

• Prentice Hall PTR

# UNIX

## 网络编程 (第1卷)

套接口 API 和 X/Open 传输接口 API

[美] W.Richard Stevens 著  
施振川 周利民 孙宏晖 等译  
杨继张 审校

第2版

清华大学出版社



# (京)新登字 158 号

著作权合同登记号:01-98-1004

## 内 容 提 要

本书全面深入地讲述了套接口 API 网络编程的既成事实标准,对 X/Open 传输接口 API 也作了广泛的介绍。本书从对套接口 API 的综合讨论开始,论述了基本编程内容后,即转入高级套接口编程的相关主题,包括 IPv4 与 IPv6 的互操作性、UNIX 域协议、非阻塞 I/O、路由套接口、广播、多播、线程、原始套接口、数据链路访问等,对于客户-服务器程序的各种设计方法也作了完整的探讨。在叙述 X/Open 传输接口 API 时,还对流这种设备驱动机制作了深入分析。在附录中又给出了 IPv6、ICMPv6、虚拟网络等新内容。

本书内容详尽且具权威性,几乎每章都提供精选的习题,是计算机和网络专业高年级本科生和研究生的首选教材。本书也可作为网络研究和开发人员的自学教材和参考书。

**UNIX Network Programming Volum1 Networking APIs; Sockets and XTI (Second Edition)**

Copyright ©1998 by Prentice Hall PTR

All rights reserved. No part of this book shall be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without written permission from the publisher.

本书中文简体字版由美国 Prentice Hall PTR 授权科海培训中心和清华大学出版社出版。未经出版者书面允许不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

**版权所有,盗版必究。**

**本书封面贴有 PRENTICE HALL 和清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得进入各书店。**

书 名: UNIX 网络编程(第 2 版)第 1 卷:套接口 API 和 X/Open 传输接口 API

作 者: W. Richard Stevens

译 者: 施振川等

出版者: 清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)

印刷者: 北京门头沟胶印厂

发 行: 新华书店总店北京科技发行所

开 本: 16 印张: 54.75 字数: 1332 千字

版 次: 1999 年 7 月第 1 版 1999 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 00001~8000

书 号: ISBN 7-302-03548-2/TP·1949

定 价: 94.00 元

## 译者序

因特网进入我国已有多多年,随着国家级信息网络基础设施的建成和各个组织机构内部网络的建设,网络应用程序的开发日渐显出其迫切性。作为因特网核心的 IP 协议已于 20 世纪 90 年代中期完成版本 6 的标准化工作,在从 IPv4 向 IPv6 的过渡阶段,掌握 IPv4 应用程序和 IPv6 应用程序的互操作性也是至关重要的。

《UNIX 网络编程(第 1 版)》(UNIX Network Programming, 1990)是多年来一直得到广泛认可的 UNIX 网络编程经典教科书,它围绕 Berkeley 套接口 API,就 UNIX 上网络应用程序的开发展开了较为系统全面的介绍。然而从 1990 年以来,计算机和网络领域无论是在操作系统(特别是 UNIX 操作系统)、TCP/IP 协议,还是在网络应用上都发生了巨大的变革,为适应新形势的需要,该书作者对它做了并仍在做大量的修改和补充。计划中的第 2 版是一套三卷本丛书,目前前两卷已出版发行。这两卷书在美国一经出版,即受到计算机和网络界广大读者的欢迎,成为出版社首推的畅销书之一。

国内尽管已出版了大量的有关计算机网络的书籍,但关于网络编程的、可作为教材的中文书几乎没有。因此,当我们读到这套丛书第 1 卷时,立即产生了将它及其后续各卷翻译成中文的使命感,以介绍给更广大的读者,为我国的计算机网络事业发展尽微薄之力。也正是这种使命感的驱动,我们始终以教科书的要求认真对待其翻译、审校与排版工作。

本书作者 W. Richard Stevens 博士于 1973 年获得密歇根大学航空工程学士学位,于 1982 年获得亚利桑那大学系统工程博士学位。Stevens 博士有近 20 年的编程实践经验,是公认的 UNIX 和网络专家。他从 1990 年开始专门从事计算机学科教科书的编写工作和教学工作,著述甚丰。除本书外,他还著有:《UNIX 环境高级编程》(Advanced Programming in the UNIX Environment)和《TCP/IP 阐述》三卷本丛书(TCP/IP Illustrated Series)。

