

TD-LTE 网络规划第一书
江苏邮电规划设计院精品力作

“十二五”

国家重点图书出版规划项目

TD-LTE RADIO NETWORK PLANNING AND DESIGN 4G 丛书

TD-LTE

无线网络规划与设计

□ 戴源 朱晨鸣 王强 赵超 王太峰 刘永洲 编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

“十二五”
国家重点图书出版规划项目

TD-LTE RADIO NETWORK PLANNING AND DESIGN 4G 丛书

TD-LTE

无线网络规划与设计

□ 戴源 朱晨鸣 王强 赵超 王太峰 刘永洲 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

TD-LTE无线网络规划与设计 / 戴源等编著. -- 北京
: 人民邮电出版社, 2012.6
(4G丛书)
ISBN 978-7-115-28144-9

I. ①T… II. ①戴… III. ①码分多址移动通信—网
络规划②码分多址移动通信—网络设计 IV.
①TN929.533

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第083240号

内 容 提 要

本书首先介绍了 TD-LTE 的网络结构、关键技术、空中接口;接着重点阐述了 TD-LTE 无线网络规划设计方法,包括规划基础、规划流程、规划准备工作、预规划和详细规划、天馈系统设计、室外覆盖及室内覆盖规划设计;最后给出了规划设计的一些实际案例。

本书适合电信运营商、电信设备提供商、电信咨询业的相关工程技术人员阅读参考。

4G 丛书

TD-LTE 无线网络规划与设计

◆ 编 著 戴 源 朱晨鸣 王 强 赵 超 王太峰
刘永洲

责任编辑 杨 凌

◆ 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>
北京艺辉印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 15.75

2012 年 6 月第 1 版

字数: 378 千字

2012 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-28144-9

定价: 58.00 元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

前 言

20 世纪 90 年代,随着 GSM 等无线网络的广泛普及,移动通信进入了数字时代。在市场和技术的共同驱动下,移动通信网络经历了数字化浪潮之后,又加速向宽带化演进。从移动通信业务的发展趋势来看,用户的需求正从单一的语音业务向语音、数据以及多媒体业务转变,这要求新的移动通信系统数据传输速率更高,传输时延更低。

2009 年 1 月,我国工业和信息化部颁发了 WCDMA、cdma2000 以及 TD-SCDMA 3 张 3G 牌照,我国移动通信正式进入 3G 时代。其中 TD-SCDMA 是具有我国自主知识产权的、被国际上广泛接受和认可的无线通信国际标准,它的大规模商用是我国电信发展史上重要的里程碑。

为了满足用户持续提升的业务需求,3GPP 推出了新的演进技术——演进分组系统(EPS):无线接口长期演进(LTE)和系统架构演进(SAE)。LTE 系统具有更高的频谱效率、更高的传输速率和更低的时延性能。LTE 是现有 3G 通信系统向 4G 演进的路线和方向。LTE 又分为两个版本:TDD 和 FDD。TD-LTE 是 TDD 版本的 LTE 技术,是 TD-SCDMA 的长期演进方向;FDD-LTE 是 FDD 版本的 LTE 技术,是 cdma2000 和 WCDMA 的长期演进方向。

LTE 通常被称为 3.9G 技术,与 4G 标准相比,除最大带宽、上行峰值速率两项指标外,其他性能指标都已经达到了 4G 标准的要求。LTE-Advanced 是 LTE 的后续演进技术,其整体技术设计已经超过了 4G 的最小需求。2008 年 6 月,3GPP 完成了 LTE-Advanced 的技术需求报告。2010 年 10 月 20 日,ITU-R 第 5 研究组(国际移动通信工作组,WP5D)在我国重庆的第 9 次会议上,确定 LTE-Advanced 和 802.16m 为新一代移动通信(4G)国际标准。

2011 年年初,我国工业和信息化部批准在上海、杭州、南京、广州、深圳、厦门 6 个城市开展 TD-LTE 规模技术试验。随着 TD-LTE 规模技术试验网的建设,未来 2~3 年,我国移动通信将进入 LTE 时代。在此背景下,在基础研究领域,需要在广度和深度上加强针对 LTE-Advanced 的研究;在工程应用领域,需要加强针对 TD-LTE 网络规划和设计方面的研究,为即将来临的 TD-LTE 大规模网络建设做好技术储备。

无线网络规划设计是一门理论和实践紧密结合的综合性技术,是一项系统工程。它从无线传播理论研究到天馈设备指标分析,从网络详细规划、网络能力预测到工程详细设计,从网络性能测试到系统参数调整优化,贯穿了整个网络建设的全过程。在国内,公开出版的针对 TD-LTE 系统结构和空中接口技术方面的图书、文献较多,而针对 TD-LTE 无线网络规划设计的工程应用类图书、文献则较难见到。

TD-LTE 无线网络规划与设计

本书作者是江苏省邮电规划设计院从事移动通信网络研究的专业技术人员，长期跟踪研究 LTE 系统架构、规范与组网方案。本书在编写过程中融入了作者在长期从事移动通信网络规划设计工作中积累的经验和心得，可以使读者更好地理解 TD-LTE 系统架构和网络规划设计等内容。

