

高等教育名校建设工程特色专业规划教材

移动通信系统与终端维修

■ 主 编 许书君 裴国华
■ 副主编 韩 梅 孟建明



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高等教育名校建设工程特色专业规划教材

移动通信系统与终端维修

主 编 许书君 裴国华

副主编 韩 梅 孟建明

参 编 莫晓菲 杜玉红 郭建勤 王 芳



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书内容分为上篇理论篇和下篇实践篇。理论篇共六个项目,以项目为引导,介绍了移动通信系统的整体认识,移动通信技术的关键技术,实现两部 GSM 手机、CDMA 手机和 3G 手机之间通信的理论知识,第四代移动通信系统(4G)的网络结构、关键技术,以及第五代移动通信系统(5G)的前沿技术。实践篇共三个项目,选取了有代表性的机型,对它们的性能特点、结构组成及信号流程进行了介绍;并且对维修时经常使用的检修方法和技巧做了详细介绍;分析了手机各单元电路,对其故障规律和检修要点进行了总结;并按故障类别进行了故障原因分析,同时精选了维修实例供大家参考。

本书是一本专为高职高专电子信息专业和通信技术专业师生编写的移动通信系统与终端(手机)维修课程教材。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信系统与终端维修 / 许书君, 裴国华主编

— 北京: 中国水利水电出版社, 2015.10

高等教育名校建设工程特色专业规划教材

ISBN 978-7-5170-3720-0

I. ①移… II. ①许… ②裴… III. ①移动通信—通信系统—高等职业教育—教材②移动通信—终端设备—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(2015)第241369号

策划编辑: 石永峰

责任编辑: 李 炎

封面设计: 李 佳

书 名	高等教育名校建设工程特色专业规划教材 移动通信系统与终端维修
作 者	主 编 许书君 裴国华 副主编 韩 梅 孟建明
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市铭浩彩色印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 17印张 426千字
版 次	2015年10月第1版 2015年10月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	34.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

我国是世界上通信系统终端的最大消费市场,通信系统终端(手机)的发展日新月异,而这些设备的售后技术服务在我国一直非常薄弱,所以移动通信系统与终端维修技术存在强大的需求潜力。为跟随快速发展的通信技术及满足社会需要,特组织编写本教材。本书是一本专为高职高专电子信息专业和通信技术专业师生编写的移动通信系统与终端(手机)维修课程教材。

本教材的特色是:

1. 以项目为载体,以提高学生技能为导向,较为全面、系统地阐述了现代移动通信的基本原理、基本技术和当今广泛使用的各类移动通信系统,较为充分地反映了当代移动通信的新技术。

2. 本着“强化能力,立足应用”的原则,以“必需、够用”为度,注重实用性,将理论与维修实践相结合,注重使读者掌握手机维修的特点和规律性的东西,注重检修方法与检修技巧的介绍。

3. 注重实训内容的操作性,将维修技能以项目实训的方式呈现,增强学生的实操技能,使读者能够看得懂、用得上,快速成为手机的维修高手。

全书内容分为上篇理论篇和下篇实践篇。理论篇共分六个项目,以项目为引导,介绍了移动通信系统的整体认识、移动通信技术的关键技术、实现两部 GSM 手机、CDMA 手机和 3G 手机之间通信的理论知识,第四代移动通信系统(4G)的网络结构、关键技术,以及第五代移动通信系统(5G)的前沿技术。实践篇共分三个项目,选取了有代表性的机型,对它们的性能特点、结构组成及信号流程进行了介绍;并且对维修时经常使用的检修方法和技巧做了详细介绍;分析了手机各单元电路,对其故障规律和检修要点进行了总结;并按故障类别进行了故障原因分析,同时精选了维修实例供大家参考。

本书由许书君、裴国华任主编,并负责全书的统稿、修改、定稿工作,韩梅、孟建明任副主编。主要编写人员分工如下:许书君编写了项目一、二、九,裴国华编写了项目六,韩梅编写了项目三、五,孟建明编写了项目七、八,莫晓菲编写了项目四。参与本书编写工作的还有杜玉红、郭建勤、王芳等。本书在编写过程中得到了山东电子职业技术学院有关院系领导、山东华辰泰尔信息科技股份有限公司 MSAP 产品经理裴国华及其他领导的大力支持,在此表示感谢!