本书翻译工作由:中科院计算所研究员施振川;北大计算机系周利民硕士、孙宏辉硕士;清华大学网络中心杨继张老师翻译。全书由杨继张老师统一审校,除根据作者给出的勘误表进行修正外,杨老师还就若干不易理解或易混淆的概念和说法给出了自己的见解,对于原书中认为不太妥当之处也给出了修改意见。由于译者和审校者水平有限,对译文中不妥之处敬请广大读者批评指正。就中译本中的技术问题,读者可与杨继张老师联系,电子邮件地址为 jzyang@chpcc.edu.cn。

译者最后特别感谢科海培训中心编辑部的全体编辑同志,本书的出版与他们的默默无闻的辛勤工作和热情的支持是分不开的。

译者

1999 年 5 月

## 前言

### 简介

网络编程即编写通过计算机网络与其他程序进行通信的这类程序。相互通信的网络程序中,一方称为客户程序(client),另一方称为服务器程序(server)。大多数操作系统提供预先编译好的网络程序,例如 TCP/IP 世界中常见的 Web 客户程序(浏览器)和 Web 服务器程序,以及 FTP 和 Telnet 的客户和服务器程序,不过本书叙述如何编写自己的网络程序。

我们使用应用程序编程接口(application programming interface)即 API 编写网络程序。本书将叙述两种网络编程 API:

1. 套接口(sockets),有时称为“Berkeley 套接口”,因为它源自 Berkeley Unix。
2. XTI(X/Open 传输接口),它是对 AT&T 开发的传输层接口(TLI)经少量修改的产物。

书中所有例子均取自 Unix 操作系统,不过网络编程所需的基础知识和概念在很大程度上并不依赖于操作系统。这些例子都基于 TCP/IP 协议族,既有 IP 版本 4,又有版本 6。

编写网络程序要求人们了解底层的操作系统和网络协议。本书是作者在这两个领域的其他四本书的基础上书写的,它们的名称在文中缩写如下:

- APUE:*Advanced Programming in the UNIX Environment*[Stevens 1992]
- TCPv1:*TCP/IP Illustrated, Volume 1*[Stevens 1994]
- TCPv2:*TCP/IP Illustrated, Volume 2*[Wright and Stevens 1995]
- TCPv3:*TCP/IP Illustrated, Volume 3*[Stevens 1996]

本书(英文名称为 UNIX Network Programming)第二版仍包含 Unix 和 TCP/IP 协议的有关内容,但同时又给出不少其他四本书的参考点,这样有兴趣的读者就可获得各个主题更为详细的信息。TCPv2 这本书更是如此,因为它叙述并提供了套接口 API 中网络编程函数(socket, bind, connect 等等)在 4.4BSD 上的真正实现。要是人们理解某个特性的实现,他们在应用程序中使用这个特性将更为明智。

### 本书与第一版的差别

本书第二版是对第一版的完全重写。这些修改基于作者 1990 年至 1996 年期间大约每月一次讲授这些内容的反馈意见,以及同期跟踪某些 Usenet 新闻组的结果,通过这种跟踪能发现经常被误解的那些主题。下面是新版本中所做的主要改动:

- 新版本中所有例子都使用 ANSI C。
- 老版本的第 6 章(“Berkeley 套接口编程”)和第 8 章(“库例程”)已经扩充成总共 25 章。从词数上统计这部分内容扩充了七倍,这也许是从第一版到第二版本的最重大的改动。第一版第 6 章的许多单节已扩充成完整一章,其中增加了更多的例子。

- 老版本第 6 章中的 TCP 和 UDP 部分现已被分开,首先讨论的是 TCP 函数以及一个完整的 TCP 客户-服务器程序例子,接着讨论的是 UDP 函数以及一个完整的 UDP 客户-服务器程序例子。以 connect 函数为例,这么做对于初学者来说要比描述其所有细节更易理解,毕竟在 TCP 和 UDP 中它有不同的语义。
- 老版本的第 7 章(“系统 V 传输层接口编程”)已经扩充成总共 7 章。另外我们讨论的是更新的 XTI API,而不是它所替代的 TLI API。
- 老版本的第 2 章(“Unix 模型”)现已删去。这一章提供约 75 页的 Unix 系统概貌。在 1990 年这一章是必要的,因为那时市面上几乎没有充分叙述基本的 Unix 编程接口的书,更不用说叙述 Berkeley 与系统 V 实现之间的差异了。然而,今天的更多读者对 Unix 已有基本的认识,因此诸如进程 ID、保密字文件、目录和组 ID 等概念不必重述。(对于期望了解 Unix 编程更多细节的读者来说,我的 APUE 一书是这些内容的 700 页扩充。)

