



新世纪高职高专实用规划教材

● 网络与通信系列

现代移动通信

XIANDAI YIDONG TONGXIN

庞宝茂 肖 刚 杜思深 翁木云 编著



清华大学出版社

新世纪高职高专实用规划教材 网络与通信系列

现代移动通信

庞宝茂 肖刚 杜思深 翁木云 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书全面系统地阐述了现代移动通信的基本原理、基本技术以及当前广泛应用的典型的移动通信系统。对移动通信的最新技术作了较为详细的介绍,比较全面地反映了当代数字移动通信发展的新技术。

本书可作为高职高专院校通信专业高年级学生使用,也可作为工程技术人员的参考资料以及从事相关专业的人员进行继续教育和新知识、新技术培训的培训教材。

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 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

现代移动通信/庞宝茂,肖刚,杜思深,翁木云编著. —北京:清华大学出版社,2004.9

(新世纪高职高专实用规划教材 网络与通信系列)

ISBN 978-7-302-09348-0

I. 现… II. ①庞… ②肖… ③杜… ④翁… III. 移动通信—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(2004)第 088081 号

责任编辑:林章波 张 莉

封面设计:陈刘源

版式设计:北京东方人华科技有限公司

责任印制:何 芊

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

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印 刷 者:北京顺义振华印刷厂

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:15.25 字数:353千字

版 次:2004年9月第1版 印 次:2007年7月第3次印刷

印 数:7501~8500

定 价:20.00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:015433-01/TN

《新世纪高职高专实用规划教材》序

编写目的

目前,随着教育的不断深入,高等职业教育发展迅速,进入到一个新的历史阶段。学校规模之大,数量之众,专业设置之广,办学条件之好和招生人数之多,都大大超过了历史上任何一个时期。然而,作为高职院校核心建设项目之一的教材建设,却远远滞后于高等职业教育发展的步伐,以至于许多高职院校的学生缺乏适用的教材,这势必影响高职院校的教育质量,也不利于高职教育的进一步发展。

目前,高职教材建设面临着新的契机和挑战:

(1) 高等职业教育发展迅猛,相应教材在编写、出版等环节需要在保证质量的前提下加快步伐,跟上节奏。

(2) 新型人才的需求,对教材提出了更高的要求,即教材要充分体现科学性、先进性和实用性。

(3) 高职高专教育自身的特点是强调学生的实践能力和动手能力,教材的取材和内容设置必须满足不断发展的教学需求,突出理论和实践的紧密结合。

有鉴于此,清华大学出版社在相关主管部门的大力支持下,组织部分高等职业技术学院的优秀教师以及相关行业的工程师,推出了一系列切合当前教育改革需要的高质量的面向就业的职业技术实用型教材。

系列教材

本系列教材主要涵盖以下领域:

- 计算机基础及其应用
- 计算机网络
- 计算机图形图像处理与多媒体
- 电子商务
- 计算机编程
- 电子电工
- 机械
- 数控技术及模具设计
- 土木建筑
- 经济与管理
- 金融与保险

另外,系列教材还包括大学英语、大学语文、高等数学、大学物理、大学生心理健康等基础教材。所有教材都有相关的配套用书,如实训教材、辅导教材、习题集等。

教材特点

为了完善高等职业技术教育的教材体系，全面提高学生的动手能力、实践能力和职业技术素质，特意聘请有实践经验的高级工程师参与系列教材的编写，采用了一线工程技术人员与在校教师联合编写的模式，使课堂教学与实际操作紧密结合。本系列丛书的特点如下：

(1) 打破以往教科书的编写套路，在兼顾基础知识的同时，强调实用性和可操作性。

(2) 突出概念和应用，相关课程配有上机指导及习题，帮助读者对所学内容进行总结和提高。

(3) 设计了“注意”、“提示”、“技巧”等带有醒目标记的特色段落，使读者更容易得到有益的提示与应用技巧。

(4) 增加了全新的、实用的内容和知识点，并采取由浅入深、循序渐进、层次清楚、步骤详尽的写作方式，突出实践技能和动手能力。

读者定位

本系列教材针对职业教育，主要面向高职高专院校，同时也适用于同等学历的职业教育和继续教育。本丛书以三年制高职为主，同时也适用于两年制高职。

本系列教材的编写和出版是高职教育办学体制和运作机制改革的产物，在后期的推广使用过程中将紧紧跟随职业技术教育发展的步伐，不断吸取新型办学模式、课程改革的思路和方法，为促进职业培训和继续教育的社会需求奉献我们的力量。

