

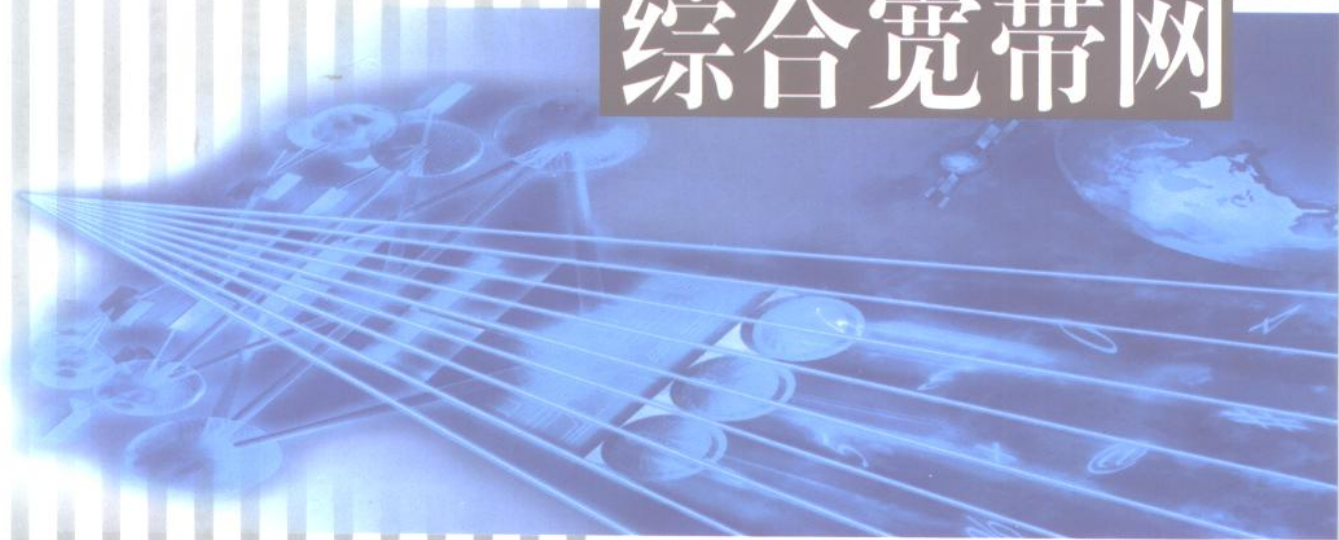
IP技术与综合宽带网

巴继东

编著

10 510

IP技术与 综合宽带网



巴继东 编著

IP

北京邮电大学出版社

IP 技术与综合宽带网

巴继东 编著

北京邮电大学出版社

内 容 提 要

0716/2020

本书从通信网的角度探讨 IP 技术,涵盖了 IP 技术与当前综合宽带通信网建设的最新内容。这是从事通信和网络领域的设计及管理工作的专业人员所必须了解的。

本书详细介绍了数据通信和计算机通信网的基本知识,具体分析了 TCP/IP 体系结构、基本原理以及高层应用;书中重点讨论了 IP 技术的一些新进展,内容包括多媒体通信协议,IPv6,IP Over ATM,IP Over SDH 以及 IP Over Optical 等;同时还介绍了 IP 电话和电子商务;最后讨论了 IP 宽带网建设与“三网合一”问题。

图书在版编目(CIP)数据

IP 技术与综合宽带网/巴继东编著. - 北京:北京邮电大学出版社,2000.3

ISBN 7-5635-0412-5

I . I… II . 巴… III . 宽带通信系统-综合业务通信网 IV . TN913.24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 70379 号

IP 技术与综合宽带网

编 著 巴继东

责任编辑 郑 捷

*

北京邮电大学出版社出版发行

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

北京忠信诚胶印厂印刷

*

787×1092 mm 1/16 印张 13.125 字数 310 千字

2000 年 3 月第 1 版 2000 年 3 月第 1 次印刷

印数: 4 000 册

ISBN 7-5635-0412-5/TN·180

定价: 25.00 元

前 言

Internet 的规模发展之快已经超过了人们的想象。它由最初位于美国的四个节点已经扩展到今天分布在 175 个国家的数百万台主机,而且许多新的应用不断涌现,如 IP 电话、IP 传真、视频会议、电子商务等。这些客观事实引起了人们极大的兴趣,特别是众多的电信专家和从业人员。有人预言:一场融合了通信与计算机技术的信息革命正在悄然兴起,当今的 Internet 就是这场革命的先兆。

