

现代  通信技术丛书

WCDMA

移动通信系统

张 平 王卫东 陶小峰 等编著

人民邮电出版社
www.pptph.com.cn

现代移动通信技术丛书

WCDMA 移动通信系统

张 平 王卫东 陶小峰 等 编著

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

WCDMA 移动通信系统/张平,王卫东编著. - 北京:人民邮电出版社,2001.7
(现代移动通信技术丛书)
ISBN 7-115-09265-6

I.W… II.①张… ②王… III.数字通信:移动通信 IV.TN915.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 027056 号

内 容 提 要

本书围绕 3GPP 标准规范,并结合相应的科研成果对 WCDMA 系统作了详尽的描述,同时也参考了大量的国内外的最新文献。全书共有八章,主要内容包括 WCDMA 系统的网络结构和高层信令的处理、基带信号处理、无线信道的分析及该系统所涉及的前沿技术和网络资源管理等。

本书可作为通信工程技术人员和通信专业的本科生、研究生的参考书。

现代移动通信技术丛书

WCDMA 移动通信系统

◆ 编 著 张 平 王卫东 陶小峰 等
责任编辑 陈万寿

◆ 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@pptph.com.cn
网址 <http://www.pptph.com.cn>
读者热线 010-67129212 010-67129211(传真)
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/16
印张:18.5
字数:454 千字 2001 年 7 月第 1 版
印数:1-6 000 册 2001 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-09265-6/TN·1711

定价:32.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010)67129223

前 言

经过 20 年超乎寻常的高速增长之后,移动通信产业已经成为继个人计算机、因特网络之后又一个带动全球经济发展的领头羊。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,而且正朝着提供多媒体业务的方向发展。第二代移动通信系统——GSM、CDMA 已经进入了它最辉煌的时代。据保守的估计,第二代系统的全球的用户数已突破 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,而且将与因特网络结合,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。

WCDMA 系统是第三代移动通信系统中一个影响非常广泛的标准,将在未来的市场格局中起着举足轻重的作用。本书围绕 3GPP 标准规范,并结合北京邮电大学无线新技术研究室在 WCDMA 系统研发工作中的成果对 WCDMA 系统作了详尽的描述,同时也参考了大量的国内外的最新文献。全书共有八章,内容包括高层信令的处理、基带信号处理、无线信道的分析、WCDMA 系统涉及的前沿技术和网络资源管理等。

本书可作为通信工程技术人员和通信专业的研究生的参考书。

本书由北京邮电大学无线新技术研究室编撰。其中:

第一章由张平编写;

第二章由王莹、俞迨专编写;

第三章由崔春风、于玉海、阙蔚、江月琴和肖善鹏编写;

第四章由赵璨、段伟伦、邱萌编写;

第五章由张瑞芳、王卫东编写;

第六章由张建华编写;

第七章由陶小峰、李立华、康桂霞、雷鸣、李英奇编写;

第八章由尚丹、沈志春、王卫东编写。

全书的审订由张平、王卫东和陶小峰负责。龚飞、张静美为本书提供了相关的图表。

作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无线新技术研究室学习过的博士和硕士研究生,正是由于他们的鼓励和帮助以及知识的积累,才使得我们今天能够为读者奉献出这样一本有关新一代移动通信的专著。

作者期待着读者对本书中的错误及疏漏提出批评和指正。

张 平

2001 年 3 月于北京邮电大学

目 录

第一章 概述	1
1.1 移动通信系统简介	1
1.2 第一代模拟蜂窝通信系统	2
1.3 第二代数字蜂窝移动通信系统	4
1.3.1 GSM(Global System for Mobile)	4
1.3.2 CDMA(Code Division Multiple Access)	5
1.3.3 中国蜂窝移动通信发展的情况	5
1.4 第三代蜂窝移动通信系统的标准化工作	6
1.4.1 第三代移动通信系统的发展历程	6
1.4.2 三种主要的 IMT-2000 无线传输方案的比较	9
1.4.3 IMT-2000 频谱资源的划分	10
1.4.4 WCDMA 系统与窄带 CDMA 的比较	11
1.5 本书的内容安排	15
参考文献	15
第二章 移动信道分析	16
2.1 移动无线传播环境	16
2.1.1 基本传播机制(反射、绕射、散射)	17
2.1.2 慢衰落	17
2.1.3 快衰落	19
2.1.4 AWGN	34
2.2 传播预测模型	34
2.2.1 室外传播模型	35
2.2.2 室内传播模型	46
参考文献	48
第三章 WCDMA 网络	50
3.1 IMT-2000	50
3.1.1 IMT-2000 家族	51
3.1.2 网络的兼容与过渡	52
3.1.3 IMT-2000 网络实现	54
3.2 UMTS 无线接入网系统	54
3.3 Iub 接口	57
3.3.1 Iub 接口功能	57
3.3.2 传输网络层	58

