

数据通信



电信新技术培训系列教材
DIANXIN XINJISHU PEIXUN
XILIE JIAOCAI

人民邮电出版社

● 赵
辰
编

电信新技术培训系列教材

数 据 通 信

赵 辰 编

人 民 邮 电 出 版 社

内 容 提 要

本书是为在职人员编写的新技术培训教材。

全书系统地讲述了数据传输、频带传输及调制、数字数据网业务及数字数据网、数据交换和分组交换网、分组网的改进及宽带网、局域网、快速局域网、城域网及广域网、数据通信规程及其实现、网络管理系统等。

本书可供通信部门的干部、管理人员和技术人员阅读。

电信新技术培训系列教材

数 据 通 信

赵 辰 编

*

人民邮电出版社出版发行

北京崇文区夕照寺街14号

北京密云双井印刷厂

新华书店总店科技发行所经销

*

开本:787×1092 1/16 1997年8月 第 一 版

印张:9 1999年2月 第二次印刷

字数:142千字 印数:10001—13000册

ISBN7-115-06676-0/TN·1247

定价:13.00元

前 言

当前,电信新业务、新技术迅速发展,广大干部和职工急需提高业务、技术和管理水平,以适应通信大发展的需要。1992年11月以来,已由人民邮电出版社陆续出版了《移动通信》、《电信网》、《程控交换》、《数字通信》、《光纤通信》、《数字微波》等6种“电信新技术培训系列教材”。

这套书出版后,我局曾组织了三期电信处长、电信局长、总工程师等同志参加的学习班,收到了较好的效果,广大学员反映这套书具有简明、实用和便于自学等特点,但品种还不够全,还不能满足需要,特别是新业务、新技术的短期培训教材尚不配套,有必要进一步增新补缺。为此,我局根据广大电信职工和管理干部的要求,结合企业实际工作的需要,又组织编写了《分组交换》、《电信新业务》、《卫星通信》、《图像通信》等一批教材,并将陆续出版。

由于时间仓促,经验不足,书中难免有缺点和不足之处,希望各地在使用过程中,及时把意见反馈给我们,以便今后修订。

邮电部电信总局

1993年6月

目 录

第一章 概述.....	(1)
第二章 数据传输.....	(6)
2.1 数字信号的表示方式	(6)
2.2 基带传输原理	(7)
2.3 信号传输速率	(9)
2.4 符号代码.....	(10)
2.5 传输方式.....	(11)
2.6 同步技术.....	(13)
2.7 时钟同步.....	(14)
2.8 锁相器的应用.....	(14)
2.9 传输技术.....	(15)
第三章 频带传输及调制	(17)
3.1 各种调制方法.....	(17)
3.2 均衡.....	(20)
3.3 扰乱及解扰.....	(21)
3.4 调制解调器.....	(22)
3.5 多路复用.....	(24)
3.6 复用设备.....	(26)
第四章 数字数据业务及数字数据网	(28)
4.1 SDH 和 SONET 各级复用速率和 PDH 的对应关系	(28)
4.2 SONET 协议结构	(29)
4.3 虚支流和虚容器.....	(31)
4.4 数字交叉连接系统(DCS).....	(33)
第五章 数据交换和分组交换网	(35)
5.1 交换方式.....	(35)
5.2 X.25 建议	(38)
5.3 分组装配与拆卸设备(PAD)	(44)
5.4 X.75 建议的分组网的互连	(45)
5.5 综合业务数字网(ISDN)	(46)
第六章 分组网的改进及宽带网	(49)
6.1 帧中继.....	(49)

6.2 异步传送模式(ATM)	(58)
第七章 局域网、快速局域网、城域网及广域网	(64)
7.1 局域网的拓扑结构.....	(64)
7.2 光纤分布式数据接口(FDDI)	(69)
7.3 混合环控制(HRC)(FDDI-II)	(74)
7.4 局域网互连.....	(76)
7.5 从局域网到城域网.....	(77)
7.6 交换兆比特数据业务(SMDS)	(80)
7.7 广域网.....	(83)
第八章 数据通信规程及其实现	(88)
8.1 开放系统互连参考模型(OSI RM)	(88)
8.2 OSI RM 各层的划分	(90)
8.3 运输层(TP)	(92)
8.4 会话层.....	(93)
8.5 美国国防部数据通信协议(DOD 标准)	(96)
8.6 DOD 传输控制协议(TCP)	(97)
8.7 网间互连及 IP 协议	(99)
8.8 网间控制信息协议(ICMP)	(104)
8.9 DOD Internet 参考模型	(105)
8.10 在移动通信网内的数据通信.....	(106)
第九章 数据通信的应用及一些具体课题.....	(108)
9.1 检错和纠错	(108)
9.2 压缩算法	(111)
9.3 安全措施和加密	(112)
9.4 应用层的应用举例	(116)
9.5 DOD Internet 应用层标准	(122)
第十章 网络管理系统.....	(124)
10.1 概述.....	(124)
10.2 系统和协议层的管理.....	(124)
10.3 Internet 网管理协议 SNMP	(130)
10.4 通信管理网(TMN)	(133)

