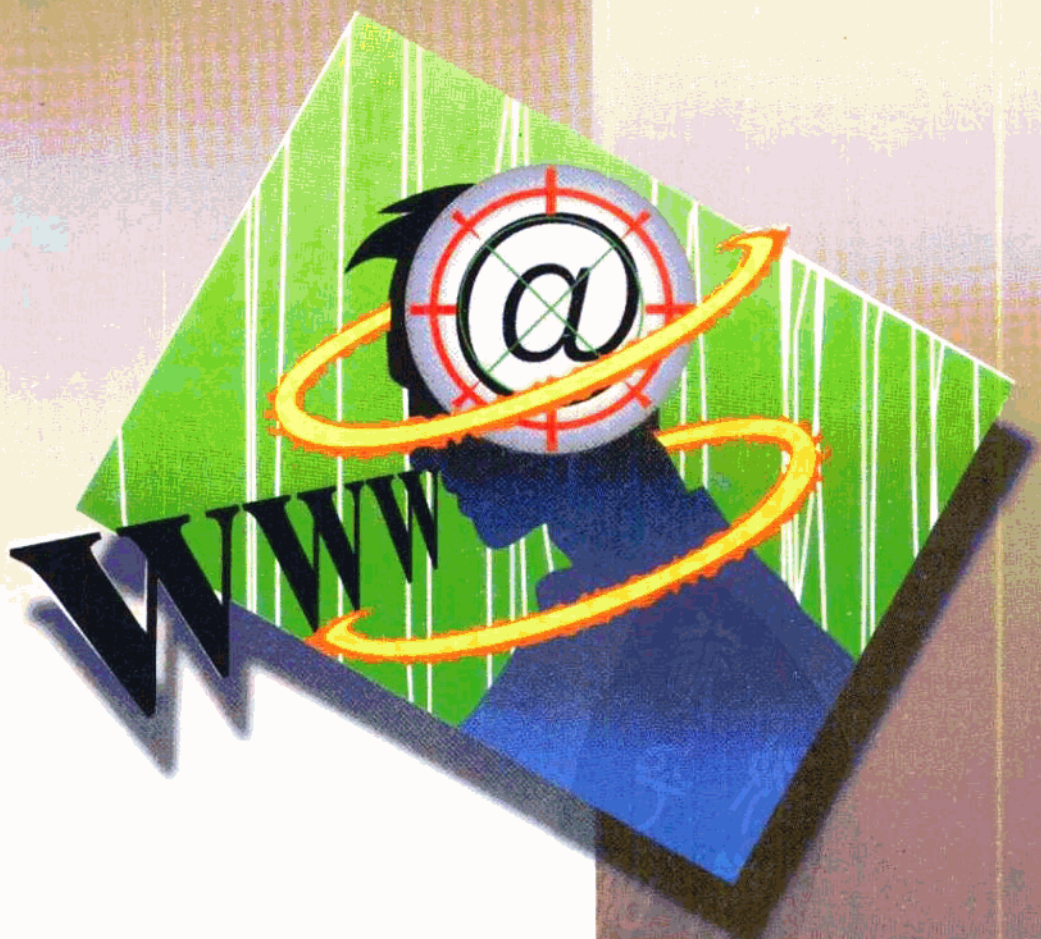


邓国民 编著

计算机 网络技术教程



前

言

计算机网络是计算机与通信技术紧密结合的产物,它代表了当代计算机体系结构发展的一个极其重要的方向。计算机网络技术包括了硬件、软件、网络体系结构和通信技术。计算机网络化是计算机大规模普及应用的支柱技术,同时,几乎所有的计算机都面临着网络化的问题。随着人类社会逐步进入信息网络时代,计算机网络的应用必将进入千家万户,它正在改变着人们的工作方式和生活方式,正在进一步引起世界范围内产业结构的变化,促进全球信息产业的发展,并且在各个领域内发挥着越来越重要的作用。

当前网络技术飞速发展,建立网络不只是简单地将计算机在物理上连接起来,而是要合理地规划和设计整个网络系统,充分利用现有的各种资源,建立遵循标准的高效、可靠、具有扩充性的实用网络系统。那么,如何规划和实施一个网络方案、如何管理网络资源、如何处理网络故障等是本书要回答和解决的问题。

