

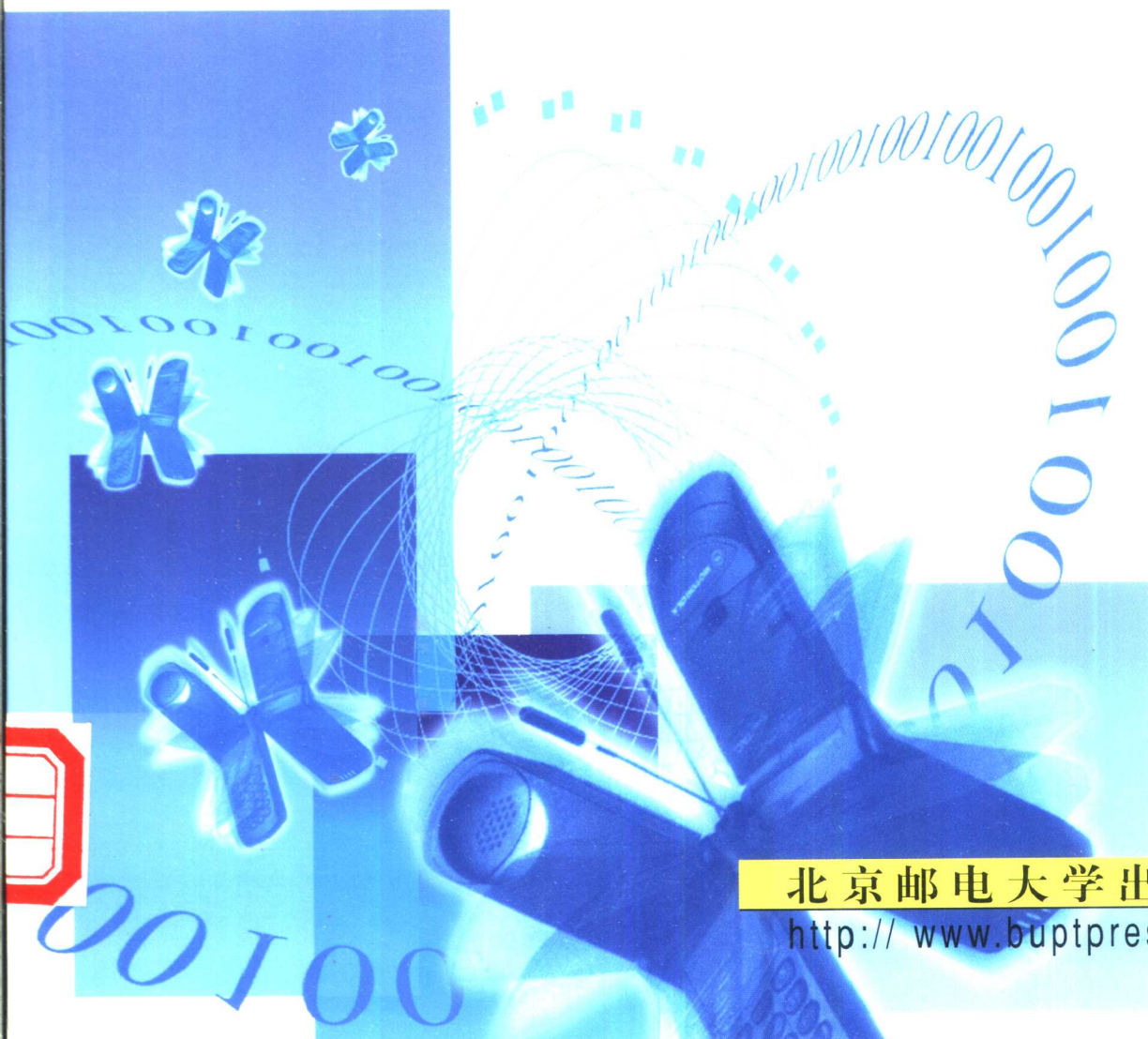
现代移动通信应用技术丛书

移动 通信中的关键技术

YIDONG

吴伟陵 / 编著

TONGXINZHONGDEGUANJIANJISHU



北京邮电大学出版社

[http:// www.buptpress.com](http://www.buptpress.com)