3.3.3	无线网络层控制平面的应用部分 NBAP	59
3.3.4	无线网络层用户平面协议	63
3.4	Iur 接口	67
3.4.1	Iur 接口功能	68
3.4.2	传输网络层	69
3.4.3	无线网络层控制平面协议	69
3.4.4	无线网络层用户平面协议	72
3.5	Iu 接口无线网络层协议	73
3.5.1	Iu 接口协议结构	74
3.5.2	无线网络层控制平面协议	74
3.5.3	无线网络层用户平面协议	77
3.5.4	SABP	81
	参考文献	82
第四章	WCDMA 的空中接口	83
4.1	Uu 接口协议结构模型	83
4.2	物理层	84
4.2.1	传输信道	85
4.2.2	物理层的功能	85
4.3	数据链路层	86
4.3.1	媒体接入控制协议	86
4.3.2	无线链路控制协议	96
4.3.3	分组数据会聚协议	102
4.3.4	广播/多播控制协议	103
4.3.5	数据链路层中的数据流	105
4.4	网络层	107
4.4.1	网络层的业务	107
4.4.2	无线资源控制协议	108
4.5	控制平面 RRC 与低层之间的相互作用	121
	参考文献	121
第五章	WCDMA 系统的物理层(FDD)	123
5.1	编码技术	123
5.1.1	交织	123
5.1.2	卷积编码技术及其在本系统中的应用	129
5.1.3	Turbo 编码技术及其在本系统中的应用	130
5.1.4	速率匹配	132
5.2	物理层的成帧过程	133
5.2.1	传输信道向物理信道的映射	133
5.2.2	上行链路的成帧过程	134

5.2.3 下行链路的成帧过程	138
5.3 业务复用	139
5.3.1 有关传输格式的参数的介绍	140
5.3.2 3G 系统可承载的业务	141
5.3.3 业务复用过程示例	142
5.4 WCDMA 系统的扩频与扰码	144
5.4.1 扩频码与扰码的数学性质	144
5.4.2 WCDMA 系统的扰码的实现方法	148
5.4.3 物理信道的扩频与加扰过程	152
5.5 物理信道特点及物理层的帧结构	161
5.5.1 物理信道的帧结构	161
5.5.2 发射分集技术	161
5.5.3 下行链路物理信道的结构	163
5.5.4 上行链路的物理信道	169
5.5.5 物理信道之间的相对时序	172
参考文献	175
 第六章 WCDMA/TDD 简介	176
6.1 WCDMA/TDD 简介	176
6.2 WCDMA/TDD 的物理信道	176
6.2.1 WCDMA/TDD 的传输信道与物理信道	176
6.2.2 物理信道的帧结构	176
6.2.3 物理信道的简单说明	179
6.2.4 TDD 和 FDD 系统物理层的比较	180
6.3 WCDMA/TDD 的信道编码和复用	181
6.3.1 WCDMA/TDD 的信道编码	181
6.3.2 WCDMA/TDD 的业务复用	184
6.4 WCDMA/TDD 的扩频与调制	188
6.5 WCDMA/TDD 物理层操作流程	190
6.5.1 功率控制	190
6.5.2 定时提前	191
6.5.3 发射分集	191
6.5.4 信道分配	193
6.6 WCDMA/TDD 中的干扰	194
6.7 本章小结	195
参考文献	195
 第七章 WCDMA 系统的关键技术	196
7.1 智能天线	196
7.1.1 引言	196

7.1.2	智能天线的几种形式	197
7.1.3	智能天线的体系结构	198
7.1.4	智能天线的信号模型	198
7.1.5	智能天线的赋形算法	200
7.1.6	智能天线的常用准则	212
7.1.7	智能天线在第三代移动通信系统中的应用	214
7.1.8	智能天线的研究现状及未来的研究方向	215
7.2	多用户检测	216
7.2.1	引言	216
7.2.2	多用户检测分类	216
7.2.3	干扰删除器	224
7.2.4	多用户检测的研究现状及未来的研究方向	229
7.3	联合检测	230
7.3.1	引言	230
7.3.2	联合检测的分类及性能比较	230
7.3.3	联合检测在第三代移动通信系统 TD-SCDMA 中的应用	232
7.4	空时码	232
7.4.1	引言	232
7.4.2	分层空时码(LST)	233
7.4.3	基于发射分集的空时码	234
7.4.4	结论	242
7.5	HDR(High Data Rate)	242
7.5.1	引言	242
7.5.2	基于自适应调制的方案	243
7.5.3	基于 ARQ 的 HDR 的方案	247
7.5.4	HDR 的现状与未来	247
	参考文献	247

