

“十二五”

国家重点图书出版规划项目

Planning & Designing of

4G 丛书

# 4G CORE NETWORK

## 4G 核心网络规划与设计

□ 王晖 余永聪 张磊 曹韶琴 杨威 编著



中国工信出版集团



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

Planning & Designing of

4G 丛书

# 4G CORE NETWORK

## 4G 核心网络规划与设计

□ 王晖 余永聪 张磊 曹韶琴 杨威 编著

人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

4G核心网络规划与设计 / 王晖等编著. — 北京 :  
人民邮电出版社, 2016. 1  
(4G丛书)  
ISBN 978-7-115-40291-2

I. ①4… II. ①王… 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(2015)第216261号

## 内 容 提 要

随着4G技术的成熟和国内LTE牌照的发放,三大运营商在4G网络的投入预计将达到每年数千亿元的规模,因此4G移动通信的技术原理和规划设计知识正成为从事通信建设人员的学习热点。

目前介绍4G核心网的书籍较少,一方面往往只介绍EPC或IMS网络,另一方面,主要介绍相关技术规范 and 原理,缺乏对于实际工程建设规划设计的方法指引。本书从技术全面性和工程实用性出发,专注于4G核心网,系统全面地阐述了EPC+IMS+PCC的技术原理和相互联系,更贴近实际运营的有机整体的4G核心网络;同时,从理论到实践,凭借作者丰富的工程经验,基于具体案例和计算过程,细致深入地分析了4G核心网的规划测算方法和工程设计要求。

本书适合从事4G核心网工程建设、运营维护领域的技术人员和高校通信相关专业的师生参考使用。

- 
- ◆ 编 著 王 晖 余永聪 张 磊 曹韶琴 杨 威  
责任编辑 吴娜达  
执行编辑 李彩珊  
责任印制 彭志环
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号  
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京天宇星印刷厂印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 16.75 2016年1月第1版  
字数: 413千字 2016年1月北京第1次印刷
- 

定价: 69.00 元

读者服务热线: (010) 81055488 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

# 序

当前，第四代移动通信技术已经日臻成熟，LTE 作为新一代移动通信技术将极大提高数据通信的速率和容量，适应移动互联网快速发展、移动数据业务高速增长的态势，为用户提供更加满意的移动服务体验。

全球 LTE 商用网络正在加速推进，产业链也在逐步走向成熟。根据 GSA 统计，截至 2015 年 4 月，全球 181 个国家和 646 个运营商部署了 LTE 网络，其中已有 138 个国家和 393 张网络投入商用运行。在我国，2013 年 12 月，工业和信息化部向三大运营商发放了 TD-LTE 牌照，2015 年 2 月向中国电信、中国联通发放了 LTE-FDD 正式牌照，标志着我国进入全面运营 4G 业务时代。2015 年 7 月，国务院印发《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》，将大力推进以 4G 技术为基础的移动互联网产业链的发展。

4G 移动通信系统分为无线网和核心网两个重要组成部分。本书作者工作于广东省电信规划设计院有限公司，长期支撑三大运营商核心网的规划设计工作，见证了国内历代移动通信网络的诞生、发展和演进，积累了丰富的核心网技术原理知识和工程建设经验。本书系统地介绍了移动核心网的演进、4G 核心网体系架构和基本原理，阐述了关键业务流程、智能管道及统一 PCC，提出和总结了 4G 核心网规划方法和工程设计要求，最后对将被应用于新一代的云计算、SDN、NFV 等最新技术进行了展望。

本书具有技术全面性和工程实用性两大特点。系统全面地介绍了与 4G 核心网密切相关的各种网络、技术和业务，本书中的 4G 核心网既包括 EPC 也包括 IMS 网络，两者的结合引出了 VoLTE 业务，智能管道的实施保障了业务的灵活可靠，NFV 等新技术的出现指引了网络的演进方向。同时，依托作者深厚的工程实践经验，以具体案例的形式，细致深入地归纳总结出 4G 核心网规划设计的流程、算法和编制规定。

希望本书能从理清 4G 核心网技术脉络、梳理 4G 核心网工程实践的角度出发，成为从事 4G 核心网工程建设、运营维护领域的技术人员和各高校通信相关专业师生的技术工程手册，对后续继续蓬勃发展的 4G、5G 网络建设运营提供参考和指导。

广东省电信规划设计院有限公司

副总经理 郑建飞

2015 年 9 月

自 3G 技术普遍应用后，“移动通信宽带化、宽带通信移动化”发展趋势不断增强，移动互联网进入全新时代。伴随着物联网、云计算的兴起，移动数据业务在用户和流量上井喷式发展。根据预测，2014-2019 年的全球移动互联网流量将会增长 10 倍，每月达到 24.3 EB (1 EB=10 亿 GB)。3G 技术将难以满足未来数据业务的需求，而 4G 移动通信采用了大量的关键技术，无论在接入技术还是网络架构上都带来了革命性的变化，在大幅提高速率和容量的同时也有效地降低了系统时延，迎合了移动数据业务的发展。

