



Internet 路由结构

(第2版 · 修订版)

Internet Routing Architectures

Second Edition

The definitive BGP resource

[美] Sam Halabi 著
孙剑 孙余强 译

ciscopress.com

Internet 路由结构

(第2版 · 修订版)

Internet Routing Architectures

Second Edition



[美] Sam Halabi 著
孙剑 孙余强 译

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

Internet路由结构 / (美) 哈拉比 (Halabi, S.) 著 ; 孙剑, 孙余强译. — 2版 (修订本). — 北京 : 人民邮电出版社, 2015. 2

ISBN 978-7-115-38335-8

I. ①I… II. ①哈… ②孙… ③孙… III. ①因特网—路由选择—结构 IV. ①TP393.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第007125号

版 权 声 明

Sam Halabi with Danny McPherson: Internet Routing Architectures(Second Edition)(ISBN: 157870233X)

Copyright © 2001 Cisco Systems, Inc.

Authorized translation from the English language edition published by Cisco Press.

All rights reserved.

本书中文简体字版由美国 Cisco Press 授权人民邮电出版社出版。未经出版者书面许可, 对本书任何部分不得以任何方式复制或抄袭。

版权所有, 侵权必究。

-
- ◆ 著 [美] Sam Halabi
 - 译 孙 剑 孙余强
 - 责任编辑 傅道坤
 - 责任印制 张佳莹 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>
 - 北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
 - 印张: 26.25
 - 字数: 575 千字 2015 年 2 月第 2 版
 - 印数: 4 001—7 000 册 2015 年 2 月北京第 1 次印刷
 - 著作权合同登记号 图字: 01-2010-0300 号
-

定价: 69.00 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 BGP 理论与实践的权威指南，涵盖了从基于 BGP 的网络设计，到 BGP 网络在 Cisco 路由器上的实现这一过程中所需要的全部知识。本书旨在通过 BGP 概念以及实践的讲解，来培养读者对路由选择的理解，以便能以一种客观有效的方法设计并实施网络。

本书主要分为现代 Internet、路由协议基础知识、有效的 Internet 路由设计、Internet 路由设备配置等内容，对现代 Internet 的结构、ISP 服务及特性、IP 编址及分配技术、域间路由基础知识进行了讲解，并深入探讨了 BGP-4 的工作机制、功能和属性，以及 BGP-4 在网络设计中的具体应用。本书最后的附录一部分给出了 BGP 命令参考、进阶学习指南、BGP 出站路由过滤以及多协议 BGP 等内容。通过本书的学习，读者将会学到如何将自己的网络集成到 Internet 上，如何构建大规模的自治系统，如何使用 BGP-4 来控制内部协议的扩展，如何设计稳定可靠的网络，以及如何使用 Cisco IOS 软件来配置所需的路由策略等知识。

本书适合网络设计工程师、网络运维人员阅读，同时也是 Cisco 认证考试人员必不可少的阅读资料。

关于作者

Sam Halabi 是 Internet 服务提供商行业技术专家的先驱之一。Halabi 先生近期加盟了一家刚成立的 IP 组网公司，出任主管市场的副总裁。在 Cisco 系统公司就职的数年间，他一直领导着 IP 运营商市场的拓展工作。Halabi 先生是复杂路由协议方面的专家，专攻大型 IP 网络设计。

作为光网络论坛委员会成员和 MPLS 论坛会员，Halabi 在业界的表现有目共睹。

Danny McPherson 现任 Amber Networks 公司 CTO 办公室架构总监。在此之前，他曾在四家 Internet 服务提供商中 (Qwest, GTE Internetworking, Genuity, internetMCI) 担任技术领导职务，负责网络和产品架构、路由设计、对等互连以及其他与业务或策略相关事务。McPherson 对互联网工程任务组 (IETF) 和其他几个标准制定机构贡献颇多，是 Internet 架构和路由协议领域公认的专家。

关于技术审稿人

网络

Alexei Roudnev 是一名软件系统工程师，现就职于 Alcatel 集团位于美国加州旧金山的 Genesys 实验室。作为网络工程师，他曾经在俄罗斯莫斯科市为 Relcom Network 工作达 10 年之久，该公司是俄罗斯 Internet 的创立者之一。Alexei 还有 9 年的 UNIX 系统软件开发经验。

Abha Ahuja 是一名资深网络工程师，现任职于 Internap Network Services，致力于网络设计、架构和运行方面问题的解决。加盟 Internap 前，她曾就职于 Merit Network，这是一所业界领先的网络研究机构。她当时所从事的项目有：下一代路由服务器项目，针对全国范围的交换节点进行路由服务器部署；以及 Internet 性能测量分析（IPMA）项目。在 Internet 社团中，她长期以来表现活跃，研究兴趣包括域间路由行为及协议、网络运行和性能数据统计以及网络安全。她是一位技艺娴熟的网络工程师，还是公认的捣乱分子、天蝎座人格的典范。

