



高等院校
通信与信息专业规划教材

现代移动通信

蔡跃明 吴启晖 田华 高瞻 编著



免费提供电子教案

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高等院校通信与信息专业规划教材

现代移动通信

蔡跃明 吴启晖 田华 高瞻 编著

机械工业出版社

本书详细介绍了现代移动通信的基本概念、原理、技术及典型系统,较充分地反映了移动通信工程设计和新技术。全书共 12 章,内容包括移动通信概述、移动通信信道、组网技术基础、数字调制技术、抗衰落技术、多址接入技术、GSM 移动通信系统、IS-95 CDMA 移动通信系统、3G 移动通信系统、专用移动通信系统、无线网络规划和移动通信展望。

本书可作为高等学校通信工程、信息工程、电子工程、系统工程及相关专业的高年级本科生教材,也可作为通信工程技术人员和科研人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代移动通信/蔡跃明等编著. —北京:机械工业出版社, 2007. 8
高等院校通信与信息专业规划教材
ISBN 978 - 7 - 111 - 21935 - 4

I. 现… II. 蔡… III. 移动通信 - 高等学校 - 教材 IV. TN929. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 110793 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:李馨馨 版式设计:冉晓华

责任校对:张莉娟 责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2007 年 8 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm × 260mm · 21.5 印张 · 530 千字

0 001—4 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 21935 - 4

定价: 30.00 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) 88379739

封面无防伪标均为盗版

高等院校通信与信息专业规划教材

编委会名单

(按姓氏笔画排序)

编委会主任	乐光新			
编委会副主任	张文军	张思东	杨海平	徐澄圻
编委会委员	王金龙	冯正和	刘增基	李少洪
	邹家禄	吴镇扬	赵尔沅	南利平
	徐惠民	彭启琮	解月珍	
秘书长	胡毓坚			
副秘书长	许晔峰			

出版说明

为了培养 21 世纪国家和社会急需的通信与信息领域的高级科技人才，为了配合高等院校通信与信息专业的教学改革和教材建设，机械工业出版社会同全国在通信与信息领域具有雄厚师资和技术力量的高等院校，组成阵容强大的编委会，组织长期从事教学的骨干教师编写了这套面向普通高等院校的通信与信息专业系列教材，并且将陆续出版。

这套教材将力求做到：专业基础课教材概念清晰、理论准确、深度合理，并注意与专业课教学的衔接；专业课教材覆盖面广、深度适中，不仅体现相关领域的最新进展，而且注重理论联系实际。

这套教材的选题是开放式的。随着现代通信与信息技术日新月异地发展，我们将不断更新和补充选题，使这套教材及时反映通信与信息领域的新发展和新技术。我们也欢迎在教学第一线有丰富教学经验的教师及通信与信息领域的科技人员积极参与这项工作。

由于通信与信息技术发展迅速，而且涉及领域非常宽，这套教材的选题和编审中难免有缺点和不足之处，诚恳希望各位老师和同学提出宝贵意见，以利于今后不断改进。

机械工业出版社
高等院校通信与信息专业规划教材编委会

前 言

近年来,移动通信得到了迅猛的发展,从1978年第一代模拟蜂窝移动通信系统诞生至今,新技术不断涌现,应用日益广泛。目前,第二代移动通信的应用在全球范围内获得了极大成功,第三代移动通信也在许多国家开始了商用,而学术界和工业界已开始思考和构建第四代移动通信的蓝图。可以说,移动通信已成为通信行业发展最活跃、最快的领域之一,它给社会带来了深刻的信息化变革,成为备受青睐的通信手段。在这种形势下,学习和研究移动通信已成为通信领域中的重要内容,而合适的教材是必不可少的。

编写移动通信教材的难点是移动通信技术更新快、涉及面广、应用种类多,而教材的容量和授课时数又有限。为此,我们在参考国内外最新的专著、教材和文献资料的基础上,结合作者多年的教学和科研经验,期望能编写出一本既能系统反映移动通信技术进步,又能适合本科高年级教学,并且理论与实际紧密结合的教材。在编写过程中,我们力求做到:

1. 注重基础性,重点阐明现代移动通信的基本概念、基本原理和基本技术,剖析典型系统,提供核心技术和典型系统的背景资料。
2. 与移动通信技术的迅速发展相适应,突出反映移动通信共性问题的最新研究成果。
3. 密切联系具体系统设计及工程应用,以典型案例深化教学内容,帮助读者运用所学理论解决实际问题。
4. 注重学以致用,在阐述基本原理后,每章均有应用实例,同时每章都有思考题和习题,以帮助读者巩固所学知识,启发读者深入思考。

