

21

高等学校计算机类专业规划教材

现代网络技术教程

——自顶向下分析与设计

陆楠 彭小刚 崔来中 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

21 世纪高等学校计算机类专业规划教材

现代网络技术教程

——自顶向下分析与设计

陆楠 彭小刚 崔来中 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书按照自顶向下的分析与设计方法,系统地介绍了计算机网络的基本概念,以及广域网、局域网与城域网技术的发展。在此基础上,重点介绍了网络应用体系结构与应用软件设计方法;在网络应用系统对服务功能与协议要求的基础上,介绍了传输层、网络层、数据链路层及物理层的概念和技术,并对当前研究与应用的热点——无线网络技术进行了系统的讨论。

为了便于学生学习和掌握网络技术的基本技能,本书循序渐进地介绍了 Winsock 和 WinPcap 编程技术,突出了其实用性。

本书适合作为高等院校计算机、软件工程、通信及电子信息技术等相关专业的本科生与研究生的教材或教学参考书,也可以供信息技术领域的工程技术人员或技术管理人员参考。

★本书配有电子教案,需要者可登录出版社网站,免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

现代网络技术教程:自顶向下分析与设计/陆楠,彭小刚,崔来中编著.

—西安:西安电子科技大学出版社,2011.3

21世纪高等学校计算机类专业规划教材

ISBN 978-7-5606-2331-3

I. ① 现… II. ① 陆… ② 彭… ③ 崔… III. ① 计算机网络—高等学校—教材

IV. ① TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 237824 号

策 划 马晓娟

责任编辑 雷鸿俊 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

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.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 2011年3月第1版 2011年3月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 29.875

字 数 707千字

印 数 1~3000册

定 价 42.00元

ISBN 978-7-5606-2331-3/TP·1250

XDUP 2623001-1

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

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我们的生活、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,由于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,计算机网络建设将日益增多,网络应用也将更加普遍。新概念、新思想、新技术、新型信息服务不断涌现,当今社会已经逐渐成为一个运行在计算机网络上的社会。计算机网络已经与电力网、电话交换网、移动通信网、广播电视网一起成为支撑现代社会运行的基础设施。人们很难想象,如果有一天一个国家的网络系统突然瘫痪了,那么整个社会将会变成什么样。计算机网络技术与应用水平已经成为一个国家政治、经济、文化、军事、科技等社会发展水平的重要标志。

尽管计算机网络技术与应用的发展十分迅猛,但是我们深入到网络技术体系中系统地研究和总结会发现:计算机网络技术经过几十年的发展,已经形成了相对成熟的知识体系与处理问题的思维方式。目前的计算机网络教材基本上是采用“循序渐进”的思路,从基本概念入手,按照物理层、数据链路层、网络层、传输层到应用层的顺序,自底向上、逐步深入解析网络原理与实现方法。众所周知,计算机网络与互联网从技术上是密不可分的,互联网的应用是计算机网络技术最成功和最有影响的应用,采用“自底向上”的思路,尽管也必须介绍互联网技术与应用,但基本上是在学习了应用层之后才能够对互联网应用技术形成全面的认识。

我们试图从计算机网络技术的应用、分析与设计角度去介绍网络系统的原理

和体系结构，改变目前传统网络教材重理论与原理、轻分析与设计的内容格局。本书采用“自顶向下”的内容组织形式，从应用层到物理层；从介绍互联网应用开始，从高层协议到低层协议，从互联网体系到具体物理网结构；从分析设计与实现到概念和原理，融合当前计算机网络新的技术和潮流。在知识的讲解上注意突出实用性，以激发学生的学习兴趣。希望本书的内容体系对提高计算机网络课程教学效果做出一点有益的尝试。

本书是以典型的互联网应用为背景，从网络应用功能实现的目的出发，循着实现应用程序的进程通信，逐层深入到低层的数据传输。将互联网应用系统与应用层协议的设计同低层能够提供的网络进程通信和数据传输服务有机地联系起来，这样的组织方法同样有利于理解网络原理与实现技术。

