

Guide to TCP/IP: IPv6 and IPv4

Fifth Edition

TCP/IP协议 原理与应用

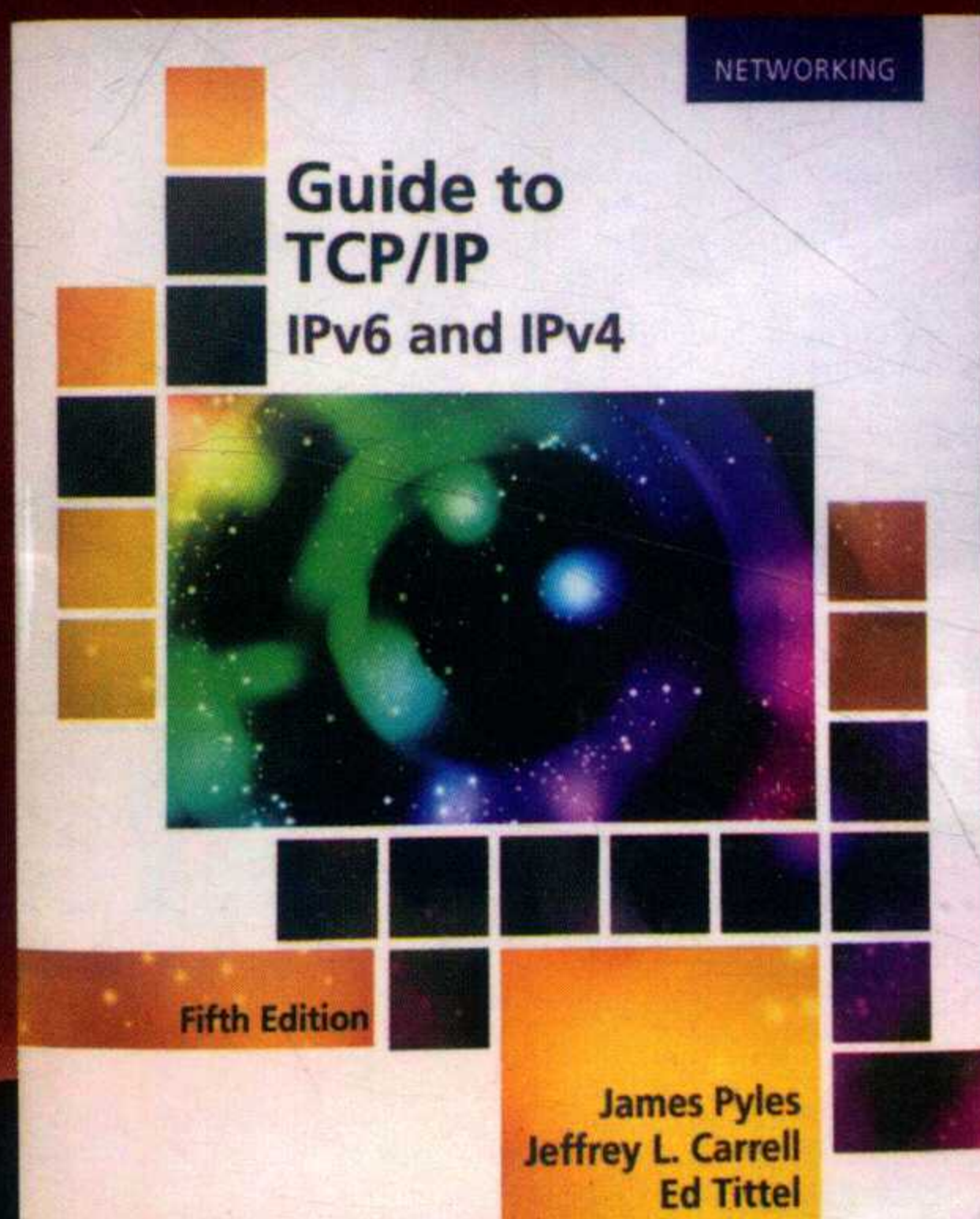
(第5版)

[美] 詹姆斯·派尔斯 (James Pyles)

[美] 杰弗里·卡雷尔 (Jeffrey L. Carrell) 著

[美] 埃德·泰特尔 (Ed Tittel)

金名 等译



清华计算机图书译丛

Guide to TCP/IP: IPv6 and IPv4

Fifth Edition

TCP/IP 协议原理与应用

(第5版)

[美] 詹姆斯·派尔斯 (James Pyles)

[美] 杰弗里·卡雷尔 (Jeffrey L. Carrell) 著

[美] 埃德·泰特尔 (Ed Tittel)

金名 等译

清华大学出版社

北京

北京市版权局著作权合同登记号 图字 01-2017-8433 号

Guide to TCP/IP: IPv6 and IPv4, Fifth Edition

James Pyles, Jeffrey L. Carrell, Ed Tittel 著, 金名 等译

Copyright ©2017 by Course Technology of Cengage Learning.

