

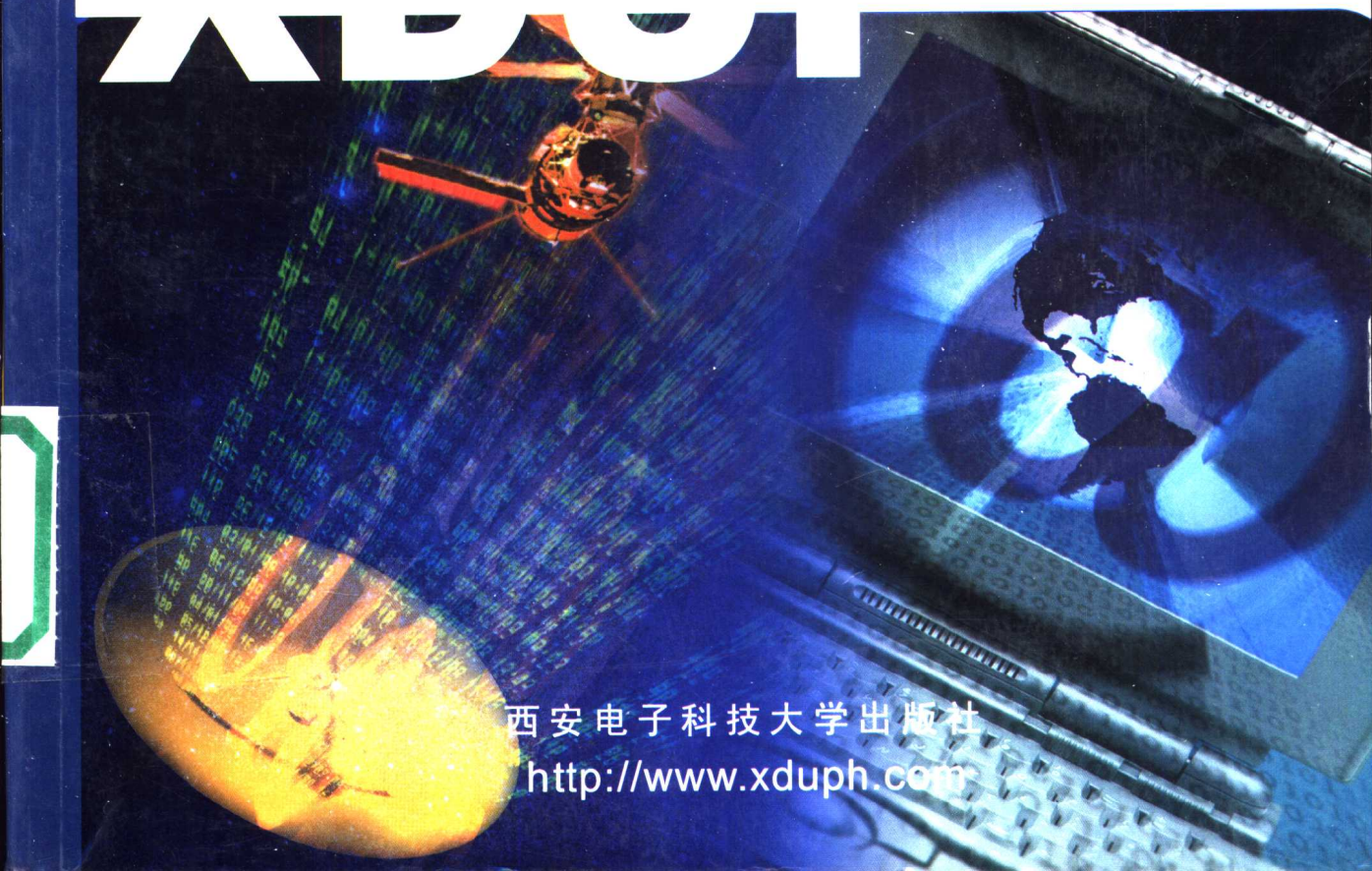
面向 21 世纪

高等学校信息工程类专业系列教材

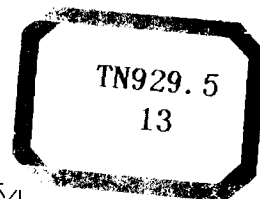
移动通信

Mobile Communications

章坚武 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>



面向 21 世纪高等学校信息工程类专业系列教材

移动通信

Mobile Communications

章坚武 编著

西安电子科技大学出版社

2003

内 容 简 介

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。本书共分七章, 主要介绍移动通信基本概念; 移动通信网网络技术; 移动通信的电波传播; 数字调制技术; GSM 数字蜂窝移动通信系统和 GPRS、CDMA 数字蜂窝移动通信系统; 最后展望了 3G 和未来移动通信系统, 较深入地讲述了如何发展我国第三代移动通信(3G)和第四代移动通信(4G)标准的主要技术要求与现状。

本教材是在移动通信技术飞速发展的形势下, 作者近八年来为本科生、研究生讲授“移动通信”课程教学经验的总结。在选材上, 参考了包括直至 2002 年的最新参考文献, 因而在内容上充分反映了当代移动通信技术的最新进展。在讲述上, 全面系统, 结构严密, 概念清晰, 理论与工程相结合, 可读性强, 是一本值得向读者推荐的好教材。

本教材适合用作高等院校通信以及电子信息专业移动通信教材, 也可作为从事移动通信以及相关专业的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信/章坚武编著.

