



国外经典教材·计算机科学与技术

PEARSON

Prentice
Hall

Internetworking With TCP/IP Vol III: Client-Server Programming And Applications Windows Sockets Version

TCP / IP 网络互联技术 (卷3): 客户-服务器编程与应用 (Windows 套接字版)

(美) Douglas E.Comer David L.Stevens 著

张卫
王能 译



清华大学出版社

国外经典教材·计算机科学与技术

TCP/IP 网络互联技术 (卷 3):

客户-服务器编程与应用

(Windows 套接字版)

(Internetworking With TCP/IP Vol III: Client-Server Programming And Applications
Windows Sockets Version)

(美) Douglas E.Comer, David L.Stevens 著

张 卫 卫 能 译

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书介绍了在 Windows 操作系统平台上如何使用 Windows 套接字应用程序接口(Windows Socket API)编写 TCP/IP 通信程序。重点放在客户-服务器机制上,介绍了客户-服务器机制和应用程序用于网络通信的套接字接口,分析了分布式程序的客户端和服务端两部分的算法,讨论了客户端和服务器的设计及遵循的模式。本书在并发处理上也花费了相当大的篇幅,描述了并发线程以及相关的创建线程的操作系统函数。本书给出了能说明每个设计思想的实现方法,讨论了包括应用层网关和管道在内的各种技术,回顾了几个标准应用协议,并使用它们说明一些算法和实现技术。本书包含的一些例子程序显示了每个设计实际上如何操作,大多数的例子实现了标准因特网应用协议。

本书适合于大学高年级学生或研究生的网络编程入门课程,也可作为程序员的参考书。

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: Internetworking With TCP/IP Vol III: Client-Server Programming And Applications Windows Sockets Version, first edition by Douglas E.Comer, David L.Stevens, Copyright © 1997 EISBN: 0-13-848714-6

All Rights Reserved.

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

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: 01-2003-1762

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。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

TCP/IP 网络互联技术(卷3):客户-服务器编程与应用(Windows 套接字版)/(美)科默(Comer,D.E.), (美)斯蒂文斯(Stevens,D.L.)著;张卫,王能译. —北京:清华大学出版社,2004.9

书名原文: Internetworking With TCP/IP Vol III: Client-Server Programming And Applications Windows Sockets Version

(国外经典教材·计算机科学与技术)

ISBN 7-302-09379-2

I. T… II. ①科… ②斯… ③张… ④王… ⑤①计算机网络-通信协议-教材 ②网络服务器-应用软件-程序设计-教材 IV. ①TN915.04 ②TP393.09

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 089271 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦

http://www.tup.com.cn 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 许存权

文稿编辑: 吕春龙

封面设计: 久久度文化

印 刷 者: 北京季蜂印刷有限公司

装 订 者: 三河市金元装订厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印 张: 30 字 数: 647 千字

版 次: 2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-09379-2/TP·6550

印 数: 1~5000

定 价: 54.00 元

国外经典教材·计算机科学与技术

编审委员会

主任委员：

孙家广 清华大学教授

副主任委员：

周立柱 清华大学教授

委员（按姓氏笔画排序）：

王成山	天津大学教授
王 珊	中国人民大学教授
冯少荣	厦门大学教授
冯全源	西南交通大学教授
刘乐善	华中科技大学教授
刘腾红	中南财经政法大学教授
吉根林	南京师范大学教授
孙吉贵	吉林大学教授
阮秋琦	北京交通大学教授
何 晨	上海交通大学教授
吴百锋	复旦大学教授
李 彤	云南大学教授
杨宗源	华东师范大学教授
沈钧毅	西安交通大学教授
邵志清	华东理工大学教授
陈 纯	浙江大学教授
陈 钟	北京大学教授
陈道蓄	南京大学教授
周伯生	北京航空航天大学教授
孟祥旭	山东大学教授
姚淑珍	北京航空航天大学教授
徐佩霞	中国科学技术大学教授
徐晓飞	哈尔滨工业大学教授
秦小麟	南京航空航天大学教授
钱培德	苏州大学教授
曹元大	北京理工大学教授
龚声蓉	苏州大学教授
谢希仁	中国人民解放军理工大学教授

