

嵌入式系统译丛

嵌入式Internet TCP/IP基础、实现及应用

The Embedded Internet
TCP/IP Basics, Implementation and Applications

[阿根廷] Sergio Scaglia 著
潘琢金 徐 蕾 拱长青 王阿春 译



北京航空航天大学出版社

嵌入式系统译丛

嵌入式 Internet TCP/IP 基础、实现及应用

The Embedded Internet TCP/IP Basics, Implementation and Applications

[阿根廷] Sergio Scaglia

潘琢金 徐 蕾 拱长青



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书全面系统地介绍了 TCP/IP 的基本理论,详述了嵌入式 TCP/IP 协议栈在基于 ARM7 MCU 的硬件平台上的实现原理,并给出了包括链路层(以太网和 PPP)、IP 层、运输层及应用层的一个完整协议栈实现的全部源代码。通过一个模拟的现实世界应用,展示了基于 UDP 和基于 TCP 的嵌入式服务器应用、电子邮件应用以及嵌入式 Web 服务器应用的设计和实现过程。书中设计的实验便于加深对 TCP/IP 协议的理解,并以循序渐进的方式将学习者从 TCP/IP 基础引入嵌入式 Internet 应用的殿堂。

本书可作为计算机及相近专业嵌入式 Internet、网络与通信、嵌入式系统等相关课程的教材,也很适合用作学生实训和嵌入式 Internet 工程师的培训教材及嵌入式 Internet 系统开发人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式 Internet TCP/IP 基础、实现及应用/(阿根廷)斯卡格丽亚(Scaglia, S.)著;潘琢金等译. —北京:北京航空航天大学出版社, 2008. 10

ISBN 978-7-81124-227-0

I. 嵌… II. ①斯…②潘… III. 计算机网络—通信协议
IV. TN915.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 146887 号

The Embedded Internet TCP/IP Basics, Implementation and Applications (with CD),
by Sergio Scaglia. Original English language edition published by Pearson Education
Limited. Copyright © Pearson Education Limited 2007. All rights reserved.

© 2009, 北京航空航天大学出版社, 版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制本书及其所附光盘内容。侵权必究。

北京市版权局著作权合同登记号图字:01-2007-3596

嵌入式 Internet

TCP/IP 基础、实现及应用

The Embedded Internet TCP/IP Basics, Implementation and Applications

[阿根廷] Sergio Scaglia 著

潘琢金 徐 蕾 拱长青 王阿春 译

责任编辑 张 楠 王 松

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100191) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

http://www.buaapress.com.cn E-mail:bhpress@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787 mm×960 mm 1/16 印张:37.25 字数:834 千字
2008 年 10 月第 1 版 2008 年 10 月第 1 次印刷 印数:5 000 册
ISBN 978-7-81124-227-0 定价:75.00 元(含光盘 1 张)



译者序

嵌入式 Internet 是本世纪以来计算世界的一项热门技术, 倍受工业界和高等院校的关注。目前已经有这么多这类应用出现, 嵌入式 Internet 链接技术已成为嵌入式系统开发人员需具备的基本能力之一。国外已经有一些大学或工程师学校开设了相关课程, 国内外很多网站也都有嵌入式 Internet 方案及实现的介绍, 但国内系统介绍这方面技术的书籍匮乏。译者自 2002 年以来就关注这一技术的发展, 曾在 MCS-51 单片机上用 C 语言和汇编语言分别实现了嵌入式 TCP/IP 栈及 Web 服务器, 可以说对这一技术情有独衷, 所以很高兴有机会向广大国内读者推荐并分享 Sergio Scaglia 先生的这本嵌入式 Internet 力作。

译者认为, 本书具有以下主要特点:

(1) 结构合理, 内容丰富。既有对 TCP/IP 基本理论的系统介绍, 又有嵌入式 TCP/IP 栈各协议层及模拟应用实现的详细分析, 还给出了一些令读者开拓视野、耳目一新的嵌入式 Internet 典型应用。

(2) 代码质量高。提供的源代码为作者原创, 代码设计遵循模块化设计思想, TCP/IP 栈的实现独立于硬件平台, 可读性强, 易于理解和修改。读者可以通过分析源代码消除在阅读理论部分产生的疑惑。例如校验和计算方法, 只看理论部分可能难以理解, 但阅读了相应的代码后便可豁然开朗。

