

世界著名计算机教材精选

# 计算机网络

## (第4版)



Andrew S. Tanenbaum 著  
潘爱民 译  
徐明伟 审



**COMPUTER NETWORKS** **Fourth Edition**

清华大学出版社



世界著名计算机教材精选

# 计算机网络

(第4版)

Andrew S. Tanenbaum 著  
潘爱民 译  
徐明伟 审

清华大学出版社  
北京

Simplified Chinese edition copyright © 2004 by **PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and TSINGHUA UNIVERSITY PRESS.**

Original English language title from Proprietor's edition of the Work.

Original English language title: Computer Networks, fourth Edition by Andrew S. Tanenbaum, Copyright © 2003

EISBN: 0-13-066102-3

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall PTR.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China(excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macao).

本书中文简体翻译版由 Pearson Education(培生教育出版集团)授权给清华大学出版社在中国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区)出版发行。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2003-5758

**本书封面贴有 Pearson Education(培生教育出版集团)激光防伪标签,无标签者不得销售。**

#### 图书在版编目(CIP)数据

计算机网络:第4版/(美)特南鲍姆(Tanenbaum, A. S.)著;潘爱民译. 北京:清华大学出版社,2004.8  
(世界著名计算机教材精选)

书名原文:Computer Networks, Fourth Edition

ISBN 7-302-08977-9

I. 计… II. ①特… ②潘… III. 计算机网络—教材 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 064677 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:龙啟铭

印 装 者:北京国马印刷厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:47.75 字数:1099千字

版 次:2004年8月第4版 2004年8月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-08977-9/TP·6349

印 数:1~8000

定 价:60.00元

---

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、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)62770175-3103 或(010)62795704

## 译者序

这是一本伴随着网络一起发展与成长的书,原作四个版本分别对应了网络应用的不同阶段。而在国内,第3版中文版几乎成为一代人的网络必读之作。当我于1999年准备转向计算机网络时,首先买了第3版的中文版和影印版,然后花了很长时间才将这本书啃下来,啃完这本书之后的收获是,就好像从门外走进了门内。我相信很多读者也有同样的体会。那是一种拨开乌云见晴天的感觉。

2002年底清华大学出版社的汤斌浩先生找到我,希望由我来翻译这本书,当时我不敢接手,因为它的影响力太大了,我担心翻译不好。尽管我有过翻译经验,而且也扎实地学习过计算机网络,但面对如此长篇巨作,一则担心精力不够,二则担心有些内容翻译不好,毕竟我不可能熟悉书中所有的主题。后来,在汤先生的再三邀请之下,我接受下来。我曾经打算成立一个小组来翻译这本书,不过,考虑到翻译的质量以及时间的安排,最后我还是决定自己独立翻译全部内容,就当从头至尾再学习一遍。对于这样一本书,多花一点时间来学习一遍,肯定是值得的,更何况第4版比第3版增加了不少新内容。如果你阅读过第3版,并且觉得这本书不错的话,我建议你再阅读第4版,毕竟这6年多以来又有了许多重要的变化。

我接触计算机很早(1985年),但是认识计算机网络却非常晚。记得20世纪90年代初还在学校里读书的时候,我很喜欢编写程序,甚至底层的程序也毫不厌烦,但非常不屑于网络,认为计算机网络只是简单地用一根线将几台计算机连接起来,然后相互之间发送一些命令或者数据。这种无知伴随我很多年,直到电子邮件在高校中普及的时候(大约1997年),我还没有用过电子邮件(虽然网络管理员早就给我们每位职工建了一个电子邮件账号)。有意思的是,那时候我也会写一些连接到数据库服务器的客户程序,但是对网络的认识依然非常浅薄。到1997年底我才逐渐转换了脑筋,发现自己原来面对的天空太小了,而且对计算机网络的认识是完全错误的。现在想来,如果我早一点看到这样一本书,那我还会抱憾这么多年吗?现在的人当然不会再犯类似的错误,因为计算机网络已经融入到我们的生活中了,但是,如果你希望了解计算机网络的原理,想一探究竟,那么,这本书会告诉你很多事情。