第一章 概 述

按照现代通信的定义,凡是在终端以编码方式表示信息,用脉冲形式在信道上传送的通信都叫作数据通信。当然,现在我们要讨论的就远不是这样的古老形式,而是以计算机为主要手段的通信。

随着计算机的普及,人们对数据的理解也大为广泛,无论是文字、语音、图象,只要它们能用编码的方法形成各种代码的组合,存储在计算机内,并可用计算机进行处理、加工,都统称为数据。现代数据通信就是为计算机之间以及各计算机和各种终端之间提供传输、交换信息的手段。从广义而言,数据通信也就是计算机通信,从而形成的数据通信网也就是计算机通信网,只是计算机网着重于解决网内各计算机资源的分享和负荷的分担,而数据通信网则以传输、交换为主要目的。

计算机应用的基本方法就是对各种数据进行处理、加工,人们使用计算机来进行存储、排序、检索,在必要时,对其中的数据进行运算、修改、编辑以及对收集整理的数据作出逻辑判断,这些都是终端用户为增加已有数据的使用价值而进行的相应处理,但是在现代通信设备中,路由选择、拥塞控制、电文的格式化以及差错控制和安全加密等都需要对一系列数据按某种规定的算法进行运算和比较,并作出正确与否的判断。至于网络管理更涉及大量的数据处理工作,如对全网状态的监视、指挥、调度等大量的统计工作,以及对通信软件的调试、检测,这些都是由网内的相关计算机担当的。但是,在网内进行的数据处理只涉及网内的管理信息,不涉及用户信息。虽然用户在自己的终端上进行数据处理与数据通信网内为达到正确传送而对网内控制信息的处理区别开来,但作为一个整体的系统,远程联机操作就成为可能的了。

总的说来,数据通信应提供下述三种手段:

- 一、为信息提供传送路径。
- 二、在不同设备之间提供通信接口,用来改变所传输的信号格式,使之适用于收、发双方的设备。
- 三、提供必要的通信处理能力,对电文前后的控制信息进行规定的处理和操作,保证电文能成功的输入、传送和输出。

提供传输路径的一些设备即是传输媒介和传输系统。传输媒介有架空明线、架空电缆、地下电缆(如双绞电缆、同轴电缆),微波中继电路,光缆,通信卫星,无线通信、移动通信等,传输系统则有频分制的载波电话系统,脉冲调制系统,微波中继系统、数字数据网以及相应的调制解调器、变换器等。

在任何两种或多种不同类型的设备之间都要具有一定的硬件和(或)软件接口,将在原来设备内的数据表示方式、电文格式、信号电平、传送速率等各个参数值转换成对方设备所容许接受的参数值,例如,数据发送器将待发送的数据以一定的规则编码,再以适合信道传输的电信号在该信道上传送。在接收端必需将从该信道上输入的信号转换成接收器能识别的形式,使之翻译成能为打印机、显示器等外部设备操作的内容。

通信处理也许是数据通信中最复杂的项目。下述八种基本功能大致可分为三类：

一、编辑功能

1. 差错控制：及时发现传输中的差错，设法纠正以保证能成功的发送。
2. 格式化：对每种电文都规定了一致的格式。例如，在报头中的地址、序号等。
3. 编辑：对控制信息的参数要置初值，并按一定的顺序传送等。

二、变换功能

4. 速率变换：允许收、发方之间具有不同的传输速率，由通信处理机在两者之间用缓冲区进行调整。
5. 代码变换：两部不同类型的机器原机内代码可能不同，要由通信处理机在两种码型之间作相应变换。