◇ 现代移动通信应用技术丛书 ◇

移动通信中的关键技术

吴伟陵 编著

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

移动通信是目前国内外发展最快的新技术之一。它的主要特点是高技术含量大,新技术层出不穷。为了适应这一发展需要,本书主要从原理上介绍了第二代数字式移动通信、第三代宽带多媒体移动通信以及移动通信中将要采用的一些新的关键性技术。

为提高移动通信的数量(有效性)与质量(可靠性)指标,分别介绍和讨论了提高有效性和可靠性的各项措施。

为了提高移动通信的有效性,介绍了提高单个用户有效性的信源编码技术;有效性调制技术;以及提高多个用户即小区容量的多址接入技术等等。

为了提高移动通信的可靠性,介绍了在移动通信中抗各种衰落提高可靠性的措施:扩频技术、调制技术、信道编码与交织技术、功率控制技术、分集接收、Rake 接收与发端分集等技术。

另外还针对第三代以及未来移动通信中将要采用的新技术:多用户检测、多载波传输、智能天线以及软件无线电等技术也作了介绍与讨论。

本书适合于渴望了解移动通信技术的本科生、研究生和从事第二代、第三代以及未来移动通信系统研究与开发的科研与工程技术人员。也可以作为高等院校信息通信专业的教学用书或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信中的关键技术/吴伟陵编著. —北京:北京邮电大学出版社, 2000. 11

(现代移动通信应用技术丛书)

ISBN 7-5635-0465-6

I. 移... II. ①吴... III. 移动通信 IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 57502 号

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京海淀区西土城路 10 号(100876)

电话传真:010-62282185(发行部)/010-62283578(FAX)

E-MAIL: publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:北京忠信诚胶印厂印刷

开 本:787 mm × 960 mm 1/16

字 数:308 千字

印 张:19.5

印 数:1—5 000 册

版 次:2000 年 11 月第一版 2000 年 11 月第一次印刷

ISBN 7-5635-0465-6/TN·212

定 价:34.00 元

现代移动通信应用技术丛书

编委会

主任：林金桐 李默芳

副主任：真才基 胡健栋 张学红

编委：(按姓氏笔划排序)

王晓云	刘元安	刘平	全庆一
李华	李华彬	李秀川	闵有黎
杨大成	张平	吴伟陵	陈素贤
周正	姚世宏	徐龙	董会义
詹舒波	廖建新		

序

2000年5月17日,全球以移动通信为主题迎接新世纪第一个世界电信日,意义深远而又令人激动。在过去约10年的时间里,移动业务以空前的速度奇迹般地增长了40多倍。人们对这种业务的强烈需求造就了一个占目前电话用户总数1/3以上的新产业,并有望在新世纪中继续保持高速发展。我国从1987年开始提供蜂窝移动通信业务,到1999年底,移动电话用户已超过4000万户,从而使我国成为世界上移动通信发展最快的国家之一。

在过去的十几年里,移动通信技术获得了很大的进步,从传统的单基站大功率系统到蜂窝移动系统,从本地覆盖到区域、全国覆盖,并实现了国内甚至国际漫游,从提供话音业务到提供包括低速数据的综合业务,从模拟移动通信系

统到数字移动通信系统……今后移动通信技术还会进一步的发展和演进,随着第三代移动通信技术的实现和移动通信与互联网的融合,未来无线数据传输速率将高达 2 Mbit/s,全球正在迅速向着移动信息时代迈进。未来移动通信将为无处不在的互联网提供全方位的、无缝的移动性接入。在此过程中,GSM 技术经过 GPRS 技术逐渐向第三代移动通信技术推进,从而实现广域覆盖,无线局域网(蓝牙产品)也将成为现实。正是移动通信技术令人眩目的革新速度,推动着移动信息时代的发展,改善着人类社会活动的质量,最终实现任何人在任何地方任何时间与其他任何人进行任何方式的通信。

这一宏大的事业呼唤着一大批赋有才智而又充满激情的中青年科技专家。作为通信领域人才摇篮之一的北京邮电大学正活跃着移动通信技术研究开发与教学的中坚人物。他们跟踪和推动着移动通信技术的最新进展,同时又整理和传播着移动通信的最新知识。他们把自己的睿智和研究成果汇集在《现代移动通信应用技术丛书》之中,向每位处在或即将处在移动通信迅猛发展大潮中的人们展示出绚丽多姿的画卷。