第八章	无线资源管理和规划	251
8.1	CDMA 系统的性能分析和规划	252
8.1.1	CDMA 主要技术特点分析	252
8.1.2	小区规划的理论研究	258
8.2	分层小区结构 HCS(Hierarchical Cell Structure)	267
8.2.1	无线蜂窝移动通信系统设计的要求	267
8.2.2	分层系统的基本特点	267
8.2.3	WCDMA 中的资源分配策略	268
8.3	WCDMA 系统的无线资源管理和规划特点	269
8.3.1	WCDMA 的功率控制	270
8.3.2	WCDMA 的切换策略	271
8.3.3	其他的资源管理	272

8.4 本章小节	273
参考文献	273
中英文名词对照	275

第一章 概 述

1.1 移动通信系统简介

移动通信系统是指建立交换信息的两端中至少有一方可以处于移动状态的网络系统。我们常见的移动通信系统有蜂窝通信系统、寻呼系统、卫星通信系统如低轨道的铱星系统,另外还有无绳电话系统、移动集群通信系统、海事卫星系统。所有的这些系统可以分为三大类:陆地移动通信系统、海事卫星移动通信系统和卫星移动通信系统,它们目前仍处于相互独立的状态。移动通信系统可以充分地满足用户随时随地交流信息的要求。

不加特殊的说明,本书中所说的移动通信系统是指蜂窝移动通信系统。准确地说,我们常说的蜂窝移动通信系统应当是陆地蜂窝移动通信系统。本书所介绍的 WCDMA 移动通信系统是属于蜂窝移动通信系统的范畴。在介绍蜂窝移动通信系统以前,我们有必要对移动通信系统的发展作一简要回顾。

在赫兹开创性工作的基础上,马可尼在 19 世纪末所做的实验证明了收发信机在移动和分离的状态下无线通信是可行的。从此电报和话音通信不再为电线、电缆所羁绊。不过,在那个时代以及之后的几十年里,研究无线通信的人还是相当的少。

20 世纪 20 年代,摩尔斯码的开关键控已经在电报系统得到了广泛的应用。到了 1928 年,用于警用车辆广播消息的第一个陆地移动通信系统在美国被投入使用。这个系统使人们对移动状态的通话有了更直观的印象。1933 年新泽西警察局采用了双路的移动通信装置,该系统带来的方便快捷使得到 30 年代中期全美警察部门安装了大约 5000 个无线电接收装置。用现在的标准来看,当时的收发装置还是相当简陋的,噪音大,臃肿而沉重,操纵也很不方便。这一阶段的特点是工作频率较低,工作在 VHF 的低频段上,使用范围可达数十英里。

事实上,由于 20 世纪上半叶战争的延绵不断导致军事上的移动通信应用更为迅速,其次才是满足警察、消防、海上和航空等方面的通信需求,而移动通信在民用通信的发展则受到了冷落。现在的技术解决方案绝大部分在那时已经被提出了。当然一些相关的生产技术水平还达不到要求,以及无线信道的复杂等诸多因素也制约了它的发展。我们知道在那个年代移动通信的服务质量还远远无法与有线、其他无线通信相提并论,因而使得那些对于当时的移动通信合适的频段被其他无线通信技术所占用。世界范围内用于广播的长波和中波占据了低频段和高频段,而移动通信只能使用不能获得好的性能的 VHF 和 UHF 频段。现在大家熟悉的频率重用技术也早就提出了,但是并未用于移动通信。由于技术上无法取得突破,许多年移动通信的质量都很难令人满意。

第二次世界大战的硝烟散尽以后,尽管冷战的阴云时时掠过,但大规模的战争远离了人们的生活,这为移动通信的发展带来了新的、广泛的契机。战后微电子业、大规模集成电路生产技术以及计算机技术的引入加上大战中产生的许多通信技术,极大地推动了通信业的发展。战争结束后,美国人很快就推出了第一种大区制的公众移动电话服务,1946 年,贝尔实验室在圣路易斯城建立了世界上第一个公用汽车电话网,被称为“城市系统”。在欧洲,西德、法国等

国家随后也陆续发展了公用移动电话系统。从 20 世纪 40 年代中期至 60 年代初期,完成了从专用网向公用移动网的过渡,采用人工接续的方式解决了移动电话系统与公用市话网之间的接续问题,这时的通信网的容量较小。

在 20 世纪 60 年代中期至 70 年代后期,主要是改进和完善移动通信系统的性能,包括直接拨号、自动选择无线信道等,同时解决了自动接入公用电话网的问题。这时的系统都采用了大区制,选择的频段以及容量都较以往有了很大的提高。在此期间,美国推出了改进型移动电话系统(IMTS),使用 150MHz 和 450MHz 的频段。西德也推出了具有相同技术水平的 B 网。

所有的这些工作为蜂窝移动通信系统的出现打下了坚实的基础。

1.2 第一代模拟蜂窝通信系统

由于相关设备以及无线资源的制约,到 20 世纪 70 年代整个移动通信的发展并不令人满意,市场的规模还比较小,网络还是区域性的。到 1976 年,为纽约 1000 万人口服务的贝尔移动电话业务只有 12 个频道,只能为 543 个付费的用户提供服务,而与此同时却有许多用户在排队等待。

