

高等学校计算机科学与技术教材

计算机网络基础教程

Computer
张立云 马皓 孙辨华 编著

3-43



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



北方交通大学出版社

<http://press.njtu.edu.cn>



306

TP393-43

Z339

高等学校计算机科学与技术教材

计算机网络基础教程

张立云 马 皓 孙辨华 编著

清华大学出版社

北方交通大学出版社

·北京·

内 容 简 介

本书根据作者长期从事计算机网络建设、网络应用系统的开发及计算机网络教学的实践经验,本着力求反映计算机网络技术的最新发展和理论与实际相结合的原则而编写。全书分为8章,主要内容包括计算机网络的基本概念、计算机网络体系结构与协议、OSI参考模型、数据通信基础、编码技术、局域网基本知识、介质访问控制、局域网组网技术、广域网数据链路层协议与连接技术、计算机网络互连的基本原理与技术、网络互连设备的功能与应用、网络互连协议TCP/IP、全球最大的互联网Internet的基本知识及各种信息服务与应用、各种网络操作系统的功能与配置等。书中重点讲述了计算机网络的基础知识、局域网与广域网技术、网络互连、路由器、TCP/IP、Internet等内容。本书在局域网和广域网章节中,讲解了最新高速广域网技术(如POS、WDM),并着重讲解了交换局域网技术和以太网家族,包括以太网、快速以太网、千兆以太网和万兆以太网。为了加深对本书内容的理解,在书中每一章的开头有内容简介,每一章的结尾有小结,并附有习题。

本书结构清晰、取材新颖、概念准确、内容全面、结合实际。读者通过本书的学习既可学到计算机网络的理论知识,也能掌握一些设计、组建计算机网络的实际本领。本书可作为高等教育和高等继续教育本科计算机专业或其他相关专业的计算机网络课程的教材,也可以作为从事计算机网络工作的科技人员学习和工作中的参考书。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络基础教程/张立云,马皓,孙辨华编著. —北京:北方交通大学出版社,2003.3
高等学校计算机科学与技术教材

ISBN 7-81082-103-2

I. 计… II. ①张…②马…③孙… III. 计算机网络—高等学校—教材 IV. TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第005093号

责任编辑:谭文芳

印刷者:北京东光印刷厂

出版发行:北方交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686045, 62237564

清华大学出版社 邮编:100084

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:17.75 字数:420千字

版 次:2003年4月第1版 2003年4月第1次印刷

印 数:6000册 定价:25.00元

前 言

计算机网络是计算机技术与通信技术相结合的产物,是 20 世纪最伟大的科技成就之一。随着信息时代的到来,计算机网络已成为 IT 界空前活跃、飞速发展的领域。

自 20 世纪 60 年代末第一个分组交换网(ARPANET)诞生以来,计算机网络仅经历了 30 多年的历史,就从一个仅有 4 个节点的远程网发展成为拥有成千上万个网络、连接 1 亿 6 千多万台主机、全球规模最大、覆盖范围最广的因特网(Internet)。在我国,计算机网络也正迅猛发展。从 1994 年 4 月我国第一次实现与 Internet 的全功能连接,被国际上正式承认为有 Internet 的国家以来,在短短的几年中,我国接入 Internet 的主机数已从几百台增长到 2083 万台,接入带宽已从 64 Kbps 提高到 9380 Mbps,上网用户从几百个发展到 5910 万个。

在全世界,计算机网络已广泛应用于教学科研、科学技术、医疗卫生、行政管理、生产与生活、社会服务、文艺体育、文化娱乐和军事等各个领域。计算机网络正在从根本上改变着人们的工作、生活和思维方式。计算机网络的应用与发展极大地促进了信息化建设的进程,为经济的腾飞打下了坚实的基础,成为推动社会发展的强大动力。计算机网络已成为信息化社会不可缺少的重要的基础设施,它是衡量一个国家综合实力的重要标志之一。

计算机网络技术不仅复杂而且发展极为迅速,新理论、新技术、新标准、新产品及新应用层出不穷,令人目不暇接。在这种形式下,我们编写了这本书,意在培养一批既有计算机网络基本知识又熟悉计算机网络技术,并具有一定实际工作能力的计算机网络技术人才,以满足我国信息化建设的需要。

在本书的编写过程中,我们始终把内容的知识性、先进性、实用性和科学性作为编写原则,力求内容新、结构清晰、层次清楚、概念准确、理论联系实际;本书作者曾参加中关村地区教育科研示范网 NCFC、中国教育科研网 CERNET 和北京大学校园网 PUNET 的建设和计算机网络的教学工作。书中,作者根据自己的实践经验,用大量的实例深入浅出地讲解了计算机网络的相关知识,使读者易读易懂。

