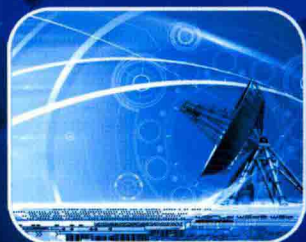




普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21世纪高职高专电子信息类规划教材

移动通信设备原理与维修

第2版



赠电子课件、习题解答
及模拟试卷

李延廷◎主编



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21世纪高职高专电子信息类规划教材

移动通信设备原理与维修

第2版

主 编 李延廷
参 编 冯跃跃 贾 跃 刘德国
主 审 江金环

机械工业出版社

本书分三篇,共九章。基础篇内容包括移动通信概述、移动通信信道特性、移动通信组网技术、数字移动通信系统及数字移动电话机;维修篇内容包括移动通信设备维修基础知识、GSM和CDMA手机维修;实训篇包括移动通信设备维修基本技能训练、GSM和CDMA手机故障维修。同时,为便于教学和自学,基础篇和维修篇各章都附有习题,实训篇的各实验均附有总结与思考。

本书具有较强的系统性、实用性与先进性,强调对学生实践能力的培养,并且注重科学性与通俗性的有机结合。

本书可作为高职高专院校及中等职业学校电子信息工程专业、应用电子技术专业、通信专业及相关专业教材,也可作为同类培训教材及通信专业工程技术人员、手机维修人员等的参考书。

本书备有电子课件、习题解答及模拟试卷,凡选用本书作为教材的学校均可来电索取,咨询电话:010—88379564。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信设备原理与维修/李延廷主编. —2版.
—北京:机械工业出版社,2011.5(2014.1重印)
普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 21世纪高
职高专电子信息类规划教材
ISBN 978-7-111-34294-6

I. ①移… II. ①李… III. ①移动通信-通信设备-
理论-高等职业教育-教材②移动通信-通信设备-维修
-高等职业教育-教材 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第074755号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:于宁 责任编辑:于宁 曹雪伟
版式设计:霍永明 责任校对:吴美英
封面设计:陈沛 责任印制:杨曦
保定市中国画美凯印刷有限公司印刷
2014年1月第2版·第2次印刷
184mm×260mm·19印张·9插页·465千字
3 001—5 000册
标准书号:ISBN 978-7-111-34294-6
定价:38.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

PREFACE

本教材第1版自2003年3月出版以来,得到了许多社会同仁的支持和帮助,具有一定的社会认可度。但由于移动通信技术发展迅速、移动终端设备更新换代较快,因此急需对第1版教材进行适当的修改或增补一些新内容。与第1版相比,第2版教材主要增加了GPRS移动通信、第三代移动通信、CDMA手机、频谱分析仪、CDMA手机综合测试仪、CDMA手机解锁等方面的知识或技能,删除了无线寻呼接收机、无线寻呼接收机维修方面的内容。第2版教材采用与第1版教材大致相同的层次结构框架,力求能够切实反映移动通信技术发展情况,能够继续保持高职高专教育特色,能够有利于更好地培养符合社会需求的高技能专业人才。

本教材是根据高职高专院校移动通信课程的教学要求和用户通信终端维修员考核大纲编写的。它以高职高专院校的学生培养目标为基本出发点,充分反映高职高专院校的教育思想、教学方法与教学手段,突出对学生实践能力的培养。

本教材的显著特点是它的实用性、先进性及理论与实践的统一性,且在讲解中力求做到科学性与通俗性的有机结合。本教材共分三篇,第一篇是第二篇和第三篇的基础,第二篇和第三篇又紧密相连,不可分割,这三篇形成一个有机的、统一的整体。

本教材第一章由北京信息职业技术学院的冯跃跃与华北科技学院的刘德国共同编写;第二、三章由北京信息职业技术学院的冯跃跃编写;第四章由北京信息职业技术学院的李延廷与华北科技学院的刘德国共同编写;第五章由北京信息职业技术学院的贾跃和李延廷共同编写;第六~九章由北京信息职业技术学院的李延廷编写。全书由李延廷担任主编,负责统稿。北京工业大学数学与物理工程学院的江金环博士担任主审。

本教材可作为高职高专院校与中等职业学校电子信息工程技术专业、应用电子技术专业、通信专业及相关专业的教材,也可作为同类培训教材及移动通信技术人员或手机维修人员等的参考书。本教材的参考学时数为120学时。

由于作者水平所限,且时间仓促,本教材难免有不妥和错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

CONTENTS

前言

基 础 篇

第一章 移动通信概述	1	第四节 GSM 数字移动通信系统	45
第一节 移动通信的发展概况	1	第五节 窄带 CDMA 数字移动通信系统	52
第二节 我国移动通信的发展简介	4	第六节 GPRS 移动通信系统	59
第三节 移动通信系统的基本组成	4	第七节 第三代移动通信系统	66
第四节 移动通信的特点和分类	5	本章小结	75
第五节 移动通信系统的工作方式	8	习题	76
本章小结	10	第五章 数字移动电话机	77
习题	10	第一节 SIM 卡简介	77
第二章 移动通信信道特性	11	第二节 GSM 手机基本原理	78
第一节 移动通信的电波传播方式	11	第三节 摩托罗拉 GC87/GC87C 型手机	
第二节 移动通信信道的传输衰减	12	工作原理	80
第三节 干扰	15	第四节 爱立信 GH388/398 型手机工作	
第四节 噪声	19	原理	96
本章小结	20	第五节 诺基亚 5110/6110 型手机工作	
习题	20	原理	107
第三章 移动通信组网技术	21	第六节 摩托罗拉 V998 型手机工作	
第一节 频率管理和有效利用技术	21	原理	112
第二节 移动通信系统的区制	24	第七节 摩托罗拉 L2000 型手机工作	
第三节 信道的配置与选取	27	原理	121
第四节 移动通信交换技术	30	第八节 三星 SGH600 型手机工作	
本章小结	34	原理	127
习题	35	第九节 三星 A399 型手机工作原理	135
第四章 数字移动通信系统	36	第十节 诺基亚 N73 型手机工作原理	149
第一节 数字移动通信系统概述	36	本章小结	170
第二节 数字移动通信技术	38	习题	170
第三节 数字移动通信系统的编号方案	43		

