



韩志刚 主编

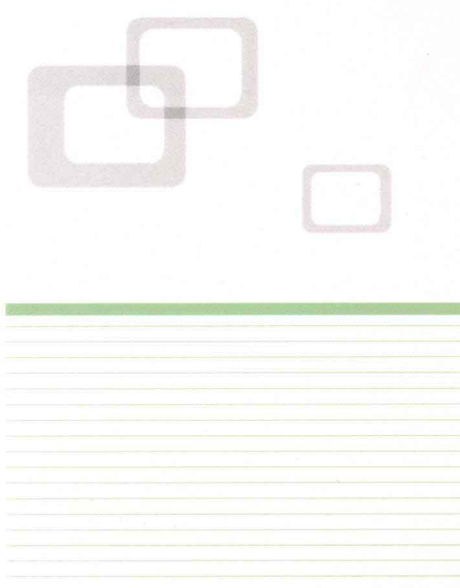
孔力 陈国利 李福昌 副主编

LTE FDD

technology principle and
Network Planning

LTE FDD

技术原理 与网络规划



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

LTE FDD

technology principle and
Network Planning

LTE FDD **技术原理** **与网络规划**

韩志刚 主编

孔力 陈国利 李福昌 副主编

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

LTE FDD技术原理与网络规划 / 韩志刚主编. -- 北京 : 人民邮电出版社, 2012.10
ISBN 978-7-115-29060-1

I. ①L… II. ①韩… III. ①无线电通信—移动通信—通信技术 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第167719号

内 容 提 要

本书以 LTE FDD 的基本原理为基础, 系统介绍了 LTE 的基本原理和组网关键解决方案, 主要内容包
括 LTE 概述及技术标准进展、LTE 关键技术、LTE 无线接入网架构、空中接口协议、LTE 物理层过
程、QoS、调度及无线资源管理、移动性管理、SON 技术、EMBMS、LTE 无线网络规划 (包括频率组
网、覆盖规划、容量规划、系统间干扰、室内分布系统、传输需求等)。

本书可以为从事 LTE 网络规划建设、运行维护的运营商、设备商、规划设计院所及大中专院校从
事 LTE 技术研究的师生提供参考。

LTE FDD 技术原理与网络规划

- ◆ 主 编 韩志刚
副 主 编 孔 力 陈国利 李福昌
责任编辑 李 静
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 23.5 2012 年 10 月第 1 版
字数: 529 千字 2012 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-29060-1

定价: 69.00 元

读者服务热线: (010)67119329 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

编委会

主 任：韩志刚

副主任：孔 力 陈国利

委 员：李福昌 张 涛 郭省力 李轶群 贺 琳

唐艳超 张忠皓 龙青良 王东洋

序

随着第三代移动通信系统在全球的成功商用，移动数据业务得到了飞速发展。伴随着数据业务的飞速发展，移动互联网和智能终端得到广泛应用，正逐步改变着人们的生产和生活方式。大量智能移动终端的使用和移动互联网业务的飞速发展，使无线网络承载业务流量激增，对无线通信网络提出了新的需求，LTE 技术也就应运而生了。

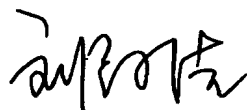
LTE 作为新一代移动通信系统，以 OFDM 为核心技术，上、下行峰值速率分别达到 50Mbit/s、100Mbit/s，与第三代移动通信系统相比，具有系统速率高、部署频段灵活、频率效率高、QoS 保障好的优势。LTE 技术一出现，就受到全球各大知名移动运营商和通信设备商的广泛关注，并从 2009 年开始商用。截至 2012 年 6 月，GSA 统计已经在 38 个国家部署了 80 张 LTE 商用网络，预计到 2012 年年底将有 144 张 LTE 网络投入运营。

