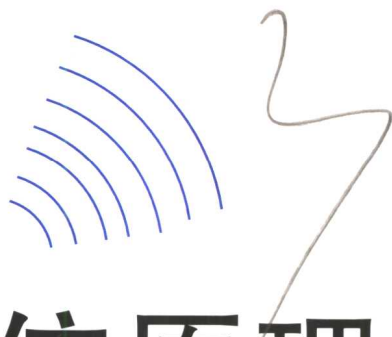


CDMA



无线通信原理

窦中兆 雷 湘 编著



清华大学出版社

CDMA 无线通信原理

窦中兆 雷 湘 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书全面深入地介绍了码分多址移动通信技术的相关基础理论,并重点讨论了第三代移动通信的各项关键技术。全书共分 11 章,涵盖了无线通信基础理论、码分多址通信系统基本原理、第三代移动通信系统的物理层及网络结构等内容,深入阐述了码分多址系统中的功率控制、软切换、Turbo 码以及多用户检测技术,最后就第四代移动通信的发展方向和可能用到的关键技术做了分析和预测。

本书语言流畅,内容翔实,既兼顾基础,又突出重点,适合从事移动通信行业的工程技术人员和研发人员阅读,亦可作为高等院校通信专业高年级本科生或研究生的教学用书。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

CDMA 无线通信原理/窦中兆,雷湘编著. —北京:清华大学出版社, 2004

ISBN 7-302-07917-X

I. C... II. ①窦... ②雷... III. 码分多址—宽带通信系统—理论 IV. TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 000300 号

出 版 者: 清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

责任编辑: 宋 韬

封面设计: 付剑飞

印 装 者: 北京市清华园胶印厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 19.25 字数: 445 千字

版 次: 2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-07917-X/TN·167

印 数: 1~4000

定 价: 32.00 元

前 言

自 20 世纪 70 年代末第一代移动通信系统面世以来,移动通信产业一直以惊人的速度迅猛发展。其中,码分多址移动通信以其容量大、频谱利用率高等诸多优点,显示出强大的生命力,引起人们的广泛关注,成为第三代移动通信的核心技术。

本书是一本全面介绍码分多址移动通信的专业书籍,之所以取名为《CDMA 无线通信原理》,意在表明本书在讲述 CDMA 原理的同时,亦兼顾了无线通信的基础知识。在论述第三代移动通信各项关键技术时,本书首要工作是对相关的基本概念做了澄清和概括,所以,由浅入深是本书的一个重要特点。另外,在内容选材上,尽可能做到完整详尽,且尽量使各章内容自成体系,相互连贯。

应该说,码分多址移动通信技术是博大而精深的,本书虽未面面俱到,但较全面地概括了其中获得广泛应用的各项技术。全书分为五大部分,第 1 章和第 2 章属于无线通信基础部分;第 3 章和第 4 章是码分多址基础理论部分;第 5 章到第 7 章是第三代移动通信主流标准分析部分;第 8 章到第 10 章是第三代移动通信关键技术部分;第 11 章是移动通信未来发展的展望部分。其中,第三代移动通信主流标准分析部分描述了 WCDMA 和 cdma2000 的物理层和网络技术;第三代移动通信关键技术部分包括功率控制和软切换技术、Turbo 码技术以及多用户检测技术。

本书既针对高等院校通信专业的学生——他们对于移动通信新技术的渴望是本书写作的动力源泉,还针对从事移动通信的专业人士和从业人员,为了适应不同层次的读者需要,建议那些对 CDMA 技术感兴趣但没有太多移动通信知识的读者阅读本书第 1 至第 11 章,而熟悉移动通信基础理论但并不熟悉 CDMA 技术的读者可直接从第 3 章开始阅读。对于具有 CDMA 技术基础的读者,相信您也能体会到本书内容的广度和深度,从详尽的理论分析中找到您想要的答案。

在此特别感谢杨大成教授以及张欣博士,他们为本书的面世提供了极其宝贵的帮助。本书有幸邀请到山东移动通信公司的李艳秋同志担任主审,感谢她对本书的审阅和倾力相助。同时,北京邮电大学无线通信中心的研究生王公仆、王国童、马敏、陈杰等为本书收集了珍贵的资料,还有谢赢、王晓鹏和李国庆等同志也为本书提供了重要帮助,