(3) 图文并茂。对于理解网络协议和嵌入式 Internet 应用来说, 插图有时比文字更重要。书中的很多插图对理解作者要说明的问题有很大的帮助作用。这也体现了作者具有丰富的教学和开发经验。

(4) 适用范围广。适合理论和实践教学(实验、课程设计、实训), 也完全适合嵌入式系统开发工程师自学。

(5) 使用的软、硬件开发平台先进。软件平台采用 IAR Systems 的公司的 ARM 嵌



入式工作台(EWARM),该软件是一套支持 ARM 所有处理器的集成开发环境,包含项目管理器、编辑器、C/C++编译器、汇编器、链接器和调试器,使用方便,生成的代码紧凑、高效,是嵌入式系统的理想专业开发工具。硬件平台基于高性价比的 ARM MCU,使读者能借该平台熟悉主流嵌入式处理器的使用 and 开发。

本书由潘琢金、徐蕾、拱长青、王阿春翻译。庄威、张怀彬、周振辉、曹一鹏、毛艳娥、杨华、施国君对译稿进行了校对,研究生马爱萍、宋刚、商越鹏、王秋实、郑彩萍、许财华、王方、王立琼、王秀娟参与了译稿校对并对协议栈代码进行了测试。IAR 驻上海办事处的叶涛先生和孙燕女士、北京航空航天大学出版社的马广云博士和胡晓柏主任对本书的出版给予了极大的关注和支持。译者在此向他们表示衷心的感谢!

译者对翻译过程中发现的一些错误已经进行了改正(或许仍有遗漏之处)。由于水平有限,译文中难免有不妥或错误之处,敬请读者批评指正。

译者的邮件地址:panzhj@syiae.edu.cn, panzhuojin@sina.com。

关于本书的配套开发板

本书使用两种开发板:E212x,用于以太网连接;P212x,用于串行线路(通过 PPP)。应 IAR 上海办事处的委托,为方便国内读者,沈阳航空工业学院计算机学院嵌入式系统研究室对配套开发板进行了重新设计,沈阳贝克欧工业技术有限公司负责生产和销售。重新设计的开发板也有两种,一种仍称为 E212x,与原 E212x 几乎相同,代码不用做任何修改,只是更换了 USB—UART 桥接芯片,需要更换虚拟串口驱动;另一种为 EP212x,是集 E212x 和 P212x 两种开发板功能于一身(二合一)的开发板,为需要两种开发板的读者提供了一个廉价方案。有关开发板的技术问题,请联系 embeddedinternet@sina.com;购买开发板请联系 ep212x@sina.com。

译者

2008 年 9 月

于沈阳航空工业学院沈北校区



前言

为什么讨论嵌入式 Internet?

嵌入式系统是我们生活的一部分。我们可以在多种应用中找到它们,如家用电器、工业设备、医疗设备、通信设备以及汽车应用等。有些嵌入式系统位于远离其使用者或操作者的地方,在这种情况下,像监视其操作、检查其性能、采集数据或升级应用软件这样的任务很可能是昂贵且费时的过程。另外,对于有些应用来说,如果嵌入式系统能远程报告其状态,获取需要处理的远程数据甚至是发送远程消息向管理员报告所发生的各种事件,则显然益处多多。

很多应用需要巨大的存储空间和强大的处理能力来运行复杂的算法,以产生所需要的结果。由于嵌入式系统的资源有限,这类应用只能由某些微控制器系列来实现。如果我们为这些嵌入式系统提供 Internet 接入能力,使它们能使用 Internet 资源,则这些复杂算法就可以由远程外部服务器完成。通过使用存储在互联网中的“外部智能”方式,可以用很少的资源获得丰硕的成果。

对 Internet 连接产品的需求正日益增长。Internet 被视为最经济的远程监视和控制嵌入式系统的方式。Internet 发展到今天,已成为世界上最廉价的网络,它允许数据相对廉价地横穿于各大陆之间。因此,毫无疑问,随着嵌入式系统应用的持续增长,具有 Internet 接入能力的嵌入式系统将是下一步发展的方向。基于这一思想,我们需要为未来几年的程序员提供“嵌入式 Internet”技术。

为什么写这本书?

