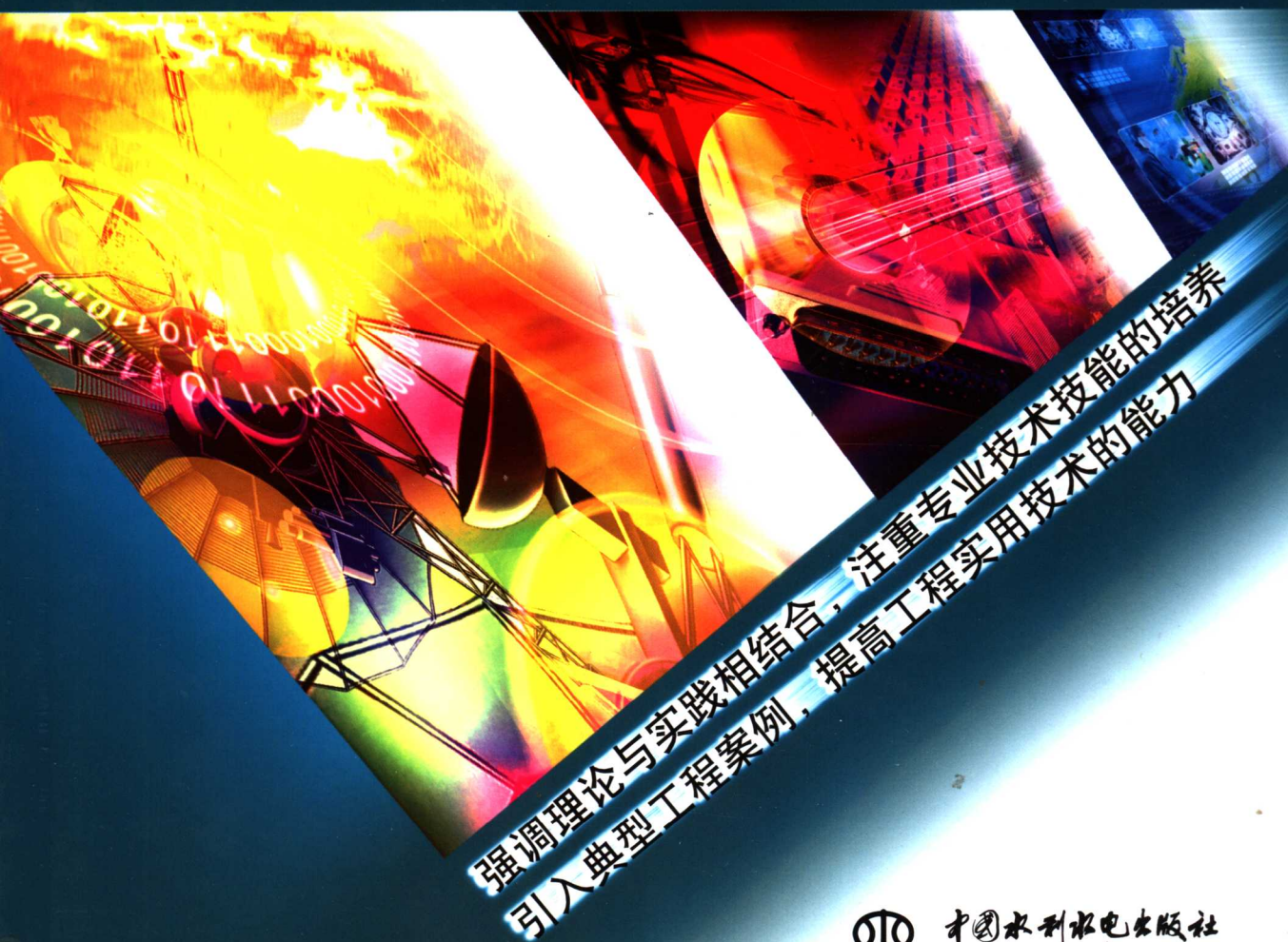




高等院校规划教材

刘永华 主 编
陈光军 孙俊香 陈 茜 徐兴敏 等编著

计算机网络技术及应用



强调理论与实践相结合，注重专业技术技能的培养
引入典型工程案例，提高工程实用技术的能力



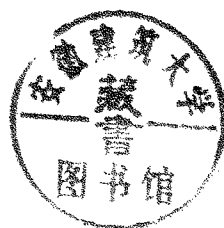
中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21 世纪高等院校规划教材

计算机网络技术及应用

刘永华 主编

陈光军 孙俊香 陈茜 徐兴敏 等编著



中国水利水电出版社

内 容 提 要

为适应读者对计算机网络技术学习的需要,本书由浅入深地阐述了计算机网络技术的一些基本原理,介绍了当前常用的先进网络技术以及网络的实际应用,反映了计算机网络技术的一些最新发展。

