



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



新一代高职教育信息通信规划教材

数字通信原理

SHUZI TONGXIN YUANLI

SHUZI TONGXIN YUANLI

孙青华 郑艳萍 张星 编著





普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新一代高职教育信息通信规划教材

数字通信原理

孙青华 郑艳萍 张 星 编著

北京邮电大学出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书主要讲述数字通信的基本原理与方法,并结合数字通信网、电话通信网和移动通信网的应用进行了阐述。全面地介绍了通信过程中的模型、信道、编解码、调制解调、差错控制、扩频技术、数字传达传输、同步技术等方面的内容。

本书共 10 章。第 1 章和第 2 章从通信网的一般性的通信模型和信道入手,介绍通信原理的一些基本概念及基础知识;第 3 章至第 6 章对通信技术中常见的模拟调制和数字调制技术及理论进行详细的研究,介绍了数字基带传输和模拟信号传输中常用的理论方法;第 7 章到第 9 章详细介绍了传输过程中的差错控制、扩频技术和同步技术;第 10 章简要介绍移动通信、卫星通信、NGN 等通信网络。

本书可作为通信工程、电子信息等专业高职高专教材,是通信技术人员、电子信息工程技术人员从事通信技术的实用参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字通信原理/孙青华,郑艳萍,张星编著. —北京:北京邮电大学出版社,2007

ISBN 978-7-5635-1413-7

I. 数… II. 孙… III. 数字通信—高等学校:技术学校—教材 IV. TN914.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 120544 号

书 名: 数字通信原理

作 者: 孙青华 郑艳萍 张 星

责任编辑: 王晓丹

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(100876)

北方营销中心: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

南方营销中心: 电话: 010-62282902 传真: 010-62282735

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京忠信诚胶印厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 16.25

字 数: 400 千字

印 数: 1—5 000 册

版 次: 2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-1413-7/TN·499

定价: 24.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社营销中心联系 ·

新一代高职教育信息通信规划教材

编 委 会

主 任：肖传统

副主任：张孝强 张干生 孙青华 严潮斌

委 员：(以姓氏笔画为序)

王立平 王巧明 王晓军 王 颖 宁 帆

刘翠霞 李 飞 李文海 苏开荣 吴正书

李转年 迟学芬 吴瑞萍 张一鸣 张敏华

张献居 张新瑛 杨 泉 顾生华 孟祥真

徐淳宁 曹晓川 蒋青泉 傅德月

秘 书：王琴秋

前 言

本书共分 10 章,从通信网的一般模型入手,介绍了信息传输的各个环节常用技术的基本原理及方法。首先为读者建立起通信网的整体架构,然后逐一介绍信道、基带传输、模拟调制、数字调制、差错控制、数字传输、扩频技术、同步技术等基本原理及分析方法。由于电信技术发展很快,规划理论层出不穷,本书在内容广泛、实用,讲解通俗的基础上,尽量选用最新的资料。

学习本书所需要的准备

学习本书需要具备工程数学的基础知识。对现代通信技术有一定了解的读者都会在本书中得到有益的知识。

本书的风格

本书力图编排成为一本数字通信原理的学习指南,内容包括了数字通信原理的基础理论和一般方法。本书含有大量的图表、数据、例证和插图,以达到讲解深入浅出。数字通信原理涉及内容比较复杂,而且不少内容有前后的关联性,本书尽可能用形象的图表及实例来解释和描述,为读者建立清晰而完整的体系框架。

在每章的开始明确本章的学习重点及难点,引导读者深入学习。

本书的结构

第 1 章从通信系统的基本模型入手,概括介绍了通信系统的构成、通信技术的发展及通信系统性能指标。

第 2 章介绍了通信信道的概念、信道的分类及信道容量。

第 3 章从模拟通信传输的角度介绍了模拟调制的方法及相关的性能。

第 4 章简要介绍基带数字信号码型、码间干扰及基带系统抗噪声性能等内容。

第 5 章主要讨论了二进制数字调制系统的原理及抗噪声性能,并简要介绍多进制数字调制原理及其他派生出来的数字调制方式。

第 6 章介绍了模拟信号的数字化传输的过程及相应技术原理。

第7章讲述了差错控制编码的基本原理,详细介绍了线性分组码、循环码、卷积码、Turbo码的差错控制方法。

第8章从扩频通信抗干扰的原理入手,介绍了直接扩频、跳频扩频、跳时扩频等方法的基本思想。

第9章简要介绍同步原理、数字同步网的结构等内容。

第10章简要介绍移动通信、卫星通信、NGN等通信网络。

本书可作为通信工程、电子信息等专业高职高专教材,是通信技术人员、电子信息工程技术人员从事通信技术的实用参考书。

在本书的编写过程中,我要感谢我的同事和朋友给予我的帮助,特别是石家庄邮电职业技术学院王焕友、杨延广、孟祥真等老师对我工作的支持。

本书由孙青华负责全书的组织与统稿。第1章和第2章由郑艳萍编写;第3章、第4章、第6章、第9章和第10章由张星编写;第5章、第7章和第8章由孙青华编写。由于编者水平有限,书中难免存在欠妥之处,恳切希望广大读者批评指正。

孙青华

目 录

第 1 章 绪论

1.1 引言	1
1.2 通信系统基本模型	2
1.3 数字通信系统模型	3
1.4 通信技术的发展	4
1.5 通信系统的性能指标	6
思考题与练习题	8

第 2 章 信道

2.1 信道的分类	9
2.2 有线信道	10
2.3 无线信道	11
2.4 信道容量	12
思考题与练习题	13

第 3 章 模拟调制系统

3.1 常规幅度调制	15
3.1.1 AM 信号的产生时域表示方法	15
3.1.2 AM 信号的频谱及带宽	16
3.1.3 AM 信号的解调方式	18
3.1.4 AM 信号的功率分布和调制效率	19
3.2 抑制载波双边带调制	20
3.2.1 DSB 信号的调制及信号频谱	20
3.2.2 DSB 信号的解调	21
3.3 单边带调制	22
3.3.1 SSB 调制模型及信号频谱	22
3.3.2 SSB 信号的解调	24
3.4 残留边带调制	24
3.5 频率调制	26
3.5.1 FM 信号时域表达式	26
3.5.2 FM 信号的频谱及卡森带宽	27
3.5.3 FM 调制、解调的实现	28

3.6 模拟调制系统抗噪声性能的分析	30
3.7 频分复用	35
思考题与练习题	36

第4章 数字基带传输系统

4.1 数字基带信号的码型	39
4.1.1 常见的基本码型	39
4.1.2 数字基带信号的功率谱	41
4.1.3 基带传输的常用码型	42
4.2 无码间干扰基带传输系统	45
4.3 部分响应系统	49
4.4 均衡技术	51
4.4.1 频域均衡	51
4.4.2 时域均衡	52
4.5 眼图	53
4.6 基带系统的抗噪声性能	54
思考题与练习题	56

第5章 数字调制

5.1 数字幅度调制	59
5.1.1 数字幅度调制概念	59
5.1.2 2ASK 信号的时间表达式及波形	60
5.1.3 二进制幅度键控功率谱特性及带宽	60
5.1.4 2ASK 信号的接收(解调)	61
5.1.5 2ASK 系统非相干解调接收时的性能分析	63
5.1.6 2ASK 系统相干接收时的性能分析	66
5.1.7 多进制数字振幅调制	69
5.2 数字频率调制	71
5.2.1 数字频率调制的概念	71
5.2.2 2FSK 信号的波形及时间表示式	71
5.2.3 2FSK 信号的功率谱特性及带宽	72
5.2.4 2FSK 信号的解调	74
5.2.5 2FSK 系统非相干(包络检波)解调法的性能分析	76
5.2.6 2FSK 系统相干解调法的性能分析	77
5.2.7 多进制数字频率调制	78
5.3 数字相位调制	80
5.3.1 二进制绝对相移键控	80
5.3.2 二进制相对相移键控	83
5.3.3 多进制数字相位调制系统	88

5.3.4 相对相移键控·····	92
5.4 各种数字调制性能的比较·····	94
5.4.1 带宽·····	94
5.4.2 误码率·····	94
5.4.3 对信道特性变化的敏感性·····	96
5.4.4 设备的复杂程度·····	96
5.4.5 应用情况·····	96
5.5 数字调制新技术·····	96
5.5.1 幅相键控方式·····	97
5.5.2 连续相位频移键控·····	100
5.5.3 最小移频键控·····	101
5.5.4 平滑调频·····	104
5.5.5 高斯最小移频键控方式·····	105
5.5.6 正交频分复用·····	106
思考题与练习题·····	109

第6章 模拟信号的数字化传输

6.1 采样定理·····	111
6.2 量化及误差·····	113
6.3 脉冲编码调制·····	115
6.3.1 A律13折线压缩特性·····	116
6.3.2 A律PCM编码·····	117
6.4 DPCM及增量调制·····	119
6.5 增量编码调制·····	120
6.5.1 简单增量调制·····	120
6.5.2 增量调制的过载特性与动态编码范围·····	121
6.6 话音和图像信号的压缩编码·····	122
6.6.1 话音压缩编码·····	122
6.6.2 图像压缩编码·····	125
6.7 时分复用及PCM帧结构·····	125
思考题与练习题·····	127

第7章 差错控制编码

7.1 差错控制编码的基本原理·····	128
7.2 简单控制编码·····	134
7.2.1 奇偶监督码·····	134
7.2.2 二维奇偶监督码·····	135
7.2.3 恒比码·····	135
7.3 线性分组码和汉明码·····	136

7.3.1 线性分组码	136
7.3.2 汉明码	139
7.4 循环码	141
7.4.1 循环码的基本概念及码多项式	141
7.4.2 循环码的生成多项式及生成矩阵	143
7.4.3 循环码编码原理	145
7.4.4 循环码译码原理	148
7.5 卷积码	149
7.6 Turbo 码	154
思考题与练习题	159

第 8 章 扩频通信

8.1 扩频通信概述	160
8.2 直接序列扩频	166
8.3 跳频扩频通信概述	169
8.4 跳时扩频通信	174
8.5 混合扩频方式	175
8.6 扩频通信抗噪声性能分析	178
8.6.1 系统处理增益	178
8.6.2 抗单频干扰能力	179
8.6.3 抗多径干扰能力	179
8.7 扩频码序列的生成	181
8.7.1 码序列的相关性	181
8.7.2 m 序列伪随机码	182
8.7.3 Gold 序列伪随机码	185
8.7.4 正交序列	187
8.8 扩频信号的同步	188
8.8.1 扩频序列的捕获	188
8.8.2 扩频序列的跟踪	190
思考题与练习题	193

第 9 章 同步原理

9.1 载波同步	194
9.1.1 插入导频法	195
9.1.2 直接提取载波法	196
9.1.3 载波同步的性能指标	199
9.2 位同步	199
9.2.1 插入导频法	200
9.2.2 直接提取位同步法	201

9.3 群(帧)同步	203
9.3.1 起止式同步法	203
9.3.2 连贯插入特殊码字同步法	204
9.3.3 间隔式插入同步码法	205
9.3.4 群同步系统的性能	205
9.4 网同步	206
思考题与练习题	207
第 10 章 现代通信系统	
10.1 GSM 数字蜂窝移动通信系统	209
10.1.1 GSM 系统的主要性能和特点	210
10.1.2 GSM 系统的结构及功能	211
10.1.3 GSM 的信道	214
10.1.4 GSM 的帧结构	216
10.2 码分多址蜂窝移动通信系统	219
10.2.1 CDMA 系统主要性能和特点	219
10.2.2 CDMA 系统的关键技术	220
10.2.3 CDMA 系统的信道	225
10.3 卫星通信系统	228
10.3.1 国际通信卫星组织卫星通信系统	230
10.3.2 国际移动卫星组织卫星通信网	231
10.3.3 VSAT 卫星通信网	234
10.3.4 铱系统	236
10.4 下一代网络	238
10.4.1 NGN 的体系结构	239
10.4.2 NGN 的关键技术——软交换	240
10.4.3 NGN 组网方案示例	243
思考题与练习题	244
参考文献	246

绪论

第1章

本章内容

- 通信系统基本模型
- 数字通信系统模型
- 通信技术的发展
- 通信系统的性能指标

本章重点

- 数字通信系统的组成
- 信道与噪声的概念
- 衡量数字通信系统质量的指标

本章难点

- 码元速率、信息速率和频带利用率的概念与计算

本章学时数

- 2 学时

学习本章的目的和要求

- 掌握通信传输的基本概念和组成通信系统的各部分功能
- 掌握数字通信系统有效性和可靠性的指标
- 了解通信技术的发展概况

1.1 引言

在人类各种生产活动和社会生活中都离不开传递消息,传递消息的过程就是通信。我国古代利用烽火台进行联络,后来人们用鼓声、旗语等作为通信手段。到17世纪初,出现了研究电、磁的现象。1835年,莫尔斯(Samuel Morse)发明了电报系统,1844年,世界上第一个实用公共电报开始发送,1876年,贝尔(Bell)发明了电话,从此,电通信便从理论基础研究进入实用阶段。

电通信方式多种多样,如电报、电话、传真、电视、无线电、计算机网络等。无论是以哪种形式进行通信,都是将消息变成与之对应的信号来传递,也就是说,信号就是消息的传载体。现代通信是以电信号来传递消息的,这种方式既快速又准确,而且几乎不受时间、地点和距离等方面因素的限制,因而得到了飞速的发展和广泛的应用。

随着社会生产力的发展变化,人们对通信的方式要求越来越高,实现消息的有效传递和交换的技术越来越先进。可以说,数字通信已成为现代信息传输的重要手段,数字通信技术也成为现代通信技术的基础。本书将针对数字通信系统的特点,围绕数字基带传输理论、调制与编码技术,介绍数字信息的传输原理。

1.2 通信系统基本模型

通信的任务是将信息从一地传送到另一地。完成信息传送的一系列设备及传输媒介构成通信系统,其基本模型如图 1-1 所示。

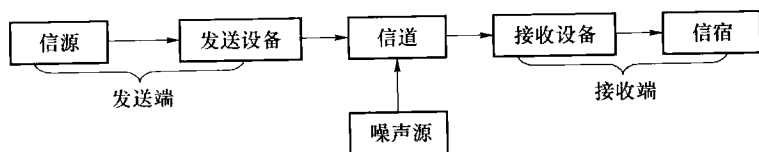


图 1-1 通信系统基本模型

从图 1-1 可以看出,通信系统由 5 部分组成,即信源、发送设备、信道、接收设备及信宿。

(1) 信源是指信息源,其作用是把消息转换成原始的电信号,如电话机的送话器、电视摄像机等都可以看成是信源。信源输出的信号是没有经过调制的原始信号,称为基带信号。

(2) 发送设备是许多电路与系统的总称,其作用是将信源输出的信号变换成适应在信道上传送的形式,送往信道。

(3) 信道是信号传输的通路,其作用是将来自发送端的信号发送到接收端。信道可以有线的,也可以是无线的。如电话信道可以采用多种物理介质,包括电线、电缆和无线电(微波)信道。无论是哪一类传输介质,信号在传输过程中都必然会有各种干扰,引起信号质量恶化,这就是图 1-1 中所示的噪声。

(4) 接收设备的功能正好与发送设备相反,它可以从收到的信号中恢复出相应的原始信号。

(5) 信宿与信源相对应,是将由接收设备复原的原始信号转换成相应的消息,如电话机中的受话器,其作用是将对方传送过来的电信号还原成声音。

通信系统传输的消息具有不同的形式,将消息转换成模拟信号在信道上传输的通信方式称为模拟通信,相应的模拟通信系统是按照模拟信号的传输特点设计的。将消息转换成数字信号在信道上传输的通信方式称为数字通信,相应的数字通信系统是按照数字信号的传输特点设计的。

需要指出的是,模拟信号并不是一定要在模拟通信系统中才能传输,任何模拟信号都可以经过模/数变换以后才能在数字通信信道上传输。同样,数字信号通过相应的终端设备转换,也可以在模拟通信系统中进行传输。而且无论是模拟通信方式还是数字通信方式,在整个通信系统中有较大一部分是公用的。

1.3 数字通信系统模型

数字通信系统的模型如图 1-2 所示。

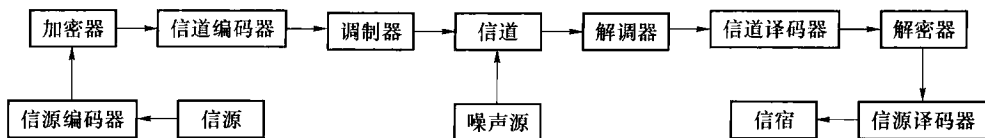


图 1-2 数字通信系统模型

1. 信源与信宿

信源与信宿这两部分统称为终端设备,其作用已在 1.2 节中进行了介绍。

2. 信源编码器与信源译码器

信源编码器是将信源送出的信号进行适当处理,产生周期性符号序列,使其变成合适的数字编码信号。信源编码包含模拟信号的数字化和信源压缩编码两个范畴,如果信源输出的信号是模拟信号,信源编码器将对模拟信号进行采样、量化、编码,使之变成数字信号,从而完成模/数转换任务。如果信源输出的是数字信号,这时信源编码器的作用是提高数字信号传输的有效性,去除或减少冗余,并压缩原始信号的数据速率。

信源译码器实现信源编码的逆过程。

3. 加密器与解密器

加密器主要用于需要保密的通信系统。加密处理的过程是采用复杂的密码序列对信源编码输出的数码序列进行人为扰乱。

解密器实现的是加密器的逆过程。

4. 信道编码器与信道译码器

信号在信道中传输时会受到各种噪声干扰,引起信号的差错和失真,导致误码。信道编码是为了提高数字传输的可靠性,对传输中产生的差错采用的差错控制技术也称为差错控制编码。即在信号中按一定的编码规则加入多余码元,以达到在接收端可以检出和纠正误码的目的。

信道译码器完成信道编码的逆过程。

5. 调制器与解调器

经过编码的数字信号称为基带信号,调制器的作用是将数字基带信号变换为适合于信道传输的已调信号。

解调器完成调制的逆过程,将收到的调制信号还原成原数字信号。

6. 信道与噪声源

信道与噪声已在 1.2 节中进行了介绍。对于模拟通信系统或者数字通信系统,信道是无差别的。数字信号在信道中传输时,不可避免地会受到信道本身及以外的噪声干扰,设法消除信道引起的失真及尽可能抑制和减小噪声干扰,是设计数字通信系统的主要目的。

实际的数字通信系统并非一定如图 1-2 所示,可以根据通信系统的保密要求确定是否

设置加密器与解密器;冗余度不高的数字信号不一定设置信道编码器与信道译码器等。具体的系统组成应根据实际的要求而定。

数字通信有许多优点,如:抗干扰能力强,可靠性好;数字信号易于加密,且保密性强;通用性、灵活性好,不同信源的数据可以综合到一个数字通信系统中传输;可采用再生中继实现远距离高质量的通信;可通过编码纠错;更容易实现设备的可集成化;易于与现代化技术结合。

数字通信也存在一些不足,如:占用频带较宽;需要严格的同步系统。但近年来迅速发展的频带压缩技术及集成技术,使得以上两个缺点显得不太重要。

1.4 通信技术的发展

随着科学技术的日新月异,特别是计算机技术和网络技术的广泛应用,通信技术得以迅速发展,通信形式也随之发生变化。

1. 现代通信形式

用于传送消息的通信形式有电缆通信、移动通信、微波接力通信、卫星通信、光纤通信和计算机通信等。移动通信、卫星通信、光纤通信和计算机通信组成了现代通信。

(1) 电话通信

自贝尔发明电话以来,经过一百多年的发展,电话通信已成为人们日常生活中不可缺少的通信工具。我国第一台电话交换机开通于 1882 年,一个多世纪以来,我国电信事业发生了翻天覆地的变化,过去电话用户(终端)到交换机的连线都是使用电话电缆,因此称为电缆通信,目前已被光纤所代替。

(2) 光纤通信

光纤通信是以光纤作为传输介质的通信系统。1960 年梅爱发明了红宝石激光器,1966 年高锟博士提出了以带有包层材料的石英玻璃纤维进行远距离激光通信的设想,受到世界各国的极大重视。以此为目标,1976 年全球第一条光通信实验系统在美国建成,1986 年在苏格兰西海岸敷设了第一条海底光缆,从此光纤通信得到迅速发展。我国从 20 世纪 70 年代初开始进行光纤通信的研究,到 20 世纪 80 年代末,光纤通信的关键技术已达到国际先进水平,除已建成的国内光纤通信网外,还建成了中日、中韩以及亚欧等多条陆地、海底光缆,大大拓宽了通信传输通道。

(3) 卫星通信

卫星通信是利用人造地球卫星作为中继站转发无线电波,在地球表面设置的无线电通信站(地球站)之间进行通信。由于卫星通信具有通信覆盖区域大、通信距离远、通信容量大、通信质量和可靠性高等优点,自 1957 年第一颗人造卫星发射成功以来,卫星通信得到迅速发展。我国从 1972 年租用国际卫星 4 号,首次开展商业性的国际卫星通信业务。1985 年开始发展国内卫星通信,先后成功发射了东方红系列多频通信卫星。

(4) 移动通信

移动通信是通信双方至少有一方在运动中进行信息交换的通信方式,具有通信灵活机动、需求量大、用户多、应用范围广等特点。早期的移动通信受到条件限制,移动电台的重量和体积不能满足个人用户携带方便的要求,因此移动通信多应用于专用部门。自 20 世纪

70年代中期开始,随着大规模集成电路技术和计算机技术的迅速发展,解决了移动通信终端小型化和系统设计等关键问题,移动通信系统进入蓬勃发展阶段。从1978年美国贝尔公司开发了小区大容量制式的模拟蜂窝移动通信系统至今,世界各国对发展移动通信投入了巨大力量。我国于20世纪80年代开始发展公众陆地移动通信,1987年,第一个模拟移动电话系统开通并移入商用,1993年底一个全数字移动电话系统建成开通。目前,全球移动电话用户越来越多,使得移动通信展现出诱人的发展前景。

(5) 计算机通信

计算机通信是计算机技术和通信技术紧密结合的一种通信方式。它可以对地理位置分散的计算机进行集中管理和控制,可以共享计算机系统的硬件、软件和数据。20世纪60年代末,美国ARPA计算机网络诞生,首次实现了位于不同地点、不同种类的计算机与计算机的通信和资源共享。70年代中期,计算机网络与分布处理技术获得了迅速发展。80年代末研究开发了网络传输介质的光纤化、智能化和多媒体网络及宽带综合业务数字网。目前最大的计算机网络就是连接全世界一百多个国家和地区的计算机,进行通信和资源共享的因特网(Internet),它不仅能传输数据,而且能传输语音、文字和图像等信息。

2. 通信技术发展趋势

通信量的增长、新服务的开发和科学技术的发展,推动着通信及其系统设备的发展。通信技术的发展趋势是在通信网数字化、综合化的基础上,实现智能化、移动化和宽带化。

(1) 综合化

综合业务数字网(ISDN)是在综合数字网(IDN)的基础上发展起来的。ISDN可以将电话、电报、传真、数据、图像、电视广播等多种业务网络利用数字程控交换机和光纤传输系统连接起来,实现信息收集、传递、交换、处理和控制在一体化,提供传输速度更快、容量更大、质量更好的信息通道。目前,许多国家开通了ISDN,发达国家ISDN的通道在所有电话网中的比例已经达到3%左右,随着ISDN技术的广泛应用和日趋成熟,标准也会更加完善。

(2) 智能化

智能网是近几年来迅速发展起来的通信技术。其基本设计思想是:改变传统的通信网结构,在网的单元之间重新分配功能,把交换机的交换逻辑功能与业务逻辑功能分开,分别由不同的网元来完成。智能网最终将实现电信网经营者和业务提供者能够自行编程,使电信经营公司、业务提供者和用户三者均可以参与到业务生成过程中,从而更经济、有效、全面地为用户提供多样的电信业务。目前美国、法国、日本等相继开放了智能网业务,我国也已经开放了部分智能网业务。随着微电子、光电子、计算机、软件技术的迅速发展,智能网正在向着不断增强和完善新功能、进一步拓宽智能新业务的方向发展。

(3) 移动化

通信技术的移动化发展趋势可体现在语音邮件、远程数据访问、寻呼机、传真、电子邮件、无绳电话、移动电话、蜂窝网络以及因特网门户网站。特别是与有线电话业务相比,世界范围内的移动电话业务发展迅速。与此同时,各种个人通信技术也将得到很大发展,包括中低轨道卫星提供的移动卫星在内的各种移动通信手段结合在一起,形成一个庞大的移动通信网。除话音外,各种无线分组数据网和无线计算机局域网也会得到很大的发展。

(4) 宽带化

为了满足日益增长的高速数据传输、高速文件传送、电视会议、可视电话、宽带可视图

文、高清晰度电视、多媒体通信等对宽带通信的业务需求,各国纷纷研究开发宽带综合业务数字网(B-ISDN),已有产品在试用网或商用网上使用。B-ISDN 支持所有不同类型不同速率的业务,将有很好的发展前景。

1.5 通信系统的性能指标

通信系统的任务是传递信息,因此设计和评价通信系统的性能指标,应从信息传输过程中对信息传输质量起主导和决定作用的指标来考虑,这就是它的有效性和可靠性。所谓信号传输的有效性是指在给定的信道内所传输信息内容的多少,而可靠性是指保证所接收信息的准确程度。在系统设计中,有效性和可靠性这两个指标往往互相矛盾,通常只能在满足一定可靠性指标下,尽可能提高通信系统的有效性。

1. 模拟通信系统

对于模拟通信系统来说,信号传输的有效性通常可用有效传输频带来衡量,即在指定信道内所允许同时传输的最大通路数。这个通路数等于给定信道的传输带宽除以每路信号的有效带宽,在相同条件下,每路所占频带越窄,则允许同时传输的通路数越多。在模拟通信中,每一路信号的有效带宽与调制方式有关,如 FM 波比 AM 波占用频带宽。

模拟通信系统中信号传输的可靠性通常采用接收端输出信噪比(S/N)来衡量,即输出信号平均功率与噪声平均功率之比。 S/N 越高,可靠性越高。通常,电话要求信噪比为 20~40 dB,电视则要求 40 dB 以上。信噪比也与调制方式有关,一般情况下,FM 信号的输出信噪比比 AM 信号高得多,所以 FM 传输可靠性高于 AM 传输。

2. 数字通信系统

数字通信系统中信号传输的有效性可以用 3 个指标来衡量,即码元速率、信息速率和频带利用率。

(1) 码元速率 R_B

码元速率指每秒传送码元的数目,也称为传码率、符号传输速率等。各个码元都占有均等的时间间隔,这个时间间隔称为码元长度。当码元长度为 T ,则码元速率为

$$R_B = \frac{1}{T} \quad (1.1)$$

码元速率的单位为波特(Baud),1 Baud=1 码元/秒。

(2) 信息速率 R_b

信息速率指每秒传送的信息量,也称为传信率,单位为比特/秒(bit/s)。

对于传输二进制数字信号,信息速率为

$$R_b = \frac{\text{二进制码元数目}}{\text{秒}} \quad (1.2)$$

对于传输 N 进制数字信号,信息速率为

$$R_b = R_B \log_2 N \quad (1.3)$$

(3) 频带利用率 η

频带利用率指单位频带内能够传递码元的速率。频带利用率为