

TURING

图灵计算机科学丛书

NO STARCH
PRESS

TCP/IP指南 (卷1)

底层核心协议

The TCP/IP Guide

A Comprehensive, Illustrated Internet Protocols Reference

[美] Charles M. Kozierok 著
陈鸣 贾永兴 宋丽华 译



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TURING

图灵计算机科学丛书

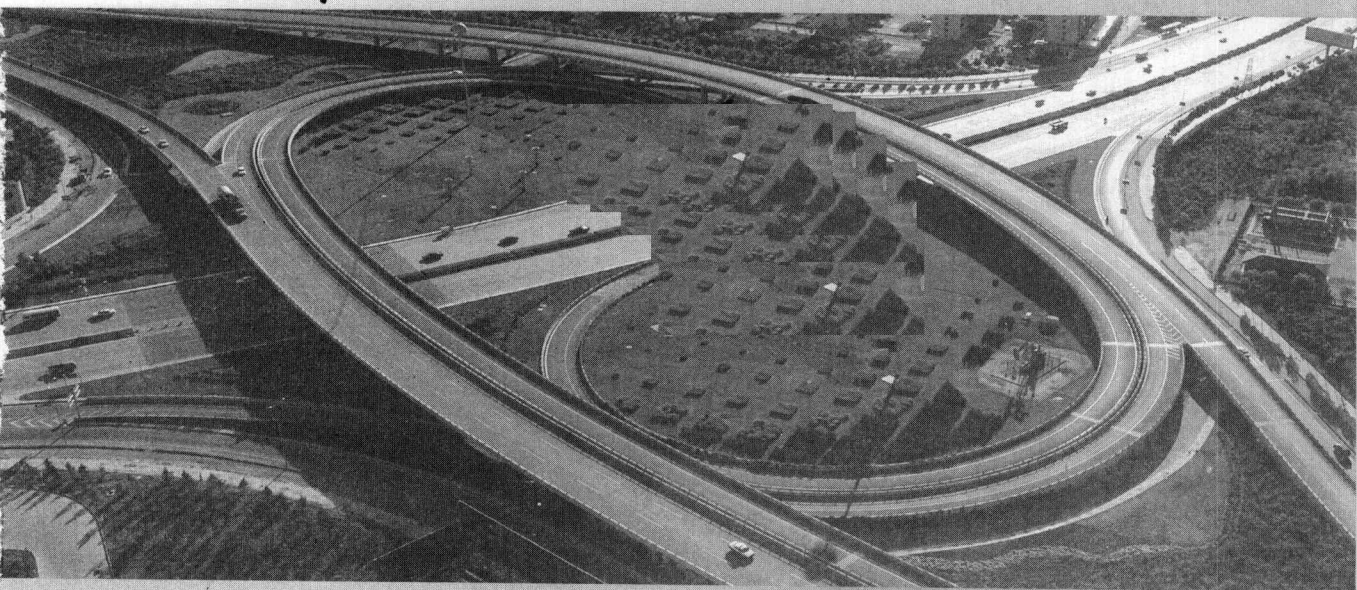
TCP/IP指南 (卷1)

底层核心协议

The TCP/IP Guide

A Comprehensive, Illustrated Internet Protocols Reference

[美] Charles M. Kozierok 著
陈鸣 贾永兴 宋丽华 译



人民邮电出版社
北京

TN 815.04
77-1

图书在版编目 (CIP) 数据

TCP/IP 指南.1, 底层核心协议 / (美) 科齐勒克
(Kozierok, C.M.) 著; 陈鸣, 贾永兴, 宋丽华译. —北京:
人民邮电出版社, 2008.5
(图灵计算机科学丛书)
ISBN 978-7-115-17396-6

I. T… II. ①科…②陈…③贾…④宋… 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 (2007) 第 199348 号

内 容 提 要

The TCP/IP Guide 是 TCP/IP 领域的一部百科全书式的经典著作, 书中对 TCP/IP 协议的原理和实现做了全面的介绍, 涉及因特网中使用的各种最新的协议和技术。本书是其中译本的第一卷, 分为“TCP/IP 概述与背景知识”和“TCP/IP 较低层的核心协议”两篇, 共 11 部分 49 章, 分别介绍了联网基础、OSI 模型、TCP/IP 协议族和体系结构、TCP/IP 网络接口层协议、TCP/IP 网络接口层/网际层连接协议、IP/IPv4、IPv6、与 IP 相关的特色协议、IP 支持协议、TCP/IP 选路协议 (网关协议)、TCP/IP 运输层协议等。本书层次结构清晰, 配有大量的插图和表格来辅助文字表述, 同时还辅以大量的“注解”、“要点”等, 可读性极强。

本书内容广泛, 易于理解, 理论联系实际, 是不可多得的 TCP/IP 方面的权威指南。

图灵计算机科学丛书

TCP/IP 指南 (卷 1): 底层核心协议

- ◆ 著 [美] Charles M. Kozierok
译 陈 鸣 贾永兴 宋丽华
责任编辑 杨海玲
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787 × 1092 1/16
印张: 38.25
字数: 1 054 千字 2008 年 5 月第 1 版
印数: 1—5 000 册 2008 年 5 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2007-0855 号

ISBN 978-7-115-17396-6/TP

定价: 89.00 元

读者服务热线: (010) 88593802 印装质量热线: (010) 67129223
反盗版热线: (010) 67171154

版 权 声 明

Copyright ©2005 by Charles M. Kozierok. Title of English-Language original: *The TCP/IP Guide, A Comprehensive, Illustrated Internet Protocols Reference*, ISBN 1-59327-047-X, published by No Starch Press.

