



规划教材

普通高等学校应用型人才培养系列规划教材
丛书主编 陈明

计算机网络

JISUANJÍ WANGLUÓ

李 环 主编



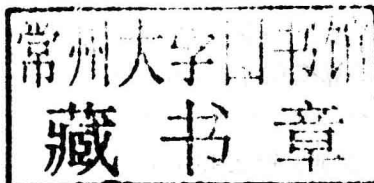
中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



普通高等学校应用型人才培养系列规划教材
丛书主编 陈 明

计 算 机 网 络

李 环 主编 隋 芯 参编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书较为系统地介绍了计算机网络的基本原理、技术与网络应用。全书共分 10 章,分别介绍了计算机网络发展以及组成和原理体系结构、物理层、数据链路层、局域网与广域网、网络层、传输层、应用层、网络管理、网络安全,最后还介绍了网络新技术。每章附有习题,附录中给出了部分习题答案。为了方便教学,本书还配有电子教案。

本书内容丰富、结构严谨,在由浅入深、循序渐进地讲述网络的基本概念和原理的同时,注重计算机网络的实际应用,每个章节重要的知识点都配有精心设计的案例。另外,和本书配套的有《计算机网络实验》一书,旨在提高实际动手能力。

本书可作为高校本科计算机网络教材,尤其适合于应用型人才的培养,也可以供计算机网络及其应用方面的工程技术人员参考学习。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络 / 李环主编. —北京: 中国铁道出版社, 2009. 12

(普通高等学校应用型人才培养系列规划教材)

ISBN 978-7-113-10815-1

I. ①计… II. ①李… III. ①计算机网络—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 224018 号

书 名: 计算机网络
作 者: 李 环 主 编

策划编辑: 秦绪好 杨 勇

责任编辑: 鲍 闻

编辑部电话: (010) 63560056

特邀编辑: 韩玉彬

封面设计: 付 巍

封面制作: 李 路

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(北京市宣武区右安门西街 8 号 邮政编码: 100054)

印 刷: 三河市兴达印务有限公司

版 次: 2010 年 3 月第 1 版 2010 年 3 月第 1 次印刷

开 本: 787mm×960mm 1/16 印张: 24.25 字数: 516 千

印 数: 4 000 册

书 号: ISBN 978-7-113-10815-1/TP·3670

定 价: 36.00 元

版权所有 侵权必究

本书封面贴有中国铁道出版社激光防伪标签, 无标签者不得销售

凡购买铁道版图书, 如有印制质量问题, 请与本社计算机图书批销部联系调换

普通高等学校应用型人才培养系列规划教材

主 任：陈 明

副主任：蒋宗礼 严晓舟 王锁柱

委 员：（按姓氏笔画排序）

王全民 刘贵龙 刘振华 李也白

张晓明 陈志泊 郝 莹 秦绪好

袁 薇 解 凯 管建和

总策划：焦金生

编 辑：杨 勇 周海燕

序言

PREFACE

经过几十年的研究与探索,现代计算机系统功能越来越强大、应用越来越广泛。计算机的飞速发展对人类社会的发展做出了卓越的贡献,应用是推动计算机学科发展的源动力,一直受到社会的关注。

计算机学科呈现出的学科内涵宽泛化、分支相对独立化、社会需求多样化、专业规模巨大化和计算教育大众化等特点,使得计算机企业成为朝阳企业,软件公司、网络公司等IT企业需要大量的具有专门计算机技能的人才,而大学中单一的计算机精英型教育培养的人才已不能满足实际需要,社会对计算机人才的需求发生了巨大变化,凸显了职业特征的计算机应用型教育异军突起,迅速发展,备受关注。因此,研究和实施计算机应用型人才培养势在必行。

传统的研究型计算机教育是以学术教育为基础,以培养计算机精英为目的的计算机教育,但是,随着科技迅速发展、知识经济的产生与发展的需要,社会和行业对计算机高等教育人才需求迅速增长,尤其需要大量的计算机应用型人才。这种需求促使教学模式呈现了职业性,并在培养面向知识应用和全面能力方面,提出了多种职业性教学模式。例如:网络工程师、软件工程师、动画设计师、硬件工程师等培养模式。