本书内容可以分为4个部分:第1部分(第1、2章)讲述移动通信的基本概念、基本原理和移动通信信道的主要特点;第2部分(第3、4、5、6、12章)讲述基本技术,内容涉及组网技术基础、数字调制技术、抗衰落技术、多址接入技术和新技术等;第3部分(第7、8、9、10章)讲述典型移动通信系统的组成、接口和工作原理,包括GSM移动通信系统、CDMA移动通信系统、3G移动通信系统、专用移动通信系统等;第4部分(第11章)讲述移动通信工程设计,内容重点涉及蜂窝系统的无线网络规划。

本书第1、2、3、6、7、12章和附录由蔡跃明编写,第4、5、8章由吴启晖编写,第10、11章由田华编写,第9章由高瞻编写。全书由蔡跃明负责统稿和审阅。

在本书的编写过程中,得到解放军理工大学通信工程学院教保科的大力支持,北京邮电大学的乐光新教授给予了指导并提出了许多富有建设性的建议,杨文东、胡映波、喻的雄、林生森和刘栋等做了许多工作,在此表示诚挚的感谢。

本书的编写得到了江苏省自然科学基金重点项目(BK2006701)和国家自然科学基金项目(60672079)的支持。

限于编者水平，书中难免存在错误和不妥之处，热切希望读者批评指正。

为了配合本书的教学，机械工业出版社为读者提供了电子教案，读者可在 www.cmpbook.com 上下载。

编者

2007年5月

目 录

出版说明

前言

第 1 章 移动通信概述	1
1.1 引言	1
1.1.1 移动通信的特点	1
1.1.2 移动通信系统的组成	3
1.1.3 工作方式	3
1.2 移动通信的分类及应用系统	5
1.3 移动通信的发展概况	6
1.3.1 移动通信的发展简史	6
1.3.2 我国移动通信的发展	9
1.3.3 移动通信的发展趋势	9
1.4 标准化组织	10
1.4.1 国际无线电标准化组织	11
1.4.2 欧洲共同体的通信标准化组织	11
1.4.3 北美地区的通信标准化组织	11
1.4.4 IEEE 802 标准委员会	12
1.5 习题	13
第 2 章 移动通信信道	14
2.1 VHF 和 UHF 电波传播特性	14
2.1.1 电波传播方式	15
2.1.2 直射波	15
2.1.3 大气中的电波传播	16
2.1.4 障碍物的影响与绕射损耗	17
2.1.5 反射波	18
2.2 移动通信信道的多径传播特性	20
2.2.1 移动通信信道的时变特性	20
2.2.2 移动环境的多径传播	21
2.2.3 多普勒频移	21
2.2.4 多径接收信号的统计特性	22
2.2.5 衰落信号幅度的特征量	25
2.3 描述多径衰落信道的主要参数	27
2.3.1 时延扩展和相关带宽	28
2.3.2 多普勒扩展和相关时间	31
2.3.3 角度扩展和相关距离	34
2.3.4 多径衰落信道的分类	35
2.4 阴影衰落的基本特性	36
2.5 电波传播损耗预测模型	36
2.5.1 地形环境分类	37
2.5.2 Okumura 模型	38
2.5.3 Hata 模型	40
2.5.4 扩展 Hata 模型	41
2.5.5 室内路径损耗模型	41
2.5.6 IMT-2000 模型	43
2.6 多径衰落信道的建模和仿真	44
2.6.1 平坦衰落信道的建模和仿真	44
2.6.2 频率选择性衰落信道的建模和仿真	48
2.7 习题	48
第 3 章 组网技术基础	50
3.1 移动通信网的基本概念	50
3.2 移动通信环境下的干扰	52
3.3 区域覆盖和信道配置	54
3.3.1 区域覆盖	55
3.3.2 信道(频率)分配	61
3.4 提高蜂窝系统容量的方法	63
3.4.1 同频干扰对系统容量的影响	63
3.4.2 小区分裂	64
3.4.3 小区扇区化	65
3.4.4 覆盖区域逼近方法	66
3.5 多信道共用技术	67
3.5.1 话务量与呼损	68
3.5.2 多信道共用的容量和信道利用率	70
3.6 网络结构	72
3.6.1 基本网络结构	72
3.6.2 数字蜂窝移动通信网的网络结构	73
3.7 信令	76
3.7.1 接入信令	77
3.7.2 网络信令	78
3.7.3 信令应用	79
3.8 系统的移动性管理	81
3.8.1 系统的位置更新过程	82