Simplified Chinese-Language edition copyright ©2008 by Posts and Telecom Press. All rights reserved.

本书中文简体字版由No Starch Press授权人民邮电出版社独家出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有，侵权必究。

对本书的赞誉

“无论任何时候，只要我需要任何有关TCP/IP或OSI的相关主题的信息，或需要澄清这些方面的概念，《TCP/IP指南》都是我的首选。”

——Shawn Bridglal, 计算机工程技术人员

“有关这个主题的图书中，我还从未见过能与本书相提并论的……绝对不可或缺。”

——NetPerformance.com

“……有关这个错综复杂问题的一本深入浅出、极具可读性的著作。《TCP/IP指南》是一部鸿篇巨著，却把复杂主题娓娓道来，胜过我以前读过的所有书籍。”

——Peter Bice, 软件咨询工程师

“想学好网络的学生，还有那些打算深入理解相关技术的人，绝对应当拥有这本书。它深入细节，却又对复杂问题进行浅显的解释和类比，写得好极了，无书能敌。即使对于学过网络的学生，本书对于基本知识的讲解也能使他们获益匪浅。”

——Iain Denton, 网络专业的学生

“以作者脚踏实地的风格写成，《TCP/IP指南》既简单易懂，对于初学网络者而言是一个极好的起点；同时又全面而深入，是有相当基础的读者和专业人员必须具备的一本参考书。”

——Billy Griffis, 计算机技术人员

“本书兼具深度与广度……非常杰出的参考书。”

——About.com

“全书组织得很好，从基础知识、联网协议到管理和故障排除，对每个主题都进行了清晰的阐述。”

——Library Journal杂志

“在《TCP/IP指南》中，Charles M. Kozierok直截了当、有条不紊地透彻解释了许多复杂联网过程的细节。他不愧为一名优秀的教师，谙熟所讲的内容，了解面对的读者——这从他对TCP/IP主题的每一处阐释的字里行间就可以看出来。《TCP/IP指南》对每一个希望透彻理解TCP/IP联网细节的人而言都是具有非凡价值的资源。”

——David Willams, 教师

“本书非常出色，对最新的TCP/IP知识进行了通俗易懂的阐释，绝对物有所值。”

——IBM developerWorks网站

“虽然本书篇幅很大，但值得从头到尾仔细研读。”

——ITWorld.com

“现在我书架上其他TCP/IP图书都可以寿终正寝了……本书将是不朽的，它不仅讨论而且引导你一起理解。”

——MacCompanion杂志

译者序

当我们历尽艰辛翻译完*The TCP/IP Guide*^①（以下称为《TCP/IP指南》）时，不由地对作者Charles M. Kozierok产生了由衷的敬意：他是用怎样的毅力和广博的知识，历经数年时间才写成这部鸿篇巨著的呢？

《TCP/IP指南》是一本优秀的TCP/IP技术工具书和参考书，它的最大特点是内容全面、可读性强。称其“内容全面”，是指它既覆盖了TCP/IP的许多经典主题又包括了一些高级主题，甚至包括了很多其他书籍中难以找到的TCP/IP的细节内容；称其“可读性强”，是指作者对读者有着深入的了解，深入浅出地诠释了主题，并为读者理解复杂主题提供了简单的解释和形象的类比。我们相信，无论是初出茅庐的新手，还是经验丰富的技术人员，特别是那些想成为专家的技术人员，都将从中获益。

本书的翻译工作主要由解放军理工大学指挥自动化学院教授陈鸣博士（第1章至第30章、前言、索引等）、指挥自动化学院副教授宋丽华博士（第31章至第64章）、理学院副教授贾永兴博士（第65章至第88章）承担，并由陈鸣对全部译稿进行审校。硕士研究生白华利、吉梁、陈妍妍、梁文和邹鸣等人也为本书的翻译做了大量工作。同时感谢人民邮电出版社的杨海玲等编辑，正是他们的有效工作和精心编辑，才使得本译著得以高质量地与读者见面。

限于译者水平和时间，书中错漏难免，望读者不吝指教。我们的联系邮件是cm@plaust.edu.cn。

^① 鉴于*The TCP/IP Guide*一书的篇幅很大，中译本以两卷的形式出版，分别是《TCP/IP指南（卷1）：底层核心协议》（简称《卷1》）和《TCP/IP指南（卷2）：应用层协议》（简称为《卷2》）。《卷1》包含*The TCP/IP Guide*一书前49章的内容，《卷2》包含第50章至第88章的内容。——编者注

