

► 21世纪通信网络技术丛书



3GPP
LTE

3GPP LTE 无线通信新技术系列

3GPP LTE

无线链路关键技术

胡宏林 徐 景 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

电子信息科技专著出版专项资金资助出版

21 世纪通信网络技术丛书
——3GPP LTE 无线通信新技术系列

3GPP LTE 无线链路关键技术

胡宏林 徐 景 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书主要介绍了 3GPP LTE 标准化进程中涌现的关键技术, 以及它们在蜂窝通信领域的应用。全书共分为 13 章。第 1 章简要介绍了 LTE 产生的背景, 整个制定的进程情况, 以及本书的主要内容; 第 2 章介绍了基于 OFDM 的上、下行多址接入技术; 第 3 章围绕为了提高系统吞吐量的多天线技术进行讨论, 并且介绍了 SCM 模型; 第 4 章详细介绍了 LTE 过程中涉及的主要信道编码及调制技术; 第 5 章详细叙述了 LTE 的多媒体广播多播业务 (MBMS) 技术; 第 6 章针对上、下行的链路自适应中的核心技术, 即自适应调制编码进行讨论; 第 7 章详细介绍了小区搜索技术, 主要是基于同步信道的检测; 第 8 章叙述了基于信道预留方式的随机接入技术; 第 9 章主要介绍了上、下行功率控制技术; 第 10 章针对多小区间存在的干扰, 对于干扰随机化技术、干扰抵消技术和干扰避免技术分别进行了详细描述; 第 11 章详细介绍了混合重传技术在 LTE 中的讨论; 第 12 章对 LTE MAC 层中的快速分组调度技术做了详细介绍; 第 13 章介绍了 LTE 无线网络接口协议。

本书可供在无线通信领域学习和工作的广大高校师生和工程技术人员等相关读者参考使用。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

3GPP LTE 无线链路关键技术/胡宏林等编著. —北京: 电子工业出版社, 2008.5

(21 世纪通信网络技术丛书——3GPP LTE 无线通信新技术系列)

ISBN 978-7-121-06347-3

I. 3… II. 胡… III. 码分多址—移动通信—通信技术

IV. TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 046984 号

责任编辑: 王春宁 田宏峰

印 刷: 北京东光印刷厂

装 订: 北京中新伟业印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 14.75 字数: 376 千字

印 次: 2008 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

出版说明

通信网络技术是当今发展最快、应用最广和最前沿的通信领域之一。通信技术发展到今天,已经不是传统意义上的充满神秘色彩的深奥技术,它已经与日常的应用密不可分。可以说,网络的出现,使通信技术得以有了广阔的用武之地。正是由于有了固定电话网、移动通信网和 Internet 网,使通信技术的应用在这些平台上有了用武之地,渗透到了我们日常生活的方方面面。

为了促进和推动我国通信产业的发展,电子工业出版社通信分社特策划了一套《21 世纪通信网络技术丛书》。这套丛书根据不同的层面,又细分为三个系列:〈移动通信前沿技术系列〉、〈3GPP LTE 无线通信新技术系列〉和〈网络通信与工程应用系列〉。

〈移动通信前沿技术系列〉是从移动通信技术(3G 技术)的应用现状与发展情况出发,全面介绍当今移动通信领域涉及的关键技术与热点技术,例如:软件无线电;移动 IP 技术;移动数据通信;WCDMA;TD—SCDMA;cdma2000 移动通信系统网络规划与优化;智能天线技术;认知无线电技术;WiMAX, WiFi, ZigBee 宽带无线接入技术;UWB 技术;UMTS 技术;Ad Hoc 技术等。

〈3GPP LTE 无线通信新技术系列〉是以 3GPP 中 LTE 标准的关键技术在无线、宽带、高速、资源的有效管理和利用,以及在 B3G/4G 无线通信领域的应用为主。LTE 作为 3G 技术的一个重要的长期演进计划,代表了国际无线通信领域的最新发展需求和解决方案,例如:基于 OFDM 的上、下行(HSxPA)的多址接入技术、随机接入技术、多天线 MIMO 技术、多链路自适应技术、多播技术、功率控制技术、宽带无线网络的安全性、可移动性、可管理性;高效信源与信道编码和调制(MQAM)技术等。

〈网络通信与工程应用系列〉是以技术为先导,以构建网络的体系结构、标准、协议为目标所开展的对现代无线、移动、宽带通信网络的规划与优化,以及结合工程应用的方向所提出来的。例如:无线网状网、WLAN、无线传感器网络、B3G/4G 通信网工程设计与优化、卫星移动通信网、三网融合技术、网络新安全技术与策略、RFID 应用网络、下一代基于 SIP 的统一通信、光网络与光通信等。

本套丛书依托各高等院校在通信领域从事科研、教学、工程、管理的具有丰富的理论与实践经验的专家、教授;各研究院所的研究员;国内有一定规模和研发实力的科技公司的研发人员,以及国外知名研究实验室的专家、学者等组成编写和翻译队伍,力求实现内容的先进性、实用性和系统性;力求内容组织循序渐进、深入浅出、理论阐述概念清晰、层次分明、经典实例源于实践;力求很强的可读性和可操作性。