本书分成3个部分,详细介绍了计算机网络技术基础、Windows NT 网络操作系统、Internet 基础知识和主要服务功能方面的基本理论、主要实用技术、服务功能和使用方法。第一篇“计算机网络的基本理论和实用技术”,介绍数据通信和计算机局域网的有关基本概念、基础知识和实用技术,共3章。其中,第1章介绍网络的定义、发展、结构和分类等知识;第2章介绍数据通信的基本概念、数据传输、数据交换、拓扑结构、网络标准化组织等知识;第3章介绍局域网特点和功能、组成局域网的主要硬件设备、局域网的传输介质访问控制方式、局域网的典型实现技术、计算机局域网的网间互联、计算机局域网的系统结构、网络操作系统等知识。第二篇以 Windows NT4.0 作为网络操作系统的典型代表,系统地介绍了 Windows NT 网络的组建、连接、设置

和使用等典型实用技术。共 6 章。其中,第 4 章介绍 Windows NT 网络操作系统的功能特点、分区类型、安装方法和组网方案等知识;第 5 章介绍 Windows NT 网络工作站的连接、TCP/IP 协议基础、网络互联等知识;第 6 章介绍 Windows NT 网络系统的组织与账户管理;第 7 章介绍 Windows NT 网络服务器的管理;第 8 章介绍 Windows NT 网络上的远程访问系统;第 9 章介绍 Windows NT 网络打印管理。第三篇“Internet 网络基础”,共 1 章(第 10 章),主要介绍了 Internet 基础知识、主要服务功能和使用方法,包括 Internet 的基本结构、组织管理和通信协议,电子邮件、远程登录、文件传输、新闻公告、WWW 等服务,以及 Internet 接入方法。

本书的学习方法:如果是初学者,应该从头学起,认真地阅读整本书,这样可以较快地成为一名网络工程人员或网络管理人员。对于一个有一定经验的网络工程和管理人员来讲,可以有选择地阅读感兴趣的部分,不必从头开始。如果了解 Windows NT 网络操作系统,可以直接阅读第二篇中第 4、5、6、7、8、9 章的相关内容。如果了解互联网知识,可以直接阅读第 10 章。

本书在编写过程中得到许多老师的大力支持,在此谨表衷心的感谢!由于时间仓促,作者学识有限,书中不妥或错误之处敬请读者批评指正。

作 者

2001 年 8 月

第 一 篇

计算机网络的基本理论 和实用技术

第 1 章 计算机网络概述

本章主要介绍“计算机网络”的有关基本概念,以及计算机网络的定义、结构与组成,这是一个计算机网络管理人员应掌握的基本知识。

主要包括:

- 计算机网络的历史、产生及发展。
- 计算机网络的定义。
- 计算机网络的结构与组成。
- 计算机网络的拓扑结构与分类。

1.1 计算机网络的定义

1.1.1 计算机网络的定义

在计算机网络的发展过程中,人们对计算机网络提出了不同的定义。不同的定义反映着当时网络技术发展的水平以及人们对网络的认识程度。这些定义大致可以分为 3 类:广义的观点、资源共享的观点与用户透明性观点。从目前计算机网络的特点看,采用广义和资源共享相结合的观点来定义比较确切。

计算机网络定义为:把分布在不同地点且具有独立功能的多个计算机,通过通信设备和线路连接起来,在功能完善的网络软件运行下,以实现网络中资源共享为目标的计算机系统。

1.1.2 计算机网络的 3 个基本特征

1. 建立计算机网络的主要目的是共享联网计算机的资源

计算机资源主要指计算机硬件、软件与数据。网络用户可以使用本地计算机资源,可以通过网络访问远程联网计算机资源,也可以调用网中几台计算机共同完成某项任务。

2. 联网计算机是分布在不同地理位置的多台独立的计算机系统

联网计算机之间可以没有明确的主从关系,每台计算机可以联网工作,也可以脱网独立工作。联网计算机可以为本地用户提供服务。也可以为远程网络用户提供服务。

3. 联网计算机必须遵循全网统一的网络协议

计算机网络是由多台互联的计算机组成的,计算机之间需要不断地交换数据与传递控制信息。要有条不紊地进行工作,每台联网的计算机都必须遵守一些事先约定的规则,这些规则称为网络协议(protocol),明确地规定了数据与信息的格式和时序。只有遵循全网统一

的网络协议,联网计算机才能够方便地交换信息、共享资源。

1.2 计算机网络的产生和发展

计算机网络从 20 世纪 60 年代诞生以来,经历了计算机网络互联的初期、ARPAnet 网的诞生、NSFnet 网的建立及 Internet 网在全世界的形成和发展等阶段。

