



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
国家级特色专业“通信工程”系列教材

移动通信原理与系统

(第2版)

啜钢 王文博 常永宇 全庆一 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

国家级特色专业“通信工程”系列教材

移动通信原理与系统

(第2版)

啜钢 王文博 常永宇 全庆一 编著

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书较详细地介绍了移动通信的原理和实际的移动通信系统。本书首先介绍了无线通信的传播环境和传播预测模型、移动通信中的信源编码和调制解调技术以及抗衰落技术链路增强技术；其次介绍了蜂窝网组网的基本概念和理论，在此基础上重点介绍了 GSM 和其增强系统、第三代移动通信系统；最后本书对当前移动通信的发展和当前移动通信研究的一些热点做了介绍。

本书力求兼顾移动通信的基础理论和应用系统，内容由浅入深，可供不同层次的人员学习的需要。每章开头有学习指导，结束有习题和思考题。

本书可以作为通信本科高年级教材，同时可作为研究生和成人教育的教材，也可作为从事移动通信研究和工程技术人员的参考书。

北京邮电大学通信工程专业是教育部批准的第一批高等学校特色专业建设项目(TS2055)，本系列教材的编写获得了该项目的资助，其目标是围绕该项目的建设，打造通信工程专业的精品教材。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信原理与系统/啜钢等编著. —2版. —北京:北京邮电大学出版社,2009

ISBN 978-7-5635-1888-3

I. 移… II. 啜… III. 移动通信—通信系统 IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 004203 号

书 名: 移动通信原理与系统(第2版)

作 者: 啜 钢 王 文 博 常 永 宇 全 庆 一

责任编辑: 李欣一

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京源海印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×960 mm 1/16

印 张: 24.75

字 数: 541 千字

印 数: 1—5 000 册

版 次: 2005 年 9 月第 1 版 2009 年 2 月第 2 版 2009 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-1888-3

定价: 39.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

编者的话

20 世纪人类最伟大的科技成果之一就是蜂窝移动通信,它的飞速发展是超乎寻常的。蜂窝移动通信系统的发展经历了一个从模拟网到数字网,从频分多址(FDMA)到时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA)的过程。这种进展是日新月异的。进入 21 世纪,人们在继续关注第二代蜂窝移动通信系统发展的同时,已开始将第三代蜂窝移动通信系统投入商用。与此同时,许多专家学者和移动通信产业界又在积极研究和开发第三代移动通信后续新的技术和系统。

伴随着移动通信技术的发展,各种介绍移动通信的专著和教材也层出不穷,然而适合信息通信专业或相关专业大学本科教学的教材还不是很多。鉴于这种情况,我们于 2002 年出版了《移动通信原理与应用》教材。此后,我们始终关注移动通信的教育如何紧跟移动通信的发展。2005 年我们在总结原有教材的基础上结合科研和教学成果重新修订了《移动通信原理与应用》教材,出版《移动通信原理与系统》高校本科教材。此教材已被评为北京市精品教材,同时,2006 年又被评为了普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

在本次再版中我们又对原教材进行大量的修订,压缩了原教材的一些篇幅,增加了对一些新理论和技术的介绍,力图将当前移动通信的最新理论和应用介绍给读者。具体表现在:①相对于原教材,增加了信源编码、高阶调制技术、多天线和空时编码以及链路性能技术的介绍;②增加了增强型数据速率 GSM 演进技术(EDGE)的介绍;③重新编排了蜂窝组网技术和 3G 网络技术的内容,将一些带有共性的技术放到了蜂窝组网章节介绍,从而减少了重复,也减少了篇幅;④对当前的最新研究热点问题作了适当的介绍。

本书主要内容包括:移动通信的发展、蜂窝移动通信系统的基本概念、移动通信的无线传播环境、信源编码和调制技术、抗衰落和链路性能增强技术、蜂窝

组网技术、GSM 及其增强移动通信系统、第三代移动通信系统及其增强技术和无线移动通信未来发展等。

本书的第 1 章、第 2 章、第 5 章和第 6 章由啜钢副教授编写；第 3 章、第 4 章由常永宇教授编写；第 7 章由全庆一副教授编写；第 8 章由王文博教授编写。

本书是面向信息通信专业本科高年级学生使用的教材。在编写过程中，我们同时考虑到对移动通信与系统教材的广泛需求，兼顾了研究生和成人教育，因此也可以有选择地作为研究生和成人教育教材。