传统的研究 Internet 的书籍大多是从计算机网络的角度探讨 TCP/IP 及其高层应用。本书则不同,是从数据通信和通信网的角度分析 IP 技术,把 TCP/IP 和当前通信网的最新技术结合起来,探讨如何建设宽带 IP 网,从而支持 IP 电话、电子商务、多媒体业务等;书中还分析了未来综合宽带网的建设以及三网合一问题,最后形成结论:宽带 IP 网是三网合一的最佳结合点。

编写此书的动机来源于笔者的实际工作。作为国家光通信基地和 APT(亚太电信联盟)培训基地的信息产业部武汉邮电科学研究院不但是多项重大光通信技术成果的诞生地,也是一座培养通信高级技术人才的摇篮。截止 1999 年上半年,该院为全国培训了 5 千多名通信技术人才,并为亚太地区 15 个国家培训了 100 多名光纤通信高级技术人才。几年来,笔者一直在该院研究生部从事数据通信和通信网新技术领域的科研和教学工作。出于实际教学的需要,笔者编写了有关 IP 技术与综合宽带网的讲义,并多次使用,效果很好。本书就是在这本讲义的基础上修改整理得来。

全书分为十三章。第一、二章,介绍数据通信的基本概念和计算机网络的有关知识。第三、四、五、六章,分析 TCP/IP 体系结构、IP 层协议、传输层协议以及 Internet 高层应用。第七、八章,讨论 IPv6 的特点和为支持实时业务而提出的一系列多媒体协议。第九、十章,则主要讨论为改进 IP 传输速率和 QoS 而出现的多种 IP 传送技术,如 IP Over ATM, IP Over SDH, IP Over Optical 等。第十一、十

二章,介绍当前两种基于 IP 的最热门的应用,IP 电话和电子商务。第十三章,重新定义综合宽带通信网,分析了下一代 Internet 以及宽带 IP 网的建设,最后讨论三网合一的意义、技术背景和可行性。

Internet 已经普及到了用户桌面,IP 技术的发展也是一日千里。新协议、新技术、新应用不断涌现。在本书编写过程中,笔者得到了领导和同事的大力支持与帮助。在教材的策划上,李勇先生提出了非常中肯的意见;在对通信网络层次结构的理解以及多层交换等问题上,笔者与吴志宏先生进行过多次深入讨论。书中许多见解的形成都来自于笔者与同事、朋友的交流和探讨。而且,笔者还参考了许多国内外相关教材和资料,限于篇幅,未能一一列出他们的姓名。在此,笔者向以上朋友深深致谢。

虽然本书力图较全面地展现 IP 技术与宽带通信网建设,但是限于编者的水平,加之时间仓促,难免挂一漏万,不正之处还请读者批评指教。

编 者

武汉邮电科学研究院

1999 年 9 月

目 录

第一章 数据通信基础

第一节 数据通信及其特点	1
第二节 基本概念	3
第三节 数据通信系统	5
第四节 数据编码技术	6
第五节 数据传输技术	8
第六节 数据传输方式	9
第七节 多路复用技术	10
第八节 数据交换技术	11
第九节 差错控制基本原理	14
第十节 小结	15