老版本第 2 章中一些高级主题在新版本中仍讨论到,不过它们是分散在各自用到的地方讨论的。例如,在给出第一个并发服务器程序时(4.8 节),我们讨论 fork 函数。在叙述并发服务器如何处理 SIGCHLD 信号时(5.9 节),我们说明 Posix 信号处理的许多其他特性(如僵尸进程、被中断的系统调用等等。)

- 本书尽可能描述 Posix 接口。(我们在 1.10 节中具体介绍标准中的 Posix 一族。)这不仅包括基本 Unix 函数(进程控制、信号等等)的 Posix. 1 标准,而且包括套接口和 XTI 网络 API 的即将出台的 Posix. 1g 标准,以及线程的 1996 Posix. 1 标准。

在描述诸如 socket 和 connect 等函数时,“系统调用”的称谓改用“函数”代替。这里沿用了 Posix 的一个约定,即系统调用与库函数的区别是一个实现上的细节,通常与程序员无关。

- 老版本的第 4 章(“网络入门”)和第 5 章(“通信协议”)现已被替换成涵盖 IP 版本 4 (IPv4)和版本 6(IPv6)的附录 A 以及涵盖 TCP 和 UDP 的第 2 章。这些新内容的焦点在于网络程序员确实会碰到的那些网络协议问题。IPv6 的内容也包括在内,尽管它的实现才刚刚开始出现,然而在本书的生命期内它也许会成为占支配地位的网络协议。

说实话,我在讲授网络编程时发现,所有的网络编程问题中约有 80%跟网络编程本身是不相关的。也就是说,这些问题不是针对诸如 accept 和 select 等 API 函数的,而是因缺乏对底层网络协议的理解而引起的。例如,我发现一旦学生理解了 TCP 的三路握手和四分组连接终止序列,许多网络编程问题也就迎刃而解了。

老版本中关于 XNS、SNA、NetBIOS、OSI 协议以及 UUCP 的章节现已删去,因为这些专属协议在 20 世纪 90 年代初期与 TCP/IP 协议相比已显得黯然失色。(UUCP 仍然流行,而且也不是专属的,不过从网络编程角度看就它的使用而言也没有什么可说的。)

- 第二版包含下列新的主题:
  - IPv4 和 IPv6 的互操作性(第 10 章)
  - 协议无关的名字转换(第 11 章)
  - 路由套接口(第 17 章)

- 多播(第 19 章)
- 线程(第 23 章)
- IP 选项(第 24 章)
- 数据链路访问(第 26 章)
- 客户-服务器程序其他设计方法(第 27 章)
- 虚拟网络与隧道通路(附录 B)
- 网络程序调试技术(附录 C)

遗憾的是,对本书第一版内容所做的扩充如此之多,从而无法放在单独一本书中。因此,这套《UNIX 网络编程》系列丛书至少还有另外两卷也在写作计划之中。

- 卷 2 的副标题或许是《IPC: 进程间通信》(英文名称为 IPC: Interprocess-Communication),它由老版本的第 3 章扩充而来,同时涵盖 1996 Posix. 1 实时 IPC 机制。
- 卷 3 的副标题或许是《应用程序》(英文名称为 Applications),它是对老版本中第 9 至第 18 章的扩充。

尽管大多数网络应用程序将在卷 3 中介绍,但是少量特殊的应用程序还要在本书中介绍,它们是:Ping,Traceroute 和 inetd。

## 读者

本书既可用作网络编程的指导书,也可作为有经验程序员的参考书。当用作指导书或网络编程入门班的教材时,重点应放在第 2 部分“基本套接口编程”(第 3 章~第 9 章),再跟一些感兴趣的其他主题。第 2 部分的内容包括 TCP 和 UDP 的基本套接口函数、I/O 复用、套接口选项以及基本的名字与地址转换。第 1 章所有读者都必须阅读,特别是 1.4 节,它描述了一些全文都用到的包裹函数。第 2 章及附录 A 读者应根据自己的背景知识选读。第 3 部分“高级套接口编程”的大多数章节可彼此独立地阅读。

为便于用作参考书,本书提供了全文索引,在附录 G、H 上给出了所有的函数和结构的具体讲述所在的页码。为帮助那些以随意顺序阅读各主题的读者,全文提供了大量的对相关主题的参考点。