全书内容分为 11 章：第 1、2 章概括性地介绍了计算机网络与互联网技术的研究重点和基本概念、标志性技术，并讨论了广域网、城域网与局域网技术的发展与演变过程；第 3~9 章从应用层的网络应用出发，自顶向下系统地解析各层协议技术的体系结构和功能分析，其中第 6 章介绍了网络软件的编程设计方法；第 10 章介绍无线网络协议体系和关键技术问题；第 11 章介绍网络安全和安全协议，以及网络安全的解决方案。

本书适合作为普通高等院校计算机网络课程的教材或教学参考书，建议学时数为 54~72 学时。根据实际情况，教师可以减少相关章节的讲授内容。

本书是我们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，得到了深圳大学计算机与软件学院领导的大力支持和帮助，特别感谢蔡茂国、王小民两位老师在本书编写过程中提出的建设性意见。

由于时间仓促，加之水平有限，本书不足之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

作者

2010 年 12 月

目 录

第 1 章 计算机网络概论 1	2.3.2 宽带 MAN 结构与层次划分..... 42
1.1 计算机网络的产生与发展..... 1	2.3.3 接入技术..... 44
1.1.1 计算机网络的产生..... 1	2.4 计算机网络技术的融合趋势..... 47
1.1.2 计算机网络各个发展阶段的特点..... 5	2.4.1 计算机网络、广播电视网和
1.1.3 互联网应用的高速发展..... 7	电信网的三网融合..... 47
1.2 现代网络技术发展的三大趋势..... 7	2.4.2 局域网、城域网和广域网的
1.2.1 从 ARPANET 到互联网..... 8	三网融合..... 48
1.2.2 从无线分组网到无线自组网和	习题..... 48
无线传感器网..... 8	第 3 章 互联网应用技术 49
1.2.3 网络安全技术..... 9	3.1 互联网应用技术的发展与工作模式..... 49
1.3 计算机网络基础知识..... 9	3.1.1 互联网应用技术发展的
1.3.1 计算机网络的定义和功能..... 9	三个阶段..... 49
1.3.2 计算机网络的分类..... 11	3.1.2 C/S 模式与 P2P 模式..... 50
1.3.3 计算机网络的结构和组成..... 12	3.2 互联网的基本应用与应用层协议..... 52
1.3.4 计算机网络分组交换技术..... 13	3.2.1 远程登录服务与 TELNET 协议..... 52
1.3.5 计算机网络的拓扑结构与特点..... 17	3.2.2 电子邮件服务与 SMTP 协议..... 54
1.4 网络体系结构的基本概念..... 18	3.2.3 文件传输服务与 FTP、TFTP
1.4.1 网络协议与网络体系结构..... 18	协议..... 56
1.4.2 ISO-OSI 参考模型..... 23	3.2.4 网络新闻与 NNTP 协议..... 58
1.4.3 TCP/IP 参考模型..... 23	3.3 基于 Web 的网络应用..... 61
1.4.4 互联网管理机构..... 24	3.3.1 Web 服务的基本概念..... 61
习题..... 25	3.3.2 电子商务应用..... 64
第 2 章 网络技术的演变和发展 26	3.3.3 电子政务应用..... 66
2.1 WAN 技术的特征与发展..... 26	3.3.4 远程教育应用..... 67
2.1.1 WAN 技术的主要特征..... 26	3.3.5 远程医疗应用..... 68
2.1.2 WAN 技术的发展趋势..... 27	3.3.6 搜索引擎应用..... 68
2.1.3 WAN 技术与 TCP/IP	3.4 基于 P2P 的网络应用..... 72
协议的关系..... 33	3.4.1 文件共享 P2P 软件..... 72
2.2 LAN 技术的演变与发展..... 34	3.4.2 即时通信 P2P 软件..... 74
2.2.1 LAN 技术的发展过程..... 34	3.4.3 流媒体 P2P 软件..... 75
2.2.2 高速以太网技术的研究与发展..... 35	3.4.4 共享存储 P2P 软件..... 76
2.2.3 WLAN 技术的研究与发展..... 37	3.4.5 分布式计算 P2P 软件..... 78
2.3 宽带 MAN 技术的演变与发展..... 39	3.4.6 协同工作 P2P 软件..... 78
2.3.1 MAN 概念的发展与演变..... 39	3.5 其他应用..... 79

