

新一代网络技术丛书

CDMA 网络技术

CDMA WANGLUO JISHU



周伯扬 主编 耿淑芬 编著



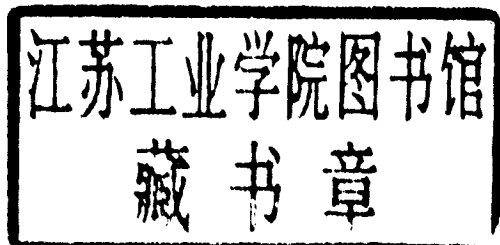
国防工业出版社
National Defense Industry Press

新一代网络技术丛书

CDMA 网络技术

周伯扬 主编

耿淑芬 编著



国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

作为第三代移动通信的核心技术——CDMA 技术,已经走进了我们的生活,它因有着通信质量好、速率快、带宽大、辐射小等优点而得到广泛应用。本书系统地阐述了 CDMA 技术的基本原理、关键设计技术、网络结构以及广泛的应用,同时,也预见了当代数字移动通信的未来的发展方向和目标。全书共 10 章,从 CDMA 数字移动通信技术基础、CDMA 系统的结构、多址技术和扩频技术等基础部分讲起,再到 CDMA 通信的编码序列及同步、CDMA 通信的传播环境,以及 CDMA 技术的应用、CDMA 系统性能及应用、CDMA 系统的主要设备及性能指标,最后介绍未来 CDMA 通信的发展。全书由基础入手,重点介绍几个关键技术,同时拓展了 CDMA 的应用部分,让读者全面了解 CDMA 技术的各个方面。

本书可作为高等学校工科通信专业和有关专业高年级本科教材,也可作为通信工程技术人员和科研人员学习和工作的参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

CDMA 网络技术/周伯扬主编. —北京:国防工业出版社,2006.8
(新一代网络技术丛书)
ISBN 7-118-04606-X

I. C... II. 周... III. 码分多址—移动通信—通信系统
IV. TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 071146 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京四季青印刷厂印刷

新华书店经售

*

1/16 开本 787×1092 1/16 印张 17 $\frac{3}{4}$ 字数 406 千字

2006 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 29.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

移动通信产业经过了 20 多年超乎寻常的高速增长之后,已经成为继个人计算机、Internet 之后又一个带动全球经济发展的突破点。随着 21 世纪的到来,全球进入信息时代,信息的产生和传递非常迅速,已影响了社会的各个方面。目前移动通信技术不仅能满足用户的话音和低速数据通信的需求,而且正向着提供多媒体业务的方向发展。第二代移动通信系统已经进入了它最辉煌的时代。据保守的估计,第二代系统的全球用户数已经突破了 6 亿。与此同时,历时数年的第三代移动通信系统的标准大战已经渐渐硝烟散去,人们的注意力已经转向第三代产品的开发工作。第三代移动通信系统能够提供完整的多媒体业务解决方案,给用户带来全新的服务。总之,第三代移动通信系统将产生一个容量更大、利润更丰厚的市场。

信息技术因在其应用中所赋予的强渗透性和高附加值,而成为信息时代的核心技术和中坚力量,它影响和决定着现代技术总体的走向。通信不仅仅是作为信息传递的手段,它还能在信号存储和转换、信息处理和收发等方面扩展着自身的功能。现代通信向着信息业全面延伸,现代通信的内涵就是信息网络,就是国家或国际的信息基础结构的技术平台,从这种意义上看,现代通信的技术,正成为信息技术体系中的主导和基础。人们为了提高传递信息和获取信息的能力,改变以线缆作为信息传递的载体,必须依赖无线通信和移动通信技术的发展和运用。

在蜂窝移动通信的各种技术体制中,码分多址(CDMA)技术占有十分重要的地位,它不仅是第二代数字蜂窝移动通信的两大体制(欧洲的 GSM 和北美的 IS-95 CDMA)之一,而且也是第三代移动通信的主要体制。北美的 IS-95 CDMA 系统是码分多址蜂窝移动通信的典型代表,这不仅是因为 IS-95 CDMA 是将码分多址技术引入蜂窝移动通信并形成标准的第一个系统,而且在 IS-95 CDMA 系统中所采用的一些技术思路具有普遍意义,也是第三代蜂窝移动通信的基础。因此,技术人员往往把 IS-95 CDMA 作为学习、了解码分多址的入门和必修课,从这个意义上说,本书是满足此要求的一本很好的教材。