本书共 12 章,主要内容包括:计算机网络概述、数据通信基础、计算机网络体系结构、局域网技术、广域网技术、网络互连技术、网络操作系统、组建局域网、接入网技术、网络安全及网络管理技术、计算机网络常见故障及排除、网络系统的规划与设计。

本书层次清晰、概念准确、内容新颖、图文并茂,注重理论与实践的结合,适合学生循序渐进地学习。每章之前有明确的学习目标与要求,每章之后又有习题与思考题,书中尚有一定的例题和应用实例,能够帮助读者很好地掌握计算机网络技术。

本书可作为普通本科计算机科学与技术、网络工程、自动化、通信工程等专业及相近专业教材,也可作为高职高专、成人高校和民办院校计算机及相关电子类专业教材,同时也可供从事计算机网络应用与信息技术的广大工程技术人员学习参考。

本书所配电子教案可以从中国水利水电出版社网站免费下载,网址为:
<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络技术及应用 / 刘永华主编. —北京:中国水利水电出版社, 2005
(21 世纪高等院校规划教材)
ISBN 7-5084-2918-4

I. 计… II. 刘… 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 (2005) 第 057092 号

书 名	计算机网络技术及应用
作 者	刘永华 主编 陈光军 孙俊香 陈茜 徐兴敏 等编著
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 18.25 印张 407 千字
版 次	2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月第 1 次印刷
印 数	0001—5000 册
定 价	26.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

随着计算机科学与技术的飞速发展,计算机的应用已经渗透到国民经济与人们生活的各个角落,正在日益改变着传统的人类工作方式和生活方式。在我国高等教育逐步实现大众化后,越来越多的高等院校会面向国民经济发展的第一线,为行业、企业培养各级各类高级应用型专门人才。为了大力推广计算机应用技术,更好地适应当前我国高等教育的跨越式发展,满足我国高等院校从精英教育向大众化教育的转变,符合社会对高等院校应用型人才培养的各类要求,我们成立了“21世纪高等院校规划教材编委会”,在明确了高等院校应用型人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系的框架下,组织编写了本套“21世纪高等院校规划教材”。

众所周知,教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱及基础,作为体现教学内容和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索和建设适应新世纪我国高等院校应用型人才培养体系需要的配套教材已经成为当前我国高等院校教学改革和教材建设工作面临的紧迫任务。因此,编委会经过大量的前期调研和策划,在广泛了解各高等院校的教学现状、市场需求,探讨课程设置、研究课程体系的基础上,组织一批具备较高的学术水平、丰富的教学经验、较强的工程实践能力的学术带头人、科研人员和主要从事该课程教学的骨干教师编写出一批有特色、适用性强的计算机类公共基础课、技术基础课、专业及应用技术课的教材以及相应的教学辅导书,以满足目前高等院校应用型人才培养的需要。本套教材消化和吸收了多年来已有的应用型人才探索与实践成果,紧密结合经济全球化时代高等院校应用型人才培养工作的实际需要,努力实践,大胆创新。教材编写采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批地启动编写计划,编写大纲的确定以及教材风格的定位均经过编委会多次认真讨论,以确保该套教材的高质量和实用性。

教材编委会分析研究了应用型人才与研究型人才在培养目标、课程体系和内容编排上的区别,分别提出了3个层面的要求:在专业基础类课程层面上,既要保持学科体系的完整性,使学生打下较为扎实的专业基础,为后续课程的学习做好铺垫,更要突出应用特色,理论联系实际,并与工程实践相结合,适当压缩过多过深的公式推导与原理性分析,兼顾考研学生的需要,以原理和公式结论的应用为突破口,注重它们的应用环境和方法;在程序设计类课程层面上,把握程序设计方法和思路,注重程序设计实践训练,引入典型的程序设计案例,将程序设计类课程的学习融入案例的研究和解决过程中,以学生实际编程解决问题的能力为突破口,注重程序设计的实现;在专业技术应用层面上,积极引入工程案例,以培养学生解决工程实际问题的能力为突破口,加大实践教学内容的比重,增加新技术、新知识、新工艺的内容。

本套规划教材的编写原则是:

在编写中重视基础,循序渐进,内容精炼,重点突出,融入学科方法论内容和科学理念,反映计算机技术发展要求,倡导理论联系实际和科学的思想方法,体现一级学科知识组织的层次结构。主要表现在:以计算机学科的科学体系为依托,明确目标定位,分类组织实施,兼容互补;理论与实践并重,强调理论与实践相结合,突出学科发展特点,体现