3.5.1 博客应用.....	79	4.5.3 FTP 交互命令与协议执行过程.....	114
3.5.2 播客应用.....	80	4.6 Web 服务与 HTTP 协议.....	116
3.5.3 微博应用.....	81	4.6.1 Web 服务概述.....	116
3.5.4 网络电视的应用.....	81	4.6.2 HTTP 的工作机制.....	116
3.5.5 网络电话与无线网络电话的 应用.....	82	4.6.3 HTTP 报文格式.....	119
习题.....	84	4.6.4 超文本标记语言 HTML.....	125
第 4 章 应用层协议与应用系统		4.6.5 Web 浏览器.....	127
设计方法.....	85	4.7 即时通信与 SIP 协议.....	129
4.1 网络应用与应用系统设计方法.....	85	4.7.1 即时通信工作模型.....	129
4.1.1 互联网端系统与核心交换的 基本概念.....	85	4.7.2 SIP 协议的基本内容.....	130
4.1.2 应用进程间的相互作用模式.....	87	4.8 网络管理与 SNMP 协议.....	134
4.1.3 应用层 C/S 工作模式与 P2P 工作模式.....	88	4.8.1 网络管理的基本概念.....	134
4.1.4 网络应用与应用层协议.....	89	4.8.2 SNMP 协议的基本内容.....	137
4.1.5 网络应用对低层提供服务的 要求.....	90	习题.....	140
4.1.6 网络应用对传输层协议的选择.....	91	第 5 章 传输层协议与软件	
4.2 域名系统 DNS.....	93	编程方法.....	142
4.2.1 DNS 的概念.....	93	5.1 传输层的基本概念.....	142
4.2.2 域名结构.....	94	5.1.1 传输层的基本功能.....	142
4.2.3 DNS 的实现.....	96	5.1.2 传输层与应用层、网络层 之间的关系.....	143
4.2.4 域名解析的基本原理.....	97	5.1.3 应用进程、传输层接口与 套接字.....	144
4.2.5 域名系统的高速缓存.....	99	5.1.4 网络环境中的应用进程标识.....	145
4.3 动态主机配置协议 DHCP.....	99	5.1.5 传输层的多路复用与多路分解.....	147
4.3.1 主机配置的基本概念.....	99	5.2 传输层协议的特点与比较.....	147
4.3.2 DHCP 协议的基本内容.....	100	5.2.1 TCP 协议与 UDP 协议的比较.....	147
4.4 电子邮件系统.....	103	5.2.2 TCP 协议、UDP 协议与 应用层协议的关系.....	148
4.4.1 电子邮件系统的基本功能.....	104	5.3 用户数据报协议 UDP.....	149
4.4.2 电子邮件系统结构与工作原理.....	104	5.3.1 UDP 协议的主要特点.....	149
4.4.3 邮件报文交付的三个阶段.....	107	5.3.2 UDP 数据报格式.....	150
4.4.4 SMTP 协议的基本内容.....	107	5.3.3 UDP 校验和计算.....	150
4.4.5 MIME 协议的基本内容.....	111	5.3.4 UDP 协议适用的范围.....	152
4.4.6 POP3、IMAP4 协议与基于 Web 的电子邮件.....	111	5.4 传输控制协议 TCP.....	153
4.5 FTP 协议与文件传输.....	112	5.4.1 TCP 协议的主要特点.....	153
4.5.1 FTP 的特点.....	112	5.4.2 TCP 报文格式.....	155
4.5.2 FTP 协议的工作原理.....	113	5.4.3 TCP 连接建立与释放.....	157
		5.4.4 TCP 滑动窗口与确认 重传机制.....	160