本书的目的就是系统地介绍 CDMA 方面的内容,并且加入了新的动态,使读者对 CDMA 有一个全面的了解。本书按照先易后难、先简单后复杂的思路对 CDMA 蜂窝移动通信的原理,以及在系统的设计、实现等工作中涉及到的重要技术概念作了详尽的介绍。

本书介绍了 CDMA 移动系统的一些基本原理、概念和基本的系统结构、多址技术和扩频技术,以及传播和信道分析等 CDMA 基础。并从工程及科研需要的角度出发,用较大篇幅介绍了 CDMA 技术的基本应用,着重介绍了一些 CDMA 的硬件设备,而后者正是不少介绍 CDMA 移动通信的书所缺少的,这就是本书的一个突出的特点。作为一种通信技术,不光要介绍基本原理和基本结构,更重要的是要理论和应用相结合,这样,读者才知道为什么要这样规定、为什么要这样设计。

希望通过本书的这种编排方式,为移动通信领域的研究人员和非移动通信领域的普通读者提供一个对 CDMA 的宏观了解,帮助他们把握移动通信技术的发展、现状和未来,本书的重点在于概念和应用。本书在编写的过程中,参考了大量的文献和书籍,综合了移动通信设备开发商、移动业务运营商和学术界专家的意见,希望本书对移动通信技术的应用和发展有参考价值。

编者在此感谢与我们一同工作和学习过的同事们以及曾经在研究室学习过的研究生,正是由于他们的帮助,才使得我们能够为读者奉献出这样一本有关新一代移动通信的图书。

由于篇幅和作者水平的限制,书中难免存在疏漏或错误之处,期待着读者对本书中的错误及疏漏提出批评和指正。

编 者

目 录

第1章 绪论	1
1.1 移动通信技术的发展历史	1
1.1.1 蜂窝移动通信概念的提出	1
1.1.2 第一代蜂窝移动通信系统(1G)——模拟蜂窝移动通信系统	3
1.1.3 第二代蜂窝移动通信系统(2G)——数字蜂窝移动通信系统	4
1.2 第三代蜂窝移动通信(3G)的基本概念	6
1.3 第三代蜂窝移动通信系统	9
1.3.1 第三代蜂窝移动通信系统面临的问题	9
1.3.2 第三代移动通信系统中的关键技术	9
1.3.3 第三代地面无线传输的主要技术体制	12
1.3.4 几种宽带 CDMA 技术的简介	15
1.4 第三代移动通信提供的业务	23
1.4.1 ITU 建议 IMT-2000 提供的业务类型	23
1.4.2 IMT-2000 的目标和要求	24
1.5 本章小结	25
第2章 CDMA 数字移动通信技术基础	26
2.1 蜂窝网技术	26
2.1.1 带状网	26
2.1.2 蜂窝网小区形状	28
2.1.3 区群	28
2.1.4 小区的分裂	30
2.1.5 网络规划策略	30
2.2 蜂窝网系统增强核心技术	33
2.2.1 功率控制技术	33
2.2.2 分集接收技术	37
2.2.3 信道分配技术	40
2.2.4 越区切换技术	41
2.2.5 自适应天线技术	43
2.2.6 信包扩展技术	44
2.3 数字蜂窝网功能与优点	48
2.3.1 数字蜂窝网的主要功能与特征	48
2.3.2 数字蜂窝网的优势	49

2.4 本章小结	50
第3章 CDMA 系统的结构	52
3.1 CDMA 系统的网络结构	52
3.1.1 总体网络构成	52
3.1.2 CDMA 系统的各部分功能	52
3.2 接口标准	54
3.2.1 无线接口	55
3.2.2 地面接口	71
3.3 CDMA 系统的功能结构	73
3.3.1 移动功能	74
3.3.2 服务资源功能	75
3.3.3 服务控制和管理功能	77
3.4 无线链路	82
3.4.1 前向链路	82
3.4.2 反向链路	84
3.4.3 前向链路和反向链路的比较	84
3.5 本章小结	85
第4章 多址技术和扩频技术	86
4.1 多址技术	86
4.1.1 多址接入方式的种类	86
4.1.2 多址接入方式的典型应用	87
4.2 CDMA 通信	90
4.2.1 CDMA 通信工作方式	90
4.2.2 随机多址的 CDMA 通信方式	90
4.2.3 同步多址的 CDMA 通信方式	91
4.3 扩频技术	92
4.3.1 概述	92
4.3.2 发展历程	93
4.4 扩频通信	94
4.4.1 扩频通信的原理	94
4.4.2 CDMA 扩频通信的工作方式分类	95
4.4.3 扩频 CDMA 通信的基本参数	97
4.4.4 直扩方式(DS)的性能	98
4.4.5 跳频扩频(FH-SS)的性能	107
4.5 本章小结	112
第5章 CDMA 通信的编码序列及同步	113
5.1 编码序列的概述	113
5.2 线性伪随机序列	114
5.2.1 m 序列	114