1.2.1 计算机网络互联的初期

20 世纪 50 年代初,由于军事上的需要,美国在建成的半自动地面防空系统 SAGE 上进行了计算机技术与通信技术相结合的尝试,就是将远程雷达及其他测量设备测量到的数据信息,通过通信线路与一台 IBM 计算机连接,集中对防空信息进行处理与控制。为了达到这个目的,进行了许多关于数据通信方面的基础研究。

在这项研究的基础上,人们通过利用通信线路将计算机与远方的终端连接起来。在通信软件的控制下,各个用户在自己的终端上分时轮流使用中央计算机系统的资源对数据进行处理。然后,再将处理结果直接送回终端,这就形成了具有通信功能的终端——计算机网络系统。它首次实现了计算机技术与通信技术的结合,属于计算机网络发展的初期阶段。

另外,美国在 1963 年投入使用的飞机远程订票系统 SABRE-1,也是这类系统的代表之一。

1.2.2 计算机网络发展的高级阶段:ARPAnet 网的诞生

美国国防部的高级研究计划局(ARPA)于 1968 年提出研制 ARPAnet 网络计划,1969 年便建成了具有四个节点的试验网络。1971 年 2 月建成了具有 15 个节点、23 台主机的网络并投入使用,这就是有名的 ARPAnet 网。它是世界上最早出现的计算机网络之一,现代计算机网络的许多概念和方法都来源于它。美国的 ARPAnet 网络是网络发展的一个里程碑。是 Internet 互联网的第一个主干网。

基本思想:利用高速通信线路将多台地理位置不同,并且具有独立功能的计算机连接起来,开始了计算机与计算机之间的通信。

1.2.3 NSFnet 网的建立

由于美国军方 ARPAnet 网的成功,美国国家科学基金会(NSF, National Science Foundation)决定资助建立计算机科学网,该项目也得到 ARPA 的资助。

1985 年,NSF 抓住时机提出了建立 NSFnet 网络的计划。作为实施该计划的第一步,NSF 把全美国五大超级计算机中心利用通信干线连接起来,组成了全国范围的科学技术网 NSFnet,成为美国 Internet 的第二个主干网,传输速率为 56Kbps。接着,在 1987 年,NSF 采用招标方式,由三家公司(IBM, MCI 和 MERIT)合作建立了一个新的广域网。该网络作为美国 Internet 网的主干网,由全美 13 个主干节点构成,由主干节点向下连接各个地区网,再连到各个大学的校园网络的局域网,采用 TCP/IP 作为统一的通信协议标准。传输速率由 56Kbps 提高到 1.544Mbps。因此,它成为美国 Internet 网的最主要成员之一。

1.2.4 计算机网络的发展经历

计算机网络的形成与发展经历了四个历史阶段:

第一阶段:计算机技术与通信技术相结合,形成了初期的计算机网络模型。此阶段网络应用的主要目的是提供网络通信、保障网络连通。

第二阶段:在计算机通信网络的基础上,完成了网络体系结构与协议的研究,形成了完整的计算机网络。此阶段网络应用的主要目的是提供网络通信、保障网络连通、网络数据共享和网络硬件设备的共享。

第三阶段:解决了计算机联网与互联标准化问题,提出了符合计算机网络国际标准的“开放式系统互联参考模型(OSI RM)”,从而极大地促进了计算机网络技术的发展。此阶段网络应用的主要目的已经发展到为企业提供信息共享服务的信息服务时代。

第四阶段:计算机网络向互联、高速、智能和全球化发展,并且迅速得到普及,实现了全球化的广泛应用。

1.3 计算机网络的结构与组成

从计算机网络的结构上看,总可以把它划分为两个部分:

资源子网:以主计算机为主体的网络;

通信子网:纯粹用于通信部分的网络。

把网络中纯通信部分的子网和以主计算机为主体的资源子网分离开,这是网络层次结构思想的重要体现,使得对整个计算机网络的分析和设计大为简化。

1.3.1 资源子网

资源子网一般由主计算机系统、终端、终端控制器、联网外设、各种软件资源和数据资源等组成。

资源子网负责全网的数据处理和向网络用户提供网络资源及网络服务。其中,主体设备为:主计算机系统和终端。

1. 主计算机

在计算机网络中,主计算机(host)负责数据处理和网络控制,它与其他模块中的主机联网以后,构成网络的主要资源。主计算机与通信控制处理机之间,利用高速通信信道或 I/O 接口相连接。作为网络的主计算机应是具有完成批处理(实时或交互分时处理)能力的硬件和操作系统,并具备相应的接口。主计算机可以是大型机、中型机、小型机、工作站或者微型机。普通用户终端通过主计算机入网。主计算机除了要为本地图用户访问网络其他主计算机设备、共享资源提供服务之外,同时还要为网中其他用户(或主机)共享本地资源提供服务。随着微型机的广泛应用,连入各种计算机网络的微型机数量日益增多,它可以作为主机的一种类型,直接通过通信控制处理机连入网内,也可以通过联网方式,与大、中、小型计算机系统连在一起以后,以间接的方式连入网内。

