



高速网络技术

aosuwanluojishu

凌传繁 编著

中国商业出版社

前 言

进入 21 世纪,现代社会对信息的需求越来越大。随着微电子技术、计算机技术的迅猛发展,计算机网络的应用由最初的简单数据传输发展到今天的实时音频、视频通信。数据传输的速率要求越来越快,各种新的业务不断涌现,这些对高速网络的需求显得格外迫切。

目前,计算机网络技术正朝着高速化、交换式、易集成的方向发展。由于 Ethernet 等传统的网络传输速率低,越来越难以满足当今高档桌面系统及多媒体应用对网络带宽的需求。因此,100BASE-T、100VG-AnyLAN、FDDI、1000BASE-X 以及 10G 以太网等高速网络技术、交换式网络技术和虚拟局域网技术应运而生,它们不仅能提供很高的传输速率,而且通过交换和互连技术可以将多种网络集成起来,组成一个分层结构的网络环境。网络所支持的传输介质也从同轴电缆到双绞线,进一步发展到光缆和无线。随着网络应用范围的不断扩大,利用广域网进行数据传输和远程网络互连是网络应用的另一个重要特征。远程网络互连的应用又极大地促进了广域网技术的发展,以致相继出现了帧中继、ATM 等新型的广域网技术,并逐步走向成熟和实用。

计算机网络给全球技术、经济和社会生活带来的巨大影响,可以说是通过 Internet 来真正体现的。Web 技术的出现和应用对 Internet 的普及起了决定性的作用,使计算机网络迅速向各个领域渗透。但是,传统的 Internet 网络由于带宽的原因,限制了实时动态影像的传输速度和质量,很大程度地降低了各项应用的实用性。宽带技术的发展与应用,为更平滑的视频图像、更清晰逼真的声音处理和更迅速的网站搜索服务提供了坚实的技术基础,为用户提供高速率、多种类、交互式的服务。

本书在介绍数据通信与计算机网络基本理论的基础上,结合作者多年的研究实践经验,对高速网络技术的原理和应用进行了全面系统的分析。本书强调理论与应用相结合,既注重基本理论,又反映高速网络技术的最新发展,内容丰富充实,概念清晰简明,并配有大量图形和表格。全书共九章,内容包括数据通信基础、计算机网络体系结构、传统以太网、高速以太网、FDDI、帧中继、ATM、虚拟局域网、宽带接入技术及应用等。

本书适合从事网络建设与管理的工程技术人员阅读参考,也可作为高等院校计算机及相关专业的教材或教学参考书。

在本书的出版过程中,得到了江西财经大学信息管理学院领导和同仁们的众多帮助,特别是徐升华教授、万常选教授的关心和支持,本人表示衷心的感谢。由于作者的水平所限,书中难免存在一些缺点和错误,殷切希望各位专家和广大读者批评指正。

凌传繁

2001 年 8 月于江西财经大学

11-153

内 容 简 介

本书在介绍数据通信与计算机网络基本理论的基础上,结合作者多年的研究实践经验,对高速网络技术的原理和应用进行了全面系统的分析。本书强调理论与应用相结合,既注重基本理论,又反映高速网络技术的最新发展,内容丰富充实,概念清晰简明,并配有大量图形和表格。全书共九章,内容包括数据通信基础、计算机网络体系结构、传统以太网、高速以太网、FDDI、帧中继、ATM、虚拟局域网、宽带接入技术及应用等。

本书适合从事网络建设与管理的工程技术人员阅读参考,也可作为高等院校计算机及相关专业的教材或教学参考书。

目 录

第一章 数据通信基础	1
1.1 数据通信系统概述	1
1.1.1 数据通信的基本概念	1
1.1.2 传输介质与通信信道	4
1.1.3 通信方式	8
1.1.4 数据通信的主要指标	10
1.2 数据传输技术	12
1.2.1 数据编码技术	12
1.2.2 异步传输和同步传输	16
1.2.3 多路复用技术	17
1.3 数据交换技术	20
1.3.1 电路交换	20
1.3.2 报文交换	20
1.3.3 分组交换	21
1.3.4 高速交换	24
1.4 差错控制技术	25
1.4.1 差错控制概述	25
1.4.2 差错检测方法	27
第二章 计算机网络体系结构	30
2.1 计算机网络体系结构与协议	30
2.1.1 计算机网络体系结构	30
2.1.2 计算机网络的协议	31
2.1.3 OSI 参考模型	31
2.1.4 TCP/IP 参考模型	34
2.1.5 OSI 参考模型和 TCP/IP 参考模型比较	35
2.1.6 计算机网络拓扑结构	36
2.2 物理层	39
2.2.1 物理层基本概念	39
2.2.2 常见物理层接口标准	41
2.3 数据链路层	44
2.3.1 数据链路层的功能	44
2.3.2 数据链路协议	45
2.3.3 数据链路控制规程	51
2.4 网络层	56
2.4.1 网络层提供的服务	56