另外,参加本书策划和其他工作的还有:车晓、王信、马强、张勇、高鹏、刘立华、李静、何迎、郭利平、夏冬、隋炎、莫挺、巩辉、于进、梁奇、薛玲、吕腾飞、廖秀秀、霍松、赵讯、杜鹰、丁微、许洋等,在此一并表示感谢。

鉴于时间仓促,而且 CDMA 技术尚处于不断发展和完善之中,加之作者水平所限,文中难免有错误与疏漏,恳请各位专家、学者和热心读者给予批评指正。

窦中兆 雷 湘

2003 年 12 月于北京邮电大学

目 录

第1章 绪论	1
1.1 移动通信的演进以及未来发展趋势	1
1.1.1 第一代移动通信系统	2
1.1.2 第二代移动通信系统	3
1.1.3 第三代移动通信系统	4
1.1.4 移动通信未来的发展趋势	10
1.2 多址技术的分类与比较	13
1.2.1 频分多址(FDMA)	14
1.2.2 时分多址(TDMA)	15
1.2.3 码分多址(CDMA)	16
1.2.4 无线通信的工作方式	18
1.3 本书的结构介绍和内容安排	19
思考题	21
第2章 无线通信基础理论	22
2.1 蜂窝通信基础理论	22
2.1.1 蜂窝通信的由来	22
2.1.2 蜂窝的基本概念	23
2.1.3 蜂窝小区的频率复用	24
2.1.4 蜂窝小区的干扰分析	26
2.1.5 频谱利用率	30
2.1.6 提高容量的方式——扇区化和小区分裂	31
2.2 无线传播环境和无线信道	33
2.2.1 无线传播环境	33
2.2.2 无线信道的特点	39
思考题	43
第3章 CDMA 技术基础	44
3.1 扩频通信原理	44
3.1.1 扩频通信的基本概念	44
3.1.2 扩频通信系统的分类	45
3.1.3 扩频通信的重要参数	47
3.1.4 扩频通信的主要特点	48
3.2 码序列	49
3.2.1 码序列基本知识	49
3.2.2 m 序列	52
3.2.3 Gold 序列	58

3.2.4 Walsh 码序列	59
3.3 调制技术	65
3.3.1 振幅键控	66
3.3.2 移频键控	66
3.3.3 移相键控	68
3.4 卷积码	75
3.5 交织技术	78
3.5.1 交织的基本概念	79
3.5.2 IS-95 前向链路同步信道的交织器	80
小结	81
思考题	81
第 4 章 IS-95 技术基础	82
4.1 IS-95 概述	82
4.1.1 IS-95 标准简介	82
4.1.2 几个基本概念	85
4.1.3 码分多址系统的特点	87
4.2 IS-95 前向链路信道	91
4.2.1 前向导频信道	92
4.2.2 前向同步信道	93
4.2.3 前向寻呼信道	94
4.2.4 前向业务信道	96
4.2.5 前向链路信道结构总结	99
4.3 IS-95 反向链路信道	99
4.3.1 反向接入信道	100
4.3.2 反向业务信道	102
4.3.3 反向链路信道结构总结	104
小结	105
思考题	105
第 5 章 CDMA 系统的物理层技术	106
5.1 cdma2000 的物理层技术	106
5.1.1 cdma2000 物理层概述	107
5.1.2 cdma2000 系统扩频调制的基本概念	113
5.1.3 cdma2000 系统物理信道的结构	120
5.1.4 cdma2000 物理层小结	134
5.2 WCDMA 的物理层技术	135
5.2.1 WCDMA 物理层概述	137
5.2.2 WCDMA 信道编码与复用	139
5.2.3 WCDMA 系统扩频与调制	148
5.2.4 WCDMA 系统物理层小结	161

