

DIANZIKEJIDAXUECHUBANSHE
XILIEJIAOCAI

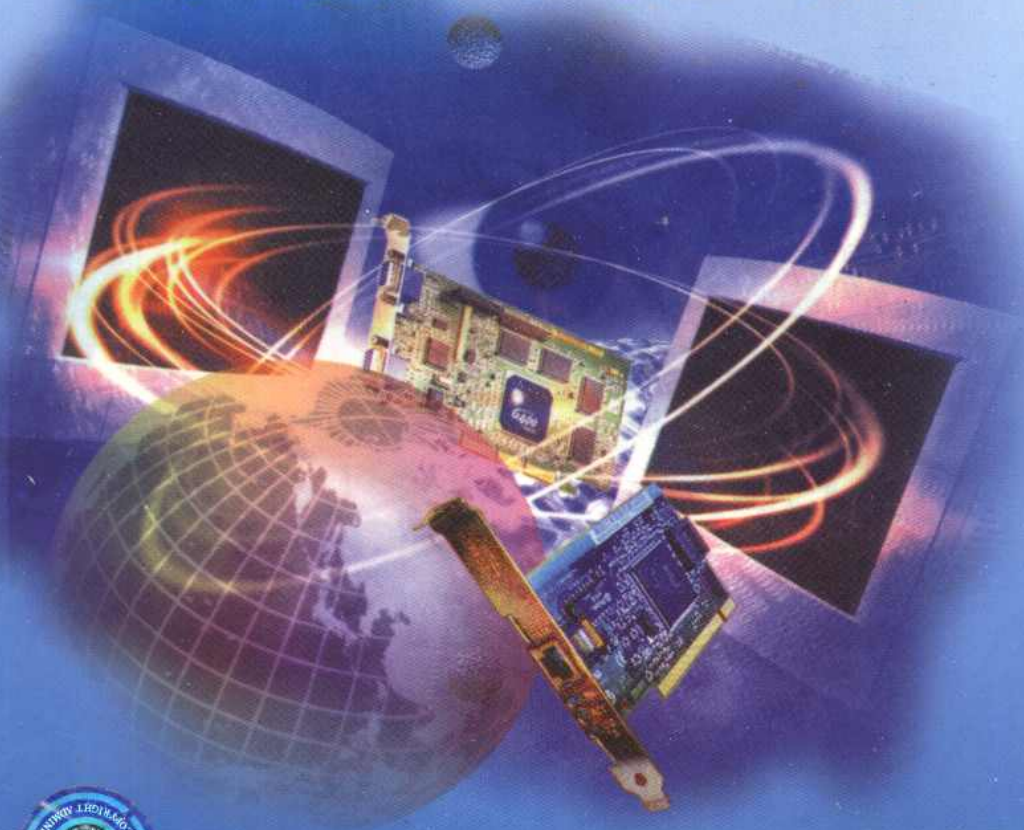
高等学校
电子信息类 系列教材

本科通信与信息工程

计算机通信 接口技术

主 编 陈露晨

副主编 芦康俊 王子余 李庆荣 李祥和



电子科技大学出版社

05-43

UESTC PUBLISHING HOUSE

210

TN915.05-43

C46

计算机通信接口技术

主编 陈露晨

副主编 芦康俊 王子余 李庆荣 李祥和

电子科技大学出版

前 言

随着信息社会的到来,计算机通信技术作为信息技术的重要组成部分,正在突飞猛进地发展。与此同时,为计算机通信提供支持的计算机通信接口技术,随着微电子技术和软件技术的不断进步也在迅速发展。计算机通信接口电路集成化程度大大提高,新技术、新产品层出不穷。过去采用的接口技术有些已经显得过时,甚至已被淘汰。人们在采用新的接口电路时,往往只对内部电路结构作大概了解,而更侧重于其功能、外部引脚信号和接口标准使用方法等外部特征。

计算机通信接口技术是一门应用性较强的技术,我们在编写“计算机通信接口技术”一书时,力求将内容的系统性、先进性与实用性相结合。其主要内容涉及计算机通信接口技术领域的系统理论、基本原理及实用技术,涵盖面较广,阐述了总线接口技术、远程通信接口技术、多媒体通信接口技术、网络接口技术、PC 机系统接口技术、存储设备接口技术等。

本书是在多次为大学本科生开设“微型机通信与接口”课程的基础上,吸收了近二三年来有关的新技术、新发展编写而成,书中对一些过时的技术未作介绍。全书共分 8 章,内容包括:计算机通信与接口概述、总线接口、存储设备与接口、远程通信接口、网络设备接口、多媒体通信与接口、现场总线以及 PC 机系统与接口。每章后面均附有习题,供读者练习,以加深理解。

本书适用面较广,所涉及的知识包括计算机通信网络、多媒体计算机、工业控制与自动化、微型机接口等。因此,本书除了可作为高等院校“计算机通信接口”课程的教材外,还可作为这些课程的参考书。本书旨在为从事计算机通信与接口的研究和开发人员、大中专学生、研究生及其他读者提供一本简明、系统、实用且通俗易懂的参考书。

全书由解放军信息工程学院陈露晨担任主编。第一章由王子余编写;第二章 2.1、2.2、2.3、2.4、2.5、2.7 节由陈露晨编写,第 2.6 节由李祥和编写;第三章由王子余编写;第四章由陈露晨编写;第五章由李庆荣编写;第六章由芦康俊编写;第七章由陈露晨编写;第八章由王子余编写。