LTE 以 OFDM 为核心技术，它与以 CDMA 为核心技术的 3G 技术相比有本质的差别。那么 LTE 技术的基本原理是什么，在网络规划建设、优化应用方面需要考虑哪些因素等，都是摆在 LTE 技术引入之前需要考虑和研究的问题。本书由中国联通中讯邮电咨询设计院研究部从事 LTE 技术相关技术标准研究和网络规划的专家撰写，是目前国内第一本针对 LTE 技术规划和应用实践的图书。本书从 LTE 基本原理、协议介绍到组网关键解决方案等方面，对 LTE 技术及应用进行了系统的阐述。与目前很多以描述技术原理为主的书籍不同，本书从 LTE 技术研究和应用者的视角，既系统阐述了 LTE 技术原理及演进技术，又对 LTE 未来部署应用需要关注的关键问题进行了全面研究和探讨。

兼顾原理和应用是本书的一大特色。本书系统阐述了 LTE 技术相关的基本原理，包括 OFDM、MIMO 技术原理、无线接入网架构、空中接口协议、物理层过程、QoS、调度及无线资源管理、移动性管理、SON 技术、EMBMS 等，内容深入浅出，既适合 LTE 入门者学习，又对 LTE 研究人员深入了解技术提供了参考。本书还站在运营商的角度，从实践应用的角度分析和研究了未来 LTE 商用建网的一系列具有实际应用意义的专题，包括频率组网、覆盖规划、容量规划、系统间干扰、室内分布系统、传输需求等。通过这些专题的研究，为从事 LTE 网络建设和运营的工程技术人员提供参考。本书最后以典型测试性能分析为支撑，对 LTE 系统的网络性能进行了分析。本书既可以作为无线通信工程师了解和学习 LTE 技术原理、规划应用技术的参考读物，还可以为大中专院校从事

LTE 技术研究的师生提供参考。

非常感谢本书作者能将自己在 LTE 技术领域的研究成果和经验与业界分享，这充分体现了我国通信企业的历史责任感和使命感。也希望本书的出版，能掀起国内 LTE 技术研究的高潮，以在 LTE 网络建设前期全面掌握 LTE 的技术特征和性能本质，并把握未来移动通信系统的发展趋势。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '刘翔' (Liu Xiang), written in a cursive style.

中国工程院院士

中国联通科技委主任

前 言

移动通信到今天,已经发展到第四代。第一代移动通信系统主要提供语音业务。第二代移动通信 GSM/GPRS 技术同时实现语音和无线数据业务的承载,为移动通信的后续发展开创了广阔空间。第三代移动通信技术是实现全球普及和全球无缝漫游的系统,具有支持多媒体业务的能力,特别是支持互联网业务。随着第三代移动通信系统在全球的成功商用,移动数据业务得到了飞速发展。据估计,在未来五年,全球移动数据业务将增长 30 倍。

伴随着数据业务的大量应用,移动互联网和智能终端正逐步改变着人们的生产和生活方式。移动互联网通过将移动通信和互联网两者结合起来,其应用变得越来越广泛。相应地,移动终端也超越了传统的通信终端的概念,发展成为智能终端,变成了改变人们生活方式的多用途、多功能、智能化、PC 化的信息通信服务的重要设备,并逐渐成为终端市场发展的主流,在移动互联网的应用中发挥越来越大的作用。近年来,智能移动终端和移动互联网业务互相促进、交织发展,导致无线网络承载业务流量激增,对无线通信网络提出了新的需求。

在移动互联网和智能终端飞速发展的同时,LTE 也就应运而生。LTE 技术通常被称为 3.9 代移动通信技术。这种以 OFDM 为核心技术的 3G 演进系统,支持 1.4~20MHz 可变带宽,上、下行峰值速率分别达到 50Mbit/s、100Mbit/s,频谱效率达到 3GPP R6 的 2~4 倍;在系统架构上采用全 IP 的方式,通过 QoS 机制保证实时业务的服务质量,提高小区边缘用户的数据速率等。自启动 LTE 项目以来,3GPP 以频繁的会议全力推进 LTE 的研究工作。2009 年完成了 R8 版本的标准制定工作,2010 年完成了 R9 版本的标准制定工作,LTE 技术标准更加完善,基本冻结。