学科发展的内在规律；教材内容循序渐进，保证学术深度，减少知识重复，前后相互呼应，内容编排合理，整体结构完整；采取自顶向下设计方法，内涵发展优先，突出学科方法论，强调知识体系可扩展的原则。

本套规划教材的主要特点是：

(1) 面向应用型高等院校，在保证学科体系完整的基础上不过度强调理论的深度和难度，注重应用型人才的专业技能和工程实用技术的培养。在课程体系方面打破传统的研究型人才培养体系，根据社会经济发展对行业、企业的工程技术需要，建立新的课程体系，并在教材中反映出来。

(2) 教材的理论知识包括了高等院校学生必须具备的科学、工程、技术等方面的要求，知识点不要求大而全，但一定要讲透，使学生真正掌握。同时注重理论知识与实践相结合，使学生通过实践深化对理论的理解，学会并掌握理论方法的实际运用。

(3) 在教材中加大能力训练部分的比重，使学生比较熟练地应用计算机知识和技术解决实际问题，既注重培养学生分析问题的能力，也注重培养学生思考问题、解决问题的能力。

(4) 教材采用“任务驱动”的编写方式，以实际问题引出相关原理和概念，在讲述实例的过程中将本章的知识点融入，通过分析归纳，介绍解决工程实际问题的思想和方法，然后进行概括总结，使教材内容层次清晰，脉络分明，可读性、可操作性强。同时，引入案例教学和启发式教学方法，便于激发学习兴趣。

(5) 教材在内容编排上，力求由浅入深，循序渐进，举一反三，突出重点，通俗易懂。采用模块化结构，兼顾不同层次的需求，在具体授课时可根据各校的教学计划在内容上适当加以取舍。此外还注重了配套教材的编写，如课程学习辅导、实验指导、综合实训、课程设计指导等，注重多媒体的教学方式以及配套课件的制作。

(6) 大部分教材配有电子教案，以使教材向多元化、多媒体化发展，满足广大教师进行多媒体教学的需要。电子教案用 PowerPoint 制作，教师可根据授课情况任意修改。相关教案的具体情况请到中国水利水电出版社网站 www.waterpub.com.cn 下载。此外还提供相关教材中所有程序的源代码，方便教师直接切换到系统环境中教学，提高教学效果。

总之，本套规划教材凝聚了众多长期在教学、科研一线工作的教师及科研人员的教学科研经验和智慧，内容新颖，结构完整，概念清晰，深入浅出，通俗易懂，可读性、可操作性和实用性强。本套规划教材适用于应用型高等院校各专业，也可作为本科院校举办的应用技术专业的课程教材，此外还可作为职业技术学院和民办高校、成人教育的教材以及从事工程应用的技术人员的自学参考资料。

我们感谢该套规划教材的各位作者为教材的出版所做出的贡献，也感谢中国水利水电出版社为选题、立项、编审所做出的努力。我们相信，随着我国高等教育的不断发展和高校教学改革的不断深入，具有示范性并适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高等院校教学质量的提高。

我们期待广大读者对本套规划教材提出宝贵意见，以便进一步修订，使该套规划教材不断完善。

21 世纪高等院校规划教材编委会

2004 年 8 月

前 言

本书在总结多年教学经验和科研实践的基础上,结合当前计算机网络技术的新成果,对计算机网络原理和应用技术作了系统介绍。本书内容以 OSI 参考模型为基础,重点介绍分层的理念,同时对业界广泛使用的 TCP/IP 协议进行了详细的讲解,并对 OSI 模型和 TCP/IP 模型作了详尽的比较,意欲说明理论模型和实际应用的关系,使读者真正理解 IP 和 TCP 协议广泛应用的原因,达到学习计算机网络的基本要求。

本书以基本的实践应用为前提,对计算机网络进行了易于感知的阐述,并详细描述了日常的网络应用过程与实施方法。

为使读者能够很好地理解计算机网络的基本原理、各种网络技术和应用,本书给出了大量插图和一定数量的应用实例,其目的是希望读者通过本书的学习能够了解和掌握计算机网络的基本构成和网络通信基本原理,了解和掌握常用的组网技术、网络通信协议以及网络的实际应用技术,熟悉常见的组网方法和技术,了解计算机网络最新技术和发展动态,并具有简单的网络组网、规划和设计选型的能力。