—西安: 西安电子科技大学出版社, 2003. 3

ISBN 7-5606-1206-7

I. 移… II. 章… 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(2003)第 004225 号

策 划 马乐惠

责任编辑 李纪澄

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)8227828 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印 刷 中铁一局印刷厂

版 次 2003 年 2 月第 1 版 2003 年 2 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 14.375

字 数 332 千字

印 数 1~4 000 册

定 价 16.00 元

ISBN 7-5606-1206-7/TN·0214

XDUP 1477001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

序

第三次全国教育工作会议以来,我国高等教育得到空前规模的发展。经过高校布局和结构的调整,各个学校的新专业均有所增加,招生规模也迅速扩大。为了适应社会对“大专业、宽口径”人才的需求,各学校对专业进行了调整和合并,拓宽专业面,相应地教学计划、大纲也都有了较大的变化。特别是进入 21 世纪以来,信息产业发展迅速,技术更新加快。面对这样的发展形势,原有的计算机、信息工程两个专业的传统教材已很难适应高等教育的需要,作为教学改革的重要组成部分,教材的更新和建设迫在眉睫。为此,西安电子科技大学出版社聘请南京邮电学院、西安邮电学院、重庆邮电学院、吉林大学、杭州电子工业学院、桂林电子工业学院、北京信息工程学院、深圳大学、解放军电子工程学院等 10 余所国内电子信息类专业知名院校长期在教学科研第一线工作的专家教授,组成了高等学校计算机、信息工程类专业系列教材编审专家委员会,并且面向全国进行系列教材编写招标。该委员会依据教育部有关文件及规定对这两大专业的教学计划和课程大纲,目前本科教育的发展变化和相应系列教材应具有的特色和定位以及如何适应各类院校的教学需求等进行了反复研究、充分讨论,并对投标教材进行了认真评审,筛选并确定了高等学校计算机、信息工程类专业系列教材的作者及审稿人,这套教材预计在 2004 年全部出齐。

审定并组织出版这套教材的基本指导思想是力求精品、力求创新、优中选优、以质取胜。教材内容要反映 21 世纪信息科学技术的发展,体现专业课内容更新快的要求;编写上要具有一定的弹性和可调性,以适合多数学校使用。体系上要有所创新,突出工程技术型人才培养的特点,面向国民经济对工程技术人才的需求,强调培养学生较系统地掌握本学科专业必需的基础知识和基本理论,有较强的本专业的基本技能、方法和相关知识,培养学生具有从事实际工程的研发能力。在作者的遴选上,强调作者应在教学、科研第一线长期工作,有较高的学术水平和丰富的教材编写经验;教材在体系和篇幅上符合各学校的教学计划要求。

相信这套精心策划、精心编审、精心出版的系列教材会成为精品教材,得到各院校的认可,对于新世纪高等学校教学改革和教材建设起到积极的推动作用。

系列教材编委会

2002 年 8 月

高等学校计算机、信息工程类专业

系列教材编审专家委员会

主任：杨震（南京邮电学院副院长、教授）

副主任：张德民（重庆邮电学院通信与信息工程学院院长、教授）

韩俊刚（西安邮电学院计算机系主任、教授）

李荣才（西安电子科技大学出版社总编辑、教授）

计算机组

组长：韩俊刚（兼）

成员：（按姓氏笔画排列）

王小民（深圳大学信息工程学院计算机系主任、副教授）

王小华（杭州电子工业学院计算机分院副院长、副教授）

孙力娟（南京邮电学院计算机系副主任、副教授）

李秉智（重庆邮电学院计算机学院院长、教授）

孟庆昌（北京信息工程学院教授）

周娅（桂林电子工业学院计算机系副主任、副教授）

张长海（吉林大学计算机科学与技术学院副院长、教授）

信息工程组

组长：张德民（兼）

成员：（按姓氏笔画排列）

方强（西安邮电学院电信系主任、教授）

王晖（深圳大学信息工程学院电子工程系主任、副教授）

胡建萍（杭州电子工业学院电子信息分院副院长、副教授）

徐祎（解放军电子工程学院电子技术教研室主任、副教授）

唐宁（桂林电子工业学院通信与信息工程系副主任、副教授）

章坚武（杭州电子工业学院通信工程分院副院长、教授）

康健（吉林大学通信工程学院副院长、教授）

蒋国平（南京邮电学院电子工程系副主任、副教授）

总策划：梁家新

策划：马乐惠 云立实 马武装 马晓娟

电子教案：马武装

前 言

《移动通信》是通信工程专业的一门主要的专业课程。编著者从 1996 年开始为本科生讲授《移动通信》课程,为研究生讲授《移动通信与个人通信》课程,使用过多本《移动通信》教材和国外原版书籍。1999 年 9 月完成《移动通信》讲义的编写工作。在多年的教学实践中,不断对教材充实改进,力求使之成为既能够系统、全面反映移动通信技术新进展又适合高校本科教学、理论与工程相结合的《移动通信》教材。该教材被列入 2001 年度浙江省第二批重点教材后备出版教材。

