



ciscopress.com



TCP/IP路由技术

(第2卷) (第2版) 英文版

Routing TCP/IP

Volume II
Second Edition

[美] Jeff Doyle, CCIE # 1919 著

 中国工信出版集团

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

ciscopress.com

TCP/IP路由技术

(第2卷) (第2版) 英文版

Routing TCP/IP

Volume II
Second Edition

[美] Jeff Doyle, CCIE # 1919 著

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

TCP/IP路由技术. 第2卷 : 第2版 : 英文 / (美) 杰夫·多伊尔 (Jeff Doyle) 著. — 北京 : 人民邮电出版社, 2017.3

ISBN 978-7-115-44401-1

I. ①T… II. ①杰… III. ①计算机网络—传输控制协议—英文 IV. ①TN915.05

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第321688号

版权声明

Original edition, *Routing TCP/IP*, Volume II, Second Edition, 1587054701, by Jeff Doyle, published by Pearson Education, Inc., publishing as Cisco Press, Copyright © 2017.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system without permission from Pearson Inc.

English reprint published by Pearson Education North Asia Limited and Posts & Telecommunication Press Copyright © 2017.

This edition is manufactured in the People's Republic of China, and is authorized for sale and distribution in the People's Republic of China exclusively (except Taiwan, Hong Kong SAR and Macau SAR).

本书封面贴有 Pearson Education 出版集团激光防伪标签, 无标签者不得销售。

◆ 著 [美] Jeff Doyle

责任编辑 傅道坤

责任印制 焦志炜

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

三河市中晟雅豪印务有限公司印刷

◆ 开本: 800×1000 1/16

印张: 72

字数: 1 424 千字

2017 年 3 月第 1 版

印数: 1—2 000 册

2017 年 3 月河北第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2016-9211 号

定价: 168.00 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

内容提要

本书是有关 Cisco 外部路由协议和高级 IP 路由主题的权威指南，是 Cisco 路由与交换领域实属罕见的经典著作。本书在上一版的基础上进行了全面更新，其可读性、广度和深度相较于上一版有了相当大的改进。

本书主要分为 11 章，其内容包括域间路由概念、BGP 简介、BGP 和 NLRI、BGP 和路由策略、扩展 BGP、多协议 BGP、IP 组播路由简介、协议无关组播、扩展 IP 组播路由、IPv4 到 IPv4 的网络地址转换(NAT44)、IPv6 到 IPv4 的网络地址转换(NAT64)等。为了方便读者深入掌握各章所学知识，本书提供了大量的案例分析材料，涵盖了协议配置、故障检测和排除等方面。每章在结束时都提供大量的复习题、配置练习和排错练习，以加强读者对所学知识的理解与记忆。

本书除了适合众多备考的准 CCIE 以及需要通过再认证的 CCIE 阅读，还非常适合从事大型 IP 网络规划、设计和实施工作的工程技术人员及网络管理员参考。

关于作者

Jeff Doyle (CCIE #1919) 是 Fishtech 实验室的研发副总裁, 主要研究方向是 IP 路由协议、SDN/NFV、数据中心架构、MPLS 以及 IPv6 技术。Jeff 设计或协助设计完成的大规模 IP 服务提供商网络以及企业网络遍及六大洲的 26 个国家, 曾经协助日本、中国以及韩国开展 IPv6 的早期部署, 为这些国家的服务提供商、政府机构、军队供应商、设备制造商以及大型企业提供 IPv6 最佳部署方案的咨询服务。他目前主要为大型企业提供数据中心基础设施、SDN 以及 SD-WAN 等领域的演进咨询服务。

Jeff 是《TCP/IP 路由技术》(第 1 卷和第 2 卷) 以及《OSPF 和 IS-IS 详解》的作者, 是 *Software Defined Networking: Anatomy of OpenFlow* 一书的合著者, 同时还是 *Juniper Networks Routers: The Complete Reference* 的编辑及特约作者。此外, Jeff 还为福布斯、*Network World* 博客及 *Network Computing* 博客写文章。Jeff 是洛基山 IPv6 任务组的奠基人之一 (是 IPv6 论坛会员), 并在 ISOC (互联网协会) 科罗拉多分会的执行委员会任职。

Jeff 和他的妻子 Sara 以及一只名叫 Max 的牧羊犬住在科罗拉多州的威斯敏斯特。Jeff 和 Sara 的生活非常美满, 长期与四个成年子女及一大群孙子孙女们居住在方圆几英里的范围之内。