本书遵循先简单后复杂、先原理后应用的认知规律,内容新颖、概念清晰、深入浅出、易学易懂。参考学时为 72 学时。

全书共由 12 章组成。第 1 章是“计算机网络概述”,主要介绍计算机网络的发展、概念、分类与拓扑结构等问题;第 2 章是“数据通信基础”,主要介绍数据通信的理论基础、物理传输介质以及传输技术;第 3 章是“计算机网络体系结构”,主要阐述协议与分层问题;第 4 章是“局域网技术”,主要介绍局域网的概念,局域网的介质访问控制方法以及以太网技术;第 5 章是“广域网技术”,主要介绍 X.25、ISDN、ATM、DWDM 等问题;第 6 章是“网络互连技术”,主要介绍网际协议(IP)、网络互连设备等问题;第 7 章是“网络操作系统”,主要介绍目前流行的网络操作系统以及选择网络操作系统的原则;第 8 章是“组建局域网”,重点介绍 Windows 2000 Server;第 9 章是“接入网技术”,主要介绍铜线接入网、光纤接入网以及无线接入网技术;第 10 章是“网络安全与网络管理技术”;第 11 章是“计算机网络故障的诊断与排除”;第 12 章是“网络系统的规划与设计”。

本书可作为普通本科计算机科学与技术、网络工程、自动化、通信工程等专业及相近专业教材,也可作为高职高专、成人高校和民办院校计算机及相关电子类专业教材,同时也可供从事计算机网络应用与信息技术的广大工程技术人员学习参考。本书所配电子教案可以从中国水利水电出版社网站免费下载,网址为:<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>。

本书由刘永华主编,陈光军、孙俊香、陈茜、徐兴敏等编著。本书第 1、3 章由刘永华编写,第 2、11 章由陈光军编写,第 4、5、12 章由孙俊香编写,第 7、10 章由陈茜编写,第 6、8、9 章由徐兴敏编写。全书由刘永华统稿、整理。参加本书编写的还有肖孟强、王成端、宗绪锋、王红等,山东交通学院的沈祥玖教授对全书进行了审阅并提出了宝贵意见,在此表示忠心感谢。

由于作者水平有限,加之编写时间仓促,书中难免存在缺点与不足之处,恳请广大读者和同行批评指正。

编 者

2005 年 5 月

目 录

序

前言

第 1 章 计算机网络概述.....	1
本章学习目标	1
1.1 计算机网络的形成与发展	1
1.1.1 面向终端的计算机网络	1
1.1.2 计算机-计算机网络	2
1.1.3 开放式标准化网络	4
1.1.4 网络计算的新时代	5
1.2 计算机网络的概念	6
1.2.1 计算机网络的定义	6
1.2.2 计算机网络的特点	7
1.2.3 计算机网络的功能和应用	8
1.2.4 计算机网络的组成	10
1.3 计算机网络的分类	11
1.3.1 按传输技术划分	11
1.3.2 按分布距离划分	11
1.3.3 其他几种分类方法	12
1.4 计算机网络拓扑结构	13
1.4.1 计算机网络拓扑的定义	13
1.4.2 两类网络拓扑	13
1.4.3 常见的几种网络拓扑特点	13
1.5 计算机网络的传输介质	16
1.5.1 有线传输介质	17
1.5.2 无线传输介质的传输特性	19
1.6 几种典型的计算机网络结构类型	20
1.6.1 集中处理的主机-终端机结构	20
1.6.2 对等网络结构	20
1.6.3 客户机/服务器网络结构	21
1.6.4 无盘工作站网络结构	21
习题与思考题	21

第2章 数据通信基础	23
本章学习目标	23
2.1 数据通信的理论基础	23
2.1.1 傅立叶分析	23
2.1.2 有限带宽信号	24
2.2 数字通信系统	26
2.2.1 数字通信系统的组成及特点	26
2.2.2 数字通信系统的主要技术指标	27
2.3 数据编码	28
2.3.1 二电平码	28
2.3.2 差分码	29
2.3.3 双极性码	29
2.3.4 裂相码	31
2.3.5 多电平码	32
2.4 数字调制技术	33
2.4.1 数字幅度调制	33
2.4.2 数字频率调制技术	34
2.4.3 数字相位调制	35
2.5 脉冲编码调制	36
2.6 通信方式与交换方式	38
2.6.1 数据通信方式	38
2.6.2 异步传输和同步传输	38
2.6.3 交换方式	42
2.7 多路复用技术	44
2.7.1 多路复用的基本概念	44
2.7.2 频分多路复用(FDM)	44
2.7.3 同步时分多路复用(TDM)	46
2.7.4 统计时分多路复用(STM)	47
2.7.5 多路复用技术的比较	48
2.8 差错控制技术	48
2.8.1 差错控制原理	48
2.8.2 流量控制	49
2.8.3 差错控制编码	51
2.8.4 差错控制方式	52
习题与思考题	56
第3章 计算机网络体系结构	58
本章学习目标	58