3.8.2 越区切换	82	5.3 自适应均衡技术	118
3.9 习题	84	5.3.1 自适应均衡原理	118
第4章 数字调制技术	86	5.3.2 均衡器的类型	119
4.1 数字调制技术基础	86	5.3.3 均衡算法	120
4.1.1 移动通信对数字调制的要求	86	5.3.4 自适应均衡器的应用	123
4.1.2 数字调制的性能指标	86	5.4 多径信号的分离与合并	124
4.1.3 数字调制信号所需的传输带宽	87	5.4.1 多径信号分离与合并的概念	125
4.1.4 目前所使用的主要调制方式	87	5.4.2 RAKE接收机	125
4.2 线性调制技术	88	5.4.3 自适应干扰抵消	127
4.2.1 正交四相移相键控	88	5.5 习题	128
4.2.2 交错正交四相移相键控	90	第6章 多址接入技术	130
4.3 恒包络调制技术	91	6.1 多址接入技术的基本原理	130
4.3.1 最小频移键控 MSK	91	6.2 FDMA方式	131
4.3.2 高斯滤波最小频移键控 GMSK	95	6.2.1 FDMA系统原理	131
4.4 “线性”和“恒包络”相结合的调制技术	97	6.2.2 FDMA系统的特点	132
4.4.1 M 维相移键控 MPSK	98	6.3 TDMA方式	132
4.4.2 M 维正交振幅调制	99	6.3.1 TDMA系统原理	132
4.5 扩频调制技术	101	6.3.2 TDMA的帧结构	133
4.5.1 扩频调制技术的理论基础	101	6.3.3 TDMA系统的特点	133
4.5.2 PN码序列	101	6.4 CDMA方式	135
4.5.3 直接序列扩频	102	6.4.1 CDMA系统原理	135
4.5.4 跳频扩频技术	103	6.4.2 正交Walsh函数	135
4.6 自适应编码调制技术	105	6.4.3 m 序列伪随机码	136
4.6.1 自适应编码	105	6.4.4 CDMA系统的特点	139
4.6.2 自适应调制	105	6.5 SDMA方式	140
4.6.3 自适应编码调制	106	6.6 OFDM多址方式	141
4.7 多载波调制技术	108	6.6.1 OFDM-TDMA	141
4.7.1 多载波调制技术的基本原理	108	6.6.2 OFDMA	142
4.7.2 OFDM基本原理	109	6.6.3 多载波CDMA	143
4.8 习题	110	6.7 随机多址方式	146
第5章 抗衰落技术	111	6.8 系统容量	148
5.1 抗衰落技术的基本原理	111	6.8.1 FDMA和TDMA蜂窝系统的容量	148
5.2 分集技术	111	6.8.2 CDMA蜂窝系统的容量	149
5.2.1 分集的基本概念、分类及方法	112	6.8.3 三种多址系统容量的比较	151
5.2.2 分集信号的合并	112	6.9 习题	152
5.2.3 空间分集	115	第7章 GSM移动通信系统	153
5.2.4 时间分集	116	7.1 GSM系统概述	153
5.2.5 频率分集	116	7.1.1 网络结构	153
5.2.6 极化分集	116	7.1.2 GSM的区域、号码、地址与识别	157
5.2.7 角度分集	116	7.1.3 主要业务	159
5.2.8 场分集	117	7.2 GSM系统的无线接口	161
5.2.9 发射分集	117		