70 年代随着大规模集成电路技术和计算机技术的迅猛发展,多年来一直困扰移动通信的终端小型化和系统设计等关键问题得到了解决,移动通信系统进入了蓬勃发展阶段。

随着用户数量的急剧增加,传统的大区制移动通信系统很快就达到饱和状态,无法满足服务要求。针对这一情况,美国的贝尔实验室提出了小区制的蜂窝式移动通信系统的解决方案,在 1978 年,开发了 AMPS(Advance Mobile Phone Service)系统,这是第一种真正意义上的具有随时随地通信的大容量的蜂窝移动通信系统。它结合频率重用技术,可以在整个服务覆盖区域内实现自动接入公用电话网,与以前的系统相比具有更大的容量和更好的话音质量,可以说,蜂窝化的系统设计方案解决了公用移动通信系统的大容量要求和频谱资源受限的矛盾。实际上,1947 年贝尔实验室的科学家就已经阐述了蜂窝的概念,但一直到 70 年代末,各种相关的技术都比较成熟的情况下,它的母公司才同意部署蜂窝网络。该系统得到了各方面的一致好评,市场的开拓非常迅速;以至于北美的第二代数字蜂窝系统都要求与它兼容。北美的发展刺激了全球范围内的蜂窝通信网络的研究。到 80 年代中期,欧洲和日本也纷纷建立了自己的蜂窝移动通信网,主要代表有:英国的 ETACS(European Total Access Communication System)系统;法国的 450 系统,北欧国家的 NMT-450(Nordic Mobile Telephone System)系统。这些系统都是双工的 FDMA 模拟制式系统,被称为第一代蜂窝移动通信系统。

表 1.1 第一代蜂窝移动通信系统

标 准	移动台/基站发射频率(MHz)	信道宽度(kHz)	信道数目	地 区
AMPS	824 ~ 849/869 ~ 894	30	832	美国
TACS	890 ~ 915/935 ~ 960	25	1000	欧洲
ETACS	872 ~ 905/935 ~ 960	25	1240	英国
NMT-450	453 ~ 457.5/463 ~ 467.5	25	180	欧洲
NMT-900	890 ~ 915/935 ~ 960	12.5	1999	欧洲
C-450	450 ~ 455.74/460 ~ 465.74	10	573	西德,葡萄牙

续表

标 准	移动台/基站发射频率(MHz)	信道宽度(kHz)	信道数目	地 区
RTMS	450 ~ 455/460 ~ 465	25	200	意大利
NTT	925 ~ 940/870 ~ 885	25/6.25	600/2400	日本
	915 ~ 918.5/860 ~ 863.5	6.25	560	
	922 ~ 925/867 ~ 870	6.25	480	
JTACS	915 ~ 925/860 ~ 870	25/12.5	400/800	日本
NTACS	898 ~ 901/843 ~ 846	25/12.5	120/240	
	918.5 ~ 922/863.5 ~ 867	12.5	280	

尽管这些系统可以传输相对低速率的数据,但它们主要关注的还是语音信号的传输。它们之所以被称为模拟系统是因为在被射频载波发送以前语音信号没有被数字编码。然而,它们的所有命令和控制信道可以是数字的。用户的接入方式是频分多址(FDMA)。当一个呼叫建立后,该用户在其呼叫结束以前一直占用一个频段。在蜂窝通信系统中,我们一般把用户终端称为移动台,而把与其对应的设备称为基站。

对于蜂窝移动通信系统来说,必须抑制共信道干扰,即来自同一个频段的干扰。为了抑制共信道干扰,对于 FDMA 系统来说需要使用频率重用技术。频率重用技术就是在一定的距离之外,共信道干扰低于一定的门限值后,重复使用某一频率。这样可以保证蜂窝系统的频谱资源得到最大效率的利用,系统的容量也可得到极大的提高。

将若干相邻的小区组成一个区群(簇),并将可供使用的无线频道分成若干组,区群内的各个小区使用不同的频率组,使得每个区群能够使用所提供的全部无线频道;用相同频率配置的区群来覆盖整个服务区域,就实现了频率重用。对于一个蜂窝系统来说,频率重用因子越大则频率资源的利用率越高,频率重用因子 $\xi \leq 1$ 。

现代蜂窝通信网是在理论上以正六边形小区覆盖整个服务面积为基础进行分析的。由于其形状酷似蜂窝,故称为蜂窝系统。一般来说,正六边形小区的中间间隔最大,覆盖面积也最大,采用正六边形小区可使整个服务区域所需的小区数最少,故所需频率组数也最少,正六边形小区组网是最经济的一种方式。除非特别说明,本书对蜂窝系统的分析都是采用正六边形小区。

实际的小区形状与正六边形小区有很大不同;它们取决于地形、建筑物的分布、天线的方向性和辐射功率等因素的影响。第一代模拟系统的基站的发射功率很大,在小区面积很大时能够达到 100W 左右;同时它们被放置在高于周围物体的建筑物和山丘的顶部。