献 辞

谨以本书献给我的家人：妻子Robyn和3个儿子Ryan、Matthew和Evan。

我想作者将新作献给他的妻子是司空见怪的事，其实这么做是有充足理由的。在作者的一生之中，还有谁能够比他的配偶对他影响更大呢？Robyn是我的伴侣，她始终伴我左右，和我分享生活的每一天。俗话说得好：“每个好男人背后都有一个了不起的女人。”我的妻子应得到认可，因为她所做的一切远远超过了一般所谓的“支持”。

她独自承担了日常的家务，使我能够投身于一个长期而回报不明的项目中。经常是她去接送孩子读书，陪伴他们，让我能有时间写书。她优雅大度地为此放弃了生活中的很多东西，别人的妻子很可能会因此而不高兴的。

最主要的是，她对我的宽容足以赢得我最高的敬意。在我花费数年经营一个未必成功的项目的过程中，她不断地宽慰我。她无数次听我的述说，并且针对书稿的许多部分提出她的意见，而实际上，这个项目并不是她的兴趣所在。最为重要的是，在我一度觉得写这本书是浪费时间的时候，是她鼓励了我，在我几乎要放弃的时候激励我前行。如果没有Robyn，这本书就不会面世。谢谢你，Robyn。

我的3个儿子也由于类似的原因值得我感谢，当然他们没法跟妈妈比。他们不得不容忍我总是坐在计算机前，为能专心工作而不理睬他们；不得不容忍我时常不太好的脾气；容忍我忙于工作不愿意陪着他们。我敢肯定，他们不止一次希望我只是个朝九晚五的上班族。

我的大儿子Ryan一直在很耐心地等待我完成这个项目，然后我们可以恢复往日那些带来快乐的、有趣的活动。爱玩、任性的二儿子Matthew，只好接受我不能像以往那样花很多时间来陪他的事实。还有小Evan，他从一出生就有了一个忙于长期项目的父亲。我的这3个儿子都十分善解人意，在我最需要他们的时候，给我带来了许多欢乐。

前言

本书的目标

每位作者在开始写书写文章时，都有一些想要达到的目标。正因为这个原因，你在图书馆或书店拿起几本相同题材的书时，会发现它们差异极大，不仅内容选择上不尽相同，而且处理素材的方法也大相径庭。

我开始写这本书时，也曾设定了一些目标。单为阅读和欣赏本书内容，你大可不必去了解这些目标。然而，明白我在写作时的所思所想，可以有助于你的阅读。假定你还没有买这本书，了解我写这本书所追求的目标，也有助于你判断这是否是你需要的书。

我写这本书的总体目标是，创造一种能使任何人深刻理解TCP/IP技术工作原理的资源。为了实现这一点，还有以下一些指导我写作的具体目标。

□ **内容全面。**像大多数撰写大题目作品的作者一样，我希望《TCP/IP指南》内容全面。当然，一本书不可能面面俱到，因此我必须限制题材的范围。然而，我觉得这本书比任何其他书或资源涉及了更多的TCP/IP内容。

□ **易于理解。**创造内容全面的资源固然重要，但我觉得让本书易于理解更为重要。在过去几年中，我有机会仔细察看了数以百计的与网络有关的书籍、指南、网站和论文。我发现虽然它们总体上质量很高，但却多使用令人费解的技术术语，或预先假定读者具有丰富的网络知识。我竭尽全力使得我的描述能被每一个学习网络的学生所理解，哪怕是在讲最复杂的概念。

□ **注重原理。**知道每个TCP/IP协议的作用无疑是非常重要的。然而，要真正理解复杂的技术，不仅要知其然，还要知其所以然。在写作中，我总是力图做到不但解释“是什么”，还要解释“为什么”。我已经预想了一些问题并做出了回答，这些问题是学习者经常会遇到的。

□ **图文并茂。**俗话说，一幅图胜过万语千言。有许多概念难以用文字说清楚，而用一幅简单的插图就够了。因此，我花了好几个月的时间制作了300多幅插图（有些简单，有些则不那么简单！），以辅助本书的文字叙述。

□ **用户友好。**我力图打破传统书籍作者所遵循的清规戒律，创作一种交谈式的文字风格，并在适当场合使用了不少幽默的语言。意在使你阅读这种具有相当技术难度的内容时感到轻松。我希望你将我当成坐在你计算机旁边、向你解释TCP/IP工作原理的朋友，而不是在讲台上照本宣科的教授。

□ **组织结构。**许多网络书把几十个主题一一罗列，平铺直叙，读者则不知道来龙去脉。我最初开始写这本书时，用了几个星期的时间来组织内容，目前这个结构可以清晰地说明主题间的相互关系。我还仔细推敲每一节的位置，确保它符合陈述问题的逻辑。

□ **多种层次。**我认识到有些读者可能只想总体了解一下TCP/IP各个协议的运行，而有些读者则想深究每一个细节。我已经为大多数读者提供了所需细节，同时也在每章加上

