

普通高校本科计算机专业

特色

教材精选

TCP/IP 网络与协议

兰少华 杨余旺 吕建勇 编著

<http://www.tup.com.cn>



清华大学出版社

普通高校本科计算机专业**特色**教材精选

TCP/IP 网络与协议

兰少华 杨余旺 吕建勇 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

全书共分 21 章,以自底向上的方法,全面系统地介绍了 TCP/IP 的层次结构和协议的基本原理。本书的内容主要包括因特网的体系结构、IP 地址、地址与解析、IP 协议、差错与控制报文协议、IP 路由、传输层协议、域名系统、引导协议与动态主机配置协议、IP 组播、文件传输协议、邮件传输协议、远程登录协议、超文本传输协议、简单网络管理协议、移动 IP、因特网服务质量、多协议标签交换、因特网安全以及新一代因特网协议等内容。

本书力求在介绍 TCP/IP 的基本理论、原理和方法的同时,反映该领域的一些最新的发展动态。

本书可以作为高等学校计算机科学与技术、网络工程和通信工程等专业的本科生或研究生的教材,也可以作为相关领域工程技术人员的参考书。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

TCP/IP 网络与协议/兰少华,杨余旺,吕建勇编著. —北京:清华大学出版社,2006. 1

(普通高校本科计算机专业特色教材精选)

ISBN 7-302-11840-X

I. T… II. ①兰… ②杨… ③吕… III. 计算机网络—通信协议—高等学校—教材
IV. TN915.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 108611 号

出 版 者: 清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

责任编辑: 袁勤勇

印 刷 者: 北京国马印刷厂

装 订 者: 三河市新茂装订有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 22.25 字数: 508 千字

版 次: 2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-11840-X/TP·7695

印 数: 1~3000

定 价: 29.00 元

编 审 委 员 会

主 任：蒋宗礼

副主任：李仲麟 何炎祥

委 员：(排名不分先后)

王向东 宁 洪 朱庆生 吴功宜 吴 跃

张 虹 张 钢 张为群 余雪丽 陈志国

武 波 孟祥旭 孟小峰 胡金初 姚放吾

原福永 黄刘生 廖明宏 薛永生

秘书长：王听讲

出版说明

INTRODUCTION

在我国高等教育逐步实现大众化后，越来越多的高等学校将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。为此，教育部已经启动了“高等学校教学质量和教学改革工程”，强调要以信息技术为手段，深化教学改革和人才培养模式改革。如何根据社会的实际需要，根据各行各业的具体人才需求，培养具有特色显著的人才，是我们共同面临的重大问题。具体地说，培养具有一定专业特色的和特定能力强的计算机专业应用型人才则是计算机教育要解决的问题。

为了适应 21 世纪人才培养的需要，培养具有特色的计算机人才，急需一批适合各种人才培养特点的计算机专业教材。目前，一些高校在计算机专业教学和教材改革方面已经做了大量工作，许多教师在计算机专业教学和科研方面已经积累了许多宝贵经验。将他们的教研成果转化为教材的形式，向全国其他学校推广，对于深化我国高等学校的教学改革是一件十分有意义的事情。

清华大学出版社在经过大量调查研究的基础上，决定组织出版一套“普通高校本科计算机专业特色教材精选”。本套教材是针对当前高等教育改革的新形势，以社会对人才的需求为导向，主要以培养应用型计算机人才为目标，立足课程改革和教材创新，广泛吸纳全国各地的高等院校计算机优秀教师参与编写，从中精选出版确实反映计算机专业教学方向的特色教材，供普通高等院校计算机专业学生使用。

本套教材具有以下特点：

1. 编写目的明确

本套教材是在深入研究各地各学校办学特色的基础上，面向普通高校的计算机专业学生编写的。学生通过本套教材，主要学习计算机科学与技术专业的基本理论和基本知识，接受利用计算机解决实际问题的基本训练，培养研究和开发计算机系统，特别是应用系统的基本能力。

2. 理论知识与实践训练相结合

根据计算学科的三个学科形态及其关系,本套教材力求突出学科的理论与实践紧密结合的特征,结合实例讲解理论,使理论来源于实践,又进一步指导实践。学生通过实践深化对理论的理解,更重要的是使学生学会理论方法的实际运用。在编写教材时突出实用性,并做到通俗易懂,易教易学,使学生不仅知其然,知其所以然,还要会其如何然。

