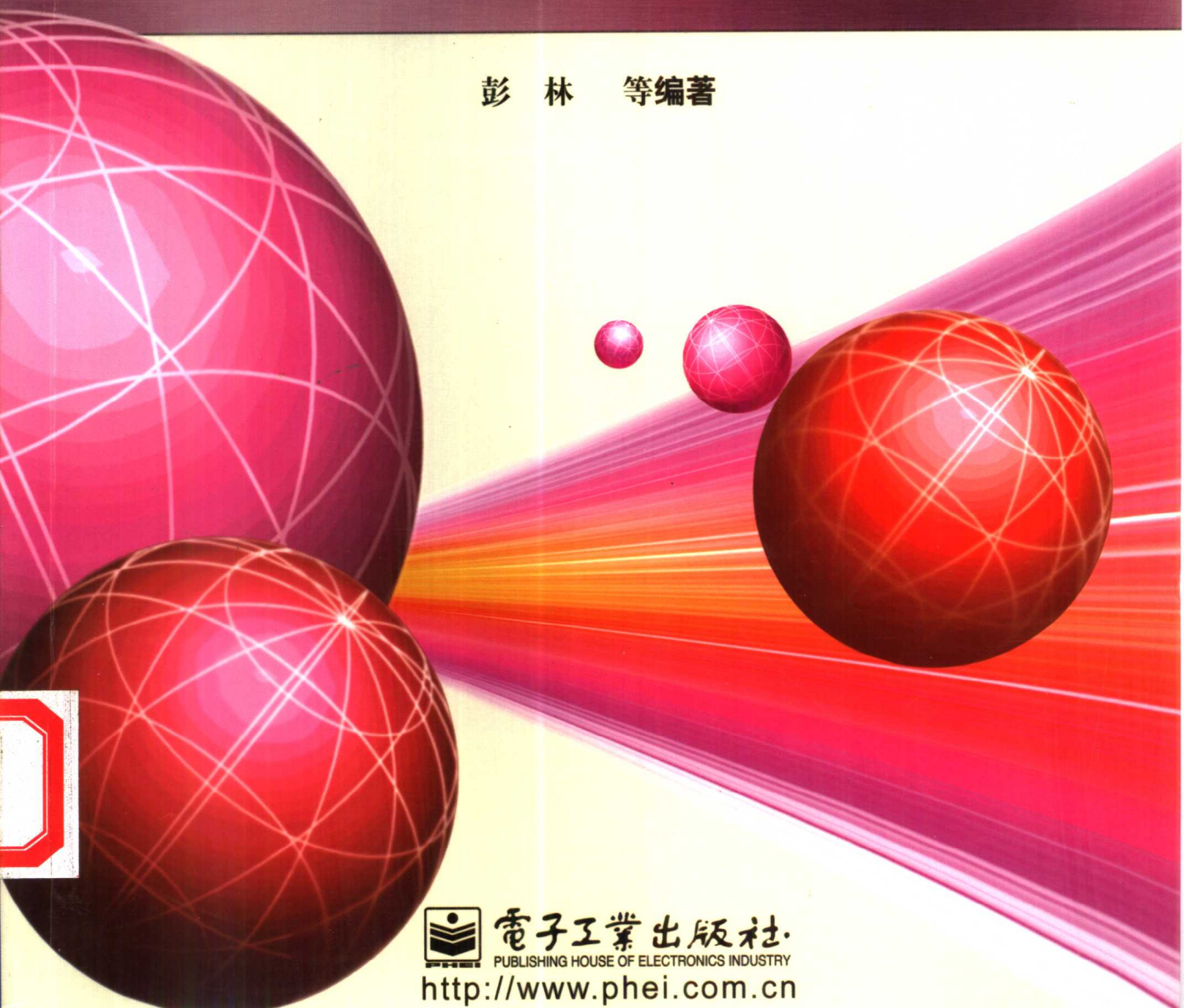


移动通信前沿技术丛书

第三代 移动通信技术

彭 林 等编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

移动通信前沿技术丛书

第三代移动通信技术

彭 林 等编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

移动通信信道建模、信源和信道编码、扩频调制技术、同步技术、分集和信道均衡技术、多用户检测技术、智能天线技术、无线资源管理技术、无线网络技术以及软件无线电技术一直是第三代移动通信系统的研究热点和发展瓶颈,而高速下行分组接入(HSDPA)和正交频分复用技术(OFDM)是后三代移动通信系统(即人们常说的第四代移动通信系统)的热门话题。本书将全面介绍以上各种技术,内容涵盖这些技术的起因、发展状况、基本原理、解决方案以及未来发展趋势等。

本书提供了不同层次的资料,适合于通信行业的管理者、科研人员以及高年级本科生和研究生阅读参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

第三代移动通信技术/彭林等编著. —北京:电子工业出版社,2003.2

(移动通信前沿技术丛书)