中国移动通信集团总公司 李默芳总工程师

2000 年 10 月

目 录

1 移动通信信道与移动用户

1.1 移动通信信道	2
1.2 三类主要快衰落的物理模型与实例	4
1.3 传播模型的初步定量分析	8
1.4 多址干扰	12
1.5 本书内容的概要介绍	12
小 结	13

2 多址技术与扩频通信

2.1 多址技术的基本概念	14
2.2 扩频通信的基本概念	18
2.3 扩频通信的主要优缺点	24
2.4 多址码的分类与设计的要求	25
2.5 Walsh 函数与 Walsh 正交码	27
2.6 IS-95 中的多址码设计	28
2.7 可变扩频比正交码(OVSF 码)	31
小 结	36

3 信源编码与数据压缩

3.1	语音压缩编码	38
3.1.1	引言	38
3.1.2	数字移动通信中的语音编码	39
3.1.3	IS-96 CDMA 语音编码	42
3.1.4	ITU-G729 标准	45
3.2	图像压缩编码	48
3.2.1	图像压缩编码标准简介	48
3.2.2	静止图像压缩编码 及其标准 JPEG	50
3.2.3	面向通信的视频 压缩标准 H.261	51
3.2.4	活动图像压缩标准 MPEG	53
3.3	熵编码	55
3.3.1	哈夫曼(Huffman)码	56
3.3.2	算术编码	60
3.4	预测编码	61
3.4.1	预测编码的基本原理	61
3.4.2	线性预测编码的三种基本类型	62
3.4.3	自适应差分脉码调制 ADPCM	65
3.4.4	参量编码的线性 预测编码器 LPC	66
3.5	变换编码	67
3.5.1	最佳正交变换编码 KLT	68
3.5.2	准最佳正交变换编码	69
3.6	矢量量化编码(VQ)	72
3.6.1	标量量化与矢量量化	72

3.6.2	矢量量化编码的基本原理	73
3.6.3	矢量量化编码器的设计	74
小 结		75

4 信道编码与信道交织

4.1	信道编码的基本原理	76
4.2	线性分组码与循环码	77
4.2.1	线性分组码	78
4.2.2	循环码	80
4.2.3	检错码	82
4.2.4	BCH 码	83
4.2.5	RS 码	84
4.2.6	Fire 码	85
4.3	卷积码	86
4.3.1	基本概念与基本结构	86
4.3.2	维特比(Viterbi)译码	92
4.3.3	软判决译码器	95
4.3.4	IS-95 中的卷积编码器	97
4.4	级联码	98
4.4.1	级联码的基本原理	99
4.4.2	级联码标准与性能	100
4.5	交织编码	102
4.5.1	交织码的基本原理	102
4.5.2	交织器性质的改进	104
4.5.3	实际移动通信系统中的交织器	107
4.6	Turbo 码在移动通信中的应用	111
4.6.1	产生背景	111
4.6.2	Turbo 码编、译码结构	114

4.6.3 Turbo 码的应用	116
4.7 GSM 中的信道编码	119
小 结	125

5 数字式调制与解调

5.1 调制、解调的基本原理、功能与分类	126
5.2 MSK 与 GMSK 调制	129
5.2.1 基本原理	129
5.2.2 MSK 调制器	130
5.2.3 MSK 解调器	132
5.2.4 MSK 信号的功率谱密度	133
5.2.5 GMSK	134
5.3 移相键控扩频调制系列	135
5.3.1 BPSK 扩频调制	136
5.3.2 平衡四相扩频调制(BQM)	138
5.3.3 双四相扩频调制(DQM)	140
5.3.4 复四相扩频调制(CQM)	143
5.3.5 结论	145
小 结	146

6 功率控制技术

6.1 功率控制准则	148
6.1.1 功率平衡准则	148
6.1.2 信号干扰比 SIR 平衡准则	149
6.1.3 功率平衡和 SIR 平衡混合 体制及其他	151
6.2 功率控制方法	152

6.2.1	反向功控与前向功控·····	152
6.2.2	集中式功控与分布式功控·····	153
6.2.3	开环功控与闭环功控·····	153
6.3	IS-95 中的功率控制 ·····	155
6.3.1	IS-95 中功控的必要性与功控方案 ···	155
6.3.2	前向(下行)功率控制·····	156
6.3.3	反向(上行)功率控制 ·····	157
6.4	IMT-2000 中的功率控制 ·····	160
6.4.1	WCDMA 中的上行(反向) 功率控制·····	160
6.4.2	WCDMA 中的下行(前向)闭环 功率控制·····	161
6.4.3	cdma 2000 中的功率控制 ·····	163
小 结	·····	164

