

CMP 科技经典

3G/B3G

核心技术丛书

01010101100
01010101100

3G/B3G 网络核心技术与应用

赵晓秋 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

3G/B3G 核心技术丛书



TN929.533/51

2008

3G/B3G 核心技术丛书

3G/B3G 网络核心技术与应用

赵晓秋 等编著

机械工业出版社

本书结合目前第三代移动通信系统的技术现状及发展趋势,深入浅出地介绍了 3G/B3G 移动通信系统的三个主要标准,即 WCDMA、CDMA2000 1x 和 TD-SCDMA,并同时介绍了与 3G/B3G 移动通信系统及其发展密切相关的各项关键技术。

全书共分 13 章,主要介绍了移动通信尤其是第三代移动通信系统的发展历史、WCDMA 无线网络技术、CDMA2000 1x 无线网络技术、TD-SCDMA 无线网络技术、HSDPA 技术、IMS 技术、MIMO 技术、智能天线技术、OFDM 技术、软件无线电技术、3G 终端与业务,以及与 3G 系统发展密切相关的 WiMAX 核心技术,并且在全书的最后介绍了 3GPP LTE,并对 3G 系统的进一步发展进行了介绍。

本书内容全面翔实,读者对象主要为从事 3G 系统研发的专业技术人员,参与 3G 网络建设、运营、维护和 3G 业务开发的工程技术人员与技术人员,以及希望全面了解 3G/B3G 系统及其发展的相关人士。

图书在版编目 (CIP) 数据

3G/B3G 网络核心技术与应用/赵晓秋等编著. —北京:机械工业出版社, 2007.10

(3G/B3G 核心技术丛书)

ISBN 978-7-111-22518-8

I. 3... II. 赵... 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 156184 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:朱林 责任校对:陈立辉

封面设计:马精明 责任印制:李妍

保定市中华美凯印刷有限公司印刷

2008 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·26.75 印张·658 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-22518-8

定价:50.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379764

封面无防伪标均为盗版

丛 书 序

目前, 3G 移动通信技术已成为中国传统电信运营企业转型的关键技术之一, 同时成为中国电信设备制造企业国际化发展的重要机遇。

然而, 随着宽带数据和多媒体业务的迅猛发展, 第三代移动通信原定目标规定的 2Mbit/s 的传输速率已经远远不能满足需求, 3G 技术正在朝着 B3G、4G 技术方向发展。由于我国至今没有正式颁发 3G 业务牌照, 一方面使得国内很多著名的 3G 设备制造企业不得不将更多的精力放在国际市场的开拓上; 另一方面使得我国可以充分发挥后优势, 在 3G 网络的建设过程中可以引入各项成熟的新技术, 即在我国 3G 网络中直接应用部分 B3G 乃至 4G 的核心技术, 提高我国 3G 网络的业务能力。

因此, 我们策划了这套“3G/B3G 核心技术丛书”, 对 HSDPA/HSUPA 技术、IMS 技术、OFDM 技术、MIMO 技术、智能天线技术、软件无线电技术和 WiMAX 技术等主流的新技术进行阐述, 内容涉及 3G/B3G 网络的无线接入、核心网、智能天线、频分复用、系统设计等多个方面。

希望通过阅读本套丛书, 读者能够比较全面地了解 3G/B3G 系统的各项核心技术, 更希望本套丛书能对我国 3G/B3G 系统的网络建设和产业发展作出一定的贡献。

由于通信技术发展十分迅速, 加上编写时间相对紧张, 书中难免存在不足, 恳请广大读者和专家批评指正, 联系信箱为 buptzjh@163.com。

3G/B3G 核心技术丛书编委会

2006 年 8 月

前言

第三代移动通信系统(3G)及其演进(Beyond 3G, B3G)是目前电子信息通信领域研究和讨论的热点。作为3G的三大主流标准,WCDMA和CDMA2000 1x已经在全球多个国家正式商用,新业务新应用层出不穷;TD-SCDMA的测试工作也正在如火如荼地进行,在不久的将来,甚至可能在2007年年内就将正式组网放号。与此同时,为了应对各种新兴的无线通信技术的发展,如WiMAX,3G的发展和演进也受到了越来越多的关注,很多国家和科研机构甚至已经将目光放到了4G甚至更加先进的移动通信技术上。因此,市场对于3G人才的需求越来越多,而越来越多的专业技术人员和在校相关专业的学生都希望能够全面快速地了解3G技术的基本知识、发展趋势和相关核心技术。

在我国,由于极可能将同时出现WCDMA、CDMA2000 1x和TD-SCDMA三个3G网络,因此这三个标准在我国可能出现非常激烈的竞争。与此同时,截至2007年4月,我国移动电话用户数已经达到了4.87亿户,移动电话普及率已经达到了35.3部/百人,3G技术的最大机遇也在我国。

随着业界对于3G及其相关技术越来越关注,目前市场上与3G技术相关的书籍也越来越多。但是,市场上的3G图书主要介绍了3G技术所涉及的某一方面内容,而缺少一本全面介绍3G主要协议标准、3G技术演进以及相关关键技术的图书。因此,笔者结合目前3G技术的现状和发展趋势,结合相关关键技术,如HSDPA、IMS、MIMO、智能天线、OFDM、软件无线电等各个技术以及其在国内外的进展情况,编写了本书。