ISBN 7-5053-8361-2

I. 第... II. 彭... III. 移动通信-通信技术 IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 102817 号

责任编辑:段 颖 特约编辑:印晓芬

印 刷:北京市增富印刷有限责任公司

出版发行:电子工业出版社 www.phei.com.cn

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:28.5 字数:694 千字

版 次:2003 年 2 月第 1 版 2003 年 2 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定 价:39.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话 (010)68279077

出版说明

移动通信是当前发展最快、应用最广和最前沿的通信领域之一,有专家预测到 2003 年全球移动用户数将达到 10 亿。移动通信的最终目标是实现任何人可以在任何地点、任何时间与其他任何人进行任何方式的通信。移动通信技术现在已经发展到了以 WCDMA 为代表的第三代,而相互兼容各种移动通信技术的第四代标准目前已经悄然来临。为了促进和推动我国移动通信产业的发展,并不断满足社会各界和广大通信技术人员系统学习和掌握移动通信前沿技术的需求,电子工业出版社特约请国内从事移动通信科研、教学、工程、管理等工作并具有丰富的理论和实践经验的专家、教授亲自编著或翻译国外“金”典著作组成了这套《移动通信前沿技术丛书》,于新世纪之初相继地推出。

该丛书从我国移动通信技术应用现状与发展情况出发,以系统与技术为中心,全面系统地介绍了当今移动通信领域涉及的有关关键技术与热点技术,如软件无线电原理与应用、智能天线原理与应用、蓝牙技术、移动 IP、通用无线分组业务(GPRS)、移动通信网络规划与优化、移动数据通信以及典型的第三代移动通信系统等内容。其特点是力求内容的先进性、实用性和系统性;突出理论性与工程实践性紧密结合;内容组织循序渐进、深入浅出,理论叙述概念清晰、层次清楚,经典实例源于实践。丛书旨在引导读者将移动通信的原理、技术与应用有机结合。

这套丛书的主要读者对象是广大从事通信技术工作的工程技术人员,也适合高等院校通信、计算机等学科各专业在校师生和刚走上工作岗位的毕业生阅读参考。

在编辑出版这套丛书过程中,参与编著、翻译和审定的各位专家都付出了大量心血,对此,我们表示衷心感谢。欢迎广大读者对这套丛书提出宝贵意见和建议,或推荐其他好的选题(Email:david.zhu@phei.com.cn),以便我们今后为广大读者奉献更多、更好的优秀通信技术图书。

电子工业出版社

2001 年 1 月

前 言

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。经济增长、社会发展和人们物质生活及精神生活水平的提高对通信提出了更新、更高的要求。移动通信系统由于综合利用了有线和无线的传输方式,解决了人们在活动中与固定终端或其他移动载体上的对象进行通信联系的要求,移动通信的发展将使人类步入一个新的信息时代。

蜂窝移动通信系统经过了模拟到数字、纯话音到话音和低速数据的发展历程,从覆盖某个城市、国家到覆盖全球的部分区域,也就是人们常说的第一代移动通信系统和第二代移动通信系统。这已经不能满足人们日益增长的对通信业务的需求,从 20 世纪 90 年代初期就开始了第三代移动通信系统的研究,以采用更先进的技术、支持多种业务和全球的覆盖范围。

第三代移动通信系统(3G),亦即未来移动通信系统,是一代有能力彻底解决第一、二代移动通信系统主要弊端的最先进的移动通信系统。第三代移动通信系统的一个突出特色就是,要在未来移动通信系统中实现个人终端用户能够在全球范围内的任何时间、任何地点,与任何人,用任何方式,高质量地完成任何信息之间的移动通信与传输。可见,第三代移动通信十分重视个人在通信系统中的自主因素,突出了个人在通信系统中的主要地位,所以又叫未来个人通信系统。随着市场对无线移动中的数字服务的需求和推动,人们提出了提供高速率数据业务的网络结构的设想,并将该系统称为后三代移动通信系统(Beyond 3G),更有些人将其称为第四代移动通信系统(4G)。由于 4G 只是对 3G 的某些技术进行改进,以便更好地支持高速数据业务,在本书中把 3G 和 4G 中用到的技术统称为第三代移动通信技术。

本书的知识点反映了当前在移动通信领域最新的研究成果和未来移动通信的发展方向。全书共分为 14 章,分别讲述了第三代移动通信技术、移动通信环境、编译码技术、扩频和调制技术、CDMA 同步技术、分集和信道均衡技术、多用户检测技术、智能天线技术、无线资源管理技术、无线网络技术和软件无线电技术,最后对 4G 的高速下行分组接入技术和正交频分复用技术进行了讨论和分析。