本套丛书的主要读者对象是广大从事通信网络技术工作的各科研院所和公司的广大工程技术人员;各高等院校的专业教师和研究生;刚走上工作岗位的大学毕业生;以及与此相关的其他学科的技术人员阅读和参考。

本套丛书从 2008 年上半年开始将陆续推出,希望广大读者能关注它,多对本套丛书提出宝贵意见与建议,欢迎通过电子邮箱 wchn@phei.com.cn 进行探讨、交流和指正,以便今后为广大读者奉献更多、更好的优秀通信技术类图书。

电子工业出版社
通信分社

序

为了应对宽带接入技术的挑战,同时满足新型业务需求,国际标准化组织 3GPP 在 2004 年年底启动了其长期演进(LTE)技术的标准化工作。3GPP LTE 的标准化进程安排如下:2004 年 12 月到 2006 年 6 月为研究阶段;2006 年 6 月到 2007 年 6 月为工作阶段,完成 3GPP LTE 的标准化工作。但由于一些问题没有解决,研究阶段推迟到 2006 年 9 月才结束,在 2007 年年底完成相关标准制定(3GPP R7),在 2008 年或 2009 年推出商用产品。从 3GPP LTE 的标准化进程来看,其初衷为第 3 代移动通信系统的演进,但由于其他技术的竞争,业务的需求和运营商的压力,其标准化进程实质为一场技术革命过程。

与第 3 代移动通信系统相比,3GPP LTE 物理层的传输技术、空口协议结构和网络结构都发生了革命性的变化。在物理层方面,3GPP LTE 下行采纳的多址方式为正交频分多址(OFDMA),上行采纳基于正交频分复用(OFDM)传输技术的单载波频分多址(SC-FDMA),SC-FDMA 为单载波传输技术,其特点为低峰均比。这两种技术都能较好地支持频率选择性调度。在网络结构方面,由于 3G 网络中与空中接口相关的许多功能都在 RNC 中,导致资源分配和业务不能适配信道,协议结构过于复杂,不利于系统优化,3GPP LTE 网络由 eNB 和 aGW 组成,网络结构扁平化。在空中接口协议结构方面,与空中接口相关的功能都被集中在 eNB,无线链路控制(RLC)和媒体访问控制(MAC)都处于 eNB 节点,从而可以进行联合优化和设计;同时,由于电路域交换的去除,协议结构变得非常简单。为了支持 VoIP 和 MBMS 业务,3GPP LTE 分别从物理层传输,对层 2 协议和网络结构方面进行优化,达到低时延和高频谱利用率等目的。

从当前 3GPP LTE 标准化的进程来看,通过对网络结构的变革,协议结构的简化和先进传输技术的采纳,3GPP LTE 已经基本实现了低时延、高频谱利用率、高峰值速率和全分组的目标。

本书主要针对 3GPP LTE 中已经涌现出的新技术进行分析和总结,并且围绕 3GPP LTE 标准中无线链路的关键技术展开深入的阐述和研究。本书的每一章节均由专门从事该项技术研究的人员进行初稿撰写。所有参与的编写人员都对 LTE 标准制定的进程进行了跟踪,且对相应的关键技术进行了深入研究。因此,本书能够深入细致地为国内广大在无线通信领域从事学习和工作的在校师生、工程技术人员等相关读者提供 3GPP LTE 技术参考。

前 言

伴随着 GSM 等移动网络在 20 世纪 90 年代以来的广泛普及, 全球语音通信业务获得了巨大的成功。同时, 随着数据业务和应用的重要性与日俱增, GSM 网络演进到 GPRS/EDGE (被称为 2G) 和 WCDMA/HSDPA (被称为 3G) 网络以提供更多样化的通信和娱乐业务, 并且降低无线数据网络的运营成本, 已成为 GSM 移动运营商的必经之路。但是, 3G 厂商和运营商在专利问题上处处受到制肘, 业界迫切需要改变这种不利局面。另外, 3GPP 阵营也急需研发更高性能的无线网络来满足用户日益提高的服务需求, 同时与 3GPP2, 以及 WiMAX 等阵营竞争。

用户的需求、市场的挑战和 IPR 的制肘共同推动了 3GPP 组织在 4G 出现之前加速制定新的空中接口和无线接入网络标准, 并且具有很好的向下兼容性, 以保护现有的投资, 这一新的系统被称做 E3G 或 LTE (Long Term Evolution)。但只要对这项技术稍作了解, 就会发现, 这种以 OFDM 为核心的技术, 与其说是 3G 技术的“演进” (Evolution), 不如说是“革命” (Revolution), 它和 3GPP2 AIE (空中接口演进)、WiMAX, 以及最新出现的 IEEE 802.20 MBFDD/MBTDD 等技术, 由于已经具有某些“4G”特征, 因而可以被看做“准 4G”技术。