出版说明

近年来，我国高等学校的计算机学科教育进行了较大的改革，急需一批门类齐全、具有国际先进水平的计算机经典教材，以适应当前的教学需要。引进国外经典教材，可以了解并吸收国际先进的教学思想和教学方法，使我国的计算机学科教育能够与国际接轨，从而培育更多具有国际水准的计算机专业人才，增强我国信息产业的核心竞争力。Pearson、Thomson、McGraw-Hill、Springer、John Wiley 等出版集团都是全球最有影响的图书出版机构，它们在高等教育领域也都有着不凡的表现，为全世界的高等学校计算机教学提供了大量的优秀教材。为了满足我国高等学校计算机学科的教学需要，我社计划从这些知名的国外出版集团引进计算机学科经典教材。

为了保证引进版教材的质量，我们在全国范围内组织并成立了“清华大学计算机外版教材编审委员会”（以下简称“编委会”），旨在对引进教材进行审定、对教材翻译质量进行评审。“编委会”成员皆为全国各类重点院校教学与科研第一线的知名教授，其中许多教授为各校相关院、系的院长或系主任。“编委会”一致认为，引进版教材要能够满足国内各高校计算机教学与国际接轨的需要，要有特色风格，有创新性、先进性、示范性和一定的前瞻性，才是真正的经典教材。为了保证外版教材的翻译质量，我们聘请了高校计算机相关专业教学与科研第一线的教师及相关领域的专家担任译者，其中许多译者为海外留学回国人员。为了尽可能地保留与发扬教材原著的精华，在经过翻译和编辑加工之后，由“编委会”成员对文稿进行审定，以最大程度地弥补和修正在前面一系列加工过程中对教材造成的误差和瑕疵。

由于时间紧迫和能力所限，本套外版教材在出版过程中还可能存在一些不足和遗憾，欢迎广大师生批评指正。同时，也欢迎读者朋友积极向我们推荐各类优秀的国外计算机教材，共同为我国高等学校的计算机教育事业贡献力量。

清华大学出版社

译 者 的 话

很高兴有机会翻译 Douglas E. Comer 博士和 David L. Stevens 合作编写的《客户-服务器编程和应用 (Windows 套接字版)》一书。该书是《TCP/IP 网络互连技术》系列丛书的第 3 卷, 同列为第 3 卷的还有 UNIX 套接字版。Douglas E. Comer 博士在 20 世纪 70 年代就参与了 TCP/IP 和互联网的研究, 在该领域具有丰富的经验, 并撰写了大量的科研论文和教科书。他编写的这套丛书负有盛名, 已被国内外的许多大学作为本科生和研究生的教材。

TCP/IP 网络体系结构和协议栈已成为计算机网络事实上的标准, 大量的计算机应用系统通过对 TCP/IP 协议栈的访问获得了网络通信的服务。在应用系统中如何设计客户机和服务器? 如何实现通信中的并发过程? 如何进行远程过程调用? 如何设计分布式程序? 对于这些经常遇到的问题, 作者以其丰富的经验, 借助例子深入浅出地在书中一一作了回答。同时作者也结合第 1 卷和第 2 卷的内容, 说明了一些应用协议的实现方法, 对读者深入领会这些协议的精髓提供了帮助。

本书内容丰富, 概念清楚, 讲解详细, 有实例有验证, 在每章后面又有足够的习题, 可供读者巩固学习到的知识, 增强实际应用能力。它既适合于高等院校计算机专业的学生, 也可供从事在计算机网络上设计编写应用程序的开发人员作为参考书使用。正如作者所说, 学生只有亲手使用教材后, 才会欣赏它。我们相信该书会给读者带来帮助和成功的乐趣。

本书的翻译由张卫和王能负责, 参加翻译工作的还有: 朱逢霖、方奕、董梅、吴哲、王超和刘璿。我们在尊重原著的基础上, 力求准确、严谨地翻译本书, 但由于翻译水平所限, 难免有错误和欠妥之处, 敬请读者批评指正。

译 者

华东师范大学计算机系

2004 年 3 月于上海

序 一

很荣幸能向读者介绍 Dr. Douglas E. Comer 的著作系列中的 Windows 套接字部分：TCP/IP 网络互联技术。这个系列，从 1987 年开始编写，现在是读者学习网络协议族（Internet 协议族）的主要资料。该协议族使得不同厂商的计算机间通信成为可能。

