

面向 **21** 世纪

高等学校计算机类专业系列教材

现代网络技术

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系列教材

现代网络技术

Modern Network Techniques

陆楠 编著

西安电子科技大学出版社

2003

内 容 简 介

本书是作者在多年教学工作经验的基础上整理编写的。全书分 11 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等。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、网络安全等内容, 并且各章均附有习题。

本书的特点是: 内容有一定的系统性, 反映了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。随书还配有电子教案。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代网络技术 / 陆楠编著. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2003.2

(面向 21 世纪高等学校计算机类专业系列教材)

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 (2002) 第 107218 号

策 划 马晓娟

责任编辑 马武装

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)8227828 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印 刷 陕西画报社印刷厂

版 次 2003 年 2 月第 1 版 2003 年 2 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 20.5

字 数 482 千字

印 数 1~4 000 册

定 价 22.00 元

ISBN 7-5606-1198-2 / TP·0624

XDUP 1469001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

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,相应地教学计划、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专业的教学计划和课程大纲,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、信息工程专业系列教材的作者及审稿人,这套教材预计在2004年全部出齐。

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、优中选优、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

系列教材编审专家委员会

- 主任：杨震（南京邮电学院副院长、教授）
副主任：张德民（重庆邮电学院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）
李荣才（西安电子科技大学出版社总编辑、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（杭州电子工业学院计算机分院副院长、副教授）
孙力娟（南京邮电学院计算机系副主任、副教授）
李秉智（重庆邮电学院计算机学院院长、教授）
孟庆昌（北京信息工程学院教授）
周娅（桂林电子工业学院计算机系副主任、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、副教授）
胡建萍（杭州电子工业学院电子信息分院副院长、副教授）
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（桂林电子工业学院通信与信息工程系副主任、副教授）
章坚武（杭州电子工业学院通信工程分院副院长、教授）
康健（吉林大学通信工程学院副院长、教授）
蒋国平（南京邮电学院电子工程系副主任、副教授）

- 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

序 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和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 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。

由于篇幅所限, 有些内容(如 ATM 技术, 第 3 层交换技术, Winsock 网络编程接口, 服务质量 QoS 与网络性能等)收录在本书的电子教案中, 教师可向出版社免费索取电子教案。

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 计算机网络基础	1	1.7.2 RS-232-C 接口标准	38
1.1 引言	1	1.7.3 RS-449 接口标准	40
1.2 计算机网络定义和功能	2	1.8 传输介质	41
1.3 计算机网络的产生和发展	3	1.8.1 双绞线	41
1.3.1 面向终端的计算机通信网	3	1.8.2 同轴电缆	42
1.3.2 基于交换的计算机通信网	5	1.8.3 光缆	44
1.3.3 计算机网络体系结构的形成	6	1.9 无线传输	46
1.3.4 局域网的形成	7	1.9.1 无线传输所使用的频段	46
1.3.5 Internet 时代的到来	7	1.9.2 地面微波接力通信	47
1.3.6 计算机网络发展的前景	8	1.9.3 卫星通信	47
1.4 网络协议与体系结构	8	习题	48
1.4.1 分层次的网络体系结构	9	第 2 章 数据链路层	50
1.4.2 网络服务与实体	13	2.1 数据链路层的基本概念	50
1.4.3 服务原语	14	2.2 简单流量控制的数据链路协议	51
1.4.4 ISO-OSI 的体系结构	16	2.2.1 完全理想化的数据传输	51
1.4.5 TCP/IP 的体系结构	17	2.2.2 具有最简单流量控制的数据链路层协议	52
1.5 计算机网络的定义及分类	18	2.2.3 实用的停止等待协议	53
1.5.1 局域网	19	2.2.4 停止等待协议的算法	55
1.5.2 城域网	19	2.2.5 停止等待协议的定量分析	56
1.5.3 广域网	20	2.3 连续 ARQ 协议	57
1.5.4 互联网	21	2.3.1 连续 ARQ 协议的工作原理	57
1.5.5 无线网	21	2.3.2 连续 ARQ 协议的吞吐量	58
1.6 数据通信基础	22	2.3.3 滑动窗口技术	59
1.6.1 信道与信号	22	2.4 面向比特的链路控制规程 HDLC	62
1.6.2 模拟通信	23	2.4.1 HDLC 协议的产生	62
1.6.3 数字通信	24	2.4.2 HDLC 的帧结构	62
1.6.4 传输特性与传输方式	24	2.5 Internet 中的数据链路控制协议	65
1.6.5 带宽与数据传输率	26	2.5.1 串行线路网际协议 SLIP	66
1.6.6 数据编码	27	2.5.2 点对点协议 PPP	66
1.6.7 数据通信方式	31	习题	68
1.6.8 多路复用技术	32	第 3 章 信道共享技术	69
1.6.9 数据交换技术	34	3.1 信道共享技术概述	69
1.7 物理层接口	37	3.2 受控多点接入: 轮叫轮询	70
1.7.1 物理层的基本概念	37		