本书是一本以 TD-LTE 无线网络规划和设计为主要内容的书籍。全书首先系统阐述了 TD-LTE 的网络结构、关键技术、空中接口，接着全面介绍了无线网络规划基础和流程，重点从 TD-LTE 无线网络规划的准备、无线网络预规划、无线网络详细规划、天馈系统设计、室外覆盖设计、室内分布系统设计、规划设计实务等方面详细介绍了 TD-LTE 网络规划和设计技术及方法。书中包含了大量图表和实例，使得读者可以更好地理解 TD-LTE 网络规划设计工作的步骤和过程。

本书对 TD-LTE 技术的介绍总体概念突出，内容清晰，具有新颖性、专业性和实用性。本书的出版，希望能够为通信业相关人员在 TD-LTE 领域的技术研究、网络规划和网络建设等方面提供参考。

本书由戴源、朱晨鸣策划和主编，朱晨鸣、王强负责全书的结构和内容的掌握与控制。本书各章节写作分工如下：戴源、朱晨鸣、王强、李新、许华东编写了第 1、2、3、4、5 章及第 8 章部分内容；赵超、王园明、夏宇星、丁智、黄磊编写了第 6、7 章及第 8、12 章部分内容；王太峰、宗春、邢强强、刘洋、林涛、贾军、王鹏编写了第 9、10 章；刘永洲、孔繁俊、张磊、胡军、查昊、魏子杰、高梦奎、陈路编写了第 11 章及第 12 章部分内容。

本书在编写期间得到了刘圣洁、桂福良、樊恒波、顾晓丽、李巍、周辉等同仁的支持和帮助，在此谨向他们表示衷心的感谢。

书中不当之处，恳请读者批评指正。

作 者

2012 年 4 月于南京

目 录

第 1 章 概述 1	2.3 TD-LTE 关键技术 23
1.1 移动通信技术发展..... 1	2.3.1 OFDM 23
1.1.1 移动通信发展史 1	2.3.2 MIMO..... 25
1.1.2 3G 的应用..... 5	2.3.3 链路自适应 27
1.1.3 未来移动通信趋势 6	2.3.4 小区间干扰控制 29
1.2 TD-LTE 的发展 7	2.3.5 多媒体广播多播业务..... 30
1.2.1 标准化组织..... 7	2.3.6 TD-LTE-Advanced 技术
1.2.2 TD-LTE 标准进展 9	发展 31
1.2.3 TD-LTE 业务与应用 10	2.4 小结 33
1.2.4 TD-LTE 产业 11	
1.3 TD-LTE 网络规划与设计	第 3 章 空中接口 34
特点 12	3.1 TD-LTE 物理层概述 34
1.3.1 需求分析..... 12	3.2 空中接口协议 34
1.3.2 频率规划..... 13	3.2.1 控制平面与用户平面
1.3.3 覆盖规划及链路预算 14	协议栈 34
1.3.4 容量规划与规模估算 15	3.2.2 协议栈功能划分..... 35
1.3.5 性能仿真..... 15	3.2.3 MAC 层协议..... 35
1.3.6 参数规划..... 15	3.2.4 RLC 层协议 35
	3.2.5 PDCP 协议 35
	3.2.6 无线资源控制协议..... 36
	3.2.7 非接入层控制协议..... 36
	3.3 帧结构 37
	3.3.1 TD-LTE 的帧结构 37
	3.3.2 时隙 37
	3.3.3 资源单元 38
	3.3.4 资源块 38
	3.4 物理信道 38
	3.4.1 上行物理信道 39
第 2 章 TD-LTE 无线通信网 16	
2.1 总体架构..... 16	
2.2 TD-LTE 网络结构 17	
2.2.1 E-UTRAN 的通用协议	
模型..... 17	
2.2.2 EPC 18	
2.2.3 TD-LTE 网元与主要	
功能..... 19	
2.2.4 主要接口..... 21	