我认为，与“不必深入了解因特网技术”的说法相反，这项创造性的工作是值得期待的。当媒体和企业使得大众对因特网充满了神秘的想像时，Dr. Comer 清楚地解释了使得因特网成为可能的技术真相。

随着 Internet 上 Windows 平台的日益流行，Doug 和 David L. Stevens 合著的这套书尤其重要。第三卷，客户-服务器编程与应用，教我们怎样设计和构建客户-服务器应用程序，而且更重要的是它还教我们怎样理解每个设计决策中所作的平衡和折衷。这对于那些正感受到开放系统和因特网的强大功能的无数 Windows 程序员来说是一项至关重要的技术。

因此，我邀请你参加到这个难忘的旅程中来，去理解网络互联技术的理论、设计以及实现方法的面貌和原因。

Marshall T. Rose

Theorist, Implementor, and Agent Provocateur

Del Mar, California

序 二

很高兴能出版网络互连技术系列第 3 卷的 Windows 套接字版本。粗略地说，第 1 卷解释了什么是 TCP/IP 因特网。第 2 卷解释了 TCP/IP 软件如何工作。而第 3 卷则解释了应用软件如何在因特网上使用 TCP/IP 通信。它把重点放在客户-服务器机制上，并分析了分布式程序的客户端和服务器的算法。本书给出了能说明每个设计思想的实现方法，讨论了包括应用层网关和管道在内的各种技术。另外，它回顾了几个标准应用协议，使用它们说明一些算法和实现技术。有关死锁和活锁的一章讨论了客户-服务器系统失败的几种表现，产生这些问题的原因，以及防止这些问题出现的技术。

我们编写这本书是为了满足那些为个人计算机构建软件的程序员的需求。针对 PC 机的软件来自微软公司。有两个流行的操作系统：Windows 95 和 Windows NT。这两个系统都支持 Win32 编程接口，可以使用本书所讨论的 Windows 套接字应用程序接口（Windows Socket API）。

本书描述了适合 Windows 95 和 Windows NT 的抽象概念。例如，并发性的讨论回顾了 Windows 下线程的抽象概念，这对于后面章节中并发服务器的讨论很重要。更重要的是，本书所给出的例子代码都已经在 Windows 95 和 Windows NT 下测试通过，并且可以从网上下载。要得到本书的电子版，可以在下面这个链接地址上找到：

<http://www.cs.purdue.edu/homes/comer/books.html>

或者在下面这个 FTP 目录下搜索文件名以 TCPIP-vol3 开头的文件：

<ftp://ftp.cs.purdue.edu/pub/comer>

本书采用了容易理解的编写结构。开头几章介绍了客户-服务器机制和应用程序用于网络通信的套接字接口。另外还描述了并发线程以及相关的创建线程的操作系统函数。后续的章节讨论了客户端和服务器的设计，并解释了各种可能的设计不是随机的产生的，而是遵循了一种可被理解的模式，它考虑了并发和传输的选择。例如，有一章讨论了一个非并发的服务器设计，它使用面向连接的传输（如 TCP），而另一章讨论了一个类似的设计，它使用无连接的传输（如 UDP）。

我们描述了每个设计如何适应各种可能的实现空间，而没有尝试去开发客户-服务器交互的抽象理论。我们强调对于程序员来说很重要的实际设计原则和技术。每种技术在一定的环境下都有优点，而且都已在工作软件中被使用。我们相信，读者理解了各个设计之间的概念性联系将有助于鉴别每种实现方法的优点和缺点，也会使对各种方法的选择变得更容易。

本书含有的一些例子程序显示了每个设计实际上是如何操作的。大多数的例子实现了标准的因特网应用协议。在各种情况下，我们尝试选择一个能传达单个设计思想的应用协议，避免在理解上过于复杂。因此，虽然很少有特别出色的例子程序，但是每个例子程序都说明了一个重要的概念。

后面的章节讨论了远程过程调用的概念，并描述如何利用它来构建分布式程序。它们把远程过程调用技术和客户-服务器模型联系起来，显示如何利用远程过程调用来创建客户和服务器程序。有关 TELNET 的章节展示了细枝末节如何支配了一个产品程序，以及即使是一个简单的面向字符的协议，其代码是如何的复杂。