7 分集技术与 Rake 接收

7.1	分集接收的基本概念与基本原理 ·····	165
7.1.1	分集接收的基本概念与分类·····	165
7.1.2	分集合并技术·····	168
7.2	隐分集与 Rake 接收 ·····	171
7.2.1	Rake 接收的基本原理 ·····	171
7.2.2	Rake 接收的工程实现 ·····	173
7.3	发送分集 ·····	180
7.3.1	WCDMA 建议中的发送分集 ·····	181
7.3.2	cdma 2000 中的发送分集 ·····	184
7.4	空时编码技术 ·····	184
7.4.1	Trellis 空时码 ·····	184
7.4.2	分层空时码 ·····	186

小 结	187
-----------	-----

8 软件无线电技术

8.1 什么是软件无线电	189
8.1.1 软件无线电产生的背景	190
8.1.2 软件无线电概念的逐步发展与 深化	191
8.2 美国军用软件无线电系统 SPEAKeasy	192
8.2.1 SPEAKeasy I 期工程	193
8.2.2 SPEAKeasy II 期工程	195
8.3 软件定义的数字无线电 SDR 系统	197
8.3.1 SDR 主要组成部分	197
8.3.2 实现 SDR 的关键技术	199
8.4 虚拟无线电	204
8.4.1 虚拟无线电产生背景	204
8.4.2 虚拟无线电的提出	205
8.4.3 基于网络交换平台的虚拟无线电	207
8.5 第三代移动通信中的软件无线电技术	208
8.5.1 概况	208
8.5.2 IMT-2000 中软件无线电的关键技术	208
小 结	209

9 多用户检测

9.1 多用户检测的基本原理	211
9.1.1 多用户检测引入的必要性	211
9.1.2 多用户检测的基本原理	213
9.1.3 多用户检测器的主要优缺点	215

9.2	多用户检测器的发展与分类	216
9.3	线性多用户检测技术	218
9.3.1	非自适应型检测器	219
9.3.2	自适应型多用户检测器	221
9.3.3	盲自适应多用户检测器	224
9.4	非线性多用户检测器	225
9.4.1	基于判决反馈的多址干扰 抵消检测	225
9.4.2	多用户检测技术的扩展	229
小 结		230

10 多载波传输技术

10.1	多载波技术的基本原理	233
10.2	多载波码分多址技术	236
10.2.1	采用正交多载波的扩频系统	236
10.2.2	多载波与 CDMA 的结合 方式与分类	238
10.3	MC-CDMA 多址技术	241
10.3.1	OFDM 的时域表示	241
10.3.2	OFDM 的等效频域表示	243
10.3.3	MC-CDMA 的基本方案	245
10.3.4	MC-CDMA 与 DS-CDMA 的关系	246
10.3.5	MC-CDMA 与 OFDM 的异同	247
10.4	MC-CDMA 的主要关键技术	247
10.4.1	MC-CDMA 的信号检测技术	248
10.4.2	MC-CDMA 中的信道估计	253
小 结		255

11 智能天线

11.1 智能天线的基本原理	257
11.1.1 基本概念与发展过程	257
11.1.2 智能天线的基本组成与 基本原理	259
11.2 移动通信中的智能天线技术	268
11.2.1 引入智能天线的必要性和 存在的问题	268
11.2.2 智能天线研究的进展	269
11.2.3 智能天线在第三代移动通信 中的应用	272
11.2.4 基于软件无线电的基站上行收 的智能天线	274
11.2.5 智能天线的其他应用	276
11.3 智能天线的发展	281
小 结	286
英文缩写对照	290
参考文献	295

移动通信信道与移动用户

正如医生看病一样,医生首先是通过诊断确定病人的症状才能对症下药。在通信中确定任何一种通信体制其道理也一样,通信是通过信道传送的,因此首先必须分析和掌握信道的特点与实质,才能针对存在的问题对症下药,给出一一解决的技术方案。

