

网络技术 计算机

田 艳 高集荣 张天宇 主编



中国统计出版社
China Statistics Press

网络技术 计算机

田 艳 高集荣 张天宇 主编



中国统计出版社
China Statistics Press

(京)新登字 041 号

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机网络技术/田艳, 高集荣, 张天宇主编.

—北京: 中国统计出版社, 2005.5

ISBN 7-5037-4619-X

I. 计…

II. ①田… ②高… ③张…

III. 计算机网络—基本知识

IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 033005 号

计算机网络技术

作 者/田 艳 高集荣 张天宇

责任编辑/吕 军

装帧设计/艺编广告·方 红

出版发行/中国统计出版社

通信地址/北京市西城区月坛南街 75 号 邮政编码/100826

办公地址/北京市丰台区西三环南路甲 6 号

电 话/(010)63459084 63266600-22500(发行部)

印 刷/河北天普润印刷厂

经 销/新华书店

开 本/880×1230mm 1/16

字 数/420 千字

印 张/14.75

印 数/1-3000 册

版 别/2005 年 12 月第 1 版

版 次/2005 年 12 月第 1 次印刷

书 号/ISBN 7-5037-4619-X/TP.43

定 价/26.00 元

版权所有。未经许可, 本书的任何部分不准以任何方式在世界任何地区以任何文字翻印、拷贝、仿制或转载。

中国统计版图书, 如有印装错误, 本社发行部负责调换。

前言

随着经济和计算机网络技术的发展, 计算机网络已经进入人们的生活。现在, 许多家庭和单位都组建了计算机网络, 例如家庭网络、办公室网络和校园网络, 还有许多商业性质的网吧等。作者编写本书的目的是为了使读者能够自己组建和管理计算机网络, 掌握计算机网络技术的基本知识、了解组建网络所需的硬件设备和软件, 以及连接 Internet 的方法。

本书的特点是内容翔实、结构清晰、语言流畅、实用性强, 极具参考价值。主要作为高等院校相关专业本科生的教材, 也可作为各种相关网络培训班的教材。同时也可供从事计算机网络应用工作的广大科技人员和网络爱好者作为学习参考用书。

全书共分 10 章, 由浅入深、循序渐进地介绍了计算机网络的基础和原理, 网络管理与安全、企业网络组建、网站建设与维护以及计算机网络应用实例等内容。

第 1 章介绍了计算机网络的基础知识和计算机网络原理;

第 2 章介绍了计算机网络通讯的相关技术, 包括通讯的基本概念、数据通信基础理论、传输介质、数据编码技术、多路复用技术、数据交换技术以及调制解调技术等;

第 3 章介绍了局域网技术, 包括局域网标准、以太网、令牌环网、FDDI 网、交换式网络、无线局域网和虚拟局域网等内容。

第 4 章介绍了广域网技术, 包括广域网的基本概念、分组交换网、帧中继网、ISDN 网、ATM 网、数字数据网 DDN、公用电话交换网络 PSTN、xDSL 技术以及无线通信网等内容。

第 5 章介绍了网络互连技术, 包括网络互连概述、网络互连模型、网络互连的几种形式、网络互连基本要求、网络互连设备以及路由协议等内容。

第 6 章介绍了 Internet 技术及应用, 包括 Internet 的逻辑结构和管理机构、TCP/IP 通信协议、IP 地址、域名系统、Internet 接入方式以及 Internet 提供的主要服务等内容。

第 7 章介绍了网络管理与安全技术, 包括网络管理的基本概念、网络操作系统、网络故障诊断和排除以及网络安全等内容。

第 8 章介绍了企业网络的组建, 包括企业网络组建的基本原则、网络拓扑设计、网络技术选型、大规模校园网设计举例、网络设计、结构化布线以及网络拥塞问题等内容。

第 9 章介绍了网站建设与维护。

第 10 章介绍了计算机网络应用实例, 包括计算机网络在统计中的应用、计算机网络在金融中的应用以及计算机网络在企业中的应用等。

附录 A 中给出了网络的八个实验。

附录 B 中给出了 Internet 应用指南, 包括电子邮件、文件传输、WWW 应用、网络会议等。

本书由西安财经学院田艳教授、中山大学信息科学院高集荣副教授及西安财经学院张天宇副教授主编。参加本书编写的人员还有朱文琦、张英鹏、陈树广老师。本书第 1, 6, 7 章由田艳执笔完成; 第 2, 3, 4, 5 章由高集荣执笔完成; 第 8 章由张天宇执笔完成; 第 9 章由陈树广执笔完成; 第 10 章由朱文琦执笔完成; 第 6 章第 1 节, 附录 A, 附录 B 由张英鹏执笔完成; 全书由田艳统稿。

本书是在作者多年来为本科生和研究生讲授“计算机网络技术”课程教学实践和经验的基础上编写而成的。根据计算机网络技术发展迅速的特点, 在注意保持内容系统性和完整性的同时, 注重系统性、新颖性和实用性。书中每一章都配有习题, 可供读者学习时练习使用。