本书很大部分的重点在并发处理。编写过并发程序的学生可能很熟悉我们所描述的许多概念，因为这些概念可应用于所有的并发程序，而不仅仅是网络应用程序。没编写过并发程序的学生可能会发现这些概念很难理解。

本书适合于高年级学生或研究生一个学期的网络入门课程。因为本书重点在如何使用网络互连技术，而不是网络互联是如何工作的，因此学生几乎不需要太多的网络背景知识就能理解这些内容。只要教师按合适的进度循序渐进，就没有什么特别的概念会令人感到太难。介绍操作系统基本概念或并发编程实际经验的基础课程，可提供最佳的背景材料。

学生只有亲手使用教材后，才会欣赏它。因此，任何课程都应该安排编程实践，强迫学生将其想法应用到实际程序中。大学本科生可以通过反复设计其他的应用协议来学习基本概念。研究生则应该编写强调某些细微技术的更加复杂的分布式程序（如第 15 章中的并发管理技术和第 17 章中的互连技术）。

在此要感谢很多人的帮助。Purdue 大学因特网研究小组的成员们给本书原稿贡献了技术信息和建议。Vince Russo 提供了技术帮助，John Lin 校对了本书。Christine Comer 编辑了修订本，并改进了行文和一致性。

Douglas E. Comer
David L. Stevens

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 TCP/IP 的应用	1
1.2 分布式环境下应用程序的设计	1
1.3 标准和非标准的应用协议	2
1.4 使用标准应用协议的例子	2
1.5 telnet 连接的例子	3
1.6 用 TELNET 访问其他服务	3
1.7 应用协议和软件的灵活性	4
1.8 从提供者的角度看服务	5
1.9 本书的其余部分	6
1.10 小结	6
进一步的研究	6
习题	6
第 2 章 客户-服务器模型和软件的设计	8
2.1 简介	8
2.2 动机	8
2.3 术语和概念	9
2.3.1 客户端和服务端	9
2.3.2 特权和复杂性	9
2.3.3 标准和非标准的客户端软件	10
2.3.4 客户端的参数化	10
2.3.5 无连接的与面向连接的服务	11
2.3.6 无状态与有状态的服务器	12
2.3.7 有状态的文件服务器例子	12
2.3.8 无状态是一个协议问题	14
2.3.9 充当客户端的服务器	15
2.4 小结	15
进一步的研究	16
习题	16

第 3 章 客户-服务器软件的并发处理	17
3.1 引言	17
3.2 网络中的并发	17
3.3 服务器中的并发	18
3.4 术语和概念	19
3.4.1 进程的概念	19
3.4.2 线程	20
3.4.3 程序和线程	21
3.4.4 过程调用	21
3.5 一个创建并发线程的例子	22
3.5.1 一个顺序执行的 C 的示例	22
3.5.2 程序的并发版本	23
3.5.3 时间片	25
3.6 分离的线程	26
3.7 上下文切换和协议软件设计	27
3.8 并发和异步 I/O	27
3.9 UNIX 下的并发	28
3.10 执行一个单独编译的程序	29
3.11 小结	30
进一步的研究	30
习题	30
第 4 章 协议的程序接口	32
4.1 引言	32
4.2 宽松定义的协议软件接口	32
4.3 接口功能	33
4.4 概念性接口的规范	33
4.5 API 的实现	34
4.6 网络通信的两种基本方法	36
4.7 ANSI C 中提供的基本 I/O 函数	36
4.8 UNIX 套接字 API 的历史	37
4.9 小结	38
进一步的研究	38
习题	38
第 5 章 套接字 API	40
5.1 简介	40
5.2 套接字的历史	40

