

现代  通信技术丛书

WCDMA

移动通信系统

张 平 王卫东 陶小峰 王 莹 等 编著

(第2版)

现代移动通信技术丛书

WCDMA 移动通信系统

(第2版)

张 平 王卫东 陶小峰 王 莹 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/张平等编著. —2 版. —北京:人民邮电出版社,2004.8

(现代移动通信技术丛书)

ISBN 7-115-12486-8

I. W... II. 张... III. 码分多址—宽带通信系统 IV. TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 074954 号

内 容 提 要

本书围绕 3GPP 标准规范、同时也参考了大量的国内外的最新文献对 WCDMA 系统作了详尽的描述。全书共有十章,其中包括 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、WCDMA 系统涉及的前沿技术和网络资源管理、网络组网与工程技术、网络管理等。

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 (第 2 版)

◆ 编 著 张 平 王卫东 陶小峰 王 莹 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@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67129258
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: 22.75
字数: 548 千字 2004 年 8 月第 2 版
印数: 6001-10 500 册 2004 年 8 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-115-12486-8/TN • 2316

定价: 38.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

序

人类社会的每一步发展都伴随着通信技术的进步。从人工到自动，从固定到移动，人类通信的方式正朝着宽带化、智能化、综合化、个人化的方向发展。移动通信经历了第一代的模拟蜂窝系统、第二代 GSM 和 IS-95CDMA 等数字蜂窝系统，目前已经发展到以 WCDMA 等为代表的第三代移动通信系统。3G 作为人类通信发展史的新篇章，无疑将会对人类社会生活产生深远的影响，3G 自身以及所衍生的种种产业力量也将成为世界经济发展的新动力。

到目前为止，我国的 GSM 网络用户已经突破 2.8 亿，作为全球最大的移动通信市场，中国 WCDMA 应用与发展无疑将对世界移动通信市场产生深远的影响。同第一代、第二代移动通信明显不同的是，在第三代移动通信系统的发展道路上，国产设备取得群体突破，凭借多年的不断积累和努力，以华为等为代表的设备供应商在第三代移动通信领域厚积薄发，在新的高度上，凭借无比的坚韧和“服务好、质量优、成本低”的优势，已经取得了突出成绩。

回想起来，人们对 WCDMA 的研究可以追溯到几十年前，但是，直到 Release99 版本出来后，WCDMA 的普及和推广才得以迅速开展。本书作者之一张平教授是我国乃至全球较早涉足 WCDMA 的研究开发及普及推广的学者，有多年的移动通信（特别是第三代移动通信系统）的研究实验，是信息产业部第三代移动通信技术实验专家组成员、中国科技部 863 第三代移动通信项目总体组成员、中国无线技术标准组织的高级顾问。其领导的实验室，与华为、爱立信、诺基亚、大唐、中兴等公司在第三代移动通信领域有着长期的合作关系，在推动中国移动通信发展的过程中发挥着积极的作用。

本书作者曾主持 WCDMA 系统的商用开发，有较丰富的理论和实践经验，本书从网络协议、空中接口协议以及物理层技术等方面对该系统进行了非常简明而清晰的描述。对运营商而言，移动通信系统的无线资源管理和规划非常重要且必须通过商用系统加以检验和验证，但是目前缺乏系统地介绍这些内容的著作。本书的特点之一是系统而全面地介绍了 WCDMA 系统的性能分析和规划、分层小区架构、WCDMA 系统的无线资源管理和规划特点。另外，本书在第 1 版的基础上，增加了 WCDMA 网络组网、工程技术及 WCDMA 网络管理章节，在关键技术章节部分，增加了业界对 WCDMA 物理层的关键技术的最新研究成果，如智能天线、多用户检测、High Data Rate、HSDPA 等。并由华为公司在其所开设商用局上检验和验证，积累了丰富的经验。任何一个商用系统都不是一成不变的，从 GSM 的第一代商用系统到当今的 GSM 商用系统，这中间应用了很多新技术，如 EDGE、GPRS，本书介绍了作者在提高 WCDMA 系统性能方面多年的研究成果，这些研究成果构成了本书的另一重要特色。