正因如此，移动通信网络的升级换代正在如火如荼地进行，全球运营商都纷纷部署 4G 网络，我国三大运营商在正式获得 4G 经营许可后也正在进行着大规模的网络工程建设，在 4G 网络的投入预计将达到每年数千亿元的规模，因此 4G 移动通信的技术原理和规划设计知识正成为从事通信建设人员的学习热点。

广东省电信规划设计院有限公司是原邮电部首批 7 家甲级勘察设计单位之一，持有国家各主管部门颁发的通信勘察设计、通信工程咨询、信息网络系统集成、建筑规划、通信工程总承包等甲级资质证书，是中国工程咨询协会通信信息专业委员会副主任委员单位、中国通信企业协会通信设计施工专业委员会常务委员单位、中国通信标准化协会 (CCSA) 会员、国际咨询工程师联合会 (FIDIC) 成员协会会员、中国软件行业协会会员单位等。截至 2014 年年底，在设计、咨询和科技创新等方面累计获得国家级奖项 44 项、部级奖项 212 项和发明专利 7 项。本书作者均是广东省电信规划设计院有限公司从事核心网络规划设计的专业技术人员，长期跟踪研究移动通信系统标准和组网技术研究，参与大量 4G 试验网、商用网的规划咨询、工程设计和采购支撑等工作。本书在编写过程中融入了作者在长期工作实践中积累的经验 and 心得，并提供了具体规划案例和计算过程，希望能让读者较全面地理解 4G 核心网技术知识和规划设计方法。

第四代移动通信系统称为 EPS (Evolved Packet System, 演进的分组系统)，包括无线网 LTE (Long Term Evolution, 长期演进)、核心网 EPC (Evolved Packet Core, 演进的分组核心) 和移动终端 UE (User Equipment, 用户设备) 三大部分。在实际运营中，4G 移动通信网络往往作为数据接入通道使用，同时配合 IMS (IP Multimedia Subsystem, IP 多媒体子系统) 网络提供丰富多彩的业务以及协同 PCC (Policy Control and Charging, 策略控制和计费) 系统实现内容感知的差异化服务。本书的主要内容围绕 EPC+IMS+PCC 展开，从技术原理到规划设计，最后对核心网的未来发展进行展望，由浅入深、由理论到实践，对 4G 核心网进行了系统全面的阐述。全书共分为 7 章，各章节内容如下。

第 1 章移动核心网演进概述，首先介绍了第一代到第四代移动通信制式标准的发展历史，然后介绍了国内外著名的通信标准组织的作用和相互分工，重点从 GSM 和 IS-95 两条技术线介绍了各版本移动核心网络的演进历程和相互关系。

第 2 章 4G 核心网体系架构及基本原理，系统全面地阐述了 EPC 网络和 IMS 网络的体系结构、网络组织、各个功能实体定义和作用以及功能实体间接口协议和功能，说明了 EPC 与 3GPP 2G/3G 系统、3GPP2 eHRPD 系统和 Wi-Fi 系统等其他数据网络的互操作实现方案和 4G 语音互操作解决方案。

第 3 章关键业务流程，基于国家标准规范，深入全面地介绍了 EPC 网络的移动性和连接状态管理、网络标识和网络附着、业务请求、承载建立等关键业务流程，EPC 网络和 3GPP、3GPP2 其他数据网络的切换流程，IMS 网络应用注册、会话发起、会话释放等关键业务流程，CSFB 和 SRVCC 等业界通用的 4G 语音互操作流程。

第 4 章智能管道及统一 PCC，从实际网络运营角度出发，说明了提出智能管道的原因；结合标准体系，分析了 PCC 架构的定义与 QoS 处理机制、PCC 关键的控制流程；最后介绍了智能管道可提供的特色业务。

第 5 章网络规划方法与案例，为本书的特色与重点。根据笔者多年的工作经验，归纳出 4G 核心网规划工作方法，包括规划原则和流程、各规划步骤的预期结果和衔接关系及规划过程中的注意事项。为清晰描述具体的测算方法，设定了具体的网络需求案例，遵循前述的规划步骤，给出了各步骤的计算公式和数值结果。同时为充分体现实际工程差异，专门设定了新建 EPC 网络和扩容 VoLTE 网络两阶段规划案例，既全面说明了 EPC 网络和 IMS 网络自身测算方法，又体现了两张网络两种工程类型的规划衔接。其中用到的大部分算法参数亦是笔者在实际工程中总结的经验参数。笔者力求从最细微处把 4G 核心网规划方法，用最全面透彻的方式呈现给读者。