本书可作为高职院校和大中专院校电子、通信等专业的教材,也可作为手机生产、维修人员的培训和自学教材。

由于作者的水平有限,书中难免会出现一些错误和不妥之处,敬请读者不吝指正。

编者

2015年7月

目 录

前言

上篇 理论篇

项目一 移动通信系统整体认识	1	2.4.6 扩频通信系统的分类及实现	25
任务 1.1 认识移动通信	1	任务 2.5 移动通信的组网技术	27
1.1.1 移动通信的发展历程	1	2.5.1 组网制式	27
1.1.2 我国移动通信的发展状况	3	2.5.2 正六边形无线区群结构	29
1.1.3 无线电频谱管理与使用	3	2.5.3 移动通信网络结构	31
任务 1.2 了解移动通信系统组成	5	2.5.4 多信道共用	32
任务 1.3 了解移动通信系统的主要特点 和分类	6	项目小结	33
1.3.1 移动通信系统的主要特点	6	习题与思考题	33
1.3.2 移动通信系统的分类	7	项目三 实现两部 GSM 手机之间的通信	35
任务 1.4 掌握移动通信系统的工作方式	8	任务 3.1 了解 GSM 系统的组成	35
项目小结	9	3.1.1 GSM 系统的技术参数	35
习题与思考题	10	3.1.2 GSM 系统的特点	36
项目二 认识移动通信系统关键技术	11	3.1.3 GSM 系统的组成	36
任务 2.1 多址技术	11	3.1.4 GSM 系统的接口	39
2.1.1 频分多址 (FDMA)	11	任务 3.2 理解 GSM 系统的无线信道及 信号传输	40
2.1.2 时分多址 (TDMA)	13	3.2.1 GSM 系统的频谱分配和频道划分	40
2.1.3 码分多址 (CDMA)	14	3.2.2 理解 GSM 的信道构成及信号传输	43
2.1.4 空分多址 (SDMA)	14	任务 3.3 了解我国 GSM 移动通信网的网络 结构与编号计划	51
任务 2.2 均衡与分集接收技术	15	3.3.1 全国 GSM 移动通信网的网络结构	51
2.2.1 均衡技术	15	3.3.2 省内 GSM 移动通信网的网络结构	52
2.2.2 分集接收技术	17	3.3.3 移动业务本地网的网络结构	52
任务 2.3 语音编码及信道编码技术	19	3.3.4 GSM 网络编号计划	52
2.3.1 语音编码技术	20	任务 3.4 掌握 GSM 系统的控制与管理	55
2.3.2 信道编码技术	20	3.4.1 位置登记与更新	55
任务 2.4 扩频技术	21	3.4.2 越区切换	57
2.4.1 扩频基本概念	21	3.4.3 鉴权与加密	60
2.4.2 扩频通信系统理论基础	22	任务 3.5 掌握两部 GSM 手机之间的 呼叫接续流程	61
2.4.3 扩频通信系统工作原理	22	3.5.1 移动用户主叫接续流程	61
2.4.4 扩频通信系统的主要特点	23		
2.4.5 扩频通信系统主要性能指标	24		

3.5.2 移动用户被叫接续流程.....	62	5.2.1 初始同步与RAKE多径分集接收技术.....	105
任务3.6 了解GPRS系统.....	63	5.2.2 高效率的信道编译码技术.....	106
3.6.1 GPRS概述.....	63	5.2.3 智能天线技术.....	106
3.6.2 GPRS的网络结构.....	65	5.2.4 软件无线电.....	107
3.6.3 GPRS的移动管理功能.....	70	5.2.5 多用户检测技术.....	107
3.6.4 GPRS的服务.....	72	5.2.6 全IP的核心网.....	108
项目小结.....	74	任务5.3 认识WCDMA移动通信系统.....	108
习题与思考题.....	75	5.3.1 概述.....	108
项目四 实现两部CDMA手机之间的通信.....	76	5.3.2 WCDMA系统网络结构.....	110
任务4.1 了解CDMA系统组成.....	76	5.3.3 WCDMA空中接口(Uu接口).....	113
4.1.1 CDMA系统的技术参数.....	76	5.3.4 WCDMA的信道结构.....	114
4.1.2 CDMA系统的特点.....	77	任务5.4 认识TD-SCDMA移动通信系统.....	124
4.1.3 CDMA系统的组成.....	77	5.4.1 概述.....	124
4.1.4 CDMA系统的接口与信令.....	81	5.4.2 TD-SCDMA系统的基本结构.....	126
任务4.2 理解CDMA系统无线信道.....	83	5.4.3 TD-SCDMA的物理层.....	127
4.2.1 IS-95 CDMA的频率分配及地址码.....	83	5.4.4 传输信道和物理信道.....	129
4.2.2 IS-95 CDMA系统信道分类及信息处理过程.....	84	5.4.5 物理层处理过程.....	132
任务4.3 掌握CDMA系统的关键技术.....	87	任务5.5 认识CDMA2000移动通信系统.....	134
4.3.1 CDMA系统功率控制.....	87	5.5.1 了解CDMA2000-1X与CDMA2000.....	134
4.3.2 分集技术.....	89	5.5.2 学习CDMA2000的物理信道结构.....	136
4.3.3 CDMA系统的越区切换.....	91	5.5.3 学习CDMA2000系统的网络结构.....	142
任务4.4 掌握两部CDMA手机之间的呼叫处理流程.....	93	5.5.4 CDMA20001x物理层信道接续流程.....	143
4.4.1 CDMA系统的登记注册与漫游.....	93	项目小结.....	145
4.4.2 CDMA的呼叫处理.....	95	习题及思考题.....	146
4.4.3 CDMA的呼叫流程.....	96	项目六 第四代移动通信系统4G(LTE)的认识.....	147
项目小结.....	97	任务6.1 了解LTE系统概述及网络结构.....	147
习题与思考题.....	97	6.1.1 4G的国际标准及国内牌照.....	147
项目五 实现两部3G手机之间的通信.....	98	6.1.2 4G系统的技术参数.....	148
任务5.1 了解3G移动通信.....	98	6.1.3 4G系统的特点.....	149
5.1.1 概述.....	98	6.1.4 4G(LTE)系统的网络结构.....	149
5.1.2 第三代移动通信系统的标准.....	100	6.1.5 3G网络架构和LTE网络架构对比.....	151
5.1.3 3G演进策略.....	101	任务6.2 了解LTE系统物理层.....	153
5.1.4 IMT-2000系统网络结构.....	103	6.2.1 双工方式和帧结构.....	153
5.1.5 IMT-2000的功能结构模型.....	104	6.2.2 基本传输和多址技术的选择.....	155
任务5.2 了解3G移动通信系统中的关键技术.....	105	6.2.3 基本参数设计.....	155

