



移动通信技术

高 健 刘良华 王鲜芳 编著



增 值 回 报
电 子 教 案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高职高专规划教材系列

移动通信技术

高 健 刘良华 王鲜芳 编著
罗华斌 审

- [10] 孙宇彤, 叶远潘, 周智, 等. 小灵通无线网技术 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [11] 吕捷. GPRS 技术 [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2001.
- [12] 郭梯云, 郭国扬, 李建东, 等. 移动通信 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2000.
- [13] 韦惠民, 李白萍, 等. 蜂窝移动通信技术 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2002.
- [14] 严常清. 移动通信原理与系统 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2002.
- [15] 邱玉辉. 移动通信原理与系统 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2002.
- [16] 本书编委会. 移动通信技术分册 [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2002.

ISBN 7-111-20373-1

定价: 19.00 元
I. 移... II. 高... III. 移动通信-教材 IV. T729.2

中国标准书号 137741 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: 李秋荣
封面设计: 李秋荣
印刷: 北京印刷厂

北京印刷厂印刷

2003 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm, 11.25 印张, 326 千字

0 001-2 000 0

定价: 19.00 元



机械工业出版社

移动通信已成为现代综合业务通信网中不可缺少的一环,它和卫星通信、光纤通信一起被列为三大新兴通信手段。目前,移动通信已从模拟技术发展到了数字技术阶段,并且正朝着个人通信这一更高阶段发展。本书全面介绍了现代移动通信系统的组成,既讲述了基本知识和基本原理,又介绍了新技术、新发展和新成果。全书共分七章,第1章是移动通信简介;第2章是移动通信的传输信道;第3章是GSM移动通信系统;第4章是CDMA移动通信系统;第5章是小灵通个人通信接入系统;第6章是第三代移动通信(3G);第7章是手机与直放站。

本书既可作为高职高专院校电子信息和通信技术专业的教材,也可供通信工程技术人员学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信技术/高健主编. —北京:机械工业出版社, 2006.12

(21世纪高职高专规划教材系列)

ISBN 7-111-20377-1

I. 移... II. 高... III. 移动通信-通信技术-高等学校:技术学校-教材 IV. TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第137761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:丁 诚 版式设计:冉晓华 责任校对:李秋荣

封面设计:刘吉维 责任印制:杨 曦

北京机工印刷厂印刷

2007年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·11.25印张·276千字

0 001—5 000册

定价:19.00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

21 世纪高职高专 通信类专业规划教材编委会

主 任 周祥瑜

副主任 伍湘彬 张中洲 杨元挺 张黎明

安志鹏 俞 宁 董维佳 任德齐

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁龙刚 冯国莉 余 周 杜志勇 张红兵

易 谷 周雪利 彭利标 陈立万 梁德厚

秘书长 胡毓坚

副秘书长 陈 良

出版说明

为了贯彻国务院发〔2002〕16号文件《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》的精神,进一步落实《中华人民共和国职业教育法》和《中华人民共和国劳动法》,实施科教兴国战略,大力推进高等职业教育改革与发展,我们组织力量,对实现高等职业教育培养目标和保证基本教学规格的文化基础课程、专业技术基础课程和重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写。

本套教材内容涵盖了高职高专院校计算机类、电子信息类、通信类、自动化类、市场营销类的专业基础课、专业课以及选修课。其中,通信类专业规划教材由“21世纪高职高专通信类专业规划教材编委会”组织编写。该套教材从实际应用的角度出发,结合工程实际需要,为高职高专通信类的学生提供了学习通信技术基础和现代通信技术的教科书。

通信类专业规划教材的指导思想及编写原则如下:

1. 课程整合, 精简课程

在充分调研IT行业对通信专业学生能力结构具体要求的基础上,根据高职高专培养技能人才的定位,以社会实际需要为目标,加强基本知识、基础理论和基本技能的教学。同时,考虑理论对实践的指导性,以“必须够用”为原则,将通信类专业课程进行全面整合,精简课程,强调知识技能的直接应用。

2. 教材内容统一规划

规划教材从通信技术必须具备的基本知识和应掌握的基本技能出发,合理安排每一门课程的知识、技能点。将从程控交换到基站建设、光纤通信、终端设备等专业技术,恰当衔接,避免不必要的课程重复。技术基础课突出“新”的教学法——一体化教学模块(单元);专业基础与专业技能课突出“新”的知识、“新”的技术,力求与行业需要相适应。

3. 结合行业资格证书

课程设置、教材编写与通信行业紧密结合。参照通信行业职业资格证书的要求,结合专业应用,用深入浅出的物理概念来替代那些难理解的理论推导。

4. 注重实训环节

注重理论与技能技术的有机结合,注重实训环节,将技能培训贯穿于整套教材。将电子基础理论与通信专业技术紧密结合,让学生在理论指导下进行技术实践,学好专业技术。

5. 编写模式合理先进

教材具体编写模式借鉴国外职教先进经验,技术基础课以能力模块(单元)来设计,每一模块(单元)设教学目标、正文、应知测试、应会测试等环节,强调案例分析,并加强实训实验环节的考核,体现以能力为本位,以学生为中心的职教理念。

