

21世纪高等学校计算机教育实用规划教材

计算机网络 (第2版)

沈 红	李爱华	主编
喻红婕	宋 凯	副主编
金海月	石振刚	参编

清华大学出版社



21世纪高等学校计算机教育实用规划教材

计算机网络（第2版）

沈红	李爱华	主编
喻红婕	宋凯	副主编
金海月	石振刚	参编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书共分为6章,比较系统地介绍了计算机网络的发展和原理体系结构、物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层的内容,各章均附有疑难解析、综合练习和习题。与本书配套的网络资料中有全书的课件。

本书的特点是结构合理、概念准确、论述严谨、内容丰富、图文并茂、深入浅出,突出基本原理和基本概念的阐述。为了更好地掌握基本概念和基本原理,同时还配有一定数量的例题。并力图反映出计算机网络的一些最新发展。本书可供电气信息类和计算机类专业的本科生和研究生使用。另外,本书对于相关专业的技术人员也具有一定的参考价值。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/沈红,李爱华主编.--2版.--北京:清华大学出版社,2015

21世纪高等学校计算机教育实用规划教材

ISBN 978-7-302-39968-1

I. ①计… II. ①沈… ②李… III. ①计算机网络—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第087819号

责任编辑:付弘宇 薛 阳

封面设计:常雪影

责任校对:李建庄

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:20.25 字 数:504千字

版 次:2010年2月第1版 2015年7月第2版 印 次:2015年7月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:44.50元

出版说明

随着我国高等教育规模的扩大以及产业结构调整进一步完善,社会对高层次应用型人才的需求将更加迫切。各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,合理调整和配置教育资源,在改革和改造传统学科专业的基础上,加强工程型和应用型学科专业建设,积极设置主要面向地方支柱产业、高新技术产业、服务业的工程型和应用型学科专业,积极为地方经济建设输送各类应用型人才。各高校加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的力度,从而实现传统学科专业向工程型和应用型学科专业的发展与转变。在发挥传统学科专业师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势的同时,不断更新教学内容、改革课程体系,使工程型和应用型学科专业教育与经济建设相适应。计算机课程教学在从传统学科向工程型和应用型学科转变中起着至关重要的作用,工程型和应用型学科专业中的计算机课程设置、内容体系和教学手段及方法等也具有不同于传统学科的鲜明特点。

为了配合高校工程型和应用型学科专业的建设和发展,急需出版一批内容新、体系新、方法新、手段新的高水平计算机课程教材。目前,工程型和应用型学科专业计算机课程教材的建设工作仍滞后于教学改革的实践,如现有的计算机教材中有不少内容陈旧(依然用传统专业计算机教材代替工程型和应用型学科专业教材),重理论、轻实践,不能满足新的教学计划、课程设置的需要;一些课程的教材可供选择的品种太少;一些基础课的教材虽然品种较多,但低水平重复严重;有些教材内容庞杂,书越编越厚;专业课教材、教学辅助教材及教学参考书短缺,等等,都不利于学生能力的提高和素质的培养。为此,在教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议下,清华大学出版社组织出版本系列教材,以满足工程型和应用型学科专业计算机课程教学的需要。本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本原则和特点。

(1) 面向工程型与应用型学科专业,强调计算机在各专业中的应用。教材内容坚持基本理论适度,反映基本理论和原理的综合应用,强调实践和应用环节。

(2) 反映教学需要,促进教学发展。教材规划以新的工程型和应用型专业目录为依据。教材要适应多样化的教学需要,正确把握教学内容和课程体系的改革方向,在选择教材内容和编写体系时注意体现素质教育、创新能力与实践能力的培养,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。

(3) 实施精品战略,突出重点,保证质量。规划教材建设仍然把重点放在公共基础课和专业基础课的教材建设上;特别注意选择并安排一部分原来基础比较好的优秀教材或讲义修订再版,逐步形成精品教材;提倡并鼓励编写体现工程型和应用型专业教学内容和课程体系改革成果的教材。

(4) 主张一纲多本,合理配套。基础课和专业基础课教材要配套,同一门课程可以有多种具有不同内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化,基本教材与辅助教材,教学参考书,文字教材与软件教材的关系,实现教材系列资源配套。