我衷心希望本书的再版能在我国进一步普及 WCDMA 系统的理论，并通过对商用实践的探讨和研究促进 WCDMA 在我国更好地商用。

宋直元

2004 年 4 月

第 2 版前言

时光荏苒，自《WCDMA 移动通信系统》第 1 版 2001 年出版以来，已经经过了三年多。在这几年中，移动通信技术仍在不断发展进步。第三代移动通信已经在日本、韩国等多个国家开始商用，而针对后三代或第四代移动通信系统的研究也在国际国内如火如荼地展开。为了反映移动通信的最新进展，以及增加本书在工程技术方面的实用性和可借鉴性，本书作者与华为公司的技术人员联手对原书做了修订，一是增加了部分章节，二是对第 1 版中存在的某些疏漏和印刷差错作更正。

本版的章节安排与第 1 版大致相同，只在最后增加了两章，其中第九章结合 WCDMA 工程实践，讲述了 WCDMA 网络组网及工程技术，给出了部分工程及组网案例，由王莹、吕武等编写；第十章则分析了 WCDMA 的网络管理系统，由付国春、王卫东编写。同时，王莹对第一章的内容进行了修订，增加了 WCDMA 标准的演进一节。

由于编者水平有限，加之时间仓促，再版中仍难免有错误和不妥之处，欢迎读者指正。

张 平

2004 年 4 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
1.4.5 WCDMA 标准的演进	15
1.5 本书的内容安排	17
参考文献	18
第二章 移动信道分析	19
2.1 移动无线电传播环境	19
2.1.1 基本传播机制 (反射、绕射、散射)	20
2.1.2 慢衰落	20
2.1.3 快衰落	22
2.1.4 AWGN	37
2.2 传播预测模型	37
2.2.1 室外传播模型	37
2.2.2 室内传播模型	48
参考文献	51
第三章 WCDMA 网络	52
3.1 IMT-2000	52
3.1.1 IMT-2000 家族	53
3.1.2 网络的兼容与过渡	54
3.1.3 IMT-2000 网络实现	54
3.2 UMTS 无线接入网系统	56
3.3 Iub 接口	59
3.3.1 Iub 接口功能	60
3.3.2 传输网络层	60
3.3.3 无线网络层控制平面的应用部分 NBAP	61

3.3.4 无线网络层用户平面协议	65
3.4 Iur 接口	69
3.4.1 Iur 接口功能	69
3.4.2 传输网络层	71
3.4.3 无线网络层控制平面协议	71
3.4.4 无线网络层用户平面协议	74
3.5 Iu 接口无线网络层协议	75
3.5.1 Iu 接口协议结构	76
3.5.2 无线网络层控制平面协议	78
3.5.3 无线网络层用户平面协议	79
3.5.4 SABP	83
参考文献	84
第四章 WCDMA 的空中接口	85
4.1 Uu 接口协议结构模型	85
4.2 物理层	87
4.2.1 传输信道	87
4.2.2 物理层的功能	87
4.3 数据链路层	88
4.3.1 媒体接入控制协议	88
4.3.2 无线链路控制协议	99
4.3.3 分组数据会聚协议	103
4.3.4 广播/多播控制协议	105
4.3.5 数据链路层中的数据流	106
4.4 网络层	108
4.4.1 网络层业务	109
4.4.2 无线资源控制协议	109
4.5 控制平面 RRC 与低层之间的相互作用	123
参考文献	123
第五章 WCDMA 系统的物理层 (FDD)	125
5.1 编码技术	125
5.1.1 交织	125
5.1.2 卷积编码技术及其在本系统中的应用	131
5.1.3 Turbo 编码技术及其在本系统中的应用	132
5.1.4 速率匹配	134
5.2 物理层的成帧过程	135
5.2.1 传输信道向物理信道的映射	135
5.2.2 上行链路的成帧过程	136
5.2.3 下行链路的成帧过程	140
5.3 业务复用	141
5.3.1 有关传输格式的参数的介绍	141

