



部 级 重 点 教 材
高 等 学 校 电 子 信 息 类 规 划 教 材

移动通信

(第三版)

□ 郭梯云 邬国扬 李建东 编著



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

部级重点教材
高等学校电子信息类规划教材

移动通信

(第三版)

郭梯云 邬国扬 李建东

西安电子科技大学出版社

2005

内 容 简 介

本书系统地阐述了现代移动通信的基本原理、基本技术和当前广泛应用的典型移动通信系统,较充分地反映了当代移动通信发展的最新技术。

全书共 10 章:概论、调制解调、移动信道的传播特性、抗衰落技术、组网技术、频分多址(FDMA)模拟蜂窝网、时分多址(TDMA)数字蜂窝网、码分多址(CDMA)移动通信系统(一)、码分多址(CDMA)移动通信系统(二)、移动通信的展望。每章均附有思考题与习题。

本书可作为高等学校工科通信专业和有关专业的高年级本科生教材,也可供通信工程技术人员和科研人员用作参考书。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信/郭梯云等编著. —3 版. —西安:西安电子科技大学出版社, 2005.5

高等学校电子信息类规划教材

ISBN 7-5606-1498-1

I. 移… II. 郭… 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(2005)第 014608 号

策 划 贺晓军

责任编辑 张晓燕 贺晓军

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)88242885 88201467 邮 编 710071

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

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 1995 年 9 月第 1 版 2005 年 5 月第 3 版 2005 年 7 月第 19 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 25

字 数 587 千字

印 数 155 001~165 000 册

定 价 26.00 元

ISBN 7-5606-1498-1/TN·0299(课)

XDUP 1769003-19

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

出版说明

为做好全国电子信息类专业“九五”教材的规划和出版工作，根据国家教委《关于“九五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》和《普通高等教育“九五”国家级重点教材立项、管理办法》，我们组织各有关高等学校、中等专业学校、出版社，各专业教学指导委员会，在总结前四轮规划教材编审、出版工作的基础上，根据当代电子信息科学技术的发展和面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的要求，编制了《1996—2000 年全国电子信息类专业教材编审出版规划》。

本轮规划教材是由个人申报，经各学校、出版社推荐，由各专业教学指导委员会评选，并由我部教材办与各专指委、出版社协商后审核确定的。本轮规划教材的编制，注意了将教学改革力度较大、有创新精神、有特色风格的教材和质量较高、教学适用性较好、需要修订的教材以及教学急需、尚无正式教材的选题优先列入规划。在重点规划本科、专科和中专教材的同时，选择了一批对学科发展具有重要意义，反映学科前沿的选修课、研究生课教材列入规划，以适应高层次专门人才培养的需要。

限于我们的水平和经验，这批教材的编审、出版工作还可能存在不少缺点和不足，希望使用教材的学校、教师、同学和广大读者积极提出批评和建议，以不断提高教材的编写、出版质量，共同为电子信息类专业教材建设服务。

电子工业部教材办公室

第一版前言

随着社会、经济的发展,移动通信得到了越来越广泛的应用。在我国,移动通信发展的起步虽晚,但发展极其迅速。

移动通信技术的发展日新月异,从1978年第一代模拟蜂窝网电话系统的诞生至今,不过10多年,第二代全数字蜂窝网电话系统就已问世,第三代的个人通信系统的方案和实验均已开始。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教材。本书是根据对全国统编《移动通信》教材的基本要求,参考国内外最新的专著、教材和文献资料,以作者10年来为本科生、研究生讲授移动通信的讲稿为基础,经过多次修订后写成的。

