

LTE FDD 网络规划设计宝典
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

LTE FDD Network Planning and Design

4G 丛书

LTE FDD

网络规划与设计

□ 程鸿雁 朱晨鸣 王太峰 孔繁俊 方晓农 许华东 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

LTE FDD Network Planning and Design 4G 丛书

LTE FDD

网络规划与设计

□ 程鸿雁 朱晨鸣 王太峰 孔繁俊 方晓农 许华东 编著

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

LTE FDD网络规划与设计 / 程鸿雁等编著. — 北京:
人民邮电出版社, 2013. 8
(4G丛书)
ISBN 978-7-115-32504-4

I. ①L… II. ①程… III. ①无线电通信—移动网—
网络规划②无线电通信—移动网—网络设计 IV.
①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字 (2013) 第145464号

内 容 提 要

本书分为理论篇、规划篇、设计篇、实践篇 4 篇, 深入浅出地介绍了 LTE 完整的体系架构、网络演进以及网络规划和建设的知识等, 其中理论篇涉及 EPC 网络、E-UTRA 网络和承载网 3 章内容, 规划篇介绍了核心网、LTE 无线网、承载网的规划, 设计篇涉及核心网、LTE 室外宏站及室内分布系统、承载网的设计, 实践篇给出了 LTE 设计案例。

本书适合各大设计院从事 LTE 网络规划、设计以及对 LTE 网络规划有兴趣的相关人员阅读参考。

-
- ◆ 编 著 程鸿雁 朱晨鸣 王太峰
孔繁俊 方晓农 许华东
责任编辑 杨 凌
责任印制 彭志环 杨林杰
- ◆ 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>
北京中新伟业印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 28.25 2013 年 8 月第 1 版
字数: 691 千字 2013 年 8 月北京第 1 次印刷
-

定价: 88.00 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

近年来移动通信业务向宽带多媒体通信发展的趋势已经十分明朗，每年移动网络的数据吞吐量都井喷式增长。演进分组系统（EPS）是 3GPP 为了满足移动通信的宽带化发展而推出的新的演进技术，它包括两个部分：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，是现有 3G 通信系统向 4G 演进的路线和方向。LTE 又分为 TD-LTE 和 LTE FDD 两个版本，TD-LTE 是 TDD 版本的 LTE 技术，是 TD-SCDMA 的长期演进方向；LTE FDD 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、峰值速率两个指标外，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。虽然 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，但随着近年来 LTE 在国际上商用规模越来越大，LTE 已经在实施上统一了未来 4G 的发展趋势。

由于我国 3G 建网较迟，虽然海外运营商在 2009 年即开始进行 LTE 网络建设，但我国直到 2011 年才开始进行 TD-LTE 的规模技术试验。到 2012 年年中，中国移动基本完成了 TD-LTE 规模试验网的技术验证，开始着手进行试商用建网。随着中国移动在 TD-LTE 方面的不断发力，中国电信和中国联通也着手开始进行 LTE FDD 的试验网建设。初步预期今、明两年我国移动通信将进入 LTE 时代。LTE FDD 将是中国电信和中国联通优先选择的技术演进方向。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 LTE 网络规划和设计方面的研究，为即将来临的 LTE 大规模网络建设做好技术储备。

移动通信的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，它包括核心网的规划、无线网的规划以及作为基础支撑网络的承载网规划三大部分。这三大部分相互配合、相互支撑，是移动通信网络建设的先导性和基础性工作。在国内，公开出版的针对 LTE 系统结构和空中接口技术方面的图书、文献较多，但针对 LTE FDD 的网络规划设计，尤其是系统介绍整个 LTE FDD 移动通信网络的规划设计的工程应用类图书、文献则较难见到。

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 LTE FDD 系统架构和网络规划设计等内容。

本书是一本以 LTE FDD 移动通信网络规划和设计为主要内容的书籍,全书分为理论篇、规划篇、设计篇和实践篇四个大的版块。理论篇着重阐述 LTE FDD 核心网以及无线网的网络结构、关键技术等,同时也对目前主流的承载网技术进行了介绍;规划篇包括了 LTE FDD 核心网、无线网以及配套承载网的规划等三个方面的内容,通过对 LTE FDD 移动通信网络的网络规划流程、网络组织方案、网元设置、容量测算等方面的详细介绍,使读者能够对 LTE FDD 网络规划的总体情况及工作方法有个清晰的了解;设计篇详细介绍了 LTE FDD 核心网、无线网和配套的承载网的设计,以及在设计过程中需要注意的一些关键问题;最后的实践篇通过介绍一些实际的 LTE FDD 规划和设计案例,使读者可以从感性的角度更加清晰地了解 LTE FDD 网络规划和设计的工作。书中包含了大量图表和实例,可以使读者更好地理解 LTE FDD 网络规划设计工作的步骤和过程。