5.2.2	m 序列的性质	115
5.2.3	m 序列的优选对	117
5.2.4	Gold 序列	117
5.2.5	Gold 序列的相关特性	118
5.3	Walsh 函数	119
5.3.1	Walsh 函数概述	119
5.3.2	Walsh 函数的产生	119
5.3.3	Walsh 函数的性质	120
5.3.4	Walsh 序列的使用要求	121
5.4	正交变扩频因子码(OVSF)	122
5.4.1	应用背景	122
5.4.2	OVSF 码的基本原理	123
5.4.3	OVSF 码的产生规律	123
5.4.4	OVSF 码的范例	123
5.5	跳频序列	125
5.6	CDMA 编码序列的捕捉	126
5.6.1	编码序列的捕捉	127
5.6.2	相位搜索法	129
5.6.3	序列相关法	130
5.6.4	序贯检测捕捉系统	131
5.6.5	SAW 器件捕捉系统	133
5.7	CDMA 编码序列的同步	135
5.7.1	编码序列的同步跟踪环	135
5.7.2	基带相关同步跟踪环	136
5.7.3	包络相关同步跟踪环	136
5.7.4	单相关器同步跟踪环	139
5.8	本章小结	140
第 6 章	CDMA 通信的传播环境	142
6.1	无线信道的特征	142
6.1.1	衰落和多径特性	143
6.1.2	路径损耗	146
6.2	CDMA 系统的分集技术	148
6.2.1	微分集与合并技术	148
6.2.2	宏分集技术	152
6.2.3	交织技术	153
6.2.4	RAKE 接收机	154
6.3	CDMA 技术的传播分析	156
6.3.1	CDMA 的通信能力	156
6.3.2	CDMA 的抗干扰能力	157

6.3.3	CDMA 的信噪比和误码率	159
6.3.4	CDMA 的多址能力	160
6.4	容量	160
6.4.1	CDMA 的信道容量	161
6.4.2	CDMA 的厄兰容量	162
6.4.3	CDMA 的软容量特性	163
6.5	传播信道	164
6.5.1	前向信道的导频、同步和寻呼	164
6.5.2	前向业务信道	166
6.5.3	前向信道的功率控制	167
6.6	反向传播信道	167
6.6.1	接入信道	167
6.6.2	反向业务信道	169
6.6.3	反向信道的功率控制	170
6.6.4	前向信道和反向信道的比较	171
6.7	本章小结	172
第7章	CDMA 技术的应用	174
7.1	概述	174
7.1.1	CDMA 技术的发展	174
7.1.2	CDMA 的技术目标	175
7.1.3	CDMA 系统的空中接口参数	177
7.1.4	CDMA 系统的控制功能	179
7.2	WCDMA 系统	184
7.2.1	WCDMA 中的多用户检测技术	184
7.2.2	WCDMA 系统的无线资源管理和规划特点	187
7.2.3	WCDMA 无线网络规划	189
7.3	CDMA 2000 系统	191
7.3.1	CDMA 2000 分层结构	191
7.3.2	CDMA 2000 系统设计方法	192
7.3.3	CDMA 2000 中的数据业务	196
7.4	TD-SCDMA 系统	197
7.4.1	载频间隔及部署	197
7.4.2	无线传输技术	197
7.4.3	小结	198
7.5	几种 CDMA 系统的特点和提供的业务	199
7.5.1	TD-SCDMA 系统的主要特点	199
7.5.2	WCDMA 系统的优点	200
7.5.3	CDMA 2000 具有的主要特点	201
7.5.4	CDMA 移动通信的服务	202