3. 注意培养学生的动手能力

每种教材都增加了能力训练部分的内容,学生通过学习和练习,能比较熟练地应用计算机知识解决实际问题。既注重培养学生分析问题的能力,也注重培养学生解决问题的能力,以适应新经济时代对人才的需要,满足就业要求。

4. 注重教材的立体化配套

大多数教材都将陆续配套教师用课件、习题及其解答提示,学生上机实验指导等辅助教学资源,有些教材还提供能用于网上下载的文件,以方便教学。

由于各地区各学校的培养目标、教学要求和办学特色均有所不同,所以对特色教学的理解也不尽一致,我们恳切希望大家在使用教材的过程中,及时地给我们提出批评和改进意见,以便我们做好教材的修订改版工作,使其日趋完善。

我们相信经过大家的共同努力,这套教材一定能成为特色鲜明、质量上乘的优秀教材。同时,我们也希望通过本套教材的编写出版,为“高等学校教学质量和教学改革工程”作出贡献。

清华大学出版社

前言

PREFACE

人类社会正在大踏步地迈入信息社会，以因特网为代表的信息基础设施正极大地推动着国家的经济建设，改变着人们的工作和生活方式。电子商务和电子政务等基于网络的应用迅速发展。随着网络技术的发展，TCP/IP 协议以其高效、可靠、实用的特点和得天独厚的因特网背景，而逐渐确立了它在网络中的统治地位。

TCP/IP 协议是一个比较庞大的协议簇，协议层次清晰、功能强大、性能稳定。TCP/IP 协议是网络研究工作者智慧的结晶，很多非常优秀的思想方法在该协议中得到了非常完美的体现。各种新型应用的技术需求推动着 TCP/IP 协议的不断发展和进步。

了解和掌握 TCP/IP 协议的体系结构、工作原理和实现方法是对每个网络应用程序开发人员和网络管理人员最基本的要求。

本书在介绍 TCP/IP 的基本概念、原理和方法的同时，注意从以下三个方面突出本书的特点：

- ① 内容上力求全面，涵盖 TCP/IP 的基本内容和各个主要方面；
- ② 在一定程度上反映互联网的最新发展；
- ③ 叙述方法上尽量做到深入浅出，理论联系实际，图文并茂，注意内容的联系、连贯及逻辑性。

本书共分 21 章。第 1 章概述了 TCP/IP 的形成和发展、相关的组织机构、标准文档的形成过程以及未来的发展方向。第 2 章在回顾计算机网络基本概念的基础上，介绍了因特网的体系结构，并将 TCP/IP 的结构与 ISO/OSI 进行了比较。第 3 章介绍了 IP 地址的相关概念，对子网、子网掩码、超网和无类地址进行了讨论。第 4 章介绍了地址解析和反向地址解析的原理，给出了地址解析的报文格式和处理过程，并对代理 ARP 技术进行了介绍。第 5 章对 TCP/IP 网络层的 IP 协议进行了介绍，主要围绕 IP 数据报的格式、IP 数据报首部的校验、数据的分片与重组、IP 数据报的选项以及 IP 模块的结构等问题进行了讨论。第 6 章介绍了 TCP/IP 网络层的另一个重要协议——因特网控制报文协议 ICMP，

