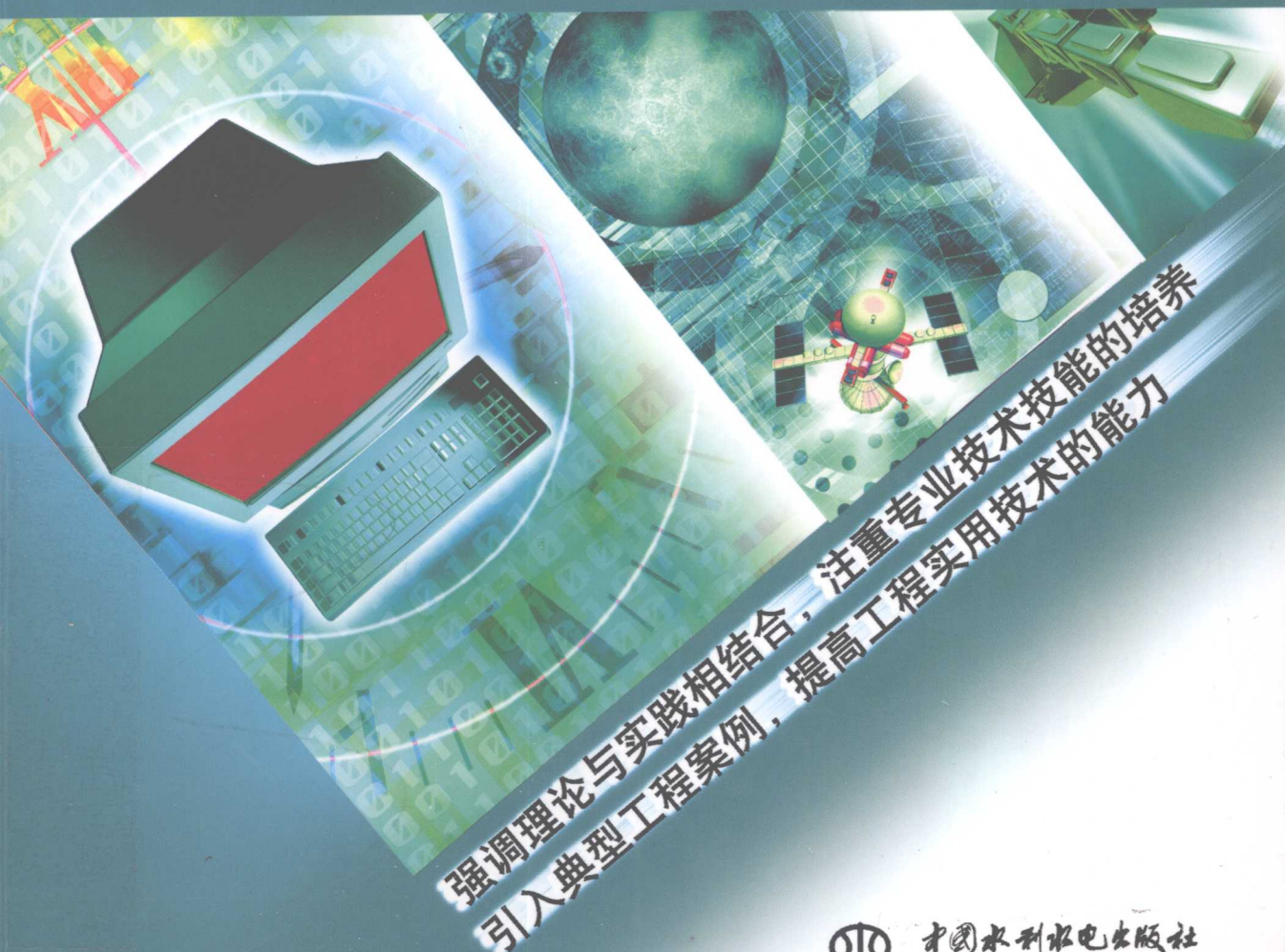




高等院校规划教材

刘永华 赵艳杰 解圣庆 等编著

计算机网络技术及应用 (第二版)