Original edition published by Cengage Learning. All Rights reserved. 本书原版由圣智学习出版公司出版。版权所有，盗印必究。

Tsinghua University Press is authorized by Cengage Learning to publish and distribute exclusively this simplified Chinese edition. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only (excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan). Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

本书中文简体字翻译版由圣智学习出版公司授权清华大学出版社独家出版发行。此版本仅限在中华人民共和国境内（不包括中国香港、澳门特别行政区及中国台湾）销售。未经授权的本书出口将被视为违反版权法的行为。未经出版者预先书面许可，不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Cengage Learning Asia Pte. Ltd.

5 Shenton Way, # 01-01 UIC Building, Singapore 068808

本书封面贴有 **Cengage Learning** 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 13701121933

图书在版编目 (CIP) 数据

TCP/IP 协议原理与应用 (第 5 版) / (美) 詹姆斯·派尔斯 (James Pyles), (美) 杰弗里·卡雷尔 (Jeffrey L. Carrell), (美) 埃德·泰特尔 (Ed Tittel) 著; 金名等译. —北京: 清华大学出版社, 2018
(清华计算机图书译丛)

书名原文: Guide to TCP/IP: IPv6 and IPv4, Fifth Edition

ISBN 978-7-302-48841-5

I. ①T… II. ①詹… ②杰… ③埃… ④金… III. ①计算机网络-通信协议 IV. ①TN915.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 287740 号

责任编辑: 龙启铭

封面设计: 傅瑞学

责任校对: 时翠兰

责任印制: 刘海龙

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者: 北京泽宇印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm

印 张: 36.75

字 数: 893 千字

版 次: 2018 年 8 月第 1 版

印 次: 2018 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 128.00 元

产品编号: 072878-01

译者序

TCP/IP 是支持互联网运行的一套协议的总称，TCP 和 IP 是该协议族中的两个核心协议，这也正是将 TCP/IP 作为该协议族名称的原因。

TCP/IP 作为现代网络运行的基础协议，学习、理解和深入掌握 TCP/IP，将会提高我们的网络应用程序开发能力，夯实网络管理的基础，增强对网络取证的理解，以及方法的创新，提高网络安全意识，增强网络分析能力。总之，TCP/IP 是研究和应用现代网络必不可少的知识，也是从事这方面工作的基石。

本书深入介绍了所有影响着 TCP/IP 的重要模型、协议、服务以及标准，它们影响着 TCP/IP 在现代网络上的行为。本书采用理论与实践相结合的方法，利用各种协议分析工具（如 Wireshark），通过捕获网络上的真实数据包，把数据包的内部结构以可视化的形式详细分解，让读者能够以直观的方式探索 TCP/IP 的精髓。此外，通过每章末尾的习题、动手项目和案例项目，深化读者对关键概念的理解，掌握常见网络管理和监视工具的运用。

本书针对 Windows 10、Windows Server 2012 操作系统以及最新的协议分析工具 Wireshark v2.0.0 进行了全面更新，并且增加了 Mac OS X 和 Ubuntu Linux 操作系统下的示例。

本书由金名主译，黄刚、陈宗斌、陈河南、傅强、宋如杰、蔡江林、陈征、戴锋、蔡永久、邱海艳、张军鹏、吕晓晴、杨芳、郭宏刚、黄文艳、刘晨光、苗文曼、崔艳荣、王祖荣、王珏辉、陈中举、邱林、陈勇、杨舒、秦航、潘劲松、黄艳娟、姜盼、邱爽、张丹、胡英、刘春梅、姜延丰、钟宜峰、李立、李彤、付瑶、张欣欣、张宇超、朱敏、王晓亮、杨帆、万书振、解德祥等人也参与了部分翻译工作，由于水平有限，如有不妥之处，恳请读者指正。

前言

欢迎阅读本书第 5 版！TCP/IP 为 Transmission Control Protocol/Internet Protocol（传输控制协议/网际协议）的缩写，它定义了一组宽泛的、使得 Internet 能像我们今天所看到的那样发挥功能的协议和服务。在介绍 TCP/IP 的过程中，本书提供了丰富的实际示例和大量的动手项目，不仅强化了关键概念，并传授重要监视和管理工具的用法。本书还包含了丰富的协议跟踪或解码案例，它们将帮助你理解网络上的 TCP/IP 看起来是什么样、它是如何工作的。

本书深入介绍了 TCP/IP 的所有重要模型、协议、服务以及标准，它们决定了 TCP/IP 在现代网络上的行为。在本书的每一章都给出了一些主要问题，以强调本章要介绍的概念，帮助读者掌握与 TCP/IP 的交互。本书除了有丰富的习题，还有大量详尽的动手项目，它们提供了在网络上安装、配置、使用和管理 TCP/IP 的第一手经验。最后，为了把每一章所介绍的概念应用到现实中，本书还给出了很多案例项目，这些项目提出了一些问题，并要求读者针对现实网络面临的各种情形给出创造性的解决方案。



