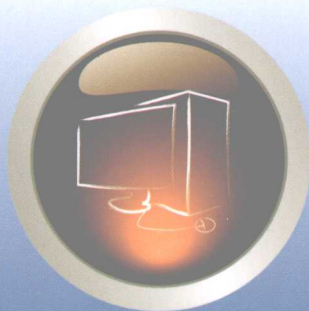


101011101010110



毕德刚 于锁利 主 编
李天亿 潘晓鸥 副主编

计算机网络



黑龙江大学出版社
HEILONGJIANG UNIVERSITY PRESS



计算机网络

毕德刚 于锁利 主 编
李天亿 潘晓鸥 副主编



黑龙江大学出版社
HEILONGJIANG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/毕德刚,于锁利主编. —哈尔滨:黑龙江
大学出版社,2008.10

ISBN 978-7-81129-092-9

I. 计… II. ①毕…②于… III. 计算机网络 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 158288 号

责任编辑 张怀宇
封面设计 乐然纸尚

计算机网络

JISUANJI WANGLUO

毕德刚 于锁利 主 编

李天亿 潘晓鸥 副主编

出版发行 黑龙江大学出版社

地 址 哈尔滨市南岗区学府路 74 号 邮编 150080

电 话 0451-86608666

经 销 新华书店

印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司

版 次 2008 年 10 月 第 1 版

印 次 2008 年 10 月 第 1 次印刷

开 本 787×1092 毫米 1/16

印 张 17.75

字 数 435 千

书 号 ISBN 978-7-81129-092-9/T·15

定 价 32.00 元

凡购买黑龙江大学出版社图书,如有质量问题请与本社发行部联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

计算机网络是当今计算机科学与技术学科中发展最为迅速的技术之一,在过去的几十年里取得了长足的发展。尤其是近十几年来,因特网(Internet)深入到千家万户,对科学技术乃至整个社会的发展产生了巨大的影响。计算机网络正在改变着人们的工作方式与生活方式。网络技术的发展与应用已成为影响一个国家和地区政治、经济、科学、文化发展的重要因素之一。

作为计算机科学与技术专业的一门必修课,计算机网络受到了高度重视。编者在从事计算机网络教学中深切感受到,计算机网络技术发展非常迅速,新的技术和新的网络标准不断出现,因此需要一本既能反映当前网络技术现状,又能将网络理论和实践结合到一起的计算机网络教材。编者在多年的计算机网络教学及相关的应用实践基础上,参阅了目前国内外一些优秀的计算机网络教材,完成了本书的编写工作。

本书共分8章。第1章为概述,主要介绍计算机网络的发展及有关概念,分层的网络体系结构及主要的网络参考模型。第2章为物理层,介绍数据通信技术的基础知识及物理层的概念及有关标准。第3章为数据链路层,介绍差错控制、流量控制技术,重点介绍了HDLC和PPP等数据链路层协议。第4章为局域网,介绍了IEEE802标准、以太网技术、局域网扩展及无线局域网技术。第5章为网络层,讨论了网络互联与网络层协议,介绍了网络层的基本概念、路由算法、路由协议、IP协议等,并简单介绍了IPv6。第6章介绍了传输层协议,主要是Internet中的TCP和UDP协议。第7章介绍了应用层的有关概念及Internet应用层的各种协议,包括域名系统、文件传输、电子邮件、万维网,并简要介绍了一些其他的网络应用。第8章介绍了网络安全和网络管理。首先简要介绍了网络操作系统,介绍了网络安全的概念、数据加密、电子邮件安全、Web安全及防火墙技术,然后介绍了网络管理的概念、体系结构、协议及简单网络管理协议SNMP。

网络技术发展迅速,新的标准和技术不断涌现。本书在编写过程中,对有关内容进行了取舍,舍掉的部分不影响读者对计算机网络的学习和理解。

本书由毕德刚和于锁利担任主编,李天亿和潘晓鸥担任副主编。其中,第6章和第8章由毕德刚编写,第1章和第7章由于锁利编写,第2章和第3章由潘晓鸥编写,第4章和第5章由李天亿编写,由毕德刚统稿。

由于计算机网络技术发展迅速,作者的水平有限,书中难免有缺点、错误,恳请读者批评指正。

编 者

2008年8月

目 录

第1章 计算机网络概述	1	1.6.1 TCP/IP 的发展	25
1.1 计算机网络的发展	1	1.6.2 TCP/IP 各层的比较	25
1.1.1 以单机为中心的计算机 网络	1	1.6.3 OSI 与 TCP/IP 的比较	28
1.1.2 多主机互联的资源共享 网络	2	思考题	28
1.1.3 具有统一体系结构的计算 机网络	3	第2章 物理层	29
1.1.4 Internet 的发展	4	2.1 物理层概述	29
1.1.5 计算机网络的未来趋势	5	2.2 传输介质	30
1.1.6 计算机网络在中国的发展	6	2.2.1 双绞线	30
1.2 计算机网络的定义与应用	7	2.2.2 同轴电缆	31
1.2.1 计算机网络的定义	7	2.2.3 光缆	31
1.2.2 网络建设的目的	10	2.2.4 无线传输介质	34
1.2.3 网络应用	10	2.2.5 传输介质的比较和选择	37
1.3 计算机网络的分类	11	2.3 数据通信技术	38
1.3.1 按距离分类	11	2.3.1 数字信道与模拟信道	38
1.3.2 按通信介质分类	13	2.3.2 数据通信中的主要技术 指标	43
1.3.3 按网络的拓扑结构分类	14	2.3.3 数据传输速率和带宽的 关系	44
1.3.4 按通信传播方式分类	15	2.4 数据编码	45
1.3.5 其他分类方法	16	2.4.1 数据编码类型	46
1.4 计算机网络的标准化	17	2.4.2 模拟数据编码方法	46
1.4.1 网络协议	17	2.4.3 数字数据编码方法	48
1.4.2 网络体系结构	17	2.4.4 脉冲编码调制方法	49
1.5 OSI/RM 开放系统互联参考 模型	19	2.5 数据交换技术	51
1.5.1 OSI 参考模型的基本 概念	20	2.5.1 电路交换	51
1.5.2 OSI 参考模型的基本 结构	21	2.5.2 报文交换	52
1.5.3 OSI 参考模型各层的 功能	22	2.5.3 分组交换	53
1.6 TCP/IP 参考模型	24	2.6 信道复用技术	56
		2.6.1 时分多路复用	56
		2.6.2 频分多路复用	57
		2.6.3 波分多路复用	58
		2.6.4 码分多路复用	58
		2.7 物理层标准举例	60

思考题	63	4.4 无线局域网	116
第3章 数据链路层	64	4.4.1 无线局域网的组成	116
3.1 数据链路层概述	64	4.4.2 802.11 标准	117
3.1.1 物理线路与数据链路	64	4.4.3 802.11 标准中的 物理层	118
3.1.2 数据链路层的主要功能	64	4.4.4 802.11 标准中的 MAC 层	120
3.1.3 数据链路层提供的服务	66	4.4.5 802.11 无线局域网的 操作	125
3.2 差错控制与流量控制	66	思考题	125
3.2.1 差错控制	66	第5章 网络层	126
3.2.2 流量控制	70	5.1 网络层概述	126
3.3 基本数据链路协议	70	5.2 路由选择	127
3.3.1 停止等待协议	70	5.2.1 路由选择算法	127
3.3.2 连续 ARQ 协议	75	5.2.2 内部网关协议 RIP	131
3.4 数据链路控制规程	78	5.2.3 OSPF	134
3.4.1 数据链路的配置方式和 数据传送方式	78	5.2.4 BGP	141
3.4.2 HDLC 协议概述	79	5.3 拥塞控制	143
3.4.3 HDLC 的帧结构	80	5.4 网络互联	147
3.5 Internet 中的数据链路层协议 ——PPP	85	5.4.1 网络互联的层次	147
3.5.1 PPP 协议的工作原理	85	5.4.2 应用级互联	147
3.5.2 PPP 协议的帧格式	86	5.4.3 网络级互联	148
3.5.3 PPP 协议的工作状态	87	5.4.4 网络互联设备	148
思考题	88	5.5 因特网的网络层	151
第4章 局域网	89	5.5.1 IP 地址	151
4.1 局域网概述	89	5.5.2 IP 地址的分类	152
4.1.1 局域网的拓扑结构	89	5.5.3 IP 子网与超网的基本 概念	154
4.1.2 IEEE 802 标准	92	5.5.4 IP 数据报结构与报头 格式	157
4.1.3 局域网介质访问控制 方法	94	5.5.5 IP 数据报的分片与 重组	159
4.2 以太网	98	5.5.6 ARP 与 RARP	162
4.2.1 以太网的工作原理	99	5.5.7 因特网控制报文协议 ICMP	164
4.2.2 以太网的连接方法	102	5.5.8 IPv6	167
4.2.3 快速以太网	104	思考题	169
4.2.4 吉比特以太网	105	第6章 传输层	170
4.2.5 10 吉比特以太网	107	6.1 传输层概述	170
4.3 扩展的局域网	108	6.1.1 传输层的基本功能	170
4.3.1 在物理层扩展局域网	108		
4.3.2 在数据链路层扩展 局域网	109		
4.3.3 虚拟局域网	113		

6.1.2 传输层服务与服务 质量	174	7.3.3 简单文件传输协议	207
6.2 用户数据报协议	175	7.4 电子邮件服务(E-mail)	208
6.2.1 UDP 协议的主要 特点	176	7.4.1 简单邮件传输协议 (SMTP)	209
6.2.2 UDP 数据报格式	176	7.4.2 电子邮件的消息格式	211
6.2.3 UDP 的基本工作 过程	177	7.4.3 邮件读取协议 POP3 和 IMAP	211
6.2.4 UDP 端口号分配 方法	179	7.5 万维网	213
6.3 传输控制协议	180	7.5.1 超文本传输协议	214
6.3.1 TCP 协议的主要 特点	180	7.5.2 HTTP 报文格式	215
6.3.2 TCP 的端口号分配和 Socket 地址	181	7.5.3 超文本标记语言	216
6.3.3 TCP 报文段格式	182	7.5.4 浏览器	219
6.3.4 TCP 传输连接的建立和 释放	183	7.6 其他服务	220
6.3.5 TCP 流量与拥塞控制	185	7.6.1 新闻与公告类服务	220
6.3.6 TCP 差错控制	188	7.6.2 播客服务	222
6.3.7 TCP 的计时器	190	7.6.3 博客服务	222
思考题	191	7.6.4 网络即时通信服务	223
第7章 应用层	192	7.6.5 IP 电话	225
7.1 应用层概述	192	7.6.6 网络电视	226
7.1.1 进程通信	192	思考题	227
7.1.2 网络应用程序体系 结构	194	第8章 网络安全与网络管理	228
7.1.3 进程通信中客户/服务器 模式的实现方法	196	8.1 网络操作系统	228
7.1.4 应用层协议	197	8.1.1 概述	228
7.2 域名系统	198	8.1.2 Windows NT 操作 系统	231
7.2.1 域名系统的基本 概念	198	8.1.3 Unix/Linux 简介	237
7.2.2 域名服务器的层次 结构	200	8.2 网络安全	238
7.2.3 域名解析	202	8.2.1 网络安全概述	238
7.3 文件传输	205	8.2.2 数据加密技术	245
7.3.1 文件传输的概念	205	8.2.3 电子邮件的安全性	247
7.3.2 文件传输服务的工作 过程	205	8.2.4 Web 的安全性	248
		8.2.5 防火墙技术	251
		8.3 网络管理	258
		8.3.1 网络管理概述	258
		8.3.2 网络管理的功能	259
		8.3.3 网络管理体系结构	261
		8.3.4 网络管理协议	264
		8.3.5 简单网络管理协议	268
		思考题	273

第1章 计算机网络概述

计算机网络 (computer networks) 涉及计算机和通信两个领域,是这两种技术密切结合的产物,它已成为计算机应用中一个必不可少的方面,对整个社会的进步作出了重大贡献。尤其在当今这个信息化的时代,人们对信息的收集、存储、处理和交换以及共享的需求急剧上升,计算机网络从中扮演了很重要的角色,为满足这种需求提供了保证。近一二十年来,以电子技术为基础的通信技术有了迅猛发展,特别是超大规模集成电路 (Very Large Scale Integration, VLSI) 技术取得的辉煌成就,使得计算机和通信设备不断更新,计算机网络的功能不断增强,并且正在朝着数字化、综合化、智能化的方向发展。20 世纪 90 年代是计算机网络化的时代,网络化的计算环境愈来愈被人们接受,并且将成为 21 世纪发展的必然趋势。所以,了解和深入研究计算机网络技术已不再只是计算机技术领域学者、专家的事,而是整个社会关注的热点之一。目前,一个国家的全国性计算机网络的建设水平,已成为衡量这个国家科学技术发展水平、综合国力以及社会信息化程度的重要标志。为了深入认识计算机网络,本章将从计算机网络的产生与演变、定义与应用、组成与分类以及体系结构与协议等方面进行介绍。

1.1 计算机网络的发展

计算机网络出现的时间不长,但它的发展很快,经历了一个从简单到复杂、由低级到高级的过程。这个过程可分为三个阶段:以单机为中心的计算机网络、计算机通信网络和计算机网络。

1.1.1 以单机为中心的计算机网络

在 1946 年世界上第一台电子计算机 (Electronic Numerical Integrator And Calculator, ENIAC) 诞生后的一段时间内,计算机和通信之间并没有什么关系。早期的计算机数量很少,价格昂贵,是一种较稀有的珍贵资源,因而计算机系统高度集中,所有的设备安装在独立的计算中心里,使用计算机的用户要到这个计算中心去上机,这显然是不方便的,除了浪费时间、精力和大量资金外,还无法实现对信息的及时加工处理和使用。为了解决这个问题,一种带收发器 (transceiver) 的终端于 1954 年被研制出来了,人们使用这种终端首次实现了将穿孔卡片上的数据通过通信线路发送到远方的计算机,而计算机的运算结果又可以反向送回远程终端 (Terminal),这就是计算机与通信结合的开始。由于当初的计算机是为成批处理信息而设计的,所以当计算机和远程终端相连时,必须使计算机具备通信功能。这种“一边通过终端完成信息的输入,一边由主机完成信息的处理,最后将处理结果通过通信线路再送回到远地站点的系统”,被称为面向终端的计算机网络,或第一代计算机网络。系统的初级形式即具有通信功能的单机系统,如图 1-1 所示。

这种系统中除了一台中心计算机外,其余终端都不具备自主处理信息的功能,并且它有两个明显的缺点:一是主机负担过重,它既要承担本身的数据处理任务,又要承担通信任务,在通信量很大时,主机几乎没有时间处理数据;二是线路利用率低,特别是在终端远离中心计算机时尤为明显。解决的方法是:一方面将数据处理与通信分开,在中心计算机前设置一个前端处理机(Front End Processor, FEP)来完成通信工作,让中心计算机集中更多时间专门进行数据处理,这样可显著地提高效率;另一方面,在终端比较集中的区域设置线路集中器(concentrator)或称集中分配器,来完成用户作业信息的存储、装配和终端地址的分配等。它首先通过低速线路将附近的各终端连接起来,再通过高速通信线路与远程中心计算机相连,从而提高了远程线路的利用率,降低了通信费用。

第一代计算机网络的一个代表是 SABREI,这是 20 世纪 60 年代初美国航空公司投入使用的由一台中心计算机和全美范围内两千多个终端组成的预订飞机票系统。

1.1.2 多主机互联的资源共享网络

上述的联机系统之所以被称为“面向终端的计算机网络”,是因为它实现的是终端—计算机间的通信,而且已具备了计算机网络的雏形。到了 20 世纪 60 年代中期,随着计算机应用技术和硬件价格的降低,单独部门内有分散在不同地区的多个主机系统已属常事,并且由于业务上的联系,主机之间需要交换信息。如在工商界、国际航空售票业务、现代化工厂中多条生产流水线的过程控制等,这些分散的计算机各自完成的特定任务是整体工作中的一部分。它们之间必然要有机地协调、互相通信,并且这种系统中的通信是在计算机—计算机之间进行的。这里的每个计算机都具有自主处理能力,它们之间一般不存在“主—从”(master-slave)关系。将这种由多个主机系统连接起来且以传输信息为主要目的计算机群,称为计算机通信网。它是计算机网络的低级形式,也称为第二代计算机网络,其典型代表为多主机互联的资源共享网络,如图 1-2 所示。这一阶段的代表是美国国防部高级研究计划署(Advanced Research Projects Agency, ARPA)的 ARPANET。该网络当时只有 4 个结点,以电话线路作为主干网络,两年后,建成 15 个结点,进入工作阶段。此后,ARPANET 的规模不断扩大,到 20 世纪 70 年代后期,网络结点超过 60 个,主机 100 多台,地域范围跨越了美洲大陆,连通了美国东部和西部的许多大学和研究机构,而且通过通信卫星与夏威夷和欧洲等地区的计算机网络相互连通。ARPANET 的主要特点是:(1)资源共享;(2)分散控制;(3)分组交换;(4)采用专门的通信控制处理机;(5)分层的网络协议。这些特点往往被认为是现代计算机网络的一般特征。

英国国家物理实验室 NPL 网络,20 世纪 70 年代初连接主机 12 台,终端 80 多个。其他还有英国邮政局的 EPSS 公用分组交换网络(1973),法国信息与自动化研究所(IRIA)的 CYCLADES 分布式数据处理网络(1975),加拿大的 DATAPAC 公用分组交换网(1976),日本电报电话公司的 DDX.3 公用数据网(1979)等等。这些网络以远程大规模互联为其主要特点,称为第二代网络。根据应用目的第二代网络可分为以下三种类型:

(1)用户为在一定范围内共享专用资源而建立的网络,如 OCTOPUS 网络,是由美国加州大学劳伦斯原子能研究所建立的网络。它由两台 CDC-7600,两台 CDC-6600 和其他一些机器近 500 多个终端组成,可共享容量巨大的数据库。

(2)用户在一定的地域范围内进行通信,以通信服务为目的的通信网络,如欧洲情报网络 EIN。

(3)用于商用目的的公用分组交换数据通信网络,如美国的 TELENET 网络,它是由美国远航网络公司建立的,目前已发展成为一个向国内 250 个城市、国外 37 个国家的用户提供服务的全球性分组交换网。另外,加拿大的 DATAPAC 网、法国的 TRANSPAC 网等都属这一类。

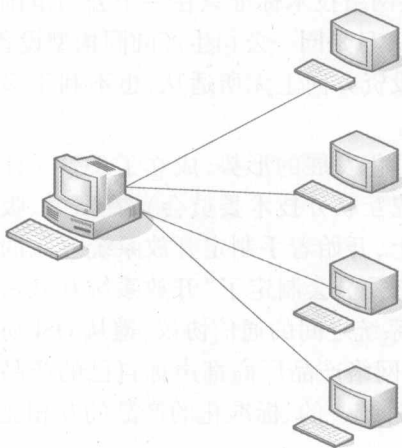


图 1-1 以单机为中心的计算机网络

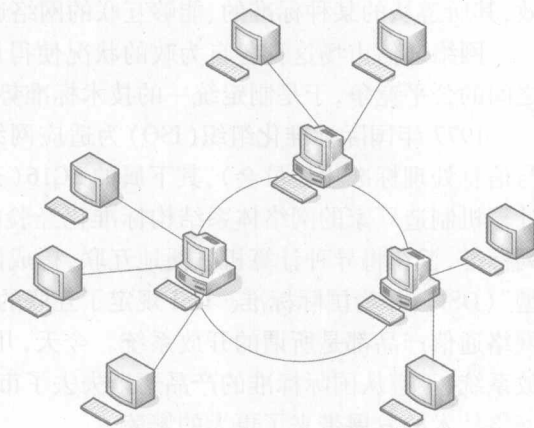


图 1-2 多主机互连的资源共享网络

1.1.3 具有统一体系结构的计算机网络

经过 20 世纪 60 年代和 70 年代前期的发展,人们对组网的技术、方法和理论的研究日趋成熟。为了促进网络产品的开发,各大计算机公司纷纷制定自己的网络技术标准,最终促成国际标准的制定。

计算机通信网发展到 20 世纪 70 年代后期,人们在广泛使用它的过程中逐渐由原来以传输信息为主变为共享网上各计算机系统资源为主。网上用户把整个网络视为一个大的计算机系统,而不必熟悉每个子系统,即不必知道所要访问的资源具体的地理位置,并且为便于理解所传输信息的内容,要对信息的表达形式、传输方法和应答信号等在全网内制定一套共同遵守的规则,即协议(protocol)。将这种在协议的控制下,以实现资源(硬件、软件和数据等)共享为主要目的,借助于通信系统连接的多个计算机的集合,称为计算机网络,或称为第三代计算机网络。

除了如上所述的区别外,第二、第三代计算机网络还在如下两方面有所不同。

(1)资源管理:第三代计算机网络中对资源的管理由网络操作系统完成。

(2)体系结构:目前世界上已有许多个第二代计算机网络在运行着,但体系结构(网络功能分层、层间接口及各层中应用协议的集合)却是各异的。如 IBM 公司的 SNA (System Network Architecture)和 DEC 公司的 DNA (Digital Network Architecture)体系结构就相差很大。这给实现异构网互联带来了困难,从而阻碍了计算机网络的普及与发展。在第三代计算机网络中,这一问题得到了较好的解决,即统一应用 ISO (International Standards Organization)的 OSI/RM (Open System Interconnection Reference Model)。

IBM 公司在 SNA (System Network Architecture)之前已建立了许多网络,为了使自己公司制造的计算机易于联网,并有标准可循,使网络的系统软件、网络硬件具有通用性,1974 年他

他们在世界上首先提出了完整的计算机网络体系结构标准化的概念,宣布了 SNA 标准。IBM 公司用 SNA 作为标准建立起来的网络称为 SNA 网,用户可以非常容易地将 IBM 各系列和型号的计算机互联,建造网络。为了增强计算机产品在世界市场上的竞争能力,DEC 公司公布了 DNA(数字网络系统结构),Univac 公司公布了 DCA(数据通信体系结构),Burroughs(宝来)公司公布了 BNA(宝来网络体系结构)等。但这些网络技术标准只在一个公司范围内有效,其所遵从的某种标准的、能够互联的网络通信产品,只是同一公司生产的同构型设备。

网络通信市场这种各自为政的状况使得用户在投资方向上无所适从,也不利于多厂商之间的公平竞争,于是制定统一的技术标准势在必行。

1977 年国际标准化组织(ISO)为适应网络向标准化发展的形势,成立了 TC97(计算机与信息处理标准化委员会),其下属的 SC16(开放系统互联分技术委员会),在研究、吸收各计算机制造厂家的网络体系结构标准化经验的基础上,开始着手制定开放系统互联的一系列标准,旨在将异种计算机方便地互联,构成网络。该委员会制定了“开放系统互联参考模型”(OSI),作为国际标准。OSI 规定了互联的计算机系统之间的通信协议,遵从 OSI 协议的网络通信产品都是所谓的开放系统。今天,几乎所有网络产品厂商都声称自己的产品是开放系统,不遵从国际标准的产品逐渐失去了市场。这种统一的、标准化的产品的互相竞争给网络技术的发展带来了更大的繁荣。

20 世纪 80 年代,微型计算机有了极大的发展,这种廉价的、更适合办公室环境和家庭使用的新机种对社会生活的各个方面都产生了深刻的影响。特别是微型计算机的普及推动了企业内部的微型计算机和智能设备的互联需求,从而也带动了局域网技术的高速发展。1980 年 2 月,IEEE 802 委员会的局域网标准出台,成为局域网的主流标准。

局域网的发展道路不同于广域网,局域网厂商从一开始就按照标准化、互相兼容的方式展开竞争。目前局域网厂商大都进入专业化的成熟时期。今天,在一个用户的局域网中,工作站可能是 IBM 的,服务器可能是 Compaq 的,网卡可能是 3Com 的,集线器可能是 DEC 的,而网络上运行的软件则可能是 Novell 的 NetWare 或 Microsoft 的 Windows NT。

1.1.4 Internet 的发展

从 20 世纪 80 年代开始,Internet 成为计算机网络领域最引人注目也是发展最快的网络技术。经过 20 多年的发展,如今 Internet 已经成为通达 150 多个国家的国际性网络,与之相连的网络近百万个,在网上运行的主机达上千万台,且还在以飞快的速度不断增加。Internet 上不仅有分布在世界各地计算机上的成千上万的信息资源,而且 Internet 上丰富的应用程序,为入网的用户提供了各种各样的服务。自 1994 年以来,Internet 开始了商业化的发展,利用 Internet 进行商业活动成为世界经济的一大热点,几乎所有的国际著名公司都在 Internet 上建立自己的商业服务系统,并且把公司管理系统与 Internet 相连接。另一方面,商业性的 Internet 接入服务也为其带来了更多的用户,推动了 Internet 的普及,甚至对人们的生活方式产生了影响。可以说 Internet 的普及应用,是人类社会由工业社会向信息社会发展的重要标志。

Internet 是从早期的 ARPANET 网发展起来的,它主要经历了以下的主要发展阶段:

(1) 1969 年 ARPANET 问世后得到了飞速发展,到 1983 年已连入 300 多台计算机,供美国各研究机构和政府部门使用。到 1984 年 ARPANET 分解为两个网络,一个仍称为 ARPANET,是民用科研网,另一个是军用计算机网络 MILNET。

(2)1986年美国国家科学基金会在美国政府的资助下,租用电信公司的通信线路组建了一个新的 Internet 骨干网——国家科学基金会网络(NSFNET),用以连接当时的六大超级计算机中心和美国的大专院校及学术机构。

(3)1989年 ARPANET 解散,同时,NSFNET 对公众开放,并成为 Internet 最重要的通信骨干网络。

(4)1992年,Internet 不再归美国政府管辖,而是成立了一个国际组织——Internet 协会(ISOC),负责对 Internet 进行全面管理,并以制定 Internet 相关标准和推广 Internet 的普及为目标。

Internet 的网络体系结构采用 TCP/IP 协议族。TCP/IP 协议族由一组以 TCP 和 IP 为代表的协议构成。它采用四层结构,简单实用,既可提供高效的数据传输,又能满足不同服务的网络传输要求。同时,使用 TCP/IP 协议族还可以方便地将不同类型的主机和网络互联。原则上任何计算机只要遵守 TCP/IP 协议,就能按一定的规则接入 Internet。

1.1.5 计算机网络的未来趋势

随着第三代计算机网络的诞生,网络访问、网络服务、网络管理和安全等技术的逐步完善以及标准化工作的不断进行,计算机网络的应用几乎遍及人类活动的一切领域。各种管理信息系统、办公自动化系统、智能决策系统、情报资料检索系统、生活信息服务系统、电子邮政系统、事务处理系统、交通管理系统、军事指挥系统、专家指挥系统、大型科学计算中心等都是在以计算机网络为基础构成的信息网络上完成的。它们涉及政治、经济、军事、文化、科学及日常生活的各个方面,并继续向着“无处不在、无所不能”的方向迅速发展。

近十年来,人们对计算机网络,尤其是 Internet/Intranet 向人类社会提供的机会与挑战作了全面而深入的分析和研究。在一个有亿万台计算机运行的世界里,一个邮件(信息)一般只需 5 秒钟(而不是过去的 5 天)就能到达目的地。公司产品的设计者与推销员即使远隔重洋也可紧密配合地开展合作。计算机网络已将语言、图片、视频、音乐、书信、统计数据等各种形式的多媒体信息带进了人类活动的所有领域。可以说,目前计算机网络的发展出现了三种任意性,即在任意数目的计算机上,运行任意数目的程序,并在任意时刻相互通信。目前,人们正受着三股潮流的合力冲击:

- 纷纷从集中式大型机结构撤离,走向分布式客户机/服务器(client/server)的新天地;
- 微处理器计算能力和存储容量强劲地增长;
- 对多媒体兴趣的持续增长,特别是对各种形式的视频应用。

同时,由于未来的通信业务将朝着“高速、宽带、智能、可靠”的方向发展,计算机本身也进一步朝着“功能强、体积小、价格低、易操作”的方向前进,这必然导致计算机网络将进一步朝着“开放、综合、智能”的方向迅速发展。所谓“开放”,一是指对其应用环境的开放和对不同应用的适应,二是指相对其互联环境的开放,即便于与其他网络和计算机互联。“开放”包括:

- 网络体系结构的标准化;
- 发展各种网络互联技术,如中继技术、自动转换协议的网桥和网关技术、自动协议选择技术等;

- 创造开放的统一网络应用环境。

所谓“综合”,体现了系统中各要素间的更紧密结合,包括:

- 各种先进信息技术,如机器人控制技术、雷达红外检测技术、光盘存储技术、人工智能技术、光纤通信技术等的进一步综合;

- 巨型机、大型机、中型机、小型机、工作站、PC 和便携机、专用和通用机、同种和异种机等综合;

- 服务功能,如资源共享、通信服务、分布与并行处理等的综合;

- 通信系统的综合,如各种介质、通信方法、子网与主网的有机结合;

- 各种信息媒体的综合,如各种数据、语音、图像等不同信息媒体在计算机网络系统中的综合采集、存储、处理、传输和综合输出应用;

- 网络系统结构的一体化,包括各种资源的合理配置与分工、C/S 和 B/S 模式的发展、各种分布式应用与分布式网络操作系统的进一步完善等。

所谓“智能”,是人工智能(AI, Artificial Intelligence)技术与网络技术的结合,包括:

- 网络服务中心引入智能技术直接提高各种网络应用功能,如“智能通信网络”;

- 网络通信操作中应用智能技术以提高网络系统的自适应性和可靠性,如智能路由选择、智能网络管理、故障的自动诊断与恢复等;

- 网络系统结构如何把传统的智能计算机神经网络以及各种智能人机接口、知识库等在网络系统中有机地结合,合理地配置。

网络资源的膨胀,使得传统的共享 LAN 难以招架沉重的 C/S 流量。通常采用的“网段微化”措施也不能解决根本问题,以往网络设计中的 20/80(远程流量/本地流量)法则已被否定。因此,必须探索和发展新型的网络技术。在过去的几年里,光纤分布数据接口(Fiber Distributed Data Interface, FDDI)、信元交换(cell switching)、异步传输模式(Asynchronous Transfer Mode, ATM)、千兆以太网交换和 xDSL 等技术备受重视,进而人们开始研究以光纤作为传输介质,采用交换的新技术范例来组建 Gigabit 网。同时,各种功能强大、高速智能的交换集线器(Intelligent Switching Hub, ISH)相继问世,它们在基础结构上融入了更高性能的技术。这些智能 Hub 在网络建设中正起到和将会起到非常重要的作用。

毫无疑问,在未来时代里“网络中心”将更加普遍,服务器管理和网络操作将变得更加可靠,交换式互联网(switched internet)必将占据未来的网络市场。在这种网络化环境里,社会将变得更加生机勃勃,人民生活将变得更加轻松自如、丰富多彩。计算机网络的未来无限美好。

1.1.6 计算机网络在中国的发展

虽然计算机网络技术在中国起步比较晚,但是,随着中国经济的快速发展,计算机网络技术被广泛应用,并得到了很快的发展。

1. 建立中国公用分组交换数据网和中国数字数据网

1989 年 11 月,中国第一个公用分组交换网 CNPAC 建成运行,它由三个分组结点交换机、八个集中器和一个双机组成的网络管理中心组成。在此基础上,1993 年 9 月,新的分组交换网建成,并改称 CHINAPAC,它由国家主干网和各省(自治区、直辖市)的省内网组成。

自 20 世纪 90 年代以来,在 Internet 发展的带动下,中国数字数据网(CHINADDN)的发展速度很快,它是利用光纤(包括数字微波和卫星)数字电路传输和数字交叉复用结点组成的数字数据传输网。

2. “三金”工程

1993年3月12日,国家提出了要建设“三金”工程,即“金桥”、“金卡”和“金关”工程。

“金桥”工程属于信息的基础设施建设,就是要建设中国的社会经济信息平台,即建设国家公用经济信息网。它以光纤、卫星、微波、程控、无线移动等多种方式,与邮电部系统数据网互为备用,并与各部委和各省市的信息数据专用网互连互通。“金桥”工程是“三金”的基础。

“金卡”工程是指电子货币工程,即银行信用卡支付系统工程。它是以电子信息转账实现的一种货币流通形式,并且它是金融电子化和商业流通现代化的重要组成部分,将与银行、内贸等部门紧密配合实施。

“金关”工程是指国家对外经济贸易信息网工程,就是要推动海关报关业务的电子化,取代传统的报关方式以节省单据传送的时间和成本。它可以延伸到整个国家的物资流动,对其进行高效管理,还可以将对外经贸企业的信息系统进行联网,推广电子数字交换(EDD)业务,消除进出口统计不及时、不准确,以及在许可证、税额、出口退税等方面存在的弊端。

(3) 中国 Internet 的建立

随着“信息高速公路”的兴起和 Internet 的发展,中国开始构建全国范围的公用计算机网络。目前,中国有可以与 Internet 互联的八个全国范围的主要 Internet 服务提供商,它们是:中国公用计算机互联网 CHINANET、中国教育和科研机网 CERNET、中国科学技术网 CSTNET、中国网通公用互联网(网通控股)CNCNET、中国联通互联网 UNINET、宽带中国 CHINA169 网(网通集团)、中国国际经济贸易互联网 CIETNET 和中国移动互联网 CMNET。

1.2 计算机网络的定义与应用

1.2.1 计算机网络的定义

1. 计算机网络的定义

计算机网络有多种不同的定义,但定义的核心内容是一致的。现将这一定义给出如下:

用通信线路将分散在不同地点的、具有独立功能的计算机系统相互连接,并按网络协议进行数据通信和实现资源共享的计算机集合,称为计算机网络。

“通信线路”可为双绞线、同轴电缆(粗、细)、光纤、微波、通信卫星、红外线、激光等。“不同地点”给出了各计算机所在地理位置的差异,将它们连接起来就形成了“网”,并且依据所覆盖范围的不同出现了局域性的(如一楼内、校园内等)、广域性的(如国家性、国际性)计算机网络。“独立自主”是说互联的计算机之间无明显的主从关系,即网上任何一台计算机不能强制性启动、停止和控制网上另一台计算机。因此,面向终端的网络不是一个真正意义上的计算机网络。“相互连接”为的是能够实现网上计算机之间交换信息,并且依连接方式的不同产生了结构上不同类型的计算机网络。“网络协议”可以简单地说是“通信过程中全网共同遵守的规范准则”。“数据”可以包括文本、图形、声音、图像等。“资源”指的是在有限时间内为用户提供服务的设备,包括软设备(如各种语言处理程序、服务程序和应用程序等)和硬设备(如大型计算机 CPU 的处理能力、超大容量存储器、高速打印机等)以及数据(数据文件、公共数据库等)。“共享”指的是这些“资源”能被网上所有用户使用,而且用户不必考虑自己在网中的位置和资源在网中的位置。这就意味着本地用户要与近程或远程

计算机进行文件传送等,即使用本地和远程资源。

2. 计算机网络的组成

根据定义可以简单地把计算机网络说成是多个计算机经由通信线路互联而组成的网络系统。在这个系统中,计算机或称主机(host)是网络资源中的主要部分,是用户间实现相互通信、访问网络和共享网络资源的关键设备。为了将这些主机(包括终端)连接入网,还常常需要一些辅助设备,如集中器、调制解调器(modem)、多路复用器、通信控制器、分组组装/拆卸设备 PAD 和前端通信处理机等。由于通信距离一般较远,因此在通信线路上可能要经过多个中间节点(专用计算机)IMP(Interface Message Processor)。

为了降低组网的复杂程度,减少工作量和方便异种机的互联,并且考虑到要充分利用通信线路资源,提高网络的完整性和可靠性,简化设计,将“数据处理”与“通信处理”任务分开,由此划分出“资源子网”和“通信子网”两部分。

(1) 资源子网的构成、作用

一个计算机网络的资源子网是由入网的所有主机(可为巨型计算机、小型和微型计算机以及智能终端等)、外部设备(如普通终端)、软件(如本地系统软件、用户应用程序、通信软件和网络软件等)和数据(如公共数据库等)组成,负责全网的面向用户的数据处理与数据管理(如数据的输入、输出和存储等),以实现最大限度的全网资源共享。

(2) 通信子网的构成、作用和设计

计算机网络中的通信子网(简称子网)是由传输线路和转发部件组成。其中,传输线路(也叫电路或信道等)承担着传送二进制位流(即比特流)的任务,而转发部件即接口信息处理机 IMP 或称交换节点(switching node)是用来连接两条或多条传输线路,对传输线上的比特流进行转发。通信子网在计算机网络中主要有两个作用:提供“用户入网的接口”和实现“数据传输”。

3. 计算机网络与终端分时系统

从本质上讲,在多用户系统中主机与其连接的计算机终端或计算机之间都是支配与被支配的关系。传统的多用户系统是由一台中央处理机、多个联机终端以及一个多用户操作系统组成。终端不具备单独的数据处理能力。在分时系统中 CPU 通过使用为每个用户划分的时间片来执行用户的应用程序。终端(无论是本地的还是远程的)只是主机和用户之间的接口,它本身并不拥有计算资源,全部资源集中在主机中,主

机以自己拥有的资源分时地为各终端用户服务。而在计算机网络中的各个计算机(工作站)本身拥有计算资源,它能独立工作,完成一定的计算任务。同时用户还可以通过本地计算机或工作站使用网络中其他计算机的资源(CPU、大容量外存或信息等)。图 1-3 描述了一个连接四个终端的分时系统。系统中每个终端分享主机的计算资源,即使是最大型的主机,其存储器、速度及所能负担的终端数量都是有限的,每个终端都能够分享到一部分计算机资源。系统中加的终端越多,每个用户使用主机资源的机会就越少。表 1-1 对计算机网络与多用户系统进行了比较。

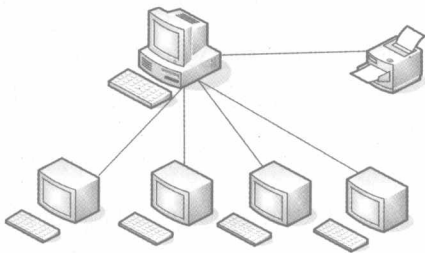


图 1-3 连接四个终端的多用户分时系统

表 1-1 计算机网络与多用户系统特性比较

	计算机网络	分时多用户系统
共享性	网络用户能够共享网络全部资源	各终端用户共享中心计算机资源
并行性	网络中资源子网的各计算机具有独立数据处理能力,各主计算机的运行不受网络中其他主计算机的干扰	各终端用户是一段时间内的并行,同一时刻不可能出现两个或两个以上用户运行

多终端分时系统中,主机的功能强、性能高,对于某类特殊和复杂的问题,可充分发挥其作用(如不在分时方式下工作),并获得良好的效果。在一般情况下,局域网既可发挥高度并行操作和协同的优点,又可相互通信,适合于用户间相互访问的办公事务处理系统。

4. 计算机网络与多机系统

和计算机网络类似的另一种系统是多机系统。多机系统专指同一机房中的许多大型主机互联组成功能强大、能高速并行处理的计算机系统。对这种系统互联的要求是高带宽和多样的连通性。

计算机网络与多机系统在耦合度上有明显差别。耦合度是处理机之间连接的紧密程度,它可用处理机之间的距离及相互连接的信号线数目来表示,表 1-2 表示了按互联距离的分类。

表 1-2 互联处理机按分布距离的分类

处理机间距离	处理机安装的范围	系统类型
0.1 m	同一路板上	数据流机
1 m	同一系统	多处理机
10 m	同一房间	局域网
100 m	同一建筑物	
1 km	校园	
25 km	城市	广域网
100 km	国家	
1000 km	洲	

从表 1-2 看出,数据流机是利用多个功能单元执行同一程序的高度并行计算机系统,多处理机系统是使用共享存储器等方式工作的计算机系统,而计算机网络按互联的范围从小到大可分为局域网、广域网和广域互联的国际网。

5. 计算机网络与分布式系统

分布式计算机系统与计算机网络系统在计算机硬件连接、系统拓扑结构和通信控制等方面非常类似,而且它们都具有通信和资源共享的功能。但它们之间有一个非常重要的区别,那就是分布式计算机系统是在分布式计算机操作系统支持下进行的分布式数据库处理和各计算机之间的并行计算工作,也就是说各互联的计算机可以互相协调工作,共同完成一项任务,一个大型程序可以分布在多台计算机上并行运行。分布式系统在计算机网络基础上为用户提供了透明的集成应用环境。用户可以用名字或命令调用网络中的任何资源进行

远程的数据处理,不必关心这些资源或数据的地理位置。对计算机网络往往不要求这种透明性,甲地的用户要利用乙地的计算机必须通过自己的终端显式地指定地点和设备名。20世纪80年代以来,随着微型计算机的发展,人们对高级形态的分布处理环境投入了极大的热情,似乎由众多的微型计算机组成的功能强大的(可与大型机相比的)分布式处理系统已指日可待。随着时间的推移,这种普通意义上的分布处理系统还是没有出现,然而这方面的研究活动却取得了成效:分布式数据库已经面世,分布式控制的优点也已深入人心,对分布式集成应用环境的研究也还在继续。

1.2.2 网络建设的目的

(1) 提供资源共享。网上任一用户使用远程的设备、程序和数据就像使用本地的一样。

(2) 提供信息的快捷交流。这在当今的信息化时代尤为重要。通过计算机网络可使生活在不同地方的人们共同完成报告或文件的起草、编辑和修改,进行“面对面”地开会、办公,商谈各种事情,作出决策等。

(3) 提供分布处理功能。在网络操作系统的合理调度和管理下,可将一个复杂、庞大的任务分散在不同计算机上来协同工作、并行处理。

(4) 实现集中控制和管理。将在地理位置分散的多台计算机“团结”起来,以便集中地进行各类信息的处理。

(5) 提高系统可靠性。对比较重要的软件、数据可同时存储在网上的不同计算机中,万一某台计算机出了故障,或是发生局部地区的天灾和战争等意外的破坏,造成该资源的不可恢复,则仍可在网上的其他计算机中找到副本,或由其他计算机代替工作。显然,此种情况往往性能会降低一些,但整个系统没有瘫痪,这对于在某些场合,如军事、银行等处进行实时控制是非常必要的。

(6) 提高系统的性能价格比。通常大型计算机的性能可能是微型计算机的十倍,但价格也可能要在千倍以上。所以,100个用户每人拥有一台微型计算机并连接成网,就比他们分时共享一台大型计算机的资源要方便和节省费用。

1.2.3 网络应用

随着 Internet 的迅猛发展,计算机网络已经在工业、农业、交通运输、邮电通信、文化教育、商业、国防和科学研究以及日常生活等各个领域得到了日益广泛的应用,一些实用技术与工具已经产生,如 E-mail 的传递、远程登录(Telnet)、文件传输(FTP)、网络新闻组(USENET)、WWW 浏览、电子公告栏(BBS)、虚拟现实、IP 电话、IRC 与 ICQ、电子商务、网络娱乐等。

1. BBS(Bulletin Board System)

它是 Internet 上发布和获取信息最常用的方式之一,为用户读取信息开辟了一块“公共”空间,其主要功能有:供用户自我选择若干感兴趣的专业组和讨论组,定期检查是否有新的消息发布,用户“张贴”供他人阅读的文章(包括对别人文章或某条新闻的评论)。随着 WWW 的普及,现在更多的人使用浏览器访问 BBS。

2. IPPHONE

它是一种在 Internet 上实现 PC 到 PC、PC 到电话、电话到电话之间进行话音通信的技术。由于采用分组交换和统计复用技术实现了话音、数据的综合传输。