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

TP393/633

2008

21 世纪高等院校规划教材

计算机网络技术及应用 (第二版)

刘永华 赵艳杰 解圣庆 等编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为《计算机网络技术及应用》的第二版，在内容和结构上做了大量地修改。全书以计算机网络体系结构为主线，系统地阐述了计算机网络的基本原理，介绍了当前常用的、先进的网络技术以及网络的应用。

全书共 14 章，包括计算机网络概述、计算机网络体系结构、物理层、数据链路层、局域网、广域网、网络层、传输层、应用层、接入网、网络安全、网络管理与维护、网络系统的规划与设计及网络技术综合应用。此外，在附录中给出了与本书内容相配套的验证性、设计性及应用性实验。

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。本书可作为普通高等院校计算机科学与技术、网络工程、通信工程及相关专业的本科教材，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和参考。

本书配有免费电子教案，读者可从中国水利水电出版社网站 (<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>) 下载。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机网络技术及应用 / 刘永华等编著. —2 版. —北京:
中国水利水电出版社, 2008

21 世纪高等院校规划教材

ISBN 978-7-5084-5572-3

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 (2008) 第 064945 号

书 名	计算机网络技术及应用 (第二版)
作 者	刘永华 赵艳杰 解圣庆 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 19 印张 465 千字
版 次	2005 年 5 月第 1 版 2008 年 6 月第 2 版 2008 年 6 月第 3 次印刷
印 数	7001—11000 册
定 价	29.00 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要求的各类要求,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培养的探索与实践成果,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 个层面上的要求: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

第二版前言

本书为《计算机网络技术及应用》的第二版，这次修编在第一版基础上对内容和结构进行了较大地修正、补充、调整和完善。全书突出了计算机网络体系结构这条主线，使全书知识点更加紧凑、连贯，删节了对一些过时技术的介绍，在一些实用技术上加大了篇幅，同时，本着以实践促教学的原则，加入了实验指导，以期学习者能更好地理解所学的理论知识。

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。本书给出了大量的图和应用实例，其目的是使读者能够较容易地掌握计算机网络基本原理和实用的网络技术，了解计算机网络最新技术和发展动态，并具有网络组建、规划和设计选型的能力。

全书约 50 万字，参考学时 72 学时。全书由 14 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 章是计算机网络体系结构，阐述了 OSI 及 TCP/IP 两大网络体系结构的有关基础概念；第 3 章是物理层，介绍了数据通信的理论基础、物理传输介质等知识；第 4 章是数据链路层，讲解了数据链路层的基本概念、数据的检错纠错技术、数据的流量控制协议及点对点协议；第 5 章是局域网技术，主要介绍局域网的概念、介质访问的控制方法、以太网技术以及虚拟局域网、无线局域网等较前沿的技术；第 6 章是广域网技术，介绍了 X.25、ISDN、ATM 等技术；第 7 章是网络层，主要介绍了网络层的基本原理并在此基础上讲解因特网的网际协议、路由选择协议、控制报文协议以及一些相关的网络互联设备；第 8 章是传输层，对传输层的基本概念及 UDP、TCP 两个协议进行了介绍；第 9 章是应用层，介绍了应用层的几种主要协议，如 DNS、HTTP 及电子邮件等；第 10 章主要介绍了铜线接入网、光纤接入网、无线接入网、虚拟专用网 VPN 以及网络地址转换 NAT 技术；第 11 章是网络安全技术，重点对加密与认证技术、防火墙及病毒防护的知识做了介绍；第 12 章是网络管理与维护技术，介绍了网络管理的有关协议、计算机网络常见故障及排除等知识；第 13 章是网络系统的规划与设计，从分层设计、IP 地址规划、布线设计等角度对网络组建进行了介绍；第 14 章是网络技术综合应用，给出了交换网、路由网及无线网的实例。此外，在附录中给出了与本书内容相配套的验证性、设计性及应用性实验。