本书主要由彭林编写,参加编写工作的还有王淑凌、曾威、黄锡安、崔扎根、黎健、屠利峰、黄毅、周云和王圣等。

由于移动通信领域是一个不断推陈出新,不断发展前进的热门领域,限于编著者的水平和时间有限,本书可能会有谬误之处,恳请读者批评指正。

编著者
2002 年 12 月

目 录

第 1 章 第三代移动通信技术概述	(1)
1.1 移动通信技术回顾	(1)
1.1.1 第一代蜂窝系统	(4)
1.1.2 第二代蜂窝系统技术	(5)
1.1.3 第三代系统	(6)
1.1.4 第三代移动通信系统的特点	(12)
1.1.5 后 3G 移动通信系统概述	(13)
1.2 第二代移动通信系统及其演化	(14)
1.2.1 GSM 蜂窝通信系统	(14)
1.2.2 GPRS 技术概述	(15)
1.2.3 IS-95 标准及其演化	(16)
1.3 第三代移动通信系统及其关键技术	(18)
1.3.1 IMT-2000 概述	(18)
1.3.2 移动通信新技术	(20)
1.3.3 后 3G 移动通信技术的研究	(28)
小结	(30)
第 2 章 移动通信信道建模	(32)
2.1 移动通信信号的传播环境	(32)
2.1.1 移动通信环境电波传播特性	(33)
2.1.2 路径损耗与阴影衰落	(33)
2.1.3 多径传播	(34)
2.1.4 多径信道的冲激响应模型	(35)
2.1.5 电波传播的衰落分布	(37)
2.2 移动通信信道模型	(40)
2.2.1 小尺度衰落模型	(41)
2.2.2 多普勒频移	(41)
2.2.3 瑞利信道的基本机制	(42)
2.2.4 Jakes 模型	(45)
2.2.5 Clarke 模型	(48)
2.2.6 Suzuki 模型	(51)
2.2.7 小尺度衰落的类型	(52)
2.3 信道模型的统计特性分析	(54)
2.3.1 幅度和相角的概率密度函数	(54)
2.3.2 电平通过率和平均衰落时长	(55)
2.3.3 信道统计特性及其意义	(56)

2.3.4 统计特性的仿真	(57)
2.3.5 Suzuki 模型的仿真方法	(60)
小结	(62)
第 3 章 移动通信编码技术	(64)
3.1 信源编码和压缩技术	(64)
3.1.1 图像压缩方法	(65)
3.1.2 ITU-T H.263 低比特率通信视频编码	(71)
3.2 信道编码原理	(73)
3.2.1 信道编码基础知识	(73)
3.2.2 差错编码基本原理	(75)
3.2.3 纠错编码的基本原理	(77)
3.2.4 常用的简单编码	(77)
3.2.5 常用码介绍	(78)
3.3 常用信道编码	(79)
3.3.1 循环码	(81)
3.3.2 BCH 码	(83)
3.3.3 R-S 码	(84)
小结	(84)
第 4 章 信道编码关键技术	(86)
4.1 卷积编码	(87)
4.1.1 IS-95 卷积编码	(90)
4.1.2 WCDMA 信道编码技术	(92)
4.2 Viterbi 译码	(92)
4.2.1 Viterbi 译码性能研究	(94)
4.2.2 输入信号量化比特数对译码性能的影响	(95)
4.2.3 留存路径量度字长对译码性能的影响	(96)
4.2.4 留存路径长度及判决方法对译码性能的影响	(98)
4.3 格型码技术	(101)
4.3.1 空时格型编码概述	(102)
4.3.2 空时格型编码系统模型	(103)
4.3.3 空时格型码性能	(105)
4.4 Turbo 码技术	(105)
4.4.1 Turbo 码的基本结构	(106)
4.4.2 Turbo 码的基本算法	(107)
4.4.3 Turbo 码的性能	(113)
4.4.4 Turbo 码的应用	(114)
小结	(116)
第 5 章 扩频和调制技术	(117)
5.1 扩频通信基本原理	(117)
5.1.1 通信系统概述	(117)
5.1.2 扩展频谱	(119)

5.1.3 多址接入技术	(121)
5.1.4 Walsh 正交码技术	(121)
5.1.5 伪随机码(PN 码)技术	(125)
5.2 调频与调幅原理	(129)
5.2.1 调幅	(130)
5.2.2 角度调制	(132)
5.3 数字调制技术基本原理	(135)
5.3.1 窄带数字调制技术	(135)
5.3.2 窄带数字调制技术应用	(136)
5.3.3 QPSK	(136)
5.3.4 最小频移键控(MSK)调制原理	(138)
5.3.5 高斯滤波最小频移键控(GMSK)	(139)
5.4 BPSK 直接序列扩频系统	(140)
5.5 GMSK 调制技术	(143)
5.5.1 GMSK 调制的基本原理	(143)
5.5.2 GMSK 调制的实现	(144)
5.5.3 GMSK 调制的线性近似模型	(145)
小结	(147)
第 6 章 CDMA 同步技术	(149)
6.1 信号的捕获	(149)
6.1.1 扩频通信系统模型	(149)
6.1.2 扩频序列的捕获	(152)
6.2 并行捕获方案	(155)
6.2.1 最佳估计并行捕获算法	(156)
6.2.2 局部最佳估计并行捕获算法	(159)
6.2.3 最佳检测并行捕获算法	(159)
6.2.4 局部最佳检测并行捕获算法	(160)
6.2.5 性能比较	(160)
6.3 串行捕获方案	(161)
6.3.1 定时假设检验	(161)
6.3.2 检测概率和虚警概率	(163)
6.3.3 自适应门限控制	(165)
6.4 定时跟踪技术	(166)
6.4.1 定时误差的估计	(167)
6.4.2 非相关延迟锁定跟踪环路	(168)
小结	(170)
第 7 章 分集和信道均衡技术	(172)
7.1 分集技术概述	(173)
7.1.1 分集技术简介	(173)
7.1.2 分集技术理论基础	(174)
7.2 分集信号的接收技术	(176)

