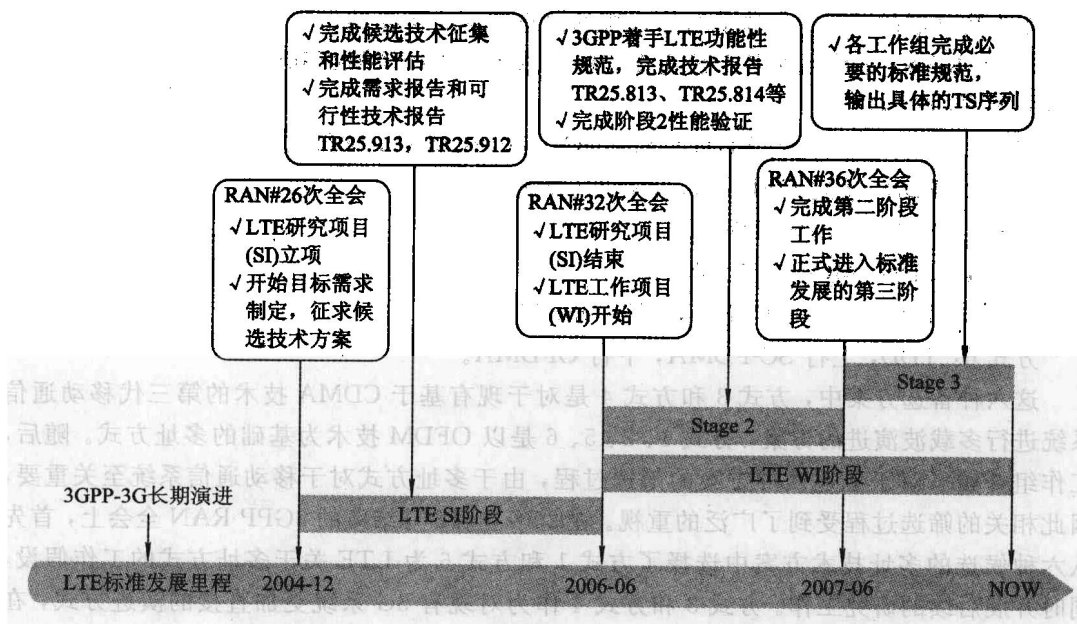


图 1.1.3 LTE 标准进展示意图

为了更好地推动 LTE 标准的发展,3GPP 将 36 序列规范编号分配给 LTE 专用,其主要编号和主要内容见表 1.1.1。