第 6 章 4G 核心网工程设计，也为本书的特色与重点。第 5 章规划方法更多的是从逻辑结构、理论测算和主体设备需求的角度进行论述。而在实际工程实施中，还需要通过工程设计环节，把规划结果落实到设备物理组网、周边系统配合（网管、计费、承载网络等）、机房设备安装和节能减排等方面，从而更好地指导实际工程建设。

第 7 章核心网技术展望，介绍了最新的云计算、SDN、NFV 等技术热点的发展历史和技术优势，此技术将会对今后的通信网络理念和形态都带来革命性的变化，并已明确纳入日后的 5G 技术范畴。

本书由王晖、余永聪负责整体框架和策划，余永聪、张磊、曹韶琴、杨威具体编写，由余永聪统稿、王晖审核。广东省电信规划设计院有限公司郑建飞、陈运动等多位领导和专家对本书的编著给予了细心指导和大力支持，再次表示衷心感谢！在本书的编写过程中，还参考和引用了许多业界规范标准和公开的技术资料，在此声明并无侵权之意，并向有关机构和作者一并致谢！

由于笔者水平有限，技术发展日新月异，书中难免有疏漏和不足之处，恳请广大读者批评指正。

广东省电信规划设计院有限公司  
2015 年 7 月于广州

第 1 章 移动核心网演进概述	1
1.1 移动通信制式标准	1
1.1.1 第一代移动通信系统	1
1.1.2 第二代移动通信系统	1
1.1.3 第三代移动通信技术	2
1.1.4 第四代移动通信系统	4
1.1.5 第五代移动通信系统	4
1.2 国内外著名的通信标准组织	4
1.2.1 ITU-T 组织	4
1.2.2 ETSI 组织	5
1.2.3 3GPP 组织	5
1.2.4 3GPP2 组织	5
1.2.5 CCSA 组织	6
1.3 移动核心网演进历程	6
1.3.1 以 GSM 技术为基础的核心网演进历程	6
1.3.2 以 IS-95 技术为基础的核心网演进历程	17
参考文献	21
第 2 章 4G 核心网体系架构及基本原理	22
2.1 EPC 体系架构、功能实体及接口	22
2.1.1 概述	22
2.1.2 EPC 架构和网元、功能实体	22
2.1.3 EPC 网元间主要接口协议	30
2.2 EPC 与其他数据网络互操作	35
2.2.1 LTE 系统间互操作系统结构	36
2.2.2 LTE 与 2G/3G 之间的互操作方案	42
2.3 IMS 体系架构、功能实体及接口	44
2.3.1 IMS 系统的结构	44
2.3.2 IMS 主要功能实体	45

2.3.3	IMS 主要接口和协议	51
2.4	4G 语音互操作解决方案	53
2.4.1	CSFB	54
2.4.2	多模双通	56
2.4.3	VoLTE	57
2.4.4	SRVCC	57
2.4.5	语音互操作方案比较	60
	参考文献	61
<b>第 3 章</b>	<b>关键业务流程</b>	<b>62</b>
3.1	EPC 关键业务流程	62
3.1.1	移动性和连接性管理的状态机模型	62
3.1.2	SAE 中的标识及其使用	69
3.1.3	端到端业务建立/释放相关流程	75
3.2	数据互操作关键业务流程	92
3.2.1	E-UTRAN 到 UTRAN 的切换	92
3.2.2	GERAN 到 E-UTRAN 的切换	97
3.2.3	E-UTRAN 到 eHRPD 的优化切换	102
3.3	IMS 关键业务流程	107
3.3.1	CSCF 相关过程	107
3.3.2	应用层注册	108
3.3.3	注销	111
3.3.4	IP 多媒体会话流程	112
3.3.5	S-CSCF 间交互流程	113
3.3.6	呼叫发起	115
3.3.7	呼叫终结	117
3.3.8	会话释放	119
3.4	语音互操作关键业务流程	121
3.4.1	CSFB 关键业务流程	121
3.4.2	SRVCC 关键业务流程	128
	参考文献	134
<b>第 4 章</b>	<b>智能管道及统一 PCC</b>	<b>135</b>
4.1	智能管道的提出及对网络的要求	135
4.1.1	智能管道的需求	135
4.1.2	智能管道对网络的要求	137
4.2	移动核心网统一 PCC 体系架构	138
4.2.1	EPS 承载的 QoS 参数体系	138
4.2.2	基于 EPS 承载的 QoS 处理机制	141
4.2.3	EPC 中的 PCC 架构	142