LTE 技术作为新一代移动通信系统技术标准,与以 CDMA 为核心技术的 3G 技术相比,存在本质的区别。那么 LTE 技术的基本原理是什么,采用什么关键技术,其网络架构与 3G 系统相比有什么变化,在网络规划建设、部署应用方面需要考虑什么关键问题,如何实现与现有通信系统的共存和协调发展等,所有这些,都是摆在 LTE 技术引入之前需要考虑和研究的问题。

LTE 技术从总体上包括 LTE FDD 技术和 TD LTE 技术。本书以 LTE FDD 基本原理

为基础,系统介绍 LTE 的基本原理和组网关键解决方案,主要包括 LTE 概述及技术标准进展、LTE 关键技术、LTE 无线接入网架构、空中接口协议、LTE 物理层过程、QoS、调度及无线资源管理、移动性管理、SON 技术、EMBBMS、LTE 无线网络规划(包括频率组网、覆盖规划、容量规划、系统间干扰、室内分布系统、传输需求等),为从事 LTE 网络规划建设、运行维护的运营商、设备商、规划设计人员及大中专院校从事 LTE 技术研究的师生等提供参考。需要说明的是,考虑到国内 LTE 频谱尚未划分,在涉及网络规划相关问题时,本书在研究时假定 LTE 使用频率为 2.6GHz 频段。

本书有以下 4 个显著特点:以重要技术演进介绍为主线;以基本技术原理阐述为基础;以关键规划方案研究为核心;以典型测试性能分析为支撑。

本书是作者近年来承担 LTE 技术相关项目和开展该方面研究工作的阶段性总结,也是作者所在的中讯邮电咨询设计院研究部从事 LTE 技术标准研究和网络规划的同事们的集体智慧的结晶。其中,主编负责组织编写、讨论,并对全书进行了统稿;李福昌负责本书第 1 章部分章节、第 10 章部分章节、第 11 章的编写并协助主编对全书进行了统稿;张涛负责本书第 4 章层 2 层 3 相关章节、第 6 章部分章节、第 10 章部分章节的编写;郭省力负责本书第 3 章、第 8 章、第 10 章部分章节的编写;贺琳负责本书第 5 章、第 7 章、第 12 章部分章节的编写;李轶群负责本书第 2 章部分章节、第 6 章部分章节、第 12 章部分章节的编写;唐艳超负责本书第 9 章、第 10 章部分章节的编写;张忠皓负责本书第 10 章部分章节的编写;龙青良负责本书第 1 章部分章节和第 10 章部分章节的编写;王东洋负责本书第 4 章物理层的编写。在编写过程中,我们参考了许多文献资料,在此对文献作者表示诚挚的谢意。

感谢中国联通科技委主任刘韵洁院士对本书出版的大力支持,并欣然作序。在本书的编写过程中,我们还得到了中国联通技术部顾旻霞经理、刘申建博士、中国联通科技委黄涛经理、中讯邮电咨询设计院马红兵副总工程师、研究部杨剑键总工、LTE 项目组同事的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

鉴于作者水平有限,时间进度较紧,且移动通信技术发展和应用日新月异,本书在编写过程中难免存在疏漏和不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 引言	1
1.1 移动通信系统的演进	1
1.2 LTE 与 WCDMA 技术对比	2
1.2.1 WCDMA 技术概述	2
1.2.2 LTE 技术概述	3
1.2.3 LTE 与 WCDMA 技术对比	5
1.3 EPC 核心网与业务	6
1.3.1 EPC 核心网	6
1.3.2 LTE 业务	7
1.4 LTE 发展状况	9
1.5 参考文献	10
第2章 LTE 关键技术	11
2.1 引言	11
2.2 OFDM 技术	11
2.2.1 概述	11
2.2.2 OFDM 的基本原理	12
2.2.3 OFDM 技术的优点	14
2.2.4 OFDM 技术的缺点	15
2.3 MIMO 技术	16
2.3.1 概述	16
2.3.2 MIMO 技术的应用	18
2.3.3 自适应 MIMO	24
2.3.4 天线配置	24
2.4 参考文献	25
第3章 LTE 无线接入网架构	26
3.1 概述	26
3.2 功能划分	27
3.2.1 概述	27
3.2.2 eNB 功能	27
3.2.3 MME 功能	28
3.2.4 S-GW/P-GW 功能	28