3GPP LTE 的研究工作主要集中在物理层、空中接口协议和网络架构等几个方面。在 3GPP LTE 标准化过程中, 涌现出了很多优秀的通信技术和解决方案, 因此也受到了国内外广大工业界和学术界的重点关注。然而, 国内外目前有关 3GPP LTE 的专业书籍还相当缺乏, 有些外文书籍虽然对 3GPP LTE 进行了简略的提及, 但是还远远不够全面和深入。因此, 我们有必要编写一本专业书籍, 对 3GPP LTE 中已经涌现出的新技术进行分析和总结, 围绕 3GPP LTE 标准中无线链路的关键技术展开深入的阐述和研究。

通过以独立会员身份全面参与 3GPP LTE 的标准化竞争, 编者依托单位上海无线通信研究中心对 LTE 关键技术上的理解相对较透彻而且有较好的积累。本书的每一章节均由专门从事该项技术研究的人员进行初稿撰写。所有参与的编写人员都对 LTE 标准制定的进程进行了跟踪, 且对相应的关键技术进行了深入研究, 其中还产生了很多具有自主知识产权的提案, 得到了国际知名通信公司的肯定。另外, 相关研究结果也陆续发表在 IEEE Trans. Wireless Commun.、IEEE Wireless Commun.、IEEE Network 等国际著名期刊上。这些都为本书的编写奠定了坚实的基础。

本书主要介绍了 3GPP LTE 标准化进程中涌现的关键技术, 以及它们在蜂窝通信领域的应用。全书共分为 13 章。第 1 章简要介绍了 LTE 产生的背景, 整个制定的进程情况, 以及本书的主要内容; 第 2 章介绍了基于 OFDM 的上、下行多址技术; 第 3 章围绕为了提高系统吞吐量的多天线技术进行讨论, 并且介绍了 SCM 模型; 第 4 章详细介绍了 LTE 过程中涉及的主要信道编码及调制技术; 第 5 章详细叙述了 LTE 的多媒体广播多播业务 (MBMS) 技术; 第 6 章针对上、下行的链路自适应中的核心技术, 即自适应调制编码进行讨论; 第 7 章详细介绍了小区搜索技术, 主要是基于同步信道的检测; 第 8 章叙述了基于信道预留方式的随机

接入技术；第9章主要介绍了上、下行功率控制技术；第10章针对多小区间存在的干扰，对干扰随机化技术、干扰抵消技术和干扰避免技术分别进行了详细描述；第11章详细介绍了混合重传技术在LTE中的讨论；第12章对LTE MAC层中的快速分组调度技术做了详细介绍；第13章介绍了LTE无线网络接口协议。

本书的目标是为中国从事通信行业的技术人员提供最新的技术资料，从而推动我国移动通信技术、标准和产业的迅速发展。读者对象主要为国内在校的高年级本科生、研究生、高校教师，以及相关的工程技术人员阅读。另外，本书也可以为中国无线通信行业的国内外战略投资商、制造商和运营商提供技术参考。

本书主要由上海无线通信研究中心的胡宏林、徐景主持编写，参加编写的人员均为上海无线通信研究中心的技术骨干。其中，第1章由金圣峒编写；第2章由周斌编写；第3章由夏小梅、金圣峒编写；第4章由王芳编写；第5章由唐琳、周婷编写；第6章由唐琳编写；第7章由李力编写；第8章由周平编写；第9章由王江编写；第10章由徐景编写；第11章由周婷编写；第12章由陈斌编写；第13章由王斌编写。本书每一章节的编写中，除了对该项技术在3GPP LTE标准中的主要提案进行了充分对比和研究分析外，还加入了编写人员在整个跟踪过程当中自己的研究心得和结果。初稿形成之后，由本书编者进行统稿与反复修改，并最终成稿。

在本书的编写过程中，得到了上海无线通信研究中心与中科院上海微系统与信息技术研究所领导的大力支持。另外，东南大学程时昕教授、总参57所的宋国文研究员、西南交通大学范平志教授在本书的选题和内容方面提出了很多宝贵的指导意见。

由于移动通信技术发展日新月异，而且在本书的成稿之日，3GPP LTE 标准化活动依然在紧张地进行之中，而且即将进入3GPP LTE Plus阶段，许多技术问题尚未最终定论，加之作者水平有限，书中难免会存在错误，敬请同行及读者及时批评指正。