4.3	统一 PCC 关键业务流程 .....	149
4.3.1	IP-CAN 会话建立 .....	150
4.3.2	IP-CAN 会话终止 .....	152
4.3.3	IP-CAN 会话修改 .....	155
4.3.4	PCRF 中签约信息的更新 .....	160
4.3.5	基于 PCC 的 QoS 控制流程 .....	161
4.4	智能管道可提供的特色业务 .....	162
4.4.1	网络协同接入与分流类 .....	162
4.4.2	基于感知的个性化服务模型类 .....	163
4.4.3	差异化应用类 .....	164
4.4.4	动态的策略控制类 .....	165
4.4.5	基于 PCC 技术的典型应用类 .....	166
4.4.6	运营商开展业务介绍 .....	170
	参考文献 .....	171
<b>第 5 章</b>	<b>网络规划方法与案例 .....</b>	<b>172</b>
5.1	核心网络规划方法介绍 .....	172
5.1.1	概述 .....	172
5.1.2	现有网络评估 .....	173
5.1.3	网络组织规划 .....	173
5.1.4	网元容量规划 .....	175
5.1.5	网元接口规划 .....	175
5.1.6	现网升级改造及设备扩容 .....	176
5.1.7	投资估算 .....	176
5.2	EPC 规划方法及案例 .....	176
5.2.1	规划目标及案例设定 .....	176
5.2.2	现有网络评估 .....	176
5.2.3	网络组织规划 .....	177
5.2.4	网元容量规划 .....	181
5.2.5	网元接口规划 .....	187
5.2.6	现网升级改造及设备扩容 .....	189
5.2.7	投资估算 .....	191
5.3	VoLTE IMS 规划方法及案例 .....	191
5.3.1	规划目标及案例设定 .....	191
5.3.2	现有网络评估 .....	191
5.3.3	网络组织规划 .....	192
5.3.4	网元容量规划 .....	194
5.3.5	网元接口规划 .....	201
5.3.6	现网升级改造及设备扩容 .....	204
5.3.7	投资估算 .....	208

参考文献	208
<b>第 6 章 4G 核心网工程设计</b>	<b>209</b>
6.1 核心网工程设计概述	209
6.1.1 工程建设流程	209
6.1.2 设计流程	211
6.1.3 设计内容	212
6.1.4 设计依据	212
6.2 核心网设备物理组网	215
6.3 网管系统	216
6.3.1 管理的网元	216
6.3.2 网管系统功能要求	216
6.3.3 管理接口	217
6.3.4 网管架构	218
6.4 计费 and 营账系统	218
6.4.1 计费系统功能架构	218
6.4.2 营账系统功能架构	220
6.4.3 计费和营账系统组网	220
6.5 承载网方案	220
6.5.1 承载基本原则	220
6.5.2 VPN 的划分	221
6.5.3 EPC 网元与承载网的互通	222
6.5.4 IP 地址	222
6.6 时间同步	222
6.7 LTE 网络安全要求	223
6.7.1 网络安全	223
6.7.2 信息安全	224
6.7.3 设备安全	224
6.7.4 承载网安全	225
6.8 机房及设备安装要求	225
6.8.1 机房环境要求	225
6.8.2 防雷与接地系统	226
6.8.3 机房电源建设要求	226
6.8.4 机房选址	228
6.9 设备安装设计	228
6.9.1 LTE 核心网设备对机房的需求	228
6.9.2 LTE 核心网设备安装设计	228
6.10 抗震加固	230
6.11 节能减排	231
6.12 环境保护	231

6.12.1	生态环境保护	231
6.12.2	噪声控制	231
6.12.3	废旧物品回收及处置	231
6.12.4	消防要求	232
6.13	安全生产	232
6.13.1	工程安全管理组织	232
6.13.2	安全施工基本要求	233
6.13.3	施工消防安全要求	233
6.13.4	施工用电安全要求	234
6.13.5	施工行为安全要求	234
6.13.6	施工监理安全要求	234
6.13.7	现场勘察安全要求	234
	参考文献	235
<b>第7章</b>	<b>核心网技术展望</b>	<b>236</b>
7.1	云计算技术	236
7.1.1	云计算发展历史	237
7.1.2	云计算技术	237
7.1.3	云计算技术优势	238
7.2	SDN 技术	239
7.2.1	SDN 的发展历史	239
7.2.2	SDN 技术	241
7.2.3	SDN 技术优势	242
7.3	核心网 NFV 技术	242
7.3.1	NFV 技术发展	242
7.3.2	NFV 结构模型	243
7.3.3	网元功能介绍	244
7.3.4	主要接口介绍	249
7.3.5	NFV 带来的优势和挑战	251
7.3.6	核心网引入 NFV 的分析	252
	参考文献	254