5.3.2	3G 系统可承载的业务	143
5.3.3	业务复用过程示例	144
5.4	WCDMA 系统的扩频与扰码	146
5.4.1	扩频码与扰码的数学性质	146
5.4.2	WCDMA 系统的扰码的实现方法	150
5.4.3	物理信道的扩频与加扰过程	154
5.5	物理信道特点及物理层的帧结构	162
5.5.1	物理信道的帧结构	162
5.5.2	发射分集技术	163
5.5.3	下行链路物理信道的结构	165
5.5.4	上行链路的物理信道	171
5.5.5	物理信道之间的相对时序	174
	参考文献	176
第六章	WCDMA/TDD 简介	177
6.1	WCDMA/TDD 简介	177
6.2	WCDMA/TDD 的物理信道	177
6.2.1	WCDMA/TDD 的传输信道与物理信道	177
6.2.2	物理信道的帧结构	177
6.2.3	物理信道的简单说明	180
6.2.4	TDD 和 FDD 系统物理层的比较	181
6.3	WCDMA/TDD 的信道编码和复用	182
6.3.1	WCDMA/TDD 的信道编码	182
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	192
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	196
第七章	WCDMA 系统的关键技术	197
7.1	智能天线	197
7.1.1	引言	197
7.1.2	智能天线的几种形式	198
7.1.3	智能天线的体系结构	199
7.1.4	智能天线的信号模型	199
7.1.5	智能天线的赋形算法	201
7.1.6	智能天线的常用准则	213

7.1.7	智能天线在第三代移动通信系统中的应用	215
7.1.8	智能天线的研究应用现状及未来的研究方向	216
7.2	多用户检测	217
7.2.1	引言	217
7.2.2	多用户检测分类	217
7.2.3	干扰删除器	226
7.2.4	多用户检测的研究现状及未来的研究方向	231
7.3	联合检测	232
7.3.1	引言	232
7.3.2	联合检测的分类及性能比较	232
7.3.3	联合检测在第三代移动通信系统 TD-SCDMA 中的应用	234
7.4	空时码	234
7.4.1	引言	234
7.4.2	分层空时码 (LST)	234
7.4.3	基于发射分集的空时码	236
7.4.4	结论	244
7.5	HDR (High Data Rate)	244
7.5.1	引言	244
7.5.2	自适应调制编码技术	245
7.5.3	ARQ 技术	248
7.5.4	HSDPA (High-speed Downlink Packet Access) 简介	249
7.5.5	HDR 的现状与未来	253
	参考文献	253
第八章	无线资源管理和规划	258
8.1	CDMA 系统的性能分析和规划	259
8.1.1	CDMA 主要技术特点分析	259
8.1.2	小区规划的理论研究	265
8.2	分层结构 HCS (Hierarchical Cell Structure)	273
8.2.1	无线蜂窝移动通信系统设计的要求	273
8.2.2	分层系统的基本特点	274
8.2.3	WCDMA 中的资源分配策略	275
8.3	WCDMA 系统的无线资源管理和规划特点	276
8.3.1	WCDMA 的功率控制	276
8.3.2	WCDMA 的切换策略	278
8.3.3	其他的资源管理	279
8.4	本章小结	280
	参考文献	280
第九章	WCDMA 网络组网及工程技术	281
9.1	WCDMA 网络组网概述	281
9.2	WCDMA 网络接入网组网	284