关于特约作者

Khaled W. Abuelenain (CCIE #27401) 目前是 Acumatica 公司 (Cisco 认证的专家级可管理服务合作伙伴) 的咨询总监, 工作地点位于公司在沙特阿拉伯的 EMEA 办事处。Khaled 获得了双 CCIE (R&S 和 SP) 认证, 拥有埃及艾因·夏姆斯大学电子与通信工程专业的学士学位, 从 1997 年以来一直是 IEEE 会员。Khaled 在中东拥有 14 年以上的大型网络设计、运维及优化经验, 特别是为跨国服务提供商和移动运营商以及银行、政府机构提供服务。Khaled 在路由、BGP、MPLS 和 IPv6 等领域造诣精深, 同时还是数据中心技术以及网络可编程领域的专家, 对于 SDN 解决方案中的 Python 编程技术尤为感兴趣。他还是云计算以及 SDN IEEE 协会的活跃成员。

Nicolas Michel (CCIE #29410, R&S 和 DC 双 CCIE) 是一名网络架构师, 在路由与交换、数据中心以及统一通信等领域拥有 10 多年的工作经验。Nicolas 曾经是法国空军的前空军中士, 服役期间担任的工作角色是网络工程师, 参与了多个与北约相关的项目。

Nicolas 自 2011 年开始搬到瑞士, 为当地一家领先的网络咨询公司工作。

Nicolas 是 UEFA EURO 2016 年欧洲足球锦标赛的首席 UC 架构师。

Nicolas 喜欢研究各类网络新技术 (如 SDN、自动化/网络可编程), 他的博客是 <http://vpackets.net>。Nicolas 还是一家旨在帮助自闭症儿童的非政府组织的负责人。

Nicolas 参加了一个开源的网络仿真项目: <http://www.unetlab.com/>。

目前 Nicolas 正打算移民到美国。

谨将本书献给我挚爱的妻子, 感谢她一直以来对我职业生涯的无私支持, 让我在工程师道路上不断前行, 没有她就没有今天的我。

同时还要将本书献给我的孩子和我的父母, 他们教会我永不放弃, 并且享受生活的每一刻。

最后, 衷心感谢 Jeff Doyle, 让我有机会参与本书的写作过程, 我从中学到了很多东西, 直到现在也不敢相信我是如此的幸运。

—— Nicolas

关于技术审稿人

Darien Hirotsu 是一名经验丰富的网络专家，在服务提供商、数据中心以及企业网等领域拥有十多年的工作经验。**Darien** 拥有加州大学圣克鲁斯分校网络工程的硕士学位以及加州州立理工大学圣路易斯奥比斯珀分校的学士学位，同时还获得了多项专家级认证，对 SDN 中的软件及网络技术非常感兴趣。

Darien 希望在此对他的未婚妻 **Rebecca Nguyen** 表示衷心的感谢。虽然我在编辑本书的过程中受益良多，但也极为耗时，在此感谢 **Rebecca** 在整个编辑过程以及漫长的周末时光中，给予我始终如一的爱、支持与耐心，感谢你为我所做的一切，**Rebecca!**

Peter Moyer 是一名经验丰富的 IP/MPLS 咨询工程师，近年的研究兴趣是 SDN。**Peter** 在 IP 网络互连领域拥有多年厂商工作经验，在本世纪初获得了 JNCIE 认证，在 20 世纪 90 年代后期获得了 CCIE 认证。**Peter** 是多本 IP 及 SDN 网络书籍的合著者及技术编辑，而且还发表了大量与网络主题相关的论文及博客。他目前主要研究大规模数据中心和服务提供商网络（包括教育科研网络领域）。**Peter** 拥有马里兰大学的 CMIS 学士学位。

献辞

谨将本书献给我的妻子 Sara，以及我的孩子们 Anna、Carol、James 及 Katherine，同时还献给我的孙子孙女们 Claire、Caroline 及 Sam，他们是我的避风港，让我始终保持理智、谦逊和快乐。