7.6 本章小结	204
第8章 CDMA 系统性能及应用	206
8.1 3种主流标准的比较	206
8.1.1 CDMA 2000 系统标准	206
8.1.2 WCDMA 系统标准	207
8.1.3 TD-SCDMA 系统标准	207
8.2 CDMA 系统容量	207
8.2.1 蜂窝移动通信系统容量	207
8.2.2 容量估算	208
8.2.3 增加 CDMA 系统容量的方法	209
8.3 CDMA 系统的掉话率分析	212
8.3.1 移动台和基站的掉话机制及原因	212
8.3.2 CDMA 网络的软切换技术	213
8.4 信道监督	215
8.4.1 下行链路监督	215
8.4.2 上行链路监督	216
8.5 CDMA 移动通信技术的应用	216
8.6 功率控制	217
8.6.1 开环功率控制	217
8.6.2 闭环功率控制	218
8.7 CDMA 技术在 PCN 中的应用及主要优点	220
8.7.1 CDMA 技术在有线电视 VOD 中的应用	221
8.7.2 移动 IP 基于 CDMA 的应用	222
8.8 本章小结	223
第9章 CDMA 系统的主要设备及性能指标	224
9.1 CDMA 系统设备及其 RF 设计	224
9.1.1 CDMA 系统设备概述	224
9.1.2 CDMA 系统的 RF 设计过程	225
9.1.3 CDMA 无线网络的规划方法	226
9.1.4 人机接口	229
9.2 天线	231
9.2.1 常用天线指标	231
9.2.2 常用天线类型	231
9.2.3 天线的干扰和小区覆盖	233
9.2.4 天线的分集技术	235
9.3 智能天线	237
9.3.1 智能天线的优点	238
9.3.2 智能天线技术	239
9.4 收发设备	243

9.4.1	发射机	243
9.4.2	接收机	244
9.4.3	塔顶放大器	244
9.5	直放站	244
9.5.1	直放站分类	244
9.5.2	直放站的要求	245
9.5.3	直放站基本原理	246
9.5.4	直放站主要指标分析	248
9.5.5	直放站的几种典型应用	250
9.6	交换设备	251
9.6.1	构成	251
9.6.2	各部分功能	252
9.7	本章小结	254
第 10 章	未来 CDMA 通信的发展	255
10.1	当前信息通信的特点	255
10.2	移动通信系统的进展	258
10.3	个人通信	261
10.4	面向未来的移动网络	263
10.5	4G 及其发展	266
10.6	CDMA 的未来	270
参考文献		275

第 1 章 绪 论

1.1 移动通信技术的发展历史

移动通信是当今通信领域内最为活跃、发展最为迅速的领域之一,也是将在新世纪对人类生活和社会发展有重大影响的科学技术领域之一。这里首先简要回顾一下移动通信的发展历史,由此窥见现代移动通信飞跃发展的历程。

1.1.1 蜂窝移动通信概念的提出

移动通信的发展历史可以追溯到 19 世纪。1864 年,Maxwell 从理论上证明了电磁波的存在,这一理论于 1876 年被赫兹用电磁波辐射的实验证实,使人们认识到电磁波和电磁能量是可以控制发射的。接着,1900 年马可尼和波波夫等人利用电磁波作了远距离通信的实验获得了成功,从此通信进入了无线电通信的新时代。

然而,现代意义上的移动通信实验发生在 20 世纪 20 年代初期。在美国的底特律,无线接收机被安装在移动的警车中接收从控制台发来的单向消息。当时面临的主要问题是通信接收机的可靠性。1928 年,一名 Purdue 大学的学生发明了工作于 2MHz 的超外差无线电接收机,采用这种机器,底特律的警察局有了第一个可有效工作的移动通信系统。20 世纪 30 年代初,第一部采用调幅的双向移动通信系统在美国新泽西(New Jersey)的 Bayonne 警察局投入使用。当时无线电通信设备占据了车辆的大部分空间。正是在这个时期,操作员观察到了移动通信环境中电波传输的变幻莫测,并且发现不同的传输路径有不同的传输特性。到了 30 年代末,美国 Connecticut 警察局安装了第一台调频移动通信系统。实验表明,在移动通信环境下,调频系统比调幅系统要有效得多。因此到 1940 年,使用中的移动通信系统几乎都改成了调频系统。这个时期主要完成通信实验和电波传输的实验工作,在短波波段上实现了小容量专用移动通信系统,但其话音质量差,自动化程度低,一般不能与公众网络连接。

第二次世界大战极大地促进了移动通信的发展。各国武装部队大量采用了无线电系统。军事上的需求导致了移动通信事业的巨大变化,其中涉及到了系统设计、可靠性和价格等。在 50 年代之后,各种移动通信系统相继建立,在技术上实现了移动电话系统与公众电话网的连接。例如美国建立的 IMTS 系统,实现了自动拨号和移动台信道的自动选择。在通信理论上先后形成了香农信息论、纠错码理论、调制理论、信号检测理论、信号与噪声理论、信源统计特性理论等,这些理论使现代移动通信技术日趋完善。尤其是晶体管、集成电路相继问世后,不仅更加促进像电话通信那样的模拟技术的高速发展,而且出现了具有广阔发展前景的数字通信,并相继出现了脉码通信、微波通信、卫星通信、光缆通