编著者

2007年11月

目 录

第 1 章 3GPP LTE 概述	(1)
1.1 移动通信的发展	(1)
1.1.1 近代通信	(1)
1.1.2 现代移动通信	(2)
1.1.3 下一代移动通信系统	(3)
1.2 3GPP LTE 概述	(7)
1.2.1 3GPP LTE 的演进目标	(8)
1.2.2 3GPP LTE 物理层的传输技术	(9)
1.2.3 3GPP LTE 网络结构	(11)
1.3 本书的主要内容	(12)
参考文献	(15)
第 2 章 LTE 多址接入技术	(16)
2.1 上行多址接入技术	(16)
2.1.1 单载波频分多址系统概述	(16)
2.1.2 IFDMA 上行多址接入系统	(17)
2.1.3 DFT-S-OFDM 上行多址接入系统	(19)
2.1.4 IFDMA 方案与 DFT-S-OFDM 方案的比较	(20)
2.1.5 DFT-S-GMC 上行多址接入系统	(21)
2.2 下行多址接入技术	(25)
2.2.1 OFDMA 与面向分组的协议比较	(25)
2.2.2 OFDMA 和 LTE 的通用帧结构	(26)
2.3 本章小结	(28)
参考文献	(28)
第 3 章 LTE 多天线技术	(30)
3.1 LTE MIMO 的空间信道模型 (SCM)	(30)
3.1.1 链路仿真中的空间信道模型	(30)
3.1.2 系统级仿真建模	(35)
3.2 LTE MIMO 下行关键技术	(36)
3.2.1 下行关键技术概述	(36)
3.2.2 预编码技术	(38)
3.2.3 码字到层的映射	(41)

3.2.4	MIMO 系统的用户反馈	(42)
3.3	LTE MIMO 下行解决方案	(44)
3.3.1	广义的循环延时分集方案	(44)
3.3.2	每根天线传输速率独立控制方案	(46)
3.3.3	双传输天线阵列	(48)
3.3.4	每个用户单元速率控制方案	(49)
3.3.5	选择性每根天线速率控制	(51)
3.4	LTE MIMO 上行关键技术	(54)
3.4.1	上行多用户多天线	(54)
3.4.2	上行多用户多天线选择技术	(59)
3.5	本章小结	(62)
	参考文献	(62)
第 4 章	LTE 信道编码和调制技术	(64)
4.1	LTE 复接和信道编码技术概述	(65)
4.2	CRC 计算和码块分割	(65)
4.2.1	传输块 CRC 的计算和添加	(65)
4.2.2	码块分割和 CRC 计算	(66)
4.3	信道编码	(67)
4.3.1	咬尾卷积码	(67)
4.3.2	Turbo 码	(68)
4.4	速率匹配	(73)
4.4.1	Turbo 码编码的传输信道速率匹配	(73)
4.4.2	咬尾卷积码编码的传输信道速率匹配	(76)
4.5	码块级联和输出	(77)
4.6	LTE 上下行传输信道和信令的信道编码	(78)
4.7	LDPC 码	(79)
4.7.1	LTE 中 LDPC 码的提出	(79)
4.7.2	LDPC 码简介	(79)
4.7.3	LTE 中曾经提出的 LDPC 码	(84)
4.8	LTE 的调制方式	(87)
4.9	本章小结	(89)
	参考文献	(89)
第 5 章	LTE 多媒体广播多播业务技术	(92)
5.1	MBMS 下行导频设计	(92)
5.1.1	各小区相同的 (Cell-common) 导频	(93)
5.1.2	各小区不同的 (Cell-specific) 导频	(94)
5.1.3	各种不同的导频方案	(94)
5.2	MBMS 的复用技术	(99)

5.3	MBMS 中的 MIMO 技术	(100)
5.4	MBMS MAC	(100)
5.4.1	分类	(100)
5.4.2	MBMS 计数 (Counting) 技术	(102)
5.4.3	单频网 SFN 宏分集技术	(102)
5.5	本章小结	(103)
	参考文献	(103)
第 6 章	LTE 链路自适应技术	(105)
6.1	自适应调制和编码 (AMC)	(105)
6.2	OFDMA 下行链路自适应	(106)
6.2.1	不同频率资源 (RB-dependent) AMC	(107)
6.2.2	不同频率资源 (RB-dependent) AM	(108)
6.2.3	相同频率资源 (RB-common) AMC	(109)
6.2.4	多种 AMC 方式的性能比较	(109)
6.2.5	功率分配	(113)
6.2.6	信令开销	(117)
6.3	SC-FDMA 上行链路自适应	(117)
6.3.1	传输带宽的自适应 (ATB)	(121)
6.3.2	发射功率的自适应 (TPC)	(121)
6.3.3	自适应调制编码 (AMC)	(122)
6.4	本章小结	(122)
	参考文献	(123)
第 7 章	LTE 小区搜索技术	(124)
7.1	小区搜索系统结构及功能	(124)
7.1.1	小区搜索信道的时隙结构	(125)
7.1.2	小区搜索信道的频域结构	(127)
7.1.3	SCH 与 BCH 的传输分集技术	(128)
7.2	小区搜索的流程描述	(128)
7.2.1	小区初始搜索过程	(128)
7.2.2	小区周期重选的过程	(129)
7.3	小区搜索的 SCH 信道检测技术	(129)
7.3.1	SCH 信道的帧结构	(129)
7.3.2	同步信道符号定时同步检测算法	(134)
7.3.3	下行链路的帧定时检测	(136)
7.3.4	小区标识号检测	(137)
7.4	本章小结	(137)
	参考文献	(137)