7.2.1 选择式分集合并	(176)
7.2.2 最大比分集合并	(177)
7.2.3 等增益合并	(177)
7.2.4 开关式分集合并	(178)
7.2.5 分集系统的性能	(178)
7.2.6 RAKE 接收原理	(179)
7.2.7 双天线分集接收 RAKE 接收机	(181)
7.3 隐分集技术	(183)
7.3.1 交织编码技术	(183)
7.3.2 交织编码的应用	(184)
7.4 自适应均衡技术概述	(184)
7.4.1 时域均衡原理	(185)
7.4.2 自适应均衡器的分类与工作方式	(187)
7.4.3 自适应均衡技术的应用	(188)
7.4.4 实际使用的均衡技术	(189)
7.4.5 分集与自适应均衡的结合	(190)
7.5 自适应 MLSE 均衡器	(190)
7.5.1 改进型 Viterbi 算法(MVA)	(191)
7.5.2 判决反馈序列估计算法(DFSE)	(194)
7.6 软输出 MLSE 均衡器	(194)
7.6.1 传统软输出 Viterbi 算法(SOVA)	(195)
7.6.2 带似然后级处理器的 VA 算法(VALPP)	(197)
小结	(200)
第 8 章 多用户检测技术	(201)
8.1 多用户信号检测技术概述	(202)
8.1.1 多用户检测技术分类	(203)
8.1.2 基于判决反馈的多级干扰抵消检测	(203)
8.1.3 线性多用户检测	(204)
8.1.4 系统模型	(207)
8.1.5 传统信号检测器(CMUD)	(209)
8.1.6 最佳多用户检测器	(211)
8.2 线性多用户检测器	(211)
8.2.1 解相关线性多用户检测器(DCLMUD)	(212)
8.2.2 性能比较与分析	(213)
8.2.3 MMSE 检测技术	(213)
8.3 多用户检测技术性能	(218)
8.3.1 MMSE 在 DS-CDMA 中的性能	(218)
8.3.2 简单的 MMSE 检测器结构	(221)
8.3.3 MMSE 在衰落信道下异步 DS-CDMA 性能	(223)
8.4 多用户检测技术仿真	(225)
8.4.1 多径衰落的信道模型	(225)
8.4.2 分析与仿真结合的性能估计方法	(226)

8.4.3	仿真结果及分析	(227)
8.4.4	MMSE 检测器性能仿真	(228)
8.5	多用户检测仿真模型	(230)
8.5.1	仿真思路	(230)
8.5.2	仿真结果与图示	(232)
8.5.3	加入编码与解码后的性能分析	(233)
8.5.4	性能分析	(234)
8.5.5	多用户检测技术性能分析	(234)
	小结	(236)
第 9 章	智能天线技术	(237)
9.1	概述	(237)
9.1.1	智能天线研究内容及其现状	(238)
9.1.2	智能天线在移动通信中的应用	(241)
9.1.3	智能天线的分类	(242)
9.1.4	天线阵列	(245)
9.2	智能天线算法	(248)
9.2.1	LMS 算法	(249)
9.2.2	RLS 算法	(250)
9.2.3	空间变步长搜索算法	(250)
9.3	智能天线技术实现	(251)
9.3.1	寻向型智能天线(DFAA)概述	(252)
9.3.2	基于最大接收信号准则的寻向型智能天线结构	(253)
9.3.3	采用 MCGM 方法实现寻向的智能天线	(253)
9.4	智能天线中互耦问题的研究	(255)
9.4.1	互耦对智能天线性能的影响	(255)
9.4.2	智能天线中阵元间互耦的校正	(259)
	小结	(260)
第 10 章	无线资源管理技术	(261)
10.1	功率控制概述	(261)
10.1.1	CDMA 系统的功率限制	(262)
10.1.2	开环功率控制	(263)
10.1.3	闭环功率控制	(264)
10.1.4	两种不同模式下的功率控制	(265)
10.1.5	TDD 模式的功率控制机制	(265)
10.2	功率控制算法	(268)
10.2.1	系统模型	(270)
10.2.2	分布式功率控制算法	(271)
10.2.3	存在 SIR 估计误差下的分布式功率控制算法	(272)
10.2.4	分布式功率控制算法	(273)
10.2.5	系统模型	(274)
10.2.6	最佳功率控制	(275)
10.3	功率控制实现算法	(276)