第二章 计算机通信低层网络技术

第一节 计算机网络及其分类	16
第二节 局域网技术	18
第三节 广域网技术	25
第四节 小结	27

第三章 TCP/IP 体系结构

第一节 分层的网络体系结构	28
第二节 OSI 参考模型简介	33
第三节 TCP/IP 体系结构	35
第四节 互联网的几个概念	39
第五节 小结	43

第四章 IP 层协议

第一节 IP 地址	44
第二节 IP 地址解析	47
第三节 IP 数据报及其传输	50
第四节 差错与控制报文协议(ICMP)	57

第五节	IP 数据报的路由选择	63
第六节	小结	69
第五章	传输层协议	
第一节	传输层基本原理	70
第二节	传输控制协议	78
第三节	用户数据报协议	83
第四节	小结	85
第六章	Internet 及 TCP/IP 高层应用	
第一节	Internet 概况	86
第二节	中国互联网建设	87
第三节	Internet 接入技术	90
第四节	TCP/IP 高层应用和协议	93
第五节	Internet 信息服务	103
第六节	小结	106
第七章	多媒体通信协议	
第一节	Internet 面临的问题	107
第二节	多媒体通信对网络性能的要求	108
第三节	ST-II(数据流协议版本 2)	110
第四节	RTP(实时传输协议)	111
第五节	RSVP(资源预留协议)	113
第六节	IP multicasting(IP 多播技术)	115
第七节	H.323	116
第八节	小结	117
第八章	IPv6	
第一节	IPv6 的提出	119
第二节	IPv6 的特点	122
第三节	IPv6 数据报格式	124
第四节	IPv6 编址	127
第五节	IPv6 的连接实验和产品化	128
第六节	IPv6 与 IPv4 的兼容性问题	129
第七节	小结	129
第九章	IP Over ATM	
第一节	IP 与 ATM 结合的模型	131
第二节	重叠模型技术	132
第三节	集成模型技术	143
第四节	小结	152

第十章 IP Over SDH 与 IP Over Optical	
第一节 IP Over SDH	154
第二节 IP Over Optical	162
第三节 三种 IP 网络技术比较	163
第四节 中国的 IP Over 什么	164
第五节 小结	165
第十一章 IP 电话	
第一节 什么是 IP 电话	166
第二节 IP 电话相关标准	169
第三节 IP 电话的类型与实现方案	170
第四节 IP 电话的发展与市场竞争	174
第五节 小结	176
第十二章 电子商务	
第一节 什么是电子商务	177
第二节 电子商务的分类	179
第三节 电子商务在我国的发展	180
第四节 电子商务中存在的问题	182
第五节 Internet 电子商务典型解决方案	185
第六节 小结	185
第十三章 宽带 IP 网建设与“三网合一”	
第一节 综合宽带网的重新理解	186
第二节 下一代 Internet	190
第三节 建设电信级的宽带 IP 网	192
第四节 “三网合一”	195
第五节 小结	201
参考文献	202

第一章 数据通信基础

第一节 数据通信及其特点

一、什么是数据通信

在人类社会,人与人之间经常要进行思想交流、意见交换及互通信息。从一般意义上讲,这就是通信(communication)。最简单的通信方式是面对面的交谈,人们说话所发出的声音通过空气介质传到对方,完成通信过程。

电话的出现,使得两个位于异地的人之间也可以借助于电话系统进行通信,这就是所谓的电信(telecommunication)系统。人说话所发出的声音经电话机变换成模拟电信号,通过电信网的传输传到远端的电话机,该话机再把电信号还原成声音传给对方接电话的人,完成通信过程。

计算机的出现及其广泛应用,使得异地的计算机与计算机或者终端机之间要进行数据的传输和交换。计算机中,数据以二进位数字形式表示,它代表着文字、符号、数码、图像和声音等信息。如何在通信线路上正确地传输这种离散的二进制信号就是数据通信要解决的基本问题。

数据通信是为了实现计算机与计算机或终端与计算机之间的信息交互而产生的一种通信技术。相对于计算机通信而言,数据通信着重于“数据”的传输,而不涉及数据所表示的原始信息。而计算机通信则着重于信息的交互。数据通信是计算机通信的组成部分。这里,我们还要注意数据通信与数字通信两个概念的区别。在电信系统中,电信号的传输既可以采用模拟方式,也可以采用数字方式,它们分别构成了模拟通信方式和数字通信方式。模拟通信方式追求的是保持波形不失真,采取的措施有放大、补偿等。目前电话通信的用户线路部分就是模拟通信。数字通信方式中为了减少码间干扰,故意变化波形,从而保证不误码。采取的措施是再生。数据既可以在模拟通信网上传输,也可以在数字通信网上传输,也就是说,数据通信既可以借助于模拟通信手段,也可以借助于数字通信手段。

二、数据通信的特点

由于电话通信已经有了一百多年的历史,应用比较普及,而数据通信是在近 20 多年的时间里才有了比较快速的发展,熟悉它的人还不算很多,因此我们把它同电话通信进行一些比较,以便于了解数据通信的特点和发展数据通信的必然性。

(1) 数据通信是实现计算机和计算机之间以及人和计算机之间的通信,而电话通信则

是实现人和人之间的通信。尽管计算机具有超越于人的能力,但是计算机不具有人的思维和应用能力,计算机完成的每件工作都需要由人预先编好程序,计算机的智能来自人的智能。计算机之间的通信过程需要定义出严格的通信协议或标准,而电话通信就不必如此复杂。