5.3 一个协议接口的制订	41
5.4 套接字的抽象	41
5.4.1 套接字描述符	41
5.4.2 套接字的系统数据结构	42
5.4.3 使用套接字	43
5.5 指定端点地址	43
5.6 通用地址结构	44
5.7 套接字 API 中的函数	45
5.7.1 WSASStartup 函数	46
5.7.2 WSACleanup 函数	46
5.7.3 Socket 函数	46
5.7.4 connect 函数	46
5.7.5 send 函数	46
5.7.6 recv 函数	47
5.7.7 closesocket 函数	47
5.7.8 bind 函数	47
5.7.9 listen 函数	48
5.7.10 accept 调用	48
5.7.11 TCP 套接字调用小结	48
5.8 用于整数转换的实用例程	49
5.9 程序中使用套接字调用	49
5.10 用作套接字调用参数的符号常量	50
5.11 小结	51
进一步的研究	51
习题	51
第 6 章 客户软件设计中的算法和问题	53
6.1 引言	53
6.2 学习算法而不研究细节	53
6.3 客户体系结构	54
6.4 标识服务器的地址	54
6.5 分析地址参数	55
6.6 查找域名	56
6.7 由名字查找熟知端口	57
6.8 端口号和网络字节顺序	58
6.9 由名字查找协议	58
6.10 TCP 客户算法	59
6.11 分配套接字	59

6.12	选择本地协议端口号	60
6.13	选择本地 IP 地址的一个基本问题	60
6.14	将 TCP 套接字连接到服务器	61
6.15	使用 TCP 和服务器通信	61
6.16	从 TCP 连接上读取响应	62
6.17	关闭 TCP 连接	63
6.17.1	需要部分关闭	63
6.17.2	部分关闭的操作	63
6.18	UDP 客户端的编程	64
6.19	面向连接的和无连接的 UDP 套接字	64
6.20	对 UDP 使用 connect	65
6.21	使用 UDP 和服务器通信	65
6.22	关闭使用 UDP 的套接字	65
6.23	对 UDP 的部分关闭	65
6.24	关于 UDP 不可靠性的警告	66
6.25	小结	66
	进一步的研究	67
	习题	67
第 7 章	客户软件举例	68
7.1	引言	68
7.2	小例子的重要性	68
7.3	隐藏细节	68
7.4	客户程序的过程库例子	69
7.5	ConTCP 的实现	70
7.6	ConUPD 的实现	70
7.7	用来建立连接的过程	71
7.8	使用例子库	74
7.9	DAYTIME 服务	74
7.10	DAYTIME 的 TCP 客户实现	75
7.11	从 TCP 连接上读取数据	76
7.12	TIME 服务	77
7.13	访问 TIME 服务	77
7.14	精确的时间和网络时延	78
7.15	TIME 服务的 UDP 客户	78
7.16	ECHO 服务	80
7.17	ECHO 服务的 TCP 客户	81
7.18	ECHO 服务的 UDP 客户	83

7.19 小结.....	85
进一步的研究.....	85
习题.....	86
第 8 章 服务器软件设计的算法和问题.....	87
8.1 引言.....	87
8.2 概念性的服务器算法.....	87
8.3 并发服务器和循环服务器.....	87
8.4 面向连接的访问和无连接的访问.....	88
8.5 面向连接的服务器.....	88
8.6 无连接的服务器.....	89
8.7 故障、可靠性和无状态.....	90
8.8 优化无状态服务器.....	90
8.9 四种基本类型的服务器.....	92
8.10 请求处理时间.....	93
8.11 循环服务器的算法.....	94
8.12 循环的、面向连接的服务器算法.....	94
8.13 用 INADDR_ANY 绑定熟知地址.....	94
8.14 将套接字设置为被动模式.....	95
8.15 接受连接并使用这些连接.....	95
8.16 循环的、无连接的服务器算法.....	95
8.17 在无连接的服务器上构造响应地址.....	96
8.18 并发服务器的算法.....	97
8.19 主线程和子线程.....	97
8.20 并发的、无连接的服务器的算法.....	98
8.21 并发的、面向连接的服务器算法.....	98
8.22 用分离的程序作为子进程.....	99
8.23 使用单个线程实现表面上的并发性.....	99
8.24 各服务器类型的使用场合.....	100
8.25 服务类型小结.....	101
8.25.1 循环的、无连接的服务器.....	101
8.25.2 循环的、面向连接的服务器.....	101
8.25.3 并发的、无连接的服务器.....	101
8.25.4 并发的、面向连接的服务器.....	101
8.26 重要的服务器死锁的问题.....	102
8.27 其他的实现方法.....	103
8.28 小结.....	103
进一步的研究.....	103