10.3.1	基站中的前向功率调节算法	(276)
10.3.2	反向链路功率控制	(277)
10.3.3	外环阈值设定算法	(279)
10.3.4	基站反向功率控制比特的传输	(279)
10.3.5	移动台中反向闭环功率调节算法	(279)
10.3.6	功率控制算法的研究	(280)
10.3.7	功率控制误差的分布	(280)
10.4	切换技术	(281)
10.4.1	切换原因分析	(282)
10.4.2	切换的分类	(283)
10.4.3	切换技术的测量	(284)
10.4.4	目标小区的评估	(285)
10.4.5	切换的几种基本算法	(286)
10.4.6	切换过程的性能研究	(287)
10.5	软切换技术	(288)
10.5.1	CDMA 切换分类	(291)
10.5.2	IS-95A 中的软切换	(291)
10.5.3	CDMA 的软切换过程	(292)
10.5.4	CDMA 的漫游	(293)
10.6	信道分配技术	(294)
10.6.1	信道分配技术分类	(294)
10.6.2	GSM 信道分配策略	(296)
10.6.3	TDD CDMA 中的 DCA	(297)
10.6.4	DCA 算法	(299)
	小结	(300)
第 11 章	无线网络技术	(302)
11.1	下一代全 IP 无线网络	(302)
11.1.1	UMTS 全 IP 结构的演变	(303)
11.1.2	CDMA2000 的网络结构	(305)
11.1.3	WLAN 技术	(306)
11.1.4	移动 IP 和蜂窝 IP 网络	(307)
11.1.5	移动自组网(MANET)	(307)
11.2	移动 IP 技术	(308)
11.2.1	移动 IP 原理	(308)
11.2.2	PPP 协议	(309)
11.2.3	无线接入网的网络资源管理	(310)
11.2.4	服务质量保障	(312)
11.2.5	无线 IP 的无线资源管理	(316)
11.3	蜂窝 IP 技术	(319)
11.3.1	寻呼和路由映射	(320)
11.3.2	工作机制	(320)
11.4	移动自主网技术	(322)

11.4.1 无线 Ad-Hoc 网络的特点	(324)
11.4.2 无线 Ad-Hoc 网络的关键技术	(325)
11.4.3 Ad-Hoc 网络的体系结构	(327)
11.4.4 分层无线 Ad-Hoc 网络的应用	(328)
11.4.5 无线 Ad-Hoc 网络的发展趋势	(329)
11.5 无线局域网	(331)
11.5.1 无线局域网的协议标准	(332)
11.5.2 无线局域网 HiperLAN/2 标准	(333)
11.5.3 IEEE 802.11	(337)
小结	(343)
第 12 章 软件无线电技术	(345)
12.1 概述	(346)
12.1.1 体系结构	(347)
12.1.2 软件无线电技术中的关键技术	(347)
12.2 数据采集技术	(350)
12.2.1 概述	(350)
12.2.2 软件无线电数据采集技术原理	(351)
12.2.3 软件无线电数据采集方案	(353)
12.3 多音调制解调技术	(355)
12.3.1 概述	(355)
12.3.2 基于小波的多音调制解调方案	(356)
12.4 基站接收单元的软件无线电实现	(357)
12.4.1 基站接收单元设计	(358)
12.4.2 系统实现分析	(359)
12.5 第三代移动通信系统中的软件无线电技术	(360)
小结	(364)
第 13 章 高速数据传输技术	(366)
13.1 HSDPA 技术概述	(367)
13.1.1 HSDPA 信道结构	(368)
13.1.2 自适应调制和编码技术(AMC)	(369)
13.1.3 混合的 ARQ(HARQ)	(370)
13.1.4 快速蜂窝选择(FCS)	(371)
13.1.5 多输入多输出的天线处理(MIMO)	(371)
13.2 混合自动重传请求技术	(372)
13.2.1 差错控制方法	(373)
13.2.2 HARQ 技术	(375)
13.2.3 HARQ 机制	(376)
13.2.4 增加冗余传输机制	(380)
13.2.5 N 信道停止等待 HARQ	(384)
13.3 HSDPA 性能分析	(386)
13.3.1 数据业务模型和性能评价	(387)