由于作者才疏学浅，书中难免会出现一些错误和不妥之处，敬请批评指正。

啜钢于北京邮电大学

目 录

第 1 章 概述

1.1 移动通信发展简述	1
1.2 移动通信的特点和工作方式	7
1.2.1 移动通信的特点	7
1.2.2 移动通信的工作方式	9
1.3 移动通信的分类及应用系统	11
1.4 本书的内容安排	13
习题与思考题	13
参考文献	13

第 2 章 移动通信电波传播与传播预测模型

2.1 概述	15
2.1.1 电波传播的基本特性	15
2.1.2 电波传播特性的研究	17
2.2 自由空间的电波传播	19
2.3 3 种基本电波传播机制	20
2.3.1 反射与多径信号	20
2.3.2 绕射	22
2.3.3 散射	24
2.4 阴影衰落的基本特性	24
2.5 移动无线信道及特性参数	25
2.5.1 多径衰落的基本特性	25

2.5.2	多普勒频移	25
2.5.3	多径信道的信道模型	26
2.5.4	描述多径信道的主要参数	28
2.5.5	多径信道的统计分析	34
2.5.6	多径衰落信道的分类	39
2.5.7	衰落特性的特征量	40
2.5.8	衰落信道的建模与仿真简介	42
2.6	电波传播损耗预测模型	45
2.6.1	室外传播模型	45
2.6.2	室内传播模型	53
2.6.3	传播模型校正	54
	习题与思考题	60
	参考文献	61

第3章 移动通信中的信源编码和调制解调技术

3.1	概述	62
3.2	信源编码	65
3.2.1	信源编码基本概念	65
3.2.2	移动通信中的信源编码	66
3.2.3	移动通信中的信源编码举例	67
3.3	最小移频键控	69
3.3.1	相位连续的FSK	69
3.3.2	MSK信号的相位路径、频率及功率谱	72
3.4	高斯最小移频键控	74
3.4.1	高斯滤波器的传输特性	74
3.4.2	GMSK信号的波形和相位路径	76
3.4.3	GMSK信号的调制与解调	78
3.4.4	GMSK功率谱	80
3.5	QPSK调制	82
3.5.1	二相调制BPSK	82
3.5.2	四相调制QPSK	83
3.5.3	偏移QPSK	86
3.5.4	$\pi/4$ -QPSK	87
3.6	高阶调制	90
3.6.1	数字调制的信号空间原理	91

3.6.2	M 进制数字调制以及高阶调制	92
3.6.3	高阶调制在 3G、4G 中的应用	99
3.7	正交频分复用	100
3.7.1	概述	100
3.7.2	正交频分复用的原理	101
3.7.3	正交频分复用的 DFT 实现	103
3.7.4	OFDM 的应用	104
	习题与思考题	105
	参考文献	106
第 4 章 抗衰落和链路性能增强技术		
4.1	概述	108
4.2	分集技术	110
4.2.1	宏观分集	110
4.2.2	微观分集的类型	111
4.2.3	分集的合并方式及性能	113
4.2.4	性能比较	121
4.2.5	分集对数字移动通信误码的影响	122
4.3	信道编码	123
4.3.1	概述	123
4.3.2	分组码	124
4.3.3	卷积码	128
4.3.4	Turbo 码	136
4.4	均衡技术	140
4.4.1	基本原理	140
4.4.2	非线性均衡器	144
4.4.3	自适应均衡器	147
4.5	扩频通信	150
4.5.1	伪噪声序列	150
4.5.2	扩频通信原理	153
4.5.3	抗多径干扰和 RAKE 接收机	157
4.5.4	跳频扩频通信系统	160
4.6	多天线和空时编码	163
4.6.1	多天线技术	163
4.6.2	空时编码技术	166

4.7 链路自适应技术	169
4.7.1 自适应调制编码	170
4.7.2 混合自动请求重传	172
习题与思考题	175
参考文献	177

第5章 蜂窝组网技术

5.1 移动通信网的基本概念	179
5.2 频率复用和蜂窝小区	181
5.3 多址接入技术	184
5.4 码分多址关键技术	190
5.4.1 扩频通信基础	190
5.4.2 地址码技术	197
5.4.3 扩频码的同步	203
5.5 蜂窝移动通信系统的容量分析	207
5.6 CDMA 系统中的功率控制	212
5.6.1 概述	212
5.6.2 反向链路功率控制	214
5.6.3 前向链路功率控制	217
5.7 切换、位置更新	218
5.7.1 切换技术	218
5.7.2 位置更新	227
5.8 移动通信网络结构	228
习题与思考题	235
参考文献	236