(5) 依靠专家,择优选用。在制订教材规划时要依靠各课程专家在调查研究本课程教材建设现状的基础上提出规划选题。在落实主编人选时,要引入竞争机制,通过申报、评审确定主编。书稿完成后要认真实行审稿程序,确保出书质量。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平的以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量和建设力度,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

联系人:魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前 言

本书的第1版于2010年2月出版。由于本书所讲授的是计算机网络的最基本原理,因此新版教材保留了第1版中的主要内容。但为了适应网络和因特网技术的迅猛发展,新版教材增加了许多新的内容,以适应计算机网络教学的需要。下面是一些主要的变化。

第1章概述部分在计算机网络的发展的介绍中,增加了网络交换技术的介绍。第2章物理层,在篇幅上进行了适当的精简,增加了宽带接入技术。第3章数据链路层,在结构上的改动较大,这一章包括了点对点信道的数据链路层和广播信道的数据链路层的介绍,把原来有线局域网的内容部分并入现在的第3章,并把数据链路层可靠传输部分的内容移到第5章传输层中。这样的安排比较符合因特网的实际需要。第4章网络互连,主要着重介绍了网络互联问题。新版取消了广域网这一章的介绍,把其中的拥塞控制、路由选择等内容放到了网络层介绍,把宽带接入技术放到了物理层介绍,取消了对一些广域网知识的介绍,但这些并不影响读者对整个计算机网络的学习和理解。第5章传输层的改动比较大,把可靠传输的基本概念和TCP的滑动窗口机制放在一起讲,可以使读者对可靠传输有一个比较完整的概念,对拥塞控制的方法增加了进一步的解释。第6章变化不大,仍然以应用层的协议介绍为主。在每一章中,为了帮助消化相关理论,在介绍原理的同时适当地增加了一些例题。

本书的参考学时为60学时左右。如果学时较少,可以适当调整讲授内容。

本书附有随书课件(网络资料)。

本书由沈红、李爱华主编,喻红婕、宋凯副主编,参编有金海月、石振刚、胡树杰、钟辉。其中沈红和李爱华参加了本书大纲的编写,沈红撰写了本书的第4、5章,李爱华撰写了本书的第2、3章,喻红婕撰写了第1章,金海月和石振刚撰写了第6章,其他作者对本书的内容和后期的校对做出了很大的贡献。

由于计算机网络涉及的内容极为广泛,技术发展较快,书中不足与欠妥之处在所难免,敬请广大师生批评指正,不胜感激。

编 者

2015年5月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 计算机网络的形成与发展	1
1.1.1 计算机网络的产生与定义	1
1.1.2 计算机网络的发展	3
1.1.3 计算机网络的功能	12
1.1.4 计算机网络的分类	12
1.2 计算机网络的组成与结构	15
1.2.1 计算机网络的组成	15
1.2.2 现代计算机网络的结构特点	16
1.3 计算机网络的拓扑结构	17
1.3.1 计算机网络拓扑的基本概念	17
1.3.2 网络拓扑的类型	17
1.4 计算机网络体系结构与参考模型	21
1.4.1 网络体系结构的基本概念	21
1.4.2 ISO/OSI 分层体系结构	26
1.4.3 TCP/IP 分层体系结构	30
1.4.4 OSI/RM 与 TCP/IP/RM 的比较	31
1.4.5 本书采用的模型	33
1.4.6 网络与 Internet 协议标准组织	35
1.5 计算机网络的功能与应用	36
1.5.1 计算机网络的功能	36
1.5.2 计算机网络的应用	37
1.6 本章疑难点	39
1.7 综合例题	40
习题 1	44
第 2 章 物理层	46
2.1 通信基础	46
2.1.1 基本概念	46