5.4.5 TCP 窗口与流量控制及 拥塞控制.....	165	7.3.1 IP 地址概念与地址划分方法	222
习题.....	173	7.3.2 标准分类 IP 地址	224
第 6 章 Winsock 网络编程方法	174	7.3.3 划分子网的三级地址结构.....	229
6.1 Winsock 概述	174	7.3.4 无类别域间路由 CIDR.....	232
6.1.1 网络进程通信.....	174	7.3.5 专用 IP 地址与内部网络地址 规划方法.....	235
6.1.2 寻址方式与字节顺序.....	175	7.3.6 网络地址转换技术.....	236
6.1.3 Winsock 库加载和释放	177	7.4 IPv4 分组格式	238
6.1.4 获取本地主机地址信息	178	7.4.1 IPv4 分组结构.....	238
6.2 Winsock 套接字编程	180	7.4.2 IPv4 分组头格式	238
6.2.1 客户/服务器模型	180	7.4.3 IP 分组的分段与组装.....	240
6.2.2 套接字的基本概念.....	181	7.4.4 IP 分组头选项	243
6.2.3 Winsock 编程流程	182	7.5 路由选择算法与分组转发.....	244
6.2.4 基于 TCP 的 Winsock 编程	187	7.5.1 分组转发和路由选择的 基本概念.....	244
6.2.5 基于 UDP 的 Winsock 编程	191	7.5.2 路由表的建立、更新与 路由选择协议.....	250
6.2.6 原始套接字.....	192	7.5.3 路由信息协议 RIP	251
6.3 Winsock I/O 模型.....	195	7.5.4 最短路径优先协议 OSPF	253
6.3.1 Winsock I/O 模型的基本概念	195	7.5.5 外部网关协议 BGP.....	257
6.3.2 套接字的阻塞模式.....	195	7.5.6 路由器与第三层交换技术.....	259
6.3.3 套接字的非阻塞模式.....	195	7.6 互联网控制报文协议 ICMP.....	264
6.3.4 Select 模型.....	196	7.6.1 ICMP 的作用与特点.....	264
6.3.5 WSAAsyncSelect 模型.....	198	7.6.2 ICMP 报文类型和报文格式.....	265
6.3.6 WSAEventSelect 模型	201	7.6.3 ICMP 差错报文.....	266
6.4 IP Helper 函数	205	7.6.4 ICMP 查询报文.....	270
6.4.1 IP Helper 函数的功能	205	7.6.5 ICMP 报文的封装.....	272
6.4.2 IP 配置信息.....	205	7.7 IP 多播与 IGMP 协议	272
6.4.3 获取网络状态信息.....	208	7.7.1 IP 多播与单播的区别	272
6.4.4 获取路由管理信息.....	210	7.7.2 IP 多播地址	274
6.4.5 ARP 表管理.....	210	7.7.3 IGMP 协议的基本内容.....	274
6.5 Windows 下套接字编程示例	211	7.7.4 多播路由与 IP 多播中的 隧道技术.....	275
6.5.1 TCP 通信服务程序	211	7.8 QoS 保障机制	276
6.5.2 UDP 通信服务程序	214	7.8.1 资源预留协议 RSVP.....	276
6.5.3 使用 ICMP 协议实现 ping 命令.....	216	7.8.2 区分服务 DiffServ.....	278
6.5.4 使用 ARP 协议实现主机扫描.....	218	7.8.3 多协议标记交换 MPLS	280
习题	218	7.9 地址解析协议 ARP.....	286
第 7 章 网络层与 IP 协议.....	220	7.9.1 IP 地址与物理地址的映射	286
7.1 IPv4 协议的演变与发展.....	220		
7.2 IPv4 协议的主要特点.....	221		
7.3 IPv4 地址结构.....	222		