6.2.4	参考符号(导频)设计	155
6.2.5	控制信令设计	156
6.2.6	多天线技术	157
6.2.7	调度	158
6.2.8	链路自适应	159
6.2.9	HARQ	159
6.2.10	LTE 系统物理流程图	159
任务 6.3	了解 LTE 的空中接口协议	160
6.3.1	空中接口协议栈	160
6.3.2	S1 接口协议栈	162

6.3.3	X2 接口协议栈	163
6.3.4	LTE 终端切换过程概述	164
6.3.5	LTE 安全性架构和配置	167
任务 6.4	了解 4G 的关键技术	168
6.4.1	OFDM 技术	169
6.4.2	MIMO 技术	173
任务 6.5	值得关注的 5G 技术	175
项目小结		177
习题与思考题		177

下篇 实践篇

项目七	识别手机的整机电路	179
任务 7.1	认识手机电路的整机框图	179
7.1.1	手机的结构框图	179
7.1.2	各部分的作用	179
任务 7.2	了解射频电路的构成	181
7.2.1	接收电路	181
7.2.2	发射电路	189
7.2.3	时钟电路	196
任务 7.3	了解其他电路	198
7.3.1	逻辑控制电路	198
7.3.2	供电充电电路	203
7.3.3	手机的开关机过程	204
项目小结		205
习题与思考题		205

项目八	手机元器件焊接方法及信号测量	206
任务 8.1	认识手机维修用焊接工具	206
8.1.1	恒温烙铁	206
8.1.2	热风枪	207
任务 8.2	电阻、电容、三极管等小元件的焊接	208
8.2.1	焊接前的准备	208
8.2.2	小元件的拆卸	208
8.2.3	小元件的焊接	209
任务 8.3	QFP、SOP 等集成电路的拆卸焊接方法	210
8.3.1	焊接前的准备	210
8.3.2	QFP、SOP 集成电路的拆卸	210

8.3.3	QFP、SOP 集成电路的焊接	211
任务 8.4	BGA 集成电路的拆卸焊接	211
8.4.1	焊接前的准备	212
8.4.2	BGA 芯片的拆卸	213
8.4.3	BGA 芯片的安装	213
任务 8.5	常见手机信号测量	214
8.5.1	控制信号的测量	214
8.5.2	时钟信号的测量	216
8.5.3	低频信号的测量	216
任务 8.6	射频性能测试	217
8.6.1	射频性能参数	217
8.6.2	射频综合测试	218
项目小结		220
习题与思考题		220

项目九	手机故障的检测及维修	222
任务 9.1	手机软件故障的处理方法	222
9.1.1	手机的软件及故障现象	222
9.1.2	免拆机软件维修	223
9.1.3	拆机软件维修	231
任务 9.2	手机硬件故障的检测	233
9.2.1	故障产生的原因	233
9.2.2	手机故障的检测步骤及检测方法	234
任务 9.3	手机硬件故障维修	237
9.3.1	不开机	237
9.3.2	信号故障	240
9.3.3	显示故障	242
9.3.4	不读卡	242

9.3.5 音频故障	243	项目小结	253
9.3.6 充电故障	245	习题与思考题	254
9.3.7 按键故障	246	附录 中英文缩写对照表	255
9.3.8 V998 维修实例	246	参考文献	264
9.3.9 V998 部分测试指令	252		

通信系统整体认识

通信系统是由发送端、信道和接收端组成的。发送端将信息转换为电信号，通过信道传输到接收端，接收端再将电信号转换为信息。通信系统的主要功能是传递信息，实现信息的交换和共享。通信系统可以分为有线通信和无线通信两大类。有线通信是通过导线、光缆等物理介质进行信息传输的通信方式。无线通信是通过电磁波在自由空间中传播进行信息传输的通信方式。通信系统的发展经历了从古代的烽火台、驿站到现代的有线电报、电话、无线电报、广播、电视、计算机通信等各个阶段。随着科学技术的不断进步，通信系统的性能得到了极大的提高，通信的速率、容量、可靠性和安全性都得到了显著的提升。通信系统已经成为现代社会不可或缺的重要组成部分，广泛应用于各个领域，如军事、政治、经济、文化、教育、医疗、交通、工业、农业等。通信系统的发展不仅促进了人类社会的发展，也推动了科学技术的进步。未来，随着5G、6G等新一代通信技术的不断成熟和广泛应用，通信系统将在人类社会的发展中发挥更加重要的作用。

通信系统的发展经历了从古代的烽火台、驿站到现代的有线电报、电话、无线电报、广播、电视、计算机通信等各个阶段。随着科学技术的不断进步，通信系统的性能得到了极大的提高，通信的速率、容量、可靠性和安全性都得到了显著的提升。通信系统已经成为现代社会不可或缺的重要组成部分，广泛应用于各个领域，如军事、政治、经济、文化、教育、医疗、交通、工业、农业等。通信系统的发展不仅促进了人类社会的发展，也推动了科学技术的进步。未来，随着5G、6G等新一代通信技术的不断成熟和广泛应用，通信系统将在人类社会的发展中发挥更加重要的作用。