全书共分八章,主要讲授现代移动通信基本概念、基本组成、基本原理、基本技术和典型系统。其内容以当前广泛应用的移动通信系统和代表发展趋势的移动通信新技术为背景,力求能反映近年来国内外移动通信的发展状况。前五章为移动通信的基础内容。其中,第一章全面概述了移动通信的特点、类型、主要技术及发展趋势。第二章讲述调制技术。对于模拟移动通信系统中获得广泛应用的调频制,在先修课程《高频电子线路》基础上,着重对调频制的抗干扰性能作了进一步分析。国际上第二代蜂窝电话系统采用GMSK和 $\pi/4$ -QPSK窄带数字调制,为此该章着重讨论了它们各自的特点、信号的产生和解调方案。第三、第四章讨论移动通信信道。移动通信与其他通信相比,最大特点是能实现“动中通”,其信道条件往往是十分复杂的,为此在第三章中详细讲述了移动信道特征、传播损耗计算,并对一种抗衰落技术——分集接收进行了分析。第四章在对噪声、干扰分类的基础上,着重对移动通信影响较大的邻道干扰、共道干扰和互调干扰进行了分析,并指出了如何减小各种干扰的途径。第五章介绍组网技术,主要内容包括区域覆盖方式,频道共用、选择和分配方法,网络的控制和交换,信令等。第六章讲述常用的模拟移动通信系统,主要讨论蜂窝网电话系统、集群移动通信系统及无绳电话系统的基本组成和基本工作原理。第七章专门研究数字移动通信系统,除了无线电寻呼系统和第二代无绳电话系统(CT-2等)之外,主要讲述第二代蜂窝网电话系统,对TDMA体制(以GSM为重点)和CDMA体制作了较详细的介绍。本书的第八章对未来的移动通信作了展望,即对个人通信网(PCN)作了简要说明。

本教材由无线电技术与信息系统编审委员会无线电通信编审小组评选审定并推荐出版。上海交通大学电子工程学院常务副院长宋文涛教授主审了本教材。

本书可以用作高等工科学学校通信与电子系统、无线电技术专业高年级的教科书，也可作通信工程技术人员的参考书。

本书由邬国扬编写第一、三、四、六章，张厥盛编写第二、五章，郭梯云编写第七、八章并负责全书的统稿。

鉴于编者水平，难免有不妥之处，欢迎读者指正。

编 者

于西安电子科技大学

1995 年 5 月

第二版前言

本教材按原电子工业部的《1996—2000年全国电子信息类专业教材编审出版规划》，由通信与信息工程专业教学指导委员会编审、推荐出版。本教材由西安电子科技大学担任主编，责任编委宋文涛。

移动通信技术的发展日新月异，从1978年第一代模拟蜂窝通信系统诞生至今，不过20年时间，第二代数字蜂窝通信系统已在全世界范围内成功地应用，而第三代移动通信系统也将在下个世纪之初问世。面对这种形势，许多院校为了培养这个领域的科技人才，先后为本科生和研究生开设了“移动通信”课程。本书的编写任务是为广大师生提供一本适于移动通信教学的教材，或用作参考书。在撰写过程中努力作到：

(1) 着重阐明各种移动通信系统的基本原理和基本技术，避免繁琐的数学推导，防止多种相似系统或型号的罗列；

(2) 根据移动通信的发展趋向精选编写内容，压缩模拟通信技术，加强数字通信技术，争取教材出版后，能反映当时移动通信技术的实际水平，能满足当前和稍长一段时间教学工作的需要。

本教材的参考学时数为76学时。由于书中包含的内容较多而教学时数有限，故在有些章节目录上标有*号，表明是可选内容。

全书共计11章。第1章和第11章分别为概论和移动通信的展望；第2, 3, 4, 5章侧重于介绍移动信道的基本特征、移动通信的基本技术和移动通信网络的组成、管理与控制方法；第6, 7, 8, 9, 10章分别介绍几种常用移动通信系统的工作原理、特定功能和技术特征。为了减少章节，这里没有把集群系统单独列为一章(第1章中有介绍)。

本书在编写过程中，得到上海交通大学宋文涛教授的关怀和指导，他也是本书的主审人。在此表示感谢。

本书由邬国扬编写第3, 4, 6, 8, 9章，李建东编写第2, 5, 7章，郭梯云编写第1, 10, 11章并负责全书的统稿。应该说明的是，本书在“八五”规划教材的出版(1990—1995)过程中，张厥盛教授参加过全书的多次讨论和部分书稿的

编写。在这次修订本书时，他也积极参加过编写提纲的制订，后来虽然没有参加编写，但有的章节(如第 2, 5 章)仍是在他原稿的基础上修改而成的，即书中包含着他的奉献。

由于编者水平所限，书中难免有错误和不妥之处，欢迎读者指正。

编 者

于西安电子科技大学

1999 年 10 月

第三版前言

随着移动通信技术的迅速发展,出现了许多新的理论和技术,本教材需要再次进行修订。修订的基本原则仍然是:

(1) 着重阐明主要移动通信系统的基本原理和基本技术,避免繁琐的数学推导,防止多种相似系统或型号的罗列;

(2) 根据移动通信的发展趋势,精选教材的内容,重点反映当前移动通信的技术水平。

全书共 10 章,在第二版的基础上增加了扩展频谱调制的基本原理、多载波调制的原理和应用、移动信道的传播模型、抗衰落的主要技术等内容,还增加了对 GPRS、cdma2000、WCDMA、TD-SCDMA 等现有系统的介绍。

全书在结构上尽量保持与第二版一致,以维持教材的连续性。因篇幅的限制,删去第二版(修订版)中的第 6、7 章,将第 4 章改为抗衰落技术(内容包括分集接收、RAKE 接收、纠错编码技术、均衡技术等)。根据技术发展的需要,将码分多址移动通信系统分为两章:第 8 章为码分多址(CDMA)移动通信系统(一),着重介绍 IS-95 CDMA 和 cdma2000 移动通信系统;第 9 章为码分多址(CDMA)移动通信系统(二),着重介绍 WCDMA 和 TD-SCDMA 移动通信系统。在第 10 章中介绍了未来移动通信的关键技术,包括自适应编码调制、多输入多输出技术和软件无线电等内容。

在本书的修订过程中,各作者仍按照第二版中的分工负责修订。在新增加的内容中,邬国扬编写了 2.5、4.1、4.2 和 4.3 节,李建东编写了 2.6、3.4、4.4、7.5、8.6 节和第 9 章。郭梯云对全书进行了审校,李建东负责全书的统稿。

因书中包括的内容较多而教学时数有限,故在部分章节的目录上标有*号,表示是可选内容。

本书的修订得到了“高等学校优秀青年教师教学科研奖励计划”和“国家自然科学基金重大项目(60496316)”以及西安电子科技大学综合业务网理论和关键技术国家重点实验室的资助,在此表示感谢,同时也感谢西安电子科技大学通信工程学院同仁的支持。

由于编者水平所限,书中难免有错误和不妥之处,欢迎读者指正。

编 者

于西安电子科技大学

2004 年 10 月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 移动通信的主要特点	1
1.2 移动通信系统的分类	2
1.2.1 工作方式	2
1.2.2 模拟网和数字网	4
1.2.3 通信业务	4
1.3 常用移动通信系统	5
1.3.1 无线电寻呼系统	6
1.3.2 蜂窝移动通信系统	6
1.3.3 无绳电话系统	9
1.3.4 集群移动通信系统	10
1.3.5 移动卫星通信系统	15
1.3.6 分组无线网	17
1.4 移动通信的基本技术	20
1.4.1 调制技术	20
1.4.2 移动信道中电波传播特性的研究	21
1.4.3 多址方式	21
1.4.4 抗干扰措施	22
1.4.5 组网技术	22
思考题与习题	25
第 2 章 调制解调	26
2.1 概述	26
2.2 数字频率调制	29
2.2.1 移频键控(FSK)调制	29
2.2.2 最小移频键控(MSK)调制	31
2.2.3 高斯滤波的最小移频键控(GMSK)调制	35
2.2.4 高斯滤波的移频键控(GFSK)调制	41
2.3 数字相位调制	41
2.3.1 移相键控(PSK)调制	41

2.3.2 四相移相键控(QPSK)调制和交错四相移相键控(OQPSK)调制	42
2.3.3 $\pi/4$ -DQPSK 调制	43
2.4 正交振幅调制(QAM)	52
2.5 扩展频谱调制	56
2.5.1 扩展频谱通信的基本概念	56
2.5.2 扩频调制	56
2.5.3 伪随机(PN)序列	61
2.6 多载波调制	77
2.6.1 多载波传输系统	77
2.6.2 正交频分复用(OFDM)调制	78
2.6.3 正交频分复用(OFDM)调制的应用	88
思考题与习题	92
第 3 章 移动信道的传播特性	94
3.1 无线电波传播特性	94
3.1.1 电波传播方式	94
3.1.2 直射波	94
3.1.3 大气中的电波传播	96
3.1.4 障碍物的影响与绕射损耗	97
3.1.5 反射波	98
3.2 移动信道的特征	99
3.2.1 传播路径与信号衰落	99
3.2.2 多径效应与瑞利衰落	100
3.2.3 慢衰落特性和衰落储备	104
3.2.4 多径时散与相关带宽	106
3.3 陆地移动信道的传输损耗	109
3.3.1 接收机输入电压、功率与场强的关系	109
3.3.2 地形、地物分类	110
3.3.3 中等起伏地形上传播损耗的中值	111
3.3.4 不规则地形上传播损耗的中值	114