尽管模拟蜂窝系统取得了巨大的成功,但是在实际的使用过程中也暴露出一些问题:频谱效率较低,有限的频谱资源和无限的用户容量的矛盾十分突出;业务种类比较单一,主要是语音业务;其次,模拟系统存在同频干扰和互调干扰;此外,模拟系统保密性较差。当然最主要的因素恐怕仍然是容量与日益增长的市场之间的矛盾。因此模拟系统在经历了 20 世纪 80 年代

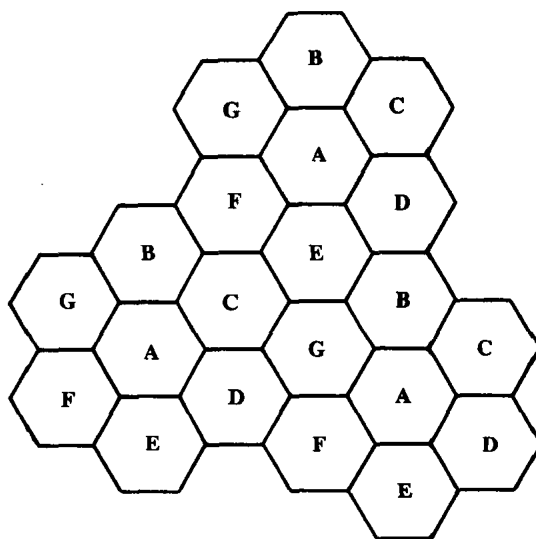


图 1.1 频率重用示意图

的辉煌后,很快就被 20 世纪 90 年代推出的数字蜂窝系统所取代。

1.3 第二代数字蜂窝移动通信系统

随着超大规模集成电路、低速语音编码以及近 20 年来的计算机等技术的发展,数字化处理技术与模拟技术相比具有更大的优势,现代通信已经由模拟方式转向数字化处理方式。1992 年第一个数字蜂窝移动通信系统,欧洲的 GSM(Global System for Mobile Communications)网络在欧洲铺设,由于其优越的性能,所以该系统在全球范围内以令人吃惊的速度扩张,目前该系统的用户数超过世界上蜂窝系统用户的 60%,是全球最大的蜂窝通信网络。在这之后美国的 DAMPS 和日本的 JDC 等系统也相继投入使用。这些系统的空中接口都采用了时分多址(TDMA)的接入方式。1995 年采用码分多址接入方式的美国高通公司的 Q-CDMA 系统被推出。第二代数字蜂窝系统较 FDMA 蜂窝系统有许多优势:频谱效率高,系统容量大,保密性能好,话音质量好等等。TDMA 系统在频谱的利用上仍旧采用了频率重用技术。下面我们就二代系统中具有典型特点的 GSM 和 CDMA 系统作简要说明。

表 1.2 第二代蜂窝移动通信系统

	GSM	IS-54	PDC	IS-95
引入年代	1990	1991	1993	1993
使用频谱(MHz)	890~915(反向) 935~960(前向)	824~849(反向) 869~894(前向)	810~830&1429~1453(反向) 940~960&1477~1501(前向)	824~849(反向) 869~894(前向)
调制方式	GMSK(BT=0.3)	$\pi/4$ DQPSK	$\pi/4$ DQPSK	QPSK(反向) QPSK(前向)
载波带宽	200 kHz	30 kHz	25 kHz	1250 kHz
信道数据速率(kbit/s)	270.833	48.6	42	1228.8
语音编码方式/输出码率(kbit/s)	REL P-LTP/13	VSELP/8	VSELP/6.7	QCELP/8
信道编码	CRC+($r=1/2$; $K=5$ 卷积码)	CRC+($r=1/2$; $K=6$ 卷积码)	CRC+卷积码	CRC+($r=1/3$; $K=9$ 卷积码(反向) CRC+($r=1/2$; $K=9$ 卷积码(前向))
均衡器类型	自适应	自适应	自适应	

1.3.1 GSM(Global System for Mobile)

从前面的介绍,我们可以看到第一代的产品相互之间差异很大,而且分配的频谱也各不相同,充其量是某个国家和地区的系统。欧洲人虽然也开发了许多系统,但由于制式各不相同,技术上也不占有很大优势,所以在全球的竞争中与美国人相比处于劣势地位。欧洲人在以后的产品开发、标准制订中意识到了这个问题,因而欧洲人采用了类似空中客车的战略,联合起来研制泛欧的移动通信标准,提高竞争优势。为了建立一个全欧统一的数字蜂窝移动通信系统,1982 年欧洲有关主管部门会议(CEPT)设立了移动通信特别小组 GSM(Groupe Special Mo-

bile)协调推动新一代数字蜂窝系统的研发。1988年,提出了主要建议 and 标准;1991年7月多址接入方式为 TDMA 的 GSM(Global System for Mobile)数字蜂窝通信系统开始投入商用。由于拥有更大的容量和良好的服务质量,很快 GSM 网就遍布欧洲,取代了模拟制式的网络。在欧洲大陆的成功运营,使得 GSM 向全世界扩展,夺取了大部分的蜂窝网络的市场份额。欧洲的爱立信、诺基亚等凭借 GSM 的优异表现而成为新的移动通信巨人,与美国的摩托罗拉并驾齐驱。可以说 GSM 是目前最好的网络。

