

现代移动通信应用技术丛书

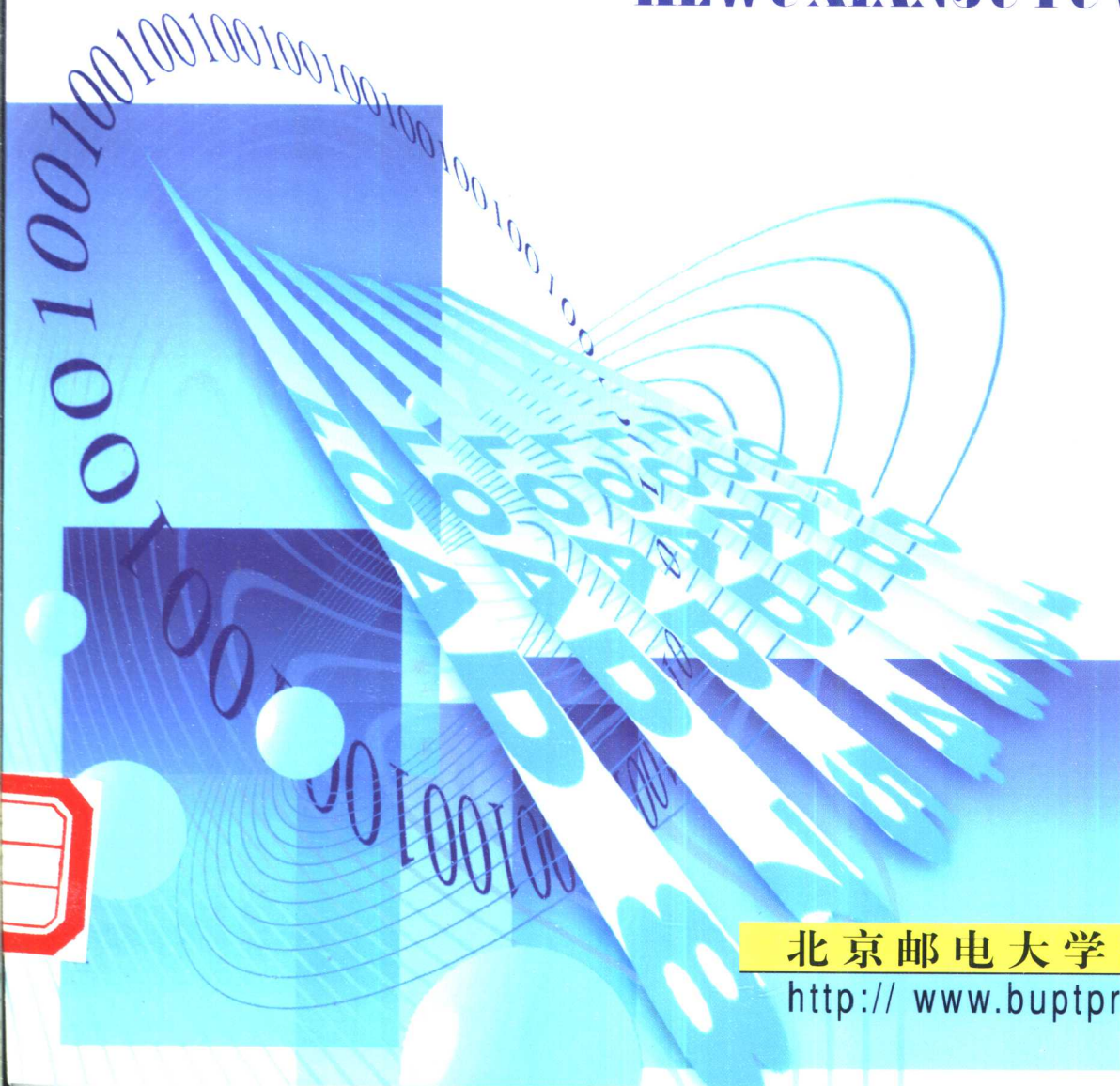
宽带无线接入

和无线局域网

KUANDAIWUXIANJIERU

刘元安 / 等编著

HEWUXIANJUYUWANG



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 ◇

宽带无线接入和无线局域网

刘元安 翟明岳 吴惠兰
丁敏华 李 莉 许 杰 编者
肖化武

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书首先简要给出并分析了移动通信的环境和传播知识。以此为基础,介绍了无线接入的结构和基本模式。之后,基于宽带无线接入技术及发展,描述了相关的基本技术,包括部分调制和编码技术,较为详细地给出了 OFDM 的理论和实现原理。除常见的系统外,我们又专门用一章的篇幅总结了宽带无线接入的各种新技术和新传输控制模式。本书的后半部分给出了无线局域网的组成原理和实现技术,包括协议文本、技术方案和管理模式,并具体介绍了基于 DSSS 的硬件实现技术。