3.3.5 任意地形地区的传播损耗 的中值	117	5.5.1 接入信令 (移动台至基站之间的信令)	204
3.4 移动信道的传播模型	119	5.5.2 网络信令	210
3.4.1 传播损耗预测模型	119	5.5.3 信令应用	211
3.4.2 多径信道的冲激响应模型	123	5.6 越区切换和位置管理	213
3.4.3 空时信道的传播模型	129	5.6.1 越区切换	213
思考题与习题	132	5.6.2 位置管理	215
第4章 抗衰落技术	133	思考题与习题	218
4.1 分集接收	133	第6章 频分多址(FDMA) 模拟蜂窝网	220
4.1.1 分集接收原理	133	6.1 概述	220
4.1.2 分集合并性能的分析与比较	136	6.1.1 发展简况	220
4.1.3 数字化移动通信系统 的分集性能	142	6.1.2 系统结构	221
4.2 RAKE 接收	144	6.1.3 主要功能	222
4.3 纠错编码技术	147	6.2 系统控制及其信令	223
4.3.1 纠错编码的基本原理	147	6.2.1 系统的控制结构	223
4.3.2 常用的检错码	150	6.2.2 控制信号及其功能	224
4.3.3 卷积码与交织编码	152	思考题与习题	226
* 4.3.4 Turbo 码	156	第7章 时分多址(TDMA) 数字蜂窝网	228
4.4 均衡技术	165	7.1 GSM 系统总体	228
4.4.1 均衡的原理	165	7.1.1 网络结构	228
4.4.2 自适应均衡技术	166	7.1.2 GSM 的区域、号码、地址 与识别	232
* 4.4.3 线性均衡技术	168	7.1.3 主要业务	235
* 4.4.4 非线性均衡技术	171	7.2 GSM 系统的无线接口	237
思考题与习题	177	7.2.1 GSM 系统无线传输特征	237
第5章 组网技术	179	7.2.2 信道类型及其组合	239
5.1 概述	179	7.2.3 话音和信道编码	246
5.2 多址技术	180	7.2.4 跳频和间断传输技术	248
5.2.1 频分多址(FDMA)	181	7.3 GSM 系统的控制与管理	249
5.2.2 时分多址(TDMA)	186	7.3.1 位置登记	249
5.2.3 码分多址(CDMA)	188	7.3.2 鉴权与加密	251
5.2.4 空分多址(SDMA)	191	7.3.3 呼叫接续	255
5.2.5 随机多址	191	7.3.4 过区切换	258
5.3 区域覆盖和信道配置	193	7.4 三种 TDMA 蜂窝系统分析比较	260
5.3.1 区域覆盖	193	7.4.1 D-AMPS 的特征	260
5.3.2 信道(频率)配置	198	7.4.2 PDC 系统的特征	262
5.4 网络结构	199	7.4.3 FDMA 和 TDMA 蜂窝系统 的通信容量	265
5.4.1 基本网络结构	199		
5.4.2 数字蜂窝移动通信网 的网络结构	201		
5.5 信令	204		