本书可作为普通高等院校计算机科学与技术、网络工程、通信工程及相关专业的本科教材，同时也是广大工程技术人员较好的科技参考书。

本书由刘永华、赵艳杰、解圣庆、周金玲、周建梁编著。刘永华、赵艳杰负责全书的撰写和统稿整理，解圣庆、周金玲、周建梁、张淑玉、刘贞德、孙俊香、陈茜、徐兴敏、于春花、李晓利完成了课后习题的编写并参与了部分章节的编写与讨论。

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

2008 年 3 月

第一版前言

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“网络互联技术”,主要介绍网际协议(IP)、网络互联设备等问题;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

出版说明

高等学校计算机基础教育教材精选

在教育部关于高等学校计算机基础教育三层次方案的指导下,我国高等学校的计算机基础教育事业蓬勃发展。经过多年的教学改革与实践,全国很多学校在计算机基础教育这一领域中积累了大量宝贵的经验,取得了许多可喜的成果。

随着科教兴国战略的实施以及社会信息化进程的加快,目前我国的高等教育事业正面临着新的发展机遇,但同时也必须面对新的挑战。这些都对高等学校的计算机基础教育提出了更高的要求。为了适应教学改革的需要,进一步推动我国高等学校计算机基础教育事业的发展,我们在全中国各高等学校精心挖掘和遴选了一批经过教学实践检验的优秀的教学成果,编辑出版了这套教材。教材的选题范围涵盖了计算机基础教育的三个层次,包括面向各高校开设的计算机必修课、选修课,以及与各类专业相结合的计算机课程。

为了保证出版质量,同时更好地适应教学需求,本套教材将采取开放的体系和滚动出版的方式(即成熟一本、出版一本,并保持不断更新),坚持宁缺毋滥的原则,力求反映我国高等学校计算机基础教育的最新成果,使本套丛书无论在技术质量上还是出版质量上均成为真正的“精选”。

清华大学出版社一直致力于计算机教育用书的出版工作,在计算机基础教育领域出版了许多优秀的教材。本套教材的出版将进一步丰富和扩大我社在这一领域的选题范围、层次和深度,以适应高校计算机基础教育课程层次化、多样化的趋势,从而更好地满足各学校由于条件、师资和生源水平、专业领域等的差异而产生的不同需求。我们热切期望全国广大教师能够积极参与到本套丛书的编写工作中来,把自己的教学成果与全国的同行们分享;同时也欢迎广大读者对本套教材提出宝贵意见,以便我们改进工作,为读者提供更好的服务。

