



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



21世纪大学本科
计算机专业系列教材

吴英 编著

计算机网络软件编程指导书

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

- 根据教育部高教司主持评审的《中国计算机科学与技术学科教程 2002》组织编写
- 与美国 ACM 和 IEEE/CS *Computing Curricula 2005* 同步



清华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

TP393.09/161

2008

21世纪大学本科计算机专业系列教材

计算机网络 软件编程指导书

吴英 编著

· · · · ·
· · · · ·
· · · · ·
· · · · ·
· · · · ·

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《计算机网络(第2版)》的配套教材,根据计算机网络与 Internet 基本概念、基本工作原理与实现技术学习的需要,参考国内外著名大学网络课程编程训练以及大型信息技术企业在员工网络软件编程训练中的相关资料与文献,总结提炼出 13 个网络软件编程题目,分为 3 个不同的难度级,力求做到“结合网络课程的教学过程,通过完成实际网络编程课题训练,加深对网络基本原理与实现方法的理解,掌握网络环境中软件编程的基本方法,逐步提高网络软件编程的能力”。

本书可以作为高等院校计算机、软件工程、电子信息类专业以及相关专业的本科或专科学生学习计算机网络、网络软件编程技术的教材或参考文献,也可以作为从事计算机网络应用与信息技术的工程人员的参考资料。

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。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络软件编程指导书/吴英编著. —北京:清华大学出版社,2008.1

(21 世纪大学本科计算机专业系列教材)

ISBN 978-7-302-16161-5

I. 计… II. 吴… III. 计算机网络—程序设计—高等学校—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 147022 号

责任编辑:张瑞庆 赵晓宁

责任校对:时翠兰

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

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

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175

投稿咨询:010-62772015

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮购热线:010-62786544

客户服务:010-62776969

印刷者:三河市春园印刷有限公司

装订者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:13.25

字 数:272 千字

版 次:2008 年 1 月第 1 版

印 次:2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:22.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:025346-01

21 世纪大学本科计算机专业系列教材编委会

名誉主任：陈火旺

主任：李晓明

副主任：钱德沛 焦金生

委员：（按姓氏笔画为序）

马殿富 王志英 王晓东 宁洪 刘辰

孙茂松 李大友 李仲麟 吴朝晖 何炎祥

宋方敏 张大方 张长海 周兴社 侯文永

袁开榜 钱乐秋 黄国兴 蒋宗礼 曾明

廖明宏 樊孝忠

秘书：张瑞庆

本书责任编辑：钱德沛

序 言

PREFACE

21 世纪是知识经济的时代,是人才竞争的时代。随着 21 世纪的到来,人类已步入信息社会,信息产业正成为全球经济的主导产业。计算机科学与技术的信息产业中占据了最重要的地位,这就对培养 21 世纪高素质创新型计算机专业人才提出了迫切的要求。

为了培养高素质创新型人才,必须建立高水平的教学计划和课程体系。在 20 多年跟踪分析 ACM 和 IEEE 计算机课程体系的基础上,紧跟计算机科学与技术的发展潮流,及时制定并修正教学计划和课程体系是尤其重要的。计算机科学与技术的发展对高水平人才的要求,需要我们从总体上优化课程结构,精炼教学内容,拓宽专业基础,加强教学实践,特别注重综合素质的培养,形成“基础课程精深,专业课程宽新”的格局。

为了适应计算机科学与技术学科发展和计算机教学计划的需要,要采取多种措施鼓励长期从事计算机教学和科技前沿研究的专家教授积极参与计算机专业教材的编著和更新,在教材中及时反映学科前沿的研究成果与发展趋势,以高水平的科研促进教材建设。同时适当引进国外先进的原版教材。