7.2.1 GSM 系统无线传输特征	161	8.8.3 cdma2000 1xEV-DO 的结构	210
7.2.2 信道类型及其组合	162	8.8.4 cdma2000 1xEV-DO 关键技术	212
7.2.3 语音和信道编码	170	8.9 习题	213
7.2.4 跳频和间断传输技术	173	第9章 3G 移动通信系统	214
7.3 GSM 系统的控制与管理	174	9.1 3G 移动通信系统基础	214
7.3.1 位置登记	174	9.1.1 3G 发展背景	214
7.3.2 鉴权与加密	176	9.1.2 3G 典型特征和组成	215
7.3.3 呼叫接续	179	9.1.3 3G 业务和应用	216
7.3.4 越区切换	182	9.2 3G 与 2G 的主要区别	217
7.4 GPRS	184	9.3 第三代移动通信的主要无线技术	220
7.4.1 GPRS 的网络结构和协议体系	184	9.3.1 WCDMA 技术	220
7.4.2 GPRS 的空中接口协议	188	9.3.2 cdma2000 技术	221
7.4.3 GPRS 系统的优点	190	9.3.3 TD-SCDMA 技术	221
7.4.4 GPRS 向第三代移动通信 的演进	190	9.4 第三代移动通信系统的网络结构	221
7.5 习题	191	9.4.1 UMTS 基本结构	221
第8章 IS-95 CDMA 移动通信系统 ..	192	9.4.2 UTRAN 基本结构	224
8.1 IS-95 CDMA 移动通信系统的 发展过程	192	9.4.3 协议结构	226
8.2 IS-95 CDMA 与蜂窝结构的关系	193	9.4.4 基本流程	226
8.2.1 CDMA 蜂窝系统的信号带宽	193	9.5 WCDMA 移动通信系统	228
8.2.2 码分多址与蜂窝系统的 小区和扇区	193	9.5.1 系统组成原理	228
8.3 无线链路	194	9.5.2 接口与协议	229
8.3.1 前向信道	194	9.5.3 无线空中接口	230
8.3.2 反向信道	198	9.5.4 信道结构	232
8.4 IS-95 CDMA 系统的同步和定时	200	9.5.5 系统管理	236
8.5 CDMA 系统的功率控制	201	9.6 cdma2000 移动通信系统	238
8.5.1 输出功率的限制	201	9.6.1 系统组成原理	238
8.5.2 开环功率控制	201	9.6.2 接口与协议	238
8.5.3 闭环功率控制	203	9.6.3 无线空中接口	240
8.6 CDMA 系统的软切换及其漫游	203	9.6.4 信道结构	241
8.6.1 CDMA 切换分类	203	9.6.5 系统管理	245
8.6.2 CDMA 的软切换过程	204	9.7 TD-SCDMA 移动通信系统	247
8.6.3 CDMA 的漫游	204	9.7.1 系统组成原理	247
8.7 系统接口和信令协议	205	9.7.2 TD-SCDMA 的物理层	248
8.7.1 网络结构及系统接口	205	9.7.3 系统特征	249
8.7.2 信令协议	208	9.8 习题	252
8.8 IS-95 CDMA 系统的演进— cdma2000 1x	208	第10章 专用移动通信系统	253
8.8.1 cdma2000 技术标准的发展	208	10.1 集群通信系统	253
8.8.2 cdma2000 1xEV-DO 标准 的优势	209	10.1.1 集群通信的基本概念	253
		10.1.2 集群通信的技术特点	254
		10.1.3 集群系统的分类	255
		10.1.4 集群方式	256
		10.1.5 集群通信的主要功能	258
		10.1.6 数字集群通信系统	259

10.2 卫星移动通信系统	267	11.3 CDMA 无线网络规划	300
10.2.1 低轨道卫星移动通信	267	11.3.1 无线网络规划目标	300
10.2.2 “铱”系统	270	11.3.2 链路预算	302
10.2.3 “全球星”系统	271	11.3.3 基站容量	306
10.2.4 卫星移动通信的发展	273	11.3.4 导频规划	306
10.3 习题	273	11.4 习题	311
第11章 无线网络规划	274	第12章 移动通信展望	313
11.1 无线网络规划基础	274	12.1 走向未来的移动通信	313
11.1.1 无线网络规划流程	274	12.1.1 宽带无线接入	313
11.1.2 覆盖规划	284	12.1.2 3G 的长期演进	317
11.1.3 容量规划	288	12.1.3 4G 的发展	318
11.2 GSM 无线网络规划	292	12.2 下一代移动通信中的关键技术	319
11.2.1 网络规划设计要求	292	12.3 习题	324
11.2.2 覆盖规划	293	附录 缩略词	325
11.2.3 频率规划	296	参考文献	333
11.2.4 基站容量	299		

第1章 移动通信概述

随着社会的进步和技术的飞速发展，人们对通信方面的消费水平和需求日益提高。传统的电话方式已无法满足信息化的要求。为此，人们发展了形形色色的移动通信方式，以实现及时沟通和信息交流。随着技术的支撑和需求牵引，以手机为代表的移动通信设备的价格急剧下降至可被工薪阶层接受的水平，有力地促进了移动通信的普及。现在，手机已成为人们身边的必备品，并大大改变了人们的生活和工作方式，形成了手机文化，如拇指文化等。可见，移动通信已成为了现代通信领域中至关重要的一部分，学习和研究与此相关的移动通信技术与系统已成为通信领域中的重要内容。