计算机应用型教育的培养目标可以利用知识、能力和素质三个基本要素来描述。

知识是基础、载体和表现形式,从根本上影响着能力和素质。学习知识的目的是为了获得能力和不断地提升能力。能力和素质的培养必须通过具体的知识传授来实现,能力和素质也必须通过知识来表现。

能力是核心,是人才特征的最突出的表现。计算机学科人才应具备计算思维能力、算法设计与分析能力、程序设计与实现能力、系统能力(系统的认知、设计、开发、应用能力)。计算机应用型人才的能力主要包括应用能力(专业能力)和通用能力。应用能力主要是指用所学知识解决专业实际问题的能力。通用能力是指跨职业能力,并不是具体的专业能力和职业技能,而是对不同职业的适应能力,也就是当职业发生变更时,这些能力依然在从业者身上起作用。计算机应用型本科人才所应具备的三种通用能力是:学习能力、工作能力、创新能力。

基本素质是指具有良好的公民道德和职业道德,具有合格的政治思想素养,遵守计算机法规和法律,具有人文、科学素养和良好的职业素质等。计算机应用型人才素质主要是指工作的基本素质,且要求在从业中必须具备责任意识,能够对自己职责范围内的工作认真负责地完成。

计算机应用型教育课程分为通用课程、基础课程、专业核心课程、专业选修课程、应用课程、实验课程、实践课程。计算机应用型教育课程体系包括公共基础课程平台、专业基础课程平台、专业选修课程平台、基本素质平台。课程是载体、是实现培养目标的重要手段。教育理念的实现必须借助于课程来完成。教育类型和教育层次的划分实质上是课程内容和课程性质的划分。因此，计算机应用型教育培养目标的实现关键在于课程体系的构建，即课程内容和课程性质的确定。

目前，应用型人才培养的研究方兴未艾，本系列教材适用于计算机应用型人才的培养。在架构设计和具体教材的编写上都突出了注重能力的培养的理念，经过了系统规划，将陆续出版。希望各位老师和读者指正。

陈明

陈明

陈明

陈明

陈明

FOREWORD

为适应计算机网络技术的飞速发展,结合我国网络发展的需要,考虑高等学校网络课程教学的实际情况,受中国铁道出版社应用型人才培养教材建设编委会委托,我们组织编写了本书。

根据编审委员会审定的大纲,全书共分为 10 章,各章内容如下:

第 1 章介绍计算机网络的发展、定义、分类、组成和体系结构等基本知识。第 2 章物理层,介绍了与网络相关的通信技术,包括传输介质、信道复用技术、编码技术、数据交换技术、宽带接入技术等。第 3 章数据链路层,介绍了数据链路层的基本功能和服务,包括数据链路层的协议、滑动窗口技术等。第 4 章局域网与广域网,介绍了局域网的体系结构、常用的以太网、高速以太网、虚拟局域网,包括 HDLC、PPP、X.25、帧中继、ATM 网络、二层交换设备等。第 5 章网络层,介绍了网络层的基本概念、IP 协议、子网划分、CIDR、ARP、RARP、ICMP、IGMP、物理地址转换 NAT,并介绍了三层交换设备——路由器,以及路由协议和路由器的相关配置。第 6 章传输层,介绍了传输层的相关知识,包括 TCP、UDP、TCP 的连接释放、拥塞控制、流量控制原理,还介绍了 TCP、UDP 套接字通信编程。第 7 章应用层,介绍了应用层协议原理、DNS、WWW、FTP、TELNET、电子邮件系统、DHCP。第 8 章网络管理,介绍了网络管理的功能、网络管理模型、SNMP 体系结构、Internet 标准的管理框架、管理系统结构、管理信息库、简单网络管理协议。第 9 章网络安全,介绍了网络安全的基本概念、密码技术、认证技术、网络访问控制技术、防火墙技术,通过实例介绍了基于 Cisco 路由的网络安全配置方法,最后结合网络应用介绍了网际层、传输层、应用层的安全协议。第 10 章网络新技术,根据最近几年快速发展起来的网络新技术和应用,介绍了无线网络、多媒体网络和下一代因特网技术。