2.4.2 路由选择机制	57
2.4.3 路由选择算法	60
2.4.4 流量控制	67
第三章 传统以太网	70
3.1 以太网发展概述	70
3.2 介质访问控制技术	71
3.2.1 CSMA/CD 原理	71
3.2.2 IEEE 802.3 标准	75
3.3 以太网组成	76
3.3.1 10BASE-2 网络组成	76
3.3.2 10BASE-5 网络组成	77
3.3.3 细/粗同轴电缆混合网络	78
3.3.4 10BASE-T 网络组成	79
第四章 高速以太网	83
4.1 100M 快速以太网	83
4.1.1 100M 以太网系统组成	83
4.1.2 100M 以太网组网跨距	86
4.1.3 自动协商与 10M/100M 自适应功能	87
4.1.4 100BASE-T 的介质类型	88
4.1.5 100VG-AnyLAN	91
4.2 1000M 以太网	97
4.2.1 1000M 以太网体系结构	98
4.2.2 1000M 以太网组网跨距	103
4.3 10G 以太网	105
4.3.1 10G 以太网的发展背景	105
4.3.2 10G 以太网的主要特点	107
4.4 以太网交换技术	110
4.4.1 共享型以太网存在的问题	110
4.4.2 交换型以太网的特点	111
4.4.3 以太网交换机工作原理	113
4.4.4 以太网交换器的类型与结构	124
4.4.5 以太网交换机基本特性	128
4.4.6 以太网交换器的组网应用	133
第五章 FDDI	140
5.1 令牌环网	140
5.1.1 环访问技术	140
5.1.2 IEEE 802.5 标准	143

5.2 FDDI 网络特性.....	145
5.3 FDDI 技术规范.....	147
5.3.1 物理介质相关子层.....	147
5.3.2 物理协议子层.....	148
5.3.3 介质访问控制子层.....	149
5.3.4 站管理子层.....	154
5.4 FDDI 网络组成.....	156
5.5 FDDI 网络应用领域.....	157
5.6 环网交换技术.....	159
5.6.1 令牌环网交换.....	160
5.6.2 FDDI 交换器.....	166
第六章 帧中继.....	168
6.1 公共分组交换数据网 (X.25).....	169
6.1.1 X.25 的特点.....	169
6.1.2 X.25 协议.....	170
6.2 帧中继与 X.25 比较.....	174
6.3 帧中继的基本原理.....	175
6.3.1 帧中继网与协议结构.....	175
6.3.2 帧中继的拥塞控制.....	178
6.3.3 帧中继网的组成及用户接入.....	179
6.4 帧中继的应用.....	182
第七章 ATM.....	184
7.1 综合业务数字网 ISDN.....	185
7.1.1 窄带 ISDN.....	185
7.1.2 宽带 ISDN.....	188
7.1.3 SONET 和 SDH.....	189
7.2 ATM 参考模型.....	191
7.2.1 ATM 物理层.....	192
7.2.2 ATM 层.....	194
7.2.3 ATM 适配层.....	199
7.2.4 ATM 高层.....	200
7.3 业务流量控制.....	201
7.4 网络信令.....	208
7.5 ATM 交换机结构.....	210
7.6 ATM 局域网仿真.....	211
7.6.1 局域网仿真的协议结构.....	212
7.6.2 LAN 仿真的组成.....	213

7.6.3 LAN 仿真的连接.....	216
第八章 虚拟局域网	218
8.1 VLAN 的特点.....	218
8.2 VLAN 的功能.....	220
8.3 VLAN 的交换方式.....	224
8.4 VLAN 的划分方法.....	225
8.5 VLAN 的配置方法.....	227
第九章 宽带接入技术及应用.....	229
9.1 宽带接入技术	229
9.1.1 铜缆接入技术	229
9.1.2 光纤接入技术	234
9.1.3 同轴混合接入技术	236
9.1.4 无线接入技术	238
9.1.5 以太网接入技术	240
9.1.6 DDN	241
9.2 宽带接入的技术选择	242
9.3 宽带接入技术的应用领域.....	244
参考文献.....	247

第一章 数据通信基础

数据通信技术是指通过计算机技术和通信技术的相互结合与渗透来实现信息的传输、交换、存储和处理的技术。

数据通信与传统的电话、电报通信不同，有其自身的特点和要求。

- (1) 数据通信的通信控制过程要求自动实现，对传输过程中出现的差错也要求自动纠正。
- (2) 尽管数据通信是一种新的通信业务，但其实现和发展仍然不能脱离现有通信网的基础，仍需充分利用现有通信网（如电话交换网）来传输数据信号。
- (3) 数据通信的通信方式总是与数据处理相联系，随着数据处理内容和处理方式的不同，对通信的具体要求也不一样，主要体现在传输代码、传输方式、传输速率、传输效率、响应时间、体系结构和可靠性等方面。