13.3.2	UE 移动模型	(389)
13.3.3	数据分组算法	(389)
13.3.4	HARQ 建模	(390)
13.3.5	AMC 建模	(393)
13.3.6	MIMO 建模	(394)
	小结	(395)
第 14 章	OFDM 技术	(396)
14.1	正交频分复用技术的概述	(396)
14.1.1	下一代移动通信的发展	(397)
14.1.2	OFDM 技术	(398)
14.2	OFDM 技术基本原理	(402)
14.2.1	OFDM 系统的基本模型	(403)
14.2.2	DFT 的实现	(406)
14.2.3	保护间隔和循环前缀	(406)
14.2.4	加窗技术	(408)
14.2.5	OFDM 参数选择	(409)
14.3	OFDM 关键技术	(411)
14.3.1	PAPR 的解决	(412)
14.3.2	OFDM 系统的同步技术	(415)
14.4	OFDM 与 CDMA 技术	(422)
14.4.1	多载波 CDMA(MC-CDMA)	(422)
14.4.2	MC-DS-CDMA	(424)
14.4.3	MT-CDMA	(425)
14.4.4	调频 OFDMA	(427)
14.5	OFDM 识别及抗衰落技术	(428)
14.5.1	识别技术	(428)
14.5.2	抗多径衰落与多普勒频移	(430)
14.5.3	信道估计与均衡	(431)
	小结	(433)
参考文献		(435)

第 1 章 第三代移动通信技术概述

随着计算机技术日新月异的发展,人们身处在快速变化的社会中,传统的电话已逐渐无法满足这个分秒必争的社会的需求。所以如何使电话具有可移动性,达到人类通信的最高目标——个人通信,既是人们的梦想,也是科学家追求的目标。个人通信是人类通信的最高阶段,而移动通信则是通向个人通信的必经阶段。

所谓移动通信,是指通信双方或至少有一方是在运动中进行信息交换的。例如,固定点与移动体(汽车、轮船、飞机)之间、移动体与移动体之间、人与人或人与移动体之间的通信,都属于移动通信。

过去 10 年全球移动无线通信得到了很大的发展,无线通信技术经历了为商业使用的第一代模拟产品到为公众和商业环境而设计的第二代数字无线通信系统。20 世纪 90 年代初期,工业和运营部门推出了第二代数字移动通信系统,这标志着无线信息网络的到来,完全的无线信息网络将使所有用户在所希望的两地能够很经济地传送任何形式的信息。

新的网络建立了与第一代和第二代无绳电话、蜂窝服务的接口,也包含了其他意义上的有线和无线接入,如局域网(LAN)等。在后来的几年内,第三代数字移动通信系统——可提供宽带多媒体业务的网络逐渐发展起来。

从 2001 年 10 月日本的 NTT DoCoMo 公司开始提供 3G 商用业务以来,一些国家也陆续准备部署 3G 网络。但与此同时,世界各国也已经开始或者计划开始新一代移动通信技术的研究,争取在未来移动通信领域内占有一席之地。这里所提到的新一代移动通信是指后 3G(Beyond 3G)或 4G。目前普遍认为后 3G 的最高传输速率将超过 100 Mbit/s;能够实现全球无缝漫游;具有非常高的灵活性,能自适应地进行资源分配;支持下一代 Internet (IPv6),而且是全 IP 网络;当然服务成本低也将是后 3G 的一个重要特征。

本章首先回顾移动通信的发展历史,然后介绍第二代移动通信系统及其演化,最后介绍第三代移动通信系统的基本概念和研究现状以及第三代移动通信系统的关键技术,同时对第四代移动通信技术进行简单概述。

1.1 移动通信技术回顾

世界范围的移动无线通信的发展进程可分为 4 个阶段。

① 第 1 阶段:从 20 世纪 20 年代至 40 年代初,移动通信主要应用于船舶、飞机和汽车等专用无线通信系统及军事通信系统,其使用频段主要是短波,设备是电子管的,采用人工交换和人工切换频率的控制和接续方式。

② 第 2 阶段:20 世纪 40 年代中期至 60 年代末,主要使用 150 MHz VHF 频段,后期又发展到 400 MHz 频段。60 年代晶体管的出现,使移动台向小型化方面前进了一大步。美国、日本、英国和(原)西德等国家开始应用汽车公用无线电话(MTS 或 IMTS),同时,专用

移动无线电话系统大量涌现,广泛应用于公安、消防、出租汽车、新闻和调度等方面。此阶段的交换系统已由人工发展为用户直接拨号的专用自动交换系统。

③ 第3阶段:20世纪70年代至80年代,随着集成电路技术、微型计算机和微处理器的发展以及由美国贝尔实验室推出的蜂窝系统的概念和理论的应用,美国和日本等国家纷纷研制出陆地移动电话系统。具有代表性的美国的 AMPS(Advanced Mobile Phone System)系统、英国的 TACS(Total Access Communication System)系统、北欧(丹麦、挪威、瑞典、芬兰)的 NMT 系统以及日本的 NAMTS 系统等先后投入商用。这个时期系统的主要技术是模拟调频、频分多址,以模拟方式工作,使用频段为 800/900 MHz(早期曾使用 450 MHz),故称为蜂窝式模拟移动通信系统或第一代移动通信系统。这一阶段是移动通信系统不断完善的阶段。系统的耗电量、重量和体积大大缩小,实现了服务多样化,系统大容量化,信息传输实时化,控制与交换更加自动化、程控化、智能化,其服务质量已达到很高的水平。世界上第一个蜂窝系统是由日本的电话和电信公司(NTT)于 1979 年实现的。进入 20 世纪 80 年代后,移动通信已经达到了成熟阶段。与此同时,许多无线系统已经在全世界范围内发展起来,寻呼系统和无绳电话系统在扩大服务范围,许多相应的标准应运而生。