我们的电子邮件地址是: jiaoh@tup.tsinghua.edu.cn。联系人: 焦虹。

清华大学出版社

目 录

序	
第二版前言	
第一版前言	
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 网络计算机的新时代	4
1.2 计算机网络的概念	5
1.2.1 计算机网络的定义	5
1.2.2 计算机网络的特点	6
1.2.3 计算机网络的功能和应用	7
1.2.4 计算机网络的组成	9
1.3 计算机网络的分类	9
1.3.1 按传输技术划分	9
1.3.2 按分布距离划分	10
1.3.3 其他分类方法	11
1.4 计算机网络拓扑结构	12
1.4.1 计算机网络拓扑的定义	12
1.4.2 两类网络拓扑	12
1.4.3 常见的几种网络拓扑的特点	12
1.5 几种典型的计算机网络结构类型	15
1.5.1 集中处理的主机—终端机结构	15
1.5.2 对等网络结构	15
1.5.3 客户机/服务器网络结构	15
1.5.4 无盘工作站网络结构	16
1.6 计算机网络的性能	16
1.6.1 计算机网络的性能指标	16
1.6.2 计算机网络的非性能特征	18
习题与思考题一	19
第2章 计算机网络体系结构	20
本章学习目标	20
2.1 网络体系结构	20
2.1.1 网络体系结构基本概念	20
2.1.2 计算机网络层次体系结构	20
2.1.3 计算机网络层次模型	21
2.2 开放系统互联参考模型	23
2.2.1 开放系统互联参考模型	23
2.2.2 层次模型中各层的功能	24
2.3 TCP/IP 参考模型	28
2.3.1 TCP/IP 参考模型	28
2.3.2 TCP/IP 协议简介	29
2.4 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型 的比较	31
习题与思考题二	32
第3章 物理层	33
本章学习目标	33
3.1 物理层的基本概念	33
3.2 数据通信的理论基础	34
3.2.1 傅立叶分析	34
3.2.2 有限带宽信号	34
3.2.3 数字通信系统	36
3.2.4 数据编码	38
3.2.5 数字调制技术	42
3.2.6 脉冲编码调制	45
3.3 通信方式与交换方式	46
3.3.1 数据通信方式	46
3.3.2 异步传输和同步传输	47
3.3.3 交换方式	50
3.4 多路复用技术	52
3.4.1 多路复用的基本概念	52
3.4.2 频分多路复用 (FDM)	52
3.4.3 同步时分多路复用 (TDM)	54
3.4.4 统计时分多路复用 (STDM)	55
3.4.5 两种多路复用技术的比较	55

3.4.6 波分复用技术	56	5.2.1 CSMA/CD 和 IEEE 802.3 标准	83
3.4.7 码分复用 (CDMA)	56	5.2.2 令牌总线访问控制和 IEEE	
3.5 计算机网络的传输介质	57	802.4 标准	86
3.5.1 有线传输介质	58	5.2.3 令牌环 (Token Ring) 访问	
3.5.2 无线传输介质	60	控制 IEEE 802.5 标准	87
习题与思考题三	61	5.3 传统以太网技术	89
第 4 章 数据链路层	62	5.3.1 粗缆以太网	89
本章学习目标	62	5.3.2 细缆以太网	90
4.1 数据链路层的设计问题	62	5.3.3 双绞线以太网	91
4.1.1 相关概念	62	5.3.4 三种布线方案的比较	92
4.1.2 数据链路层的目的	63	5.4 交换式以太网	93
4.1.3 数据链路层的主要功能	63	5.5 虚拟局域网 VLAN	94
4.2 差错控制技术	64	5.5.1 为什么要划分 VLAN	95
4.2.1 差错控制原理	64	5.5.2 VLAN 的主要类型	95
4.2.2 差错控制编码	65	5.5.3 VLAN 的主要标准	97
4.2.3 差错控制方式	67	5.5.4 VLAN 标签交换	99
4.2.4 几种纠错方式	67	5.5.5 配置 VLAN	100
4.3 流量控制技术	68	5.5.6 设计 VLAN	101
4.3.1 停等流量控制	68	5.6 高速局域网技术	102
4.3.2 滑动窗口流量控制	69	5.6.1 100Mb/s 以太网	103
4.3.3 自动请求重发 (ARQ,		5.6.2 1000Mb/s 以太网	103
Automatic Repeat Request)	70	5.6.3 10 吉比特以太网	104
4.3.4 停等 ARQ	70	5.7 无线局域网 WLAN	106
4.3.5 回退 N 帧 ARQ	71	5.7.1 WLAN 组网方式	106
4.3.6 选择性重发 ARQ	72	5.7.2 WLAN 硬件	107
4.4 点对点 (PPP) 协议	73	5.7.3 IEEE 802.11 MAC 层	110
4.4.1 PPP 协议的作用	73	5.7.4 IEEE 802.11 物理层	112
4.4.2 PPP 协议的组成部分	74	5.7.5 IEEE WLAN 的安全技术	114
4.4.3 PPP 帧结构	74	习题与思考题五	114
习题与思考题四	75	第 6 章 广域网技术	116
第 5 章 局域网技术	76	本章学习目标	116
本章学习目标	76	6.1 广域网的基本概念	116
5.1 局域网的基本概念	76	6.1.1 广域网的构成	116
5.1.1 局域网的主要特点及实现技术	76	6.1.2 广域网的分组转发机制	117
5.1.2 局域网参考模型	77	6.2 X.25 分组交换网	119
5.1.3 LAN 的 IEEE 802 标准	78	6.3 帧中继 FR	120
5.1.4 逻辑链路控制 (LLC) 子层	79	6.3.1 帧中继的帧格式	121
5.1.5 介质访问控制 MAC 子层	81	6.3.2 帧中继的应用	122
5.2 局域网的介质访问控制方法	82	6.4 综合业务数字网 ISDN	122