通信类专业规划教材以技能培养为主,技能的设定由各主编结合企业要求组织讨论决定。技术基础课程的教材分单元展开,专业基础课程及专业技能课程的教材突出先进实用技术,强化技能训练和可操作性,同时注意设备、实训环境的大众化。

本套教材可作为各类高职高专院校的教材,也可作为各类培训班的教材。

机械工业出版社

前 言

随着科学技术的不断发展,发达国家和许多发展中国家都在致力于现代综合业务通信网的建设,而现代综合业务通信网中不可缺少的一环就是移动通信。由于移动通信集中了有线和无线通信的最新技术成就,不仅可以传送语音信息,而且还能够传送数据信号,使用户随时随地快速而可靠地进行多种信息交换,因此,它和卫星通信、光纤通信一起被列为现代通信领域中的三大新兴通信手段。目前,移动通信已从模拟技术发展到了数字技术阶段,并且正朝着个人通信这一更高阶段发展。未来移动通信的目标是,能在任何时间、任何地点、为任何个人提供快速可靠的通信服务。

移动通信在我国的发展特别快,自20世纪80年代后期投入运行以来,得到广泛使用,越来越被人们所重视,现在移动用户的数量已经超过固定电话数量,它对经济和社会的发展正在发挥日益显著的作用。

所谓移动通信,系指通信双方或至少一方是在运动中进行信息交换的。例如移动体(车辆、船舶、飞机)与固定点之间、或移动体之间的通信等。移动通信采用的是无线通信方式,可以应用于任何条件下,特别是常用在有线通信不可及的场合(如无法架线、埋电缆等)。由于是无线方式,而且是在移动中进行通信,所以移动通信方式具有许多特点。

为了使学生在有限的学时内了解现代移动通信技术的原理和系统、建立完整的移动通信概念、掌握移动通信网的组成,我们将各类移动通信系统(如GSM系统、CDMA系统、小灵通系统等)浓缩在一门课程中,本书就是专门为这门课程编写的教材。

本书可作为高职高专通信技术专业的专业课教材,也可作为高职高专电子信息技术的选修课教材,教学计划为60课时。

本书的第1章和第3章由刘良华编写,第2章和第4章由王鲜芳编写,其余各章及实验部分由高健编写。高健负责全书的统稿工作。罗华斌审阅了全稿,提出了许多宝贵意见。

本书在编写过程中得到伍湘彬和张中洲两位老师的大力帮助,在此谨向他们表示诚挚的感谢。

鉴于编者水平有限,加上编写时间紧迫,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2006年5月

目 录

出版说明	第2章 移动通信的传输信道	28
前言	2.1 移动通信的电波传播特性	28
第1章 移动通信简介	2.1.1 表征衰落特性的数字特征	28
1.1 移动通信的特点和分类	2.1.2 自由空间的传播衰耗	29
1.1.1 移动通信的特点	2.1.3 地形地物对电波传播的影响	30
1.1.2 移动通信的分类	2.2 移动信道的特征	30
1.2 移动通信的工作方式	2.3 电波传播的路径损耗预测简介	31
1.2.1 单向通信方式	2.4 分集接收技术	33
1.2.2 双向通信方式	2.4.1 分集方式	33
1.3 移动通信系统的组成	2.4.2 合并方式	34
1.4 移动通信系统的多址方式	2.5 噪声与干扰	36
1.4.1 频分多址	2.5.1 噪声	36
1.4.2 时分多址	2.5.2 干扰	37
1.4.3 码分多址	2.6 小结	44
1.5 组网技术	2.7 习题	45
1.5.1 频率管理与有效利用技术	第3章 GSM移动通信系统	46
1.5.2 区域覆盖	3.1 GSM系统组成	46
1.6 蜂窝网的应用	3.1.1 交换子系统	46
1.6.1 小区形状	3.1.2 基站子系统	47
1.6.2 区群的组成	3.1.3 操作维护子系统	47
1.6.3 同信道小区的距離	3.2 GSM网络接口及信道类型	48
1.6.4 中心激励与顶点激励	3.2.1 网络接口介绍	48
1.6.5 小区的分裂	3.2.2 无线接口	49
1.7 信道配置	3.2.3 信道类型	50
1.7.1 分区分组配置法	3.3 GSM系统的控制与管理	51
1.7.2 等频距配置法	3.3.1 位置登记	51
1.7.3 多信道共用	3.3.2 鉴权与加密	53
1.7.4 空闲信道的选取	3.3.3 越区切换	55
1.8 信令	3.4 呼叫接续与接续流程	57
1.8.1 数字信令	3.4.1 移动用户主呼	57
1.8.2 音频信令	3.4.2 移动用户被呼	58
1.9 越区切换和位置管理	3.4.3 主要接续流程	59
1.9.1 越区切换	3.5 编号方式	62
1.9.2 位置管理	3.6 GPRS系统	64
1.10 小结	3.6.1 GPRS系统设备	65
1.11 习题		