3.3	LTE 无线接入网接口	29
3.3.1	空中接口	29
3.3.2	S1 接口	30
3.3.3	X2 接口	30
3.3.4	E-UTRAN 对 HeNB 的支持	31
3.4	参考文献	35
第 4 章	LTE 空口协议	36
4.1	物理层	36
4.1.1	概述	36
4.1.2	帧结构	37
4.1.3	下行链路传输技术	38
4.1.4	上行链路传输技术	67
4.1.5	传输信道处理流程	85
4.2	MAC 层协议	101
4.2.1	MAC 层结构和功能	101
4.2.2	信道及信道映射	103
4.2.3	MAC 过程	104
4.2.4	PDU 结构	120
4.3	RLC 层协议	125
4.3.1	RLC 层结构和功能	125
4.3.2	RLC 过程	129
4.3.3	PDU 结构	131
4.4	PDCP 层协议	138
4.4.1	PDCP 层结构和功能	138
4.4.2	PDCP 过程	139
4.4.3	PDU 结构	144
4.5	RRC 层	146
4.5.1	RRC 层功能	146
4.5.2	系统信息	149
4.5.3	连接控制	153
4.5.4	测量	166
4.6	参考文献	174
第 5 章	LTE 物理层过程	176
5.1	小区搜索过程	176
5.1.1	小区初始搜索过程	176
5.1.2	邻小区搜索过程	177
5.2	随机接入过程	178

5.2.1 基本原理	178
5.2.2 应用场景分析	179
5.3 功率控制	180
5.3.1 上行功率控制	180
5.3.2 下行功率分配	182
5.4 链路自适应	184
5.4.1 下行	184
5.4.2 上行	185
5.5 参考文献	186
第6章 QoS、调度与无线资源管理	187
6.1 QoS	187
6.1.1 概述	187
6.1.2 EPS 承载业务架构	187
6.1.3 QoS 参数	189
6.2 调度	190
6.2.1 常用调度算法	190
6.2.2 上下行调度	191
6.2.3 半持续调度	192
6.3 承载控制	192
6.4 接入控制	192
6.5 连接态移动性控制	193
6.6 拥塞控制	193
6.7 动态资源分配和包调度	193
6.8 负载均衡	194
6.9 小区间干扰协调	194
6.10 参考文献	194
第7章 移动性管理	196
7.1 IDLE 状态下的移动性管理	196
7.1.1 寻呼	196
7.1.2 小区选择和重选	197
7.2 连接状态下的移动性管理	199
7.2.1 LTE 系统内的移动性	199
7.2.2 LTE 与 2G、3G 之间的移动性	204
7.3 参考文献	211
第8章 SON 技术	212
8.1 SON 的架构和功能	212

8.1.1	SON 的架构	212
8.1.2	SON 的主要功能	213
8.2	SON 的关键技术	215
8.2.1	自动邻区关系	215
8.2.2	移动性鲁棒性优化	221
8.2.3	移动性负载均衡	232
8.2.4	自动 PCI 规划	238
8.2.5	随机接入优化	240
8.2.6	小区间干扰协调	244
8.2.7	eNB 覆盖和容量优化	244
8.3	SON 总结	253
8.4	参考文献	253
第 9 章	E-MBMS	255
9.1	E-MBMS 逻辑结构	255
9.1.1	E-MBMS 网络架构	255
9.1.2	E-MBMS 网元和接口	255
9.2	E-MBMS 的承载	256
9.3	E-MBMS 的信道结构	257
9.4	E-MBMS 的传输方式	257
9.4.1	E-MBMS 传输区域	257
9.4.2	MBSFN 传输区域	258
9.4.3	MBSFN 传输内容同步	259
9.5	E-MBMS 的应用场景	259
9.5.1	流媒体业务	259
9.5.2	信息广播业务	261
9.5.3	数据下载业务	261
9.5.4	交互类业务	262
9.6	参考文献	262
第 10 章	LTE 无线网络规划	263
10.1	LTE 频谱资源	263
10.1.1	ITU 对 LTE 频谱的划分情况	263
10.1.2	3GPP 对 LTE 频谱的研究情况	267
10.1.3	国内对 LTE 频谱的研究和划分情况	269
10.1.4	小结	270
10.2	LTE 频率规划	271
10.2.1	LTE 同频组网的可行性	271
10.2.2	LTE 同频组网的干扰解决方案	274