我们希望，通过本系列教材的编写和推广应用，不仅有利于提高职业技术教育的整体水平，而且有助于加快改进职业技术教育的办学模式、课程体系和教学培训方法，形成具有特色的职业技术教育的新体系。

教材编委会

前 言

在过去的十几年里,移动通信技术获得了巨大的进步,从传统的单基站大功率到蜂窝移动通信系统,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……经过进一步的发展和演变,并随着第三代移动通信技术的实现以及移动通信和互联网的融合,未来无线数据传输速率将高达 2Mbit/s,全球正在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。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。在这种情况下,通信工程等专业的学生和科技人员迫切需要一本移动通信的教材。本书是以作者近十年来为本科生、研究生讲授移动通信的讲稿为基础,参考国内外最新的专著、教材和文献资料,并经过多次修改写成的。

全书共分 7 章,主要讲授现代移动通信的基本概念、基本组成、基本原理、基本技术和典型系统。第 1 章全面概述了移动通信的概念、特点、类型、使用频率与发展历程。第 2 章对移动信道的特性作了较为详细的介绍。第 3 章主要讲述数字移动通信的主要技术:调制技术、编码技术、抗衰落技术等。第 4 章介绍移动通信组网的原理与技术,主要包括区域覆盖方式、多信道共用、频率分配方案、信令系统及网络控制方面的问题。第 5 章和第 6 章分别是目前应用最广泛的典型的第二代数字移动通信系统(GSM 系统和 CDMA 系统)的介绍。第 7 章介绍了第三代移动通信的发展状况,并从我国移动通信技术应用现状和发展情况出发,介绍了当今移动通信领域涉及的关键技术和热点技术,如软件无线电技术、智能天线技术、蓝牙技术、OFDM 技术等。最后对下一代移动通信(后 3G 或称 4G)系统的发展情况进行了简要的介绍。

本书的特点是力求内容的系统性、先进性和实用性。它以系统和技术为中心介绍移动通信的基本原理和基本技术,从我国实际出发,密切结合当前通信科技工程和未来发展的需要,着重介绍新技术,对专业技术的发展有一定的预见性;力求做到资料丰富完备,深浅适宜,条理清楚,论证简明扼要,尽量避免繁琐的数学推导,着重引导读者把基本概念和原理应用于实际。

本书由庞宝茂主编并审阅,第 1、6、7 章由庞宝茂编写,第 3 章由肖刚(西安电子科技大学)编写,杜思深编写第 4 章,翁木云编写第 2 章。全书由庞宝茂修改定稿。

由于移动通信是一个不断推陈出新,不断发展前进的热门领域,限于编者水平和时间有限,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2004 年 3 月

目 录

第 1 章 移动通信概论.....1	复习思考题..... 47
1.1 移动通信的概念与发展历程.....1	第 3 章 移动通信中的主要技术..... 49
1.1.1 移动通信的概念.....1	3.1 数字调制技术..... 49
1.1.2 移动通信的发展.....1	3.1.1 概述..... 49
1.2 移动通信的特点.....2	3.1.2 数字频率调制..... 50
1.3 移动通信的工作方式.....4	3.1.3 数字相位调制..... 55
1.4 移动通信系统的使用频率.....6	3.2 编码技术..... 61
1.5 几种常见的移动通信系统.....7	3.2.1 语音编码技术..... 61
1.5.1 蜂窝移动通信系统.....8	3.2.2 信道编码技术..... 64
1.5.2 无线寻呼系统.....11	3.3 抗干扰和衰落技术..... 68
1.5.3 无绳电话系统.....14	3.3.1 分集接收技术..... 68
1.5.4 集群移动通信系统.....15	3.3.2 自适应均衡技术..... 73
1.5.5 移动卫星通信系统.....21	3.3.3 多径信号的分离与合并..... 76
1.6 移动通信的发展趋势.....22	复习思考题..... 78
复习思考题.....24	第 4 章 移动通信组网原理..... 80
第 2 章 移动信道.....25	4.1 移动通信网络的构成..... 80
2.1 移动信道的电波传播特性.....25	4.1.1 大区制移动通信网..... 80
2.1.1 直射波.....25	4.1.2 小区制蜂窝移动通信网络的构成..... 81
2.1.2 反射波——多径传播理论模型.....26	4.1.3 小区频率配置..... 86
2.2 移动信道的衰落特性.....28	4.1.4 基本网络结构..... 88
2.2.1 快衰落.....28	4.2 多址接入技术..... 89
2.2.2 慢衰落.....32	4.2.1 频分多址(FDMA)..... 90
2.3 数字信号的多径传播特性.....34	4.2.2 时分多址(TDMA)..... 91
2.3.1 时延扩展.....34	4.2.3 码分多址(CDMA)..... 95
2.3.2 相关带宽.....35	4.2.4 FDMA、TDMA 与 CDMA 系统容量比较..... 99
2.4 电波传播路径损耗的预测.....36	4.3 多信道共用技术..... 101
2.4.1 地形地物的分类.....36	4.3.1 话务理论..... 102
2.4.2 移动信道上传播损耗的估算的经验模型.....38	4.3.2 空闲信道的选取..... 104
2.4.3 其他传播环境上的传播损耗.....46	4.4 移动通信中的信令..... 105