3.6.2	GPRS 网络的分层结构	66
3.6.3	用户鉴权与数据加密	67
3.6.4	GPRS 网络的登录与注销	68
3.6.5	分组数据协议描述图	69
3.6.6	无线通信协议	71
3.7	数字移动通信中的语音处理技术	74
3.7.1	语音信号的模/数转换	74
3.7.2	语音编码	75
3.7.3	信道编码	75
3.7.4	交织编码	76
3.7.5	数字调制	76
3.8	实验	77
3.8.1	GSM 移动通信实验箱基本操作	77
3.8.2	移动信号的接续	88
3.9	小结	94
3.10	习题	95
第 4 章	CDMA 移动通信系统	96
4.1	CDMA 系统概述	96
4.1.1	CDMA 基本原理	96
4.1.2	CDMA 系统的主要优点	98
4.2	CDMA 系统构成	99
4.2.1	网络结构	99
4.2.2	接口标准	100
4.2.3	主要性能指标	101
4.3	CDMA 系统的无线信道	101
4.3.1	无线信道	101
4.3.2	空中接口协议层	102
4.4	CDMA 系统的功能结构	103
4.4.1	服务资源功能	104
4.4.2	服务控制功能	106
4.4.3	服务管理功能	107
4.5	CDMA 的关键技术	108
4.5.1	可变速率声码器	108
4.5.2	功率控制	109
4.5.3	Rake 接收	110
4.5.4	软切换	111
4.6	实验	112
4.6.1	扩频与解扩实验	112
4.6.2	CDMA 移动通信系统实验	115
4.7	小结	118
4.8	习题	119

第 5 章	小灵通个人通信接入系统	120
5.1	简介	120
5.1.1	小灵通的特点	120
5.1.2	小灵通的技术参数	121
5.1.3	小灵通的网络结构	122
5.2	局端设备	123
5.2.1	接口说明	123
5.2.2	插板说明	124
5.3	空中话务控制器	125
5.4	基站控制器	127
5.4.1	系统组成	128
5.4.2	插板说明	129
5.5	基站	130
5.5.1	基站的类型	130
5.5.2	基站的话务处理	130
5.5.3	技术规范	131
5.6	用户终端	132
5.6.1	手机	132
5.6.2	固定用户单元	134
5.7	网络管理系统	134
5.7.1	系统特点	134
5.7.2	系统功能	135
5.8	小结	136
5.9	习题	137
第 6 章	第三代移动通信	138
6.1	3G 的标准	138
6.1.1	3G 的发展	138
6.1.2	3G 的标准化过程	139
6.1.3	3G 的目标和要求	140
6.2	三大主流标准介绍	141
6.2.1	CDMA2000 标准	141
6.2.2	WCDMA 标准	142
6.2.3	TD-SCDMA 标准	143
6.2.4	三种主流标准的性能比较	145
6.3	3G 涉及的若干技术	147
6.3.1	信道编码和交织	147
6.3.2	智能天线	147
6.3.3	软件无线电	148
6.3.4	多用户检测技术	148
6.3.5	动态信道分配	149
6.3.6	高速下行分组接入技术	149

6.4	我国 3G 系统的发展	150
6.5	小结	150
6.6	习题	151

第 7 章 手机与直放站 152

7.1	手机电路的组成结构	152
7.1.1	GSM 手机	152
7.1.2	双频手机	154
7.1.3	CDMA 手机	155
7.2	手机电路的工作流程	157
7.2.1	开关机工作过程	157
7.2.2	整机供电电路	158

7.2.3	射频电路工作流程	159
7.2.4	逻辑控制及音频处理电路	161
7.3	直放站的原理与应用	164
7.3.1	直放站原理简介	165
7.3.2	直放站的主要指标与调测	166
7.3.3	常出现的问题及解决方案	168
7.3.4	直放站使用的优化	169
7.4	小结	170
7.5	习题	170

参考文献 171

第 3 章 移动通信系统	138
3.1 移动通信系统	138
3.1.1 移动通信系统的组成	138
3.1.2 移动通信系统的分类	139
3.1.3 移动通信系统的主要性能指标	140
3.2 移动通信系统的组成	141
3.2.1 移动通信系统的组成	141
3.2.2 WCDMA 系统	142
3.2.3 TD-SCDMA 系统	143
3.2.4 移动通信系统的组成	142
3.3 移动通信系统的组成	142
3.3.1 移动通信系统的组成	142
3.3.2 移动通信系统的组成	142
3.3.3 移动通信系统的组成	142
3.3.4 移动通信系统的组成	142
3.3.5 移动通信系统的组成	142
3.3.6 移动通信系统的组成	142

3.8.1 GSM 移动通信系统	171
3.8.2 GSM 移动通信系统	171
3.8.3 GSM 移动通信系统	171
3.8.4 GSM 移动通信系统	171
3.8.5 GSM 移动通信系统	171
3.8.6 GSM 移动通信系统	171
3.8.7 GSM 移动通信系统	171
3.8.8 GSM 移动通信系统	171
3.8.9 GSM 移动通信系统	171
3.8.10 GSM 移动通信系统	171
第 4 章 CDMA 移动通信系统	171
4.1 CDMA 移动通信系统	171
4.1.1 CDMA 移动通信系统	171
4.1.2 CDMA 移动通信系统	171
4.1.3 CDMA 移动通信系统	171
4.1.4 CDMA 移动通信系统	171
4.1.5 CDMA 移动通信系统	171
4.1.6 CDMA 移动通信系统	171
4.1.7 CDMA 移动通信系统	171
4.1.8 CDMA 移动通信系统	171
4.1.9 CDMA 移动通信系统	171
4.1.10 CDMA 移动通信系统	171
4.2 CDMA 移动通信系统	171
4.2.1 CDMA 移动通信系统	171
4.2.2 CDMA 移动通信系统	171
4.2.3 CDMA 移动通信系统	171
4.2.4 CDMA 移动通信系统	171
4.2.5 CDMA 移动通信系统	171
4.2.6 CDMA 移动通信系统	171
4.2.7 CDMA 移动通信系统	171
4.2.8 CDMA 移动通信系统	171
4.2.9 CDMA 移动通信系统	171
4.2.10 CDMA 移动通信系统	171

