

高等学校应用型通信技术系列教材

移动通信技术

李斯伟 贾璐 杨艳 编著



清华大学出版社

高等学校应用型通信技术系列教材

TN929.5/108

2008

移动通信技术

李斯伟 贾璐 杨艳 编著



清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书对现代移动通信技术进行了全面的介绍,内容丰富且新颖,涵盖了当今移动通信所涉及的基本知识、基本原理和相关技术。全书共分8章,主要包括:无线通信基础知识,移动通信概论,移动通信信道与天线,移动通信的噪声与干扰,移动通信组网技术,GSM/GPRS/EDGE/CDMA移动通信系统和第三代移动通信系统等。

本书内容翔实、条理清晰、安排灵活,并配有立体图和实例,突出应用和工程实践,可作为应用型本科和高职高专通信技术、电子信息技术、网络技术及相关专业的教材,也可作为从事移动通信技术与工程的技术人员的学习用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

移动通信技术/李斯伟,贾璐,杨艳编著. —北京:清华大学出版社,2008.6
高等学校应用型通信技术系列教材

ISBN 978-7-302-17204-8

I. 移… II. ①李… ②贾… ③杨… III. 移动通信—通信技术—高等学校—教材
IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 033368 号

责任编辑:刘 青

责任校对:李 梅

责任印制:何 莘

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:20.5 字 数:467 千字

版 次:2008 年 6 月第 1 版 印 次:2008 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:021462-01

随着我国国民经济的持续增长,信息化的全面推进,通信产业实现了跨越式发展。在未来几年内,通信技术的创新将为通信产业的良性、可持续发展注入新的活力。市场、业务、技术等持续拉动,法制建设的不断深化,这些也都为通信产业创造了良好的发展环境。

通信产业的持续快速发展,有力地推动了我国信息化水平的不断提高和信息技术的广泛应用,同时刺激了市场需求和人才需求。通信业务量的持续增长和新业务的开通,通信网络融合及下一代网络的应用,新型通信终端设备的市场开发与应用等,对生产制造、技术支持和营销服务等岗位的应用型高技能人才在新技术适应能力上也提出了新的要求。为了培养适应现代通信技术发展的应用型、技术型高级专业人才,高等学校通信技术专业的教学改革和教材建设就显得尤为重要。为此,清华大学出版社组织了国内近 20 所优秀的高职高专院校,在认真分析、讨论国内通信技术的发展现状,从业人员应具备的行业知识体系与实践能力,以及对通信技术人才教育教学的要求等前提下,成立了系列教材编审委员会,研究和规划通信技术系列教材的出版。编审委员会根据教育部最新文件政策,以充分体现应用型人才培养目标为原则,对教材体系进行规划,同时对系列教材选题进行评审,并推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。本系列教材涵盖了专业基础课、专业课,同时加强实训、实验环节,对部分重点课程将加强教学资源建设,以更贴近教学实际,更好地服务于院校教学。

教材的建设是一项艰巨、复杂的任务,出版高质量的教材一直是我们的宗旨。随着通信技术的不断进步和更新,教学改革的不深入,新的课程和新的模式也将不断涌现,我们将密切关注技术和教学的发展,及时对教材体系进行完善和补充,吸纳优秀和特色教材,以满足教学需要。欢迎专家、教师对我们的教材出版提出宝贵意见,并积极参加教材的建设。

清华大学出版社

2006 年 6 月

PREFACE

前言

移动通信已成为全球通信和 IT 界共同关注的热门技术。近 20 年来,移动通信在微电子技术基础上与计算机技术密切结合,正在产生革命性的飞跃,各种新技术层出不穷。短短的 20 年间,一代又一代的新系统不断涌现,第一代模拟移动通信系统已广泛应用,第二代数字移动通信系统日益普及,第三代移动通信系统即将走向商用。

移动通信涉及的内容很多,既包括无线通信技术,也包含有线通信技术和计算机技术。在有限的篇幅内,应当将哪些内容教给学生呢?经过多年的探索与实践,我们认为最重要的是教材内容一定要翔实,要在教材中把基本概念和基本原理讲清楚,理论一定要联系实际,但也不宜将教材写成工程实践的手册。基于这种思想,本书分为上下两篇,上篇是基础篇,下篇是系统篇。在基础篇中,考虑到学生学习的特点,先描述移动通信系统所涉及的无线通信基础知识,这部分内容是学习移动通信的基础。在第 1 章末对本教材内容进行导读,以使读者对整个教材有初步的了解。为了认识和理解移动通信,从系统模型出发,第 2 章先给出通用的移动通信系统的模型及各部分的作用,然后介绍移动通信系统涉及的如无线电波传播、天线等无线信道,移动通信的干扰与噪声及移动通信组网技术等内容,从而建立移动通信系统全面而广泛的认识基础。接下来进入系统篇,介绍当今流行的 GSM 移动通信系统、GPRS 移动通信系统、CDMA 移动通信系统等典型的移动通信系统。最后介绍第三代移动通信系统。