在未来几年,嵌入式系统市场会有更快速的增长,有些嵌入式系统会需要通过 Inter-



net 接入来扩展其功能。这就要求嵌入式系统程序员具有这方面的专门技术。

在桌面应用开发和某些装置的开发中,我们会实现并安装一个缩减版的桌面操作系统(PDA、手机、机顶盒等)。在这类系统中,借助于操作系统和运输控制协议/网际协议(TCP/IP)栈的帮助,实现互联网接入是很容易的。然而在一些小型嵌入式系统中,这一点并不现实,可能需要从零开始开发特定的解决方案。

尽管已经有一些 TCP/IP 栈实现方案应用于嵌入式系统中,但它们未必适合我们的特定处理器结构和/或存储器限制。某些实现方案需要使用专门的实时操作系统,这就强加了更多的限制。另外,有些商用 TCP/IP 栈实现方案需要一个初始费用,并且可能还要“按件付费”。不过,也存在一些开源(或免费)的 TCP/IP 栈实现方案,我们可以照搬使用,或者将其作为协议栈开发的起点。

在使用“现成”的协议栈时,只需具备基本的 TCP/IP 知识即可,以便发生网络问题时能够排查故障。而进行新的协议栈开发时,这些基本的 TCP/IP 知识远远不够。因此,无论嵌入式系统设计者向哪个方向发展,他们都必须获取特殊的技能来填补与市场之间的沟壑,这也正是本书要讲述的内容。本书从理论和实践的观点出发,让读者轻松学习使嵌入式系统获得 Internet 接入能力的所有必备知识。

很多未来的应用系统需要 Internet 连接能力,这一事实使得在电气工程和计算机科学课程中引入嵌入式 Internet 知识非常必要。

谁是本书的读者对象?

本书可以用于:

- 关于嵌入式 Internet 的新课,包含 TCP/IP 理论学习和开发实践。
- 现有嵌入式系统课程,包含 Internet 连接理论和实验练习。
- 通信和网络课程,使用本书的第 1 部分作为理论学习指南,使用本书的第 2 部分作为实验练习。
- 上述课程的最后部分可以介绍本书第 3 部分的应用实例。
- 希望了解 TCP/IP 及其在嵌入式系统领域中的应用的专业人员。
- 需要开发自己的协议栈或修改现有协议栈的专业人员,他们需要学习 TCP/IP 的理论和实践知识。
- 需要获得有关 Internet 在嵌入式系统领域中的应用灵感的专业人员。

本书是如何组织的?

本书由 3 部分组成,第 1 部分介绍 TCP/IP 的理论。要了解互联网是如何工作的,具

有主要协议的一些相关知识就已足够;但如果想实现真正的 Internet 应用,则必须要考虑到很多细节。因此,本书的第一部分涵盖了与协议有关的所有方面。所有这些理论章节都给出了 TCP/IP 实现所需要的技术背景。

本书的第 2 部分阐述如何在嵌入式系统中开发 TCP/IP 协议栈。我们使用了两种评估板, TCP/IP 的编程实现采用 C 语言。一种评估板具有以太网接口,为其编写的驱动程序可以将嵌入式系统连接到一个局域网(LAN)。另一种评估板使用串行口将嵌入式系统连接到一个 Internet 服务提供商(ISP),使用点对点协议(PPP)来获得 Internet 连接。一旦准备好这些网络连接,就可以开始开发网络和运输协议,而应用协议需要在这些协议之上运行。这部分提供的应用实例演示了运行在嵌入式系统上的最重要的 Internet 应用协议。

第 3 部分对嵌入式系统应用如何从 Internet 接入获益进行了概念性介绍。尽管给出了一些具体的应用实例,但它们只是 Internet 接入所能给予嵌入式系统应用的多种可能性中的一小部分,嵌入式 Internet 应用仅受限于我们的想象力。

附录给出了一些协议的资料,可作为第 1 章的补充;还给出了第 2 部分所需要用到的工具软件的帮助指南。

本书的说明

第 1 章给出了联网及其优越性的简介。由于大多数学生都熟悉安装、配置和使用计算机网络,本章只是简单地介绍后续章节所需要的一般概念。另外,还介绍了 OSI 参考模型。第 2 章将使用该模型介绍 TCP/IP 栈的分层结构。