3.3 随机接入技术: ALOHA	72	5.1.2 快速以太网系统的组成	110
3.3.1 纯 ALOHA	72	5.1.3 快速以太网与 10BASE-T/FL 性能比较	111
3.3.2 时隙 ALOHA	73	5.2 以太网的交换技术	112
3.3.3 轮询与 ALOHA 的比较	74	5.2.1 以太网交换的概念	112
3.4 随机接入技术: CSMA 和 CSMA/CD	74	5.2.2 以太网交换机的工作原理	114
3.4.1 CSMA 访问策略	74	5.2.3 以太网交换机的交换方式	114
3.4.2 CSMA/CD 的工作原理	76	5.2.4 以太网交换机的分类	116
习题	78	5.2.5 以太网交换机的结构	117
第 4 章 传统局域网	80	5.2.6 以太网交换机的技术指标	119
4.1 局域网概述	80	5.2.7 以太网交换机的组网技术与应用	123
4.2 局域网的体系结构	81	5.2.8 全双工交换以太网技术	126
4.2.1 IEEE802 参考模型	81	5.3 1 Gb/s 高速以太网技术	128
4.2.2 逻辑链路控制 LLC 子层	84	5.3.1 1 Gb/s 高速以太网体系结构	128
4.2.3 介质访问控制 MAC 子层	87	5.3.2 帧扩展技术	130
4.3 以太网和 IEEE802.3 标准	87	5.3.3 帧突发技术	130
4.3.1 802.3 局域网概述	87	5.4 光纤分布数据接口 FDDI	131
4.3.2 物理层标准	88	5.4.1 FDDI 体系结构与协议标准	131
4.3.3 MAC 子层和帧结构	89	5.4.2 FDDI 网络的组成	132
4.3.4 交换式以太网	92	5.4.3 FDDI 工作原理	133
4.4 令牌环网和 IEEE802.5 标准	94	5.4.4 网络容错	135
4.4.1 令牌环概述	94	5.4.5 MAC 协议与帧格式	135
4.4.2 MAC 子层与帧结构	95	习题	137
4.4.3 管理与维护	98	第 6 章 广域网与路由技术	138
4.4.4 性能分析	99	6.1 广域网的体系结构	138
4.5 令牌总线网与 IEEE802.4 标准	99	6.1.1 广域网的组成	138
4.5.1 令牌总线网概述	99	6.1.2 广域网的通信服务	139
4.5.2 MAC 子层	100	6.2 广域网的路由问题	141
4.5.3 三种局域网的比较	101	6.2.1 分层编址与路由表	141
4.6 局域网的扩展	102	6.2.2 广域网的路由问题	142
4.6.1 中继器	102	6.2.3 路由选择算法种类	144
4.6.2 集线器	103	6.3 路由选择算法	145
4.6.3 网桥的基本原理	103	6.3.1 非自适应路由选择	145
4.6.4 透明网桥	106	6.3.2 自适应路由选择	148
4.6.5 源站选路网桥	106	6.4 拥塞控制	151
4.6.6 透明网桥和源站选路网桥的对比	108	6.4.1 拥塞控制的意义	151
习题	108	6.4.2 拥塞控制的基本原理	154
第 5 章 现代局域网技术	109	6.5 X.25 分组交换网	154
5.1. 100 M 快速以太网	109	6.5.1 X.25 网概述	154
5.1.1 快速以太网的体系结构	109		

