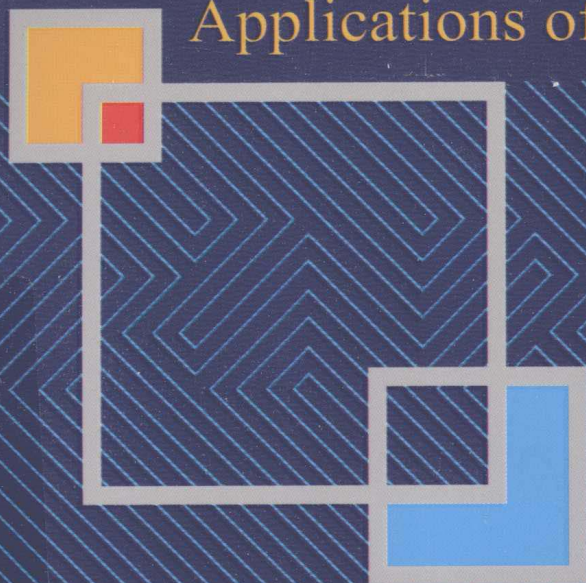


21世纪高等院校信息与通信工程规划教材
21st Century University Planned Textbooks of Information and Communication Engineering
信息与通信工程精品课程配套教材

移动通信原理 与应用技术

啜钢 李卫东 编著

Principles and Technical
Applications of Mobile Communications



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

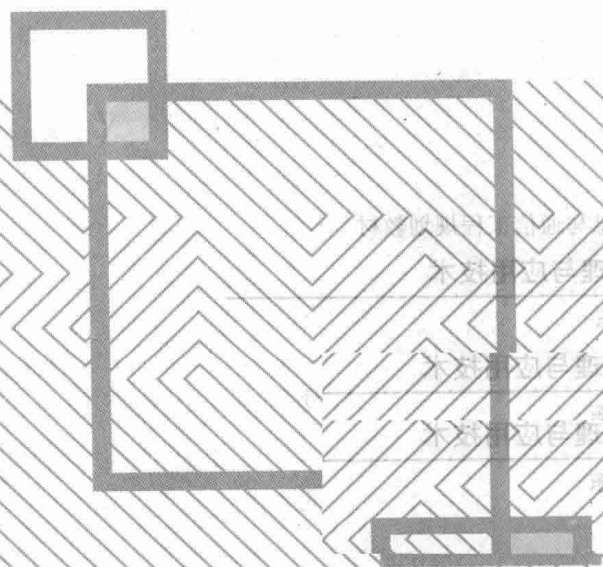


名师名校

21世纪高等院校信息与通信工程规划教材
21st Century University Planned Textbooks of Information and Communication Engineering
信息与通信工程精品课程配套教材

移动通信原理 与应用技术

啜钢 李卫东 编著



人民邮电出版社
北京



名师名校

图书在版编目 (CIP) 数据

移动通信原理与应用技术 / 啜钢, 李卫东编著. —
北京: 人民邮电出版社, 2010.11
21世纪高等院校信息与通信工程规划教材
ISBN 978-7-115-22665-5

I. ①移… II. ①啜… ②李… III. ①移动通信—高等学校—教材 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第076773号

内 容 简 介

本书较详细地介绍了移动通信原理和应用技术。首先介绍了无线通信的传播环境和传播预测模型、移动通信中调制解调技术以及抗衰落技术;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、CDMA IS-95、第三代移动通信系统以及移动通信无线网络规划和优化基础;最后对当前移动通信的发展和一些研究热点进行了介绍。

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。每章开头有学习指导,结尾处有习题和思考题。

本书可以作为信息与通信相关专业本科生教材,并可作为成人教育的教材,另外,也可供从事移动通信研究和工程技术人员学习参考。

21 世纪高等院校信息与通信工程规划教材

移动通信原理与应用技术

- ◆ 编 著 啜 钢 李卫东
责任编辑 贾 楠
- ◆ 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 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 21 2010 年 11 月第 1 版
字数: 513 千字 2010 年 11 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-22665-5

定价: 38.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

移动通信是当今通信领域中发展最快、应用最广和最为前沿的通信技术。移动通信系统的发展经历了从模拟网到数字网，从频分多址（FDMA）到时分多址（TDMA）和码分多址（CDMA）的过程。移动通信网络已从仅提供语音、低速数据业务的窄带网络发展到了可以支撑语音、高速分组以及多媒体业务的宽带网络。进入 21 世纪以来，人们在继续关注第二代蜂窝移动通信系统发展的同时，第三代蜂窝移动通信系统也已投入商用，人们正在从 3G 商用网络的应用中得到无线宽带业务带来的高速、高质量的享受；与此同时 3GPP LTE 的标准化已经取得巨大发展，相信在不久的将来就会出现商用的产品；另外，基于 IEEE 802.16 协议簇的下一代无线接入互联网络也在蓬勃发展；4G（或称 IMT-Advanced）正在从理论探讨和系统仿真评估阶段逐步走向制定标准的阶段。