3.4.2 下行物理信道	40	4.5 小结	59
3.5 编码与调制	41	第 5 章 无线网络规划流程	60
3.5.1 信号调制	41	5.1 网络规划范围	60
3.5.2 物理信道映射	42	5.1.1 规划目标	60
3.5.3 信道编码	43	5.1.2 规划内容	61
3.6 用户数据传输	43	5.2 网络规划流程	64
3.6.1 发送流程	44	5.2.1 规划准备阶段	65
3.6.2 接收流程	44	5.2.2 预规划阶段	67
3.7 无线资源管理	46	5.2.3 详细规划阶段	70
3.7.1 分组调度管理	47	5.3 网络规划文档	72
3.7.2 切换	47	5.3.1 CW 测试及模型校正	72
3.7.3 接入控制	47	报告	72
3.8 物理层过程	48	5.3.2 网络预规划报告	72
3.8.1 同步	48	5.3.3 详细网络规划报告	73
3.8.2 小区搜索	48	5.4 小结	73
3.8.3 功率控制	49	第 6 章 无线网规划准备	74
3.8.4 随机接入	50	6.1 网络规划准备阶段工作	74
3.8.5 物理共享信道相关	51	6.1.1 工作计划制订	74
过程	51	6.1.2 网络规划输入需求	74
3.8.6 物理控制信道过程	51	6.1.3 基础数据收集	75
3.9 小结	52	6.1.4 基础数据处理	76
第 4 章 无线网规划基础	53	6.2 业务预测	76
4.1 电波传播	53	6.2.1 TD-LTE 提供的	76
4.1.1 无线传播原理	53	业务	76
4.1.2 无线信道	54	6.2.2 预测基础	77
4.1.3 传播损耗	54	6.2.3 预测原则与方法	78
4.1.4 移动通信信号传播	55	6.2.4 基础数据收集	82
特性	55	6.3 覆盖区域与场景	82
4.2 无线传播模型	55	6.3.1 覆盖区域需求	82
4.3 天馈线	56	6.3.2 覆盖区域类型	82
4.3.1 天线基础	56	6.3.3 覆盖区域划分	82
4.3.2 天线的重要技术	56	6.3.4 覆盖场景	84
特性	56	6.4 规划目标	84
4.3.3 天线选型	57	6.4.1 覆盖指标	84
4.3.4 天线倾角设计与覆盖	57	6.4.2 容量指标	84
区规划	57	6.4.3 质量指标	85
4.3.5 馈线基础	58	6.4.4 成本目标	85
4.4 站址选择	59		

6.5 小结	85	8.3 干扰分析	111
第 7 章 无线网预规划	86	8.3.1 系统内干扰	111
7.1 无线网预规划概述	86	8.3.2 系统间干扰	112
7.2 传播模型校正	87	8.4 邻区规划	114
7.2.1 CW 测试	87	8.4.1 邻区规划思路	115
7.2.2 测试数据处理	90	8.4.2 邻区配置原则	115
7.2.3 传播模型校正	91	8.4.3 异系统邻区规划	115
7.3 链路预算	92	8.5 跟踪区划分	115
7.3.1 参数取值	92	8.6 码资源规划	117
7.3.2 前向链路预算	93	8.7 无线仿真	118
7.3.3 反向链路预算	94	8.7.1 无线仿真流程	118
7.4 业务模型	94	8.7.2 仿真相关参数及 设置	119
7.4.1 TD-LTE 用户业务 需求	94	8.7.3 仿真运行	121
7.4.2 TD-LTE 业务分类	95	8.7.4 仿真结果分析	122
7.4.3 业务使用模型	97	8.8 小结	124
7.5 覆盖规划	98	第 9 章 天馈系统设计	125
7.6 容量规划	99	9.1 天馈线系统概述	125
7.6.1 TD-LTE 容量特性	99	9.2 TD-LTE 天线技术	126
7.6.2 TD-LTE 容量目标	100	9.2.1 多天线技术	126
7.6.3 TD-LTE 理论峰值速率 计算	100	9.2.2 智能天线的应用	128
7.6.4 影响 TD-LTE 容量性能的 主要因素	100	9.2.3 双流波束赋形	130
7.6.5 TD-LTE 容量评估 指标	101	9.3 TD-LTE 系统天线的选用	132
7.6.6 容量规划建议	102	9.3.1 LTE 天线选型	133
7.7 小结	102	9.3.2 LTE 与 TD-SCDMA 系统 天线的共用	134
第 8 章 无线网络详细规划	103	9.3.3 与 GSM 系统天线的 共用	135
8.1 概述	103	9.3.4 TD-LTE 天线的发展 趋势	135
8.2 频率规划	103	9.4 TD-LTE 天馈线	137
8.2.1 TD-LTE 使用的 频谱	103	9.4.1 LTE 基站天馈系统的 组成	137
8.2.2 频率组网方案	105	9.4.2 LTE 天馈建设方案及 未来趋势	138
8.2.3 同频干扰抑制	106	9.5 工程设计与安装	140
8.2.4 频率复用方式的 改进	108	9.5.1 TD-LTE 天线	140
		9.5.2 天线跳线	141

9.5.3	GPS 天馈系统	141
9.5.4	天馈系统接地	141
9.6	系统共存时的干扰控制	142
9.6.1	D 频段 TD-LTE + F/A 频段 TD-SCDMA	142
9.6.2	F 频段 TD-LTE + F 频段 TD-SCDMA	143
9.7	小结	143

第 10 章 室外覆盖设计

10.1	室外覆盖勘察设计特点	144
10.2	站址勘察	144
10.3	宏基站设计	145
10.3.1	设备选择	145
10.3.2	设备配置	149
10.3.3	覆盖区设计	150
10.4	机房工艺	152
10.4.1	机房工艺要求	152
10.4.2	设备安装	154
10.4.3	走线架与线缆布放	155
10.5	天馈系统设计与安装	158
10.5.1	无线基站天线安装 要求	158
10.5.2	无线基站室外线缆 布放要求	159
10.5.3	无线基站室外天馈系统 接地	159
10.6	基站配套设计	159
10.6.1	新建基站配套电源	159
10.6.2	旧址共用基站配套 电源	160
10.6.3	蓄电池	161
10.6.4	RRU 基站配套 电源	161
10.6.5	微蜂窝基站配套 电源	162
10.6.6	无线基站天支配套	162
10.6.7	无线基站天面塔架改造 原则	163