本章主要介绍移动通信的基本概念、特点、分类及应用系统，并简述其发展概况及相应的标准化组织。

1.1 引言

移动通信是指通信双方中至少有一方是处在运动中进行的通信。例如，固定体（固定无线电台、有线用户等）与移动体（汽车、船舶、飞机或行人等）之间、移动体之间的信息交换，都属于移动通信。这里的信息交换，不仅指双方的通话，还包括数据、电子邮件、传真、图像等方式。

移动通信为人们随时随地、迅速可靠地与通信的另一方进行信息交换提供了可能，适应了现代社会信息交流的迫切需要。因此，随着技术的进步，特别是集成电路技术和计算机技术的发展，移动通信得到了迅速发展，并成为了现代通信中一种不可缺少且发展最快的通信手段之一。移动通信系统包括蜂窝移动通信系统、无绳电话系统、无线寻呼系统、集群移动通信系统、卫星移动通信系统等，其中陆地蜂窝移动通信是当今移动通信发展的主流和热点。移动体之间的通信联系只能靠无线通信；而移动体与固定体之间通信时，除了依靠无线通信技术之外，还依赖于有线通信技术，如公用电话网（PSTN）、公用数据网（PDN）和综合业务数字网（ISDN）等。

移动通信涉及的范围很广，凡是“动中通”的通信都属于移动通信范畴。限于篇幅，本书重点介绍代表移动通信发展方向、体现移动通信主流技术、应用范围最广的数字蜂窝移动通信技术和系统。

1.1.1 移动通信的特点

与其他通信方式相比，移动通信主要有以下特点：

1. 无线电波传播复杂

移动通信中基站至用户之间必须靠无线电波来传送信息。目前，移动通信的频率范围在甚高频（VHF，30~300MHz）和特高频（UHF，300~3000MHz）内。该频段的特点是：传播距离在视距范围内，通常为几十千米；天线短，抗干扰能力强；且以直射波、反射波、散

射波等方式传播，受地形地物影响很大，如在移动通信应用面很广的城市中高楼林立、高低不平、疏密不同、形状各异，这些都使移动通信传播路径进一步复杂化，并导致其传输特性变化十分剧烈，如图 1-1 所示。由于以上原因，移动台接收信号是由直射波、反射波和散射波叠加而成的，其强度起伏不定，严重时会影响通话质量。

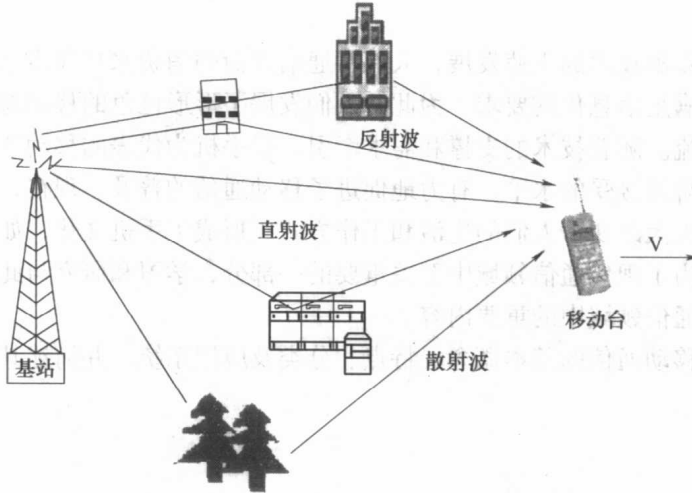


图 1-1 无线电波的多径传播示意图

2. 移动台受到的干扰严重

移动台所受到的噪声主要来自城市噪声、各种车辆发动机点火噪声、微波炉干扰噪声等；对于自然界中的风、雨、雪等自然噪声，由于频率较低，可忽略其影响。

移动通信网是多频段、多电台同时工作的通信系统。当移动台工作时，往往受到来自其他电台的干扰，主要的干扰有共道干扰、邻道干扰、互调干扰、多址干扰，以及近地无用强信号压制远地有用弱信号的现象等。所以，抗干扰措施在移动通信系统设计中显得尤为重要。

3. 无线电频谱资源有限

无线电频谱是一种特殊的自然资源，它是有限的。尽管电磁波的频谱相当宽，但作为无线通信使用的资源，国际电信联盟定义 3000GHz 以下的电磁波频谱为无线电电磁波的频谱。由于受到频率划分使用政策、技术和可使用的无线电设备等方面的限制，国际电信联盟当前只划分了 9kHz ~ 400GHz 范围。实际上，目前使用的较高频段只在几十 GHz。由于受到电波传播特性所限，现有的商用蜂窝移动通信系统一般工作在 3GHz 以下，所以可用的信道容量是极其有限的。