读者对象

本书旨在满足有志于深入学习 TCP/IP 网络的个人以及从事信息系统管理的专业人士。这些材料经过专门设计，让读者在管理基于 TCP/IP 的网络基础设施上——或者仅仅使用它的协议套件，或者与其他协议套件一起使用——发挥主要作用。学完整本书的读者应该能够精细地认识、分析以及诊断和解决各种 TCP/IP 网络问题和现象。



本书内容

第 1 章首先概述了 TCP/IP，然后介绍了名为 RFC 的标准文档的结构和起源，这些文档描述和控制了 TCP/IP 协议、服务以及事件。接着，考察了用于组网的开放系统互连（Open System Interconnection, OSI）参考模型，该模型由国际标准化组织（International Organization for Standardization, ISO）实行了标准化，本章也将这个标准模型与 TCP/IP 支撑模型进行了比较。然后，简要介绍了 TCP/IP 协议、服务、套接字和端口，最后概述了协议分析。Wireshark 是一种协议分析器，它可以捕获网络数据包（包括 TCP/IP），对数据包进行解码，并可以显示其内容，该工具在本书后面部分

将发挥重要作用。

第 2 章介绍管理唯一 IP 地址 (包括 32 位 IPv4 和 128 位 IPv6 地址) 所涉及的错综复杂关系。以解剖数字 IPv4 地址作为开端, 这一章考察了 IPv4 地址类, 特别是广播与多播地址、子网与超网等特殊情况, 并且阐述了为什么会存在无类 IPv4 地址、公用与专有 IPv4 地址以及 IPv4 寻址模式。这一章的其余部分介绍了 IPv6, 包括地址格式与表示方法、地址形式与类型, 以及地址分配。此外, 还介绍了寻址模式和子网划分因素, 以及讨论如何管理从 IPv4 到 IPv6 地址的转换。

第 3 章介绍 IP 数据包 (IPv4 和 IPv6) 的主要组成部分: 首部描述了用于数据包路由、转发和过滤等的信息, 有效载荷包含了数据包要传输的数据。本章介绍了 IPv4 和 IPv6 首部的结构, 并进行了详细阐述, 此外还介绍了 IPv6 扩展首部, 以及传输与数据包处理控制的使用。本章最后把 IPv4 与 IPv6 的首部结构进行了对比, 以阐述 IPv6 进行了哪些重新设计和修改。

第 4 章描述了运行在 OSI 参考模型的数据链路层和网络层上的 TCP/IP 协议, 讨论了一般意义上的数据链路层协议, 考察了 IP 帧类型, 并议论了 IP 环境中的硬件地址, 以及支持其使用的各种协议——特别是 IPv4 的 ARP 和 RARP, 以及 IPv6 的 NDP (Neighbor Discovery Protocol, 邻居发现协议)。本章还涵盖了网络层的最重要 TCP/IP 协议——网际协议以及 IPv4 和 IPv6 的路由协议、路由机制与路由特点, 包括 RIPv1 与 RIPv2、OSPF、EIGRP 和 BGP, 并介绍了针对 IPv4 和 IPv6 协议和行为要考虑的因素。

第 5 章介绍了 TCP/IP 的关键网络层协议: 其任务是将有关 IP 流量的状态和出错消息传递给其发送者以及传递给“其他感兴趣设备”, 例如路由器或交换机。本章首先介绍了 ICMPv4 和 ICMPv6 的结构和功能, 然后考察了 ICMP 测试和故障诊断方法、安全问题、ICMP 消息类型和代码, 最后介绍了 ICMP 和解码 ICMP 数据包的完整测试和故障诊断方法。

第 6 章介绍 NDP, 以阐述在 IPv6 网络上邻居发现是如何工作的, 内容包括 NDP 与 IPv4 相关协议的对比, 各种 NDP 消息格式与选项, 以及 IPv6 网络上的整个邻居发现过程。

第 7 章介绍使用在 IPv4 和 IPv6 网络上的各种自动寻址模式和机制, 包括动态主机配置协议 (Dynamic Host Configuration Protocol, DHCP), 以及用于 IPv4 的自动配置机制 (APIPA 和 DHCP) 和用于 IPv6 的自动配置机制 (主机/网卡地址确定、无状态与有状态地址自动配置, 以及 DHCPv6)。

第 8 章介绍用于把人类可读的网络名称和地址符号解析为机器可理解的网络地址的主要服务, 内容包括名称解析基础, 以及各种网络名称解析协议。本章详细介绍了 IPv4 和 IPv6 名称解析与域名服务 (Domain Name Service, DNS), 以及 Windows 操作系统支持的名称解析, 包括设置、配置、故障诊断和相关实用工具等内容。