本书共分七章,第 1 章概述,主要介绍移动通信及其特点,移动通信的工作方式,移动通信系统的组成、使用频率、多址方式,移动通信系统的发展历史,我国移动通信发展现状,移动通信系统发展的主要技术问题及发展方向;第 2 章移动通信网,主要介绍移动通信体制,移动通信系统结构,移动通信网的频率配置,蜂窝移动通信网络的频率规划,多信道共用技术,移动通信交换技术,信道自动选择方式;第 3 章移动通信的电波传播,主要介绍 VHF, UHF 频段电波传播特性和电波传播特性的估算(工程计算);第 4 章数字调制技术,主要介绍线性调制技术,恒包络调制技术,结合线性和恒包络调制技术,扩频调制技术,在多径衰落信道中的调制性能分析;第 5 章 GSM 系统,介绍 GSM 电信业务, GSM 结构, GSM 较模拟网的优势, GSM 网络接口, GSM 的编号、鉴权与加密, GSM 无线信道, GSM 呼叫方案,并介绍了 GPRS;第 6 章 CDMA 系统,介绍 CDMA 空中接口协议层, CDMA 前向信道, CDMA 反向信道,功率控制, CDMA 系统的容量, CDMA 登记和 CDMA 切换;第 7 章介绍新一代(3G 和 4G)移动通信系统及其关键技术。

在本书的编写过程中,研究生罗彬进行了部分文字输入和绘图工作,西北工业大学的张歆博士审阅了全稿,在此特表谢意。

由于编著者水平有限,书中不当之处敬请读者指正。

编著者

2002 年 10 月

于杭州电子工业学院

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 移动通信及其特点	1
1.2 移动通信的工作方式	2
1.3 移动通信系统的组成	4
1.4 移动通信系统的频段使用	5
1.5 多址方式	5
1.5.1 移动通信系统中的多址方式	5
1.5.2 移动通信系统中不同多址方式的频谱效率	6
1.6 移动通信系统的发展史	7
1.7 我国移动通信发展现状	10
1.8 移动通信发展的主要技术问题及发展方向	11
思考题与习题	13
第 2 章 移动通信网	14
2.1 引言	14
2.2 移动通信体制	14
2.2.1 大区制移动通信网	14
2.2.2 小区制(蜂窝)移动通信网	15
2.3 移动通信的信道结构	16
2.3.1 话音信道(VC)	17
2.3.2 控制信道(CC)	17
2.4 移动通信网的频率配置	18
2.5 移动通信环境下的干扰	18
2.5.1 同频道干扰	18
2.5.2 邻频道干扰	20
2.5.3 互调干扰	20
2.5.4 阻塞干扰	21
2.5.5 近端对远端的干扰	21
2.6 蜂窝移动通信网络的频率规划	22
2.6.1 等频距分配法	22
2.6.2 信道分配策略	23
2.7 多信道共用技术	24
2.7.1 话务量与呼损	25
2.7.2 每个信道能容纳的用户数	28

2.8 移动通信的交换技术	28
2.8.1 无线信道上的通话监视	29
2.8.2 位置登记与一齐呼叫	30
2.8.3 呼叫过程	32
2.8.4 定位和越区切换	33
2.9 信道自动选择方式	36
2.9.1 专用呼叫信道方式	36
2.9.2 循环定位方式	36
2.9.3 循环不定位方式	37
2.9.4 循环分散定位方式	37
思考题与习题	37
第3章 移动通信的电波传播	38
3.1 VHF、UHF 频段的电波传播特性	38
3.1.1 直射波	38
3.1.2 视距传播的极限距离	38
3.1.3 绕射损耗	39
3.1.4 反射波	40
3.1.5 多径效应与瑞利型(衰落特性)	40
3.1.6 莱斯(Ricean)衰落分布	41
3.2 电波传播特性的估算(工程计算)	42
3.2.1 Egli John J. 场强计算公式	42
3.2.2 奥村(Okumura)模型	42
3.2.3 Okumura-Hata 方法	52
3.2.4 微蜂窝系统的覆盖区预测模式	53
思考题与习题	55
第4章 数字调制技术	56
4.1 引言	56
4.1.1 影响数字调制的因素	56
4.1.2 数字调制的性能指标	56
4.1.3 当今蜂窝系统、PCS(个人通信系统)和无绳电话采用的主要调制方式	57
4.2 线性调制技术	58
4.2.1 二进制移相键控(BPSK)	58
4.2.2 差分移相键控(DPSK)	59
4.2.3 正交移相键控 QPSK(4PSK)	61
4.2.4 交错正交四相相移键控(OQPSK)	63
4.2.5 $\pi/4$ -QPSK	64
4.3 恒包络调制技术	69
4.3.1 最小频移键控 MSK	69
4.3.2 高斯滤波最小移频键控 GMSK	78
4.4 “线性”和“恒包络”相结合的调制技术	85
4.4.1 M 维相移键控(MPSK)	85
4.4.2 M 维正交振幅调制(QAM)	87
4.4.3 M 维移频键控(MFSK)	88