为了满足用户需求量的增加，一方面要开辟和启用新的频段；另一方面要研究各种新技术和新措施，如窄带化、缩小频带间隔、频率复用等方法，新近又出现了多载波传输技术、多人多出技术等。此外，有限频谱的合理分配和严格管理是有效利用频谱资源的前提，这是国际上和各国频谱管理机构和组织的重要职责。

4. 对移动设备的要求高

移动设备长期处于不固定状态，外界的影响很难预料，如振动、碰撞、日晒雨淋，这就

要求移动设备具有很强的适应能力，还要求其性能稳定可靠，携带方便、小型、低功耗及能耐高温、低温等。同时，要尽量使用户操作方便，适应新业务、新技术的发展，以满足不同人群的使用。

5. 系统复杂

由于移动设备在整个移动通信服务区内自由、随机运动，需要选用无线信道进行频率和功率控制，以及位置登记、越区切换及漫游等跟踪技术，这就使其信令种类比固定网络要复杂得多。此外，在入网和计费方式上也有特殊要求，所以移动通信系统是比较复杂的。

1.1.2 移动通信系统的组成

移动通信系统是移动体之间、移动体和固定用户之间，以及固定用户与移动体之间，能够建立许多信息传输通道的通信系统。移动通信包括无线传输、有线传输和信息的收集、处理和存储等，使用的主要设备有无线收发信机、移动交换控制设备和移动终端设备。

得益于需求驱动和技术进步，以集群移动通信系统、小灵通系统为代表的许多移动通信系统的构成与蜂窝移动通信系统越来越相像，所以下面以蜂窝移动通信系统（简称蜂窝系统）为例介绍。基本的蜂窝系统如图 1-2 所示，它包括移动台（MS）、基

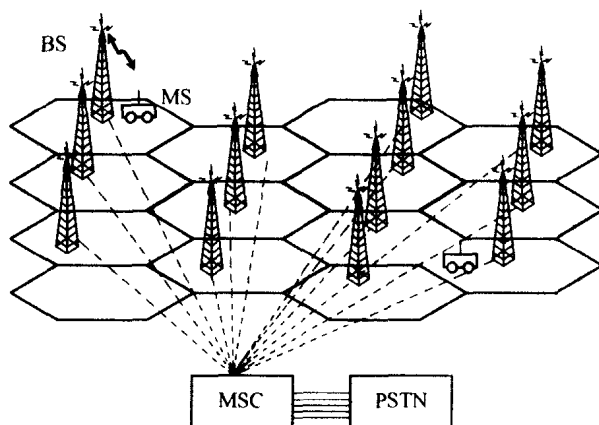


图 1-2 蜂窝移动通信系统组成示意图

站（BS）和移动交换中心（MSC）。MSC 负责将蜂窝系统中的所有移动用户连接到公共交换电话网（PSTN）上。每个移动用户通过无线电和某一基站通信，在通话过程中，可被切换到其他基站。移动台包括收发器、天线和控制电路，有便携式和车载式两种。基站包括几个同时处理全双工通信的发送器、接收器及支撑收发天线的塔台。基站将小区中的所有用户通过线缆（如光纤）或微波线路连接到 MSC。MSC 协调所有基站的工作，并将整个蜂窝系统连接到 PSTN 上。基站与移动用户之间的通信接口称为公共空中接口（CAI）。

移动通信中建立一个呼叫是由 BS 和 MSC 共同完成的。BS 提供并管理 MS 和 BS 之间的无线传输通道；MSC 负责呼叫控制功能，所有的呼叫都是经由 MSC 建立连接的。