3.1	网络体系结构	58
3.1.1	网络体系结构基本概念	58
3.1.2	计算机网络层次体系结构	59
3.1.3	计算机网络层次模型	59
3.2	开放系统互连参考模型	61
3.2.1	开放系统互连基本参考模型	61
3.2.2	层次模型中各层功能	63
3.3	TCP/IP 参考模型	67
3.3.1	TCP/IP 参考模型	67
3.3.2	TCP/IP 协议简介	68
3.4	OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型比较	70
	习题与思考题	71
第 4 章	局域网技术	72
	本章学习目标	72
4.1	局域网的基本概念	72
4.1.1	局域网的主要特点及实现技术	72
4.1.2	局域网参考模型	74
4.1.3	局域网的 IEEE 802 标准	75
4.1.4	逻辑链路控制 (LLC) 子层	76
4.1.5	介质访问控制 (MAC) 子层	77
4.2	局域网的介质访问控制方法	79
4.2.1	CSMA/CD 和 IEEE 802.3 标准	79
4.2.2	令牌总线访问控制和 IEEE 802.4 标准	83
4.2.3	令牌环访问控制和 IEEE 802.5 标准	85
4.3	传统以太网技术	86
4.3.1	粗缆以太网	86
4.3.2	细缆以太网	87
4.3.3	双绞线以太网	88
4.3.4	三种布线方案的比较	89
4.4	交换式以太网	90
4.5	高速局域网技术	92
4.5.1	100Mb/s 以太网	92
4.5.2	1000Mb/s 以太网	93
4.5.3	10 吉比特以太网	94
	习题与思考题	96
第 5 章	广域网技术	98
	本章学习目标	98

5.1 广域网的基本概念	98
5.1.1 广域网的构成	98
5.1.2 广域网的分组转发机制	99
5.2 X.25 分组交换网	101
5.3 帧中继 (FR)	102
5.3.1 帧中继的帧格式	103
5.3.2 帧中继的应用	104
5.4 综合业务数字网 (ISDN)	105
5.4.1 ISDN 概述	105
5.4.2 宽带 ISDN (B-ISDN)	107
5.5 异步传输模式 (ATM)	108
5.5.1 ATM 概述	108
5.5.2 ATM 协议参考模型	108
5.5.3 ATM 的信元格式	111
5.5.4 ATM 交换机	112
5.6 密集波分复用 (DWDM)	114
习题与思考题	115
第 6 章 网络互连技术	116
本章学习目标	116
6.1 网络互连基本概念	116
6.2 因特网的网际协议 IP	121
6.2.1 IP 协议提供的服务	121
6.2.2 IPv4 与 IPv6	122
6.2.3 IP 地址	125
6.2.4 子网及子网掩码	126
6.3 因特网路由选择协议	128
6.3.1 内联网关协议 (RIP 和 OSPF)	128
6.3.2 外部网关协议 (BGP)	136
6.4 因特网控制报文协议 (ICMP)	139
6.5 网络互连设备	142
6.5.1 中继器	142
6.5.2 网桥	143
6.5.3 路由器	147
习题与思考题	150
第 7 章 网络操作系统	151
本章学习目标	151
7.1 网络操作系统概述	151

7.1.1	网络操作系统的基本概念	151
7.1.2	网络操作系统的类型	151
7.1.3	网络操作系统的基本功能	152
7.2	目前流行的网络操作系统	153
7.2.1	Windows 2000 操作系统	154
7.2.2	Windows 2000 平台的新特性	155
7.2.3	Unix 操作系统	159
7.2.4	Linux 操作系统	160
7.3	选择网络操作系统的原则	161
	习题与思考题	163
第 8 章	组建局域网	164
	本章学习目标	164
8.1	对等网的建立	164
8.2	客户/服务器网络	167
8.3	Windows 2000 Server	168
8.3.1	Windows 2000 Server 的安装	168
8.3.2	用户管理	170
8.3.3	配置 WWW 服务器	174
8.3.4	配置 DHCP 服务	177
8.3.5	配置 RAS 服务	184
8.3.6	配置 FTP 服务器	186
8.3.7	配置网络打印机	187
	习题与思考题	189
第 9 章	接入网技术	190
	本章学习目标	190
9.1	铜线接入网技术	190
9.1.1	xDSL 技术	190
9.1.2	CATV	195
9.2	光纤接入网技术	197
9.3	无线接入网技术	198
9.3.1	IEEE 802.11 无线局域网	198
9.3.2	GSM/GPRS	200
9.3.3	WAP	203
9.4	虚拟专用网	204
	习题与思考题	210
第 10 章	网络安全与网络管理技术	211
	本章学习目标	211