4.4.1 数字信令的格式与传输.....106	第 6 章 CDMA 数字蜂窝移动通信系统 152
4.4.2 信令协议的分层结构.....107	6.1 CDMA 技术概况..... 152
4.4.3 SS7 信令.....108	6.1.1 CDMA 技术的优势..... 152
4.5 移动管理技术.....111	6.1.2 CDMA 技术 标准化的发展..... 153
4.5.1 位置管理.....111	6.2 CDMA 技术中的多址码..... 154
4.5.2 越区信道切换.....111	6.2.1 多址码的分类与设计..... 154
复习思考题.....112	6.2.2 伪随机序列(PN 码)..... 155
第 5 章 GSM 数字蜂窝移动通信系统114	6.2.3 Walsh 函数与 Walsh 正交码..... 159
5.1 概述.....114	6.2.4 可变扩频正交码 (OVSF 码)..... 160
5.2 GSM 系统的组成及相关的接口.....115	6.2.5 IS-95 中的多址码设计..... 161
5.2.1 GSM 系统的结构.....115	6.3 CDMA 系统的无线信道..... 163
5.2.2 GSM 系统的接口.....119	6.3.1 正向信道与正向链路..... 163
5.2.3 GSM 系统的业务.....120	6.3.2 反向信道与反向链路..... 168
5.3 GSM 系统中的网络结构 与编号计划.....122	6.4 CDMA 系统的功率控制..... 174
5.3.1 无线覆盖的区域划分.....122	6.5 CDMA 系统的基本组成..... 176
5.3.2 GSM 系统的网络结构.....122	6.6 CDMA 系统的控制管理..... 182
5.3.3 编号计划.....124	6.6.1 登记注册..... 182
5.4 GSM 系统的无线信道与 信号传输.....126	6.6.2 鉴权与加密..... 183
5.4.1 频率配置.....126	6.6.3 越区切换..... 184
5.4.2 GSM 系统的无线信道.....128	6.6.4 漫游..... 186
5.4.3 GSM 系统中的信号传输.....134	6.6.5 CDMA 系统的呼叫处理..... 187
5.5 GSM 系统的安全性管理.....135	复习思考题..... 188
5.5.1 GSM 系统中用户 三参数组的产生.....135	第 7 章 第三代移动通信与移动 通信新技术 190
5.5.2 安全管理措施.....136	7.1 概述..... 190
5.6 GSM 系统的移动性管理.....137	7.1.1 第三代移动通信的发展..... 190
5.6.1 位置管理.....137	7.1.2 第三代移动通信的 目标和要求..... 191
5.6.2 越区切换.....139	7.2 3G 主要标准的技术特点..... 192
5.6.3 呼叫处理.....141	7.2.1 WCDMA 的技术特点..... 192
5.7 GPRS 技术.....142	7.2.2 TD-SCDMA..... 194
5.7.1 GPRS 概况.....143	7.2.3 CDMA 2000 技术特点..... 199
5.7.2 GPRS 系统的结构与功能.....144	7.3.4 其他宽带技术标准..... 201
5.7.3 GPRS 系统的安全性管理.....147	7.3 移动通信新技术..... 202
5.7.4 GPRS 系统的移动性管理.....147	
5.7.5 GPRS 的局限性.....150	
复习思考题.....151	

7.3.1 智能天线技术	202	7.3.6 无线 ATM 及 移动 ATM 技术	222
7.3.2 软件无线电技术	208	7.3.7 市蓝牙技术	224
7.3.3 多用户检测技术	212	7.4 下一代移动通信的发展概况	225
7.3.4 新型的调制技术—— OFDM 技术	214	复习思考题	226
7.3.5 WAP 技术	219	参考文献	227