4.5 扩频调制技术	89
4.5.1 PN 码序列	90
4.5.2 直接序列扩频(DS-SS)	91
4.5.3 跳频扩频技术(FH-SS)	92
4.5.4 直扩的性能	93
4.5.5 跳频扩频的性能	94
4.6 在多径衰落信道中的调制性能分析	95
4.6.1 在慢速平稳衰落信道中的数字调制性能	96
4.6.2 在频率选择性移动通信信道中的数字调制技术	98
思考题与习题	100
第5章 GSM 数字蜂窝移动通信系统与 GPRS	101
5.1 引言	101
5.2 GSM 的电信业务	102
5.2.1 承载业务	103
5.2.2 电信业务	103
5.2.3 补充业务	104
5.3 GSM 结构	105
5.3.1 移动台(MS)	105
5.3.2 基站(BS)及基站收发信机(BTS)	106
5.3.3 基站控制器(BSC)	106
5.3.4 发送编码器和速率适配器单元(TRAU)	107
5.3.5 移动业务交换中心(MSC)	107
5.3.6 归属位置寄存器(HLR)	107
5.3.7 访问者位置寄存器(VLR)	108
5.3.8 鉴权中心(AUC)	109
5.3.9 设备识别寄存器(EIR)	109
5.3.10 操作和维护中心(OMC)	109
5.4 GSM 较模拟网的优势	109
5.4.1 GSM 系统在抗瑞利衰落及干扰方面均优于 TACS 系统	109
5.4.2 GSM 系统与 TACS 系统的性能比较	110
5.5 GSM 网络接口	111
5.5.1 空中接口(Um)	111
5.5.2 A-bis 接口	111
5.5.3 A 接口	112
5.5.4 PSTN 接口	112
5.5.5 移动应用部分(MAP)	112
5.6 GSM 的编号、鉴权与加密	113
5.6.1 编号和路由	113
5.6.2 鉴权与加密(Authentication and Ciphering)	116
5.7 GSM 无线信道	119
5.7.1 频域分析	119
5.7.2 时域分析	119
5.7.3 语音编码(Speech Coding)	119

5.7.4	信道编码(Channel Coding)	120
5.7.5	交织(Interleaving)	121
5.7.6	调制	121
5.7.7	信道组成(Channel Organization)	121
5.7.8	不连续发送和话音激活检测	124
5.7.9	定时前置和功率控制	124
5.7.10	移动台接入	125
5.8	GSM 呼叫方案	126
5.8.1	移动台开机后的工作	126
5.8.2	小区选择(Cell Selection)	127
5.8.3	位置登记和位置更新	127
5.8.4	建立通信链路(Establishing Communication Link)	128
5.8.5	起初信息起程(Initial Message Procedure)	128
5.8.6	鉴权(Authentication)	128
5.8.7	加密(Ciphering)	129
5.8.8	位置更新过程	129
5.8.9	通信链路的释放(Release of Communication Link)	130
5.8.10	移动台主叫(Mobile Origination)	130
5.8.11	移动台被呼(Mobile Termination)	131
5.8.12	切换(Handover)	133
5.9	GSM 通向 3G 的一个重要里程碑——GPRS	135
5.9.1	GPRS 标准制定的过程与阶段	136
5.9.2	GPRS 网络的网络结构	137
5.9.3	GPRS 网络的分层结构	138
	思考题与习题	147
第 6 章	CDMA 数字蜂窝移动通信系统	148
6.1	引言	148
6.1.1	CDMA 技术的标准化	149
6.1.2	我国 CDMA 系统可以占用的频率	150
6.1.3	CDMA 系统的特点	150
6.2	CDMA 空中接口协议层	153
6.3	CDMA 前向信道	154
6.3.1	前向业务信道	154
6.3.2	前向广播信道	160
6.4	CDMA 反向信道	162
6.4.1	接入信道	163
6.4.2	反向业务信道	165
6.5	功率控制	171
6.5.1	反向开环功率控制	172
6.5.2	反向闭环功率控制	173
6.5.3	前向功率控制	175
6.6	RAKE 接收机	175
6.7	CDMA 系统的容量	177