1.3.2 CDMA(Code Division Multiple Access)

美国在数字蜂窝移动通信的起步较欧洲迟缓。但是在美国发展数字蜂窝移动通信时,却呈现了一种多元化的倾向。除了制订了与欧洲类似的基于 TDMA 的 IS-54、IS-136 标准的数字网络,美国一些公司还在研究各种技术方案,尤为值得一提的是 Qualcomm 公司提出的一种采用码分多址(CDMA)方式的数字蜂窝系统的技术方案,它在技术上有许多独特之处和优势。1990年,CTIA 和 TIA 制订了 TDMA 制式的 IS-54 标准,该标准与 FDMA 的模拟 AMPS 兼容;1992年,美国的一个名不见经传的 Qualcomm(高通)公司向 CTIA 提出了码分多址的数字蜂窝通信系统的建议和标准。该建议于 1993 年被 CTIA 和 TIA 批准为中期标准 IS-95。IS-95 也是双模体制,支持与 FDMA 的模拟 AMPS 兼容。1996年,CDMA 系统投入运营。CDMA 技术因其固有的抗多径衰落性能,并且具有软容量、软切换、系统容量大等特性,可以运用如话音激活、分集接收等先进的技术,使得 CDMA 系统在移动通信领域的应用倍受青睐。在美国 Qualcomm 公司为首的倡导者提出的 CDMA 系统方案,已分别在中国香港、韩国、北美等国家和地区投入使用,获得良好的用户反映。

尽管 CDMA 具有许多优点,但由于它推出较晚加之高通公司对相关知识产权的垄断,它所占据的市场份额还无法与拥有成熟网络的 GSM 相提并论。为了推进 CDMA 系统的使用,由一些研究机构和公司牵头成立了 CDMA 发展组织 CDG(CDMA Development Group)。

1.3.3 中国蜂窝移动通信发展的情况

中国移动通信业的发展始于 20 世纪 80 年代。1987年,中国首个 TACS 制式模拟移动电话系统建成并投入商用。之后还有 AMPS 系统被引入中国。中国为世界所关注是 GSM 在中国的大规模建设。1993年,我国第一个全数字移动电话 GSM 系统建成开通,之后中国电信和中国联通都采用了 GSM。移动通信在中国的发展势头令人吃惊,在短短的几年时间,中国便拥有了世界上最大的 GSM 网络。同时在北京、上海、西安和广州四个城市还开通了 CDMA 系统的长城网,但长城网还不能实现漫游功能,目前中国大陆使用的主要网络为 GSM 系统。中国是世界上移动通信市场发展最快的国家,截止到 2000 年 12 月底我国移动电话用户数量已超过 6000 万户,超过日本位居世界第二,仅次于美国;尽管如此,我国的市场渗透率(penetration)仍很低,只有 5%,说明我国的市场潜力极大。与此同时,中国的移动通信制造业也有了快速的发展,涌现出华为、大唐、中兴等一批实力雄厚的公司,它们已经生产出 GSM 和 CDMA 系统的设备,并投入使用;在新型系统的研究方面它们与欧美各大公司的差距正在减小。

截至 2000 年 6 月底为止,全球移动电话使用人数估计有 5.7 亿人;以制式统计,使用欧洲移动数据网络(GSM)制式的用户最多,在全球共有 3.3 亿人,约占所有手机用户的 60%。上述数字包括中东及部分亚洲地区。美洲则是使用北美的 DAMPS,北美洲使用的时分多址(TDMA)制式则有 4800 万名用户。目前世界移动通信业的格局表现为欧洲和北美两强对峙,它们

掌握着绝大部分的关键技术的知识产权和市场份额。

第二代数字蜂窝系统只能提供话音和低速数据业务的服务。因为在信息时代,图像、话音和数据相结合的多媒体业务和高速率数据业务的业务量将会大大增加,所以人们对通信业务多样化的要求与日俱增。目前的第一、第二代蜂窝移动通信系统不仅远远不能满足未来用户的业务需求,而且随着用户数的迅猛增加,现在的系统也远远不能满足用户容量的发展需要。所以新一代的移动通信系统(即第三代移动通信系统)的研究和发展成为电信领域的一个新的研究热点问题。