第 1 章 移动通信概论

1.1 移动通信的概念与发展历程

1.1.1 移动通信的概念

在现代社会中，传统的电话已逐渐无法满足这个分秒必争的社会的需求。所以，如何使电话具有可移动性，达到人类通信的最高目标——个人通信，这是人们的梦想。个人通信是人类通信的最高阶段，而移动通信则是通向个人通信的必经阶段。

移动通信是指通信的一方或双方在移动状态中，或临时停留在某一非预定位置上进行信息传递和交换的方式。这里所说的“信息传递和交换”，不仅指话音，还包括数据、传真和图像等通信业务。移动通信不受时间和空间的限制，其信息交流机动、灵活、迅速可靠，是实现通信理想目标的重要手段。

移动通信技术是一门融合了当代微电子技术、计算机技术、无线通信、有线通信技术以及交换和网络技术的综合性技术。由于近年来大规模集成电路、微处理器、声表面波器件以及数字信号处理、程控交换技术的进步，使移动通信已经趋于完善。

移动通信可按环境、多址方式、服务范围、工作方式及信号形式等不同，进行分类。按使用环境可分为陆上、海上和空中移动通信；按多址方式可分为频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)、码分多址(CDMA)；按服务范围可分为专用网和公众网；按工作方式可分为同频单工、异频单工、半双工和全双工；按信号形式又可分为模拟网和数字网，等等。

移动通信涉及的范围很广，凡是固定体与移动体，或移动体之间通过无线电波进行通信联系，都属于移动通信的范畴。移动通信系统形式多样，如无线寻呼系统、无绳电话系统、蜂窝移动通信系统、集群系统等。限于篇幅，本书主要介绍代表移动通信发展方向、体现移动通信主流技术的公用数字蜂窝移动通信的技术和系统。

1.1.2 移动通信的发展

世界范围的无线移动通信的发展进程可分为 5 个阶段。

第 1 阶段：从 20 世纪 20 年代至 40 年代初，移动通信主要应用于船舶、飞机和汽车等专用无线通信系统及军事通信系统，其使用频率主要是短波，设备采用电子管，并采用人工交换和人工切换频率的控制和接续方式。

第 2 阶段：从 20 世纪 40 年代中期至 60 年代末，主要是用 150MHz VHF 频段，后期又发展到 400 MHz 频段。60 年代晶体管的出现，使移动台向小型化方面进了一大步。美国、日本、英国和西德等国家开始应用汽车公用无线电话系统(IMTS)，同时，专用移动无线电

话系统大量涌现,广泛应用于公安、消防、出租汽车、新闻和调度等方面。此阶段的交换系统已由人工发展为用户直接拨号的专用自动交换系统。

第3阶段:20世纪70年代至80年代,随着集成电路技术、微型计算机和微处理器的发展,以及由美国贝尔实验室推出的蜂窝系统的概念和理论的应用,美国和日本等国家纷纷研制出陆地移动电话系统。具有代表性的有美国的AMPS系统、英国的TACS系统、北欧的NMT系统以及日本的HCMTS系统等。这个时期系统中的主要技术是模拟调频、频分多址,使用频段为800MHz/900MHz(早期曾使用450MHz),称为第一代移动通信系统。这一阶段是移动通信系统不断完善和成熟的阶段,进入80年代后,许多无线系统已经在全世界范围内发展起来,寻呼系统和无绳电话系统不断扩大服务范围,很多相应的标准也应运而生。

第4阶段:20世纪80年代至90年代,随着数字技术的发展,通信、信息领域的很多方面都面临着向数字化、综合化、宽带化方向发展的问題。第二代移动通信系统以数字传输、时分多址和码分多址为主体技术,主要业务包括电话和数据等窄带综合数字业务,可与窄带综合业务数字网(N-ISDN)相兼容。目前国际上已进入商用的数字蜂窝系统,有欧洲的GSM、美国的DAMPS(IS-54,目前用IS-136)、日本的PDC及美国的IS-95等。

第5阶段:20世纪90年代中期至今,随着社会经济的发展以及信息个人化,业务多样化、综合化的趋向,第三代系统移动通信进入了研制阶段。国际电信联盟(ITU)提出的第三代移动通信系统IMT-2000的目的是克服第二代系统因技术局限而无法提供宽带移动通信业务的缺陷。IMT-2000的目标是全球统一频段,统一标准,全球无缝覆盖;实现高质量服务、高保密性能、高频谱效率;提供从低速率的话音到高达2Mbit/s的多媒体业务。世界各地在开发第三代移动通信的进程中形成了北美、欧洲和日本三大区域性集团,它们分别推出了WCDMA、UTRA TDD和宽带CDMA One的技术方案。为实现IMT 2000全球覆盖与全球漫游,这三种技术方案之间在相互作用作出某种折衷,以期相互融合。