伴随着移动通信技术的发展，为了满足通信以及电子类专业本科高年级学生和广大工程人员的需要，我们编写了本书。我们的宗旨是：全面介绍移动通信的基本原理和应用技术，即在介绍移动通信的基本原理的基础上，用较大的篇幅介绍移动通信网络技术，包括 2G 和 3G 网络以及网络规划和优化。另外，在对移动通信原理和应用技术进行介绍时，避免过多的数学分析，而尽量用文字和图表进行论述。

本书主要内容包括移动通信的发展和移动通信系统的基本概念、移动通信的无线传播环境、移动通信系统中的调制技术、抗衰落技术、蜂窝组网技术、GSM 和 CDMA IS-95 移动通信系统、第三代移动通信系统、无线网络规划与优化基础、移动通信未来发展等。

本书的第 1 章、第 5 章、第 6 章、第 8 章和第 9 章由啜钢编写；第 2 章、第 3 章、第 4 章和第 7 章由李卫东编写。

本书可供信息与通信相关专业本科生使用，同时兼顾了成人教育和广大工程技术人员的需求。

由于作者水平有限，书中难免会出现不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者
2010 年 4 月

目 录

第1章 概述	1	3.2 最小移频键控	38
1.1 移动通信发展简述	1	3.2.1 相位连续的 2FSK	38
1.2 移动通信的特点和应用系统	6	3.2.2 最小移频键控信号的相位路 径、频率及功率谱	40
1.2.1 移动通信的特点	6	3.3 高斯最小移频键控	42
1.2.2 移动通信的应用系统	8	3.3.1 高斯滤波器的传输特性	43
1.3 本书的内容安排	9	3.3.2 高斯最小移频键控信号的波形 和相位路径	44
习题与思考题	10	3.3.3 高斯最小移频键控信号的调制 与解调	46
参考文献	10	3.3.4 高斯最小移频键控功率谱	48
第2章 移动通信电波传播与传播预测 模型	11	3.4 相位调制	49
2.1 概述	11	3.4.1 二相调制	49
2.1.1 电波传播的基本特性	11	3.4.2 四相调制	50
2.1.2 电波传播特性的研究方法	13	3.4.3 偏移四相调制	53
2.2 自由空间的电波传播	13	3.4.4 $\pi/4$ -QPSK	54
2.3 三种基本电波传播机制	14	3.5 正交频分复用	58
2.3.1 反射与多径信号	15	3.5.1 概述	58
2.3.2 绕射	16	3.5.2 正交频分复用的原理	58
2.3.3 散射	16	3.5.3 正交频分复用的 DFT 实现	60
2.4 阴影衰落的基本特性	16	3.5.4 互交频分复用的应用	62
2.5 多径传播模型	17	习题与思考题	62
2.5.1 多径衰落的基本特性	17	参考文献	63
2.5.2 多普勒频移	17	第4章 抗衰落技术	64
2.5.3 多径信道的信道模型	18	4.1 序	64
2.5.4 描述多径信道的主要参数	20	4.2 分集技术	65
2.5.5 多径信道的统计分析	26	4.2.1 宏观分集	65
2.5.6 多径衰落信道的分类	30	4.2.2 微观分集的类型	66
2.5.7 衰落特性的特征量	31	4.2.3 分集的合并方式及性能	68
2.6 电波传播损耗预测模型	32	4.2.4 性能比较	75
2.6.1 室外传播模型	33	4.2.5 分集对数字移动通信误码的 影响	76
2.6.2 室内传播模型	34	4.3 信道编码	77
习题与思考题	35	4.3.1 序	77
参考文献	36		
第3章 调制技术	37		
3.1 概述	37		