2.1.2	奈奎斯特定理与香农定理	52
2.1.3	编码与调制	54
2.1.4	多路复用技术	57
2.1.5	数字传输系统的 SONET 与 SDH	61
2.2	传输介质	61
2.2.1	导向传输介质	62
2.2.2	无线传输介质	64
2.3	物理层设备	65
2.3.1	中继器	65
2.3.2	集线器	66
2.4	宽带接入技术	66
2.4.1	ADSL 接入技术	67
2.4.2	HFC 接入技术	68
2.4.3	FttX 技术	69
2.4.4	宽带无线接入	70
2.5	物理层接口特性	70
2.5.1	EIA RS-232-C 接口标准	70
2.5.2	EIA RS-449 接口标准	73
2.5.3	USB 接口	73
2.6	本章疑难点	75
2.7	综合例题	77
习题 2		81
第 3 章	数据链路层	82
3.1	数据链路层的基本概念	82
3.2	成帧与透明传输	84
3.3	差错控制	86
3.4	点对点协议 PPP	88
3.5	局域网	91
3.5.1	局域网的基本概念和体系结构	91
3.5.2	以太网与 IEEE 802.3	93
3.5.3	共享信道的介质访问控制方法	96
3.6	局域网扩展	98
3.6.1	集线器扩展局域网	98
3.6.2	网桥	99
3.6.3	局域网交换机	102
3.7	高速以太网	104

3.7.1	100BASE-T 以太网	104
3.7.2	吉比特以太网	105
3.7.3	10 吉比特以太网	107
3.8	虚拟局域网	107
3.9	无线局域网	110
3.9.1	无线局域网基本结构模型	110
3.9.2	IEEE 802.11 物理介质规范	111
3.9.3	IEEE 802.3 介质访问控制	111
3.9.4	其他无线计算机网络	116
3.10	本章疑难点	117
3.11	综合例题	119
	习题 3	122
第 4 章	网络互联	124
4.1	网络层的基本介绍	124
4.1.1	网络层服务	124
4.1.2	网络层向上一层提供的服务	125
4.1.3	网络层拥塞	126
4.2	网络互联概述	129
4.2.1	网络互联的概念	129
4.2.2	网络互联的类型	129
4.2.3	互联设备及功能	130
4.2.4	路由器在网络互联中的作用及组成	130
4.3	Internet 的网际协议 IP	134
4.3.1	分类的 IP 地址	136
4.3.2	IP 协议特点与 IP 数据报的格式	145
4.3.3	IP 层处理数据报的流程	151
4.3.4	ARP 和 RARP	153
4.4	划分子网与构造超网	157
4.4.1	划分子网的意义	157
4.4.2	子网划分的方法	158
4.4.3	子网掩码	159
4.4.4	使用子网掩码转发分组过程	162
4.4.5	变长子网掩码技术	164
4.4.6	CIDR 技术	165
4.5	Internet 控制报文协议(ICMP)	170
4.5.1	ICMP 报文的作用	170

4.5.2	ICMP 报文的格式与类型	171
4.6	Internet 的路由选择协议	175
4.6.1	分层次的路由选择协议	175
4.6.2	内部网关协议 RIP	177
4.6.3	OSPF 协议	184
4.6.4	外部网关协议	188
4.7	多播和互联网组管理协议	192
4.7.1	单播、多播和广播基本介绍	192
4.7.2	IP 多播地址	194
4.7.3	因特网组管理协议 IGMP	196
4.7.4	多播路由器与 IP 多播中的隧道技术	198
4.8	下一代网际协议 IPv6	199
4.8.1	IPv6 概述	199
4.8.2	IPv6 的首部格式	201
4.8.3	IPv6 的地址空间	203
4.8.4	IPv4 向 IPv6 过渡	205
4.9	网络地址转换 NAT	206
4.9.1	NAT 简介	207
4.9.2	NAT 实现方式	208
4.10	移动 IP	208
4.10.1	移动 IP 概述	208
4.10.2	几个重要概念	209
4.10.3	移动 IP 协议工作原理	210
4.11	本章疑难点	211
4.12	综合例题	213
	习题 4	220
第 5 章	传输层	224
5.1	传输层协议概述	224
5.1.1	传输层的基本功能	224
5.1.2	传输层协议机制	226
5.2	TCP/IP 传输层的两个协议	226
5.2.1	传输层协议的特点	227
5.2.2	端口	229
5.2.3	套接字的作用	231
5.3	UDP 协议	233
5.3.1	UDP 协议的主要特点	233

5.3.2	UDP 协议的基本工作过程	234
5.3.3	UDP 用户数据报格式	235
5.3.4	UDP 校验和的计算示例	237
5.4	传输层可靠传输的工作原理	238
5.4.1	停等协议	238
5.4.2	实用的停等协议	239
5.4.3	停等协议的算法	241
5.4.4	连续 ARQ 协议	242
5.4.5	三种协议的比较	244
5.5	TCP 协议	244
5.5.1	TCP 协议提供的服务	245
5.5.2	TCP 报文的格式	249
5.5.3	TCP 连接的建立与拆除	253
5.5.4	TCP 中的窗口	259
5.5.5	TCP 的差错控制	262
5.5.6	TCP 的流量控制	265
5.5.7	TCP 拥塞控制	268
5.6	本章疑难点	274
5.7	综合例题	275
	习题 5	279
第 6 章	应用层	281
6.1	应用层概述	281
6.2	域名系统 DNS	284
6.2.1	层次域名空间	284
6.2.2	域名服务器	285
6.2.3	域名解析过程	287
6.3	文件传输协议 FTP	288
6.3.1	FTP 的工作原理	288
6.3.2	控制连接与数据连接	289
6.4	远程登录协议 TELNET	290
6.4.1	远程登录	290
6.4.2	TELNET 协议	290
6.4.3	TELNET 通信过程	291
6.5	电子邮件系统	291
6.5.1	电子邮件系统的组成结构	291
6.5.2	电子邮件格式与 MIME	292

X

6.5.3	SMTP 协议、POP3 协议和 IMAP 协议	293
6.6	万维网 WWW	295
6.6.1	统一资源定位符 URL	296
6.6.2	超文本传输协议 HTTP	297
6.6.3	超文本标记语言 HTML	299
6.6.4	万维网的搜索引擎	301
6.7	动态主机配置协议 DHCP	302
6.8	简单网络管理协议 SNMP	303
6.9	本章疑难点	305
6.10	综合例题	305
	习题 6	309

参考文献	310
------	-----

第 1 章

概 述

[本章主要内容]

1. 计算机网络概述

介绍计算机网络的概念,计算机网络的发展(从按时间的顺序和交换技术发展的角度两方面进行论述),计算机网络的分类、组成和功能,计算机网络的拓扑结构等。

2. 计算机网络体系结构与参考模型

介绍计算机网络分层结构,计算机网络协议、接口、服务等概念,ISO/OSI 及 TCP/IP 参考模型,具有五层协议的体系结构。

1.1 计算机网络的形成与发展

众所周知,21 世纪是一个数字化、网络化和信息化的时代,而其中最核心的是网络化,网络化是其他技术的基础。

而计算机网络的发展离不开计算机技术与通信技术的飞速发展。今天,人们的生活、工作、学习与沟通方式越来越依赖于计算机网络,它已渐渐成为人们生活的一部分。计算机网络从产生到今天的辉煌只经历了几十年的历程,它仍将继续发展和变化。因此,我们需要掌握计算机网络的基本知识,了解计算机网络的成长经历,在学习中不断提高对计算机网络的认知,使网络技术真正成为我们攀登科学高峰的一个锐利的武器。

1.1.1 计算机网络的产生与定义

1. 计算机网络的产生

1946 年世界上第一台数字电子计算机诞生,当时的用户必须带着任务到一个放置大型计算机的房间,数据的处理是以“计算为中心”的服务模式来进行工作的,计算机技术和通信技术并没有什么关系。直至 1954 年,一种能将数据发送并将数据接收的终端设备被制造出来后,人们才首次使用这种终端设备通过电话线路将数据发送到远方的计算机。后来,人们根据计算机通信的特点,将用通信线路把一台计算机与若干台用户终端相连而构成的“终端-计算机”系统,或使用通信线路将分散于不同地点的互相连接的“计算机-计算机”系统称为计算机通信网络,并定义为“计算机技术与通信技术相结合,实现远程信息处理并达到资源共享的系统”。此后,计算机开始与通信技术结合,“计算为中心”的服务模式逐渐让位于计算机网络的服务模式。

计算机与通信相结合主要有两个方面:一方面,通信网络为计算机之间的数据传输和交换提供了必要的手段;另一方面,计算机技术的发展渗透到通信技术,又提高了通信网络

的性能。然而,这两方面的进展都离不开超大规模集成电路(半导体)技术的成就。实践表明,计算机网络的产生与发展,对人类社会的发展产生了深远的影响。

2. 计算机网络的定义

1970 年在美国信息处理学会上人们给出了计算机网络的最初的定义,把计算机网络定义为“是将分散的、具有独立功能的计算机系统,通过通信设备与线路连接起来,由功能完善的软件实现资源共享和信息传递的系统”。简言之,计算机网络就是一些互连的、自治的计算机系统的集合。这其中的计算机系统可以是主机(或是端系统),如大型计算机、台式机、笔记本电脑、工作站、无线电话等;通信设备可以是连接网络到其他网络的路由器、将设备连接在一起的交换机和进行数据转换的调制解调器等;线路则是指将这些设备连接起来的有线(如电缆)或无线(如大气)媒介。这一定义主要强调以下三点:

- ① 计算机网络是计算机系统的群体;
- ② 各计算机之间不存在主从关系;
- ③ 计算机互连的目的是为了实现资源共享。

随着分布式处理技术的发展,为了使用户更好地使用网络资源,出现了另一种观点,即强调用户透明性,把计算机网络定义为“使用一个网络操作系统来自动管理用户任务所需的资源,使整个网络像一个大的计算机系统一样对用户是透明的”。这里的“透明”是指用户感觉不到多个计算机的存在。如果不具备这种透明性,而需要用户熟悉资源情况,确定和调用资源,则认为这种网络是计算机通信网而不是计算机网络。按照这种观点,具有资源共享能力只是计算机网络的必要条件,而非充分条件。目前通常采用的计算机网络定义是:计算机网络是用通信线路将分散在不同地点并具有独立功能的多台计算机系统互相连接,按照网络协议实现远程信息处理,并实现资源共享的信息系统。这里强调计算机网络是在协议的控制之下,实现计算机之间的数据通信,网络协议是区别计算机网络与一般计算机互连系统的重要标志。

应该指出的是,计算机网络与分布式计算机系统之间有相同之处,但两者并不完全相同。分布式计算机系统各计算机对用户是透明的。对用户来说,这种分布式计算机系统就好像是只有一台计算机一样,用户通过输入命令就可以运行程序、使用文件系统,但用户不知道是哪一台计算机在为他运行程序或处理文件,实际上是操作系统为用户选择一台最合适的计算机来为他服务,并将服务的结果传送到合适的地方,这些都不需要用户的干预。而计算机网络则不同,用户必须先要在要为其执行计算或功能处理的计算机上登录,然后按照该计算机的地址,将命令、数据或程序传送到该计算机上去处理或运行。最后,服务方计算机将结果传送到指定的计算机。计算机网络与分布式计算机系统之间主要的区别是软件的不同,一般来说,分布式计算机系统是计算机网络的一个特例。

因此,一个计算机网络必须具备以下 3 个基本要素。

(1) 若干个主机:至少有两个具有独立操作系统的计算机,且它们之间有相互共享某种资源的需求。

(2) 一个通信子网:两个独立的计算机之间必须用某种通信手段将其连接。

(3) 一系列的协议:网络中的各个独立的计算机之间要能相互通信,必须制定相互可确认的规范标准或协议。

1.1.2 计算机网络的发展

计算机网络从 20 世纪 60 年代开始发展到今天,已经从一些小型的办公局域网发展到覆盖全球的因特网(Internet),对人们生活的各个方面都产生了巨大的影响,而这种影响正不断扩大。本书不仅讨论计算机网络的发展历程的时间线索,同时也讨论网络交换技术发展的进程。

1. 计算机网络发展历程的时间线索

按照时间线索来讨论计算机网络的发展,大致可以分为以下 4 个阶段:

- 面向终端的计算机通信网;
- 计算机-计算机网络;
- 开放式标准化阶段;
- 网络互连与高速网络。

(1) 面向终端的计算机通信网

在早期用一台计算机专门进行数据处理,用一个通信处理机或前端处理机(早期为线路控制器)通过调制解调器与远程的终端相连(如图 1-1 所示)。所谓终端通常指一台计算机的外部设备,包括显示器和键盘,无中央处理器和内存。

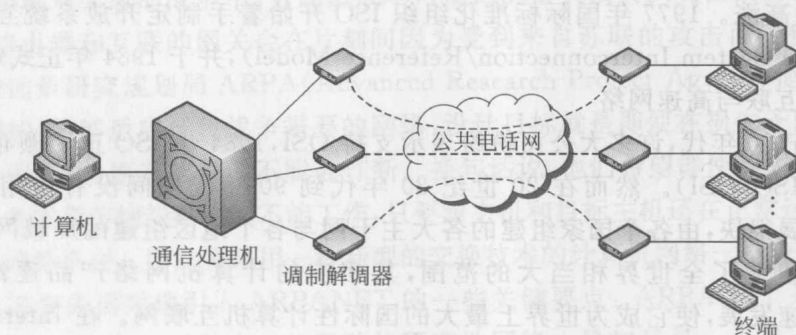


图 1-1 面向终端的计算机通信网

通信处理机用来完成全部通信任务,包括串行和并行传输的转换,计算机专门进行数据处理。调制解调器将终端的数字信号变成可以在电话线上传输的模拟信号或完成相反的变换。这种联机系统称为面向终端的计算机通信网。在初期这种模式一直被广泛使用,被称为第一代计算机网络。这种网络本质上是以单个计算机为中心的远程联机系统,各终端通过通信线路共享计算机的软件和硬件资源。

(2) 计算机-计算机网络

20 世纪 60 年代中期开始,随着计算机技术和通信技术的发展,出现了将多个单处理机利用通信线路相互连接,并以多处理机为中心的计算机网络互连系统,开创了计算机-计算机通信的时代。它的出现使计算机网络的通信方式由终端与计算机之间的通信,发展到计算机与计算机之间的直接通信。用户可把整个系统看作由若干个功能不同的计算机系统集合而成。这就是第二代计算机网络,它比第一代面向终端的计算机网络在功能上扩大了很多。

但是,在早期的通信系统中,应用最广泛的是电话交换系统(电路交换),由于计算机与各种终端的传送速率不同,在采用电路交换时,不同类型、不同规格、不同速率的终端很难相

互进行通信,必须采用一些措施来解决这个问题。而在计算机通信中采取有效的差错控制技术,可靠并准确无误地传送每一位数据也是非常必要的,因此需要研究开发出适用于计算机通信的交换技术。

1964年8月,巴兰(Baran)首先提出分组交换的概念。1969年12月,美国国防部高级研究计划局的分组交换网 ARPANET 投入运行,开始时有4个主机相连接,到1975年已经有100多台不同型号的大型计算机连于网内。它是全球第一个分组交换网。从此计算机网络进入了一个崭新的发展阶段,标志着现代通信时代的开始。

(3) 开放式标准化阶段

经过20世纪60年代和70年代前期的发展,人们对网络技术、数据通信的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了自己的网络技术标准。当时各厂商的标准化体系有:IBM公司的SNA(系统网络体系结构)、DEC公司的DNA(数字网络系统结构)、UNIVAC公司的DCA(数据通信体系结构)和Burroughs公司的BNA(宝来网络体系结构)等系统。

但是,这些标准只在一个公司范围内有效,遵从某种特定标准的、能够互连的网络通信产品,也只限于同一公司生产的同种构型设备。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,于是要求制定统一技术标准的呼声日益高涨。1977年国际标准化组织ISO开始着手制定开放系统互连参考模型OSI/RM(Open System Interconnection/Reference Model),并于1984年正式颁布。

(4) 网络互联与高速网络

在20世纪80年代,许多大公司纷纷表示支持OSI,1984年ISO正式颁布开放系统互连参考模型(ISO/OSI)。然而在20世纪80年代到90年代期间没有使用OSI标准的Internet却发展很快,由各个国家组建的各大主干网与各个地区组建的局域网(LAN)不断地进行互联,覆盖了全世界相当大的范围,其相应的计算机网络产品逐渐遍及全球。Internet的飞速发展,使它成为世界上最大的国际性计算机互联网。在Internet中普遍使用的是TCP/IP协议标准,而这一标准从1983年被美国国防部正式规定为其网络的统一标准起,逐步发展成为事实上的国际标准。进入20世纪90年代,随着计算机网络技术的迅猛发展与普及,计算机网络进入一个崭新的阶段。首先是计算机网络向高速化发展;其次是输入的内容由先前主要是数字、文字和程序等数据,发展为越来越多的图形、图像、声音和影像等多媒体信息,对实时性、同步性、服务质量等提出了更高的要求。

目前,全球以Internet为核心的高速计算机互联网络已经形成,Internet已经成为人类最重要的、最大的知识宝库。网络互联和高速计算机网络就成为第四代计算机网络,如图1-2所示。

2. 按网络交换技术的发展

在众多的支撑计算机网络不断变化的技术中,伴随其不断变化的就是数据的交换技术。通信网络的交换方式可以说是至关重要的。当通信节点较多而传输距离较远时,在所有节点之间都建立固定的点对点的连接是不必要的也是不切合实际的。在计算机网络中,常常需要通过中间节点的线路来将数据从源主机发送到目的主机,以此实现通信。而这些中间节点并不关心主机的内容,只是提供一种交换设备,将信息从一个节点转接到另一个节点,直到到达目的主机。信息在这样的网络中传输就像火车在铁路网络中运行一样,经过一系

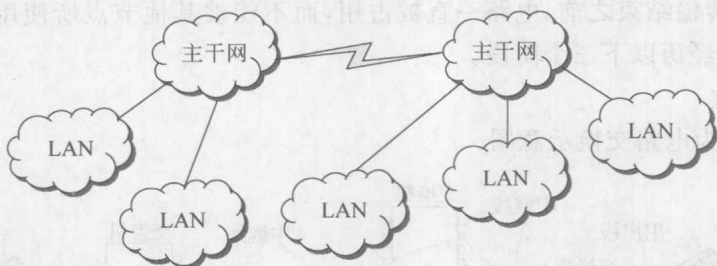


图 1-2 高速计算机网络与网络互联

列交换节点(车站),从一条线路换到另一条线路,最后才能到达目的地。交换节点转发信息的方式就是所谓交换方式。

从通信资源的分配角度来看,所谓“交换”就是按照某种方式动态地分配传输线路的资源。

现代计算机网络实际上是 20 世纪 60 年代美苏冷战时期的产物。大家知道,在 20 世纪 60 年代,传统的以电路交换技术为基础的电信网已经覆盖全球。但在战争期间,一旦正在通信的电路中有一个交换机或一段线路被炸断,则会导致整个通信线路中断。如果要重新通信,就要重新拨号建立连接,重新发送数据,这可能要延误一段时间,例如十几秒或几十秒,这在时间就是生命的战争中,可能造成不可挽回的重大损失。美国国防部担心其一些贵重的主机、路由器和互联的网关会在片刻间因为受到来自苏联的攻击而瘫痪,因此,美国国防部领导的远景研究规划局 ARPA(Advanced Research Project Agency)提出研制新型的、生存性很强的、能够适应现代战争需要的网络,设计目标就是即使在损失子网硬件的情况下网络也能继续工作,原有的会话不能被打断。换句话说,他们希望即使源主机和目标主机之间的一些设备或者传输线路突然不能工作,只要源主机和目标主机还在正常运行,那么它们之间的连接就维持不变。因此要采用一种新型的交换技术的计算机网络——分组交换技术。

在此有必要先简短地引入 ARPANET 的一些关键点:ARPANET 是由美国国防部 DoD(U. S. Department of Defense)资助的研究性网络。最初只是一个单个的分组交换网(并不是一个互连网络),所有要连接在 ARPANET 上的主机都直接与就近的节点交换机相连。但到了 20 世纪 70 年代,单个的网络很难满足所有的通信问题,互联的呼声越来越高。于是 ARPA 开始研究多种网络互联问题。通过租用电话线,将几百所大学和政府部门的计算机连接起来,这就导致互联网的出現。这样的互联网就是当今因特网的雏形。1983 年 TCP/IP 协议成为 ARPANET 上的标准协议,这使得所有执行 TCP/IP 标准的计算机都能利用互联网通信。

接下来首先讨论最基本的交换方式。

电路交换、报文交换和分组交换是三种最基本的交换方式,这三种不同的交换方式在网络发展的不同阶段起着不同的作用。在以拨号上网为主的时期,交换方式以电路交换为主,随着网络应用对速度需求的不断提高,存储转发方式得到大量应用。存储转发有两种方式:报文交换和分组交换。

下面分别讨论网络发展的不同时期所采用的不同交换技术的原理及特点。

(1) 电路交换

电路交换(Circuit Switching)是指数据传输期间,在源站点与目的站点之间建立专用电