6.7.1 干扰对 CDMA 容量的影响	177
6.7.2 提高 CDMA 通信系统容量的有效技术——智能天线技术	178
6.8 CDMA 登记	183
6.8.1 漫游的决定因素	183
6.8.2 开机登记	184
6.8.3 关机登记	184
6.8.4 基于时钟的登记	184
6.8.5 基于距离的登记	184
6.8.6 基于区域的登记	184
6.8.7 基于参数改变的登记	184
6.9 CDMA 切换过程	185
6.10 从 cdmaOne 到 cdma2000 第三代无线通信系统	186
6.10.1 CDMA 技术标准的发展	186
6.10.2 cdma2000 的发展趋势	186
6.10.3 CDMA 在我国的发展前景	188
思考题与习题	190
第 7 章 3G 和未来移动通信系统	191
7.1 概述	191
7.1.1 IMT-2000 的网络标准	192
7.1.2 ITU 对 IMT-2000 的相关规定	195
7.2 软件无线电技术	197
7.3 无线传输技术(RTT)	197
7.3.1 向 ITU 提交的候选 RTT 方案	197
7.3.2 三种主流标准的 RTT 方案与性能比较	200
7.4 如何发展我国的第三代移动通信	204
7.4.1 我国发展 3G 的有利条件	204
7.4.2 3G 在中国的市场前景	205
7.5 第四代移动通信标准的主要技术要求及现状	207
7.5.1 第四代移动通信系统中的关键技术	207
7.5.2 目前第四代移动通信的研发状况	207
思考题与习题	208
附录 缩略词	209
参考文献	217

第 1 章 概 述

1.1 移动通信及其特点

移动通信是指移动用户之间,或移动用户与固定用户之间进行的通信。

随着社会的发展,科学技术的进步,人们希望能随时随地、迅速可靠地与通信的另一方进行信息交流。这就是我们要介绍的移动通信。这里所说的“信息交流”,不仅指双方的通话,还包括数据、传真和图像等通信业务。

正是因为移动通信能让人们随时随地、迅速可靠地与通信的另一方进行信息交流,为人们更有效地利用时间提供了可能,因而随着电子技术,特别是半导体、集成电路和计算机技术的发展,而得到了迅速发展。随着应用领域的扩大和对性能要求的提高,促使移动通信在技术上和理论上向更高水平发展。20 世纪 80 年代以来,移动通信已成为现代通信网中一种不可缺少并发展最快的通信手段之一。

与其他通信方式相比,移动通信具有以下基本特点:

(1) 电波传播条件恶劣。在陆地上,移动体(如汽车)往来于建筑群或障碍物之间,其接收信号是由直射波和各反射波多径叠加而成。由于多径传播造成的瑞利衰落,电平幅度起伏深度达 30 dB 以上。

(2) 具有多普勒效应。由于移动台在运动中,所以产生多普勒频移效应,频移值 f_d 与移动台运动速度 v 、工作频率 f (或波长 λ)及电波到达角 θ 有关,即

$$f_d = \frac{v}{\lambda} \cos\theta \quad (1.1)$$

多普勒频移导致附加调频噪声。在 $\cos\theta=1$ 时,最大多普勒频移 $f_D=v/\lambda$ 。

(3) 干扰严重。由于移动通信网是多电台、多波道通信系统,因而,通信设备除受城市噪声(主要是车辆噪声)干扰外,电台干扰(同频干扰、互调干扰)较为突出。所以,抗干扰措施在移动通信系统设计中显得尤为重要。

(4) 接收设备应具有很大的动态范围。由于移动台的位置不断变化,接收机和(基站)发射机之间的距离不断变化,导致接收机接收信号电平的不断变化。这就要求接收设备具有很大的动态范围。

(5) 需要采用位置登记、过境切换等移动性管理技术。由于移动台不停运动的特点,为了实现可靠而有效的通信,必须采用位置登记和频道切换等移动性管理技术。

(6) 综合了各种技术。移动通信综合了交换机技术、计算机技术和传输技术等各种技术。

(7) 对设备要求苛刻。移动用户常在野外,环境条件相对较差,因此对其设备(尤其对

专网设备)要求相对苛刻。

移动通信系统按用途、频段、制式和入网方式等的不同,可以有不同的分类方法。例如:按用途和区域分,可分为陆地、海上、航空移动通信系统;按经营方式或用户性质分,可分为公众网(简称公网)、专用网(简称专网);按基站配置分,可分为单区制、多区制、蜂窝制等配置方式;按与地面固定网连接方式分,可分为人工、半自动、全自动等连接方式;按信号性质分,可分为模拟、数字移动通信系统;按多址方式分,可分为频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)、码分多址(CDMA)等移动通信;按用户的通话状态和频率使用的方法可分为三种工作方式:单工制(simplex)、半双工制(half duplex)和双工制(duplex)。