本书的编写从简单的概念和学生的兴趣点入手,逐步深入,力求将深奥的原理讲清、讲透,每个重要的知识点后增加一些实例辅助教学,达到理论联系实际的目的。

书中每章均附有习题,包括选择题、填空题、简答题和实验题,这些题目和书中内容紧密相关,特别是实验题凝聚了编者多年的网络工作经验,与之配套的《计算机网络实验》有详细的应用指导,有助于提高读者的动手能力,另外每个实验后还有实验思考,有助于让学生通过实践再次提升理论水平。

本书作者从事网络实践工作 20 多年,执教计算机网络课程已达 15 年,本书的编写融入了

多年的工作和教学经验，所以书中不仅注重网络理论知识教授，还注重提高学生的应用水平，并力图反映网络发展的新技术。

本书由李环主编，其中第1、2、5、6、7、8、9、10章由李环编写，第3、4章由隋芯编写，在编写过程中得到了王锁柱、邹蓉、苏群、苏琳等教授的关心和帮助，本书的出版得到了中国铁道出版社的大力支持，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有错误和疏漏之处，殷切期盼广大读者不吝指正，在此表示衷心感谢。

编者

2009年11月

目录

CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 计算机网络的形成与发展	1
1.1.1 计算机网络的形成	1
1.1.2 计算机网络的发展	2
1.2 计算机网络的定义及分类	3
1.2.1 计算机网络的定义	3
1.2.2 计算机网络的拓扑结构	3
1.2.3 计算机网络的分类	4
1.3 计算机网络的组成	5
1.4 计算机网络的性能指标	5
1.5 计算机网络的体系结构和标准化组织	9
1.5.1 网络体系结构的基本概念	9
1.5.2 标准化组织与管理机构	12
1.6 计算机网络参考模型	14
1.6.1 OSI 参考模型	14
1.6.2 TCP/IP 参考模型	16
1.6.3 具有 5 层协议的体系结构	18
习题一	19
第 2 章 物理层	21
2.1 物理层的基本概念	21
2.1.1 物理层的功能和提供的服务	21
2.1.2 数据通信的基本概念	24
2.2 物理层下的传输媒体	30
2.2.1 双绞线	31
2.2.2 同轴电缆	31
2.2.3 光缆	32
2.2.4 地面微波传输	33
2.2.5 卫星通信	33
2.3 信道复用技术	34

2.3.1	频分复用	34
2.3.2	波分复用	34
2.3.3	时分复用	35
2.3.4	码分复用	36
2.4	数字传输技术	38
2.4.1	数据编码技术	38
2.4.2	数据传输技术	43
2.4.3	数据交换技术	44
2.5	宽带接入技术	49
2.6	物理层网络设备	51
	习题二	51
第3章	数据链路层	53
3.1	数据链路层概述	53
3.1.1	数据链路层的基本概念	53
3.1.2	数据链路层的主要功能	54
3.1.3	数据链路层提供的服务	55
3.1.4	数据帧	56
3.2	数据链路层的几种技术	58
3.2.1	差错控制技术	58
3.2.2	差错控制的应用	64
3.2.3	流量控制技术	64
3.3	数据链路层协议	65
3.3.1	停止等待协议	65
3.3.2	滑动窗口协议	67
3.4	数据链路层设备	70
3.4.1	网桥	70
3.4.2	二层交换机	72
	习题三	74
第4章	局域网与广域网	76
4.1	局域网	76
4.1.1	局域网概述	76
4.1.2	局域网体系结构	82
4.2	以太网	87
4.3	虚拟局域网	91
4.4	高速以太网	94