致谢

技术书籍的作者就像是一群才华横溢的专业人士的名誉牵头人，本书也毫不例外，就像大家在接受奥斯卡大奖时的演说一样，我也要感谢诸多人士。

首先感谢 Khaled Abu El Enian 和 Nicolas Michel，他们为本书每章的最后增加了很多新的配置示例及排错练习题。此外，Khaled 还帮我节约了大量写作时间，编写了第 5 章“扩展 BGP 功能”小节的大部分内容。衷心希望在未来的写作中能够与他们保持更加密切的合作关系。

还要感谢我的好友兼同事 Pete Moyer，他不但是我独自编写的每本书的技术审稿人，而且还与我一同编写了多本图书，Peter 对我生命的影响已远远超出本书以及其他图书，我将永远心怀感激。

Darien Hirotu 是本书的另一名技术审稿人，虽然我们在很多企业及工程项目上有过大量合作，但这一次是我们在写作上的首次合作。Darien 对于细节有着异乎常人的把握能力，帮我找出了手稿中的大量细节错误。

感谢 Chris Cleveland，感谢他作为开发编辑所提供的大量专业指导。我们一起合作了多本图书，是他让我的每一本图书都更加精益求精，也让我成为了一名更加优秀的作者。

感谢 Brett Bartow 以及 Cisco Press 的全体同仁，感谢 Brett 在本书写作期间表现出来的极大耐心，Brett 是我写作进度经常滞后的受害者，每天都得将进度控制作为日常工作的头等大事。在我认为他应该拿着本书第 1 卷敲打我脑袋的时候，他仍然一如既往地表现出了莫大的友善之情。

感谢我的妻子 Sara，多年来一直默默地陪我度过了多本图书的编写生涯。每次她看到我茫然地盯着远处时，就会说“你又开始写作啦？”

最后，还要感谢你们——我的忠实读者，是你们让这两卷 TCP/IP 路由技术变得如此成功，并一直耐心地等待我完成这个新版本，希望本书内容值得你们的期待。

前言

自从出版了《TCP/IP 路由技术（第一卷）》之后，虽然 Cisco Press 的“CCIE 职业发展系列”增加了大量内容，而且 CCIE 项目本身也扩展到了多个专业领域，但 IP 路由协议仍然是所有准 CCIE 们的核心基础，他们必须透彻理解和掌握，否则基础不牢，大厦将倾。

我在《TCP/IP 路由技术（第一卷）》的前言中曾经说过“……随着互连网络规模和复杂性的不断增大，路由问题也将立刻变得庞大且错综复杂”，由于本书重点从 IGP 转移到了自治系统间的路由问题以及组播和 IPv6 等诸多特殊路由问题，因而可扩展性和管理性仍然是本书第二卷的核心主题。

本书的写作目的不仅是要帮助读者轻松通过 CCIE 实验室考试，从而在名字后面加上极具价值的 CCIE 编号，而且希望帮助读者不断增进知识与技巧，从而无愧于 CCIE 称号。正如我在《TCP/IP 路由技术（第一卷）》中曾经说过的一样，我希望读者成为真正的 CCIE，而不仅仅是一名能够通过 CCIE 实验室考试的人员，因而本书所提供的信息要远远多于通过实验室考试所需的知识。当然，所有信息对于一名受人尊敬的互连网络专家的职业生涯来说都是至关重要的。

在我获得 CCIE 称号时，CCIE 实验室还主要是由 AGS+路由器组成的，与那个时代相比，现在的 CCIE 实验室和考试内容已经发生了翻天覆地的变化，当前实验室考试的难度变得越来越高，而且 CCIE 项目还增加了再认证要求。在我第一次参加再认证考试之前，有人曾告诉过我《TCP/IP 路由技术（第一卷）》对他们准备该考试起到了巨大的作用，特别是 IS-IS（该协议几乎没有用在服务提供商的网络之外）。因而我决定写作本书的第二卷，不仅面向众多准 CCIE 们，而且也面向那些需要通过再认证的 CCIE 们。有关组播路由及 IPv6 的章节就是面向这样的读者群的。

我努力遵照《TCP/IP 路由技术（第一卷）》的结构来编写第二卷，即首先从通用角度描述某种协议，然后以 Cisco IOS 为例给出相应的协议配置示例，最后再给出利用 Cisco IOS 工具检测与排除协议故障的示例，但对于 BGP 和 IP 组播来说，如果按照这种结构来编写，那么将会使单章内容变得极为冗长，因而我将其分解成了多个章节。