尽管套接口 API 已成为网络编程的既成事实标准,XTI API 也仍在使用,有时是用在非 TCP/IP 的协议族上。虽然第 4 部分讨论 XTI 的篇幅比第 2 部分和第 3 部分讨论套接口的篇幅小得多,但是在套接口 API 讨论中所叙述的概念同样也适用于 XTI API。例如,不论使用哪一个 API(套接口或 XTI),有关非阻塞 I/O、广播、多播、信号驱动 I/O、带外数据和线程的使用都有相同的概念。其实,许多网络编程问题基本类似,与程序是使用套接口 API 还是使用 XTI API 编写的无关,很少有使用这个 API 能干而使用那个 API 却干不了的事。一句话,概念相同,差别仅在函数名和参数而已。

## 源码和勘误表获取

本书中出现的所有例子的源码都可从我的主页获取,其 URL 地址列在本前言的末尾。学习网络编程的最好方法是使用这些程序,然后修改并改进它们。只有真正编写这种形式的代码,才能加深对概念的理解并提高编程技巧。各章最后提供了大量的习题,附录 E 给出了

其中大多数的解答。

本书最新的勘误表也可从我的网页获取。<sup>①</sup>

W. Richard Stevens

[rstevens@kohala.com](mailto:rstevens@kohala.com)

<http://www.kohala.com/~rstevens>

1997年9月于亚利桑那州 Tucson

---

① 译者注：中译本已根据最后修改日期为1999年1月31日的最新勘误表(打印在宽行打印纸上共有12页)作过订正。

## 目 录

前言.....	(1)
---------	-----

## 第 1 部分 简介和 TCP/IP

第 1 章 简介.....	(1)
---------------	-----

1.1 概述 .....	(1)
1.2 一个简单的时间/日期客户程序 .....	(4)
1.3 协议无关性 .....	(8)
1.4 错误处理:包裹函数 .....	(9)
1.5 一个简单的时间/日期服务器程序 .....	(10)
1.6 书中客户-服务器程序例子索引表 .....	(13)
1.7 OSI 模型 .....	(15)
1.8 BSD 网络支持历史 .....	(16)
1.9 测试用网络及主机 .....	(16)
1.10 Unix 标准 .....	(20)
1.11 64 位体系结构 .....	(22)
1.12 小结 .....	(23)
1.13 习题 .....	(24)

第 2 章 传输层:TCP 和 UDP .....	(25)
---------------------------	------

2.1 概述 .....	(25)
2.2 总图 .....	(25)
2.3 UDP:用户数据报协议 .....	(27)
2.4 TCP:传输控制协议 .....	(28)
2.5 TCP 连接的建立和终止 .....	(29)
2.6 TIME_WAIT 状态 .....	(35)
2.7 端口号 .....	(36)
2.8 TCP 端口号与并发服务器 .....	(38)
2.9 缓冲区大小及限制 .....	(39)
2.10 标准因特网服务 .....	(44)
2.11 常见因特网应用程序的协议使用 .....	(45)
2.12 小结 .....	(46)
2.13 习题 .....	(46)



## 第 2 部分 基本套接口编程

<b>第 3 章 套接口编程简介</b> .....	<b>(47)</b>
3.1 概述 .....	(47)
3.2 套接口地址结构 .....	(47)
3.3 值-结果参数 .....	(52)
3.4 字节排序函数 .....	(54)
3.5 字节操纵函数 .....	(57)
3.6 inet_aton, inet_addr 和 inet_ntoa 函数 .....	(58)
3.7 inet_pton 和 inet_ntop 函数 .....	(59)
3.8 sock_ntop 和相关函数 .....	(62)
3.9 readn, writen 和 readline 函数 .....	(64)
3.10 isfdtype 函数 .....	(67)
3.11 小结 .....	(68)
3.12 习题 .....	(69)
<b>第 4 章 基本 TCP 套接口编程</b> .....	<b>(70)</b>
4.1 概述 .....	(70)
4.2 socket 函数 .....	(70)
4.3 connect 函数 .....	(73)
4.4 bind 函数 .....	(75)
4.5 listen 函数 .....	(77)
4.6 accept 函数 .....	(83)
4.7 fork 和 exec 函数 .....	(85)
4.8 并发服务器 .....	(87)
4.9 close 函数 .....	(89)
4.10 getsockname 和 getpeername 函数 .....	(90)
4.11 小结 .....	(92)
4.12 习题 .....	(92)
<b>第 5 章 TCP 客户-服务器程序例子</b> .....	<b>(93)</b>
5.1 概述 .....	(93)
5.2 TCP 回射服务器程序;main 函数 .....	(94)
5.3 TCP 回射服务器程序;str_echo 函数 .....	(95)
5.4 TCP 回射客户程序;main 函数 .....	(95)
5.5 TCP 回射客户程序;str_cli 函数 .....	(96)
5.6 正常启动 .....	(97)
5.7 正常终止 .....	(98)
5.8 Posix 信号处理 .....	(99)
5.9 处理 SIGCHLD 信号 .....	(102)
5.10 wait 和 waitpid 函数 .....	(105)