本书对 LTE FDD 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。希望本书的出版,能够为通信业相关人员在 LTE FDD 领域的技术研究、网络规划和网络建设等方面提供参考。

本书由程鸿雁、朱晨鸣策划和主编,朱晨鸣、许华东负责全书的结构和内容的掌握与控制,程鸿雁、朱晨鸣、王太峰、孔繁俊、方晓农、许华东、王强、易准、林涛、张丰、俞力、余励、高瞻、叶心诗、徐梅香、胡军、查昊、蒋晓虞参与了全书内容的撰写。

本书在编写期间,得到了房树森、彭雄根、李新、张磊、刘远高、黎飞龙、张若文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

2013 年 5 月于南京

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 移动通信技术发展	1
1.1.1 移动通信发展史	1
1.1.2 3G 的应用	5
1.1.3 未来移动通信趋势	6
1.2 LTE 的发展	8
1.2.1 标准化组织	8
1.2.2 LTE 标准进展	10
1.2.3 LTE 业务与应用	12

1.2.4 LTE 商用进展	13
1.2.5 LTE 产业发展	14
1.3 LTE 无线网络规划与设计特点	14
1.3.1 需求分析	14
1.3.2 覆盖规划与链路预算	15
1.3.3 容量规划与规模估算	16
1.3.4 性能仿真	16
1.3.5 参数规划	17

理论篇

第 2 章 EPC 网络	21
2.1 引言	21
2.2 EPC 架构及功能	22
2.2.1 网络架构	22
2.2.2 网元功能	26
2.2.3 接口协议	31
2.2.4 系统标识	38
2.3 典型流程	39
2.3.1 EPS 状态管理	39
2.3.2 移动性管理	41
2.3.3 会话管理流程	62
2.4 EPS 承载与 QoS 机制	64
2.4.1 EPS 承载	64
2.4.2 QoS	66
2.4.3 QoS 参数的映射	68
2.5 安全机制	69
2.5.1 安全架构	69

2.5.2 密钥和鉴权	70
2.5.3 EPS 系统密钥体系结构	73
2.6 容灾机制	74
2.6.1 MME Pool 概念	74
2.6.2 功能及特点	75
2.7 策略控制与计费 (PCC)	76
2.7.1 PCC 架构、功能实体与 接口	76
2.7.2 PCC 的作用及规则	81

第 3 章 E-UTRA 网络	84
3.1 引言	84
3.2 LTE 网络架构模型	84
3.2.1 网络结构	84
3.2.2 空中接口高层协议	85
3.2.3 E-UTRAN 用户面和 控制面的无线协议架构	86
3.3 LTE 关键技术	88

3.3.1	OFDM	88
3.3.2	MIMO	91
3.3.3	链路自适应	93
3.3.4	小区间干扰抑制	95
3.4	LTE 物理层规范	97
3.5	LTE 帧结构	98
3.6	物理层的资源调度单位	100
3.6.1	空间资源调度	100
3.6.2	RE 与 RB	101
3.6.3	REG 与 CCE	102
3.7	物理信道	103
3.7.1	上行物理信道	103
3.7.2	下行物理信道	106
3.8	信道映射	113
3.8.1	上行信道映射	114
3.8.2	下行信道映射	114
3.9	编码、扰码与调制	114
3.9.1	信道编码	114
3.9.2	扰码	115
3.9.3	信号调制	115
3.10	物理层过程	116
3.10.1	小区搜索	116
3.10.2	随机接入	117
3.10.3	功率控制	118
3.11	无线资源管理	120
3.11.1	分组调度管理	120
3.11.2	切换管理	121
3.11.3	接入控制	121
3.12	LTE-Advanced 关键技术及 演进	122
3.12.1	LTE-Advanced 的演进	