信以及移动通信等新的通信手段。

70年代中期以后,民用移动通信的用户数量增加,业务范围扩大,频率资源和可用频道数之间的矛盾日益尖锐。这个时期的移动通信发展重点在于开发新的频段、论证新方案和有效利用频谱等方面的研究工作。

蜂窝组网理论由美国贝尔实验室提出,是移动通信发展引发的构想,代表一种构造移动通信网的完全不同的方法。蜂窝组网的目的是解决常规移动通信系统频谱匮乏、容量小、服务质量差及频谱利用率低等问题。蜂窝组网理论为移动通信技术的发展和新一代多功能设备的产生奠定了基础。蜂窝组网思想的特点如下。

(1) 低功率发射机和较小的覆盖范围。蜂窝组网放弃了点对点的传输和广播覆盖模式,将一个移动通信服务区域划分成许多以正六边形为基本几何图形的覆盖区域,即为蜂窝小区。一个较低功率的发射机服务一个蜂窝小区,在较小的区域内设置相当数量的用户。

根据不同制式系统和不同用户密度挑选不同类型的小区。基本的小区类型有如下几种(R_0 为小区半径)。

- ① 超小区($R_0 > 20\text{km}$):人口稀少的农村地区;
- ② 宏小区($R_0 = 1\text{km} \sim 20\text{km}$):高速公路和人口稠密地区;
- ③ 微小区($R_0 = 0.1\text{km} \sim 1\text{km}$):城市繁华区段;
- ④ 微微小区($R_0 < 0.1\text{km}$):办公室、家庭等移动应用环境。

当蜂窝小区用户增大到一定程度而使频道数不够用时,采用小区分裂将原蜂窝小区分裂成为更小的蜂窝小区,低功率发射和大容量覆盖的优势就十分明显。

而在实际中,蜂窝有可能是不一样的,覆盖区域也不一定是正六边形,具体的区域形状和区域大小与发射功率、电波传输环境以及系统信号接收灵敏度等有密切的关系。

(2) 频率复用。蜂窝系统的基站工作频率,由于传输损耗提供足够的隔离度,在相隔一定距离的另一个基站可以重复使用同一组工作频率,称为频率复用。例如,用户超过一百万的大城市,若每个用户都有自己的频道频率,则需要极大的频谱资源,且在话务量忙时也许还可能会饱和。频率复用大大地缓解了频率资源紧张的矛盾,大大地增加了用户数目或系统容量。频率复用能够从有限的原始频率资源分配中产生几乎无限的可用频率,这是实现无限系统容量的极好的方法。

频率复用与干扰和蜂窝之间的绝对距离无关,仅和使用相同信道组的蜂窝之间的距离 D 与每个蜂窝的半径 R 之比有关,即与 D/R 有关。由于 R 与发射机的功率、基站的天线高度、接收灵敏度和电波传输的环境有关,所以系统工程师能够决定每个蜂窝的信道配置数。一般地讲,如果干扰严重,就要降低每个蜂窝的信道数配置,这等效于增加了基本群的蜂窝数量,从而提高了 D/R 值;反之,则增加了每个蜂窝的信道配置。降低了 D/R 值,提高了蜂窝系统的频谱利用率。

(3) 蜂窝能够再组合并满足特定环境的通信容量。当一个特定地区达到容量极限,接通率明显下降时,系统可以根据具体情况,将蜂窝分割成更小的蜂窝,以提高频谱利用率,增加该地区的通信容量。

(4) 多波道共用和越区切换。由若干频道组成的移动通信系统,为更多的用户共同使用而仍能满足服务质量的技术称为多波道共用。多波道共用技术利用波道占用的间断

性,使许多用户能够任意地、合理地选择波道,提高波道的使用效率。事实上不是所有的呼叫都能够在一个蜂窝小区内完成全部的接续业务的,蜂窝系统必须具有频道转接即越区切换的功能,即不挂断也不干扰通信进程。

所以蜂窝系统本身应该具有系统的交换和控制能力;系统应能通过对于信号强度或者其他指示性参数的连续监控,了解移动台是否正在蜂窝边界或者靠近蜂窝边界,并控制移动台在不间断通信的情况下进入下一个蜂窝。