通信系统的发展经历了从古代的烽火台、驿站到现代的有线电报、电话、无线电报、广播、电视、计算机通信等各个阶段。随着科学技术的不断进步，通信系统的性能得到了极大的提高，通信的速率、容量、可靠性和安全性都得到了显著的提升。通信系统已经成为现代社会不可或缺的重要组成部分，广泛应用于各个领域，如军事、政治、经济、文化、教育、医疗、交通、工业、农业等。通信系统的发展不仅促进了人类社会的发展，也推动了科学技术的进步。未来，随着5G、6G等新一代通信技术的不断成熟和广泛应用，通信系统将在人类社会的发展中发挥更加重要的作用。

通信系统的发展经历了从古代的烽火台、驿站到现代的有线电报、电话、无线电报、广播、电视、计算机通信等各个阶段。随着科学技术的不断进步，通信系统的性能得到了极大的提高，通信的速率、容量、可靠性和安全性都得到了显著的提升。通信系统已经成为现代社会不可或缺的重要组成部分，广泛应用于各个领域，如军事、政治、经济、文化、教育、医疗、交通、工业、农业等。通信系统的发展不仅促进了人类社会的发展，也推动了科学技术的进步。未来，随着5G、6G等新一代通信技术的不断成熟和广泛应用，通信系统将在人类社会的发展中发挥更加重要的作用。

通信系统的发展经历了从古代的烽火台、驿站到现代的有线电报、电话、无线电报、广播、电视、计算机通信等各个阶段。随着科学技术的不断进步，通信系统的性能得到了极大的提高，通信的速率、容量、可靠性和安全性都得到了显著的提升。通信系统已经成为现代社会不可或缺的重要组成部分，广泛应用于各个领域，如军事、政治、经济、文化、教育、医疗、交通、工业、农业等。通信系统的发展不仅促进了人类社会的发展，也推动了科学技术的进步。未来，随着5G、6G等新一代通信技术的不断成熟和广泛应用，通信系统将在人类社会的发展中发挥更加重要的作用。

通信系统的发展经历了从古代的烽火台、驿站到现代的有线电报、电话、无线电报、广播、电视、计算机通信等各个阶段。随着科学技术的不断进步，通信系统的性能得到了极大的提高，通信的速率、容量、可靠性和安全性都得到了显著的提升。通信系统已经成为现代社会不可或缺的重要组成部分，广泛应用于各个领域，如军事、政治、经济、文化、教育、医疗、交通、工业、农业等。通信系统的发展不仅促进了人类社会的发展，也推动了科学技术的进步。未来，随着5G、6G等新一代通信技术的不断成熟和广泛应用，通信系统将在人类社会的发展中发挥更加重要的作用。

上篇 理论篇

项目一 移动通信系统整体认识



本章导读

近年来,我国移动通信产业呈现出令人瞩目的成绩,已成为我国国民经济中的主要组成部分,发展态势相对于以往有所提高,加之随着我国市场经济发展,国民对移动通信的需求日益强烈、要求日益提高,这都为我国移动通信的发展带来了庞大的潜在客户。我国移动通信的发展取向与其技术特点具有紧密关联,例如个性化及移动化,且随移动网络的覆盖面不断拓宽,个人平摊成本得以降低,确切而言,从我国市场经济健康发展角度来看,为移动通信持久发展提供了良好机遇。

本章首先介绍了世界移动通信的发展历程,并介绍了我国移动通信的发展状况和无线电频谱管理与使用;对移动通信系统的组成部分如移动台(MS)、基站(BS)、移动交换中心(MSC)等进行了详细说明;对移动通信系统的特点及分类进行了简单介绍;最后介绍了移动通信的三种工作方式:单工、半双工和全双工。



本章要点

- 移动通信发展历程
- 移动通信系统组成
- 移动通信的主要特点和分类
- 移动通信的工作方式

任务 1.1 认识移动通信

移动通信诞生于 19 世纪末 20 年代初,至今已有 100 多年的历史。早在 1897 年,意大利科学家马可尼在赫兹实验的基础上,成功地用无线电进行了消息传输,证明了在移动体之间以无线方式进行通信的可行性,这是移动通信的开端。但在此后相当长的一段时间内,移动通信的发展一直相当缓慢,只在短波的几个频段上开发出了专用移动通信系统,而且一般只用于军队和政府部门。但是近十几年来,移动通信的发展极为迅速,已广泛应用于国民经济的各个部门和人民生活的各个领域之中。

1.1.1 移动通信的发展历程

世界范围的移动通信,从其诞生之日至今大致经历了如下几个发展阶段。

第一阶段:从 20 世纪 20 年代至 40 年代。为早期发展阶段,在这期间主要使用短波频段

进行通信。1934年,美国已有100多个城市警察局采用调幅(AM)制式的移动通信系统。其代表是美国底特律市警察使用的车载无线电系统,该系统工作频率是2MHz,到20世纪40年代提高到30MHz~40MHz。

第二阶段:从20世纪40年代中期至60年代初期。公用移动通信业务问世,移动通信所使用的频率开始向更高的频段发展。1946年,根据美国联邦通信委员会(FCC)的计划,贝尔系统在圣路易斯城建立了世界上第一个公用汽车电话网,称为“城市系统”,提出了最早的蜂窝概念。该系统采用调频(FM)制式,单工工作方式,使用频率为150MHz和450MHz,信道间隔为50kHz~120kHz,采用大区制,可用的信道数很少,网络容量也较小。

第三阶段:从20世纪60年代中期至70年代中期。自动拨号移动电话产生,全双工工作方式,使用频段为150MHz及450MHz,信道间隔已缩小为20kHz~30kHz,采用大区制,信道数目增加。其代表是美国提出的移动电话系统(IMTS),同时德国也推出了具有相同技术水平的B网。这一阶段是移动通信改进与完善的阶段。