2002年初,IMT 2000已经开始了后3G的研究计划(有些人称后3G为第四代移动通信系统)。目前,后3G在高速移动环境支持20Mbit/s还是100Mbit/s,静止环境最高速率是100Mbit/s还是2Gbit/s等,都处于探讨阶段。事实上,虽然对于后3G还没有形成清晰、一致的概念,但新一轮的技术之争已经拉开了序幕。

1.2 移动通信的特点

与其他通信方式相比较,移动通信有如下特点:

(1) 移动通信的电波传播环境恶劣。移动台处于快速运动中,多径传播造成瑞利衰落,使接收场强的振幅和相位快速变化。移动台还经常处于建筑物与障碍物之间,局部场强中值随地形环境而变动,气象条件的变化同样会使场强中值随时间变动。另外,多径传播产生的多径时延扩展,等效为移动信道传输特性的畸变,对数字移动通信影响较大。移动通信电波传播的理论基本模型是超短波在平面上直射波与反射波的矢量合成。

(2) 多普勒频移产生附加调制。由于移动台处于运动状态中,接收信号有附加频率变化,即多普勒频移 f_D 。 f_D 与移动体的移动速度有关。若电波方向与移动方向之间的夹角

为 θ ，则有：

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

其中， v 为移动台运动速度。运动方向面向基站(BS)时， f_D 为正值；反之， f_D 为负值。当运动速度较高时，必须考虑多普勒频移的影响，而且工作频率越高，频移越大。

多普勒频移产生的附加调频或寄生调相均为随机变量，对信号会产生干扰，在高速移动电话系统中，多普勒频移影响300Hz左右的话音，足以产生令人不适的失真；多普勒频移对低速数字信号传输不利，对高速数字信号传输则影响不大。

(3) 移动通信受干扰和噪声的影响。移动通信网是多频道、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。同时，还可能受到天电干扰、工业干扰和各种噪声的影响。

基站通常有多部收发信机同时工作，这是因为服务区内的移动台分布不均匀且位置随时在变化，干扰信号的场强可能比有用信号高几十分贝(如70dB~80dB)。通常将近处无用信号压制远处有用信号的现象称为远近效应，这是移动通信系统中的一种特殊干扰。

在多频道工作的网络中，由于收发信机的频率稳定度、准确度以及采用的调制方式等因素，使相邻或邻近频道的能量部分地落入本频道而产生邻道干扰；在组网过程中，为提高频率利用率，在相隔一定距离后，要重复使用相同的频率，这种同频道再用技术将带来同频干扰。同频干扰是决定同频道再用距离的主要因素。移动通信系统中，还存在互调干扰问题，当两个或多个不同频率的信号同时进入非线性器件时，器件的非线性作用将产生许多谐波和组合频率分量，其中与所需频率相同或相近的组合频率分量会顺利地通过接收机而形成干扰。鉴于上述各种干扰，在移动通信系统设计时，应根据不同形式的干扰，采取相应的抵抗措施。

移动信道中噪声的来源是多方面的，有大气噪声、太阳噪声、银河系噪声以及人为噪声。在30MHz~1000MHz频率范围内，大气、太阳等噪声很小，可忽略，主要应考虑的是人为噪声(各种电气装置中的电流或电压发生急剧变化而形成的电磁辐射)。移动信道中，人为噪声主要是车辆的点火噪声，其大小不仅与频率有关，而且与交通流量有关，交通流量越大，噪声电平越高。

(4) 频谱资源紧缺。在移动通信中，用户数与可利用的频道数之间的矛盾特别突出。为此，除开发新频段外，应该采用频带利用率高的调制技术。例如采用各种窄带调制技术，以缩小频道间隔；在空间域上采用频率复用技术；在时间域上采用多信道共用技术等。频率拥挤是影响移动通信发展的主要因素之一。

(5) 建网技术复杂。移动台可以在整个移动通信服务区域内自由运动，为实现通信，交换中心必须知道移动台的位置，为此，需采用“位置登记”技术；移动台从一个蜂窝小区驶入另一个小区时，需进行频道切换(亦称过境切换)；移动台从一个蜂窝网业务区移入另一个蜂窝网业务区时，被访蜂窝网也能为外来用户提供服务，这种过程称为漫游。移动通信网为满足这些要求，必须具有很强的控制功能，如通信的建立和拆除，频道的控制和分配，用户的登记和定位，以及过境切换和漫游控制等。