第 3 章介绍了 LAN 技术,并详细介绍最广泛使用的 LAN 接口——以太网。第 4 章阐述 TCP/IP 为串行链路提供的串行线路 Internet 协议(SLIP)和 PPP 协议。第 5 章介绍网际协议(IPV4)。第 6 章介绍运输协议,并详细阐述用户数据报协议(UDP)和运输控制协议(TCP)。

第 7 章~第 10 章主要介绍应用协议: Telnet、文件传送协议(FTP)、简单邮件传送协议(SMTP)、邮局协议第 3 版(POP3)和超文本传送协议(HTTP)。尽管它们是相互独立的应用协议,并且可以分开阅读,但第 7 章中的一些概念要在其他各章中用到,因此建议首先阅读第 7 章。第 11 章介绍了域名系统。

第 12 章~第 20 章构成本书的第 2 部分,即 TCP/IP 实现。这些篇章提供了在给定的硬件平台上循序渐进地实现 TCP/IP 栈的指南。每一章都有相关实验,这些实验是用 C 语言实现的,它们解释和演示了理论部分介绍的每个协议。这些练习起到巩固在本书的第 1 部分所学习到的知识的作用。

第 21 章~第 24 章介绍现实生活中的应用实例,构成本书的第 3 部分。



本书共有 6 个附录。附录 A 介绍连接到 Internet 的其他方式,如蓝牙和 IEEE802.11 无线 LAN 标准。附录 B 给出了下一代网际协议第 6 版(IPV6 和 ICMPV6)的概要介绍。附录 C 介绍动态主机配置协议(DHCP)。附录 D 介绍简单网络管理协议(SNMP)。附录 E 介绍一些 Windows 操作系统自带的实用工具,这些工具可以用在第一部分的理论学习中,完成一些实践性练习。附录 F 介绍网络协议分析器(Sniffer),该工具在捕获和分析 Internet 应用的通信数据包时非常有用,还允许读者在系统运行时查看协议的运行情况。

本书要求读者具备哪些知识?

本书的第 1 部分(理论)需要读者熟悉计算机及计算机网络的概念,并且熟悉某些 Internet 应用软件的使用。此外,读者应具备一些数值表示系统的知识,以便能识别二进制、十进制和十六进制数。

本书的第 2 部分(实现)需要读者具备微控制器结构和 C 语言编程的一些基本知识。

本书的第 3 部分(应用)需要读者熟悉嵌入式系统及其应用。

使用什么样的硬件和软件开发平台?

本书的具体实现部分(第 2 部分)基于两种不同类型的 ARM7 微控制器开发板,板上的微控制器是飞利浦公司的 LPC2000 系列。软件平台基于 IAR 嵌入式工作台开发工具,使用的是自带 ARM C/C++ 编译器、具有 32 KB 代码限制的版本,该开发工具包含在随书光盘中。

之所以采用 ARM 微控制器,主要基于以下理由:

- ARM 是非常知名的微控制器结构,已被很多公司验证和生产。
- 飞利浦的 LPC2000 系列基于 32 位微控制器结构,功能非常强大,并且价格与其性能低的 8 位微控制器相当。
- 其性能和存储器特点使之非常适合于实现需消耗大量存储器的协议栈。
- 根据一些分析家的结论,5 年后 ARM 将会取代 8051 的标准地位。
- 开发套件成本很低。
- 有很多可用于 ARM 的软件开发工具。

随书光盘中包含什么?

本书附带的光盘中包含以下内容:

- 用作 ARM 开发工具的 IAR 嵌入式工作台(EWARM)(32 KB 代码限制版)。
- Embedded Internet 软件,包括下述模块:
 - 书中实验的项目文件(针对 IAR EWARM)。
 - 实验的 Ethernet 示例。
 - 完成实验所需要的 Embedded Internet 工具软件。
 - 起步指南。
 - 数据手册和帮助文件。
 - 其他工具及驱动程序:
 - Ethernet(sniffer 软件);
 - 飞利浦 LPC2000 FLASH 工具;
 - FTDI USB 驱动程序。