三、控制功能

6. 网络控制和管理：这是数据通信网中的关键功能，对保证全网运行有条不紊和完善处理是不可缺少的。
7. 探询：在有些规程内设定由一部通信处理机承担通信网的调度工作，定期向网内各终端探询，按当前状态来排定传送的先后次序。
8. 路由选择、拥塞控制：为网内的每一电文选择一条最短、最快的或是最经济的可靠路由，在网内发生故障时应备有备用的迂回路由。此外，所选路由应避免集中在某一点上，遇到拥塞时，应采取有效措施分散业务流量或阻止外来输入新的电文。

数据通信的主要功能在于传送和交换用户数据，用户传送这些数据的目的是不外乎是要快速处理信息。

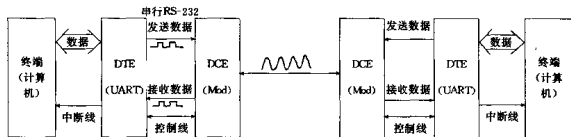


图 1.1 数据通信系统框图

各种不同用途采取的数据处理方式各不相同，处理的速率也相差悬殊；因而要设法使用户的数据处理和数据通信方式作最佳的配合才能获得较佳的效益。为此，在一个建筑物或一个机关内，将本单位的计算机和管理系统互相连通，形成了一个或多个局域网 (LAN)，随着信息交换范围的扩大，将本地分散的局域网相互连通形成城域网 (MAN)，进而将各地的城域网互连成全国或全世界互通的广域网和全球网。当前，大力推广应用的 Internet 网就是一个范例。当然，这些计算机网都具有专用网的性质，它们一般都要借用公用的市话网、长话网，以及包括通信卫星、微波通信、移动通信等无线通信作为公用的传输手段。此外，还需通过公用网的交换机进行呼叫接续。目前数据通信的交换方式，除与已有的电话网类似的电路

交换方式外,还有具备存储转发方式的分组交换。随着各种终端设备的高度智能化,以及多媒体技术的普及,通信网的有些管理功能可以进一步简化而提高通信效率,因而,已出现了比分组交换快速的帧中继方式,以及信元中继的异步转移模式(ATM)等新技术。

数据通信系统由终端、数据终端设备(DTE;Data Terminal Equipment)和数据电路终接设备(DCE;Data Circuit Equipment)以及传输媒介或通信网组成,如图 1.1 所示。DCE 安装在用户处,也称为数传机,它在 DTE 接口和信道之间进行信号变换和编码,提供建立、保持和终止接续所要求的全部功能,如,调制解调器(Modem)、复用器等。DTE 将终端(一般是计算机)输出的并行数据转换成串行数据,在异步通信中还要在输出的每个字符上加起、止位和奇(偶)检验位,以正确的传输速率定时地向 DCE 发送串行数据,并注意该终端字符是否已发完,从 DCE 输入终端的串行数据须由 DTE 先行串并变换,形成并行数据后再进入终端,在异步通信的情况下还要检查每一字符是起、止位,检验位是否正确。

DTE 的全部功能可在一块集成片上完成。它们是:

1. 通用异步收发器(UART)用于异步串行数据通信;
2. 通用同步收发器(USRT)用于同步串行数据通信;
3. 通用同步/异步收发器(USART)是一种可编程的收发器,既可用作同步通信,也可用作异步通信。

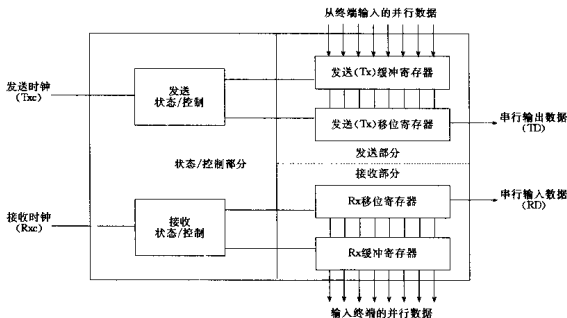


图 1.2 DTE 的简单示意图

图 1.2 示意性的表示出 DTE 的主要功能模块:发送模块、接收模块以及状态控制模块。

发送模块有两个寄存器,一个是并行输入、并行输出的缓冲寄存器,称为发送(Tx)缓冲寄存器,另一个是并行输入、串行输出的发送(Tx)移位寄存器。当终端并行输入数据(一个字符)时,DTE 将之输入发送缓冲寄存器内,当收齐一个字符时将这批数据一次并行输入发送移位寄存器。在异步通信情况下,DTE 在此字符上添加起、止位和检验位。发送移位寄存器将数据移出,在发送数据线上以由外部发送时钟信号(Txc)确定的速率传送给 DCE,当数据全部移出发送寄存器后,终端又可下一字符输入发送缓冲寄存器。为了提高终端的发送