全书分为13章。第1章为绪论,介绍了移动通信的基本知识,简单介绍了GSM及其演进GPRS和CDMA IS-95,以及第三代移动通信系统的发展历程、特点、主要技术标准和频谱划分。第2章介绍了WCDMA无线网络技术,主要包括WCDMA无线接入网、WCDMA物理层、WCDMA无线接口协议和WCDMA的演进与发展。第3章介绍了CDMA2000 1x无线网络技术,内容包括CDMA2000 1x的基本情况、发展趋势、关键技术,以及CDMA2000 1x的物理层技术。第4章介绍了TD-SCDMA无线网络技术,主要内容包括TD-SCDMA网络结构和接口、TD-SCDMA系统的空中接口协议、物理层协议、数据链路层协议、网络层协议以及TD-SCDMA的技术特点。通过前4章的学习,读者应该能够比较全面地了解3G三个主要协议标准的基本情况,能够对3G技术的发展现状和技术特点有比较清晰的认识。

第5章介绍了HSDPA技术,作为WCDMA演进的核心技术,在这一章中主要介绍了HSDPA的关键技术、HSDPA的物理层技术、HSDPA的MAC子层技术、HSDPA对Iub/Iur接口的影响以及HSDPA的TDD模式。第6章主要介绍了3G核心网中的关键技术——IMS技术,内容包括IMS的系统架构、IMS的信令协议、IMS的会话流程、IMS的认证鉴权计费、IMS的计费、IMS的安全、IMS的策略控制、IMS QoS、IMS的业务模型、IMS

与其他网络的互通以及基于 IMS 的固定移动网络融合。第 7 章介绍了 MIMO 关键技术, 内容包括 MIMO 系统的特点、MIMO 系统性能的度量、MIMO 的信道模型、空时编码、MIMO 系统的信道估计、MIMO 系统均衡、空时多用户检测、MIMO-OFDM、MIMO 系统的天线技术和 MIMO 技术的应用。第 8 章介绍了智能天线技术, 内容包括智能天线的分类、智能天线的基本结构、智能天线的工作原理、智能天线的关键技术、智能天线的空-时信道模型、自适应波束形成算法、波达方向估计算法、智能天线与 3G 系统以及基于软件无线电的智能天线技术。第 9 章介绍了 OFDM 关键技术, 内容包括 OFDM 的系统模型、OFDM 系统的特点、OFDM 的同步技术、OFDM 中的信道估计、OFDM 均分比、自适应技术、多载波 CDMA, 以及 OFDM 系统与 CDMA 系统的比较。第 10 章介绍了软件无线电技术, 包括软件无线电的关键技术、软件无线电的体系结构、软件无线电的理论基础、信号的数字生成、高速 A/D 转换、射频及模拟前端、数字信号处理硬件平台以及软件无线电技术在 3G/4G 中的应用。第 5 章~第 10 章主要介绍了 3G 的演进, 即 B3G 技术所涉及的各项关键技术, 这些技术在 3G 技术的发展和演进过程中将起到重要的作用。

3G 终端是影响和制约 3G 发展与普及的关键因素之一。本书第 11 章介绍了 3G 终端与业务, 内容包括 3G 终端概述、3G 终端的硬件技术、3G 终端的软件技术和 3G 业务概述。

本书第 12 章介绍了 WiMAX 核心技术。WiMAX 技术作为 3G/B3G 的最有力竞争者, 正在受到越来越多的移动运营商和电信设备制造商的关注。第 12 章内容包括 WiMAX 技术的特点与优势、WiMAX 的系统架构、WiMAX MAC 子层、WiMAX 物理层、WiMAX 中的 HARQ、MAC 子层的 QoS 保证机制、WiMAX 与其他接入技术的比较以及 WiMAX 的应用。

本书最后一章简单介绍了 3GPP LTE。3GPP LTE 是 3G 的进一步发展与演进, 本章内容包括 LTE 概念的提出、LTE 的主要目标、LTE 的发展时间表、LTE 的进展情况以及 3GPP LTE 的前景展望。

在本书的编写过程中, 资料收集和初稿编写分工: 汤志松、张萌负责第 1 章, 张萍萍负责第 2 章, 顾然、高瑞静负责第 3 章, 罗萍、王莉莉负责第 4 章, 冯佳、史新慧负责第 5 章, 崔巍、曹叠峰负责第 6 章, 冯道杰、赵元元负责第 7 章, 李强、殷开达负责第 8 章, 刘德元、李建欣负责第 9 章, 罗素平、李雪明负责第 10 章, 王大鹏、胡迪雅负责第 11 章, 郭鑫、吕茜、李灵全负责第 12 章, 杜广东负责第 13 章。全书由赵晓秋统筹并完成全书的定稿。

本书内容全面翔实, 可以作为 3G 系统研发专业技术人员的参考书, 对于参与 3G 网络建设、运营、维护和 3G 业务开发的工程技术人员和技术管理人员, 本书也是一本非常好的 3G 入门图书。通过对本书的学习可以快速而全面地了解 3G/B3G 系统技术的现状和发展, 以及相关的热点核心技术。