第 8 章 LTE 随机接入技术	(139)
8.1 异步随机接入进程	(139)
8.1.1 随机接入信道的复用形式	(140)
8.1.2 随机接入信道的结构	(141)
8.1.3 随机接入的时隙结构	(143)
8.1.4 随机接入的用户签名序列	(144)
8.1.5 随机接入的用户消息数据	(146)
8.1.6 随机接入的流程描述	(147)
8.2 同步随机接入进程	(148)
8.2.1 资源调度申请	(148)
8.2.2 上行链路的定时同步跟踪	(150)
8.3 本章小结	(151)
参考文献	(151)
第 9 章 LTE 功率控制技术	(153)
9.1 功率控制分类和原则	(153)
9.1.1 功率控制的分类	(153)
9.1.2 功率控制的原则	(154)
9.2 上行功率控制	(155)
9.2.1 上行小区内功率控制	(155)
9.2.2 上行小区间功率控制	(162)
9.2.3 总结	(163)
9.3 下行功率控制	(166)
9.3.1 下行功率控制的目的	(166)
9.3.2 下行功率控制算法以及评估	(167)
9.4 与 CDMA 系统功率控制算法的比较	(168)
9.4.1 上行功率控制	(168)
9.4.2 下行功率控制	(168)
9.5 结论	(169)
参考文献	(169)
第 10 章 LTE 小区间干扰管理技术	(171)
10.1 下行小区间干扰协调技术	(171)
10.1.1 下行小区间静态干扰协调方案	(172)
10.1.2 下行小区间半静态干扰协调方案	(173)
10.1.3 干扰随机化技术	(174)
10.1.4 小区间干扰消除技术	(174)
10.2 下行小区间干扰系统性能评估	(175)
10.2.1 频率复用因子为 1 的调度器设计	(176)
10.2.2 针对功率模式重用的调度器设计	(176)

10.2.3 各种干扰协调方案系统性能比较	(177)
10.3 上行小区间干扰管理技术	(177)
10.3.1 上行小区间干扰水平控制技术	(177)
10.3.2 上行小区间干扰波动性控制技术	(179)
10.4 结论	(179)
参考文献	(180)
第 11 章 LTE 自动请求重传技术	(183)
11.1 重传技术简介	(183)
11.1.1 主要重传机制	(184)
11.1.2 HARQ 的主要合并方式	(186)
11.2 3GPP LTE 中的 HARQ 协议	(187)
11.2.1 物理层 HARQ 功能	(187)
11.2.2 数据链路层 HARQ 功能	(189)
11.3 3GPP LTE 中的 ARQ 协议	(190)
11.3.1 ARQ 重传机制	(190)
11.3.2 ARQ 状态 PDU 的触发	(191)
11.3.3 ARQ 轮询机制的触发	(191)
11.4 3GPP LTE 中的 HARQ-ARQ 交互协作	(192)
11.4.1 ARQ/HARQ 交互基本原则	(192)
11.4.2 协议信令和流程	(193)
11.5 小结	(194)
参考文献	(194)
第 12 章 LTE 快速分组调度技术	(195)
12.1 调度器定义及基本操作	(195)
12.2 调度相关的信令支撑	(197)
12.2.1 信道质量信息报告	(198)
12.2.2 下行调度信息	(198)
12.2.3 上行调度请求	(199)
12.2.4 上行调度准许	(199)
12.3 分组调度算法	(200)
12.3.1 最大载干比调度算法	(201)
12.3.2 轮循算法	(202)
12.3.3 比例公平算法 (Proportional Fair, PF)	(202)
12.3.4 改进的最大权重时延优先算法	(203)
12.4 VoIP 调度	(203)
12.4.1 持续调度	(204)
12.4.2 半持续调度	(204)
12.4.3 半动态调度	(205)

12.5 本章小结.....	(205)
参考文献	(206)
第 13 章 LTE 无线网络接口协议.....	(207)
13.1 无线网络结构与无线接口协议结构.....	(207)
13.1.1 无线网络结构	(207)
13.1.2 接口协议的整体结构	(208)
13.1.3 用户平面和控制平面的协议结构	(208)
13.2 层 2 的功能描述.....	(210)
13.2.1 MAC 层的功能	(211)
13.2.2 RLC 层的功能	(212)
13.2.3 PDCP 子层的功能	(213)
13.2.4 层 2 各子层的封包和数据流程	(213)
13.3 无线资源控制协议 (RRC)	(216)
13.3.1 RRC 功能	(217)
13.3.2 RRC 连接的建立过程	(217)
13.3.3 NAS 信令传输	(218)
13.3.4 RRC 在无线链路维护中的状态转移	(219)
13.4 非介入层控制协议 (NAS)	(219)
13.5 结论与展望.....	(221)
参考文献	(221)

第1章 3GPP LTE 概述

现代社会已步入信息社会,信息在经济发展、社会进步乃至人民生活各个方面都起着日益重要的作用。人们对于信息的丰富性、及时性和便捷性的要求也越来越高。能够随时随地、方便而及时地获取所需要的信息是人们一直都在追求的梦想,而能使人们美梦成真的就是移动通信。