了综述内容，可供快速了解每种技术。因此，你既可以走马观花，也可以细细品味。

- **平台无关。**我尽最大努力不根据特定硬件或软件平台去描述TCP/IP。虽然我自己多数时候使用PC，有时使用UNIX，但书的绝大部分内容不是特定于硬件和操作系统的（虽然我主要在谈较小型的计算机而不是大型机的网络技术）。

我是否达到了这些目标？自认为做得还不错，但你才是最终的法官！

本书选材范围

想要解决问题，先要认识到自身存在的问题。我必须向你坦白，我有一个问题：沉溺于细节。每次开始写一个协议、技术或概念时，我都有个适度篇幅的目标。一开始我总是在提醒自己一定要控制好，免得我的项目没有尽头。可是，当深入到每个主题时，我了解得越来越多，就会对自己说“这个很重要，我必须写到”，或者“如果写了主题1，也应当写主题2，因为它们是相关的”。这样，我将原定6个月的项目变成了好几年的痛苦经历。

然而，就算我这样写书缺乏自控力，我还是认识到不可能在这本书中写尽TCP/IP的一切。考虑到TCP/IP协议族包含了几十种协议和技术，每一种都可以写成一本厚书，我心甘情愿在这项工作上花上几年时间（但不是几十年）。因此，我得限定一下本书的题材范围，一方面让我自己保持理智，另一方面使你免于在过大的篇幅中寻寻觅觅。

下面是几个要点，可以说明我是如何取舍内容的。

- **理论与实践。**本书提供的主要是TCP/IP协议族的参考资源，因此选择的素材要让学生学懂TCP/IP的工作原理。我虽然也讨论了现实中TCP/IP互连网络运行的不少实践问题，但这不是我的重点。如果你想真正理解TCP/IP及其工作原理的话，就应该选择本书。如果你只是想掌握几条指令，好把家中的几台PC通过TCP/IP协议连接起来，那么本书不适合你。
- **现在与将来。**本书重点放在TCP/IP当前现状上。该协议族总是在变化中，新的协议不断地增加，现有协议的修改也一直在发布。我没有过多谈论仍在开发中的技术，为使本书篇幅不致太厚，也避免它摆上书架之前就已经过时。唯一的例外是网际协议的版本6（IPv6），它代表了TCP/IP运行核心的重大变化。虽然还没有广泛部署，但IPv6的发展已经趋于成熟，我认为每个学习TCP/IP的学生都需要知道IPv6是什么，知道它的工作原理并理解其重要性。因此，本书有几章详细介绍IPv6，也提及它如何影响几个其他关键协议的运行，如互联网控制报文协议（ICMP）、域名系统（DNS）和动态主机配置协议（DHCP）。
- **介绍应用。**成千上万的各种应用程序运行在TCP/IP网络上，我不可能一一去描述。本书选取最为重要的、“经典的”TCP/IP应用及应用协议，如电子邮件、通用文件传送和万维网。
- **TCP/IP与因特网。**TCP/IP协议族和因特网在许多方面是紧密相关的，你读了本书也会发现这一点。事实上，它们经常紧密地捆绑在一起，很难做到讨论一个而不涉及另一个。然而，因特网是一个巨大的主题，泛泛而论会大大增加本书的篇幅。因此，我只是在解释TCP/IP技术必要时才会讨论到因特网问题。例如，书中涉及万维网时，我仅简要地讨论了它的一般性。技术性讨论主要针对实现Web的超文本传送协议（HTTP）的工作原理。我不去讲如何设立网站、如何选择Web浏览器等此类细节，这些主题的讨论已经充斥在五花八门的书籍、论文和网站中。

- **有限涉及TCP/IP安全性。**安全性是一个非常重要并且内涵丰富的主题，特别是在现代网络技术中。本书有一节详细介绍了IP安全性协议（IPSec），在描述几个其他协议和技术时也触及了安全性问题。但是，本书并不准备详细地讨论所有安全性问题。
- **面向较小型的计算机。**一般而言，TCP/IP技术能够用于连接具有相应硬件和软件的任何设备。然而，在解释有些问题时需要我关注一些具体的网络和设备是如何工作的，遇到有些插图时尤其如此。在这些场合，我偏向于展示TCP/IP如何将大家常用的较小型计算机如PC、Macintosh和UNIX工作站连接起来。

本书特色

我创作的宗旨是为你提供最广泛、最深入的TCP/IP知识。这意味着在本书中包括了大量的内容：它有88章，几百个小节和1600多页。然而，我在写作这个大部头时又认识到，真正的目的不仅是提供大量的详细信息，而且还要以读者容易理解的方式表达出来。这远不像写出大量的文字并拼成一个大文件那么简单。

基于这个原因，本书融合了丰富的特色，帮助你“消化”书的内容。这些特色包括本书的特殊结构、帮助你记忆主题而特别插入的内容等。

首先，本书使用了三级结构来组织内容。全书分为三篇，分别涉及概述/背景信息，较低层协议和较高层应用协议。在每篇下是部分，它将相关的章组织在一起。每章又由节和小节组成，用最易懂的方式陈述内容。

