

施荣华 编著

计算机

网络技术与应用

ROBOTICS

VOICE RECOGNITION



中国铁道出版社

计算机网络技术与应用

施荣华 编著

中 国 铁 道 出 版 社

1 9 9 9 年 • 北 京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本书为适应计算机网络技术的普及和推广应用,以计算机网络技术、局域网络原理为基础,重点介绍了网络互连技术、高速计算机网络技术、计算机网络安全技术、国际互联网 Internet 以及典型的网络应用示例。全书共分 9 章,内容包括计算机网络技术概论、计算机局部网络基本原理、Novell 网络、Windows NT 网络、X.25 网络、DDN 数据网、高速 LAN 技术、ISDN 网络技术、ATM 网络技术、FR 帧中继技术、CHINANET 网、CERNET 及其校园网、网络互连技术和网络系统集成技术等。

本书采用理论与实际相结合、系统结构与设备配置相结合,是一本兼顾计算机网络基础和新技术应用,内容丰富的教科书。适用于计算机科学与技术、通信工程、自动化、国际经济与贸易、金融学、会计学、财务管理、工程管理、交通运输及相关专业本科和专科教材,也可作为企事业单位中从事计算机网络技术工作的科技人员的培训教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络技术与应用/施荣华编著. —北京:中国铁道出版社,1999

ISBN 7-113-03216-8/TP · 342

I. 计… II. 施… III. 计算机网络-基本知识 IV. TP39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 02547 号

书 名:计算机网络技术与应用

著作责任者:施荣华 编著

出版·发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街 8 号)

策划编辑:殷小燕

责任编辑:殷小燕

封面设计:李艳阳

印 刷:北京彩桥印刷厂

开 本:787×1092 1/16 印张:15.25 字数:373 千

版 本:1999 年 2 月第 1 版 1999 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

书 号:ISBN7-113-03216-8/TP · 342

定 价:27.50 元

版权所有 盗印必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、脱页者,请与本社发行部调换。

前 言

计算机网络技术是当今计算机科学与工程中正在迅速发展的新兴技术之一,是计算机应用中的一个空前活跃的重要领域,同时也是计算机技术、通信技术和自动化技术相互渗透而形成的一门新兴学科。当前,它已广泛应用于党政机关和企业办公自动化、工厂管理、军事指挥系统及其他科学实验系统中,并引起了社会广泛的关注和极大的兴趣。美国国防部高级研究计划局于1969年研制成功世界上第一个网络 ARPANET,这标志着计算机网络技术的诞生。30多年来,计算机网络技术经历了一个从简单到复杂、从低级到高级、从单网到互联网的发展过程。其中,80年代局部网络技术达到实用化,被广泛应用于各行各业,其特点是在一个单位或部门内实现信息的共享与传输;90年代高速计算机网络技术的应用,如高速 LAN 技术、ATM 技术和 FR 帧继技术等,扩大了计算机网络的应用范围和综合效率,其特点是大大提高了网络运行速度和拓宽了网络频带,适应了多媒体信息的应用需求;尤其是近几年发展起来的 Internet 网,可实现各类网络系统的全球范围的互联,从此计算机网络技术及其应用进入了新的阶段。

为了适应计算机网络技术迅速普及推广应用的形势,并针对各类用户尽快熟悉和使用计算机网络的需求,特编写本教科书。全书共分九章:第一章是计算机网络技术概论,介绍计算机网络定义、功能、拓扑结构、报文交换方式、OSI 参考模型、流量控制、路径选择及差错控制等基本概念和基本技术;第二章是计算机局部网络基本原理,介绍计算机局部网络的特点、介质存取控制技术、协议、接口及性能分析方法等内容;第三章介绍 Novell 网络及其应用技术;第四章介绍 Windows NT 网络及其应用技术;第五章是计算机网络互联技术及应用,介绍网络互联的层次结构、网络互联设备、TCP/IP 网络互连协议、Novell 网互联技术、Windows NT 网互联技术及 Novell 网与 Windows NT 网的互联集成技术等;第六章是计算机广域网络,重点介绍 X.25 广域分组网络与 DDN 数字数据网及其应用技术;第七章是 Internet 及其应用,介绍了 Internet 的主要信息资源与服务资源、Internet 地址、电子邮件 E-mail、CERNET 与校园网的组建示例、Intranet 网及其应用示例、CHINANET 及其接入方式、以及 Internet 常用应用软件的使用方法等;第八章是高速计算机网络技术,包括 ISDN、FDDI、ATM 和帧中继技术;第九章是计算机网络安全技术,在概述计算机网络安全基本技术和新技术的基础上,重点介绍数据密码技术和网络防火墙技术等。本书第一、二、三、五、七、八、九章及附录由施荣华编写;第四章由黎方正编写;第六章由王国才编写。参加本书编写及文稿输入整理工作的有陈语林、刘光瑜、文惠芝、刘全红、刘沈、杨政宇、曹刚等同志。另外在本书的编写过程中,刘卫国副教授及编者的两位研究生(盘善海、孙景伟)也做了大量的工作;特别是行治民教授对本书的全部内容进行了认真仔细的审校并提出了宝贵的意见,在此一并表示衷心的感谢!

本书采用理论与实际相结合、系统结构与设备配置相结合,是一本兼顾网络基础和新技术应用,内容丰富,注重实用的教材。可作为计算机科学与技术、通信工程、自动化及其它工程和管理学科的本科和专科的计算机网络与应用课程的教材,也可作为企事业单位中从事计算机网络技术工作的科技人员的培训教材和参考书。

本书在编写中参考了近年来出版的有关计算机网络著作中的有关内容,收集了有关杂志中发表的最新资料,综合了编者历年来从事计算机网络课程教学及科研工作的体会。由于编者水平有限,错误和不妥之处,希望批评指正。

编者

1998年9月

目 录

第一章 计算机网络技术概论

第一节	计算机网络的发展	1
第二节	计算机网络的结构	4
第三节	计算机网络中报文交换方式	8
第四节	计算机网络体系结构及协议	10
第五节	计算机网络中流量控制及路径选择	12
第六节	计算机网络差错控制技术	16

第二章 计算机局部网络基本原理

第一节	计算机局部网络的特点及分类	22
第二节	LAN 常用的介质存取控制技术	23
第三节	计算机局部网络协议	27
第四节	计算机局部网络接口	28
第五节	计算机局部网络性能分析	32

第三章 Novell 网络及应用

第一节	Novell 网络概述	40
第二节	NetWare V3.11 系统的安装	44
第三节	NetWare 4.X 系统的安装	50
第四节	Novell 网络服务及应用	52
第五节	打印服务器管理	65

第四章 Windows NT 网络及应用

第一节	Windows NT 的基本特征	72
第二节	Windows NT 的安装	75
第三节	Windows NT 的网络应用管理	82
第四节	Windows NT 网络常用功能的使用	87
第五节	应用示例——RAS 办公信息系统解决方案	89

第五章 计算机网络互连技术及应用

第一节	网络互连的层次结构	92
第二节	网络互连设备及应用	93
第三节	TCP/IP 网络系统	96

第四节	Novell 网互连技术	103
第五节	Windows NT 网互连技术	107
第六节	NetWare 与 Windows NT 的互连集成技术	110

第六章 计算机广域网及其应用

第一节	计算机广域网概述	113
第二节	X.25 网络系统	115
第三节	DDN 数字数据网络系统	136
第四节	计算机广域网应用	143

第七章 Internet 及其应用

第一节	Internet 概述	150
第二节	Internet 地址	152
第三节	电子邮件 E-mail	156
第四节	校园网的组建	159
第五节	Intranet 网及其应用	164
第六节	Internet 的连接	172
第七节	Internet 应用软件的使用	176

第八章 高速计算机网络技术

第一节	高速 LAN 技术	187
第二节	ATM 网络技术	192
第三节	帧中继网络技术	203

第九章 计算机网络安全技术

第一节	网络安全保密问题的产生	208
第二节	网络安全的基本技术与标准	208
第三节	DES 算法	211
第四节	网络防火墙技术及其应用	213
第五节	网络中数据安全的保护措施	217
附录 A	Novell NetWare 控制台命令	219
附录 B	国内部分高校 WWW 地址一览表	227
附录 C	国内部分 BBS 站点地址一览表	236
参考文献		238

第一章 计算机网络技术概论

第一节 计算机网络的发展

一、计算机网络的定义

所谓计算机网络是指以共享资源为目的,利用通信手段将地域上相对分散的若干台独立计算机系统、终端设备和数据设备连接起来,并在协议的控制下进行数据交换的系统。如图 1-1 所示。

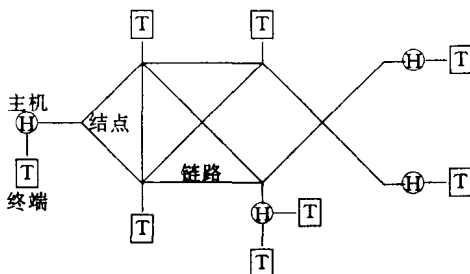


图 1-1 计算机网络示意图

二、计算机网络的功能与应用

计算机网络主要具有以下功能:

(1) 实现资源共享

可使只具有微、小型或不具备计算机的用户也能分享只有大型机用户才有的好处,避免重复投资和劳动,从而提高了利用率,使系统的整体性能价格比得到改善。

(2) 突破地域界限

可更加符合信息系统的原始组织结构,也更易于为用户所接受。

(3) 增加可靠性

在一个系统内,单个部件或计算机的暂时失效需通过改换资源的办法来维持系统的继续运行。但在计算机网络中,每种资源(尤其是数据)可以存放在多个地点,而用户可以通过多种途径来访问网内的某个资源,从而避免了单个故障对用户使用的影晌。

(4) 提高处理能力

单机的功能是有限的,且由于种种原因,计算机之间的忙闲程度是不均匀的。从理论上讲,在同一网内的多台计算机可通过协同操作、并行处理,来提高整个系统的处理能力,并使网内计算机负载均衡,但具体实施很困难。

(5) 进行数据通信

计算机网络内的各计算机、终端和用户之间可以毫不困难地实现电子邮政,可以在相距遥远的地方进行文字和声音、图像的通信。如果计算机网络覆盖的地域范围足够大,其可使各种信息在全国乃至全球范围内快速传递和处理。只有具备了这种功能,才表明信息处理系统和通

信系统工程已统一到了一个系统工程之中。

由于计算机网络具备上述功能,故可以得到广泛的应用。在银行利用计算机网络进行业务处理,可使用户在任一处存款或取款;还可以利用地理位置的差异增加资金的流通速度。例如,地处美国的银行晚上停止营业后将资金通过网络转借给地处新加坡的银行,而此刻新加坡正是白天,新加坡的银行就可在白天利用这笔资金,到晚上又归还给美国的银行,从而提高了资金的利用率。在各机票售票处之间建立计算机网络,可使任一售票处都能实时了解各航班的座位又互不冲突。在军事指挥系统中的计算机网络,可以使遍布在十分辽阔地域范围内的各计算机协同工作,对任何可疑的目标信息进行处理,及时发出警报,从而使最高决策机构采取有效措施。在现今的信息世界里,没有充足、准确、及时的信息,任何信息系统都无法发挥作用。世界上建立的各种各样的数据库,便是提供准确、及时的信息的集散地,而计算机网络正是存取这些数据库的重要手段。计算机网络作为传递、存储、处理信息的整体系统,在未来的信息社会中将得到更加广泛的应用,如电子邮政、电子会议、计算机辅助教育、自动化图书馆、自动化商店等,甚至可以在家里上班。

三、计算机网络的发展过程

计算机网络的发展经历了由简单到复杂、由低级到高级的发展过程。最初为了解决远程数据收集、远程计算和处理,发展了远程联机的系统,如图 1-2 所示。

一个远程终端利用专用线路和主机连接起来作为主机的一个用户。这种方式的缺点在于一个远程终端独占一条线路,线路利用率很低。于是出现了许多终端共用一条线路的结构,如图 1-3 所示。

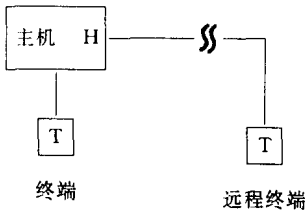


图 1-2 远程终端示意图

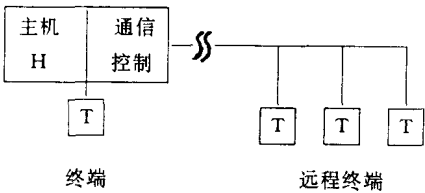


图 1-3 共用一条线路的远程终端

显然,任何时刻只可能有一个终端利用传输线与主机通信,不同的终端必然要分时地使用传输线。为了有选择地连接某个终端,以及多个终端同时要求使用主机时解决它们之间的争用问题,这就需要相应的硬件和软件,最初这项工作是由主机负担。为了减少主机在通信控制方面的负担,提高主机的处理效率,出现了集中器和前端处理机系统,如图 1-4 所示。往往把这

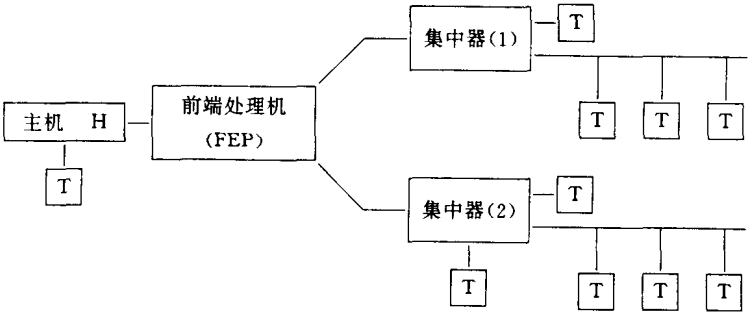


图 1-4 面向终端的计算机网络

种系统称为面向终端的网络。FEP(前端处理机)本身是一台小型计算机或高档微机,负担通信处理的任务;在终端较集中的地方设置集中器,先用低速线路把数据汇集到集中器,再用高速线路把汇集以后的信息送入主机中,集中器通常是一台高档微机。

随着计算机应用范围的扩大,新的要求不断出现,例如一个计算机系统用户希望能使用另一个计算机系统的资源,或希望和另一个计算机一起共同完成某项任务,这就出现了计算机—计算机网络,如图 1-5 所示。

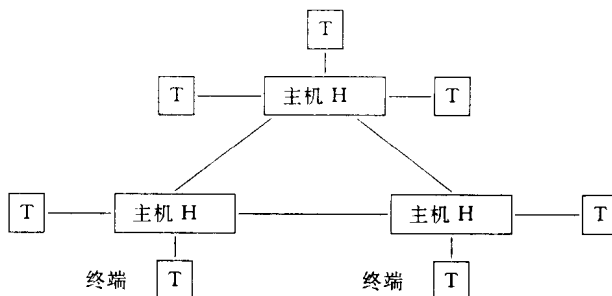


图 1-5 计算机—计算机网络示意图

随着网络结构的不断完善,从逻辑上把数据处理功能和数据通信功能分开,这就构成了具有二级结构的网络,如图 1-6 所示。

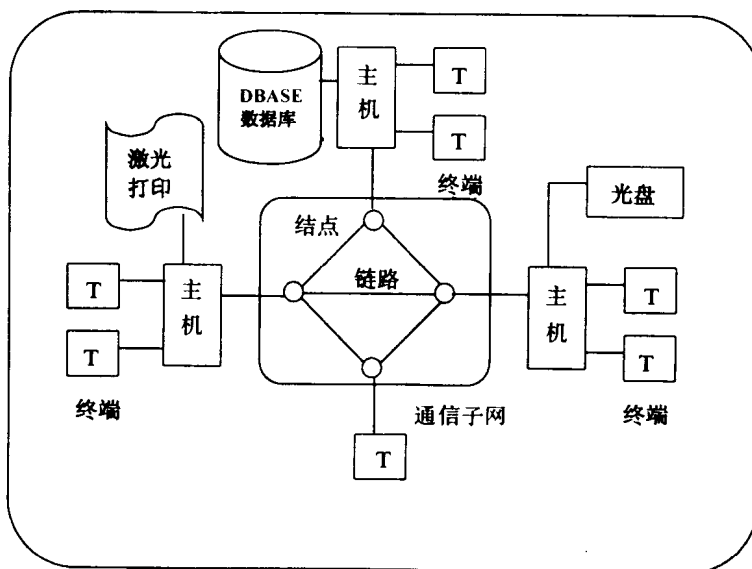


图 1-6 二级结构网络模型

通常把实现通信功能的部分称为通信子网,把实现数据处理功能的部分称为资源子网。美国国防部高级研究计划局于 1969 年组建的 ARPA 网络就是二级网络的一个例子。

随着 ARPA 网的建立与发展,20 世纪 80 年代诞生了覆盖全球的 INTERNET 网,使计算机网的优越性得到了证实。另外很多国家都建立了较大规模的公用的计算机分组交换网,例如美国的 TELENET;加拿大的 DATAPAC;法国的 TRANSPAC;中国的 CHINAPAC 等。由于远程计算机网络必须使用长距离的数据通信网络,因此它只有依靠一个国家政府才能投资兴建。1975 年美国 XEROX 公司推出了世界上第一个总线型的 ETHERNET 网络,使计算机网

络技术出现了一个新的分支——计算机局域网。由于微型计算机技术的迅猛发展,微机局域网已普遍用于各类中小型信息系统、办公室自动化系统、生产过程的自动化控制系统。国内外较流行的局域网产品已有几十种,例如 ETHERNET, ARCNET, IBM TOKEN RING, FDDI, ATM 等。各种局域网之间的互连以及局域网与广域网之间的互连技术也得到了巨大的发展。

第二节 计算机网络的结构

一、计算机网络的基本结构

一般来说,计算机网络的基本结构有以下星形、树形、网状形、环形及总线形等数种。

1. 星形

如图 1-7(a)所示,每个端机均以一条单独通道与中心相连。这种结构方式简单,建网较易,一条通道或一个端机有故障时不影响网络其他部分工作,但如果中心有故障则全网停止工作。通道线路总长较长,费用较大,端机与端机之间通信均需经过中心,不方便,在采用专用自动交换机(PABX)构成网络时多采用这种方式。

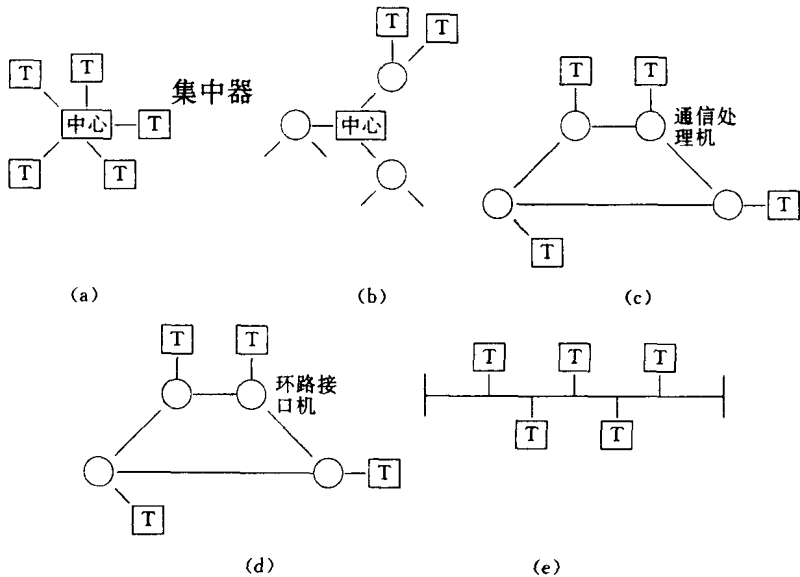


图 1-7 网络基本结构

2. 树形(集中型)

这种结构是星形的扩展,如图 1-7(b)所示。当有些端机群离中心较远时,可先将它们连于一个集中器或地区中心,然后再通过高速通道连至中心。采用合理的连接方案可使通信线路的总费用比星形结构低很多,但这种结构比较复杂,数据在通道传输时要经过多条链路(链路指两个网络之间的一段线路),时延较大。

3. 网状形(分布型)

如图 1-7(c)所示,是由分布在不同地点并具有独立处理功能的多个计算机系统经通道互连而成。每个网络结点至少要有两条通道与其他结点相连,任何一条链路故障时,数据报文可经过其他链路传输,可靠性较高。报文在网络从一个结点传输到另一个结点时,可以选择最佳路径,以减小时延,改善流量分配,获得较好的性能。目前的资源共享远程网络均属于这种类

型。

4. 环形

各主机或终端经环路接口机连成一个环形。如图 1-7(d)所示。这种网络在局部网络中获得广泛应用。

5. 总线形

如图 1-7(e)所示,它是在一条单总线上连着网络中所有工作站和共享设备(磁盘、打印机等),结构简单,易于实现。但沿总线同时只能有一对结点发、收报文,因此通道访问控制问题是其核心问题之一。这种网络结构也主要用于局部网中。

6. 无线网络

如图 1-8 所示为卫星通信网络结构示意图。地区网络可以是以上各种形式的网络,通信卫星形成一个中心交换站,通过地面站与网络相连。

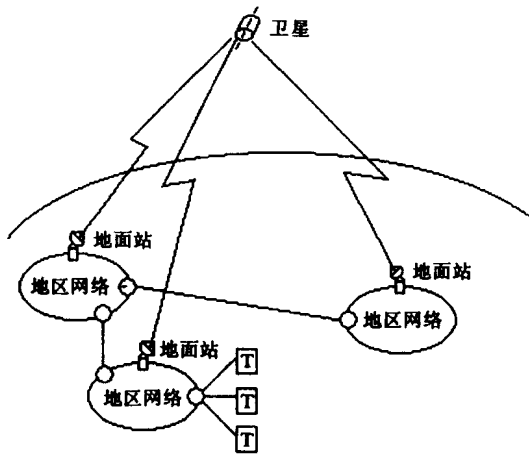


图 1-8 卫星通信网络示意图

二、计算机网络的主要组成部件

在不同的网络结构中,如果我们只是抽出其中相互连接的两台计算机来看,就会得到如图 1-9 所示的简单结构。

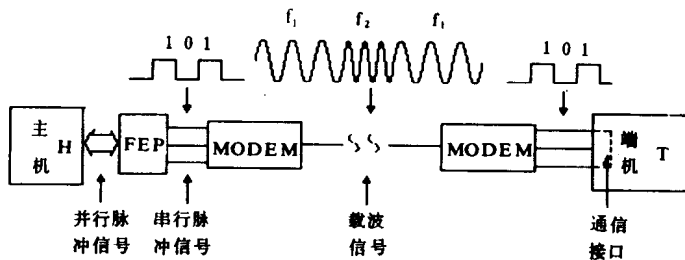


图 1-9 两台计算机之间的连接

下面就图中各种组成部分加以简要说明。

1. 主机

在面向终端的网络中,主机就是计算中心的大型机。在计算机—计算机网络(资源共享

网络)中,分散在不同地点的担负一定数据处理任务的计算机称之为主机,可以是单机,也可以是多机系统,要求主机具有实时批处理和交互式分时处理的能力,要有通信能力及相关的接口,要有虚拟存储系统及数据库管理功能。在分布式网络中要考虑程序兼容和可移植问题。

2. FEP

早期在计算机与 MODEM(调制调解器)之间的接口采用通信控制器,它的主要作用是将主机中的并行脉冲系列变为串行脉冲系列和实现与 MODEM 连接的功能。目前在微机系统中采用通信控制器,例如 PC 机中的异步通信接口,它做成插板形式,插在主机箱内。在采用通信控制器的情况下,许多通信处理工作,例如代码变换、报文分组与重装、路径选择等等,都仍需要主机来完成,加重了主机的负担。为了减轻主机负担,目前对于大中型的主机,在通信网络与主机之间均设置一台小型机或微型机作接口,并完成全部通信处理工作,这就是所谓前置处理机(FEP)。它的作用总的说,就是使主机用户在与远地用户进行数据通信时不必关心通信所必须的功能,使通信功能对用户是透明的。ARPA 网中的 IMP 接口信息处理机也就是一种前置处理机。在计算机网络中,有时为了节省通信线路,先将若干远程终端连到一个共用的通信控制器或通信处理机,然后经高速线路向远方传送。这种通信控制设备叫做集中器。集中器也具有代码变换、报文缓冲、电路转接、多路复用等功能,也可以说是在终端侧完成多路通信的复用器或通信处理机。

3. MODEM

在使用模拟通道进行数据传输时,把数字信号调制成交流载波信号以便在线路上进行传输的设备叫调制器,在接收端将其反变为数字信号的设备叫解调器,合称调制解调器。调制方式有调频、调幅及调相三种。在数据通信中常用的正是调频及调相两种。图 1-9 中线路的信号就是按调频方式画出的。当调制器输入端有“1”时,输出载波的频率为 f_1 ,有“0”时,输出的频率为 f_2 。采用调相时,则对应“1”、“0”输出的载波频率有截然不同的相位。采用调幅时,则是载波的幅度随“1”、“0”有不同数值。

4. 终端机

可以是一般具有键盘及显示功能的终端,也可以是微型机,是直接面对用户的工作站。由于微型机的价格越来越便宜,采用微型机作终端设备,既具有一定的处理能力,费用又高的不多,将被广泛采用。

5. 通信线路

通信线路常用的是双绞线、多路电缆、同轴电缆、光导纤维及无线通道等。

三、网络通道速率及传输方式

1. 通道速率

通道速率有两种表示方式,一是用波特(Baud)表示,它表示的是信号速率(也叫调制速率),是每秒传输的信号(脉冲)数。例如,若每秒传送的“1”、“0”信号数为 60 在采用调频时即每秒内对应的调制波(f_1 或 f_2)为 60,则传输速率就是 60Baud/s。

通道速率的另一种表示方式是比特/秒(bit/s),它表示的是信息速率,是每秒传输的比特(信息量单位)数。一个脉冲如果只取两种状态之一,传输一个脉冲的信息量是 1bit。如果一个脉冲可取四种状态之一(例如大、小、长、短),则传输一个脉冲的信息量就是 2bit。也就是说,一个脉冲可能的状态数越多,传输一个脉冲所含的信息量越大。因此信息速率与调制速率有以下

关系。

$$C = B \log_2 n \quad (1-1)$$

式中 C ——信息速率,单位为比特/秒(bit/s);

B ——调制速率,单位为 Baud/s;

n ——每一个信号可能出现的状态数。

在 $n=2$ 时, $C=B$ 。即当信号采用“1”、“0”两种状态时信息速率与调制速率是一样的。在 MO-DEM 采用四相位调相方式时(例如载波可有 0° 、 90° 、 180° 、 270° 四种不同相位), $n=4$, 这时 $C=2B$, 如果通道的调制速率是 2400Baud/s, 则信息速率是 4800bit/s。

信号在通道传输会受到干扰,在发送端为“1”的信号,由于通道干扰,在接收端可能畸变为“0”信号。通道传输的可靠性可用误码率来衡量。定义误码率 P_e 为波特。

$$P_e = N_e / N_\Sigma \quad (1-2)$$

式中 N_e ——传输中发生错误的信号单元数;

N_Σ ——传输的信号单元总数。

信号在通道传输时,由于受通道频带宽度的限制,调制速率不能超过一定值。对于一个音频话路来说,取频带宽度为 3000Hz,根据奈奎斯特定理,最大调制速率为 6000Baud/s。由于通道干扰的存在,式(1-1)中的 n 并非可取任意值。根据仙农公式,通道最大的允许信息速率 C 与带宽 H 、信号功率 S 及噪声功率 N 有以下关系:

$$C = H \log_2 (1 + S/N) \quad (1-3)$$

上式表示的是最大可能的信息传输速率。实际上,在带宽为 3000Hz 时,只能达到 9600bit/s。对于一般的载波电话线路,一个话路平常可用 600~1200bit/s,质量好的可用 2400~4800bit/s。速率要求高时,就需要多占几个话路,采用较宽的频带。采用基带传输时,一对线路只用于一个通道,对双绞线来说,传输速率可达 100Mbit/s。图 1-10 所示为几种通信线路的信息传输速率的范围。

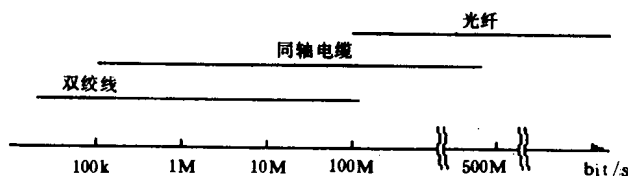


图 1-10 几种通信线路的比较

2. 传输方式

在数据的传输方式方面,当传输速率不高时,常采用异步方式;当传输速率在 2400bit/s 以上时,多采用同步方式。

(1) 异步方式(起止方式)

数据传输以字符为单位。每发送一个字符前先发送一个起动位,如图 1-11 所示,让接收端准备接收数据,在一个字符(包括一个奇偶校验位)发送完毕时,发送一个终止位,告诉接收端字符发送结束。终止位的长度为 1~2 个脉冲宽度。

发送端与接收端只要在传输一个字符的期间保持同步即可。非传输数据期间,发、收两端不要求有同步关系。两个字符发送之间的间隔不固定。

(2) 同步方式

同步方式要求发收两端的时序总要保持同步关系。由接收端从线路来的信号中提取同步

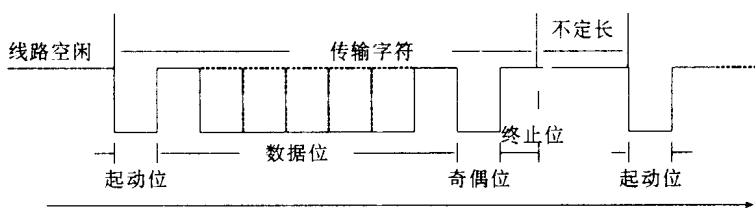


图 1-11 异步方式代码结构

信号,用以使接收端的时序与发送端保持同步。例如图 1-12 所示为常用的一种 Manchester 代码。每一码元由两部分组成,中间有一次跳变,码元的前半周期代表数据的补码,后半周期为数据的真值,因而在每一码元期间脉冲极性均有一次变化,可供接收端提取同步脉冲。



图 1-12 Manchester 代码

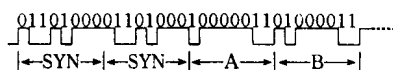


图 1-13 同步方式代码结构

在异步方式中,由于需发起动位,要浪费约 20% 的通道时间。同步方式效率较高。但在同步方式中,需设法为字符定界,为此采用同步字符 SYN,如图 1-13 所示。同步字符应与一般字符不同,以便识别。在接收端可用一个寄存器保存 SYN 字符的代码,在接收时,将接收到的比特序列与 SYN 比较,若各位均一致,表示收到的是 SYN 字符。于是紧接着便是一个字符的开始。为了可靠常常连发两个或多个 SYN 字符。

第三节 计算机网络中报文交换方式

数据传输不同于语言传输的一个突出特点,是数据传输有较大的间歇,或叫突发性,即发送期间的速率可以很高,但两次发送间的间隔时间可能很长,也就是说,峰值传输速率与平均传输速率之比很大,而对语言传输来说,这个比值就相对很小。一般计算机至终端数据传输的峰值与平均值之比为 100 : 1,而语言传输中为 3 : 1,因此,在数据传输中根据它的特点研究如何充分提高通道传输效率,是一个很重要的问题。

数据传输不同于语言传输的另一个特点,是它对传输正确性的要求较高。在语言传输中,不大的失真或个别听不清一般靠人的判别仍能正确收听,实在不清楚时可由人要求再说一遍。但在数据传输中,一个码元(一位)的错误都可能使接收发生错误,因此在数据报文中必须增加检错码,报文被对方收到后必须回答确认报文(ACK),如果超过一定时间无 ACK 回答,或者收端因接收错误而发回否认回答(NAK)时,发送端必须重发原来的数据报文。这是计算机网络中广泛采用的一种差错控制方法。

一、报文交换方式

就报文在网络中的交换方式,即如何提供一条报文在网中传输数据的通路来说,可以分为线路交换与存储—转发两种方式。

1. 线路交换

这种方式与打电话时一样,从源端至终端由中间的交换机建立起一条物理通路,然后送数

据,传送完毕后,拆除通路连接,如图 1-14 所示。由于上述数据传输的间歇性,这种方式的通道效率不高。

2. 存储—转发

如图 1-15(a)所示,当有报文到达集中器(或通信处理机)时,若出线空闲,随即发送出去,若出线忙,报文暂时存储于缓冲区中,等待线路空闲时再发出。这种方式能平滑通道的负荷,特别适合于间歇性的数据传输。例如,假设集中器连有 12 个终端,平均每 30 秒终端发报一次,发报速率为 80 bit/s,每次发报 150bit。12 个终端的总平均发报速率为:

$$12 \times 150 / 30 = 60 \text{ bit/s}$$

采用存储—转发时,出线速率只要大于 60 bit/s 即可。但是如果采用分时交换方式(见图 1-15(b)),则出线速率需要为 $80 \times 12 = 960 \text{ bit/s}$ 。

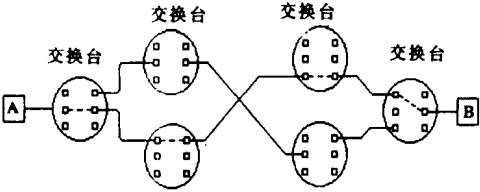


图 1-14 线路交换原理

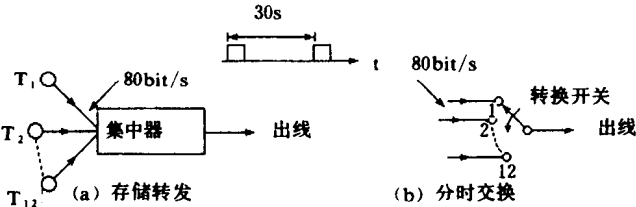


图 1-15 交换方式比较

存储—转发交换方式又可分为两种。一种叫报文交换,即数据在网络中以完整的报文为单位进行传输;另一种叫报文分组交换,即报文分解为固定长度的报文分组,数据在网络中以报文分组为单位进行传输。

报文分组交换的工作原理如图 1-16 所示。设主机 A 向主机 B 发送一个报文,报文长度相当三个报文分组(分组长度由设计者决定,在 ARPA 网中为 128 字节)。主机 A 将整个报文送到前置通信处理机 1 之后,由通信处理机分解为三个报文分组,并暂存于缓冲区中,然后选择合适的空闲线路向目的地发送。假设报文分组 1 及 2 选择通向结点 2 的线路,报文分组 3 选择通向结点 4 的线路,报文分组每到达一个中间结点后,又按存储—转发方式选择新的出线发送,直至到达终端通信处理机 5。由于每个报文分组在中间结点等待的时间不同。经由的路径也可能不同,因此各报文分组到达结点 5 时的先后顺序便与从结点 1 发出时不相同。结点 5 必须在收齐各报文分组并按原来顺序号组装成完整的报文后,再送交给主机 B。报文分组在网中每到达一个结点时,如果接收正确,便向前一个结点返回一个 ACK,前一个结点在收到此 ACK 后,将其缓冲区的该报文分组取消,以便存储新的报文分组。若超时收不到 ACK,或者收到一个 NAK,则前一结点重发原来的报文分组。

报文分组交换与报文交换相比有以下好处:

- ① 报文在网络中的延时较小。因为中间结点收到一个报文分组之后即可转发,而不是像报文交换那样要等整个报文到齐之后才能转发。
- ② 有传输错误时只重发错误的报文分组,不是重发整个报文。
- ③ 接收缓冲区按报文分组的大小来考虑,便于设计和使用。

二、数据报和虚电路

报文分组交换方式目前应用的有两种类型。一类叫做数据报,另一类叫虚电路。数据报的

工作原理就是前面在图 1-16 所说明的,其特点是每个报文分组在传输过程中可以选择自己的路径。

虚电路在路径选择方面与数据报相比则不然,它是在传送报文之前,从源结点到终结点先建立一条逻辑链路,逻辑链路用逻辑号代表,一条物理链路上可以建立多条逻辑链路。这种逻辑链路叫虚电路。虚电路建立后,各报文分组即依次序沿着它从源结点送往终结点。由于各报文分组沿同一路径传输,故到达接收端时顺序是不会变的。发报完毕,可拆除该虚电路。图 1-17 所示为虚电路的示意图。虚电路的逻辑号好像铁路上列车的车号一样,在同一条铁路线上可以有 multiple 列车,每一列车都按自己的车次号所确定的路线在运行。

虚电路与数据报相比,可以节省每一报文分组的报头开销,因为不必每个报文分组都含有收、发报文的地址等信息,但它需要有虚电路的建立和拆除过程,不像数据报那样灵活。目前两种方式在不同的网络中均被广泛应用。

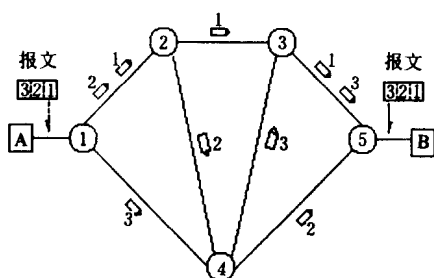


图 1-16 报文分组交换原理

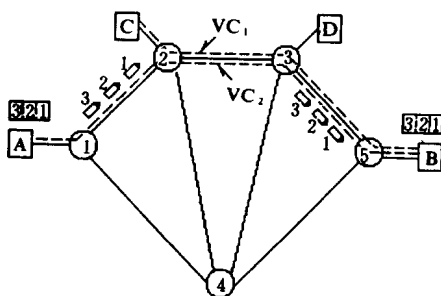


图 1-17 虚电路原理示意图

第四节 计算机网络体系结构及协议

一、协议和体系结构

计算机网络资源的共享,以及在网络中交换信息,就需要实现不同系统中的实体的通信。实体包括用户应用程序、文件传送、数据库管理系统、电子邮件设备以及终端等。系统包括计算机、终端和各种设备等。一般说来,实体是发送和接收信息的任何东西。而系统是物理上明显的物体,它包含一个或多个实体。两个实体要想成功地通信,它们必须具有同样的语言。交流什么,怎样交流及何时交流,都必须遵从有关实体间某种互相都能接受的一些规则。这些规则的集合称为协议,它可以定义为在实体间控制数据交换的规则集合。协议的关键成分有:

- ①语法:包括数据格式、编码及信号电平等。
- ②语义:包括用于协调和差错处理的控制信息。
- ③定时:包括速度匹配和排序。

由于不同系统中的实体间通信任务十分复杂,相互不可能作为一个整体来处理,否则任何一方面的改变,就要修改整个软件包。一种替代的办法是使用结构式的设计和实现技术,用分层或层次结构的协议集合。较低级别的,更原始的功能在较低级别的实体上实现,而它们又向较高级别的实体提供服务。

图 1-18 所示表示一般的结构或协议集合,并画出了两个站经由多个交换网连接的情况。甲站和乙站每个都有一个或多个希望通信的应用程序。在每一对相似的实体中需要一种面向应用的协议,以协调两个应用模块的行动并保证共同的语法和语义。这一协议不要知道有关中

间通信网络设施的情况,但是要利用网络服务实体所提供的服务。网络服务实体与另一个站中的相应实体要有一个进程的协议。这一协议要处理诸如信息流控制和差错控制之类的事务。在甲站和 A 网之间以及乙站和 B 网之间也必须有协议。

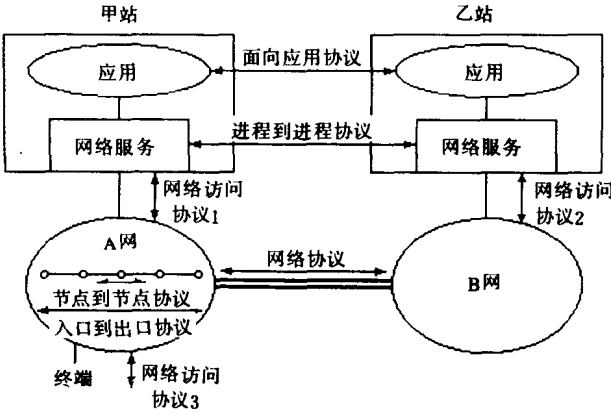


图 1-18 通信协议之间的关系

当采用结构式协议设计时,我们将用户实现通信功能的硬件和软件称为通信体系结构。

二、OSI 模型

国际标准化组织 ISO 的 OSI 分委员会于 1981 年正式推荐了一个网络体系结构参考模型,即开放系统互连 OSI(Open System Interconnection)模型。这是一个定义连接异种计算机标准的主体结构。OSI 为连接分布式应用处理的“开放”系统提供了基础。“开放”这个词表示能使任何两个遵守参考模型和有关标准的系统进行连接。OSI 采用分层的结构化技术。

ISO 分委员会的任务是定义一组层次和每一层所完成的服务。层次的划分应该从逻辑上将功能分组,层次应该足够的多,以使每一层小到易于管理,但是也不能太多,否则汇集各层的处理开销太大。

1. OSI 参考模型的特征

①是一种将异构系统互连的分层结构。开放系统互连 OSI 参考模型共有七层如图 1-19 所示。

②提供了控制互连系统交互规则的标准骨架。

③定义了一种抽象结构,而并非具体实现的描述。

④不同系统上的相同层的实体称为同等层实体。

⑤同等层实体之间通信由该层的协议管理。

⑥相邻层间的接口定义了原语操作和低层向上层提供的服务。

⑦所提供的公共服务是面向连接的或无连接的数据服务。

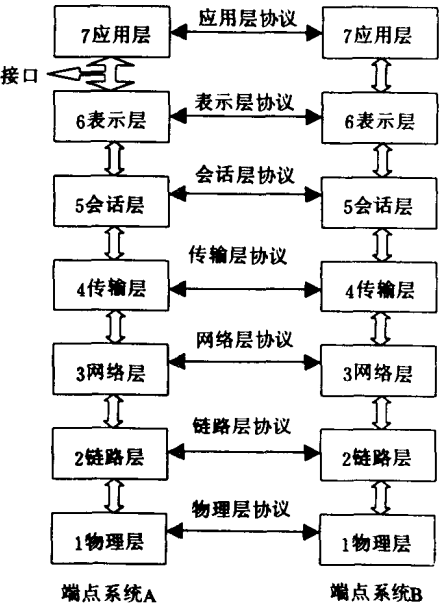


图 1-19 OSI 七层参考模型