方向	122
3.12.2 载波聚合	123
3.12.3 Relay	126
3.12.4 CoMP	128

第 4 章 承载网 131

4.1	引言	131
4.2	多业务传送平台 (MSTP)	131
4.2.1	MSTP 定义	131
4.2.2	MSTP 技术发展阶段	131
4.2.3	MSTP 技术优势	132
4.2.4	MSTP 关键技术	132
4.3	波分复用系统	133
4.3.1	波分复用技术的概念	133
4.3.2	波分复用技术的优点	134
4.3.3	DWDM 技术简介	134
4.4	光传送网 (OTN)	136
4.4.1	OTN 技术背景	136
4.4.2	OTN 技术相关标准	137
4.4.3	OTN 关键技术	138
4.4.4	OTN 技术特色	144
4.5	分组传送网 (PTN)	147
4.5.1	PTN 的实现技术	147
4.5.2	MPLS-TP 标准中的关键 问题	147
4.5.3	PTN 的应用前景展望	149
4.6	IP 化无线接入网 (IPRAN)	149
4.6.1	IPRAN 承载网技术主要 特点	149
4.6.2	IPRAN 技术本质和 优势	150

规划篇

第 5 章 核心网规划 155

5.1	核心网规划范围及流程	155
5.1.1	核心网规划范围	155
5.1.2	核心网规划流程	156
5.2	核心网组网方案	159
5.2.1	融合组网	159

5.2.2	LTE 与 2G/3G 分组域 互通/互操作	165
5.2.3	LTE 语音业务	171
5.3	话务模型分析	178
5.3.1	信令面话务模型	178
5.3.2	用户面话务模型	179

5.4 网元设置	180	6.2 无线网规划流程	207
5.4.1 MME 设置方案	180	6.2.1 规划准备阶段	208
5.4.2 GW 设置方案	181	6.2.2 预规划阶段	210
5.4.3 PCRF 设置方案	184	6.2.3 详细规划阶段	213
5.4.4 HSS 的设置方案	184	6.3 规划前期准备	214
5.4.5 其他网元的设置方案	186	6.3.1 工作计划制定	214
5.5 承载带宽需求	186	6.3.2 网络规划输入需求	215
5.5.1 接口互联需求概述	186	6.3.3 基础数据收集	216
5.5.2 带宽需求计算	186	6.3.4 基础数据处理	216
5.6 网络组织及路由计划	189	6.4 传播模型选择	217
5.6.1 核心网网络组织	189	6.4.1 无线传播模型	217
5.6.2 核心网路由计划	190	6.4.2 CW 测试	218
5.7 编号计划	191	6.4.3 传播模型校正	222
5.7.1 国际移动用户 标识码 (IMSI)	191	6.5 链路预算	223
5.7.2 移动用户的 ISDN 号码 (MSISDN)	191	6.6 规划目标	225
5.7.3 全球唯一 MME 标识符 (GUMMEI)	192	6.6.1 覆盖指标	225
5.7.4 全球唯一临时标识符 (GUTI)	192	6.6.2 容量指标	225
5.7.5 跟踪区 (TAI)	193	6.6.3 质量指标	226
5.7.6 跟踪区列表 (TA List)	193	6.6.4 成本指标	226
5.7.7 接入点名 (APN)	193	6.7 覆盖规划	226
5.7.8 信令点编码	193	6.7.1 覆盖区域需求	226
5.8 对现网的改造需求	194	6.7.2 覆盖区域类型和划分	227
5.8.1 电路域的改造需求	194	6.7.3 覆盖场景	228
5.8.2 分组域的改造需求	195	6.7.4 覆盖规划	229
5.8.3 其他改造需求	195	6.8 容量规划	230
5.9 网络管理与计费	195	6.8.1 LTE 的业务分类	230
5.9.1 网络管理	195	6.8.2 业务预测的原则和方法	232
5.9.2 计费	198	6.8.3 业务模型	234
5.10 VPN 划分及 IP 地址分配	200	6.8.4 容量规划	235
5.10.1 VPN 划分	200	6.9 频率规划	237
5.10.2 IP 地址分配	202	6.9.1 LTE 的频段分配	237
第 6 章 LTE 无线网规划	203	6.9.2 频率组网方案	238
6.1 无线网规划范围	203	6.9.3 频率规划	240
6.1.1 规划目标	204	6.10 邻区规划	241
6.1.2 规划内容	205	6.10.1 邻区规划思路	241
		6.10.2 邻区配置原则	241
		6.10.3 异系统邻区规划	242
		6.11 跟踪区规划	242
		6.12 码资源规划	243