10.2.3	网络部署建议	278
10.3	LTE 覆盖规划	278
10.3.1	概述	278
10.3.2	LTE 链路预算参数	279
10.3.3	LTE 覆盖预测	283
10.3.4	覆盖增强技术	285
10.3.5	小结	287
10.4	LTE 容量规划	287
10.4.1	用户模型分析	288
10.4.2	单站平均吞吐量估算	288
10.4.3	单站用户数估算	289
10.4.4	小结	289
10.5	LTE 与现有无线通信系统干扰分析	290
10.5.1	干扰分析原理	290
10.5.2	LTE FDD 与 TD-LTE 的干扰分析	294
10.5.3	LTE 与 GSM 系统的干扰分析	296
10.5.4	LTE 与 UMTS 系统的干扰分析	298
10.5.5	2 500 ~ 2 690MHz LTE 与射电天文系统的干扰分析	299
10.6	LTE 室内分布系统建设	300
10.6.1	LTE 室内覆盖概述	300
10.6.2	室内分布系统介绍	301
10.6.3	室内覆盖规划	306
10.6.4	室内建设方案	313
10.6.5	室内分布系统建设总结	321
10.7	LTE 接入网传输规划	322
10.7.1	LTE 传输概述	322
10.7.2	LTE 传输组网技术	323
10.7.3	LTE 传输解决方案	326
10.7.4	LTE 传输需求	328
10.7.5	接入网传输规划	330
10.8	参考文献	331
第 11 章	LTE 无线网络性能	333
11.1	LTE 小区覆盖	333
11.2	LTE 用户峰值速率	336
11.3	LTE 小区吞吐量和频谱效率	338
11.3.1	小区吞吐率	338
11.3.2	频谱效率	339
11.4	LTE 时延	340

11.5 室内分布系统性能	343
11.5.1 概述	343
11.5.2 单通道建设方案性能	343
11.5.3 双通道单极化天线建设方案性能	345
11.5.4 双通道双极化天线建设方案性能	347
11.5.5 不同方案性能对比分析	348
11.6 参考文献	350
第 12 章 LTE-A 简介	351
12.1 概述	351
12.2 关键技术	352
12.2.1 载波聚合	352
12.2.2 增强的干扰协调	353
12.2.3 无线中继技术	353
12.2.4 多点协作传输与接收	355
12.2.5 增强的多输入多输出技术	356
12.3 参考文献	356
缩略语	358

第 1 章

引言

1.1 移动通信系统的演进

移动通信从 1G、2G、3G 到 4G 发展的过程，是从移动的语音业务到高速数据业务发展的过程。20 世纪 70 年代，贝尔实验室提出的蜂窝系统概念促成了大规模移动通信的实现。第一代模拟移动通信系统如 AMPS、TACS 等，提供语音业务，存在抗干扰能力差和信道容量低的缺点。

伴随着半导体技术的进步，数字通信技术得到了迅猛发展。第二代移动通信系统 GSM、CDMA 等技术采用数字通信技术，具有容量大、频谱利用率高和业务种类趋于丰富等特点。伴随 GSM 等移动网络在过去几十年中的广泛普及，全球语音通信业务获得了巨大的成功。目前，全球的移动语音用户已超过了 50 亿。第 2.5 代移动通信 GPRS 技术同时实现语音和无线数据业务的承载，为移动通信的后续发展开创了广阔空间。

第三代移动通信技术实现了全球普及和全球无缝漫游，具有支持多媒体业务的能力，特别是支持 Internet 业务。ITU 规定的第三代移动通信无线传输技术的最低要求，必须满足在以下三个环境中的三种要求：快速移动环境，最高速率达 144kbit/s；室外到室内或步行环境，最高速率达 384kbit/s；室内环境，最高速率达 2Mbit/s。3G 继续向前演进，在 HSDPA 时期，下行数据速率达到 14.4Mbit/s；在 HSPA+时期，随着 64QAM、MIMO、DC-HSDPA、64QAM+MIMO、DC-HSDPA+MIMO、4C-HSDPA 等技术的先后引入，下行数据速率从 21Mbit/s 逐步提高到 168Mbit/s。