第6章 GSM 及其增强移动通信系统

6.1 GSM 系统的业务及其特征	238
6.2 GSM 系统的结构	241
6.3 GSM 系统的信道	243
6.3.1 物理信道与逻辑信道	243
6.3.2 物理信道与逻辑信道的配置	248
6.3.3 突发脉冲	252
6.3.4 帧偏离、定时提前量与半速率信道	254
6.4 GSM 的无线数字传输	255

6.4.1 GSM 系统无线信道的衰落特性	255
6.4.2 GSM 系统中的抗衰落技术	257
6.4.3 GSM 系统中的话音编码技术	262
6.4.4 GSM 系统中的话音处理的一般过程	262
6.5 GSM 的信令协议	263
6.5.1 GSM 的信令系统的基本概念	263
6.5.2 GSM 系统的协议模型	271
6.5.3 GSM 无线信令接口的三层协议	274
6.6 接续和移动性管理	276
6.6.1 概述	276
6.6.2 位置更新	277
6.6.3 呼叫建立过程	280
6.6.4 越区切换与漫游	286
6.6.5 安全措施	289
6.6.6 计费	292
6.7 通用分组无线业务	292
6.7.1 概述	292
6.7.2 GPRS 的业务	293
6.7.3 GPRS 的网络结构及其功能描述	295
6.7.4 GPRS 的移动性管理和会话管理	302
6.7.5 GPRS 的空中接口	305
6.8 增强型数据速率 GSM 演进技术	307
习题与思考题	311
参考文献	311

第 7 章 第三代移动通信系统及其增强技术

7.1 3G 概述	313
7.2 IS-95A 与 CDMA2000 1x 标准介绍	316
7.2.1 IS-95A 与 CDMA2000 1x 标准特色	316
7.2.2 IS-95A 下行链路	319
7.2.3 IS-95A 上行链路	324
7.2.4 CDMA2000 1x 下行链路	328
7.2.5 CDMA2000 1x 上行链路	336
7.2.6 CDMA2000 1x EV-DO 介绍	340
7.3 WCDMA 标准介绍	341

7.3.1 WCDMA 标准特色	341
7.3.2 WCDMA 下行链路	343
7.3.3 WCDMA 上行链路	349
7.3.4 TDD 系统	350
7.3.5 HSDPA 介绍	354
7.4 TD-SCDMA 标准介绍	355
7.4.1 TD-SCDMA 标准特色	355
7.4.2 TD-SCDMA 物理信道	356
7.4.3 TD-SCDMA 系统支持的信道编码方式	359
7.4.4 TD-SCDMA 的调制、扩频及加扰方式	360
7.4.5 TD-SCDMA 中智能天线技术	360
习题与思考题	362
参考文献	363
第 8 章 无线移动通信未来发展	
8.1 IMT-2000 增强系统	364
8.1.1 概述	364
8.1.2 LTE 系统	365
8.1.3 WiMAX 系统	372
8.2 IMT-Advanced 系统	375
8.2.1 概述	375
8.2.2 标准化现状	378
8.2.3 热点技术	378
习题与思考题	381
参考文献	381
附录 话务量和呼损简介	383

第 1 章 概 述

学习重点和要求

本章主要介绍了移动通信原理及其应用方面的基本概念,主要包括移动通信发展进程,移动通信的特点;移动通信系统的发展历程;移动通信的工作方式及移动通信的应用系统。

要求:

- 重点掌握移动通信的概念、特点;
- 理解移动通信的发展历程及发展趋势;
- 掌握移动通信的 3 种工作方式;
- 了解移动通信的应用系统。

1.1 移动通信发展简述

众所周知,个人通信(Personal Communications)是人类通信的最高目标,它是用各种可能的网络技术实现任何人(whoever)在任何时间(whenever)、任何地点(whenever)与任何人(whoever)进行任何种类(whatever)的交换信息。个人通信的主要特点是每一个用户有一个属于个人的唯一通信号码,取代了以设备为基础的传统通信的号码(现在的电话号码、传真号码等是某一台电话机、传真机等号码)。电信网随时跟踪用户并为其服务。不论被呼叫的用户是在车上、船上、飞机上,还是在办公室里、家里、公园里,电信网都能根据呼叫人所拨的个人号码找到他,接通电路提供通信。用户通信完全不受地理位置的限制。实现个人通信,必须要把各种技术的通信网组合到一起,把移动通信网和固定的通信网结合在一起,把有线接入和无线接入结合到一起,才能综合成一个容量极大、无处

不通的个人通信网,称之为“无缝网”,形成所谓万能个人通信网(UPT)。这是 21 世纪电信技术发展的重要目标之一。

移动通信是实现个人通信的必由之路,没有移动通信,个人通信的愿望是无法实现的。移动通信是指通信双方或至少有一方处于运动中进行信息交换的通信方式。移动通信的主要应用系统有无绳电话、无线寻呼、陆地蜂窝移动通信、卫星移动通信、海事卫星通信移动通信等。而陆地蜂窝移动通信是当今移动通信发展的主流和热点。

蜂窝移动通信的飞速发展是超乎寻常的,它是 20 世纪人类最伟大的科技成果之一。在回顾移动通信的发展进程时我们不得不提起 1946 年第一个推出移动电话的 AT&T 的先驱者,正是他们为通信领域开辟了一个崭新的发展空间。然而移动通信真正走向广泛的商用,为普通大众所使用,还应该从 20 世纪 70 年代末蜂窝移动通信的推出算起。蜂窝移动通信系统从技术上解决了频率资源有限,用户容量受限,无线电波传输时的干扰等问题。20 世纪 70 年代末的蜂窝移动通信采用的空中接入方式为频分多址接入方式,即所谓的 FDMA 方式。其传输的无线信号为模拟量,因此人们称此时的移动通信系统为模拟通信系统,也称为第一代移动通信系统(1G)。这种系统的典型代表有美国的 AMPS (Advanced Mobile Phone System) 系统、欧洲的 TACS (Total Access Communication System) 系统等。我国建设移动通信系统的初期主要就是引入的这两类系统。

然而随着移动通信市场的大大发展,对移动通信技术提出了更高的要求。由于模拟系统本身的缺陷,如频谱效率低、网络容量有限、保密性差等,已使得模拟系统无法满足人们的需求了。为此广大的移动通信领域里的有识之士在 20 世纪 90 年代初期开发出了基于数字通信的移动通信系统,即所谓的数字蜂窝移动通信系统,即为第二代移动通信系统(2G)。

第二代数字蜂窝移动通信系统克服了模拟系统所存在的许多缺陷,因此 2G 系统一经推出就备受人们注目,得到了迅猛的发展。短短的十几年就成为了世界范围的最大的移动通信网,几乎完全取代了模拟移动通信系统。在我们国家已经完全取代了模拟系统。在当今的数字蜂窝移动系统中,最有代表性的是 GSM 系统和 CDMA 系统。这两大系统在目前世界数字移动通信市场占据着主要份额。

GSM 系统的空中接口采用的是时分多址(TDMA)的接入方式,到目前为止 GSM 还是全世界最大的移动网,占移动通信市场的大部份份额。GSM 是为了解决欧洲第一代蜂窝系统四分五裂的状态而发展起来的。在 GSM 之前,欧洲各国在整个欧洲大陆上采用了不同的蜂窝标准,对用户来讲,就不能用一种制式的移动台在整个欧洲进行通信。另外由于模拟网本身的弱点,它的容量也受到了限制。为此欧洲电信联盟在 20 世纪 80 年代初期就开始研制一种覆盖全欧洲的移动通信系统,即现在被人们称为 GSM 的系统。如今 GSM 移动通信系统已经遍及全世界,即所谓的“全球通”。

CDMA 采用的是码分多址接入方式。从当前人们对无线接入方式的认识角度来讲,码分多址技术有其独特的优越性。CDMA 技术最先是由美国的高通(Qualcomm)公司提出的,并于 1980 年 11 月在美国的圣地亚哥利用两个小区基站和一个移动台,对窄带