图书在版编目(CIP)数据

宽带无线接入和无线局域网/刘元安等编著. —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 7-5635-0469-9

I. 宽... II. 刘... III. ①宽带通信系统-无线电通信-接入网 ②宽带通信系统-无线电通信-局域网 IV. TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 57506 号

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路 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:北京市源海印刷厂

开 本:787 mm × 960 mm 1/16

印 张:16

字 数:260 千字

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 7-5635-0469-9/TN·216

定 价:28.00 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 无线接入信道与电波传播

1.1	无线电波在自由空间中的传播	1
1.1.1	Friis 自由空间传播公式	1
1.1.2	路径损耗	2
1.1.3	功率与电场强度、电压的转换	2
1.2	反射、衍射和散射	3
1.2.1	反 射	4
1.2.2	衍 射	5
1.2.3	散 射	10
1.3	无线接入信道中的衰落与多径传播	11
1.3.1	多径传播	11
1.3.2	影响衰落的因素	12
1.3.3	Doppler 频移	13
1.3.4	衰落模型	13
1.3.5	多径信道的描述参数	18
1.4	路径损失模型	26
1.4.1	地面反射(双射线)模型	27
1.4.2	室外传播模型	29
1.4.3	室内环境	32

2 无线接入网的基本结构和组成

2.1 接入网	36
2.1.1 接入网的概念	36
2.1.2 接入网的分层	38
2.1.3 接入网的拓扑结构	39
2.2 无线接入网	41
2.2.1 无线接入网的概念	41
2.2.2 无线接入网的拓扑结构	42
2.2.3 无线接入网的接口	43

3 无线接入的基本技术

3.1 多址技术	44
3.1.1 频分多址(FDMA)	45
3.1.2 时分多址(TDMA)	45
3.1.3 码分多址(CDMA)	46
3.1.4 空分多址(SDMA)	46
3.2 语音编码技术	46
3.2.1 规则脉冲激励长时预测(RPE-LTP) 编码	47
3.2.2 Qualcomm 码激励线性预测(QCELP) 编码	49
3.3 信道编码	49
3.3.1 分组码	50
3.3.2 交织编码	52
3.3.3 卷积码	52
3.4 数字调制技术	53
3.4.1 线性调制技术	54

3.4.2	恒包络调制技术	58
3.5	扩频技术	60
3.5.1	扩频技术的基本理论	60
3.5.2	扩频通信系统的种类	61
3.5.3	直接序列扩频通信系统	63
3.5.4	直接序列扩频实现 CDMA 通信的 原理	64
3.6	抗衰落技术	65
3.6.1	分集技术	66
3.6.2	自适应均衡技术	67
3.7	网络安全技术	69
3.7.1	用户鉴权	69
3.7.2	信息加密	70
3.8	无线空中接口	70

4 无线接入系统

4.1	无线接入系统概述	73
4.1.1	移动无线接入	73
4.1.2	固定无线接入	76
4.2	SCDMA 无线接入系统	79
4.2.1	SCDMA 的系统结构	79
4.2.2	SCDMA 的技术特性	80
4.2.3	SCDMA 的关键技术	81
4.3	窄带 CDMA 无线接入系统	82
4.3.1	CDMA 系统的组成	82
4.3.2	窄带 CDMA IS-95 标准的主要 参数	84
4.3.3	Qualcomm 公司的数字蜂窝系统 Q-CDMA	84

4.3.4	Motorola 公司的无线本地环路 WiLL 系统	85
4.4	DECT 无线接入系统	86
4.4.1	DECT 系统的结构	86
4.4.2	DECT 的技术性能	87
4.5	VSAT 系统	88
4.5.1	VSAT 系统的组成	88
4.5.2	VSAT 系统的网络结构	89
4.6	集群通信系统	90
4.6.1	系统结构和功能	90
4.6.2	信令方式	91
4.6.3	多址协议	92
4.7	无线寻呼系统	93
4.7.1	无线寻呼系统的组成	93
4.7.2	信号与编码方式	94

5 OFDM 系统

5.1	OFDM 系统及其应用环境简介	95
5.2	系统模型与描述	101
5.2.1	连续时间域模型	101
5.2.2	基于 DFT 的 OFDM 离散系统模型	105
5.3	OFDM 系统实现中的关键问题	109
5.3.1	同步、三种信号模型及相应的时偏 ML 估计器	110
5.3.2	信道估计	118
5.3.3	信道编码和交织	119
5.3.4	改善系统对非线性的敏感性	123
5.3.5	均衡	126