书中有300多幅详细的插图，辅助文字描述，帮助读者理解难懂的概念。多数插图配有简要说明，使你能够迅速理解插图的含义，而不必阅读完相关的正文。本书还有300多张表，以井然有序、可读性强的方式列举了大量信息，强调了有关的实例。

书中的大部分讨论内容没有用特殊版式。不过当我解释一些需要你知道的内容时，我会使用注解，注解的内容或者不直接与讨论的主题有关，或者是充分“离题”，需要与主要内容分开，以免影响正文的流畅性，比如术语解释、补充的历史讨论、轶事以及对正在描述的概念的补充说明等。

最后还有插入的关键概念。我在本书中想尽办法用各种方式来表达内容，以适应不同读者的学习风格。结果，我写了几百个这样的特殊段落，总结并强调书中最重要概念和基本知识。它们可用来迅速了解主题的精髓，而不必阅读整个解释，也可以用于快速重温该主题。显然，它们没有什么细节内容，因此不能指望仅仅阅读这类段落就能全面理解一个主题或概念。

TCP/IP指南在线

本书起源于网站，网站名正好也叫TCP/IP Guide。该站点一直很活跃，具有与本书相同的内容，只是形式和结构稍有不同。

如果你在旅行中或需要迅速查找TCP/IP信息，而手头没有这本书时，在线版本就有用了。而且，该站点的页面具有丰富的超链接，使用非常方便，插图也是彩色的。在线版本含有超链接的目录，还有一个搜索引擎！它的网址是<http://www.TCPIPGuide.com>。

读者反馈和建议

这本书不同于一般的技术参考书，它是一本非常人性化的著作。希望你阅读时感觉就像

是我本人在向你解释许多技术和概念，而这正是我写作时的感受。出版的图书就其本质而言是一种“单向”（即从我到你）的沟通，但其实我对你想要说的东西也很感兴趣。所以，我强烈地鼓励你向我提供反馈意见和建议。

首先，无错不成书，本书虽然经历了严格的技术审校和多阶段的编辑过程，但也不会例外。你若就本书的错误和问题与我联系，请先检查勘误页看看是否已经有人发现过这些问题。勘误页地址如下：<http://www.tcpipguide.com/bookerrata.htm>。我欢迎你提出建设性的批评和建议。如果书中有些内容你不喜欢，请告诉我，若能建议我如何改进就更好了。我也乐于看到你的来信，不管是称赞还是抱怨。我将愉快地回答与本书使用直接相关的问题。你可以通过下列地址与我取得联系：tcpipbook@tcpipguide.com。

致 谢

我将这本书献给我的妻子和孩子们，他们在我的生活中特别是在本书写作过程中起到了重要作用。同时，还有许多其他人也为本书做出了贡献，借此机会也向他们表示感谢。

我要感谢我的生父Leon和我的同胞姐姐Cari和Cindy，在我忙于这个项目期间他们有求必应，帮我解决各种问题。还要感谢我的养父母一家：Eli、Marge、Larry和Steven。我自然还要感谢向我提供想法、意见和欢笑（非常珍贵）的几个密友。

我也要特别感谢下列个人和组织的帮助。

- No Starch出版社的总裁兼出版人Bill Pollock，是他同意出版这本书，提供了一个良好的平台，并始终对我作为一个作者的能力表示信任。感谢No Starch出版社的Susan Berge、Riley Hoffman和其他各位在这个长期项目期间对我的宽容，并最终促使本书问世。
- Adobe Systems公司，他们向我这样不太出名的作者提供了两个重要软件，让我用于写成此书。一个是Adobe FrameMaker，堪称最好的桌面出版软件，我用它给书稿排版；另一个是Adobe Photoshop，照片和图形编辑的行业标准软件，我用它处理书中插图等。
- Frank Stearns，他创建了FrameMaker的IXgen工具。如果没有IXgen，生成这本书的索引会花费10倍的时间，Frank还花了大量的时间来回答我这个新手提出的问题。
- SmartDraw.com，他们发布了优秀的图表制作软件SmartDraw，本书的300多幅插图大多是用这个软件制作的。
- Fernando Gont和Barry Margolin，他们对本书进行了出色的技术审读，改正了错误，还提出了不少改进的建议。
- Tcat Houser，作为一名作者兼讲师，他慷慨支持、积极鼓励和热心帮助我的写作，使我在完成这个项目的过程中增强了信心。
- PC指南论坛的所有参与者，他们创建了有趣的社区，保持网站活跃，为我的写作提供意见。事实上，我要感谢以金钱和其他任何方式支持《PC指南》和我的其他Web网站的每个人，是你们使我能够全身心投入这个项目。