维 修 篇

第六章 移动通信设备维修基础知识	171	第三节 频谱分析仪	177
第一节 移动通信设备常用元器件	171	第四节 LABTOOL—48 型编程仪	179
第二节 常用的维修工具与仪器	176	第五节 GSM 手机测试仪	182
		第六节 CDMA 手机综合测试仪	186

第七节 移动通信设备电路识图和 维修流程·····	190	第五节 三星 SGH600 型手机故障 维修·····	225
第八节 GSM 和 CDMA 手机维修方法 ·····	192	第六节 三星 A399 型手机故障维修 ·····	242
第九节 表面贴装元器件的焊接技术 ·····	194	第七节 诺基亚 N73 型手机故障维修 ·····	250
本章小结·····	195	第八节 GSM 和 CDMA 手机解锁技巧 ·····	257
习题·····	196	第九节 GSM 和 CDMA 手机假故障维修 ·····	261
第七章 GSM 和 CDMA 手机维修 ·····	197	第十节 GSM 和 CDMA 手机特殊故障 维修·····	263
第一节 GSM 和 CDMA 手机故障类型 ·····	197	本章小结·····	266
第二节 GC87/87C 型手机故障维修 ·····	200	习题·····	266
第三节 GH388/398 型手机故障维修 ·····	215		
第四节 诺基亚 5110/6110 型手机故			

实 训 篇

第八章 移动通信设备维修基本技能			
训练 ·····	267	件故障维修·····	279
实训一 移动通信设备常用元器件的 识别与焊接·····	267	实训九 诺基亚 5110/6110 型手机不开 机故障维修·····	280
实训二 球栅阵列封装元器件的焊接·····	268	实训十 诺基亚 5110/6110 型手机不入 网故障维修·····	281
实训三 频谱分析仪的使用·····	268	实训十一 诺基亚 5110/6110 型手机外部 接口部件故障维修·····	282
实训四 LABTOOL—48 型编程仪的 使用·····	269	实训十二 三星 SGH 600 型手机不开机故 障维修·····	282
实训五 GSM 手机测试仪的使用 ·····	271	实训十三 SGH 600 型手机不入网故障 维修·····	283
实训六 CDMA 手机综合测试仪的 使用·····	272	实训十四 SGH 600 型手机外部接口 部件故障维修·····	284
实训七 摩托罗拉维修卡的使用·····	272	实训十五 A399 型手机不开机故障 维修·····	285
第九章 GSM 和 CDMA 手机故障		实训十六 A399 型手机不入网故障 维修·····	285
维修 ·····	274	实训十七 A399 型手机外部接口部件 故障维修·····	286
实训一 GSM 和 CDMA 手机的拆装和 主要元器件识别·····	274	实训十八 N73 型手机不开机故障维修 ·····	287
实训二 GSM 和 CDMA 手机软件故 障维修·····	275	实训十九 N73 型手机不入网故障维修 ·····	288
实训三 GC87/87C 型手机不开机故 障维修·····	275	实训二十 N73 型手机外部接口部件 故障维修·····	288
实训四 GC87/87C 型手机不入网故 障维修·····	276	实训二十一 进水手机的维修·····	289
实训五 GC87/87C 型手机外部接口部 件故障维修·····	277	实训二十二 电路板铜箔脱落手机的 维修·····	290
实训六 GH388/398 型手机不开机故 障维修·····	278	实训二十三 GSM 和 CDMA 手机的解锁 ·····	290
实训七 GH388/398 型手机不入网故 障维修·····	278	附录 手机电路中的中英文对照表 ·····	292
实训八 GH388/398 型手机外部接口部		参考文献 ·····	295

基础篇

第一章 移动通信概述

通信就是信息交流。随着社会的发展，人们对通信的要求也越来越高，即希望无论何时何地都能及时可靠地实现与他人的通信。为此，在大力发展固定通信的同时，更需要积极发展移动通信。

移动通信是在运动中完成用户之间的实时通信，包括移动用户之间的通信及固定用户与移动用户之间的通信。移动通信是固定通信的延伸，也是人类实现理想通信的不可缺少的手段。由于移动通信采用无线方式，具有机动、灵活的特点，所以在军事、生产实践及社会活动中得到了日益广泛的应用。

移动通信涉及的技术广泛，是电子技术、计算机技术和通信技术的综合。这体现在基站与移动台的收发信机、移动交换局的程控交换机、基站与移动交换局间的有线或无线链路等许多方面。近年来，大规模集成电路、射频集成电路、微处理器、声表面波滤波器、数字信号处理与程控交换技术的发展，大大促进了移动通信设备的小型化、智能化与功能多样化，并使系统向大容量和多功能方向发展。

第一节 移动通信的发展概况

移动通信出现于 20 世纪初，但真正的发展却开始于 20 世纪 40 年代中期。从那时起，移动通信的发展大体可分成四代，下面将分别加以介绍。

一、第一代移动通信系统

从 1946 年美国使用 150MHz 单工汽车无线电话开始到 20 世纪 90 年代初，主要发展第一代移动通信系统。这代移动通信系统发送的信号都是模拟的，所以称模拟移动通信系统。它的发展可分为三个主要阶段。