10.7	防雷与接地	166
10.7.1	接地系统简介	166
10.7.2	移动通信基站的联合 接地系统	167
10.7.3	移动通信基站的防雷与 接地	168
10.8	小结	171

第 11 章 室内分布设计

11.1	概述	173
11.2	室内分布系统	173
11.2.1	信号源	173
11.2.2	室内分布系统	175
11.2.3	TD-LTE 对室内分布 系统的要求	178
11.3	室内分布系统的设计	180
11.3.1	设计目标	180
11.3.2	设计流程	180
11.3.3	分布系统架构	184
11.4	多网合一的室内分布系统 建设	186
11.4.1	异系统共址建设	186
11.4.2	多系统共用分布 系统	187
11.4.3	现有室内分布系统 改造	192
11.5	小结	197

第 12 章 规划设计实务

12.1	宏站规划实例	198
12.1.1	项目概况	198
12.1.2	网络现状	199
12.1.3	传播模型校正	199
12.1.4	频率规划	200
12.1.5	业务预测	200
12.1.6	覆盖规划	201
12.1.7	容量规划	202
12.1.8	规划结果	204
12.1.9	仿真验证	206

12.1.10 基站设置情况	207	12.3.2 大学科技园四网融合 室内分布系统方案	220
12.1.11 设备选型	208	12.4 小结	227
12.1.12 干扰分析	209		
12.2 宏站设计实例	210	后记	228
12.2.1 基站现况	210	缩略语	230
12.2.2 对现有基站的 改造	212	参考文献	239
12.2.3 基站增加 TD-LTE 后 情况	213		
12.3 室内分布系统实例	214		
12.3.1 大厦 TD-LTE 改造 方案	214		

第 1 章

概述

1.1 移动通信技术发展

1.1.1 移动通信发展史

通信的发展历史，可以回溯到远古时代。本书所述的通信，仅指借助于电磁信号形式，通过电缆、光缆、无线电波等媒介进行的双方之间的单向或双向远距离信息交换。

19 世纪 30 年代有线电报试验成功，用电磁系统传递信息的电信系统开始迅速发展；1872 年贝尔发明电话，将人类社会带入电信时代；1898 年，马可尼拍发了第一封收费电报，标志着无线电通信进入实用阶段。虽然“点”与“划”表示的 Morse 码本质上属于数字信号的形式，但自那以后的近百年中，数字通信发展缓慢，以电话、广播、电视为代表的模拟制的通信形式占据了统治地位。

通过有线信道传输的信号稳定，干扰与失真较小，但是由于通信设备必须连接在固定的线路上，通信形式不够灵活，难以满足某些场合的通信需求。无线通信利用电磁波携带信息，通信双方无需拘泥于固定的地点，是实现个人通信的最佳选择，逐渐成为研究与应用的焦点。

移动通信的雏形在 20 世纪中期已被开发出来了，包括步话机、对讲机等，这些早期的无线通信主要应用于军事或特种领域，仅能在少数特殊人群中使用且携带不便。近几十年来，无线通信技术在民用领域发展迅猛，先后出现了蜂窝移动通信系统、微波通信、卫星通信、固定宽带无线接入、802.x 系列无线接入标准、LMDS、MMDS 等技术。其中蜂窝移动通信的出现影响了全球数 10 亿人的生活方式，它的发展先后经历了模拟移动通信、数字移动通信、第三代移动通信系统（3G）以及后 3G 阶段。

1. 第一代移动通信系统（1G）

第一代蜂窝移动电话系统是模拟蜂窝移动电话系统，主要特征是用模拟方式传输模拟信号，美国、英国和日本都先后开发了各自的系统。

随着对电磁波研究的深入、大规模集成电路的问世，移动电话首先被制造出来，移动终端设备的研制成功带动了对于网络结构的探索。20 世纪 70 年代初，贝尔实验室提出蜂窝系统覆盖小区的概念和相关的理论后，立即得到迅速的发展，很快进入了实用阶段，移动通信跨入了第一代模拟蜂窝移动电话系统的时代。

1978 年年底，美国贝尔试验室研制成功先进移动电话系统（AMPS），建成了蜂窝状移动

通信网，大大提高了系统容量。1983 年，AMPS 首次在芝加哥投入商用，同年 12 月在华盛顿也开始启用，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。日本于 1979 年推出 800MHz 汽车电话系统（HAMTS），在东京、大阪、神户等地投入商用。英国在 1985 年开发出全接入通信系统（TACS），首先在伦敦投入使用，以后覆盖了全国，频段为 900MHz。法国开发了工作于 450MHz 的系统，加拿大也推出 450MHz 移动电话系统（MTS）。瑞典等北欧四国于 1980 年开发出 NMT-450 移动通信系统并投入使用，频段为 450MHz。