## 移动核心网演进概述

### 1.1 移动通信制式标准

移动通信起源于 19 世纪末，意大利电气工程师伽利尔摩·马可尼（Guglielmo Marchese Marconi）完成了陆地与一只拖船之间的无线电通信。20 世纪 70 年代末第一代移动通信模拟蜂窝网电话系统产生；20 世纪 80 年代末开启了第二代数字蜂窝网电话系统；目前社会上广泛应用的是第三代移动通信系统；第四代移动通信系统正在迅猛发展过程中；第五代移动通信系统的研究也已经启航。

#### 1.1.1 第一代移动通信系统

1978 年，美国贝尔实验室开发了先进的移动电话业务系统（Advanced Mobile Phone Service, AMPS），第一代（1st Generation, 1G）移动通信技术是指模拟的蜂窝电话系统标准，仅提供语音业务，主要采用的是模拟技术和频分多址（Frequency Division Multiple Access, FDMA）技术。第一代移动通信有多种制式，主要包括美国的 AMPS、欧洲的 TACS（Total Access Communication System, 全入网通信系统）、英国的 ETACS（Enhanced Total Access Communication System, 增强的全入网通信系统）、北欧的 NMT-450（Nordic Mobile Telephony, 北欧移动电话）系统、日本的 NTT/JTACS/NTACS 等。我国主要采用的是 TACS。尽管不同制式的 1G 系统在技术上有很多相似之处，但最终没有发展成全球标准，由于制式太多，互不兼容，只能区域性通信。第一代移动通信还有很多不足之处，如容量有限、保密性差、存在同频干扰和互调干扰、通话质量不高、不能提供数据业务和自动漫游等。

#### 1.1.2 第二代移动通信系统

为了解决第一代蜂窝移动通信系统存在的技术性缺陷，1982 年北欧四国向欧洲邮电主管部门大会提交了一份建议书，要求制定 900 MHz 频段的欧洲公共电信业务规范，建立全

欧洲统一的蜂窝移动通信系统。同年,成立了欧洲“移动通信特别小组(Group Special Mobile, GSM)”,后来演变成“全球移动通信系统(Global System for Mobile Communication)”。随后美国制定的数字高级移动电话服务(Digital-Advanced Mobile Phone Service, D-AMPS)和码分多址(Code Division Multiple Access, CDMA)也成为 IS-95(Interim Standard 95, 暂时标准)系统。日本也制订了 PDC(Personal Digital Cellular, 个人数字蜂窝)系统。这些系统被称为第二代(2nd Generation, 2G)数字移动通信系统。第二代数字移动通信系统采用数字调制技术,相对于模拟调制技术,提高了频谱利用率,支持多种业务服务,并与 ISDN(Integrated Services Digital Network, 综合业务数字网)等兼容。第二代移动通信系统以传输语音和低速数据业务为目的,因此又称为窄带数字通信系统,典型代表是欧洲的 GSM 系统和美国的 IS-95 系统。

#### (1) GSM/GPRS/EDGE

GSM 使用 900 MHz 频带,使用 1 800 MHz 频带的称为 DCS1800。GSM 采用 FDD(Frequency Division Duplexing, 频分双工)方式和 TDMA(Time Division Multiple Access, 时分多址)方式,每载频支持 8 个信道,信号带宽 200 kHz。为了提供对数据业务的支持,GSM 体制制定了通用分组无线业务(General Packet Radio Service, GPRS)和增强型数据速率 GSM 演进(Enhanced Data Rate for GSM Evolution, EDGE)技术两种标准。GPRS 业务由 GSM Phase2.1 版本定义,支持 9.05~171.2 kbit/s 的接入速率,常被称作 2.5G 技术,EDGE 采用了多时隙操作和 8PSK 调制技术,可支持接入 300 kbit/s 的数据速率,通常称之为 2.75G 技术。

#### (2) IS-95A/IS-95B

是北美的一种数字蜂窝标准,使用 800 MHz 或 1 900 MHz 频带,采用 FDD 双工方式和 CDMA 多址方式,使用 800 MHz 的系统称为蜂窝系统,使用 1 900 MHz 的系统称为 PCS(Personal Communication System, 个人通信系统)。1993 年高通公司提出的 CDMA 标准定义为 IS-95A,利用 1.25 MHz 载波带宽提供业务。由于第二代移动通信以传输语音和低速数据业务为目的,从 1996 年开始,为了解决中速数据传输问题,又出现了 2.5G 的移动通信系统即 IS-95B,可提供理论上最大为 115 kbit/s 接入速率。