由于通信技术发展极快, 加上作者的知识有限, 书中难免有疏漏之处, 欢迎读者批评指正。

作 者

2007 年 8 月

3G/B3G 核心技术丛书

编 委 会

主任委员：袁超伟 姜宇柏

委 员(排名不分先后)：

程宝平 曾春亮 黄 韬 梁守青

贾 宁 赵 鑫 俞一鸣 汪裕民

杨睿哲 李美玲 张 宁 齐伟民

孙昌璐 刘 鸣 王旭莹 蒋建新

目 录

丛书序

前言

第 1 章 绪论 1

1.1 移动通信概述 1

1.1.1 移动通信的基本概念 1

1.1.2 移动通信的发展 1

1.1.3 移动通信的工作模式 2

1.1.4 移动通信系统的组成 3

1.1.5 移动通信的组网技术 4

1.1.6 蜂窝移动通信的基本概念 4

1.2 GSM 和 GPRS 系统简介 5

1.2.1 GSM 概述 5

1.2.2 GSM 系统的组成 7

1.2.3 GSM 网络结构 8

1.2.4 GSM 网络接口 8

1.2.5 编号 10

1.2.6 多址技术 11

1.2.7 GSM 频率配置 13

1.2.8 GSM 系统安全 15

1.2.9 通用分组无线业务 16

1.3 CDMA IS-95 简介 19

1.3.1 CDMA 方式 19

1.3.2 IS-95 CDMA 通信原理 20

1.3.3 CDMA 系统的网络结构 21

1.4 第三代移动通信系统 21

1.4.1 3G 的历程及特征 21

1.4.2 3G 的主要技术体制 23

1.4.3 3G 的三大标准对比分析 26

1.4.4 IMT-2000 频谱的划分 29

第 2 章 WCDMA 无线网络技术 31

2.1 WCDMA 无线接入网 31

2.1.1 IMT-2000 无线接入网 31

2.1.2 UMTS 的系统结构 33

2.1.3 UTRAN 的体系结构 35

2.1.4 Iub 接口 36

2.1.5 Iur 接口 38

2.1.6 Iu 接口 39

2.2 WCDMA 物理层 41

2.2.1 概述 41

2.2.2 WCDMA 物理层参数 42

2.2.3 传输信道 42

2.2.4 物理信道 43

2.2.5 调制 45

2.2.6 扩频 46

2.2.7 扰码 49

2.2.8 WCDMA 物理信道的扩频与加扰过程 50

2.2.9 RAKE 接收机和多用户接收机 52

2.2.10 空时码 54

2.2.11 信道编码和复用 55

2.2.12 物理层信令 58

2.2.13 物理层的相关进程 61

2.3 WCDMA 无线接口协议 62

2.3.1 Uu 接口协议 62

2.3.2 物理层协议 63

2.3.3 数据链路层协议 63

2.3.4 网络层协议 69

2.4 WCDMA 的演进与发展 72

2.4.1 R99 版本 72

2.4.2 R4 版本 72

2.4.3 R5 版本 73

2.4.4 R6 版本 73

2.4.5 R7 版本 74

2.5 小结 74

第 3 章 CDMA2000 1x 无线网络

技术 75

3.1 概述 75

3.1.1 CDMA2000 1x 的网络体系结构 76

3.1.2 CDMA2000 1x 的系统结构与接口 77

3.1.3 CDMA2000 1x 的频道设置和信道结构 79

3.1.4 CDMA2000 1x 系统的特点 80

3.2 CDMA2000 1x 的发展 81

3.2.1	CDMA2000 1xEV-DO	81	4.5.7	基本物理层过程	122
3.2.2	CDMA2000 1xEV-DV	82	4.6	TD-SCDMA 系统的数据链路层 协议	124
3.2.3	CDMA2000 3x	83	4.6.1	MAC 子层协议	124
3.2.4	CDMA2000 1x 网络演进	84	4.6.2	RLC 子层协议	125
3.3	CDMA2000 1x 的关键技术	86	4.6.3	PDCP 子层协议	125
3.3.1	前向快速功率控制技术	86	4.6.4	BMC 子层协议	126
3.3.2	前向快速寻呼信道技术	87	4.7	TD-SCDMA 系统的网络层协议	126
3.3.3	前向链路发射分集技术	88	4.8	TD-SCDMA 的技术特点	128
3.3.4	反向导频技术	88	4.8.1	TDD 模式	128
3.3.5	连续的反向空中接口波形	89	4.8.2	TDMA/CDMA 混合多址方式	129
3.3.6	Turbo 码技术	89	4.8.3	智能天线	129
3.3.7	灵活的帧长	90	4.8.4	联合检测	130
3.3.8	增强的媒体接入控制功能	90	4.8.5	上行多用户同步	132
3.4	CDMA2000 1x 的物理层技术	90	4.8.6	软件无线电技术	132
3.4.1	CDMA2000 系统的物理信道	90	第 5 章 HSDPA 技术	133	
3.4.2	调制技术	97	5.1	概述	133
3.4.3	解调技术	99	5.2	HSDPA 的关键技术	134
3.4.4	分集技术	99	5.2.1	自适应调制编码	134
3.4.5	信道编译码技术	100	5.2.2	混合自动重传请求	136
3.4.6	自适应调制和编码技术	105	5.2.3	快速小区切换	139
第 4 章 TD-SCDMA 无线网络技术	107		5.2.4	分组调度算法	140
4.1	概述	107	5.3	HSDPA 的物理层技术	141
4.2	TD-SCDMA 系统的网络结构	108	5.3.1	HSDPA 物理层的工作过程	141
4.2.1	TD-SCDMA 系统的网络结构 简介	108	5.3.2	高速下行共享信道	142
4.2.2	UMTS 陆地无线接入网	109	5.3.3	高速物理下行链路共享信道	144
4.2.3	用户设备	110	5.3.4	高速共享控制信道	146
4.2.4	核心网	110	5.3.5	高速专用物理控制信道	146
4.3	TD-SCDMA 系统的网络接口	111	5.4	HSDPA 的 MAC 子层技术	147
4.3.1	Uu 接口	111	5.4.1	UE 侧的 HS-DSCH MAC 结构	148
4.3.2	Iu 接口	111	5.4.2	UTRAN 侧的 HS-DSCH MAC 结构	150
4.3.3	Iub 接口	111	5.5	HSDPA 对 Iub/Iur 接口的影响	152
4.3.4	Iur 接口	112	5.5.1	Uu/Iub/Iur 接口消息过程	154
4.4	TD-SCDMA 系统的空中接口协议	113	5.5.2	对 Iub 接口整体的影响	155
4.4.1	空中接口结构	113	5.5.3	对 Iur 接口整体的影响	156
4.4.2	信道	114	5.5.4	对 Iub/Iur 接口控制平面协议的 影响	156
4.5	TD-SCDMA 系统的物理层协议	115	5.5.5	对 Iub 接口用户平面协议的影响	158
4.5.1	无线传输帧结构	116	5.6	HSDPA 的 TDD 模式	158
4.5.2	传输信道编码与复用	117	5.6.1	TDD 模式物理层描述	159
4.5.3	调制	120	5.6.2	TDD 模式的相关信令流程	160
4.5.4	扩频	120	第 6 章 IMS 技术	162	
4.5.5	加扰	121			
4.5.6	脉冲成形	121			