4.3.2 分组码	78	6.3 GSM 系统的信道	159
4.3.3 卷积码	80	6.3.1 物理信道与逻辑信道	159
4.3.4 Turbo 码	86	6.3.2 物理信道与逻辑信道的配置	162
4.4 均衡技术	89	6.3.3 突发脉冲	166
4.4.1 基本原理	89	6.3.4 帧偏离、定时提前量与半速率信道	168
4.4.2 非线性均衡器	93	6.4 GSM 的无线数字传输	169
4.4.3 自适应均衡器	96	6.4.1 GSM 系统无线信道的衰落特性	169
4.5 扩频通信	98	6.4.2 GSM 系统中的抗衰落技术	170
4.5.1 伪噪声序列	98	6.4.3 GSM 系统中的语音编码技术	175
4.5.2 扩频通信原理	102	6.4.4 GSM 系统中语音处理的一般过程	176
4.5.3 抗多径干扰和 RAKE 接收机	105	6.5 GSM 的信令协议	176
4.5.4 跳频扩频通信系统	108	6.5.1 GSM 的无线信令接口协议	177
习题与思考题	111	6.5.2 GSM 的地面信令接口协议	180
参考文献	112	6.6 接续和移动性管理	180
第 5 章 蜂窝组网技术	113	6.6.1 概述	180
5.1 移动通信网的基本概念	113	6.6.2 位置更新	181
5.2 频率复用和蜂窝小区	114	6.6.3 呼叫建立过程	183
5.3 多址接入技术	117	6.6.4 越区切换与漫游	189
5.4 码分多址关键技术	122	6.6.5 安全措施	192
5.4.1 扩频通信基础	122	6.6.6 计费	195
5.4.2 地址码技术	128	6.7 通用分组无线业务	195
5.4.3 扩频码的同步	131	6.7.1 概述	195
5.5 蜂窝移动通信系统的容量分析	135	6.7.2 GPRS 的业务	196
5.6 切换、位置更新	139	6.7.3 GPRS 的网络结构及其功能描述	197
5.6.1 切换技术	139	6.7.4 GPRS 的移动性管理和会话管理	202
5.6.2 位置更新	142	6.7.5 GPRS 的空中接口	205
5.7 无线资源管理技术原理	142	6.8 CDMA IS-95 系统	206
5.7.1 概述	142	6.8.1 CDMA IS-95 工作频段和系统时间	207
5.7.2 接纳控制	144	6.8.2 CDMA IS-95 前向链路	208
5.7.3 动态信道分配	145	6.8.3 CDMA IS-95 反向链路	209
5.7.4 负载控制	146	6.8.4 CDMA IS-95 中的功率控制技术	
5.7.5 分组调度	147		
5.8 移动通信网络结构	149		
习题与思考题	153		
参考文献	153		
第 6 章 GSM 和 CDMA IS-95 系统	154		
6.1 GSM 系统的业务及其特征	155		
6.2 GSM 系统的结构	158		

术	211	习题与思考题	279
6.8.5 CDMA IS-95 中的软切换		参考文献	280
技术	217	第 8 章 无线网络规划与优化基础	281
习题与思考题	221	8.1 无线网络规划与优化的必要性	
参考文献	222	与基本内容	281
第 7 章 cdma2000 1x、WCDMA 和		8.2 无线网络规划与优化的基本	
TD-SCDMA 系统	223	原理	282
7.1 cdma2000 1x 系统	223	8.2.1 规划与优化两者之间的	
7.1.1 概述	223	分工	282
7.1.2 cdma2000 体系结构	224	8.2.2 网络规划与设计的基本	
7.1.3 cdma2000 空中接口概述	230	原理	284
7.1.4 cdma2000 1x 空中接口		8.3 无线网络规划	285
物理层	235	8.3.1 无线网络规划的内涵	285
7.1.5 cdma2000 1x 空中接口		8.3.2 网络规划原则和应该注意的	
第 2 层	246	问题	288
7.1.6 cdma2000 1x 空中接口		8.3.3 无线网络规划流程及其系统	
第 3 层	248	设计与调整	289
7.1.7 cdma2000 1x 中的功率控制		8.3.4 CDMA 规划所遇到的问题	293
与系统切换	249	8.4 无线网络优化	293
7.1.8 cdma2000 1x 网络技术概述	253	8.4.1 无线网络优化的内涵	294
7.2 WCDMA 系统	256	8.4.2 无线网络优化流程	296
7.2.1 WCDMA 的标准体系	257	8.4.3 CDMA 网络优化措施	398
7.2.2 WCDMA 的信道结构	259	8.4.4 CDMA 系统中存在的最优	
7.2.3 WCDMA 的扩频和调制		化配置问题	304
技术	263	习题与思考题	307
7.2.4 WCDMA 的信道编码、功率		参考文献	308
控制和切换	266	第 9 章 无线移动通信未来发展	309
7.2.5 WCDMA 的网络结构	272	9.1 IMT-2000 增强系统	309
7.3 TD-SCDMA 系统	274	9.1.1 概述	309
7.3.1 TD-SCDMA 概述	274	9.1.2 LTE 系统	310
7.3.2 TD-SCDMA 系统的关键		9.2 IMT-Advanced 系统	316
技术	275	9.2.1 概述	316
7.3.3 TD-SCDMA 系统的网络		9.2.2 标准化现状	319
结构	277	9.2.3 热点技术	319
7.3.4 TD-SCDMA 系统的帧结构	277	习题与思考题	321
7.3.5 信道编码和调制方式	278	参考文献	321
7.3.6 TD-SCDMA 系统中的无线		附录 缩写索引	323
资源管理	278		