习题	104
第 9 章 循环无连接服务器 (UDP)	105
9.1 引言	105
9.2 创建被动套接字	105
9.3 线程结构	108
9.4 TIME 服务器举例	109
9.5 小结	111
进一步的研究	111
习题	111
第 10 章 循环的、面向连接的服务器 (TCP)	112
10.1 引言	112
10.2 分配被动的 TCP 套接字	112
10.3 实现 DAYTIME 服务的服务器	113
10.4 线程结构	113
10.5 DAYTIME 服务器举例	114
10.6 关闭连接	116
10.7 连接终止和服务器的脆弱性	117
10.8 小结	117
进一步的研究	118
习题	118
第 11 章 并发的、面向连接的服务器 (TCP)	119
11.1 引言	119
11.2 并发 ECHO	119
11.3 循环的实现和并发的实现的比较	120
11.4 线程结构	120
11.5 并发的 ECHO 服务器举例	121
11.6 小结	124
进一步的研究	124
习题	124
第 12 章 单线程、并发服务器 (TCP)	125
12.1 引言	125
12.2 服务器中的数据驱动处理	125
12.3 单线程的数据驱动处理	126
12.4 单线程服务器的线程结构	126
12.5 单线程 ECHO 服务器举例	127
12.6 小结	130

进一步的研究	130
习题	130
第 13 章 多协议服务器 (TCP, UDP)	132
13.1 引言	132
13.2 减少服务器数量的动机	132
13.3 多协议服务器的设计	133
13.4 线程结构	133
13.5 多协议 DAYTIME 服务器举例	134
13.6 共享代码的概念	137
13.7 并发的多协议服务器	137
13.8 小结	138
进一步的研究	138
习题	138
第 14 章 多服务服务器 (TCP, UDP)	139
14.1 引言	139
14.2 服务器程序的合并	139
14.3 无连接的、多服务服务器的设计	140
14.4 面向连接的、多服务服务器的设计	140
14.5 并发的、面向连接的、多服务服务器	141
14.6 单线程多服务服务器的实现	142
14.7 多服务服务器对其他单独程序的调用	143
14.8 多服务、多协议设计	144
14.9 一个多服务服务器的例子	144
14.10 静态的和动态的服务器配置	150
14.11 一个超级服务器的例子, Inetd	151
14.12 小结	153
进一步的研究	153
习题	153
第 15 章 服务器并发性的统一高效管理	155
15.1 引言	155
15.2 在循环设计和并发设计之间做出选择	155
15.3 并发等级	156
15.4 需求驱动的并发	156
15.5 并发的代价	157
15.6 额外开销和时延	157
15.7 小时延会出问题	157

15.8	线程预分配.....	159
15.8.1	预分配技术.....	159
15.8.2	面向连接的服务器的预分配.....	160
15.8.3	无连接服务器的预分配.....	161
15.8.4	预分配、突发通信量和 NFS.....	161
15.8.5	多处理器上的预分配.....	162
15.9	延迟的线程分配.....	162
15.10	两种技术统一的基础.....	163
15.11	两种技术的结合.....	164
15.12	小结.....	164
	进一步的研究.....	165
	习题.....	165
第 16 章	客户端的并发.....	166
16.1	引言.....	166
16.2	并发的优点.....	166
16.3	运行控制的动机.....	167
16.4	与多个服务器的并发联系.....	167
16.5	实现并发的客户端.....	168
16.6	单线程实现.....	169
16.7	使用 ECHO 的并发客户端例子.....	170
16.8	并发客户端的执行.....	175
16.9	计时器的管理.....	176
16.10	输出举例.....	176
16.11	例子代码中的并发性.....	177
16.12	小结.....	177
	习题.....	177
第 17 章	传输层和应用层的隧道技术.....	179
17.1	引言.....	179
17.2	多协议环境.....	179
17.3	混合各种网络技术.....	180
17.4	动态电路分配.....	181
17.5	封装和隧道技术.....	182
17.6	通过 IP 互联网的隧道技术.....	183
17.7	客户端和服务端之间的应用层隧道技术.....	183
17.8	隧道技术、封装以及拨号电话线.....	184
17.9	小结.....	185
	进一步的研究.....	185