第四阶段:从20世纪70年代中期至80年代中期。这是移动通信蓬勃发展的时期。在这时期微型计算机技术和移动通信技术相结合,以频率复用、多信道共用技术和全自动接入公共电话网的小区制、大容量蜂窝式移动通信系统正式向公众开放并被广泛使用。这一时期的典型代表有:

1969年美国贝尔实验室开始研究的AMPS(Advanced Mobile Phone Service)系统,1979年在芝加哥城组网试用,1983年投入使用。其工作频段为800MHz,频率间隔为30kHz。

1982年英国开始研究的TACS(Total Access Communications System),属于AMPS系统的改进。其使用频段为900MHz,信道间隔为25kHz。

1970年由丹麦、芬兰、挪威、瑞典开始研究的NMT(Nordic Mobile Telephone)系统,1981年研制成功并投入使用,其工作频率为450MHz,信道间隔为25kHz。

这一时期,蜂窝网虽已正式开放供公众使用,但这只是第一代蜂窝网(1G),只提供模拟电话移动通信业务,而且系统容量小,保密性差,不能全球漫游。

第五阶段:从20世纪80年代中期至90年代中期。这是数字移动通信发展和成熟时期,泛欧数字蜂窝网正式向公众开放使用。采用时分多址(TDMA)技术,信道带宽200kHz,使用新的900MHz频谱,称之为GSM(全球移动通信)系统,属于第二代蜂窝网(2G),这是具有现代网络特征的第一个全球数字移动通信系统。在这期间,欧、美、日等国都着手开发数字蜂窝系统,其中以有希望成为世界性数字蜂窝移动电话系统技术标准的GSM系统为代表。GSM不但能克服第一代蜂窝网的弱点,还能提供语音、数字多种业务服务,并与综合业务数字网(ISDN)兼容。

与GSM系统几乎同时诞生的另一项移动通信新成果,即美国的码分多址(CDMA)通信系统,与GSM相比具有许多优点,如每个信道所容纳的用户数比GSM多,大大提高了频谱利用率,抗干扰能力增强,采用软切换的方式大大提高了语音传输质量等。

第六阶段:20世纪90年代末至21世纪初:一个世界性的标准——未来公用陆地移动电话系统(Future Public Land Mobile Telephone System, FPLMTS)诞生,1995年,更名为国际移动通信2000(IMT-2000)。IMT-2000支持的网络被称为第三代移动通信系统,简称为3G。3G能够处理图像、音乐、视频流等多种媒体形式,提供包括网页浏览、电话会议、电子商务等多种信息服务。

移动通信系统经历了从第一代到第三代的发展,各个系统的应用范围及特点如表1-1所示。

表 1-1 三代移动通信的比较

第一代	第二代	第三代
模拟（蜂窝）	数字（双频）	多频
仅限语音通信	语音和数据通信	当前通信业务和一些新业务
主要用于户外覆盖	户内/户外覆盖	无缝全球漫游
固定电话网的补充	与固定电话网相互补充	结合数据网、因特网等，作为信息通信技术的重要方式
以企业用户为中心	企事业和消费者	通信用户
主要接入技术：FDMA	主要接入技术：TDMA	主要接入技术：CDMA
主要标准：TACS、AMPS 等	主要标准：GSM 等	主要标准：WCDMA、TD-SCDMA、CDMA2000 等

近期，第四代移动通信系统（4G）的研究已经开始。4G 需要达到 2Mbps~20Mbps 的数据传输速率，比第三代标准具有更多的优越性。

1.1.2 我国移动通信的发展状况

我国的移动通信虽然起步比较晚，但是发展很快。自 1987 年中国电信开始开办移动电话业务以来，到 1993 年用户增长速度均在 200%以上，从 1994 年移动用户规模超过百万大关，移动电话用户数每年几乎比前一年翻一番。1997 年 7 月 17 日，我国移动电话第 1000 万个用户在江苏南京诞生，标志着我国移动通信又上了一个台阶，意味着中国移动电话用不到 10 年时间所发展的用户数超过了固定电话 110 年的发展历程。2001 年 8 月，中国的移动通信用户数超过了 1.2 亿，已超过美国跃居为世界第一；2003 年 6 月底移动通信用户总数达到 2.3447 亿户；目前我国移动通信用户总数达到 6.3 亿，移动通信网络的增长速度也名列世界第一位。我国移动通信发展史上几个标志性的事件如下：

（1）1987 年 11 月 18 日，第一个 TACS 模拟蜂窝移动电话系统在广东省建成并投入商用。

（2）1994 年 7 月 19 日，中国第二家经营电信基本业务和增值业务的全国性国有大型电信企业——中国联合通信有限公司（简称中国联通）成立。

（3）1994 年 12 月底，广东首先开通了 GSM 数字移动电话网。

（4）1995 年 4 月，中国移动在全国 15 个省市相继建网，GSM 数字移动电话网正式开通。

（5）1998 年，北京电信长城 CDMA 数字移动蜂窝网商用试验网——133 网，在北京、上海、广州、西安投入试验。2000 年开始大规模使用。

（6）1999 年 10 月底，在芬兰赫尔辛基举行的国际电联（ITU）会议上，由信息产业部电信科学技术研究院代表中国提出的 TD-SCDMA 标准提案被国际电联采纳为世界第三代移动通信（3G）无线接口技术规范建议之一。