详细阐述了 ICMP 协议原理、报文格式、差错报告、控制报文和请求应答报文对。第 7 章讨论了 TCP/IP 的路由功能,给出了路由表的基本结构和路由算法,介绍了静态路由和动态路由的概念,重点介绍了动态路由中的路由表的建立和刷新协议 (RIP、OSPF、BGP)。第 8 章介绍了 TCP/IP 传输层的两个协议——面向连接的 TCP 协议和无连接的 UDP 协议,重点讨论了 TCP 连接、流量控制、拥塞控制和差错控制问题。第 9 章讨论了因特网的域名系统,介绍了名称的解析方法、DNS 报文格式、资源记录以及包含资源记录信息的数据库文件。第 10 章讨论了 TCP/IP 应用层的 BOOTP 和 DHCP 协议,BOOTP 是为网络上无盘结点自动获取其 IP 地址和初始内存映像的启动协议,DHCP 是在 BOOTP 的基础上发展起来的实现主机参数自动配置的协议。第 11 章介绍了 IP 组播的基本概念和模型,重点讨论了因特网组管理协议 IGMP 和组播路由协议。第 12 章讨论了 TCP/IP 应用层的文件传输协议,介绍了 FTP 进程通信模型和命令,以及简单文件传输协议 TFTP,并给出了 FTP 与 TFTP 的比较。第 13 章讨论了 TCP/IP 应用层的电子邮件系统,介绍了简单邮件传输协议 SMTP、邮件获取协议 (POP3、IMAP) 和通用因特网邮件扩充 MIME。第 14 章讨论了 TCP/IP 应用层的远程登录协议,介绍了 Telnet 概念、命令、选项协商及操作模式,并对 UNIX 主机之间的 Rlogin 进行了介绍。第 15 章讨论了 TCP/IP 应用层的超文本传输协议 HTTP,该协议是实现 WWW 全球信息服务系统的基本协议。第 16 章讨论了 TCP/IP 应用层的简单网络管理协议 SNMP,对简单网络管理模型、简单网络管理协议及其报文格式、管理信息结构 SMI、管理信息库 MIB 进行了介绍。第 17 章介绍了移动 IP 的基本概念、工作原理以及相关的技术。第 18 章讨论了当前广泛关注的因特网的服务质量问题,介绍了服务质量的观念以及适应多媒体业务服务质量的实时传输协议 RTP 和实时传输控制协议 RTCP,并重点讨论了与服务质量相关的两个关键技术——集成业务和区分业务。第 19 章讨论了能够灵活地为不同类型的业务提供支持的多协议标签交换 (MPLS) 技术,介绍了 MPLS 的组件、体系结构、工作原理和相关协议。第 20 章讨论了因特网的安全问题,介绍了当前存在的安全威胁和对抗这些安全威胁的安全服务,讲述了保证网络安全的基本技术,并对因特网的 IP 层安全、传输层安全和应用层安全进行了深入的讨论。第 21 章讨论了新一代因特网协议——IPv6 协议,介绍了 IPv6 的数据报格式、扩展首部和 IPv6 地址,并讨论了从 IPv4 向 IPv6 过渡的技术。

本书第 1~9 章和第 20 章由兰少华编写,第 10~19 章由杨余旺编写,第 21 章由吕建勇编写。全书由兰少华统稿。

由于编者水平有限,时间仓促,加之 TCP/IP 协议仍在不断地发展和完善之中,书中难免存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

本书获 2005 年江苏省高等学校重点立项建设精品教材项目资助。

编者的电子邮件地址是: lansh@mail.njust.edu.cn。

编者

2005 年 7 月

目 录

CONTENTS

第 1 章 概述	1
1.1 信息社会与信息基础设施	1
1.1.1 信息社会	1
1.1.2 国家信息基础设施	3
1.1.3 国家空间数据基础设施与数字地球	5
1.2 网络互联的动机和技术	6
1.2.1 网络互联的动机	6
1.2.2 网络互联技术	7
1.3 因特网的形成和发展	8
1.3.1 因特网的发展轨迹	8
1.3.2 中国互联网的发展	10
1.4 有关因特网的组织机构	12
1.4.1 因特网体系结构委员会	12
1.4.2 因特网协会	13
1.4.3 因特网网络信息中心	13
1.4.4 因特网名称与号码分配机构	14
1.4.5 WWW 协会	14
1.5 请求注解	15
1.5.1 因特网技术文档	15
1.5.2 因特网标准建立过程	16
1.5.3 获取 RFC 文档	17
1.6 下一代因特网	18
1.6.1 迈向新一代网络	18
1.6.2 中国的下一代互联网络	19
本章要点	20
习题	21

第 2 章 计算机网络与因特网体系结构	23
2.1 计算机网络概念	23
2.1.1 计算机网络的产生和发展	23
2.1.2 计算机网络的分类	24
2.1.3 网络协议与体系结构	25
2.1.4 局域网技术	28
2.1.5 广域网技术	30
2.1.6 无线网络	32
2.1.7 接入网	40
2.2 因特网体系结构	41
2.2.1 因特网的概念	41
2.2.2 因特网的特点	42
2.2.3 因特网协议分层	42
2.3 开放系统互连参考模型与 TCP/IP 的关系	43
2.4 TCP/IP 协议簇	43
本章要点	45
习题	46
第 3 章 IP 地址	47
3.1 IP 地址概述	47
3.2 分类 IP 地址	49
3.3 特殊 IP 地址	51
3.4 私有网络地址	53
3.5 IP 地址配置	54
3.6 子网及子网掩码	55
3.7 超网	59
3.8 无类地址	60
本章要点	61
习题	62
第 4 章 地址解析	63
4.1 地址解析协议	64
4.1.1 地址解析原理	64
4.1.2 ARP 高速缓存	65
4.1.3 arp 实用程序	67
4.1.4 地址解析实例	68
4.1.5 地址解析中的常见问题	72
4.2 反向地址解析协议	72