2. 第二代移动通信系统（2G）

第一代模拟制系统解决了移动通信系统的有无问题，但它们在应用中的各种缺点也不断浮现出来，包括系统间没有公共接口、难以互通，频谱利用率低、系统容量小，安全性差、容易被窃听等。

为克服模拟通信的上述缺点，蜂窝移动通信系统引入了数字技术，并且在 20 世纪八九十年代得到了长足的发展，称之为第二代移动通信系统。2G 系统提供更高的网络容量，改善了话音质量和保密性，并为用户提供无缝的国际漫游。2G 的制式主要有 GSM、CDMA（IS-95）、D-AMPS 等，其中 GSM 与 CDMA 系统应用广泛。

（1）GSM/GPRS/EDGE

GSM 数字移动通信系统源于欧洲。1982 年，北欧国家提交了一份建议书，要求制定 900MHz 频段的公共欧洲电信业务规范。随后欧洲电信标准学会（ETSI）技术委员会成立了“移动特别小组”（Group Special Mobile），简称 GSM，主要负责制定有关的标准和建议书。1986 年在巴黎，该小组对欧洲各国及各公司经大量研究和实验后所提出的 8 个建议系统进行了现场实验。1990 年该小组完成了 GSM900 的规范，共产生大约 130 项的全面建议书，不同建议书经分组而成为一套，共包含 12 个系列。

1991 年欧洲开通了第一个 GSM 系统，并且 GSM 更名为“全球移动通信系统”（Global System for Mobile communications），从此移动通信跨入了第二代数字移动通信时代。同年，移动特别小组还完成了制定 1 800MHz 频段的公共欧洲电信业务的规范，名为 DCS1800 系统。该系统与 GSM900 具有同样的基本功能特性，因而该规范只占 GSM 建议的很小一部分，仅将 GSM900 和 DCS1800 之间的差别加以描述，绝大部分二者是通用的，两系统均可通称为 GSM 系统。

在这之后，为了实现对数据业务的支持，GSM 体制制定了 GPRS 与 EDGE 这两种标准。

GPRS（General Packet Radio Service，通用分组无线业务）由 GSM Phase 2.1 版本定义，是为适应移动数据接入需求的增长而产生的。由于 GPRS 支持中低速率的数据传输，常被称作一种 2.5G 的技术，支持 9.05~171.2kbit/s 的数据速率接入。

EDGE（Enhanced DataRate for GSM Evolution，增强型数据速率 GSM 演进）技术介于 GPRS 与 3G 之间，也常被称作 2.75G 的技术。它在 GSM 系统中采用了多时隙操作和 8PSK 调制，能够支持 300kbit/s 的数据速率接入，匹敌 CDMA 1x。

（2）IS-95/cdma2000 1x

在 2G 时代，CDMA 技术和 GSM 技术几乎是同时开始发展的。cdma2000 标准是一个体系结构，称为 cdma2000 family，它包含一系列子标准。由 cdmaOne 向 3G 演进的途径为：

cdmaOne (IS-95A/B) → cdma2000 1x → cdma2000 1x EV。其中 cdma2000 1x 属于准 3G 技术, cdma2000 1x EV 之后均属于标准的 3G 技术。

1993 年, 高通公司提出了 CDMA 第一个商用标准, 被美国 TIA/EIA 定为 IS-95A (TIA/EIA INTERIM STANDARD/95A) 标准。1994 年, 第一个 CDMA 商用网络在香港地区 (香港和记电讯) 开通。1995 年, CDMA (IS-95A) 在韩国、美国、澳大利亚等国得到大规模应用。

从技术角度来说, IS-95A 技术完全是一种第二代移动通信技术, 它主要支持语音业务。IS-95A 商用几年以后, 市场对数据业务的需求逐渐显现。在这种情况下, 美国电信工业协会 (TIA) 制定了 IS-95B 标准。IS-95B 通过将多个低速信道捆绑在一起来提供中高速的数据业务, 可提供的理论最大比特速率为 115kbit/s, 实际只能实现 64kbit/s。但是, 从技术角度来说, IS-95B 并没有引入新技术, 所以通常将 IS-95B 也作为第二代移动通信技术。

cdma2000 1x 是由 IS-95A/B 标准演进而来的, 由 3GPP2 负责具体标准化工作。cdma2000 1x 在 IS-95 的基础上升级空中接口, 可在 1.25MHz 带宽内提供 307.2kbit/s 高速分组数据速率。cdma2000 成为窄带 CDMA 系统向第三代系统过渡的标准。cdma2000 在标准研究的前期, 提出了 1x 和 3x 的发展策略, 但随后的研究表明, 1x 和 1x 增强型技术 (1x EV) 代表了未来发展方向。

cdma2000 1x 仅能提供准 3G 的数据业务, 目前发表的版本包括以下两种。

Release 0: 1999 年 10 月发布, Release 0 的主要特点是沿用基于 ANSI-41D 的核心网, 在无线接入网和核心网增加支持分组业务的网络实体, 单载波最高上下行速率可以达到 153.6kbit/s。