6.1 概述	162	6.9.1 IMS 会话的 QoS 要求	203
6.2 IMS 的系统架构	163	6.9.2 IMS 信令的 QoS 要求	204
6.2.1 IMS 的相关实体	163	6.10 IMS 的业务模型	204
6.2.2 IMS 参考点	166	6.11 IMS 与其他网络的互通	207
6.3 IMS 的信令协议	167	6.12 基于 IMS 的固定/移动网络融合	209
6.3.1 SIP	167	第 7 章 MIMO 关键技术	212
6.3.2 IMS 中的 SIP 扩展	169	7.1 概述	212
6.4 IMS 的会话流程	172	7.2 MIMO 系统的特点	214
6.4.1 CSCF 相关过程	172	7.3 MIMO 系统的性能度量	215
6.4.2 应用层注册	172	7.4 MIMO 的信道模型	215
6.4.3 注销	174	7.4.1 基本的无线信道	216
6.4.4 IP 多媒体会话流程	175	7.4.2 MIMO 无线信道	218
6.4.5 S-CSCF 间的交互流程	175	7.5 空时编码	222
6.4.6 呼叫发起	176	7.5.1 分层空时码	222
6.4.7 呼叫终结	176	7.5.2 空时格码	224
6.4.8 会话释放	176	7.5.3 空时分组码	226
6.4.9 会话保持与恢复流程	176	7.5.4 盲空时码	227
6.4.10 匿名会话的建立	177	7.6 MIMO 系统的信道估计	227
6.4.11 编码和媒体特征流的协商 流程	177	7.7 MIMO 系统均衡	228
6.4.12 提供或阻止身份标识的流程 ..	177	7.7.1 均衡原理	229
6.4.13 移动用户终止未注册的 IMS 公共 用户标识的流程	178	7.7.2 MIMO 信道均衡的目标	229
6.5 IMS 的认证、鉴权、计费	178	7.7.3 MIMO 信道均衡的评价标准	230
6.5.1 Diameter 协议	179	7.7.4 MIMO 均衡技术的分类	230
6.5.2 Cx 接口与 Dx 接口的 Diameter 应用	181	7.7.5 自适应均衡算法	230
6.5.3 Sh 接口的 Diameter 应用	184	7.7.6 MIMO 盲均衡	231
6.6 IMS 的计费	187	7.7.7 MIMO 系统的频域均衡	231
6.6.1 IMS 计费原理	187	7.8 空时多用户检测	232
6.6.2 IMS 离线计费原理	187	7.8.1 多用户检测	232
6.6.3 IMS 在线计费原理	188	7.8.2 最优多用户检测	232
6.7 IMS 的安全	189	7.8.3 线性多用户检测	233
6.7.1 IMS 的安全体系	189	7.8.4 干扰抵消多用户检测	233
6.7.2 IMS 的安全特性	191	7.8.5 盲多用户检测	233
6.7.3 IMS 的安全机制	192	7.9 MIMO-OFDM	234
6.7.4 建立安全联盟	194	7.10 MIMO 系统的天线设计	236
6.7.5 ISIM	197	7.10.1 MIMO 多天线分集技术	236
6.8 IMS 的策略控制	198	7.10.2 多天线特性对 MIMO 信道性能的 影响	238
6.8.1 COPS	198	7.10.3 MIMO 天线的设计	239
6.8.2 Go 接口	199	7.11 MIMO 技术的应用	241
6.8.3 策略控制过程	200	7.11.1 MIMO 技术在 WCDMA 中的 应用	241
6.9 IMS 的 QoS	203	7.11.2 MIMO 技术在 CDMA2000 中的 应用	242