1.3 移动通信的工作方式

在移动通信中,按无线通信的使用频率和信息传输方式,其无线电路工作方式可以分为单工制、半双工制和全双工制。

1. 单工制

单工制分为同频单工和异频单工两种。

(1) 同频单工。同频单工是指通信双方使用相同的工作频率(f_1),且通信双方的操作采用“按一讲”(PTT)方式,平时双方的接收机均处于守听状态,如图 1.1 所示。当 A、B 双方的某一方如 A 方要发话时,则按下 A 方的收发控制开关(PTT),这时使发射机处于发射状态,B 方则处于接收状态。B 方要发话时,也同样按下收发控制开关。不论 A 方还是 B 方,在发话时,其接收机都不工作。单工制是一种通信双方只能轮流发送和接收信息的电路工作方式,收发双方只使用一个频率。同频单工的优点是:①移动台之间可直接通话,无需基站转发;②收发时使用同一频率,不需要天线共用装置;③由于收发信机是交替工作的,发信机工作时间相对较短,耗电较少,设备简单,造价便宜。同频单工存在以下缺点:①由于收发皆使用同一频率,当附近有邻近频率的电台工作时,就会造成强干扰;为了避开强干扰的信道频率,要求允许工作信道的频率间隔较宽;②当有两个移动台同时发射时会出现同频干扰;③操作上不方便。

(2) 异频单工。异频单工是指通信双方使用两个不同的频率(f_1, f_2),而双方操作仍采用“按一讲”方式。由于收发采用不同频率,同一部电台的收发信机可以交替工作,也可以同时工作,只用 PTT 开关来控制发射。其优缺点与同频单工基本相同。

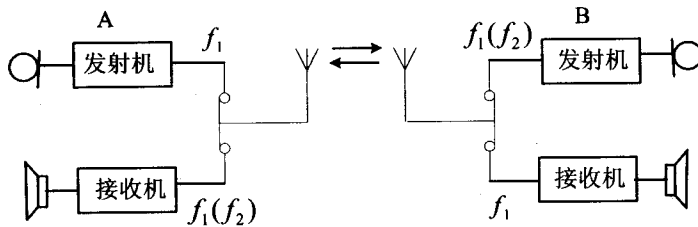


图 1.1 单工通信

2. 半双工制

收发信机分别是用两个不同频率的按键通话方式。如图 1.2 所示,移动台不需要天线共用装置,适合电池容量比较小的设备。这种方式是基站和移动台分别使用两个频率,基站是双工通信,而移动台按键发话,因此称为“半双工”。与同频单工相比较,该方式的优点是:①受邻近电台干扰少;②有利于解决紧急呼叫;③可使基站载频常发,移动台就经常处于杂音被抑制状态,不需静噪调整。缺点是也存在按键操作不便问题。一般专用移动通信系统可采用此方式。

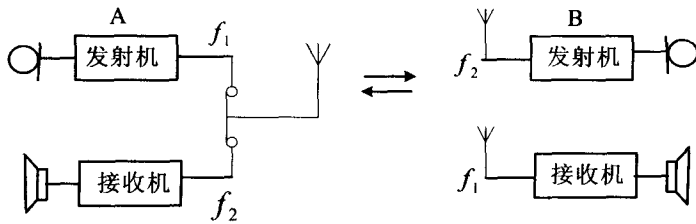


图 1.2 半双工通信

3. 全双工制

通信双方收发信机同时工作，在任一方发话的同时，也能收到对方的话音，无需 PTT 开关。公用移动通信系统一般采用这种方式。全双工制有频分双工(FDD)和时分双工(TDD)两种形式。

(1) 频分双工(FDD)。是一种上行链路(移动台到基站)和下行链路(基站到移动台)采用不同的频率(有一定频率间隔要求)工作的方式。FDD 模式工作在对称的频带上，如图 1.3 所示。此时发射机和接收机能同时工作，能进行不需按键控制的双向对讲，移动台需要天线共用装置。这种方式的优点是：①由于发送频带和接收频带有一定的间隔(10MHz 或 45MHz)，所以可以大大提高抗干扰能力；②使用方便，不需控制收发的操作，特别适用于无线电话系统使用，便于与公众电话网接口；③适宜多频道同时工作的系统；④FDD 模式适合于宏小区、较高功率、高速移动覆盖。该方式的缺点是移动台不能互相直接通话，而要通过基站转接。另外，由于发射机处于连续发射状态，电源耗电量较大。