1. 初级阶段

从 1946 年到 20 世纪 60 年代中期。在此期间，开始出现公用移动通信业务。1946 年在美国圣路易斯城建立了世界上第一个公用汽车电话系统。随后，原联邦德国（1950 年）、法国（1956 年）、英国（1959 年）等国家相继研制了类似的公用汽车电话系统。这个阶段的移动通信系统大多工作在 150MHz 和 450MHz 频段上，一些东欧国家的移动通信系统工作在 330MHz 频段上，信道间隔为 50 ~ 100kHz。

这一阶段移动通信系统的主要技术特点是：采用大区制；用人工方式进行电话接续；用户少，系统的容量小，频谱利用率低；设备中采用的是电子管，体积大、耗电多。

2. 中级阶段

从 20 世纪 60 年代中期至 70 年代中期。在 1964 年, 美国研制出改进型移动电话系统 (IMTS), 工作于 150MHz 频段上, 属于中等容量的通信系统。在 1969 年又将 IMTS 的工作频段扩展到 450MHz。同期, 还有原联邦德国推出的 MATS—B2 系统, 法国推出的 PARIS—1 系统等。由于频率合成器的出现, 移动通信系统的信道频率间隔由 50 ~ 100kHz 缩小至 25 ~ 30kHz, 信道数量大大增加, 且众多用户可以共用无线信道, 使得频谱利用率有较大提高。

这一阶段移动通信系统的主要技术特点是: 仍采用大区制; 能自动选取频道并接续到公用电话网, 实现了用户的全自动拨号; 由于晶体管替代了原来的电子管, 使移动台小型化; 工作频段向高频段发展, 涌现了大量专用移动通信系统, 如公安、消防、出租汽车、新闻、调度等移动通信系统; 用户容量增加到中等容量。

3. 大规模发展阶段

20 世纪 70 年代中期至 80 年代末期。在这个阶段, 移动通信开始蓬勃发展, 蜂窝移动通信系统成为实用系统。蜂窝移动通信系统的实现依赖于多方面的技术进步: 首先, 微电子技术的进步使移动通信设备小型化成为可能; 其次, 提出小区制建网模式, 实现了频率复用, 大大提高了频谱利用率和系统容量。此外, 微处理器技术和计算机技术的迅速发展, 为大型通信系统的管理和控制提供了可靠的技术手段。

在 1978 年底, 美国贝尔实验室研制成功了先进型移动电话系统 (AMPS), 建成了蜂窝移动通信网, 1983 年 AMPS 投入使用。其他发达国家也相继开发出各自的蜂窝移动通信系统, 如日本于 1979 年推出 800MHz 大容量汽车电话系统, 北欧四国于 1980 年开发出 450MHz 频段移动电话系统 (NMT—450), 原联邦德国于 1984 年完成 450MHz 频段移动电话系统 (C 系统), 英国于 1985 年开发出 900MHz 频段全向接入通信系统 (TACS) 等。

这一阶段移动通信系统的主要技术特点是: 出现了蜂窝状 (正六边形) 小区, 解决了频率复用问题, 提高了频谱利用率, 使陆地公用移动通信系统得到飞速发展; 用户容量得到很大提高, 一个系统的用户数可达几十万; 频段从 450MHz 发展到 900MHz, 并向着更高频段发展, 频道间隔越来越小, 使信道数量进一步增加; 采取集中控制交换, 按需分配, 提高了信道利用率; 话音质量接近市话标准; 大规模集成电路的应用, 使移动台的体积和重量大大缩小, 功率也降低许多。

总之, 移动通信发展到这个阶段, 技术上已经成熟。由于大规模集成电路及微处理器的大量应用, 使模拟移动通信系统呈现出应用范围广、形式丰富的多样化局面。以 AMPS 和 TACS 为代表的移动通信系统是模拟移动通信系统。模拟移动通信系统虽然获得很大成功, 但也暴露出许多不足, 如系统容量不能满足日益增长的用户需求、频谱利用率低、业务种类受限制、安全保密性能差及设备价格高等。解决这些问题的根本办法是采用新一代数字蜂窝移动通信系统。

二、第二代移动通信系统

第二代移动通信系统属于数字移动通信系统。早在 20 世纪 70 年代末, 一些发达国家就已开始研制第二代移动通信系统。从 20 世纪 80 年代中期开始, 第二代移动通信得到了发展和应用。第二代移动通信系统由于采用了多种数字技术, 使得系统具有频谱利用率高、系统容量大、可提供多种形式的服务、与 ISDN 兼容性强等优点。

1982 年欧洲成立了移动通信特别小组 (Group Special Mobile, GSM) 研制第二代蜂窝系

统；1989年对其研制的GSM系统进行认证实验；1990年GSM更名为全球移动通信系统（Global System for Mobile Communication）并开始试运行；1991年正式使用。美国于1987年着手研究数字系统方案，1992年北美先进的数字移动通信系统（DAPMS）投入使用。在1993年，日本的个人数字蜂窝通信系统（PDC）投入使用。上述3种系统都采用时分多址（TDMA）技术。同期，一些国家也开始研制码分多址（CDMA）的数字移动通信系统。采用码分多址（CDMA）的数字移动通信系统具有更大的容量。在20世纪90年代中期，窄带CDMA数字蜂窝系统（IS-95系统）已开发成功。此外，在20世纪90年代末期，卫星移动通信系统也投入使用。

随着移动通信技术的发展和用户对系统传输能力要求的提高，每秒几千比特的数据传输能力已不能满足一些用户的需要，而新的技术（如IP等）又不能有效地实现。在此情况下，开始出现了具有更高传输速率的GSM升级系统，如通用分组无线业务（GPRS）系统和增强型数据业务（EDGE）系统，并成为向第三代移动通信系统过渡的中间技术。