我可能遗漏了一些应当鸣谢的人，希望那些我应当感谢的人原谅我的疏忽并接受我的谢意。

作者简介

我于1966年出生于加拿大安大略省的温莎市，在多伦多附近长大。1990年与妻子Robyn结婚。我们现在住在美国佛蒙特州南部，育有3个儿子：12岁的Ryan、9岁的Matthew和4岁的Evan。

在少年时代我就对计算机产生了兴趣，14岁那年父母送给我一台苹果II型计算机作为礼物，这是我的第一台计算机。从那时起，我就一直没离开过计算机硬件和软件领域。1989年，我获得了加拿大安大略省滑铁卢市滑铁卢大学的应用科学学士学位。1993年我从麻省理工学院取得双硕士学位，分别是管理学和电子工程与计算机科学（EECS）专业。

做了短暂的“常规”技术工作后，我创作并在线出版了《PC指南》，这是一本内容广泛的PC技术参考书。1998年，我决定专职进行写作。《TCP/IP指南》是我更大的网络丛书项目的一部分，近10年来我一直在从事这个项目。我目前继续在为我自己和其他公司的各种项目从事技术写作和编辑工作。

你也许已经注意到这里缺少了些什么——没有显赫的证书。我不是《纽约时报》畅销书的作者，也不是在某所享有盛誉的长青藤大学呆够了25年的教授，更不是硅谷大公司的头儿。从某种意义上说，我只是个学习技术的学生，就像你一样。根据我这些年的经验，技术水平极高的人不在少数，却很少有人能成功地把知识讲解清楚，让我能够理解。我的兴趣（以及我的技能）不在于成为一名专家，而是做一名教育工作者，把复杂的信息用合乎情理、易于理解和趣味盎然的方式展现出来。

当我不工作时（一直以来这种时候太少了），我会与家人呆在一起，共享佛蒙特州宁静而优美的自然风光。我还是一名摄影发烧友，对自然风景具有特别浓厚的兴趣。

目 录

第一篇 TCP/IP概述与背景知识

第一部分 联网基础

第1章 联网概述、特性和类型	4
1.1 联网简介	4
1.1.1 什么是联网	4
1.1.2 联网的优点和益处	5
1.1.3 联网的缺点和成本	6
1.2 基本的网络特性	7
1.2.1 联网的层、模型和体系结构	7
1.2.2 协议：到底是什么	8
1.2.3 电路交换和分组交换网络	9
1.2.4 面向连接协议和无连接协议	11
1.3 报文：分组、帧、数据报和信元	12
1.3.1 报文格式：首部、有效载荷 和尾部	13
1.3.2 报文寻址和传输方法：单播、广播 和多播	14
1.4 网络结构模型以及客户机/服务器联网和 对等联网	16
1.5 网络的类型和大小	18
1.6 段、网络、子网和互联网络	20
1.7 因特网、内联网和外联网	21
第2章 网络性能问题和概念	23
2.1 正确理解网络性能	23
2.2 权衡网络性能与关键非性能特性	24
2.3 性能测量：速率、带宽、吞吐量和 时延	25
2.3.1 速率	25
2.3.2 带宽	25
2.3.3 吞吐量	25
2.3.4 时延	26
2.3.5 性能测量小结	26
2.4 理解性能测量单位	26
2.4.1 比特和字节	27
2.4.2 波特	28

2.5 理论吞吐量与现实吞吐量以及影响 网络性能的因素	28
2.5.1 正常的网络开销	28
2.5.2 外部的性能限制	29
2.5.3 网络配置问题	29
2.5.4 非对称	29
2.6 单工、全双工和半双工运行	30
2.6.1 单工运行	30
2.6.2 半双工运行	30
2.6.3 全双工运行	31
2.7 服务质量	31

第3章 网络标准和标准化组织	33
3.1 专用、开放和事实上的标准	33
3.1.1 专用标准	33
3.1.2 开放标准	34
3.1.3 事实上的标准	34
3.2 联网标准	35
3.3 国际联网标准化组织	35
3.4 联网产业组	37
3.5 因特网标准化组织	37
3.6 因特网注册权威机构和注册机构	39
3.6.1 因特网集中式注册权威机构	40
3.6.2 注册权威机构的现代层次结构	40
3.7 因特网标准和请求评论 (RFC) 进程	41
3.7.1 RFC类型	42
3.7.2 因特网标准化进程	42

第4章 数据表示和计算数学回顾	44
4.1 二进制信息和表示法：比特、字节、 半位元组、八位组和字符	44
4.1.1 二进制信息	44
4.1.2 二进制信息表示和组	45
4.1.3 字节与八位组	46
4.2 十进制、二进制、八进制和十六进 制数	46
4.2.1 二进制数及其十进制等价值	47