1.1.3 工作方式

移动通信的传输方式分单向传输（广播式）和双向传输（应答式）。单向传输只用于无线电寻呼系统。双向传输有单工、双工和半双工等三种工作方式。

1. 单工通信

所谓单工通信是指通信双方电台交替地进行收信和发信。根据收、发频率的异同，又可分为同频单工和异频单工通信。单工通信常用于点到点通信，如图 1-3 所示。

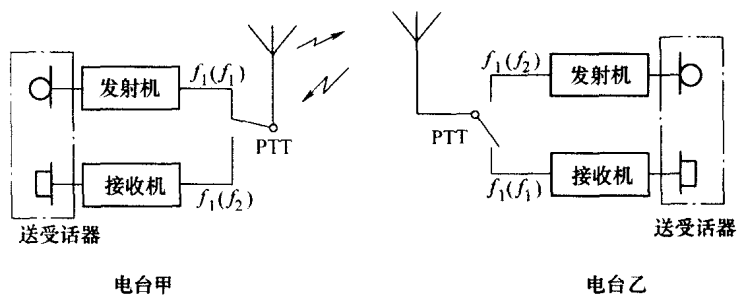


图 1-3 单工通信示意图

同频单工通信是指通信双方（如图 1-3 中的电台甲和电台乙）使用相同的频率 f_1 工作，发送时不接收，接收时不发送。平常各接收机均处于守候状态，即把天线接至接收机等候被呼。当电台甲要发话时，它就按下其送受话器的按讲开关（PTT），一方面关掉接收机，另一方面将天线接至发射机的输出端，接通发射机开始工作。当确知电台乙接收到载频为 f_1 的信号时，即可进行信息传输。同样，电台乙向电台甲传输信息也使用载频 f_1 。同频单工工作方式的收发信机是轮流工作的，故收发天线可以共用，收发信机中的某些电路也可共用，因而电台设备简单、省电，且只占用一个频点。但是，这样的工作方式只允许一方发送时另一方进行接收。例如，在甲方发送期间，乙方只能接收而无法应答，这时即使乙方启动其发射机也无法通知甲方使其停止发送。此外，任何一方当发话完毕时，必须立即松开其按讲开关，否则将收不到对方发来的信号。

异频单工通信方式，收发信机使用两个不同的频率分别进行发送和接收。例如，电台甲的发射频率及电台乙的接收频率为 f_1 ，电台乙的发射频率及电台甲的接收频率为 f_2 。不过，同一部电台的发射机与接收机还是轮换进行工作的，这一点是与同频单工通信相同的。异频单工与同频单工通信的差异仅仅是收发频率的异同而已。

2. 双工通信

所谓双工通信，是指通信双方可同时传输信息的工作方式，有时亦称全双工通信，如图 1-4 所示。图中，基站的发射机和接收机各使用一副天线，而移动台通过双工器共用一副天线。双工通信一般使用一对频道，以实施频分双工（FDD）工作方式。这种工作方式使用方便，同普通有线电话相似，接收和发射可同时进行。但是，在电台的运行过程中，不管是否发话，发射机总是工作的，故电源消耗较大，这一点对用电池作电源的移动台而言是不利的。为缓解这个问题，在一些简易通信设备中可以采用半双工通信。

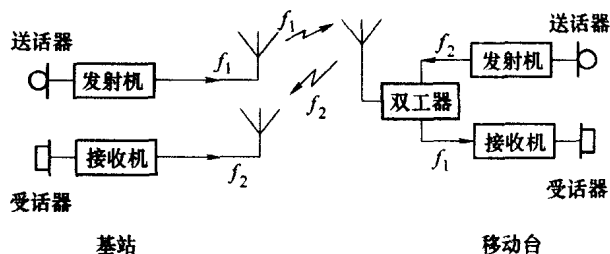


图 1-4 双工通信示意图

3. 半双工通信

半双工通信是移动台采用“按讲”工作方式，基站采用收发同时进行的通话方式。该方式主要用于解决双工方式耗电大的问题，其组成与图 1-4 相似，差别在于移动台不采用双

工器，而是按下按讲开关发射机才工作，而接收机总是工作的。基站工作情况与双工方式完全相同。

1.2 移动通信的分类及应用系统

1. 移动通信的分类方法

移动通信有以下分类方法：

- 1) 按使用对象可分为民用设备和军用设备。
- 2) 按使用环境可分为陆地通信、海上通信和空中通信。
- 3) 按多址方式可分为频分多址（FDMA）、时分多址（TDMA）和码分多址（CDMA）等。
- 4) 按覆盖范围可分为广域网、城域网、局域网和个域网。
- 5) 按业务类型可分为电话网、数据网和综合业务网。
- 6) 按工作方式可分为同频单工、同频双工、异频单工、异频双工和半双工。
- 7) 按服务范围可分为专用网和公用网。
- 8) 按信号形式可分为模拟网和数字网。

2. 移动通信的应用系统

移动通信系统形式多样，主要包括：

(1) 蜂窝移动通信系统（蜂窝系统）

蜂窝式公用陆地移动通信系统适用于全自动拨号、全双工工作、大容量公用移动陆地网组网，可与公用电话网中任何一级交换中心相连接，实现移动用户与本地电话网、长途电话网用户及国际电话网用户的通话接续，还可以与公用数据网相连接，实现数据业务的接续。这种系统具有越区切换、自动或人工漫游、计费及业务量统计等功能。