三、第三代移动通信系统

1985年国际电信联盟（ITU）提出了未来公用陆地移动电话系统（1996年更名为IMT-2000）发展的具体设想。许多国家或大公司对此非常重视，都积极开展第三代移动通信技术的研究。目前，中国、欧洲、美国、韩国、日本等向ITU提交了许多个第三代移动通信系统（3G）标准。其中，欧洲/日本提出的WCDMA、以美国高通公司为代表的CDMA2000及以中国大唐电信集团为代表的TD-SCDMA被ITU确定为3G主流标准。

第一个开通第三代移动通信业务的运营商是日本的NTT DoCoMo，它采用WCDMA标准，业务名称为FOMA，可向用户提供包括话音、数据及多媒体等在内的多种业务。目前，已经建立3G系统并商用的国家有中国、美国、日本、德国及韩国等国家。

第三代蜂窝移动通信系统是传输速率可达2Mbit/s的宽带系统。其要实现的基本目标是统一全球标准，具备多媒体传输能力，增加分组交换业务和非对称传输模式，加强数据传输能力，能获得更佳的传输质量，提高频谱利用率和手机的使用寿命等。

四、第四代移动通信系统

第四代移动通信系统（4G）是宽带接入和分布式的网络，具有非对称的超过100Mbit/s的室外数据传输速率和1Gbit/s的室内数据传输速率。该系统包含宽带无线固定接入网络、宽带无线局域网、移动宽带系统及互操作的广播网络等，是一个多功能的宽带移动通信系统，也是宽带接入的IP系统。

目前，有不少国家（或组织）正在积极开展4G技术研究工作。IEEE在1999年开始研究4G技术，其目标是获得符合ITU对4G技术要求的、具有竞争性与突破性的宽带无线接入技术；3GPP（3rd Generation Partnership Project）组织在2004年11月启动LTE（Long Term Evolution）研究工作，2007年11月基本完成LTE（R8）标准的制定，2008年3月完成配套的测试规范，原计划在2010年左右实现商用；中国在2001年启动4G研究计划，2006年10月完成4G外场测试，原计划在2010年前进行商业化运行测试；欧洲在2001年启动4G的研究工作，在2008年进行演示系统的开发和实验，原计划在2010年开始投入应用；日本在2001年启动4G基础发展计划，在2008年完成技术标准和系统的规定，原计划在2010年开始投入应用；韩国在2002年启动4G发展计划，在2007年研发出主要的4G核心技术和实验系统。目前，第四代移动通信系统仍未商用。

第二节 我国移动通信的发展简介

我国的移动通信虽然起步较晚，但其发展进程大体与国外相似。通过半个多世纪的发展过程可看出，我国的移动通信具有发展迅速、规模大、技术实力逐步增强的特点。

在 20 世纪 50 ~ 60 年代，主要在航空、海事、军事、铁路列车无线调度等专用移动通信系统上进行开发和研究，其特点是系统规模小、工作频率低、设备体积大。20 世纪 70 ~ 80 年代，晶体管与集成电路的使用，使专用移动通信系统得到了广泛应用。20 世纪 80 年代初，我国自行设计的小容量 8 信道 150MHz 公用移动电话系统在上海投入使用，这是我国公用移动通信的开端。从 20 世纪 80 年代中期开始，由于实施改革开放政策，移动通信得以高速发展。1984 年在广州、上海开通无线寻呼业务，到 1994 年突破 1000 万用户。1987 年开始组建蜂窝移动电话系统，1989 年从国外引进 900MHz TACS 系统，从而正式开始开展模拟移动通信业务。

1992 年原中国电信引进 GSM 系统。1994 年开始在全国各地陆续开通了 GSM 数字移动电话业务。1995 年原中国联合通信有限公司进入移动通信市场，并在全国各地逐步开通 GSM 数字移动电话业务，促进了 GSM 蜂窝移动电话用户数量的增长。2001 年 9 月，原中国联合通信有限公司建成 CDMA 1. X 系统，并于 2001 年 10 月正式商用。

在 2000 年 12 月，中国移动通信集团公司启动 GPRS 网络（即移动梦网）的建设，并在 2001 年 10 月正式商用，标志着中国移动通信进入 GPRS 网络时代（2.5G）。

在 2000 年 5 月，国际电信联盟（ITU）正式将我国的 TD-SCDMA 列为 3G 主流无线传输标准。TD-SCDMA 的成功结束了中国在电信标准领域的空白，为我国的移动通信制造业提供了良好的发展机会。随着 2007 年 1 月，中国工信部批准 3 张 3G 牌照，中国移动通信集团公司正式开始提供基于 TD-SCDMA 技术制式的 3G 移动通信业务，中国电信集团公司开始提供基于 CDMA2000 技术制式的 3G 移动通信业务，中国联合网络通信集团公司开始提供基于 WCDMA 技术制式的 3G 移动通信业务。

虽然我国的移动通信起步较晚，但发展速度较快。从 1987 年蜂窝移动网投入运营以来，用户数量增长迅速。目前，中国移动用户的数量已跃居世界第一位。在早期，我国使用的移动通信设备大部分都是国外公司的产品。20 世纪 90 年代末期，在市场上开始出现国产手机，但所占市场份额却较少。从 1997 年开始，以华为、中兴、大唐及广东金鹏集团等为代表的一批国内通信设备制造商成功研制出一系列拥有自主知识产权的 GSM 和 CDMA 系统设备，打破了国外移动通信设备的垄断地位，使我国的移动通信产业整体技术水平得到较大提高。我们有理由相信，在巨大的移动通信市场和新技术的驱动下，我国的 3G 和 3G 后时代的移动通信产业将会得到巨大的发展与突破，我国的移动通信技术及其产业也将在世界上占有重要的地位。

