

现代电子通信技术系列教材

现代通信 技术与应用

(第2版)

张 亮 编著

清华大学出版社

现代电子通信技术系列教材

现代通信 技术与应用

(第2版)

张 亮 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书共4章,从宏观角度全景式介绍现代通信技术及其应用。第1章通信技术基础,介绍通信系统的构成、分类,通信传输介质,通信复用技术、交换技术、同步技术;第2章常用通信技术,介绍有线通信的电话通信、光纤通信,无线通信的移动通信、微波通信、卫星通信;第3章数据通信技术,介绍数据通信基础、关键技术、通信接口,数据通信网;第4章现代通信技术应用,介绍三网融合,物联网技术,多媒体通信。每章还安排6个简短精练的阅读材料,兼顾知识性、实用性。

本书概念简洁、原理明了、材料丰富、内容新颖、语句流畅、条理清晰,体例安排及内容裁剪等都有鲜明特色。适合作为本科、专科、高职高专的通信、电子、信息类专业的教材,对工程人员、管理人员、在职培训及自学者也有很高的参考价值。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

现代通信技术与应用/张亮编著. —2版. —北京:清华大学出版社,2013.4

(现代电子通信技术系列教材)

ISBN 978-7-302-31567-4

I. ①现… II. ①张… III. ①通信技术-教材 IV. ①TN91

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第030873号

责任编辑:邹开颜 赵从棉

封面设计:常雪影

责任校对:赵丽敏

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:18.25 字 数:443千字

版 次:2009年5月第1版 2013年4月第2版 印 次:2013年4月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:32.00元

产品编号:049368-01

现代通信技术涉及数字通信技术、程控交换技术、信息传输技术、通信网络技术、数据通信与数据网、ATM 技术、宽带 IP 技术、接入技术等。纵观通信技术发展,其显著特点:频率由低频向高频发展,通信方式从中波、短波发展到微波、毫米波。可以说,通信技术的发展历史是不断开拓更高频率、不断提高通信容量的历史。数字化、大容量、远距离、保密性好、可靠性高等是现代通信的特点,发展趋势是在数字化、综合化基础上,向智能化、移动化、宽带化和个人化方向发展。

本书是为更好地满足本科、专科、高职高专的通信、电子、信息类专业学习现代通信技术与应用课程而编著的,从宏观角度全景式介绍了现代通信技术及其应用。

1. 本版修改原则

(1) 从宏观角度编写。本书对现代通信技术及其应用作全景式介绍,为读者宏观上理解,并在实际工作中进一步掌握和应用相关技术奠定良好基础。有些内容允许“知其然,而不知其所以然”,将来结合相关课程或工作实践再加深理解。

(2) 普及性、实用性。作为本科、专科、高职高专学生及相关人员了解、学习现代通信技术及其应用的通用书籍,既要内容丰富、通俗易懂,又要突出时代性、实用性。

(3) 广度优先的原则。为多角度、全方位拓展知识面,加深对现代通信技术相关内容的了解,每章安排 6 个简短精练的阅读材料,素材选择有一定特色。

为明晰本书体系结构,更好地体现本书特色,将第 1 版中的“有线通信技术”、“无线通信技术”两章合并为“常用通信技术”;将“计算机通信”调整为“数据通信技术”;同时,增加了第 4 章“通信技术应用”,介绍新颖的三网融合、物联网技术、多媒体通信等。此外,调整了正文及阅读材料的部分内容。与第 1 版相比,修改了约 40% 的内容。

2. 体例安排思路

鉴于现代移动通信技术内容多、涉及面广,要做到选材得当、组织合理、深入浅出、联系实际、新颖实用,确实有一定难度。为此,本书采用分层结构,分正文和阅读材料两层:

(1) 正文内容。为本书的核心,从系统的角度介绍现代移动通信技术及其应用,占全书篇幅的80%。

(2) 阅读材料。独立成篇的阅读材料是正文的补充,每章安排6个,兼顾知识性、实用性,努力体现“广度优先”原则,占全书篇幅的20%。

这样,既突出重点,又能适应不同院校、不同专业的需要。可设计相应的教学大纲,选择书中全部或部分内容介绍。

3. 章节内容安排

本书共分4章,分别介绍通信技术基础、常用通信技术、数据通信技术、通信技术应用。

(1) 通信技术基础。介绍通信系统模型、分类,通信传输介质,复用技术,交换技术,同步技术;阅读材料介绍信息技术基础、保密通信常识、国际电信联盟(ITU)、国际标准化组织(ISO)、如何读懂电路原理图、常用电子元器件的故障特点。

(2) 常用通信技术。介绍有线通信的电话通信、光纤通信,无线通信的移动通信、微波通信、卫星通信;阅读材料介绍音频编码技术、红外通信技术、激光通信技术、蓝牙通信技术、集群通信技术、移动定位技术。

(3) 数据通信技术。介绍数据通信基础、关键技术、通信接口、数据通信网;阅读材料介绍加密技术、数据编码技术、字符编码常识、几种接口标准、新颖的IPv6协议、下一代网络(NGN)。

(4) 通信技术应用。介绍现代通信技术应用,包括三网融合、物联网技术、多媒体通信;阅读材料介绍云计算、纳米技术基础、微机电系统(MEMS)、全球定位系统(GPS)、射频识别(RFID)技术、图形与图像基础知识。

4. 本书使用建议

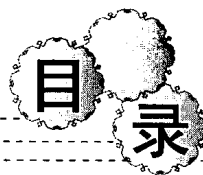
(1) 对教师的建议。教材与教学不应完全等同。教材注重从概念和定义出发,要求系统、全面;教学要求从问题或实例出发,层层剖析、逐步深入。因此,教学过程中不一定拘泥于教材顺序组织内容,教学内容不可能也不需要全部覆盖教材,应从“以教为主”逐渐过渡到“教与学相结合”,着力引导学生自主学习,培养学生良好的自学能力。教学过程中,一定要明了:教哪些内容?如何教这些内容?这样教会有什么效果?有些内容应允许学生“知其然而不知其所以然”,将来结合相关课程或工作实践进一步加深理解。

(2) 对同学的建议。大学的学习方法有别于中学,作为迈向工作岗位前最重要的知识积累和能力培养阶段,一定要培养自学的能力,因为学习是终身的事。大学阶段主要掌握一些基础性、原理性的知识,特别是从系统的、宏观的角度理解所学知识,明白学习什么,如何学习。学习过程中,一定要努力构建某一学科知识体系的框架,培养系统观、大局观,更多的具体内容可以在工作时结合实践去充实、提高。因此,大学阶段培养较强的自学能力尤为重要。此外,本书中独立成篇的阅读材料是正文内容很好的补充,值得认真阅读。

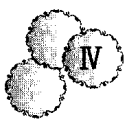
本书课件可联系责编。本书编写时参考的资料已列入书末的“参考文献”中,谨对这些资料的作者、出版者表示衷心感谢。特别感谢清华大学出版社邹开颜老师、赵从棉老师的辛勤付出。限于编者水平,书中不当之处在所难免,敬请指正。

编 者

2013年3月



第 1 章 通信技术基础	1
1.1 通信技术概述	1
1.1.1 通信发展历程	1
1.1.2 通信系统模型	5
1.2 通信系统分类	5
1.2.1 模拟通信系统	6
1.2.2 数字通信系统	9
1.3 通信传输介质	15
1.3.1 有线传输介质	15
1.3.2 无线传输介质	17
1.4 多路复用技术	21
1.4.1 多路复用概述	21
1.4.2 常用复用技术	22
1.5 通信交换技术	28
1.5.1 交换技术概述	28
1.5.2 常用交换技术	30
1.6 通信同步技术	39
1.6.1 同步技术概述	39
1.6.2 常用同步技术	39
小结	46
思考与练习	47
阅读材料	47
阅读材料 1 信息技术基础	47
阅读材料 2 保密通信常识	49
阅读材料 3 国际电信联盟 (ITU)	51
阅读材料 4 国际标准化组织 (ISO)	52
阅读材料 5 如何读懂电路原理图	54
阅读材料 6 常用电子元器件的故障特点	54



第2章 常用通信技术	57
2.1 电话通信技术	57
2.1.1 电话通信基础	57
2.1.2 电话通信系统	61
2.1.3 电话通信的发展趋势	67
2.2 光纤通信技术	72
2.2.1 光纤通信基础	72
2.2.2 光纤通信系统	78
2.2.3 光纤通信的发展趋势	82
2.3 移动通信技术	86
2.3.1 移动通信基础	86
2.3.2 第2代移动通信	89
2.3.3 第3代移动通信	95
2.3.4 移动通信的发展趋势	109
2.4 微波通信技术	112
2.4.1 微波通信基础	112
2.4.2 微波通信系统	115
2.4.3 微波通信的发展趋势	121
2.5 卫星通信技术	122
2.5.1 卫星通信基础	122
2.5.2 卫星通信系统	125
2.5.3 卫星通信的发展趋势	131
小结	133
思考与练习	134
阅读材料	134
阅读材料1 音频编码技术	134
阅读材料2 红外通信技术	136
阅读材料3 激光通信技术	138
阅读材料4 蓝牙通信技术	141
阅读材料5 集群通信技术	144
阅读材料6 移动定位技术	147
第3章 数据通信技术	150
3.1 数据通信基础	150
3.1.1 数据通信概述	150
3.1.2 数据通信系统	151
3.2 数据通信关键技术	153
3.2.1 数据传输技术	153

3.2.2 通信复接技术·····	156
3.2.3 差错控制技术·····	159
3.2.4 常用通信协议·····	167
3.3 数据通信接口·····	173
3.3.1 通信接口概述·····	173
3.3.2 常用通信接口·····	174
3.4 数据通信网·····	179
3.4.1 数据通信网基础·····	179
3.4.2 通信网拓扑结构·····	182
3.4.3 常用数据通信网·····	185
3.4.4 数据通信网互联·····	201
小结·····	205
思考与练习·····	206
阅读材料·····	206
阅读材料 1 加密技术简介·····	206
阅读材料 2 数据编码技术·····	208
阅读材料 3 字符编码常识·····	211
阅读材料 4 几种接口标准·····	214
阅读材料 5 IPv6 协议简介·····	216
阅读材料 6 下一代网络(NGN)·····	218
第 4 章 通信技术应用·····	222
4.1 三网融合·····	222
4.1.1 三网融合概述·····	222
4.1.2 三网融合的关键技术·····	225
4.2 物联网技术·····	229
4.2.1 物联网技术概述·····	229
4.2.2 物联网的体系结构·····	234
4.2.3 物联网系统的组成·····	236
4.2.4 物联网的关键技术·····	238
4.2.5 物联网技术的应用·····	239
4.3 多媒体通信·····	240
4.3.1 多媒体技术概述·····	240
4.3.2 多媒体通信技术·····	242
4.3.3 视频的压缩编码·····	243
4.3.4 多媒体通信网络·····	253
4.3.5 多媒体通信的应用·····	254
小结·····	263
思考与练习·····	264



阅读材料	264
阅读材料 1 云计算简介	264
阅读材料 2 纳米技术基础	267
阅读材料 3 微机电系统(MEMS)	269
阅读材料 4 全球定位系统(GPS)	271
阅读材料 5 射频识别(RFID)技术	274
阅读材料 6 图形与图像基础知识	276
附录 缩略语英-汉对照表	278
参考文献	284

通信技术基础

本章主要介绍通信的发展历程,通信系统的构成、分类,有线/无线传输介质,通信的多路复用技术、交换技术、同步技术;阅读材料介绍信息技术基础、保密通信常识、国际电信联盟(ITU)、国际标准化组织(ISO)、如何读懂电路原理图、常用电子元器件的故障特点等。

1.1 通信技术概述

1.1.1 通信发展历程

通信是信息或其表示方式、表示媒体的时间/空间转移。真正实现信息快速、准确、高效、远距离地传输是利用电作为信息载体才开始的。1837年美国人莫尔斯发明电报、1876年美国人贝尔发明电话以来,通信由电报、电话等单一品种扩大到传真、数据通信、图像通信、广播电视、多媒体通信等;传输介质由明线、无线短波、电缆到微波、卫星、海缆和光缆;交换设备由机电制布线逻辑方式向计算机程序控制方式发展;传输设备由模拟载波向数字脉码调制方式发展;终端设备由机电方式向微处理器控制的多功能终端发展;通信地点由固定方式转向移动方式,并逐步实现个人化。数字化、大容量、远距离、保密性、可靠性等成为现代通信的特点。通信技术的发展历程如下:

1) 电信序幕

通信的革命性变化是以电作为信息载体开始的。1753年2月17日,《苏格兰人》杂志发表了署名C.M的书信,首次提出用电进行通信的设想:把一组金属线从A地延伸到B地,每根金属线对应一个字母;A端发报时,根据报文内容将一条条金属线与静电机相连接,使它们通过相应电流;这些电流通过金属线传到与之相连的B地小球时,便将挂在小球下方的写有不同字母、数字的纸片吸起来,实现信息的远距离传输。上述电通信设想虽不成熟,且缺乏推广、应用的环境,却使人类看到了电信时代的曙光。

特别是19世纪前30年,科学技术取得许多重大进展,对通信的要求越来越高,标志着一个高速通信时代的到来,电信时代的序幕由此逐渐拉开。

2) 有线电报

1793年,法国的查佩兄弟在巴黎-里尔间架设了长230km、以接力方式传输信息的托架式通信线路,系统由许多沿通信线路择高建筑的塔站组成,通过操纵支架不同角度接力传输信息至目的地,这种能在短时间内实现信息远距离传输的“遥望通信”方式曾盛行欧洲;1832年,俄国人希林受奥斯特电磁感应理论启发,设计了用电流计指针偏转来接收信息的电报机;1837年,英国人库克获电报发明专利。

最有名的电报发明家是莫尔斯,为了把电报和人类语言联系起来,他设想“只要电流停止片刻就会出现火花,火花是一种符号,没有火花是另一种符号,没有火花的时间长短是第3种符号,这3种符号组合起来可代表数字、字母,并通过导线传输”,根据上述思想,莫尔斯用电流“通、断、长断”分别来编制代表数字、字母的电码(莫尔斯电码),以代表相应文字。1837年,莫尔斯电报机研制成功,并于1843年建成华盛顿-巴尔的摩的电报线路。1844年5月24日,莫尔斯发出人类第一份电报“上帝创造了何等奇迹”,真正开始了利用电传输信息的时代。

3) 电话通信

首先提出远距离传输语音建议的是英国人胡克。1796年,英国人休斯提出用话筒接力方式传输语音,并给这种通信方式冠以一个沿用至今的名字——电话(telephone)。

电话发明家中成就最卓著的是贝尔。他在做实验时偶然发现铁片在磁铁前振动会发出微弱声响,并通过导线传输到远处,此事给贝尔很大启发:如果对着铁片讲话,让铁片振动,铁片后面放着绕有导线的磁铁,导线中的电流就会发生相应变化;变化的电流传到目的地,又驱动电磁铁前的铁片作同样振动,即可传输声音。1876年3月7日,贝尔获得电话发明专利。1877年,相距300km的波士顿-纽约间架设了世界上第一条电话线路。同年,有人用电话给《波士顿环球报》传输新闻消息,从此开始了公众使用电话的时代。100多年来,电话通信经历了“磁石—共电—自动”的发展过程。1965年,第一部程控电话交换机在美国问世,标志着电话通信新时代的开始。2.1节将详细介绍“电话通信技术”。

4) 电磁波的发现

电报、电话的相继发明,使人类获得了远距离传输信息的重要手段。但只有线路架设到的地方才能传输信息,严重限制了其使用的范围。

1820年,丹麦人奥斯特发现,金属导线通过电流时,附近的磁针会发生偏转。据此,英国人法拉第认为“电能生磁”。实验还表明导体在磁场中运动时会产生电流,即“电磁感应”现象。英国人麦克斯韦从理论上证明了法拉第等人的研究成果,并将电磁感应理论推广到空间,认为变化的磁场周围会产生变化的电场,而变化的电场周围又将产生变化的磁场,依此类推,可把交替的电磁场传输很远。1864年,麦克斯韦发表著名的电磁场理论,首次预言电磁波的存在。1887年,德国人赫兹通过实验证实了电磁波的存在,导致无线通信的诞生,这不但是“有线通信”向“无线通信”的转折,也是整个移动通信的发源点,人类从此进入无线通信领域。

5) 无线电通信

1896年3月24日,俄国人波波夫研制的无线电发射机/接收机成功地进行了250m莫尔斯电码传输,这是世界上最早通过无线电传输有明确内容的电报。从此,无线通信揭开了新的篇章。

1897年5月18日,意大利人马可尼改进了无线电发射/接收设备,并成功进行了12km无线通信。后来,建立了世界上第一家无线电器材公司——英国马可尼公司。1901年12月,马可尼使用800kHz中波首次实现英国到加拿大长达2000mile的跨洋通信,开创了人类无线通信的新纪元。由于无须昂贵的地面通信线路,无线通信很受重视,并发挥了极其巨大的作用。

6) 移动通信

随着社会的发展,人类希望随时随地进行不需要电话线路的通信。1945年,采用单区

制的汽车移动电话在美国问世,但难以满足用户之需;1946 年,美国贝尔实验室提出将移动电话服务区划分成若干小区,每个小区设一个基站(BS),构成蜂窝状移动通信,巧妙地解决了有限频率资源与高密度用户需求量之间的矛盾,系统通信容量显著增加;1978 年该系统在美国芝加哥试验成功,并于 1983 年正式投入商用,这是移动通信史上具有划时代意义的发明,一直沿用至今。

第一代移动通信 1G(generation)为模拟蜂窝系统,主要采用模拟技术、频分复用(FDMA)技术,终端设备体积大、功耗高、保密性差,只能实现语音通信,漫游能力差;第二代移动通信(2G)是数字蜂窝系统,主要采用数字技术、时分复用(TDMA)技术,通信容量较大,能提供多种业务,以欧洲的全球移动通信系统(GSM)为代表;第三代移动通信(3G)主要基于宽带码分复用(CDMA)技术。移动通信将人类带进“个人通信”时代,可以在任何时间、任何地点,以任何方式与任何对象建立通信联系,实现信息交互,变“服务到家”为“服务到人”,真正满足信息时代的高要求。2.3 节将详细介绍“移动通信技术”。

7) 微波通信

频率 300MHz~300GHz(波长 1m~1mm),能量集中于一点并沿直线传播的电磁波称为微波。微波通信是利用微波在视距范围内进行信息传输的一种“点一点”通信方式,可传输音频、视频和数据等。

20 世纪 40—50 年代开始使用的微波通信具有容量大、投资省、建设快和抗灾能力强等优点,成为远距离、大容量地面干线无线传输的主要手段。目前,发达国家的微波通信占长途通信 50%以上,成为最有发展前景的手段之一。2.4 节将详细介绍“微波通信技术”。

8) 卫星通信

卫星通信指利用人造地球卫星作中继站转发或反射无线电波,实现两个或多个地球站间的通信。1945 年 10 月,英国人 A. C. 克拉克发表论文“地球外的中继”,提出通过发射人造地球卫星,为地面通信建立设于空间的“中继站”,首次提出用卫星进行通信的可能性。

卫星通信发展简史如表 1-1 所示。它具有覆盖范围广、通信容量大、通信距离远等优点,广泛应用于通信、广播、电视,以及定位、遥感、监控等。2.5 节将详细介绍“卫星通信技术”。

表 1-1 卫星通信发展简史

时 间	大 事 记
1945 年 10 月	英国人 A. C. 克拉克提出卫星通信的设想。他在《Wireless World》杂志发表了题为“地球外的中继”的文章,首次揭示利用卫星进行通信的可能性
1954 年 7 月	美国海军利用月球表面对无线电波的反射进行了地球上两地的电话传输试验,以此为基础,1956 年在华盛顿和夏威夷间建立了无线通信业务
1957 年 10 月 4 日	苏联发射了世界上第一颗人造地球卫星,地球上第一次收到了来自人造卫星的电波。它不仅标志着航天时代的开始,也意味着利用卫星进行通信的时代即将到来
1960 年 8 月 12 日	美国国防部把直径 30m 的“回声 1 号”发射到距地面 1600km 的圆形轨道,进行通信试验。这是世界上第一颗“无源通信卫星”,只能将信号反射进行通信。该方式效率太低,实用价值有限
1962 年 7 月 10 日	美国国家航空宇航局发射了世界上第一颗有源通信卫星“电星 1 号”,该卫星可对信号进行接收、处理、放大、再发射,显著提高了通信质量



续表

时 间	大 事 记
1963 年 7 月 26 日	美国国家航空宇航局发射“同步 2 号”通信卫星,在非洲、欧洲和美国间进行电话、电报、传真通信。该卫星有 30°倾角,运行轨道相对于地面作“8”字形移动,非真正“同步”,还不是“静止卫星”
1964 年 8 月 19 日	美国发射了“同步 3 号”卫星,获得完全成功,这是世界上第一颗地球同步静止轨道通信卫星
1964 年 8 月 20 日	成立了以美国通信卫星有限公司为首的“国际通信卫星财团”,次年更名为“国际通信卫星组织”,即著名的 Intelsat。其宗旨是建议和发展全球通信卫星系统供世界各国使用,以便改进电信的服务。确立了卫星通信体制和标准地球站的性能标准,卫星通信业务从此正式成为国际间的商用业务
1965 年 4 月 6 日	国际卫星通信组织发射世界上第一颗实用型商业通信卫星“晨鸟”(Early Bird),又称“国际通信卫星-I”(Intelsat1),它可以开通 240 路电话,标志着卫星通信进入实用阶段
1966—1967 年	4 颗“国际通信卫星-II”升空,通信容量为 400 个双向话路,通信能力遍及全球
1968—1970 年	8 颗“国际通信卫星-III”升空,通信容量为 1200 个双向话路
1971—1975 年	8 颗“国际通信卫星-IV”升空,通信容量达 5000 个双向话路
1975—1979 年	2 颗“国际通信卫星-IV A”升空,每颗有 20 个转发器,容量为 6250 个双向话路加 2 路彩色电视
1980—1984 年	3 颗“国际通信卫星-V”升空,每颗有 27 个转发器,通信容量为 12000 个双向话路加 2 路彩色电视。第一次采用了 3 轴稳定和太阳能电池板技术
1986 年	开始发射“国际通信卫星-VI”,卫星频谱再用 6 次,有效带宽 3680MHz,有 34 个转发器,可同时传输 3 万个双向话路加 3 路彩色电视
1990 年开始	“国际通信卫星-VII”升空,使用了大量的窄波束,并开发应用了 5 种新技术。该卫星可同时传输 10 万个双向话路和 4 路彩色电视

9) 光纤通信

激光有极为丰富的频率资源,很受通信领域重视。但激光在大气中传输时受气候条件、地理条件等的影响和制约,信号衰减很大。有鉴于此,激光通信研究由“无线方式”转向“有线方式”。1966 年,英国华裔科学家高锟提出以光导纤维(简称光纤)进行远距离激光通信的设想,认为激光在光纤中的传输损耗如果降到 20dB/km,便可用于通信;1970 年,美国康宁公司根据高锟的设想制造出世界上第一根低损耗光纤,这是光纤通信的重大突破;1976 年,首条光缆实验系统在美国亚特兰大建成;1980 年,在英国苏格兰西海岸敷设了世界上第一条海底光缆。作为最有发展前途的通信技术,光纤通信具有频带宽、容量大、衰耗小、保密性强、抗干扰能力高等优点,广泛应用于邮电通信、广播电视、计算机网络等。目前,光通信正逐渐取代电通信,成为主要通信手段。2.2 节将详细介绍“光纤通信技术”。

纵观通信技术发展,其主要特点:频率由低频向高频发展,通信方式从中波、短波发展到微波、毫米波。可以说通信技术的发展历史是不断开拓更高频率的历史,也就是通信容量不断增长的历史。例如,人类掌握了数百至数千千赫的技术后,无线电及广播开始应用;数十至数百兆赫的技术成熟后,电视进入千家万户;数千至数万兆赫的载波提供了雷达、微波通信、卫星通信等通信手段。而要开发更高的载频,就势必要开拓光波,光纤通信逐渐取代

电通信成为主要通信手段是人类进入信息时代、网络时代的重要标志。现代通信技术涉及数字通信技术、程控交换技术、信息传输技术、通信网络技术、数据通信与数据网、异步传输模式(ATM)技术、宽带 IP(Internet protocol, 网际协议)技术、接入技术等,发展趋势是在数字化、综合化基础上,向智能化、移动化、宽带化和个人化方向发展。

1.1.2 通信系统模型

通信系统指利用传输信道或网络将具有收/发信息功能的终端设备有机连接起来的系统,包括终端设备、交换设备、传输信道,可实现单向/双向或单工/双工通信功能。

为把用户非电形式的消息传输到远方,发送端通过终端设备将作为信源的消息转换成电信号,并将该信号加载到某种载体上,经信道传输到接收端,接收端的用户终端设备从所接收信号中还原出受信消息。通信系统模型如图 1-1 所示。

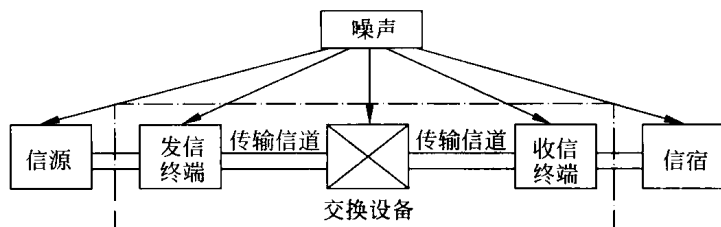


图 1-1 通信系统模型

(1) 终端设备。终端设备包括发信终端、收信终端等,除完成消息和信号的相互转换,还具有产生、识别、处理信令及信道适配等功能。不同通信业务的终端设备各异,如电话业务的电话机、传真业务的传真机、数据业务的数据终端机等。

(2) 交换设备。交换设备是通信网的核心,其基本功能是汇集、转接、分配用户信号,实现用户间的选择性连接和自由通信。不同属性通信业务要求的交换设备各异:实时性强的电话业务,要求能直接接续话路的电路交换设备;实时性要求不高的数据业务,可采用分组交换设备,把数据信号分组、存储和交换,并以分组为单位,利用各信道的空闲“见缝插针”地传输。通常,安装交换设备的局、所称为交换节点或交换中心,各交换中心有不同层次或级别,大体分接入用户的端局和疏导局间业务的汇接局。

(3) 传输设备。传输设备是连接交换节点、提供传输信号通道的系统,通常由置于系统两端的传输终端设备、通信线路和间插于线路的中继器组成。为提高传输网络的效率,现代通信采用各种复用技术,使传输系统不仅能在“点一点”间提供许多宽带信号通道,还能在线路中串入分出/插入复用设备,沿线上/下部分通道,扩大通信系统的服务范围或覆盖范围。

1.2 通信系统分类

通信系统根据传输信号特征、传输介质、调制方式、通信方式等的不同,有多种分类方法。其中,按传输信号特征的不同,分为模拟通信系统和数字通信系统。

根据信号幅度是否随时间连续变化,分模拟信号和数字信号:前者的某电参量如幅度、频率、相位等在一定取值范围内随时间连续变化,如图 1-2(a)所示,具有结构复杂、易受干

扰、占用带宽较窄等特点;后者指某电参量在一定的取值范围内不随时间连续变化,如图 1-2(b)所示,具有信号结构简单、抗干扰性强、易整形和再生、占用带宽较宽等特点。采用模拟信号进行通信的系统称模拟通信系统;采用数字信号进行通信的系统称数字通信系统。

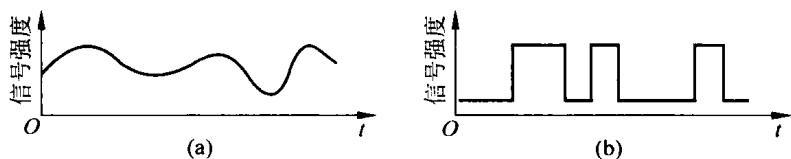


图 1-2 模拟信号和数字信号

1.2.1 模拟通信系统

模拟通信系统模型如图 1-3 所示。

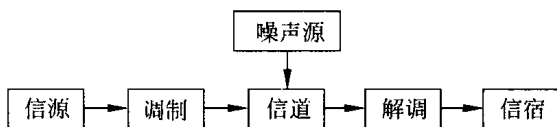


图 1-3 模拟通信系统模型

模拟通信系统中,信源多为频谱分量较低的基带信号。例如,电话信号为 $300 \sim 3400\text{Hz}$,音乐为 $20 \sim 20000\text{Hz}$,这种频谱分量较低的基带信号一般不宜直接传输。因此,模拟通信需进行两种变换:发送端,对信源信号进行调制,变为适合于信道传输的信号;接收端,将信道中传输的已调制信号进行解调,恢复为原始的电信号。

1. 调制的目的

模拟信号的调制、解调过程如图 1-4 所示。对不同信道,根据经济、技术等因素采用相应的调制方式。调制的主要目的如下:

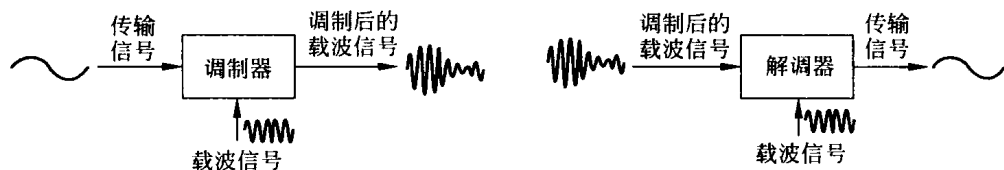


图 1-4 模拟信号调制、解调过程

(1) 频谱变换。为有效、可靠地传输信息,需将低频信号的基带频谱搬移到适当的或指定的频段。例如,人类语音信号频率为 $100 \sim 9000\text{Hz}$ (男性)、 $150 \sim 10000\text{Hz}$ (女性),这种信号从工程角度看不可能通过天线进行无线传输,因为天线辐射效率取决于天线几何尺寸与工作波长之比,一般要求天线长度应在发射信号波长的 $1/10$ 以上。因此,语音信号必须进行调制,也就是将该信号搬移到工程上能传播的信道频谱范围才能传输。

(2) 提高抗干扰能力。调制能改善系统的抗噪声性能,增强了信号的抗干扰能力。例如,提高通信的可靠性必须以降低有效性为代价,反之也一样。即通常所说的信噪比(S/N)和带宽的互换,而这种互换是通过不同调制方式实现的。当信道噪声较严重时,为确保通信

可靠性,可以选择某种合适的调制方式来增加信号频带宽度。这样,虽然降低了信号传输的有效性,但抗干扰能力增强了。

(3) 实现信道多路复用。信道的频率资源十分宝贵,一个物理信道如果仅传输一路信号 $m(t)$,显然浪费了远比 $m(t)$ 频率范围宽的信道资源。通过调制,将多个信号的频谱按一定规则排列在信道带宽相应频段,实现同一信道中多个信号互不干扰地同时传输,即 FDMA。当然,复用方式、复用路数与调制方式及信道本身的特性有关。

2. 常用调制方式

大部分调制系统将待发送的信号和某种载波信号进行有机结合,产生适合传输的已调信号。调制器可视为一个六端网络,其中一端对应传输的调制信号 $m(t)$,另一端对应输入载波信号 $c(t) = A_0 \cos(\omega_c t + \phi)$,输出端对应已调波 $s(t)$ 。根据完成调制功能的调制器传输函数不同,有调幅(AM)、调频(FM)、调相(PM)等调制方式,相应波形如图 1-5 所示。

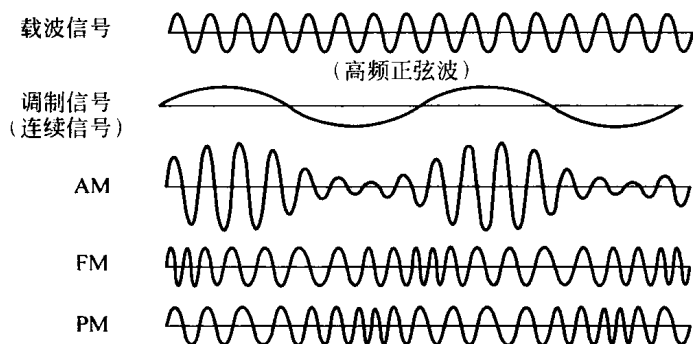


图 1-5 模拟调制 3 种基本方式

3 种调制方式相关指标比较如表 1-2 所示。

表 1-2 3 种常用调制方式比较

调制方式	AM	FM	PM
所需带宽	窄	宽	宽
频谱复杂性	简单	复杂	复杂
功率效率	差	良好	良好
调制/解调处理	简单	难	适度
抗干扰能力	弱	强	强

下面简要介绍模拟调制中的常规双边带调幅(AM)、抑制载波双边带调制(DSB-SC)、单边带调制(SSB)及残留边带调制(VSB)。

1) 常规双边带调幅(AM)

调幅是使高频载波信号的振幅随调制信号的瞬时变化而变化。发送端用调制信号来改变高频信号的幅度大小,使得调制信号的信息包含入高频信号之中,通过天线把高频信号发射出去,这样调制信号也传播出去了;接收端把调制信号解调出来,也就是把高频信号的幅度解读出来即可得到调制信号。

如果载波信号是单频正弦波,调制器输出的已调信号的包络与输入调制信号为线性关系,称这种调制为常规调幅(简称调幅)。这种调制方式在无线电广播系统中占主要地位。常规双边带调幅中,输出已调信号的包络与输入调制信号成正比,时域表达式为

$$S_{AM}(t) = [m_0 + m(t)]\cos(\omega_c t + \phi)$$

式中, m_0 为外加的直流分量; $m(t)$ 为基带调制信号(通常认为平均值为 0); ω_c 为载波的角频率; ϕ —载波的初始相位。

典型的双边带调幅波形图如图 1-6 所示。可以看出,用包络检波方法能恢复原始调制信号。但为了包络检波时不发生失真,必须满足 $m_0 + m(t) \geq 0$,否则将会因过调幅而产生失真。

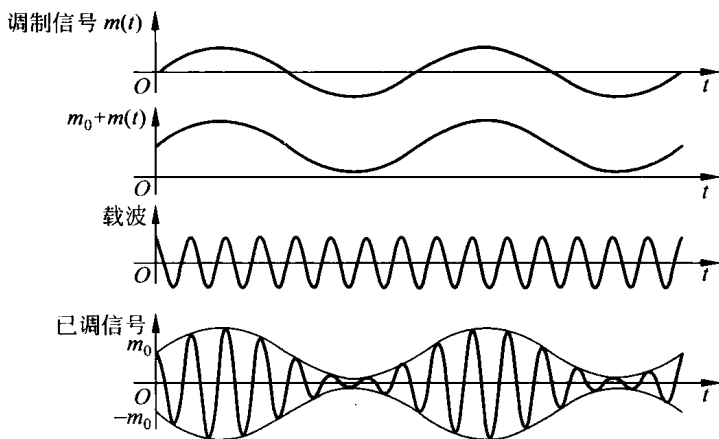


图 1-6 常规双边带调幅

2) 抑制载波双边带调制(DSB-SC)

AM 中载波功率是无用的,因为载波不携带任何信息,信息完全由边带传输。将要抑制载波,只需不附加直流分量 m_0 即可得到抑制载波的双边带调幅。如果输入的基带信号没有直流分量,则输出信号就是无载波分量的双边带调制信号(简称 DSB 信号)。此时,DSB 信号实质上就是 $m(t)$ 和载波 $\cos\omega_c t$ 的乘积,时域表达式为

$$S_{DSB(t)} = m(t)\cos\omega_c t$$

3) 单边带调制(SSB)

DSB-SC 的上、下边带完全对称,所携带的信息相同,完全可以用一个边带来传输全部信息。SSB 方式节省了载波功率,且只需传输双边带调制信号的一个边带。因此,传输单边带信号最直接的方法就是让双边带信号通过一个单边带滤波器,滤除不要的边带,即可得到单边带信号,这是最简单、最常用的方法。

4) 残留边带调制(VSB)

用滤波法产生 SSB 信号的主要缺点是需要陡峭截止特性的滤波器,制作这样的滤波器较为困难。为解决产生 SSB 信号和实际滤波器之间的矛盾,提出了 VSB。

5) 几种模拟调制系统比较

上述几种模拟调制系统的带宽、直流响应、调制与解调设备复杂性等方面的比较如表 1-3 所示。