由于作者水平所限,错误和不足之处在所难免,而且由于计算机通信技术的飞速发展,书中介绍的有些内容难免落后于最新技术,不当之处请读者批评指正。

编者

1999 年 9 月于(郑州)解放军信息工程学院

第一章 概 论

在 21 世纪即将到来、人类正逐步进入信息社会的今天, 计算机通信技术正在迅猛发展。从局域网到广域网、从公用数据网到 ISDN 综合业务数字网, 计算机网络与通信技术的结合越来越紧密, 已广泛应用于工业、交通、金融、经贸、科技、文化、卫生、国防等各个领域。随着微电子技术的进步, 计算机及其接口和各种网络产品的集成化程度越来越高, 加上软件技术的支持, 各种网络操作系统的功能也不断增强, 使得网络系统和用户的安装及使用更加方便。尤其是 Internet 网的出现, 为人们提供了一个划时代的信息媒体, 更使计算机通信深入到千家万户。在网上, 人们不仅可以查询各种各样的信息资源, 而且可以互相通信。它改变着人们交流的方式, 也改变着人们的生活节奏, 甚至影响着社会的分工和文化结构。Internet 网的发展也更加促进了计算机通信技术的发展。然而, 无论多么庞大、复杂的计算机通信网, 都是建立在计算机点到点进行通信的基础之上, 建立在最基本的计算机及其接口技术的基础之上的。本书所讨论的主要内容正是计算机通信的接口技术。

本章内容主要是为以后各章的学习打一个基础, 并对后面各章涉及到而又不便展开讨论的一些问题作必要的简介。

§ 1.1 计算机通信的基础知识

1.1.1 计算机通信概述

计算机通信即计算机与计算机之间的通信, 最简单的情况是将两台计算机用通信线路连接起来, 以实现点到点的通信, 虽然这种情况早已被多台计算机组成的计算机网络所取代, 但它是网通信的基础。多台计算机按一定的拓扑结构连接起来, 只要遵循相应的通信协议, 就可以实现计算机用户的通信和网上资源的共享。计算机通信网的组成如图 1.1.1 所示。

计算机通信网由通信子网和用户子网两大部分组成。图 1.1.1 中虚线以内表示通信子网, 虚线以外表示用户子网。用户子网(或称资源子网)给用户访问网络的能力和信息服务(如: 各种应用程序和数据库等), 它包括主计算机、终端和终端控制器等。主机通过通信链路或一条高速复用信道与通信子网中的某一节点相连接, 它可以为终端用户提供服务。终端用户可以通过终端控制器访问网络。终端控制器可以为一组终端提供入网控制,

终端也可以由计算机担任并直接与节点相连接。

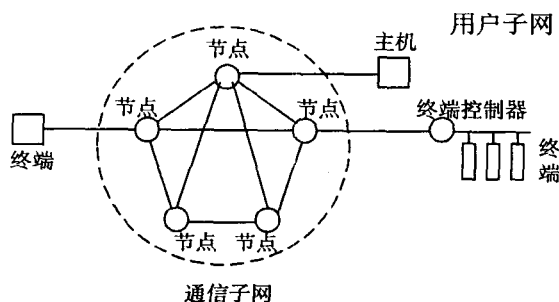


图 1.1.1 计算机通信网组成示意图

通信子网是通过链路建立相互通信的节点的集合。它由若干网络节点、传输链路及信号变换设备组成。链路是指传输信息的通信信道。若用模拟通信，则必须采用信号变换器(如：Modem)提供在数字信号和模拟信号之间的变换。网络节点的作用是：一方面可以对信号进行存储和转发，提供信息转接功能；另一方面也可以提供通信子网与用户子网的接口，提供诸如信息的发送与接收，以及信息传输状态的监测等功能。节点可由节点交换机或计算机担任。

通信子网进行信息传输时必须遵循一定的网络协议。网络协议规定了传输信号的格式及识别方法、流量控制和差错控制方式等内容。各种网络协议种类繁多，其中目前应用较广的有：TCP/IP、IPX/SPX、X.25、IEEE802 等协议。

计算机通信网按其工作环境、应用技术条件和覆盖范围的大小可分为局域网和广域网。局域网连接的地理范围较小，一般安装在一个系统(如：机关、学校、企业等)内部，数据传输速率较高。广域网连接的地理范围较大，可达数百到数千公里，可以跨接几个城市或几个省份甚至几个国家。著名的国际互联网(Internet)就是目前最大的广域网。广域网的数据传输速率相对较低，但随着计算机通信技术的发展，广域网的数据传输速率也在不断提高。

局域网和广域网之间既有区别，又有联系。在应用上，一般局域网侧重于资源共享，而广域网侧重于数据通信；在技术上，局域网领先于广域网，但随着 ATM(异步传输模式)技术的发展和运用，通过提供一个公共的统一的网络设施，使广域网和局域网之间技术上的差异越来越小。

无论哪种形式的计算机通信，都是数据通信的一种，只不过信源和信宿都是计算机而已。计算机通信中采用的各种技术，都是为了迅速、正确、可靠、安全地传输信息。这一切都是建立在数据通信技术基础之上的。数据通信中的一些技术概念同样适用于计算机通信。

1.1.2 数据通信中的几个主要技术概念

一、数字编码技术

为了使数字信号便于在数字信道中传输,往往要对其进行编码。数字信号编码是用脉冲信号的不同状态(或组合状态)来表示数字值。在局域网中,传输的是基带信号。常用的数字信号编码有以下3种:

1. NRZ(Non-Return to Zero)编码

NRZ 即不归零编码,常用正电压表示“1”,负电压表示“0”,而且在一个码元时间内,电压均不需要回到零。其特点是全宽码,即一个码元占一个单元脉冲的宽度。脉冲宽度越大,越有利于提高接收端的信噪比,通信所占带宽也越窄。