由于编者水平有限, 书中难免存在不足之处, 欢迎广大读者批评指正。

E-mail: Tandy@163.com

作者

2005 年 10 月 12 日

目 录

第1章 计算机网络概述	/ 1
1.1 计算机网络的形成与发展	/ 1
1.1.1 计算机网络的形成与发展	/ 1
1.1.2 典型的网络	/ 7
1.1.3 小结	/ 8
1.2 计算机网络的定义及功能	/ 9
1.2.1 计算机网络的定义	/ 9
1.2.2 计算机网络的基本特征	/ 9
1.2.3 计算机网络的功能	/ 9
1.2.4 计算机网络的应用	/ 10
1.3 计算机网络组成和结构	/ 10
1.4 计算机网络分类	/ 11
1.4.1 网络分类	/ 11
1.4.2 按覆盖范围分类	/ 11
1.5 计算机网络拓扑结构	/ 17
1.5.1 计算机网络拓扑的定义	/ 17
1.5.2 网络拓扑分类方法	/ 17
1.6 网络协议与体系结构	/ 18
1.6.1 协议分层	/ 19
1.6.2 服务类型	/ 20
1.6.3 服务原语	/ 21
1.7 参考模型	/ 23
1.7.1 OSI参考模型	/ 23
1.7.2 TCP/IP参考模型	/ 26
1.7.3 OSI与TCP/IP参考模型的比较	/ 28
思考题	/ 30
第2章 数据通信基础	/ 31
2.1 基本概念	/ 31
2.1.1 信号与通信	/ 31
2.1.2 模拟通信	/ 32
2.1.3 数字通信	/ 32
2.1.4 通信信道的分类	/ 33
2.1.5 数字通信系统的主要特点	/ 35
2.2 数据通信基础理论	/ 36
2.2.1 信号的频谱与带宽	/ 37
2.2.2 信道的截止频率与带宽	/ 37
2.2.3 信道的最大数据传输率	/ 38
2.3 传输介质	/ 38

2.3.1	双绞线	/	39
2.3.2	同轴电缆	/	39
2.3.3	光纤	/	40
2.3.4	无线介质	/	42
2.3.5	常用传输介质的比较	/	44
2.4	数据编码技术	/	45
2.4.1	数字数据的数字信号编码	/	45
2.4.2	数字数据的模拟信号的编码与调制	/	46
2.4.3	模拟数据的数字信号编码与调制	/	48
2.5	多路复用	/	50
2.5.1	频分多路复用	/	50
2.5.2	波分多路复用	/	51
2.5.3	时分多路复用	/	52
2.5.4	码分多路复用	/	53
2.6	数据交换技术	/	54
2.6.1	电路交换	/	54
2.6.2	报文交换	/	55
2.6.3	分组交换	/	56
2.6.4	各种数据交换技术的性能比较	/	58
2.7	调制解调器	/	58
2.7.1	调制解调器的组成	/	59
2.7.2	调制方式	/	59
2.7.3	Modem 标准	/	60
2.7.4	Modem 分类	/	60
2.7.5	工作模式	/	61
2.8	小结	/	61
	思考题	/	62
第3章	局域网	/	63
3.1	局域网简介	/	63
3.1.1	局域网的特点	/	63
3.1.2	局域网的分类	/	63
3.1.3	局域网的组成	/	63
3.1.4	决定局域网特性的主要技术	/	66
3.2	IEEE 802 局域网标准	/	66
3.2.1	IEEE 802 标准	/	66
3.2.2	局域网参考模型	/	67
3.3	以太网	/	68
3.3.1	以太网概述	/	68
3.3.2	介质访问控制协议	/	69
3.3.3	10Mb/s Ethernet	/	71
3.3.4	100Mb/s Ethernet	/	71

3.3.5	Gigabit Ethernet	/	73
3.3.6	10 Gigabit Ethernet	/	75
3.4	令牌环 (Token Ring) 网	/	75
3.4.1	令牌环的工作原理	/	75
3.4.2	令牌环的特点	/	76
3.5	FDDI 网	/	77
3.5.1	FDDI 工作原理	/	77
3.5.2	FDDI 的主要特性	/	78
3.5.3	FDDI 组成	/	78
3.6	交换式以太网	/	78
3.6.1	交换式以太网的工作原理	/	78
3.6.2	以太网交换机的分类	/	79
3.6.3	交换式以太网的特点	/	79
3.7	无线局域网	/	79
3.7.1	无线局域网的概念和特点	/	79
3.7.2	无线局域网的分类	/	80
3.7.3	无线局域网的组建	/	81
3.8	虚拟局域网 (VLAN)	/	81
3.8.1	虚拟局域网的定义	/	81
3.8.2	虚拟局域网的技术特点	/	81
3.8.3	组建 VLAN 的原则	/	82
3.8.4	VLAN 的划分方法	/	83
	思考题	/	84
第 4 章	广域网	/	85
4.1	广域网的基本概念	/	85
4.2	分组交换网	/	86
4.2.1	分组交换网原理	/	86
4.2.2	X.25 分层协议	/	86
4.2.3	虚电路服务	/	87
4.3	帧中继网 (FR)	/	87
4.3.1	帧中继的基本原理	/	88
4.3.2	帧中继的特点	/	88
4.3.3	帧中继的应用	/	89
4.3.4	信元中继	/	89
4.4	综合业务数字网 (ISDN)	/	89
4.4.1	ISDN 的定义和特性	/	89
4.4.2	ISDN 系统结构	/	90
4.4.3	窄带综合业务数字网 (N-ISDN)	/	90
4.4.4	宽带综合业务数字网 (B-ISDN)	/	91
4.5	ATM 网	/	91
4.5.1	ATM 的基本概念	/	92