第 9 章介绍运行在 OSI 参考模型传输层上的两个关键协议——重型的、健壮的、可靠的传输控制协议 (TCP), 以及轻型但速度更快的用户数据报协议 (UDP)。本章详细介绍了 TCP, 尤其是其数据包结构和功能 (包括 TCP 的 IPv6 扩展首部), 并简要介绍了 UDP。本章最后介绍了这两个协议的常见用法。

第 10 章介绍当在同一个网络上 IPv4 与 IPv6 共存时, 需要处理的问题和应用的技术, 在可预见的将来, 很多网络肯定将面临这种情况。本章介绍了 IPv4 与 IPv6 进行交互的方式, 阐述了 IPv4/IPv6 混合网络和结点类型, 探讨了使从 IPv4 到 IPv6 的转变尽可能简单的地址

转换与交换机制。本章还详细介绍了信道机制和协议，包括 ISATAP、6to4 和 Teredo。

第 11 章介绍了 Internet 专业人员最感兴趣的领域，也就是在现代的 TCP/IP 网络上理解、规划、部署和使用 IPv6。本章内容包括评估潜在的软件和硬件更改、寻址模式与自动寻址，以及针对不同类别或类型的网络服务的优先级模式。

第 12 章介绍了网络安全基础，特别强调了 IP 安全问题。本章还介绍了一些关键主题，包括外围安全、基础设施安全以及主机设备安全。

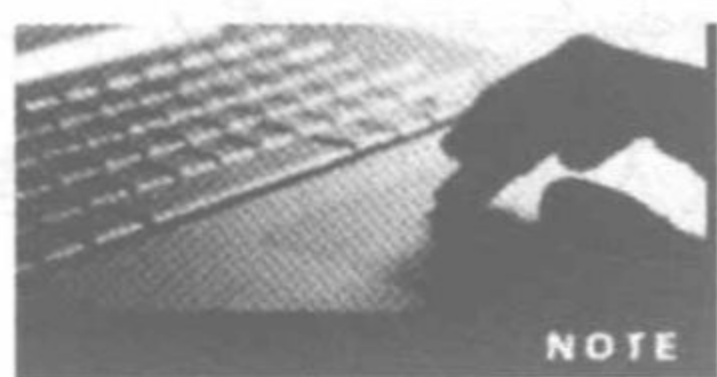
本书最后给出了一个附录 A，介绍了本书配套网站上提供的所需软件和跟踪文件。



在线内容

本书配套网站还提供了如下内容（不止这些）：

- 本书提到过的重要 RFC 列表，以及有关 IPv6 的 RFC。



RFC 是一个动态的文档集，因此，任何时候列出的列表，都只是体现当时的情况。关于最新的文档和标准，请访问在线 RFC。

- 用于 Windows 桌面或 Windows 服务器环境下的与 TCP/IP 有关的命令行实用工具列表。
- 在本书图表中使用到的 Windows 桌面或 Windows 服务器的注册表设置。



新增内容

- 针对 Windows 10、Windows Server 2012 和 Wireshark v2.0.0，本书内容进行了全面更新。
- 增加了 Mac OS X 和 Ubuntu Linux 操作系统下的示例。
- 改进了分析问题、研究问题，更新了实验内容，帮助读者巩固以前所学知识。
- 本书配套网站上新增的其他内容。



本书特点

为了确保有成功的学习体验，本书包含了下述教学特点。

- 本章内容：本书中的每一章都以该章必须掌握的关键观念的列表作为开始。这个列表提供了该章内容的快速参考以及有用的学习辅助。
- 图示及表格：大量服务器屏幕和部件的图示以可视化的形式展示了常见设置步骤、理论与概念，帮助读者学习。此外，许多表格提供了实践和理论的细节和对比，可用于快速浏览主题。本书还包含了来自 IPv4 和 IPv6 的大量协议跟踪。由于这两种协议在格式上不同，因此，它们的跟踪文件也稍微有所不同，但它们或多或少都提供了一些相同的信息，只有一些微小的差别。
- 章末材料：每一章的末尾包含了下述特点来巩固本章介绍的材料。
 - ◆ 本章小结：提供了一个符号列表，给出了简明但完整的本章小结。

- ◆ 习题：一系列习题，测试对该章最重要概念的掌握。
- ◆ 动手项目：动手实践项目帮助应用该章学习的知识。
- ◆ 案例项目：案例带你见识现实世界的场景。
- ◆ 学生和教师在线资源：在本书配套网站上，提供了一些压缩文件，包含完成本书的动手项目所需的跟踪（数据）文件和软件（Wireshark for Windows、Bitcricket IP Subnet Calculator）。此外，还有关于简易网络工具和实用程序的文档说明。使用本书的学生和教师资源可访问 www.cengage.com。