第1章 移动通信简介

移动通信是现代通信技术中非常重要的一部分。顾名思义，移动通信就是通信双方至少有一方在运动状态中进行信息交换。例如，移动体（车辆、船舶、飞机或行人）与固定点之间，或者移动体与移动体之间的通信都属于移动通信范畴。

现代移动通信技术是一门复杂的高新技术，不但集中了无线通信和有线通信的最新技术成果，而且集中了网络技术和计算机技术的许多成果。目前，移动通信已从模拟技术发展到了数字技术阶段，并且正朝着个人通信这一更高阶段发展。未来移动通信的目标是，能在任何时间、任何地点，为任何人提供快速可靠的通信服务。

1.1 移动通信的特点和分类

1.1.1 移动通信的特点

移动通信采用的是无线通信方式，可以应用于任何条件下，特别是常用在有线通信无法实现的场合（如无法架线、埋电缆等）。移动通信具有以下特点。

1. 电波衰落现象

由于电波受到城市高大建筑物的阻挡等原因，移动台接收到的是多径信号，即同一信号通过多种途径到达接收天线。这种信号的幅度和相位都是随机的，其幅度是瑞利分布的，相位在 $0 \sim 2\pi$ 范围内均匀分布。因此，当出现严重的衰落现象时，其衰落深度可达 30dB 左右。此时，就要求移动台要具有良好的抗衰落的技术指标。

2. 远近效应

当基站同时接收两个距离不同的移动台发来的信号时，距基站近的移动台 B 到达基站的功率明显要大于距离基站远的移动台 A 的到达功率，若二者频率相近，则移动台 B 的信号就会对移动台 A 的信号产生干扰或仰制，甚至将移动台 A 的有用信号淹没，这种现象称为远近效应。克服远近效应的措施主要有两个：一是使两个移动台所用频道拉开必要间隔；二是移动台端增加自动（发射）功率控制（APC），使所有工作的移动台到达基站的功率基本一致。由于频率资源紧张，几乎所有的移动通信系统对基站和移动终端都采用 APC 工作方式。

3. 干扰大

移动台通信环境变化是很大的，经常处于强干扰区进行通信。例如，移动台附近的发射机可能对正在通信的移动台形成强干扰。又如，汽车在公路上行驶，本车和其他车辆的噪声所形成的干扰也相当严重。移动通信质量取决于设备本身的性能和外界的噪声、干扰。噪声主要是由电磁设备引起的，如工厂的高频热合机、高频炉等电磁设备，汽车的点火系统等；干扰主要有互调干扰、邻道干扰、同频干扰等。

4. 多普勒效应

运动中的移动台所接收到的载频将随运动速度变化而变化，产生不同频移（称为“多普勒效应”），从而造成接收点的信号场强也在不断变化，其变化范围可达 20~30dB。

5. 环境条件差

移动台长期处于运动中，尘土、振动、日晒雨淋的情况时常遇到，这就要求它必须有防振、防尘、防潮、抗冲击等能力。此外，还要求性能稳定可靠、携带方便、低功耗等。同时，为便于用户使用，还要求移动台操作方便、坚固耐用，这就给移动台的设计和制造带来很多困难。

1.1.2 移动通信的分类

随着移动通信的应用范围不断扩大，移动通信系统的类型越来越多，其分类方法也多种多样。

1. 按设备的使用环境分类

主要有三种类型：陆地移动通信、海上移动通信、航空移动通信。作为特殊使用环境，还有地下隧道矿井、水下和太空等移动通信。

2. 按服务对象分类

有公用移动通信和专用移动通信。在公用移动通信中，目前我国有中国移动、中国联通、中国电信经营的移动电话业务，由于它是面向社会各阶层人士的，所以称为公用网。专用移动通信是为了保证某些特殊部门的通信所建立的通信系统，由于各个部门的性质和环境有很大区别，因而各个部门使用的移动通信网的技术要求有很大差异，例如：公安、消防、急救、防汛、交通管理、机场调度等。

3. 按系统组成结构分类

(1) 蜂窝移动电话系统：蜂窝移动电话是移动通信的主体，它是具有全球性的用户容量最大的移动电话网。

(2) 集群调度移动电话：它可将各个部门所需的调度业务进行统一规划建设，集中管理，每个部门都可建立自己的调度中心台。它的特点是共享频率资源，共享通信设施，共享通信业务，共同分担费用。