2. 终端

终端(terminal)是网络中用量大、分布广的设备。它直接面对用户,是用户进行网络操

作、实现人机对话的工具。对于近程终端来说,它一般通过传输介质与通信控制处理机直接相连;对于远程终端来说,一般需要通过集中器和调制解调器再与通信控制处理机相连。一台典型的终端看起来很像一台 PC 机,它由显示器、键盘和一个串行接口组成。与 PC 机不同之处是终端只有通过主计算机才能工作。而 PC 机在配置适当的仿真软件或硬件后,也可以作为终端使用。一台主计算机连接终端的数量由主机的性能决定,一般的主计算机可以连接几十台甚至几百台终端。

1.3.2 通信子网

不同类型的网络,其通信子网的物理组成各不相同。局域网最简单,它的通信子网由传输介质和主机网络接口板(网卡)组成。例如在以太网(Ethernet)中,传输介质可以是标准以太网电缆、双绞线、宽带电缆等,网卡可以是 3Com 公司 3C50x 系列以太网卡或 Novell 公司 NE2000 以太网卡等等。

在广域网中,通信子网除了包括传输介质和主机网络接口板之外,还涉及专用的中间计算机称为“互联网路由器”(internet router)或者“互联网网关”(internet gateway),简称“IP 网关”。在应用 TCP/IP 协议互联起来的网络中,转发部件是一种称为“协议转换器”的中间计算机(注意与 IP 网关的区别),用于实现互联网络之间不同协议的转换。下面我们将介绍通信子网中的几种设备。

1. 通信控制处理机

通信控制处理机也称前端处理机(FEP, Front End Processor),主要作用是控制模块与终端设备之间的数据传输,以及对终端设备之间的通信线路进行控制管理。另外它还是网络中各个模块之间的接口机,负责模块之间的信息传输控制。

主要功能是:线路传输控制、差错检测与恢复、路径选择与流量控制、代码转换以及作业的装配与拆卸等。它是为了减轻主机的负担,提高主机效率而设置的,一般由小型机或高档微机担任,与主机之间通过高速的并行方式交换信息。

2. 集中器

集中器的作用是把若干个终端经低速通信线路集中起来,连接到 1~2 条高速线路上。然后,经高速线路与通信控制处理机连接,以便提高通信效率,减少通信费用。

它的主要功能是:差错控制、代码转换、信息缓存与电路转接等,通常由小型机或微机担任。

3. 调制解调器

调制解调器(modem)是一种能将数字信号调制成模拟信号,又能将模拟信号解调为数字信号的装置。调制解调器的名字就是从调制和解调(modulate - demodulate)的功能而来的。

20 世纪 60 年代初,随着计算机使用的普及,通过普通电话线连接计算机与终端便成为一种迫切需要。然而,计算机和终端输出的是数字信号,而一般的电话线仅适用于传输音频范围的模拟信号,这就要求在通信线路与主计算机、通信控制处理机与终端之间接入模拟信号与数字信号相互转换的变换器。为此,AT&T 公司便设计了 Bell 103 调制解调器。

有关调制解调器的工作原理和分类标准等问题将在后面介绍。

4. 网络传输线路

按照数据信号的传输速率不同,通信线路分为高速、中速和低速3种。

一般终端与主计算机、终端与通信控制处理机之间均采用低速通信线路;各主计算机之间(包括主计算机与通信控制处理机之间)及各通信控制处理机之间均采用高速通信线路。通信线路可以采用双绞线、同轴电缆、架空明线和光导纤维等有线通信线路,也可以采用微波、通信卫星等无线通信线路。

1.4 计算机网络的分类

用于对计算机网络进行分类的标准很多。例如,按拓扑结构分类、按网络协议分类、按信道访问方式分类及按数据传输方式分类等。我们将按照一种能反映网络技术本质特征的分类标准,即按计算机网络的分布距离来分类,计算机网络可以分为以下3类。

1.4.1 局域网(LAN, local area network)

局域网用于将有限范围内(如一个实验室、一幢大楼、一个校园)的各种计算机、终端与外部设备互联成网。局域网按照采用的技术、应用范围和协议标准的不同可以分为共享局域网与交换局域网。局域网技术发展迅速、应用日益广泛,是计算机网络中最为活跃的领域之一。