（7）2008 年 7 月 20 日，中国移动接手的 TD-SCDMA 网（奥运 3G 服务标准）正式向公众试商用放号，标志着我国 3G 服务即将展开。

1.1.3 无线电频谱管理与使用

无线电频谱是宝贵的、有限的自然资源。无线电业务的发展取决于如何充分、高效、合

理地分配和使用这有限的频谱资源，因此，国际上以及各个国家都设有权威的机构来加强无线电频谱资源的管理。我们知道电磁波的频谱是相当宽的，包括红外线、可见光、X 射线，作为无线电通信使用的频段，国际电联(ITU)定义为在 3000GHz 以下的电磁频谱。而使用 3000GHz 以上的电磁频谱的电信系统也在研究探索之中，它最大不能超过可见光的范围。

从频谱的规划与管理出发，对无线电频谱按业务进行频段和频率的划分，也就是说规定某一频段供一种或多种地面或空间业务在规定的条件下使用，这项工作称为频率划分。划分移动通信的工作频段时主要考虑以下几个因素：

- (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。

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，ITU 当前只划分了 9kHz~400GHz 的范围，将其划分为 12 个频段，而通常的无线电通信只使用其中的第 4~11 个频段，表 1-2 给出了这几个常用频段的有关传播方式、应用范围及带宽。

表 1-2 无线电波传播特点与应用

序号	频段名称	频段范围 (含上限)	传播方式	传播距离	可用带宽	应用
4	甚低频 (VLF)	3kHz~30kHz	波导	数千公里	很有限	世界范围长距离无线电导航
5	低频 (LF)	30kHz~300kHz	地波空间波	数千公里	很有限	长距离无线电导航战略通信
6	中频 (MF)	300kHz~3000kHz	地波空间波	几千公里	适中	中等距离点到点广播和水上移动
7	高频 (HF)	3MHz~30MHz	空间波	几千公里	宽	长和短距离点到点全球广播，移动
8	甚高频 (VHF)	30MHz~300MHz	空间波对流层散射绕射	几百公里以内	很宽	短和中距离点到点移动，LAN，声音和视频广播，个人通信
9	特高频 (UHF)	300MHz~3000MHz	空间波对流层散射绕射视距	100 公里以内	很宽	短距离点到点移动，LAN；声音和视频广播；个人通信；卫星通信
10	超高频 (SHF)	3GHz~30GHz	视距	30 公里左右	很宽	短距离点到点移动，LAN；声音和视频广播；个人通信；卫星通信
11	极高频 (EHF)	30GHz~300GHz	视距	20 公里	很宽	短距离点到点移动，LAN；个人通信；卫星通信

受电波传播特性的限制，大家所熟知的蜂窝移动通信业务一般只能工作在 3GHz 以下。我国无线电管理委员会分配给数字蜂窝移动通信系统的频率如表 1-3 所示。

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

表 1-3 数字蜂窝移动通信的频率分配

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
中国移动 DCS1800	1710~1720	1805~1815
中国联通 DCS1800	1745~1755	1840~1850

1992 年召开的世界无线电管理大会为移动通信业务和卫星移动业务划分和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 IMT-2000 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、400.15MHz~401MHz（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。

随着移动通信业务和容量的不断增加，世界无线电管理大会也将对频谱分配增加新的频率资源，以降低系统间干扰，极大地加快移动通信技术发展的进程。

任务 1.2 了解移动通信系统组成

移动通信一般由移动台（MS）、基站（BS）、移动交换中心（MSC）及与公用交换电话网（PSTN）相连的中继线等单元组成。图 1-1 给出了组成一个移动通信系统的最基本的结构。各单元的定义如表 1-4 所示。

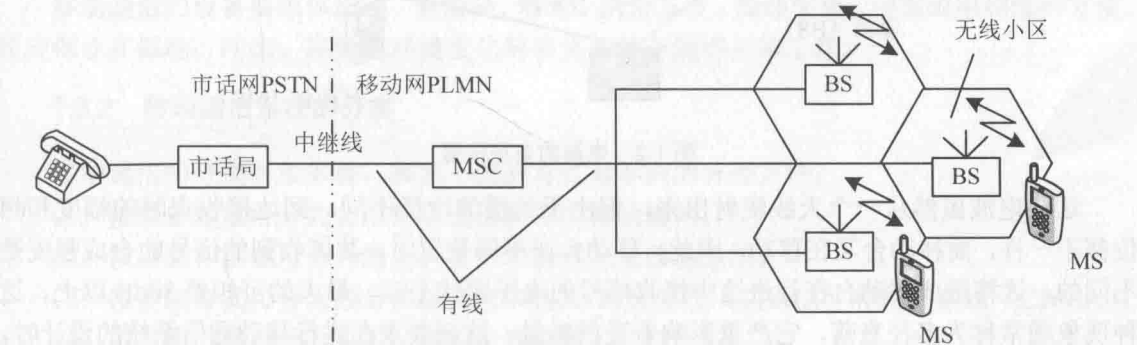


图 1-1 移动通信系统组成

表 1-4 移动通信系统中各组成部分的定义

名称	定义
移动台 (MS)	移动通信系统中所使用的终端, 可以是便携式手持设备, 也可以是安装在移动车辆上的设备, 具有收、发信机和天线设备
基站 (BS)	指在一定的无线电覆盖区中, 通过移动通信交换中心, 与移动电话终端之间进行信息传递的无线电收发电台。设有收、发信机和架在塔上的发射、接收天线等设备
移动交换中心 (MSC)	是在大范围服务区中协调通信的交换中心, 在移动通信中, MSC 将基站和移动台连到公用交换电话网上, 也称为移动电话交换局
无线小区	每个基站所覆盖范围的小块地理区域, 其大小主要由发射功率和基站天线的高度决定
中继线	连接用户交换机、集团电话 (含具有交换功能的电话连接器)、无线寻呼台、移动电话交换机等与市话交换机的电话线路