CDMA进行了首次现场实验。1990年9月高通发布了CDMA“公共空中接口”规范的第一个版本。1992年1月6日,TIA开始准备CDMA的标准化。1995年,正式的CDMA标准出台了,即IS-95A。CDMA技术向人们展示的是它独特的无线接入技术:系统区分地址时在频率、时间和空间上是重叠的,它使用相互准正交的地址码来完成对用户的识别。这种技术带来的好处有:①多种形式的分集(时间分集、空间分集和频率分集);②低的发射功率;③保密性;④软切换;⑤大容量;⑥话音激活技术;⑦频率再用及扇区化;⑧低的信噪比或载干比需求;⑨软容量。这些特性在满足用户需求方面具有独特的优势,因而得到迅速发展。当今的3G技术大多采用了CDMA无线接入方式。

尽管基于话音业务的移动通信网已经足以满足人们对于话音移动通信的需求,但是随着人们对数据通信业务的需求日益增高,人们已不再满足以话音业务为主的移动通信网所提供的服务了。特别是Internet的发展大大推动了人们对数据业务的需求。统计表明,目前固定数据通信网的用户需求和业务使用量已接近了话音业务。为此移动通信业内的领军者们努力开发研究了适用于数据通信的移动系统。首先人们着手开发的是基于2G系统的数据系统。在不大量改变2G系统的条件下,适当增加一些网络和一些适合数据业务的协议,可使系统可以较高效率地传送数据业务。如目前的GPRS/EDGE就是这样的系统,现在已在我国组网投入商用。另外,CDMA2000 1x也属于这一范畴。

尽管2.5G系统可以方便地传输数据业务,然而由于它的先天不足,即没有从根本上解决无线信道传输速率低的问题,因此应该说2.5G还是个过渡产品。而当今人们定义的第三代移动通信系统(3G)才能基本达到人们对快速传输数据业务的需求。

3G的目标主要有以下几个方面:

(1) 全球漫游,以低成本的多模手机来实现。全球具有公用频段,用户不再局限于一个地区和一个网络,而能在整个系统和全球漫游;在设计上具有高度的通用性,拥有足够的系统容量和强大的多种用户管理能力,能提供全球漫游;是一个覆盖全球的、具有高度智能和个人服务特色的移动通信系统。

(2) 适应多种环境,采用多层小区结构,即微微蜂窝、微蜂窝、宏蜂窝,将地面移动通信系统和卫星移动通信系统结合在一起,与不同网络互通,提供无缝漫游和业务一致性,网络终端具有多样性,并与第二代系统的共存和互通,开放结构,易于引入新技术。

(3) 能提供高质量的多媒体业务:包括高质量的话音、可变速率的数据、高分辨率的图像等多种业务,实现多种信息一体化。

(4) 足够的系统容量、强大的多种用户管理能力、高保密性能和服务质量。用户可用唯一个人电号码(PTN)在任何终端上获取所需要的电信业务,这就超越了传统的终端移动性,真正实现了个人移动性。

为实现上述目标,对无线传输技术提出了以下要求。

(1) 高速传输以支持多媒体业务:

- 室内环境至少 2 Mbit/s;

- 室外步行环境至少 384 kbit/s;
 - 室外车辆环境至少 144 kbit/s。
- (2) 传输速率按需分配。
 - (3) 上下行链路能适应不对称业务的需求。
 - (4) 简单的小区结构和易于管理的信道结构。
 - (5) 灵活的频率和无线资源的管理、系统配置和服务设施。

当前 3G 技术标准主要有 3 个：欧洲的 WCDMA、北美的 CDMA2000 和中国的 TD-SCDMA。

随着 3G 逐渐走向商用,3G 演进技术也在世界范围内受到重视。根据两大标准化组织 3GPP(3G Partnership Project, 第三代合作伙伴计划)和 3GPP2(3G Partnership Protect 2, 第三代合作伙伴计划 2)的标准发展进程可以清晰地看出 3G 演进路线。