1.4.2 城域网(MAN, metropolitan area network)

城市地区网络常简称为城域网。城域网是介于广域网与局域网之间的一种高速网络。城域网设计的目标是要满足几十公里范围内的大量企业、机关、公司的多个局域网互联的需求,以实现大量用户之间的数据、语音、图形与视频等多种信息的传输功能。

1.4.3 广域网(WAN, wide area network)

广域网也称为远程网。它所覆盖的地理范围从几十公里到几千公里。广域网覆盖一个国家、地区,或横跨几个洲,形成国际性的远程网络。广域网的通信子网主要使用分组交换技术。广域网的通信子网可以利用公用分组交换网、卫星通信网和无线分组交换网,它将分布在不同地区的计算机系统互联起来,达到资源共享的目的。

如果说广域网的作用是扩大了信息社会中资源共享的范围,那么局域网的作用则是进一步增强了信息社会中资源共享的深度。

局域网是继广域网之后网络研究与应用的又一个热点。广域网技术与微型机的广泛应用推动了局域网技术研究的发展。80年代,局域网技术出现了突破性的进展。在局域网领域中,采用 Ethernet, Token Bus, Token Ring 原理的局域网产品形成了三足鼎立之势,并已形成了国际标准。

采用光纤作为传输介质的光纤分布式数字接口 FDDI 产品在高速与主干网应用方面起了重要的作用。90年代,局域网技术在传输介质、局域网操作系统与客户机/服务器计算模式等方面取得了重要的进展。

在 Ethernet 网络中,用非屏蔽双绞线实现了 10Mbps 的数据传输,并在此基础上形成了网

络结构化布线技术,使局域网络在办公自动化环境中得到更为广泛的应用。

局域网操作系统 NetWare, Windows NT Server, IBM LAN Server 及 UNIX 操作系统的应用,使局域网技术进入成熟阶段。客户机/服务器计算模式的应用,使网络服务功能达到更高水平。TCP/IP 协议的广泛应用,使网络互联技术发展到一个崭新的阶段。

在 Internet 飞速发展与广泛应用的同时,高速网络的发展也引起了人们越来越多的注意。高速网络技术发展主要表现在宽带综合业务数据网 B-ISDN、异步传输模式 ATM、高速局域网、交换局域网与虚拟网络上。随着技术的发展,高速局域网的数据传输速率已经达到 100Mbps 与 1000Mbps。

习 题

1. 什么是计算机网络? 试比较计算机网络和分布式计算机系统的区别和联系。
2. 什么是计算机网络资源共享功能? 试举例说明资源共享的功能。
3. 为什么要建立计算机网络? 它有哪些基本功能?
4. 计算机网络由几部分组成? 各有什么功能?
5. 计算机网络应该具有几个基本特征? 都是什么?
6. 按网络覆盖的地理范围可以将计算机网络分为几种?

第 2 章 计算机网络技术基础

计算机网络是计算机技术与现代通信技术相结合的产物。

从功能结构上我们把计算机网络看成是一个两层结构的系统。外层是由主计算机等构成的资源子网,承担全网的数据处理和向网络用户提供共享的资源及相应的服务;而内层则是通信控制处理机和高速通信线路等组成的通信子网,负责全网的数据传输、交换、加工和变换等通信处理工作,即负责将一台计算机输出的数据传送给另一台计算机。

在网络中,任何两台计算机之间的数据交换都是借助于通信的手段来实现的,从本质上看,是一个数据通信问题。

众所周知,目前构成计算机网络的计算机或终端设备都是数字式的,它们之间交换信息的方式都是以二进制数字信号表示的。但是,在数据通信过程中,数字信号以何种方式表示,则需要看选用什么样的通信信道。有的通信信道允许传输数字信号,有的通信信道则只允许传输模拟信号。因而便有两种不同的数据传输方式:基带传输和频带传输。基带传输又可以分为串行传输和并行传输。在串行传输中,由于配置不同,又有单工、半双工和全双工通信之分。另外,在数据的串行传输中,还有一个重要因素,就是数据发送和接收的定时性,也就是异步传输和同步传输的问题。

在计算机网络中,数据通过通信子网进行交换时,有线路交换和存储转发交换两种方式。不过,目前绝大多数计算机网络的数据交换均采用后者。

在两台计算机进行数据交换的过程中,发生差错怎么办?这就是数据通信中的差错控制问题。

此外,还将讨论计算机网络的拓扑结构,计算机网络的 3 个标准化组织和相应通信标准。

上述这些有关数据通信中的基本问题,在介绍网络时,或多或少都必须涉及到。为了使用户更好地理解网络的原理,我们在这里集中介绍一些数据通信方面最基础的概念。

综上所述,本章将介绍的主要内容:

- 数据通信的基本概念。
- 数据传输类型。
- 数据传输方式。
- 数据交换技术。
- 差错检验与校正。
- 局域网拓扑结构。
- 标准化组织和通信标准。

2.1 数据通信的基本概念

2.1.1 信息、数据和信号

计算机网络中,通信的目的是为了交换信息。那么,什么是信息呢?

1. 信息(information)

信息是消息(message)所包含的内容,是加工处理后的数据,它的载体是数字、文字、语音、图形和图像等。

计算机及其外围设备产生和交换的信息都是由二进制代码表示的字母、数字或控制符号。

目前常用的二进制代码是美国信息交换标准码(ASCII, American Standard Code for Information Interchange),目前已被国际标准化组织(ISO, International Organization for Standardization)和国际电报电话咨询委员会(CCITT, Consultative Committee International Telegraph and Telephone)采纳,并已发展成为国际通用的交换标准代码。它是用7位二进制数来表示一个字母、数字或符号。例如,英文字母A的ASCII码是1000001,数字1的ASCII码是0110001。

2. 数据(data)

被传输的二进制代码称为数据,它是传递信息的载体。数据与信息区别在于:数据仅涉及事物的表示形式,而信息则涉及到这些数据的内容和解释。对于数据通信系统来说,我们关心的是数据的表示方式和传输的方法。

数据的表示方式:数据可用数字信号和模拟信号两种方式表示。

数字信号:是一种离散信号。

模拟信号:是一种连续变化信号。

3. 信号(signal)

信号是数据在传输过程中的电磁波表示形式。信号就是电磁波。

2.1.2 信道及信道的分类

1. 信道

传输信息的必经之路称为信道。

2. 物理信道和逻辑信道

在计算机网络中,有物理信道和逻辑信道之分。

物理信道是指用来传送信号或数据的物理通路,它由传输介质及有关通信设备组成。

逻辑信道也是网络上的一种通路,通常把逻辑信道称为“连接”。

在信号的接收和发送之间不仅存在一条物理上的传输介质,而且在物理信道的基础上,还通过由节点内部的连结来实现“连接”。

3. 有线信道和无线信道

根据传输介质是否有形,物理信道可以分为有线信道和无线信道。

有线信道包括电话线、双绞线、同轴电缆、光缆等以各种有形线路传递信息的方式;

无线信道包括无线电、微波和卫星通信信道等以电磁波形式在空间传播信息的方式。

4. 模拟信道和数字信道

如果按照信道中传输不同类型的数据信号来分,物理信道又可以分为模拟信道和数字信道。

模拟信道传输的是模拟信号,而数字信道直接传输二进制数字脉冲信号。

如果要在模拟信道上传输计算机直接输出的二进制数字脉冲信号,就需要在信道两边分别安装调制解调器。

5. 专用信道和公共交换信道

如果按照信道的使用方式来分,又可以分为专用信道和公共交换信道。

专用信道又称专线,这是一种连接用户之间设备的固定线路,即可以是自行架设的专用线路,也可以向邮电部门租用。专用线路一般用在距离较短或数据传输量较大的场合。

公共交换信道是一种通过公共交换机转接,为大量用户提供服务的信道。顾名思义,采用公共交换信道时,用户与用户之间的通信,通过公共交换机到交换机之间的线路转接。公共电话交换网就属于公共交换信道。

2.1.3 信道容量

信道容量:是指数字信道能传输信息的最大能力,一般用单位时间内最大可传送的字节数来表示。

信道容量由信道的带宽 F 、可使用的的时间 T 以及信道质量(即信号功率与干扰功率之比)决定。实际应用中的传输速率要小于信道容量,高的传输速率将被信道容量限制而得不到充分利用。例如,56Kbps 的调制解调器在较差的电话线路上却只能达到 28.8Kbps 甚至 14.4Kbps 的传输速率。

2.1.4 码元和码字

码元:是对计算机网络传送的二进制数字中的每一位的通称,或称为“码位”。

码字:指由 7 个码元组成的序列,通常称为“码字”。在 7 位 ASCII 码中,二进制数字 1000001,这个码字就是字母 A。

2.1.5 数据通信系统主要技术指标

在数据通信系统中,为了描述数据传输速率的大小和传输质量的好坏,往往需要运用比特率、波特率和出错率等技术指标。比特率和波特率是用不同的方式描述系统传输速率的参量,它是通信技术中的重要指标。它的大小不但直接影响网络的效率,而且对于实时性要求较高的计算机网络通信应用来说,显得更为重要。

1. 比特率 S

比特率是一种数字信号的传输速率,它表示单位时间内所传送的二进制代码的有效位(bit)数,单位用比特每秒(bps)或千比特每秒(Kbps)表示。

2. 波特率 B

波特率是一种调制速率,也称波形速率。它是针对模拟信号传输过程中,从调制解调器输出的调制信号,每秒钟载波调制状态改变的次数。或者说,在数据传输过程中,线路上每

秒钟传送的波形个数就是波特率,其单位为波特(baud)。

从调制速率的意义来理解,它是脉冲信号经过调制后的传输速率,通常用于表示调制解调器之间传输信号的速率。若以 T 表示波形的持续时间,则调制速率可以表示为:

$$B = 1/T(\text{波特})$$

比特率和波特率之间有下列关系:

$$S = B \log_2 n$$

其中, n 为一个脉冲信号所表示的有效状态数。

在二进制中,一个脉冲的“有”和“无”表示 1 和 0 两个状态。对于多相调制来说, n 表示相的数目。在二相调制中, $n=2$, 故 $S=B$, 即比特率与波特率相等。但在更高相数的多相调制时, S 与 B 就不相同了,见表 2-1。

表 2-1 比特率和波特率之间的关系

波特率(baud)	1200	1200	1200	1200
多相调制的相数	二相调制($n=2$)	四相调制($n=4$)	八相调制($n=8$)	十六相调制($n=16$)
比特率(bps)	1200	2400	3600	4800

波特率(调制速率)和比特率(数据传输速率)是两个最容易混淆的概念,但它们在数据通信中却很重要。两者的区别与联系,见图 2-1。

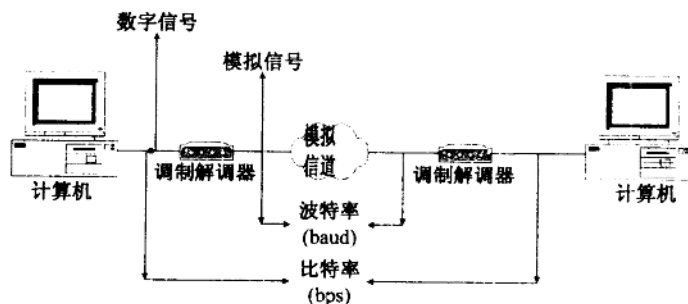


图 2-1 比特率与波特率的区别

3. 出错率

出错率是指信息在传输中的错误率,也称为“误码率”。

它是数据通信系统在正常工作状况下,传输可靠性的指标。如果传输的信息以码元为单位,则在计算机网络通信系统中,要求误码率低于 10^{-6} 。

2.1.6 带宽与数据传输速率

带宽: 指传送信息信号的高频率与低频率之差,单位为 Hz、kHz、MHz 或 GHz。经常人们在模拟信道中采用“带宽”表示信道传输信息的能力,例如:电话信道的带宽为 300Hz ~ 3400Hz。

在数字信道中,人们通常用“数据传输速率”(比特率)表示信道的传输能力,即每秒传输的比特数,单位为 bps、Kbps、Mbps 或 Gbps。例如:调制解调器的传输速率为 56Kbps 或 28.8Kbps 等。

由于带宽与数据传输速率这两个术语都是用来度量网络传输能力的,所以,在一些论述计算机网络的中外文书籍中,两者经常混用。例如,常说“带宽”为 128K,是指“数据传输速

率”(比特率)为 128Kbps。但是,从技术角度来讲,这是两个完全不同的概念,希望大家注意区别。

2.2 数据传输类型

如前所述,在数据通信系统中,由于数据在传输过程中,可以用数字信号和模拟信号两种方式表示。因此,它们在信道中的传输,也相应分为基带传输和频带传输两类。

2.2.1 基带传输

基带:把某种矩形电脉冲信号的固有频率称为“基带”。

在数据通信中,表示计算机传输的二进制数字信号是典型的矩形电脉冲。由于这种未经调制的电脉冲信号所占据的频带通常从直流和低频开始,因而人们把这种矩形电脉冲信号的固有频率称为“基带”,相应的信号称为“数字基带信号”。

数字信号基带传输:在某些有线信道中,特别是传输距离不太远的情况下,数字基带信号可以直接传送,称为“数字信号基带传输”。

在基带传输中,需要对数字信号进行编码,即用不同电压极性或电平值代表数字信号的“0”和“1”,一般有 3 种编码方法。它们是:非归零编码、曼彻斯特编码和差分曼彻斯特编码。

a) 非归零编码(NRZ, Non-Return to Zero)

非归零编码规定为:用负电压代表“0”,正电压代表“1”。

该编码的缺点是接收方和发送方无法保持同步。因此,为了保证收、发双方同步,必须在发送该编码的同时,用另一个信道同时发送同步时钟信号。

计算机串口与调制解调器之间使用的就是基带传输中的非归零码。

b) 曼彻斯特编码(Manchester)

曼彻斯特编码是目前广泛使用的编码方法之一,其编码规则是:

- ① 每比特的周期分为前后两部分。
- ② 前半部分传送该比特的反码,后半部分传送该比特的原码。

曼彻斯特编码的优点是:每比特中间有一次电平跳跃,该跳跃可以作为本地时钟,也代表数字信号的取值。当每比特中间由低电平向高电平跳跃时,代表“1”;由高电平向低电平跳跃时,代表“0”。这种称为“自含时钟编码”信号的方法,无需另外发送同步信号。例如:10 Base 以太网使用的就是基带传输的曼彻斯特编码。

曼彻斯特编码的缺点是:效率较低。

c) 差分曼彻斯特编码

差分曼彻斯特编码是对曼彻斯特编码的改进。其规则是:

- ① 每比特的中间跳变仅做同步之用。
- ② 每比特的值根据其开始边界是否发生跳变来决定。若开始处出现电平跳变代表“0”,不发生跳变则代表“1”。

2.2.2 频带传输

频带传输:指利用模拟信道实现数字信号传输的方法称为“频带传输”。

基带传输是数据通信中一种非常重要的传输形式。但是它只能在信道上原封不动地传输二进制数字信号。对于远距离通信来说,目前经常使用的仍然是普通的电话线,因为它是当今世界上覆盖范围最广、应用最普遍的一类通信信道。而且,无论计算机网络技术和通信技术如何发展,电话通信信道仍然是现在与将来使用的一种基本的网络通信手段。

众所周知,传统的电话通信信道是为传输语音信号而设计的,它只适用于传输音频范围(300Hz~3400Hz)的模拟信号,不适用于直接传输计算机的数字基带信号。

载波:用音频范围内某一频率的正(余)弦模拟信号作为载波,来运载所要传输的数字信号。

为了利用电话交换网实现计算机之间的数字信号传输,必须将数字信号转换成模拟信号。为此,需要在发送端选取音频范围内某一频率的正(余)弦模拟信号作为载波,用它运载所要传输的数字信号,通过电话信道将其送至另一端;在接收端再将数字信号从载波上取出来,恢复为原来的信号波形。这种利用模拟信道实现数字信号传输的方法称为“频带传输”。

其中,由发送端将数字数据信号转换成模拟数据信号的过程称为“调制”(modulation),相应的调制设备称为“调制器”(modulator);在接收端把模拟数据信号还原为数字数据信号的过程称为“解调”(demodulation),相应的设备称为“解调器”(demodulator)。同时具备调制和解调功能的设备称为“调制解调器”(modem)。

为了利用模拟信道实现计算机的数字信号传输,首先必须对计算机输出的数字信号进行调制。在调制过程中,选用的载波信号可以表示为:

$$u(t) = A(t)\sin(\omega t + \phi_0)$$

其中,振幅 A 、角频率 ω 、相位 ϕ_0 是载波信号的三个电参量,它们是正弦波的控制参数,称为“调制参数”,它们的变化将对正弦载波的波形产生影响。我们可以通过改变这三个参量实现对模拟数据信号的编码。相应的调制方式分别称为“幅度调制”、“频率调制”和“相位调制”。

幅度调制:

在幅度调制中,频率和相位都是常数,振幅为变量,即载波的幅度随发送的数字信号而变化。用具有一定幅度的载波信号表示二进制数字“1”;用幅度为0的载波信号表示二进制数字“0”。

其数学表达式为:

$$u(t) = A_m \sin(\omega t + \phi_0)$$

$$u(t) = 0$$

分别代表数字“1”和“0”。

频率调制:

频率调制又称为“移频键控”FSK(Frequency-Shift Keying)。在频率调制中,把振幅和相位定为常量,频率为变量。

其数学表达式为:

$$u(t) = A_m \sin(\omega_1 t + \phi_0)$$

$$u(t) = A_m \sin(\omega_2 t + \phi_0)$$

分别表示数字“1”和“0”。