致谢

衷心感谢 Course Technology 公司提供机会修订这本涵盖 IPv6 的教材。我们衷心感谢他们的耐心和宽容，特别是我们的产品经理 Kristin McNary，产品经理助理 Amy Savino，内容开发人员 Natalie Pashoukos，内容项目经理 Brook Baker，以及负责书稿质量保证的技术编辑 Mark Mirrotto。感谢优秀的开发编辑 Kent Williams，其深入和细致入微的工作使这些材料成了现在看到的这种优雅形式。

也衷心地感谢协助将本书变为成果的幕后作者团队经理 Kim Lindros，他以主人翁的责任感加入到了本项目的管理中。

James Pyles: 感谢给我机会为本书第 5 版进行更新。特别感谢 Ed Tittel 和 Kim Lindros 邀请我参加进这个项目。我也非常感谢 Jeffrey L. Carrell，使得我很高兴坐下来学习神秘的 IPv6。还要感谢 Mary Kyle 优秀的管理技巧和无尽的耐心，感谢 Tom Lancaster 对本书无价的奉献。感谢我的妻子 Lin 的大力支持。

Jeffrey L. Carrell: 有了上帝的帮助，任何事情都有可能。感谢我的妻子，也是我最好的朋友 Cynthia 的关爱、鼓励和忍耐，真心感谢在我的生命中有你。感谢我们的朋友和同事，为我提供素材和鼓励。感谢 Ed Tittel 为我提供这个机会、鼓舞和指导。这是一个巨大、令人兴奋又令人生畏的项目。感谢 Kim Lindros 和 Mary Kyle，他们推动我们不断前进。没有你们，我不可能完成本书。最后，感谢 James Pyles 和 Tom Lancaster，他们对本书内容进行了更新，并补充了很多新内容，没有你们，也不可能完成本书。

Ed Tittel: 感谢 James Pyles 和 Tom Lancaster 帮助我们提供新内容和练习。同样，再次感谢 Kim Lindros 和 Mary Kyle，他们使得本书比预计的容易完成得多。最后，感谢我亲爱的妻子 Dina 和儿子 Gregory，他们给我带来了无数的快乐和幸福。

欢迎读者通过 E-mail 给我们发送有关本书的评论、问题和建议：

tcpip5e@guidetotcpip.com

开始之前阅读

致用户

本书应按顺序从头读到尾。每一章都构建在前一章提供的、对 TCP/IP 概念、协议、服务以及部署实践的坚实理解上。鼓励读者研究本书中引用的在线和印刷资源。

本书的某些章节要求额外的材料来完成章节末尾的项目。本书配套的学生和教师网站包含了必要的补充文件。要下载这些资源，可以访问网站 www.cengage.com。

该网站包含了：

- 完成动手项目所需的软件，包括 Wireshark for Windows 协议分析器。
- 指向完成动手项目所需学生数据文件（本书中称为“跟踪”或“数据包”文件）的链接。
- 一些章节的其他资源。



本书使用的是流行的 Wireshark 协议分析器。动手项目中用到的 Wireshark v2.0.0 版本可以从本书配套网站下载。读者也可以从 Wireshark 网站下载最新版本：www.wireshark.org。

致指导老师

在构建教学实验室时，应确保每一台工作站都安装了 Windows 7 或 Windows 10 专业版、Internet Explorer 11 或更高版本。在学习本书时，学生将在这些计算机上安装 Wireshark。此外，学生将需要有工作站的管理权限，以便完成本书中动手项目中包含的操作。少量项目还需要学生能访问 Linux 和 Mac OS X。这里建议在虚拟机上使用 Ubuntu 14.04.3 LTS 或更高版本、OS X 10.6.7 或更高版本。

实验要求

下面是为完成各章末尾项目所推荐的硬件和软件要求：

- 主频为 1GHz 或更高的 CPU，2GB 内存（推荐 4GB 或更多），80GB 硬盘空间，至少 2GB 的可用存储空间。
- Windows 7 专业版（Service Pack 1 或更高版本）或 Windows 10 专业版，以及 Internet Explorer 11 或更高版本，必须已静态定义或通过 DHCP 赋给了 IPv4 和 IPv6 地址。
- 可以访问 Linux 系统或 Mac OS X 系统，或者在虚拟机上运行这两种操作系统，必须已静态定义或通过 DHCP 赋给了 IPv4 和 IPv6 地址。
- Internet 访问，最好是双栈访问。
- 支持 IPv4 和 IPv6 的第 3 层交换与路由。
- 含有 IPv4 和 IPv6 地址（已静态定义或通过 DHCP 赋给）的 Windows Server 2012 R2。