小结	162
思考题	162
第 6 章 cdma2000 系统的网络技术	163
6.1 cdma2000 系统的网络参考模型	163
6.1.1 cdma2000 网络参考模型概述	163
6.1.2 无线接入网	166
6.1.3 交换子系统	167
6.1.4 核心网电路域	175
6.1.5 核心网分组域	175
6.2 cdma2000 的分组域网络技术	176
6.2.1 移动 IP 概述	176
6.2.2 cdma2000 分组域网络概述	179
6.2.3 简单 IP 技术	181
6.2.4 移动 IP 技术	183
6.2.5 移动 IP 和简单 IP 的比较	186
小结	187
思考题	187
第 7 章 cdma2000 1xEV-DV 技术	188
7.1 cdma2000 1xEV-DV 技术简介	188
7.1.1 cdma2000 1xEV-DV 发展背景	188
7.1.2 cdma2000 1xEV-DV 基本要求	189
7.2 cdma2000 1xEV-DV 物理信道的结构	190
7.2.1 1xEV-DV 前向链路物理信道	191
7.2.2 1xEV-DV 反向链路物理信道	192
7.3 cdma2000 1xEV-DV 的主要技术特点	194
7.3.1 准正交互补 Turbo 码(QCTC)	194
7.3.2 异步自适应递增冗余技术(A ² IR)	197
7.3.3 功率控制和速率控制相结合	200
7.3.4 灵活的调度算法	201
小结	202
思考题	202
第 8 章 功率控制和软切换技术	203
8.1 功率控制技术	203
8.1.1 功率控制技术概述	204
8.1.2 功率控制方法及模型	208
8.1.3 CDMA 系统中的功率控制	211
8.2 软切换技术	218
8.2.1 切换技术概述	219
8.2.2 CDMA 系统中的软切换技术	223

小结	228
思考题	228
第 9 章 多用户检测技术	229
9.1 多用户检测技术概述	229
9.1.1 传统单用户检测技术分析	229
9.1.2 多用户检测技术的基本概念	236
9.2 线性多用户检测器	238
9.2.1 最佳多用户检测器(OMUD)	239
9.2.2 解相关多用户检测器(DEC-MUD)	240
9.2.3 最小均方误差多用户检测器(MMSE-MUD)	242
9.3 非线性多用户检测器	244
9.3.1 串行干扰消除多用户检测器(SIC-MUD)	245
9.3.2 并行干扰消除多用户检测器(PIC-MUD)	246
小结	247
思考题	249
第 10 章 Turbo 码技术	250
10.1 Turbo 码技术概述	250
10.1.1 信道编码的基本原理	250
10.1.2 Turbo 码简介	255
10.2 Turbo 码编码结构	255
10.2.1 分量编码器(RSC)	256
10.2.2 交织器	257
10.2.3 删除器	257
10.3 Turbo 码译码结构	258
10.3.1 基于 MAP 算法的 Turbo 码迭代译码	259
10.3.2 基于 SOVA 算法的 Turbo 码迭代译码	262
10.3.3 Turbo 码译码小结	263
10.4 Turbo 码的应用	263
10.4.1 Turbo 码在 WCDMA 系统中的应用	263
10.4.2 Turbo 码在 cdma2000 系统中的应用	266
小结	270
思考题	270
第 11 章 “后 3G”移动通信的关键技术	272
11.1 MIMO 技术	272
11.1.1 分集技术回顾及 MIMO 技术的概念	273
11.1.2 MIMO 信道模型和容量	273
11.1.3 分层空时结构(BLAST)	275
11.1.4 空时编码	277
11.2 智能天线技术	280

11.2.1 智能天线技术简介·····	280
11.2.2 智能天线在通信领域中的应用·····	282
11.3 软件无线电技术·····	284
11.4 正交频分复用技术·····	285
小结·····	286
思考题·····	287
缩略语·····	288
参考文献·····	295

第1章 绪 论

本章学习要点：

- ★ 介绍移动通信的发展史及未来的趋势,熟悉从第一代到第三代移动通信的特点及主要标准。
- ★ 分析和比较各种多址技术,建立码分多址的初步概念。
- ★ 列举并分析码分多址系统的主要优点。

1.1 移动通信的演进以及未来发展趋势

1899年11月美国“圣保罗”号邮船在向东行驶时,收到了来自150公里外的怀特岛发来的无线电报,莫尔斯电码的嘀嘀嗒嗒声像婴儿呱呱坠地的啼哭声,向世人宣告:一个新生事物——“移动通信”就此诞生了。1900年1月23日,波罗的海霍格兰岛附近的一群遇难渔民通过无线电呼叫而得救,第一次证明了移动通信对人类的价值。随后的几十年间,移动通信发展比较缓慢,主要用于军政及民用的专网阶段。直到1974年,美国的贝尔实验室成功地提出了蜂窝(Cellular)的概念(详见参考文献[70]),从此移动通信进入了公众移动通信发展的新阶段。1978年,贝尔实验室成功地开发了AMPS(Advanced Mobile Phone System)系统,使得真正意义上的可以随时随地传输信息的大容量蜂窝移动通信系统得以实现。近20年来,移动通信事业发展迅速,远远超出了人们对它的预测,移动通信系统也经历了从第一代到第二代的过渡。当前,以支持高速数据传输为特点的第三代移动通信正在蓬勃兴起,第四代移动通信也已经进入了前期的研究阶段。纵观移动通信的发展历程,大都经过了提出方案、制定标准和商业运营三个阶段,如图1-1所示。