NRZ 编码的主要缺点是:当出现连续的“0”或连续的“1”时,难以分辨相邻位之间的界定,需要在发送和接收端提供同步或定时。此外还存在直流分量的积累问题,这将导致信号的失真与畸变,降低传输可靠性。过去数据传输系统很少采用此种编码方式;但是近年来,随着高速计算机网络技术的发展,NRZ 编码技术由于与其他编码相比占用带宽较窄而越来越受到人们关注。为克服其缺点,可在 NRZ 编码之前加一级预编码器,这种两级编码方案已被应用在多种网络技术中。NRZ 编码如图 1.1.2(a)所示。

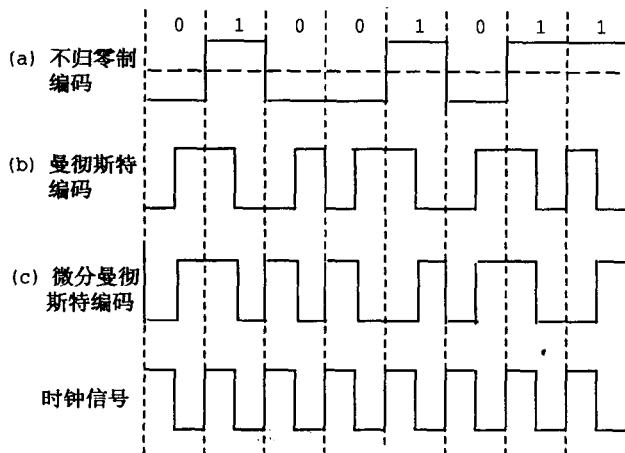


图 1.1.2 3 种数字信号编码

2. 曼彻斯特(Manchester)编码

在曼彻斯特编码中,在每个二进制位(码元)的中间都有电压的跳变。用电压的正跳变(从低电平跳到高电平)表示“0”,电压的负跳变(从高电平跳到低电平)表示“1”。由于跳变都发生在每一个码元的中间位置(半个周期),接收端就可以方便地利用它作为同步时钟,因此这种编码也称为自同步编码。目前应用最广的局域网——以太网,在数据传输时

采用的就是这种数字编码。曼彻斯特编码如图 1.1.2(b)所示。

3.微分曼彻斯特编码

此种编码是曼彻斯特编码的一种修改形式，其不同之处是：用每一位的起始处有无跳变来表示“0”和“1”，若有跳变则为“0”，无跳变则为“1”；而每一位中间的跳变只用来作为同步时钟信号。这也是一种自同步编码。微分曼彻斯特编码如图 1.1.2(c)所示。令牌环网采用的是这种编码。

曼彻斯特编码与微分曼彻斯特编码的每一位都是用不同电平的两个半位来表示的，因而始终保持直流的平衡，不会造成直流累积。

二、数字调制技术

若用模拟信道来传输数字信号，则必须用数字调制技术将数字信号调制到载波上，使之成为模拟信号。这是广域网在数据传输中常采用的方法。常用的基本数字调制方法有以下3种：

1.幅移键控法 ASK(Amplitude Shift Keying)

ASK 是用载波频率的两个不同幅度表示两个二进制值。有时用幅度恒定的载波的有无表示二进制的“1”和“0”，如图 1.1.3(a)所示。该方法容易受幅度增益变化的影响，是一种效率较低的调制技术，通常传输速率不高。

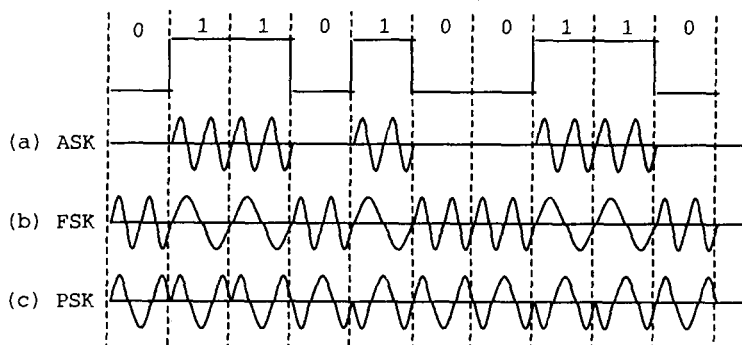


图 1.1.3 3 种基本调制方式

2.频移键控法 FSK(Frequency Shift Keying)

FSK 是用载波附近的两个不同频率来分别表示“1”和“0”，如图 1.1.3(b)所示。这种调制方式抗干扰性较好。在音频电话线路上，其传输速率一般高于 ASK 方式。

3.相移键控法 PSK(Phase Shift Keying)

PSK 是用载波信号的相位偏移来表示二进制数据。若码元载波的相位与前一位码元载波的相位是连续的(即无相位偏移)，则表示“0”；若载波信号的相位与其前一位码元的

载波反相(即相位偏移为 π), 则表示“1”, 如图 1.1.3(c)所示。

PSK 方式除上面的两相调制外, 还可以用于多相调制(如四相、八相等)。如在四相 PSK 中, 可以用 4 种相移状态(0, $\pi/2$, π , $3\pi/2$)来分别表示两位二进制编码。同样若用 2^L 种相移状态进行相位调制, 则可以表示 L 位二进制编码。

PSK 方式有较强的抗干扰性能, 比 FSK 有更高的效率, 是在数字传输中应用较多的调制方式。

以上 3 种基本的数字调制技术也可以组合使用, 常见的组合方式有 PSK 与 FSK 的组合、PSK 与 ASK 的组合等。

无论用哪一种调制方式进行数据传输, 都离不开相应的调制解调器(Modem)。调制器是将数字信号转换成模拟信号的装置, 而解调器是将模拟信号转换成数字信号的装置。调制解调器必须成对使用。对于不同的调制方式, 它们的工作原理也各不相同。