10.1	网络安全问题概述	211
10.1.1	网络安全的概念和安全控制模型	211
10.1.2	安全威胁	213
10.2	加密与认证技术	216
10.2.1	密码学的基本概念	216
10.2.2	常规密钥密码体制	220
10.2.3	公开密钥加密技术	222
10.2.4	数字签名	224
10.2.5	身份验证技术	225
10.3	防火墙技术	225
10.3.1	防火墙概述	225
10.3.2	防火墙系统结构	226
10.3.3	防火墙分类	227
10.3.4	防火墙的作用	228
10.3.5	防火墙的设计策略	228
10.4	病毒与病毒的防治	229
10.4.1	病毒的种类及特点	229
10.4.2	病毒的传播途径与防治	230
10.4.3	网络版杀毒软件	232
10.5	网络管理技术	233
10.5.1	网络管理概述	233
10.5.2	ISO 网络管理模式	233
10.5.3	公共管理信息协议 (CMIP)	235
10.5.4	简单网络管理协议 (SNMP)	236
10.6	网络安全与管理实例	237
10.6.1	个人电脑网络安全策略	237
10.6.2	Outlook Express 的安全设置	238
10.6.3	Foxmail 的安全问题	239
10.6.4	电子邮件的安全问题	239
	习题与思考题	241
第 11 章	计算机网络故障的诊断与排除	243
	本章学习目标	243
11.1	Windows 自带的网络工具箱	243
11.1.1	使用多种维护工具来维护网络	243
11.1.2	鹦鹉螺网络助手	247
11.2	上网常见故障分析和排除	248
11.3	局域网常见故障排除	251

11.3.1 网络常见故障	251
11.3.2 网络故障的排除	252
习题与思考题	257
第 12 章 网络系统的规划与设计	258
本章学习目标	258
12.1 网络系统的规划与设计概述	258
12.2 网络的规划	259
12.2.1 网络的需求分析	259
12.2.2 网络系统的规划设计	259
12.3 网络系统的设计	260
12.3.1 系统架构	260
12.3.2 网络方案中的设备选型	262
12.3.3 网络方案中的软件选型	263
12.3.4 结构化布线	265
12.3.5 网络安全设计	266
12.4 校园网络方案设计举例	268
12.4.1 系统的总体设计	268
12.4.2 校园网的设计方案	269
12.4.3 工程进度安排	274
12.4.4 工程项目文档	275
习题与思考题	276
参考文献	277

第 1 章 计算机网络概述

本章学习目标

计算机网络是计算机技术与通信技术紧密结合的产物，网络技术对信息产业的发展有着深远的影响。本章在介绍网络形成与发展的基础上，对计算机网络定义与拓扑结构等问题进行了系统的讨论，并对计算机网络的分类进行了较为详尽的描述。通过本章学习，读者应该掌握以下内容：

- 计算机网络的形成与发展过程
- 计算机网络的定义与分类方法
- 计算机网络的组成与结构的基本概念
- 计算机网络拓扑结构的定义、分类与特点
- 典型的计算机网络
- 计算机网络的传输介质

1.1 计算机网络的形成与发展

计算机网络的发展大致分四个阶段：以单台计算机为中心的远程连机系统，构成面向终端的计算机网络；多个主机互连，各主机相互独立，无主从关系的计算机网络；具有统一的网络体系结构，遵循国际标准化协议的计算机网络；网络互连与高速网络。

1.1.1 面向终端的计算机网络

计算机网络出现的历史不长，但发展很快，经历了一个从简单到复杂的演变过程。1946年，世界上第一台电子计算机 ENIAC 在美国诞生时，计算机和通信之间并没有什么联系。早期的计算机系统是高度集中的，所有设备安装在单独的大房间中。最初，一台计算机只能供一个用户使用。后来随着发展出现了批处理和分时系统，一台计算机虽然可同时为多个用户服务，但若不与数据通信相结合，分时系统所连接的多个终端都必须紧挨着主计算机，用户必须到计算中心的终端室去使用，显然是不方便的。后来，许多系统都将地理上分散的多个终端通过通信线路连接到一台中心计算机上。用户可以在自己办公室内的终端上输入程序，通过通信线路送入中心计算机，进行分时访问并使用其资源来进行处理，处理结果再通过通信线路送回到用户的终端上显示或打印出来。这样，就出现了第一代计算机网络。

第一代计算机网络实际上是以单台计算机为中心的远程连机系统。这样的系统除了一

台中心计算机外，其余的终端都不具备自主处理功能，在系统中主要是终端和中心计算机间的通信。虽然历史上也曾称它为计算机网络，但为了更明确地与后来出现的多台计算机互连的计算机网络相区分，现在也称其为面向终端的计算机网络。