年份	1970~1979	1980~1989	1990~1999	2000~2009
第一代 (以AMPS为例)	提出方案 制定标准 商业运营			
第二代 (以GSM为例)		提出方案 制定标准 商业运营		
第三代 (IMT2000)			提出方案 制定标准 商业运营	
第四代				提出方案

图 1-1 移动通信的发展历程

本节的前三个部分将分别对第一代、第二代以及第三代移动通信系统的特点进行比较概括的描述,最后一部分将结合第四代移动通信的研究现状,对第三代通信以及移动通信的未来发展趋势做出预测。

1.1.1 第一代移动通信系统

第一代移动通信系统简称为 1G,以 1978 年美国贝尔实验室研究开发的模拟蜂窝移动通信系统——高级移动通信系统(AMPS)为标志。同一时期,英国、日本、德国以及北欧也分别开发了自己的第一代移动通信系统。第一代移动通信系统的标准主要有:美国的 AMPS(Advanced Mobile Phone System)、欧洲的 TACS(Total Access Communication System)、英国的 E-TACS(Extended TACS)、北欧的 NMT-450(Nordic Mobile Telephone 450)和 NMT-900、日本的 NTT(Nippon Telegraph and Telephone)和 JTACS/NTACS(Japanese TACS and Narrowband TACS)等。1987 年,中国首个 TACS 制式的模拟移动电话系统建成。之后,AMPS 系统也曾被引入中国。第一代移动通信系统的各个标准的主要系统参数如表 1-1 所示。

表 1-1 第一代移动通信系统各个标准的主要系统参数

各项指标	AMPS	NMT-450	NMT-900	NTT	TACS
信道数	2×416	180	1999	2×500	2×500
小区半径/km	2~20	1~40	0.5~20	2~20	2~20
频率复用因子	7,12	7,12	9,12	9,12	4,7,12,21
上行频段/MHz	825~845	453~457.5	890~915	860~885	890~915
下行频段/MHz	870~890	463~467.5	935~960	915~940	935~960
信道间隔/kHz	30	25	12.5	25	25
基站发射功率/W	100	50	100	25	100
移动台发射功率/W	3	15	6	5	7

由表 1-1 可以看出,世界各国开发的系统各不相同,分别采用不同的频带、不同的基站和移动台协议。制式的不统一限制了移动通信的长途漫游,使得第一代移动通信系统只能是一种区域性移动通信系统。第一代移动通信的主要特点归纳如下:

- 用户的接入方式采用频分多址(Frequency Division Multiple Access, FDMA)技术,当一个呼叫建立以后,该呼叫在呼叫结束以前一直占用这个频段。
- 调制方式为调频(Frequency Modulation, FM)。
- 业务种类单一,主要是话音业务。
- 系统的保密性差。
- 频谱效率较低,有限频谱资源和用户容量之间的矛盾十分突出。

正是由于第一代模拟移动通信系统存在着频谱利用率低、价格昂贵、设备复杂、业务种类有限、制式太多且不兼容等问题,同时,随着移动用户的增加系统容量的问题日益突出,以高容量、低功耗、全球漫游和具有切换能力为目标的第二代数字移动通信系统的研究就被排上了日程。

1.1.2 第二代移动通信系统

第二代移动通信系统简称为 2G, 相对于 1G 的频分多址来说, 主要采用数字式时分多址 (Time Division Multiple Access, TDMA) 和码分多址 (Code Division Multiple Access, CDMA) 技术, 同时也采用了数字化技术和新的调制方式。主要包括下面几种标准:

- 1991 年美国提出的 D-AMPS (Digital Advanced Mobile Phone System)。
- 1992 年欧洲推出的商用 GSM (Global System for Mobile Communication)。
- 1993 年日本提出的 PDC (Personal Digital Cellular)。
- 1993 年美国提出的 IS-95, 即 N-CDMA (Narrowband Code Division Multiple Access)。