4.5.2	ATM 协议参考模型	/	92
4.5.3	ATM 网的组成与应用	/	94
4.5.4	ATM 的工作方式	/	94
4.6	数字数据网 (DDN)	/	95
4.6.1	DDN 的组成	/	95
4.6.2	DDN 的网络结构	/	96
4.6.3	DDN 网的特点	/	96
4.7	公用交换电话网 (PSIN)	/	97
4.7.1	PSIN 采用的技术	/	97
4.7.2	通过 PSIN 实现网络互连	/	97
4.8	xDSL 技术	/	97
4.8.1	DSL 的定义和特点	/	97
4.8.2	DSL 的分类	/	98
4.9	无线通信网	/	98
	思考题	/	99
第 5 章	网络互连技术	/	100
5.1	网络互连概述	/	100
5.2	网络互连模型	/	100
5.3	网络互连的几种形式	/	101
5.4	网络互连基本要求	/	101
5.5	网络互连设备	/	103
5.5.1	中继器	/	103
5.5.2	集线器	/	104
5.5.3	网桥	/	104
5.5.4	交换机	/	105
5.5.5	路由器	/	108
5.5.6	网关	/	112
5.6	路由协议	/	113
5.6.1	内部网关协议和外部网关协议	/	113
5.6.2	路由信息协议	/	113
5.6.3	开放式最短路径优先协议	/	114
	思考题	/	115
第 6 章	Internet 基础及应用	/	116
6.1	Internet 概述	/	116
6.1.1	Internet 的概念	/	116
6.1.2	Internet 的逻辑结构	/	116
6.1.3	Internet 的管理机构	/	117
6.2	Internet 通信协议	/	118
6.2.1	TCP/IP 协议	/	118
6.2.2	IP 地址	/	121
6.2.3	域名系统	/	126
6.3	Internet 接入方式	/	127

6.3.1	ISP 接入方式	/	127
6.3.2	用户接入方式	/	128
6.4	Internet 的主要服务	/	128
6.4.1	电子邮件 (E-mail) 服务	/	128
6.4.2	文件传输 (FTP) 服务	/	129
6.4.3	远程登录 (Telnet) 服务	/	131
6.4.4	WWW 服务	/	132
6.4.5	信息讨论与公布服务	/	133
6.4.6	娱乐与会话服务	/	134
	思考题	/	134
第 7 章	网络管理与安全	/	135
7.1	网络管理	/	135
7.1.1	什么是网络管理	/	135
7.1.2	网络管理模型	/	135
7.1.3	网络管理的功能	/	136
7.1.4	网络管理系统的构成	/	137
7.2	网络操作系统	/	137
7.2.1	网络操作系统的功能	/	137
7.2.2	常用的网络操作系统	/	138
7.2.3	网络管理协议	/	139
7.3	网络故障诊断和排除	/	140
7.3.1	网络故障按照不同性质而划分	/	140
7.3.2	网络故障根据不同对象划分	/	141
7.4	网络安全	/	142
7.4.1	网络安全服务层次模型	/	142
7.4.2	网络安全服务	/	142
7.4.3	网络中常见的攻击	/	143
7.4.4	网络设计应考虑的安全措施	/	144
7.4.5	防火墙	/	145
7.4.6	入侵检测系统	/	148
7.4.7	VPN 虚拟专用网络	/	149
	思考题	/	150
第 8 章	企业网络组建	/	151
8.1	企业网络组建的基本原则	/	151
8.2	网络拓扑设计	/	153
8.3	网络技术选型	/	153
8.3.1	选型原则	/	153
8.3.2	主干网网络技术选型	/	154
8.4	大规模校园网络设计举例	/	154
8.4.1	应用规模	/	154
8.4.2	应用特点	/	154
8.4.3	方案简介	/	155

8.4.4	方案说明	/	156
8.5	设计中的流量分析	/	157
8.6	结构化布线	/	158
8.7	网络拥塞问题	/	161
8.8	小结	/	162
	思考题	/	162
第9章	网站建设与维护	/	163
9.1	网站建设	/	163
9.1.1	网站建设步骤:	/	164
9.1.2	网站规划	/	164
9.1.3	网站的设计	/	165
9.2	网站管理与维护	/	169
9.2.1	网站的管理	/	169
9.2.2	网站管理的发展趋势	/	170
9.2.3	网站故障的预防	/	170
9.2.4	故障的检查和排除	/	171
9.2.5	网页的维护	/	172
9.3	小结	/	175
	思考题	/	175
第10章	计算机网络应用实例	/	176
10.1	计算机网络在统计中的应用	/	176
10.1.1	统计工作各环节中计算机网络的应用	/	176
10.1.2	计算机网络在统计工作的应用历程	/	177
10.1.3	计算机网络在统计工作中的应用案例	/	177
10.2	计算机网络在金融中的应用	/	179
10.2.1	计算机网络在金融中的应用领域	/	179
10.2.2	计算机网络在金融中的应用案例	/	180
10.3	计算机网络在企业中的应用	/	182
10.3.1	计算网络在企业及企业信息化中的应用	/	182
10.3.2	计算机网络在企业中应用案例	/	183
	思考题	/	185
附录A	《计算机网络》实验指导	/	186
实验一	网络配置及网络资源共享	/	186
实验二	RJ-45 接口连线实验	/	187
实验三	TCP/IP 组建网络及连通性测试实验	/	188
实验四	子网划分和子网掩码	/	189
实验五	Windows 2000 Server 与 Client/Server 网络的组建	/	190
实验六	WEB 服务器和 FTP 服务器的设置	/	191
实验七	Windows 2000 路由器的配置使用	/	193
实验八	交换机配置与 VLAN 设置	/	195
附录B	Internet 的应用	/	198
参考文献		/	226