2G 移动通信现在主要提供的服务仍然是语音以及低速率数据服务。由于数据和多媒体通信需求的发展很快,第三代移动通信的目标就是移动宽带多媒体通信。

### 1.1.3 第三代移动通信技术

第三代(3rd Generation, 3G)移动通信系统最早由国际电信联盟(International Telecommunication Union, ITU)于 1985 年提出,当时称为未来公众陆地移动通信系统(Future Public Land Mobile Telecommunication System, FPLMTS),1996 年更名为 IMT-2000(International Mobile Telecom System-2000, 国际移动电话系统),意即该系统工作在 2 000 MHz 频段,最高业务速率可达 2 000 kbit/s,预期在 2000 年左右得到商用。3G 是第三代移动通信技术的简称,特指能支持高速数据传输的一种蜂窝移动通信技术,能够同时传送声音(通话)及数据信息(电子邮件、即时通信等)。第三代移动通信分为 3 种制式:欧洲的 WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access, 宽带码分多址)、美国的 cdma2000(Code Division Multiple Access2000, 码分多址 2000)和中国自主研发的 TD-SCDMA(Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access, 时分同步的码分多址)。

### (1) WCDMA

WCDMA 是由 3GPP (3rd Generation Partnership Project, 第三代合作伙伴计划) 国际组织制定的, 基于 GSM MAP 核心网、UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network, 通用陆地无线接入网) 为无线接口的第三代移动通信系统。目前已先后发布了 R99、R4、R5、R6、R7 等多个技术版本。

WCDMA 采用的是直接序列扩频码分多址 (DS-CDMA)、频分双工 (FDD) 方式, 码片速率为 3.84 Mchip/s, 载波带宽为 5 MHz, 能够支持语音、图像、数据以及视频通信。在 R4 版本里 5 MHz 的带宽内提供 384 kbit/s 的用户数据传输速率。在 R5 版本里, 引入了下行链路增强技术, 即高速下行分组接入 (High Speed Downlink Packet Access, HSPDA), 在 5 MHz 的带宽内提供 14.4 Mbit/s 的下行数据传输速率。在 R6 版本中引入了上行链路增强技术, 即高速上行分组接入 (High Speed Uplink Packet Access, HSUPA) 技术, 在 5 MHz 的带宽内提供 5.76 Mbit/s 的上行数据传输速率。语音采用 AMR 编码, 与 GSM 兼容语音编码。核心网络基于 GSM/GPRS 网络的演进, 并保持与 GSM/GPRS 网络的兼容性。MAP 技术和 GPRS 隧道技术是 WCDMA 体制的流动性管理机制的核心。支持软切换和更软切换, 基站无需严格同步, 组网方便。

### (2) cdma2000

cdma2000 由 3GPP2 (3rd Generation Partnership Project2, 第三代合作伙伴计划 2) 国际组织提出, 是从 IS-95 演进而来的第三代移动通信技术。cdma2000, 即 cdma2000 1x Ev, 是一种 3G 移动通信标准。分两个阶段: cdma2000 1x Ev-Do (Data Only, 只有数据), 采用与语音分离的信道传输数据; cdma2000 1x Ev-Dv (Data and Voice, 数据和语音), 即数据信道与语音信道合一。它能够支持语音、图像、数据以及视频通信, 在 5 MHz 的带宽内提供 384 kbit/s 的用户数据传输速率。射频带宽从 1.25 MHz 到 20 MHz 可调; 快速前向和反向功率控制; 下行信道中采用公共连续导频方式进行相干检测, 提高系统容量; 在下行信道传输中, 定义了直扩和多载波传输两种方式, 码片速率分别为 3.686 4 Mchip/s 和 1.22 Mchip/s, 多载波方式能很好地兼容 IS-95 网络; 核心网络是 ANSI-41 网络的演进, 并保持与 ANSI-41 网络的兼容性; 支持软切换和更软切换; 在同步方式上 cdma2000 与 IS-95 相同, 基站间同步采用 GPS 方式。

### (3) TD-SCDMA

TD-SCDMA 是 ITU 批准的 3 个 3G 标准中的一个, 相对于前两个主要 3G 标准 (cdma2000 和 WCDMA), 它的起步较晚。TD-SCDMA 也是唯一一个中国制定的 3G 标准。该标准将智能天线、同步 CDMA 和软件无线电 (Software Defined Radio, SDR) 等技术融于其中。采用时分双工, 上行和下行信道特性基本一致。此外, TD-SCDMA 使用智能天线技术有先天的优势, 而智能天线技术的使用又引入了 SDMA 的优点, 可以减少用户间干扰, 从而提高频谱利用率。TD-SCDMA 还具有 TDMA 的优点, 可以灵活设置上行和下行时隙的比例, 从而调整上行和下行的数据速率的比例, 特别适合 Internet 业务中上行数据少而下行数据多的场合。