6.5.2 X.25 的虚连接	155	7.8.3 传输控制层的端口	214
6.5.3 X.25 网络结构	157	7.8.4 用户数据报协议 UDP	216
6.6 帧中继	158	7.8.5 传输控制协议 TCP	217
6.6.1 帧中继概述	158	7.8.6 TCP 的可靠传输	219
6.6.2 帧中继的组成	161	7.8.7 TCP 的流量控制	220
6.6.3 帧中继的呼叫控制	161	7.8.8 TCP 的拥塞控制	221
6.6.4 帧中继的帧格式	162	7.8.9 TCP 的连接管理	222
6.6.5 帧中继的拥塞控制	164	习题	223
6.6.6 帧中继的应用	164	第 8 章 虚拟局域网技术	227
6.7 ISDN	166	8.1 VLAN 概述	227
6.7.1 ISDN 概述	166	8.1.1 VLAN 的产生	227
6.7.2 ISDN 的功能	167	8.1.2 实现 VLAN 的前提条件	227
6.7.3 用户-网络接口	169	8.1.3 VLAN 的解决方案	228
6.7.4 ISDN 的应用	171	8.2 VLAN 的交换方式	229
习题	171	8.2.1 端口交换	229
第 7 章 网络互连技术	173	8.2.2 帧交换	229
7.1 互联网与 TCP/IP	173	8.2.3 信元交换	230
7.1.1 网络互连方式	173	8.3 VLAN 的划分方法	230
7.1.2 TCP/IP 的分层体系结构	174	8.4 VLAN 成员信息的传递	233
7.1.3 TCP/IP 参考模型的特点	175	8.5 VLAN 配置方法	234
7.2 IP 网络互连协议	177	8.6 VLAN 间路由与通信	236
7.2.1 IP 地址及表示方法	177	8.7 VLAN 的协议和标准	238
7.2.2 IP 数据报的格式	182	8.8 VLAN 的功能	240
7.2.3 Internet 控制报文协议 ICMP	185	习题	244
7.2.4 IP 报文的分段与重组	187	第 9 章 网络安全与防火墙技术	245
7.2.5 IP 数据报的转发机制	189	9.1 计算机网络安全性问题	245
7.3 IP 路由选择协议	192	9.1.1 网络安全基本概念	245
7.3.1 内部网关协议 IGP	193	9.1.2 网络安全的威胁因素	245
7.3.2 外部网关协议 BGP	199	9.1.3 网络安全的评估标准	246
7.4 Internet 组管理协议 IGMP	200	9.2 网络安全策略	247
7.5 无类型域间路由选择协议 CIDR	203	9.3 网络安全机制	247
7.6 移动 IP 路由协议	204	9.3.1 加密	247
7.7 IPv6 下一代网络互连协议	206	9.3.2 鉴别	249
7.7.1 IPv6 的地址结构	207	9.3.3 数字签名	250
7.7.2 IPv6 报文的基本头部格式	209	9.4 网络防火墙技术	251
7.7.3 IPv6 扩展头部格式	210	9.4.1 防火墙的基本概念	251
7.8 传输控制协议	212	9.4.2 防火墙功能	252
7.8.1 传输控制的基本原理	212	9.4.3 包过滤技术	252
7.8.2 服务质量 QoS	213	9.4.4 代理服务技术	255