本书第4版的结构基本上沿袭了第3版的结构,惟一不同之处在于将网络安全部分单独拿出来作为一章放在最后,其他每一章内容都与第3版相对应。作者按照分层模型由底向上逐渐介绍计算机网络每一层次的重要话题,这种方法不仅思路清晰,同时也符合实践中常见网络的基本结构。即使下一代网络(NGN)有一些结构上的调整,但是本书的内容和层次划分仍然适用。

本书第1章实际上是最精彩的一章,作者在这一章中高屋建瓴地介绍了计算机网络

的应用、结构、模型、Internet 历史,以及网络的标准化问题。当你读完了整本书之后再回头读这一章时,你一定会发现自己的理解和认识提高了很多;我相信,对于这一章,每多读一遍就会有新的收获。本书作者有几十年的网络与系统研究经验,这一章很多地方融入了他的深层理解,如果你能够跟上作者的思路,那么你一定能够感受到阵阵共鸣。

第 2~7 章分别介绍了物理层、数据链路层、介质访问控制子层、网络层、传输层和应用层。每一章内容都介绍了最经典的理论和最新的研究成果。作者善于将复杂的理论或原理用易于理解的方式表达出来。由于作者对所讲述的内容有深入的研究,所以,他在介绍时非常准确到位,甚至有些话题比原创者还要叙述得清楚。

第 8 章讲述了关于网络安全的内容。安全性是网络领域中的一个重要话题,而且由于安全性涉及到网络的每一层,所以作者将这一章放在最后。虽然这一章的内容庞杂,许多主题没有详细介绍,但是,这些内容足以让你对网络与信息安全有一个全面的认识。除了基本的信息安全内容以外,作者将一些最新的研究成果也融入进来,比如量子密码学、AES、WEP 等。最后一节关于隐私、言论自由和版权的介绍非常有意思,值得认真一读。

第 9 章给出的参考材料对于科研人员来说是一份丰富的厚礼。几乎可以这样说,当你想了解网络领域中某一个题目时,借助于这本书中有关的论述以及第 9 章给出的参考材料,你一定能快速地进入到相应的领域中,并且找到最为重要的参考材料。

这本书适合于做教材,既可用在课堂上讲授,也适合于自学使用。对于计算机专业的本科生、专科生和研究生,这是一本理想的教科书和参考书,每一章后面给出的大量习题可以帮助巩固和复习所学知识。同时,对于网络研究人员和从事网络工程的技术人员来说,本书也不失为一本很好的参考用书。

在本书的翻译过程中,我参考了第 3 版中译本,在此向第 3 版的译者们致谢。还要感谢清华大学出版社的编辑,我能够感受到他为这本书付出的辛勤劳动。

我曾经期望将这本书翻译成一本完全按照中文习惯来叙述的中文版图书,但是在翻译过程中,我发现这样做的难度很大,而且需要付出极多精力,最后我未能完全做到这一点,但我尽力做到叙述通顺、准确。另外,由于本书覆盖范围广阔,有些领域我并不熟悉,所以在翻译过程中难免有误,请读者谅解。

潘爱民

2004 年 5 月于北京大学燕北园

## 译者简介

---

潘爱民,浙江海宁人,获得南开大学数学学士学位,清华大学工学硕士学位,以及北京大学计算机科学博士学位。从中学时代开始接触计算机编程,经历了从 DOS 到 Windows 各种版本的发展历程。于 1994 年开始在北京大学计算机研究所从事计算机应用方向的研究和开发工作,2000 年破格晋升为副研究员。2002 年担任北京大学计算机研究所信息安全研究室主任。

长期从事软件技术的研究和开发工作,并且撰写了大量的软件技术文章,1999 年曾经是《微电脑世界》杂志社的合作专家。他著写了《COM 原理与应用》(1999 年出版),翻译了多部关于软件开发技术的经典名作,如《Visual C++ 技术内幕》(第 4、6 版)、《C++ Primer 中文版》(第 3 版)、《COM 本质论》、《Effective Java 中文版》等。2000 年开始转向网络与信息安全方向的研究,先后承担了两项由 863 计划资助的研究项目,并发表了多篇学术论文。