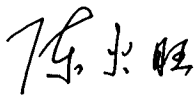
为了提高教学质量,需要不断改革教学方法与手段,倡导因材施教,强调知识的总结、梳理、推演和挖掘,通过加快教案的不断更新,使学生掌握教材中未及时反映的学科发展新动向,进一步拓广视野。教学与科研相结合是培养学生实践能力的有效途径。高水平的科研可以为教学提供最先进的高新技术平台和创造性的工作环境,使学生得以接触最先进的计算机理论、技术和环境。高水平的科研还可以为高水平人才的素质教育提供良好的物质基础。学生在课题研究中不但能了解科学研究的艰辛和科研工作者的奉献精神,而且能熏陶和培养良好的科研作风,锻炼和培养攻关能力和协作精神。

进入 21 世纪,我国高等教育进入了前所未有的大发展时期,时代的进步与发展对高等教育质量提出了更高、更新的要求。2001 年 8 月,教育部颁发了《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》。文件指出,本科教育是高等教育的主体和基础,抓好本科教学是提高整个高等教育质量的重点和关键。随着高等教育的普及和高等学校的扩招,在校大学本科计算机专业学生的人数将大量上升,对适合 21 世纪大学本科计算

机科学与技术学科课程体系要求的,并且适合中国学生学习的计算机专业教材的需求量也将急剧增加。为此,中国计算机学会和清华大学出版社共同规划了面向全国高等院校计算机专业本科生的“21世纪大学本科计算机专业系列教材”。本系列教材借鉴美国 ACM 和 IEEE 最新制定的 *Computing Curricula 2005* (简称 CC2005) 课程体系,反映当代计算机科学与技术学科水平和计算机科学技术的新发展、新技术,并且结合中国计算机教育改革成果和中国国情。

中国计算机学会教育专业委员会和全国高等学校计算机教育研究会,在清华大学出版社的大力支持下,跟踪分析 CC2005,并结合中国计算机科学与技术学科的发展现状和计算机教育的改革成果,研究出了《中国计算机科学与技术学科教程 2002》(China Computing Curricula 2002,简称 CCC2002),该项研究成果对中国高等学校计算机科学与技术学科教育的改革和发展具有重要的参考价值和积极的推动作用。

“21世纪大学本科计算机专业系列教材”正是借鉴美国 ACM 和 IEEE CC2005 课程体系,依据 CCC2002 基本要求组织编写的计算机专业教材。相信通过这套教材的编写和出版,能够在内容和形式上显著地提高我国计算机专业教材的整体水平,继而提高我国大学本科计算机专业的教学质量,培养出符合时代发展要求的具有较强国际竞争力的高素质创新型计算机人才。



中国工程院院士

国防科学技术大学教授

21世纪大学本科计算机专业系列教材编委会名誉主任

前 言

FOREWORD

Internet 应用技术、无线网络技术与网络安全技术的研究与发展使得计算机网络技术进入到了一个更高的阶段,正在对社会产生着前所未有的影响。计算机网络已经和电力、电话一样,成为支持现代社会整体运行的基础设施。目前网络技术发展迅速,应用广泛,知识更新快,产业发展势头强劲,是一个充满活力与机遇的领域。

社会对网络人才的需求十分强烈,但是真正懂网络技术,具备深入网络协议内部的高层次网络应用系统设计和网络软件编程的软件人才非常缺乏,也是社会急需的高级人才。作者作为一名青年教师,从个人的发展经历中深深地体会到,仅通过课堂听课与课后复习的方法学习网络技术不可能达到真正“掌握”的目的。本人对网络理论知识的理解与实际动手能力的提高是在网络课程学习的基础上,通过参加科研工作和完成开发任务的过程中“悟”出来的。

作者在带本科毕业设计的过程中,发现很多计算机专业的本科学子编程能力不是很强,对网络编程更不入门。本科毕业生在求职过程中反映出的实际动手能力弱的缺陷,与课程教学过程中的硬件实验与软件编程训练严重不足的情况直接相关。要提高教学质量,提高学生就业的竞争力,必须加强实践环节的训练。目前,网络课程教学急需解决理论与实际的结合,加强学生实际工作能力的培养的问题。现代的软件都是运行在网络环境中,如果能将两者有机和紧密地结合起来,让学生通过网络软件编程的训练过程去加深对网络理论的理解,同时又能提高学生网络软件编程能力,作者认为这种训练是十分必要的。