第三节 移动通信系统的基本组成

移动通信系统（即移动通信网）一般由移动台（MS）、基站（BS）、移动交换中心（MSC）以及与公用市话网（PSTN）相连接的中继线等组成，如图 1-1 所示。

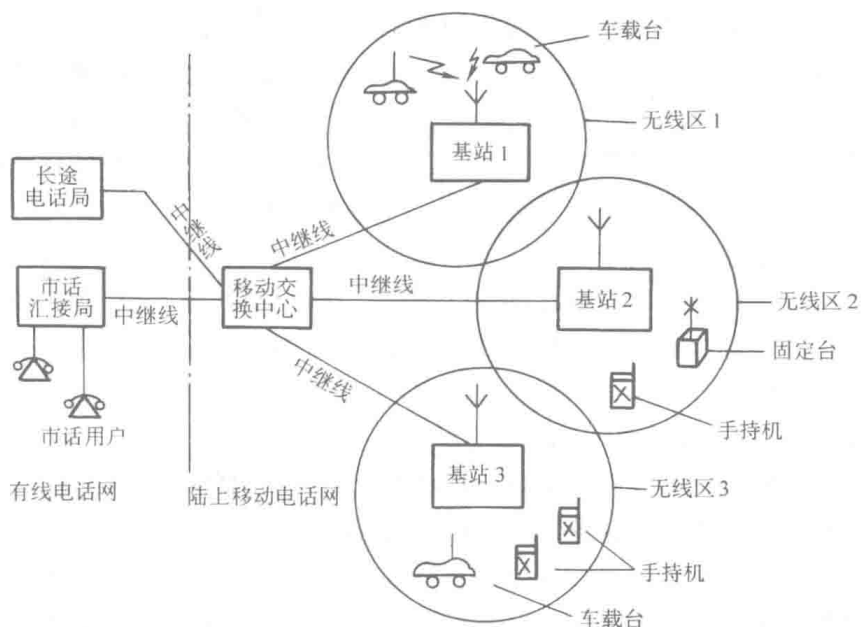


图 1-1 移动通信系统的组成

移动台和基站都设有收、发信机及天线等设备。移动台可分为手持机和车载台，其作用是与基站进行通信。每个基站有一个进行可靠通信的服务区域，称为无线区。基站是无线区组织管理的核心，它负责与该区域内所有移动台进行通信。无线区的大小主要由发射机的功率和基站天线的有效高度等决定。移动交换中心主要用来处理信息的交换和集中控制管理整个系统。

由图 1-1 可看出，通过基站和移动交换中心就可以实现整个服务区内任意两个移动用户之间的通信，从而构成一个自成系统的移动电话系统；也可以经过中继线与市话局连接，实现移动用户与市话用户之间的通信，从而形成一个有线与无线相结合的移动通信系统。

实际上，图 1-1 所示的移动通信系统是一个三级网。如果将移动交换中心分开为控制中心和交换中心，这个三级网就将变成四级网。如果将交换控制中心并于基站，则三级网将变为结构较简单的二级网。如果整个系统仅由移动台组成，那么移动通信系统将成为最简单的一级网。

第四节 移动通信的特点和分类

一、移动通信的特点

移动通信是通信双方或至少有一方处于运动状态中进行的信息传输和交换。由于移动通信中的移动台处于不断的运动状态，决定了移动通信有以下主要特点。

1. 采用有线与无线相结合的通信方式

在进行移动通信时，移动台要在一定范围内运动决定了移动通信必然采用无线通信与有线通信相结合的方式，而不能单一地采用有线通信。

2. 电波传播条件恶劣

移动通信依靠无线电波进行通信,通信的质量依赖于电波传播条件。电波传播损耗除了与收发天线的距离有关外,对于陆地移动通信,还与传播途径中的地形地物紧密相关,如城市中的高大建筑物等。这些地形地物阻碍了直射波的到达,使得接收信号是各种反射波、折射波和绕射波的叠加。由于障碍物的阻碍和多径衰落的影响,接收信号场强随地点变化而变化。移动台移动时,接收信号存在严重的衰落,在数米内的衰落深度可达30dB以上。衰落深度与移动台移动速度有关,对于高速运动的移动台,则衰落深度更大。因此移动通信中要采用多种抗衰落技术。此外,移动台移动时,还存在多普勒频移现象。多普勒频移就是由于发射机和接收机相对位置的变化而造成的接收机接收频率发生变化的现象。多普勒频移可造成接收机接收频率不稳定,影响通信质量。

3. 存在频率资源有限与用户日益增多的矛盾

无线电频谱是一种宝贵的资源,国际电信联盟(ITU)和各国都规定了用于移动通信的频段。由于移动通信的迅速发展,这些频段已越来越拥挤,怎样在拥挤的频段内满足用户迅速增多的需求是移动通信必须解决的一个主要问题。在移动通信中采取了许多方法用以扩大通信容量,如频率复用、多信道共用、窄带调制技术及发展数字移动通信系统等。此外,在移动通信的发展中,不断地开拓新的、更高的频段,也是解决问题的一个方法。