从 2001 年开始,在北京大学计算机科学技术系承担研究生课程教学,共讲授了三门课程:《组件技术》、《网络与信息安全》和《程序开发环境分析与实践》,深受学生欢迎。其中前两门课程的讲义放在 Internet 上,可直接下载。

获得了 2001 年微软亚洲研究院“微软学者”称号,2002 年度北京大学优秀教学奖。2003 年获得理学博士学位,专业方向为网络与信息安全。现已加入微软亚洲研究院,从事网络与系统方向的研究工作。

# 前 言

本书现在已经到了第 4 版,它的每一个版本都对应于计算机网络应用的不同阶段。第 1 版于 1980 年面世,当时的计算机网络还只是学院里的玩物;当第 2 版于 1988 年出版时,计算机网络已经为各大学和大公司所使用了;第 3 版于 1996 年出版,此时计算机网络,特别是 Internet,已经变成了千百万人日常生活的一部分。而当第 4 版出版时,无线网络又以许多种形式快速地增长起来。

自从第 3 版以来,网络领域发生了根本性的变化。在 20 世纪 90 年代中期,许多种类的 LAN 和 WAN 同时并存,而且还有多个协议栈。到 2003 年,惟一真正广泛使用的有线 LAN 是以太网,而且,几乎所有的 WAN 都在 Internet 上。因此,大量关于这些老的网络的材料已经被去掉了。

然而,网络领域中也有足够多的新发展的技术。最重要的是无线网络中增加了非常多的内容,包括 802.11、无线本地回路、2G 和 3G 蜂窝网络、蓝牙、WAP、i-mode 等。因此,大量有关无线网络的材料被加入进来。另一个新的重要话题是安全性,所以,这一版增加了一整章来介绍网络安全。

虽然第 1 章如同第 3 版一样,也起的是介绍作用,但是,其内容已完全更新,从而反映出最新的技术变化。例如,这一章给出了有关 Internet、以太网和无线 LAN 的介绍,以及一些历史和背景知识。同时也简短地讨论了家庭网络。

第 2 章略微做了重新调整。在简短地介绍了数据通信的原理以后,接下来三个部分介绍通信传输(有导向的介质、无线和卫星),然后是三个非常重要的例子(公共交换电话系统、移动电话系统和有线电视)。这一章中新引入的话题有 ADSL、宽带无线、无线 MAN,以及通过有线电视网络访问 Internet 和 DOCSIS。

第 3 章仍然讨论点到点协议的基本原理。从本质上讲,这些思想是不会过时的,几十年来它们一直没有发生变化。因此,这一章中展示的几个详细的例子协议基本上与第 3 版中的相同。

与此相反,最近几年来,MAC 子层却是一个非常活跃的领域,所以第 4 章中展示了许多发展变化。介绍以太网的这一节新增加了关于千兆以太网的内容。后面有一些章节的内容完全是新的:无线 LAN、宽带无线、蓝牙和数据链路层交换,包括 MPLS。

第 5 章也已经被更新,原来所有的 ATM 材料都已经被去掉了,新增加一些关于 Internet 的附加材料。服务质量现在也是一个主要的话题,包括关于综合服务和区分服务的讨论。这里也出现了有关无线网络的内容,讨论了 ad hoc 网络中的路由。其他新的话题包括 NAT 和对等网络。

第 6 章仍然是关于传输层的内容,但是这里也有一些变化,其中包括一个 socket 编

程的例子。这一章以 C 语言的形式给出了一个只有一页的客户和一个只有一页的服务器,并且对它们进行了讨论。通过本书的 Web 站点可以下载这些程序,并且可以编译和运行。这两个程序合起来提供了一个可用作实验的基本远程文件或 Web 服务器。在这一章中其他新的话题包括远过程调用、RTP 和事务型 TCP。