7.9.2	地址解析协议.....	287	8.3.4	滑动窗口协议.....	327
7.9.3	ARP 分组格式与封装.....	287	8.4	面向字符型数据链路层协议.....	330
7.9.4	地址解析的工作过程.....	288	8.4.1	数据链路层协议的分类.....	330
7.9.5	ARP 欺骗与防范.....	291	8.4.2	面向字符型协议 BSC.....	330
7.10	移动 IP 协议.....	292	8.5	面向比特型数据链路层 协议 HDLC.....	332
7.10.1	移动 IP 协议的基本概念.....	292	8.5.1	HDLC 协议产生的背景.....	332
7.10.2	移动 IP 的设计目标与 主要特征.....	292	8.5.2	数据链路的配置方式和数据 传送方式.....	332
7.10.3	移动 IP 的结构与基本术语.....	293	8.5.3	HDLC 的帧结构.....	334
7.10.4	移动 IPv4 的工作原理.....	295	8.5.4	HDLC 协议的工作过程.....	337
7.10.5	移动结点和通信对端的 基本操作.....	299	8.5.5	数据链路层与物理层的关系.....	339
7.11	IPv6 协议.....	300	8.6	PPP 协议.....	340
7.11.1	IPv6 协议的基本概念.....	300	8.6.1	互联网数据链路层协议.....	340
7.11.2	IPv6 的主要特征.....	301	8.6.2	PPP 协议的基本内容.....	341
7.11.3	IPv6 地址结构.....	302	8.7	以太网的工作原理与局域网组网.....	343
7.11.4	IPv6 分组结构与基本报头.....	303	8.7.1	IEEE 802 参考模型.....	343
7.11.5	IPv6 扩展报头.....	308	8.7.2	以太网的基本工作原理.....	345
7.11.6	IPv4 到 IPv6 过渡的基本方法.....	310	8.7.3	以太网卡与物理地址.....	351
	习题.....	313	8.8	现代以太网技术.....	353
第 8 章	数据链路层协议与 编程方法.....	315	8.8.1	交换式局域网技术.....	353
8.1	数据链路层的基本概念.....	315	8.8.2	快速以太网.....	354
8.1.1	链路与数据链路.....	315	8.8.3	千兆以太网.....	356
8.1.2	数据链路层的主要功能.....	316	8.8.4	十千兆以太网.....	357
8.1.3	数据链路层向网络层 提供的服务.....	316	8.8.5	虚拟局域网技术.....	358
8.2	差错的产生与差错控制方法.....	316	8.9	以太网设备与组网方法.....	359
8.2.1	设计数据链路层的原因.....	316	8.10	局域网互联与网桥.....	362
8.2.2	差错产生的原因和差错类型.....	317	8.10.1	局域网互联的基本概念.....	362
8.2.3	误码率的定义.....	318	8.10.2	网桥的层次结构.....	363
8.2.4	检错码与纠错码.....	318	8.10.3	网桥的路由选择策略.....	363
8.2.5	循环冗余码的工作原理.....	319	8.11	WinPcap 协议分析方法.....	365
8.2.6	海明码的工作原理.....	321	8.11.1	WinPcap API 的基本功能.....	365
8.2.7	差错控制机制.....	323	8.11.2	WinPcap 的结构.....	366
8.3	数据链路层的流量与拥塞控制.....	324	8.11.3	库函数加载和主要结构体.....	367
8.3.1	数据链路层协议模型.....	324	8.11.4	抓包的主要步骤与相关函数.....	368
8.3.2	单帧停止等待协议.....	324	8.11.5	以太数据帧的嗅探实例.....	370
8.3.3	连续发送 ARQ 协议.....	326		习题.....	372
			第 9 章	物理层与物理层协议.....	374
			9.1	物理层的基本概念.....	374