1.2 移动通信的工作方式

移动通信按照用户的通话状态和频率使用的方法分,有三种工作方式:单工制、半双工制和双工制。

单工制分单频(同频)单工和双频(异频)单工两种,见图 1-1。

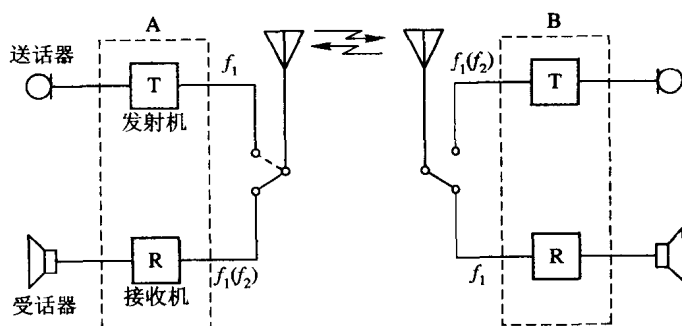


图 1-1 单工通信方式

同频单工。同频是指通信的双方,使用相同工作频率(f_1);单工是指通信的双方的操作采用“按一讲”(push to talk, PTT)方式。平时,双方的接收机均处于守听状态。如果 A 方需要发话,可按下 PTT 开关,发射机工作,并使 A 方接收机关闭。这时,由于 B 方接收机处于守听状态,即可实现由 A 至 B 的通话;同理,也可实现 B 至 A 的通话。在该方式中,电台的收发信机是交替工作的,故收发信机不需要使用天线共用器,而是使用同一副天线。同频单工的优点是:① 设备简单;② 移动台之间可直接通话,不需基站转接;③ 不按键时发射机不工作,因此功耗小。它的缺点是:① 只适用于组建简单和甚小容量的通信网;② 当有两个以上移动台同时发射时就会出现同频干扰;③ 当附近有邻近频率的电台发射时,容易造成强干扰。为了避免干扰,要求相邻频率的间隔大于 4 MHz,因而频谱利用率低;④ 按键发话,松键受话,使用者不很习惯。

异频单工。它是指通信的双方使用两个不同频率为 f_1 和 f_2 ,而操作仍采用“按一讲”方式。由于收发使用不同的频率,同一部电台的收发信机可以交替工作,也可以收常开,只控制发,即按下 PTT 发射。其优缺点与同频单工基本相同。在无中心台转发的情况下,

电台需配对使用,否则通信双方无法通话。故这种方式主要用于有中心台转发(单工转发或双工转发)的情况。所谓单工转发,即中心转信台使用一组频率(如收用 f_1 ,发用 f_2),一旦接收有载波信号即转去发送。所谓双工转发,即中心转信台使用两组频率(一组收用 f_1 ,发用 f_2 ;另一组收用 f_3 ,发用 f_4),任一路一旦接收有载波信号即转去发送。

由于使用收发频率有一定保护间隔的异频工作,提高了抗干扰能力,从而可用于组建有几个频道同时工作的通信网。

半双工制。如图1-2所示,中心转信台(A)使用一组频率,而移动台(B)采用单工制,主要用于有中心转信台的无线调度系统。半双工制的优点是:①移动台设备简单,价格低,耗电少;②收发采用不同频率,提高了频谱利用率;③移动台受邻近电台干扰小。它的缺点是移动台仍需按键发话,松键受话,使用不方便。

由于收发使用不同的频率,同一部电台的收发信机可以交替工作,也可以收常开,只控制发,即按下PTT发射。在中心台转发的系统中,移动台必须使用该方式。

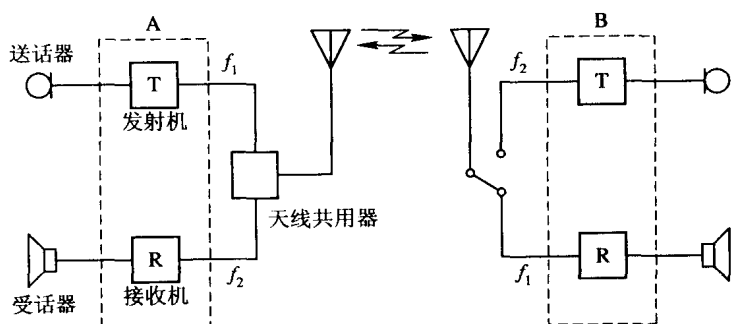


图 1-2 半双工通信方式

双工制。双工制如图1-3所示,是指通信的双方,收发信机均同时工作,即任一方在发话的同时,也能收听到对方的语音,无需按PTT开关,类同于平时打市话,使用自然,操作方便。双工制也可分为同频双工和异频双工。异频双工制的优点是:①收发频率分开可大大减小干扰;②用户使用方便。缺点是:①移动台在通话过程中总是处于发射状态,因此功耗大;②移动台之间通话需占用两个频道;③设备较复杂,价格较贵。在无中心台转发的情况下,异频双工电台需配对使用,否则通信双方无法通话。