5.11	accept 返回前连接夭折 .....	(108)
5.12	服务器进程终止 .....	(110)
5.13	SIGPIPE 信号 .....	(111)
5.14	服务器主机崩溃 .....	(113)
5.15	服务器主机崩溃后重启 .....	(113)
5.16	服务器主机关机 .....	(114)
5.17	TCP 程序例子小结 .....	(114)
5.18	数据格式 .....	(116)
5.19	小结 .....	(118)
5.20	习题 .....	(119)
<b>第 6 章 I/O 复用:select 和 poll 函数 .....</b>		<b>(121)</b>
6.1	概述 .....	(121)
6.2	I/O 模型 .....	(121)
6.3	select 函数 .....	(126)
6.4	str_cli 函数(修订版) .....	(131)
6.5	批量输入 .....	(133)
6.6	shutdown 函数 .....	(135)
6.7	str_cli 函数(再修订版) .....	(137)
6.8	TCP 回射服务器程序(修订版) .....	(138)
6.9	pselect 函数 .....	(143)
6.10	poll 函数 .....	(144)
6.11	TCP 回射服务器程序(再修订版) .....	(146)
6.12	小结 .....	(149)
6.13	习题 .....	(149)
<b>第 7 章 套接口选项 .....</b>		<b>(151)</b>
7.1	概述 .....	(151)
7.2	getsockopt 和 setsockopt 函数 .....	(151)
7.3	检查选项是否受支持并获取缺省值 .....	(153)
7.4	套接口状态 .....	(156)
7.5	基本套接口选项 .....	(156)
7.6	IPv4 套接口选项 .....	(169)
7.7	ICMPv6 套接口选项 .....	(170)
7.8	IPv6 套接口选项 .....	(171)
7.9	TCP 套接口选项 .....	(172)
7.10	fcntl 函数 .....	(175)
7.11	小结 .....	(178)
7.12	习题 .....	(178)
<b>第 8 章 基本 UDP 套接口编程 .....</b>		<b>(180)</b>
8.1	概述 .....	(180)

8.2	recvfrom 和 sendto 函数 .....	(180)
8.3	UDP 回射服务器程序;main 函数 .....	(182)
8.4	UDP 回射服务器程序;dg_echo 函数 .....	(182)
8.5	UDP 回射客户程序;main 函数 .....	(184)
8.6	UDP 回射客户程序;dg_cli 函数 .....	(185)
8.7	数据报的丢失 .....	(185)
8.8	验证接收到的响应 .....	(186)
8.9	服务器进程未运行 .....	(188)
8.10	UDP 程序例子小结 .....	(189)
8.11	UDP 的 connect 函数 .....	(191)
8.12	dg_cli 函数(修订版) .....	(194)
8.13	UDP 缺乏流量控制 .....	(195)
8.14	UDP 中外出接口的确定 .....	(199)
8.15	使用 select 函数的 TCP 和 UDP 回射服务器程序 .....	(200)
8.16	小结 .....	(202)
8.17	习题 .....	(202)
<b>第 9 章 基本名字与地址转换 .....</b>		<b>(204)</b>
9.1	概述 .....	(204)
9.2	域名系统 .....	(204)
9.3	gethostbyname 函数 .....	(207)
9.4	RES_USE_INET6 解析器选项 .....	(211)
9.5	gethostbyname2 函数与 IPv6 支持 .....	(212)
9.6	gethostbyaddr 函数 .....	(214)
9.7	uname 函数 .....	(215)
9.8	gethostname 函数 .....	(216)
9.9	getservbyname 和 getservbyport 函数 .....	(216)
9.10	其他网络相关信息 .....	(219)
9.11	小结 .....	(220)
9.12	习题 .....	(221)
<b>第 3 部分 高级套接口编程</b>		
<b>第 10 章 IPv4 和 IPv6 的互操作性 .....</b>		<b>(222)</b>
10.1	概述 .....	(222)
10.2	IPv4 客户与 IPv6 服务器 .....	(222)
10.3	IPv6 客户与 IPv4 服务器 .....	(226)
10.4	IPv6 地址测试宏 .....	(227)
10.5	IPV6_ADDRFORM 套接口选项 .....	(228)
10.6	源代码可移植性 .....	(230)
10.7	小结 .....	(230)
10.8	习题 .....	(231)