9.4.5 防火墙系统基本组件	256	11.2.7 MIME 协议	296
9.4.6 防火墙系统结构	257	11.3 文件传输与文件访问系统	297
9.4.7 使用防火墙系统的优点和局限性	261	11.3.1 FTP 的特点	297
习题	262	11.3.2 FTP 工作原理	298
第 10 章 网络计算模式与 XML	263	11.3.3 FTP 连接建立	298
10.1 Internet/Intranet 信息服务和特点	263	11.3.4 FTP 访问控制	300
10.2 B/S 网络计算模式	265	11.3.5 TFTP: 简单文件传输协议	301
10.2.1 B/S 计算模式的特点	265	11.3.6 NFS: 网络文件系统	301
10.2.2 基于新一代 Web 技术的 B/S 计算 模式特征	266	11.4 远程登录 Telnet	302
10.3 Intranet 结构与组成	268	11.4.1 Telnet 协议	302
10.3.1 Intranet 体系结构	268	11.4.2 Telnet 工作原理	303
10.3.2 Intranet 总体结构	269	11.4.3 网络虚终端	304
10.3.3 Intranet 网络组成	270	11.5 代理服务器	307
10.4 WWW 与标记语言	271	11.5.1 代理服务器的硬/软件结构	307
10.4.1 WWW 基本结构	271	11.5.2 代理服务器的工作流程	308
10.4.2 HTTP 特点	272	11.5.3 代理服务器的主要功能	309
10.4.3 HTTP 基本工作模式	273	11.6 网络管理	310
10.4.4 HTTP 结构类型	273	11.6.1 网络管理的概念	310
10.4.5 统一资源定位器 URL	275	11.6.2 网络管理的功能	311
10.5 XML 标记语言	276	11.6.3 简单网络管理协议(SNMP)	312
10.5.1 XML 发展的历史	276	11.6.4 管理信息库(MIB)	313
10.5.2 XML 的组成	277	11.6.5 SNMP 操作	315
10.5.3 XML 特点	277	习题	316
10.5.4 XML 的 DTD 与 XSL、XLL	279	参考文献	317
10.5.5 XML 和 SGML、HTML 的关系	279		
10.5.6 XML 的应用	280		
习题	282		
第 11 章 互联网应用协议	283		
11.1 域名系统 DNS	283		
11.1.1 IP 域名结构	283		
11.1.2 域名解析	285		
11.2 电子邮件系统 E-mail	289		
11.2.1 电子邮件的有关协议	289		
11.2.2 电子邮件系统的结构	289		
11.2.3 电子邮件的发送	291		
11.2.4 电子邮件的接收	293		
11.2.5 SMTP: 简单邮件传输协议	295		
11.2.6 邮箱访问协议	295		

第1章 计算机网络基础

1.1 引言

当前知识经济浪潮中的两个重要特点就是信息化和全球化，而要实现信息化和全球化，就必须依靠先进的网络技术。因此，网络已经成为当前信息社会的命脉和发展知识经济的重要社会基础，对全球经济发展产生了很大的影响。

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。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；信息的获取、存储、传输和处理之间的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部门最大的行业。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，而且这种手段必须依靠计算机网络来实现。

最近 10 年，以 Internet 为代表的计算机网络得到了飞速的发展，已从最初的教育科研网络逐步发展成为商业网络，并已成为仅次于全球电信网的世界第二大网络。不少人认为现在已经是 Internet 的时代，这是因为 Internet 正在改变着我们工作和生活的各个方面，它已经给很多国家，尤其是 Internet 的发源地美国，带来了巨大的好处，并加速了全球信息革命的进程。可以毫不夸张地说，Internet 是自印刷术以来，人类在通信方面最大的变革。

1993 年 9 月，美国政府发布了一个在全世界引起巨大反响的行动计划，那就是“国家信息基础结构 NII”行动纲要。NII 是 National Information Infrastructure 的缩写，也可译为国家信息基础设施。这个纲要提出，高速信息网是国家信息基础结构的一个重要组成部分。为了更加生动而形象地说明这个“NII 行动计划”，人们常用“信息高速公路”这个名词作为“国家信息基础结构”的通俗名称。

事隔一年，美国政府又提出了构建全球信息基础结构 GII 的战略目标，建议将各国的 NII 互连起来，组成世界范围的信息基础结构。当前的 Internet 就是这种全球性的信息基础结构的雏形。

现在，所有的工业发达国家和很多的发展中国家都纷纷研究和制订本国建设信息基础结构的计划。这就使得计算机网络的发展进入了一个新的历史阶段，并变成了几乎人人都知道而且十分关心的热门学科。

1.2 计算机网络定义和功能

严格地说, 计算机网络是一种将地理上分散的、具有独立工作能力的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, 觉察不到多个处理器的存在。用户对系统资源的所有访问都由分布式系统自动地完成, 用户提交的任务, 通过分布式系统自动划分子任务分配给不同的处理器处理。

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, 系统会自动地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, 只能是单方向传递信息。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, 用户可以共享使用这些资源。共享资源包括硬件资源的共享, 如打印机、大容量磁盘等。共享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, 从而提高了资源的利用率, 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, 当然, 可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可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，银行系统能实现异地通存通兑，而且能加快资金的流转速度；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可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。

1.3 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，没有人能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发挥着如此重要的作用。