本书在编写过程中,形成了以下几个特点:

- 本书全面地介绍了移动通信系统与网络的内容,涵盖了移动通信技术的有关基本概念和基本原理、相关技术及应用,内容丰富且新颖,系统性强。
- 移动通信理论部分做到深入浅出,突出重点,突出实用性,强调物理概念。
- 理论与应用相互结合,特别是与工程实际相结合。
- 教材结构清晰,较为抽象的内容采用图解方式,并配合许多立体图,直观且易于理解。
- 书后附有 GSM/CDMA 移动通信及相关知识问答。

- 本书还提供了教学与学习建议,以及一套移动通信综合练习题,供教师教学和学生学习时参考。

本书参考学时数为 60~80,教材中带*的为选学内容。全书篇幅较大,有利于教师根据实际需要,选取教材中的内容,同时也为学生的自学创造了较好的条件。

本书由李斯伟主编,其中第 1、2、5、8 章及第 6 章部分内容由李斯伟编写,第 3 章由贾璐和李斯伟编写,第 4 章由贾璐编写,第 6 章的 GPRS 移动通信系统内容由杨艳编写,第 7 章由杨艳和李斯伟编写。全书由李斯伟负责修改和统编定稿工作。

在本书编写过程中,特别要感谢深圳清华中兴 NC 认证管理中心的工程师,他们提供了很多信息和建议,还要感谢王秀丽老师,她为本书做了大量的校对工作。

由于时间仓促,书中难免存在不妥之处,请读者原谅,并提出宝贵意见。

编著者

2007 年 11 月

本书在编写过程中,参考了国内外许多文献,并得到了许多专家和同行的帮助,在此表示衷心的感谢。本书在编写过程中,得到了许多专家和同行的帮助,在此表示衷心的感谢。本书在编写过程中,得到了许多专家和同行的帮助,在此表示衷心的感谢。

CONTENTS

目 录

上篇 移动通信基础篇

第 1 章 无线通信基础知识 *	3
1.1 无线通信及其相关知识	3
1.1.1 无线通信的发展史及无线通信的概念	3
1.1.2 无线通信使用的频率和波段	4
1.1.3 无线通信所涉及的地球大气层	5
1.1.4 无线通信的电波传播	5
1.1.5 信号、信噪比、信号强度和频谱	7
1.2 无线通信调制的目的及方法	10
1.2.1 调制的目的	10
1.2.2 模拟调制	11
1.2.3 数字调制	11
1.2.4 无线通信调制技术的选择	12
1.3 无线通信系统	12
1.3.1 无线通信系统的组成模型	12
1.3.2 无线通信系统的分类	14
1.4 无线通信网	14
1.4.1 通信网的概念及构成要素	14
1.4.2 无线通信网	15
1.4.3 现代无线通信网	16
1.5 本书内容导读	18
1.5.1 本书结构与内容	18
1.5.2 移动通信课程教学与学习建议	20
复习思考题	20
第 2 章 移动通信概论	22
2.1 移动通信发展历史	22
2.2 移动通信的基本概念	23

2.2.1 移动通信的定义	23
2.2.2 移动通信的分类	24
2.2.3 移动通信的工作频段	24
2.3 移动通信的特点	25
2.4 移动通信的工作方式	26
2.5 移动通信系统的组成	29
2.6 移动通信的调制技术	30
2.6.1 恒定包络调制方式——MSK 调制与 GMSK 调制	31
2.6.2 数字调相方式	34
2.6.3 解调技术在移动通信系统中的应用	39
2.7 移动通信的主要业务	39
2.8 移动通信的发展和应用	41
2.8.1 移动通信的演进	41
2.8.2 移动通信标准化组织	45
复习思考题	46
第3章 移动通信信道与天线	47
3.1 认识无线信道	47
3.2 无线电波的传播方式	48
3.3 移动通信电波传播特性	49
3.3.1 陆地移动通信的地形地物	49
3.3.2 移动通信电波传播的主要方式	50
3.3.3 描述移动通信衰落特征的物理量	51
3.4 移动通信信道	52
3.4.1 移动无线信道特性描述	52
3.4.2 移动无线信道电波传播的衰落特性	52
3.5 移动通信天线*	56
3.5.1 天线的定义与类型	56
3.5.2 天线特性	58
3.5.3 几种典型的移动通信天线	60
3.5.4 智能天线及其在移动通信中的应用	63
3.6 抗衰落技术	66
3.6.1 概述	66
3.6.2 分集技术的基本原理	67
3.6.3 分集技术及其在移动通信中的应用	67
3.6.4 隐分集与 RAKE 接收	70
3.6.5 发送分集*	71
复习思考题	72