<b>第 11 章 高级名字与地址转换</b> .....	<b>(232)</b>
11.1 概述 .....	(232)
11.2 getaddrinfo 函数 .....	(232)
11.3 gai_strerror 函数 .....	(236)
11.4 freeaddrinfo 函数 .....	(237)
11.5 getaddrinfo 函数: IPv6 和 UNIX 域 .....	(238)
11.6 getaddrinfo 函数: 例子 .....	(240)
11.7 host_serv 函数 .....	(241)
11.8 tcp_connect 函数 .....	(242)
11.9 tcp_listen 函数 .....	(245)
11.10 udp_client 函数 .....	(250)
11.11 udp_connect 函数 .....	(252)
11.12 udp_server 函数 .....	(253)
11.13 getnameinfo 函数 .....	(255)
11.14 可重入函数 .....	(256)
11.15 gethostbyname_r 和 gethostbyaddr_r 函数 .....	(259)
11.16 getaddrinfo 和 getnameinfo 函数的实现 .....	(261)
11.17 小结 .....	(281)
11.18 习题 .....	(282)
<b>第 12 章 守护进程和 inetd 超级服务器</b> .....	<b>(283)</b>
12.1 概述 .....	(283)
12.2 syslogd 守护进程 .....	(284)
12.3 syslog 函数 .....	(284)
12.4 daemon_init 函数 .....	(287)
12.5 inetd 守护进程 .....	(290)
12.6 daemon_inetd 函数 .....	(294)
12.7 小结 .....	(296)
12.8 习题 .....	(297)
<b>第 13 章 高级 I/O 函数</b> .....	<b>(298)</b>
13.1 概述 .....	(298)
13.2 套接口超时 .....	(298)
13.3 recv 和 send 函数 .....	(302)
13.4 readv 和 writev 函数 .....	(304)
13.5 recvmsg 和 sendmsg 函数 .....	(305)
13.6 辅助数据 .....	(309)
13.7 排队的的数据量 .....	(312)
13.8 套接口与标准 I/O .....	(312)
13.9 T/TCP; 事务 TCP .....	(315)
13.10 小结 .....	(317)

---

13.11 习题 .....	(317)
<b>第 14 章 Unix 域协议 .....</b>	<b>(318)</b>
14.1 概述 .....	(318)
14.2 Unix 域套接口地址结构 .....	(318)
14.3 socketpair 函数 .....	(321)
14.4 套接口函数 .....	(321)
14.5 Unix 域字节流客户-服务器程序 .....	(322)
14.6 Unix 域数据报客户-服务器程序 .....	(323)
14.7 描述字传递 .....	(325)
14.8 接收发送者的凭证 .....	(332)
14.9 小结 .....	(336)
14.10 习题 .....	(336)
<b>第 15 章 非阻塞 I/O .....</b>	<b>(338)</b>
15.1 概述 .....	(338)
15.2 非阻塞读和写:str_cli 函数(修订版) .....	(339)
15.3 非阻塞 connect .....	(348)
15.4 非阻塞 connect:日期/时间客户程序 .....	(349)
15.5 非阻塞 connect:Web 客户程序 .....	(352)
15.6 非阻塞 accept .....	(360)
15.7 小结 .....	(361)
15.8 习题 .....	(362)
<b>第 16 章 ioctl 操作 .....</b>	<b>(363)</b>
16.1 概述 .....	(363)
16.2 ioctl 函数 .....	(363)
16.3 套接口操作 .....	(364)
16.4 文件操作 .....	(365)
16.5 接口配置 .....	(366)
16.6 get_ifi_info 函数 .....	(367)
16.7 接口操作 .....	(375)
16.8 ARP 高速缓存操作 .....	(376)
16.9 路由表操作 .....	(378)
16.10 小结 .....	(378)
16.11 习题 .....	(379)
<b>第 17 章 路由套接口 .....</b>	<b>(380)</b>
17.1 概述 .....	(380)
17.2 数据链路套接口地址结构 .....	(380)
17.3 读和写 .....	(381)
17.4 sysctl 操作 .....	(388)