第 1 章 计算机网络概述

在过去的三个世纪中，每一个世纪都有一种技术占据主要的地位。18 世纪是伴随着工业革命而来的机械时代；19 世纪是蒸汽机的时代；20 世纪是以计算机为主导的信息时代。计算机是 20 世纪人类最伟大的发明之一，它的产生标志着人类开始迈向一个崭新的信息社会。从工业社会到信息社会，一个根本的变革就是从劳动密集型社会转入到知识密集型社会。在 20 世纪的最后 10 年中，人们惊喜地发现：电话、电视及计算机正在迅速地融合；信息孤岛现象随着计算机网络的发展而逐渐消失；曾经独立发展的电信网、电视网和计算机网将合而为一；新的信息产业正以强劲的势头迅速崛起。因此，在未来社会中，信息产业将成为社会经济中发展最快和最大的部门。为了提高信息社会的生产力，提供一种全社会的、经济的、快速的存取信息的手段是十分必要的，这种手段是由计算机网络来实现的。

1.1 计算机网络的形成与发展

世界上第一台电子计算机的诞生在当时是很大的创举，但是任何人都没有预测到 50 多年后的今天，计算机在社会各个领域的应用和影响是如此广泛和深远。当 1969 年 12 月世界上第一个数据包交换计算机网络 ARPANET 出现时，也不会有人预测到时隔 20 多年，计算机网络在现代信息社会中扮演了如此重要的角色。ARPANET 网络已从最初的 4 个节点发展为横跨全世界一百多个国家和地区、联接有几万个网络、几百万台计算机、几亿用户的因特网（Internet）。

纵观计算机网络的发展历史可以发现，它和其他事物的发展一样，也经历了从简单到复杂，从低级到高级的过程。在这一过程中，计算机技术与通信技术紧密结合，相互促进，共同发展，最终产生了计算机网络。

从计算机网络的发展，可以分为联机终端网络、分组交换网、开放式标准化网络三代。

1.1.1 计算机网络的形成与发展

网络的形成与发展可以划分为 4 个阶段：

第一阶段（第一代）：50 年代，数据通信技术研究；

第二阶段（第二代）：60 年代，ARPANET 与分组交换技术研究；

第三阶段（第三代）：70 年代中期，网络体系结构与网络协议的国际标准化问题；

第四阶段：90 年代，Internet 广泛应用与异步传输模式 ATM 技术的发展。

1. 第一代：联机终端网络

第一代计算机网络实际上是以单个计算机为中心的远程联机系统。

在 1946 年，世界上第一台数字计算机问世，但当时计算机的数量非常少，且非常昂贵。由于当时的计算机大都采用批处理方式，用户使用计算机首先要将程序和数据制成纸带或卡片，再送到计算中心进行处理。

1954 年，出现了一种被称作收发器（transceiver）的终端，人们使用这种终端首次实现了将穿孔卡片上的数据通过电话线路发送到远地的计算机。此后，电传打字机也作为远程终端和计算机相连，用户可以在远地的电传打字机上输入自己的程序，而计算机计算出来的结果也可以传送到远地的电传打字机上并打印出来，计算机网络的基本原型就这样诞生了。

将计算机和远程终端相连时，必须在计算机上增加一个接口，称作“线路控制器（line controller）”。在通信线路的两端还必须各加上一个调制解调器。调制解调器的作用是把计算机或终端的数字信号与电话线路上传送的模拟信号进行模数或数模转换。由于在通信线路上是串行传输而在计算机内采用的是并行传输，因此线路控制器的主要功能是进行串行和并行传输的转换以及简单的差错控制。

20 世纪 60 年代初期，随着远程终端数量的增多，为了避免一台计算机使用多个线路控制器（multiple Line controller），出现了多重线路控制器。它可以和许多个远程终端相连接。这种简单的联机系统也称为面向终端的计算机通信网，是最原始的计算机网络，这种最简单的通信网称为第一代计算机网络。在第一代计算机网络中，计算机是网络的中心和控制者，终端围绕中心计算机分布在各处，而计算机的主要任务是进行成批处理。如图 1-1 所示的系统常称为联机系统，以区别于早先使用的脱机系统。

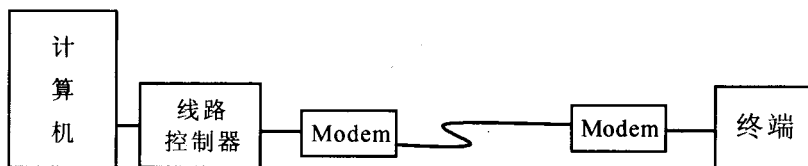


图 1-1 计算机通过线路控制器与远程终端相连

当人们认识到计算机还可用作数据处理时，计算机的用户数量迅速增长。线路控制器对主机造成了相当大的额外开销。人们意识到需要设计另一种不同硬件结构的设备来完成数据通信的任务。这就导致了具有较多智能的通信处理机的出现。通信处理机也称为前端处理机 FEP（Front End Processor），有时也简称为前端机。前端处理机分工完成全部的通信任务，而让主机专门进行数据的处理。这样就大大提高了主机进行数据处理的效率。图 1-2 给出了用一个前端处理机与多个远程终端相连的情况。

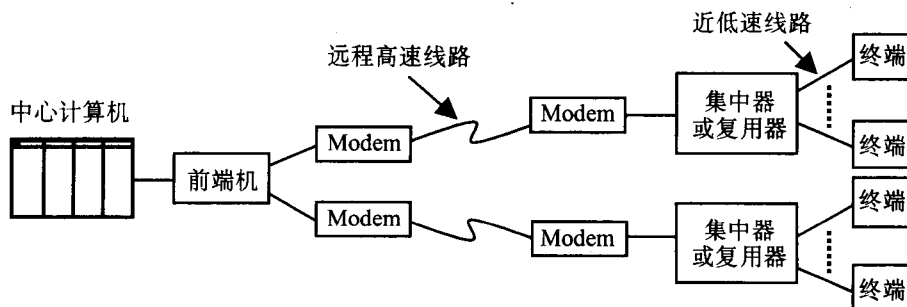


图 1-2 用前端处理机完成通信任务

为了节省通信费用,可在远程终端较密集处加一个集中器。集中器的一端用多条低速线路与各终端相连,另一端则用一条较高速率的线路与计算机相连,如图 1-3 所示。

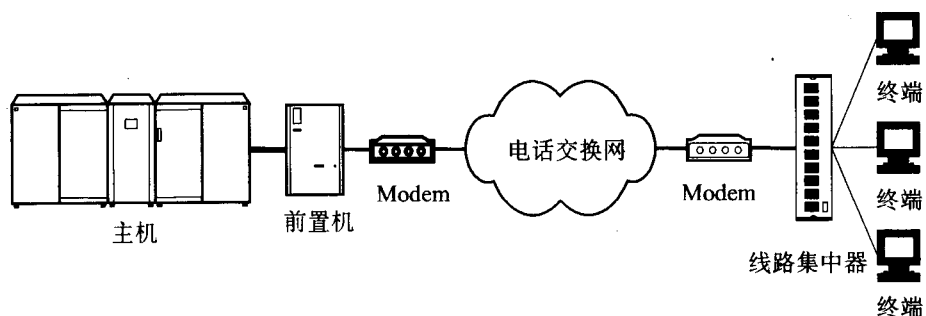


图 1-3 用集中器完成通信任务

由于集中器不是简单的多路复用器,而是一个智能复用器,所以在高速线路上它可以利用一些终端的空闲时间来传送其它处于工作状态的终端的数据。这样就明显地提高了线路的利用率,从而降低了通信线路的费用。当集中器距终端较近时,在集中器与各终端之间往往可以省去调制解调器。

2. 第二代: 分组交换网

第二代计算机网络是多台主计算机通过通信线路互连起来为用户提供服务,产生所谓计算机—计算机网络。

这种计算机网络于 20 世纪 60 年代后期开始兴起。

为了克服第一代计算机网络的缺点,提高网络的可靠性和可用性,人们开始研究将多台计算机相互连接的方法。

在电话出现以后,人们便认识到,在所有用户之间架设直达的线路是非常浪费的,必须靠交换机实现用户之间的互连。一百多年来,电话交换机经过多次更新换代,从人工接续、步进制、纵横制直到现代的程序控制交换机(即程控交换机),其本质始终未变,都是采用电路交换。从通信资源的分配角度来看,“交换”就是按照某种方式动态地分配传输线路的资源。

电路交换是在通话之前,通过用户的呼叫(即拨号),由网络预先给用户分配传输带宽(这里指的是广义的带宽,即将时分制的时隙宽度也称为带宽)。用户若呼叫成功,则从主叫端到被叫端就建立了一条物理通路。此后,双方才能互相通话。通话完毕挂机后即自动释放这条物理通路。

电路交换的关键点在于:在通话的全部时间内用户始终占用端到端的固定传输带宽。图 1-4 为电路交换的示意图。值得注意的是,用户线归电话用户专用,而在交换机之间的中继线则对每个通话的用户来讲只占用其中的一个话路。

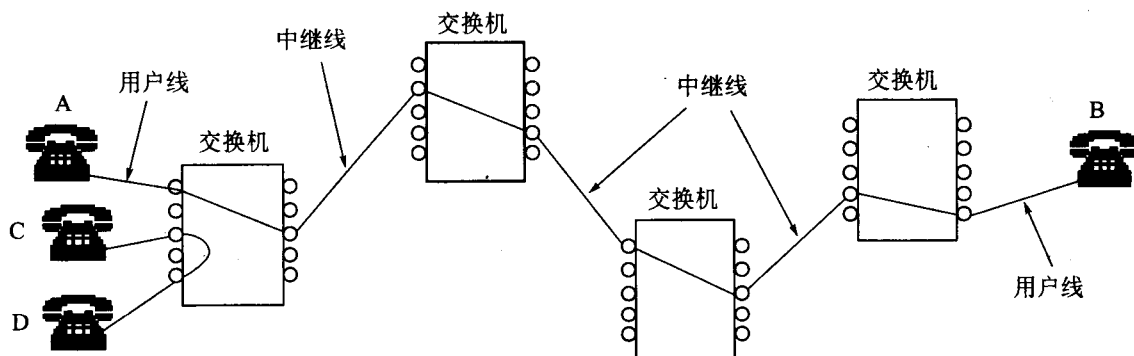


图 1-4 电路交换的示意图

当这种通信系统用来传送计算机或终端的数据时,由于计算机数据是突发性地出现在传输线路上,因此线路上真正用来传送数据的时间往往不到 10% 甚至 1%。在绝大部分时间里,通信线路实际上是空闲的,但对电信局而言,通信线路已被用户占用,因而要收费。例如,当用户阅读终端屏幕上的信息或用键盘输入和编辑一份文件时,或计算机正在处理而结果尚未得出时,宝贵的通信线路资源实际上并未被利用而是白白地被浪费掉了。

另外,采用电路交换,不同速率的终端和计算机之间很难互相通信。这就需要做一些技术上的改进,例如,可使终端与计算机不是直接连通,而是让数据经过缓冲区暂存一下,经过适当变换后再进行发送或接收。

电路交换的另一个缺点是不够灵活。只要在通信双方建立的通路中的任何一点出了故障,就必须重新拨号建立新的连接。这很不适合实时通信特别是紧急的重要信息传送的要求。

上述情况表明,计算机通信需要采用一种新的交换技术,这就是在 20 世纪 60 年代提出来的分组交换。

1964 年 8 月,巴兰(Baran)在美国兰德(Rand)公司的“论分布式通信”的研究报告中最初提出了存储转发的概念。1962~1965 年,美国国防部高级研究计划署 ARPA (Advanced Research Projects Agency) 和英国的国家物理实验室 NPL (National Physics Laboratory) 都在对新型的计算机通信技术进行研究。1966 年,英国国家物理实验室(NPL)的戴维斯(Davies)首次提出“分组”(packet)这一概念。1969 年 12 月,美国的分组交换网 ARPANET 连接了美国加州大学洛杉矶分校、加州大学圣巴巴拉分校、斯坦福大学和犹他大学四个节点的计算机。ARPANET 的成功,标志着计算机网络的发展进入了一个新纪元。

ARPANET 的成功运行使计算机网络的概念发生了根本性的变化。早期的面向终端的计算机网络是以单个主机为中心的星型网,各终端通过电话网共享主机的硬件和软件资源。但分组交换网则以通信子网为中心,主机和终端都处在网络的边缘。主机和终端构成了用户资源子网。用户不仅共享通信子网的资源,而且还可共享用户资源子网的丰富的硬件和软件资源。这种以资源子网为中心的计算机网络通常被称为第二代计算机网络。

在第二代计算机网络中,多台计算机通过通信子网构成一个有机的整体,既分散又统一,从而使整个系统性能大大提高;原来单一主机的负载可以分散到全网的各个机器上,使得网络系统的响应速度加快;而且在这种系统中,单机故障也不会导致整个网络系统的全面瘫痪。

1973 年,英国的 NPL 开通了分组交换试验网。1973 年,法国也开通了分组交换网 CYCLADES。

图 1-5 画出了分组的概念。通常我们将欲发送的整块数据称为一个报文(message)。在发送报文之前,先将较长的报文划分成一个个较小的数据段,例如,每个数据段不超过 1024 位。在每一个数据段前面再加上头部(header)后,就构成了一个分组。分组又称为“包”,而分组的首部也可称为“包头”。分组的头部是非常重要的,因为正是分组的头部包含了诸如地址等重要的控制信息,而分组交换网只有从分组的头部才能获知应将分组发往何处。

分组交换,也称包交换,是现代计算机网络的技术基础。

分组交换网由若干个节点交换机(node switch)和连接这些交换机的链路组成。图 1-6 (a) 是其示意图。用圆圈表示的节点交换机是网络的核心部件。从概念上讲,一个节点交换机就是一个小型的计算机。图 1-6 (b) 和图 1-6 (a) 的表示方法是一样的,但强调了节点交换机的结构。这里用一个方框表示节点交换机。我们应注意到,每一个节点交换机都有两组端口。以小半圆表示的一组端口用来和计算机相连,其速率较低。而以小方框表示的一组端口则用来和网络的高速链路相连,其速率较高。图中的 H1~H6 都是一些可进行通信的计算机,即所谓的主机(host)。在 ARPANET 建网初期,分组交换网中的节点交换机曾被称为接口信息处理机 IMP (Interface Message Processor)。现在这一名词已不再使用。

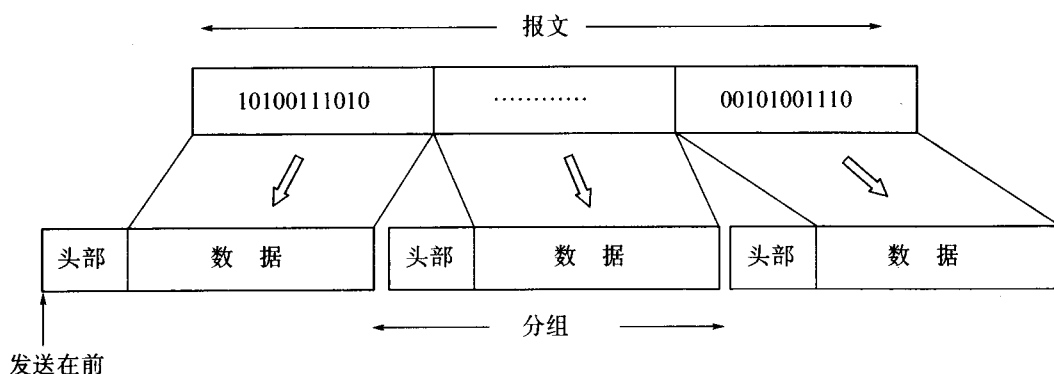


图 1-5 分组的概念

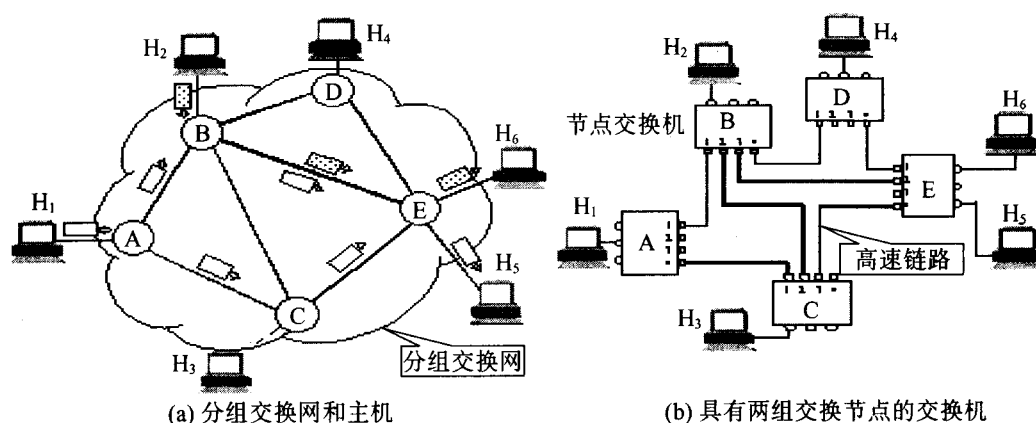


图 1-6 分组交换网的示意图

需要强调的是，在节点交换机中的输入和输出端口之间是没有直接连线的。节点交换机处理分组的过程是：将收到的分组先放入缓冲区，再查路由表（路由表中写有为到何目的地应从何端口转发的信息），然后确定将该分组交给某个端口转发出去。

采用存储转发的分组交换，实质上是采用了在数据通信的过程中断续（或动态）分配传输带宽的策略。这对传送突发式的计算机数据非常合适，使得通信线路的利用率大大提高了。

应当指出，从本质上讲，这种断续分配传输带宽的存储转发原理并非完全新的概念。古代就有的邮政通信，就其本质来说也是属于存储转发方式。

在 20 世纪 40 年代，电报通信也采用了基于存储转发原理的报文交换（message switching）。在报文交换中心，一份份电报被接收下来，并穿成纸带。操作员以每份报文为单位，撕下纸带，根据报文的目的站地址，拿到相应的发报机转发出去。这种报文交换的时延较长，从几分钟到几小时不等。

分组交换虽然也采用存储转发原理，但由于在交换节点上使用了电子交换机，且分组长度一般都比报文小得多，完全可放在交换节点计算机的内存中进行处理，这就使分组的转发非常迅速。因此，分组交换虽然采用了某些古老的交换原理，但实际上已变成了一种崭新的交换技术。

ARPANET 的试验成功使计算机网络的概念发生了根本的变化。早期的面向终端的计算机网络是以单个机为中心的星形网，如图 1-7 (a) 所示，各终端通过通信线路共享主机的硬件和软件资源。而在分组交换网中，如图 1-7 (b) 所示，中心问题是计算机和计算机的通信，主机和终端都处在网络的外围，构成了用户资源子网。用户通过分组交换网可共享用户资源子网的许多硬件和各种丰富的软件资源。在一些文献中，为了和用户资源子网相对比，就将分组交换网称为通信子网。

这种计算机—计算机网络比最初的面向终端的计算机网络的功能扩大了很多，成为 20 世纪 70 年代计算机网络的主要形式。

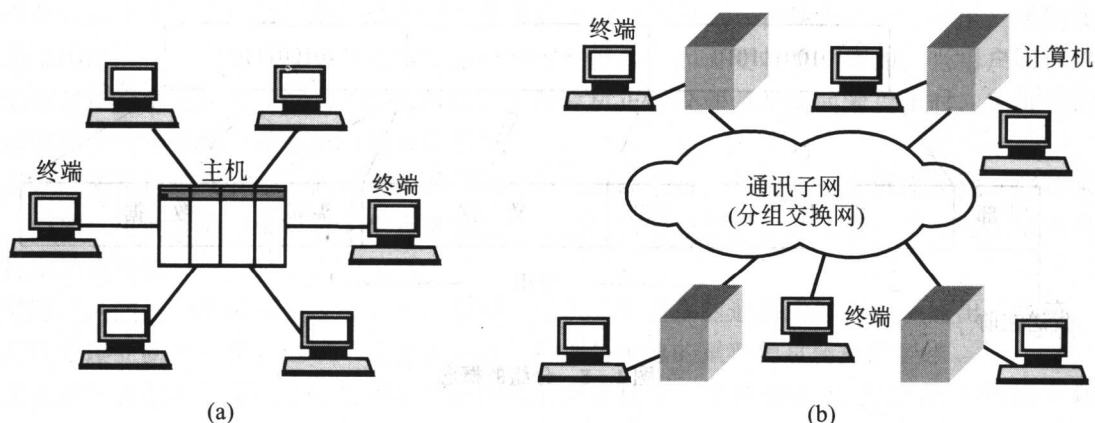


图 1-7 从以单个主机为中心演变到计算机-计算机网络

除了像上述 ARPANET 那样的专用分组网外，一些工业发达国家还开始建造公用分组交换网，例如 X.25 网络，以便为更广大的用户服务。据统计，到 1978 年底为止，全世界就已有共 87 个国家和地区的 214 个公用分组交换网在运行。

3. 第三代：开放式标准化网络

第三代计算机网络是计算机网络体系。

相互通信的两个计算机系统必须高度协调工作，而这种“协调”是相当复杂的。为了设计这样复杂的计算机网络，早在最初的 ARPANET 设计时就提出了分层的方法。“分层”可将庞大而复杂的问题转化为若干较小的局部问题，而这些较小的局部问题就比较易于研究和处理。

1974 年，美国的 IBM 公司宣布了它研制的系统网络体系结构 SNA (System Network Architecture)。这个著名的网络标准就是按照分层的方法制订的。以后 SNA 又不断得到改进，更新了好几个版本。现在它是世界上使用较为广泛的一种网络体系结构。不久后，其它一些公司也相继推出本公司的一套网络体系结构，并都采用不同的名称，如 DEC 公司的 DNA (Digital Network Architecture)，Apple 公司的 AppleTalk 等。他们的标准互相之间都不兼容，因此在不同公司的产品之间难以互连和互通。

但由于各个公司的网络体系结构是各不相同的，所以不同公司之间的网络不能互连互通。针对上述情况，国际标准化组织 ISO (International Standard Organization) 于 1977 年设立专门的机构研究解决上述问题，并于不久后提出了一个使各种计算机能够互连的标准框架——开放式系统互连参考模型 OSI/RM (Open System Interconnection /Reference Model)，简称 OSI。1984 年 ISO 正式颁布开放系统互连参考模型 (OSI/RM)，OSI 模型规定将网络分为 7 层，并规定每层的功能，如图 1-8 所示。OSI 参考模型的出现，意味着计算机网络发展到第三代。



图 1-8 OSI 参考模型

OSI 是一个非常通用的参考模型。ISO 本来期望每个国家有一个网络,由政府运营并使用 OSI 的协议,因此没有考虑广泛的网络互连。

尽管存在着这样那样的缺点,OSI 模型(去掉会话层和表示层)对于讨论计算机网络还是特别有用的。但是 OSI 协议并未流行。

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 是传输控制协议/互连网络协议的缩写,当初是为美国国防部高级研究计划局(DARPA)设计的,一般称为 ARPAnet,其目的在于能够让各种各样的计算机都可以在一个共同的网络环境中运行。TCP/IP 协议的形成有一个过程。1969 年初建的 ARPAnet 主要是一项实验工程;70 年代初,在最初建网实践经验基础上,开始了第二代网络协议设计工作,称为网络控制协议 NCP。70 年代中,国际信息处理联合会进一步补充和完善了 NCP 的开发工作,从而导致了 TCP/IP 协议的出现。

80 年代初,美国伯克利大学将 TCP/IP 设计在 UNIX 操作系统内核中,1983 年美国国防部 DOD 宣布,将 ARPAnet 的 NCP 完全过渡到 TCP/IP,成为正式的军事标准。与此同时,SUN 等公司将 TCP/IP 引入了广泛的商业领域。20 世纪 90 年代中期 WWW 的流行更带来了 Internet 用户爆炸性的增长。现在 Internet 已发展成为世界上最大的国际性计算机互连网络,TCP/IP 成了事实上的国际标准。

4. Internet (因特网)

Internet 遵循 TCP/IP 参考模型,由于 TCP/IP 仍然使用分层模型,因此 Internet 仍属于第三代计算机网络。随着 Internet 的迅速普及,现在已开始进入网络计算的新时代,就是以网络为中心的时代。

首先是计算机网络向高速化发展。其次是其传输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、等时性、服务质量等提出了更高的要求。三网融合甚至多网融合是一个重要的发展方向。

这里所说的网络是指“三网”,即电信网络(主要的业务是电话)、有线电视网络(单向电视节目的传送网络)和计算机网络。虽然这三种网络在信息化过程中都起到重要的作用,但其中发展最快的起到核心作用的是计算机网络。

在 OSI 参考模型推出后,网络的发展道路一直走标准化道路,而网络标准化的最大体现就是 Internet 的飞速发展。现在 Internet 已成为世界上最大的国际性计算机互联网。

1.1.2 典型的网络

除了影响非常大的 ARPAnet 外,还有两个典型的网络 NSFnet 和 vBNS。

1. NSFnet

美国国家科学基金会(NSF)于 1980 年前资助了旨在使各大学计算机科学系彼此联网的项目,建立了 CSnet(计算机科学网)。它以灵活的策略采用不同方式实现了广泛的互联。网上的资源共享和电子函件(E-mail)促进了合作与交流。

CSnet 的成功,促使 NSF 在 1985 年提出了使百所大学用 TCP/IP 协议联网的计划并建立了使用 TCP/IP 协议的 NSFnet,它与 ARPANET 在匹兹堡的卡内基-梅隆大学彼此互联,NSFnet 成了 Internet 的组成部份。在 NSFnet 建成之前,网络的使用者只是计算机科学家、军方、大公司及与政府签约的机构;在 NSFnet 建成之后,大学各学科的师生都能使用网络了,这的确是个非常重大的转变。

为使美国在未来的发展中能始终领先,NSF 认为应当使每个科技人员都能使用网络。1987 年 NSF 决定用 T1 干线(1.544Mb/s)连接几个国家级的高性能计算中心,这个 T1 主干网于 1988 年夏天建成,实际上替代了原有的 ARPANET 主干网。在这个形势下 ARPANET 于 1989 年宣布退出运营。

NSF 在建设主干网的同时,又资助各地区建设了中级网络。各地区的中级网络连接本地区的主要城市、各个大学的校园网、各个公司的企业网,使它们既彼此互联,又能接到 Internet 主干之上。