1.4 第三代蜂窝移动通信系统的标准化工作

由于国际电联希望在新一代的移动通信系统中能够实现全球范围内的统一,各个国家、地区、组织和企业都渴望在新的标准中能够充分体现出自己的技术特点,扩展各自的影响,所以3G(第三代移动通信系统)的标准化工作得到了大家的充分重视。但是标准是一个充分体现各个国家、地区、组织和企业技术实力的标志,从现有的标准提案来看,它们主要集中在欧美日等发达国家。中国是世界上通信产业发展势头最强劲的国家,中国政府和产业界对3G的标准化工作给予了高度的重视,成立了中国的标准化组——CWTS,并于1998年在国际电联的标准征集截止日期以前提交了中国的第一个技术标准——TD-SCDMA。目前世界各国的标准化组织有:

- 中国(CWTS);
- 欧洲(ETSI);
- 日本(ARIB);
- 美国(TTA、TTP1);
- 韩国(TTA)。

1.4.1 第三代移动通信系统的发展历程

为了满足更多更高速率的业务以及更高的频谱效率的要求,同时减少目前存在的各大网络之间的不兼容性,早在1985年ITU-R(CCIR)就成立了IWP8/13工作组,开始研究全球范围内运营的FPLMTS(Future Public Land Mobile Telephone System)。1991年正式成立了TG8/1工作组,专门负责FPLMTS标准的制订工作。1992年国际电联ITU的世界无线电行政会议WARC(World Administrative Radio Conference)为FPLMTS确定了2GHz周围的频谱:1885~2025MHz和2110~2200MHz,频带宽度共230MHz。1994年,ITU-T和ITU-R合作研究FPLMTS;ITU-T负责网络标准化工作,ITU-R负责无线接口的标准化工作。1995年,FPLMTS又被正式更名为国际移动通信2000系统(IMT-2000)。IMT-2000支持的网络被称为第三代移动通信系统,简称3G,它将支持速率高达2Mbit/s的业务,而且业务种类将涉及话音、数据、图像以及多媒体等业务。

国际电联的最初考虑是:第三代移动通信系统要将各种业务结合起来,用一个单一的全功能网络来实现,与现有的第一代和第二代移动通信系统相比,其主要特点可以概括为:

1. 全球普及和全球无缝漫游的系统:第二代移动通信系统一般为区域或国家标准,而第三代移动通信系统将是一个在全球范围内覆盖和使用的系统。它将使用共同的频段,全球统一标准。

2. 具有支持多媒体业务的能力,特别是支持 Internet 业务;现有的移动通信系统主要以提供话音业务为主,即使改进一般也仅提供 100kbit/s ~ 200kbit/s 的数据业务,GSM 演进到最高阶段的速率能力为 384kbit/s。而第三代移动通信的业务能力将比第二代有明显的改进。它应能支持从话音到分组数据到多媒体业务;应能根据需要,提供带宽。ITU 规定的第三代移动通信无线传输技术的最低要求中,必须满足下面三种速率要求。

3. 快速移动环境,最高速率达 144kbit/s;室外到室内或步行环境,最高速率达到 384kbit/s;室内环境,最高速率达到 2Mbit/s。

4. 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,所以第三代的网络一定要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。

5. 高频谱效率。

6. 高服务质量。

7. 低成本。

8. 高保密性。

同时,还要将综合宽带网的业务尽量延伸到移动环境中,能够传送速率高达 2Mbit/s 的高质量图像,真正实现“任何人,在任何地点、任何时间与任何人”都能便利地通信。

从 1996 年开始第三代移动通信的研究逐渐成为移动通信领域的研究热点,各国对第三代移动通信的研究都进入了实质性的研究阶段,特别是 ITU 在 1997 年 4 月向全世界发出了征集 IMT-2000 无线传输技术规范的通函,并制订了详细的 IMT-2000 RTT 步骤和时间表。按照 ITU 的原有时间表,1999 年 3 月将完成第三代移动通信标准 IMT-2000 的选定,1999 年底完成 IMT-2000 的无线传输技术规范,2000 年完成包括上层协议在内的完整标准的制订工作。

为了在未来的全球化标准中占据一席之地,体现自己的利益,各个国家、组织和公司纷纷提出自己的建议和标准。我国也积极参与了第三代移动通信技术的研究和标准的制定,并成立了无线通信标准研究组(CWTS),专门负责标准的研究和制定,已向 ITU 提交了中国自己的标准 TD-SCDMA。现在被 ITU 接受的候选标准多达 10 种之多。截止到 1998 年 6 月 30 日,提交到 ITU 的地面第三代移动通信无线传输技术(RTT)共有 10 种,见表 1-3。其中欧洲提出的 WCDMA 和北美提出的 cdma2000 最为大家看好;中国 TD-SCDMA 由于得到了中国政府和产业界的支持,加之中国巨大的市场潜力,因此也格外引人注目。本章在后面将对 WCDMA、cdma2000 和 TD-SCDMA 作一简要介绍。