同频双工采用时分双工(TDD)技术,是近年来发展起来的新技术。

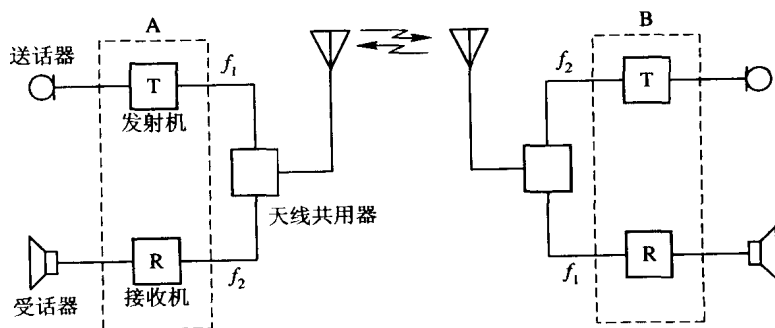


图 1-3 双工通信方式

1.3 移动通信系统的组成

移动通信系统按其经营方式或用户性质可分为专用移动通信系统和公共移动通信系统。专网的最大功能要求是调度,专网的发展经历了一对一的单机对讲系统,单信道一呼百应系统和选呼系统,后来又发展到多信道多用户共享的专用调度系统。集群(Trunking)移动通信是传统的专用无线调度系统的高级发展阶段,是专用移动通信的发展方向。随着电子技术、集成电路技术、计算机技术和交换技术的飞速发展,专用移动通信的网络结构与公共移动通信系统越来越相像,如 Motorola 的 iDEN^①数字集群移动通信系统,其本身就是在数字蜂窝移动通信系统上加上了调度功能。所以,我们将重点介绍公共移动通信系统的网络结构。公共移动通信系统,即蜂窝移动通信系统的基本系统结构如图 1-4 所示。一个交换区由一个移动交换中心 MSC(Mobile Service Switching Centre)、一个或若干个归属位置寄存器 HLR(Home Location Register)和访问者位置寄存器 VLR(Visitor Location Register),有时几个 MSC 合用一个 VLR、设备识别寄存器 EIR(Equipment Identity Register)、鉴权中心 AC(Authentication Centre)、操作维护中心 OMC(Operation and Maintenance Centre)、基站 BS(Base Station,简称基站)和移动台 MS(Mobile Station)等功能实体组成。

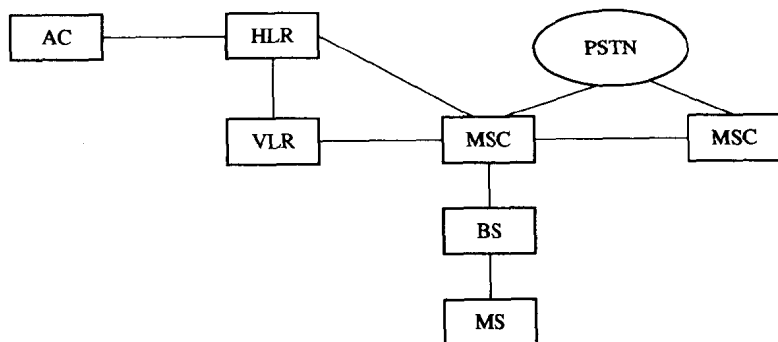


图 1-4 蜂窝移动通信系统的基本结构

MSC 对位于其服务区内的 MS 进行交换和控制,同时提供移动网与固定公众电信网的接口。MSC 是移动网的核心。作为交换设备, MSC 具有完成呼叫接续与控制的功能,这一点与固定网交换中心相同。作为移动交换中心, MSC 又具有无线资源管理和移动性管理等功能,例如移动台位置登记与更新、越区切换等。为了建立从固定网至某个移动台的呼叫路由,固定网就近进入关口 MSC(GMSC),由该 GMSC 查询有关的 HLR,并建立至移动台当前所属的 MSC 的呼叫路由。

HLR 是用于移动用户管理的数据库。每个移动用户必须在某个 HLR 中登记注册。HLR 所存储的用户信息分为两类:一类是有关用户参数的信息,例如用户类别,向用户所提供的服务,用户的各种号码、识别码以及用户的保密参数等;另一类是有关用户当前位

^① iDEN: Integrated Digital Enhanced Network, 集群数字高效网络。

置的信息,例如移动台漫游号码、VLR 地址等,用于建立至移动台的呼叫路由。

VLR 是存储用户位置信息的动态数据库。当漫游用户进入某个 MSC 区域时,必须向该 MSC 相关的 VLR 登记,并被分配一个移动用户漫游号(MSRN),在 VLR 中建立该用户的有关信息,其中包括移动用户识别码(MSI)、移动用户漫游号(MSRN),所在位置区的标志以及向用户提供的服务等参数,这些信息是从相应的 HLR 中传递过来的。MSC 在处理入网、出网呼叫时需要查询 VLR 中的有关信息。一个 VLR 可以负责一个或若干个 MSC 区域。

EIR 是存储有关移动台设备参数的数据库。EIR 实现对移动设备的识别、监视和闭锁等功能。

AC 鉴权中心是认证移动用户的身份以及产生相应认证参数的功能实体。AC 对任何试图入网的用户进行身份认证,只有合法用户才能接入网中并得到服务。

OMC 操作维护中心是网络操作维护人员对全网进行监控和操作的功能实体。

1.4 移动通信系统的频段使用

早期的移动通信主要使用 VHF 和 UHF 频段,其主要原因有以下三点:

(1) VHF/UHF 频段较适合移动通信。

从 VHF/UHF 频段的电波传播特性来看,主要是在视距范围内传播,一般为几到几十公里,比较适合移动通信。

(2) 天线较短,便于携带和移动。

天线长度决定于波长,移动台中使用最多的是 $\lambda/4$ 的鞭状天线。例如,当频率为 150 MHz 时,鞭状天线的长度约为 50 cm;450 MHz 时约为 17 cm,900 MHz 时约为 8 cm,因而便于制作、移动,携带方便。