第4章 移动通信的噪声与干扰	73
4.1 概述	73
4.1.1 移动通信的噪声	73
4.1.2 移动通信的干扰	74
4.2 互调干扰	74
4.3 邻道干扰	75
4.4 同频干扰	75
4.4.1 同频干扰的概念	75
4.4.2 射频防卫比	76
4.5 远近效应	78
4.6 自动功率控制	79
复习思考题	79
第5章 移动通信组网技术	80
5.1 概述	80
5.2 蜂窝的概念	81
5.2.1 蜂窝通信的由来	81
5.2.2 蜂窝的分类	82
5.3 多址技术	83
5.3.1 概述	83
5.3.2 FDMA 方式	85
5.3.3 TDMA 方式	86
5.3.4 CDMA 方式	88
5.3.5 FDMA、TDMA 和 CDMA 系统容量比较	89
5.4 区域覆盖与频率分配	90
5.4.1 区域覆盖	90
5.4.2 蜂窝式移动通信网相关概念	93
5.4.3 频率分配	101
5.5 频率复用技术	104
5.5.1 频率复用的概念	104
5.5.2 频率复用方式	106
5.5.3 频率规划实例	109
5.6 多信道共用技术	111
5.6.1 多信道共用的概念	111
5.6.2 空闲信道的选取	114
5.6.3 信道配置的工程计算	114
5.7 移动通信网结构	116
5.7.1 移动通信网组成	116

5.7.2 移动通信网组网方式	118
5.8 移动通信信令*	120
5.8.1 信令的基本概念	120
5.8.2 移动通信的信令类型	126
5.9 移动性管理	127
5.9.1 越区切换	128
5.9.2 位置管理	129
复习思考题	131

下篇 移动通信系统篇

第6章 GSM/GPRS/EDGE 移动通信系统	135
6.1 概述	135
6.1.1 GSM 发展历史	135
6.1.2 GSM 系统的特点	136
6.2 GSM 移动通信系统结构与主要接口及其协议	137
6.2.1 GSM 系统结构	137
6.2.2 GSM 系统的主要接口及其相关信令协议	143
6.3 GSM 系统的编号方式	146
6.3.1 GSM 系统中的号码	146
6.3.2 GSM 系统中各种号码的应用	149
6.4 GSM 系统的工作频率与小区规划	150
6.4.1 GSM 系统的工作频率	150
6.4.2 GSM 系统频率复用	152
6.5 GSM 系统的空中接口(Um)	154
6.5.1 GSM 系统的空中接口参数	154
6.5.2 GSM 的无线帧结构	155
6.5.3 GSM 的物理信道与逻辑信道	159
6.5.4 GSM 的空中控制技术	166
6.6 GSM 系统编码	171
6.6.1 GSM 话音编码	171
6.6.2 信道编码	172
6.6.3 交织	173
6.7 GSM 系统的用户管理	174
6.7.1 位置管理	174
6.7.2 呼叫流程	177
6.7.3 切换	178
6.7.4 漫游	179