在远程连机系统中，随着所连远程终端个数的增多，中心计算机要承担的与各终端间通信的任务也必然加重，使得以数据处理为主要任务的中心计算机增加了许多额外的开销，实际工作效率下降。由此，出现了数据处理和通信的分工，即在中心计算机前面增设一个前端处理机（Front End Processor, FEP 有时也简称为前端机）来完成通信工作，而让中心计算机专门进行数据处理，这样可显著地提高效率。另一方面，若每台远程终端都用一条专用通信线路与中心计算机连接，则线路的利用率低，且随着终端个数的不断增多，线路费用将达到难以负担的程度。因而，后来通常在终端比较集中的点设置终端控制器（Terminal Controller, TC）。终端控制器首先通过低速线路将附近各终端连接起来，再通过高速通信线路与远程中心计算机的前端机相连。它可以利用一些终端的空闲时间来传送其他处于工作状态的终端的数据，提高了远程线路的利用率，降低了通信费用。典型的结构如图 1-1 所示。图中，远程高速线路两端是调制解调器（Modem），它是利用模拟通信线路远程传输数字信号必须附加的设备；近程低速线路末端是终端（Terminal）。前端机和终端控制器也可以采用比较便宜的小型计算机或微型机来实现。这样的远程连机系统可以认为是计算机和计算机间通信的雏形。

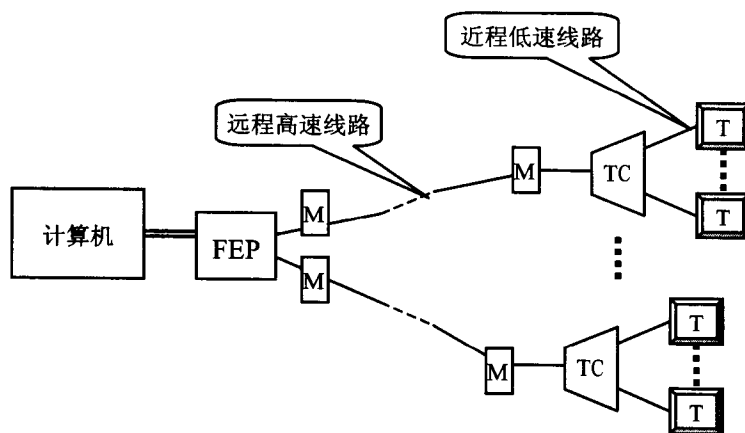


图 1-1 远程连机系统

1.1.2 计算机-计算机网络

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，即所谓计算机-计算机网络。这类网络是 20 世纪 60 年代后期开始兴起的，它和以单台计算机为中心的远程连机系统的显著区别在于，这里的多台主计算机都具有自主处理能力，它们之间不存在主从关系。这样的多台主计算机互连的网络才是我们目前通称的计算机网络。在这种系统中，终端和中心计算机间的通信已发展到计算机和计算机间的通信，用单台中心计算

机为所有用户需求服务的模式被分散而又互连在一起的多台主计算机共同完成的模式所替代。第二代计算机网络的典型代表是 ARPA 网 (ARPAnet)。20 世纪 60 年代后期, 美国国防部高级研究计划署 (ARPA, 目前称为 DARPA——Defense Advanced Research Projects Agency) 提供经费给美国许多大学和公司, 以促进对多台主计算机互连网络的研究, 最终一个实验性的 4 节点网络开始运行并投入使用。ARPA 网后来扩展到连接数百台计算机, 从欧洲到夏威夷, 地理范围跨越了半个地球。目前我们有关计算机网络的许多知识都与 ARPA 网有关, ARPA 网中提出的一些概念和术语至今仍被引用。

ARPA 网中互连的运行用户应用程序的主计算机称为主机 (Host)。但主机之间并不是通过直接的通信线路互连, 而是通过称为接口报文处理机 (Interface Message Processor, IMP) 的装置连接后互连的, 如图 1-2 所示。当某台主机上的用户要访问网络上远地另一台主机时, 主机首先将信息送至本地直接与其相连的 IMP, 通过通信线路沿着适当的路径, 经若干 IMP 中途转接后, 最终传送至远地的目标 IMP, 并送入与其直接相连的目标主机。这种方式类似于邮政信件的传送, 称为存储转发 (store and forward)。就远程通信而言, 目前通信线路仍然是较昂贵的资源。采用存储转发方式的好处在于通信线路不为某对通信所独占, 因而大大提高了通信线路的有效利用率。