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，主要包括移动通信的发展过程、特点、工作方式及其应用系统。

要求

- 重点掌握移动通信的概念、特点。
- 了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（wherever）与任何人（whoever）进行任何种类（whatever）的信息交换。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他服务。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”，形成所谓的万能个人通信网（Universal Personal Telecommunications, 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，个人通信的愿望无法实现。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

移动通信的发展进程时不得不提起 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)、欧洲的 TACS (Total Access Communication System) 等。我国建设移动通信系统的初期主要就是引入了这两类系统。

然而，移动通信市场的飞速发展，对移动通信技术提出了更高的要求。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，使得模拟系统无法满足人们的需求。为此，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，称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存在的许多缺陷，因此 2G 系统一经推出就备受注目，发展迅猛。我国的 2G 移动通信网在短短十几年内就发展成为世界范围最大的移动通信网，完全取代了模拟移动通信系统。在当今的数字蜂窝移动通信系统中，最有代表性的是 GSM 系统和 CDMA 系统。目前，这两大系统在世界数字移动通信市场占据了主要份额。

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 是全世界最大的移动网，占移动通信市场的大部分份额。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采用了不同的蜂窝标准，对用户来讲，不能用一种制式的移动台在整个欧洲进行通信。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，即现在的 GSM 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，美国电信工业协会（TIA）开始准备 CDMA 的标准化。1995 年正式的 CDMA 标准出台了，即 CDMA 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，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）语音激活技术；（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。当今的 3G 技术大多采用了 CDMA 无线接入方式。

尽管基于语音业务的移动通信网已经足以满足人们对语音移动通信的需求，但是随着人们对数据通信业务的需求日益增高，特别是 Internet 的发展大大推动了对数据业务的需求，人们已不再满足以语音业务为主的移动通信网所提供的服务了。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语音业务。在这种情况下，移动通信网所提供的以语音为主的业务已不能满足人们的需要了。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

网络和适合数据业务的协议，使系统可以较高效率地传送数据业务，如目前的 GPRS 就是这样的系统，现在已在我国组网并投入商用。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。当今人们定义的第三代移动通信系统才能基本满足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，用户不再限制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，并能与第二代系统共存和互通，结构开放，易于引入新技术。

(3) 能提供高质量的多媒体业务，包括高质量的语音、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，真正实现个人移动性。

为实现上述目标，对无线传输技术提出了以下几个方面要求。

(1) 高速传输以支持多媒体业务。

- 室内环境至少 2Mbit/s。
- 室外步行环境至少 384kbit/s。
- 室外车辆环境至少 144kbit/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 Project 2, 第三代合作伙伴计划 2) 的标准发展历程可以清晰地看出 3G 演进路线。

3GPP 标准的演进如图 1.1 所示。

3GPP 的网络演进是分阶段地平滑演进。R99 系统考虑到了对 GSM 的兼容，现有的 2G 用户和 3G R99 用户会继续把他们的业务通过电路交换域 (CS 域) 和分组交换域 (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，并在基站子系统模块 (Base Station Subsystem, 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 IP 多媒体子系统 (IP Multimedia Subsystem, IMS)，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 5MHz 的信道带宽内提供最高 14.4M 的下行数据传输速率。随后，又在 R6 中引入了上行链路增强技术，即 HSUPA 技术，