6.4.1	ISDN 的概述	122	8.3.4	TCP 连接管理	171
6.4.2	宽带 ISDN (B-ISDN)	124	8.3.5	滑动窗口与流量控制	173
6.5	异步传输模式 ATM	125		习题与思考题八	174
6.5.1	ATM 概述	125	第 9 章 应用层		175
6.5.2	ATM 协议参考模型	126	本章学习目标		175
6.5.3	ATM 的信元格式	128	9.1	应用层概述	175
6.5.4	ATM 交换机	129	9.2	域名解析协议 DNS	176
	习题与思考题六	130	9.2.1	域名系统	176
第 7 章 网络层		132	9.2.2	域名解析	177
本章学习目标		132	9.3	文件传输协议	178
7.1	网络层概述	132	9.3.1	文件传输协议 FTP	178
7.1.1	网络层的的设计问题	132	9.3.2	简单文件传送协议 TFTP	180
7.1.2	虚电路与数据报	133	9.4	远程终端协议 Telnet	180
7.2	网际协议 IP	136	9.5	电子邮件	182
7.2.1	IP 协议提供的服务	136	9.6	万维网	185
7.2.2	IPv4 与 IPv6	136	9.7	动态主机配置协议 DHCP	189
7.2.3	IP 地址	139		习题与思考题九	191
7.2.4	子网及子网掩码	140	第 10 章 接入网技术		192
7.3	因特网路由选择协议	142	本章学习目标		192
7.3.1	内部网关协议 RIP 和 OSPF	142	10.1	铜线接入网技术	192
7.3.2	外部网关协议 BGP	150	10.1.1	xDSL 技术	192
7.4	因特网控制报文协议 ICMP	153	10.1.2	CATV	197
7.5	网络互联设备	155	10.2	光纤接入网技术	198
7.5.1	中继器	155	10.3	无线接入网技术	200
7.5.2	网桥	156	10.3.1	GSM/GPRS	200
7.5.3	路由器	159	10.3.2	WAP	202
	习题与思考题七	163	10.4	虚拟专用网 VPN	204
第 8 章 传输层		164	10.5	网络地址转换 NAT	209
本章学习目标		164		习题与思考题十	211
8.1	传输层概述	164	第 11 章 网络安全技术		213
8.1.1	传输层的设计问题	164	本章学习目标		213
8.1.2	端口	165	11.1	网络安全问题概述	213
8.2	用户数据报协议 UDP	166	11.1.1	网络安全的概念和安全控制模型	213
8.2.1	UDP 概述	166	11.1.2	安全威胁	214
8.2.2	UDP 用户数据报	167	11.2	加密与认证技术	217
8.3	传输控制协议 TCP	168	11.2.1	密码学的基本概念	217
8.3.1	TCP 概述	168	11.2.2	常规密钥密码体制	221
8.3.2	TCP 报文段	169	11.2.3	公开密钥加密技术	222
8.3.3	TCP 的可靠性	170			