三、传输速率与带宽

1. 数据传输速率

数据传输速率是指每秒所传输的数据位数, 可用比特/秒(bit/s)来表示。若用 S 表示数据传输速率, 则有:

$$S = 1 / T \cdot \log_2 n$$

式中: T 为脉冲宽度(全宽码时); n 为一个脉冲所表示的有效状态数。

在数据传输系统中普遍采用的单位脉冲只有两个有效状态, 即 $n=2$ 。这样数据传输速率为 $S=1/T$, 表示每秒所传输的位数等于单位脉冲的重复频率。

2. 调制速率

调制速率是指数据在调制过程中每秒调制状态的转换次数, 其单位为波特。若用 B 表示调制速率, 则它与数据传输速率的关系为:

$$S = B \log_2 n$$

式中: n 为调制状态数。

在二元调制中(即两种调制状态), $S=B=1/T$, bit/s 与波特在数值上是相等的。在多元调制方式中, 传输速率与调制速率是不同的。例如: 采用四相 PSK 调制, 当单位脉冲宽度 $T=833 \times 10^{-6}$ 秒时, 则调制速率为:

$$B = 1/T = 1/833 \times 10^{-6} = 1200 \text{ (波特)}$$

而
$$S = 1200 \times \log_2 4 = 2400 \text{ (bit/s)}$$

可见在多元调制中, 传输速率高于调制速率。

3. 带宽

带宽是频带宽度的简称。数学分析表明, 表示数字信号的脉冲序列是由基波和高次谐

波叠加而成的。基波的频率即为脉冲的重复频率($1/T$)，而高次谐波的幅度远小于基波的幅度。因此数字信号所占的带宽，可以认为就是由数据传输速率决定的。

一条信道在传输数字信号时由于受电路、传输介质以及有关的附加设备的频率特性等综合因素的影响，对所传输的信号带宽会有一定的限制。传输速率越高，所占带宽越宽，因此也要求信道必须能提供相应的带宽。

四、误码率与信道容量

数字信号在信道中传输时，由于各种各样的原因可能会出现某些码位的错误。误码的出现会降低传输的可靠性。误码率就是衡量这种传输可靠性的一个技术指标。它定义为：在接收端接收的码元中错误码元(二进制位)数占传输总码元数的比率。显然，误码率越低，传输越可靠。通常要求误码率应低于 10^{-6} 。

误码率与传输数字信号的信道的好坏有极大的关系，尤其是信道的频带特性和信噪比更是影响信道传输性能的决定因素。信道容量就是指传输信息的最大能力。数字信号的速率越高，就要求信道的通频带越宽。著名的香农公式给出了信道容量 C 与信道带宽和信噪比的关系：

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

式中： H 为信道带宽， S/N 为信噪比。

上式表明当信噪比一定时，信道容量与信道带宽成正比。信道容量越大，允许通过的信号带宽也越宽，即允许传输速率越高。实际应用中，传输速率应低于信道容量。只有这样才能保证误码率不超过规定指标，这样才能保证传输的质量。

五、差错控制

为保证数据传输的可靠性，一方面可以改善信道设备，尽量减少误码率；另一方面就是采用差错控制技术，即对传输过程中产生的差错进行检测与纠正。其主要方法是：在发送端用某种信道编码方法，在待传送的数据之外再加上一些冗余位，使数据位与冗余位建立一定的数学关系，则冗余位起到监督数据位是否出错的作用。然后把它们都传送给接收端。当接收端收到数据后，按同样的规律来检验它们之间的数学关系是否正确，如果不正确，就说明传输中有差错，就需要用某种方法来纠正错误。

纠错的方法主要有两种：一种是反馈重发纠错法，即接收端将收到的数据正确与否，作为应答反馈给发送端，发送端将按一定的规约进行重新传送，直至传送正确为止，这样就纠正了错误；另一种方法为前向纠错法，即接收端发现错误后，由接收端通过某种编码规律进行自动校正，而不需要发送端重新发送。这种纠错方法比较复杂，必须按某种纠错编码的规律进行编码，所需冗余位较多，效率不高，纠错能力也有限。目前，绝大多数计算机通信系统都采用反馈重发法来进行差错控制。

在反馈重发纠错法中，所采用的检错校验方法主要是 CRC(Cyclic Redundancy Check) 即循环冗余校验。采用 CRC 编码来检测误码，漏检率极小，是一种较为可靠的检错方法，被广泛采用。

CRC 的基本原理是：用一个特定的生成多项式去除要发送的二进制码序列，从而得

到 CRC 编码, 接收端用同样的生成多项式去除收到的码序列。根据运算结果, 就可以判断是否有误码。

通常情况下, 任何一个二进制序列码都可以用一个只含有 1 和 0 两个系数的多项式来表征, 二进制序列各位的值(1 或 0)为该多项式相应位 X 的系数, 而二进制序列各位的权, 则为该多项式相应位 X 的幂。例如, 二进制序列 10100101 就可以用多项式:

$$x^7 + x^5 + x^2 + 1$$

来表征。在发送端, 用一个特定的生成多项式 $G(x)$ 去除待发送的二进制序列码, 最后的余式即为 CRC 码。在接收端, 仍用 $G(x)$ 去除收到的序列码, 若最后余式为零, 则说明传输无误; 若余式不为零, 则说明有误码。

现在普遍采用的 CRC 生成多项式 $G(x)$ 有 16 位和 32 位两种, 它们分别为:

$$16 \text{ 位: } x^{16} + x^{12} + x^5 + 1 \text{ 或 } x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$$

$$32 \text{ 位: } x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$

局域网中多用 32 位 CRC, 广域网常用 16 位 CRC。

六、多路复用技术

为了有效地利用传输系统, 往往采用在同一传输介质中同时传输多路信号的方法, 即多路复用技术来高效率地使用传输介质。多路复用主要有 2 种: 频分多路复用 FDM(Frequency Division Multiplexing)和时分多路复用 TDM(Time Division Multiplexing)。

1. 频分多路复用 FDM

FDM 是基于这样的前提的: 传输介质的可用带宽必须超过各路给定信号所需带宽的总和。如果将其中的每路信号都以不同的载波频率进行调制, 而且各路载波频率之间有一定的间隔以使各路信号带宽不相互重叠, 那么这些信号可以同时在该介质上传输。

FDM 的一个例子如图 1.1.4(a)所示, 6 路信号源输入到一个多路复用器中, 这个多路复用器以不同的频率调制每一路信号, 每一路信号需要一个以它的载频为中心的一定带宽, 图中的 $f_1 \sim f_6$ 便是对应于 6 路信号各自要求的带宽, 即 6 路信道。当多路信号的载波通过传输介质传送到另一端的多路复用器后, 再解调还原成各个单路信号, 输出到各自对应的传输线上。为了防止各路信道之间的干扰, 相邻的信道之间用保护带隔离开。保护带是带宽中不用的部分。 $f_1 \sim f_6$ 及各个保护带宽之和要小于或等于传输介质的可用带宽。

2. 时分多路复用

TDM 是基于这样的前提: 传输介质能达到的位传输率超过各路传输数据所需传输率的总和。如果每个信号按时间先后轮流交替地使用单一信道, 那么, 多个数字信号的传输便可在宏观上同时进行。对单一信道的交替使用可以按位、字节或数据块等单位来进行, 如图 1.1.4(b)所示。多路复用器有 6 路输入, 设每路输入为 9600b/s, 具有 57.6kb/s 的传输

介质便可以传输这 6 路信号。其方法是：规定传送一个数据单元所需要的时间为一个时间片，每个输入一次传送一个数据单元，6 个时间片便可将 6 个输入轮流输入一次，这 6 个时间片便构成了一帧(Frame)。对于某一 TDM，帧长是固定的，即一帧所具有的时间片数等于输入的路数。若在某个时间片内对应的输入没有数据要发送，则在该时间内发送空信号。所以，6 路输入是平均分配使用传输介质。专用于某一特定信号源的时间片序列称为它的信道。

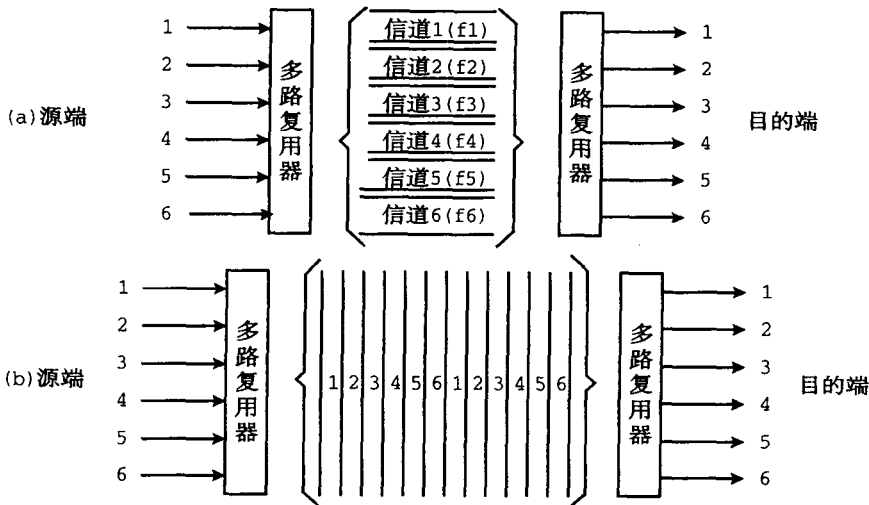


图 1.1.4 多路复用

TDM 分为同步 TDM 和异步 TDM。同步 TDM 中每个时间长度固定，并且预先指定(如图 1.1.4(b)所示即为同步 TDM)，所以从各个信号源的发送定时是同步的。与此相反，异步 TDM 允许动态地分配使用传输介质的时间。

在同步 TDM 中，如果某个时间片对应的装置无数据发送，则该时间片便空闲不用，造成信道容量的浪费。而在异步 TDM 中，时间片是按需动态分配的，即输入端数据要发送时，才分配时间片，并且传输介质的传输速率之间没有一一对应的关系，任何一个时间片都可以被用于传输任一路输入信号，这样就提高了传输介质的利用率。异步 TDM 在传输的数据单元中必须包含有地址信息来寻址目的节点，这样才不会混乱。因此在每个时间片里会增加一些额外的传输开销。异步 TDM 又称为统计 TDM(STDM)。

引入多路复用概念后，我们可以对传输介质和传输信道之间的关系和区别有更清楚的了解，它们是不同的范畴的概念。传输介质是指传送信号的物理实体，而信道则提供了传送某种信号所需的带宽。着重体现介质的逻辑功能，一个传输介质可能同时提供多个信道，一个信道也可能由多个传输介质级联而成。

1.1.3 数据交换技术

在计算机通信网中，要把数据从源点传送到目的点，往往要经过若干中间节点。这些中间节点主要是起到数据交换的作用，即把数据从一个节点传到另一个节点，直至传到目

的地。如何进行数据交换,是交换技术所涉及的问题。通常有3种交换方式:线路交换、报文交换和分组交换。

一、线路交换(Circuit Switching)

线路交换是通过网络节点在两个通信站点之间建立一条专用的通信线路。在两个站点间应具有实际的物理连接,它是由节点间的若干段线路组成,其中每一段都为此连接提供一条通道。其通信过程可分为3个阶段,即线路建立阶段、数据传输阶段和线路拆除阶段。线路一旦建立,就进行数据传输,直至数据传输结束以后,才能拆除线路。其特点是:实时传输性能较好,但线路利用率不太高。

二、报文交换(Message Switching)

报文交换方式无需在两个站点间建立专用的通信线路,用户把要传输的数据分割成一定大小的报文(信息的逻辑单位),以报文为单位进行传输。发送站点要将目的地址添加到报文中。报文在网中从一个节点被传送到另一个节点。某一节点在进行报文交换时,要将报文进行暂时存储,然后经过路由选择,再传送到下一个节点。故报文交换也称为报文转接,是一种报文的存储转发方式。其主要特点如下:

(1)线路利用率高。因为一个节点到节点的信道可为多个报文所共享。接收方和发送方无需同时工作,当接收方处于“忙”时,网络节点可以暂存报文。

(2)可同时向多个目的站点发送同一报文,这在线路交换中难以实现。

(3)能在网上实现报文的差错控制和纠错处理。

(4)报文交换网络可以进行传输速率和代码格式的转换,使传输速率和代码格式不同的两个站点可以互相连接。

(5)由于采用存储转发方式使通信的延时较大、实时性较差,不宜用于实时通信和交互通信,不能用来传输声音信号,也不适用于交互式的终端与主机连接。

三、分组交换(Packet Switching)

分组交换是目前计算机通信网中使用最广泛的一种交换技术,它综合了前两种交换技术的优点,在一定程度上弥补了两者的缺点。

分组交换的交换传输过程与报文交换方式相同,只是将一个报文再分成若干个分组(信息包),限制了所传输数据的长度。以报文分组(包)为单位进行传输,故分组交换也称为包交换。每个信包均有数据和目的地址。各组到达目的地以后再将同一报文的所有分组重新汇集成完整的报文。分组交换提高了传输性能,即提高了线路的传输效率,又减少了传输的延时。

§ 1.2 传输介质

传输介质是计算机通信系统必不可少的。它是通信信道的重要组成部分,对信道的传

输性能有着举足轻重的影响。对于计算机通信接口技术而言，传输介质的选择与连接，更是必须考虑的问题。对于不同的传输介质，要采用不同的接口方式。

1.2.1 介质的分类和选择

介质是传输数据的物理载体，介质的特性如何直接影响着数据传输的性能指标，而不同的传输介质，由于不同的物理特性，对数据传输的影响也不尽相同。

在计算机通信系统中采用的传输介质可分为两大类，即：有线传输介质和无线传输介质。

一、有线传输介质

有线传输介质是传输信号的有形实体，主要包括平行传输线、双绞线、同轴电缆和光纤等。平行传输线主要是电话线，可以用来传输经过调制的速率不高的数字信号，传输距离有限。当前随着 Internet 的迅猛发展，PC 机用户就可以通过 Modem 和普通电话线拨号上网(当然要在电信部门履行一定的手续)。而双绞线、同轴电缆和光纤也都是目前在计算机通信中广泛应用的传输介质。

二、无线传输介质

无线传输介质应是传输无线电波的空间，在计算机通信中常用的无线传输方式是微波中继和卫星转接两种方式，因此也常把这两种传输方式称为传输介质。此外，还有短波、红外线和激光等，也都可作为无线传输介质。微波、红外线和激光在地面上传输时都受到视距范围的限制，要远距离传输必须通过视距之中的中继站，逐级接力式地传输，虽然可以提供较高的数据传输速率，但容易受到中继站之间障碍物和气候的影响，其传输质量，不如卫星通信好。而短波虽然可以远距离传输，但经电离层反射后，信号不够稳定，很少采用。

在选择传输介质时，主要应依据计算机通信系统对传输质量的要求，尤其是对传输速率和可靠性的要求。不同的传输介质，其带宽特性不同，抗电磁干扰的性能也不同。传输速率越高，则要求传输介质能提供的带宽越宽。可靠性要求越高，要求传输介质的抗干扰性能越好。一般局域网中多采用有线传输介质，但如果在网中有便携式移动用户，则必须采用无线传输介质。此外，还应考虑投资成本。市场经济特别注重效益，应以较少的投入产生最好的效果，在保证预期的质量指标的前提下，尽量降低投资成本。例如，在有线介质中，光纤的传输质量最好，但成本也高；而双绞线成本较低。在保证同样质量指标的情况下，则应选择双绞线，当然还需兼顾发展的需要，在带宽等方面适当留有余地也是必要的，以免将来再重新投资。

总之，传输介质的选择还是要综合考虑各方面的因素，根据需要与可能来决定。

1.2.2 计算机通信网中的常用传输介质

数据通信传输介质有许多种，在计算机局域网中常用的传输介质有双绞线、同轴电缆、光纤以及无线介质等。

一、双绞线(Twisted Pair Line)

双绞线是一种最常用的传输介质，由呈螺旋排列的两根绝缘导线组成，两根导线相互扭绞在一起，可使线对之间的电磁干扰减至最小。双绞线既可传输模拟信号，又可传输数字信号，较适合短距离传输，其传输速率取决于所采用的芯线质量、传输距离、驱动和接收信号的技术等因素。一般情况下，在 100m 内的传输速率可达 10Mb/s。如果在一定距离内加入中继器(Repeater)，还可延长传输距离。

双绞线用于点到点或一点到多点的连接时，采用适当的屏蔽和扭曲长度可提高抗干扰能力，传输信号的波长远大于扭曲长度时，其抗干扰性最好。因此，在低频传输时，抗干扰能力比同轴电缆要高，但传输信号的频率高于 10~100kHz 时，其抗干扰能力就不如同轴电缆了。在局域网中，双绞线是一种较廉价的传输介质，特别是 10BASE-T 和 100BASE-T 网络技术的发展，为双绞线的应用开辟了广阔前景。

目前，在局域网中使用的双绞线有屏蔽双绞线 STP(Shielded Twisted Pair)和无屏蔽双绞线 UTP(Unshielded Twisted Pair)两类，每一类中又分为若干等级，如：UTP 分为 3 类 UTP(传输带宽为 16MHz)、4 类 UTP(传输带宽 20MHz)和 5 类 UTP(传输带宽 100MHz)。因此，在 100Mb/s 高速网中通常使用 5 类 UTP 或 STP 作为传输介质。

二、同轴电缆(Coaxial Cable)

同轴电缆是计算机局域网中应用较为广泛的一种传输介质，它由内、外导体组成。内导体是单股或多股线，圆柱形的外导体，通常由编织线组成并围裹着内导体。内导体使用规则间隔的固体绝缘材料固定，外导体用一层塑料罩来覆盖。

在局域网中主要使用两种同轴电缆：一种是 50 Ω 电缆，即特性阻抗为 50 Ω 的同轴电缆，主要用于基带信号传输。所谓基带信号传输是指以数字信号位流形式进行的传输，不用任何调制，是一种广泛用于局域网的信号传输技术，其传输带宽为 1~20Mb/s。

另一种是特性阻抗为 75 Ω 的公用天线电视(CATV)电缆，既可用于传输模拟信号，又可用于传输数字信号。CATV 电缆的传输频带较宽，可达 300~400MHz，可用于宽带信号的传输。所谓宽带传输是利用 FDM 技术在宽带介质上所进行的多路模拟信号的传输，是一种用于宽带网络的信号传输技术。使用 FDM 技术的频分多路信号就可以在 CATV 电缆上传输。它既能传输数据，也能传输视频和话音信号，是综合服务宽带网的一种理想介质。近年来由于光纤技术的发展，宽带网受到光纤网强有力的竞争。

三、光导纤维(Fiber)

光导纤维简称光纤，是一种能传送光波的介质。它的内层是具有较高折射率的光导玻

玻璃纤维，外层包裹着一层折射率较低的材料，利用不断的全反射来传送被调制的光信号。实际上，光纤在覆盖可见光谱和部分红外线谱(即 $10^{14} \sim 10^{15}$ Hz)的范围内起着波导的作用。

在光纤系统中，发送端用电信号对光源进行光强控制，从而转化为光信号；接收端用光检波二极管再把光信号还原为电信号。光纤不易受电磁干扰和噪声的影响，可进行远距离、高速率的数据传输，并具有很好的保密性能。

光纤的衔接分支比较困难，一般只适用于点到点或环形连接。由于光纤的频带宽、传输距离远、传输速率高，能传输数据、声音、图像等信息，使之成为最有发展前途的传输介质。FDDI(光纤分布数据接口)就是一种采用光纤作为传输介质的局域网标准，其传输速率可达 100Mb/s。

四、通信卫星

通信卫星上有多个信号转发器，可将来自地面的上行信号经放大和频率变换后，再发回地球上它所覆盖的范围内，从而实现数据传输。实际上是一种无线传输，真正的传输介质是自由空间，通信卫星只起到中继作用。但由于它的特殊地位，这里也专门进行简单的介绍。

地球同步通信卫星都有它自己覆盖的范围，一般适当布局的 3 颗同步卫星即可覆盖全球。国际上已就通信卫星使用的轨道和频段达成了协议，为避免收发频段互相干扰，上行与下行频段是隔离开来的。规定的上行频段为 5.925~6.425GHz，下行频段为 3.7~4.2GHz，上行与下行频段带宽均为 500MHz，通常称为 4/6GHz 波段，但目前该波段的使用已经很拥挤。协议中还分配了另外 2 个波段，即 12/14GHz 和 20/30GHz 波段，由于在高波段，频率高，设备昂贵，目前使用还不太拥挤。

一个典型的通信卫星在 4/6GHz 波段将 500MHz 的带宽分配给 12 个信号转发器，每个转发器有 36MHz 带宽，可用于对一个 50Mb/s 数据流编码，因此具有很强的数据传输能力。由于同步卫星位于 36000 公里的高空，信号经卫星转发时，传输距离较远，因而会产生较大的时延，一般在 250~300ms 之间，典型值为 270ms。相对于地面上的微波线路，这个时延值是很大的。

由于通信卫星的这些特点，因此，它更适合于远距离、大容量、长报文的数据传输。其传输线路可靠性高，数据传输质量好。

§ 1.3 通信协议

计算机通信一般都采用逐位传送的串行方式。通信协议就是互相通信的双方共同遵守的一组规约，或称通信规程。为了使互相通信的各方都能准确、可靠地进行通信，必须就

诸如数据传输方式、同步控制方式、差错处理及应答方式、信号格式等问题作出明确规定。例如，根据某种通信协议的规定，在传输的一组二进制序列中，在不同位置的比特，可能有不同的含义，如：有的起同步作用；有的代表地址或控制信息；有的是被传输的数据本身；还有的则可能是为了检错或纠错而加上的冗余位等。所有这些都需要在通信协议中作出明确规定。由于计算机通信系统的多样性，通信协议也有各种各样。随着计算机通信技术的发展，通信协议的内容越来越多，需要把协议按其相互依赖的关系分为多层子协议，这样就出现了多层协议。

1.3.1 OSI 体系结构与通信协议

为了使各种计算机通信系统之间能够进行互相通信，国际标准化组织 ISO(International Standards Organization)于 1981 年正式提出了“开放系统互联基本参考模型”OSI(Open Systems Interconnection)作为计算机网络体系结构的国际标准，现在已被国际上广泛接受。

OSI 参考模型是一种分层结构，把计算机网络系统，从功能上分为 7 个层次。每个层次相对独立，下一层向上一层提供服务。各层只利用其下一层向其提供的服务，而不必顾及下一层是如何实现的。这样，各层的功能相对简单，便于实现，容易修改，只要它所利用的低层服务和它提供给上一层的服务不改变即可。OSI 七层参考模型结构如图 1.3.1 所示。

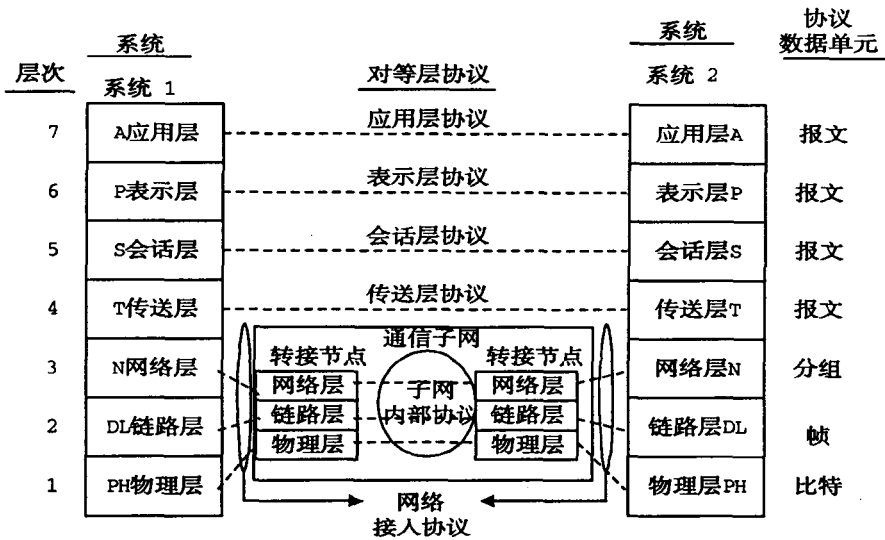


图 1.3.1 OSI 七层参考模型

图 1.3.1 中的两个开放互联系统，可以是两台不同的计算机系统，它们之间通过物理的传输介质直接相连(也可以通过网间连接设备相连)。在两个对等层次之间进行通信时，为了使通信能正确进行，它们必须遵循共同的约定，就是对等协议。各对等层之间都有应

遵循的协议。由于传输介质只是通过最下面的物理层连接起来的，因此上面各层要实现对等层之间的通信，必须逐层地利用下面层次的服务功能，直到最低的物理层，才能利用传输介质进行传输。各层的功能简介如下：

物理层 PL(Physical Layer): 它是 7 层模型的最低层。它负责在传输介质上传输二进制比特流，并规定了物理连接的机械、电气、功能和过程特性。机械特性规定了连接时所用接插件的形状、大小和引脚等；电气特性规定了电压值、逻辑电平及其他电气参数；功能特性规定了每根连接线的功能及定义；过程特性规定了各种事件的出现顺序。物理层是在接口技术中经常涉及到的。

数据链路层 DL(Data Link Layer): 它建立在物理层之上，其功能是将待传送的数据信息按一定格式的帧进行传送，并进行差错控制、流量控制等，使两个系统间可能出现传输错误的物理连接成为无差错的数据链路。

网络层 N(Network Layer): 它在数据链路层之上，主要负责在网络中进行路由选择。由于网络中有许多节点，可以组成不同的路径，路由选择可按某种算法，合理地选择路由，完成数据在通信子网的传输。

传输层 T(Transport Layer): 它是端到端的层次，其功能已超出通信子网的范围，它提供端到端的差错控制和流量控制等功能，向上一层提供透明的保证质量的数据传输服务。

会话层 S(Session Layer): 它在传输层之上，其主要功能是在两个通信高层进程之间建立和管理不同形式的对话。

表示层 P(Presentation Layer): 它在会话层之上，其主要功能是提供数据和信息的语法表示变换，包括诸如编码的转换、加密与解密、数据压缩与恢复等功能。

应用层 A(Application Layer): 它是 7 层结构的最高层，它提供了在开放系统互联环境下对各种应用或服务的接口。根据不同的应用要求(如：文件输入、访问和管理、报文处理、远程数据库访问等)，提供不同的服务。

在 OSI 这 7 层结构中，各层都有相应的协议，而计算机通信接口技术所涉及的，主要是低 3 层，尤其是数据链路层的通信协议。DL 层的协议按传输的同步方式，可分为异步通信协议和同步通信协议两种，下面分别进行介绍。

1.3.2 异步通信协议

异步协议把每个字符看作一个独立的信息，在每个字符起始处同步，但各字符之间的相对时间是可以变化的。发送端和接收端分别采用近似同一频率的两个时钟(两个时钟频率完全相同是不可能的)，只要能在一段短时间内保持同步，就可用字符起始处同步的时钟来采样字符中的各比特位，而不需要每一位都进行同步。

当前用得较多的是起止式异步协议。它是以字符为单位进行传输的，字符之间没有固定的时间间隔要求。在传输时，每个字符之前都要有一位起始位，其后面是该字符 5~8 位码元(位数取决于字符编码的种类)，按低位在前、高位在后的顺序排列。随后是一位奇偶校验位(也可以没有)，最后是 1~2 位的终止位。通常情况下，5 单位字符码终止位为 1