最后，衷心希望大家阅读本书时获得的知识丝毫不亚于我写作本书所获得的知识。

第二版前言

几乎在本卷第一版于 2001 年首次发行之后，我就希望增加和修改某些内容，主要原因来自于我不断积累的工作经验。从 1998 年到 2010 年，我的工作对象基本上都是服务提供商和运营商，从这些设计项目、技术决策以及主导或参与的众多技术交流

中，我学到了很多新知识，当然，有些新知识仅仅弥补了我个人经验上的不足，但并不是所有的新知识都是如此。在 BGP 及组播网络变得越来越复杂、涌现出大量新功能且最佳实践也在不断发展变化的情况下，我也一直在与业界的发展变化保持同步。

业界发生了哪些变化

下面将简要描述本书第一版发行之后业界发生的一些新变化。

BGP

有关 BGP 的主要概念都已经在 2001 年发行的本书第一版中做了详细描述，BGP 是一种被互联网广泛使用的外部网关协议（即自治系统间路由协议），具备多协议处理能力，版本 4 是目前可接受的版本。虽然这些年 BGP 也增加了一些新的功能特性和协议能力，但协议本身并没有出现大的变化。

主要变化之处在于业界对 BGP 的使用经验，这些经验不但增强了人们使用 BGP 策略的方式，而且在某些情况下还改变了传统的最佳实践。此外，多协议 BGP 已成为多业务核心网的主力，由于多协议 BGP 允许定义大量新的地址簇，因而可以在单个共享的核心网上运行多种不同的业务。虽然本书并没有讨论多业务网的另一个必要因素——MPLS（Multiprotocol Label Switching，多协议标签交换），这是因为有关 MPLS 的内容完全可以单出一本或两本专著，但读者完全可以通过本书介绍的这些多协议 BGP 知识，理解多协议 BGP 对于各种基于 MPLS 的地址簇的支持方式。此外，本书还提供了大量配置示例，以帮助读者正确理解多协议 BGP 在 IPv4 和 IPv6 下支持单播和组播地址簇的方式。

本书第一版安排了一个章节专门介绍 EGP（BGP 的前身），虽然那时已经废止了 EGP，但某些政府网络仍在使用该协议，这也是本书在第一版仍然涵盖 EGP 的主要原因之一，另一个主要原因就是防止某些不循常理的实验室考官在 CCIE 考试中突然抛出一些 EGP 考题。考虑到目前该协议已基本绝迹，因而第二版仅在介绍 BGP 时将 EGP 作为背景知识进行简要交代。

为了反映业界在 BGP 使用经验上的不断丰富以及 Cisco 新支持的大量新 BGP 功能特性，本书第二版将第一版中有关 BGP 的两章内容扩展到了六章。

IP 组播

IP 组播网络的发展变化可能比 BGP 网络的发展变化更大，由于组播及其相关联的路由协议极其复杂，因而在 2001 年的时候还很难管理组播网络。虽然从某种意义上来说，这些困难目前依然存在，但业界出现的一些变化使得这些困难不再高不可攀。

虽然 2001 年最常见的组播路由协议是 DVMRP、PIM-DM 和 PIM-SM，但当时我

推断 CBT (Core-Based Tree, 核心树) 和 MOSPF (Multiprotocol OSPF, 多协议 OSPF) 可能会成为主流, 因而在第一版中介绍了这方面的内容, 不过从目前来看, CBT 和 MOSPF 一直未被接受, DVMRP 也成了组播路由协议中的 RIP (已被废止, 但在某些场合依然能够看到), 因而在第二版中删除了有关 CBT 和 MOSPF 的全部内容, 仅做简单交代, 而且与第一版相比, 有关 DVMRP 的介绍也做了大幅简化。

由于 PIM 已成为当下 IPv4 和 IPv6 网络广泛接受的组播路由协议, 因而本书第二版更加深入详细地介绍了有关 PIM-DM、PIM-SM 以及 PIM-SSM 的内容。

IPv6

虽然我从 1990 年代后期就一直倡导和推广 IPv6, 但截至 2001 年的时候, 对这个新版本 IP 协议感兴趣的国家和地区仅限于日本、中国和韩国, 美国和欧盟则毫不关心 (少数军事领域除外), 它们认为 IPv6 在很大程度上只是面向未知的将来, 那时候所有预测公有 IPv4 地址池将在 2012 年耗尽的人都被认为是杞人忧天, 显得荒谬可笑。因而在本书第一版单独安排了一章讨论 IPv6, 与书中其他主题几乎毫无关系。