第二代移动通信各种标准的主要系统参数如表 1-2 所示。

表 1-2 第二代移动通信系统各种标准的主要系统参数

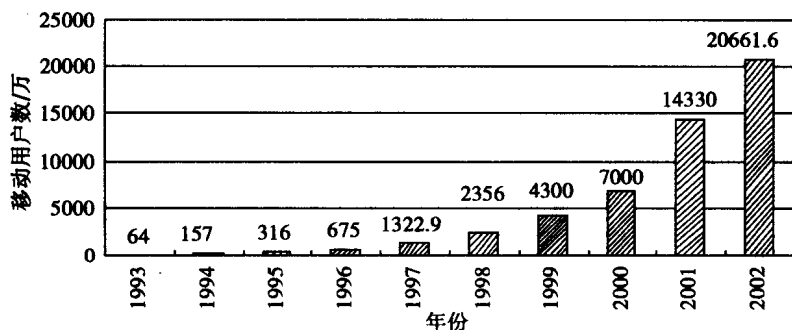
标准类型	GSM	IS-95	D-AMPS	PDC
上行频段/MHz	890~915	824~849	824~849	810~830 或 1429~1453
下行频段/MHz	935~960	869~894	869~894	940~960 或 1477~1501
调制方式	GMSK	OQPSK(上行) QPSK(下行)	$\pi/4$ QPSK	$\pi/4$ QPSK
载波带宽/kHz	200	1250	25	30
语音编码方式	RELTP-LTP	QCELP	VSELP	VSELP
信道编码方式	CRC+卷积码 ($r=1/2, k=5$)	CRC+卷积码 ($r=1/2, k=5$)	CRC+卷积码	CRC+卷积码
信道数据速率/kbps	270.833	1228.8	48.6	42
语音编码速率/kbps	13	8	8	6.7
多址方式	TDMA/FDMA	CDMA/FDMA	TDMA/FDMA	TDMA/FDMA

由于新的数字调制方式以及语音编码方式的应用, 加上采用了时分和码分多址等多项技术, 第二代移动通信相对于 1G 来说有了很大进步。第二代数字蜂窝系统除了能提供语音服务之外, 还能够提供短消息和低速数据业务服务。第二代数字移动通信主要具有下列优点:

- 频谱利用率高, 有利于提高系统容量。
- 采用了新的调制方式, 如: GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying)、QPSK (Quaternary Phase Shift Keying) 等。
- 能提供多种业务服务, 提高了通信系统的通用性。
- 抗噪声、抗干扰和抗多径衰落的能力强。
- 提高网络管理和控制的有效性和灵活性。
- 便于实现通信的安全保密。
- 可降低设备成本和减少用户手机的体积和重量。

当前, 第二代移动通信的发展远远超过了人们的预测, 移动用户的数量激增。自我国

于 1993 年建立第一个全数字移动电话 GSM 系统以来,中国移动和中国联通都相继建立了 GSM 运营系统,目前我国已经拥有了世界上最大的移动通信网络。值得注意的是,1999 年 4 月,国务院批准中国联通统一负责中国 CDMA 网络的建设、经营和管理,2000 年 9 月,CDMA 网络建设正式启动。到 2003 年上半年,中国联通 CDMA 用户已经突破 1300 万,CDMA 业务以其话音清晰、辐射小、掉线率低以及保密性能好等诸多优点,正逐步为广大用户所青睐,呈现良好的发展势头。从图 1-2 中对我国移动用户总数的统计中,我们可以清楚地看到我国移动通信近年来的发展状况。



注:统计资料来源于信息产业部电信研究院

图 1-2 我国移动电话用户总数统计

从图 1-2 可以看到,1993 年我国移动用户仅为 64 万,截至 2002 年底,我国移动用户总数已突破 2 亿,居世界第一位。我国移动通信目前仍以极高的速度在发展,据预测,到 2005 年我国移动通信用户将达到 3.5 亿,2008 年将达到 5 亿,2010 年将达到 6 亿。在频率资源容许的情况下,在 2010 年以前 2G 将继续向前发展。据有关专家分析,今后 3~5 年移动用户将继续保持两位数的增长,到 2005 年,移动终端的销售总额可达到 1200 亿元,市场潜力巨大。移动市场对中国 GDP(Gross Domestic Product,国内生产总值)所贡献的产值,到 2005 年将达到 3000 亿元,在全国 GDP 中占 8%~10%。

移动通信的巨大发展,除来源于市场的驱动外,还应该有相应的技术力量做后盾,以满足人们不断增长的需求。由于第二代移动通信只能提供传统的话音和低速数据业务,因此不能满足人们对于多媒体数据业务以及宽带化、智能化、个人化的综合全球通信业务的需求。同时,第二代移动通信系统也没有提供全球漫游的能力。而且,随着移动用户数量的激增,现有的系统也将远远不能满足用户容量发展的需要。因此,为解决上述矛盾而产生的第三代移动通信系统已经成为移动通信领域的一个热点。在接下来的一节中,我们将重点讲述第三代移动通信系统的主要内容以及各个标准的发展现状。