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结合、相互促进、共同发展，最终产生了计算机网络。

1.3.1 面向终端的计算机通信网

在计算机刚问世后的几年里，计算机数量非常少，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发送到远地的计算机。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，所以计算机与远程终端相连时，必须在计算机上设计一个接口，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）。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 (如图 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器，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。

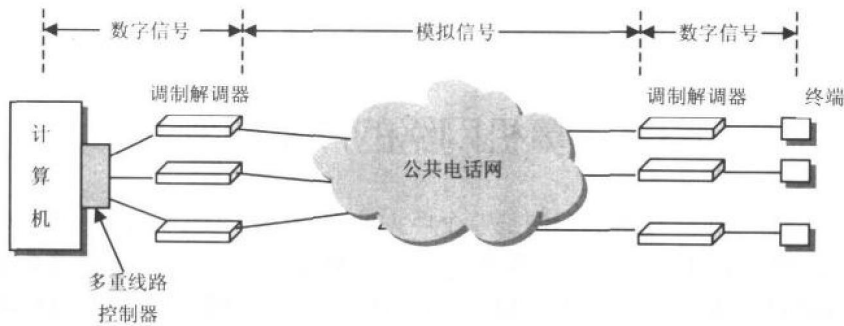


图 1-1 面向终端的计算机通信网

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，以便和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 1-2 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就获得了很大的发展。一直到现在，大型计算机组成的网络仍使用前端处理机。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。

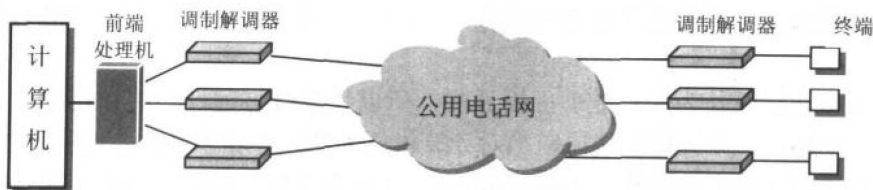


图 1-2 用前端处理机实现的联机系统

1.3.2 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的瘫痪。

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序控制，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）都在对新型的计算机通信网进行研究。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个节点。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（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（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70年代和80年代计算机网络的主要形式。

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；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。

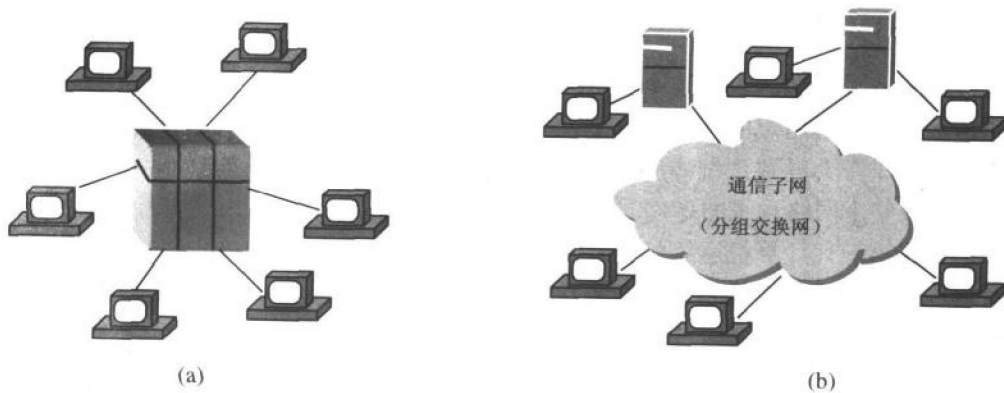


图 1-3 从以单个主机为中心演变到以通信子网为中心

1.3.3 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问题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订的，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）。

网络体系结构使得一个公司所生产的各种机器和网络设备可以非常容易被连接起来，这种情况显然有利于一个公司垄断自己的产品。用户一旦购买了某个公司的网络，当需要扩展时，就只能再购买原公司的产品。如果想购买其他公司的网络产品，由于各个公司的网络体系结构各不相同，所以不同公司之间的网络不能互连互通。然而全球经济的发展使得不同网络体系结构的用户迫切要求能够互相交换信息。为了使不同体系结构的计算机网络都能互连，ISO 于 1977 年成立了专门机构研究该问题。不久，他们就提出了一个使各种计算机能够互连的标准框架，即著名的开放系统互连参考模型（OSI/RM—Open Systems Interconnection Reference Model），简称为 OSI。它将网络划分为七层，并规定了每层的功能（详见 1.4 节）。它的“开放”思想是：只要遵循 OSI 标准，一个网络系统就可以和位于世界上任何地方也遵循这同一标准的任何其他系统进行通信。这一点很像世界范围的电话和邮政系统，这两个系统都是开放系统。OSI/RM 参考模型的提出，意味着计算机网络发展到了第三代。