11.2.4	数字签名	225
11.2.5	身份认证技术	225
11.3	防火墙技术	226
11.3.1	防火墙概述	226
11.3.2	防火墙系统结构	226
11.3.3	防火墙分类	227
11.3.4	防火墙的作用	228
11.3.5	防火墙的设计策略	228
11.4	病毒与病毒的防治	229
11.4.1	病毒的种类及特点	229
11.4.2	病毒的传播途径与防治	230
	习题与思考题十一	232
第 12 章	网络管理与维护技术	233
	本章学习目标	233
12.1	网络管理技术	233
12.1.1	网络管理概述	233
12.1.2	ISO 网络管理模式	234
12.1.3	公共管理信息协议 CMIP	235
12.1.4	简单网络管理协议 SNMP	236
12.2	网络维护工具	237
12.3	局域网常见的故障排除	241
12.3.1	网络常见故障	241
12.3.2	网络故障的排除	242
	习题与思考题十二	247
第 13 章	网络系统的规划与设计	248
	本章学习目标	248
13.1	确定网络设计目标	248
13.1.1	需求分析	248
13.1.2	工程论证	249
13.1.3	网络设计原则	250
13.2	确定网络设计方案	251
13.2.1	网络标准的选择	251
13.2.2	网络拓扑结构选择	251

13.2.3	建立分级三层设计模型	251
13.2.4	IP 地址规划	255
13.2.5	网络布线设计	256
13.2.6	安全设计	258
13.3	网络产品选型	260
13.3.1	网络硬件设备选型	260
13.3.2	网络软件选择	261
	习题与思考题十三	262
第 14 章	网络技术综合应用	263
	本章学习目标	263
14.1	交换三级网	263
14.1.1	网络拓扑	264
14.1.2	IP 地址分配	265
14.1.3	VLAN 划分	266
14.1.4	安全设计	266
14.1.5	网络管理	267
14.2	路由三级网	267
14.3	无线局域网	269
14.3.1	室内无线网络	269
14.3.2	室外无线网络	270
	习题与思考题十四	272
附录	实验与上机指导	273
	实验一 认识局域网	273
	实验二 常用网络测试工具的应用	277
	实验三 虚拟局域网 VLAN 的设置	278
	实验四 IP 地址分配与子网划分	280
	实验五 路由器连接局域网实验	281
	实验六 静态路由实验	283
	实验七 动态路由协议配置	284
	实验八 网络协议分析	287
	实验九 Internet 的应用	289
	实验十 NAT 网络地址转换	289
	参考文献	292

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构型等问题进行了系统的讲解，并对计算机网络的分类进行了详尽的描述。通过本章的学习，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

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联机系统，构成面向终端的计算机网络；多个主机互联，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；网络互联与高速网络。

1.1.1 面向终端的计算机网络

计算机网络出现的时间不长，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。后来随着技术的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，若不和数据通信相结合，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的终端上键入程序，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联机系统。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联的计算机网络相区分，现在称为面向终端的计算机网络。

在远程联机系统中，随着所联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 FEP (Front End Processor, 有时也简称为前端机) 来完成通信工作,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。后来通常在终端比较集中的点设置终端控制器 TC (Terminal Controller)。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 M (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 T (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。这样的远程联机系统可以认为是计算机和计算机间通信的雏形。

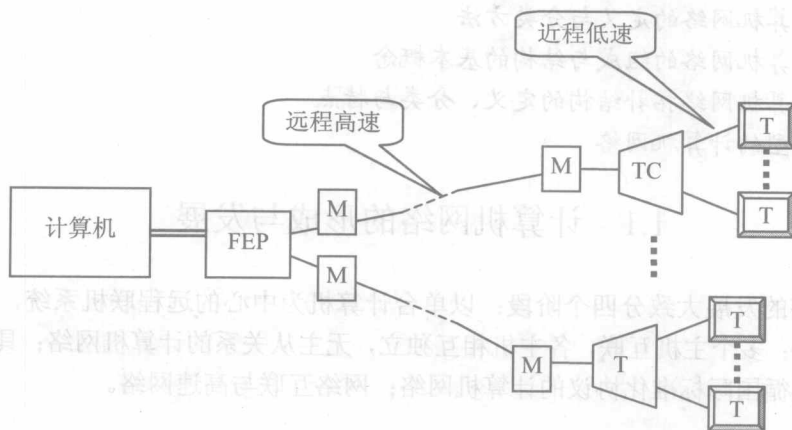


图 1-1 远程联机系统

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联起来为用户提供服务,即所谓的计算机—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联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联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联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联网络的研究,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使用。