1.1.3 第三代移动通信系统

第三代移动通信系统简称 3G,又被国际电联(International Telecommunication Union,ITU)称为 IMT-2000(International Mobile Telecommunications in the year 2000),意指在 2000 年开始商用并工作在 2000MHz 频段上的国际移动通信系统。IMT-2000 的标准化工作开始于 1985 年,当时被国际电联称为未来陆地移动通信系统(the Future

Public Land Mobile Telecommunications System, FPLMTS), 1996 年更名为 IMT-2000, 在欧洲被称为通用移动通信系统(Universal Mobile Telecommunications System, UMTS)。第三代移动通信大致经过了以下的发展历程:

- 1985—1994 年明确概念和目标, 提出 FPLMTS。
- 1991 年, ITU-R 正式成立 TG8/1 工作组, 负责标准的制定。
- 1992 年, WARC92 在 2GHz 频段上分配了 230MHz 给 FPLMTS 使用。
- 1992—1998 年, 确定评估方法和程序。
- 1998 年 6 月 30 日前征集 IMT2000-RTT 技术方案。
- 1998 年 7 月—1999 年 3 月, 评选确定方案和基本参数。
- 1999 年 3 月, 完成 IMT-2000 关键参数部分的标准化。
- 1999 年 11 月, 完成 IMT-2000 的技术规范部分。
- 2000 年, 完成 IMT-2000 的全部网络规范。

1992 年世界无线电行政大会(World Administrative Radio Conference, WARC)根据 ITU-R 对于 IMT-2000 的业务量和所需频谱的估计, 划分了 230MHz 带宽给 IMT-2000, 1885MHz~2025MHz 以及 2110MHz~2200MHz 频带在全球基础上可用于 IMT-2000 的业务。1980MHz~2010MHz 和 2170MHz~2200MHz 为卫星移动业务频段共 60MHz, 其余 170MHz 为陆地移动业务频段, 其中对称频段是 $2 \times 60\text{MHz}$, 不对称频段是 50MHz。

与现有的第二代移动通信系统相比, 第三代移动通信除了能提供话音业务之外, 还可以方便地进行网页浏览、收发电子邮件、使用可视电话、视频点播等多媒体业务。IMT-2000 的关键特性和目标是提供全球无缝覆盖, 并且提供全球漫游业务。其目标主要包括以下五个方面的:

① 全球漫游。用户不再被限制于一个地区和一个网络, 而能在整个系统和全球漫游, 这意味着真正地实现了随时随地的个人通信。

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。

③ 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、高分辨率的图象等多种业务。

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。质量和保密功能对这一代移动通信技术提出更高的要求。

⑤ 便于过渡、演进。由于第三代移动通信引入时, 第二代网络已具有相当规模, 所以第三代网络应能在第二代网络的基础上逐渐灵活演进而成, 并应与固定网兼容。

为实现上述目标, IMT-2000 对无线传输技术提出了以下要求:

- 高速率的数据传输以支持多媒体业务: 室内环境至少 2Mbps, 室外步行环境至少 384kbps, 室外车辆环境至少 144kbps。
- 传输速率按需分配。
- 上下行链路能适应不对称业务的需求。
- 简单的小区结构和易于管理的信道结构。
- 灵活的频率和无线资源的管理。

1998 年 6 月, 各国标准化组织向国际电联提交了各自的无线传输技术候选方案, 共

有 16 种,包括 10 种地面技术和 6 种卫星技术。在上述技术当中,以码分多址技术作为第三代移动通信的主要候选多址技术。其中,最有代表性的主流技术有三种,分别是:cdma2000 技术、WCDMA 技术和 TD-SCDMA 技术。其中,cdma2000 是由美国提出的方案,WCDMA 是欧洲和日本支持的方案,我国提出的 TD-SCDMA 采用了 TDMA 和 CDMA 混合接入方案。这三种无线传输技术的具体技术参数如表 1-3 所示。