7.11.3 MIMO 技术在 TD-SCDMA 中的应用	245	第 9 章 OFDM 关键技术	278
7.11.4 MIMO 技术在 HSDPA 中的应用	246	9.1 OFDM 概述	278
第 8 章 智能天线技术	247	9.2 OFDM 的系统模型	278
8.1 概述	247	9.3 OFDM 系统的特点	281
8.2 智能天线的分类	247	9.3.1 OFDM 系统的优点	281
8.2.1 空间分集接收	248	9.3.2 OFDM 系统的缺点	281
8.2.2 波束切换天线	248	9.3.3 OFDM 的频谱特点	282
8.2.3 自适应天线阵列	249	9.4 OFDM 的同步技术	283
8.3 智能天线的基本结构	249	9.4.1 OFDM 同步的基本原理	284
8.4 智能天线的工作原理	251	9.4.2 同步算法	285
8.5 智能天线的关键技术	251	9.4.3 时间同步和频率同步	287
8.5.1 智能化接收技术	252	9.4.4 OFDM 同步方案	287
8.5.2 智能化发射技术	252	9.5 OFDM 中的信道估计	288
8.5.3 动态信道分配技术	252	9.5.1 概述	288
8.6 智能天线的空时信道模型	253	9.5.2 导频插入间隔以及导频图样	288
8.7 自适应波束形成算法	255	9.5.3 信道估计算法	289
8.7.1 自适应波束形成准则	255	9.6 OFDM 峰均功率比	292
8.7.2 非盲波束形成算法	256	9.6.1 峰值功率	292
8.7.3 盲波束形成算法	257	9.6.2 限幅和峰值加窗技术	293
8.7.4 半盲波束形成算法	258	9.6.3 压扩变换	294
8.8 波达方向估计算法	258	9.6.4 加扰码减小 PAR 的方法	295
8.8.1 基本原理	259	9.7 自适应技术	295
8.8.2 经典波束形成器法	260	9.7.1 自适应技术的理论基础	295
8.8.3 最大似然法	261	9.7.2 自适应技术的实现	296
8.8.4 DOA 估计的子空间法	261	9.7.3 影响自适应调制 OFDM 系统性能的几个因素	297
8.8.5 DOA 估计的综合法	261	9.8 多载波 CDMA	299
8.9 智能天线与 3G 系统	261	9.8.1 MC-CDMA	299
8.9.1 智能天线的基本用途	261	9.8.2 MC-DS-CDMA	302
8.9.2 智能天线在 3G 系统中的实现原理	262	9.8.3 MT-CDMA	302
8.9.3 TD-SCDMA 中的智能天线技术	263	9.9 OFDM 系统与 CDMA 系统的比较	303
8.9.4 WCDMA 和 CDMA2000 中的智能天线技术	267	第 10 章 软件无线电技术	305
8.9.5 智能天线与 B3G/4G 移动通信	269	10.1 概述	305
8.9.6 智能天线技术对 3G 系统性能改善	270	10.2 软件无线电的关键技术	307
8.10 基于软件无线电的智能天线技术	272	10.3 软件无线电的体系结构	308
8.10.1 基于软件无线电结构的智能天线的组成	273	10.4 软件无线电的理论基础	309
8.10.2 智能天线与软件无线电的结合	273	10.4.1 信号采样理论	309
8.10.3 使用智能天线的软件无线电基站	276	10.4.2 采样率变换原理	311
		10.4.3 高效数字滤波器	311
		10.5 信号的数字生成	312
		10.5.1 基带成形滤波	312
		10.5.2 频率合成技术	312
		10.6 高速数据转换器	313