第 7 章是关于应用层的内容,现在它有了更加明确的焦点。在简短地介绍了 DNS 以后,这一章余下的部分仅仅讨论了三个话题:电子邮件、Web 和多媒体,但是每个话题都有大量的细节。关于 Web 工作原理的讨论现在超过了 60 页,其中涉及到大量的话题,包括静态和动态 Web 页面、HTTP、CGI 脚本、内容传输网络、cookie 和 Web 缓存。这一部分同时也展示了现代的 Web 页面是如何编写的,包括简短地介绍了 XML、XSL、XHTML、PHP 等,所有这些内容都提供了可测试的例子。这一部分还讨论了无线 Web,主要集中在 i-mode 和 WAP 上。关于多媒体的材料现在包括 MP3、流音频、Internet 电台和 IP 语音。

安全性已经变得越来越重要,所以它被扩展至完整的一章,共有超过 100 页的内容。这一章不仅介绍了安全原理(对称密钥算法和公开密钥算法、数字签名和 X.509 证书),同时也讨论了这些原理的应用(认证、电子邮件安全和 Web 安全)。本章既有广度(从量子密码学到政府审查),又有深度(比如 SHA-1 的细节原理)。

第 9 章包含一份全新的推荐读物列表,以及一份全面的参考文献列表,共有超过 350 条引用。其中 200 多条为 2000 年或 2000 年以后的论文和论著。

计算机著作中总是充满了各种缩写词。本书也不例外。当你阅读完了这本书以后,下面这些缩写词应该会引起你的注意:ADSL、AES、AMPS、AODV、ARP、ATM、BGP、CDMA、CDN、CGI、CIDR、DCF、DES、DHCP、DMCA、FDM、FHSS、GPRS、GSM、HDLC、HFC、HTML、HTTP、ICMP、IMAP、ISP、ITU、LAN、LMDS、MAC、MACA、MIME、MPEG、MPLS、MTU、NAP、NAT、NSA、NTSC、OFDM、OSPF、PCF、PCM、PGP、PHP、PKI、POTS、PPP、PSTN、QAM、QPSK、RED、RFC、RPC、RSA、RSVP、RTP、SSL、TCP、TDM、UDP、URL、UTP、VLAN、VPN、VSAT、WAN、WAP、WDMA、WEP、WWW 和 XML。不过不用担心,每一个缩写词在被使用以前,都会有仔细的定义。

为了帮助任课教师将本书用作课程教材,我已经准备了各种辅助教学材料,包括:

- 一份习题解答手册。
- 包含所有插图的文件(多种格式)。
- 一套 PowerPoint 教案,可适用于将本书用作教材的课程。
- 针对第 3 章中例子协议的一个模拟器(用 C 语言编写)。
- 一个 Web 页面,该页面上的链接指向许多指导材料、组织、FAQ 等等。

习题解答手册可直接通过 Prentice Hall 获得(但仅限于教师,不提供给学生)。所有的材料都在本书的 Web 站点上:

<http://www.prenhall.com/tanenbaum>

在该页面上单击本书的封面即可。

在第 4 版的写作过程中,许多人曾经帮助过我。我要特别感谢以下人员: Ross Anderson、Elizabeth Belding-Royer、Steve Bellovin、Chatschik Bisdikian、Kees Bot、Scott



Bradner, Jennifer Bray, Pat Cain, Ed Felten, Warwick Ford, Kevin Fu, Ron Fulle, Jim Geier, Mario Gerla, Natalie Giroux, Steve Hanna, Jeff Hayes, Amir Herzberg, Philip Homburg, Philipp Hoschka, David Green, Bart Jacobs, Frans Kaashoek, Steve Kent, Roger Kermode, Robert Kinicki, Shay Kutten, Rob Lanphier, Marcus Leech, Tom Maufer, Brent Miller, Shivakant Mishra, Thomas Nadeau, Shlomo Ovadia, Kaveh Pahlavan, Radia Perlman, Guillaume Pierre, Wayne Pleasant, Patrick Powell, Thomas Robertazzi, Medy Sanadidi, Christian Schmutzer, Henning Schulzrinne, Paul Sevinc, Mihail Sichitiu, Bernard Sklar, Ed Skoudis, Bob Strader, George Swallow, George Thiruvathukal, Peter Tomsu, Patrick Verkaik, Dave Vittali, Spyros Voulgaris, Jan-Mark Wams, Ruediger Weis, Bert Wijnen, Joseph Wilkes, Leendert van Doorn 和 Maarten van Steen。