基于这样的认识,作者听取了南开大学网络实验室老师和同学的意见,继承网络实验室多年科研工作经验与本科、研究生教学工作实践经验的基础上,根据计算机网络与 Internet 基本概念、基本工作原理与实现技术学习的需要,参考国内外知名大学网络课程编程训练与著名信息技术企业在员工网络软件编程训练中的相关资料与文献,构思了 13 个网络软件编程题目。软件编程题目的选择考虑不同协议层次的覆盖问题,同时将软件编程题目分为 3 个难度级,读者可以参考选题指导,根据不同的要求和不同的基础,有选

择地、循序渐进地完成网络软件编程训练,实现“通过实际编程问题的训练,达到深入理解网络基本工作原理,掌握网络环境中软件编程方法,提高网络软件编程能力”的目的。

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《计算机网络(第2版)》的配套教材。第1章是网络软件编程的练习要求与教学指导。第2章是书中编程题目需要用到的Socket编程基础知识。在第3~第15章中每章对应一个编程题目,包括编程练习的目的、要求、相关知识、设计分析和练习内容。作者针对不同程度与不同要求的读者,对训练课题的选择与进度安排提出了建议。本书可以与主教材配套使用,也可以独立使用。由读者根据自身的基础与学习要求选择编程题目,循序渐进地学习和独立完成网络软件编程训练。完成本书编程题目不需要专门的网络环境与特殊的编程条件。

本书可以作为高等院校计算机、软件工程、电子信息类及相关专业的本科或专科学生学习计算机网络、网络软件编程技术的教材或参考文献,也可作为从事计算机网络应用与信息技术的工程人员继续学习和研发工作的参考资料。

作者在本书的编写过程中,得到南开大学信息技术科学学院网络与信息安全研究室的老师和同学们的很多支持和指导,特别感谢吴功宜教授、刘瑞挺教授、徐敬东教授、张建忠教授的指导和帮助。

限于作者学术水平与经验的不足,错误与不妥之处在所难免,诚恳地希望读者批评指正。

编 者

于南开大学信息技术科学学院

2007年7月20日

目 录

CONTENTS

第 1 章 计算机网络软件编程练习要求与教学指导	1
1.1 网络软件编程能力培养的重要性	1
1.2 计算机网络软件编程的理论基础	3
1.2.1 计算机网络知识结构	3
1.2.2 网络软件编程需要掌握的网络知识	4
1.2.3 教材章节与知识点结构的关系	9
1.3 网络软件编程课题的练习目的与基本内容	11
第 2 章 Socket 编程基础知识	15
2.1 Socket 编程的基本概念	15
2.1.1 套接字的概念	15
2.1.2 套接字的分类	16
2.2 Winsock 网络编程接口	18
2.2.1 Winsock 的基本概念	18
2.2.2 初始化与卸载 Winsock	20
2.2.3 基本 Socket 函数	20
2.2.4 套接字地址结构	25
第 3 章 Ethernet 帧的封装与解析	27
3.1 设计目的	27
3.2 相关知识	27
3.2.1 数据链路层的概念	27
3.2.2 Ethernet 帧的结构	28
3.3 例题分析	30