4.5	广域网	100
4.5.1	广域网的标准协议介绍	101
4.5.2	HDLC 协议	101
4.5.3	点对点协议	105
4.5.4	X.25 协议的数据链路层	107
4.5.5	帧中继的数据链路层	108
4.5.6	ATM 的数据链路层	110
	习题四	113
第 5 章	网络层	115
5.1	网络层的基本概念	115
5.1.1	网络层需要解决的问题	115
5.1.2	网络层的地位与功能	116
5.1.3	网络层提供的两种服务	116
5.1.4	网络互连的基本概念	118
5.2	网际协议	118
5.2.1	IPv4	119
5.2.2	IP 地址	119
5.2.3	ARP 与 RARP	125
5.2.4	划分子网和构造超网	130
5.2.5	无分类域间路由选择 (CIDR) 技术	138
5.2.6	网络地址转换 NAT 技术	141
5.2.7	IP 数据报与报头格式	145
5.2.8	IP 数据报的分片和重组	148
5.3	网际控制报文协议 (ICMP)	151
5.3.1	ICMP 的功能	152
5.3.2	ICMP 报文的封装	152
5.3.3	ICMP 报文的类型	152
5.3.4	ICMP 报文	155
5.4	路由技术基础	159
5.4.1	路由器的基本功能	159
5.4.2	路由器的结构	163
5.4.3	路由器的工作原理	164
5.4.4	路由选择策略	165
5.4.5	自治系统和层次路由选择协议	167
5.4.6	内部网关协议 RIP 和 OSPF	167

100	5.4.7 外部网关协议 (BGP)	176
101	5.5 IP 多播与 IGMP	179
101	5.5.1 IP 多播的基本概念	179
201	5.5.2 在局域网实现多播	181
501	5.5.3 IGMP 和多播路由选择协议	181
801	习题五	184
第 6 章	传输层	187
111	6.1 传输层概述	187
211	6.1.1 传输层的几个概念	187
211	6.1.2 传输层的基本功能	191
211	6.1.3 TCP/IP 体系结构中的传输层	194
411	6.2 传输控制协议 (TCP)	195
411	6.2.1 TCP 概述	195
411	6.2.2 TCP 的连接	195
411	6.2.3 TCP 的功能和特点	196
411	6.2.4 TCP 报文	197
411	6.2.5 可靠传输的工作原理	200
251	6.2.6 TCP 的连接与释放	203
491	6.2.7 TCP 的传输控制	206
491	6.2.8 TCP 的流量控制	210
141	6.2.9 TCP 的拥塞控制	211
241	6.3 用户数据报协议 (UDP)	216
341	6.3.1 UDP 概述	216
121	6.3.2 UDP 报文格式	217
321	6.4 传输层的典型应用	219
321	6.4.1 几个常用的 TCP/IP 命令	219
521	6.4.2 网络编程接口	221
621	习题六	232
第 7 章	应用层	234
921	7.1 应用层概述	234
601	7.1.1 应用层简介	234
401	7.1.2 客户/服务器模型	235
201	7.1.3 TCP/IP 应用层协议	236
50	7.2 域名系统	236
101	7.2.1 域名系统概述	236

7.2.2	因特网的域名结构	237
7.2.3	域名服务器和域名解析	238
7.3	万维网 (WWW)	245
7.3.1	WWW 概述	245
7.3.2	统一资源定位地址 (URL)	246
7.3.3	超文本传送协议 (HTTP)	247
7.3.4	通过 Cookie 实现用户与服务器的交互	255
7.3.5	Web 代理服务器和条件 GET 方法	256
7.3.6	HTML 与网站设计	257
7.4	文件传送协议 (FTP)	260
7.4.1	FTP 概述	260
7.4.2	FTP 的工作过程	260
7.4.3	简单文件传送协议 (TFTP)	264
7.5	远程登录协议 (Telnet)	266
7.6	电子邮件 (E-mail)	268
7.6.1	E-mail 概述	268
7.6.2	E-mail 的工作过程	269
7.6.3	简单邮件传送协议 (SMTP)	270
7.6.4	邮件读取协议 POP3 和 IMAP	273
7.6.5	邮件报文格式	276
7.6.6	基于万维网的电子邮件	278
7.7	动态主机配置协议 (DHCP)	279
7.7.1	DHCP 概述	279
7.7.2	DHCP 的工作过程	280
7.7.3	DHCP 的报文格式	281
	习题七	284
第 8 章	网络管理	286
8.1	网络管理概述	286
8.1.1	网络管理的基本概念	286
8.1.2	网络管理的功能	287
8.2	网络管理模型	288
8.3	因特网标准的管理框架	290
8.4	管理信息结构	291
8.5	管理信息库	295
8.6	SNMP 的协议数据单元与 SNMP 报文格式	297
	习题八	302