特别感谢 Trudy Levine, 因为她向我证明了老奶奶也可以胜任评阅技术材料一职。Shivakant Mishra 为每一章末尾的习题部分想出了许多挑战性的问题。Andy Dornan 为第 9 章推荐了许多额外的读物。Jan Looyen 在紧要关头提供了关键的硬件设备。F. de Nies 博士在需要的时候完成了专家级的剪切-粘贴工作。Prentice Hall 的编辑 Mary Franz 为我提供了大量的阅读材料, 甚至比我在过去 7 年中购买的资料还要多, 并且她也在其他各个方面提供了有益的帮助。

最后, 我要向几位最重要的人表示感谢: Suzanne, Barbara 和 Marvin。感谢 Suzanne, 因为你的爱、耐心和野炊的午餐。感谢 Barbara 和 Marvin, 你们总是带给我快乐和愉悦的心情(不过, 当你们抱怨糟糕的大学教材时, 却是在提醒着我)。谢谢你们。

Andrew S. Tanenbaum

# 目 录

<b>第 1 章 概述</b> .....	1
1.1 计算机网络的应用 .....	2
1.1.1 商业应用 .....	2
1.1.2 家庭应用 .....	5
1.1.3 移动用户 .....	8
1.1.4 社会问题 .....	10
1.2 网络硬件 .....	12
1.2.1 局域网 .....	14
1.2.2 城域网 .....	15
1.2.3 广域网 .....	16
1.2.4 无线网络 .....	18
1.2.5 家庭网络 .....	20
1.2.6 互联网 .....	21
1.3 网络软件 .....	22
1.3.1 协议层次 .....	22
1.3.2 各层的设计问题 .....	26
1.3.3 面向连接与无连接的服务 .....	27
1.3.4 服务原语 .....	29
1.3.5 服务与协议的关系 .....	30
1.4 参考模型 .....	31
1.4.1 OSI 参考模型 .....	31
1.4.2 TCP/IP 参考模型 .....	35
1.4.3 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型的比较 .....	37
1.4.4 OSI 模型和协议的缺点 .....	38
1.4.5 TCP/IP 参考模型的缺点 .....	40
1.5 网络实例 .....	41
1.5.1 Internet .....	42
1.5.2 面向连接的网络: X.25、帧中继和 ATM .....	50
1.5.3 以太网 .....	55
1.5.4 无线 LAN: 802.11 .....	57
1.6 网络标准化 .....	60
1.6.1 电信领域中最有影响的组织 .....	60
1.6.2 国际标准领域中最有影响的组织 .....	62
1.6.3 Internet 标准领域中最有影响的组织 .....	64

1.7	度量单位 .....	65
1.8	本书其余部分的概要 .....	66
1.9	本章小结 .....	67
	习题 .....	68
<b>第2章</b>	<b>物理层 .....</b>	<b>72</b>
2.1	数据通信的理论基础 .....	72
2.1.1	傅立叶分析 .....	72
2.1.2	有限带宽的信号 .....	73
2.1.3	信道的最大数据传输率 .....	75
2.2	有导向的传输介质 .....	76
2.2.1	磁介质 .....	76
2.2.2	双绞线 .....	76
2.2.3	同轴电缆 .....	77
2.2.4	光纤 .....	78
2.3	无线传输 .....	84
2.3.1	电磁波谱 .....	84
2.3.2	无线电传输 .....	86
2.3.3	微波传输 .....	87
2.3.4	红外线和毫米波 .....	90
2.3.5	光波传输 .....	90
2.4	通信卫星 .....	91
2.4.1	地球同步卫星 .....	92
2.4.2	中间轨道卫星 .....	95
2.4.3	低轨道卫星 .....	95
2.4.4	卫星和光纤 .....	98
2.5	公共交换电话网络 .....	99
2.5.1	电话系统的结构 .....	99
2.5.2	电话业中的政治学 .....	102
2.5.3	本地回路:调制解调器、ADSL 和无线 .....	103
2.5.4	干线和多路复用 .....	115
2.5.5	交换 .....	123
2.6	移动电话系统 .....	127
2.6.1	第一代移动电话:模拟语音 .....	128
2.6.2	第二代移动电话:数字语音 .....	132
2.6.3	第三代移动电话:数字语音与数据 .....	139
2.7	有线电视 .....	142
2.7.1	共天线电视 .....	142
2.7.2	基于有线电视网络的 Internet .....	143
2.7.3	频谱分配 .....	144
2.7.4	电缆调制解调器 .....	145
2.7.5	ADSL 与有线电视网 .....	147