6.8	GSM 系统的安全性管理	181
6.8.1	用户识别卡	182
6.8.2	鉴权	182
6.8.3	加密	184
6.9	基站系统	185
6.9.1	基站系统的构成	185
6.9.2	微蜂窝基站 *	188
6.10	GSM 直放站及其室内覆盖系统 *	189
6.10.1	GSM 直放站	190
6.10.2	室内覆盖系统	193
6.11	GSM 系统增值数据业务 *	195
6.11.1	短消息业务	195
6.11.2	彩铃业务	198
6.12	DCS1800 系统 *	199
6.12.1	DCS1800 频段的特点	200
6.12.2	GSM900 与 DCS1800 双频网络特点	200
6.13	GPRS 移动通信系统	203
6.13.1	GPRS 概述	203
6.13.2	GPRS 网络总体结构	204
6.13.3	GPRS 系统的功能和业务	206
6.13.4	GPRS 的路由管理	209
6.13.5	GPRS 系统的移动性管理 *	210
6.13.6	GPRS 的应用	212
6.14	EDGE 增强型数据速率系统	214
	复习思考题	215
第 7 章	CDMA 移动通信系统	217
7.1	概述	217
7.1.1	CDMA 技术的演进及相关标准	217
7.1.2	采用 CDMA 技术的优点	219
7.2	CDMA 技术基本原理	220
7.2.1	扩频通信的基本原理	220
7.2.2	正交码	223
7.2.3	码字在 CDMA 系统中的应用	228
7.2.4	码分多址技术基本原理	231
7.3	IS-95 CDMA 数字移动通信系统	233
7.3.1	IS-95 前向信道及其构成	233
7.3.2	IS-95 反向信道及其构成	234

181	7.3.3 IS-95 CDMA 系统构成	235
181	7.4 CDMA2000-1X 网络结构	237
181	7.4.1 网络结构及接口	237
181	7.4.2 编号	240
181	7.4.3 工作频率	244
181	7.5 提高 CDMA 系统容量的关键技术	244
181	7.5.1 功率控制技术	245
181	7.5.2 软切换技术	246
181	7.6 CDMA 系统提供的业务	246
181	7.6.1 CDMA 业务	247
181	7.6.2 中国联通 CDMA 业务的品牌	247
181	7.7 CDMA 直放站*	247
181	复习思考题	250
181	第 8 章 第三代移动通信系统(3G)	251
181	8.1 IMT-2000 概述	251
181	8.1.1 3G 与 IMT-2000	251
181	8.1.2 3G 频谱划分	252
181	8.2 第三代移动通信系统标准	253
181	8.2.1 WCDMA 标准	254
181	8.2.2 CDMA2000 标准	254
181	8.2.3 TD-SCDMA 标准	254
181	8.3 UMTS(WCDMA)技术	255
181	8.3.1 UMTS(WCDMA)系统构成	255
181	8.3.2 UMTS(WCDMA)无线接口协议栈	258
181	8.3.3 UMTS(WCDMA)无线侧原理及关键技术	260
181	8.3.4 UMTS(WCDMA)核心网的原理	270
181	8.4 TD-SCDMA 技术	273
181	8.4.1 TD-SCDMA 概述	273
181	8.4.2 TD-SCDMA 物理层技术	273
181	8.4.3 TD-SCDMA 空中接口信道结构	276
181	8.4.4 TD-SCDMA 的几个关键技术	277
181	8.4.5 TD-SCDMA 核心网	282
181	8.4.6 TD-SCDMA 网络组网方案	282
181	8.4.7 TD-SCDMA 行业发展概况	283
181	8.5 第三代移动通信的网络演进	284
181	8.5.1 2G 网络升级到 3G UMTS(WCDMA)网络方案	284
181	8.5.2 GSM/GPRS 网络升级到 TD-SCDMA 网络	285

8.6 3G 业务	287
8.7 与 3G 演进相关的技术 *	288
8.7.1 软件无线电技术	288
8.7.2 正交频分复用技术	292
8.8 未来移动通信技术(Beyond 3G)发展展望 *	295
8.8.1 Beyond 3G 移动通信的产生背景及发展	295
8.8.2 Beyond 3G 系统结构	296
8.8.3 Beyond 3G 系统关键技术	296
8.8.4 未来移动通信网络面临的挑战	297
复习思考题	298
 附录 A GSM/CDMA 相关知识问答	 299
附录 B 移动通信综合练习题	305
附录 C 爱尔兰呼损表	311
参考文献	314