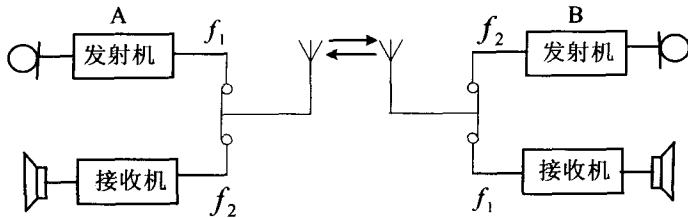


图 1.3 双工通信

(2) 时分双工(TDD)。是一种上行链路和下行链路通过使用不同的时隙来区分的在相同频率上工作的双工方式。TDD 模式是工作在非对称频带上的，物理信道上的时隙分为发射和接收两个部分，通信双方的信息是交替发送的。例如，基站和移动台分别在各自控制器的控制下，以 1ms 发信，1ms 收信的方式进行通话，占据一个频道，提高了频谱利用率，但是其技术也比较复杂。TDD 模式工作于非对称时段；适合于微小区、低功率、慢速移动覆盖；上、下行空间传输特性接近，比较适合采用 SDMA(智能天线)技术。

因此，FDD 和 TDD 是分别适合于不同应用场合的。如果混合采用 FDD 和 TDD 两种模式，就可以保证在不同环境下更有效地利用有限的频率。ITU 在第三代移动通信标准中就采纳了不同工作方式的标准。

1.4 移动通信系统的使用频率

为了有效利用有限的频率，对频率的分配和使用必须服从国际和国内的统一管理，否则就会造成相互干扰和资源浪费。确定移动通信工作频段应该从以下几个方面来考虑：

- (1) 电波传播特性，天线尺寸；
- (2) 环境噪声和干扰的影响；
- (3) 服务区范围、地形和障碍物尺寸以及对建筑物的穿透特性；
- (4) 设备小型化。

根据国际电联(ITU)的规定，1979年划分给移动通信的主要频率范围如表 1.1 所示。

表 1.1 ITU 陆地移动通信的主要频率范围/MHz

29.7~47	47~50(与广播公用)	54~68(与广播公用)
68~74.88	75.2~87	87~100(与广播公用)
138~144	148~149.9	150.05~156.7625
156.8375~174	174~223(与广播公用)	223~328.6
335.4~399.9	406.1~430(陆用为主)	440~470
470~960(与广播公用)	1427~1525	1668.4~1690
1700~2690	3500~4200	4400~5000

按照国际频率分配的规定，1980年我国国家无线电管理委员会规定供陆地移动通信使用的频段如表 1.2 所示。

表 1.2 我国陆地移动通信使用频段

频段名称	频率/MHz
35 MHz 频段	27.5~48.5
80 MHz 频段	72.5~74.6
160 MHz 频段	138~149.9 150.05~167
450 MHz 频段	403~420
900 MHz 频段	798~960

我国无线电管理委员会分配给蜂窝移动通信系统的频率如表 1.3 所示。

表 1.3 我国无线电管理委员会分配给蜂窝移动通信的频率

系统或使用部门	上行频率/MHz	下行频率/MHz
中国联通 CDMA	825~835	870~880
中国移动 GSM900	890~909	935~954
中国联通 GSM900	909~915	954~960

续表

系统或使用部门	上行频率/MHz	下行频率/MHz
中国移动 DCS1800	1710~1720	1805~1815
中国联通 DCS1800	1745~1755	1840~1850

150MHz、450MHz、900MHz、1800MHz 频段在使用时的收发频率间隔分别为：150MHz 段的收发频率间隔为 5.7MHz；450MHz 段的收发频率间隔为 10MHz；900MHz 段的收发频率间隔为 45MHz；1800 MHz 段的收发频率间隔为 95 MHz。

可见，在陆地移动通信中，现在主要使用甚高频(VHF)频段(30MHz~300MHz)和特高频(UHF)频段(300MHz~3000MHz)。

为满足公众陆地移动通信的要求，在选择频率时必须考虑满足个人通信系统(PCS)的需要。1GHz 以下只剩下少量离散频带，1GHz~3GHz 频段中，既有丰富的频率资源，又适合于微小区的电波传播，适合发展 PCS。1992 年世界无线电管理大会(WARC' 92)为移动通信业务和卫星移动业务划分或扩展了新的工作频段，以支持个人通信的发展。频谱分配如下：