9.2.1	接入网组网	284
9.2.2	基站星形连接组网	285
9.2.3	基站链形连接组网	285
9.2.4	基站树形连接组网	286
9.2.5	基站环形连接组网	286
9.2.6	基站混合形连接组网	286
9.3	WCDMA 网络核心网组网	287
9.3.1	核心网各个网元的连接	287
9.3.2	核心网大本地网组网方式介绍	292
9.4	不同场景无线覆盖实施工程	295
9.4.1	城区无线覆盖实施工程	295
9.4.2	郊区环境无线覆盖实施工程	303
9.4.3	公路及沿途乡镇无线覆盖实施工程	305
9.4.4	特殊场景无线覆盖实施工程	306
9.5	传输组网技术	307
9.5.1	WCDMA 传输网建设的原则	307
9.5.2	传输工程技术核心网传输组网	307
9.5.3	传输工程技术 RAN 传输组网	309
	参考文献	313
第十章	WCDMA 网络管理系统	315
10.1	网管基础知识	315
10.1.1	TMN 基本知识介绍	315
10.1.2	TOM 模型的简单介绍	316
10.1.3	WCDMA 系统网管介绍	318
10.2	WCDMA 网管主要业务功能	320
10.2.1	性能管理	321
10.2.2	漫游协议管理	321
10.2.3	欺诈管理	321
10.2.4	配置管理	322
10.2.5	故障管理	322
10.2.6	账务管理	323
10.2.7	软件管理	323
10.2.8	安全管理	323
10.2.9	QoS 管理	324
10.3	WCDMA 网管常见接口	326
10.3.1	WCDMA 网管常见接口参考模型	326
10.3.2	常见网管接口	327
10.4	WCDMA 网管的建设方案	328
10.4.1	WCDMA 网管系统管理范围	328
10.4.2	分层网管方式	328

10.4.3	网管结构划分.....	329
10.4.4	OMC 设置方式	331
10.4.5	省级网管建设方式.....	333
10.4.6	安全性考虑.....	333
10.4.7	网管建设实施建议.....	334
10.5	WCDMA 网管的解决方案	335
10.5.1	iManager TM I2000	335
10.5.2	iManager TM M2000	336
10.5.3	安全策略.....	340
	参考文献.....	340
	中英文名词对照.....	341

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。

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。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 世纪末所作的实验证明了在收发信机时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 20 世纪 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的水平还达不到要求，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。用于世界范围内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复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 1 000 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。

20 世纪 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。它结合频率复用技术，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	移动台发射/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	1 000	欧洲
ETACS	872-905/935-960	25	1 240	英国
NMT 450	453-457.5/463-467.5	25	180	欧洲
NMT 900	890-915/935-960	12.5	1 999	欧洲
C-450	450-455.74/460-465.74	10	573	西德，葡萄牙

续表

标 准	移动台发射/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复用技术。频率复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），并将可共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，就实现了频率复用。对于一个蜂窝系统来说，频率复用因子越大则频率资源的利用率越高，频率复用因子 $\xi \leq 1$ 。

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，正六边形小区的中心间隔最大，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。

实际的小区的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，主要是话音业务；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 年代的辉煌后，很快就被 90 年代推出的数字蜂窝系统所取代。

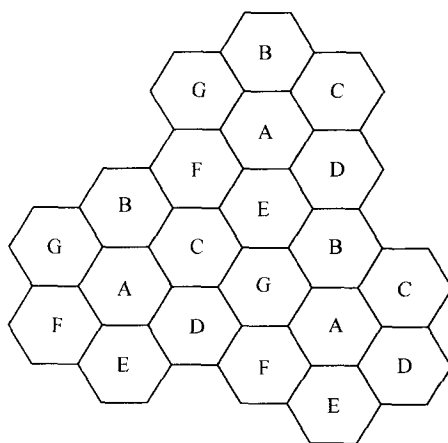


图 1.1 频率复用示意图

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、低速话音编码以及近 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复用技术。下面我们就第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	OQPSK (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)	RELTP-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 Mobile) 协调推动新一代数字蜂窝系统的研发。1988 年，提出了主要建议和标准；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 是目前最好的网络之一。

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，CITA 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、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，已分别在香港、韩国、北美等国家和地区投入使用，取得良好的用户反映。

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 2003 年 12 月我国移动电话用户总数达到 2.69 亿，居世界第一位。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。

截至到 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 4 800 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、T1P1);
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的世界无线电管理会议WARC(World Administrative Radio Conference)为FPLMTS确定了2GHz周围的频谱:1885~2025MHz和2110~2200MHz,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语音、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语音业务为主,随着发展一般也仅提供100~200kbit/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。它应能支持从语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