4.2.2 通过比特组更容易使用二进制数	47
4.2.3 八进制数	48
4.2.4 十六进制数	48
4.3 十进制、二进制、八进制和十六进制数转换	49
4.3.1 二进制、八进制和十六进制转换	49
4.3.2 二进制、八进制和十六进制转换为十进制	50
4.3.3 十进制到二进制、八进制或十六进制的转换	50
4.4 二进制、八进制和十六进制算术	51
4.4.1 二进制算术	51
4.4.2 八进制和十六进制算术	52
4.5 布尔逻辑和布尔逻辑函数	52
4.5.1 布尔逻辑函数	52
4.5.2 组合布尔表达式	54
4.6 用布尔逻辑函数进行比特掩码(置位、清零和取反)	54
4.6.1 用OR设置比特组	54
4.6.2 用AND将比特清零	55
4.6.3 用XOR反转比特	56
第二部分 OSI参考模型	
第5章 通用OSI参考模型问题和概念	58
5.1 OSI参考模型的历史	58
5.2 通用参考模型问题	59
5.2.1 联网模型的好处	59
5.2.2 为什么理解OSI参考模型是重要的	60
5.2.3 使用OSI参考模型的方法	60
5.2.4 其他的网络体系结构和协议栈	61
5.3 OSI参考模型的关键概念	62
5.3.1 OSI参考模型网络层、子层和层分组	62
5.3.2 N标记法和其他OSI模型层次术语	64
5.3.3 接口:垂直(邻近层)通信	65
5.3.4 协议:水平(对应层)通信	66
5.3.5 数据封装、协议数据单元(PDU)和服务数据单元(SDU)	67
5.3.6 间接设备连接和报文选路	70
第6章 OSI参考模型的层次	72
6.1 物理层(第1层)	72

6.2 数据链路层(第2层)	73
6.3 网络层(第3层)	74
6.4 运输层(第4层)	75
6.5 会话层(第5层)	77
6.6 表示层(第6层)	78
6.7 应用层(第7层)	78
第7章 OSI参考模型总结	80
7.1 理解OSI模型:类比	80
7.2 记住OSI模型层次:记忆方法	81
7.3 总结OSI模型层次:总结表	82

第三部分 TCP/IP协议族和体系结构

第8章 TCP/IP协议族和体系结构	86
8.1 TCP/IP概述和历史	86
8.1.1 TCP/IP的历史和发展	86
8.1.2 TCP/IP成功的重要因素	87
8.2 TCP/IP服务	88
8.3 TCP/IP客户机/服务器结构模型	89
8.3.1 硬件和软件的角色	90
8.3.2 事务的角色	90
8.4 TCP/IP体系结构和TCP/IP模型	91
8.4.1 网络接口层	91
8.4.2 网际层	92
8.4.3 主机到主机运输层	92
8.4.4 应用层	92
8.5 TCP/IP协议	93

第二篇 TCP/IP较低层的核心协议

第一部分 TCP/IP网络接口层协议

第9章 TCP/IP SLIP和PPP概述及基本原理	100
9.1 SLIP与PPP	100
9.2 SLIP	101
9.2.1 SLIP数据成帧方法和通用操作	101
9.2.2 SLIP的问题和局限性	102
9.3 PPP概述和基本原理	103
9.3.1 研发和标准化	103
9.3.2 功能和体系结构	104
9.3.3 优点和好处	104
9.3.4 PPP主要组件	105
9.3.5 PPP功能组	105

9.3.6 通用操作	106
9.3.7 PPP链路创建和阶段	107
9.3.8 PPP标准	109

第10章 PPP核心协议：链路控制、网络

控制和鉴别	112
10.1 LCP	112
10.1.1 LCP 分组	113
10.1.2 LCP链路配置	113
10.1.3 LCP链路维护	114
10.1.4 LCP链路终止	115
10.1.5 其他LCP报文	115
10.2 网络控制协议	115
10.2.1 NCP的操作	115
10.2.2 IPCP：一个NCP的例子	116
10.3 PPP 鉴别协议：PAP和CHAP	117
10.3.1 PAP	117
10.3.2 CHAP	118

第11章 PPP特色协议

11.1 PPP链路质量监测和链路质量报告	120
11.1.1 链路质量报告建立	120
11.1.2 使用链路质量报告	121
11.2 PPP CCP和压缩算法	121
11.2.1 CCP 的操作：压缩设置	122
11.2.2 CCP配置选项和压缩算法	122
11.2.3 压缩算法的操作：压缩和解压 缩数据	123
11.3 PPP ECP和加密算法	123
11.3.1 ECP操作：加密设置	124
11.3.2 ECP配置选项和加密算法	124
11.3.3 加密算法操作：加密和解密 数据	125
11.4 PPP多链路协议	125
11.4.1 PPP多链路协议体系结构	126
11.4.2 PPP多链路协议的建立和配置	127
11.4.3 PPP多链路协议操作	127
11.5 PPP BAP和BACP	127
11.5.1 BACP操作：配置BAP的使用	128
11.5.2 BAP操作：添加和删除链路	128