但这 15 年确实是天翻地覆的 15 年, 目前 IPv6 已成为当前的主流协议, 估计要不了几年 IPv6 就将全面替代目前已经耗尽的 IPv4。为了反映当前的实际情况, 第二版不再将 IPv6 单独列为一个章节, 而是将 IPv6 的支持要求贯穿于整个 BGP 及 IP 组播的讨论当中。

2001 年的网络地址转换指的是 NAT-PT, 一般仅在不同的 IPv4 地址之间进行转换, 十几年来网络地址转换技术得到了极大扩展, 因而第二版安排了两章内容来讨论 NAT: 一章讨论 IPv4 到 IPv4 的地址转化; 另一章则讨论 IPv6 到 IPv4 的地址转换 (NAT64)。

第二版有哪些变化

第二版在章节安排上的最后一个差异就是去掉了第一版中关于路由器管理的章节 (第一版中的第 9 章), 这是因为 2001 年之后有关 Cisco 路由器管理的主题变得越来越庞大, Cisco 也提供了越来越多的路由平台, 必须花费大量篇幅才有可能解释清楚, 但这与本书的主旨相悖, 而且本书的名字毕竟是 TCP/IP 路由技术, 而不是 Cisco 路由器管理技术。

第二版的其他变化如下。

- **IOS:** IOS 是 2001 年唯一的 Cisco 路由器操作系统, 目前除了 IOS 之外, 还有 IOS-XR、IOS-XE 和 NX-OS, 要想完全覆盖这些操作系统的配置示例及配置练习, 不但极为繁琐和复杂, 而且还与两卷 TCP/IP 路由技术的主要目标 (讲解协议相关内容) 相悖, 因而本书仅以 IOS 为例。理解了 IOS 之后,

读者完全可以很轻松地理解其他 Cisco 操作系统。

- **Cisco 与 IOS:** 与前一项有关, 第一版通常使用“Cisco 命令”的表述方式, 考虑到目前 Cisco 提供了多种操作系统, 因而第二版尽量准确地使用“IOS 命令”的表述方式。
- **命令与语句:** 仍然与前一项有关, 第二版尽量区分 IOS 命令与 IOS 语句。第二版中的命令表示输入某些信息之后期望得到直接结果, 而语句则属于 IOS 配置的一部分, 影响路由器的运行状态。
- **命令参考:** 第一版在每章的最后都以列表方式列出了本章使用过的所有命令(和语句), 给出这些命令的完整语法格式与描述信息。由于第二版包含的命令(和语句)过多, 而且不同 IOS 版本有时还存在不同的语法格式, 导致这张表格过于冗长, 也不实用, 因而第二版的每章最后不再提供命令参考, 如果希望了解某个命令(或语句)的完整语法信息, 可以在线查询相应 IOS 版本的“Cisco Command Reference Guide”, 查询时请要注意 IOS 版本。
- **IOS 版本:** 第一版的大部分示例均使用 IOS 11.4, 如前所述, 目前的 IOS 版本非常多, 虽然某些示例仍然使用了第一版的部分输出结果, 但大多数情况下使用的都是最新的 12.4 或 15.0。对于所有示例来说, 本书保证所提供的配置信息或输出结果完全包含所讨论的信息, 不过读者实际看到的输出结果可能与书中示例并不完全一致, 这取决于读者使用的 IOS 版本, 因而请读者重点关注输出结果中的有用信息, 而不要过多关心输出结果是否与实际看到的输出结果完全一致。
- **集成式故障检测与排除:**《TCP/IP 路由技术(第一卷)》中的每一章最后都安排了一些固定内容, 包括对每章主题的简要技术概述、IOS 配置练习题以及故障检测与排除练习题。考虑到第二版中的 BGP 和 IP 组播技术都非常复杂, 因而在组织这两部分内容时, 将故障检测与排除案例都集成到通用配置示例中了。
- **网络与互连网络:** 这是一个非常细微的变化。2001 年的时候我曾试图准确定义这两个概念, 网络指的是一种常规通信介质(如以太网), 而互连网络指的是由路由器互连起来的多个网络。从目前来看, 这是一种过时的说法, 因为目前几乎无人再提互连网络(少数严谨场合除外), 因而第二版删除了所有的互连网络一词。与共享通信介质相比, 子网的逻辑含义以及与地址相关的含义更加丰富, 网络一词需要从使用该词的上下文来加以理解, 因而网络可能表示由一条串行链路或以太网链路互连的两台路由器, 也可能表示一个巨大的 AS 间系统(如互联网)。虽然不是很严谨, 但路由器工程师们每天都在茶余饭后使用这个词。
- **怪异的之字形串行链路图标:** 从我在 20 世纪 90 年代早期讲授 Cisco 课程开始, 就一直使用之字形线或“闪电形”线来表示串行链路, 如此区分的原因