2.8 本章小结 .....	148
习题 .....	149
<b>第3章 数据链路层 .....</b>	<b>154</b>
3.1 数据链路层设计要点 .....	154
3.1.1 为网络层提供的服务 .....	155
3.1.2 成帧 .....	157
3.1.3 错误控制 .....	160
3.1.4 流控制 .....	161
3.2 错误检测和纠正 .....	161
3.2.1 纠错码 .....	162
3.2.2 检错码 .....	164
3.3 基本数据链路协议 .....	167
3.3.1 一个无限制的单工协议 .....	171
3.3.2 一个单工的停-等协议 .....	172
3.3.3 有噪声信道的单工协议 .....	174
3.4 滑动窗口协议 .....	177
3.4.1 1位滑动窗口协议 .....	179
3.4.2 使用回退 n 帧技术的协议 .....	181
3.4.3 使用选择性重传的协议 .....	187
3.5 协议验证 .....	192
3.5.1 有限状态机模型 .....	193
3.5.2 Petri 网模型 .....	195
3.6 数据链路层协议示例 .....	197
3.6.1 HDLC—高级数据链路控制 .....	197
3.6.2 Internet 中的数据链路层 .....	200
3.7 本章小结 .....	204
习题 .....	205
<b>第4章 介质访问控制子层 .....</b>	<b>209</b>
4.1 信道分配问题 .....	209
4.1.1 LAN 和 MAN 中的静态信道分配方案 .....	209
4.1.2 LAN 和 MAN 中的动态信道分配方案 .....	210
4.2 多路访问协议 .....	212
4.2.1 ALOHA .....	212
4.2.2 载波检测多路访问协议 .....	215
4.2.3 无冲突的协议 .....	218
4.2.4 有限竞争协议 .....	220
4.2.5 波分多路访问协议 .....	223
4.2.6 无线 LAN 协议 .....	225
4.3 以太网 .....	228

4.3.1	以太网电缆	228
4.3.2	曼彻斯特编码	231
4.3.3	以太网 MAC 子层协议	232
4.3.4	二元指数后退算法	235
4.3.5	以太网的性能	235
4.3.6	交换式以太网	237
4.3.7	快速以太网	238
4.3.8	千兆以太网	241
4.3.9	IEEE 802.2:逻辑链路控制	244
4.3.10	关于以太网的回顾	245
4.4	无线 LAN	246
4.4.1	802.11 协议栈	246
4.4.2	802.11 物理层	247
4.4.3	802.11 MAC 子层协议	248
4.4.4	802.11 帧结构	252
4.4.5	服务	253
4.5	宽带无线网络	254
4.5.1	802.11 和 802.16 的比较	255
4.5.2	802.16 协议栈	256
4.5.3	802.16 物理层	257
4.5.4	802.16 MAC 子层协议	259
4.5.5	802.16 帧结构	260
4.6	蓝牙技术	261
4.6.1	蓝牙的体系结构	261
4.6.2	蓝牙应用	262
4.6.3	蓝牙协议栈	264
4.6.4	蓝牙无线电层	265
4.6.5	蓝牙基带层	265
4.6.6	蓝牙 L2CAP 层	266
4.6.7	蓝牙的帧结构	266
4.7	数据链路层交换	267
4.7.1	从 802.x 到 802.y 的网桥	269
4.7.2	本地的网络互连	271
4.7.3	生成树网桥	273
4.7.4	远程网桥	274
4.7.5	中继器、集线器、网桥、交换机、路由器和网关	275
4.7.6	虚拟 LAN	277
4.8	本章小结	284
	习题	285