任务 1.3 了解移动通信系统的主要特点和分类

1.3.1 移动通信系统的主要特点

与其他通信方式相比, 移动通信具有以下几个基本特点:

1. 具有多径衰落现象

在移动通信系统中, 天线的电波传播因受到高大建筑物的反射、绕射以及电离层的散射, 造成移动台所收到的信号是从多路径来的电波的叠加, 将这种现象称为多径效应。其原理如图 1-2 所示。

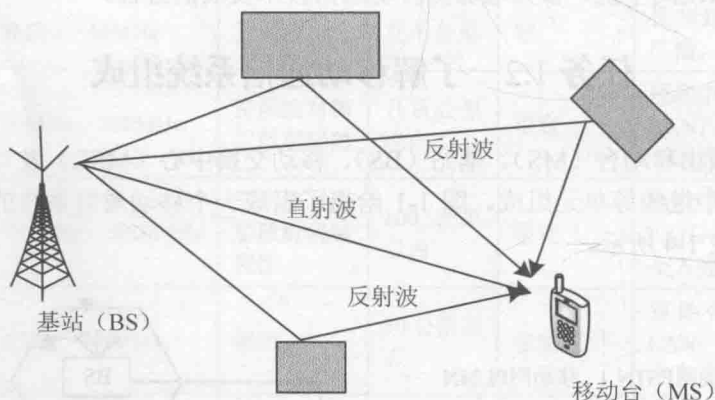


图 1-2 电波的多径传播

这些电波虽然从一个天线辐射出来, 但由于传播的途径不同, 到达接收点时的幅度和相位都不一样, 而移动台又在移动, 因此, 移动台在不同位置时, 其接收到的信号的合成强度是不同的。这将造成移动台在行进途中接收信号的电平起伏不定, 最大的可相差 30dB 以上, 这种现象通常称为多径衰落, 它严重影响着通信质量。这就要求在进行移动通信系统的设计时, 必须具有一定的抗衰落的能力和装备。

2. 强干扰条件下工作

移动通信的质量不仅取决于设备本身的性能,而且与外界的干扰和噪声有关。由于移动台经常处于运动状态中,外界环境变化很大,移动台很可能进入强干扰区进行通信。另外,接收机附近的发射机对通信质量的影响也很严重。归纳起来有互调干扰、邻道干扰、同频干扰、多址干扰以及“远近效应”(近基站强信号会压制远基站弱信号的现象)。因此,在系统设计时,应根据不同的外界环境、不同的干扰形式,采取不同的抗干扰措施。

3. 具有多普勒效应

当运动的物体达到一定速度时,固定点接收到的载波频率将随运动速度的不同产生不同的频移,通常把这种现象称为多普勒效应,如图 1-3 所示。其频移值 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

$$f_d = \frac{v}{\lambda} \cos \theta$$

从上式可以看出,移动速度越快,入射角越小,则多普勒效应就越严重,此时只有采用锁相技术才能接收到信号,所以移动通信设备都采用了锁相技术。

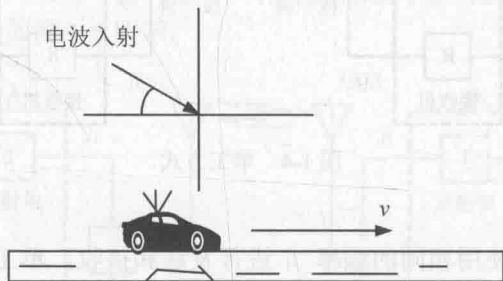


图 1-3 多普勒频移效应

4. 具有跟踪交换技术

由于移动台具有时常运动的特点,为了实现实时可靠的通信,移动通信系统必须采用跟踪交换技术,如位置登记、频道切换及漫游访问等跟踪交换技术。

5. 阴影效应

当移动台进入某些特定区域时,会因电波被吸收或被反射而接收不到信息,这一区域称为阴影区(盲区)。在网络规划、设置基站时必须给予充分的考虑。

6. 对设备要求严格

移动通信的设备要求体积小、重量轻、省电、携带方便、操作简单、可靠耐用和维护方便,还应保证在振动、冲击、高低温环境变化等恶劣条件下能够正常工作。

1.3.2 移动通信系统的分类

移动通信的分类有很多种,按照不同的方式有不同的分类方法:

- (1) 按服务对象可分为公用移动通信和专用移动通信。
- (2) 按用途和区域可分为海上、空中和陆地卫星移动系统。
- (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)。
- (4) 按工作方式可分为单工、半双工和全双工。
- (5) 按覆盖范围可分为广域网和局域网。