(5) 移动通信优势与有线网络优势的理想互联。移动信息通过基站和交换机进入公众电信网或者其他移动网络,实现移动用户与市话用户、移动用户与移动用户以及移动用户与长途用户之间的通信。互联使移动无线网络适应公众网络的质量标准,突破业务限制,同时也使公众网络的服务范围得到了扩大和延伸。

蜂窝移动通信利用了无线通信、有线通信和计算机通信的最新技术成果,是技术密集型的新的移动通信方式。尽管现代蜂窝系统与早期的无线通信有着根本不同的系统和网络特征,例如网络结构、系统容量、切换和漫游等,但就蜂窝系统本身而言更多的只是一种新的思路,而不是一种全新技术的发明。

1.1.2 第一代蜂窝移动通信系统(1G)——模拟蜂窝移动通信系统

1971年12月,贝尔公司向美国联邦通信委员会(FCC)提交了蜂窝移动通信系统 HCMTS 的建议。蜂窝的意思是将一个大区域划分为几个小区,相邻的小区使用不同的频率进行传输,以避免相互干扰。FCC 接受了这个建议,并在 850MHz 频段提供了 40MHz 的通信资源。HCMTS 在 1978 年安装,1983 年开始商业服务。该系统在频率复用、多波道共用技术、全自动地接入公共电话网的小区制、大容量蜂窝式等方面发展了蜂窝和移动通信技术,并在 20 世纪 80 年代演变成了美国模拟系统的国家标准——先进的移动电话业务 (AMPS)。这一系统的发展十分迅速,年增长率达 30%~40%。

与此同时,基于不同标准的其他模拟蜂窝移动通信系统也得到了很大的发展,例如英国的全接入通信系统 (TACS)、日本的电报和电话系统 (NAMTS)、北欧移动电话系统 (NMTS) 和联邦德国的 NETZ-C 等,其中 AMPS 与 TACS 非常接近。20 世纪 80 年代初,各种蜂窝系统的特征和使用情况如表 1-1 所列。

这些系统均采用了频分多址 (FDMA) 接入技术,在移动通信信道中传输调制模拟电话信号,所以它们具有很多相似的特征,但是并没有发展出一个全球的共同标准。各个国家和地区都选择了与其国情相适应的系统进行研究和无线网络配置,包括各个国家采用不同的通信频段。

理论上讲,只要不断地分割蜂窝和进行信道动态重组,利用蜂窝技术就可以有效地避开有限频率资源的问题,由此而产生的蜂窝移动通信系统的区域容量可以无限制地提高,也就是说,只要给出一定的频率资源,就可以满足所有的移动通信的需要,甚至是多媒体移动通信的需要。但是实际上随着无线蜂窝在数量上的上升,在单蜂窝覆盖面积缩小时,由于人们不能精确地控制蜂窝系统,包括发射功率、高速切换等问题,所以工程技术界遇到了实际的限制:即当蜂窝很小的时候,基站的选择和信号的控制变得越来越复杂、越来越困难,并且伴随着昂贵的系统投资。另外,对于模拟 FDMA 系统而言,随着蜂窝的变小,来自多方面的干扰也变得难以排除,从而实际上也限制了蜂窝无限缩小的设计理想。这

样一来,在实际安装时,由于干扰的存在,蜂窝也就有了一个最小尺寸的限制,它与具体的环境和系统灵敏度有密切的关系。除了容量瓶颈以外,第一代模拟移动通信系统还受限于不同的系统标准,这使得用户不可能在不同国家漫游。比如在欧洲,由于大多数国家很小,又有几个标准同时存在,因而使用移动电话的人数越来越少。在中国同样存在多个系统标准共存的问题,这就使得网络管理很复杂。所有这些都在推动着第二代无线移动通信系统的发展,实现更大的容量和全球统一的系统标准。

表 1-1 第一代模拟蜂窝移动通信系统的特征和用户

系统	投入时间	信道带宽/MHz	工作频率/MHz	信道数	系统特征	用 户
NAMTS	1978	25	870 ~ 845 (反向)	600		日本、科威特
AMPS	1981	30	825 ~ 845 (反向) 870 ~ 890 (前向)	660	以城市为对象,蜂 窝较小	澳大利亚、加拿大、 新西兰、泰国
NMT - 450	1981	25	453 ~ 457 (反向) 463 ~ 467 (前向)	180	低容量、好而大的 覆盖区域、适合人 口较少的区域	澳大利亚、比利时、 中国、北欧诸国、法 国、东南亚、土耳其、 沙特
NMT - 90	1986	125	890 ~ 915 (反向) 935 ~ 960 (前向)	1999	覆盖范围小,适合 城市用户	澳大利亚、比利时、 中国、北欧诸国、法 国、东南亚、土耳其、 沙特
TACS + TEACS	1985	25	890 ~ 915 (反向) 935 ~ 960 (前向) 872 ~ 888 (前向)	1000 + 640	比 AMPS 的容量 大 50%, 但是蜂 窝更小	中国(包括香港特别 行政区)、阿拉伯联 合酋长国、英国