(2) 数据传输的可靠性要求高。数据通常以二进制“0”和“1”的组合编码表示,如果一个码组中的一个比特(“0”或“1”)在传输过程中产生错误,则在接收端可能被理解为完全不同的信息,甚至是相反的含义。特别是对于像银行业务或军事上用的自动控制系统,数据的差错可能引起严重的后果,因此数据通信要达到很低的误码率,而在传输中发生差错时要求能够自动地进行校正。表 1.1 列出了数据和其他一些通信业务对传输误码率的基本功要求。由表可见,数据通信可接受误码率为最小。在实际应用中,可能出现高于或低于表 1.1 所列数据的要求,目前分组交换网提供的数据传输误码率一般都低于 10^{-10} 。

表 1.1 各种通信业务的误码率要求

通信业务	可接受误码率	可接受误组率
数 据	$< 10^{-8}$	$< 10^{-10}$
话 音	$< 10^{-2}$	$< 10^{-3}$
普通视频	$< 10^{-2}$	$< 10^{-3}$
压缩视频	$< 10^{-6}$	$< 10^{-9}$
图 片	$< 10^{-4}$	$< 10^{-9}$

(3) 通信量的突发性是数据通信的另一大特点。数据通信的平均速率相当低,而它们的瞬时高峰速率却可能高出上百倍。为了避免发送和接收的数据时延超过要求,在设计数据通信系统时通信线路的传输速率应当符合高峰速率的要求。从这里我们也可以看出,由单一的终端或计算机专用的通信线路,其资源利用率是很低的。这导致了在数据通信网中通信资源共享技术的广泛研究和开发,分组交换就是其中一项重要成果。PCM 数字语音的高峰速率大约是平均值的 3 倍,比数据通信的情况小得多。

(4) 数据通信的“用户”是各种各样的计算机和终端设备,它们在通信速率、编码格式、同步方式和通信规程等方面都会有很大的差异,为了能够实现它们之间的互相通信,数据通信网应当提供足够灵活的接口能力,以适应各种用户的需要。

(5) 数据通信的信息传输效率很高。比如在一条模拟电话信道上以 2 400 bit/s 的速率传输数据是很容易实现的,每分钟可以传输 18 000 个字符,用电话不可能在一分钟内传输如此大的信息量。由此可以看出数据通信的经济性,而且由于数据比语音更容易在计算机中存储、处理、转发。数据通信给人类带来的变化和效益是电话通信难以比拟的。

(6) 数据通信业务统计数据表明,它的平均信息长度和平均时延要求随着应用的不同而变化很大。例如,一个人在终端上远程使用计算机,人对计算机的输入是几个字母或几行数据(20 ~ 1 000 bit),而计算机对终端的响应可能是几行数据或整个 CRT 屏幕(600 ~ 10 000 bit),为了保持人和计算机之间对话式思维的连续性,要求信息的传输时延小于 1 s。

而对于一些非对话式的事务处理系统(例如,将内容送打印机打印),时延长一点不会带来影响,可以达数秒至数分钟,而对于一些文件传输系统,平均信息长度可达 $10^4 \sim 10^8$ bit,平均通信时延可达数十秒到数小时。

(7) 数据通信每次呼叫平均持续时间短。根据美国国防部对大约 27 000 个数据用户进行统计的结果,有大约 25% 的数据呼叫持续时间在 1 s 以下,大约 50% 的数据呼叫持续时间在 5 s 以下,90% 的数据呼叫持续时间在 50 s 以下。而电话通话的平均时间为 5 min。我们发现 99.5% 以上的数据呼叫短于电话时间。此外,数据通信的呼叫建立时间要求也要短,通常小于 1.5 s,而电话的呼叫建立时间较长,可达 15 s。但是电话通信要求在通话时间内传输系统的时延应很小(0.25 s 以下),而且恒定不变。

第二节 基本概念

一、信道

要进行计算机之间的通信当然需要有传输电磁波信号的电路(有线/无线)。传输信息的必经之路称为“信道”。在数据通信中,信道分为物理信道与逻辑信道。物理信道是指用来传送信号或数据的物理通路。网络中两个节点之间的物理通路称为通信链路。物理信道由传输介质及有关设备组成。逻辑信道也是一种通路,是在物理信道的基础上由节点内部的连接来实现。通常把逻辑信道称为“连接”。

二、带宽

带宽是指信道所能传送的信号的频率宽度,也就是可传送信号的最高频率与最低频率之差。例如,一条传输线可以接受从 300 Hz 到 3 000 Hz 的频率,则在这条传输线上传输频率的带宽就是 2 700 Hz。