## 1.1.4 第四代移动通信系统

3GPP 在 2004 年开始了 LTE (Long Term Evolution, 长期演进) 的研究, 基于正交频分

复用 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)、多输入多输出 (Multiple Input Multiple Output, MIMO) 等技术, 致力于无线技术向更高速率演进。并在 2009 年 3 月发布了 R8 版本的 FDD-LTE 和 TDD-LTE 标准, 这标志着 LTE 标准草案研究完成, LTE 进入实质研发阶段。R8 版本中上行传输数据速率为 50 Mbit/s, 下行数据传输速率为 100 Mbit/s, 被称为准 4G (4th Generation, 第四代) 或 3.9G。R9 版本中进一步提出了 LTE-A (LTE-Advanced, LTE 演进) 的概念, LTE-A 于 2010 年 6 月通过 ITU 的评估, 于 2010 年 10 月正式成为 IMT-Advanced 的主要技术之一, 它是在 R8 版本基础上的演进和增强, 上行传输数据速率为 500 Mbit/s, 下行数据传输速率为 1 000 Mbit/s, 被 ITU-T 确定为 IMT-Advanced (International Mobile Telecommunication-Advanced, 国际移动通信演进) 阶段国际标准, 被称为 4G 通信系统。R10 版本对其加以完善, 是 LTE-A 的关键版本。LTE 采用正交频分复用 (OFDM)、多进多出 (MIMO) 天线等物理层关键技术以及网络结构的调整获得性能提升。LTE-A 则引入了一些新的候选技术, 如载波聚合技术、增强型多天线技术、无线网络编码技术和无线网络 MIMO 增强技术等, 使性能指标获得更大改善。

3GPP2 终止了后续 UMB、UMB+ 标准的研究和制定工作, cdma2000 网络后续演进为 LTE 网络。

### 1.1.5 第五代移动通信系统

关于第五代 (5th Generation, 5G) 移动通信目前还没有一个具体的标准, 但是全球已经开始 5G 通信技术研究。2013 年, 我国工业和信息化部 (以下简称工信部)、科学技术部 (以下简称科技部)、发展和改革委员会 (以下简称发改委) 联合成立了 IMT-2020 (5G) 推进组, 推进组成立了 IMT-2020 论坛, 将以更加开放、更加国际化的方式开展工作。工作组将系统地研究 5G 移动通信体系架构、无线组网、无线传输、新型天线与射频以及新频谱开发与利用等关键技术, 完成性能评估及原型系统设计等。5G 将通过更高的频谱效率、更多的频谱资源以及更密集的小区部署等, 共同满足移动业务流量增长的需求。在网络容量方面, 5G 通信技术将比 4G 实现单位面积移动数据流量增长 1 000 倍; 在传输速率方面, 典型用户数据速率将提升 10~100 倍, 峰值传输速率可达 10 Gbit/s; 同时, 端到端时延缩短 5~10 倍, 频谱效率提升 5~10 倍, 网络综合能效提升 1 000 倍。

## 1.2 国内外著名的通信标准组织

### 1.2.1 ITU-T 组织

国际电信联盟 (International Telecommunication Union, ITU) 是联合国的一个重要专门机构, 也是联合国机构中历史最长的一个国际组织, 简称“国际电联”、“电联”。国际电联是主管信息通信技术事务的联合国机构, 负责分配和管理全球无线电频谱与卫星轨道资源, 制定全球电信标准, 向发展中国家提供电信援助, 促进全球电信发展。

ITU-T 的中文名称是国际电信联盟远程通信标准化组织 (ITU-T for ITU Telecommunication

Standardization Sector),它是国际电信联盟管理下的专门制定远程通信相关国际标准的组织。该机构创建于1993年,前身是国际电报电话咨询委员会(CCITT是法语Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique的缩写,英文是International Telegraph and Telephone Consultative Committee),总部设在瑞士日内瓦。

IMT-2000就是国际电联提出的第三代移动通信系统标准,IMT-Advanced是国际电联提出的4G演进标准。

## 1.2.2 ETSI 组织

欧洲电信标准化协会(European Telecommunications Standards Institute, ETSI)是由欧共体委员会1988年批准建立的一个非赢利性的电信标准化组织,总部设在法国南部的尼斯。ETSI的标准化领域主要是电信业,并涉及与其他组织合作的信息及广播技术领域。ETSI作为一个被欧洲标准化协会和欧洲邮电主管部门会议认可的电信标准协会,其制定的推荐性标准常被欧共体作为欧洲法规的技术基础而采用并被要求执行。GSM等标准就是ETSI标准组制定的。