移动通信是当代通信领域内发展潜力最大、市场前景最广阔的热点技术之一。到目前为止,移动通信的发展经历了三代,第一代移动通信(1G)为模拟通信,给人们开辟了移动通信的崭新天地;第二代移动通信(2G)为数字通信,让普通人享受到了移动通信的方便和益处;第三代移动通信(3G)为准宽带移动通信,能提供基本的数据和多媒体业务。可以说,移动通信已深刻地影响了人们的生活方式,为社会进步、经济发展做出了巨大的贡献。在3G大规模商用以后,多媒体服务与应用将会得到广泛推广,而3G在速率、服务质量、无缝传输等方面的局限性也将日益显露出来,势必需要带宽更宽的无线系统。未来移动通信必定是容量更大、速率更高、功能更强的宽带移动通信系统。

本章首先回顾了通信的历史,介绍了近代通信和现代移动通信,并展望了下一代移动通信系统;其次,着重阐述了准4G技术之一的3GPP LTE;最后,给出了本书的内容安排和结构。

1.1 移动通信的发展

1.1.1 近代通信

所谓“通信”就是指信息的传输、发送和接收^[1]。人类历史上最早的通信手段和现在一样是“无线”的,如利用火光传递信息的烽火台,通常大家认为这是最早传递消息的方式了。事实上不是,在我国和非洲古代,击鼓传信是最早、最方便的办法,非洲人用圆木特制的大鼓可传声至三四千米远,再通过“鼓声接力”和专门的“击鼓语言”,可在很短的时间内把消息准确地传到50千米以外的另一个部落。

随着人类使用文字和符号的普及,中国古代出现了许多生动的故事和传说,其中最有名的是“鸿雁传书”的典故。随着科技的发展,传递的方式由最初的人力传递、飞鸽传递、接力传递,发展到现在的车辆传递、航空传递和航海传递等。这种通信方式使得信息量大增,传输距离也变得更远,但是传递时间太长。

人类通信史上革命性的变化是从把电波作为信息载体后发生的,利用电波作信息载体的通信方式称为“电信”。“电信”的诞生基本克服了上述“视觉通信”和“信件通信”的问题。根据电信号的传播环境,可以分为有线通信和无线通信,当电信号通过有线线路传输时,则为有线通信;当电信号在空间环境中传输时,则为无线通信。一般情况下,有线通信的成本低,但不能自由移动,无线通信可以使人们在移动中通信,但是成本较高。

近代电信的标志是电报的诞生。1753 年 2 月 17 日,在《苏格兰人》杂志上发表了一篇文章,作者提出了用电流进行通信的大胆设想。虽然这个想法在当时还不十分成熟,而且缺乏应用推广的经济环境,却使人们看到了电信时代的一缕曙光。1793 年,法国查佩兄弟俩在巴黎和里尔之间架设了一条 230 千米长的接力方式传送信息的托架式线路。据说两兄弟是第一个使用“电报”这个词的人。1832 年,俄国外交家希林在当时著名物理学家奥斯特的电磁感应理论启发下,制作出了用电流计指针偏转来接收信息的电报机。1837 年 6 月,英国青年库克获得了第一个电报发明专利权,他制作的电报机首先在铁路上获得应用,但是这种方式很不方便和实用,无法投入真正的实用阶段。历史到了关键的时候,仿佛停顿了下来,还得等待一个画家来解决。美国画家莫尔斯在 1832 年旅欧学习途中,开始对这种新生的技术产生了兴趣,经过 3 年的钻研之后,在 1835 年,第一台电报机问世。

1.1.2 现代移动通信

现代移动通信起源于 19 世纪赫兹(Hertz)的电磁波辐射试验,使人们认识到电磁波和电磁能量是可以控制发射的,其后马可尼(Marconi)的跨大西洋无线电通信证实了电波携带信息的能力,而其理论基础由麦克斯韦(Maxwell)的电磁波方程组奠定的。但是真正的移动通信技术的发展应从 20 世纪 20 年代开始,其代表是工作于 2 MHz 的美国底特律警察局使用的专用移动通信(车载)系统。到目前为止移动通信已经经历了三代。

第一代移动通信系统是模拟系统,它的发展大致分为两个阶段。第一阶段是从 20 世纪 40 年代中期到 70 年代中期,在此期间,公用移动通信业务开始问世。1946 年根据美国联邦通信委员会(FCC)的计划,贝尔系统在圣路易斯城建立了世界上第一个公用汽车电话网,称为“城市系统”。当时使用三个频道,间隔为 120 kHz,通信方式为单工。随后,西德(1950 年)、法国(1956 年)、英国(1959 年)等国相继研制了公用移动电话系统,美国贝尔实验室解决了人工交换系统的接续问题。这一阶段的特点是从专用移动网向公用移动网过渡,接续方式为人工方式,网的容量较小。