6 无线接入新技术

6.1	无线 ATM	127
6.1.1	无线 ATM 技术的导出前景	127
6.1.2	ATM 原理	128
6.1.3	无线 ATM 简介	131
6.1.4	广播接入层	135
6.1.5	移动管理	139
6.1.6	无线 ATM 规范标准	143
6.1.2	无线 ATM 接入网络的信令设计 ..	145
6.2	光无线系统	150
6.2.1	概述	150
6.2.2	长距离系统	152
6.2.3	短距离系统	153
6.2.4	IrDA 标准: 超短距点对点系统	154
6.3	本地多点分布业务系统	158
6.4	软件无线电	163

7 无线局域通信网

7.1	绪论	168
7.1.1	引言	168
7.1.2	无线局域网的概念	170
7.1.3	传输方式	170
7.1.4	网络拓扑	171
7.1.5	网络接口	171
7.1.6	无线局域网的技术要求	172
7.1.7	系统概述——无线局域网接入有线局域网	173

7.2	无线局域网协议——IEEE 802.11	174
7.2.1	基本体系结构和网络组成	174
7.2.2	独立业务集 (IBSS)	175
7.2.3	分布系统 (DS)	175
7.2.4	与有线局域网集成	176
7.2.5	逻辑业务接口	177
7.2.6	多重逻辑地址空间	178
7.2.7	业务总论	179
7.2.8	支持发送的业务	179
7.2.9	接入和机密性控制业务	180
7.2.10	ESS 和 IBSS 局域网的区别	182
7.3	实现 MAC 层控制的单片机 MC68360	183
7.3.1	介绍	183
7.3.2	QUICC 体系结构概述	187
7.3.3	信号描述	194
7.3.4	MC68360 与外围芯片的管脚连线图	205
7.4	10BASE-T 系统的描述	207
7.4.1	802.3 标准概述	207
7.4.2	MAU 概述	209
7.4.3	MAU 功能描述	210
7.4.4	10 Mbit/s 双绞线系统及介质部件	214
7.4.5	全双工操作	218
7.5	LXT905 通用的 10BASE-T 收发器	221
7.5.1	总述	221
7.5.2	LXT905 功能模块表	222
7.5.3	功能描述	223
7.5.4	应用信息	228
7.6	LXT905 外围电路设计	229

7.6.1 电路设计	230
7.6.2 电路时序图	231
英文缩写对照	236
参考文献	240

1

无线接入信道与电波传播

无线接入技术可以最迅速地满足急需通信地区的需求,可以满足那些不便于铺设线路地区和农村边远地区分散用户的通信需求,因而无线接入与有线接入技术一样,在接入领域占有很重要的地位。无线接入网与固定有线接入网的一个非常重要的区别是它采用无线传输技术,通过空间电磁波来传输信息。无线传输所占用的信道称为无线信道。

在无线信道中,发射机和接收机之间的传播路径可能是两点之间的视线,也可能有山脉、建筑物和各种植被等障碍物。无线信道中对电波传播起重要作用的各种反射、衍射和散射体可能是不断运动的,这样的无线信道与固定信道有着非常显著的差异,它是随机的不可预测的。同时,无线信道对于系统的性能有非常重要的影响。无线接入系统的设计人员必须对无线信道的基本特性有很深刻的理解。本章将详细阐述无线信道中电波传播的特性(重点介绍适用于不同场合的无线信道模型),同时还着重讨论无线信道所具有的多径效应、时延扩展、码间干扰和多普勒(Doppler)频移等现象。

1.1 无线电波在自由空间中的传播

1.1.1 Friis 自由空间传播公式

当接收机与发射机之间没有障碍物时,接收机所接收到的功率 $P_r(d)$

满足 Friis 自由空间公式

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2 L} \quad (1.1)$$

其中, P_t 为发射功率, G_t 为发射天线增益, G_r 为接收天线增益, λ 为波长(单位是米), L 为系统损耗因子(与电波的传播无关, $L \geq 1$), d 为发射天线和接收天线之间的距离(单位为米)。天线增益 G 与天线的有效孔径 A_e 有关, 其公式如下

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} \quad (1.2)$$

1.1.2 路径损耗

由 Friis 自由空间公式可以看到, 接收功率与天线之间距离的平方成反比, 也就是说, 间距增加 10 倍, 接收功率将减少 20 dB。这种能量损耗称为路径损耗, 其特点是变化缓慢、变化趋势一致。这种损耗与无线信道特有的衰落相比, 有着显著的差别。有关衰落将在以后的章节介绍。

同时, 从 Friis 自由空间公式还可以看出, 间距不能为零。这就表明此公式适用于远场的情况。对于无线接入系统中所使用的频段(1 ~ 2 GHz)而言, 在室内的环境中, 间距大于 1 m 就称为远场; 在室外环境中, 间距大于 1 km 就称为远场。这同时也说明路径损耗指的是远场的情况。