9.1.1 物理层的主要服务功能	374	10.1.3 无线自组网与无线 传感器网络	403
9.1.2 物理层协议的类型	374	10.1.4 无线自组网与无线网状网	403
9.2 信息、数据与信号	375	10.2 无线局域网与 802.11 协议	404
9.2.1 信息与数据	375	10.2.1 无线局域网的应用领域与 协议制定	404
9.2.2 信号与信道	377	10.2.2 802.11 的层次模型结构	405
9.3 数据编码技术	377	10.2.3 802.11 的 CSMA/CA 工作原理	406
9.3.1 数据编码类型	377	10.2.4 无线局域网的物理层 传输技术	408
9.3.2 模拟数据编码方法	378	10.3 无线城域网与 802.16 协议	411
9.3.3 数字数据编码方法	380	10.4 蓝牙、ZigBee 与 802.15.4 协议	412
9.3.4 脉冲编码调制方法	381	10.4.1 蓝牙技术与协议	412
9.4 数据通信系统结构与通信方式	383	10.4.2 无线个人区域网与 802.15.4 协议	414
9.4.1 数据通信系统结构	383	10.4.3 ZigBee 技术与协议	416
9.4.2 数据通信方式	383	10.5 无线自组网应用技术	417
9.5 传输介质的主要类型	386	10.5.1 无线自组网的特点	417
9.5.1 双绞线的主要特性	386	10.5.2 无线自组网的主要应用领域	418
9.5.2 同轴电缆的主要特性	387	10.5.3 无线自组网关键技术的研究	420
9.5.3 光纤电缆的主要特性	387	10.6 无线传感器网(物联网)应用技术	421
9.5.4 无线与卫星通信技术	388	10.6.1 无线传感器网络发展的背景	421
9.6 数据传输速率的定义与信道 速率的极限	391	10.6.2 无线传感器网络的特点	423
9.6.1 数据传输速率的定义	391	10.6.3 无线传感器网络的应用前景	423
9.6.2 信道带宽与香农定理	392	10.6.4 无线传感器网络的基本结构	425
9.7 多路复用技术	393	10.6.5 无线传感器网络关键技术的 研究	428
9.7.1 多路复用的基本概念	393	10.7 无线网状网应用技术	432
9.7.2 时分多路复用	394	10.7.1 无线网状网发展的背景	432
9.7.3 频分多路复用	396	10.7.2 无线网状网的特点	432
9.7.4 波分多路复用	397	10.7.3 无线网状网的网络结构	433
9.7.5 码分多址与正交频分多路复用	397	习题	436
9.8 同步光纤网 SONET 与 同步数字体系 SDH	398	第 11 章 网络安全与安全协议	437
9.8.1 SONET 与 SDH 的基本概念	398	11.1 计算机网络安全性问题	437
9.8.2 基本速率标准的制定	399	11.1.1 网络安全的基本概念	437
9.8.3 SDH 速率体系	400	11.1.2 网络安全的威胁因素	437
习题	401	11.1.3 网络安全的评估标准	438
第 10 章 无线网络技术与发展	402	11.2 网络安全策略	439
10.1 无线网络的基本概念	402		
10.1.1 无线网络技术的分类	402		
10.1.2 无线分组网与无线自组网	403		

11.3 网络安全机制.....	439	11.4.6 防火墙系统结构.....	450
11.3.1 加密.....	440	11.4.7 使用防火墙系统的优点和 局限性.....	453
11.3.2 鉴别.....	442	11.5 网络安全协议.....	454
11.3.3 数字签名.....	442	11.5.1 网络层安全协议.....	454
11.4 网络防火墙技术.....	443	11.5.2 传输层安全协议.....	460
11.4.1 防火墙的基本概念.....	443	11.5.3 应用层安全协议.....	462
11.4.2 防火墙的功能.....	444	习题.....	463
11.4.3 包过滤技术.....	445	参考文献	465
11.4.4 代理服务技术.....	447		
11.4.5 防火墙系统的基本组件.....	449		

第1章 计算机网络概论

计算机网络是计算机技术与通信技术高度发展、相互渗透、紧密结合的产物。互联网是计算机网络最重要的应用。计算机网络与互联网技术的广泛应用对当今人类社会的生活、科技、教育、文化与经济的发展产生了重大的影响。计算机网络已成为信息社会的重要基础设施，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，也是反映其现代化程度和综合国力的标志之一。

本章要点如下：

- 计算机网络的定义。
- 计算机网络的形成、发展和趋势。
- 计算机网络的分类和特点。
- 计算机网络的拓扑结构。
- 互联网的网络结构与特点。
- 处理复杂网络问题的基本方法。

1.1 计算机网络的产生与发展

1.1.1 计算机网络的产生

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. 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)(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)。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所示)，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。