全书共分 8 章,第 1~3 章讲解了计算机网络的基础知识,包括计算机网络的基本概念、计算机网络体系结构和数据通信基础;第 4 章介绍了局域网基本概念、局域网技术、最新局域网技术和以太网系统;第 5 章讲解网络互连技术和广域网连接技术;第 6 章介绍著名的网络互联协议 TCP/IP;第 7 章具体介绍了因特网 Internet 及其应用;第 8 章网络实践,主要是介绍 Windows 系统的网络安装与配置的具体操作,以提高读者的实际操作能力。

本书的第 1 章由孙辨华编写、第 2~3 和 7~8 章由马皓编写、第 4~6 章由张立云编写。在本书的编写过程中得到许多同事和朋友的关心与帮助,在此深表谢意。

由于时间仓促,水平所限,书中的内容难免有误或不妥之处,敬请专家与读者批评指正。

编 者

2003 年 3 月于北京大学

目 录

第 1 章 计算机网络概论	(1)
1.1 计算机网络概述	(1)
1.1.1 计算机网络的定义	(1)
1.1.2 计算机网络的功能	(2)
1.1.3 计算机网络的应用	(4)
1.2 计算机网络的产生与发展	(4)
1.2.1 面向终端的计算机通信网络	(5)
1.2.2 以共享资源为目标的计算机网络	(6)
1.2.3 标准化网络	(7)
1.2.4 互联网	(8)
1.2.5 广域网的发展	(9)
1.2.6 局域网的发展	(10)
1.3 计算机网络的基本组成与逻辑结构	(10)
1.3.1 计算机网络的基本组成	(10)
1.3.2 计算机网络的逻辑结构	(12)
1.4 计算机网络的拓扑结构	(13)
1.4.1 星状拓扑结构	(13)
1.4.2 总线状拓扑结构	(13)
1.4.3 环状拓扑结构	(14)
1.4.4 树状拓扑结构	(14)
1.4.5 网状拓扑结构	(15)
1.4.6 混合状拓扑结构	(15)
1.5 计算机网络的分类	(15)
1.5.1 按网络覆盖的地理范围分类	(16)
1.5.2 按网络的拓扑结构分类	(17)
1.5.3 按局域网标准协议分类	(17)
1.5.4 按使用的传输介质分类	(17)
1.5.5 按使用的网络操作系统分类	(18)
1.5.6 按传输技术分类	(18)
小结	(18)
习题	(18)
第 2 章 计算机网络体系结构	(20)
2.1 网络体系结构	(20)
2.1.1 协议	(20)
2.1.2 分层设计	(21)
2.1.3 相关概念	(21)

2.2	开放系统互连参考模型	(23)
2.2.1	概述	(23)
2.2.2	物理层	(24)
2.2.3	数据链路层	(28)
2.2.4	网络层	(30)
2.2.5	传输层	(31)
2.2.6	会话层	(31)
2.2.7	表示层	(33)
2.2.8	应用层	(34)
2.2.9	OSI 参考模型中的数据传输	(34)
2.3	TCP/IP 参考模型	(36)
2.3.1	网络接口层	(36)
2.3.2	网络互连层	(37)
2.3.3	传输层	(37)
2.3.4	应用层	(37)
2.4	OSI 与 TCP/IP 参考模型的比较	(38)
2.4.1	OSI 与 TCP/IP 参考模型的对照关系	(38)
2.4.2	OSI 与 TCP/IP 参考模型的差异	(39)
	小结	(39)
	习题	(39)
第 3 章	数据通信基础	(41)
3.1	通信系统和数据通信系统	(41)
3.1.1	概述	(41)
3.1.2	通信系统的性能指标	(44)
3.1.3	信道容量	(44)
3.2	数据通信方式	(48)
3.2.1	并行与串行传输	(48)
3.2.2	异步传输与同步传输	(48)
3.2.3	连接方式	(50)
3.2.4	基带与频带传输	(50)
3.3	传输介质	(51)
3.3.1	同轴电缆	(51)
3.3.2	双绞线	(52)
3.3.3	光纤线缆	(52)
3.3.4	无线传输介质	(54)
3.3.5	几种传输介质的比较	(54)
3.4	数据编码技术	(55)
3.4.1	数字数据的调制编码	(55)
3.4.2	数字数据的数字信号编码	(57)
3.4.3	模拟数据的采样编码	(58)
3.5	数据复用技术	(60)