1.1.3 功率与电场强度、电压的转换

在自由空间中, 功率通量密度 P_d (单位为 W/m^2) 的计算公式为

$$P_d = \frac{EIRP}{4\pi d^2} = \frac{P_t G_t}{4\pi d^2} = \frac{E^2}{R_{fs}} = \frac{E^2}{\eta} \quad (1.3)$$

其中, $EIRP = P_t G_t$ 称为有效全向辐射功率, 它表示的是在天线增益最大方向接收到的功率对应于单位增益的全向天线的发射功率。 R_{fs} 称为自由空间阻抗, $R_{fs} = \eta = 120\pi \Omega$ 。

这样由公式(1.1), (1.2)和(1.3)可得

$$P_r(d) = P_d A_e = \frac{|E|^2}{120\pi} A_e \quad (1.4)$$

在实际应用中,信号幅度一般用电压来表示,因此将接收到的功率转换为输入电压是很有用的。可以将接收天线看成接收机的匹配负载,这样就有公式

$$P_r(d) = \frac{V^2}{R_{\text{ant}}} = \frac{V_{\text{ant}}^2}{4R_{\text{ant}}} \quad (1.5)$$

其中, R_{ant} 为接收机的匹配阻抗, V_{ant} 为开路电压。

1.2 反射、衍射和散射

在无线通信信道中,发射天线和接收天线之间一般并不存在视线条件下的电磁波,这是因为在视线方向上往往有很多的障碍物,直线传播被障碍物阻挡了。在无线信道中,电波的传播主要有三种形式:反射、衍射和散射。

在电磁波传播过程中,如果遇到了障碍物,并且此障碍物的大小与波长相比很大,那么电磁波就会发生反射。地球表面和建筑物等介质表面都可以反射电磁波。

如果障碍物有比较尖锐的断面,那么电磁波还会发生衍射。由于电磁波衍射,即便在收发天线之间没有视线路径存在,接收天线仍然可以接收到电磁信号,电磁波会越过障碍物到达接收天线。在无线接入信道中(频率较高),衍射的物理性质取决于障碍物的几何形状、衍射点电磁波的振幅、相位以及极化状态。

在电磁波传播的介质中,如果充满了大小与波长相比很小的障碍物,那么电磁波就会发生散射。无线信道中不光滑的物体表面、叶面、街头的各种标志以及电线杆等都可以发生散射。

电磁波的反射、衍射和散射对于电磁波能量的传播起着很重要的作用,同时也是产生无线信道衰落现象的最根本原因。

1.2.1 反射

当电磁波在两种不同介质的界面传播时,一部分能量会反射到第一种介质,一部分会透过界面进入第二种介质,成为折射波。如果两种介质都是理想介质,那么反射前后能量没有损耗。

1. 电介质表面的反射

图 1.1 显示的是在两种电介质的表面所发生的反射。

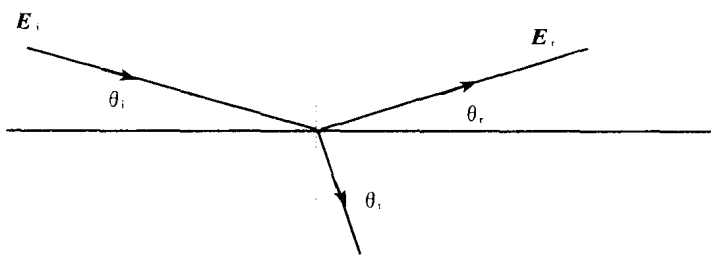


图 1.1 电磁波在介质表面的反射和折射

由于叠加,在解决一般的反射问题时,只需考虑两种正交的极化情况。根据麦克斯韦方程和边界条件,得到与电介质界面平行和垂直的电磁场极化波的反射系数为

$$\Gamma_{\parallel} = \frac{E_r}{E_i} = \frac{\eta_2 \sin\theta_i - \eta_1 \sin\theta_t}{\eta_2 \sin\theta_i + \eta_1 \sin\theta_t} \quad (\text{电场在入射平面内}) \quad (1.6)$$

$$\Gamma_{\perp} = \frac{E_r}{E_i} = \frac{\eta_2 \sin\theta_i - \eta_1 \sin\theta_t}{\eta_2 \sin\theta_i + \eta_1 \sin\theta_t} \quad (\text{电场垂直于入射平面}) \quad (1.7)$$

$$\theta_i = \theta_t \quad (1.8)$$

$$E_r = \Gamma E_i \quad (1.9)$$

$$E_t = (1 + \Gamma) E_i \quad (1.10)$$

其中, $\eta_i = \sqrt{\mu_i / \epsilon_i}$ ($i = 1, 2$) 是第 i 个介质的阻抗。 ϵ_i, μ_i 分别为第 i 个介质的介电常数和磁导率。在公式(1.9)和(1.10)中, Γ 或者是 Γ_{\parallel} , 或者是 Γ_{\perp} ,