从 2003 年以来，以 IEEE 802.16e 为代表的宽带无线接入技术受到了广泛的关注。特别是其更高的数据速率、对移动性方面的支持，逐渐与现有的移动通信系统形成了一种竞争关系。另外，伴随着移动数据业务的大量应用，移动互联网得到了极速发展，正逐步改变着人们的生活、生产方式。2004 年 11 月，3GPP 加拿大多伦多“UTRAN 演进”会议收集了无线接入网 R6 版本之后的演进意见，在随后的全体会议上，“UTRA 和 UTRAN 演进”研究项目得到了 26 个组织的支持，并最终获得通过。这表明了 3GPP 组织运营商和设备商成员共同研究 3G 技术演进版本的强烈愿望，LTE 也就应运而生了。

自启动LTE项目以来,3GPP以频繁的会议全力推进LTE的研究工作。这种以OFDM、MIMO 为核心技术的 3G 演进系统,支持 1.4~20MHz 可变带宽,上、下行峰值速率分别达到 50Mbit/s、100Mbit/s,频谱效率达到 3GPP R6 的 2~4 倍;在系统架构上采用全 IP 的方式,通过 QoS 机制保证实时业务的服务质量;提高小区边缘用户的数据速率等。

1.2 LTE 与 WCDMA 技术对比

1.2.1 WCDMA 技术概述

全球第三代移动通信系统共有 WCDMA、TD-SCDMA、cdma2000 共三个主流标准体制。考虑到 LTE FDD 是由 WCDMA 演进而来的,因此这里主要给出 LTE 和 WCDMA 的技术对比。

WCDMA 是第三代移动通信系统的主流标准之一,标准化主要由标准化组织 3GPP 负责。目前,3GPP 制定的 WCDMA 系统标准包括多个版本: R99、R4、R5、R6、R7、R8、R9 等。

WCDMA 继承了第二代移动通信体制 GSM 标准化程度高和开放性好的特点,标准化进展顺利。WCDMA 充分考虑到了向下兼容 GSM/GPRS,其电路域与 GSM 完全兼容;分组域仍然采用了 GPRS SGSN 和 GGSN 的网络结构,相对于 GPRS,增加了服务级别的概念,分组域的业务质量保证能力提高,带宽增加。WCDMA 的网络结构如图 1-1 所示。

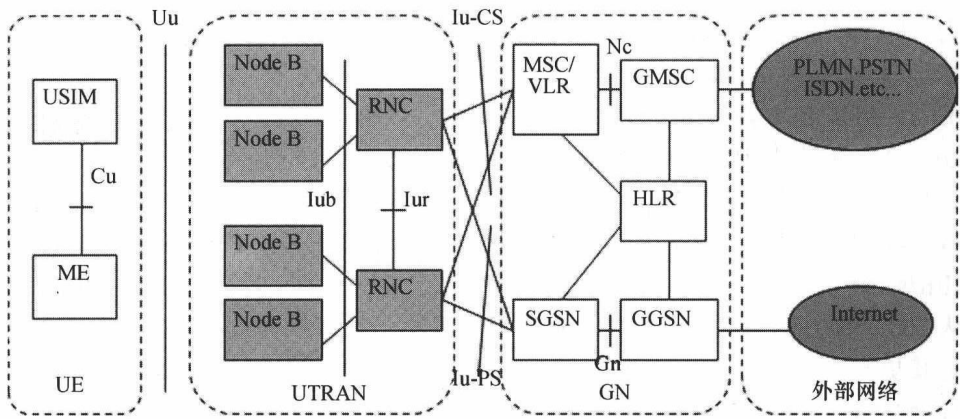


图 1-1 WCDMA 系统的网络结构

WCDMA 系统由核心网（CN）、无线接入网（UTRAN）和用户装置（UE）三部分组成。

CN 与 UTRAN 之间的接口定义为 Iu 接口，URTAN 与 UE 之间的接口定义为 Uu 接口。

WCDMA 采用直接序列扩频码分多址、频分双工方式, 码片速率为 3.84Mchip/s, 载波带宽为 5MHz。基于 R99/ R4 版本, 可在 5MHz 的带宽内提供最高 384kbit/s 的用户数据传输速率。