4. 移动通信组网复杂

移动通信系统远比固定通信系统复杂。在移动通信系统中除了要有交换设备外,由于移动台可以在整个移动通信区域中自由移动,所以移动交换中心要随时知道移动台的位置,并对移动台的位置进行登记。在小区制移动通信系统中,移动台从一个小区移动到相邻的另一个小区要进行越区切换。移动台除能在归属移动交换中心辖区内进行通信外,还要能在非归属移动交换中心辖区内进行通信,即具有漫游功能。移动通信系统还要和固定通信系统连通。这样移动通信系统除了要具有固定通信系统的功能外,还要加上许多固定通信系统不具备的功能,使移动通信系统的组网更加复杂。

5. 干扰严重

除多径衰落影响外,在移动通信中还有许多干扰。由于频率复用而产生的同频道干扰可能对使用同频道的接收机造成一定的影响。邻道干扰在电平比较高时将邻道的接收机造成较严重的影响。基站要与许多个移动台同时通信,基站在接收弱信号时,近距离移动台发射的信号可能对基站接收机造成较强的干扰。在大城市中,还存在各种比较严重的电磁干扰。因此移动通信系统的接收机要具有良好的抗干扰能力。

6. 移动台应体积小、低功耗

由于移动的原因,需要移动台便于携带和省电。此外还要求移动台能防震、防冲击、防水、耐高低温等,并且操作简便,便于用户使用。

二、移动通信的分类

1. 移动通信的不同分类方法

根据不同的特征,移动通信有多种分类方法。

1) 按使用环境不同可分为陆地移动通信、海上移动通信和航空移动通信。作为特殊使用环境,还有地下隧道、矿井、水下潜艇和太空等移动通信。

2) 按使用对象不同可分为公用移动通信和专用移动通信。公用移动通信是邮电部门经营的移动通信,服务于社会各阶层人士。专用移动通信是为保证某部门单独的通信联系而建

立的,如公安、消防、急救、地震、防汛、铁路等部门使用的移动通信。

3) 按组网方式不同可分为大区制和小区制。

4) 按工作方式不同可分为单工制、半双工制和双工制。

5) 按传输的信号形式不同可分为模拟移动通信和数字移动通信。

6) 按使用的多址方式不同可分为频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA)等。

7) 按接入方式不同可分为频分双工(FDD)和时分双工(TDD)。

2. 主要的移动通信系统

(1) 无线寻呼系统 无线寻呼系统是一种单向传输简单信息的选择呼叫系统。该系统建网费用低、规模小、实用,由于解决了有线固定通信不能解决的紧急寻呼用户的问题,得到了迅速发展。随着技术的发展,无线寻呼系统的数据传输速率越来越快,从512bit/s、1200bit/s提高到2400bit/s、3600bit/s以至6400bit/s,为不断扩大用户数量创造了条件。寻呼区域从区域寻呼发展到全国联网寻呼,能传输的信息种类也越来越多,从简单的寻呼发展到能传输多种短信息。寻呼机的体积与重量不断减小,便于携带。目前,在我国无线寻呼系统已基本上退出市场。

(2) 公用蜂窝移动通信系统 这是全球发展最迅速的移动通信系统,是一种小区制大容量系统。采用自动拨号双工工作方式,与公用电话系统(PSTN)相连,移动用户之间、移动用户与固定电话用户之间可方便地相互呼叫。早期的蜂窝移动通信系统是模拟系统,采用FDMA。当前主流的移动通信系统为数字蜂窝移动通信系统,包括采用TDMA与FDMA相结合的TDMA数字蜂窝移动通信系统和采用CDMA与FDMA或TDMA相结合的CDMA数字蜂窝移动通信系统。

(3) 公用无绳电话系统 无绳电话是移动电话的又一种形式。早期的无绳电话是单信道单移动终端,采用模拟调制,用于家庭和办公室。用无线信道代替有线电话机中连接送受话器的电缆,不受电缆限制,用户可在座机周围100~200m范围内方便地使用手持机通话。20世纪80年代后期,无绳电话已从模拟调制过渡到数字调制,除了用于家庭与办公室外,还可用于公共场所。用于公共场所的无绳电话,即公用无绳电话(如CT2电话),采用多信道共用,具有单向呼出的双工通话功能,即手持机只能呼出,不能呼入,呼叫建立后可进行双工通话。无绳电话在基站周围的覆盖范围可达200~300m。更先进的公用无绳电话可以双向呼叫,具有越区切换和漫游功能。与蜂窝移动电话系统相比,基站服务区域小,适于移动速度较慢的用户使用,具有建网周期短、业务费用低、手持机价格便宜等优点。

目前,已经建成的可在公共场所双向呼叫的无绳电话系统有中国的PAS系统(即小灵通系统)、日本的PHS系统、美国的PACS系统及欧洲的DECT系统等。这些数字无绳电话系统具有容量大、覆盖面广、支持数据通信业务、微蜂窝越区切换及漫游等特点。

(4) 集群调度移动电话系统 集群调度移动电话系统是专用移动通信系统,由简单的无线调度通信系统发展而来。在简单的无线调度系统中,采用同频单工组网方式。例如城市中的汽车无线调度系统,许多车辆共用一个信道,任一车辆都能听到中心台调度员对被呼叫司机的讲话,但只有被呼叫司机能与中心台通信。简单无线调度系统进一步发展成为寻呼无线调度系统,在若干个共用信道上,中心台可以选呼指定的移动台并与其通信,而不会干扰其他移动台。在集群调度系统中,多个部门共用一组无线信道,并动态地使用这些信道,进

行各自的调度通信。

如果没有集群调度系统,则每个网都要建立自己的基站、中心台和移动台,使用分配给各个网的少数几个频率,因此每个网的建网费用大,而且由于分配的频率数少,容量也不可能很大。在集群调度系统中,将各个部门所需的调度业务统一规划建设,统一管理,建立共用的基站和交换设备。各个部门只要建立自己的供调度用的指令台和移动台即可入网使用。由于频率共用、通信设备和业务共用,费用共同分担,因此节约了各部门的投资,且大大提高了频谱利用率。在集群调度系统中,为提高频谱利用率,主要以单工方式工作(只有少数用户配用可双工工作的终端),具有级别优先、群呼等公用网所不具有的功能。