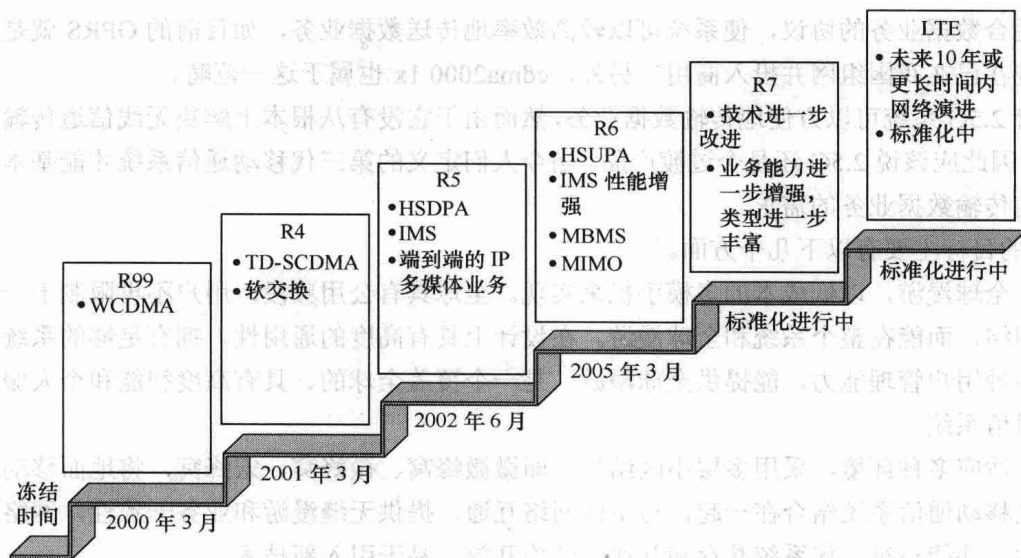


图 1.1 3GPP 标准演进历程

可在 5MHz 信道带宽内提供最高 5.8Mbit/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，进一步改进和增强现有 3G 技术以提高其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——3G LTE (Long Term Evolution) 计划。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 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的审批，目前 LTE 正处于修订阶段，此后将被纳入即将推出的 3GPP R8 之中。

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

3GPP2 标准的演进如图 1.2 所示。

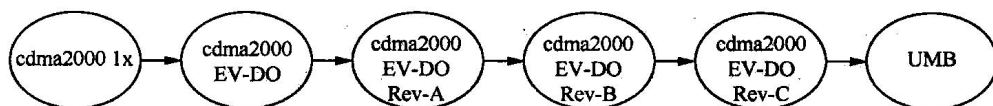


图 1.2 3GPP2 的演进路线

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 网过渡。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空中接口演进 (Air Interface Evolution, AIE) 将分阶段 1 和阶段 2 两个阶段进行演进。其中阶段 1 完成多载波高速分组数据 (High Rate Packet Data, HRPD) 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 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 100~500Mbit/s；反向链路支持 50~150Mbit/s，同时降低系统时延。2007 年最新推出的 cdma2000 演进升级版本 UMB (超移动宽带) 空中接口规范将采用 OFDMA (正交频分多址)、MIMO (多输入多输出)、LDPC

(低密度奇偶校验码)等先进技术,并支持全IP业务。

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。

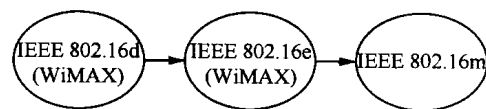


图 1.3 WiMAX 的演进

WiMAX 的演进如图 1.3 所示。

在 WiMAX 系列标准中,IEEE 802.16d 和 IEEE 802.16e 是核心标准,但随着技术的演进和标准的不断完善,这两大标准已经发展成为不兼容的两种技术。IEEE 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 等技术。IEEE 802.16e 可以使用不同的载波带宽,从 1.75~20MHz 不等,例如载波带宽为 10MHz 时,单用户速率可以达到 30 Mbit/s,可以支持 120km/h 的移动速度。

IEEE 802.16e 不仅具备 IEEE 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,IEEE 802.16e 更为广泛。因此,IEEE 802.16e 将成为 WiMAX 标准的主流,甚至会用于固定接入。

随着 IEEE 802.16d 和 IEEE 802.16e 技术逐渐走向商用,IEEE 802.16 工作组开始研究 WiMAX 下一步的演进路线,为此成立了 IEEE 802.16m 工作组,并于 2006 年底获得 IEEE 的正式批准。IEEE 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,传输目标是在固定状态下传输速率达到 1Gbit/s,移动状态下达到 100Mbit/s。

移动通信的进一步演进方向是 IMT-Advanced 或称 4G,无论是 LTE 还是 UMB 以及 IEEE 802.16m,向后再演进都是向 IMT-Advanced 演进。对于 IEEE 802.16m 来说,由于它的方案与 4G 的演进方案的本质区别较小,两者可以适当融合,所以 IEEE 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的网络,4G 的网络结构将是一个采用全 IP 的网络结构。也就是说,它不仅核心网采用 IP 网结构,整个无线接口也采用 IP 技术。4G 网络要采用许多新的技术和新的方法来支撑,包括自适应调制和编码技术(Adaptive Modulation and Coding, AMC)、自适应混合(ARQ)技术、MIMO 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技术等。另外,为了使 4G 与各种通信网融合,必须使 4G 网络支持多协议。