3.5.1	频分复用	(60)
3.5.2	时分复用	(61)
3.5.3	统计时分复用	(63)
3.5.4	波分复用	(63)
3.6	数据交换技术	(64)
3.6.1	线路交换	(64)
3.6.2	报文交换	(65)
3.6.3	分组交换	(65)
3.7	数据通信服务	(66)
3.7.1	数字数据网	(66)
3.7.2	X.25	(67)
3.7.3	帧中继	(68)
3.7.4	ISDN 和 ATM	(69)
小结		(71)
习题		(71)
第 4 章	局域网技术	(73)
4.1	局域网概述	(73)
4.1.1	局域网的产生和发展	(73)
4.1.2	局域网的特点	(74)
4.1.3	局域网的基本组成	(75)
4.1.4	局域网体系结构与 IEEE802 标准	(81)
4.1.5	介质访问控制方法	(86)
4.2	以太网	(90)
4.2.1	以太网的技术特性	(90)
4.2.2	IEEE802.3 以太网的体系结构	(91)
4.2.3	10Mbps 以太网	(92)
4.3	快速以太网	(98)
4.3.1	IEEE802.3u 快速以太网	(98)
4.3.2	100VG-AnyLAN	(101)
4.4	光纤分布式数据接口	(101)
4.4.1	FDDI 的双环结构	(101)
4.4.2	FDDI 标准	(102)
4.4.3	FDDI 站点的物理连接	(104)
4.5	交换式以太网	(104)
4.5.1	共享式局域网存在的问题	(105)
4.5.2	交换式局域网的特点	(106)
4.5.3	以太网交换机	(107)
4.5.4	VLAN	(110)
4.5.5	交换以太网应用实例	(112)
4.6	千兆以太网	(112)
4.6.1	千兆以太网的技术特点	(113)

4.6.2	千兆以太网的体系结构	(113)
4.6.3	IEEE802.3z 千兆以太网标准	(114)
4.6.4	IEEE802.3ab 千兆以太网标准	(115)
4.6.5	千兆以太网应用实例	(116)
4.7	万兆以太网	(117)
4.7.1	万兆以太网的技术特性	(117)
4.7.2	万兆以太网标准 IEEE802.3ae	(117)
4.8	异步传输模式	(119)
4.8.1	ATM 的特点	(120)
4.8.2	ATM 的基本技术	(120)
4.8.3	ATM 的体系结构	(121)
4.8.4	局域网仿真	(123)
小结		(126)
习题		(127)
第 5 章	网络互连	(129)
5.1	网络互连概述	(129)
5.1.1	计算机网络互连的应用需求	(129)
5.1.2	网络互连模型	(131)
5.1.3	网络互连的几种形式	(132)
5.1.4	网络互连的基本要求	(132)
5.2	网络互连设备	(134)
5.2.1	中继器	(134)
5.2.2	网桥	(135)
5.2.3	路由器	(139)
5.2.4	网关	(145)
5.3	路由选择算法与路由协议	(146)
5.3.1	静态路由和动态路由	(146)
5.3.2	路由选择算法	(147)
5.3.3	路由协议	(149)
5.4	广域网技术	(152)
5.4.1	广域网参考模型	(153)
5.4.2	广域网的标准协议	(153)
5.4.3	广域网连接方法	(155)
小结		(163)
习题		(164)
第 6 章	网络互连协议 TCP/IP	(166)
6.1	TCP/IP 协议簇	(166)
6.1.1	网络接口层协议	(167)
6.1.2	网络互连层协议	(168)
6.1.3	传输层协议	(168)
6.1.4	应用层协议	(168)

6.2	网络互连协议 IP	(168)
6.2.1	IP 数据包的报文格式	(169)
6.2.2	IP 数据包的转发过程	(173)
6.2.3	数据包寻径	(174)
6.2.4	IP 数据包的封装、分段与重组	(177)
6.3	Internet 地址	(179)
6.3.1	IP 地址的表示和分类	(179)
6.3.2	子网和掩码	(180)
6.3.3	特殊的 IP 地址	(182)
6.4	地址解析协议与反向地址解析协议	(183)
6.4.1	地址解析协议	(183)
6.4.2	反向地址解析协议	(186)
6.5	控制报文协议	(186)
6.5.1	概述	(187)
6.5.2	ICMP 数据包的传输	(189)
6.6	UDP 协议	(189)
6.6.1	协议端口	(190)
6.6.2	UDP 数据包格式	(191)
6.6.3	伪包头与校验和	(192)
6.7	TCP 协议	(192)
6.7.1	TCP 协议的功能特性	(192)
6.7.2	TCP 数据报格式	(194)
6.7.3	TCP 连接	(196)
6.7.4	套接字	(197)
6.7.5	TCP 传输中的流量控制	(199)
6.7.6	TCP 连接管理有限状态机	(200)
	小结	(202)
	习题	(202)
第 7 章	Internet 及应用	(205)
7.1	Internet 概述	(205)
7.1.1	什么是 Internet	(205)
7.1.2	Internet 的起源与发展	(206)
7.1.3	Internet 的管理	(207)
7.1.4	Internet 的主要功能	(208)
7.2	Internet 在中国的发展	(209)
7.2.1	Internet 在中国的发展历程	(209)
7.2.2	国内四大骨干网简介	(212)
7.3	Internet 的信息服务	(213)
7.3.1	客户-服务器模式	(214)
7.3.2	DNS 域名服务	(214)
7.3.3	WWW 信息浏览	(218)

7.3.4	电子邮件	(221)
7.3.5	文件传输	(225)
7.3.6	远程登录	(227)
7.3.7	电子公告牌	(228)
7.3.8	网络新闻服务	(230)
7.4	Internet 网络管理	(231)
7.4.1	什么是网络管理	(231)
7.4.2	网络管理体系结构	(232)
7.4.3	管理信息库	(234)
7.4.4	管理信息的结构及表达方式	(235)
7.4.5	简单网络管理协议	(236)
7.5	Internet 网络安全	(237)
7.5.1	什么是 Internet 网络安全	(237)
7.5.2	信息加密原理	(239)
7.5.3	防火墙	(241)
	小结	(244)
	习题	(245)
第 8 章	网络实践	(246)
8.1	Windows NT 系统的网络配置	(246)
8.1.1	Windows NT 概述	(246)
8.1.2	Windows NT 的网络安装和配置	(248)
8.2	Windows 95/98 系统的网络配置	(252)
8.2.1	实验简介	(252)
8.2.2	安装与配置网卡	(252)
8.2.3	安装与配置 TCP/IP 软件	(253)
8.2.4	安装与配置拨号上网软件	(254)
8.3	Windows 系统的网络测试工具	(258)
8.3.1	IP 配置命令	(258)
8.3.2	netstat 命令	(259)
8.3.3	nbtstat 命令	(260)
8.3.4	ping 命令	(261)
8.3.5	tracert 命令	(262)
8.4	UNIX 系统的网络配置和管理	(264)
8.4.1	UNIX 系统简介	(264)
8.4.2	实验简介	(265)
8.4.3	网络基本配置	(265)
8.4.4	网络故障诊断	(268)
8.4.5	高级网络管理	(269)
	小结	(273)
	参考文献	(274)

第 1 章 计算机网络概论

计算机网络是把地理上分散的、具有独立功能的多台计算机用通信线路和通信设备连接起来,按照网络协议进行数据通信、由功能完善的网络软件实现资源共享的系统。它是计算机技术与通信技术相结合的产物。

当今世界正在进行着一场伟大的信息革命,信息作为客观世界三大基本要素之一,显得越来越重要。在信息社会里,信息甚至显得比物质和能源更重要。而信息的收集、加工处理、存储、传递、检索和使用都离不开计算机网络。计算机网络促进了整个社会的发展,从根本上改变了人们的生活与工作方式,改变了人们的思想意识和思维方法。通过计算机网络,人们可以做到“秀才不出门,便知天下事”;通过计算机网络,人们可以在任何时间、任何地点,以任何形式工作和学习;可以相互交流信息和共享资源。计算机网络与 Internet 已成为人们生活中不可缺少的一部分,并成为信息革命、信息技术的代名词。

本章是计算机网络的概论,主要内容包括计算机网络的定义、计算机网络的产生与发展、计算机网络的基本组成、计算机网络的功能与应用、计算机网络的逻辑结构、计算机网络的拓扑结构及计算机网络的分类等计算机网络的基础知识。

读者通过本章的学习,能够对计算机网络有一个粗略的了解,对后续课程遇到的若干名词、术语、概念有一个初步的认识,为全书的学习打下一个良好的基础。

1.1 计算机网络概述

什么是计算机网络,计算机网络具有哪些功能及计算机网络的应用领域是本节要介绍的主要内容。

1.1.1 计算机网络的定义

要研究计算机网络,首先要了解什么是计算机网络。计算机网络是一个具有特定含义的网络。在系统论中,一般把若干“元件”通过某种手段连接在一起就称为网络。被连接的“元件”不同,所构成的网络也不同。例如,连接电话交换机就构成电话交换网络,连接发电系统就构成输电、配电网络,连接计算机就构成了计算机网络,等等。“网络”主要包含连接对象(即元件)、连接介质(光缆、双绞线等)、连接的控制机制(如约定、协议、软件)和连接的方式与结构四个方面。本书定界在计算机网络。

计算机网络连接的对象是各种类型的计算机(如大型计算机、工作站、微型计算机等)或其他数据终端设备(如各种计算机外部设备、终端服务器等),计算机网络的连接介质是通信线路(如光缆、同轴电缆、双绞线、微波、卫星等)和通信设备(各种类型的网络设备、

Modem 等),计算机网络的控制机制是各层网络协议和各类网络软件,计算机网络的连接方式与结构多种多样。由此得到计算机网络的定义是:利用通信线路和通信设备,把地理上分散、并具有独立功能的多个计算机系统互相连接,按照网络协议进行数据通信,由功能完善的网络软件实现资源共享的计算机系统的集合。计算机网络是指以实现远程通信和资源共享为目的,大量分散但又相互连接的计算机系统的集合。

1970年,美国信息学会对计算机网络的定义是:计算机网络是把地理位置上分散的以能够相互共享资源(硬件、软件、信息)的方式而连接起来,并且各自具有独立功能的计算机系统之集合。

总之,计算机网络的本质是把两台以上具有独立功能的计算机系统互连起来,以达到资源共享和远程通信的目的。从用户的角度看,计算机网络是一个透明的数据传输机制和资源共享、协同工作的信息处理系统。

1.1.2 计算机网络的功能

计算机网络具有丰富的资源和多种功能,其主要功能是共享资源和远程通信。所谓共享资源就是共享网络上的硬件资源、软件资源和信息资源。

1. 共享硬件资源

计算机网络的主要功能之一就是共享硬件资源。所谓共享硬件资源就是连在网络上的所有用户可以共享网络上各种不同类型的硬件设备,如巨型计算机或专用高性能计算机,大容量磁盘,高性能打印机,高精度绘图设备,以及通信线路和通信设备等。

共享硬件资源的好处是显而易见的,网上一个低性能的计算机,可以通过网络使用各种不同类型的设备,既解决了部分资源贫乏的问题,同时也有效地利用了现有的资源,充分发挥了资源的潜能,提高了资源利用率。

2. 共享软件资源

在互联网上有极为丰富的软件资源,可以让大家共享。可共享的软件资源包括各种操作系统及其应用软件、工具软件、数据库管理软件和各种 Internet 信息服务软件,等等。共享软件允许多个用户同时调用服务器中的各种软件资源,并能保持数据的完整性和一致性。用户可以通过客户机/服务器(C/S)或浏览器/服务器(B/S)模式或其他多种形式,使用各种类型的网络应用软件,共享远程服务器上的软件资源。用户也可以通过一些网络应用程序(如 FTP)将共享软件下载到本地机使用,匿名 FTP 就是专门提供共享软件的信息服务之一。

3. 共享信息资源

信息也是一种资源,而且是一种更重要的资源。Internet 就是一个巨大的信息资源宝库,它像是一个信息的海洋,取之不尽,用之不完。在 Internet 上的信息资源涉及各个领域,内容极为丰富。每个接入 Internet 的用户都可以共享这些信息资源。可以在任何

时间、以任何形式去搜索、访问、浏览、获取网上的信息,共享网上的信息资源。可共享的信息涉及科学技术、社会文化、文艺体育、休闲娱乐、医疗卫生等方方面面的内容。通过 Internet 信息服务系统可以浏览 Web 服务器上的主页及各种链接;获取 FTP 服务器中的软件与文档;检索各种数据库中的数据信息;查询各种各样的电子图书、电子出版物、网上消息、网络新闻、阅读各种远程教学课件和培训资源等,凡是网上有的信息都可以共享。

4. 通信功能

通信功能是计算机网络的另一个主要功能,它可以为网络用户提供强有力的通信手段。建设计算机网络的主要目的就是让分布在不同地理位置的计算机用户之间能够相互通信、交流信息和共享资源。计算机网络提供了一条可靠的通信通道,它可以传输各种类型的信息,包括数据信息和图形、图像、声音、视频流等各种多媒体信息。利用网络的通信功能,人们可以进行远程的各种通信、实现各种网络上的应用,如收发电子邮件,视频点播、视频会议,远程教学、远程医疗、在网上发布各种消息,进行各方面的讨论,等等。

5. 高可靠性

单个计算机或系统难免出现暂时故障,致使系统瘫痪,通过计算机网络提供一个多机系统的环境,可以实现两台或多台计算机互为备份,使计算机系统的冗余备份功能成为可能,从而提高整个系统的可靠性。

6. 均衡负荷

计算机网络具有均衡负载的功能,当网络上某台主机的负载过重时,通过网络和一些应用程序的控制和管理,可以将任务交给网上其他的计算机去处理,由多台计算机共同完成,起到均衡负荷的作用,以减少延迟,提高效率,充分发挥网络系统上各主机的作用。

7. 协调计算

计算机系统的一个基本应用就是计算,许多科学领域都离不开计算。而有一些科学计算的题目非常之大,致使一台计算机难以完成。这时,可以通过计算机网络,在网络操作系统或应用软件的统一管理下,让多台计算机协同工作(Computer Supported Cooperative Work, CSCW),共同完成计算,以提高系统的性能。

8. 分布式处理

在网络环境中,可以构建分布式多机处理系统,以提高系统的处理能力,高效地完成一些大型应用系统的程序计算及大型数据库的访问等,使计算机网络除了可以共享文件、数据和设备外,还能共享计算能力和处理能力,如分布式计算系统、分布式数据库管理系统,等等。

1.1.3 计算机网络的应用

计算机网络可以应用于任何行业、任何领域,包括政治、经济、军事、科学、文教及生活等诸多方面。它为各行各业的生产与管理乃至人们的学习、工作与生活,提供了物质基础,使之进入了一种崭新的方式。

随着网络技术和各种应用的需求,计算机网络应用的范围也在不断地扩大,应用领域越来越宽广,越来越深入,许多新的计算机网络应用系统不断地涌现出来。目前的网络应用可以说是无所不在,它涵盖了人类社会的方方面面,如工业自动化、辅助决策、虚拟大学、远程教育、远程医疗、管理信息系统、数字图书馆、电子博物馆、全球情报检索与查询、网上购物、电子商务、视频会议、视频广播与点播、过程控制,等等。

1.2 计算机网络的产生与发展

在过去的 300 多年中,每个世纪都有一种主流技术。18 世纪是伟大的机械时代,19 世纪是蒸汽机时代,而 20 世纪和 21 世纪则是信息时代、网络时代,是计算机网络大普及、大发展的时代。

1946 年世界上第一台计算机(ENIAC)的研制成功及其迅速地普及与发展,使人类开始走向信息时代。计算机技术与通信技术在发展中相互渗透,相互结合。通信技术为多台计算机之间进行数据传输、信息交流和资源共享提供了必要的传输通道和通信手段。计算机技术反过来又应用于通信技术的各个领域,大大的提高了通信系统的性能。正如有些专家所描述的那样:现在几乎没有无通信的计算机,也几乎没有无计算机的通信。计算机技术与通信技术的相互渗透和密切结合就产生了计算机网络。

计算机网络是随着计算机和通信技术的发展而不断发展的,其发展速度异常迅猛,它已成为 IT 界发展最快的技术领域之一。

计算机网络的发展动力与其他科学技术一样,可以归结为需求牵引、技术驱动、市场竞争与经济保障。下面我们以此为线索,简要考察一下计算机网络由简单到复杂逐步发展的历程。回顾计算机网络的发展历史,通常把计算机网络的发展归纳为四个阶段:

- 面向终端的计算机通信网络;
- 以共享资源为目标的计算机网络;
- 开放式标准化网络;
- 互联网。

本节的主要内容是介绍计算机网络发展的四个阶段。此外,由于在计算机网络的发展过程中,局域网和广域网技术极为重要,影响极大,起着极为关键的作用,值得一书。因此,本节也对局域网和广域网的发展作一些简要的介绍。

1.2.1 面向终端的计算机通信网络

早期的计算机价格昂贵,数量很少。一台计算机只能供一个人使用,而且每次上机用户都必须进入计算机机房,在计算机的控制台上进行操作。这种方式不能充分利用计算机资源,而且用户使用起来也极为不便。后来,随着计算机软硬件的发展,出现了高速大容量存储器系统,开发了多道程序和分时操作系统,使计算机能够同时处理多个应用进程,并允许多个用户通过终端同时访问一台计算机。但是,由于此时的终端是直接通过异步串行口与计算机相连,因此要使用计算机仍然需要到计算机机房的终端上去操作。为了实现计算机的远程操作,以提高对计算机这个昂贵资源的利用率,科学家们利用通信手段,将终端和计算机进行远程连接,使用户在自己的办公室通过终端就可以使用远程的计算机。

终端可以处于不同的地理位置,它通过传输介质及相应的通信设备与一台计算机相连,用户可以通过本地终端或远程终端登录到远程计算机上,使用该计算机系统,远程用户可以在本地方便地使用计算机,这就产生了通信技术与计算机技术的结合。这种具有通信功能的面向终端的计算机系统,如图 1-1(a)所示,或以单计算机为中心的远程联机系统,如图 1-1(b)所示,被称为第一代计算机网络——面向终端的计算机通信网络。

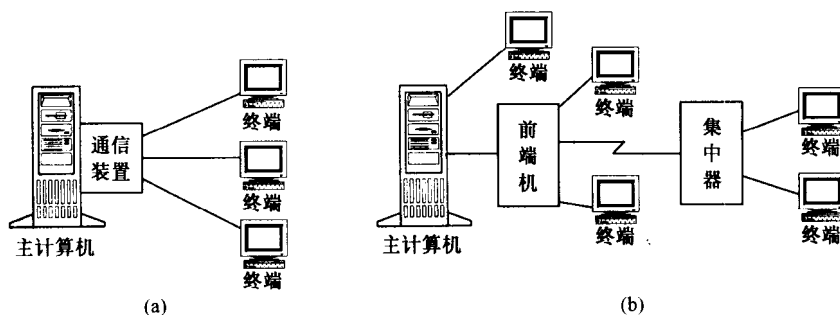


图 1-1 面向终端的计算机通信网络

这里的面向终端的计算机通信网络,是指只有一台主机与多个终端连接的网络,在每个终端和主机之间都有一条专用的通信线路。这种系统的线路利用率很低。另外,主机肩负着数据处理和通信处理两大功能于一身,加重了主机的负担。为了提高通信线路的利用率和减轻主机的压力,在具有通信功能的多终端系统中使用了终端控制器(Terminal controller,也称集中器)和前端处理器(Front-end processor,也称前端机)。集中器用于连接控制多个终端,让多台终端共用同一条通信线路与主机通信。前端机放在主机的前端,承担通信处理功能,以减轻主机的负担。

面向终端的计算机通信网络的主要特点如下。

(1) 终端到计算机的连接,而不是计算机到计算机的连接。终端是一个连接到一台计算机主机的装置。用户在终端的键盘上操作,将从键盘上输入的命令、控制键或启动应用进程的信息直接送给主机,与主机上的进程进行通信。主机则将执行结果回送给终端,

并在终端显示器上显示。在终端上操作如同直接在主机的操作台上操作一样。在分时系统中,多个用户可以通过终端“同时”使用一台主机,就好像自己独享该计算机一样。面向终端的计算机通信网络就是通过终端与计算机的连接,共享计算机资源,以完成计算机通信功能。

(2) 主机负担过重。在面向终端的计算机通信网络中,多个终端共同使用一台主计算机,连在该机上的所有终端提交的任务都由主计算机处理,而且主计算机既要处理通信功能又要处理数据和作业进程,致使计算机主机的负担过重。

面向终端的计算机通信网络的第一个典型实例是 SAGE。SAGE 是美国在 20 世纪 50 年代中期建立的半自动地面防空系统。该系统共连接了 1000 多个远程终端,主要用于远程的控制导弹制导。该系统能够将远距离雷达设备收集到的数据,由终端通过通信线路传送给一台中央主计算机,由主机进行计算处理,然后将处理结果再通过通信线路回送给远程终端去控制导弹的制导。

另一个面向终端的计算机通信网络的典型实例是 SABRE-1。SABRE-1 是 20 世纪 60 年代美国建立的航空公司飞机订票系统,该系统由一台主机连接美国各地区的 2 000 多台终端组成。人们可以通过这个系统在远程终端上预订飞机票。

第一代计算机网络——面向终端的计算机通信网,严格地讲,不能算作现在意义上的计算机网络。这些系统的建立没有资源共享的目的,只是为了能进行远程通信。但是,它实现了计算机技术与通信技术的结合,可以让用户以终端方式与远程主机进行通信,使用远程计算机的资源,因此可以说它是计算机网络的初级阶段。

1.2.2 以共享资源为目标的计算机网络

计算机网络发展的第二个阶段是以共享资源为目的的单个计算机网络。20 世纪 60 年代,随着计算机性能的不断提高和价格的陆续下调,许多单位和机构已具有购买多台计算机的能力。一些政府部门、教育机构或公司都购置了多台具有独立功能的计算机。为了在这些计算机之间互相通信,充分利用本地资源和共享远程系统的软件、硬件和信息资源,人们提出将多台计算机相互连接起来的需求。此时,计算机的数据处理与通信已不再采用集中模式,而是由分散在不同地理位置的计算机共同完成。这种以共享资源为目的,将多台计算机系统通过某种通信手段互连而成的网络,就是第二阶段的计算机网络。这种网络中的计算机彼此独立又相互连接,它们之间没有主从关系。ARPANET 就是第二阶段计算机网络的典型代表。

20 世纪 60 年代后期,美国国防部高级研究计划局 ARPA(Advanced Research Project Agency,后称为 DARPA—Defense Advanced Research Project Agency)提供经费资助,由美国一些大学和公司合作,共同研究开发了这种新型的计算机网络。经过专家们的调查研究,决定建设一个多个节点的分组交换网络,由子网和主机组成。并于 1969 年 12 月建成一个具有四个节点(UCLA、UCSB、SRI 和犹他大学)的实验性网络,并投入运行和使用,这就是著名的 ARPANET。最初的 ARPANET 的网络结构如图 1-2 所示。

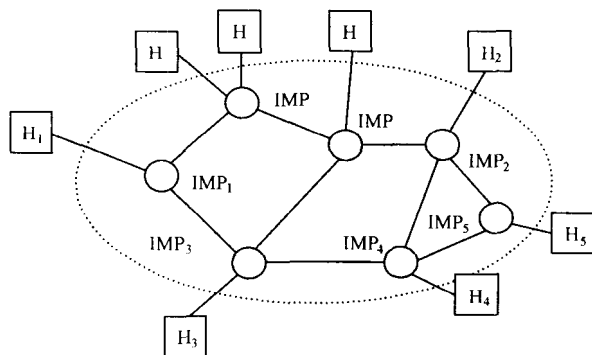


图 1-2 ARPANET 结构示意图

图中：H(HOST)是计算机主机；IMP(Interface Message Processor)是接口信息处理机。

从图中可以看出,ARPANET 子网是由接口信息处理机 IMP 组成,IMP 由通信线路连起来。IMP 负责通信处理,它具有路径选择和存储转发功能。在 ARPANET 中,把运行应用程序的主计算机称为主机。主机之间的信息交换需要通过 IMP 完成。例如,如果计算机 H₁ 要发送一些数据给计算机 H₂,H₁ 首先应将数据送给 IMP₁,然后由 IMP₁ 把数据转发给 IMP₃,再经 IMP₄ 到达 IMP₂,由 IMP₂ 将数据转发给 H₂。

ARPANET 发展很快,从 1969 年的 4 个节点,很快扩展到 35 个节点。特别是 20 世纪 80 年代,ARPANET 采用了开放式网络互连协议 TCP/IP 以后,发展得更为迅速。到了 1983 年 ARPANET 已拥有 200 台 IMP 和数百台主机。网络覆盖范围也已延伸到夏威夷和欧洲。事实上,ARPANET 是 Internet 的雏形,是 Internet 初期的主干网。

ARPANET 是计算机网络发展的一个里程碑,它标志着以资源共享为目的的计算机网络的诞生,是第二阶段计算机网络的一个典型范例,它为网络技术的发展做出了突出的贡献。无论在理论方面还是在技术方面,对其后网络的发展影响都很大。其贡献主要表现在它是第一个以资源共享为目的的计算机网络、它使用 TCP/IP 协议作为通信协议,使网络具有很好的开放性,为 Internet 的诞生奠定了基础。此外,它还实现了分组交换的数据交换方式,并提出了计算机网络的逻辑结构由通信子网和资源子网组成的重要基础理论。

1.2.3 标准化网络

第二代计算机网络,大多是由研究部门、大学或计算机公司自行开发研制的,他们没有统一的体系结构和标准。如 IBM 公司于 1974 年公布了“系统网络体系结构 SNA”,DEC 公司于 1975 年公布了“分布式网络体系结构 DNA”等。各个厂家生产的计算机产品和网络产品无论从技术还是从结构上都有很大的差异,从而造成不同厂家生产的计算机及网络产品很难实现互连。这种局面严重阻碍了计算机网络的发展,也给广大用户带来极大的不便。因此,建立开放式的网络,实现网络标准化,已成为历史发展的必然。