速率,有些 DTE 内设置了两个发送缓冲寄存器,在前一字符正在发送移位寄存器向数据线移出时,后一字符已可进入另一发送缓冲寄存器,等待发送了。

接收模块也有两个寄存器,一个是串行输入、并行输入移位寄存器,另一个是并行输入、并行输出缓冲寄存器。从 DCE 在接收数据线(RD)以由外部接收时钟信号(Rxc)确定的速率接收到的数据移入接收(Rx)移位寄存器内,在接收完一个字符后,在同步通信下要检查帧格式和检验位是否正确,在异步通信下还要去掉起、止位和检验位,然后将该字符并行输入接收缓冲寄存器,终端将经过并行的数据总线从此寄存器内读出字符。

状态和控制模块有两个主要功能:控制发送模块和接收模块的操作,向终端报告发送和接收模块的状态。作为控制器,由它确定发送器发送数据的检验位,判断接收器所收下的检验位的正确与否。时钟信号通过状态和控制寄存器内的可编程的分频器经分频后使 DTE 能以各种不同的通信速率操作。作为状态模块,则是当在发送缓冲寄存器内的数据转移到发送移位寄存器内,通知终端准备发下一字符,当接收到的数据已进入接收缓冲寄存器时,它通知终端准备输入字符,以及当检查出错误时通知终端。

DTE 和终端之间一般使用 TTL 逻辑信号或其它的逻辑信号相互通信。DTE 和 DCE 之间的通信是用 RS-232 等接口实现的。

数据终端随着计算机应用的迅速普及,除已有的电传机、显示器等非智能终端外,大部分都是以微控制器、微处理器为主的智能终端和计算机。由于应用不同,各种终端的性能也各不相同,彼此在网内互通会带来困难。首先由 TELNET 提出虚拟终端(VT)协议,假设在网内有一虚拟终端(NVT),其商业名称为 VT100 型。事实上这是一套软件,其中设有各种工作参数,当收、发双方经协商后,设置相互通信可以实现的参数值后即可通信。如图 1.3 所示,发方用户用本终端的语言输出信息,在虚拟终端上经协议变换后成为主机语言。虚拟终端协议确定:

1. 所通过的数据格式,例如是比特流还是格式化的电文。
2. 如何区别数据和虚拟终端的控制信号,以及如何通过虚拟终端的控制信号。
3. 数据传送方式是半双工、全双工,同步还是异步,采用何种传送规程。
4. 如何传送带外信令和优先级中继以及如何中断。
5. 如何控制同层用户之间传递数据。

OSI 组织将虚拟终端分为:

1. 基本型虚拟终端:由虚拟终端发送图形字符。
2. 格式化虚拟终端:基本型加格式填写功能。
3. 图形型虚拟终端:能使用向量图形的虚拟终端。
4. 正文型虚拟终端:能支持有关开放式文件结构(ODA)的正文处理。
5. 图象型虚拟终端:是一种扫描图形或摄影的虚拟终端。
6. 混合型虚拟终端:在同一终端上同时实现上述各型的处理功能。

现在对应用较广的一部分终端拟订了一种虚拟终端,这种虚拟终端是用一套详细的特性来描述的假想装置。这些特性是用最普遍的方式来规定各种功能,从而可以选用最有效的方式来实现。两端的终端都是以本机的语言生成数据,虚拟终端协议则将本端的语言翻译成虚拟的终端的语言在信道上传送给在网上连接的另一终端,收方的虚拟终端协议则将收到的虚拟终端语言翻译成收方终端的语言,虚拟终端协议的一种可能的模型如图 1.3 所示。

其中由概念通信域(CCA; Conceptual Communication Area)这类软件来仿真有虚拟终端联系的两端。它是虚拟终端协议的变换器。

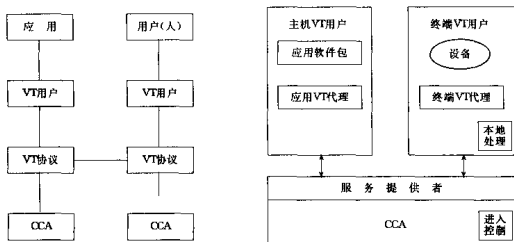


图 1.3 虚拟终端协议举例

为区别不同的管理功能,将计算机网划分为通信子网和资源子网。美国的国际标准化组织(ISO)为此制订了开放系统互连参考模型(OSI, RM),提出了整个计算机网的七层协议,即:

1. 物理层 在物理电路上传输数据的有关规定。
2. 数据链路层 在相关 DTE 或计算机之间保证无差错的发送数据的有关功能及指标。
3. 网络层 在多个计算机之间选择传送路由及网内调度的功能、算法及指标。
4. 运输层 为一个用户进程到另一个用户进程提供无差错的顺序传送信息。
5. 会话层 组织和同步的交换数据。
6. 表示层 规定数据的传送格式。
7. 应用层 利用以下各层提供的服务来完成各用户进程。

前三层规程属于通信子网,后四层规程由用户计算机(主机)完成,所以通信子网即数据通信网为资源子网或用户计算机的各种应用提供了一个公用的平台。

这一 OSI 参考模型随后由国际电联(ITU)采纳而制订了 X. 200 系统建议,此外,在此以前美国国防部公布的 DOD 协议、IBM 公司的 SNA、DEC 公司的 DNA 体系虽不是国际标准协议,但随着该公司产品的推广,对计算机网的制订及使用也具有一定的影响,这些将在以后的有关章节内介绍。

本书将依据上述内容,介绍如数据终端、数据传输、通信协议、数据通信网的结构、配置及相应的硬件、软件。由于在现实环境中必然会遇到各种干扰、发生一些故障,因而需要网络管理中心对全网的可靠性、安全性采取严格的措施,这将涉及数据加密、数据安全、检/纠错编码技术等。

第二章 数据传输

和所有通信方式一样,数据通信也是由终端、传输、交换等三大部分组成的。数据通信与数字通信的最大的区别在于终端原有的信号方式,如电话终端产生的是话音模拟信号,若在数字电路上传输,首先需要经模/数变换,将原来的模拟信号按一定的规律变换为数字信号,在对端再将线路上传输的数字信号还原成模拟信号。数据终端,如电报机、计算机等机内所生成的信号都是脉冲信号。在传输媒质上传送的也是经过编码和调制的脉冲信号,所以就传输性质而言,数据通信与数字通信没有本质上的差别。为实现数字通信、数据通信以及综合业务通信等对传输的要求,首先应建立数字信道,并形成数字数据通信网。有关数字传输的理论,在有关数字通信或传输理论的专著都有较详细的介绍和理论分析。这里仅仅是指出一些有关的知识而已。下面先来谈数字信号的表示方式。

2.1 数字信号的表示方式

数字信号一般用不同组合的脉冲串表示,在机内的信号不论它们用哪一种编码方法,它们的基本信号都是脉冲信号。在计算机内使用的 ASCII 码、EBCDIC 码(扩充二十进制交换码)以及汉字码,也都是这些脉冲信号代表的各种组合。由于信号在传输媒质上将会受通带宽度的限制,噪音、衰减、时延等损害,以及同步技术的需要,要求将简单的脉冲信号进行一些不同的变换,以适合传输的需要,加强信号的抗干扰能力。因而产生了许多不同的代码。在一定的时间间隔内电平保持恒定的电信号称为不归零电平(NRZ-L)的电信号,如图 2.1(a)所示。

与 NRZ-L 类似的一种方式称为“不归零,逢‘1’反转”(NRZ-I)码。和 NRZ-L 一样,在每一单元时间内电平脉冲保持恒定,数据本身是按其在单元时间开始时有无跃变来区别的,在每一单元时间的开始时刻,电平发生跃变(由低到高或由高到低)代表“1”,而在单元时间开始时,不发生跃变则代表“0”,或反之(如图 2.1(b)所示)。NRZ-I 是一种差分编码,所谓差分编码,就是信号的译码是按照比较两相邻信号单元的极性来确定的,而不是按它们的绝对值来区别,在有噪声的情况下,检测信号的跃变比检测信号的阈值更为可靠。即使由于某种原因使信号极性倒转也不会影响恢复原来的信号。

归零码在传输中也有一些缺点,即很难判别一个比特的始末,为此,要求收、发二端用时钟同步。在一串脉冲中如果大多数是“1”或“0”,则该脉冲串的平均直流分量就会增大。且在传输中有许多变量器类的部件是不让直流分量通过的。

为克服上述归零码的缺点,开发了双相码。其中,曼彻斯特码和差分曼彻斯特码是在数字信号中用得较多的两种,如图 2.1(c)、(d)所示。在双相码中,在每一比特时间内,至少有一次跃变,也可能有两次跃变,因而最大的调制速率是归零码的二倍。它所要求的带宽或传输容量也要相应的加大。但双相码具有以下三项优点:

1. 便于同步,因为在每一比特时间内都有一预定的跃变。接收器可利用该跃变执行同

步。所以双相码是一种自同步码。

2. 无直流分量, 由于正负方向的电流值基本相同, 所以统计的直流分量很小或近于零值。

3. 有一定的检错特征, 如果在每一比特的预定位置不发生跃变, 就可以认为有差错。

曼彻斯特法的每一信号的跃变发生在每一比特时间的中点, 这一中点的跃变可作为同步时钟的参考。其中从高到低电平的跃变代表“1”, 而从低到高的跃变代表“0”。

差分曼彻斯特码的中点跃变只作为同步时钟使用, 而由每一比特开始点有无跃变来代表“1”和“0”。

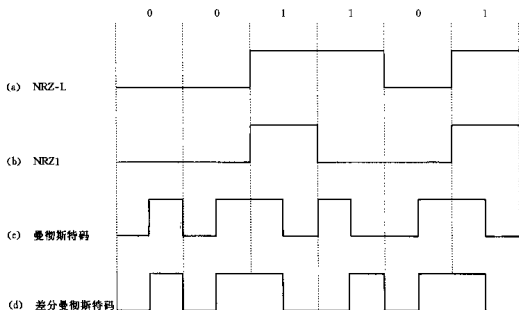


图 2.1 数字信号的编码

2.2 基带传输原理

由数据终端输出的信号称为基带信号, 从各种数据终端输出的信号直接经线路传输的方式称为基带传输方式。如果终端输出的信号经过调制后在信道上传输, 则称为频带传输方式。基带传输适用于近距离, 而频带传输适用于较远距离通信。但基带传输是频带传输的基础。

一、数据信号的传输波形

数据信号一般用矩形脉冲表示, 但在传输过程中, 矩形信号频谱中的许多谐波分量是无法通过的。尤其是其中的直流分量和低频分量都被传输系统内的大量变量器、滤波器 etc 部件阻断。以下就传输信道带宽的限制而引起的传输波形的畸变, 以及信号波形对抗干扰的能力应具备的最佳波形等问题作些探讨。

二、有限带宽的理想信道

无论在无线或有线信道上, 其传输频率都有一定的范围。尤其是在多路复用的情况下,

每路信号所占用的带宽是一种很宝贵的资源。每路信号占用的带宽愈小,能复用的路数就愈多。因而总是希望每路通信能占用最少的合理带宽。但带宽的上限及下限将使信号的高频成分、低频成分和直流成分受到很大的衰减而不能通过。对于脉冲信号影响更大的则是由于通带内对各种频率的时延不一致而导致相位畸变,如图 2.2 所示。

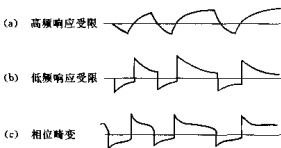


图 2.2 传输对脉冲信号的影响

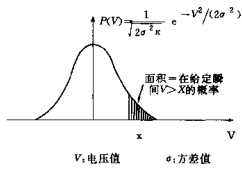


图 2.3 高斯分布

在任何信道上传输信号都会遭到各种噪音的损害。在任何有放大器的传输系统内都会引入随机噪声加在信号波形上,这种噪声一般无直流分量,且有一接近高斯特性的临界分布,如图 2.3 所示。

在某一给定的均方根值噪声电平以及当 $V > X$ 的概率下,将使加上噪声的信号变为不正确的符号。但高斯分布曲线的扬长拖尾下降极快,只要增加信噪比 (S/N) ,就能很快消除码间干扰,严重影响的是突发噪声,能量较集中,将会使一串脉冲消失。其它如放大器过负荷,频率截止特性,时变信道等非线性传输特性也会使传输性能变化,引起信号畸变。

模拟信号波形的改变,即失真将会影响原有信号的音质和音色。而数据信号的畸变,只要能使该信号的中心附近保持一定的幅度,即可使信号再生。因为在每个中继站接收端都是在靠近脉冲中央部分进行抽样,然后根据抽样值的大小来复制出“1”或“0”的脉冲信号。

在信道上传输的是一系列脉冲串。由于带限的影响,将使传输的脉冲波形顶部变圆,底部变宽,并且其波形延伸,形成拖尾,而侵入后继码元的位置,如拖尾为正值,将与相邻码元的幅度相加,如为负值,则二者相减,如正拖尾与“0”脉冲相加,可能使“0”变“1”。如拖尾为负值,与“1”脉冲相减,使之幅度下降,可能使“1”变“0”,引起误码,这种现象称为码间串扰,是引起基带信号误码的关键因素,为此,在传输理论中进行了一系列研究。