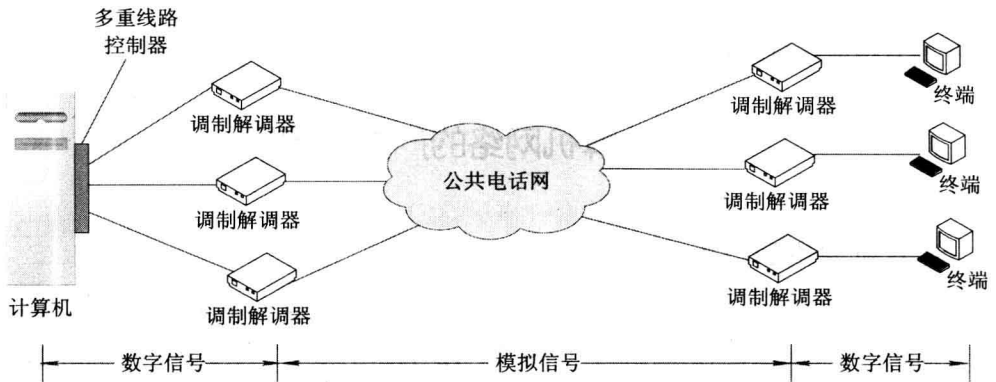


图 1-1 面向终端的计算机通信网

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(Front End Processor, FEP)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，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。

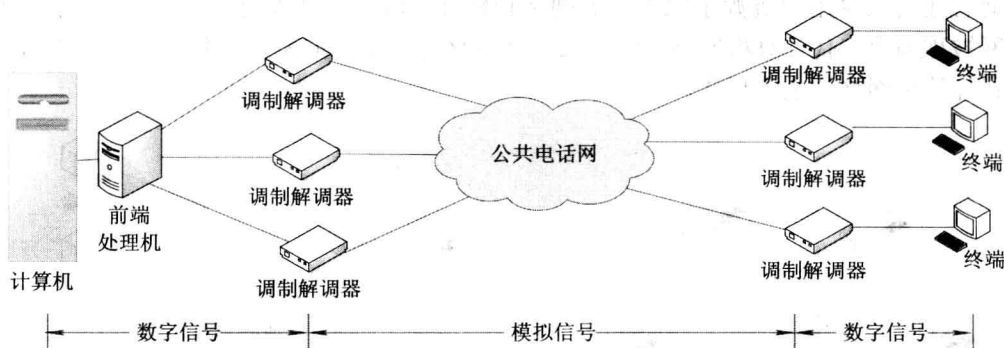


图 1-2 用前端处理机实现的联机系统

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。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了研究。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，当时仅有四个结点。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。

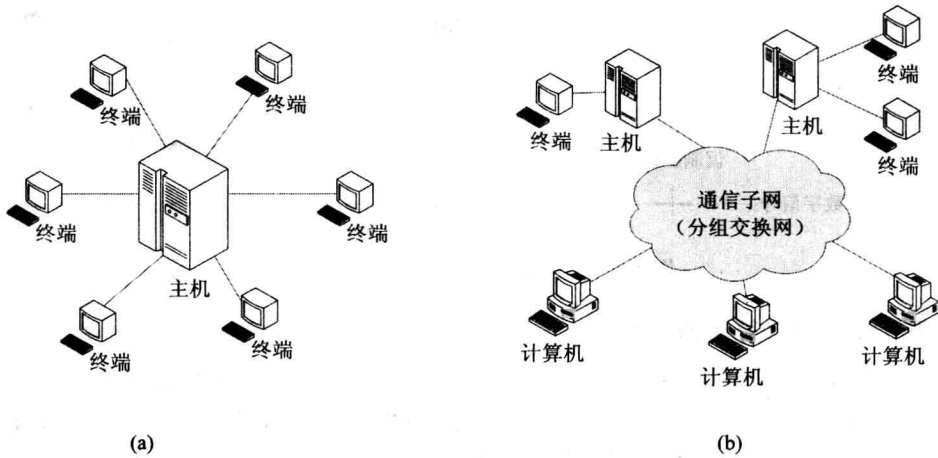


图 1-3 从以单个主机为中心演变到以通信子网为中心

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;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。

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利益上的好处,其费用比使用电路交换更为低廉。

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定的,成为世界上使用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)。

有了网络体系结构,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。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联互通。

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联,国际标准化组织(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联的标准框架,即著名的开放