第9章 网络安全	304
9.1 网络安全概述	304
9.2 密码技术	309
9.3 认证	313
9.4 网络访问控制	316
9.4.1 访问控制技术	316
9.4.2 防火墙技术	317
9.4.3 防火墙配置案例分析	318
9.5 网络安全检测	320
9.6 因特网的层次安全技术	321
9.6.1 网际层安全协议	322
9.6.2 传输层安全协议 SSL/TLS	323
9.6.3 应用层安全协议	325
习题九	327
第10章 网络新技术	329
10.1 无线网络	329
10.1.1 概述	330
10.1.2 无线局域网	332
10.1.3 无线个域网	336
10.1.4 无线城域网	337
10.2 多媒体网络	338
10.2.1 概述	338
10.2.2 流式存储音频/视频	340
10.2.3 实时流协议	342
10.2.4 交互式音频/视频	344
10.3 下一代因特网	351
10.3.1 创建 IPv6 的原因	351
10.3.2 IPv6 的地址空间	353
10.3.3 IPv6 分组的格式	356
10.3.4 网际报文控制协议 (ICMPv6)	361
10.3.5 IPv4 向 IPv6 过渡技术概述	364
10.3.6 IPv6 的应用现状	365
习题十	366
附录 A 部分习题参考答案	368
参考文献	372

第

1

章

绪论

随着计算机的普及和计算机技术的高速发展, 计算机网络已经渗透到社会生产的各个领域, 为了让读者对计算机网络有一个全面的认识, 本章在讨论网络的形成与发展历史的基础上, 对网络的定义、分类与拓扑结构等问题进行了探讨, 介绍了计算机网络的性能指标, 最后重点讨论 OSI/RM、TCP/IP 体系结构和 5 层原理体系结构。



学习目标

- 了解计算机网络的发展
- 重点掌握计算机网络的定义和分类
- 了解计算机网络的拓扑结构
- 掌握计算机网络的组成
- 了解体系结构的概念
- 理解协议的概念和 3 个要素
- 掌握 OSI/RM、TCP/IP 体系结构
- 重点掌握 5 层原理体系结构

1.1 计算机网络的形成与发展

1.1.1 计算机网络的形成

计算机网络是计算机技术和通信技术结合的产物, 随着网络技术的发展, 计算机网络在人们日常生活中起着越来越重要的作用。

从 1946 年第一台电子计算机 ENIAC 到 20 世纪 50 年代初美国军方的 SAGE 的半自动地面防空

系统,实现了 IBM 计算机系统和远程防空雷达系统的信息传输、处理和控制,开始了通过一台计算机系统集中处理不同地域终端用户数据的研究。随着计算机技术的发展,推出了普遍采用面向终端的大型机、中型机和小型机,用户可以在不同的办公场所的终端,将要处理的信息通过通信线路传到计算中心的中央主机,主机系统分时地处理用户请求和分配系统资源,再将结果传到用户终端。

随着计算机应用的发展,提出了多台计算机互连的问题,人们希望通过互连实现不同地域的软、硬件和数据资源的共享,20 世纪 60 年代美国国防部高级研究计划局研制的 ARPANET 对计算机网络的发展起了里程碑的作用,ARPANET 从 1969 年的 4 个结点发展到 1983 年的 100 多个结点,这之后计算机网络如雨后春笋般迅速发展起来,至今已经无法准确地统计其结点数,计算机网络通过有线、无线和卫星可以覆盖世界的大部分地区。