目前还没有一个 4G 网络的标准结构,不过通过人们的不懈研究,已经对 4G 网络有了一个初步的勾画。图 1.4 所示为 4G 网络结构。

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

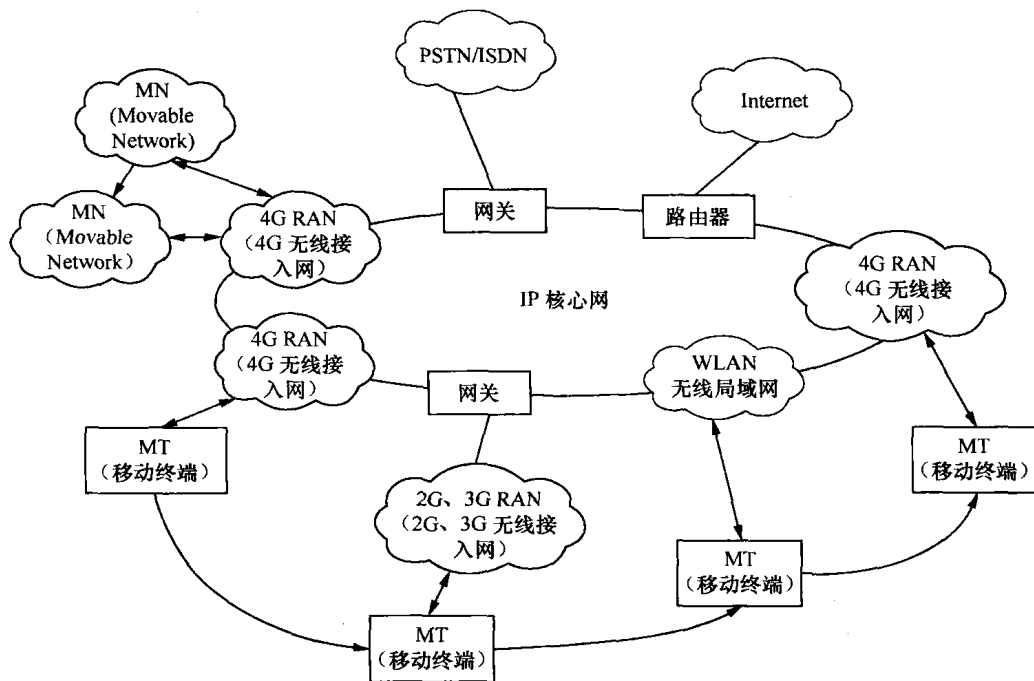


图 1.4 4G 网络结构

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。

移动的网络（Movable Network, MN）：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 地址。当 4G 网络与其他网络连接时，如 PSTN/ISDN，则需要网关进行连接。另外，与传统的 2G、3G 接入网连接时也需要相应的网关。

由上述结构可以看出，4G 网络应该是一个无缝连接（Seamless Connection）的网络，也就是说各种无线和有线网都能以 IP 为基础连接到 IP 核心网。当然，为了与传统的网络互联则需要用网关建立网络的互联，所以将来的 4G 网络将是一个复杂的多协议网络。

1.2 移动通信的特点和应用系统

1.2.1 移动通信的特点

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。显然，这是一种在人们生活和工作中非常实用的通信方式。例如，固定点与移动体（汽车、轮船、飞机）之间、移动体与移动体之间、人与活动中的人或人与移动体之间的信息传递，都属于移动通信。

移动通信系统包括无绳电话、无线寻呼、陆地蜂窝移动通信、卫星移动通信系统等。移动体之间通信联系的传输手段只能依靠无线电。因此，无线通信是移动通信的基础，而无线通信技术的发展将推动移动通信的发展。当移动体与固定体之间通信联系时，除依靠无线通信技术外，还依赖于有线通信网络技术，例如公众电话网（PSTN）、公众数据网（PDN）、综合业务数字网（ISDN）。

移动通信的主要特点有如下几个方面。

1. 移动通信利用无线电波进行信息传输

移动通信中基站至用户间必须靠无线电波来传送信息。然而无线传播环境十分复杂，导致无线电波传播特性一般很差。传播的电波一般是直射波和随时间变化的绕射波、反射波、散射波的叠加，这就造成所接收信号的电场强度起伏不定，最大可相差 20~30dB，这种现象称为衰落。另外，移动台不断运动，当达到一定速度时，固定点接收到的载波频率将随运动速度 v 的不同产生不同的频移，即产生多普勒效应，使接收点的信号场强振幅、相位随时间、地点而不断地变化，严重影响通信的质量。这就要求在设计移动通信系统时，必须采取抗衰落措施，保证通信质量。

2. 移动通信在强干扰环境下工作

在移动通信系统中，除了一些外部干扰（如城市噪声、各种车辆发动机点火噪声、微波炉干扰噪声等）外，自身还会产生各种干扰。主要的干扰有互调干扰、邻道干扰及同频干扰等。因此，无论是在系统设计中还是在组网时，都必须对各种干扰问题予以充分的考虑。