请按照每个软件的安装指令进行安装。若需更进一步的安装建议,请参见第 12 章。

致 谢

如果没有其他人的贡献和支持,本书是不可能出版的。在此,请允许我向他们表达我的感激之情。

首先,我要感谢 Pearson 教育出版社的两位编辑:Simon Plumtree,他一直对这个项目满怀信心,并在最初的几个阶段给我以指导;Owen Knight,他负责本书出版的后续过程。他们两人都为我提供了必要的支持,并鼓励我完成这一持续时间很长的项目。

接下来,我要感谢在 Phaedrus SystemS Ltd(www.pheadsys.org)工作的朋友——Chris Hills,他对本书做出了无法估价的贡献,从一开始他就介入到这个项目中,提供了必不可少的联系和公关工作。

还要感谢:

- Georgina Clark-Mazo,来自 Pearson 的产品开发部,他有一个困难的任务,就是追着我进行书稿校对(最终达到了目的)。
- IAR 的人员 Mike Skrtic、Anders Lundgren、Jason Moore、Nadim Shehayed 和 Francis Cheng。特别要感谢的是 Robert DeOliveira,他一直跟踪本书的进展;还有 Sara Skrtic,她为本书光盘的介绍做了出色的工作。
- Feabhas(www.feabhas.com)的 Niall Cooling,为我提供了反馈意见和建议。
- Maria Clara Aliverti,纠正了我的英文错误并使我的英文水平有所提高。
- Ros Woodward(技术编辑)、Jill Wallis(校对)和 Margaret Binns(索引编制人)。
- Axel Wolf,为我提供了大量 NXP 的技术信息,这些信息都包含在随书光盘中。
- Pearson 教育出版社该项目组的其他成员,虽然没有机会认识他们,但我相信是他们的辛勤工作使本书得以出版。
- 最后,我要感谢我的家人 Rosana、Venezia 和 Giorgio(以及我的爱犬 Tomy),是他们支持我将原本陪伴他们的时间用来写作本书。

出版商的谢辞

非常感谢下面两家公司允许我们复制版权资料：微软公司许可印刷微软产品的屏幕截图，Ethereal 公司许可印刷 Ethereal 的屏幕截图。

在有些情况下，我们无法查清版权资料的拥有者，如果您能提供这样的信息，我们将非常感激。



目 录

第一部分 TCP/IP 基础

第1章 联网引言

1.1 联网及其优点	3
1.2 网络基本知识	4
1.2.1 交换网络类型	4
1.2.2 网络协议	6
1.2.3 无连接和面向连接的协议	6
1.2.4 网络报文结构	6
1.2.5 报文传输类型	7
1.2.6 连接工作方式	7
1.3 网络模型	8
1.4 网络类型	8
1.4.1 局域网(LAN)	9
1.4.2 无线局域网(WLAN)	9
1.4.3 广域网(WAN)	9
1.5 开放系统互联(OSI)参考模型	10
1.5.1 引 言	10
1.5.2 七层模型	11
1.5.3 层间通信	15
1.5.4 报文路由选择	16



1.6 小 结	17
---------	----

第2章 TCP/IP 栈

2.1 对新协议的需求:Internet 的诞生	20
2.2 TCP/IP 服务的两种视点	21
2.2.1 终端用户的视点:应用层服务	21
2.2.2 开发者的视点:网络层服务	21
2.3 TCP/IP 栈体系结构	21
2.4 TCP/IP 协议族	22
2.5 TCP/IP 栈协议相关性	24
2.6 Internet 协议的标准化过程	25
2.7 小 结	25

第3章 LAN 技术:以太网

3.1 为什么有 Ethernet II 和 IEEE Ethernet?	27
3.2 Ethernet II	27
3.2.1 工作原理	27
3.2.2 CSMA/CD 接入控制方法	28
3.2.3 Ethernet II 帧格式	30
3.3 IEEE 802 模型(ISO 8802)	30
3.3.1 逻辑链路控制层(LLC-802.2)	31
3.3.2 桥接层(802.1)	32
3.3.3 介质访问控制层(802.X MAC)	33
3.3.4 物理层(802.X PHY)	33
3.3.5 子网接入协议(SNAP)	34
3.4 802.3 CSMA/CD(IEEE Ethernet)	36
3.4.1 802.3 介质	36
3.4.2 802.3 帧格式	37
3.5 IEEE 802.3 和 Ethernet II 网络比较	37
3.6 小 结	39