信道的带宽由传输介质、接口部件、传输协议以及传输信息的特性等因素所决定。它在一定程度上体现了信道的传输性能,是衡量传输系统的一个重要指标。信道的容量、传输速率和抗干扰性等均与带宽有密切的联系。通常,信道的带宽大,信道的容量也大,其传输速率相应也高。

三、码元

数字信道是一种离散信道,它只能传送取离散值的数字信号。数字信道的通频带(即带宽)决定了信道中能不失真地传输脉冲序列的最高速率,即信道容量。

一个数字脉冲称为一个码元,码元携带的信息量由码元取的离散值个数决定。若码元取 0 和 1 两个离散值,则一个码元携带 1 bit 信息。若码元可取 4 个离散值,则一个码元携带 2 bit 信息。总之,一个码元携带的信息量 n bit 与码元取的离散值个数 N 有如下关系:

$$n = \log_2 N$$

四、波特率与信道容量

我们用码元速率表示单位时间内信号波形的变换次数,即通过信道传输的码元个数。

若信号码元宽度为 T s, 则码元速率 $B = 1/T$ 。单位叫波特 (Baud)。所以码元速率也叫波特率, 有时也称为调制速率、波形速率或符号速率, 它说明每秒传多少个码元。

早在 1924 年, 贝尔实验室的研究员 Harry Nyquist 就推导出了有限带宽无噪声信道的极限波特率, 称为 Nyquist 定理。若信道带宽为 W , 则 Nyquist 定理指出最大码元速率为:

$$B = 2W \text{ Baud}$$

Nyquist 定理指定的信道容量也叫 Nyquist 极限, 这是由信道的物理特性决定的。超过 Nyquist 极限传送脉冲信号是不可能的, 所以要进一步提高波特率必须改善信道带宽。

五、波特与比特

单位时间内在信道上传送的信息量 (比特数) 称为数据速率。比特是信息量的单位。在一定的波特率下提高数据速率的途径是用一个码元表示更多的比特数。

$$S = B \times \log_2 N$$

举例说明: 对于电话线路, 带宽为 3 000 Hz, 最高波特率则为 6 000 Baud。而最高数据速率可随编码方式不同而有不同的取值。

六、信道的极限信息传输速率

1948 年, 香农 (Shannon) 用信息论的理论推导出了带宽受限且有高斯白噪声干扰的信道的极限信息传输速率。当用此速率进行传输时, 可以做到不产生差错。如用公式表示, 则

$$\text{信道的极限信息传输速率} = W \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \text{ bit/s}$$

其中, W 为信道的带宽;

S 为信道内所传信号的平均功率;

N 为信道内部的高斯噪声功率。

七、误码率

由于数据信息都由离散的二进制数字信号序列来表示, 因此在传输过程中不论它经历了何种变换, 产生了什么样的失真, 只要在到达接收端时能正确地恢复出原始发送的二进制数字信号序列, 就是达到了传输的目的。所以, 衡量数据传输质量的最终指标是差错率, 例如误码率、误字符率、误码组率等。它们的定义如下:

$$\text{误码(字符、码组)率} = \frac{\text{接收出现差错的比特(字符、码组)数}}{\text{总的发送比特(字符、码组)数}} \times 100\%$$

差错率是一个统计平均值, 因此在测试或统计时总的发送比特 (字符、码组) 数应达到一定数量, 否则得出的结果将失去意义。

误码率一般用来表示数据传输信道的传输质量, 但它并未涉及差错的分布和影响, 在实际信道上产生的差错一般有两种类型: 一类是独立型差错, 或称随机差错; 另一类是突发性差错。前者是单个码元出现的差错, 相互间不存在关联, 因此它们在时间上的分布可认为是均匀的。后者是突发成片出现的差错, 因此在时间上的分布是不均匀的。这两类不同的差错的形成原因和影响都是不相同的。对于前者, 误码率是基本的传输质量指标, 只要知道了

误码率的码组的长度(字符也可以看成是一定长度的码组),就可以推算出误组率;对于后者,情况就不同了。在出现一次突发差错时,虽然很可能导致多个码元的错误,但它们往往集中在同一个码组或相邻几个码组中,对于误组率来说,其影响要比前一类均匀分布的差错造成的影响小。由于实际的传输均以字符或码组为单位,因此对于传输效率来说,在采用特定的差错控制方式下,误字率及误组率往往具有更重要的意义。