1.1 数据通信系统概述

现代数据通信系统实际上就是一个计算机网络，是由数据传输系统和数据处理系统两部分组成。数据传输系统的主要任务是实现不同数据终端设备之间的数据传输，而数据处理系统是由许多终端设备组成，这些终端设备作为信息的源与宿，其中的计算机主要用于数据的收集和处理。

对于任何一个通信系统，我们都可以借助于通信系统模型来抽象地进行描述，模型框图如图 1.1 所示。

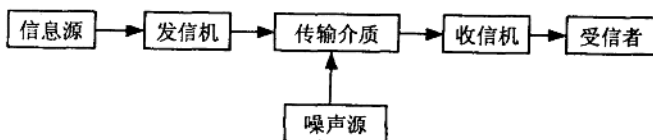


图 1.1 通信系统模型

通信系统必须具备三个基本要素：信源、信息传输介质和信宿。信源是信息产生和出现的发源地，信息传输介质是信息传输过程中承载信息的载体，信宿是接收信息的目的地。如果一个通信系统传输的是数据，则称这个系统是数据通信系统。

1.1.1 数据通信的基本概念

(1) 信息

信息是对客观物质的反映，可以是对物质的形态、大小、结构、性能等全部或部分特性的描述，也可以是物质与外部的联系。

(2) 数据

数据是任何描述物体、概念、情况、形式的数字、字母和符号。数据可以在物理介质上记录或传输，并通过外围设备被计算机接收，经过处理而获得结果。

数据和信息是有区别的。数据中包含着信息，信息是通过解释数据而产生的。交换信息就是访问数据及传输数据。

数据可分为模拟数据和数字数据两种形式。模拟数据是在时间和幅度取值上都是连续的，而数字数据在时间上是离散的，在幅度上是经过量化的。

(3) 信号

信号是数据的具体表现形式，通信系统中的所使用的信号指的是电信号（即随时间变化的电压和电流）、光信号等。在通信中，传输的主体是信号，各种电路和设备则是为实施这种传输，对信号进行各种处理而设置的。

① 连续信号和离散信号

信号是确定的时间函数。如果在某一时间间隔内，对于一切时间值，除了若干不连续点外，该函数都给出确定的函数值（如图 1.2 所示），这种信号就称为连续信号。

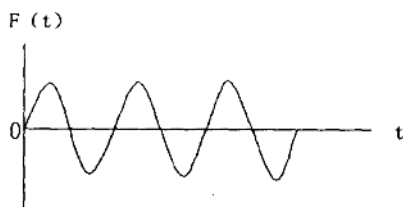


图 1.2 连续信号

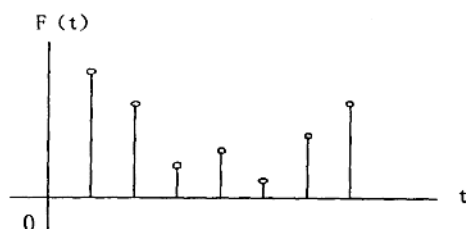


图 1.3 离散信号

和连续函数相对应的是离散信号。代表离散信号的时间函数只在某些不连续的瞬间给出函数值，如图 1.3 所示。

② 随机信号与确定信号

随机信号是指在它实际出现以前，总是有某种程度的不确定性的一种信号。这种信号不能用单一的时间函数表达出来。例如，当信号在传输介质中受干扰和噪音的作用，使得接收机的输出信号时断时通。由于随机信号的不规则性，对这些信号的分析，就不得不从概率和统计入手。随机信号的一般特性包括平均值、最大值与最小值、均方值、平均功率值等，每一项数值都能描述随机信号的一部分内在性质。