3GPP 标准的演进如图 1.1 所示。

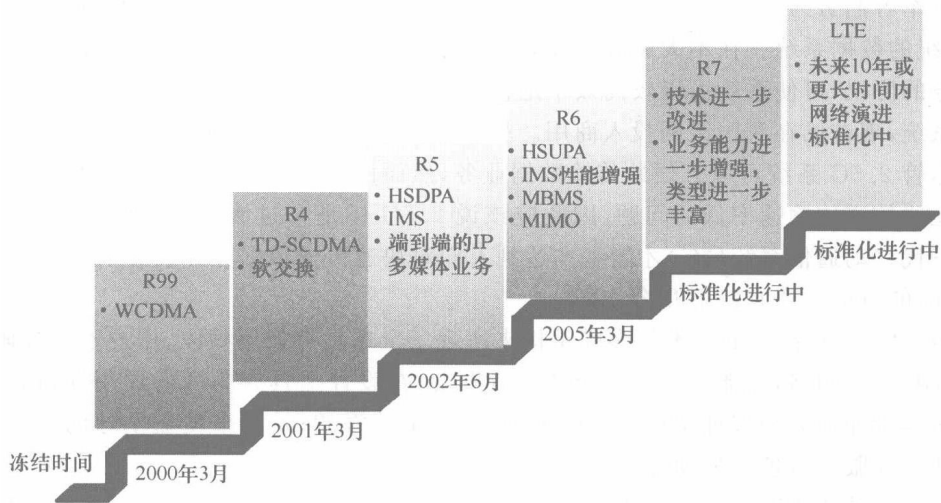


图 1.1 3GPP 标准演进历程

3GPP 的网络演进是分阶段的平滑演进,R99 系统考虑到了对 GSM 的兼容,现有的 2G 客户和 3G R99 客户会继续把它们业务通过 CS 域和 PS 域功能的结合来传输;R4 系统对 CS 域进行了大的改动,引入了软交换,并在 BSS 引入 Iu 接口,以适应未来发展的需要;R5 系统则在 PS 域引入 IMS 子系统,提供基于 IP 的实时多媒体业务,并支持未来新业务的开发。同时在 R5 系统引入了下行链路增强技术,即 HSDPA 技术,可在 5 MHz 的信道带宽内提供最高 14.4 Mbit/s 的下行数据传输速率。随后,又在 R6 系统中引入了上行链路增强技术,即 HSUPA 技术,可在 5 MHz 信道带宽内提供最高 5.8 Mbit/s 的上行数据传输速率。

为应对 WiMAX 等新兴无线宽带技术的竞争,以及进一步改进和增强现有 3G 技术

以提高 3G 技术在宽带无线接入市场的竞争力,2004 年年底,3GPP 提出了 3G 长期演进计划——3G LTE(Long Term Evolution)。为了实现向 LTE 演进的系统目标,3GPP 提出了一系列新技术和实现方案,而且不考虑与现有 WCDMA 系统的后向兼容。LTE 重新定义了空中接口和核心网络,摒弃了 CDMA 技术而采用 OFDM 技术,只支持分组域,这导致 LTE 与已有 3GPP 各版本标准不兼容,现有 3G 网络很难平滑演进到 LTE。3GPP 于 2008 年 1 月通过 FDD LTE 地面无线接入网络技术规范审批,目前 LTE 正处于修订阶段,此后将被纳入即将推出的 3GPP 的 R8 之中。

需要说明的是,这里所介绍 3GPP 的标准演进同时包括了 WCDMA 以及 TD-SCDMA 的演进方案。

3GPP2 标准的演进如图 1.2 所示。

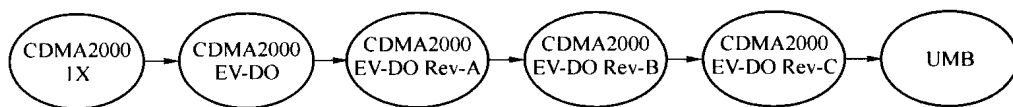


图 1.2 3GPP2 的演进路线

3GPP2 中核心网和无线接入网的演进是相互独立的,核心网将向全 IP 过渡。为了满足下一代移动通信中高速率的数据业务并保持前后向兼容性,3GPP2 中无线接入技术的演进,即 AIE(Air Interface Evolution,空中接口演进),将分阶段 1 和阶段 2 两个阶段进行演进,其中阶段 1 完成多载波 HRPD(High Rate Packet Data,高速分组数据)即 Rev-B Nx 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;阶段 2 阶段实现增强数据分组空中接口(E-PDAI),其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 Mbit/s;反向链路支持 50~150 Mbit/s,同时降低系统时延。2007 年推出的 CDMA2000 演进升级版 UMB(超移动宽带)空中接口规范将采用 OFDMA、MIMO、LDPC 等先进技术,并支持全 IP 业务。