Release A: 2000 年 7 月发布, 与 Release 0 相比没有网络结构上的变化, 增加了对业务特征的信令支持, 如新的公共信道、QoS 协商、增强鉴权、加密、语音业务和分组业务并发业务。Release A 单载波最高数据传输速率可以达到 307.2kbit/s。

3. 第三代移动通信系统

第三代移动通信系统 (3G) 的技术发展和商用进程是近年来全球移动通信产业领域最为关注的热点问题之一。

3G 在 ITU 的正式名称是 IMT-2000, 其前身为 1985 年提出的 FPLMTS (未来公共陆地移动通信系统)。ITU 在 1996 年年底确定了第三代移动通信系统的基本框架, 包括业务需求、工作频带、网络过渡要求和无线传输技术的评估方法等, 并将 FPLMTS 更名为 IMT-2000, 其用意在于希望在 2000 年左右商用、最高数据传输速率达 2 000kbit/s、工作在 2 000MHz 频段。IMT-2000 的目标是:

- 全球统一频段、统一标准, 全球无缝覆盖;
- 高频谱效率、高服务质量和高保密性能;
- 提供多媒体业务, 速率最高到 2Mbit/s;
- 车速环境: 144kbit/s;
- 步行环境: 384kbit/s;
- 室内环境: 2Mbit/s;
- 易于从第二代系统过渡和演进。

1999 年 10 月 ITU 在赫尔辛基举行的会议确定了 5 种 3G 方案:

- IMT-2000 CDMA DS (Direct Spread), 即欧洲和日本的 UTRA FDD (WCDMA);
- IMT-2000 CDMA MC (Multi-carrier), 即美国的 cdma2000;
- IMT-2000 CDMA TC (Time-Code), 即欧洲的 UTRA TDD 和中国的 TD-SCDMA;
- IMT-2000 TDMA SC (Single Carrier), 即美国的 UWC-136;
- IMT-2000 FDMA/TDMA FT (Frequency Time), 即欧洲的 DECT。

经过融合和发展, 形成了 3 种最具代表性的 3G 技术标准, 分别是 TD-SCDMA、WCDMA 和 cdma2000。其中 TD-SCDMA 属于时分双工 (TDD) 模式, 是由中国提出的 3G 技术标准; 而 WCDMA 和 cdma2000 属于频分双工 (FDD) 模式。

在 3G 的商用发展过程中, 又发展出两大标准化论坛: 一个是推广 WCDMA 和 TD-SCDMA 标准的 3GPP 标准化论坛, 另外一个推广 cdma2000 标准的 3GPP2 论坛。

(1) WCDMA

WCDMA 是由 3GPP 具体制定的, 基于 GSM MAP 核心网, UTRAN (UMTS 陆地无线接入网) 为无线接口的第三代移动通信系统, 先后发布了 Release 99 (简称 R99)、R4、R5、R6、R7 等多个版本。

WCDMA 采用直接序列扩频码分多址 (DS-CDMA)、频分双工方式, 码片速率为 3.84Mchip/s, 载波带宽为 5MHz。早期提出的 R99/R4 版本, 在 5MHz 的带宽内可提供最高 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约 6Mbit/s 的上行数据传输速率。

除了上述标准版本之外, 3GPP 从 2004 年即开始了 LTE (Long Term Evolution, 长期演进) 的研究, 基于 OFDM、MIMO 等技术, 致力于发展无线接入技术向“高数据速率、低延迟和优化分组数据应用”方向演进。

(2) cdma2000

cdma2000 1x 提供高速分组数据业务的能力还是有限的。在向着更高的目标迈进的道路上, 又出现了 cdma2000 1x EV 技术。EV 代表“Evolution”, 有两方面含义, 一方面是比原有的技术容量更大而且性能更好, 另一方面是和原有技术向后兼容。

韩国、日本是 cdma2000 1x EV 商用网络的领军者。2002 年 1 月韩国 SKT 开通全球首个 EV-DO 商用网, 紧随其后的是韩国 KTF 与日本 KDDI。

在技术发展上, cdma2000 1x EV-DO 逐步成熟并投入商用, cdma2000 1x EV-DV 以及 cdma2000 1x 同时提出的 cdma2000 3x 技术基本被市场所抛弃, 大部分 cdma2000 1x 网络通过升级到 EV-DO 而跨入 3G 时代。

EV-DO 的演进又可以进一步细分为 Rev.0、Rev.A、Rev.B 以及 Rev.C/D 等不同阶段, 上/下行最高分别支持 1.8/3.1Mbit/s 数据传输速率的 EV-DO Rev.A 网络已广泛部署。

(3) TD-SCDMA

TD-SCDMA (Time Division-Synchronization Code Division Multiple Access) 的中文含义为时分同步码分多址。从 2001 年 3 月开始, TD-SCDMA 被正式融入 3GPP 的 Release 4 版本。目前 TD-SCDMA 已有 Release 4、Release 5、Release 6 等版本。