3.3.1	设计要求	30
3.3.2	关键问题	31
3.3.3	程序源代码	33
3.4	练习题	36
第 4 章	Ethernet 帧的 CRC 校验	38
4.1	设计目的	38
4.2	相关知识	38
4.2.1	CRC 校验的概念	38
4.2.2	CRC 校验的例子	39
4.2.3	CRC 校验的硬件实现	40
4.2.4	CRC 校验的主要特点	42
4.3	例题分析	42
4.3.1	设计要求	42
4.3.2	关键问题	43
4.3.3	程序源代码	45
4.4	练习题	48
第 5 章	IP 地址的合法性判断	49
5.1	设计目的	49
5.2	相关知识	49
5.2.1	IP 地址的基本概念	49
5.2.2	IP 地址的分类方法	50
5.2.3	特殊 IP 地址类型	51
5.2.4	子网的划分	52
5.3	例题分析	53
5.3.1	设计要求	53
5.3.2	关键问题	54
5.3.3	程序源代码	56
5.4	练习题	60
第 6 章	IP 数据包的捕获与解析	62
6.1	设计目的	62
6.2	相关知识	62

6.2.1	网络层的基本概念	62
6.2.2	IP 数据包的结构	63
6.3	例题分析	66
6.3.1	设计要求	66
6.3.2	关键问题	67
6.3.3	程序源代码	71
6.4	练习题	75
第 7 章	IP 数据包的分片与重组	77
7.1	设计目的	77
7.2	相关知识	77
7.2.1	IP 包分片的概念	77
7.2.2	IP 包分片的相关字段	78
7.3	例题分析	80
7.3.1	设计要求	80
7.3.2	关键问题	81
7.3.3	程序源代码	82
7.4	练习题	86
第 8 章	IPv6 数据包的封装与解析	87
8.1	设计目的	87
8.2	相关知识	87
8.2.1	IPv4 协议的主要缺点	87
8.2.2	IPv6 协议的基本概念	88
8.2.3	IPv6 数据包的结构	89
8.2.4	IPv6 地址结构	91
8.2.5	IPv6 的安全功能	93
8.3	例题分析	93
8.3.1	设计要求	93
8.3.2	关键问题	94
8.3.3	程序源代码	96
8.4	练习题	101

第 9 章	发现网络中的活动主机	103
9.1	设计目的	103
9.2	相关知识	103
9.2.1	ICMP 协议的基本概念	103
9.2.2	ICMP 数据包的结构	104
9.3	例题分析	106
9.3.1	设计要求	106
9.3.2	关键问题	107
9.3.3	程序源代码	110
9.4	练习题	115
第 10 章	发现服务器开启的 TCP 端口	116
10.1	设计目的	116
10.2	相关知识	116
10.2.1	传输层的基本概念	116
10.2.2	端口号的分配	117
10.3	例题分析	119
10.3.1	设计要求	119
10.3.2	关键问题	119
10.3.3	程序源代码	121
10.4	练习题	123
第 11 章	TCP 数据包的封装与发送	124
11.1	设计目的	124
11.2	相关知识	124
11.2.1	TCP 协议的基本概念	124
11.2.2	TCP 数据包的结构	125
11.3	例题分析	127
11.3.1	设计要求	127
11.3.2	关键问题	128
11.3.3	程序源代码	130
11.4	练习题	134

第 12 章 基于 TCP 的客户机/服务器程序	136
12.1 设计目的	136
12.2 相关知识	136
12.2.1 TCP 协议的主要特点	136
12.2.2 客户机/服务器编程	137
12.3 例题分析	139
12.3.1 设计要求	139
12.3.2 关键问题	139
12.3.3 程序源代码	144
12.4 练习题	147
第 13 章 基于 UDP 的客户机/服务器程序	149
13.1 设计目的	149
13.2 相关知识	149
13.2.1 UDP 协议的基本概念	149
13.2.2 UDP 数据包的结构	151
13.3 例题分析	152
13.3.1 设计要求	152
13.3.2 关键问题	153
13.3.3 程序源代码	155
13.4 练习题	159
第 14 章 FTP 客户机程序设计	160
14.1 设计目的	160
14.2 相关知识	160
14.2.1 应用层的基本概念	160
14.2.2 FTP 服务的基本概念	161
14.2.3 FTP 服务的工作原理	161
14.2.4 FTP 命令与应答	163
14.3 例题分析	165
14.3.1 设计要求	165
14.3.2 关键问题	166
14.3.3 程序源代码	169