④ 第4阶段:20世纪90年代至今,随着数字技术的发展,通信、信息领域的很多方面都面临向数字化、综合化、宽带化方向发展的课题。第二代移动通信系统以数字传输、时分多址和码分多址为主体技术,主要业务包括电话和数据等窄带综合数字业务,可与窄带综合业务数字网(N-ISDN)相兼容。目前国际上已进入商用和准备进入商用的数字蜂窝系统有欧洲的 GSM、美国的 DAMPS(IS-54 目前用 IS-136)、日本的 JDC 及美国的 IS-95 等。

20 世纪 90 年代中期,世界各移动通信设备制造商和运营商已从对第三代移动通信系统的概念认同阶段进入到具体的设计、规划和实施阶段。在开发第三代系统的进程中形成了北美、欧洲和日本三大区域性集团。它们又分别推出了 WCDMA、UTRA TDD 和宽带 CDMA One 的技术方案。为实现 IMT-2000 全球覆盖与全球漫游,这三种技术方案之间正在相互做出某些折中,以期相互融合。

第三代移动通信网是综合的全球个人通信网,它是 2000 年以后的移动通信网络。目前规划与研究比较典型的系统有:

- 未来公用陆地移动通信系统(FPLMTS) 它是一个由国际无线电咨询委员会建议的系统,计划将所有的移动通信系统综合于一体,为移动用户在全球范围内提供高质量的话音和非话音服务,并能与其他通信网互联。

- 通用移动通信系统(UMTS) 它是欧共体于 1988 年开始的“欧洲高级通信研究”(RACE)发展计划的一部分,计划 2000 年左右在欧洲投入使用。UMTS 可用于各种环境,是一个综合了现有移动通信系统,可提供多种服务的综合业务系统。

2002 年初 IMT-2000 已经开始了后 3G 的研究计划。如前所述,也有些人称后 3G 为第四代移动通信系统。由于目前第三代移动通信技术仍处于起步阶段,还没有大规模商用,本身的能力又有很大的扩展空间,目前不宜人为地定义新一代,所以国际电联强烈呼吁不要使用“第四代移动通信”这个术语。

目前,后 3G 在高速移动环境支持 20 Mbit/s 还是 100 Mbit/s,静止环境最高速率是 100 Mbit/s 还是 1 Gbit/s 等,都处在探讨阶段。事实上,虽然对于后 3G 还没有形成清晰、一致的概念,但新一轮的技术之争已经拉开了序幕,都想极早争取领先和有利的地位。所以我

国在冷静认识后 3G 的研究现状的同时,2002 年已经启动了相关国家级项目,对关键技术进行储备研究。

第二代移动通信系统(如 GSM 和 CDMA One)在提供话音和低速数据业务方面已取得了巨大的成功,而且在以后多年里将继续被广泛使用。通过增强网络元件功能,如在网络端为 GSM 引入 GPRS,为 CDMA 引入了 IS-136;在接入端为 GSM 引入 EDGE,为 CDMA One 引入 IS-136 或 1XRTT,可使这些老一代标准的网络继续得到发展或升级。而第三代移动通信系统将能够提供目前只有固定接入才能实现的更先进的业务和更高的数据速率以及一系列新业务。此外,第三代移动通信系统已将全球漫游作为一项关键要求,从而可为全球移动用户开创更广泛的市场,挖掘更大的设备(尤其是用户设备)通用潜力,并提高经济效益。第三代移动通信系统应提供的特性包括:名副其实的无处不在、无缝高效的无线数据能力,同时具有全面支持日益增长的数据业务的能力。

许多无线系统使用的移动无线标准已经在全世界范围内发展起来,今后还会出现更多的标准。表 1.1 至表 1.3 分别列出了北美、欧洲和日本最常用的寻呼、无绳、蜂窝和个人通信标准。

表 1.1 北美主要移动无线标准

标准	类型	年份	多址接入方式	频段	调制方式	信道带宽
AMPS	蜂窝	1983	FDMA	824 ~ 894 MHz	FM	30 kHz
NAMPS	蜂窝	1992	FDMA	824 ~ 894 MHz	FM	10 kHz
USDC	蜂窝	1991	TDMA	824 ~ 894 MHz	$\pi/4$ DQPSK	30 kHz
CDPD	蜂窝	1993	FH/分组	824 ~ 894 MHz	GMSK	30 kHz
IS-95	PCS	1993	CDMA	824 ~ 894 MHz 1.8 ~ 2.0 GHz	GMSK/BPSK	1.25 kHz
GSC	寻呼	70 年代	单工	若干	FSK	12.5 kHz
POCSAG	寻呼	70 年代	单工	若干	FSK	12.5 kHz
FLEX	寻呼	1993	单工	若干	4FSK	15 kHz
DCS-1900(GSM)	PCS	1994	TDMA	1.85 ~ 1.99 GHz	GMSK	200 kHz
PACS	无绳/PCS	1994	TDMA/FDMA	1.85 ~ 1.99 GHz	$\pi/4$ DQPSK	300 kHz
MIRS	SMR/PCS	1994	TDMA	若干	16QAM	25 kHz