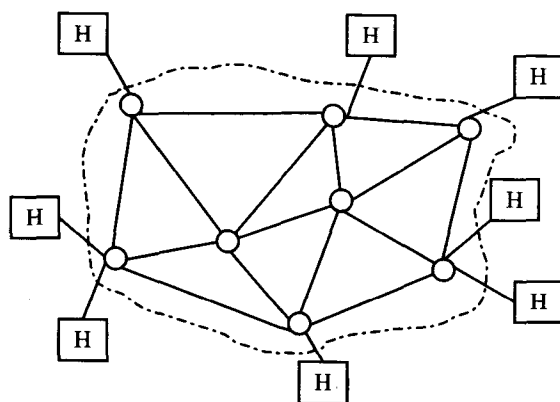


图 1-2 存储转发的计算机网络

注: 1.  代表主机 2.  代表 IMP

图 1-2 中 IMP 和它们之间互连的通信线路一起负责完成主机之间的数据通信任务, 构成了通信子网 (Communication Subnet)。通过通信子网互连的主机负责运行用户应用程序, 向网络用户提供可供共享的软硬件资源, 它们组成了资源子网。ARPA 网采用的就是这种两级子网的结构。ARPA 网中存储转发的信息基本单位叫作分组 (Packet)。以存储转发方式传输分组的通信子网又被称作为分组交换网 (Packet Switching Network)。IMP 是 ARPA 网中使用的术语, 在其他网络或文献中也称为分组交换节点 (Packet Switch Node)。IMP 或分组交换节点通常也是由小型计算机或微型机来实现的, 为了和资源子网中的主机相区别, 也被称作为节点机, 或简称节点。

比较图 1-1 和图 1-2 可见, 作为第一代计算机网络的远程连机系统和第二代计算机网

络的区别之一是,前者是以各终端共享的单台计算机为中心,而后者以通信子网为中心,用户共享的资源子网则在通信子网的外围。

以 ARPA 网以及英国国家物理实验室 NPL 的分组交换网为先驱,20 世纪 70 年代和 80 年代第二代计算机网络得到了迅猛发展。在这段时期内,各大计算机公司都陆续推出自己的网络体系结构,以及实现这些网络体系结构的软硬件产品。用户购买计算机公司提供的网络产品,自己提供或租用通信线路,就可自己组建计算机网络。IBM 公司的 SNA (System Network Architecture) 和原有 DEC 公司的 DNA (Digital Network Architecture) 就是两个最著名的例子。凡是按 SNA 组建的网络都可称为 SNA 网,而凡是按 DNA 组建的网络都可称为 DNA 网或 DECNET。

当前世界上仍有不少第二代计算机网络在运行和提供服务。但是,第二代计算机网络有不少弊病,不能适应信息社会日益发展的需要,其中最主要的缺点是,第二代计算机网络大都是由研究单位、大学应用部门或计算机公司各自研制的,没有统一的网络体系结构,为实现更大范围内的信息交换与共享,把不同的第二代计算机网络互连起来十分困难。因而,计算机网络必然要向更新的一代发展。

1.1.3 开放式标准化网络

第三代计算机网络是开放式标准化网络,它具有统一的网络体系结构,遵循国际标准化协议。标准化使得不同的计算机能方便地互连在一起。20 世纪 70 年代后期人们认识到第二代计算机网络的不足后,已开始提出发展新一代计算机网络的问题。国际标准化组织 (International Standards Organization, ISO) 下属的计算机与信息处理标准化技术委员会 (Technical Committee) TC97 成立了一个专门研究此问题的委员会 (Sub-Committee)。经过若干年卓有成效的工作,ISO 制定并在 1984 年正式颁布了一个称为开放系统互连基本参考模型 (Open System Interconnection Basic Reference Model, OSI/RM) 的国际标准 ISO 7498。这里,“开放系统”是相对于第二代计算机网络 (如 SNA 和 DNA 等) 中只能和同种计算机互连的每个厂商各自封闭的系统而言的,它可以和任何其他系统 (当然要遵循同样的国际标准) 通信而相互开放。该模型分为七个层次,有时也称为 OSI 七层模型。OSI 模型目前已被国际社会普遍接受,并被公认为计算机网络体系结构的基础。

20 世纪 80 年代,以 OSI 模型为参照,ISO 以及当时的国际电话电报咨询委员会 (法文 Comité Consultatif International de Télégraphique et Téléphonique, CCITT) 等为各个层次开发了一系列的协议标准,组成了一个庞大的 OSI 基本标准集。CCITT 是联合国国际电信联盟 (International Telecommunication Union, ITU) 下属的一个组织,目前已被撤销,该组织更名为 (Telecommunication standardization Sector, ITU-TSS 国际标准化部) 或简称为 ITU—T。由 CCITT 制定的标准都称为建议 (Recommendation)。虽然现在已没有了 CCITT,但有些资料习惯上仍称其为 CCITT 建议。最著名的 CCITT 建议是在公用数据网中广泛采用的,它们是 X.25, X.3, X.28, X.29 和 X.75。

遵循公开标准组建的网络通常都是开放的。遵守上述 CCITT X 系列建议组建的公用分组交换数据网,是开放式标准化网络的一个典型例子。许多国家都有自己的公用分组交换