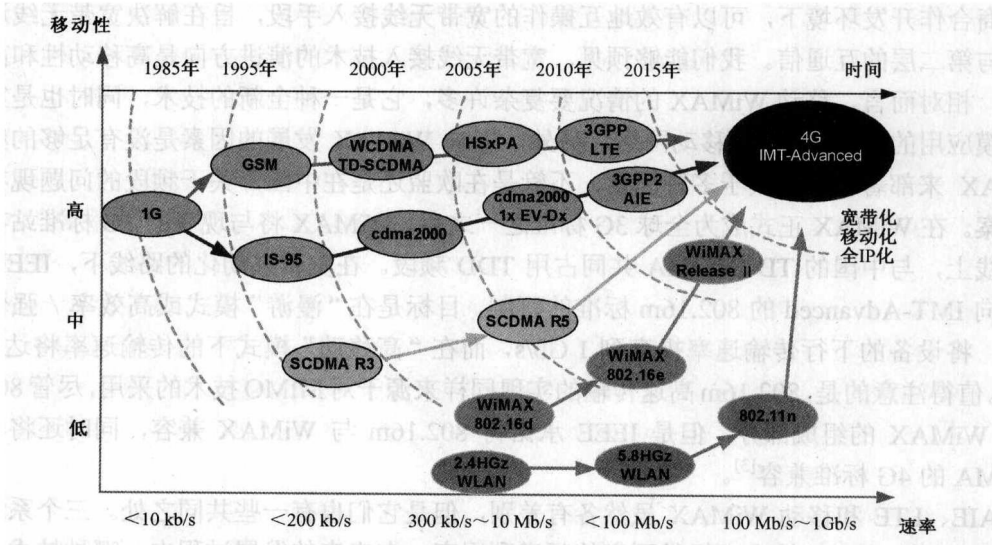
第二阶段从 70 年代中期到 80 年代中期,这是移动通信蓬勃发展的时期。1978 年年底,美国贝尔实验室研制成功先进的移动电话系统(AMPS),建成了蜂窝状移动通信网,大大提高了系统容量。1983 年,首次在芝加哥投入商用,1983 年 12 月,在华盛顿也开始启用。之后,服务区域在美国逐渐扩大,到 1985 年 3 月已扩展到 47 个地区,约 10 万移动用户。其他工业化国家也相继开发出蜂窝式公用移动通信网,例如英国的 TACS、北欧的 NMT-450/900、德国的 C-450/900 和日本的 NAMTS 等。

由于第一代模拟移动通信系统频谱利用率低,信令干扰语音业务等缺陷,以及市场对移动通信容量的巨大需求,第二代移动通信系统采用时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA)的数字调制方式,提高了系统容量,并采用独立信道传送信令,使系统性能大为改善。1988 年,GSM(移动特别小组)的专题小组确定了采用 TDMA 为多址技术的主要建议与实施计划,1990 年开始试运行,然后进行商用。美国于 1990 年确定采用以 TDMA 为多址技术的数/模兼容的数字移动通信系统 D-AMPS(IS-54/136),1992 年 Qualcomm 公司发展了基于 CDMA 为多址技术的 IS-95 数字移动通信系统,该系统不仅数/模兼容,而且系统规模是模拟系统的 20 倍、数字 TDMA 系统的 4 倍;日本于 1993 年发展了采用 TDMA 为多址技术的数字移动通信系统 PDC。

随着社会的进步及用户数量的急剧增长, 频率资源日益紧张, 因此发展第三代移动通信系统是社会需求和技术进展的必然。国际电信联盟 (ITU) 早在 1985 年就提出了第三代移动通信系统的概念, 最初命名为未来公共陆地移动通信系统 (FPLMTS), 后来在 1996 年更名为 IMT-2000, 意思是该系统使用 2000 MHz 左右频段、提供业务速率高达 2 Mb/s、计划在 2000 年左右试运行。在 2001 年 4 月, ITU 正式确立欧洲 WCDMA、美国 cdma2000 和中国的 TD-SCDMA 为世界三大 3G 标准。在 2007 年 10 月, 无线宽带技术 WiMAX 正式成为 3G 标准之一, 以 OFDMA WMAN TDD 的名义成为 3G 新成员。目前, 除中国之外, 绝大多数国家的 3G TDD 频谱都处于相对闲置状态, WiMAX 将与现有的移动通信技术站在同一起跑线上, 与中国 3G 标准 TD-SCDMA 共同占有 TDD 频段。WiMAX 也是唯一先商用, 后被 ITU 接受的 3G 标准。第三代移动通信系统的目标是: 世界范围内设计上的高度一致性; 与固定网络各种业务的相互兼容; 高服务质量; 全球范围使用的小终端; 具有全球漫游能力; 支持多媒体功能及广泛业务的终端。