14.4	练习题	179
第 15 章	包过滤防火墙程序设计	181
15.1	设计目的	181
15.2	相关知识	181
15.2.1	网络安全的重要性	181
15.2.2	防火墙的基本概念	182
15.2.3	包过滤的工作原理	183
15.3	例题分析	184
15.3.1	设计要求	184
15.3.2	关键问题	184
15.3.3	程序源代码	187
15.4	练习题	192
附录 A	RFC 文档	193
	参考文献	195

第 1 章

计算机网络软件编程练习 要求与教学指导

1.1 网络软件编程能力培养的重要性

1. 社会对网络编程人才的需求

计算机网络是计算机技术与通信技术相互渗透、密切结合而形成的一门交叉科学,同时也正在与其他专业相结合,促进着相关交叉学科的发展。计算机网络教育正在由开始的普及阶段,进一步地向“扁平化”和“深层次”方向发展。“扁平化”表现在网络课程的教学正在从计算机专业向相关专业发展;“深层次”表现在社会急需大量网络软件高级专门人才。计算机网络是当今计算机科学与技术学科中发展最快的技术之一,也是计算机应用中一个空前活跃的领域。无论是工科、理科,甚至是文科、财经、政法、艺术类。例如计算机、软件工程、网络工程、信息安全、大众传媒、电子商务、电子政务、物流、平面设计等专业,很多课程学习是建立在学生掌握网络知识的基础上。

计算机网络又是一个技术性很强的课程,完整的网络技术训练主要包括基本组网技术的训练和网络环境软件编程技术的训练。计算机网络已经成为软件编程的基本环境。计算机、网络工程与信息安全专业的学生都需要具备在网络环境中完成软件编程的能力。社会对网络软件编程人才的需求日趋旺盛。

从 20 世纪 90 年代开始,我国也和一些发达国家一样,迅速地向信息化社会迈进。社会信息化初期的主要任务是建设覆盖全社会的网络基础设施。我国信息技术与产业的发展,需要大量从事计算机应用系统设计、网络系统集成、软件工程、电信技术、信息服务与各类信息系统管理的专业技术人员,以及网络与信息系统的使用和维护人员。但是,投入大量资金、铺设大批光缆、建设网络系统与构成信息高速公路系统不是目的,这只是社会发展过程中必须经过的第一个阶段,它只能解决信息化社会的“路”的问题。社会信息化的最终目的是通过社会信息化去推动经济发展,协调地解决好“路”、“车”、“货”的关系。

这些都离不开网络软件编程技术、人才与产业的支持。

随着我国信息化进程的发展,社会对人才的需求从信息高速公路设计、建设人才的初级阶段,逐步向信息系统、信息资源与信息服务平台建设,以及信息系统安全、高效运行管理的网络软件人才的高级阶段发展。

2. 网络编程对网络理论课程学习的促进

21 世纪的一个重要特征是数字化、网络化与信息化,它的基础是支持全社会的、强大的计算机网络。随着计算机网络技术的广泛应用,计算机网络知识的学习已变得非常重要,各种类型的学校、各个层次和各个专业的学生都需要学习计算机网络课程。但是,仅通过书本和课堂学习的网络知识是初步的,根本谈不上“掌握”。

通过对已经毕业的学生进行追踪调查,我们发现:学生对计算机网络理论的真正理解与实际工作能力的培养,是在参加科研工作和完成开发任务的过程中“悟”出来和“干”出来的。他们在学习计算机网络课程时,通常只是开始了解计算机网络的一般性知识,以及对网络的实现方法有一个比较模糊的了解。