八、信道延迟

信道延迟是指信号在信道中传播,从源端到达宿端所需要的时间。这个时间与源端和宿端之间的距离有关,也与具体信道中的信号传播速率有关。时延的大小对采用什么样的网络技术有很大关系。例如,500 m 同轴电缆的时延大约是 $2.5\ \mu\text{s}$,而卫星信道的时延大约为 270 ms。

第三节 数据通信系统

实际的数据通信有许许多多的连接方法,但是如果把它们抽象化,可以表示为如图 1.1 所示的结构。

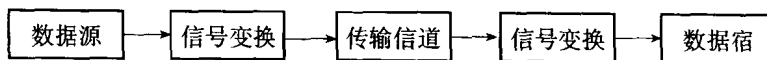


图 1.1 数据通信系统的构成

数据通信离不开传输介质。用于传输数据的介质有硬介质和软介质之分。硬介质包括双绞线、电缆等,软介质有微波、短波和卫星等。在数据通信系统中,传输信道是指传送电信号的一条通路,它由传输介质及附属设备(如收发驱动设备等)组成。现有的数据通信网的传输信道分为模拟信道和数字信道两种,模拟信道只能传输连续的模拟信号,如电话网等。数字信道传输离散的数字信号,即“0”,“1”二进制码所构成的数字序列,数字信道可能是具有 64 bit/s 或较高速率的同步数字传输通路,也可能是经过时分复用器提供的其他速率的数字信道。数据信号要在这两种信道上传输,必须采用信号变换设备。不同的传输信道采用不同的信号变换设备。对模拟信道,信号变换设备即调制解调器(Modem),它把计算机或终端送来的数据信号变换为模拟信号再送往信道,或者反过来把信道送来的模拟信号变换成数据信号再送到计算机或终端。对数字信道,信号变换器即接口设备,其作用是实现信号码型与电平的转换、信道特性的均衡、收发时钟的形成与供给以及码速控制等等。总之要使信源适合于信道。

传输信道除有模拟和数字的区分以外,还有专用线路和交换网之分,数据交换是实现通信网络资源共享的关键。通过数据交换才能使成千上万个用户之间进行自由通信,数据交换的方法有多种。在交换网上进行通信,每次通信开始之前首先要通过呼叫过程来建立连接,通信结束后再拆除连接,这和打电话的情况类似。如果是专线连接则较简单,采用固定连接方法,无需上述的呼叫建立与拆线等过程。

数据源是数据的产生者或发送者,数据宿是数据的接收者或者数据的终点。数据源和

数据宿是各种类型的计算机或终端,它们统称为数据终端设备(Data Terminal Equipment),简记为 DTE,图 1.1 只表示了单方向信息流,实际上,绝大多数数据通信系统都是双向的数据传输,因此,一个 DTE 即是数据源也是数据宿。

由于 DTE 发出或接收的是数据信号,所以通常把 DTE 之间的通路称为数据电路。而信号变换设备位于数据电路的终端,所以把它们称为数据电路终接设备(Data Circuit-terminating Equipment),简记为 DCE。数据通信系统的构成模型如图 1.2 所示。

可见,数据通信系统是由数据终端设备和数据电路组成的。

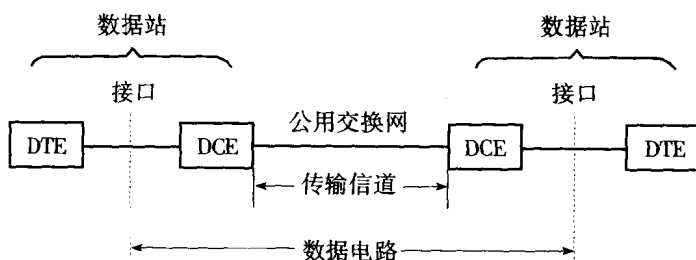


图 1.2 数据通信系统的构成模型

第四节 数据编码技术

在数据通信系统中用于表示信息的最小单位是比特(bit),一个比特只有两种状态,分别用数字“0”和“1”表示。在数据通信设备中以及设备之间的接口处,数字“0”和“1”又必须和信号的两种物理状态之间建立明确的对应关系,对此 CCITT 已经作了规定。

在数据通信设备内部,由于各种电路元器件之间距离很短,通常都采用比较简单的信号传递方式(如单极性信号)。而在设备之间的接口处由于接口线较长,信号容易受到损耗和干扰,或者是由于接口线是平衡线对,或者由于定时恢复等原因,需要选择合适的接口信号波形。图 1.3 表示了一些常用的接口波形。

数据编码分为信源编码和信道编码。数据通信关心的是信道编码(数据信号的波形)。二进制数字信息在传输过程中可以采用不同的代码,各种代码的抗噪声特性和定时能力各不相同,当然实现费用也不一样。衡量一种编码好坏有几个要点:

- 同步: 定时能力;
- 有无直流成分;
- 能否进行差错控制: 抗噪声能力;
- 编码效率。

一、单极性码

单极性码只用一种电压(正的或负的)表示数据。它的特点是电路简单,适用于短距离接口,一般用在电传打字机接口中。但它需要有单独的时钟信号配合定时;抗噪声特性不好。

二、极性码

极性码是用两种电压($-E$ 和 $+E$)表示数据信息,分别用正和负电压表示 0 和 1。极性码电平差比单极性码大,抗干扰特性好,适用于较长距离的接口。但它也需要另外的时钟信号。

三、双极性码

双极性码是信号在三个电平(正、负、0)之间变化。一种典型的双极性码是所谓的信号交替翻转编码(AMI: Alternate Mark Inversion),也叫伪三进制码。在 AMI 信号中,数据流中遇到 1 时交替地使电平在正和负之间翻转,而遇到 0 时则保持 0 电平。这种编码有利于接收方从信号中提取定时信号,还有利于减少信号中的直流和低频成分,适用于信号通过用变压器耦合的线路(例如平衡线)的传输。它的抗噪声特性好,并且有内在的检错能力,但是当传送长串 0 时会失去同步。

四、归零码

归零码(RZ: Return to Zero)表示在一个比特周期结束之前提前回到零电位,任意两个码元之间被 0 电平隔开。它噪声抑制特性好,并且可以自定时。归零码多用于多路设备的汇接接口。

五、不归零码

不归零码(NRZ)表示在一个比特码元周期内信号电压(或电流)保持不变。具体编码规则是当 1 出现时电平翻转,当 0 出现时电平不翻转(差分码)。不归零码实现起来简单,费用低,抗干扰和噪声的能力强,可工作于较高的频率,但它不是自定时。

六、双相码

在双相码中,每一位都有一个电平翻转。因此能够自定时,并且有检错能力。

七、曼彻斯特码

曼彻斯特码是一种双相码,用高电平到低电平的转换边表示 0,用低电平到高电平的转换边表示 1;位中间的电平转换边既表示数据代码,也作为定时信号。

八、差分曼彻斯特码

差分曼彻斯特码也是一种双相码,位中间的电平转换边只作定时信号,不表示数据;数据的表示在于每一位开始处是否有电平转换:有电平转换表示 0,无电平转换表示 1。

差分编码是用信号的极性变换来表示信息的,例如用“有极性变换”表示数据“0”;用“无极性变换”表示数据“1”。这种编码的优点是线路的极性发生反转时不影响数据的判决。

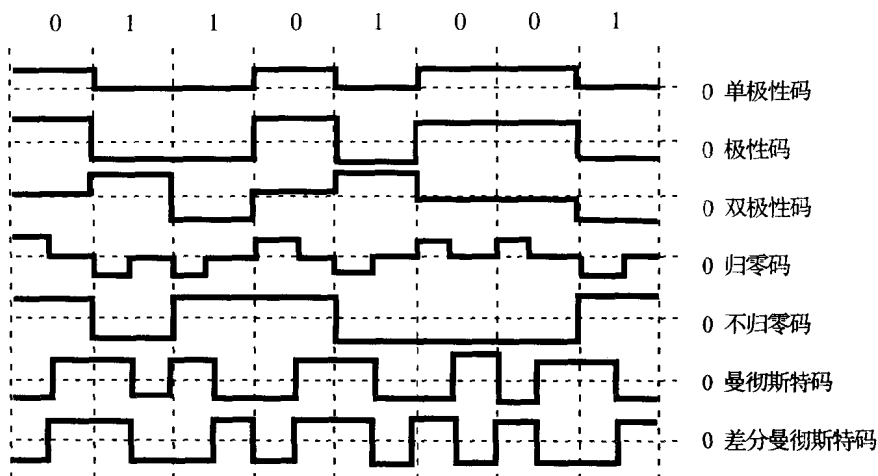


图 1.3 数字信号的编码

由以上可以看出,同样的数据信息可以用不同的波形来表示,选用哪一种编码波形要根据接口速率、线路的类型(是平衡型还是非平衡型),以及可靠性、经济性的要求等来确定。

第五节 数据传输技术

数据信号既可以在模拟信道上传输,也可以在数字信道上传输。具体实现时要对数据信号进行适当的变换或处理,使之适合于在传输信道上传输。本小节从原理上作基本介绍。

一、数据信号的模拟传输

原始数据信号尽管可能有不同的形式,但是它们都表现为脉冲信号,这种信号包含了直流到比较高的频率成分。模拟信道一般指现有的电话网,它是为传送语音等模拟信号而设计的,其带宽为 300 ~ 3 400 Hz。所以数据信号不能直接进入这样的信道进行传输。否则将引起数据信号严重的波形失真,使接收端不能进行可靠判决。为了能在模拟信道上传输数据,需要进行信号变换,变换的原则是:

(1) 变换后的信号要适应信道的特征,也就是这种新信号所包含的频率成分要落入模拟信道的通频带范围之内;

(2) 新的信号中必须包含正确的数据信息。完成这种信号变换功能的设备叫做调制解调器(Modem),由于采用的信号变换的方法不同,可以产生出各种不同的调制解调信号。

二、数据信号的数字传输

由于受电话网传输特性等因素的限制,即使采用十分复杂的技术,每一模拟话路的传输速率也有限。从另一方面看,数据信号基本上只取“1”,“0”两个值,本质上讲应该更适宜在数字信道上传输。如果在 PCM 数字信道上传输数据,就不需要采用 Modem 进行数据信号/模拟信号的转换(D/A 转换),而需要进行数据信号/数字信号的转换(D/D 转换)。这样每

一数字话路的数据传输速率为 64 kbit/s。如果采用同步复用方式来传输速率低于 64 kbit/s 的数据信号,则可同时传输多路数据信号,并且传输质量也将大大提高。

在数字信道上传输数据信号也有许多问题要解决,包括速率适配、码型变换、定时供给、同步等等,这些任务可以由称为接口电路的设备来完成。

第六节 数据传输方式

一、并行传输与串行传输

一个数据代码是由若干位组成的。在数据设备内部或近距离范围(数公尺),为了获得高的数据传输速率,使每个代码的传送时延尽量小,常采用并行传输方式,即数据的每一位分别在不同的并行信道上同时传输。可见并行传输的成本较高,不适宜远距离的数据传输。

串行传输指的是:构成数据代码的若干位串行排列成数据流,在一条信道上传输。由于是串行传输,接收方如何在到达的数据流中正确地区分出发端所发出的一个个代码是一个必须解决的问题。这就是所谓的同步问题。

二、数据传输的同步

为了有效地表达信息,用有限数量的比特组合(例如 ASC II 码用七比特)来代表字符,而用由多个字符组成的字符串来构成报文。在数据传输过程中,由于每个字符是以比特串形式传输的,所以接收方就收到了随比特码型变化的信号电平。接收端为了能够正确地译码和恢复字符串,必须了解这样几个问题。

- ① 传输的比特速率,即每秒传输的比特数。
- ② 每个单元(字符或字节)的开始和结束位。
- ③ 每个完整的信号块或帧(报文)的开始和结束位。

以上三个概念分别称为位同步、字符同步和帧同步。

解决以上问题的不同方法导致了两种传输方式,即异步传输方式和同步传输方式。这两种方式的区分取决于发送和接收设备的时钟是独立的,还是同步的。前者即为异步传输,后者则为同步传输。下面分别讨论。

(1) 异步传输 在这种方式中,每个字符独立传输,收方在收到每一个新字符的开始位后重新同步。

每个字符在传输时都要在其前后分别加上起始位和终止位,以表示一个字符的开始和结束。起始位为“0”,占 1 位,终止位为“1”,长度可以是 1,1.5 或 2 位。起始位和终止位的作用是实现字符同步。字符间距是任意的。收发双方的工作速率通过编程约定而基本保持一致,从而实现位同步。帧同步靠传送特殊字符来实现。

异步传输方式由于不需要在发送和接收之间另外传输定时信号,因而实现起来较简单。其缺点是由于每个字符都要加上起始位和终止位,因而传输效率较低。

(2) 同步传输 以固定的时钟节拍来发送数据信号。字符间无空隙,顺序相连。每个比特与时钟信号严格一一对应。

接收方要从接收到的数据流中正确地区分出每个比特(位同步),首先必须建立与发方