TD-SCDMA 采用不需成对频率的 TDD 模式以及 FDMA/TDMA/CDMA 相结合的多址接入方式,使用 1.28Mchip/s 的低码片速率,扩频带宽为 1.6MHz,同时采用了智能天线、联合检测、上行同步、接力切换、动态信道分配等先进技术。基于 R4 版本,TD-SCDMA 可在 1.6MHz 的带宽内提供最高 384kbit/s 的用户数据传输速率。

TD-SCDMA 在 R5 版本中引入了 HSDPA 技术,在 1.6MHz 带宽上理论峰值数据传输速率可达到 2.8Mbit/s。通过多载波捆绑的方式可进一步提高 HSDPA 系统中单用户峰值数据传输速率。TD-SCDMA 上行链路增强(HSUPA)的研究和标准制定工作也在 3GPP、CCSA 等组织内进行。

1.1.2 3G 的应用

移动通信由模拟制转换到数字技术(2G 系统取代 1G 系统)时,为用户带来全新的体验和服务,技术上的差异是最主要的吸引力。但向 3G 过渡的过程中,用户更关心的是运营商究竟能够提供怎样的服务,服务质量如何,是不是能够满足自身的需求。

3G 技术的频谱效率是 2G 的 1.5~3 倍,再加上频谱带宽的成倍增长,语音与数据传输能力大幅提高。3G 的应用可提高用户的工作学习效率和生活质量,但如果不能推出吸引用户的服务,同样不能被用户接受。受制于成本、商业模式、内容、需求等多种因素,3G 应用的进程一度并不顺利。

随着因特网和移动通信网之间的相互连接日益紧密,手机功能也逐步从简单的语言工具转变为数据信息终端,移动数据业务成为新的业务增长点。虽然语音业务在相当长的时期内仍是移动通信的主要业务,但随着 3G 的出现,信息资讯、实时视音频、移动商务等移动多媒体业务得到了快速的发展。3G 的核心应用包括以下几个方面。

(1) 移动宽带接入。为计算机用户提供在 3G 移动通信网络覆盖范围内任何地点的高速无线上网服务,让用户可以发送和接收带大附件的电子邮件、享受实时互动游戏、收发高分辨率的图片和视频、下载视频和音乐内容。

(2) 手机宽带上网。进入移动互联网时代,手机宽带上网是一项重要的功能,通过手机收发语音邮件、写博客、聊天、搜索、下载图铃等,让手机变成个人的小电脑。

(3) 手机办公。利用手机的移动信息化软件,建立手机与电脑互连互通的企业软件应用系统,摆脱时间和场所局限,随时进行随身化的公司管理和沟通。

(4) 无线搜索。许多电脑用户都将百度、谷歌等搜索引擎设置为浏览器的主页,或者将其快捷方式放在最明显、最便于操作的位置,由此可见搜索服务在人们的生活中扮演着很重要的角色。而从需求方面来讲,手机上网与 PC 端上网没有明显的区别,手机的移动性反而使得搜索更加便捷。对用户来说,这是比较实用型的移动网络服务,也能让人快速接受。随时随地用手机搜索将会变成更多手机用户一种平常的生活习惯。

(5) 手机阅读。在丰富的资源和便携性下,越来越多的用户加入到手机电子阅读中,手机阅读成为用户在地铁上和闲暇时光中最为常见的应用之一。手机阅读已经成为移动互联网用户使用频率较高的应用之一,每天阅读一次及以上的用户占比达到 45%。

(6) 视频通话。传统的语音通话资费降低,而视觉冲击力强、快速直接的视频通话会加快普及和发展。

(7) 手机电视与流媒体。3G 流媒体是指以“流”的形式运行的数字媒体,运用可变带宽

技术在 3G 网络中实现欣赏连续的音频和视频节目。移动视频也被认为是未来电信市场的最大热点,CMMB 等标准的建立推动了手机电视行业的发展,手机流媒体软件应用也越来越多,在视频影像的流畅和画面质量上不断提升、突破技术“瓶颈”,真正大规模被应用。

(8) 手机音乐下载。爱音乐、爱生活,直接用手机下载喜欢的音乐是一项深受年轻用户群体喜爱的 3G 应用。3G 网络的速率可以让用户摆脱用电脑传输到手机的麻烦方式,直接用手机下载喜欢的歌曲。在一些无线互联网发展成熟的国家,通过手机上网下载音乐是电脑的 50 倍。

(9) 手机购物。和电脑上网购物类似,只不过载体从电脑变成了上网手机,利用手机上网实现网购的过程,属于移动电子商务。事实上,移动电子商务是 3G 时代手机上网用户的最爱。利用 3G 网络,用户只要开通手机上网服务,就可以通过手机查询商品信息,并在线支付购买产品。

(10) 手机网游。与电脑的网游相比,手机网游的体验虽不好,但方便携带、随时可以玩,这种利用了零碎时间的网游是目前年轻人的新宠,也是 3G 时代的一个重要增长点。3G 时代之后,游戏平台会更加稳定和快速,兼容性更高、更具可玩性,让用户在游戏的视觉和效果方面感觉更佳。