(3) 无中心个人无线电话系统：它没有中心控制设备，这是与蜂窝网和集群网的主要区别。它将中心集中控制转化为电台分散控制。由于不设置中心控制，故可以节约建网投资，并且频率利用率最高。系统采用数字选呼方式，并采用共用信道传送信令，接续速度快。由于系统没有蜂窝移动通信系统和集群系统那样复杂，建网简易，投资低，所以性能价格比最高，适用于个人业务和小企业的单区组网分散小系统。

(4) 公用无绳电话系统：公用无绳电话是公共场所使用的无绳电话系统，例如商场、机场、火车站等。通过无绳电话可以呼入市话网，也可以实现双向呼叫。它的特点是不适用于乘车使用，只适用于步行。

本书将着重介绍公用移动通信系统，它主要采用了蜂窝移动通信技术。

1.2 移动通信的工作方式

移动通信的工作方式可分为单向通信方式和双向通信方式两大类，而双向通信方式又分为单工通信方式、双工通信方式和半双工通信方式三种。

1.2.1 单向通信方式

所谓单向通信方式就是通信双方中的一方只能接收信号，而另一方只能发送信号，不能

互逆。单向通信方式中收信号方不能对发信号方直接进行信息反馈。移动通信中的无线寻呼系统就是采用这种工作方式，寻呼机只能收信而不能发信，反馈信息只能通过打电话间接地完成。

1.2.2 双向通信方式

所谓双向通信方式就是通信双方都可以接收信号和发送信号。双向通信又可分为单工、双工、半双工三种通信方式。

1. 单工通信方式

单工通信方式也叫按-讲方式，就是移动通信的双方只能交替地进行发送信号和接收信号，而不能同时进行发送信号和接收信号。常用的对讲机就是采用这种通信方式。平时天线与接收机相连接，发信机不工作。当一方用户需要讲话时，按下“按-讲”开关（简称 PTT 开关），天线与发信机相连，发信机同时开始工作。另一方的天线接至接收机，因而可收到对方发来的信号。

这种工作方式只允许一方发送时另一方进行接收。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 PTT 开关，否则将收不到对方发来的信号。

根据收、发频率的异同，单工通信又可以分为同频单工和异频单工。

(1) 同频单工：通信双方使用相同的频率 f_1 工作，发送时不接收，接收时不发送。只占用一个频点。如图 1-1 所示。

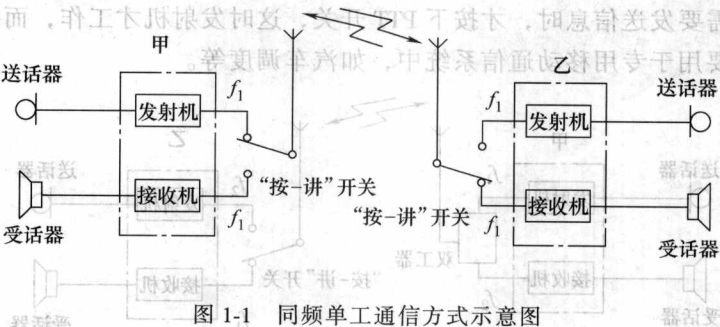


图 1-1 同频单工通信方式示意图

(2) 异频单工：发信机和收信机分别使用两个不同的频率进行发送和接收。如甲的发射频率和乙的接收频率为 f_1 ，而乙的发射频率和甲的接收频率为 f_2 。同一部电台的发射机和接收机是轮换工作的，如图 1-2 所示。

2. 双工通信方式

所谓双工通信方式是指通信的双方在通话时收发信机均同时工作，即任意一方在发话的同时，也能收听到对方的信息，与普通有线电话的使用情况类似。这时通信双方一般通过双工器来完成这种功能。如图 1-3 所示。

早期的双工方式，移动台在一次通话过程中，不管是否发话，发射机总是工作的，故电源损耗大。这一点对以电池作电源的移动台而言是不利的。现在，移动台一般采用激活方式工作，确定有信号要发射时，发射机才工作，在间隙期间，发射机停止工作。

3. 半双工通信方式

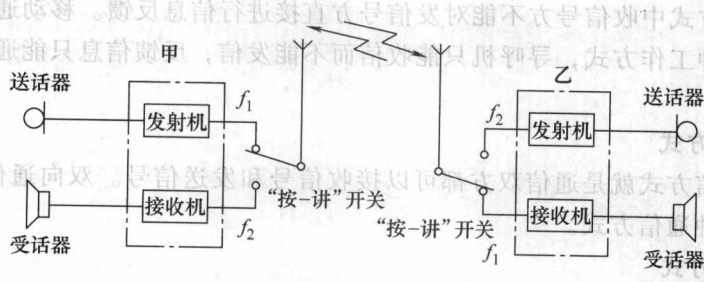


图 1-2 异频单工通信方式示意图

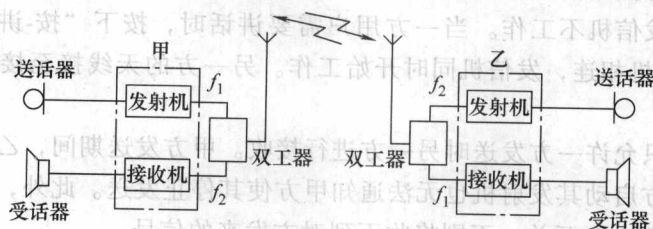


图 1-3 双工通信方式示意图

这种方式指通信的双方，一方使用双工方式，收发信机同时工作，且使用两个不同频率 f_1 和 f_2 ；另一方则采用异频单工方式，即收发信机交替工作，如图 1-4 所示。平时，乙方处于守候状态，仅需要发送信息时，才按下 PTT 开关，这时发射机才工作，而接收机总是工作的。这种方式主要用于专用移动通信系统中，如汽车调度等。