目 录

第 1 章 TCP/IP 导引	1
1.1 什么是 TCP/IP	1
1.2 TCP/IP 的起源和历史	2
1.2.1 TCP/IP 的设计目标	2
1.2.2 TCP/IP 大事年表	2
1.2.3 谁“拥有” Internet	3
1.2.4 管理 TCP/IP 的标准化组织	4
1.2.5 IPv4 与 IPv6	4
1.3 TCP/IP 标准和 RFC	5
1.4 OSI 网络参考模型概览	6
1.4.1 网络分层	6
1.4.2 ISO/OSI 网络参考模型	7
1.4.3 协议层如何工作	8
1.5 TCP/IP 网络模型	12
1.5.1 TCP/IP 网络访问层	12
1.5.2 TCP/IP 网络访问层协议	13
1.5.3 TCP/IP 互联网层的功能	14
1.5.4 TCP/IP 互联网层协议	14
1.5.5 TCP/IP 传输层的功能	15
1.5.6 TCP/IP 传输层协议	15
1.5.7 TCP/IP 应用层	16
1.6 TCP/IP 协议、服务、套接字与端口	17
1.6.1 TCP/IP 协议号	17
1.6.2 TCP/IP 端口号	18
1.6.3 TCP/IP 套接字	19
1.7 TCP/IP 中的数据封装	19
1.8 关于协议分析	20
1.8.1 协议分析的有用规则	20
1.8.2 协议分析器的要素	20
1.8.3 将协议分析器安装在网络上	24
本章小结	25

习题	26
动手项目	28
动手项目 1-1: 安装 Wireshark	29
动手项目 1-2: 捕获基本数据包, 查看基本数据包和统计信息	30
动手项目 1-3: 选择一个过滤器并捕获数据包	35
动手项目 1-4: 创建一个显示过滤器	35
动手项目 1-5: 查看一个完整的数据包解码	36
案例项目	36
案例项目 1-1: 解决小型网络中的网络连接问题	36
案例项目 1-2: 讨论升级到 IPv6 的理由	37
案例项目 1-3: 确定正在使用的是哪种 IP 协议	37
案例项目 1-4: 解释协议错误或广播数据流的后果	37
案例项目 1-5: 学习 Internet 的历史	37
第 2 章 IP 寻址及其他	38
2.1 IP 寻址基础	38
2.2 IPv4 寻址	40
2.2.1 IPv4 地址类	40
2.2.2 网络、广播、多播及其他特殊 IP 地址	41
2.2.3 广播数据包结构	42
2.2.4 IPv4 网络与子网掩码	44
2.2.5 IPv4 子网与超网	45
2.2.6 IPv4 的无类域间路由	47
2.2.7 公用和专用 IPv4 地址	48
2.2.8 管理对 IPv4 地址的访问	49
2.3 获得公用 IP 地址	50
2.4 IPv4 寻址模式	50
2.4.1 网络空间	51
2.4.2 主机空间	52
2.5 正在耗尽的 IPv4 地址空间	53
2.6 IPv6 概述	55
2.7 IPv6 寻址	56
2.7.1 地址格式与表示法	56
2.7.2 网络与主机部分	57
2.7.3 作用域标识符	57
2.7.4 接口标识符	57
2.7.5 URL 中的原始 IPv6 地址	59
2.7.6 地址类型	59
2.7.7 地址分配	63

2.8 IPv6 寻址与子网划分的因素	64
2.9 从 IPv4 转换到 IPv6	65
本章小结	67
习题	68
动手项目	70
动手项目 2-1: 熟悉 IPv6 反向代理	70
动手项目 2-2: 计算域的 IPv6 反向代理	70
动手项目 2-3: 根据所需的 IPv4 子网数量, 计算子网掩码	71
动手项目 2-4: 使用在线教程学习子网划分	71
动手项目 2-5: 使用子网计算器, 确定某个 IP 地址的主机地址范围、 广播地址以及其他相关值	72
动手项目 2-6: 查看与 IPv6 寻址有关的 RFC 文档	73
动手项目 2-7: 找出 Windows 计算机的 IPv6 地址	73
动手项目 2-8: 找出 Mac 计算机的 IPv6 地址	74
动手项目 2-9: 找出 Linux 计算机的 IPv6 地址	74
动手项目 2-10: 访问和使用 Windows 计算机的 ARP 表	75
动手项目 2-11: 访问和使用 Linux 计算机的 ARP 表	76
案例项目	77
案例项目 2-1: 设计一个公司网络	77
案例项目 2-2: 为单个站点实现一个网络	77
案例项目 2-3: 设计一个 IPv6 地址空间	77
第 3 章 基本的 IP 数据包结构: 首部与有效载荷	78
3.1 IP 数据包与数据包结构	78
3.2 IPv4 首部字段及其功能	78
3.2.1 版本字段	79
3.2.2 首部长度字段	79
3.2.3 TOS 字段的功能: 差分服务和拥塞控制	79
3.2.4 总长度字段	83
3.2.5 标识符字段	83
3.2.6 标志字段	84
3.2.7 分段偏移量字段	84
3.2.8 生存时间字段	84
3.2.9 协议字段	85
3.2.10 首部校验和字段	85
3.2.11 源地址字段	86
3.2.12 目的地址字段	86
3.2.13 可选字段	86
3.2.14 填充字段	86