1. 未来移动通信频段

(1) 1710MHz~2690MHz 在世界范围内灵活应用，鼓励移动业务使用。

(2) 1885MHz~2025MHz 和 2110MHz~2200MHz 用于 IMT2000 系统和发展世界范围的移动通信。

2. 卫星移动通信频段

(1) 137MHz~138MHz、400.15~4.1MHz(下行)和 148MHz~149.9MHz(上行)用于小低轨道卫星移动业务。

(2) 1610MHz~1626.5MHz(上行)和 2483.5MHz~2500MHz(下行)用于大低轨道卫星移动业务。

(3) 1980MHz~2010MHz(上行)和 2170MHz~2200MHz(下行)用于第三代移动通信的卫星业务。

各国在应用 800MHz/900MHz 频段大容量模拟和数字蜂窝移动通信的基础上，目前正在开发 1GHz~3GHz 频段能够用于个人通信的移动通信设备。WARC'92 频谱分配将增加新的频率资源，降低系统间干扰，极大地促进移动通信技术发展的进程。

1.5 几种常见的移动通信系统

随着移动通信应用范围的扩大，移动通信系统的类型也越来越多。下面将分别简述几种典型的移动通信系统。

1.5.1 蜂窝移动通信系统

1. 蜂窝移动通信系统的组成

蜂窝移动通信系统要实现移动用户与市话用户、移动用户与移动用户，以及移动用户与长途用户之间的通信，必须具备无线传输、有线传输以及信息的收集、处理和存储等功能，使用的主要设备有无线收发信机、交换控制设备和移动终端设备等。图 1.4 是典型的蜂窝移动通信系统示意图。移动通信网包括交换网络子系统、基站子系统和大量移动用户终端。移动通信服务区是由许多正六边形小区组成的，呈蜂窝状。移动通信网通过接口与公众通信网互联。

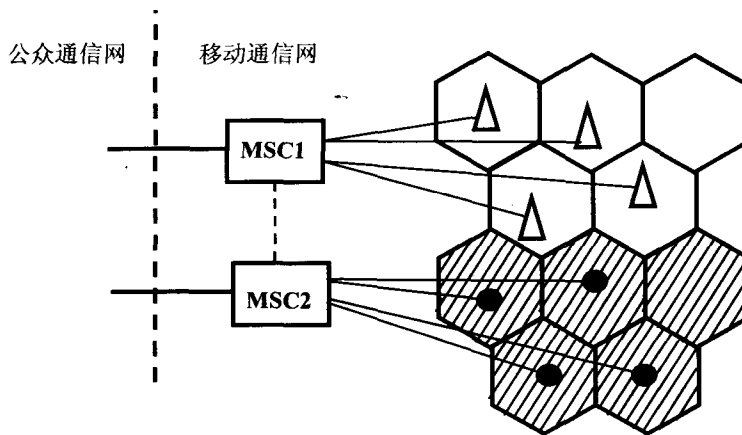


图 1.4 蜂窝移动通信系统组成示意图

(1) 交换网络子系统(NSS)。交换网络子系统包括移动交换中心(MSC)、拜访位置寄存器(VLR)、归属位置寄存器(HLR)、鉴权中心(AUC)、操作管理中心(OMC)和短消息中心(SME)等部分。它是移动通信系统的集中控制与交换中心，也是与公众网的接口。MSC 负责交换移动台(MS)各种类型的呼叫；提供连接维护管理中心的接口；通过标准接口与基站和其他 MSC 相连。移动交换中心控制的区域称为 MSC 控制区。MSC 还具有支持移动台越区切换、MSC 控制区之间的漫游以及计费功能等。

(2) 基站子系统(BSS)。基站子系统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)。它负责管理无线资源，实现固定网与移动网之间的通信连接，传送系统信号和用户信息。BSC 单元用来与 MSC 进行数据通信，与移动台(MS)在无线信道上进行数据传输。BTS 属于 BSS 的无线部分，由基站控制器(BSC)控制，服务于某个小区的无线收发信设备，完成 BSC 与无线信道之间的转换，实现 BTS 与 MS 之间通过空中接口的无线传输及相关的控制功能。BTS 主要由基带部分、载频单元、控制单元三大部分组成，一个 BTS 含有若干个收发信单元(TRX)，其数目与分配给该小区的载频数相同，它与需要同时通话的用户数有关。BSS 与 MSC 之间采用 PCM 链路传输数据信号，有时也可利用光缆或数字微波中继方式传输。

(3) 移动台(MS)。移动台是移动通信系统不可缺少的组成部分，有车载式、手持式、