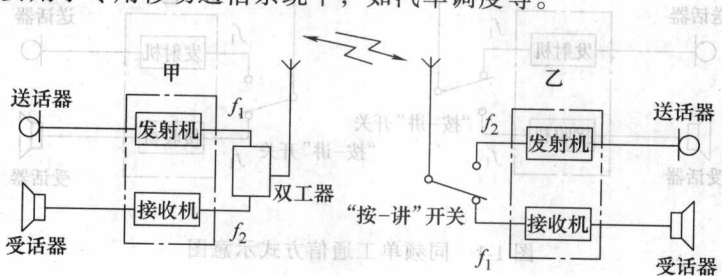


图 1-4 半双工通信方式示意图

1.3 移动通信系统的组成

移动通信系统一般由移动台 (MS)、基站 (BS)、移动业务交换中心 (MSC) 组成。如图 1-5 所示。

移动业务交换中心 (MSC) 主要用来处理信息的交换和整个系统的集中控制管理，负责交换移动台 (MS) 各种类型的呼叫，如本地呼叫、长途呼叫和国际呼叫，提供连接维护管理中心的接口，还可以通过标准接口与基站 (BS) 或其他 MSC 相连。

基站 (BS) 包括一个基站控制器 (BSC) 和由其控制的若干个基站收发信系统 (BTS)，

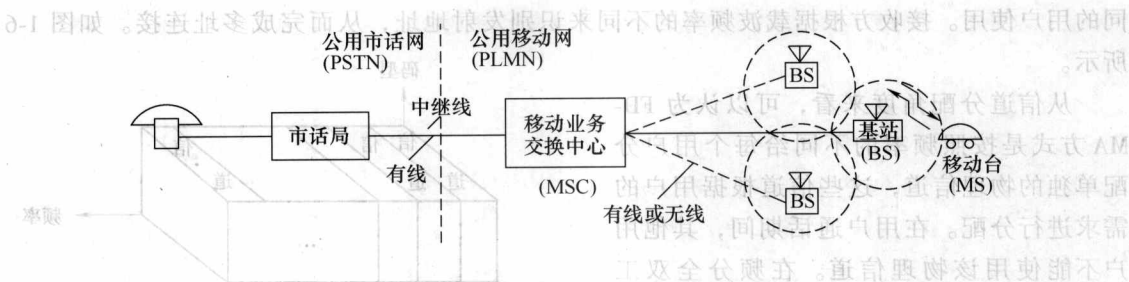


图 1-5 移动通信系统的组成

负责管理无线资源，实现固定网与移动用户之间的通信连接，传送系统信号和用户信息。BSC 与 MSC 之间采用有线中继电路传输信号，有时也可采用微波中继方式。

移动台 (MS) 是移动通信系统不可缺少的一部分，它有手持机和车载台等类型。在数字蜂窝移动通信系统中，移动台除基本的电话业务以外，还可为用户提供各种非语音业务。基站和移动台都有收发信机和天线等设备。每个基站都有一个可靠通信服务范围，称为无线小区。无线小区的大小，主要由基站的发射功率、天线的高度以及接收机的接收灵敏度等条件决定。

大容量的移动通信系统可以由多个基站构成一个移动通信网。由图 1-5 可以看出，通过基站和移动业务交换中心就可以实现在整个服务区内任意两个移动用户之间的通信，也可以通过中继线与市话局连接，实现移动用户和市话用户之间的通话，从而构成一个有线、无线相结合的移动通信系统。

1.4 移动通信系统的多址方式

从移动通信网的构成可以看出，移动通信具有广播和大面积覆盖的特点。大部分移动通信系统都有一个或几个基站。基站要和许多移动台同时通信，所以基站通常是多路同时工作的，有多个信道；而每个移动台只为一个移动用户使用，是单路工作的。这样，基站的多路工作和移动台的单路工作形成了移动通信的一大特点。在移动通信业务区内，移动台之间或移动台与市话用户之间，通过基站同时建立各自的信道，以实现双向通信的连接，这称为多址连接。

基站以怎样的信号传输方式接收、处理和转发由各移动台发射出来的信号呢？又以怎样的信号结构发出对各种移动台的寻呼信号，并且使移动台从这些信号中识别出发给本台的信号呢？这就是多址连接方式问题。

使用多址方式旨在使许多移动用户同时分享有限的无线信道资源，即将可用的资源（如可用的信道数）同时分配给众多的用户共同使用，以达到较高的系统容量。多址系统的设计主要有两个问题：一是多路复用，也就是将一条通路变成多个物理信道；二是信道分配，即将单个用户分配到某一具体信道上。