第12章 PPP协议帧格式

12.1 PPP通用帧格式	130
12.1.1 协议字段范围	131

12.1.2 协议字段值	132
12.1.3 PPP字段压缩	133
12.2 PPP通用控制协议帧格式和选项 格式	133
12.2.1 PPP控制报文和编码值	135
12.2.2 PPP控制报文选项格式	135
12.2.3 PPP控制报文格式小结	136
12.3 PPP LCP帧格式	136
12.4 PAP和CHAP帧格式	138
12.4.1 PPP PAP控制帧格式	138
12.4.2 PPP CHAP控制帧格式	139
12.5 PPP MP帧格式	141
12.5.1 PPP MP帧分片过程	141
12.5.2 PPP MP分片帧格式	141
12.5.3 PPP MP分片示例	143

第二部分 TCP/IP网络接口层/ 网际层连接协议

第13章 地址解析和TCP/IP地址解析

协议 (ARP)	146
13.1 地址解析的概念和问题	146
13.1.1 地址解析的需求	146
13.1.2 通过直接映射进行地址解析	148
13.1.3 动态地址解析	150
13.2 TCP/IP ARP	152
13.2.1 ARP地址规格参数和通用操作	153
13.2.2 ARP报文格式	155
13.2.3 ARP高速缓存	157
13.2.4 代理ARP	158
13.3 用于IP多播地址的TCP/IP地址 解析	160
13.4 IPv6的TCP/IP地址解析	161

第14章 反向地址解析和TCP/IP反向 地址解析 (RARP)

14.1 RARP	163
14.2 RARP的通用操作	164
14.3 RARP的局限性	165

第三部分 IP/IPv4

第15章 网际协议版本、概念和概述

15.1 IP概述和主要运行特性	168
15.2 IP功能	169

15.3 IP历史、标准、版本和紧密相关的协议	170
15.3.1 IP版本和版本号	170
15.3.2 IP的相关协议	171
第16章 IPv4寻址概念和问题	172
16.1 IP寻址概述和基本原理	172
16.1.1 每台设备的IP地址数	173
16.1.2 地址的唯一性和网络特征	173
16.1.3 对比IP地址与数据链路层地址	174
16.1.4 专用和公共IP网络地址	174
16.1.5 IP地址配置和寻址类型	174
16.2 IP地址长度、地址空间和标记法	174
16.2.1 IP地址长度和二进制标记法	174
16.2.2 IP地址点分十进制标记法	175
16.2.3 IP地址空间	175
16.3 IP基本地址结构和主要构件	176
16.3.1 网络ID和主机ID	176
16.3.2 网络ID和主机ID之间的划分位置	177
16.4 IP寻址类别和IP地址附件	178
16.4.1 常规(分类)寻址	178
16.4.2 子网分类寻址	178
16.4.3 无类别寻址	178
16.4.4 子网掩码和默认网关	179
16.5 IP地址的数量与多宿	179
16.6 IP地址管理、分配方法和机构	181
第17章 分类(常规)寻址	182
17.1 IP分类寻址概述和地址类别	182
17.1.1 IP地址类别	182
17.1.2 分类寻址的基本原理	183
17.2 IP分类寻址网络、主机标识和地址范围	184
17.2.1 分类寻址类别确定算法	184
17.2.2 根据第一个八位组的比特模式确定地址类别	185
17.3 IP地址A类、B类和C类网络和主机的容量	186
17.4 具有特殊含义的IP地址	187
17.5 IP预留、专用和环回地址	188
17.5.1 预留地址	189
17.5.2 专用、未注册和不可选路的地址	189
17.5.3 环回地址	189
17.5.4 预留、专用和环回寻址块	190
17.6 IP多播寻址	190
17.6.1 多播地址类型和范围	191
17.6.2 周知的多播地址	191
17.7 分类IP寻址的问题	192
第18章 IP子网寻址(子网)概念	194
18.1 IP子网寻址概述、动机和优点	194
18.2 IP子网: 三级层次结构的IP子网寻址	195
18.3 IP子网掩码、标记法和子网计算	196
18.3.1 子网掩码的作用	197
18.3.2 子网掩码标记法	197
18.3.3 应用于子网掩码: 一个例子	198
18.3.4 子网掩码标记法的基本原理	198
18.4 A类、B类和C类地址的IP默认子网掩码	199
18.5 IP客户化子网掩码	201
18.5.1 确定使用多少子网比特	201
18.5.2 确定客户化子网掩码	202
18.5.3 从每个子网的主机数和每个网络的子网数中减2	203
18.6 IP子网标识符、子网地址和主机地址	203
18.6.1 子网标识符	204
18.6.2 子网地址	204
18.6.3 每个子网内的主机地址	208
18.7 A类、B类和C类网络的IP子网划分汇总表	208
18.8 IP可变长子网掩码(VLSM)	208
18.8.1 解决方案: 可变长子网掩码	209
18.8.2 使用VLSM的多级子网划分	210
第19章 IP子网划分: 子网设计和地址确定的示例	212
19.1 IP子网划分步骤1: 分析需求	212
19.2 IP子网划分步骤2: 划分网络地址主机比特	213
19.2.1 C类子网设计示例	214
19.2.2 B类子网设计示例	214
19.3 IP子网划分步骤3: 确定客户化子网掩码	216
19.3.1 计算客户化子网掩码	216