## 第 5 章 网络层

5.1	网络层设计要点	290
-----	---------	-----

5.1.1	存储-转发分组交换 .....	290
5.1.2	向传输层提供的服务 .....	291
5.1.3	无连接服务的实现 .....	292
5.1.4	面向连接服务的实现 .....	293
5.1.5	虚电路子网和数据报子网的比较 .....	294
5.2	路由算法 .....	295
5.2.1	优化原则 .....	297
5.2.2	最短路径路由 .....	297
5.2.3	扩散法 .....	299
5.2.4	距离矢量路由 .....	301
5.2.5	链路状态路由 .....	304
5.2.6	分级路由 .....	309
5.2.7	广播路由 .....	311
5.2.8	多播路由 .....	312
5.2.9	移动主机的路由 .....	314
5.2.10	Ad Hoc 网络中的路由 .....	316
5.2.11	对等网络中的节点查询 .....	321
5.3	拥塞控制算法 .....	325
5.3.1	拥塞控制的通用原则 .....	326
5.3.2	拥塞预防策略 .....	328
5.3.3	虚电路子网中的拥塞控制 .....	329
5.3.4	数据报子网中的拥塞控制 .....	330
5.3.5	负载丢弃 .....	333
5.3.6	抖动控制 .....	334
5.4	服务质量 .....	335
5.4.1	需求 .....	335
5.4.2	获得好的服务质量所使用的技术 .....	337
5.4.3	综合服务 .....	346
5.4.4	区分服务 .....	349
5.4.5	标签交换和 MPLS .....	351
5.5	网络互联 .....	354
5.5.1	网络的不同之处 .....	355
5.5.2	网络如何连接起来 .....	356
5.5.3	级联虚电路 .....	357
5.5.4	无连接的网络互连 .....	358
5.5.5	隧道技术 .....	360
5.5.6	互连网路由 .....	361
5.5.7	分段 .....	362
5.6	Internet 上的网络层 .....	365
5.6.1	IP 协议 .....	367
5.6.2	IP 地址 .....	370
5.6.3	Internet 控制协议 .....	380

5.6.4	OSPF—内部网关路由协议	385
5.6.5	BGP—外部网关路由协议	390
5.6.6	Internet 多播	391
5.6.7	移动 IP	392
5.6.8	IPv6	394
5.7	本章小结	402
	习题	403
<b>第 6 章</b>	<b>传输层</b>	<b>409</b>
6.1	传输服务	409
6.1.1	向上层提供的服务	409
6.1.2	传输服务原语	410
6.1.3	Berkeley Socket(伯克利套接字)	413
6.1.4	套接字程序设计的例子:一个 Internet 文件服务器	415
6.2	传输协议的要素	419
6.2.1	编址	420
6.2.2	建立连接	423
6.2.3	释放连接	427
6.2.4	流控制和缓冲	430
6.2.5	多路复用	434
6.2.6	崩溃恢复	435
6.3	一个简单的传输协议	437
6.3.1	服务原语示例	437
6.3.2	传输实体示例	438
6.3.3	传输实体作为一个有限状态机的示例	446
6.4	Internet 传输协议—UDP	448
6.4.1	UDP 介绍	448
6.4.2	远过程调用	449
6.4.3	实时传输协议	452
6.5	Internet 传输协议—TCP	454
6.5.1	TCP 介绍	454
6.5.2	TCP 服务模型	455
6.5.3	TCP 协议	457
6.5.4	TCP 数据段的头	458
6.5.5	TCP 连接的建立	461
6.5.6	TCP 连接的释放	462
6.5.7	TCP 连接的管理模型	462
6.5.8	TCP 传输策略	464
6.5.9	TCP 拥塞控制	467
6.5.10	TCP 定时器管理	470
6.5.11	无线 TCP 和 UDP	472
6.5.12	事务型 TCP	474