(6) 按业务类型可分为电话网、数据网和综合业务网。

(7) 按信号形式可分为模拟网和数字网。

任务 1.4 掌握移动通信系统的工作方式

移动通信按其通话状态和频率使用方法可分为三种工作方式：单工、半双工和全双工。

1. 单工方式

单工方式是指通信双方电台交替地进行收信和发信，通常用于点到点通信，其原理如图 1-4 所示。根据收、发频率的异同，单工又可分为同频单工和异频单工。

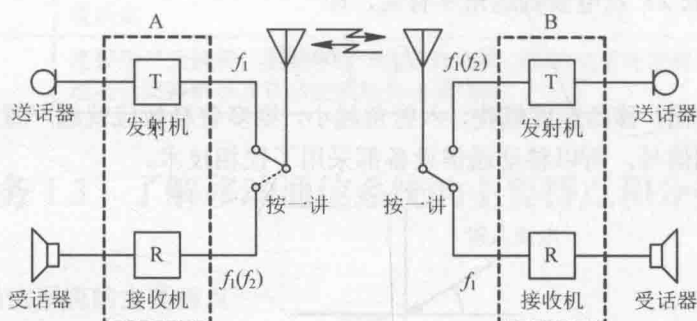


图 1-4 单工方式

(1) 同频单工

同频是指通信的双方使用相同的频率 f_1 进行发送和接收，单工是指通信双方的操作采用“按一讲”方式。平时双方的收发信机均处于守听状态。若 A、B 双方的其中一方 A 需要发话时，则按下 A 方的“按一讲”开关，这时关闭了 A 方的接收机，打开了发射机。由于 B 方一直处于守听状态，则可实现 A 到 B 的通话。反之，也能实现由 B 到 A 的通话。在这种方式中，同一电台的发射和接收是交替工作的，收发信机使用同一副天线。

该方式的优点：移动台之间可直接通信，无需基站转发；设备简单，功耗小。缺点：操作不便，如配合不当，会出现通话断续；若在同一地区有多个电台使用相同频率，会造成严重干扰。

(2) 异频单工

异频单工是指通信的双方使用两个不同的频率 f_1 和 f_2 分别进行发送和接收，而操作上仍采用“按一讲”方式。如 A 方用频率 f_1 发射，B 方也用频率 f_1 接收；而 B 方用频率 f_2 发射，A 方也用频率 f_2 接收，这样就可实现双方通话。由于收发采用不同的频率，同一部电台的收发信机可以交替工作，也可以同时工作，只用“按一讲”开关来控制发射。其优缺点与同频单工类似。

2. 全双工方式

全双工通信是指通信双方收发信机均可同时工作，在任一方发话的同时，也能收到对方的话音，无需“按一讲”开关，类似于平时打市话，使用自然，操作方便。其原理如图 1-5 所示。

采用该方式通信时，不论是否发话，发射机总是工作的，故电能消耗大。这对以电池为能源的移动台是很不利的。为缓解这个问题，在某些系统中，移动台的发射机仅在发话时才工

作,而移动台接收机总是工作的,通常称这种系统为准双工系统,它可以和双工系统兼容。日前,这种工作方式在移动通信系统中获得了广泛的应用。

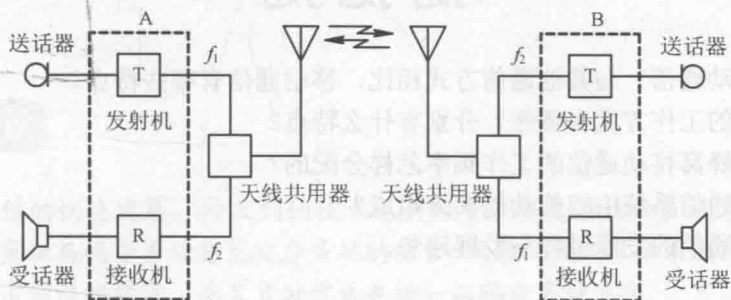


图 1-5 双工方式

3. 半双工方式

半双工是指通信的双方有一方（如A方）采用双工方式，使用两个不同的频率 f_1 和 f_2 ，既能发射信号又能接收信号；而另一方（B方）则采用双频单工方式，采用“按一讲”方式，收发信机交替工作。其原理如图1-6所示。

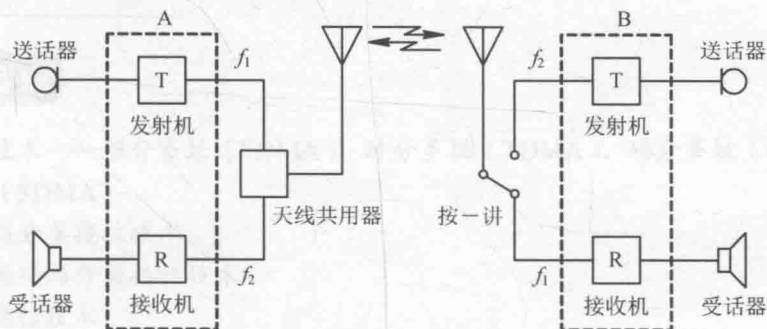


图 1-6 半双工方式

这种方式中，移动台不需要天线共用器，适合电池容量比较小的设备。与同频单工比较，该方式的优点：设备简单、功耗小，克服了通话断续的现象，但按键操作仍不太方便。目前的集群移动通信系统大多采用半双工方式工作。

项目小结

1. 移动通信的发展和现状。
2. 移动通信一般由移动台（MS）、基站（BS）、移动交换中心（MSC）及与公用交换电话网（PSTN）相连的中继线等单元组成。
3. 移动通信的特点：多径衰落、强干扰条件下工作、多普勒效应、具有跟踪、交换技术及阴影效应等。
4. 移动通信的工作方式，按照通话状态和频率使用方法将移动通信分为三种工作方式：单工制、半双工制和双工制。
5. 无线电频谱的管理与使用，包括无线电频段的划分与利用以及我国对数字蜂窝移动通信