6.13 规划仿真	244	7.3.3 “PTN+L3”（静态） 承载方案	258
6.13.1 无线仿真流程	245	7.3.4 “PTN+L3”（动态） 承载方案	261
6.13.2 仿真相关参数及设置	245	7.3.5 PTN 承载方案分析	263
6.13.3 仿真运行	248	7.4 IPRAN 承载网解决方案	263
6.13.4 仿真结果分析	248	7.4.1 IPRAN 的技术特点	264
6.14 MIMO 的应用原则	248	7.4.2 IPRAN 的关键技术 分析	264
6.14.1 3GPP 规范中定义的 传输模式	248	7.4.3 IPRAN 组网模型	266
6.14.2 MIMO 适用场景分析	249	7.4.4 IPRAN 部署要点	267
6.14.3 多天线应用场景	249	7.4.5 IPRAN 多业务承载 方案	268
第 7 章 承载网规划	251	7.4.6 PTN 与 IPRAN 技术对比 分析	269
7.1 引言	251	7.5 PTN 与 IPRAN 规划与建设	270
7.2 LTE 对承载网的要求	251	7.5.1 PTN 组网规划	270
7.2.1 LTE 网络的新变化	251	7.5.2 IPRAN 组网规划	276
7.2.2 LTE 对承载网的新要求	252	7.5.3 PTN/IPRAN 与 MSTP 建网差异和建设重点	280
7.2.3 LTE 基站回传 IP 化实现 技术	254		
7.3 PTN 承载网解决方案	255		
7.3.1 分组传送网（PTN）	255		
7.3.2 PTN+CE 承载方案	255		

设计篇

第 8 章 核心网设计	285	8.2.12 同步方式	296
8.1 引言	285	8.2.13 其他	296
8.2 核心网设计要求	287	8.3 配套设计要求	297
8.2.1 工程总体概况	287	8.3.1 机房	297
8.2.2 网络现状	287	8.3.2 电源	298
8.2.3 业务预测与建设需求	289	8.3.3 传输	299
8.2.4 工程建设方案	290	8.3.4 空调	299
8.2.5 网络组织	291	8.3.5 防雷和接地	300
8.2.6 路由选择及编号计划	291	8.3.6 消防	301
8.2.7 业务带宽和信令链路 带宽计算	291	第 9 章 LTE 室外宏站设计	302
8.2.8 网管和计费	294	9.1 室外宏站勘察设计特点	302
8.2.9 设备平面布置及安装 连接	295	9.2 站址勘察	302
8.2.10 系统选型及设备介绍	296	9.2.1 预规划	302
8.2.11 割接方案	296	9.2.2 现场调查	304
		9.2.3 站址选择	305

9.3 宏基站设计	309
9.3.1 设备选择	309
9.3.2 设备配置	315
9.3.3 覆盖区设计	315
9.3.4 与异系统共址建设时的 干扰测算	319
9.4 机房工艺	321
9.4.1 机房工艺要求	321
9.4.2 设备安装	323
9.4.3 走线架与馈线安装	324
9.5 天馈系统设计与安装	327
9.5.1 天线安装要求	327
9.5.2 室外线缆布放要求	328
9.5.3 室外天馈系统接地	328
9.6 基站配套设计	328
9.6.1 新建基站配套电源	329
9.6.2 旧址共享基站配套电源	331
9.6.3 蓄电池	331
9.6.4 RRU 基站配套电源	332
9.6.5 微蜂窝基站配套电源	332
9.6.6 无线基站天支配套	333
9.6.7 无线基站天面塔架改造 原则	333
9.6.8 塔桅的改造需求	336
9.7 防雷与接地	337
9.7.1 接地系统简介	337
9.7.2 移动通信基站的联合 接地系统	338
9.7.3 移动通信基站的防雷与 接地	340

第 10 章 LTE 室内分布系统设计

10.1 引言	345
10.2 室内分布系统	346

10.2.1 信号源	346
10.2.2 室内分布系统	349
10.2.3 LTE 对室内分布系统的 要求	356
10.3 多网合一的室内分布系统 建设	360
10.3.1 异系统共址建设	360
10.3.2 多系统共用分布系统	363
10.3.3 现有室内分布系统的 改造	365