(3) 抗干扰能力强。

由于工业火花干扰及天电干扰等属脉冲干扰,随着频率增高,干扰幅度越小。从而使工作在 VHF/UHF 频段的设备,可以用较小的发射功率获得较好的信噪比。

目前,大容量移动通信系统均使用 800 MHz 频段(CDMA),900 MHz 频段(AMPS、TACS、GSM),并开始使用 1800 MHz 频段(GSM1800/DCS1800),该频段用于微蜂窝(Microcell)系统。

1.5 多址方式

1.5.1 移动通信系统中的多址方式

多址问题可以被认为是一个滤波问题。许多用户可以同时使用同一频谱,然后采用不同的滤波器和处理技术,使不同用户信号互不干扰地被分别接收和解调。

蜂窝移动通信系统为了使信号仅在要求通信的两者之间传输而不影响其他用户,就必须选用适当的天线和多址方式。

空间滤波采用的是定向天线阵,以增加需要方向上的信号和减轻干扰方向的信号。现

在主要的蜂窝移动通信系统都利用了扇形分区来减少相邻蜂窝共用信道造成的干扰。

现在用到的多址方式主要有三种：频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA)。其中，FDMA 被最早采用，而 CDMA 则是刚刚被用到蜂窝移动通信中。下面分别简单介绍一下 FDMA、TDMA 和 CDMA。

(1) FDMA。当前应用这种多址方式的主要蜂窝系统有北美的 AMPS 和英国的 TACS。在我国 AMPS 和 TACS 这两种制式都有应用，但 TACS 占绝大多数。所谓 FDMA，就是在频域中一个相对窄带信道里，信号功率被集中起来传输，不同信号被分配到不同频率的信道里，发往和来自邻近信道的干扰用带通滤波器限制，这样在规定的窄带里只能通过有用信号的能量，而任何其他频率的信号被排斥在外。模拟的 FM 蜂窝系统都采用了 FDMA。

(2) TDMA。当前应用这种多址方式的主要蜂窝系统有北美的 DAMPS 和欧洲的 GSM，在我国这两种制式也都有应用，但 GSM 占绝大多数。所谓 TDMA，就是一个信道由一连串周期性的时隙构成。不同信号的能量被分配到不同的时隙里，利用定时选通来限制邻近信道的干扰，从而只让在规定时隙中有用的信号能量通过。实际上，现在使用的 TDMA 蜂窝系统都是 FDMA 和 TDMA 的组合，如美国 TIA 建议的 DAMPS 数字蜂窝系统就是先使用了 30 kHz 的频分信道，再把它分成 6 个时隙进行 TDMA 传输。

(3) CDMA。当前应用这种多址方式的主要蜂窝系统有北美的 IS-95 CDMA 系统。所谓 CDMA，就是每一个信号被分配一个伪随机二进制序列进行扩频，不同信号的能量被分配到不同的伪随机序列里。在接收机里，信号用相关器加以分离，这种相关器只接收选定的二进制序列并压缩其频谱，凡不符合该用户二进制序列的信号，其带宽就不被压缩。结果只有有用信号的信息才被识别和提取出来。

1.5.2 移动通信系统中不同多址方式的频谱效率

在 FDMA 蜂窝系统中，频谱效率取决于每赫兹带宽信息比特率和频率复用系数。美国模拟蜂窝系统 AMPS 将分配的频谱分成 30 kHz 带宽的许多信道，并使用窄带 FM 调制，调制效率为每 30 kHz 一条话路。由于干扰，同一频率不能在每一小区中重复作用。为提供可靠的通话质量，载干比(C/I)需要 18 dB 或更高。根据推算和经验表明，在大多数情况下，这个 C/I 值需要在频率复用系数为 1/7 时才能达到。频率复用系数是表示相同频率是如何被复用的数目。因此，得到的结论是：每个小区中必须占用 210 kHz 的频谱才有一条话路。通过减小小区面积增加小区数，虽然从理论上能获得任意高的话路容量，但需要增加设备费用。此外，由于小区覆盖范围减小，也增加了基站间的切换次数。切换次数的增加将导致两个坏处：一是容易掉话；二是加重了交换机的负担。

TDMA 频谱效率的计算基本上和 FDMA 相同。由于目前被认可的频率复用准则和模拟系统相似，我们可以算出对于 DAMPS，每个小区必须占用 70 kHz 的频谱才有一条话路。换句话说，它的容量是模拟 AMPS 的三倍。同样可以算出，GSM 的系统容量约是模拟 TACS 的两倍。

CDMA 频谱效率的算法和上面两种制式不大相同，因为上面两种制式每条话路占用的频谱宽度是一定的，只要频率复用系数一定，每个小区的话路容量就确定下来。而 CDMA 是通过不同的地址码来区分用户的，所有用户都共用一个频率。决定 CDMA 系统容量的主要参数有处理增益、所需的 E_b/N_0 值、话音激活系数、频率复用效率和扇区数目