ARPA 网中互联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联, 而是通过称为接口报文处理机 IMP (Interface Message Processor) 的装置连接后互联的, 如图 1-2 所示。当某台主机上的用户要访问网络上远地的另一台主机时, 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의 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条通信所独占, 因而大大提高了通信线路的有效利用率。

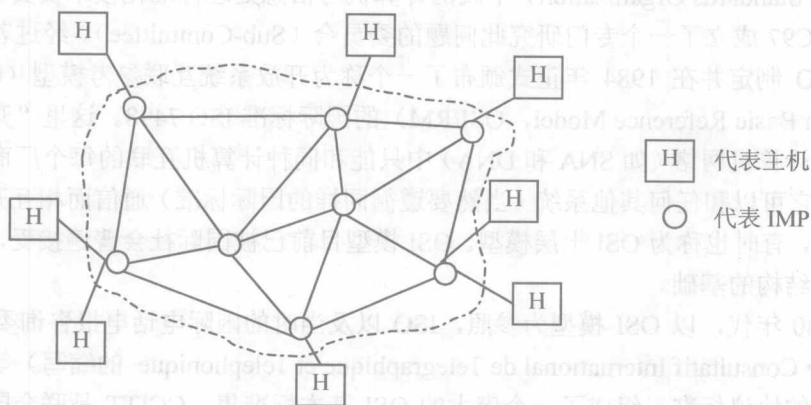


图 1-2 存储转发的计算机网络

图 1-2 中 IMP 和它们之间互联的通信线路一起完成主机之间的数据通信任务, 构成了通信子网 (Communication Subnet)。通过通信子网互联的主机负责运行用户应用程序, 向网络用户提供可共享的软硬件资源, 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, 也被称为节点机或简称节点。

比较图 1-1 和图 1-2 可知, 作为第一代计算机网络的远程联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, 后者以通信子网为中心, 用户共享的资源子网在通信子网的外围。

20 世纪 70 年代到 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, 就可以组建计算机网络。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, 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联起来十分困难。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联在一起。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 ISO (International Standards Organization) 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联参考模型 (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) 中只能和同种计算机互联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 CCITT (法文 Comité Consultatif International de Telegraphique et Telephonique 的缩写) 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,目前已被撤消,该组织更名为 IYU-TSS (Telecommunication Standardization Sector, 国际标准化部) 或简称为 ITU-T。由 CCITT 制定的标准都被称为建议 (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.28、X.29 和 X.75 等。

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数据网,如加拿大的 DATAPAC 和法国的 TRANSPAC,德国的 DATEX-P,日本的 DDX-P,以及我国于 1989 年开通并正式对外提供服务的 CHINAPAC 等。虽然这些网络的内部结构、采用信道及设备不相同,但它们向外部用户提供的界面和互联的界面是相同的,因而也易于互通。另一个开放式标准化网络的著名例子就是因特网 (Internet, 也译为国际互联网)。它是在原 ARPAnet 技术上经过改造而逐步发展起来的,它对任何计算机开放,只要遵循 TCP/IP 协议的标准并申请到 IP 地址,就可以通过信道接入 Internet。这里 TCP 和 IP 是 Internet 采用的一套协议中最核心的两个,分别称为传输控制协议 (Transmission Control Protocol, TCP) 和网际协议或互联网协议 (Internet Protocol, IP)。它们虽然不是某个国际官方组织制定的标准,但由于被广泛采用,已成为事实上的国际标准。