第 11 章 承载网设计

11.1 引言	369
11.2 PTN 系统设计	369
11.2.1 业务流向和业务需求 预测	369
11.2.2 网络组织	370
11.2.3 通路组织	372
11.2.4 网管系统设计	374
11.2.5 同步系统设计	378
11.2.6 公务系统设计	379
11.3 IPRAN 系统设计	379
11.3.1 业务需求分析	379
11.3.2 IPRAN 网络总体建设 思路	380
11.3.3 IPRAN 组网方案	381
11.3.4 路由组织	381
11.3.5 割接原则	383
11.3.6 通信系统	384
11.3.7 OSS 集成方案	384
11.3.8 时间同步解决方案	385
11.3.9 IPRAN 运维解决 方案	388

实践篇

第 12 章 LTE 设计案例	393
12.1 项目概述	393
12.1.1 项目背景	393

12.1.2 容量目标	393
12.1.3 业务目标	393
12.2 无线网规划	393

12.2.1	LTE 覆盖规划	393	12.5.1	建设目标.....	413
12.2.2	LTE 容量规划	398	12.5.2	方案设计思路.....	413
12.2.3	LTE 设备选型	400	12.6	传送网设计.....	418
12.2.4	LTE 仿真	401	12.6.1	PTN 设计案例	418
12.3	室外宏站设计	407	12.6.2	IPRAN 设计案例.....	423
12.3.1	室外基站设置原则	407	后记		428
12.3.2	室外基站建设方案	408	缩略语		429
12.4	室内分布系统设计	408	参考文献		438
12.4.1	项目概况	408			
12.4.2	设计思路	409			
12.4.3	设计方案	409			
12.5	核心网设计	413			

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

通信的历史可以追溯到远古，西周时的“烽火戏诸侯”就反映了古代中国人民传递信息的一种有效方式，诸如此类的原始通信方式在人类文明发展史上起到了积极作用，但其受距离、环境等自然条件影响较大。随着人类文明进程的不断推进，对通信的质量提出了越来越高的要求。170 年前电磁波通信的出现使人类的通信方式、技术、效果等产生了质的飞跃。

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。虽然承载信息的 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，因而难以满足众多场景下的通信需求。而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，因此逐渐成为研究与应用的重点。

移动通信在 20 世纪中期已现雏形，主要应用于军事或特种领域，当时的移动通信工具包括步话机、对讲机等，其体积、重量很大，携带不便。近几十年来，无线通信技术在民用领域发展迅速，先后出现了蜂窝移动通信、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、区域多点传输服务（LMDS，Local Multipoint Distribution Services）、多信道多点分配服务（MMDS，Multichannel Multipoint Distribution Services）等技术。其中，蜂窝移动通信的出现更是改变了全球数十亿人的生活方式，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，the 3rd Generation）以及后 3G 阶段，目前后 3G 阶段的商用网络在部分发达国家已经投入使用。

1. 第一代移动通信系统（1G，the 1st Generation）

第一代蜂窝移动电话系统是模拟蜂窝移动电话系统，主要特征是用无线信道传输模拟信号，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理论,随即该系统得到了迅速的发展,很快便进入了实用阶段,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,贝尔实验室又成功研制出先进移动电话系统 (AMPS, Advanced Mobile Phone System),建成了蜂窝状移动通信网,大大提高了系统容量。1983 年,该系统首次在芝加哥投入商用。同年 12 月,在华盛顿也开始启用。之后,该系统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。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。西德于 1984 年完成 C 网,频段为 450MHz。英国在 1985 年开发出全接入通信系统 (TACS, Total Access Communication System),首先在伦敦投入使用,以后瑞典等北欧 4 国于 1980 年开发出 NMT-450 移动通信网并投入使用,频段为 450MHz。

2. 第二代移动通信系统 (2G, the 2nd Generation)

第一代模拟通信系统解决了移动通信系统的有无问题,但它们的各种缺点在应用中也不断显露出来,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,引入了数字技术的数字蜂窝移动通信系统,它在 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 的制式主要有全球移动通信系统 (GSM, Global System for Mobile communication)、码分多址 (CDMA, Code Division Multiple Access) (IS-95)、数字高级移动电话服务 (D-AMPS, Digital-Advanced Mobile Phone Services) 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,欧洲电信标准学会技术委员会成立了移动特别小组 (GSM, Group Special Mobile) 来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,其中共包含 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”,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 1800MHz 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,其他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 两种标准。

通用分组无线业务 (GPRS, General Packet Radio Service) 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 支持中低速的数据传输,常被称作