蜂窝移动通信是当今移动通信发展的主流，它的迅猛发展奠定了移动通信乃至无线通信在当今通信领域的重要地位。

(2) 集群移动通信系统

集群移动通信系统属于调度系统的专用通信网，它一般由控制中心、总调度台、分调度台、基地台和移动台组成。该系统对网中的不同用户常常赋予不同的优先等级，适用于在各个行业（和几个行业合用）中进行调度和指挥。

(3) 无绳电话系统

无绳电话最初是为了解决有线电话的“线缆束缚”问题而诞生的，初期主要应用于家庭。这种无绳电话系统十分简单，只有一个与有线电话用户线相连接的基站和随身携带的手机，基站与手机之间采用无线方式连接，故而得名“无绳”。

后来，无绳电话很快得到商业应用，并由室内走向室外，诞生了欧洲的数字无绳电话系统（DECT）、日本的个人手持电话系统（PHS）、美国的个人接入通信系统（PACS）和我国开发的个人通信接入系统（PAS）等多种数字无绳电话系统。其中 PAS 系统又俗称为“小灵通系统”，它作为以有线电话网为依托的移动通信方式，在我国得到了很好的发展。无绳电话系统适用于低速移动、较小范围内的移动通信。

小灵通系统是在日本 PHS 基础上改进的一种无线市话系统，它充分利用已有的固定电

话网络交换、传输等资源，以无线方式为在一定范围内移动的手机提供通信服务，是固定电话网的补充和延伸。小灵通系统主要由基站控制器、基站和手机组成，基站散布在办公楼、居民楼之间，以及火车站、机场、繁华街道、商业中心、交通要道等，形成一种微蜂窝或微蜂窝覆盖。

(4) 无线寻呼系统

无线寻呼系统是以广播方式工作的单向通信系统，可看作有线电话网中呼叫振铃功能的无线延伸或扩展。无线寻呼系统既可作为公用也可作为专用，专用寻呼系统由用户交换机、寻呼中心、发射台及寻呼接收机组成。公用寻呼系统由与公用电话网相连接的无线寻呼控制中心、寻呼发射台及寻呼接收机组成。受蜂窝移动通信网短信业务的冲击，目前公用无线寻呼业务基本停止。

(5) 卫星移动通信系统

卫星移动通信系统是把卫星作为中心转发台，为移动台和手机提供通信服务的通信系统，特别适合于海上、空中和地形复杂而人口稀疏的地区。20世纪80年代末以来，以手机为移动终端的卫星移动通信系统纷纷涌现，其中美国摩托罗拉公司提出的铱星（IRIDIUM）系统是最具代表性的系统。铱星系统是世界上第一个投入使用的大型低地球轨道（LEO）的卫星通信系统，它由距地面785km的66颗卫星、地面控制设备、关口站和用户端组成。铱星系统的诞生是人类通信史上的重要事件，它旨在突破现有基于地面的蜂窝系统的局限，通过太空向任何地区、任何人提供语音、数据、传真及寻呼业务，实现全球覆盖。然而，尽管铱星系统技术最先进、星座规模最大、投资最多、建设速度最快，可以说是占尽了市场先机，但遗憾的是，其手机价格和话费昂贵、用户少、运营成本高，结果人不敷出，运营铱星系统的铱星公司被迫于2000年3月破产关闭。除铱星系统外，Globalstar（全球星）系统也是一个有代表性的系统，它是美国的一个多国集团公司（IQSS）提出的低轨道卫星移动通信系统，其基本设计思想与铱星系统一样，也是利用LEO卫星组成一个覆盖全球的卫星移动通信系统，向世界各地提供语音、数据等业务。Globalstar有48颗卫星，分布在52°倾角的8条轨道上。该系统与铱星系统的最大区别是无星上交换和星际链路，依赖地面网络通信，因此整个系统造价和运营成本费用较铱星系统便宜很多。

(6) 无线 LAN

无线 LAN 是无线通信的一个重要领域，它支持小范围、低速的游牧移动通信。IEEE 802.11、802.11a/802.11b 以及 802.11g 等标准已相继出台，为无线局域网提供了完整的解决方案和标准。随着需求的增长和技术的发展，无线局域网的移动性增强，已在解决人口密集区的移动数据传输问题显现出优势，成为了移动通信的一个重要组成部分。

1.3 移动通信的发展概况

1.3.1 移动通信的发展简史

移动通信从1898年M. G. 马可尼所完成的无线通信试验开始就产生了。而现代移动通信技术的发展是从20世纪20年代开始的，其代表——蜂窝移动通信大致经历了6个阶段：

第1阶段从20世纪20年代至40年代，为早期发展阶段。在这期间，首先在短波几个