移动通信基础篇



无线通信基础知识*

【本章学习要点】

- ◇ 无线通信相关概念
- ◇ 无线通信调制的目的及方法
- ◇ 无线通信系统的组成模型及分类
- ◇ 无线通信网络

在学习移动通信之前,掌握一些无线通信的有关基本概念是非常必要的。本章介绍的许多无线通信概念及原理是学习后续章节的基础。

1.1 无线通信及其相关知识

1.1.1 无线通信的发展史及无线通信的概念

1. 无线通信的发展史

无线通信起步要比有线通信稍晚。麦克斯韦(J. C. Maxwell)于 1861 年从理论上预言了大气中存在着电磁波之后,大约经过了 27 年,赫兹(H. R. Hertz)通过火花放电初次成功地发现了电磁波,用实验方法证明了麦克斯韦理论(1888 年)。1894 年,意大利的马可尼(G. Marconi)和俄国的波波夫同时发明了无线电。马可尼利用赫兹的火花振荡器作为发射器,通过电键的开闭产生电磁波信号。1895 年他发射的信号可远达 1km 以上。1897 年,他用莫尔斯码从船上与岸边通信,在穿越大西洋的船上安装无线电系统。这些无线电系统首先被用于给附近的其他船只或岸边的站传送灾难信号,它甚至安装到了著名的豪华邮轮泰坦尼克号上。从此,无线电通信的时代开始了。

无线电发展的第二个伟大的里程碑是在 1933 年阿姆斯特朗(E. H. Armstrong)发明了频率调制(FM)。FM 无线电是第一个克服含有噪声、恶劣无线信道的信号处理例子。这样一来,许多其他的无线电装置随之产生(如电视、军用无线电、雷达等)。但是,最重要、最理想的里程碑出现于 1949 年发表的著名的“通信的数学理论”,香农预言了信号通过信道传输的最佳方式是数字通信,而非模拟通信。

特别是现代蜂窝电话的出现,应该说是无线电发展的第三个里程碑。从 20 世纪 80 年代的模拟蜂窝通信,到现在的第二代蜂窝电话网络,香农预见的思想和数字信息传输已成为现实。

2. 无线通信的概念

利用电磁波的辐射和传播,经过空间传送信息的通信方式称为无线电通信(radio communication),简称无线通信。利用无线通信可以传送电报、电话、传真、数据、图像、广播和电视节目等多种通信业务。目前,微波通信、卫星通信和移动通信已成为无线电通信中的重要手段。

无线通信正如其名称所表示的,它不需要铺设有线传送线路,具有下述特征:

- 可进行宽带通信,同时向多个接收端传送信号。
- 抗灾害能力强。
- 由于利用的是自由空间,适合宽带通信,可应用于移动通信。
- 可应用于由于物理原因或经济原因难于敷设传送线路的海、山、沙漠、人口稀少的地区。
- 因地形和气象条件的影响,电波的传播形式较为复杂,容易受到雨、雷、磁暴等自然现象的影响。
- 保密性差。
- 电波容易受到干扰,频率使用的规则多。

1.1.2 无线通信使用的频率和波段

无线通信初创时期使用的频率较低,频率范围也较窄,波段主要限于长波和中波。随着科学技术的不断进步,使用的频率范围逐步扩大。目前,无线通信使用的频率从超长波波段到亚毫米波段(包括亚毫米波以下),以至光波。无线通信使用的频率范围和波段见表 1-1。

表 1-1 无线通信使用的电磁波的频率范围和波段

频段名称	频率范围	波段名称	波长范围
极低频(ELF)	3~30Hz	极长波	100~10Mm($10^8 \sim 10^7$ m)
超低频(SLF)	30~300Hz	超长波	10~1Mm($10^7 \sim 10^6$ m)
特低频(ULF)	300~3000Hz	特长波	1000~100km($10^6 \sim 10^5$ m)
甚低频(VLF)	3~30kHz	甚长波	100~10km($10^5 \sim 10^4$ m)
低频(LF)	30~300kHz	长波	10~1km($10^4 \sim 10^3$ m)
中频(MF)	300~3000kHz	中波	1000~100m($10^3 \sim 10^2$ m)
高频(HF)	3~30MHz	短波	100~10m($10^2 \sim 10^1$ m)
甚高频(VHF)	30~300MHz	超短波(米波)	10~1m
特高频(UHF)	300~3000MHz	微波	分米波 1~0.1m($1 \sim 10^{-1}$ m)
超高频(SHF)	3~30GHz		厘米波 $10 \sim 1\text{cm} (10^{-1} \sim 10^{-2} \text{ m})$
极高频(EHF)	30~300GHz		毫米波 $10 \sim 1\text{mm} (10^{-2} \sim 10^{-3} \text{ m})$
至高频(THF)	300~3000GHz		亚毫米波 $1 \sim 0.1\text{mm} (10^{-3} \sim 10^{-4} \text{ m})$
		光波	$3 \times 10^{-3} \sim 3 \times 10^{-5} \text{ mm}$ $(3 \times 10^{-3} \sim 3 \times 10^{-5} \text{ m})$