在于串行链路的特性与 LAN 链路存在差异，但是对于本卷图书的所有示例来说，链路类型与示例并无任何关系，而且我发现之字形图标经常会让插图显得凌乱不堪，因而我尽量将书中用于接口间互连的所有之字形图标全部更换为直线，而不管这些链路的类型是什么。

配置练习题和故障检测与排除练习题答案

读者需要下载两个附录以查看配置练习题和故障检测与排除练习题的答案：附录 B 和附录 C。

读者可在 www.epubit.com.cn/book/details/4061 的页面上下载这两个附录。

目录

Chapter 1 Inter-Domain Routing Concepts

第1章 域间路由概念

Early Inter-Domain Routing: The Exterior Gateway Protocol (EGP) /

早期的域间路由：外部网关协议（EGP）

Origins of EGP / EGP 起源

Operation of EGP / EGP 的运行

EGP Topology Issues / EGP 术语

EGP Functions / EGP 功能

Neighbor Acquisition Protocol / 邻居获取协议

Neighbor Reachability Protocol / 邻居可达性协议

Network Reachability Protocol / 网络可达性协议

Shortcomings of EGP / EGP 的缺点

The Advent of BGP / BGP 的出现

BGP Basics / BGP 基础

Autonomous System Types / 匿名系统类型

External and Internal BGP / 外部和内部 BGP

Multihoming / 多宿主

Transit AS Multihoming / 过渡 AS 多宿主

Stub AS Multihoming / 末节 AS 多宿主

Multihoming and Routing Policies / 多宿主和路由策略

Multihoming Issues: Load Sharing and Load Balancing / 多宿主问题：

负载共享和负载平衡

Multihoming Issues: Traffic Control / 多宿主问题：流量控制

Multihoming Issues: Provider-Assigned Addressing / 多宿主问题：

供应商分配的编址

Classless Inter-Domain Routing / 无类域间路由

A Summarization Summary / 汇总总结

Classless Routing / 无类路由

Summarization: The Good, the Bad, and the Asymmetric / 汇总：

好的、坏的和非对称汇总

CIDR: Reducing Class B Address Space Depletion / CIDR:

减缓了 B 类地址空间的消耗	50
CIDR: Reducing Routing Table Explosion / CIDR: 减缓了路由表的爆炸	50
Managing and Assigning IPv4 Address Blocks / 管理和分配 IPv4 地址块	54
CIDR Issues: Multihoming and Provider-Assigned Addresses /	
CIDR 问题: 多宿主和供应商分配的地址	56
CIDR Issues: Address Portability / CIDR 问题: 地址可移植性	58
CIDR Issues: Provider-Independent Addresses / CIDR 问题:	
独立于供应商的地址	59
CIDR Issues: Traffic Engineering / CIDR 问题: 流量工程	60
CIDR Approaches Its Limits / CIDR 接近其极限	62
IPv6 Comes of Age / IPv6 时代的到来	66
Routing Table Explosion, Again / 再谈路由表的爆炸	66
Looking Ahead / 展望	68
Review Questions / 复习题	69
Chapter 2 Introduction to BGP	71
第 2 章 BGP 简介	
Who Needs BGP? / 谁需要 BGP?	71
Connecting to Untrusted Domains / 连接到不可信区域	71
Connecting to Multiple External Neighbors / 连接到多个外部邻居	74
Setting Routing Policy / 设置路由策略	79
BGP Hazards / BGP 的危害	82
Operation of BGP / BGP 的运行	84
BGP Message Types / BGP 消息类型	85
Open Message / 打开 (Open) 消息	85
Keepalive Message / 保活 (Keepalive) 消息	86
Update Message / 更新 (Update) 消息	86
Notification Message / 通知 (Notification) 消息	87
BGP Finite State Machine / BGP 有限状态机	87
Idle State / 空闲状态	88
Connect State / 连接状态	89
Active State / 活跃状态	89
OpenSent State / 打开发送 (OpenSent) 状态	89
OpenConfirm State / 打开确认 (OpenConfirm) 状态	90
Established State / 已建立 (Established) 状态	90