在 R5 版本引入了下行链路增强技术, 即 HSDPA (High Speed Downlink Packet Access, 高速下行分组接入) 技术, 在 5MHz 的带宽内可提供最高 14.4Mbit/s 的下行数据传输速率。在 R6 版本引入了上行链路增强技术, 即 HSUPA (High Speed Uplink Packet Access, 高速上行分组接入) 技术, 在 5MHz 的带宽内可提供最高 5.76Mbit/s 的上行数据传输速率。

3GPP 从 R7 阶段开始引入了 HSPA+技术, 在不改变现有网络结构的前提下, 通过引入 64QAM、MIMO 等技术, 大幅提高了用户上下行峰值速率, 改善了用户的使用体验。R7 版本对 HSPA 网络进行了增强, 对应 HSPA+第一阶段。其中, 采用下行 64QAM、下行 MIMO、上行 16QAM、下行层 2 增强等关键技术, 将下行、上行峰值速率分别提高到 21Mbit/s/28Mbit/s、11.52Mbit/s; 并采用下行增强 CELL_FACH、增强 F-DPCH、下行层 2 增强和 CPC 等新功能, 有效改善了系统资源的利用率, 降低业务时延和终端耗电。

R8 版本对应 HSPA+第二阶段。其中, 采用下行 64QAM+MIMO 技术将峰值速率提高到 42Mbit/s; 采用 DC-HSDPA 同样可以将下行峰值速率提高到 42Mbit/s, 同时可以有效改善小区边缘覆盖和系统容量; 采用 CS over HSPA 技术可以有效改善系统语音容量, 降低业务时延, 延长手机通话时长; 采用增强的服务小区变换技术, 可以有效减小切换时延, 提高 HSPA 业务的切换成功率; 此外还引入上行增强 CELL_FACH、增强 UE DRX、HSPA VoIP 到 WCDMA/GSM 电路域连续性、增强 SRNS 重定位、快速休眠等技术, 进一步改善了用户的使用体验。

R9 版本 HSPA+对应 HSPA+第三阶段。采用 DC-HSDPA+MIMO 技术将下行峰值速率提高到 84Mbit/s; 采用双频段双载波技术 (DB-DC-HSDPA), 可以使运营商灵活使用不同频段的频率来部署双载波技术; 采用上行双载波技术 (DC-HSUPA) 将上行峰值速率提高到 23Mbit/s; 此外, 还通过引入 TxAA 回退模式使非 MIMO 用户在 MIMO 网络中的性能得到改善。

R10 HSPA+标准化工作, 对应 HSPA+第四阶段。主要工作是对多载波 HSDPA 技术 (4C-HSDPA) 进行了研究和标准化, 可以让运营商灵活地使用一个频段内的多个连续载波或不同频段的多个载波部署多载波技术 (最多可以使用 4 个载波), 同时可以和下行 MIMO 技术相结合使下行峰值速率达到 168Mbit/s, 具备和 LTE R8/R9 技术相当的峰值吞吐量, 进一步提升了用户的使用体验。

在我国, 中国联通于 2009 年初商用了基于 R6 版本的 WCDMA 技术, 并且于 2011 年将网络升级到 R7 HSPA+, 支持最高下行 21Mbit/s 的用户传输速率。

1.2.2 LTE 技术概述

LTE 是 Long Term Evolution 的简称, 又称 E-UTRA/E-UTRAN, 和 3GPP2 UMB 合称 E3G (Evolved 3G)。LTE 的最初提出是为了抗衡 WiMAX 技术。

LTE 标准在 3GPP R8 引入, 目前 R8、R9 阶段已经冻结。

3GPP R8 阶段 LTE 技术标准化工作主要内容包括物理层规范, 层 2、层 3 规范, 接