## 1.2.3 3GPP 组织

3GPP成立于1998年12月,目标是实现由2G网络到3G网络的平滑过渡,保证未来技术的后向兼容性,支持轻松建网及系统间的漫游和兼容性。3GPP的职能主要是制定以GSM核心网为基础,UTRA(FDD为WCDMA技术,TDD为TD-SCDMA技术)为无线接口的第三代技术规范。随后3GPP的工作范围随着4G的出现,增加了对UTRA长期演进系统的研究和标准制定。

3GPP的会员包括3类:组织伙伴、市场代表伙伴和个体会员。3GPP的组织伙伴包括欧洲的ETSI、日本的ARIB、日本的TTC、韩国的TTA、美国的T1和中国通信标准化协会6个标准化组织。3GPP市场代表伙伴不是官方的标准化组织,它们是向3GPP提供市场建议和统一意见的机构组织。TD-SCDMA技术论坛的加入使得3GPP合作伙伴计划市场代表伙伴的数量增加到6个,其他包括:GSM协会、UMTS论坛、IPv6论坛、3G美国(3G Americans)、GMSA(Global Mobile Suppliers Association,全球移动通信供应商协会)。CCSA前身CWTS(China Wireless Telecommunications Standardsgroup,中国无线通信标准研究组)于1999年6月在韩国正式签字加入3GPP,成为3GPP项目的组织伙伴。

## 1.2.4 3GPP2 组织

3GPP2(第三代合作伙伴计划2)成立于1999年1月,由美国TIA、日本的ARIB、日本的TTC、韩国的TTA4个标准化组织发起,CWTS(中国无线通信标准研究组)于1999年6月在韩国正式签字加入3GPP2。3GPP2声称其致力于使ITU的IMT-2000计划中的移动电话系统规范在全球的发展,实际上它是从2G的cdma One或者IS-95发展而来的cdma2000标准体系的标准化机构。



## 1.2.5 CCSA 组织

中国通信标准化协会（China Communications Standards Association, CCSA）于 2002 年 12 月 18 日在北京正式成立，其前身为中国无线通信标准研究组（CWTS）。该协会是国内企事业单位自愿联合组织起来，经业务主管部门批准，国家社团登记管理机关登记，开展通信技术领域标准化活动的非赢利性法人社会团体。协会的主要任务是为了更好地开展通信标准研究工作，把通信运营企业、制造企业、研究单位、大学等关心标准的企事业单位组织起来，按照公平、公正、公开的原则制定标准，进行标准的协调、把关，把高技术、高水平、高质量的标准推荐给政府，把具有我国自主知识产权的标准推向世界，支撑我国的通信产业，为世界通信做出贡献。中国将 TD-SCDMA 纳入 3GPP 计划，使其成为 ITU 批准的 3 个 3G 标准中的一个。

## 1.3 移动核心网演进历程

移动核心网在第二代移动通信主流技术标准 GSM 和 IS-95 的基础上分别发展演进，到第三代移动系统，主流无线技术标准分为 WCDMA、cdma2000 和 TD-SCDMA 三大制式，WCDMA 和 TD-SCDMA 核心网是在 3GPP 研究的，核心网的架构一致，所以核心网的技术标准分为 3GPP 和 3GPP2 两大技术标准。到了第四代移动通信系统，无线技术标准分为 FDD 和 TDD 两大标准，核心网是 3GPP 制定的统一 EPC 和 IMS 系统，支持数据和 VoLTE 业务。下面分别以 GSM 和 IS-95 两大标准介绍核心网的演进历程。

### 1.3.1 以 GSM 技术为基础的核心网演进历程

#### 1.3.1.1 GSM 核心网技术

GSM 标准定义的 GSM 网络由 5 部分组成：移动台、基站系统、网络交换系统（电路域）、通用无线分组业务网络（分组域）和操作维护系统。GSM 网络架构如图 1-1 所示。

GSM 系统的网元功能介绍如下。

##### （1）移动台（Mobile Station, MS）

移动台是用户端终止无线信道的设备，通过无线空中接口 Um 给用户接入网络业务的能力。移动台由两部分组成：移动设备（Mobile Equipment, ME）和用户识别模块（Subscriber Identity Module, SIM）。ME 用于完成语音、数据和控制信号在空中的接收和发送；SIM 用于识别唯一的移动台使用者。SIM 是一张符合 GSM 规范的“智能卡”，内部包含了与用户有关的、被存储在用户这一方的信息，移动电话上只有装上了 SIM 卡才能使用。

##### （2）基站系统（Base Station System, BSS）

基站系统提供移动台与网络交换系统和 GPRS 网络之间的链路。BSS 由以下 3 部分组成。