7.5 GPRS——通用分组无线业务	270	* 8.6 cdma2000 空中接口	321
7.5.1 GPRS 的网络结构	270	8.6.1 cdma2000 空中接口的特点	321
7.5.2 GPRS 的协议	272	8.6.2 cdma2000 空中接口的 分层结构	322
* 7.5.3 增强型 GPRS	276	8.6.3 cdma2000 空中接口的 物理信道结构	323
思考题与习题	276	思考题与习题	330
第 8 章 码分多址(CDMA)移动通信		第 9 章 码分多址(CDMA)移动通信	
系统(一)	278	系统(二)	332
8.1 概述	278	9.1 WCDMA 系统	332
8.1.1 码分多址的特征	279	9.1.1 WCDMA 系统结构	332
8.1.2 CDMA 蜂窝通信系统的多址干扰 和功率控制	280	9.1.2 WCDMA 无线接口	334
8.1.3 IS-95 CDMA 蜂窝系统 的工作频率	282	* 9.1.3 WCDMA 系统的网络	353
8.1.4 IS-95 CDMA 蜂窝通信系统 的时间基准	283	* 9.2 TD-SCDMA 系统	359
8.1.5 IS-95 CDMA 蜂窝系统 的语音编码	283	9.2.1 TD-SCDMA 的物理层	359
8.2 CDMA 蜂窝通信系统的通信容量	284	9.2.2 TD-SCDMA 系统的特征	363
8.3 IS-95 CDMA 蜂窝系统 的无线传输	289	思考题与习题	368
8.3.1 信道组成	289	第 10 章 移动通信的展望	369
8.3.2 正向传输	290	10.1 个人通信概述	369
8.3.3 反向传输	295	10.1.1 个人通信的概念	369
* 8.4 IS-95 CDMA 蜂窝系统的消息格式 和信道结构	301	10.1.2 实现个人通信的途径	370
8.4.1 导频信道	301	10.2 关于个人通信的国际标准和 研究进展	371
8.4.2 同步信道	301	10.2.1 第三代移动通信系统标准制定 的过程	372
8.4.3 寻呼信道	303	10.2.2 超(后)三代(B3G)或第四代(4G) 移动通信的研究和开发	373
8.4.4 正向业务信道	304	10.3 未来移动通信中的关键技术	375
8.4.5 功率控制子信道	308	10.3.1 自适应编码调制技术	375
8.4.6 接入信道	309	10.3.2 多输入多输出技术	378
8.4.7 反向业务信道	310	10.3.3 软件无线电	383
8.5 IS-95 CDMA 蜂窝系统 的控制功能	311	思考题与习题	384
8.5.1 登记注册	311	参考文献	385
8.5.2 切换	313		
8.5.3 呼叫处理	315		

第1章 概 论

随着社会的发展,人们对通信的需求日益迫切,对通信的要求也越来越高。理想的目标是能在任何时候、在任何地方、与任何人都能及时沟通联系、交流信息。显然,没有移动通信,这种愿望是无法实现的。

顾名思义,移动通信是指通信双方至少有一方在移动中(或者临时停留在某一非预定的位置上)进行信息传输和交换,这包括移动体(车辆、船舶、飞机或行人)和移动体之间的通信,移动体和固定点(固定无线电台或有线用户)之间的通信。

1.1 移动通信的主要特点

早在1897年,马可尼在陆地和一只拖船之间,用无线电进行了消息传输,这是移动通信的开端。至今,移动通信已有100多年的历史。近20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. 移动通信必须利用无线电波进行信息传输

这种传播媒质允许通信中的用户可以在一定范围内自由活动,其位置不受束缚,不过无线电波的传播特性一般都很差。首先,移动通信的运行环境十分复杂,电波不仅会随着传播距离的增加而发生弥散损耗,并且会受到地形、地物的遮蔽而发生“阴影效应”,而且信号经过多点反射,会从多条路径到达接收地点,这种多径信号的幅度、相位和到达时间都不一样,它们相互叠加会产生电平衰落和时延扩展;其次,移动通信常常在快速移动中进行,这不仅可以引起多普勒(Doppler)频移,产生随机调频,而且会使得电波传播特性发生快速的随机起伏,严重影响通信质量。因此,移动通信系统必须根据移动信道的特征,进行合理的设计。

2. 移动通信是在复杂的干扰环境中运行的

除去一些常见的外部干扰,如天电干扰、工业干扰和信道噪声外,系统本身和不同系统之间,还会产生这样或那样的干扰。因为在移动通信系统中,常常有多部用户电台在同一地区工作,基站还会有多部收发信机在同一地点上工作,这些电台之间会产生干扰。随着移动通信网所采用的制式不同,所产生的干扰也会有所不同(有的干扰在某一制式中容易产生,而在另一制式中不会发生)。归纳起来说,这些干扰有邻道干扰、互调干扰、共道干扰、多址干扰,以及近地无用强信号压制远地有用弱信号的现象(称为远近效应)等等。因此,在移动通信系统中,如何对抗和减少这些有害干扰的影响是至关重要的。

3. 移动通信可以利用的频谱资源非常有限,而移动通信业务量的需求却与日俱增

如何提高通信系统的通信容量,始终是移动通信发展中的焦点。为了解决这一矛盾,一方面要开辟和启用新的频段;另一方面要研究各种新技术和新措施,以压缩信号所占的

频带宽度和提高频谱利用率。可以说,移动通信无论是从模拟向数字过渡,还是再向新一代发展,都离不开这些新技术和新措施的支撑。此外,有限频谱的合理分配和严格管理是有效利用频谱资源的前提,这是国际上和各国频谱管理机构和组织的重要职责。

4. 移动通信系统的网络结构多种多样,网络管理和控制必须有效

根据通信地区的不同需要,移动通信网络可以组成带状(如铁路公路沿线)、面状(如覆盖一城市或地区)或立体状(如地面通信设施与中、低轨道卫星通信网络的综合系统)等,可以单网运行,也可以多网并行并实现互连互通。为此,移动通信网络必须具备很强的管理和控制功能,诸如用户的登记和定位,通信(呼叫)链路的建立和拆除,信道的分配和管理,通信的计费、鉴权、安全和保密管理以及用户过境切换和漫游的控制等等。

5. 移动通信设备(主要是移动台)必须适于在移动环境中使用

对手机的主要要求是体积小、重量轻、省电、操作简单和携带方便。车载台和机载台除要求操作简单和维修方便外,还应保证在震动、冲击、高低温变化等恶劣环境中正常工作。

1.2 移动通信系统的分类

移动通信有以下多种分类方法:

- ① 按使用对象可分为民用设备和军用设备;
- ② 按使用环境可分为陆地通信、海上通信和空中通信;
- 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)等;
- ④ 按覆盖范围可分为广域网和局域网;
- ⑤ 按业务类型可分为电话网、数据网和多媒体网;
- ⑥ 按工作方式可分为同频单工、异频单工、异频双工和半双工;
- ⑦ 按服务范围可分为专用网和公用网;
- ⑧ 按信号形式可分为模拟网和数字网。

本节只简要地说明通信系统分类的几个主要问题。

1.2.1 工作方式

无线通信的传输方式分单向传输(广播式)和双向传输(应答式)。单向传输只用于无线电寻呼系统。双向传输有单工、双工和半双工等三种工作方式。

1. 单工通信

所谓单工通信,是指通信双方电台交替地进行收信和发信。根据收、发频率的异同,又可分为同频单工和异频单工。单工通信常用于点到点通信,参见图 1-1。

同频单工是指通信双方(如图 1-1 中的电台甲和电台乙)使用相同的频率 f_1 工作,发送时不接收,接收时不发送。平常各接收机均处于守候状态,即把天线接至接收机等候被呼。当电台甲要发话时,它就按下其送受话器的按讲开关(PTT),一方面关掉接收机,另一方面将天线接至发射机的输出端,接通发射机开始工作。当确知电台乙接收到载频为 f_1 的信号时,即可进行信息传输。同样,电台乙向电台甲传输信息也使用载频 f_1 。同频单工工作方式的收发信机是轮流工作的,故收发天线可以共用,收发信机中的某些电路也可共

用,因而电台设备简单、省电,且只占用一个频点。但是,这样的工作方式只允许一方发送时另一方进行接收,例如,在甲方发送期间,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,必须立即松开其按讲开关,否则将收不到对方发来的信号。

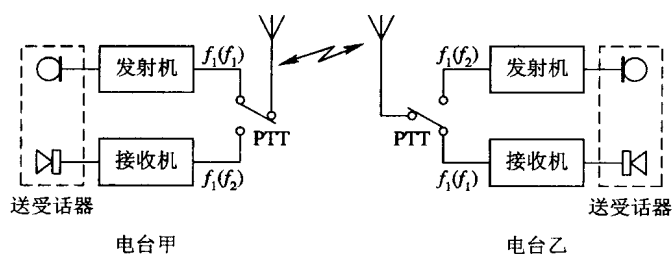


图 1-1 单工通信

异频单工通信方式是指收发信机使用两个不同的频率分别进行发送和接收。例如,电台甲的发射频率及电台乙的接收频率为 f_1 , 电台乙的发射频率及电台甲的接收频率为 f_2 。不过,同一部电台的发射机与接收机还是轮流进行工作的,这一点它与同频单工是相同的。异频单工与同频单工的差异仅仅是收发频率的异同而已。

2. 双工通信

所谓双工通信,是指通信双方可同时进行传输消息的工作方式,有时亦称全双工通信,如图 1-2 所示。图中,基站的发射机和接收机分别使用一副天线,而移动台通过双工器共用一副天线。双工通信一般使用一对频道,以实施频分双工(FDD)工作方式。这种工作方式使用方便,同普通有线电话相似,接收和发射可同时进行。但是,在电台的运行过程中,不管是否发话,发射机总是工作的,故电源消耗较大,这一点对用电池作电源的移动台而言是不利的。

为缓解这个问题和减少对系统频带的要求,可在通信设备中采用同步的半双工通信方式,即时分双工(TDD)。此时,时间轴被周期地分割成时间帧,每一帧分为两部分,前半部分用于电台 A(或移动台 A)发送,后半部分用于电台 B(或基站)发送,这样就可以实现电台 A 和 B(移动台与基站)的双向通信。

3. 半双工通信

半双工通信的组成与图 1-2 相似,移动台采用单工的“按讲”方式,即按下按讲开关,发射机才工作,而接收机总是工作的。基站工作情况与双工方式完全相同。

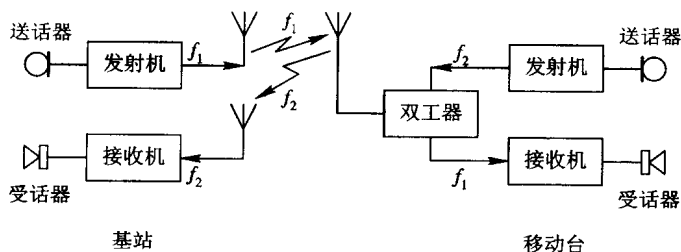


图 1-2 双工通信

1.2.2 模拟网和数字网

通信系统和网络经过数字化的进程后,目前主要的通信系统和网络都是数字化的系统和网络,移动通信也是如此。通常,人们把模拟移动通信系统(包括模拟蜂窝网、模拟无绳电话与模拟集群调度系统等)称作第一代移动通信系统,而把数字化的移动通信系统(包括数字蜂窝网、数字无绳电话、移动数据系统以及移动卫星通信系统等)称作第二代移动通信系统。目前,第二代移动通信系统已在世界范围内广泛应用。在此基础上,具有更多新功能、提供更高数据传输能力的第三代通信系统也在世界范围内开始商用。现在已开始新一代(第四代)移动通信系统的研究和开发。所有这些新系统都是基于数字技术的。

数字通信系统的主要优点可归纳如下:

(1) 频谱利用率高,有利于提高系统容量。采用高效的信源编码技术、高频谱效率的数字调制解调技术、先进的信号处理技术和多址方式以及高效动态资源分配技术等,可以在不增加系统带宽的条件下增多系统同时通信的用户数。

(2) 能提供多种业务服务,提高通信系统的通用性。数字系统传输的是“1”、“0”形式的数字信号。话音、图像、音乐或数据等数字信息在传输和交换设备中的表现形式都是相同的,信号的处理和控制方法也是相似的,因而用同一设备来传送任何类型的数字信息都是可能的。利用单一通信网络来提供综合业务服务正是未来通信系统的发展方向。

(3) 抗噪声、抗干扰和抗多径衰落的能力强。这些优点有利于提高信息传输的可靠性,或者说保证通信质量。采用纠错编码、交织编码、自适应均衡、分集接收以及扩跳频技术等,可以控制由任何干扰和不良环境产生的损害,使传输差错率低于规定的阈值。

(4) 能实现更有效、灵活的网络管理和控制。数字系统可以设置专门的控制信道用来传输信令信息,也可以把控制指令插入业务信道的比特流中,进行控制信息的传输,因而便于实现多种可靠的控制功能。此外,数字系统的移动台、基站及移动交换中心等设备均能在传输过程中检测有关的信号特性(如信号强度)和传输质量(如差错率),并在相互通信中彼此施加控制,从而使整个通信系统形成一个有机的整体,协调地实施网络的管理和控制。

(5) 便于实现通信的安全保密。

(6) 可降低设备成本以及减小用户手机的体积和重量。

本书前半部分的内容是带共性的章节,后半部分主要介绍数字通信系统。

1.2.3 通信业务

移动通信的传统业务是电话通信。最近 10 多年来,随着计算机的迅速发展和人们信息交往的日益频繁与多样化,对数据传输的需求也与日俱增。据估计,未来移动通信中的多媒体业务数据量将占总业务量的 70%~80%。

在第二代移动通信系统中,尽管主要业务是话音业务,但也可以提供丰富的数据业务,如短消息、低速率的 Internet 接入等业务。

在第三代移动通信系统中,由于其传输速率的提高,在中等移动速度的情况下,可以达到 384 kb/s 的传输速率,因而人们可以享用中等速率的多媒体业务,包括话音、图像和数据等。

尽管人们期望在未来的移动通信系统中能提供高速业务,能够享用现在所有的电信业务、Internet 业务、音频和视频业务。然而目前的情况是:在现有的公用移动通信系统中,不仅离提供高清晰度的电视服务为期尚远,而且也未能适应各种用户和各种市场对高速 Internet 数据服务的不同需求,这正是现在世界上研究新一代移动通信系统的原因。

在数字通信网络中,无论话音、图像或数据,其信息形式都是“二进制数字”,但是,传输不同类型的业务通常有不同的要求。例如,话音业务对传输时延比较敏感,时延超过 100 ms,收听者就会有不舒服的感觉;而在数据网络中,虽然也不希望有时延,但一般时延是数据用户可以接受的。另外,每次通话过程所占用的时间较长,长度也比较均匀(约 3 到 10 分钟),因而几秒钟的通信建立时间对通话者来说,并没有明显的影响。与此不同,每次数据服务期间所传输的信息量可能在很大的范围内变化,小到只有几个字节的电子邮件,大到上兆字节的文件,而平均来看,包含在一次数据通信期间的信息容量比起一次通话期间的数字化话音(可达上兆字节)来说是甚小的。数据通信这种平均通信时间甚短和所传信息量不确定的特征,使得数据业务服务不允许存在长的建立时间。此外,分组话音可允许分组丢失率达到 1%(或比特差错率达到相同的数量级)而不会明显地降低业务质量;对于不编码的数据传输而言,可以允许 10^{-6} 的差错率。但是数据分组的任何丢失总是不可接受的,因而在数据传输时,通常要采用强有力的纠错编码,必要时还要用检错重传技术,以保证数据传输的可靠性。

任何工业的发展都与产生它的背景相适应,移动通信的发展也不例外,它既受技术发展的驱动,也受市场需求的驱动。若干年来,移动通信基本上围绕着两种主干网络在发展,这就是基于话音业务的通信网络和基于分组数据传输的通信网络。根据运行环境和市场需求的不同,前者又分为以蜂窝网为代表的高功率宽(广)域网和以无绳电话网为代表的低功率局域网;后者又可分为宽带 LAN 之类的高速局域网和移动数据网之类的低速宽(广)域网。图 1-3 是移动通信网络分类的示意图。

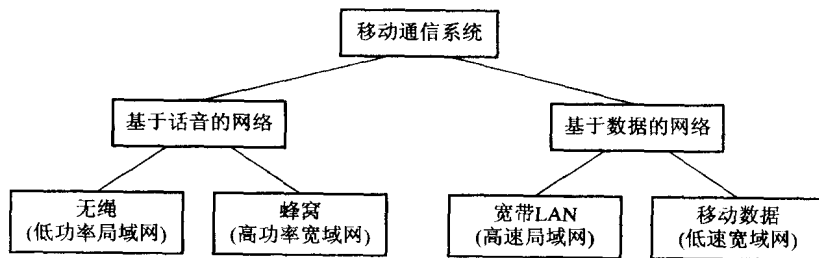


图 1-3 移动通信网络的分类

1.3 常用移动通信系统

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。