如果只是在课堂上讲授网络协议与实现方法,同学们会感到很陌生和枯燥,经常提不起兴趣,觉得不好理解,无法掌握。教师在计算机网络课程的考试命题时,只能采取问答题与选择题等几种简单形式。如果将网络协议实现中的重要问题与普遍使用的方法变成软件编程习题,让学生在完成网络理论课程学习的同时,循序渐进地通过完成编程练习来将理论与实际相结合。这样,一方面有助于消除学生对网络协议的神秘感,引起学生对学习的兴趣与热情,调动学生的主动性和积极性;另一方面能帮助学生在练习的完成过程中,逐步理解网络理论知识的精髓,提高知识掌握的深度与学习质量。同时,学生能逐步掌握网络软件编程的基本方法与技巧,提高学生就业的竞争力。

尽管计算机网络与软件编程课程同属于计算机专业必修的课程,网络课程的教学内容中也不可能离开软件实现技术,并且现代的软件都是运行在网络环境中,但是在实际教学过程中还没有很好地将两者有机、紧密地结合起来,让学生通过网络软件编程的练习过程去加深对网络理论的理解,同时又能够提高学生的网络软件编程能力。目前,计算机网络教学急需解决好理论与实际的结合,加强学生实际工作能力培养的问题。网络软件编程练习对于深入理解网络工作原理与实现技术是至关重要的手段之一。

为了满足学生对计算机网络技术学习的需要,本书根据作者多年科研与教学工作的实践经验,参考国内外知名大学的网络课程编程练习与著名信息技术企业在员工网络软件编程练习中的相关资料与文献,配合《计算机网络(第2版)》教材的教学过程,总结提炼出 13 个网络软件编程题目,按照数据链路层、网络层、传输层、应用层与网络安全的结构,将这 13 个题目划分为 5 个部分、3 个不同的难度级,由教师根据教学的需要和进度,或读者根据自身的基础与学习要求来选择编程题目,循序渐进地学习和独立完成网络软件编

程练习,以实现“通过实际网络编程题目的练习,达到加深对网络基本原理的理解,逐步掌握网络环境中软件编程的基本方法,以及提高网络软件编程能力”的目的。

本书安排的编程练习不需要任何特殊的硬件环境和编程语言的支持,学习过“高级语言程序设计”的学生都可以按照教学指导,根据网络课程学习的要求或教师的安排,循序渐进地完成编程练习。本书中的各个题目之间没有前后顺序的约束关系,读者可以根据自己的基础与兴趣独立地选择练习内容。

本书既可以作为《计算机网络(第2版)》教材的配套教材,也可以独立于该教材单独使用。

1.2 计算机网络软件编程的理论基础

1.2.1 计算机网络知识结构

按照《计算机网络(第2版)》教材的组织思路,本书将计算机网络技术所涉及的问题分为计算机网络概论、网络体系结构与网络协议、物理层、数据链路层、介质访问控制子层、网络层、传输层与应用层,对广域网、局域网与城域网、网络互联、分布式进程通信、Internet应用、网络安全技术进行系统地介绍。这种结构的特点是:采用了层次结构的设计思想,但并不拘泥于传统的OSI参考模型的结构,实际的层次结构采用TCP/IP的参考模型与协议集。如图1-1所示为《计算机网络(第2版)》教材的知识点结构。

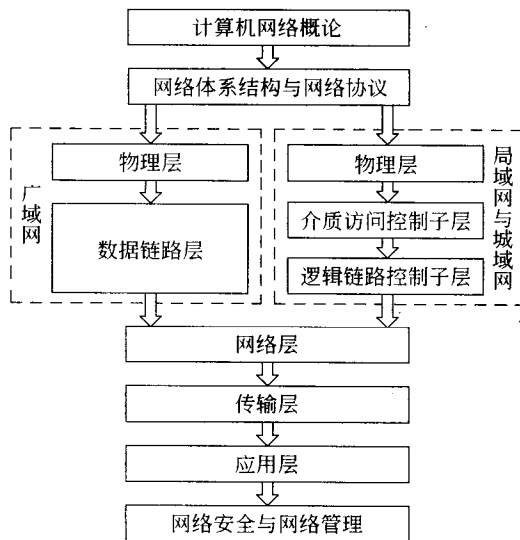


图 1-1 网络教材的知识点结构