第4章 网络接口:SLIP 和 PPP

4.1 点对点网络方案	40
4.2 串行线路接口	41

4.2.1 RS-232 串行口	41
4.2.2 通用串行总线接口(USB)	44
4.3 串行线路协议	44
4.4 串行线路 Internet 协议	44
4.5 点对点协议(PPP)	45
4.5.1 PPP 链路概述	47
4.5.2 PPP 链路控制协议	52
4.5.3 PPP 认证协议	54
4.5.4 PPP 网络控制协议	57
4.5.5 PPP 附加协议	60
4.5.6 PPP 请求评论概览	62
4.6 小 结	63

第 5 章 网际层:IP 和 ICMP

5.1 网际协议(IPv4)	65
5.1.1 引 言	65
5.1.2 IP 封装	67
5.1.3 IP 分片/重组	71
5.1.4 IP 编址	74
5.1.5 IP 交付和选路	83
5.2 Internet 控制报文协议(ICMPv4)	85
5.2.1 ICMP 通用报文格式	86
5.2.2 ICMP 差错报告报文	88
5.2.3 ICMP 信息交换报文	89
5.3 地址解析协议(ARP)	93
5.3.1 ARP 报文格式	94
5.3.2 ARP 解析缓存	97
5.4 逆向地址解析协议(RARP)	97
5.5 小 结	97

第 6 章 运输层:UDP 和 TCP

6.1 引 言	99
6.1.1 运输层编址:端口	101
6.1.2 服务器进程端口分配	102



6.1.3	客户进程端口分配	104
6.1.4	客户/服务器报文交换示例	104
6.1.5	客户和服务器关联:TCP/IP 套接字	105
6.2	用户数据报协议	106
6.2.1	UDP 封装	106
6.2.2	UDP 报文格式	107
6.2.3	UDP 校验和计算	108
6.2.4	基于 UDP 的应用	109
6.3	传输控制协议	109
6.3.1	TCP 的特点	110
6.3.2	TCP 报文单元:报文段	111
6.3.3	TCP 报文段格式	112
6.3.4	TCP 报文段首部选项	114
6.3.5	TCP 校验和计算	115
6.3.6	最大报文段长度	116
6.3.7	PUSH(推送)功能	117
6.3.8	URGENT(紧急)功能	118
6.3.9	TCP 连接:建立、管理和终止	118
6.3.10	提供可靠性和流控制	125
6.3.11	TCP 滑动窗口确认系统	131
6.3.12	TCP 报文段重发机制	138
6.3.13	选择性确认(SACK)	141
6.3.14	滑动窗口尺寸调整	142
6.3.15	接收缓冲区大小调整问题(收缩窗口)	144
6.3.16	“糊涂窗口”综合征	145
6.3.17	TCP 拥塞控制	146
6.3.18	TCP 常见应用	146
6.4	小 结	147

第 7 章 远程访问:Telnet

7.1	引 言	150
7.2	网络虚拟终端	151
7.3	Telnet 客户/服务器模型	153
7.4	Telnet 命令	153

7.4.1 Telnet 命令结构	154
7.4.2 Telnet 选项	155
7.4.3 Telnet 选项协商	156
7.4.4 Telnet 选项子协商	157
7.5 Telnet 同步功能	158
7.6 小 结	159

第8章 文件传送协议:FTP

8.1 引 言	161
8.2 概 述	161
8.3 FTP 模型	163
8.3.1 服务器 FTP 进程组件	163
8.3.2 用户 FTP 进程组件	164
8.4 FTP 控制连接	164
8.4.1 用户登录	164
8.4.2 匿名 FTP	165
8.5 FTP 数据连接	165
8.5.1 主动数据连接	165
8.5.2 被动数据连接	166
8.6 FTP 传送方式	168
8.6.1 流方式	168
8.6.2 块方式	168
8.6.3 压缩方式	168
8.7 FTP 数据表示	168
8.7.1 FTP 数据类型	169
8.7.2 FTP 格式控制	169
8.7.3 FTP 数据结构	170
8.8 FTP 内部命令和应答	170
8.9 FTP 用户命令	175
8.10 FTP 最小实现	177
8.11 小 结	177

第9章 E-mail 协议:SMTP 和 POP3

9.1 电子邮件系统引言	179
--------------------	-----