3.3	IPv6 首部字段及其功能	87
3.3.1	版本字段	87
3.3.2	流量类型字段	87
3.3.3	数据流标签字段	88
3.3.4	有效载荷长度字段	88
3.3.5	下一个首部字段的作用	88
3.3.6	Internet 组管理协议	89
3.3.7	跳限制字段	89
3.3.8	源地址字段	89
3.3.9	目的地址字段	89
3.4	IPv6 扩展首部	89
3.4.1	扩展首部的顺序	90
3.4.2	逐跳选项扩展首部	91
3.4.3	目的地选项扩展首部	91
3.4.4	路由扩展首部	92
3.4.5	分段扩展首部	92
3.4.6	认证扩展首部	93
3.4.7	封装安全有效载荷扩展首部和尾部	94
3.4.8	超大包	95
3.4.9	服务质量	95
3.4.10	路由器警告与逐跳选项	96
3.5	IPv6 MTU 与数据包处理	97
3.6	IPv6 的上层协议校验和	98
3.7	IPv6 首部结构与 IPv4 首部结构	100
3.7.1	IPv4 与 IPv6 首部比较	100
3.7.2	从 IPv4 转换到 IPv6 的小结	101
	本章小结	102
	习题	104
	动手项目	107
	动手项目 3-1: 使用 Wireshark 软件查看 IPv4 数据包首部	107
	动手项目 3-2: 使用 Wireshark 软件查看 IPv6 数据包首部	108
	动手项目 3-3: 在 Wireshark 软件中查看 IPv6 上层协议	110
	案例项目	111
	案例项目 3-1: Wireshark 与消息分析器	111
	案例项目 3-2: 解释校验和错误	111
	案例项目 3-3: 查看 IPv6 的下一个首部字段	112
第 4 章	TCP/IP 中的数据链路层与网络层协议	113
4.1	数据链路协议	114

4.2	点到点协议	115
4.3	帧的类型与大小	117
4.3.1	以太网帧类型	117
4.3.2	Ethernet II 帧结构	117
4.4	IP 环境中的硬件地址	120
4.4.1	地址解析协议与网络发现协议	120
4.4.2	ARP 协议的特性与处理	121
4.4.3	NDP 协议的特征与处理	128
4.5	理解 IP 协议	129
4.5.1	发送 IP 数据报	130
4.5.2	路由解析过程	131
4.5.3	IPv4 与 IPv6 有何不同	133
4.6	IP 数据包的生存周期	134
4.7	分段与重组	135
4.8	服务交付选项	137
4.9	优先级	137
4.10	服务类型	137
4.11	理解 IP 路由	139
4.11.1	在路由表中如何存放记录	140
4.11.2	路由协议和被路由协议	141
4.11.3	为路由协议分组	141
4.12	路由特性	145
4.12.1	路由汇聚	145
4.12.2	IPv4 路由机制	145
4.13	IPv6 路由的考虑因素	149
4.13.1	IPv6 路由机制	149
4.13.2	IPv6 中的多播侦听器发现	154
4.14	路由协议	159
4.14.1	IPv4 路由协议	159
4.14.2	IPv6 路由协议	166
4.15	管理内部网的路由	172
4.16	广域网上的路由	173
4.16.1	几个小型办公室	173
4.16.2	辐射型结构	173
4.16.3	多协议	173
4.16.4	移动用户	174
4.16.5	移动 IP	174
4.16.6	本地区移动性	174
4.17	往返于 Internet 的路由	175