确定信号是一种没有不确定数值的信号，这类信号可以写出明确的时间函数式。

(4) 噪声

噪声是指信号在传输过程中受到的干扰，干扰既可能来自外部，也可能由信号传输过程本身产生。噪声过大将影响被传送的信号的真实性和正确性。

(5) 信道

信道是传输信号的一条通路，由传输介质及相应的附属设备组成。同一个传输介质上可以同时存在多条信号通路，即一条传输线路可以有多个信道。

(6) 信号带宽

信号通常都是以电磁波的形式传送的，电磁波都有一定的频谱（表示信号的各种频率成分及其振幅和相位）范围，该频谱的频率范围称作该信号的带宽。

(7) 信道带宽

指信道上能够传送的信号的最大频率范围。当信号带宽大于信道带宽时, 信号就不能在该信道上传送, 或者传送出的信号将失真。

(8) 模拟数据通信与数字数据通信

模拟数据和数字数据都可以用模拟信号或数字信号来表示, 因而也可以用这些形式来传播。模拟数据、数字数据的模拟信号、数字信号的对应表示如图 1.4 所示。

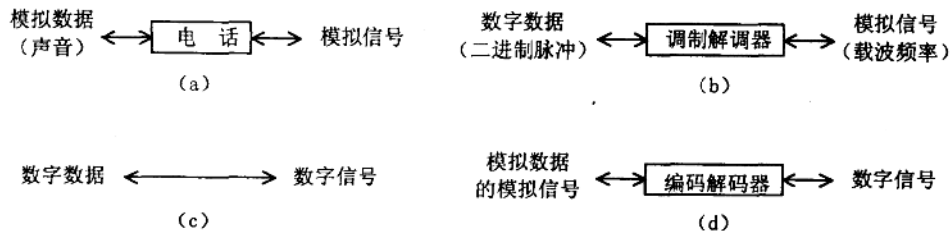


图 1.4 模拟、数字数据的模拟、数字信号的表示

模拟数据占有一定的频谱范围, 可以直接用占有相同频谱范围的电磁波信号来表示。例如, 声音数据的频率范围在 20Hz~20kHz 之间, 但多数语音能量的频率范围要窄得多, 所以声音信号的标准频带是 300Hz~3 400Hz。

数字数据可以用模拟信号表示, 但此时要利用调制解调器 (MODEM)。调制器 (Modulator) 是通过一个载波信号把一串二进制电压脉冲转换为模拟信号, 所产生的信号占有以该载波频率为中心的某一频谱, 并且能在适合于此种载波的介质上传播。大多数通用的调制解调器都用语音频谱来表示数字数据, 因此能使数字数据在普通的音频电话上传播。在线路的另一端, 解调器 (Demodulator) 再把载波信号还原解调成原来的数字数据。

模拟数据也可以用数字信号表示。与调制解调器完成的操作相类似, 对于声音数据来说, 完成这种功能的是编解码器 (CODEC)。编码器 (Coder) 接收一个直接表示声音数据的模拟信号, 然后用二进制位流近似表示这个信号。而另一端的解码器 (Decoder), 则将二进制位流重新构造为模拟数据。

数字数据也可以直接用二种电平表示, 即用二进制形式的数字脉冲信号来表示。为了改变其传播特性, 通常对二进制数据进行编码。

模拟信号和数字信号都可以在合适的传输介质上进行传输, 但二者之间是有区别的。模拟传输是用传输模拟信号的方法, 信号可以表示模拟数据或表示数字数据。在传输一定的距离之后, 模拟信号将会衰减。若要实现长距离传输, 模拟传输系统需要使用放大器来增加信号的能量。当然, 在增加信号能量的同时也会使噪音分量增加, 如果通过串联放大器实现长距离传输, 那么信号将会产生畸形。

数字传输的衰减将危及数据的完整性, 数字信号只能在有限的距离内传输。若要实现长距离传输, 则可以使用中继器。中继器接收衰减了的数字信号, 把数字信号恢复为 1 和 0 的标准电平, 然后重新传输新的信号, 这样将有效地克服了衰减。

1.1.2 传输介质与通信信道

传输介质是通信网络中发送方和接收方之间的物理通路。计算机网络中采用的传输介质分为有线和无线两大类。有线传输介质包括双绞线、同轴电缆和光纤，无线传输介质有红外线、微波和激光等。

(1) 传输介质的特性

传输介质的特性对网络数据通信的质量有很大影响，其特性主要有以下几方面：

- ① 物理特性。说明构成传输介质的材料和结构。
- ② 传输特性。适用的信号类型（模拟信号或数据信号），传输速率和容量、误码率等。
- ③ 连通性。适用的连通方式，如点到点或多点连接。
- ④ 地理范围。网上各点间的最大距离。
- ⑤ 抗干扰性。防止外界噪音、电磁干扰对数据传输影响的能力。
- ⑥ 相对价格。除了传输介质本身的价格外，还要考虑安装和维护的价格。

(2) 通信信道的类型

通信信道是数据通信系统中最基本的组成部分，由各种类型的传输介质和中间设备组成。对通信信道可以从不同的角度进行分类：

- ① 按传输介质的类型，通信信道可以分为有线信道和无线信道。
- ② 按传输信号的形式，通信信道可以分为模拟信道和数字信道。
- ③ 按多路复用的方法，通信信道可以分为频分信道和时分信道。

一、双绞线

无论是对模拟数据还是数字数据，双绞线都是最廉价也是最便于使用的一种传输介质。

(1) 物理特性

双绞线是由按规则螺旋结构排列的两根绝缘线组成。线是铜质的或者是用铜包钢的，铜线能提供良好的传导率，钢线可以用于有强度要求的场合。一对线可以用作一条通信链路。把各个线对扭在一起可使各线对之间的电磁干扰最小。成对的线的直径为 $0.38\text{mm} \sim 1.42\text{mm}$ 。双绞线可分为屏蔽双绞线 STP (Shielded Twisted-Pair) 和非屏蔽双绞线 UTP (Unshielded Twisted-Pair) 两种类型。STP 是在一对绝缘的铜线外包上一层作屏蔽用的网状金属线，最外面再包一层具有保护性的聚乙烯塑料。UTP 则没有作屏蔽用的网状金属线。STP 的误码率较低，UTP 则价格便宜，现在广泛使用的是 UTP。

(2) 传输特性

双绞线既可以用于传输模拟信号也可以用于传输数字信号。对于模拟信号传输，约每 $5 \sim 6\text{km}$ 需要一个放大器。对于数字信号传输，约每 $2 \sim 3\text{km}$ 需要一个中继器。

双绞线最常用于声音的模拟传输。在双绞线上使用频分多路复用技术可以进行多个音频通道的复用，双绞线带宽可达 268kHz ，而一条全双工音频通道的标准带宽只要 4kHz ，在通道之间留适当的间隔，那么就可具有 24 条音频通道。

如果使用调制解调器，那么双绞线作为模拟音频通道可以传输数字数据。目前，调制解调器的传输速率可达 33.6kbps 。1998 年 ITU-T (International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector, 国际电信联盟电信标准化部门) 通过了 56kbps 标准 V.90。

双绞线上也可以发送数字信号,使用 T1 线路的总数据传输率可达 1.544Mbps。在局域网中,最常用的 UTP 是 3 类线和 5 类线,它们之间的区别主要在于每单位长度的绞合次数以及线对间的绞合度,其数据传输速率分别可达 10Mbps 和 100Mbps。

(3) 连通性

双绞线既可以用于点对点的连接,也可用于多点连接。作为一种多点连接的介质,双绞线比同轴电缆的价格低,但性能差。双绞线普遍用于点对点连接。

(4) 地理范围

双绞线可以很容易地在 15km 或更大的范围内提供数据传输。局域网中的双绞线主要用于一栋建筑物或几栋建筑物内,在 100kbps 速率下传输距离可达 1km。

(5) 抗干扰性

在低频传输时,双绞线的抗干扰性相当于或高于同轴电缆,但在 10kHz~100kHz 时,双绞线则不如同轴电缆。

(6) 价格

以每米价格计算,双绞线比同轴电缆便宜,比光纤则要便宜得多。

二、同轴电缆

同轴电缆曾是局域网中应用最为广泛的传输介质,甚至被看作是局域网中惟一的传输介质。20 世纪 90 年代中期起,同轴电缆的地位逐渐被双绞线所取代。

在局域网中使用的同轴电缆分为两类:基带同轴电缆(阻抗 50 欧姆)和宽带同轴电缆(阻抗 75 欧姆)。基带同轴电缆用来直接传输数字信号,宽带同轴电缆用于频分多路复用的模拟信号发送。公用天线电视 CATV (Community Antenna Television) 系统中使用的就是宽带同轴电缆。

(1) 物理特性

同轴电缆也像双绞线一样,由一对导体组成,但它们是按同轴形式构成线对。同轴电缆的最里层是内部导体(内芯),它既可以是单股实心线也可以是绞合线,外包一层绝缘材料,外面再套一层金属线编织网屏蔽层,最外面是起保护作用的塑料外套。单根同轴电缆的直径约为 0.51cm~2.54cm。

(2) 传输特性

50 欧姆的同轴电缆仅用于数字传输,并使用曼彻斯特编码的形式,数字传输率最高可达 10Mbps。

75 欧姆的同轴电缆既可用于模拟信号传输又可用于数字信号传输。对于模拟信号传输,频率范围可达 300Hz~400MHz。由于其频带宽,可划分为若干子频带,分别对应于若干个独立的信道。

(3) 连通性

同轴电缆适用于点到点连接和多点连接。基带 50 欧姆电缆可以在每段支持设备的数量为几百,在大系统中还可以用中继器来把各段连接起来。宽带 75 欧姆电缆可以支持数千台设备。

(4) 地理范围

典型基带电缆的最大距离限制在几千米,宽带网络可以达到几十千米的范围,并且取决于模拟信号还是数字信号。高速的数字传输被限制在 1km 的范围内。

(5) 抗干扰性

同轴电缆的抗干扰性取决于具体的应用和实现, 对于较高的频率的情况, 同轴电缆比双绞线优越。

(6) 价格

同轴电缆的费用比双绞线贵, 比光纤便宜。

三、光导纤维

在传输介质中, 当前发展最为迅速的是光导纤维。

(1) 物理特性

用光纤做成的光缆由四部分组成:

① 纤芯。可以是一股或多股光纤, 光纤的直径为 $10\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$, 通常是超高纯的石英玻璃纤维。

② 包层。这是在光纤的外面包裹的一层, 它对光的折射率低于纤芯。

③ 吸收外壳。用于防止光的泄漏。

④ 防护层。对光纤起保护作用。

(2) 传输特性

以金属导体为核心的传输介质, 其所能传输的数字信号和模拟信号都是电信号, 而光纤则只能用光脉冲形成的数字信号进行传输。

光纤通过内部的全反射来传输一束经过编码的光信号。内部的全反射可以在任何折射指数高于包层介质折射指数的透明介质中进行。从小角度进入纤维的光沿着纤维反射, 其它光则被吸收。光纤的数据传输率可达几千 Mbps, 传输距离达几十千米。

(3) 连通性

光纤普遍用于点到点的链路。

(4) 地理范围

在 $6\text{km}\sim 8\text{km}$ 的距离内, 可以不用中继器进行传输。

(5) 抗干扰性

光纤具有不受电磁干扰或噪声影响的独有特征, 适宜在长距离内保持高数据传输率, 而且能够提供很好的安全性。

(6) 价格

以每米的价格和所需部件(发送器、接收器、连接器)来计算比双绞线和同轴电缆要贵。但是双绞线和同轴电缆的价格继续下降的空间不大, 而光纤的价格将随着技术的进步会大大降低。

光纤可分为单模光纤(Single Mode Fiber)和多模光纤(Multi Mode Fiber)两类。单模光纤具有较宽的频带, 传输损耗小, 允许进行无中继的长距离传输。但由于这种光纤难于与光源耦合、连接困难、价格较贵, 所以主要用作邮电通信中的长距离主干线。多模光纤的频带较窄, 传输衰减较大, 允许进行无中继传输的距离较短。但其耦合损失小、易于连接、价格便宜, 所以常用于中短距离的数据传输网络和局域网中。

总的来说, 光纤通信具有损耗低、频带宽、数据率高、抗干扰能力强、价格越来越低等优点。目前光纤应用受到限制的主要原因是光缆的安装、连接和分接都不容易, 相应的安装和测试工具昂贵。

四、无线介质

采用以上有线信道不仅需要铺设网络传输线,而且连接到网络上的终端设备也不能随便移动。反之,若采用无线信道,既不用铺设传输线,也允许数字终端设备在一定的范围内随意移动。因此,无线信道非常适合于难于铺设传输线的地区,也为大量的便携式计算机入网提供了条件。目前最常用的无线介质有微波、红外线和激光。

(1) 微波

微波是计算机网络中最早使用的无线介质,美国的 ARPA 网络就是用微波连接美国本土和夏威夷,微波也是目前应用得最多的无线介质。微波的频率范围为 $2\text{GHz}\sim 40\text{GHz}$,既可传输模拟信号又可传输数字信号。微波通信是把微波信号作为载波信号,用被传输的模拟信号或数字信号来调制它。由于微波的频率很高,因而可同时传输大量信息。又由于微波能穿透电离层而不反射到地面,所以只能使微波沿地球表面由源向目标直接发射。而且微波被地面吸收致使其传输损耗很大,每隔几十千米便需进行中继。微波对环境干扰虽不很敏感,但却易于受障碍物的影响,故微波的收发器必须安装在建筑物的外面,最好在建筑物的顶部。虽然微波具有很强的方向性,但仍不及红外线和激光,所以存在安全性和保密性问题,容易被窃听和干扰。

(2) 卫星通信

为了增加微波的传输距离,应提高微波收发器或中继器的高度。当微波中继站被放在人造卫星上时,便形成了卫星通信系统。所以说,卫星通信是一种特殊的微波中继系统,用卫星上的中继站接收从地面发出的信号,加以放大后再发回地面。一个同步卫星可以覆盖地球三分之一以上的表面,利用三个相距 120° 的卫星便可以覆盖整个地球上的全部通信区域。在卫星上安装有多个转发器,它们以一频率段 ($5.925\text{GHz}\sim 6.425\text{GHz}$) 接收从地面发来的信号,再用另一频率段 ($3.7\text{GHz}\sim 4.2\text{GHz}$) 向地面送回信号。每一卫星信道的容量相当于 100 000 条音频线路,当通信距离很远时,租用一条卫星音频信道远比租用一条地面音频信道便宜。

卫星通信的优点是容量大、距离远,缺点是传播延迟时间长。从发送站通过卫星转发到接收站的传播延迟时间要 $250\text{ms}\sim 300\text{ms}$ (一般可取 270ms),但这个传播延迟时间是和两站点间的距离无关,而地面电缆传播延迟时间约 $5\mu\text{s}/\text{km}$ 。

(3) 红外线

利用红外线传输信号类似于家用电器的红外线遥控,在发送端设有红外线发送器,接收端有红外线接收器。发送器和接收器可任意安装在室内或室外,但需要使它们之间处于视线范围内,即发送器和接收器彼此都能看到对方,中间不允许有障碍物。红外线信道具有一定的带宽,当光束传输速率为 100kbps 时,其通信距离可达 16km , 1.5Mbps 的传输速率使通信距离降为 1.6km 。此外,红外线具有很强的方向性,难以窃听、插入数据和进行干扰,安全性好。但雨、雾和障碍物等环境干扰都会影响红外线的传输。

(4) 激光

利用激光传输信号时必须配备一对激光收发器,它们在安装时也同样需要使其处在视线范围内,激光通信与红外线通信一样是全数字的,不能传输模拟信号。激光也具有高度的方向性,难以窃听、插入数据和进行干扰,但同样易受环境的影响。激光通信与红外线通信的不同之处在于,激光硬件会因发出少量射线而污染环境。

(5) 基带传输和宽带传输

在理想的情况下, 信号从发送端通过信道到达接收端的全过程中信号的幅度和波形保持一致。实际上接收端的信号已经在传输过程中衰减、变形, 甚至不能识别出信号携带的信息。数据传输质量的好坏, 除与传输介质有关外, 主要取决于所发信号的质量。

数字信号是一连串的脉冲信号(方波信号), 含有直流、低频、高频等成分, 占据了从低频到高频很宽的频率范围。随着频率的增高, 其分量在源信号中所占的比例迅速减少, 最后趋于零。这种频谱从零开始而未经任何处理的脉冲数字信号所占的频率范围叫做基本频带, 简称基带。这种数字信号称作基带信号, 把基带信号直接在传输介质上传送的方式称作基带传输。基带传输是一种不搬移数据信号频谱的传输制度。

基带信号的带宽与脉冲宽度成反比, 但基带信号占据了从低到高相当宽的频率范围, 因此一条传输线路上任何时刻只能提供一条半双工基带信道, 即基带传输将占用整个线路能提供的频率范围。

为了提高通信线路的利用率, 可以用占据小范围的模拟信号作为载波传递数字信息, 例如可以定时探测载波的有和无来表示二进制数据的 0 或 1。因此, 一个较小的带宽就可以供两个数据设备进行通信, 其它的频率范围可以供另外的数据设备通信, 这种通信方式称为宽带传输(频带传输)。宽带传输是一种利用调制解调器搬移数据信号频谱的传输制度。

简单地说, 基带信号就是将数字信号 1 或 0 直接用两种不同的电压来表示, 然后送到线路上传输。宽带信号则是将基带信号进行调制后形成的频分复用模拟信号。

1.1.3 通信方式

一、串行传输与并行传输

按传输数据的时空顺序分类, 数据通信的传输方式可分为串行传输与并行传输。

(1) 串行传输

数据在一个信道上按位依次传输的方式称为串行传输。串行传输的基本原理如图 1.5 所示。

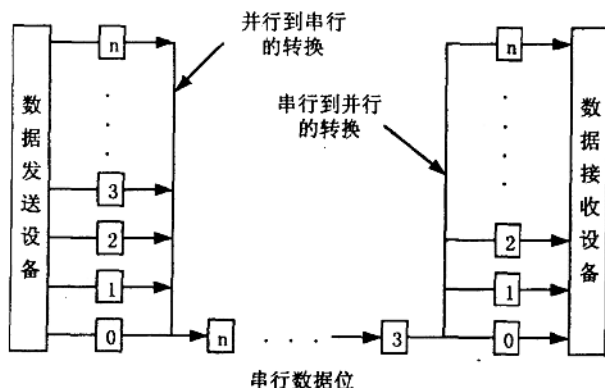


图 1.5 串行数据传输过程

串行传输的特点:

① 所需要的线路数少, 线路利用率高, 投资少。目前大多数数据传输系统, 特别是长距离传输系统, 都采用这种方式。

② 由于终端装置的输入代码形式一般是以字符为单位的并行式结构, 因此在发送和接收端需要分别进行并/串和串/并转换。

③ 收发之间必须实施同步措施, 使其协调一致地准确工作, 以确保不产生错字。

(2) 并行传输

数据在多个信道上同时传输的方式称为并行传输。并行传输的基本原理如图 1.6 所示。

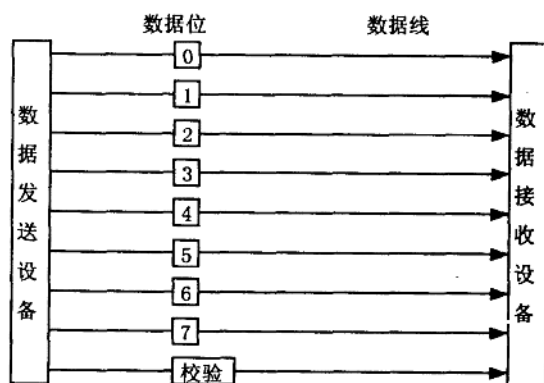


图 1.6 并行数据传输过程

并行传输的特点:

① 在终端装置和线路之间不需要对传输代码作时序变换, 从而简化终端装置的结构。

② 需要 n 条信道的传输设备, 成本较高。

③ 通常用于要求传输速率高的近距离数据传输。

二、通信操作方式

一个通信系统至少由三个部分组成: 发送器、传输介质和接收器。发送器产生信号, 信号经过传输介质传送给接收器, 由接收器接收这个信号便完成了信号从一端向另一端的传送。根据信号传输方向与时间关系, 可以分为三种通信操作方式: 单工、半双工和全双工, 如图 1.7 所示。

(1) 单工通信

在单工通信操作方式中, 发送器和接收器之间只有一条传输通道, 信息只能单方向地从发送器传输到接收器。

(2) 半双工通信

在半双工通信操作方式中, 两个设备之间可以轮流进行双向的数据传输, 但在某一时刻只能沿着一个方向传输。每个设备都具备发送器和接收器。半双工通信方式一般用在设备本身无足够的带宽支持双向同时通信, 或者通信的双方的通信顺序是交替进行的场合。

(3) 全双工通信

在全双工通信操作方式中，两个设备之间有两个传输通道，可以同时进行双向的数据传输。每个设备都具备发送器和接收器。这种通信方式的信息通过量大，要求传输通道有足够的带宽支持。

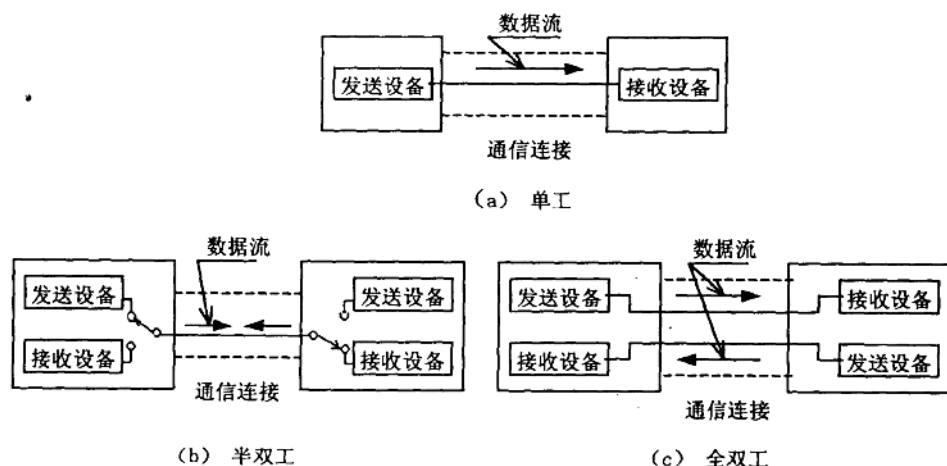


图 1.7 通信操作方式

1.1.4 数据通信的主要指标

数据通信的任务是传输数据，希望达到速度快、错误率低、信息量大、可靠性高，并且既经济又便于使用维护。

一、传输速率

所谓传输速率是指传输介质上传输信息的速度。有两种表示方法：信号速率和调制速率。

(1) 信号速率

信号速率 S 是单位时间内所传送二进制代码的有效位 (bit) 数，单位用每秒比特数 (bit/s, 或 bps) 或每秒千比特数 (kbps) 表示。信号速率 S 可由下式求得：

$$S = (1/T) \log_2 N$$

式中 T 为脉冲宽度， N 为一个脉冲所表示的有效状态，即调制电平数。

(2) 调制速率

调制速率 B 也称码元速率，是脉冲信号经过调制后的传输速率，或者说是在调制过程中信号状态变化的次数，单位以波特 (baud) 表示，通常用于表示调制解调器之间传输信号的速率。单位时间内线路状态的变化数由下式表示：

$$B = 1/T$$

即调制速率是调制转换时间的倒数。

两种速率之间的关系如下：

$$S = B \cdot \log_2 N$$