17.5	get_ifi_info 函数 .....	(392)
17.6	接口名和索引函数 .....	(395)
17.7	小结 .....	(399)
17.8	习题 .....	(400)
<b>第 18 章</b>	<b>广播 .....</b>	<b>(401)</b>
18.1	概述 .....	(401)
18.2	广播地址 .....	(402)
18.3	单播和广播的比较 .....	(403)
18.4	使用广播的 dg_cli 函数 .....	(406)
18.5	竞争状态 .....	(409)
18.6	小结 .....	(416)
18.7	习题 .....	(416)
<b>第 19 章</b>	<b>多播 .....</b>	<b>(417)</b>
19.1	概述 .....	(417)
19.2	多播地址 .....	(417)
19.3	局域网上多播和广播的比较 .....	(420)
19.4	广域网上的多播 .....	(422)
19.5	多播套接口选项 .....	(424)
19.6	mcast_join 和相关函数 .....	(427)
19.7	使用多播的 dg_cli 函数 .....	(430)
19.8	接收 MBone 会话声明 .....	(431)
19.9	发送和接收 .....	(434)
19.10	SNTP:简单网络时间协议 .....	(436)
19.11	SNTP(续) .....	(440)
19.12	小结 .....	(451)
19.13	习题 .....	(452)
<b>第 20 章</b>	<b>高级 UDP 套接口编程 .....</b>	<b>(454)</b>
20.1	概述 .....	(454)
20.2	接收标志、目的 IP 地址和接口索引 .....	(454)
20.3	数据报截断 .....	(461)
20.4	何时使用 UDP 而不是 TCP .....	(461)
20.5	给 UDP 应用程序增加可靠性 .....	(463)
20.6	捆绑接口地址 .....	(472)
20.7	并发 UDP 服务器 .....	(476)
20.8	IPv6 分组信息 .....	(478)
20.9	小结 .....	(480)
20.10	习题 .....	(481)
<b>第 21 章</b>	<b>带外数据 .....</b>	<b>(482)</b>
21.1	概述 .....	(482)

---

21.2	TCP 带外数据 .....	(482)
21.3	socketmark 函数 .....	(488)
21.4	TCP 带外数据小结 .....	(494)
21.5	客户-服务器心博函数 .....	(495)
21.6	小结 .....	(499)
21.7	习题 .....	(499)
<b>第 22 章</b>	<b>信号驱动 I/O .....</b>	<b>(501)</b>
22.1	概述 .....	(501)
22.2	套接口上的信号驱动 I/O .....	(501)
22.3	使用 SIGIO 的 UDP 回射服务器程序 .....	(503)
22.4	小结 .....	(508)
22.5	习题 .....	(509)
<b>第 23 章</b>	<b>线程 .....</b>	<b>(510)</b>
23.1	概述 .....	(510)
23.2	基本线程函数:创建和终止 .....	(511)
23.3	使用线程的 str_cli 函数 .....	(513)
23.4	使用线程的 TCP 回射服务器程序 .....	(515)
23.5	线程特定数据 .....	(519)
23.6	Web 客户与同时连接 .....	(526)
23.7	互斥锁 .....	(529)
23.8	条件变量 .....	(532)
23.9	Web 客户与同时连接(续) .....	(535)
23.10	小结 .....	(537)
23.11	习题 .....	(537)
<b>第 24 章</b>	<b>IP 选项 .....</b>	<b>(539)</b>
24.1	概述 .....	(539)
24.2	IPv4 选项 .....	(539)
24.3	IP 源路径选项 .....	(540)
24.4	IPv6 扩展头部 .....	(547)
24.5	IPv6 步跳选项和目的选项 .....	(548)
24.6	IPv6 路由头部 .....	(551)
24.7	IPv6 粘附选项 .....	(554)
24.8	小结 .....	(555)
24.9	习题 .....	(555)
<b>第 25 章</b>	<b>原始套接口 .....</b>	<b>(557)</b>
25.1	概述 .....	(557)
25.2	原始套接口创建 .....	(557)
25.3	原始套接口输出 .....	(558)