OSI 参考模型的推出使网络发展道路走向标准化，而网络标准化的最大体现就是 Internet 的飞速发展。现在，Internet 已成为全球最大的商用计算机互联网，它遵循 TCP/IP 参考模型。由于 TCP/IP 仍然使用分层结构思想（但与 OSI 参考模型有很大不同），因此 Internet 仍属于第三代计算机网络。

1.3.4 局域网的形成

在计算机网络的发展过程中，另一个重要阶段就是在 20 世纪 80 年代初发展起来的局域网。由于微型计算机的出现和应用的普及，人们迫切需要将众多的微机组成网络。局域网就是在一个有限区域范围内将众多微型计算机连接在一起实现信息交换和信息共享。作为网络的一个重要分支，局域网连网简单，只要在微型计算机中插入一个接口板就能实现连网。由于局域网价格便宜，传输速率高，使用方便，因此局域网从 20 世纪 80 年代开始得到了快速发展。微机的大量推广和普及，对局域网的应用起到了很大的推动作用，对当今计算机网络技术的发展也产生了重要影响。

1.3.5 Internet 时代的到来

进入 20 世纪 80 年代末期以来，在计算机网络领域最引人注目的就是起源于美国的 Internet 的飞速发展。Internet 的原意就是互联网，全国自然科学名词审定委员会推荐的译名是“因特网”。本书仍用英文原名。现在，Internet 已发展成为世界上最大的国际性计算机互联网。Internet 对世界的冲击之大，影响之深是人们所未能预料的，它使得 20 世纪 90 年代成为 Internet 时代，或者网络时代。

自 1969 年美国的 ARPANET 问世后，其规模一直增长很快，到 1983 年就已连上了三百多台计算机，供美国各研究机构和政府部门使用。在 1984 年，ARPANET 分解成两个网络，一个仍称为 ARPANET，是民用科研网，另一个是军用计算机网络 MILNET。

美国国家科学基金会（NSF）认识到计算机网络对科学研究的重要性，因此从 1985 年起，美国国家科学基金会就围绕其 6 个大型计算机中心建设计算机网络。1986 年，NSF 建立了国家科学基金网（NSFNET），它是一个三级计算机网络，分为主干网、地区网和校园网，覆盖了全美国主要的大学和研究所。NSFNET 后来接管了 ARPANET，并将网络改名为 Internet。最初，NSFNET 的主干网的速率不高，仅为 56 kb/s。在 1989~1990 年，NSFNET 主干网的速率提高到 1.544 Mb/s，即 T1 的速率，并且成为 Internet 中的主要部分。到了 1990 年，鉴于 ARPANET 的实验任务已经完成，在历史上起过重要作用的 ARPANET 就正式宣布关闭。

1991 年，NSF 和美国的其它政府机构开始认识到，Internet 必将扩大其使用范围，不会仅限于大学和研究机构。世界上的许多公司纷纷接入到 Internet，使网络上的通信量急剧增大，每日传送的分组数达 10 亿个之多。Internet 的容量满足不了需要，于是美国政府决定将 Internet 的主干网转交给私人公司来经营，并开始对接入 Internet 的单位收费。1993 年，Internet 主干网的速率提高到 45 Mb/s。到 1996 年，速率为 155 Mb/s 的主干网建成。目前有些主干线路速率达 622 Mb/s，还有些试验线路速率高达 1 Gb/s。

Internet 已经成为世界上规模最大和增长速率最快的计算机网络，没有人能够准确说出 Internet 究竟有多大。特别是到了 20 世纪 90 年代，Internet 得到了迅猛发展，成指数级增长趋势。1998 年初的统计是：已有超过 60 万个网络连在 Internet 上，而上网的计算机超过 2000 万台；在 Internet 上的数据通信量每月约增加 10%；Internet 已连通了世界上的 180 多个国家和地区。