10.6.1 软件无线电系统分类	313	12.2.2 WiMAX MAC层的特性	376
10.6.2 D/A 转换原理	315	12.2.3 WiMAX 物理层的特性	376
10.6.3 A/D 转换原理	316	12.2.4 WiMAX 的优势	377
10.6.4 数据转换器技术指标	319	12.3 WiMAX 的系统架构	377
10.6.5 超高速数据采集系统	319	12.3.1 WiMAX 中的频带使用	377
10.7 射频及模拟前端	319	12.3.2 WiMAX 的参考模型	378
10.7.1 无线收发系统的主要技术指标	320	12.3.3 WiMAX 网络	380
10.7.2 混频器设计	322	12.4 WiMAX MAC层	382
10.7.3 小信号低噪声放大器	322	12.4.1 面向业务的会聚子层	382
10.7.4 自动增益控制环路	322	12.4.2 公共部分子层	383
10.7.5 抗混叠滤波	323	12.4.3 安全子层	383
10.7.6 高频功率放大器	324	12.5 WiMAX 的物理层	384
10.8 数字信号处理硬件平台	325	12.5.1 WirelessMAN-SC	385
10.8.1 DSP	326	12.5.2 WirelessMAN-SCa	386
10.8.2 现场可编程门阵列	327	12.5.3 WirelessMAN-OFDMA	386
10.8.3 选择 ASIC、FPGA 或 DSP 的 原则	328	12.5.4 WirelessHUMAN	387
10.9 软件无线电技术在 3G/4G 中的应用	329	12.6 WiMAX 中的 HARQ	387
第 11 章 3G 终端与业务	331	12.7 MAC 层的 QoS 保证机制	389
11.1 3G 终端概述	331	12.7.1 服务流	389
11.2 3G 终端的硬件技术	331	12.7.2 动态服务流管理	391
11.2.1 3G 终端的硬件结构	331	12.7.3 调度服务	392
11.2.2 3G 终端的功能模块	332	12.7.4 带宽分配与请求机制	393
11.3 3G 移动终端设备的软件技术	332	12.7.5 冲突解决算法	396
11.3.1 嵌入式 Linux 操作系统	333	12.8 WiMAX 与其他接入技术的比较	396
11.3.2 Symbian 操作系统	336	12.8.1 WiMAX 与 Wi-Fi 的比较	396
11.3.3 Windows Mobile 操作系统	339	12.8.2 WiMAX 与 DSL 的比较	398
11.3.4 J2ME	341	12.8.3 WiMAX 与 Cable Modem 的 比较	398
11.3.5 BREW	346	12.8.4 WiMAX 与 3G 的比较	399
11.4 3G 业务概述	350	12.8.5 WiMAX 与 HSDPA 的比较	400
11.4.1 2G 业务	352	12.9 WiMAX 的应用	401
11.4.2 3G 业务	362	12.9.1 WiMAX 应用的解决方案	401
11.4.3 虚拟归属环境	368	12.9.2 WiMAX 的组网方案	403
第 12 章 WiMAX 核心技术	371	第 13 章 3GPP LTE	405
12.1 概述	371	13.1 LTE 概念的提出	405
12.1.1 IEEE 802.16 工作组	372	13.2 LTE 的主要目标	405
12.1.2 WiMAX 论坛	373	13.3 LTE 的发展时间表	406
12.1.3 WiMAX 的发展与演进	373	13.4 LTE 的进展情况	407
12.2 WiMAX 的技术特点与优势	375	13.5 3GPP LTE 前景展望	411
12.2.1 WiMAX 的技术特点	375	参考文献	412

第 1 章 绪 论

1.1 移动通信概述

1.1.1 移动通信的基本概念

移动通信是指通信双方或至少有一方在移动中进行信息交换的通信方式。例如，移动体（车辆、船舶、飞机等）与固定点之间的通信，或活动的人与固定点、人与人及人与移动体之间的通信等。

移动通信使人们更有效地利用时间，这是它快速发展的原因之一。由于各种新技术的应用，移动通信成为现代通信网中一种不可缺少的手段，是用户随时随地快速可靠地进行多种形式信息（语音、数据等）交换的理想方式。

移动通信有多种方式，可以双向工作，如集群移动通信、无绳电话通信和蜂窝移动电话通信。但也有部分移动系统的工作是单向的，如无线寻呼系统。

移动通信系统的类型很多，可按以下不同方法进行分类：

- 1) 按使用对象分：军用、民用移动通信系统。
- 2) 按用途和区域分：陆上、海上、空中移动通信系统。
- 3) 按经营方式分：专用移动通信系统和公用移动通信系统。
- 4) 按信号性质分：模拟制、数字制移动通信系统。
- 5) 按无线频段工作方式分：单工、半双工、双工移动通信系统。
- 6) 按网络形式分：单区制、多区制、蜂窝制移动通信系统。
- 7) 按多址方式分：频分多址（FDMA）、时分多址（TDMA）、码分多址（CDMA）移动通信系统。

与有线通信相比较，移动通信具有以下几个特点：

- 1) 移动通信是有线、无线相结合的通信方式。
- 2) 电波传播条件恶劣，存在严重的多径衰落。
- 3) 强干扰条件下工作。
- 4) 具有多普勒效应。
- 5) 存在阴影区（盲区）。
- 6) 用户经常移动。

1.1.2 移动通信的发展

迄今为止，移动通信大致经历了四个发展阶段。

1. 公用汽车电话

20 世纪 80 年代以前，移动通信是指公用汽车电话系统。

2. 第一代模拟蜂窝移动通信

20 世纪 80 年代初，随着蜂窝技术的引进，移动通信技术向前迈进了一大步，进入了模拟蜂窝移动通信的阶段，被称为第一代蜂窝移动通信系统。

我国自 1987 年开始，曾先后引进了 TACS（Total Access Communications System，全入网通信系统）制式模拟移动电话系统和 AMPS（Advanced Mobile Phone System，高级移动电话系统）。

3. 第二代数字蜂窝移动通信

20 世纪 90 年代开始，相继出现了属于第二代数字移动通信的 DAMPS（数字 AMPS）、GSM、CDMA 系统，见表 1-1。较第一代的 FDMA 蜂窝系统，它有许多优势：频谱效率高，系统容量大，保密性能好，语音质量好等。1.2 节将简单介绍 GSM 及其 2.5G 演进 GPRS，1.3 节将简单介绍 CDMA IS-95A/B。

表 1-1 第二代数字蜂窝移动通信系统

	GSM	IS-54	PDC	IS-95
引入年份	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 和 1429 ~ 1453（反向） 940 ~ 960 和 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/kHz	200	30	25	1250
信道数据传输速率 /（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	

4. 第三代蜂窝移动通信系统及其标准化

随着移动通信技术的发展，各种制式并存的局面引发了一系列的问题。为了统一全球移动通信的标准及所用频段，以实现 3G 全球漫游；为了提高移动通信的频谱利用率及数据业务传输速率，以满足多媒体业务的需求，早在 1984 年，国际电信联盟就开始在全世界范围内研究 3G 技术。