移动信道属于无线信道,但是它既不同于传统的有线信道,也与一般的固定接入无线信道有所区别。有线信道是恒定参量的信道是人为制造的信道,它从一开始的明线发展到同轴电缆,一直到今天由光纤组成的光缆线,通信容量越来越大,通信质量也越来越高,而且随着科学技术的进步,它将逐步趋向理想的传输信息的信道。然而无线信道却不然,它是开放式的客观存在的变参量信道,人们只能在充分地分析研究它的特性基础上去适应它和改造它。移动通信信道是无线信道的一个子类,它不仅具有所有无线信道的特点,而且还具有通信用户随机移动性的新特色。

任何一种通信系统都是围绕着通信传输的数量与质量两个类型的三种指标:有效性、可靠性和安全性进行不断的优化。所谓有效性是指占用尽可能少的信道资源(如频段、时隙和功率)传送尽可能多的信源信息,它是通信的数量指标;所谓可靠性,主要是指在传输中,抵抗各类客观自然干扰的能力,但是在军事通信中它也包含电子对抗,即抵抗人为设置干扰的能力;所谓安全性,主要是指在传输中的安全保密性能,即收端防窃听、发端防伪造和篡改的能力等。

移动通信中的各类新技术,都是针对移动通信的信道特点,以解决移动通信中的有效性、可靠性和安全性为目标而设计的。分析移动信道是解决移动通信关键技术的前提,是移动通信中各类新技术的源泉。

1.1 移动通信信道

1. 移动通信信道的主要特点

首先介绍移动通信信道的主要特点:

(1) 传播的开放性

一切无线信道都是基于电磁波在空间传播来实现信息传输的。

(2) 接收点地理环境的复杂性与多样性

一般可将地理环境划分为下列三类典型区域:

- 高楼林立的城市中心繁华区;
- 以一般性建筑物为主的近郊小城镇区;
- 以山丘、湖泊、平原为主的农村及远郊区。

(3) 通信用户的随机移动性

- 慢速步行时的通信;
- 高速车载时的不间断通信。

总之,传播的开放性、接收环境的复杂性与通信用户的随机移动性,这三个主要特点共同构成了移动通信信道的主要特色。

2. 移动通信信道下电磁波传播的特点

下面将进一步分析上述移动通信信道的三大特点形成的电磁波传播主要特点:

- 直射波:它是指在视距覆盖区内无遮挡的传播,直射波传播的信号最强。
- 多径反射波:指从不同建筑物或其他物体反射后到达接收点的传播信号,其信号强度次之。
- 绕射波:从较大的山丘或建筑物绕射后到达接收点的传播信号,其强度与反射波相当。

- 散射波:由空气中离子受激后二次发射所引起的慢反射后到达接收点的传播信号,其信号强度最弱。

3. 三类不同的损耗和三种效应

上述移动信道的主要特点及其带来的传播上的特点,对接收点的信号将会产生如下的后果,即在传播上产生三类不同的损耗和三种效应。

(1) 三类不同的损耗

- 路径传播损耗:又称为衰耗,它是指电波在空间传播所产生的损耗,它反映了传播在宏观大范围(即公里量级)的空间距离上的接收信号电平平均值的变化趋势。
- 慢衰落损耗:它是由于在电波传播路径上受到建筑物及山丘等的阻挡所产生的阴影效应而产生的损耗。它反映了中等范围内数百波长量级接收电平的均值变化而产生的损耗,一般遵从对数正态分布,其变化率较慢故又称为慢衰落。
- 快衰落损耗:它主要是由于多径传播而产生的衰落,它反映微观小范围内数十波长量级接收电平的均值变化而产生的损耗,一般遵从 Rayleigh(瑞利)分布或 Rician(莱斯)分布,其变化率比慢衰落快,故称它为快衰落,仔细划分快衰落又可分为以下三类:空间选择性衰落、频率选择性衰落与时间选择性衰落。所谓选择性是指在不同的空间,不同的频率和不同的时间其衰落特性是不一样的,我们将在下一节中进一步讨论它。

(2) 三种效应

- 阴影效应:由大型建筑物和其他物体的阻挡而形成在传播接收区域上的半盲区。
- 远近效应:由于接收用户的随机移动性,移动用户与基站间的距离也是在随机地变化,若各移动用户发射功率一样,那么到达基站的信号强弱不同,离基站近信号强,离基站远信号弱。通信系统的非线性则进一步加重,出现强者更强、弱者更弱和以强压弱的现象,通常称这类现象为远近效应。
- 多普勒效应:它是由于接收的移动用户高速运动而引起传播频率的扩散而引起的,其扩散程度与用户运动速度成正比。