注: SMR 为专用移动无线电业务,PCS 为个人通信业务。

表 1.2 欧洲主要移动无线标准

标准	类型	年份	多址接入方式	频段	调制方式	信道带宽
E-TACS	蜂窝	1985	FDMA	900 MHz	FM	25 kHz
NMT-450	蜂窝	1981	FDMA	450 ~ 470 MHz	FM	25 kHz
NMT-900	蜂窝	1986	FDMA	890 ~ 960 MHz	FM	12.5 kHz
GSM	蜂窝/PCS	1990	TDMA	890 ~ 960 MHz	GMSK	200 kHz
G-450	蜂窝	1985	FDMA	450 ~ 465 MHz	FM	20 kHz/10 kHz
ERMES	寻呼	1993	FDMA	若干	4FSK	25 kHz
CT2	无绳	1989	FDMA	864 ~ 868 MHz	GFSK	100 kHz
DECT	无绳	1993	TDMA	1 880 ~ 1 900 MHz	GFSK	1.728 MHz
DCS-1800	无绳/PCS	1993	TDMA	1 710 ~ 1 880 MHz	GMSK	200 kHz

表 1.3 日本主要移动无线标准

标准	类型	年份	多址接入方式	频段	调制方式	信道带宽
JTACS	蜂窝	1988	FDMA	860 ~ 925 MHz	FM	25 kHz
PDC	蜂窝	1993	TDMA	810 ~ 1 501 MHz	$\pi/4$ DQPSK	25 kHz
NTT	蜂窝	1979	FDMA	400/800 MHz	FM	25 kHz
NTACS	蜂窝	1993	FDMA	843 ~ 925 MHz	FM	12.5 kHz
NTT	寻呼	1979	FDMA	280 MHz	FSK	12.5 kHz
NEC	寻呼	1979	FDMA	若干	FSK	10 kHz
PHS	无绳	1993	TDMA	1 895 ~ 1 907 MHz	$\pi/4$ DQPSK	300 kHz

关于移动通信技术的发展,可以总结出如下历史发展记录:

① 1946 年 AT&T 推出了第一个移动电话系统,采用 FM 调制,120 Hz 带宽传输 1 路话音。

② 20 世纪 60 年代中期贝尔实验室推出了 IMTS(Improved Mobile Telecommunication Service)系统,采用 FM 调制,25 ~ 30 kHz 带宽传输 1 路话音。

③ 60 年代末 70 年代初,出现第一个蜂窝(Cellular)电话系统,Cellular 的意思是将一个大区域划分为几个小区(Cell),相邻的小区不使用相同的频率,以免干扰。

④ 70 年代末,微处理器的出现提高了系统的复杂度。美国推出了 AMPS,欧洲推出了 TACS。这些系统于 80 年代初开始了运营试验,实现了真正意义上的蜂窝移动通信。

⑤ 90 年代初,相继推出了第二代数字移动通信系统 DAMPS、GSM 和 CDMA 系统。

⑥ 90 年代中期以后,开始研究第三代移动通信系统。

⑦ 2001 年,3G 开始商用化。

⑧ 2002 年,后 3G 技术的研究全面启动。

1.1.1 第一代蜂窝系统

无线移动传输的传统方法是在覆盖区域的最高点安装一个大功率的发射机。为了进行正常的通信,移动电话必须处在基站的视距范围内。但由于视距传输在水平上会受到限制,单个无线发射机的覆盖范围只能到达一定的区域,这就很难适应大区域通信的要求,并且在这个区域也只能支持很少数量的用户,如 70 年代纽约安装的贝尔实验室推出的 IMTS 系统只能支持 12 个用户同时通话。

蜂窝技术采用了与其他传统技术(如增加功率)完全不同的方式处理覆盖区问题,它不用广播的方法,而使用低功率的发射机为一个小的区域提供服务。一个大的区域划分为几个小的区域,称为小区(Cell)。每个小区都有一个发射机,而不是整个大的区域用同一个发射机。通过把覆盖区划分为几个小区,可以使在不同的小区内再使用相同的频率,但问题在于一个移动用户不一定固定在一个小区内通话。为了处理这个问题,又引入了切换的概念。

刚开始建立系统时,同时建立所有基站小区是非常昂贵的。在一个大半径的小区,可以用小区分裂的方法变为几个小半径的小区。当一个小区内用户数量到达某一程度,使服务质量下降,呼通率降低时,可以再用几个较低的发功率的基站小区代替原有的一个基站区。蜂窝通信的重要特征为: