

面向 **21** 世纪

高等学校计算机类专业规划教材

现代网络技术

(第二版)

Modern Network Techniques

陆楠 编著

西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

面向 21 世纪高等学校计算机类专业规划教材

现代网络技术

(第二版)

Modern Network Techniques

陆楠 编著

西安电子科技大学出版社

2006

内 容 简 介

本书比较全面、系统地介绍了计算机网络的组成原理,网络协议标准,网络互连与应用,现代网络新技术,网络安全以及网络编程方法等内容。全书分为四部分共 15 章,包括计算机网络基础知识和网络体系结构、现代网络的核心技术、互联网技术以及网络应用,各章均附有习题。

本书的特点是:内容有一定的系统性,反映当代网络的技术水平;重视基本原理和概念,突出现代网络的核心思想;内容循序渐进,图文并茂。本书适合于作为高等院校计算机或相关专业的本科生或研究生教材,也可供从事计算机网络工作的工程技术人员学习参考。

★本书配有电子教案,有需要者可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

现代网络技术 / 陆楠编著. —2 版. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2006.10

面向 21 世纪高等学校计算机类专业规划教材

ISBN 7-5606-1198-2

I. 现... II. 陆... 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(2006)第 088540 号

策 划 马晓娟

责任编辑 陈婷 马晓娟

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2003 年 2 月第 1 版 2006 年 11 月第 2 版 2006 年 11 月第 4 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 26

字 数 614 千字

印 数 14 001~18 000 册

定 价 32.00 元

ISBN 7-5606-1198-2 / TP·0624

XDUP 1469022-4

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

序

第三次全国教育工作会议以来,我国高等教育得到空前规模的发展。经过高校布局和结构的调整,各个学校的新专业均有所增加,招生规模也迅速扩大。为了适应社会对“大专业、宽口径”人才的需求,各学校对专业进行了调整和合并,拓宽专业面,相应的教学计划、大纲也都有了较大的变化。特别是进入21世纪以来,信息产业发展迅速,技术更新加快。面对这样的发展形势,原有的计算机、信息工程两个专业的传统教材已很难适应高等教育的需要,作为教学改革的重要组成部分,教材的更新和建设迫在眉睫。为此,西安电子科技大学出版社聘请南京邮电学院、西安邮电学院、重庆邮电学院、吉林大学、杭州电子工业学院、桂林电子工业学院、北京信息工程学院、深圳大学、解放军电子工程学院等10余所国内电子信息类专业知名院校长期在教学科研第一线工作的专家教授,组成了高等学校计算机、信息工程类专业系列教材编审专家委员会,并且面向全国进行系列教材编写招标。该委员会依据教育部有关文件及规定对这两大类的教学计划和课程大纲,对目前本科教育的发展变化和相应系列教材应具有的特色和定位以及如何适应各类院校的教学需求等进行了反复研究、充分讨论,并对投标教材进行了认真评审,筛选并确定了高等学校计算机、信息工程类专业系列教材的作者及审稿人。这套教材预计在2004年春季全部出齐。

审定并组织出版这套教材的基本指导思想是力求精品、力求创新、好中选优、以质取胜。教材内容要反映21世纪信息科学技术的发展,体现专业课内容更新快的要求;编写上要具有一定的弹性和可调性,以适合多数学校使用;体系上要有所创新,突出工程技术型人才培养的特点,面向国民经济对工程技术人才的需求,强调培养学生较系统地掌握本学科专业必需的基础知识和基本理论,有较强的本专业的基本技能、方法和相关知识,培养学生具有从事实际工程的研发能力。在作者的遴选上,强调作者应在教学、科研第一线长期工作,有较高的学术水平和丰富的教材编写经验;教材在体系和篇幅上符合各学校的教学计划要求。

相信这套精心策划、精心编审、精心出版的系列教材会成为精品教材,得到各院校的认可,对于新世纪高等学校教学改革和教材建设起到积极的推动作用。

系列教材编委会
2002年8月

高等学校计算机、信息工程类专业 规划教材编审专家委员会

主任：杨震（南京邮电大学副校长、教授）
副主任：张德民（重庆邮电大学通信与信息工程学院院长、教授）
韩俊刚（西安邮电学院计算机系主任、教授）

计算机组

组长：韩俊刚（兼）
成员：（按姓氏笔画排列）
王小民（深圳大学信息工程学院计算机系主任、副教授）
王小华（杭州电子科技大学计算机学院教授）
孙力娟（南京邮电大学计算机学院副院长、教授）
李秉智（重庆邮电大学计算机学院教授）
孟庆昌（北京信息科技大学教授）
周娅（桂林电子科技大学计算机学院副教授）
张长海（吉林大学计算机科学与技术学院副院长、教授）

信息工程组

组长：张德民（兼）
成员：（按姓氏笔画排列）
方强（西安邮电学院电信系主任、教授）
王晖（深圳大学信息工程学院电子工程系主任、教授）
胡建萍（杭州电子科技大学信息工程学院院长、教授）
徐祎（解放军电子工程学院电子技术教研室主任、副教授）
唐宁（桂林电子科技大学通信与信息工程学院副教授）
章坚武（杭州电子科技大学通信学院副院长、教授）
康健（吉林大学通信工程学院副院长、教授）
蒋国平（南京邮电大学自动化学院院长、教授）

总策划：梁家新
策划：马乐惠 云立实 马武装 马晓娟
电子教案：马武装

第二版前言

计算机网络技术是 20 世纪对人类社会产生最深远影响的科技成就之一。随着 Internet 技术的发展和信息基础设施的完善, 计算机网络正在改变人们的生活、学习和工作方式, 推动社会文明的进步。它已经成为人们获取和交流信息的一种十分重要、快捷的手段。

进入 21 世纪之后, 面对信息化社会对巨量信息快速处理、存储、交换能力的迫切需求, 我国计算机网络建设将日益增多, 网络应用也将更加普遍。计算机与通信技术的不断进步将推动计算机网络技术的发展, 新概念、新思想、新技术、新型信息服务不断涌现。因此, 要想在网络飞速发展的今天有所作为, 必须学习、理解和掌握计算机网络技术的基本知识, 把握网络技术的未来发展。本书在第一版基础上针对这种需求修订而成, 目的是为广大读者学习和掌握日益发展的现代网络新技术、新特点提供有益的帮助和参考。

本书在第一版的基础上增加了对 IPv6、下一代网络 NGN 技术、无线网技术以及网络编程等方面的翔实描述, 内容有一定的系统性且比较精练, 力求反映当代网络发展新技术水平和一定的实际应用。

本书适合作为普通高等院校计算机网络课程的教材和主要教学参考书, 建议学时数为 54~72, 根据各校实际情况, 教师可以减少一些章节内容来进行讲授。

全书分四个部分。第一部分(第 1~4 章)介绍计算机网络基本知识、体系结构以及通信基本原理; 第二部分(第 5~9 章)介绍局域网、广域网以及网络互连等基本技术知识和应用; 第三部分(第 10~13 章)介绍互联网应用技术、网络安全和网络管理等方面的实用知识; 第四部分(第 14、15 章)介绍下一代网络主要核心技术和发展趋势, 以及网络编程开发的主要手段。

本书是作者在多年讲授网络课程的工作经验的基础上整理编写的。在编写过程中, 得到了学院领导的大力支持和帮助, 特别感谢系主任王小明、蔡茂国及张宗耀等老师对本书提出的建设性意见。

由于时间仓促, 作者水平有限, 本书错漏之处在所难免, 欢迎广大读者批评指正。

作 者

2006 年 6 月于深圳大学

第一版前言

计算机网络技术是 20 世纪对人类社会产生最深远影响的科技成就之一。随着 Internet 技术的发展和信息基础设施的完善, 计算机网络正在改变人们的生活、学习和工作方式, 推动社会文明的进步。它已经成为人们获取和交流信息的一种十分重要、快捷的手段。

进入 21 世纪之际, 面对信息化社会对巨量信息快速处理、存储、交换能力的迫切需求, 我国计算机网络建设将日益增多, 网络应用也将更加普遍。计算机与通信技术的不断进步将推动计算机网络技术的发展, 新概念、新思想、新技术、新型信息服务不断涌现。因此, 要想在网络飞速发展的今天有所作为, 必须学习、理解、掌握计算机网络技术的基本知识, 把握网络技术的未来发展。本书正是针对这种需求而编写的, 目的是为广大读者学习和掌握计算机网络技术提供有益的帮助和参考。

本书在计算机网络的基本原理、网络协议、网络关键技术和计算机网络未来技术发展等方面都作了翔实的介绍。内容有一定的系统性且比较精练, 反映了当代网络技术水平 and 一定的网络实际应用。

本书适合作为普通高等院校计算机网络课程的教材和主要教学参考书, 建议学时数为 54~72 学时, 根据各校实际情况, 教师可以适当减少一些章节内容来进行讲授。

全书分四个部分。第一部分(第 1、2、3 章)介绍计算机网络基本知识、体系结构以及原理; 第二部分(第 4、5、6、7 章)介绍局域网、广域网以及网络互连等基本技术知识和应用; 第三部分(第 8 章)介绍虚拟局域网技术; 第四部分(第 9、10、11、12 章)介绍互联网应用技术、网络安全、网络管理和 Winsock 网络编程接口等方面的实用知识。

本书是作者在多年讲授网络课程的工作经验基础上整理编写的。在编写过程中, 得到了学院领导的大力支持和帮助, 特别感谢系主任王小明老师对本书提出的建设性意见。由于时间仓促, 作者水平有限, 错漏之处在所难免, 欢迎广大读者批评指正。

作 者

2002 年 6 月于深圳大学

目 录

第1章 计算机网络概述	1	2.1.5 带宽与数据传输率	27
1.1 计算机网络的定义和功能	1	2.1.6 数据编码	29
1.2 计算机网络的产生和发展	2	2.1.7 数据通信方式	34
1.2.1 面向终端的计算机通信网	3	2.1.8 多路复用技术	34
1.2.2 基于交换的计算机通信网	4	2.2 物理传输介质	36
1.2.3 计算机网络体系结构的形成	5	2.2.1 双绞线	37
1.2.4 局域网的形成	6	2.2.2 同轴电缆	38
1.2.5 Internet 时代的到来	6	2.2.3 光缆	39
1.2.6 计算机网络发展的前景	7	2.2.4 无线传输介质	41
1.3 网络协议与体系结构	7	2.3 差错控制技术	43
1.3.1 分层次的网络体系结构	8	2.3.1 差错检测与校正控制技术	44
1.3.2 网络服务与实体	12	2.3.2 奇偶校验码	46
1.3.3 服务原语	13	2.3.3 海明码	48
1.3.4 ISO-OSI 的体系结构	15	2.3.4 循环冗余码	50
1.3.5 TCP/IP 的体系结构	16	2.4 数据交换技术	54
1.4 计算机网络的组成	17	2.4.1 电路交换	55
1.4.1 通信子网与资源子网	17	2.4.2 报文交换	55
1.4.2 因特网(Internet)	18	2.4.3 分组交换	56
1.4.3 常用的网络设备	19	2.4.4 信元交换	58
1.5 计算机网络的分类	19	2.5 物理层接口	58
1.5.1 局域网	20	2.5.1 物理层的基本概念	58
1.5.2 城域网	20	2.5.2 RS-232-C 接口标准	58
1.5.3 广域网	21	2.5.3 RS-449 接口标准	61
1.5.4 互联网	22	2.6 接入技术	61
1.5.5 无线网	22	2.6.1 一线通	61
习题	23	2.6.2 ADSL	62
第2章 通信子网基本技术	24	2.6.3 HFC	62
2.1 数据通信基础	24	2.6.4 无线接入	63
2.1.1 信道与信号	24	习题	63
2.1.2 模拟通信	25	第3章 数据链路层	65
2.1.3 数字通信	25	3.1 数据链路层的基本概念	65
2.1.4 传输特性与传输方式	26	3.2 简单流量控制的数据链路协议	66

3.2.1 完全理想化的数据传输	66	5.3.4 交换式以太网	105
3.2.2 具有最简单流量控制的数据 链路层协议	67	5.4 令牌环网和 IEEE802.5 标准	107
3.2.3 实用的停止等待协议	68	5.4.1 令牌环概述	107
3.2.4 停止等待协议的算法	70	5.4.2 MAC 子层与帧结构	109
3.2.5 停止等待协议的定量分析	71	5.4.3 管理与维护	111
3.3 连续 ARQ 协议	72	5.4.4 性能分析	112
3.3.1 连续 ARQ 协议的工作原理	72	5.5 令牌总线网与 IEEE802.4 标准	112
3.3.2 连续 ARQ 协议的吞吐量	73	5.5.1 令牌总线网概述	112
3.3.3 滑动窗口技术	74	5.5.2 MAC 子层	113
3.4 面向比特的链路控制规程 HDLC	77	5.5.3 三种局域网的比较	114
3.4.1 HDLC 协议的产生	77	5.6 局域网的扩展	115
3.4.2 HDLC 的帧结构	78	5.6.1 中继器	115
3.5 Internet 中的数据链路控制协议 PPP	80	5.6.2 集线器	116
3.5.1 串行线路网际协议(SLIP)	81	5.6.3 网桥的基本原理	116
3.5.2 点对点协议(PPP)	81	5.6.4 透明网桥	118
习题	83	5.6.5 源站选路网桥	119
第 4 章 信道共享技术	84	5.6.6 透明网桥和源站选路网桥的对比	120
4.1 信道共享技术概述	84	习题	121
4.2 受控多点接入——轮叫轮询	85	第 6 章 现代局域网技术	122
4.3 随机接入技术——ALOHA	87	6.1 100 M 快速以太网	122
4.3.1 纯 ALOHA	87	6.1.1 快速以太网的体系结构	122
4.3.2 时隙 ALOHA	88	6.1.2 快速以太网系统的组成	123
4.3.3 轮询与 ALOHA 的比较	89	6.1.3 快速以太网与 10BASE-T/FL 性能比较	124
4.4 随机接入技术——CSMA 和 CSMA/CD	89	6.2 以太网的交换技术	125
4.4.1 CSMA 访问策略	89	6.2.1 以太网交换的概念	125
4.4.2 CSMA/CD 的工作原理	90	6.2.2 以太网交换机的工作原理	127
习题	93	6.2.3 以太网交换机的交换方式	127
第 5 章 传统局域网	94	6.2.4 以太网交换机的分类	129
5.1 局域网概述	94	6.2.5 以太网交换机的结构	130
5.2 局域网的体系结构	95	6.2.6 以太网交换机的技术指标	132
5.2.1 IEEE802 参考模型	95	6.2.7 以太网交换机的组网技术与应用	136
5.2.2 逻辑链路控制 LLC 子层	98	6.2.8 全双工交换以太网技术	139
5.2.3 介质访问控制 MAC 子层	100	6.3 1 Gb/s 高速以太网技术	142
5.3 以太网和 IEEE802.3 标准	101	6.3.1 1 Gb/s 高速以太网体系结构	142
5.3.1 IEEE802.3 局域网概述	101	6.3.2 帧扩展技术	143
5.3.2 物理层标准	101	6.3.3 帧猝发技术	143
5.3.3 MAC 子层和帧结构	103	6.4 光纤分布数据接口 FDDI	144

6.4.1 FDDI 体系结构与协议标准	144	第 8 章 网络互连技术	186
6.4.2 FDDI 网络的组成	145	8.1 互联网与 TCP/IP	186
6.4.3 FDDI 工作原理	146	8.1.1 网络互连方式	186
6.4.4 网络容错	148	8.1.2 TCP/IP 的分层体系结构	187
6.4.5 MAC 协议与帧格式	148	8.1.3 TCP/IP 参考模型的特点	188
习题	150	8.2 IP 网络互连协议	190
第 7 章 广域网与路由技术	151	8.2.1 IP 地址及表示方法	190
7.1 广域网的体系结构	151	8.2.2 IP 数据报的格式	195
7.1.1 广域网的组成	151	8.2.3 Internet 控制报文协议 ICMP	198
7.1.2 广域网的通信服务	152	8.2.4 IP 报文的分段与重组	200
7.2 广域网的路由问题	154	8.2.5 IP 数据报的转发机制	201
7.2.1 分层编址与路由表	154	8.3 IP 路由选择协议	204
7.2.2 广域网的路由问题	155	8.3.1 内部网关协议 IGP	205
7.2.3 路由选择算法种类	156	8.3.2 外部网关协议 BGP	211
7.3 路由选择算法	158	8.4 Internet 组管理协议 IGMP	213
7.3.1 非自适应路由选择	158	8.5 传输控制协议	215
7.3.2 自适应路由选择	161	8.5.1 传输控制的基本原理	215
7.4 拥塞控制	164	8.5.2 关于服务质量 QoS	216
7.4.1 拥塞控制的意义	164	8.5.3 传输控制层的端口	217
7.4.2 拥塞控制的基本原理	166	8.5.4 用户数据报协议 UDP	219
7.5 X.25 分组交换网	167	8.5.5 传输控制协议 TCP	220
7.5.1 X.25 网概述	167	8.5.6 TCP 的可靠传输	222
7.5.2 X.25 的虚连接	168	8.5.7 TCP 的流量控制	223
7.5.3 X.25 网络结构	169	8.5.8 TCP 的拥塞控制	224
7.6 帧中继	170	8.5.9 TCP 的连接管理	225
7.6.1 帧中继概述	170	习题	226
7.6.2 帧中继的组成	173	第 9 章 新一代网络协议 IPv6	229
7.6.3 帧中继的呼叫控制	174	9.1 IPv6 产生的背景	229
7.6.4 帧中继的帧格式	175	9.1.1 当前 Internet 面临的问题	229
7.6.5 帧中继的拥塞控制	176	9.1.2 IPv6 的目标	230
7.6.6 帧中继的应用	177	9.1.3 IPv6 的发展现状及其未来方向	231
7.7 ISDN	178	9.2 IPv6 与 IPv4 的区别	232
7.7.1 ISDN 概述	178	9.3 IPv6 地址技术	239
7.7.2 ISDN 的功能	179	9.3.1 地址表示	239
7.7.3 用户-网络接口	182	9.3.2 IPv6 前缀	240
7.7.4 ISDN 的应用	183	9.4 IPv6 地址分类	240
习题	184	9.4.1 单播地址	240
		9.4.2 组播地址	243

9.4.3 任播地址	244	11.3.4 卫星通信网的优缺点	290
9.4.4 地址分配	244	11.4 蓝牙技术	290
9.5 IPv6 数据报头结构	245	11.4.1 概述	290
9.5.1 IPv6 的基本报头	245	11.4.2 协议栈体系结构	292
9.5.2 IPv6 的扩展报头	248	11.4.3 蓝牙网络通信过程	293
9.6 从 IPv4 向 IPv6 过渡	252	11.4.4 蓝牙技术的优缺点及展望	294
习题	253	11.5 无线应用协议(WAP)	295
第 10 章 虚拟局域网技术	254	11.5.1 概述	295
10.1 VLAN 概述	254	11.5.2 协议栈结构	298
10.1.1 VLAN 的产生	254	11.5.3 WML 语言简介	300
10.1.2 实现 VLAN 的前提条件	254	11.5.4 WAP 的应用及其展望	303
10.1.3 VLAN 的解决方案	255	习题	304
10.2 VLAN 的交换方式	256	第 12 章 网络安全与防火墙技术	305
10.2.1 端口交换	256	12.1 计算机网络安全性问题	305
10.2.2 帧交换	256	12.1.1 网络安全的基本概念	305
10.2.3 信元交换	257	12.1.2 网络安全的威胁因素	305
10.3 VLAN 的划分方法	257	12.1.3 网络安全的评估标准	306
10.4 VLAN 成员信息的传递	260	12.2 网络安全策略	307
10.5 VLAN 配置方法	260	12.3 网络安全机制	307
10.6 VLAN 间路由与通信	262	12.3.1 加密	308
10.7 VLAN 的协议和标准	265	12.3.2 鉴别	309
10.8 VLAN 的功能	266	12.3.3 数字签名	310
习题	270	12.4 网络防火墙技术	311
第 11 章 无线网络技术	271	12.4.1 防火墙的基本概念	311
11.1 蜂窝无线通信	271	12.4.2 防火墙功能	312
11.1.1 寻呼系统	271	12.4.3 包过滤技术	312
11.1.2 无绳电话	272	12.4.4 代理服务技术	314
11.1.3 模拟蜂窝电话	272	12.4.5 防火墙系统基本组件	316
11.1.4 数字蜂窝电话	274	12.4.6 防火墙系统结构	317
11.2 码分多址	279	12.4.7 使用防火墙系统的优点和局限性	320
11.2.1 多址通信技术简介	279	习题	321
11.2.2 码分多址原理	280	第 13 章 互联网应用技术	322
11.2.3 扩展频谱通信	282	13.1 域名系统 DNS	322
11.2.4 CDMA 的特点	285	13.1.1 IP 域名结构	322
11.3 卫星通信	286	13.1.2 域名解析	324
11.3.1 卫星通信系统的组成	286	13.2 电子邮件系统 E-mail	328
11.3.2 地球同步卫星	287	13.2.1 电子邮件的有关协议	328
11.3.3 低轨道卫星通信系统	288	13.2.2 电子邮件系统的结构	328

13.2.3 电子邮件的发送	330	14.2.4 软交换的功能与结构	360
13.2.4 电子邮件的接收	331	14.2.5 软交换的主要应用	362
13.2.5 简单邮件传输协议(SMTP)	333	14.3 网关技术	362
13.2.6 邮箱访问协议	334	14.3.1 媒体网关	363
13.2.7 MIME 协议	334	14.3.2 媒体网关控制器	364
13.3 文件传输与文件访问系统	335	14.3.3 信令网关	365
13.3.1 FTP 的特点	336	14.4 下一代网络中的主要协议	366
13.3.2 FTP 工作原理	336	习题	369
13.3.3 FTP 连接建立	337	第 15 章 Winsock 网络编程接口	370
13.3.4 FTP 访问控制	338	15.1 Winsock 概述	370
13.3.5 简单文件传输协议(TFTP)	339	15.1.1 网络间进程通信	370
13.3.6 网络文件系统(NFS)	339	15.1.2 套接字(sockets)	372
13.4 远程登录 Telnet	341	15.1.3 基本概念	373
13.4.1 Telnet 协议	341	15.2 Winsock 编程原理	374
13.4.2 Telnet 工作原理	341	15.2.1 简单客户机/服务器模型	374
13.4.3 网络虚终端	342	15.2.2 Winsock 的启动和终止	375
13.5 代理服务器	345	15.2.3 错误检查和控制	376
13.5.1 代理服务器的硬软件结构	345	15.2.4 Winsock 编程模型	376
13.5.2 代理服务器的工作流程	346	15.2.5 一个简单的例子	381
13.5.3 代理服务器的主要功能	347	15.3 Winsock I/O 模型	385
13.6 网络管理	348	15.3.1 select 模型	386
13.6.1 网络管理的概念	348	15.3.2 WSAAsyncSelect 模型	387
13.6.2 网络管理的功能	349	15.3.3 WSAEventSelect 模型	388
13.6.3 SNMP 网管协议	350	15.4 Winsock 2 的扩展特性	391
13.6.4 管理信息库 MIB	351	15.4.1 原始套接字	391
13.6.5 SNMP 操作	353	15.4.2 重叠 I/O 模型	392
习题	354	15.4.3 服务的质量(QoS)	392
第 14 章 下一代网络技术(NGN)	355	15.5 套接字选项和 I/O 控制命令	394
14.1 下一代网络概述	355	15.5.1 套接字选项	394
14.1.1 下一代网络产生背景	355	15.5.2 I/O 控制命令	396
14.1.2 下一代网络的定义	356	15.6 Unix 环境下套接字编程举例	397
14.1.3 下一代网络的特点	356	15.6.1 服务器编程机制	397
14.1.4 下一代网络的体系结构	357	15.6.2 TCP 编程举例	398
14.2 软交换技术	358	15.6.3 UDP 编程举例	400
14.2.1 支撑下一代网络的关键技术	358	习题	402
14.2.2 软交换技术概述	359	参考文献	404
14.2.3 软交换的特点	360		

第1章 计算机网络概述

计算机网络是基于计算机技术和通信技术而发展的一门学科。当今人类社会正在进入信息时代,信息的存储和处理离不开计算机,而信息的流通则离不开计算机网络。信息、物质和能源一起构成了当今社会的三大资源。但是,信息与其他两类资源不同,其显著的特点是,信息在使用中非但不能损耗,反而通过交流会增值。因而,信息的流通就尤为重要。正是这种需求促使计算机网络飞速发展并得到了广泛应用。自从“信息高速公路”计划实施以来,计算机的发展已进入网络计算的新时代,也就是说一切计算(即信息处理)都是在网络环境中进行的,计算机网络已成为信息社会的重要基础设施。计算机网络是计算机技术和通信技术密切结合的产物,其发展和应用水平直接反映了一个国家计算机技术和通信技术的水平,也是其现代化程度和综合国力的标志之一。概括地说,计算机网络是由通过各种通信手段相互连接起来的计算机组成的复合系统。数据通信是计算机网络中各计算机间信息传输的基础。计算机网络的建立,除了必须具备数据通信功能外,还涉及到网络中计算机间的资源共享、协同工作等信息处理的功能。

本章共分为5节,主要介绍计算机网络的定义和功能、计算机网络的产生和发展、网络协议与体系结构、计算机网络的组成以及计算机网络的分类。

1.1 计算机网络的定义和功能

严格地说,计算机网络是一种将地理上分散的、具有独立工作能力多台计算机通过通信设备和通信线路连接起来,在配有相应的网络通信软件的条件下,实现数据通信和资源共享的系统。

从这个意义上讲,处于网络中的计算机应具有独立性。如果一台计算机被另一台计算机所控制,那么它就不具备独立性。同样,由一台带有大量终端的大型机组成的分时系统也不能称为网络。

容易与计算机网络混淆的另一个概念是分布式系统。分布式系统的基础是计算机网络,但它是一种建立在网络之上的软件系统。作为分布式系统的用户,所面对的是单一的、虚拟的处理机,察觉不到多个处理器的存在。所有对系统资源的访问都由分布式系统自动完成,用户提交的任务通过分布式系统自动划分为子任务,分配给不同的处理器处理。

但在计算机网络中,用户必须明确地指定在哪一台机器上登录;明确地指定远程递交任务;明确地指定文件传输的源和目的地,并且还要管理这个网络。在分布式系统中,不需要明确指定这些内容,系统会自动完成而无需用户的干预。网络和分布式系统的区别主

要取决于软件(尤其是操作系统性质),而不是硬件。

计算机网络自 20 世纪 60 年代末诞生以来,以异常迅猛的速度在发展,并得到了广泛的应用和普及。

计算机网络的主要功能包括如下几个方面。

1. 数据通信

利用计算机网络进行数据信息的传递是一种全新的电子传递方式,比现有的其他通信工具有更多的优点,比如它不像电话,需要通话者同时在场,也不像广播系统,只能单方向传递信息;在速度上也比其他方式快得多,通过网络还可以传递声音、图像和视频等多媒体信息。通过网络环境,还可以建立一种新型的协作方式,实现网络计算机协同工作,它消除了地理上的距离限制。

2. 资源共享

在计算机网络中,有许多昂贵的资源,例如大型数据库、巨型计算机等,要使这些资源为每一用户所拥有,即用户可以共享这些资源。共享资源包括硬件资源的共享,如打印机、大容量磁盘等;也包括软件资源的共享,如程序、数据等。资源共享的结果是避免重复投资和劳动,从而提高资源的利用率,使系统的整体性能价格比得到改善。

3. 增加可靠性

在单个系统内,某个资源或计算机的暂时失效将导致系统瘫痪,或者通过替换资源的办法来维持系统的继续运行。但在计算机网络中,每种资源(尤其程序和数据)可以存放在多个地点,而用户可以通过多种途径来访问网内的某个资源,从而避免了单点失效对用户产生的影响。

4. 提高系统处理能力

单机系统的处理能力是有限的,且由于种种原因,各计算机的忙闲程度也不均匀。从理论上讲,在同一个网络系统的多台计算机通过协同操作和并行处理来提高整个系统的处理能力,并使各计算机负载均衡。

由于计算机网络具备上述功能,因此得到了广泛的应用。在计算机网络的支持下,银行系统实现异地通存通兑,而且加快了资金的流转速度;医疗专家系统的各科医生可以联合为一个病人治疗、诊断;由科学家们组成的各个领域的研究圈通过网络来进行学术交流和研究,及时发表最新的思想和研究成果。

日常生活中,IP 电话、网上寻呼、电子邮件已成为人们重要的通信手段。视频点播、网络游戏、网上教学、网上书店、网上购物、网上订票、网上电视直播、网上医院、网上证券交易、电子商务等正逐渐走进普通百姓的生活、学习和工作当中。

在未来,谁拥有“信息资源”,谁能有效使用“信息资源”,谁就能在各种竞争中占据主导地位。

1.2 计算机网络的产生和发展

世界上第一台电子计算机的诞生是一个巨大的创举,任何人没有预测到计算机在今

天会产生如此广泛和深远的影响。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,也没有人预测到计算机网络在现代信息社会中会发挥如此重要的作用。

计算机网络涉及计算机技术和通信技术两大领域。计算机技术与通信技术的紧密结合,对人类社会进步做出了极大的贡献。

第一,通信网络为计算机之间的数据传递和交换提供了必要的手段,它是计算机网络发展的社会基础;第二,计算机技术的发展渗透到通信技术中,提高了通信网络的各种性能。当然,这两个方面的结合都离不开半导体技术,特别是超大规模集成电路(VLSI)技术取得的辉煌成就,这是促进计算机网络发展的物质基础。

如同计算机的迅猛发展一样,计算机网络的发展也经历了从简单到复杂、由低级到高级的演变过程。在这一过程中,计算机技术与通信技术相互结合、相互促进、共同发展,最终产生了计算机网络。

1.2.1 面向终端的计算机通信网

在计算机刚问世后的几年里,数量非常少,且非常昂贵,因此计算机和通信并没有什么关系。1954 年,人们开始使用一种叫做收发器(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送到远地的计算机的功能。后来,电传打字机也作为远程终端和计算机相连,用户可在远地的电传打字机上键入自己的程序,而计算机的处理结果又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。

由于当初计算机是为成批处理而设计的,因此计算机与远程终端相连时,必须在计算机上增加一个接口,并且这个接口应当对计算机原来的硬件和软件的影响尽可能小。于是,就出现了所谓的“线路控制器”(Line Controller)(因为在通信线路上采用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)。在通信线路的两端还必须各加上一个调制解调器。这是因为电话线路本来是为传送模拟的话音信号而设计的,它不适合于传送计算机的数字信号。调制解调器的主要作用就是把计算机或终端使用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。

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,在 20 世纪 60 年代初,出现了多重线路控制器(Multiline Controller),它可和多个远程终端相连接(见图 1-1),构成面向终端的计算机通信网,它是最原始的计算机网络(有人称其为第一代计算机网络)。这里,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也还是进行成批处理,故称其为联机系统,以区别于早先使用的脱机系统。

当人们认识到计算机还可用作数据处理时,计算机的用户数量就迅速增长。但是,每当需要增加一个新的远程终端时,上述的这种线路控制器就要进行许多硬件和软件的改动,以便与新加入的终端的字符集和传输速率等特性相适应。然而,这种线路控制器对主机却造成了相当大的额外开销。人们终于认识到应当设计出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),或简称为前端机。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。这样就大大地提高了主机进行数据处理的效率。

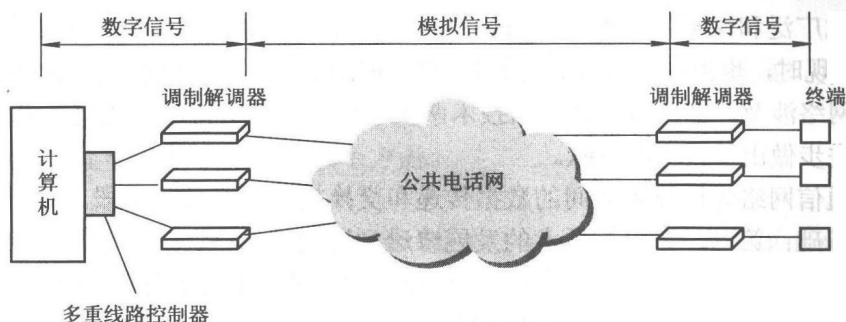


图 1-1 面向终端的计算机通信网

图 1-2 表示用一个前端处理机与多个远程终端相连的情况。由于可采用较便宜的小型计算机充当大型计算机的前端处理机，因此这种面向终端的计算机通信网获得了很大的发展。一直到现在，大型计算机组成的网络仍使用前端处理机，而对于目前接入局域网的个人计算机，其使用的接口网卡在原理上就相当于这种前端处理机。

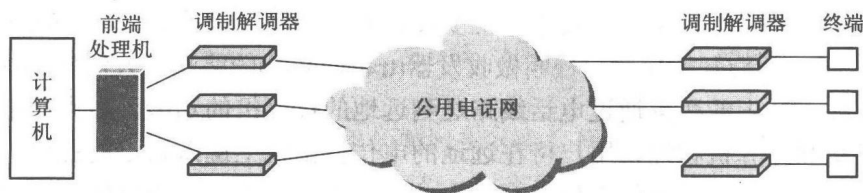


图 1-2 用前端处理机实现的联机系统

1.2.2 基于交换的计算机通信网

在面向终端的计算机网络中，用户通过终端命令以交互方式使用计算机，从而将单一计算机系统的各种资源共享给各个用户。这种网络系统的应用极大地刺激了用户使用计算机的热情，使计算机用户的数量迅速增加。但这种网络系统也存在着一定的缺点：如果计算机的负荷较重，会导致系统响应时间过长；如果主机系统可靠性降低，一旦计算机发生故障，将导致整个网络系统瘫痪。

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，人们开始研究利用类似电话系统中的线路交换思想将多台计算机相互连接起来。这种基于交换技术的通信网络系统对网络的发展有着极其重要的作用，它成为现代计算机网络技术的基础。

多年来，虽然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控制，但其本质始终未变，都是采用电路交换(Circuit Switching)技术。从资源分配角度来看，电路交换是预先分配线路带宽的。所谓“交换”，就是按照某种方式动态地分配传输线路的资源。用户在通话之前，先要通过用户呼叫(即拨号)建立一条从主叫端到被叫端的物理通路。只有在此物理通路建立后，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。在整个通话过程中，用户始终占用从发送端到接收端的固定传输带宽。

电路交换技术本来是为电话通信而设计的，对于计算机网络来说，建立通路的呼叫过程太长，必须寻找新的适合于计算机通信的交换技术。1964 年 8 月，Baran(巴兰)在美国 Rand(兰德)公司的《论分布式通信》的研究报告中提出了存储转发思想。在 1962~1965 年，

美国国防部的高级研究计划署(ARPA, Advanced Research Projects Agency)和英国的国家物理实验室(NPL, National Physics Laboratory)都对新型的计算机通信网进行过研究。1966年6月, NPL 的 Davies(戴维斯)首次提出“分组”(Packet)这一概念。1969年12月, 美国的分组交换网 ARPANET 投入运行, 当时仅有4个结点。ARPANET 的成功, 标志着计算机网络的发展进入了一个新纪元。

ARPANET 网的成功运行使计算机网络的概念发生了根本变化。早期的面向终端的计算机网络是以单台主机为中心的星形网(见图 1-3(a)), 各终端通过电话网共享主机的硬件和软件资源。而分组交换网则实际以网络(通信子网)为中心, 主机和终端都处在网络的边缘(见图 1-3(b))。主机和终端构成了用户资源子网(以区别于通信子网), 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丰富的硬件和软件资源。这种以通信子网为中心的计算机通信网被称为第二代计算机网络, 它比第一代网络在功能上扩大了很多, 成为 20 世纪七八十年代计算机网络的主要形式。

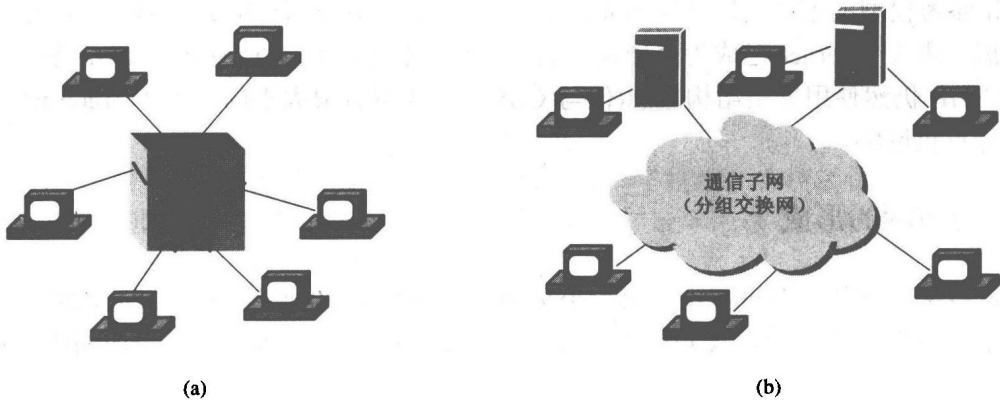


图 1-3 从以单个主机为中心演变到以通信子网为中心

在以分组交换为核心的第二代通信网络中, 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; 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。

必须指出, 分组交换网之所以能得到迅速的发展, 很重要的一个原因就是: 分组交换技术给用户带来了经济上的好处, 其费用比使用电路交换更为低廉。

1.2.3 计算机网络体系结构的形成

在网络中, 相互通信的计算机必须高度协调工作, 而这种“协调”是相当复杂的。为了降低网络设计的复杂性, 早在当初设计 ARPANET 时专家就提出了层次模型思想。分层次设计方法可以将庞大而复杂的物体转化为若干较小且易于处理的子问题。

1974 年, IBM 公司提出了它研制的“系统网络体系结构”(SNA, System Network Architecture), 它是按照分层的方法制定的, 成为世界上使用得较为广泛的一种网络体系结构。DEC 公司当时也提出了自己的网络体系结构——数字网络体系结构(DNA, Digital Network Architecture)。