在移动通信系统中，常用的三种多址方式是频分多址 (FDMA)、时分多址 (TDMA) 和码分多址 (CDMA)。

1.4.1 频分多址

频分多址 (FDMA) 是将给定的频谱资源划分为若干个等间隔的频道（或称信道），供不

同的用户使用。接收方根据载波频率的不同来识别发射地址，从而完成多址连接。如图 1-6 所示。

从信道分配角度来看，可以认为 FDMA 方式是按照频率的不同给每个用户分配单独的物理信道，这些信道根据用户的需求进行分配。在用户通话期间，其他用户不能使用该物理信道。在频分全双工（FDD）情形下分配给用户的物理信道是一对信道（占用两段频率），一段频率用作前向信道（即基站向移动台传输的信道），另一段频率用于反向信道（即移动台向基站传输的信道）。

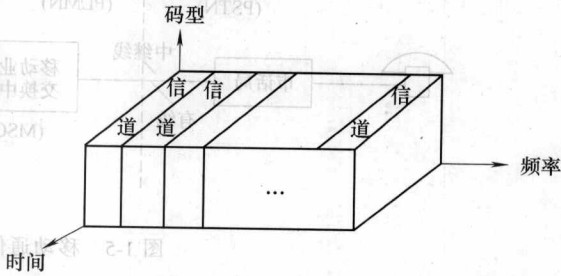


图 1-6 FDMA 示意图

1.4.2 时分多址

时分多址（TDMA）是把时间分割成周期的帧，每一帧再分割成若干个时隙（无论帧或时隙都是互不重叠的），然后根据一定的时隙分配原则，使各个移动台在每帧内只能按指定的时隙向基站发送信号，在满足定时和同步的条件下，基站可以分别在各时隙中接收到各移动台的信号而不混淆。同时，基站发向多个移动台的信号都按顺序安排在预定的时隙中传输，各移动台只要在指定的时隙内接收，就能在合路的信号中把发给它的信号区分出来。如图 1-7 所示。每个用户占用一个周期性重复的时隙。

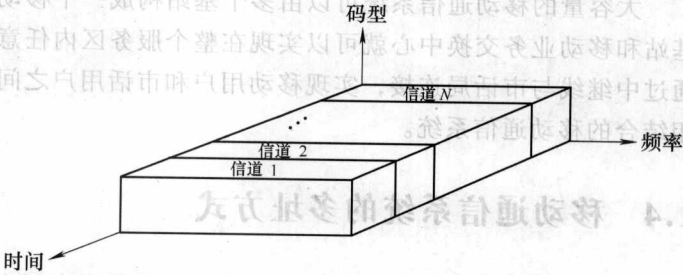


图 1-7 TDMA 示意图

图 1-8 是 TDMA 的帧结构。每条物理信道可以看作是每一帧中的特定时隙。在 TDMA 系统中，8 个时隙组成一帧，每帧由前置码、信息码和尾比特组成。在 TDMA/FDD 系统中相同或相似的帧结构单独用于前向或反向。在一个 TDMA 的帧中，前置码中包括地址和同步信息，以便基站和用户都能彼此识别对方信号。

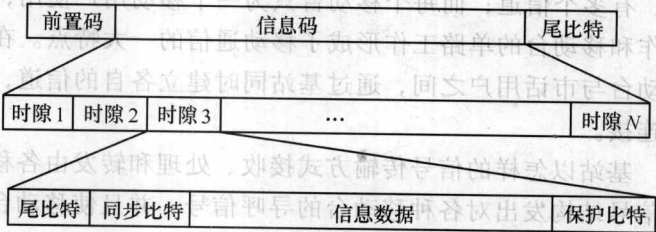


图 1-8 TDMA 帧结构

TDMA 有如下一些特点：

- TDMA 系统中几个用户共享单一的载频，其中，每个用户占用彼此不重叠的时隙。每帧中的时隙数取决于几个因素，如调制方式、可用带宽等。
- TDMA 系统中的数据发射不是连续的，以突发的方式进行发射。由于用户发射机可以在不同的时间（绝大部分时间）关掉，因此耗电较少。
- 同 FDMA 信道相比，TDMA 系统的传输速率一般较高，故需要采用自适应均衡。

● 由于 TDMA 系统发射是不连续的，移动台可以在空闲的时隙里监听其他基站，从而使其越区切换过程大为简化。

● TDMA 必须留有一定的保护时间（或相应的保护比特）。

● 由于采用突发式发射，TDMA 系统需要更大的同步报头。TDMA 的发射是分时隙的，这就要求接收机对每个数据突发脉冲串保持同步。

● TDMA 系统必须有精确的定时和同步，保证各移动台发送的信号不会在基站发生重叠或混淆，并且能准确地指定的时隙中接收基站发给它的信号。同步技术是 TDMA 系统正常工作的重要保证，但往往也是比较复杂的技术难题。

1.4.3 码分多址

在码分多址（CDMA）中，发射载波大多受到两种调制：一种是地址调制（扩频调制）；另一种是射频调制。所有移动台使用相同载频，并且可以同时发射，发射信号往往占有极宽的有时甚至是移动通信频段的全部频带。每个移动台都有自己的地址码。接收时，对某一地址码，只有相同地址码的接收机才能检测出信号，而其他接收机检测出的是类似高斯过程的宽带噪声。CDMA 示意如图 1-9 所示。