ARPANET 对计算机网络的发展主要贡献表现在:

- 完成了对计算机网络的定义分类与研究内容的描述。
- 提出了资源子网和通信子网的两级网络结构的概念。
- 研究了报文分组交换的数据交换方法。
- 采用了层次结构的网络体系结构模型与协议体系。
- 促进了 TCP/IP 的发展。
- 为 Internet 的形成与发展奠定了基础。

ARPANET 的研究成果对世界计算机网络的发展具有深远的影响,在此基础上出现了大量的计算机网络,如美国加利福尼亚大学劳伦斯原子能研究所的 OCTOPUS、法国信息与自动化研究所的 CYCLADES、国际气象监测网 WWW、欧洲情报网 EIN 等。

1.1.2 计算机网络的发展

计算机网络的发展大致分为 4 个阶段:

第一阶段是 20 世纪 50 年代,实现了计算机技术和通信技术结合,为计算机网络的产生奠定了理论基础。

第二阶段是 20 世纪 60 年代,以 ARPANET 和分组交换技术为代表,是计算机网络发展的里程碑,为今天的 Internet 奠定了基础。

第三阶段是 20 世纪 70 年代,各种广域网、局域网和公用分组交换网迅速发展,国际标准化组织提出了开放系统互连参考模型与网络协议,从理论上阐述了计算机网络发展的标准。

第四阶段是 20 世纪 90 年代,Internet、高速通信网络、无线网络的广泛应用,网络安全技术、宽带城域网、移动网络计算、多媒体网络、网络并行计算、信息高速公路、数据挖掘等将继续成为网络研究的热点。

1.2 计算机网络的定义及分类

1.2.1 计算机网络的定义

对于计算机网络的定义各种资料不尽相同，大体可以分为广义的观点、资源共享的观点和用户透明的观点，目前较为被大家认可的观点是资源共享的观点。

本书将计算机网络定义为：将不同地域的具有独立功能的计算机系统和设备，通过通信设备和通信线路按照一定的形式连接起来，以功能完善的网络软件实现资源共享和信息传递的系统。

概括起来，计算机网络应该具备 3 个基本要素：

(1) 网络中的计算机是具有独立功能的计算机，也就是说“自治计算机”，该要素点明了计算机网络不同于主机系统。

(2) 计算机之间进行通信必须遵循共同的标准和协议。

(3) 计算机网络的目的是资源共享，资源包括计算机的软件资源、硬件资源以及用户数据资源，网络中的用户不仅可以使用本地资源，还可以通过网络完全或部分使用远程网络的计算机资源，或者通过网络共同完成某项任务。

1.2.2 计算机网络的拓扑结构

在计算机网络定义中“通信设备和通信线路按照一定的形式连接起来”所涉及的“一定形式”指的是网络的拓扑结构，就是计算机结点和通信链路所组成的几何形状。

计算机网络拓扑结构有逻辑拓扑结构和物理拓扑结构两层含义，逻辑拓扑结构是指各组成部分之间的逻辑关系；物理拓扑结构指的是各组成部分的物理连接关系。常见的网络拓扑结构有：星形、树形、环形、全连接形、不规则形等，相应的网络有星形网络、树形网络、环形网络等。图 1-1 给出了计算机的网络拓扑结构。

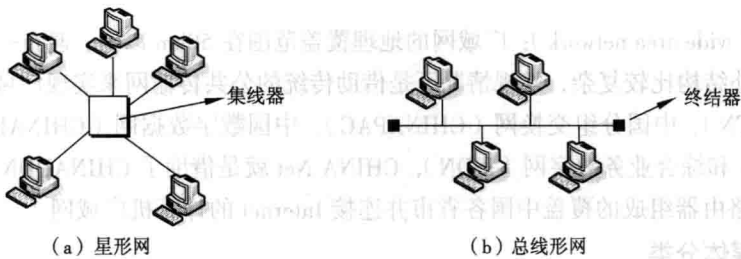


图 1-1 计算机的网络拓扑结构