1.1.4 网络计算机的新时代

近年来随着信息高速公路计划的提出与实施,Internet 在地域、用户、功能和应用等方面不断拓展,及 Internet 技术越来越广泛地应用,计算机的发展已进入了网络计算机的新时代,

也就是以网络为中心的时代。现在,任何一台计算机必须以某种形式联网,以共享信息或协同工作,否则就无法充分发挥其效能。计算机网络本身的发展也进入了一个新阶段。当前计算机网络有若干引人注目的发展方向。首先,计算机网络向高速化发展。早期以太网(Ethernet)的数据速率只有10Mb/s(Bits Per Second),即每秒传送一千万比特(即二进制位),目前100Mb/s的以太网已相当普及,而速度再提高十倍,达1Gb/s(即1000Mb/s)的产品也很多。从远距离网络来看,早期按照CCITT X建议组建的公用分组交换数据网的数据速率只有64kb/s;后来采用了帧中继(Frame Relay)技术,可提高至2Mb/s;近年来出现的异步传输模式ATM(Asynchronous Transfer Mode)可达到155Mb/s、622Mb/s,甚至2.5Gb/s的数据速率;更新的波分多路复用WDM(Wave Division Multiplexing)技术已开始展露姿容,将达到几十Gb/s,甚至更高的数据速率。其次,早期计算机网络中传输的主要是数字、文字和程序等数据,随着应用的扩展,提出了越来越多的图形、图像、声音和影像等多媒体信息在网络中传输的需求,这不但要求网络有更高的数据速率,或者说带宽,而且对延迟时间(实时性)、时间抖动(等时性)、服务质量等方面都提出了更高的要求。目前,电话、有线电视和数据等都有各自不同的网络,随着多媒体网络的建立和日趋成熟,三网融合甚至多网融合是一个重要的发展方向。

未来的计算机网络结构处于核心的是能传输各种多媒体信息的高速宽带主干网,它外连许多汇聚点(Point Of Presence POP)。端用户(User)可以通过电话线、电视电缆、光缆、无线信道等不同的传输介质进入由形形色色的技术组成的不同接入网(Access Network),再由汇聚点集中后连入主干网。由于因特网的巨大影响及成功运行,在整个网络中,核心协议将采用Internet的网际协议IP,通过它把各种各样的通信子网互联在一起,并向上支持多种多媒体应用。这就是所谓的统一的IP网,即IP over everything和Everything on IP。网络覆盖的地理范围将不断扩大,向全球延伸,并逐步深入到每个单位,每个办公室和每个家庭。有人描述未来通信和网络的目标是实现5W的个人通信,即任何人(Whoever)在任何时间(Whenever)任何地方(Wherever)都可以和任何一个人(Whomever)通过网络进行通信,以传送任何信息(Whatever),这是很诱人的发展前景。

1.2 计算机网络的概念

1.2.1 计算机网络的定义

计算机网络是为满足应用需要而发展起来的,从本质上说,它以资源共享为主要目的,用以发挥分散的各不相连的计算机之间的协同功能。因此,对计算机网络可做如下定义:将处于不同地理位置,并具有独立计算能力的计算机系统经过传输介质和通信设备相互联接,在网络操作系统和网络通信软件的控制下实现资源共享的计算机的集合。

一般来说,计算机网络是一个复合系统,它是由具有自主功能而又通过各种通信手段相互联接起来以便进行信息交换、资源共享或协同工作的计算机组成的。这段话包含三重意思:首先,一个计算机网络中包含多台具有自主功能的计算机,所谓具有自主功能是指这些计算机离开了网络也能独立运行与工作;其次,这些计算机之间是相互联接的(有机连接),所使用的通信手段可以形式各异,距离可远可近,连接所用的介质可以是双绞线(如电话线)、同轴电缆(如闭路有线电视所用的电缆)或光纤,甚至还可以是卫星或其他无线信道,信息在介质