1.1.3 第二代蜂窝移动通信系统(2G)——数字蜂窝移动通信系统

自从 1981 年第一代的以 FDMA 技术为基础的模拟移动通信系统建立使用以来,蜂窝移动通信市场的发展和需求大大超过了乐观人士的原有预测。在短短几年时间内,模拟蜂窝系统就面临着阻塞概率增高、呼叫中断率增高、蜂窝系统的干扰增大、蜂窝系统迫切需要增容的压力。但是由于模拟蜂窝系统本身的缺陷(例如频谱效率低、保密性能差等),系统的设计容量远远不能满足需求。

1982 年,欧洲邮电管理委员会(CEPT)成立了全球通移动通信系统(GSM)特别小组,开发数字蜂窝式移动通信技术,即全球通移动通信系统(GSM, Global System for Mobile Communication)。1987 年,GSM 就泛欧数字蜂窝系统的 GSM 协议达成一致意见。1991 年,GSM 数字蜂窝式移动通信系统在欧洲问世,紧接着以 TDMA 标准为基础的其他第二代数字蜂窝移动通信系统如 DAMPS、JDC 等也相继投入使用。同时以 IS-95 技术标准为基础的 CDMA 商用系统已分别在中国香港、韩国等地区和国家投入使用,取得了良好的用户反映。

第二数字蜂窝移动通信系统引入的优点之一就是抗干扰能力和潜在的大容量,也就是说,它可以在环境更为恶劣和需求量更大的地区使用。数字信号处理和数字通信技术的发展,使一些新的无线应用业务开始出现,例如移动计算、移动传真、电子邮件、金融

管理、数据服务、移动商务、语音和数据的保密编码以及综合业务(ISDN)、宽带综合业务(B-ISDN)等新业务。在一定的带宽范围内,数字系统良好的抗干扰能力使得第二代蜂窝系统具有比第一代蜂窝移动通信系统更大的通信容量、更高的服务质量。在中国,当AMPS等模拟系统停止发展的同时,全球通移动通信系统(GSM)却在最近几年获得了高速增长,并很快地成为全球最大的GSM市场。由于数字处理技术和大规模集成电路及其加工技术的发展,伴随数字系统综合处理能力不断提高,使得系统成本、价格和功耗也在不断地下降。

基于数字移动通信系统的特点,在过去几年内获得了前所未有的研究和发展,并在实际应用中逐步占领且大大地扩充了过去的模拟系统市场。在市场方面,主要有3种技术标准获得了较为广泛的应用,即欧洲和世界各地的GSM、北美的IS-136和日本的JDC(Japanese Digital Cellular)或PDC(Pacific Digital Cellular)。第二代无绳电话标准则有CT-2和DECT(Digital European Cordless Telecommunication)。

第二代移动通信在发展的过程中没有形成全球统一的标准系统。在欧洲建立了以CDMA为基础的GSM系统;日本建立了以TDMA为基础的JDC系统美国建立了以FDMA和以数字TDMA为基础的IS-136混合系统以及以N-CDMA为基础的IS-95系统。所以该系统无法实现全球漫游,并且其主要是话音服务,只能传递简短消息,同时还面临严重的通信容量不足等问题。

第三代移动通信系统最初的研究工作开始于1985年,ITU-R(CCIR)成立临时工作组,提出了未来公共陆地移动通信系统(FPLMTS)。当时,人们还在使用第一代的模拟移动通信网络,而第三代移动通信系统所要达到的主要目标就是实现全球无缝隙的移动漫游。

1996年,PPLMTS被正式更名为IMT-2000,即国际移动通信系统。ITU将工作于2GHz波段上的230MHz带宽划分出来,用于实现IMT-2000,并且预定于2000年左右投入商业运营。IMT-2000是全球的卫星和陆地通信系统,它能提供包括声音、数据和多媒体体的各种业务,而在不同的射频环境下质量和固定电信网的一样好,甚至更好。IMT-2000的目标是提供一个全球的覆盖,使得移动终端能在多个网络间无线漫游。