噪声和有限带宽是限制提高数据传输速率的基本因素,信息论中香农定理证明,如果一个信道的带宽为 W 赫,信噪比为 R 。则原则上,数据可以用速率 C 作可靠的发送:

$$C = W \log_2(1 + R) \text{ bit/s}$$

这只是理论上的上限,理想信道必需是有从 0 到 ∞ 频率的固定增益,无相位——频率失真,无噪声和其它干扰,这样的信道是无法物理实现的。因而,假设有一很窄的矩形脉冲作为有限带宽理想信道的输入,则在信道的输出端将是具有升余弦形 $(\frac{\sin X}{X})$ 波形,带有振荡拖尾的信号,如图 2.4 所示。

$$h(f) = \frac{\sin 2\pi Wt}{2\pi Wt}$$

在实际通信中传输的是脉冲串,各脉冲的拖尾将侵入相邻的脉冲内,形成符号间干扰 (ISI)。在理想的限带信道内发送各脉冲间隔为 $\tau = W/2$ 的脉冲,就有可能完全消除 ISI,即

是在信道的截止频率为 W 赫兹的情况下,我们发送 2 脉冲/秒。这是因为信道脉冲响应 $e(t)$ 在 $t = \pm W/2, \pm 2W/2, \pm 3W/2 \dots$ 等时 $h(t) = 0$ 。即在 $t = nT$ 时,信道输出只取决于该第 n 个输入脉冲的响应,而在该时的其它输入脉冲的响应均为 0;

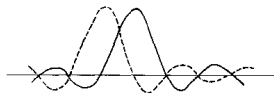


图 2.4 无符号间干扰的信道响应

实际上很难得到 $\sin x/x$ 的脉冲响应,而即使具有 $\sin x/x$ 的响应的系统,它对定时差错是极敏感的,稍有偏移,其它输入脉冲的响应即不为 0。理论指出,如果信道增益特性能以 $1/2$ 的脉冲传输率对某频率对称地滚降下降,并具有线性相位特性,如图 2.5 所示。滚降特性由滚降因子 α 描述。 $\alpha = 0$ 即为无滚降特性。 $\alpha = 1$ 则拖尾将延长一倍,由此可见,拖尾振荡的降低,是以扩展带宽为代价的。

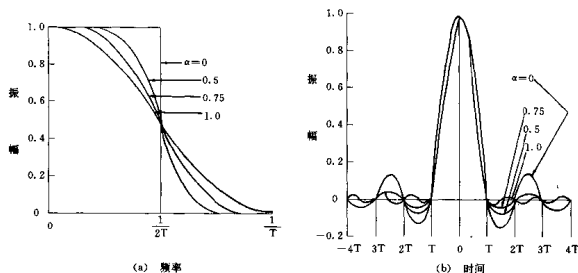


图 2.5 升余弦波形的滚降特性以及信道对它的冲激响应

2.3 信号传输速率

二进制数字传输中,如果数字序列内“1”和“0”的出现概率各占 $1/2$,且前后码元是相互独立的,则序列中每一码元的信息量为 1 比特。单位时间内信源发出或在媒介上传输的信息量称为信息(数据)传输速率或传信率。可由下式表示:

$$R = n_0 \log_2 2 = n_0 \text{ (bit/s)}$$

式中 n_0 : 每秒传输的二元码数。

但在具体的信息,尤其是在计算机内是用字符、字节或八位组来计量信息量的,因而实际传输的是符号,如果用传输中的单位时间内传送的符号数目来计量,则为符号速率,它的计量单位是波特(Bd)。

符号速率是在一给定时间内,线路信号改变状态的速率,设有一脉冲信号的时间宽度 T

为20ms,则符号速率

$$S = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.02s} = 50\text{Bd}$$

这并不代表在信道上的传输速率。而数据传输速率则以 bit/s 为计量单位。

$$R = \left(\frac{1}{T}\right) \log_2 n$$

n : 信号状态数目。

这一公式表示了多元调制信号的符号速率与信号速率的关系。设四相调制信号的信号状态有4种,如果设脉冲宽度为20ms,则符号速率 $S = \frac{1}{T} = \frac{1}{20} \times 10 = 50\text{Bd}$ 。而信号速率 $R = (\frac{1}{20} \times 10) \times \log_2 4 = 100\text{bit/s}$ 。只有在二码的情况下 $R = (\frac{1}{T}) \log_2 2 = \frac{1}{T} = S$ 符号速率才与信号速率相等。