4.18	保护路由器和路由行为的安全	175
	本章小结	176
	习题	179
	动手项目	182
	动手项目 4-1: 管理本地 ARP 缓冲区	182
	动手项目 4-2: 读取本地 IPv4 路由表	183
	动手项目 4-3: 读取本地 IPv6 路由表和邻居缓冲区	183
	动手项目 4-4: 用 Wireshark 软件查看 IPv4 和 IPv6 路由协议	183
	案例项目	187
	案例项目 4-1: 查看跟踪文件	187
	案例项目 4-2: 基于跳限制值来确定 IPv6 数据报传输的距离	187
	案例项目 4-3: TCP/IP 网络的 QoS	187
第 5 章	Internet 控制消息协议	188
5.1	ICMP 基础	188
5.2	ICMPv4	190
	5.2.1 RFC 792 概览	190
	5.2.2 ICMPv4 的首部	190
	5.2.3 ICMPv4 消息的类型	194
	5.2.4 可变的 ICMP 结构和功能	198
5.3	ICMPv6	206
	5.3.1 ICMPv6 概述	206
	5.3.2 ICMPv6 消息的类型	206
	5.3.3 ICMPv6 首部	208
5.4	ICMPv6 错误消息	208
	5.4.1 目的地不可达消息	208
	5.4.2 数据包太大消息	209
	5.4.3 超时消息	210
	5.4.4 参数问题消息	210
5.5	ICMPv6 信息消息	211
	5.5.1 Echo 请求与 Echo 应答消息	211
	5.5.2 路由器公告与路由器请求消息	212
	5.5.3 邻居请求与邻居公告消息	213
	5.5.4 重定向消息	214
	5.5.5 路由器重编号消息	215
	5.5.6 ICMPv4 与 ICMPv6 消息的简单比较	216
5.6	路径 MTU 发现	216
5.7	ICMP 测试和故障诊断顺序	218
	5.7.1 使用 ping 进行可连接性测试	218

5.7.2	使用 Traceroute 进行路径发现	219
5.7.3	使用 Pathping 进行路径发现	220
5.7.4	使用 ICMP 的路径 MTU 发现	220
5.7.5	ICMP 的路由序列	223
5.7.6	ICMPv4 的安全问题	226
5.7.7	ICMPv6 的安全问题	228
5.8	解码 ICMP 数据包	228
5.8.1	ICMPv4	228
5.8.2	ICMPv6	230
	本章小结	231
	习题	232
	动手项目	234
	动手项目 5-1: 在网络上使用 ICMPv4 Echo 请求消息 ping 另一个设备	234
	动手项目 5-2: 为你的数据流构建一个过滤器	234
	动手项目 5-3: 捕获 ICMPv6 Echo 请求与 Echo 应答数据包	235
	动手项目 5-4: 捕获 ICMPv6 邻居请求与邻居公告消息	236
	案例项目	238
	案例项目 5-1: 确定默认网关设置	238
	案例项目 5-2: ICMPv6 安全性问题	238
	案例项目 5-3: 测试路径 MTU 发现	238
	案例项目 5-4: 研究一下 Jon Postel	238
第 6 章	IPv6 中的邻居发现	239
6.1	理解邻居发现	239
6.2	IPv6 邻居发现协议与 IPv4 协议的比较	240
6.3	邻居发现消息的格式	241
6.3.1	路由器请求消息	241
6.3.2	路由器公告消息	242
6.3.3	邻居请求消息	245
6.3.4	邻居公告消息	246
6.3.5	重定向消息	248
6.4	邻居发现选项的格式	250
6.4.1	源链路层地址与目标链路层地址选项	250
6.4.2	前缀信息选项	252
6.4.3	重定向首部选项	254
6.4.4	MTU 选项	255
6.4.5	公告时间间隔选项	256
6.4.6	宿主智能体信息选项	256
6.4.7	路由信息选项	257

6.5	概念主机模型	257
6.5.1	在主机上存储邻居数据	258
6.5.2	概念发送算法	258
6.6	邻居发现过程	260
6.6.1	地址解析	260
6.6.2	邻居不可达检测	261
6.6.3	重复地址检测	262
6.6.4	路由器发现	263
6.6.5	重定向	265
	本章小结	267
	习题	268
	动手项目	271
	动手项目 6-1: 查看 ICMPv6 邻居发现消息	271
	动手项目 6-2: 创建一个过滤器, 查看特定主机的邻居公告消息	272
	动手项目 6-3: 创建一个过滤器, 查看邻居公告消息, 该消息是对 邻居请求重复地址检测消息的应答消息	273
	动手项目 6-4: 创建一个过滤器, 查看设置了 M 和 O 标志的路由器 公告消息	274
	动手项目 6-5: 创建一个过滤器, 查看具有前缀信息的路由器公告消息	275
	案例项目	276
	案例项目 6-1: 理解邻居请求和邻居公告消息	276
	案例项目 6-2: 排除网络问题	276
	案例项目 6-3: 描述初始的 IPv6 主机通信	277
第 7 章	IP 地址自动配置	278
7.1	理解自动寻址	279
7.2	动态主机配置协议介绍	279
7.2.1	DHCP 的工作原理	280
7.2.2	租用的作用	281
7.2.3	DHCP 软件部件	281
7.2.4	DHCP 租用类型	282
7.2.5	DHCP 租用的更多信息	283
7.3	IPv4 自动配置	283
7.3.1	自动专用 IP 寻址 (APIPA)	284
7.3.2	DHCP	284
7.4	IPv6 自动配置	299
7.4.1	IPv6 自动配置的类型	299
7.4.2	IPv6 自动配置的地址的功能状态	303
7.4.3	结点网卡标识符	304