1999年3月,ITU-R TG8/1第16次会议在巴西召开,此次会议确定了第三代移动通信技术的格局。IMT-2000无线接口技术被分为两大组,即CDMA与TDMA。其中,CDMA又分为3种技术——FDD。直接序列、FDD多载波以及TDD,TDMA也被分为类似的3种。这次会议的结果表明第三代标准将是多技术的,但也为在几种技术范围内的标准融合提供了机会。

1999年3月到6月间,一些国家和地区的标准化组织以及国际运营商组织召开了一系列技术融合会议,在CDMA、FDD、TDD技术融合方面取得了重大进展。特别是5月的多伦多会议,二十多家世界无线运营商以及十多家设备厂商针对CDMA、FDD技术达成了融合协议。

1999年6月,ITU-R TG8/1第16次会议在北京召开,这次会议不仅确定了第三代移动通信无线接口最终规范的详细框架,而且在进一步推进CDMA技术融合方面取得了重大成果,使技术融合的前景更趋明朗。

1999年11月5日,国际电联ITU-R TG8/1最后一次会议——第18次会议在芬兰

首都赫尔辛基落下帷幕。本次会议通过了“第三代移动通信系统(IMT-2000)无线接口技术规范”建议——IMT-2000(IMT-2000 Radio Interface Specification);ITU 也认为可以将 IMT-2000 重新定义为 IMT——Internet Mobile/Multimedia Telecommunication,即“互联网多媒体通信”,为今后全球第三代移动通信产业的发展指明了方向。第三代无线接口技术规范分为简介、范围定义、相关建议、说明、地面部分建议、卫星部分建议、发射限制建议共 7 个章节。该建议的通过标志着第三代移动通信系统的开发和应用将进入实质阶段。IMT-2000 核心网络部分的标准化工作到 2000 年底才最终完成。

IMT-2000 地面部分建议将无线接入技术分为 CDMA 和 TDMA 两大类,具体包括以下五种无线传输技术。

- (1) IMT-2000 CDMA DS;UTRA/WCDMA。
- (2) IMT-2000 CDMA MC;CDMA2000(包括 $1\times$ 、 $3\times$,并可扩展至 $6\times$ 、 $9\times$ 、 $12\times$)。
- (3) IMT-2000 CDMA TDD;TD-SCDMA 和 UTR/TDD。
- (4) IMT-2000 CDMA SC;UWC136。
- (5) IMT-2000 CDMA MC;DECT。

中国提出的 TD-SCDMA 技术已正式写入第三代无线接口规范建议的 IMT-2000 CDMA TDD 部分中,这标志着我国提出的移动通信技术建议在百年通信史上第一次成为国际电信联盟的技术标准。

1.2 第三代蜂窝移动通信(3G)的基本概念

据预测,在 21 世纪初,甚至到更远的一段时间内,移动通信市场将飞速发展,并且预期许多运营商将大量地投资数字技术这一领域以满足市场高速增长的需求。第三代移动通信系统必然大规模地占领蜂窝和 PCS 市场。第三代移动通信系统网络是以无线媒质作为接入和传输手段的个人通信网,包括高密度慢速移动通信、高速远距离移动通信以及卫星移动通信等,它是第二代数字移动通信系统发展的必然趋势,必将推动移动通信产业的巨大发展。

当 20 世纪 80 年代模拟移动通信系统开始在全球大规模地铺设时,模拟移动通信系统在不同的网络间却无法实现漫游。为了实行全球统一标准,建设一套系统网络,让手机在全球任何地方都能接听,国际电联提出了未来公共陆地移动通信系统(FPLMTS)的概念,这就是第三代移动通信系统的前身。这是人类对 21 世纪移动通信发展的理想,即实现任何人(Whoever)在任何时间(Whenever)、任何地点(Whatever),能够向任何其他人(Whomever)传送任何信息(Whatever)。在这个网络中,每个人有一个个人识别号码(PIN),跨越多个网络建立自己所需业务的通信连接,把“服务到终端”推向“服务到个人”,在任何位置、网络和终端上均能发起和接受呼叫。

同时为了解决正在运行的第二代数字移动通信系统所面临的问题,并且还要满足人们不断增长的对于数据传输能力和更好的频谱利用率的迫切要求,1996 年国际电信联盟(ITU)将 FPLMTS 正式更名为 IMT-2000 标准(International Mobile Telecommunication 2000),统称为 3G 系统,即国际移动通信系统。

IMT-2000 标准不但要满足多速率、多环境、多业务的要求,而且要集成为统一的可