4.3 地址解析报文	74
4.3.1 地址解析报文格式	74
4.3.2 地址解析报文处理	74
4.3.3 地址解析报文封装	76
4.4 代理 ARP	77
本章要点	78
习题	78
第5章 IP 协议	79
5.1 IP 数据报格式	80
5.2 无连接数据报传输	83
5.2.1 首部校验	83
5.2.2 数据分片与重组	86
5.3 IP 数据报选项	88
5.3.1 选项格式	88
5.3.2 选项类型	88
5.4 IP 模块的结构	92
本章要点	93
习题	93
第6章 差错与控制报文协议	95
6.1 因特网控制报文协议	95
6.2 ICMP 报文格式与类型	96
6.2.1 ICMP 报文格式	96
6.2.2 ICMP 报文类型	97
6.3 ICMP 差错报告	97
6.3.1 信宿不可达报告	98
6.3.2 数据报超时报告	99
6.3.3 数据报参数错报告	100
6.4 ICMP 控制报文	100
6.4.1 源抑制报文	100
6.4.2 重定向报文	102
6.5 ICMP 请求与应答报文对	103
6.5.1 回应请求与应答报文	104
6.5.2 时间戳请求与应答报文	104
6.5.3 地址掩码请求与应答报文	106
6.5.4 路由器请求与通告报文	106
6.6 ICMP 报文封装	107

本章要点	107
习题	108
第7章 IP路由	109
7.1 直接传递与间接传递	109
7.2 IP路由概述	110
7.3 路由表	111
7.3.1 路由表的构成	111
7.3.2 路由算法	113
7.4 静态路由	114
7.5 动态路由	116
7.5.1 路由信息协议	117
7.5.2 开放最短路径优先	122
7.5.3 边界网关协议	124
本章要点	127
习题	128
第8章 传输层协议	129
8.1 进程间通信	129
8.2 TCP段格式	131
8.3 TCP连接的建立和拆除	134
8.3.1 TCP连接的建立	134
8.3.2 TCP连接的拆除	135
8.4 TCP流量控制	136
8.5 TCP拥塞控制	137
8.6 TCP差错控制	139
8.7 TCP状态转换图	139
8.8 用户数据报协议	141
8.8.1 UDP数据报格式	141
8.8.2 UDP伪首部	142
本章要点	143
习题	144
第9章 域名系统	145
9.1 命名机制与名称管理	145
9.2 因特网域名	146
9.3 DNS服务器	149
9.4 域名解析	150

9.4.1 递归解析·····	150
9.4.2 反复解析·····	150
9.4.3 反向解析·····	151
9.4.4 解析效率·····	151
9.5 DNS 报文格式·····	152
9.6 DNS 资源记录·····	155
9.7 DNS 配置及数据库文件·····	156
9.7.1 DNS 配置文件·····	157
9.7.2 DNSCache 文件·····	158
9.7.3 DNS 正向查询文件·····	158
9.7.4 DNS 反向查询文件·····	159
本章要点·····	160
习题·····	161
 第 10 章 引导协议与动态主机配置协议·····	163
10.1 BOOTP 原理·····	163
10.2 BOOTP 报文·····	164
10.2.1 BOOTP 报文格式·····	164
10.2.2 BOOTP 报文传输·····	166
10.3 启动配置文件·····	168
10.4 DHCP 基本概念·····	170
10.5 DHCP 运行方式·····	172
10.6 DHCP/BOOTP 中继代理·····	175
本章要点·····	176
习题·····	177
 第 11 章 IP 组播·····	179
11.1 IP 组播概念·····	179
11.2 IP 组播模型·····	180
11.3 因特网组管理协议·····	181
11.4 组播路由·····	184
11.5 组播路由协议·····	186
11.5.1 距离向量组播路由选择协议·····	187
11.5.2 开放式组播最短路径优先协议·····	188
11.5.3 与协议无关的组播·····	189
11.5.4 基于核心的树·····	191
本章要点·····	191
习题·····	192