（1）互调干扰

互调干扰是指两个或多个信号作用在通信设备的非线性器件上，产生同有用信号频率相近的组合频率，从而对通信系统构成干扰的现象。产生互调干扰的原因是由于在接收机中使用了“非线性器件”，如接收机的混频，当输入回路的选择性不好时，就会使不少干扰信号随有用信号一起进入混频级，最终形成对有用信号的干扰。

（2）邻道干扰

邻道干扰是指相邻或邻近的信道（或频道）之间的干扰，是一个强信号串扰弱信号而造成的干扰。如当两个用户距离基站位置差异较大，且这两个用户所占用的信道为相邻或邻近信道时，距离基站近的用户信号较强，而远的用户信号较弱，那么，距离基站近的用户有可能对距离远的用户造成干扰。为解决这个问题，在移动通信设备中使用了自动功率控制电路，以调节发射功率。

（3）同频干扰

同频干扰是指相同载频电台之间的干扰。蜂窝式移动通信采用同频复用来规划小区，这就使系统中相同频率的电台之间的同频干扰成为其特有的干扰。这种干扰主要与组网方式有关，在设计和规划移动通信网时必须予以充分的重视。

3. 通信容量有限

频率作为一种资源，必须合理安排和分配。由于适于移动通信的频段仅限于 UHF（超高频）和 VHF（甚高频），所以可用的通道容量是极其有限的。为满足用户需求量的增加，只能在有限的已有频段中采取有效利用频率的措施，如窄带化、缩小频带间隔、频道重复利用等方法。目前常使用频道重复利用的方法来扩容，增加用户容量。每个城市要做出长期扩容的规划，以利于今后发展的需要。

4. 通信系统复杂

由于移动台在通信区域内随时运动，需要随机选用无线信道进行频率和功率控制、地址登记、越区切换及漫游存取等，这就使其信令种类比固定网要复杂得多，在入网和计费方式上也有特殊

的要求，所以移动通信系统是比较复杂的。

5. 对移动台的要求高

移动台长期处于不固定位置状态，外界的影响很难预料，如尘土、振动、碰撞、日晒雨淋，这就要求移动台具有很强的适应能力。此外，还要求性能稳定可靠、携带方便、小型、低功耗以及能耐高、低温等。同时，要尽量使用户操作方便，适应新业务、新技术的发展，以满足不同人群的使用。这给移动台的设计和制造带来很大困难。

1.2.2 移动通信的应用系统

移动通信的应用系统大致包括以下几种。

1. 蜂窝式公用陆地移动通信系统

蜂窝式公用陆地移动通信系统适用于全自动拨号、全双工工作、大容量公用移动陆地网组网，可与公用电话网中任何一级交换中心相连接，实现移动用户与本地电话网用户、长途电话网用户及国际电话网用户的通话接续；与公用数据网相连接，实现数据业务的接续。这种系统具有越区切换、自动或人工漫游、计费及业务量统计等功能。

2. 集群调度移动通信系统

集群调度移动通信系统属于调度系统的专用通信网。这种系统一般由控制中心、总调度台、分调度台、基地台及移动台组成。

3. 无绳电话系统

无绳电话最初是为满足有线电话用户的需求而诞生的，初期主要应用于家庭。这种无绳电话系统十分简单，只有一个与有线电话用户线相连接的基站和随身携带的手机，基站与手机之间利用无线电沟通。

但是，无绳电话很快得到商业应用，并由室内走向室外。这种公用系统由移动终端（公用无绳电话用户）和基站组成。基站通过用户线与公用电话网的交换机相连接而进入本地电话交换系统。通常在办公楼、居民楼群之间、火车站、机场、繁华街道、商业中心及交通要道设立基站，形成一种微蜂窝或微微蜂窝网，无绳电话用户只要看到这种基站的标志，就可使用手机呼叫。这就是所谓的“Telepoint”（公用无绳电话）。

4. 无线电寻呼系统

无线电寻呼系统是一种单向通信系统，既可作公用也可作专用，仅规模大小有差异而已。专用寻呼系统由用户交换机、寻呼控制中心、发射台及寻呼接收机组成；公用寻呼系统由与公用电话网相连接的无线寻呼控制中心、寻呼发射台及寻呼接收机组成。

5. 卫星移动通信系统

卫星移动通信系统是利用卫星中继，在海上、空中和地形复杂而人口稀疏的地区实现移动通信，具有独特的优越性，很早就引起人们的注意。最近 10 年来，以手持机为移动终端的非同步卫