25.4	原始套接口输入 .....	(559)
25.5	Ping 程序 .....	(561)
25.6	Traceroute 程序 .....	(572)
25.7	一个 ICMP 消息守护进程 .....	(583)
25.8	小结 .....	(597)
25.9	习题 .....	(597)
<b>第 26 章</b>	<b>数据链路访问 .....</b>	<b>(599)</b>
26.1	概述 .....	(599)
26.2	BPF;BSD 分组过滤器 .....	(599)
26.3	DLPI;数据链路提供者接口 .....	(601)
26.4	Linux;SOCK_PACKET .....	(602)
26.5	libpcap;分组捕获函数库 .....	(603)
26.6	检查 UDP 的校验和字段 .....	(603)
26.7	小结 .....	(619)
26.8	习题 .....	(619)
<b>第 27 章</b>	<b>客户-服务器程序其他设计方法 .....</b>	<b>(620)</b>
27.1	概述 .....	(620)
27.2	TCP 客户程序其他设计方法 .....	(622)
27.3	TCP 测试用客户程序 .....	(623)
27.4	TCP 迭代服务器程序 .....	(624)
27.5	TCP 并发服务器程序,每个客户一个子进程 .....	(624)
27.6	TCP 预先派生子进程服务器程序,accept 无上锁保护 .....	(627)
27.7	TCP 预先派生子进程服务器程序,accept 使用文件锁保护 .....	(633)
27.8	TCP 预先派生子进程服务器程序,accept 使用线程互斥锁保护 .....	(636)
27.9	TCP 预先派生子进程服务器程序,传递描述字 .....	(637)
27.10	TCP 并发服务器程序,每个客户一个线程 .....	(642)
27.11	TCP 预先创建线程服务器程序,每个线程各自 accept .....	(643)
27.12	TCP 预先创建线程服务器程序,主线程统一 accept .....	(645)
27.13	小结 .....	(648)
27.14	习题 .....	(649)
<b>第 4 部分 XTI:X/Open 传输接口编程</b>		
<b>第 28 章</b>	<b>XTI:TCP 客户程序 .....</b>	<b>(650)</b>
28.1	概述 .....	(650)
28.2	t_open 函数 .....	(651)
28.3	t_error 和 t_strerror 函数 .....	(654)
28.4	netbuf 结构和 XTI 结构 .....	(655)
28.5	t_bind 函数 .....	(656)
28.6	t_connect 函数 .....	(658)



28.7	t_rcv 和 t_snd 函数 .....	(658)
28.8	t_look 函数 .....	(660)
28.9	t_sndrel 和 t_rcvrel 函数 .....	(661)
28.10	t_snddis 和 t_rcvdis 函数 .....	(662)
28.11	XTI TCP 时间/日期客户程序 .....	(663)
28.12	xti_rdwr 函数 .....	(666)
28.13	小结 .....	(667)
28.14	习题 .....	(667)
<b>第 29 章 XTI:名字与地址函数 .....</b>		<b>(668)</b>
29.1	概述 .....	(668)
29.2	/etc/netconfig 文件与 netconfig 函数 .....	(668)
29.3	NETPATH 环境变量与 netpath 函数 .....	(670)
29.4	netdir 函数 .....	(671)
29.5	t_alloc 和 t_free 函数 .....	(673)
29.6	t_getprotaddr 函数 .....	(675)
29.7	xti_ntop 函数 .....	(675)
29.8	tcp_connect 函数 .....	(676)
29.9	小结 .....	(680)
29.10	习题 .....	(680)
<b>第 30 章 XTI:TCP 服务器程序 .....</b>		<b>(681)</b>
30.1	概述 .....	(681)
30.2	t_listen 函数 .....	(682)
30.3	tcp_listen 函数 .....	(683)
30.4	t_accept 函数 .....	(685)
30.5	xti_accept 函数 .....	(686)
30.6	简单的时间/日期服务器程序 .....	(687)
30.7	多个待处理连接 .....	(689)
30.8	xti_accept 函数(修订版) .....	(691)
30.9	小结 .....	(698)
30.10	习题 .....	(698)
<b>第 31 章 XTI:UDP 客户和服务程序 .....</b>		<b>(700)</b>
31.1	概述 .....	(700)
31.2	t_rcvudata 和 t_sndudata 函数 .....	(700)
31.3	udp_client 函数 .....	(700)
31.4	t_rcvuderr 函数:异步错误 .....	(704)
31.5	udp_server 函数 .....	(706)
31.6	分片读取数据报 .....	(708)
31.7	小结 .....	(710)