表 1-3 主要无线传输技术的具体技术参数

各项指标	WCDMA	cdma2000	TD-SCDMA
扩频类型	单载波直接序列扩频 CDMA	多载波和直接序列扩频两种 CDMA	时分同步 CDMA
最小带宽/MHz	5	1.25 的 1,3,6,9,11 倍	1.6
码片速率/Mcps	3.84	1.2288/3.6864	1.28
帧长/ms	10	20,5	10
功率控制速度/Hz	1500	800	1400
语音编码器	AMR	可变速率声码器	AMR
调制方式	上行:BPSK 下行:QPSK	上行:BPSK 下行:QPSK	上行:8PSK 下行:QPSK
双工方式	FDD/TDD	FDD	TDD
基站间同步	异步(不需 GPS)	同步(需 GPS)	同步(主从同步)

和第二代 CDMA 系统相比,第三代系统采用了更宽的带宽和更高的码片速率。在提交给 ITU 有关 IMT-2000 的方案中,几乎所有的方案使用的带宽在名义上都是 5MHz。一方面,这是因为用 5MHz 带宽可以在合理用户容量的前提下提供 144kbit/s 和 384kbit/s 的数据速率,以及在一定条件下提供 2Mbit/s 的数据速率;另一方面,宽带系统本身具有频率分集作用,比窄带系统能更好地克服多径衰落,改善通信质量,改善载波特性。例如,通过提高码片速率,可以缩短码片周期,进而提高时间的分辨能力,增加在多径环境下接收合成波的有效路径。由于 IMT-2000 的无线技术与第二代有很大的差异(采用宽带码分多址技术),因此在由第二代向第三代发展过程中存在多种过渡方案。典型过渡方案的如图 1-3 所示。

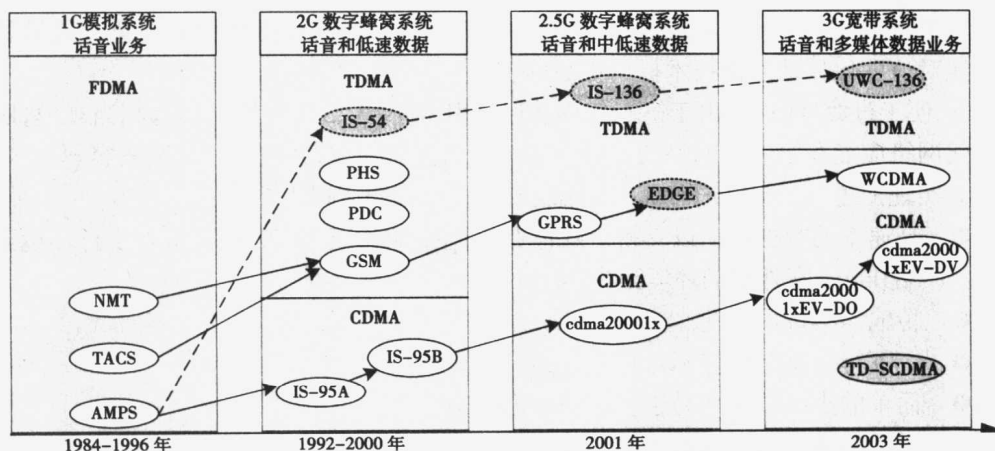


图 1-3 第三代移动通信中的典型过渡方案

由图 1-3 可以看到,为了顺利地由第二代过渡到第三代移动通信系统,GPRS(General Packet Radio Service,通用分组无线业务)和 cdma2000 1x 的过渡方案中引进 2.5G 的概念。在这里,先简单介绍图 1-3 中出现的几种技术的基本概念,让读者对它们有一个概念性的了解。关于 WCDMA、cdma2000 1xEV-DO 以及 cdma2000 1xEV-DV 技术的具体细节,将分别在后续的各章中进行介绍。

1. 我国第三代移动通信的频率规划

2002 年 10 月,信息产业部颁布了关于我国第三代移动通信的频率规划,如表 1-4 所示。

表 1-4 我国第三代移动通信的频率规划

频率范围/MHz	工作模式	业务类型	备 注
1920~1980/2110~2170	频分双工(FDD)模式	陆地移动业务	主要工作频段
1755~1785/1850~1880	频分双工(FDD)模式	陆地移动业务	补充工作频段
1880~1920/2010~2025	时分双工(TDD)模式	陆地移动业务	主要工作频段
2300~2400	时分双工(TDD)模式	陆地移动业务	补充工作频段,无线电定位业务共用,均为主要业务,共用标准另行制定
825~835/870~880 885~915/930~960 1710~1755/1805~1850	频分双工(FDD)模式	陆地移动业务	之前规划给中国移动和中国联合通信有限公司的第三代移动通信系统使用频段,上下行频率不变
1980~2010/2170~2200	卫星移动业务		