星移动通信系统已涌现出多种设计及实施方案。其中,呼声最高的要算铱(Iridium)系统,它采用8轨道66颗星的星状星座,卫星高度为765km。另外还有全球星(Global star)系统,它采用8轨道48颗星的莱克尔星座,卫星高度约1400km;奥德赛(Odessey)系统,采用3轨道12颗星的莱克尔星座,中轨,高度为10000km;白羊(Aries)系统,采用4轨道48颗星的星状星座,高度约1000km;俄罗斯的4轨道32颗星的COSCON系统。除上述系统外,海事卫星组织推出了Inmarsat-P,实施全球卫星移动电话网计划,采用12颗星的中轨星座组成全球网,提供声像、传真、数据及寻呼业务。该系统设计可与现行地面移动电话系统联网,用户只需携带便携式双模式话机,在地面移动电话系统覆盖范围内使用地面蜂窝移动电话网,而在地面移动电话系统不能覆盖的海洋、空中及人烟稀少的边远山区、沙漠地带,则通过转换开关使用卫星网通信。

6. 无线 LAN/WAN

无线 LAN/WAN 是无线通信的一个重要领域。IEEE 802.11、IEEE 802.11a/IEEE 802.11b 以及 IEEE 802.11g 等标准已相继出台,为无线局域网提供了完整的解决方案和标准。随着需求的增长和技术的发展,无线局域网的应用越来越广,它的作用不再局限于有线网络的补充和扩展,已经成为计算机网络的一个重要组成部分。WLAN 技术是目前国内外无线通信和计算机网络领域的一大热点,并且正在成为一个新的经济增长点,对 WLAN 技术的研究、开发和应用也正在国内兴起。

本书主要讨论蜂窝式公用移动通信系统,对于其他系统的相关内容读者可参考有关文献资料。

1.3 本书的内容安排

移动通信的迅猛发展,给我们在内容选取和结构安排上提出了挑战。本书的宗旨是,以基础理论、基本技术作为基础,以实际移动应用系统作为重点,力图全面准确地介绍蜂窝移动通信的基础理论和系统。另外,尽量选取较新的资料和我们的一些研究成果为读者了解移动通信的发展以及新技术和方法提供帮助。具体安排如下。

第2章,将较全面地介绍移动通信的无线传播环境和传播预测模型。这部分内容是移动通信的基础,也是移动通信系统设计的关键因素。

第3章,介绍移动通信中的信源编码和调制解调技术。尽管这些技术在通信专业的先期课程有所介绍,不过这里将依据移动通信的特点和要求,重点介绍在移动通信系统中所采用的调制解调技术。

第4章,论述了在移动通信系统中的各种抗衰落和抗干扰技术以及链路自适应技术,为本书讲述移动应用系统提供必要的理论基础。

第5章,从移动通信网的角度,介绍了网络的组成基础和结构。

第6章,系统介绍了 GSM 系统的业务、网络组成、信道结构以及呼叫处理和移动性管理等技术。力求以此系统为例,使读者较全面地了解一个实际系统的运作过程。另外,还简单介绍了 GSM 的增强技术即 GPRS 系统的概念。同时,本章还系统介绍了 CDMA IS-95 系统。

第7章,对 3G 技术基础进行介绍,包括 3G 技术的三大标准的基本概念,即 cdma2000(主要是 cdma2000 1x)、WCDMA 和 TD-SCDMA。

第8章,介绍了无线网络规划和优化的基本概念。

第9章,对未来的一些新技术进行介绍。

习题与思考题

- 1.1 简述移动通信的特点。
- 1.2 移动台主要受哪些干扰影响？哪种干扰是蜂窝系统所特有的？
- 1.3 简述蜂窝式移动通信的发展历程，说明各代移动通信系统的特点。
- 1.4 移动通信的工作方式主要有几种？蜂窝式移动通信系统采用哪种方式？

参考文献

- [1] Willie W.Lu. 4G Mobile Reserch In Asia.IEEE Communication magazine, March 2003.
- [2] Toru Otsu, ichiro okajima. Network Architecture for Mobile Communications Systems Beyond IMT-2000. IEEE Personal Communications, October 2001.
- [3] Aurelian Bria, Fredrik Gessler. 4th-Generation Wireless Infrastructures Scenarios and Research Challenges. IEEE Personal Communications, December 2001.
- [4] 啜钢, 王文博, 常永宇等.移动通信原理与应用[M].北京: 北京邮电大学出版社, 2002.
- [5] 啜钢等. CDMA 无线网络规划与优化[M].北京: 机械工业出版社, 2004.
- [6] 杨大成等. cdma2000 1x 移动通信系统[M]. 机械工业出版社, 2003.1.