CDMA 的特征是不同用户的地址码相互具有正交性，以区分不同用户，而用户信号在频率、时间上可能重叠。

CDMA 方式具有如下一些特点：

● CDMA 系统中许多用户共享同一频率。

● 与 TDMA 或 FDMA 不同，CDMA 系统容量极限是软极限。由于 CDMA 系统用户数目的增加只是以线性方式增加背景噪声，所以 CDMA 系统用户数目没有绝对的极限，但是随着用户数目的持续增加会使系统性能逐渐降低，而用户数减少则能使系统性能逐渐变好。

● 由于信号扩展到较大的频谱范围，多径衰落的影响会显著减小。扩频频带一般总大于信道的相干带宽，其内在的频率分集会降低频率选择性衰落的影响。

● 由于移动台的位置不固定，CDMA 移动通信系统肯定会产生远近效应（即近处无用信号压制远处的有用信号的现象）。所以，必须采取严格的功率控制技术，以保证到达基站的各移动台的信号强度保持一致。

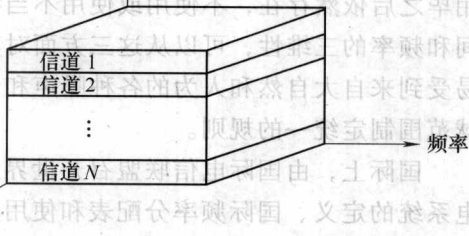


图 1-9 CDMA 示意图

1.5 组网技术

最早的移动通信是移动体之间或移动体与固体之间点对点的通信，只要将电台设定在同一无线电频道上即可通信，随着经济的发展，移动通信应用日益广泛，有限的无线频率要提供给越来越多的用户共同使用，频道拥挤，相互干扰已成为阻碍移动通信发展的首要问题。解决这一问题的办法就是按一定的规范组成移动通信网络，保障网内用户有秩序地通信。

移动通信组网涉及的技术问题非常多,大致可以分为以下两个方面。首先,是频率资源的管理与有效利用,频率是人类所共有的一种特殊资源,需在全球内统一管理,在不同的空间域、时间域和频率域可以采用多种技术手段来提高它的利用率。其次,是网络控制方面的问题,随着移动通信服务区域的扩大,需要用合理方法对全服务区划分并组成相应的网络,各种业务需求不同,网络结构也有所不同,为保证全网用户有序地进行通信,必须对网内的设备实施各种控制,这些控制信号的总体称为信令系统,是通信网络的重要组成部分。在信令的控制之下,要适时地将主呼用户与被呼用户的线路连接起来,这就是网络的交换。这些都是移动通信组网的共性问题。

1.5.1 频率管理与有效利用技术

无线通信是利用无线电波在空间传递信息的。无数的用户共用同一个空间,因此,不能在同一时间、同一场所、同一方向上使用相同频率的无线电波,否则就会形成干扰。当前移动通信发展所遇到的最突出问题,就是有限的可用频率如何有秩序地提供给越来越多的用户使用而不互相干扰,这就涉及到频率的管理与有效利用。

1. 频率管理

频率是人类所共有的一种特殊资源,它并不是取之不尽的。与别的资源相比,它有一些特殊的性质,例如:无线电频率资源是消耗性的,用户只是在某一空间和时间内“占用”,用毕之后依然存在,不使用或使用不当都是浪费;电波传播不分地区国界;它具有时间、空间和频率的三维性,可以从这三方面对其实施有效利用,提高其利用率;它在空间传播时容易受到来自大自然和人为的各种噪声和干扰的污染。基于这些特点,频率的分配使用需在全球范围制定统一的规则。

国际上,由国际电信联盟召开世界无线电管理大会,制定无线电规则。它包括各种无线电系统的定义、国际频率分配表和使用频率的原则、频率的分配和登记、抗干扰的措施、移动业务的工作条件以及无线电业务的分类等。国际频率分配表按照大区域和业务种类给定。全球划分为三个大区域:第1区是欧洲、非洲、原苏联及蒙古;第2区是南北美洲(包括夏威夷);第3区是亚洲(除原苏联和蒙古)和大洋州。业务类型划分为固定业务、移动业务(分陆、海、空)、广播业务、卫星业务和遇险呼叫等。

各国以国际频率分配表为基础,根据本国的情况,制定国家频率分配表和无线电规则。我国位于第3区,我国针对具体情况做了一些局部调整,分配给公用移动通信的频段主要在150MHz、450MHz、900MHz到2000MHz。

双工移动通信网规定工作在各频段的收发频分别为:VHF频段为5.7MHz、UHF450MHz频段为10MHz、UHF900MHz频段为45MHz,并规定基站对移动台(下行链路)为发射频率高、接收频率低;反之移动台(上行链路)为发射频率低、接收频率高。

国家统一管理频率的机构是国家无线电管理委员会,移动通信组网必须遵守国家有关的规定并接受当地无线电管理委员会的管理。

2. 频率的有效利用技术

频率的有效利用是根据其时间、空间和频率域的三维性质,从这三个方面采用多种技术来提高它的利用率。

(1) 频率域的有效利用:频率域的有效利用主要是从信道的窄带化上着手,窄带化的方法从基带方面考虑可采用频带压缩技术,如低速率语音编码等;从射频调制频带方面考虑可