(5) 移动卫星通信系统 移动卫星通信不受地理条件的限制,覆盖面大,信道频带宽,通信容量大,电波传输稳定,通信质量好。但卫星通信系统造价昂贵,运行费用高。移动卫星通信系统按应用范围不同可分为陆地移动卫星通信系统、海事移动卫星通信系统和航空移动卫星通信系统。按运行轨道不同可分为静止轨道(GEO)系统、高椭圆轨道(HEO)系统、中轨道(MEO)和低轨道(LEO)系统。轨道越高,覆盖区域越大,电波传输损耗越大,传播延时越大。中、低轨道陆地移动卫星通信系统可以提供手机的移动通信服务。如已投入使用的“铱”系统,轨道高度785km,66颗卫星运行在6个轨道平面上,可提供全球范围的蜂窝移动电话服务,但由于运转费用高昂,最终停止了使用。

(6) 无中心个人无线电话系统 该系统不设中心控制台,选取空闲信道、自动拨号选呼等功能分散到每个移动台。例如各移动台共用80条信道。其中一条信道为控制信道,用以传送数字信令,其他79条为通话信道。任何移动台发起呼叫时,自动选择空闲信道进行通话。由于所有信道同时被占用的概率很小,因此提高了频谱利用率。在有中心的移动通信系统中,中心控制台要设置交换机、控制器、大功率基站和天线等设备。与此相比,无中心移动通信系统由于不设中心控制台,因此系统简单,建网容易,投资较少。但无中心移动通信系统有两个主要缺点:一是不容易与公用电话网相连接;二是由于受移动台发射功率的限制,通话距离较近。无中心个人无线电话系统主要用于单区组网的中小容量专用通信。

第五节 移动通信系统的工作方式

移动通信系统的工作方式按通话状态和频率使用方法可分为单工制、半双工制和双工制三类。

一、单工制

无线寻呼系统采用单工制方式工作。单工制是指基站与移动台的发射机、接收机不能同时工作,如图1-2a所示。单工制通信系统根据使用频率的情况分为单频单工和双频单工两种。单频单工是指基站(或移动台)的接收机和发射机使用相同的工作频率,不能同时既作为发射机又作为接收机用,但可采用[按讲]开关进行收发切换。平时,通信双方的接收机均处于接收状态。如果基站A需要发话,则按下[按讲]开关,即关掉接收机A而使发射机A工作。这时,因B方接收机B处于接收状态,因而可实现A至B的通话。同理,也可实现由B至A的通话。由于在该方式中基站(或移动台)的接收机、发射机是交替工作的,故接收机、发射机可共用一副天线,而无需天线共用器。这种通信方式设备简单、功耗小,但

操作不方便。双频单工是指通信双方使用两个频率 f_1 、 f_2 ，如图 1-2a 所示，也不能同时既作为发射机又作为接收机使用，需要按讲开关进行收发切换。其通信过程与单频单工相同。

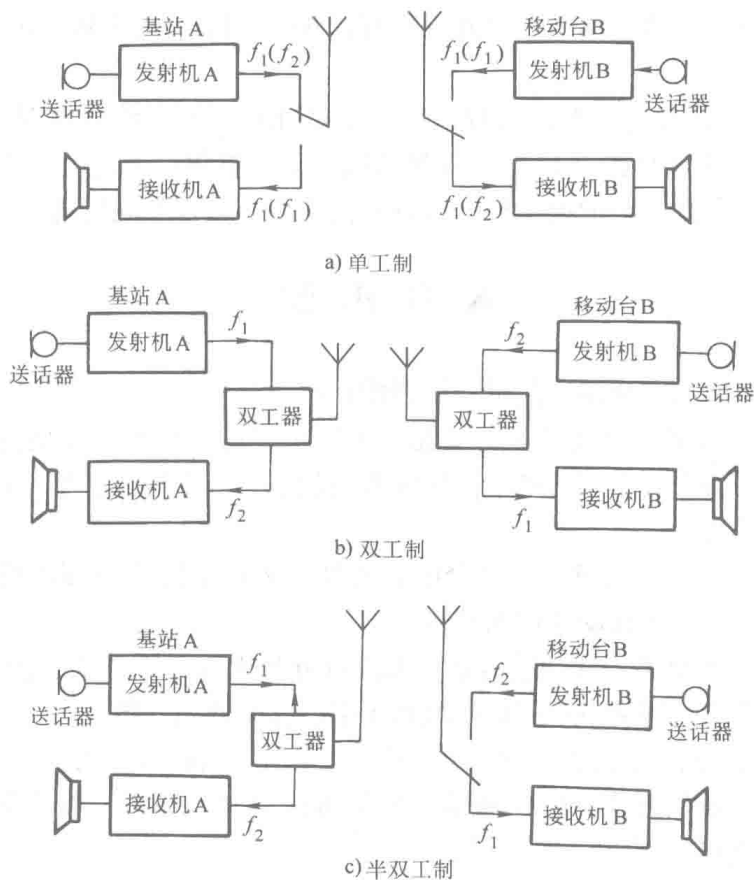


图 1-2 移动通信的工作方式

二、双工制

蜂窝移动电话系统采用双工制方式工作。双工制是指基站与移动台的发射机、接收机都能同时工作，如图 1-2b 所示，即任一方在发话的同时也能进行收听，操作方便。但是采用这种方式需采用天线共用器（双工器）或天线开关，才能使收发共用一副天线，且在使用电台的过程中，不管是否发话，发射机总是工作的，电能消耗大，这对以电池为电源的移动台是不利的。在移动通信中，如果基站和移动台收、发信使用两个频率实现双工通信，这两个频率通常称为一个信道。若基站设置多部发射机和接收机且同时工作，则可将接收机设置在某一频率上，而将发射机设置在另一频率上。只要这两个频率的频差（或频距）足够大，借助于滤波器等选频器件就能排除发射机对接收机的干扰。