6.6	性能问题 .....	476
6.6.1	计算机网络中的性能问题 .....	476
6.6.2	网络性能的测量 .....	478
6.6.3	具有更好性能的系统设计 .....	481
6.6.4	快速的 TPDU 处理 .....	484
6.6.5	针对千兆网络的协议 .....	486
6.7	本章小结 .....	490
	习题 .....	491
<b>第 7 章</b>	<b>应用层 .....</b>	<b>495</b>
7.1	DNS—域名系统 .....	495
7.1.1	DNS 名字空间 .....	496
7.1.2	资源记录 .....	498
7.1.3	名字服务器 .....	501
7.2	电子邮件 .....	503
7.2.1	结构与服务 .....	504
7.2.2	用户代理 .....	505
7.2.3	消息格式 .....	508
7.2.4	消息传输 .....	515
7.2.5	最后的投递 .....	517
7.3	万维网 .....	523
7.3.1	结构概述 .....	523
7.3.2	静态 Web 文档 .....	538
7.3.3	动态 Web 文档 .....	551
7.3.4	HTTP—超文本传输协议 .....	558
7.3.5	性能增强 .....	563
7.3.6	无线 Web .....	568
7.4	多媒体 .....	577
7.4.1	数字音频介绍 .....	577
7.4.2	音频压缩 .....	579
7.4.3	流式音频 .....	581
7.4.4	Internet 电台 .....	585
7.4.5	IP 语音 .....	587
7.4.6	视频简介 .....	593
7.4.7	视频压缩 .....	596
7.4.8	视频点播 .....	602
7.4.9	Mbone—多播骨干网 .....	608
7.5	本章小结 .....	611
	习题 .....	612
<b>第 8 章</b>	<b>网络安全 .....</b>	<b>617</b>
8.1	密码学 .....	619



8.1.1	密码学简介 .....	620
8.1.2	置换密码 .....	622
8.1.3	转置密码 .....	623
8.1.4	一次一密 .....	624
8.1.5	两条基本的密码学原则 .....	628
8.2	对称密钥算法 .....	630
8.2.1	DES 数据加密标准 .....	632
8.2.2	高级加密标准 AES .....	634
8.2.3	密码算法的使用模式 .....	637
8.2.4	其他密码算法 .....	642
8.2.5	密码分析 .....	642
8.3	公开密钥算法 .....	643
8.3.1	RSA .....	644
8.3.2	其他的公开密钥算法 .....	645
8.4	数字签名 .....	646
8.4.1	对称密钥签名 .....	647
8.4.2	公开密钥数字签名 .....	647
8.4.3	消息摘要 .....	649
8.4.4	生日攻击 .....	652
8.5	公钥的管理 .....	654
8.5.1	证书 .....	655
8.5.2	X.509 .....	656
8.5.3	公开密钥基础设施 .....	657
8.6	通信安全 .....	660
8.6.1	IPSec .....	661
8.6.2	防火墙 .....	664
8.6.3	虚拟私有网络 .....	667
8.6.4	无线网络安全 .....	668
8.7	认证协议 .....	672
8.7.1	基于共享秘密密钥的认证 .....	673
8.7.2	建立一个共享密钥:Diffie-Hellman 密钥交换协议 .....	677
8.7.3	使用密钥分发中心的认证协议 .....	679
8.7.4	使用 Kerberos 的认证协议 .....	682
8.7.5	使用公开密钥密码学的认证协议 .....	684
8.8	电子邮件安全 .....	684
8.8.1	PGP - Pretty Good Privacy .....	685
8.8.2	PEM - Privacy Enhanced Mail .....	689
8.8.3	S/MIME .....	689
8.9	Web 安全 .....	690
8.9.1	威胁 .....	690
8.9.2	安全的命名机制 .....	691
8.9.3	安全套接字层 SSL .....	697
8.9.4	移动代码的安全 .....	700