1.1.3 移动通信的工作模式

移动通信与固定通信一样，按照通话的状态、频率和使用方法可分为三种工作模式：单工、半双工和（全）双工。

1. 单工模式

单工模式又可分为同频单工和异频单工，适用于用户少、专业性强的移动通信系统。同频单工指通信的双方使用相同的频率工作。这种方式，设备简单，功耗小，但操作不方便，如果配合不恰当，会出现通话断续情况。此外，若在同一地区有多个电台使用相同的频率，相距较近的电台之间将会产生严重的干扰。异频单工指通信双方使用两个频率工作，其优缺点与同频单工类似。

2. 半双工模式

半双工模式指通信双方中有一方（如 A 方）使用双工模式，即收发信机同时工作，而且使用两个不同的频率；而另一方（如 B 方）则采用异频单工模式，即收发信机交替工作。它的优点是设备简单、功耗小、克服通话断续的现象，但操作仍不方便。所以半双工模式主要用于专业移动通信系统中，例如，汽车调度等。

3. 双工模式

双工模式指通信双方的收发信机均同时工作，即任一方在发话的同时，也能收听到对方的语音，无需“按—讲”，与普通市内电话的使用情况类似，操作方便。在采用双工模式通信时，不管是否发话，发射机总是工作的，故电能消耗大，这一点对以电池为能源的移动台是不利的。为此，在蜂窝移动通信系统中，移动台的发射机仅在发话时才工作，而移动台接收机总是工作的，通常称这种系统为准双工系统，它可以和双工系统兼容。目前，这种工作方式在移动通信系统中获得了广泛的应用。

1.1.4 移动通信系统的组成

移动通信系统一般由移动台（Mobile Station, MS）、基站（Base Station, BS）、移动交换中心（Mobile Switching Center, MSC）及与公用电话交换网（Public Switched Telephone Network, PSTN）相连接的中继线等组成，图 1-1 给出了组成一个移动通信系统的最基本的结构。

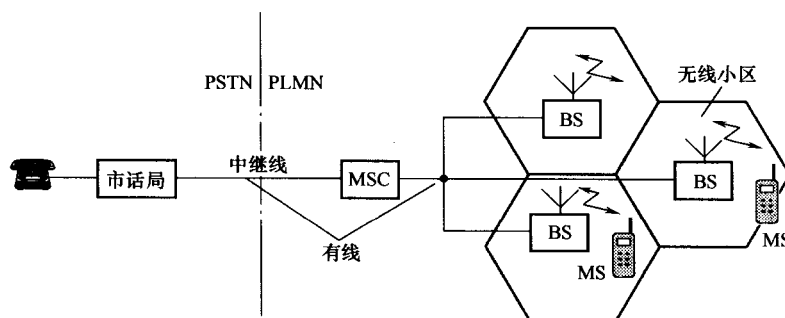


图 1-1 移动通信系统的组成

基站与移动台都设有收、发信机和天线等设备。每个基站都有一个可靠通信的服务范围，称为无线小区，无线小区的大小，主要由发射功率和基站天线的高度决定，基站天线越高，发射功率越大，则无线覆盖区也越大。移动交换中心主要用来处理信息的交换和整个系统的集中控制管理。

大容量移动通信系统可以由多个基站构成一个移动通信网，如图 1-1 所示。由图中可以

看出,通过 BS 和 MSC 就可以实现在整个服务区内任意两个移动用户之间的通信;也可以经过中继线与市话局连接,实现移动用户和市话用户之间的通信,从而构成一个有线、无线相结合的移动通信系统。但是,移动用户间不能直接进行通信,必须通过 BS 和 MSC 转接。

1.1.5 移动通信的组网技术

移动通信系统中的组网方式、区域结构和交换控制技术直接影响系统的容量、性能。

移动通信网的结构可根据服务覆盖区的划分分成大区制和小区制两种。

大区制是指在一个服务区内只有一个基站负责移动通信的联络和控制,如图 1-2 所示。大区制设备简单,技术也容易实现,但频谱利用率低,用户容量小,只适用于小城市与业务量不大的城市。

小区制是将整个服务区划分为若干个小无线区,每个小无线区分别设置一个基站负责本区的移动通信的联络和控制,同时又可在 MSC 的统一控制下,实现小区间移动通信的转接及与市话网的联系,小区制如图 1-3 所示。随着用户数目的增加,小区还可以继续划小,即实现“小区分裂”,以适应用户数的增加。小区制解决了大区制中存在的频道数有限而用户数不断增加的矛盾,可使用户容量大大增加。