第 12 章 文件传输协议	193
12.1 TCP/IP 文件传输协议	193
12.2 FTP 进程模型	196
12.2.1 FTP 控制连接	196
12.2.2 FTP 数据连接	197
12.2.3 通信	197
12.3 FTP 命令与响应	198
12.4 匿名 FTP	200
12.5 简单文件传输协议	201
12.6 TFTP 报文	202
12.7 TFTP 与 FTP 的比较	204
本章要点	204
习题	205
第 13 章 邮件传输协议	207
13.1 概述	207
13.2 电子邮件地址	208
13.3 邮件转发与网关	209
13.4 电子邮件信息格式	210
13.5 简单邮件传输协议	211
13.6 邮件获取协议	214
13.6.1 POP3 邮局协议-版本 3	214
13.6.2 因特网报文访问协议	215
13.7 多用途因特网邮件扩充	216
本章要点	219
习题	219
第 14 章 远程登录协议	221
14.1 基本概念	221
14.2 Telnet 命令	223
14.3 Telnet 选项及协商	225
14.4 Telnet 子选项协商	226
14.5 Telnet 操作模式	227
14.6 Rlogin	228
14.6.1 连接	228
14.6.2 流量控制	229
14.6.3 客户/服务器命令	230
14.6.4 运行	230

本章要点·····	231
习题·····	232
第 15 章 超文本传输协议 ·····	233
15.1 统一资源定位符·····	233
15.2 超文本传输协议·····	234
15.3 一般格式·····	237
15.4 HTTP 请求报文 ·····	239
15.5 HTTP 响应报文 ·····	240
本章要点·····	241
习题·····	242
第 16 章 简单网络管理协议 ·····	243
16.1 简单网络管理模型·····	243
16.2 简单网络管理协议概述·····	245
16.3 报文格式·····	246
16.4 管理信息结构·····	248
16.5 管理信息库·····	250
16.6 MIB 组 ·····	252
本章要点·····	256
习题·····	256
第 17 章 移动 IP ·····	257
17.1 移动 IP 的出现 ·····	257
17.2 移动 IP 的基本术语 ·····	258
17.3 移动 IP 的工作原理 ·····	260
17.3.1 位置注册·····	260
17.3.2 代理发现·····	261
17.3.3 隧道技术·····	264
17.4 移动 IP 的效率 ·····	266
本章要点·····	268
习题·····	268
第 18 章 因特网服务质量 ·····	269
18.1 服务质量·····	269
18.2 实时传输协议·····	270
18.3 实时传输控制协议·····	273
18.4 集成业务·····	274

18.4.1	IntServ 模型	274
18.4.2	资源预留协议	275
18.5	区分业务	276
18.5.1	区分业务模型	276
18.5.2	DS 字段	278
	本章要点	278
	习题	279
第 19 章	多协议标签交换	281
19.1	多协议标签交换概述	281
19.2	MPLS 体系结构	282
19.3	MPLS 组件	285
19.4	标签分发协议	287
19.5	MPLS 服务	291
	本章要点	294
	习题	295
第 20 章	因特网安全	297
20.1	安全威胁	297
20.2	安全服务	298
20.3	基本安全技术	301
20.3.1	密码技术	301
20.3.2	报文鉴别技术	302
20.3.3	身份认证技术	303
20.3.4	数字签名技术	304
20.3.5	虚拟专用网技术	305
20.3.6	防火墙技术	305
20.3.7	防病毒技术	306
20.4	IP 层安全	307
20.4.1	IP 安全体系结构	307
20.4.2	鉴别首部	308
20.4.3	封装安全有效负载	309
20.5	传输层安全	311
20.6	应用层安全	312
20.6.1	安全超文本传输协议	312
20.6.2	电子邮件安全	314
	本章要点	315
	习题	316

第 21 章 新一代因特网协议	317
21.1 转向新一代因特网协议	317
21.1.1 IPv4 协议存在的问题	317
21.1.2 IPv6 协议	318
21.2 IPv6 数据报格式	319
21.3 IPv6 扩展首部	322
21.3.1 路由选择首部	323
21.3.2 分片首部	324
21.3.3 目的站点选项首部	324
21.3.4 逐跳选项首部	325
21.3.5 鉴别首部	325
21.3.6 扩展首部的顺序	325
21.4 IPv6 地址	326
21.4.1 IPv6 地址结构	327
21.4.2 IPv6 的地址表示方法	328
21.4.3 可聚集全球单播地址	328
21.4.4 IPv6 组播地址	329
21.4.5 特殊地址格式	329
21.4.6 联播地址	330
21.5 向 IPv6 过渡	330
本章要点	332
习题	333
参考文献	335