在线路上传送信号是串行的,而在机内传送信号是并行的。在并行传输系统内的信号速率为:

$$R = \sum_{i=1}^{m-1} \frac{1}{T_i} \log_2 N_i$$

式中: m : 并行信道数

T_i : 在第 i 信道内单位码元的转换时间(s)

N_i : 在第 i 信道内经调制的信号状态数目。

2.4 符号代码

数据通信都是传输和交换以及处理各种编码信号,电报机使用的是国际2#代码的单元信号。对于计算机来说,由于需要将数字字符转换成二进制表示的符号,或反之,BCD 码(二进制编码的十进制码)就是在计算机内应用的一种代码。可用4位二进制码代表一位十进制数字。用6位二进制码代表一字符;二位十进制数字可存储在一个8位的计算机机器字内,正好可供适当的计算机指令操作,但只能组合 $2^4 = 16$ 或 $2^6 = 64$ 种字符。(在一机器字内存储一字符)。

但由于传送字母、数字、标点符号以及在通信中需要一些控制字符用于执行相应的规程和开关机器等,需用更多的字符代码,为此制定了扩展的 BCD 交换码,即 EBCDIC 码。用8位码代表1种字符,从而可有 $2^8 = 256$ 种组合。但其目前使用的只有109种。这种代码,最初用于面向字节的计算机,便于在以相同字符集操作的计算机和终端之间进行代码转换。

ISO 为数据传输制订的标准代码则是 ASCII 码的7位代码。最末加一位奇(偶)检验位(是任选的)。

IBM PC 等机器使用扩展的8位 ASCII 码,前128字符和通用的 ASCII 字符集相同,而后一组128字符,则作为附加符号集,代表特殊的图形符号、流通货币符号和基本的用于程序语言中的关键字的缩写符号。

如果有某一程序或文件包含有扩展的 ASCII 代码的字符,就必需用8位 ASCII 码传送,最末一位奇(偶)位就不存在了。

生成一字符需用的时间取决于终端的操作速度,约为每秒10~120字符,因而,若设为30字符/秒,则每位需3.33ms,以此数乘上每一字符的位数就是生成一字符需用的时间。起止

式字符与传送时间的关系如图2.6所示。

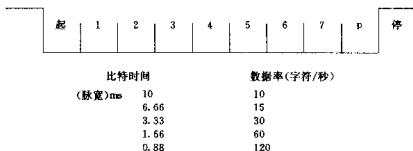


图2.6 起止式字符与传送时间的关系

代码变换是经常的事,如用 EBCDIC 码的计算机与 ASCII 字符集的终端通信,采用异步通信,则当计算机收到终端来的 A(1000001),可不考虑奇偶位、起、停位,将它转换成相应的 EBCDIC 码(11000001),或反之。

$$\text{编码效率 } E = \frac{\log_2 CS}{BC}$$

E :效率

CS :所需字符或符号数目

BC :代码内的位数

例:要求32种符号,每一符号用6位码,

$$E = \frac{5}{6} = 83.3\%$$

$$E = \frac{\log_2 32}{8} = \frac{5}{8} = 62.5\%$$

用5位码代表32种符号,

$$\text{则: } E = \frac{\log_2 32}{5} = \frac{5}{5} = 100\%$$

汉字信息中每一汉字由两字节或三字节组成。在通信中可按西文同样处理。

2.5 传输方式

信号在传输媒质上传输有三种方式,即单工,半双工和全双工方式。

1. 单工:在同一媒质上信号只能在一个方向上传输。如无线广播和电视,只允许一方发,另一方收。

2. 半双工:在同一传输媒质上,在同一时间内,只允许传送一个方向上的信号,但在另一时间内可返向传送另一方向的信号。如遥控,遥测系统,指挥系统等,一方发指令,另一方待收到指令后执行并将结果送回发方,二者在时间上是错开的。实际打电话也是如此,收发双方不可能同时发言。

3. 全双工(或简称双工):在同一媒质上可同时传送两个方向上的信号。如铁路上的双轨运行,计算机中的文件传送,为缩短传送时间,最好能双向同时传送。

此外,传输媒质因距离长,投资费用大,不可能为数据信号的八位组用八个信道同时传送,而是将八位组分八次在一个信道上串行传送。但在机器内部为加快传送是应该并行传送的。