不过近期标准演进表明,UMB 得到的支持较少,因此未来 LTE 将是后 3G 的主流标准。

另外,移动 WiMAX 技术的崛起打破了 WCDMA、CDMA2000 和 TD-SCDMA 三足鼎立的格局,使竞争进一步升级,并加快了技术演进的步伐。随着移动通信技术和宽带无线接入技术的不断发展和融合,能够在移动状态下为用户提供宽带接入的宽带无线移动技术逐渐成为未来无线通信技术的重点。以 3GPP、3GPP2、WiMAX 三大阵营为代表的 4 种技术——WCDMA、CDMA2000、TD-SCDMA(以下简称 TD)和 WiMAX,成为目前最具发展潜力的宽带无线移动技术。



图 1.3 WiMAX 的演进图

图 1.3 是 WiMAX 的演进图。

在 WiMAX 系列标准之中,802.16d 和 802.16e 是核心标准,但随着技术的演进和标准的不断完善,这两大标准已经成为不兼容的两种技术。802.16e 采用了很多先进技术来获得高数据速率,包括 OFDMA、先进编码技术 CTC、自适应编码和调制 AMC、混合自动重传请求 HARQ、自适应波束成型、时空码 STC 以及 MIMO(多人多出)等技术。802.16e 可以使用不同的载波带宽,从 1.75~20 MHz 不等,例如,在 10 MHz 载波带宽下,单用户速率可以达到 30 Mbit/s,可以支持 120 km/h 的移动速度。

802.16e 不仅具备 802.16d 的性能,而且具备移动、切换等功能,支持多种业务和应用。从应用场景和范围来看,802.16e 更为广泛。因此,802.16e 将成为 WiMAX 标准的主流,甚至会用于固定接入。

随着 802.16d 和 802.16e 技术逐渐走向商用,IEEE 802.16 工作组开始研究 WiMAX 下一步演进路线,为此成立了 802.16m 工作组,并于 2006 年底获得 IEEE 的正式批准。802.16m 的目标是成为下一代移动通信技术,以及 ITU 即将讨论的 IMT-Advanced 标准之一,传输目标是固定状态下传输速率达到 1 Gbit/s,移动状态下达到 100 Mbit/s。

移动通信的进一步演进方向是 IMT-Advanced 或称 4G,无论是 LTE、UMB 还是 802.16m,向后再演进都是向 IMT-Advanced 演进。对于 802.16m 来说,由于它的方案与 4G 的演进方案本质区别较小,两者可以适当地融合,所以 802.16m 的进一步完善可以成为一种新的 IMT-Advanced 技术方案。严格地说,目前对 4G 还没有一个权威的定义,它还处于研发阶段。然而通过近些年来人们的不断研究,已对 4G 的基本需求、技术支撑、网络体系等有了一些明确的概念。

归纳起来,4G 是一个可称为宽带接入和分布式网络,在 4G 的网络结构将是一个采用全 IP 的网络结构。也就是说,不仅核心网采用 IP 网结构,整个的无线接口也要采用 IP 技术。4G 网络要采用许多新的技术和新的方法来支撑,包括:AMC(Adaptive Modulation and Coding)自适应调制和编码技术、自适应混合 ARQ 技术、MIMO(多输入多输出)和 OFDM(正交频分复用)技术、智能天线技术、软件无线电技术以及网络优化和安全性等。另外,为了使 4G 与各种通信网融合,必须使 4G 网支持多协议。

目前还没一个 4G 网络的标准结构,不过根据人们的不懈研究已经对 4G 网有了一个初步的勾画。图 1.4 为 4G 网络结构的概念。其中:

IP 核心网,通常称为 CN(Core Network):它不是专门用作移动通信,而是作为一种统一的网络,支持有线和无线接入。主要功能是完成位置管理和控制、呼叫控制和业务控制。

4G RAN(4G 无线接入网):主要完成无线传输和无线资源控制移动性管理,是通过 CN 和 RAN 共同完成的。

MN(Movable Network,移动的网络):当一个处于移动的 LAN 需要接入 4G 网络时,就需要通过 MN 进行接入,因此 MN 就像一个网关,为小型的网络提供接入。

在 4G 系统中,网元间的协议是基于 IP 的,每一个 MT(移动终端)都有各自的 IP 地