Path Attributes / 路径属性	90
<i>ORIGIN Attribute / ORIGIN 属性</i>	92
<i>AS_PATH Attribute / AS_PATH 属性</i>	92
<i>NEXT_HOP Attribute / NEXT_HOP 属性</i>	97
<i>Weight / 权重</i>	100
BGP Decision Process / BGP 决策过程	100
BGP Message Formats / BGP 消息格式	103
Open Message / 打开 (Open) 消息	104
Update Message / 更新 (Update) 消息	105
Keepalive Message / 保活 (Keepalive) 消息	108
Notification Message / 通知 (Notification) 消息	108
Configuring and Troubleshooting BGP Peering / 配置和排错 BGP 对等体	110
<i>Case Study: EBGP Peering / 案例学习: EBGP 对等体</i>	110
<i>Case Study: EBGP Peering over IPv6 /</i> <i>案例学习: IPv6 上的 EBGP 对等体</i>	114
<i>Case Study: IBGP Peering / 案例学习: IBGP 对等体</i>	118
<i>Case Study: Connected Check and EBGP Multihop /</i> <i>案例学习: 连接检查和 BGP 多跳</i>	127
<i>Case Study: Managing and Securing BGP Connections /</i> <i>案例学习: 管理和保护 BGP 连接</i>	136
Looking Ahead / 展望	142
Review Questions / 复习题	143
Configuration Exercises / 配置练习	144
Troubleshooting Exercises / 排错练习	145
Chapter 3 BGP and NLRI	155
第3章 BGP 和 NLRI	
Configuring and Troubleshooting NLRI in BGP /	
在 BGP 中配置和排错 NLRI	155
Injecting Prefixes with the network Statement / 用 network	
语句注入前缀	156
Using the network mask Statement / 使用 network mask 语句	160
Injecting Prefixes with Redistribution / 用重分布注入前缀	162
NLRI and IBGP / NLRI 和 IBGP	167
Managing Prefixes in an IBGP Topology / 在 IBGP 拓扑中管理前缀	168

IBGP and IGP Synchronization / IBGP 和 IGP 同步	179
Advertising BGP NLRI into the Local AS / 将 BGP NLRI 通告近本地 AS	182
Redistributing BGP NLRI into the IGP / 将 BGP NLRI 重分布到 IGP	182
Case Study: Distributing NLRI in a Stub AS with IBGP / 案例学习: 使用 IBGP 将 NLRI 重分布到末节 AS	184
Distributing NLRI in a Stub AS with Static Routes / 使用静态路由将 NLRI 重分布到末节 AS	193
Advertising a Default Route to a Neighboring AS / 将默认路由通告到邻居 AS	196
Advertising Aggregate Routes with BGP / 使用 BGP 通告聚合路由	198
Case Study: Aggregation Using Static Routes / 案例学习: 使用静态路由进行聚合	199
Aggregation Using the aggregate-address Statement / 使用 aggregate-address 语句进行聚合	201
ATOMIC_AGGREGATE and AGGREGATOR Attributes / ATOMIC_AGGREGATE 和 AGGREGATOR 属性	207
Using AS_SET with Aggregates / 使用带有聚合的 AS_SET	210
Looking Ahead / 展望	218
Review Questions / 复习题	218
Configuration Exercises / 配置练习	219
Troubleshooting Exercises / 排错练习	223
Chapter 4 BGP and Routing Policies	237
第 4 章 BGP 和路由策略	
Policy and the BGP Database / 策略和 BGP 数据库	238
IOS BGP Implementation / IOS BGP 实施	249
InQ and OutQ / InQ 和 OutQ	249
IOS BGP Processes / IOS BGP 过程	251
NHT, Event, and the Open Processes / NHT、事件和打开 (Open) 进程	256
Table Versions / 表版本	258
Managing Policy Changes / 管理路由变更	267
Clearing BGP Sessions / 清除路由会话	268
Soft Reconfiguraton / 软重配置	269
Route Refresh / 路由刷新	274
Route Filtering Techniques / 路由过滤技术	279
Filtering Routes by NLRI / 使用 NLRI 过滤路由	280