2. GPRS 技术

GPRS 是 GSM phase2+ 阶段提供的一种基于分组交换和分组传输方式的新的承载技术,它能够实现从空中接口到外部网络之间的分组数据传输,可以接入基于 TCP/IP 的外部网络和 X.25 网络,可以给 GSM 用户提供移动环境下的高速数据业务服务,还可以提供收发电子邮件、浏览网页等业务。GPRS 采用与 GSM 同样的无线调制标准、频带、突发结构和 TDMA 帧结构。GPRS 的主要特点是:

- 向用户提供从 9.6kbps 到多于 171.2kbps 的接入速率。
- 更为有效地利用无线资源,可动态地向单个用户分配位于同一载频上的 1~8 个时隙。
- 无线接口资源可根据业务流量和运营者的选择在语音和数据业务之间共享。
- 支持上行和下行的非对称传输,更为有效地实现和 IP 网络的互通,从协议结构上提供了与 IP 网络的互通功能,更为便捷地实现和 X.25 网络的互通。

GPRS 业务给运营商带来了更多的机会,使得运营商可以向用户提供更多更优质的增值业务,并且延长了 GSM 的生存周期。它能够提高无线资源的利用率。在保证话音

业务质量的同时,利用无线信道的空闲资源提供分组业务。运营商将从 IP 业务的迅猛发展中得到更多的商机。GPRS 是一个非常复杂的系统,决非一小节的篇幅可以尽述。如果想更加系统地了解 GPRS,最好的方法莫过于阅读欧洲电信标准协会(European Telecommunications Standards Institute,ETSI)的 GSM 03.60 协议。

3. EDGE 技术

EDGE(Enhanced Data rate for GSM Evolution,增强型数据速率的 GSM 演化方案)是现有 GSM 系统与第三代移动通信系统之间的一种过渡性数据通信技术。它提供了一个从 GPRS 到第三代移动通信的过渡性方案,从而使现有的网络运营商可以最大限度地利用现有的无线网络设备,在第三代移动网络商业化之前为用户提供个人多媒体通信业务。它是由爱立信公司于 1997 年第一次向 ETSI 提出的,同年,ETSI 批准了 EDGE 的可行性研究。EDGE 充分利用了现有的 GSM 资源,保护了对 GSM 作出的投资,目前 GSM 系统中已有的大部分设备都可以继续在 EDGE 系统中使用。

和 GSM 系统相比,EDGE 主要具有如下特点:

- 系统操作更加灵活。

EDGE 采用了更加灵活的系统操作方式,具体包括:支持基站间的异步操作,支持自适应天线技术与多用户检测技术,支持非对称频带下采用时分双工的模式。

- 数据传输方式多样。

EDGE 可以同时支持分组交换和电路交换两种数据传输方式,其支持的分组数据服务每时隙速率高达 11.2kbps~69.2kbps,支持所有业务的多时隙通信得到的速率是单时隙通信的 8 倍,用于分组数据服务的峰值无线通信速率可高达 554kbps。另外,EDGE 通过使用一个每时隙 28.8kbps 的高速无线接口来支持电路交换服务。

- 通信系统性能更好。

EDGE 具有更高的系统容量和更大的覆盖区域,采用快速功率控制技术,使发射机的发射功率总是处于最小的水平,从而减少了多址干扰,增强了稳定性能。

- 支持对称和非对称传输。

EDGE 支持对称和非对称两种数据传输。这对于移动设备上网是非常重要的一个特性,例如在 EDGE 系统中,用户可以在下行链路中采用比上行链路更高的速率。引进 EDGE 技术必然会对现有的网络结构和移动通信设备带来影响,虽然 EDGE 技术能够大大提高现有 GSM 网络的数据服务速率,但要使 EDGE 被网络运营商接受和推广,必须把 EDGE 对现有网络结构的影响降到最低。

4. cdma2000 1x 技术

真正在全球得到广泛应用的第一个 CDMA 标准是 IS-95A,它于 1995 年正式出台,属于第二代移动通信系统。CDMA 和 GSM 系统相比有很多技术优势,例如具有容量大、频谱利用率高、通话质量好等优点。关于码分多址系统的内容将在 1.2 节中述及,码分多址系统的其他关键技术(如功率控制、软切换等)将在后面的章节中详细介绍。

IS-95B 与 IS-95A 的重要区别在于 IS-95B 可以通过捆绑多个信道,提供中高速