三、半双工制

目前，集群移动通信系统大多采用半双工制（也称准双工制）方式工作。在半双工制方式中，通信的一方以双工制方式工作，另一方以单工制方式工作，双方信息的传输使用两个频率 f_1 、 f_2 ，如图 1-2c 所示。基站 A 的接收机、发射机同时工作，接收机、发射机可以各用一副天线，也可通过天线共用器合用一副天线。移动台 B 的工作方式是双频单工，即它

平时处于接收状态，仅在发话时才按**按讲**开关使发射机 B 工作。只要 f_1 、 f_2 有足够的频距，并采用一定的收发隔离措施，就能够避免发射机对接收机的干扰，故基站可以多信道工作。此外，移动台的功耗小，设备简单。因此这种方式获得了较为广泛的应用。但这种方式操作不方便。

从图 1-2b 和 c 可以发现，不论是双工制，还是准双工制，收、发双方需要一对频率。如采用时间分隔技术（TDD 技术）则可实现单频双工。单频双工这一工作方式提高了频谱利用率，但其技术较复杂。不同的工作方式各有优缺点，适合不同用途。

本章小结

本章从以下几个方面对移动通信进行概括性介绍：

(1) 移动通信的发展历史及目前的状况。通过对移动通信四个发展阶段的介绍，了解移动通信的整个发展历史，了解移动通信从模拟到数字，从本地区、单一功能到全球漫游的个人通信网的发展过程。

(2) 移动通信的特点。通过对移动台的运动性、无线电波传输环境的复杂性和频率资源有限问题的分析，讲述了移动通信的特点。

(3) 移动通信系统分类。移动通信系统大致可分为无线寻呼系统、公用无绳电话系统、集群调度移动通信系统、移动卫星通信系统和无中心移动通信系统。

(4) 移动通信系统的工作方式。包括单工制、半双工制和双工制。

(5) 移动通信系统的组成。移动通信系统是由移动台、基站、移动交换中心以及与公用市话网（PSTN）相连接的中继线等组成。

习 题

1. 什么叫移动通信？
2. 移动通信的发展分为哪几个阶段？各个阶段的主要特点是什么？
3. 与固定通信相比，移动通信有哪些新特点？
4. 移动通信如何分类？
5. 移动通信系统主要有哪几类？这些系统的功能是什么？
6. 移动通信系统的工作方式可分为哪几种？各自的特点是什么？
7. 移动通信系统主要由哪几部分组成？各自的功能是什么？
8. 第三代移动通信的发展方向是什么？

第二章 移动通信信道特性

信道是通信系统内连接通信双方的信息传输通道，它是通信系统的重要组成部分。

按传输介质不同分为：

- 有线信道 传输介质通常是双绞线、同轴电缆或光缆。
- 无线信道 电磁波在空中传播。

按信道特性参数受环境的影响不同可分为：

- 恒参信道 传输特性参数随时间的变化极小且变化速度较慢。
- 变参信道 传输特性参数随时间的变化大且变化速度较大。

由于移动通信的双方至少有一方处于运动状态，它的信道必须是无线信道，且属于变参信道。无线电波在这样的信道中传输时，必然要受到传输环境的地形、地物、各种干扰及噪声的影响。还有，移动台的移动速度也会对信号的衰落产生影响。本章旨在对这些方面作出定性和定量的分析。

第一节 移动通信的电波传播方式

在无线信道中，电磁波的传播方式按波长分为三种：中长波主要沿地表面传播；短波主要依靠电离层反射与折射传播；超短波和微波主要以直射方式传播。电磁波传播方式示意图如图 2-1 所示。

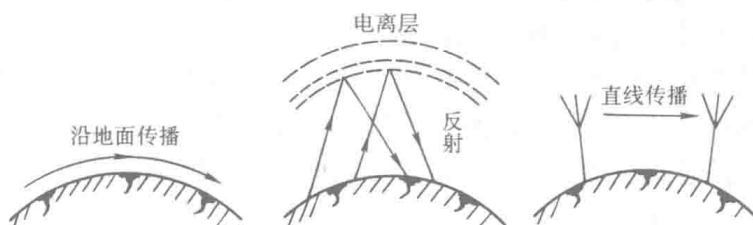


图 2-1 电磁波传播方式示意图

目前，移动通信广泛使用 150MHz、450MHz、800MHz、900MHz、1800MHz 和 1900MHz 及正开发利用的 2000MHz 等频段。由于这些频段都属于超短波和微波段，所以移动通信的电波传播是以直射为主的，从发射机发出的无线电波，一般以直射波、反射波（经地面及各种障碍物的反射和散射）及地表面波三种形式到达接收机，如图 2-2 所示。

由于在超短波和微波频段地表面波的损耗随频率上升而急剧增大，传播距离迅速减小，因此在移动通

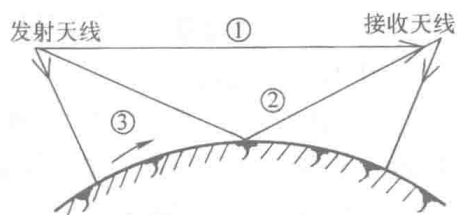


图 2-2 典型的传播路径示意图