1.1.3 下一代移动通信系统

如果说固网下一步的发展方向是提供与移动融合的通信服务, 那么移动通信的发展方向则是与互联网密切结合。移动通信未来竞争的焦点是数据业务。从长远规划的角度来看, 现有的 3G 和 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 802.20 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) 和 1000 Mb/s (B3G) 的目标发展。可以看到, 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。如今, 国际上对于 4G 的定义已经逐渐清晰起来。基本上可以确定, OFDM/OFDMA、MIMO 和智能天线等技术将成为 4G 的主流技术。不同的 3G 技术发展而来的准 4G 标准也很多, 如 cdma2000 发展为 AIE; WCDMA、TD-SCDMA 分别发展为 LTE; 移动 WiMAX 也发展成为一名准 4G 技术, 各项技术的演进示意图如图 1-1 所示。可以预见, 4G 无疑将继续延续 3G 标准之争的格局。



3GPP2 AIE 的空中接口演进技术是 cdma2000 系列标准的演进升级版^[2],它的工作分为两个阶段。其中第一阶段完成多载波高速分组数据 (HRPD),即 N_x EV-DO,主要目标是提高峰值数据速率并保持后向兼容,同时尽可能减小对基础硬件的影响,通过对多个 HRPD 载波的捆绑,既保持良好的后向兼容,又能够推进标准化和市场化进程。目前第一阶段的 EV-DO Rev.B 已经完成起草工作。第二阶段的峰值数据速率目标是前向链路依据不同的移动性,可以支持 100~500 Mb/s;反向链路支持 50~150 Mb/s,同时降低系统时延。2005 年 12 月 3GPP2 TSG-C 工作组初步确定了工作计划,2006 年 3 月底完成候选技术的征集工作,2006 年 6 月将确定第二阶段的整体技术框架,2006 年 12 月将完成技术标准草案,2007 年 4 月将颁布正式标准。

与 3GPP2 AIE 沿着 cdma2000 系列标准的演进路线不同,3GPP LTE 是沿着 GSM、WCDMA 的路线演进而来的。LTE 是 3GPP 组织启动的最大的新技术研发项目,同 AIE 一样,LTE 也采用了 OFDM/OFDMA 作为物理层的核心技术,不同的是 LTE 不再支持 CDMA,而 AIE 为了保持良好的兼容性仍然支持在总带宽中分出一部分带宽来支持 CDMA。LTE 的主要性能目标包括:在 20 MHz 频谱带宽下,能够提供下行 100 Mb/s、上行 50 Mb/s 的峰值速率;改善小区边缘用户的性能;提高小区容量;降低系统时延,用户平面内部单向传输时延低于 5 ms,控制平面从睡眠状态到激活状态迁移时间低于 50 ms,从驻留状态到激活状态的迁移时间小于 100 ms;支持 100 km 半径的小区覆盖;能够为 350 km/h 高速移动用户提供大于 100 kb/s 的接入服务;支持成对或非成对频谱,并可灵活配置 1.25 MHz 到 20 MHz 多种带宽。同 AIE 已经发布的标准相比,LTE 面临着许多需要解决的问题。其中之一就是,LTE 仍然没有标准化。研发专家估计 2008 年 LTE 的标准化工作会完成,2009 年早期就可以开始部署,但是这样的看法可能过于乐观。而且 LTE 的后向兼容性不如 AIE,对于大多数运营商来讲,升级到 LTE 将是一次被称为“铲车式升级”的重大升级。另外,人们希望 LTE 是采用纯 IP 技术的网络。

WiMAX 是一项新兴的无线通信技术,能提供面向互联网的高速连接。WiMAX 的无线信号传输距离最远可达 50 km,其网络覆盖面积是 3G 基站的 10 倍。WiMAX 是一项基于 IEEE 802.16 标准的宽带无线接入城域网技术。其基本目标是提供一种在城域网一点对多点的多厂商合作开发环境下,可以有效地互操作的宽带无线接入手段,旨在解决宽带无线通信第一层与第二层的互通信。我们能够预见,宽带无线接入技术的演进方向是高移动性和高服务质量。相对而言,移动 WiMAX 的情况要复杂许多,它是一种全新的技术,同时也是第一张大规模应用的、基于 IP 的移动网络。另外,影响 WiMAX 发展的因素是没有足够的频段供 WiMAX 来部署。这取决于多种因素,不管是在欧盟还是在中国,关于频段的问题现在都没有答案。在 WiMAX 正式成为全球 3G 标准之一之后,WiMAX 将与现有的 3G 标准站在同一起跑线上,与中国的 TD-SCDMA 共同占用 TDD 频段。在宽带移动化的路线下,IEEE 启动了面向 IMT-Advanced 的 802.16m 标准的研制,目标是在“漫游”模式或高效率/强信号模式下,将设备的下行传输速率提高到 1 Gb/s,而在“高移动”模式下的传输速率将达到 100 Mb/s。值得注意的是,802.16m 高速传输的实现同样来源于对 MIMO 技术的采用,尽管 802.16m 并非 WiMAX 的组成部分,但是 IEEE 承诺将 802.16m 与 WiMAX 兼容,同时还将与基于 OFDMA 的 4G 标准兼容^[3]。

AIE、LTE 和移动 WiMAX 虽然各有差别,但是它们也有一些共同之处。三个系统都采用 OFDM 和 MIMO 技术来提供更高的频谱利用率。在未来的发展过程中,哪种技术将会胜