表 1.3 10 种 IMT-2000 地面无线传输技术提案

序号	提交技术	双工方式	应用环境	提交者
1	J; W - CDMA	FDD, TDD	所有环境	日本: ARIB
2	ETSI - UTRA - UMTS	FDD, TDD	所有环境	欧洲: ETSI
3	WIMS W - CDMA	FDD	所有环境	美国: TTA
4	WCDMA/NA	FDD	所有环境	美国: TTP1
5	Global CDMA II	FDD	所有环境	韩国: TTA
6	TD - SCDMA	TDD	所有环境	中国: CWTS
7	cdma2000	FDD, TDD	所有环境	美国: TTA
8	Global CDMA I	FDD	所有环境	韩国: TTA
9	UWC - 136	FDD	所有环境	美国: TTA
10	EP - DECT	TDD	室内、室外到室内	欧洲: ETSI DECT 计划

WCDMA 为欧洲 ETSI 提出的宽带 CDMA 技术,它与日本 ARIB 提出的宽带 CDMA 技术基本相同,双方的标准化组织经过进一步的融合形成了欧日统一的第三代移动通信无线接口建议 WCDMA,开始它的码片速率(chip rate)为 4.096Mchip/s,后由于 OHG(Operators Harmonization Group 运营者融合组)组织的建议,现码片速率(chip rate)定为 3.84Mchip/s。cdma2000 是由美国的 TTA 提出的,基于窄带 IS-95 CDMA 技术的宽带 CDMA 技术,兼容 IS-95 CDMA,既可采用直扩又可采用多载波方式,码片速率一般是窄带 1.2288Mchip/s 的 1 倍或 3 倍,即 1.2288Mchip/s 或 3.6884Mchip/s(相应的系统分别被称为 cdma2000-1X 和 cdma2000-3X),但还可扩充到 9 倍及 11 倍。

经过各国标准化组织的多次融合和 ITU-R TG8/1 多次会议的讨论以及 OHG 组织的协调,在 ITU-R TG8/1 赫尔辛基会议上通过了“IMT-2000 无线接口技术规范建议”(IMT-RSPC),表明 TG8/1 在制定第三代移动通信系统无线接口技术标准方面的工作基本完成,第三代移动通信系统的开发和应用进入实质性阶段。

地面部分建议是第三代无线接口技术规范建议的主要组成部分,分为 CDMA 和 TDMA 两类体制,具体包括以下 5 种无线传输技术:

IMT-2000 CDMA DS: UTRA/WCDMA 和 cdma2000 DS;

IMT-2000 CDMA MC: cdma2000 MC;

IMT-2000 CDMA TDD: TD-SCDMA 和 UTRA TDD;

IMT-2000 TDMA SC: UWC136;

IMT-2000 TDMA MC: DECT。

1.4.1.1 WCDMA 的发展

日本对 IMT-2000 的研究非常重视,是第三代移动通信的最积极的倡导者之一,这是因为日本在第二代移动通信上采取了自成体系的政策,先后推出的 JDC(后改为 PDC)蜂窝系统及 PHS 无绳电话系统虽然在日本市场非常普及,但却未能成为国际主流产品,从而使得日本移动通信厂商在国际市场竞争中几乎未占领任何本土之外的市场份额。日本急切希望通过第三代移动通信产品的推出,改变这种不利的局面。从 1993 年开始,日本便进行 IMT-2000 的研究,1994 年 10 月日本开始征集无线传输技术,1997 年初已基本定为 W-CDMA 技术。在研究过程中,具体的标准制定和技术开发工作由 ARIB 和 TTC 负责,ARIB 主要负责无线部分的研究,TTC 主要负责网络方面技术的研究。

欧洲早在 20 世纪 80 年代中期已经开始研究第三代移动通信系统,1987 年正式提出了 UMTS 的概念,并且欧共体有很多大的研究计划,如:基于欧洲先进的通信研究计划 RACE、先进通信技术和业务计划 ACTS 以及科研领域合作计划 COST 等。UMTS 的标准化工作主要由 ETSI SMG 负责,SMG 的 UMTS 标准化工作分三步走:第一步以欧洲技术报告(ETR)的形式提出目标;第二步提出详细的要求和框架文件;第三步提出详细的标准,包括测试标准在内。1997 年中,方案也逐步缩小在两个主要的候选技术,即 WCDMA 和 TD-CDMA 技术之间。1998 年初已确定 UMTS 的无线传输技术 UTRA,其 FDD 模式采用 WCDMA, TDD 模式采用 TD-CDMA,并且积极进行 UMTS 的标准化工作。

同时,以爱立信和诺基亚为代表的欧洲移动通信厂商也是第三代移动通信的积极参与者,他们在第二代移动通信系统 GSM 的研究、生产与制造中占尽了先机,获取了极为丰厚的市场回报。他们希望通过第三代移动通信系统的研制抵御来自北美 IS-95CDMA 技术的强劲挑战,并保持他们在移动通信方面的领先地位。按照他们的研究计划,将于 2002 年前后推出第