一种 2.5G 的技术, 支持 9.05~171.2kbit/s 的接入速率。

增强型数据速率 GSM 演进技术 (EDGE, Enhanced Data Rate for GSM Evolution) 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 CDMA One 向 3G 演进的途径为: CDMA One (IS-95A/B) → cdma2000 1x → cdma2000 1x EV。其中 cdma2000 1x 属于准 3G 技术, cdma2000 1x EV 之后均属于标准的三代技术。

1993 年, 高通公司提出了 CDMA 第一个商用标准, 被美国电信工业协会 (TIA, Telecommunication Industry Association) /电子工业协会 (Electronic Industries Association) 定为 IS-95A (TIA/EIA INTERIM STANDARD/95A) 标准。1994 年, 第一个 CDMA 商用网络在中国香港地区 (香港和记电讯) 开通。1995 年, CDMA (IS-95A) 在韩国、美国、澳大利亚等国开始得到大规模应用。

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, 因此通常将 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, 由第三代合作伙伴计划 2 (3GPP2, the 3rd Generation Partnership Project 2) 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, 但随后的发展表明, 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, 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、话音业务和分组业务并发业务。Release A 单载波的最高速率可以达到 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关注的热点问题之一。

3G 在国际电信联盟 (ITU, International Telecommunication Union) 的正式名称是 IMT-2000, 其前身为 1985 年提出的未来公共陆地移动通信系统 (FPLMTS, Future Public Land Mobile Telecommunication System)。ITU 在 1996 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、最高速率达 2000kbit/s、工作在 2000MHz

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，分别是时分同步码分多址接入 (TD-SCDMA, Time Division-Synchronization Code Division Multiple Access)、宽带码分多址接入 (WCDMA, Wideband Code Division Multiple Access) 和 cdma2000。其中 TD-SCDMA 属于时分双工 (TDD, Time Division Duplexing) 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 标准的第三代合作伙伴计划 (3GPP, the 3rd Generation Partnership Project) 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，通用陆地无线接入网 (UTRAN, Universal Terrestrial Radio Access Network) 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。先期提出的 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，即高速下行分组接入 (HSDPA, High Speed Downlink Packet Access) 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，即高速上行分组接入 (HSUPA, High Speed Uplink Packet Access) 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。

除了上述标准版本之外，3GPP 从 2004 年即开始了长期演进 (LTE, Long Term Evolution) 的研究，基于正交频分复用 (OFDM, Orthogonal Frequency Divisign Multiplexing)、多输入多输出 (MIMO, Multiple Input Multiple Output) 等技术，致力于无线接入技术向“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后向兼容。

韩国、日本是 cdma2000 1x EV 商用网络的领军者。2002 年 1 月韩国 SKT 开通全球首个演进数据优化(EV-DO, Evolution Data Optimized)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 网络可通过升级到 EV-DO 而跨入 3G 时代。

EV-DO 的演进又可以进一步细分为 Rel.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 速率的 EV-DO Rev.A 网络已被广泛部署。

(3) TD-SCDMA

TD-SCDMA 的中文含义为时分同步码分多址接入。从 2001 年 3 月开始,TD-SCDMA 被正式融入 3GPP 的 R4 版本。

TD-SCDMA 采用不需成对频率的 TDD 双工模式以及频分多址接入(FDMA, Frequency Division Multiple Access)/时分多址接入(TDMA, Time Division Multiple Access)/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 版本引入了 HSDPA 技术,在 1.6MHz 带宽上理论峰值速率可达到 2.8Mbit/s。通过多载波捆绑的方式可进一步提高 HSDPA 系统中单用户峰值速率。

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,能够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,是不是能够满足其自身的需求。

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,因此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。

随着互联网和移动通信网之间的相互联结日益紧密,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。虽然话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、实时音视频、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 10 种。

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,用于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,建立手机与电脑互联互通的企业软件应用系

统，使用户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的便于操作的位置，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更加普及和飞速发展。

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，中国移动多媒体广播（CMMB，China Mobile Multimedia Broadcasting）等标准的建设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，在视频影像的流畅度和画面质量上不断提升的情况下，同时突破技术瓶颈，该技术将真正被大规模应用。

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的用户是通过电脑下载的 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有体验。

1.1.3 未来移动通信趋势

从提供基本的移动话音，到短消息、无线应用协议（WAP，Wireless Application Protocol）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。正是为了对应全球微波互联接入（WiMAX，World Interoperability for