1.1.3 未来移动通信趋势

从提供基本的移动语音,到短消息、WAP 等低速数据业务,再发展到移动宽带所支持的各种高速无线上网、娱乐、计算与移动信息服务,在多种技术融合与发展的基础上,以用户为中心的移动通信系统逐渐浮现。技术的发展与业务的应用相互促进,未来的移动通信呈现出以下特征。

1. 移动宽带化趋势明显

移动通信领域经过多年的内部自我发展,开始面临外部非电信业技术领域的影响与挑战。802.16/WiMAX 的提出,促使整个无线通信领域开始了新一轮的技术发展,加速了蜂窝移动通信技术演进的步伐。正是为了对应 WiMAX 标准的竞争,3GPP 启动了长期演进计划。显而易见,长期演进计划的目标首先是提高蜂窝移动网的宽带接入能力。

2. 融合成为趋势

纵观全球通信业的发展,融合正在成为不可阻挡的趋势。总体来看,整个产业正处在重大转型期。从运营上来看,全球电信运营商陆续成为同时拥有固网和移动网的全业务运营商;从网络层面来看,多种网络、技术和业务的融合趋势日益明显;从技术上看,信息通信技术正处于更新换代的关键时期,以 IPv6 技术为代表的下一代互联网呼之欲出,3G 演进技术发展迅猛,FMC(固定网与移动网之间的融合)技术的发展使融合成为可能;从通信业务来看,正在由传统的话音业务向宽带数据业务转变,更引人注目的是,互联网向电信网的延伸明显加速。

信息通信业务呈现出宽带化、移动化、IP 化和融合化特征,其中移动通信和互联网是发展最快、影响最大的两个领域。这两个领域的融合,催生出蓬勃发展的移动互联网。越来越多的人希望在移动的过程中高速地接入互联网,获取急需的信息,完成想做的事情。所以移动网与互联网融合的趋势是历史的必然。移动互联网已逐渐渗透到人们生活、工作的各个领

域,短信、铃图下载、移动音乐、手机游戏、视频应用、手机支付、位置服务等丰富多彩的移动互联网应用迅猛发展,正在深刻改变信息时代的社会生活。

3. 新技术不断应用

宽带无线接入技术的发展极为迅速,各种微波、无线通信领域的先进手段和方法不断引入,使用频段从 2.4GHz 开始向上直至 38GHz 仍在不断扩展。一方面,这些技术充分利用过去未被开发或者应用不是很多的频率资源;另一方面,它们融合了在其他通信领域成功应用的先进技术如 64QAM、OFDM 等,以实现更大的频谱利用率、更丰富的业务接入能力、更灵活的带宽分配方法。

目前,宽带 OFDM 技术、软件定义的无线电技术的应用、调制阶数和覆盖面大小可变的自适应技术、高效率频谱成型技术、自适应动态时隙分配技术、自适应信道估值与码间干扰对抗技术、自适应带宽分配及流量分级管理技术、中频与射频集成组装的紧凑型的户外单元技术和高级编码调制与收信检测技术等正成为宽带无线接入技术领域的最新技术亮点。整个移动接入技术领域的发展体现出如下趋势:

- 应用更高的频段、频率利用效率持续提高;
- OFDM 技术兴起;
- 多址方式不断充实;
- 调制方式向多状态化发展;
- 双工方式灵活选择;
- 网络业务数据化、分组化;
- 带宽动态分配;
- 业务接口日趋丰富。

1.2 TD-LTE 的发展

1.2.1 标准化组织

1. 3GPP

3GPP (The 3rd Generation Partnership Project, 第三代合作伙伴计划) 是一个 3G 技术规范的制定机构,由欧洲的 ETSI、日本的 ARIB 和 TTC、韩国的 TTA 以及美国的 T1 在 1998 年年底发起成立,中国无线通信标准组 (CWTS) 于 1999 年加入 3GPP。除了 300 多家独立会员外,3GPP 还有 TD-SCDMA 产业联盟 (TDIA)、TD-SCDMA 论坛、CDMA 发展组织 (CDG) 等 13 个市场伙伴。

3GPP 成立的宗旨在于研究制定并推广基于演进的 GSM 核心网络的 3G 标准,即 WCDMA、TD-SCDMA、EDGE 等。3GPP 受组织合作伙伴委托制定通用的技术规范。其组织机构分为项目合作和技术规范两大职能部门。项目合作组 (Project Coordination Group, PCG) 是 3GPP 的最高管理机构,负责全面协调工作;技术规范组 (TSG) 负责技术规范制定工作,受 PCG 的管理。3GPP 最初建立了 4 个不同的技术规范组,分别负责 UMTS 无线接入网、核心网、业务和架构、终端这 4 个领域技术规范的制定。当 GSM/EDGE 的标准化工作移交给 3GPP 之后,2005 年重新划分组成了 4 个 TSG: