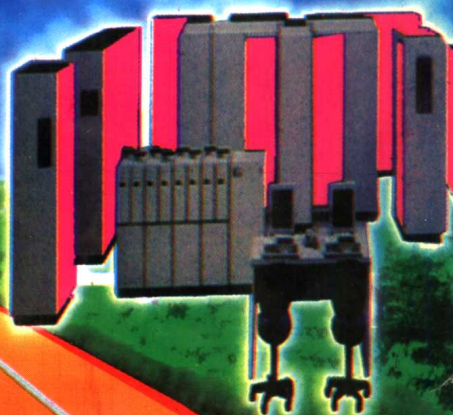


高等学校计算机系列丛书

数字通信工程

傅家祥 刘慧芸 编



重庆大学出版社

数字通信工程

傅家祥 刘慧芸 编

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书在介绍数字通信技术主要原理的基础上,就数字通信工程中经常使用的调制解调器技术、串行通信技术进行了重点介绍,另外还介绍了数字通信及计算机网络的有关协议。本书是为计算机专业学生学习数字通信课程而编写的教材,既注意基本原理的介绍,又注重实际工程应用的一些问题,也可作为各种计算机培训班计算机网络课程的配套教材。

数字通信工程

傅家祥 刘慧芸 编

责任编辑 曾令维

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆通信学院印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:9.5 字数:234千

1997年6月第1版 1997年6月第1次印刷

印数:1—6000册

ISBN 7-5624-1348-7/TN·25 定价:12.00元

序

面对知识爆炸,社会学家们几乎都开出了一个相同的药方:计算机。计算机也深孚众望,以其强大的功能,对人类作出了巨大的贡献,取得了叹观止矣的成就。自它1946年2月14日在美国费城诞生以来,至今已过“知天命”的年龄了。现在,计算机已是一个庞大的家族。如果说,它的成员占据了世界的每一个角落和每一个部门也并不过分,甚至找不到这样一个文明人,他的生活不直接或间接与计算机有关。目前,全世界计算机的总量已达数亿台,而且,现在正以每年几千万台的速度增长。

作为计算机在信息传递方面的应用,计算机加上网络,被认为是和能源、交通同等重要的基础设施。这种设施对信息的传递起着异常重要的作用。西方发达国家和我们国家对此都非常重视。例如,美国的信息高速公路计划,全球通讯的“铍”计划,我国也开始实行一系列“金”字头的国民经济管理信息化计划。这些计划中唱主角的设备便是计算机。计算机在各个方面的应用不胜枚举,我们每个人都自觉不自觉地处于计算机包围中。

计算机对社会生产来说是一个产业大户,对每个现代人来说是一种工具,对学生们来说,它是一个庞大的知识系统。面对计算机知识的膨胀,面对计算机及其应用产业的膨胀,计算机各个层次的从业人员的需要也在不断膨胀,计算机知识的教育也遍及从小学生到研究生的各个层次。

为了适应计算机教学的需要,重庆大学出版社近几年出版了大量的计算机教学用书,这一套教材就是一套适应专科层次的系列教材。我们将会看到,这一套教材以系列、配套、适用对路,便于教师和学生选用。如果再仔细研究一下,将会发现它的一系列编写特色:

1. 这些书的作者们是一些长期从事计算机教学和科研的教师,不少作者在以前都有大量计算机方面的著作出版。例如本系列书中的《Visual Fox Pro 中文版教程》的作者,十年前回国后最早将狐狸软件介绍到祖国大陆,这一本书已是他的第八本著作了。坚实的作者基础,是这套书成功的最根本的保证。

2. 计算机科学是发展速度惊人的科学,内容的先进性、新颖性、科学性是衡量计算机图书质量的重要标准,这一套书的作者们在这方面花了极大的功夫,力求让读者既掌握计算机的基础知识,又让读者了解最新的计算机信息。

3. 在内容的深度和知识结构上,从专科学生的培养目标出发,在理论上,从实际出发,满足本课程及后续课程的需要,而不刻意追求理论的深度。在知识结构上,考虑到全书结构的整体优化,而不过分强调单本书的系统性。这样,在学过这一套系列教材后,学生们就可在浩瀚的计算机知识中,建立起清晰的轮廓,就会知道这些知识的前因后果,就会了解这些知识的前接后续。使学生们能在今后的工作实践中得心应手。

4. 计算机是实践性很强的课程,仅靠坐而论道是学习不了这些知识的。所以从课程整体设置来讲,包括有最基本的操作技能的教材。对单本书来说,在技术基础课和专业课中,都安排有一定的上机实习或实验,这样可使学生既具备一定的理论知识以利今后发展和深造,又掌握实际的工作技能胜任今后的实际工作。

编写一套系列教材,这是一个巨大的工程。这一套书的作者们,重庆大学出版社的领导和编辑们,都为此付出了辛勤的劳动。作为计算机工作者,以此序赞赏他们的耕耘,弘扬他们的成绩。

周明

1997年6月15日

前 言

数字通信技术是计算机网络技术的基础。随着互联网的迅速扩大,网络性能的不不断提高,计算机网络技术的蓬勃发展,对数字通信技术也提出了越来越高的要求。同时,数字通信系统也是计算机应用的重要领域。因此,从事计算机开发、应用的专业技术人员越来越有必要较多地掌握数字通信的原理和有关技术。然而在国内高校计算机专业的教学中,多数是将数字通信技术作为计算机网络课程的一个章节加以介绍,因此教学内容往往不能满足学生毕业后工作的需要。

本书主要针对计算机专业数字通信工程的教学要求编写,与计算机网络教材配套使用。全书共分五章。第一章介绍数字通信系统的组成,数字通信与模拟通信的区别及国际国内制定网络和通信协议的机构。第二章介绍数字通信的主要原理。第三章介绍远距离数字通信中广泛使用的调制解调器的主要技术及规定。第四章介绍当前常用的数字网络的信道及介质,介绍了网络协议,同时对实际网络的通信方式、通信协议也作了或详或略的介绍,以使读者获得较全面的了解。第五章介绍在实际工程中常常用到的串行通信方式。本书第二、三、五章由刘慧芸编写,第一、四章由傅家祥编写,全书由傅家祥统稿。在成书过程中,得到了杜世培同志大力支持和帮助,在此表示感谢。

由于编者水平有限,成书仓促,错误及不妥之处,望有关专家及各位读者批评指正。

编者

1997年6月

DAC 65/07

目 录

第一章 概论	(1)
1.1 通信的基本概念与通信系统模型.....	(1)
1.2 模拟通信与数字通信.....	(2)
1.3 数字通信系统的组成与主要技术问题.....	(3)
1.4 数字通信系统的主要性能指标.....	(5)
1.5 数字通信的发展及其应用.....	(7)
1.6 数字通信与计算机网络.....	(7)
1.7 计算机网络与通信标准制定机构.....	(8)
第二章 数字通信的主要原理	(11)
2.1 数字信号的基带传输.....	(11)
2.2 数字信号的频带传输.....	(18)
2.3 多路复用技术.....	(23)
2.4 数字传输的同步技术.....	(27)
2.5 差错控制编码.....	(32)
第三章 调制解调器基本知识	(39)
3.1 调制解调器概述.....	(39)
3.2 调制解调器入网要求.....	(54)
3.3 调制解调器与 CCITT 建议中 V 系列标准.....	(65)
第四章 计算机网络及通信协议	(70)
4.1 网络体系结构综述.....	(70)
4.2 数据交换技术.....	(75)
4.3 通信介质.....	(79)
4.4 网络通信协议.....	(87)
第五章 串行通信	(96)
5.1 串行通信概论.....	(96)
5.2 PC 机串行通信	(120)
5.3 串行通信编程	(125)

第一章 概 论

1.1 通信的基本概念与通信系统模型

在人类社会里,人们总离不开消息的传输。消息是指人们需要得到的各种事物的状态,如温度、压力、语言、音乐、文字、图像、数据和指令等。传输方式,在古代用烽火台、金鼓、旌旗等;在现代用书信、电话、电报、传真、广播、电视等。将消息从一地传输到另一地的过程称为通信,简单地说,消息传输就是通信。

消息所包含的内容称为信息,这里所说的是指人们原来不知而待知的内容,如果某人获得了他以前不知道的东西,就说他获得了信息。因此,通信的根本目的在于传输含有信息的信息,否则就失去了通信的意义。根据消息和信息的含义,通信又常称为信息传输。这种情况下,“通信”、“信息传输”和“消息传输”的概念是等价的。在本书以后的叙述中,也是按照这样的理解来使用这些术语的,不过一般不使用“消息传输”这一术语。

借助于“电”进行通信的方式称为“电通信”。这种电通信迅速、准确、可靠,且不受时间、地点和距离的限制,因而近百年来得到了迅速的的发展和广泛的应用,如今“通信”一词几乎是“电通信”的同义词。除个别地方外,本书所说的“通信”都是指“电通信”。

完成通信功能的所有设备的总和称为通信系统,一个概括的简单化通信的通信系统模型如图 1.1 所示。

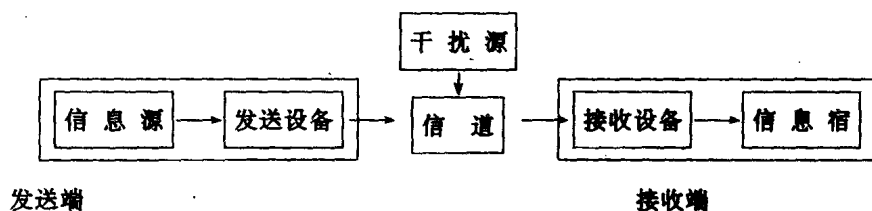


图 1.1 通信系统模型

在电信系统中,消息(或说信息)的传输是通过电信号来实现的。但是大多数消息,如语言、音乐、文字、图像等,都是非电量,因此,首先必须将非电量的消息变换成电量(即电信号或简称信号)。这种信号一般称为原始信号或信息信号,以便与通信系统中的其它信号相区别。将消息变换成信号的工作是由信息源完成的。

发送设备将信息信号变换成适合信道中传输的信道信号。信道信号是一种传输媒质(关于信道的概念,下面还要讨论)。如果信道是无线信道,这种变换就是一种对载波(即高频振荡)的调制,其信道信号就是已调载波信号。载波信号经过信道传输至接收设备。接收设备的功能是完成与发送设备相反的变换过程,恢复出被传输的信息信号,并送至信息宿。信息宿再将信息信号还原成相应的信息。这样就完成了将信息从一地(发送端所在地)传输至另一地(接收端所在地)的使命,即通信任务。

信号在传输过程中会受到通信系统内外干扰或噪声的影响。为了便于研究,常把所有这些干扰都看成是由一个作用于信道上的等效干扰源产生的,有时也把它看成是信道的一个组成部分。减少干扰对信号传输的影响,是通信技术的关键问题之一。在一定的意义上说,通信技术的发展史就是抗干扰技术的发展史。

图 1.1 所示的是对各种通信系统都适用的一个抽象模型,它概括地反映了各种通信系统的共性。根据研究对象及研究问题的不同,将会出现不同形式的较为具体的通信系统模型。关于通信的基本原理或理论,通常就是围绕着这些通信系统模型展开的。

1.2 模拟通信与数字通信

如前所述,通信系统所传输的信息是多种多样的,但是,就其特性来说,都可以把它们归结为两类:连续消息和离散消息。连续消息是指其状态为连续变化型的消息,如强弱连续变化的语音和音乐、亮度连续变化的图像等。离散消息是指其状态为可数型或离散型的消息,如符号、文字和数据等。现在,人们又常把连续消息称为模拟消息,把离散消息称为数字消息。

为了进行电传输,需要将各种消息转换成电信号。这种变换关系应是单值函数,否则,在接收端就无法恢复出原来的消息。通常,消息是被寄托在电信号的某一参量上,如幅度、频率和相位等。如果是连续消息,则代表该消息的信号参量是连续取值或连续变化的。这样的信号就称为连续信号或模拟信号,如普通电话机输出的信号,如果是离散消息,则代表该消息的信号参量是离散取值或离散变化的。这样的信号就称为离散信号或数字信号,如电报机输出的信号。

根据信道中传输的是模拟信号还是数字信号,通信分为模拟通信和数字通信两大类,与此相对应的应有模拟通信系统和数字通信系统两大类。目前,无论是模拟通信还是数字通信,都已取得了广泛的应用。

虽然电信始于 19 世纪 30 年代的电报通信(为数字通信),但是,由于技术和器件等原因,近一百多年来发展最快的却是模拟通信,并且长期占着统治地位。不过,从本世纪中叶以后,由于晶体管和集成电路的出现,大大促进了数字电路的技术和计算机技术的发展,数字通信也随着日益兴旺起来,甚至目前出现了数字通信代替模拟通信的趋势。这是因为,与模拟通信相比,数字通信更能适应于对通信技术越来越高的要求,其主要优点有:

- (1) 数字信号传输时抵御噪声(或干扰)的能力强,特别是在中继通信时,因数字信号可以再生而能消除噪声积累的影响;
- (2) 数字信号在传输过程中发生的差错可以进行控制,从而提高了信息传输的可靠性;
- (3) 数字信号便于现代计算机技术进行处理、加工、存贮和交换,从而提高了信息传输的灵活性;
- (4) 数字信号便于加密,适合保密通信的要求;
- (5) 数字通信系统中的元器件、部件易于集成化和大规模生产,其性能一致性好且成本低。

事物总是一分为二的,与模拟通信相比,数字通信也有缺点,主要有两点。一是占用系统频带(即信道频带)较宽。以电话为例,一路模拟电话通常占 4kHz 的带宽,而一路数字电话可能要占用 20~60kHz 的带宽。就是说,数字通信的频带利用率比模拟通信差得多。二是数字通信系统中必须包含有同步系统,故设备较复杂。

由于模拟信号与数字信号之间可以相互变换,因此,增加适当的变换设备,数字通信系统可以用来传输模拟信息,模拟通信系统也可以用来传输数字信息。

本书讨论数字通信,其传输的信息(或消息)可以是数字式的,也可以是模拟式的。

1.3 数字通信系统的组成与主要技术问题

为了说明数字通信的原理和过程,在图 1.1 所示的一般通信系统模型的基础上,画出较为详细的数字通信系统模型(即组成原理方框图),如图 1.2 所示。下面就该系统中各个部分的基本功能及主要技术问题作一简要说明。

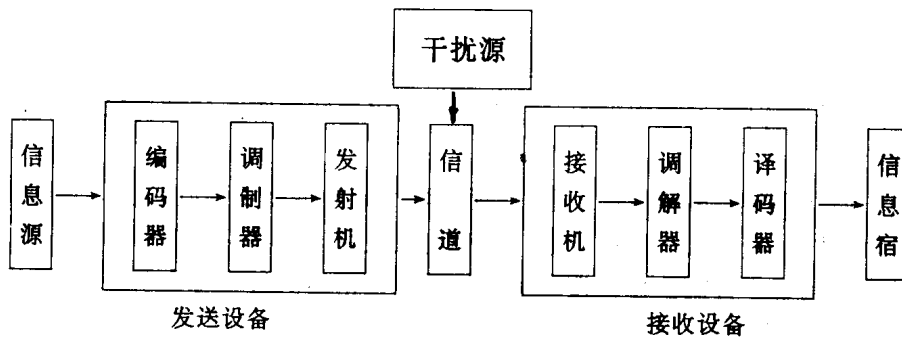


图 1.2 数字通信系统模型

1.3.1 信道和噪声

所谓信道是指以传输媒质为基础的信号通道。具体地说,它是由有线或无线线路为信号传输提供的一条通道。抽象地说,它是允许信号通过的一段频带。信道特性的好坏,对通信系统及其组成部分的设计具有决定性的影响。

信道按传输媒质分为有线信道和无线信道两类。有线信道包括明线、对称电缆、同轴电缆和光纤。无线信道包括中长波地波传播、短波电离层反射、超短波或微波视距传播(含微波中继和卫星中继)以及各种散射等信道。

信道既给信号传输以通道,又给信号传输以限制与损害。由于各种实际因素,信道提供的频带总是有限的,信道本身的特性总是不完善的。结果,信号通过信道时就会产生失真,信号功率也因信道的损耗而下降。

信号在传输过程中还会受到干扰(或噪声)的损害。这种干扰有来自通信系统以外的,如天电干扰、宇宙干扰、辐射干扰、工业干扰、邻近电台干扰以及敌方有意的人为干扰等;有来自通信系统本身存在的各种热噪声。为了便于研究和定量计算,我们把所有这些干扰(或噪声)都看成是同一个作用于信道上的等效干扰源产生的,并且认为它所产生的干扰是一个双边功率密度谱为 $n_0/2$ (W/Hz) 的白色高斯噪声,简称白噪声。所谓“白色”,是指其功率密度谱为常数,且存在于很宽的频率范围内(理论上为无穷宽)。所谓“高斯”,是指其幅度瞬时值按高斯(即正态)分布,且均值为零。

1.3.2 信息源与信息宿

信息源就是消息产生者,信息宿就是消息接收者。这两者可以是人,也可以是机器,从而

有人与人、人与机器、机器与机器之间的通信。如果消息是非电量的,信息源应将消息变换成便于通信系统传输的电信号;信息宿除接收信号外,还应将信号还原成消息。前面说过,这两种变换都必须是一种线性变换,否则还原不出原来的消息。

1.3.3 编码与译码

当信息输出的是模拟信息信号时,就需要将它变换成数字信号,以便在数字通信系统中传输。这种由模拟信号变换成数字信号的过程称为模/数(A/D)变换,习惯上亦称为脉冲编码调制(PCM),简称编码,完成其功能的器件称为数/模变换器或译码器。为了与下面讨论的信道编码器和信道译码器相区别,常常称它们为信源编码器和信源译码器。

1.3.4 调制和解调

编码器输出的信号是数字基带信号(即编码脉冲序列)。若将他直接送至信道中去传输,就称为数字信号的基带传输,这是本书第二章第一节所讨论的内容。基带传输使用有线信道,传输的距离有限。

为了进行远距离传输,需要借助于载波(通常称为高频振荡正弦波),在调制器中将数字基带信号调制到载波上,变为数字载波信号。这种将载波用来运载基带信号的过程称为调制(反过来,从已调载波信号中分离出作为调制信号的原基带信号的过程称为解调)。数字载波信号再通过发射机加至信道上。

如果采用的是无线信道,发射机中可能包括有变频器和功率放大器,前者将载波(频率)信号变成适合信道传输的射频(频率)信号,后者将射频信号放大到所要求的功率数值,加至发射天线上,并向空间(即信道)辐射出去。接收天线接收到由信道来的微弱数字射频信号,经过接收机的放大和变频后,输出数字载波信号,再经过解调器的解调就得到数字基带信号(即编码脉冲序列)。最后经过译码器恢复出模拟信息信号,再由信息宿还原成被传输的消息。

如果是有线信道,如有线载波通信,调制器输出的载波信号(经过放大器)可直接通过信道传输至解调器,这时就不需要上述含义的收发机及收发天线了。

这种借助于载波来传输数字基带信号的方式称为数字信号的载波传输。这也是本书第二章所要讨论的内容。

1.3.5 同步

如前所述,与模拟通信相比,数字通信具有许多优点,但也要付出代价。其代价之一是数字通信系统中必须包括一个必不可少的同步系统(图 1.2 中未画出)。该同步系统保证收发两端的各种信号同频同相,即同步工作。这种同步通常包括载波同步、位同步、帧同步等。对于模拟通信来说,后两种同步是不需要的,前一种同步需要与否,视解调方法而定。关于同步问题,也在本书第二章讨论。

1.3.6 差错控制

由于通信系统性能不完善,加上内外干扰噪声的影响,数字信号在传输过程中可能会发生差错,结果导致信息传输质量下降。为使这种差错控制在所允许的范围内,就需要采用一种所谓的“差错控制”技术。纠错编码技术是其中的一种,其实现的相应电路称为纠错编码器(或称

信道编码器)和纠错译码器(或称信道译码器)。前者位于信源编码器之后,后者位于信源译码器之前。关于纠错编码问题也将在本书第二章中讨论。

图 1.2 所示的数字通信系统模型,在实际应用时,因要求和功能不同,其组成框会发生变化。例如在保密通信中,还要增加“加密器”和“解密器”等。

1.4 数字通信系统的主要性能指标

为了衡量一个通信系统的优劣程度,应当定义一些定量的性能指标。对于数字通信系统来说,常用的性能指标主要有传输速率、差错概率、频带利用率和功率利用率等。

1.4.1 传输速率

传输速率是衡量数字通信系统传输能力(有效性)的一个主要指标,它有几种含义不同的定义。

(1) 码元传输速率

数字信号是离散的,是由一个码元序列(即脉冲序列)构成的。所谓码元传输速率是指单位时间(通常为秒,下同)内通信系统所传输的码元数目(或脉冲数目),记为 R_b ,其单位为波特(Baud)。码元传输速率又称传码率或波特率。

(2) 信息传输速率

消息中含有信息,而信息的多少是用信息量来衡量的。所谓信息的传输率是指单位时间内通信系统所传输的信息量,记为 R_i ,其单位是比特/秒(bit/s 或 b/s)。信息传输速度又称为传信率或比特率。

根据信息量的定义,一个二进制码元含有一比特(bit)的信息量,因此,在二进制码元时,码元传输速率和信息传输速率在数值上是相等的,即 $R_b = R_i$,但它们的含义完全不同,前者是指单位时间内传输的码元数目,后者是指单位时间内传输的信息量。

如果是 N 进制的码元($N \geq 2$),则每个码元含有的信息量为

$$I = \log_2 N = M \quad \text{bit} \quad (1.1)$$

式中
$$N = 2^M \quad (M = 1, 2, 3 \dots) \quad (1.2)$$

上式结果不难理解,因为一个 N 进制的码元可以用 M 个($M = \log_2 N$)二进制码元来表示,而一个二进制码元按定义有一比特信息量,所以一个 N 进制码元就含有 M 比特的信息量了。

在数字通信系统传输的是 N 进制码元情况下,其码元传输速率 R_b 和信息传输速率 R_i 在数值上存在如下关系

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

(3) 码字传输率

在使用时,常常由若干个码元构成一个码字(字节或码组)。所谓码字传输速率是指单位时间内数字通信系统所传输的码字数目,记为 R_w ,其单位为码字/秒(W/s)。又由于一个码字常常代表离散消息的一个数值(若是连续消息,就代表一个采样量化值),故码字传输速率有时也称为消息传输速率。

1.4.2 差错概率

差错概率是衡量数字通信系统可靠性的一个重要指标。一个通信系统的可靠性取决于两个方面,一是系统各设备本身工作的可靠性,常用平均故障间隔时间来衡量;二是系统所传输的信息的可靠性(即可信程度),常用差错概率来衡量。在通信理论中,一般只考虑后者,差错概率也有几种含义不同的定义。

(1) 码元差错概率

码元差错概率是指数字通信系统所传输的码元总数目中发生差错的码元数目所占的比值(取统计平均值,下同),记为 P_e ,码元差错概率简称误码率。

(2) 信息差错概率

信息差错概率是指数字通信系统所传输的信息(比特)总数目中发生差错的信息(比特)数目所占的比值,记为 P_b ,信息差错概率又称为比特差错概率或误比特率。

在二进制码元的情况下,码元差错概率与信息差错概率在数值上相等,但含义不同。

(3) 码字差错概率

码字差错概率是指数字通信系统所传输的码字总数目中发生差错的码字数目所占的比值,记为 P_w ,码字差错概率简称误字率,有时也称码组差错概率或消息差错概率。

因为码字是由若干个码元组成的,所以误字率与误码率之间存在确定的关系,只要知道其中的一个,另一个也就容易求出了。

为便于研究与计算,在这些差错概率中,本书主要使用误码率这个性能指标。影响误码率有两个因素,一是通信系统本身不完善,二是各种干扰或噪声的存在。前者的影响,原则上可以通过正确的设计加以消除;而後者的影响是存在的,无法消除。前面已经指出过,在涉及干扰的影响时,总是把它们等效到信道上,并且认为是一个功率密度谱为 $n_0/2$ (W/Hz)的白噪声。

1.4.3 功率利用率与频带利用率

功率利用率是指在一定误码的条件下,数字通信系统传输每比特信息所需要的最小信号平均功率或最小归一化信噪比 E_b/n_0 (E_b 为每比特信号的平均能量, n_0 为单边噪声功率密度谱)。在误码率相同的条件下,所需要的信噪比越低,功率利用就越高,通信系统的性能就越好。

频带利用率是指数字通信系统在每单位频带内所允许传输的最大信息速度。在频带宽度相同的条件下,信息传输速率越高,频带利用率就越高,通信系统的性能就越好。

对于一个通信系统,功率利用率和频带利用率的要求总是互为矛盾的,这是由仙农定理所确定的。

仙农(Shannon)定理指出:在有白噪声存在的信道中,通信系统无差错传输的最大信息率由下式确定,即

$$C = W \log_2(1 + S/N) \quad \text{bit/s} \quad (1.4)$$

式中, C 称为信道容量或通信系统容量,它表示该信道系统可能传输的最大信息速率,单位为比特/秒(bit/s); W 为信道带宽(即通信系统带宽),单位为赫(Hz); S 为信道中传输的信号平均功率,单位为瓦(W); N 为信道中存在的白噪声平均功率,单位为瓦(W)。

由仙农定理可以看出,在信道容量一定的条件下,减少信道带宽即提高频带利用率,必然会导致信噪比的增加,即功率利用率的降低。反之亦真,两者不可能兼得。这就是所谓的信道

(或通信系统)带宽与信噪功率比的互换原则。在某些系统中,如卫星通信,功率是最宝贵的,这时可以适当牺牲频带利用率的方法来提高功率利用率。在另一些系统中,如地面短波通信,频带是最宝贵的,这时可用适当牺牲功率利用率的方法来提高频带利用率。

1.5 数字通信的发展及其应用

通信方式的问世是由于人们长期从事理论研究和实践的结果。作为一种真正有实用意义的通信手段,是以 19 世纪 30 年代出现的有线电报(属于数字通信)作为标志。当然,那时的这种电报通信是非常初级和简单的,但与其他通信方式(如烽火、旌旗和书信等)相比,却是先进多了,这是通信技术上的一个革命。

虽然,通信始源于属于数字通信方式的这种电报通信,但是,在其后的一个世纪的长时间内,因未找到将模拟信号(如语音信号)转换成数字信号的有效方式,数字通信停滞不前,而模拟通信发展很快,并占着绝对的统治地位。直到 1937 年出现了脉冲编码调制(PCM)和 1946 年出现了增量调制(DM)这两种有效的模/数变换技术后,数字通信才受到了人们的重视,展开了广泛的发展前景,并促进了电话通信技术的高速发展。

因为实现 PCM 的技术比较复杂,而且需要大量的电子元器件,所以初期发展速度不快。经过了十年的努力,到 1948 年才研制成功了一套全电子管式的 PCM 电话设备,它的出现证明了数字通信的可行性和通信性能的优越性,但因设备体积过大和笨重,未获推广。随着 40 年代末晶体管的出现,60 年代相继制成了全晶体管式的 PCM 电话设备(1962 年)和 DM 电话设备(1965 年),才使数字通信进入了实用阶段。60 年代和 70 年代相继出现的集成电路和大规模集成电路,解决了设备体积大、重量和故障率高等问题,再加上与数字计算机技术相结合,就使数字通信得到了迅速的发展和广泛的应用。同时,在通信方式上已由传统的人与人之间的通信,发展到人与机器和机器与机器之间的通信。

由于前述的数字通信比模拟通信具有明显的优点,现在数字通信正逐步发展成为主要的通信手段,并且正在努力地用它来代替传统的模拟通信。目前,一些主要发达国家都已制定出从模拟通信到数字通信的过渡计划,以满足人们对通信质量和数量日益增长的要求。

可以说,现在各个部门包括个人、家庭,都在使用或即将使用数字通信这一工具,例如,人们每天使用的电话已有数字电话了,将来各用户会有一个多用途的数字通信终端设备,以完成电话、电视、传真等功能。数字通信在军事部门的应用是人所共知的。如果通信和信息含义理解为广义的,即除了电话、电报、电视和传真外,其它的一些领域如计算机、雷达、导航、遥测、遥控、射电天文、生物工程等,都要进行信息传输即通信,那么现在特别是将来采用的通信手段主要是数字通信就更为明显了。

1.6 数字通信与计算机网络

现代数字通信是通信技术和计算机技术相结合的产物。由于脉冲数字电路的出现和发展,导致数字信号传输的实现。由于数字信号传输有多种优点,该项技术发展很快。不久,应用面

就扩展到工业信息领域、调度信息系统、自动控制系统等领域。与此同时,计算机技术得到飞速发展,各种终端设备的出现和计算机由单用户系统向多用户系统发展,导致了计算机的通信技术的出现。70年代后期,特别是进入80年代以后,多机多用户系统及计算机网络的出现,逐渐形成异地计算机联网的发展趋势。计算机网络最早是局域网,但迅速扩展成城域网及广域网。由于计算机网络的发展,大大地促进了数字通信技术的发展,原来的非智能型的脉冲数字电路的数字通信系统迅速改造成为智能化的、以计算机为核心的通信系统,使数字交换技术得到快速发展,促使数字通信系统不断向更高层次发展。

然而,数字通信技术与计算机技术总是互相促进共同发展的,由于数字通信技术的发展,调制解调技术、交换技术的发展、信道技术及介质技术的进步,使传输速率大幅度提高,使计算机网络技术又进一步发展,网络规模越来越大,并促成分布式系统的产生。最终导致全国各行业信息系统的出现,乃至最后出现全球性的互联网的出现,它们的建成不能不说是数字通信系统发展的结果。

数字通信从一开始起就表现出很多可贵的优点,而且在以后的发展中又表现出更多的优点,在计算机技术的强有力支持下,数字通信近20年来得到迅速发展,其优点前几节中已有介绍,概括起来,表现为:

- (1)抗干扰能力强;
- (2)便于进行各种数字信号处理;
- (3)易于实现集成化;
- (4)经济效益已超过模拟(载波)通信;
- (5)传输质量已全面超过模拟通信;
- (6)传输与交换可结合起来,传输电话与传输数据可以结合起来,成为一个统一整体,有利于实现综合业务通信网;
- (7)便于多路复用。

这些优点不仅是计算机参与的结果,同时,也是计算机网络——特别是大型网络所必须具备的性能。所以数字通信技术发展到今天,已完全同计算机技术融合在一起了。数字通信技术是计算机网络技术的基础,计算机网络是数字通信技术和计算机技术结合的结果。

技术界往往把数字通信系统和计算机网络看成是密不可分的技术整体。因此在制订国际、国内标准时,都联在一起考虑。本书侧重于对数字通信这个侧面的基本原理和基本技术加以介绍。

1.7 计算机网络与通信标准制定机构

在社会发展高度信息化的今天,通信技术发达国家不断研制和推出面向各种应用环境的计算机网络系统。如果没有统一的接口标准,体系结构各异,就会给国际范围内的网络互联带来困难,正常通信便不可能实现。

为了扩大现存公用网的业务范围,使数据终端和计算机之间能够通信,并且方便地实现国际范围内的计算机网络互联,在国际上采用标准化的接口条件是十分重要的。网络标准化的目的,就是要使不同的计算机相互通信,网络的互联范围及应用效率得到提高,从而使得用户不

必局限于购某一家公司的产品,而可以购买任何一种符合标准的产品,联接到网络上。标准化的应用扩大了网络产品的应用范围,降低了开发成本,使用户的选择更加自由。因此,国际上广泛地研究世界范围的数据及计算机网络与通信标准化。下面简要介绍国际上有关计算机网络与通信标准的主要制定机构及标准。

1.7.1 国际标准化组织(ISO)

国际标准化组织 ISO(International Standard Organization)成立于 1947 年,是世界上最大的国际性标准化专门机构,是联合国的甲级咨询机构,目前有 89 个成员,中国在 1947 年就参加了该组织。

ISO 的宗旨是在世界范围内促进标准化工作的发展,其主要活动是制定国际标准,协调世界范围内标准化工作,由各技术委员会(TC)组成,其中 TC97 技术委员会是“信息处理系统技术委员会”,负责信息处理有关的标准制定。在 TC97 委员会下设立了 16 个分技术委员会和一个直属工作组,其中 SC6 为数据通信分委员会,并在 IBM 公司 SDLC 通信规程基础上制定了高级数据链路控制规程(HDLC),SC16 分技术委员会以“开放系统互联”作为目标,进行有关标准的制定,1984 年 9 月,TC97 进行了重新改组,改组后成立了 SC21“开放系统互联的信息检索、传送和管理分委员会”,除负责原 SC16(已取消)承担的有关参考模型和形式描述与高层标准化外,还研究 SC5 转过来的图形、数据库、操作系统命令和响应语言与 ISO 有关标准。

ISO 标准的制定大致分成四个阶段:即工作草案(WD)、建议草案(DP)、国际标准草案(DIS)和国际标准(IS)。一个标准的形成要经过 4 至 5 年的时间。形成的标准供各国共享,现已有 40 多个国家采用 ISO 标准,我国已经确定了采用国际标准的国策。

1.7.2 国际电报电话咨询委员会(CCITT)

国际电报电话咨询委员会 CCITT(Consultative Committee International Telegraph and Telephone)成立于 1956 年,是国际电信联盟(ITU)四个常设机构之一,它为国际条约组织,主要由各成员国的邮政、电话、电报部门组成。对国际通信用的各种通信设备及规程的标准化分别制定了一系列的建议。在数据通信方面,CCITT 有两种系列建议即 V 系列与 X 系列建议书。为了适应综合业务数字网络 ISDN(Integrated Service Digital Network)的发展,CCITT 开始制定 I 系列建议。

在数据通信发展初期,在电话网和用户电报网上进行数据传输,从 60 年代起逐步形成了 V 系列建议书,例如 V1、V2……V57,每个建议针对一个专题。

为了适应用于数据通信的公用数据通信网的发展,从 70 年代又逐步形成了 X 系列建议书,例如 X.1、X.2……X.96、X.300 等。其中 X.21、X.25 和 X.75 和计算机网密切相关。

数字通信是通信的发展方向,在 70 年代后期 CCITT 开始着手制定 ISDN 网的标准。其中 I.100 系列描述 ISDN 一般概念和基本原则;I.200 系列提供了 ISDN 所支持的电信业务分类和描述方法;I.300 系列说明网络状况,如 I.320 建议内容有协议参考模型,规格化的功能等, I.330 为编号和寻址原则;I.400 系列为用户/网络接口;I.500 系列为网络间的接口。

CCITT 现与 ISO 密切合作,目前已采纳了 ISO 体系结构,并将其制定的已趋成熟的数据通信标准溶进 ISO 七层模型中。CCITT 从事计算机网络标准工作的主要研究部门是 SG VII(第七工作组)。我国也是 CCITT 成员国之一。

1.7.3 欧洲计算机制造商协会(ECMA)

ECMA 由欧洲经营的计算机厂商组成。包括某些美国公司的欧洲分部,专门致力于有关计算机技术标准的协同开发。ECMA 是 CCITT 和 ISO 的无表决权成员,而且也发布它自己的标准,这些标准对 ISO 的工作也有着重大影响。

1.7.4 IEEE802 局域网标准委员会

美国电子与电气工程师协会 1980 年 2 月成立局域网标准委员会,现已形成了 IEEE802—802.6 各项标准。其中 IEEE802.2、802.3、802.4 和 802.5 已被纳入 ISO 的标准之中,是目前局域网标准化最权威的机构之一。

1.7.5 美国国家标准学会(ANSI)

ANSI 是由制造商、用户、通信公司组成的非政府组织,是美国的自发标准情报交换机构,也是美国指定的 ISO 投票成员。它的研究范围与 ISO 相对应。例如,电子工业协会(EIA)是电子工业的商界学会,也是 ANSI 的成员,主要涉及 ISO 的物理层的标准。电子和电气工程学会(IEEE)也是 ANSI 的成员,主要研究 ISO 的低两层和局域网的标准。

1.7.6 中国国家标准局

中国国家标准局是我国有关工程和技术标准的法定机构,它颁布有关的标准。我国已决定在计算机与通信领域采用相应国际标准,因此国家标准局的主要工作是将有关国际标准采纳为国家标准。1983 年我国成立了全国计算机与信息处理标准化技术委员会,负责 ISO/TC97 所对应的标准化工作,该技术委员会下建立了 13 个分技术委员会,开放系统互联分技术委员会就是其中之一。开放系统互联分技术委员会成立于 1984 年 7 月,它的工作范围和 ISO/TC97/SC21 基本相对应,此外还包括传输层的标准化。开放系统互联分技术委员会组织制定了第一个国家标准是《开放系统互联——基本参考模型》(等同 ISO7498)。