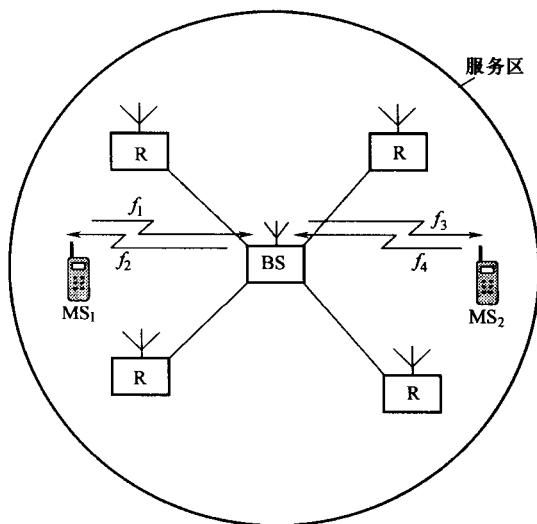


图 1-2 大区制示意图

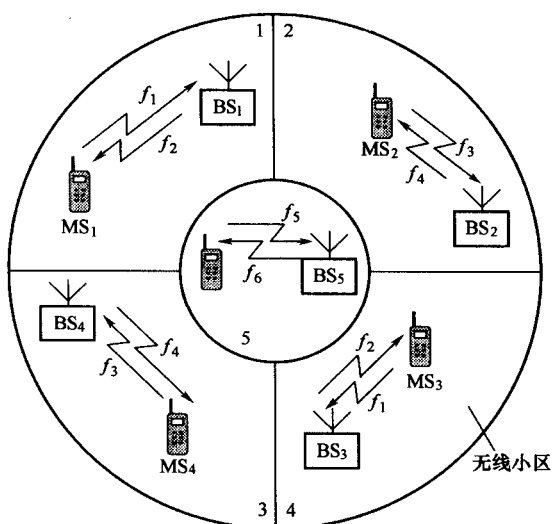


图 1-3 小区制示意图

现代陆上移动通信广泛应用正六边形小区构成服务区,因该服务区状似蜂窝,故名蜂窝移动通信网。

1.1.6 蜂窝移动通信的基本概念

随着蜂窝通信出现的相关技术如频率复用、小区分裂、越区切换等,成为人们研究蜂窝通信系统的热点问题。

1. 频率复用

通常,相邻小区不允许使用相同的频段,否则会发生相互干扰(称为同道干扰),但由于各小区在通信时所使用的功率较小,因而任意两个小区之间空间距离大于某一数值时,即

使使用相同的频段，也不会产生显著的同道干扰（保证信干比高于某一门限）。为此，把若干相邻的小区按一定的数目划分成区群（Cluster），并把可供使用的无线频段相应地分成若干个频率组，区群内各小区使用不同的频率组，而任一小区所使用的频率组，在其他区群相应的小区中可以再用，这就是频率复用，如图 1-4 所示。频率复用是蜂窝通信网络解决用户增多而频谱有限的重大突破。

2. 小区分裂

一般来说，小区越小（频率组不变），单位面积可容纳的用户数越多，即系统的频率利用率越高。由此可以设想，当用户数增加并达到每个小区所能提供服务的最大数量时，如果把小区分割成更小的蜂窝状区域，并使用相同的频率复用模式，那么分裂后的新小区能支持和原小区同样数量的用户，也就提高了系统单位面积可服务的用户数。而且一旦新的小区所能支持的用户数量又达到饱和，还可将这些小区进一步分裂，以适应持续增长的业务需求，这种过程称为小区分裂，是蜂窝移动通信系统在运行过程中为适应用户数持续增长而逐步提高其容量的独特方式。

小区分裂后，基站数量随之增加，系统成本增加，但由于该成本是因付费用户数量的增加而增长的，从经济上说，这样的代价是值得的，可保证对系统的持续投资。当然，小区分裂也是有限度的，只有在通信业务高度密集的大城市才需将小区逐步分裂；而在业务密度较低的郊区，小区的直径可以较大。

一般来说，小区直径越小，数量越多，系统容量越大。目前，在用户密集的大城市，系统多采用微蜂窝（或称微小区），其直径仅达数百米至 1km，容量大，但结构也更为复杂。

3. 越区切换

越区切换（Handover）是蜂窝移动通信系统的另一关键技术。将服务区域划分成小区所带来的一个很自然的问题是并非所有的移动中通话都能在单个小区内完成，例如，一辆快速行驶的汽车在一次通话中可能通过若干小区。移动台在小区范围内以所分配频率与基站建立无线链路，通过基站连接到移动交换中心，然后再连接到有线电话用户或其他小区的移动用户。当移动台从一个小区进入相邻小区时，由于工作频率和接续服务改变，需要在通话过程中将移动台的工作频率和接续控制自其离开的小区交换给正在进入的小区，这个过程就称为越区切换。

越区切换是在系统控制下完成的。当需要进行越区转接时，系统就发出相应指令，正在越过边界的移动台就将工作频率和无线链路从有关小区切换到另一个小区。整个过程是自动完成的，用户并不知道，也不影响通话进行。越区切换必须准确可靠，且不影响通信中的语音质量，它是蜂窝移动通信系统中的关键技术，是移动通信系统利用多小区实现大面积覆盖的必要条件。

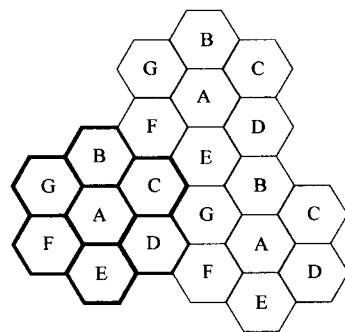


图 1-4 蜂窝频率复用思想的图解

1.2 GSM 和 GPRS 系统简介

1.2.1 GSM 概述

为了解决全欧移动电话自动漫游，采用统一制式得到了欧洲邮电主管部门会议成员国的