献辞

Danny McPherson：献给我的妻子 Heather，还有我的两个女儿 Kortney 和 Ashli。你们是我的“基础设施”。

致谢

诸多人士的批评和建议使我受益良多。没有他们的帮助，本书几无面世可能。首先，我们要向 Abha Ahuja、Shane Amante、Johnson Liu、Alvaro Retana、Alexander Rudenev 诸君致谢，感谢他们对本书手稿杰出的技术审稿工作。还要特别感谢 Henk Smit、Bruce Cole、Enke Chen、Srihari Ramachandra、Rex Fernando、Satinder Singh、Ravi Chandra、全体思科“BGP Coders”团队，以及所有对本书第二版有所贡献的人们。此外，我们要向 Danny McPherson 的现任雇主 Amber Networks，以及前任雇主 Qwest Communications 表示谢意，你们的大力支持和持久耐心，对本书品质的保障善莫大焉。最后，我们还要感谢 Christopher Cleveland、Tracy Hughes、Marc Fowler、Gayle Johnson 以及 Cisco Press 的其他一千人等，本书得以按期付梓，要归功于你们。

译者序

译者所持《Internet Routing Architectures》(Second Edition) 原版书的版权页上赫然印刷着“Tenth Printing Jan.2009 (2009 年 1 月第 10 次印刷)”。可见此书在国外的受欢迎程度。21 世纪以前, 国内曾出版过此书第一和第二版的翻译版, 译者至今还保存着此书第一版的翻译版, 红色的硬皮封面, 小开本。当年, 该书系被称为 Cisco “红宝书”。只是光阴荏苒, “红宝书” 系列早已风光不再, 在翻译此书时, 甚至连一点参考价值都没有。

要感谢人民邮电出版社居然有此魄力出版这本发行已逾十载的网络技术书籍。此书好评如潮, 不过在这里, 译者要唱一下反调。译完此书, 译者感受最深的就是中国的一句老话——“外国的月亮不比中国圆”, 国外作者未必强于国人, Halabi 远非神人。译者甚至认为, 本书的两位作者应该重新接受一下写作方面的培训。作者的表达能力给本书的翻译工作制造了极大障碍。依译者之见, 且不说翻译成中文, 即便对于母语是英语的人, 如果不精通 BGP, 可能也很难读懂本书。所以, 译者可以断言, 给本书好评的人若不是早已精通 BGP 的网络专家, 就是人云亦云之辈。翻译此书时, 许多地方译者并没有直译, 也无法直译, 而是尽量按照自己对 BGP 的理解和作者的原意给出译文。译文中词不达意之处在所难免, 恳求读者海涵。

译者还要感谢我国的国有企业制度, 如果本人不是供职于国有企业, 可能早就放弃了此书的翻译。每天下班后, 我都会和孙剑就翻译中遇到的问题讨论至夜深, 4 个月的翻译时间一晃而过。在翻译过程中, 我和孙剑都在反思一个问题: 从事 IT 技术图书的翻译工作值得吗? 英国作家乔治·奥威尔曾经说过“我坐下来写作一本书时, 我并没有对自己说‘我要加工出一部艺术作品。’我之所以要写一本书, 是因为我有谎言要揭穿, 我有事实要引起大家注意。”我们自然不能和奥威尔相提并论, 可我们要说的是: “我们之所以要翻译, 是因为我们想降低读者掌握 IT 技能的成本, 仅此而已!” 但话又说回来, 我们煞费苦心, 又有多少人能够辨别出译文质量的好坏呢?

最该感谢的是傅道坤编辑对我的极度信任。我们会把你交给我们的每一本书翻译好, 以此来回报你的信任。

致谢

感谢本书的合译者孙剑。你也是我所有网络技术书籍的合译者, 没有你的审校, 译文的水准会下降大半, 硬伤也会更多。拖着你下水, 让你帮我校对这枯燥无味的一本接一本网络技术书籍译稿, 心里一直过意不去。你早就和我说过, 你要翻译编程方面的书籍, 我一直铭记于心。在我们翻译的《The Linux Programming Interface》图书

里，我会助你得偿所愿，让你施展你在编程和翻译方面的才能。

感谢我的父母，特别是母亲，翻译本书时，我焦虑不安，我想这世上也只有你能忍受我的暴躁。我之前翻译的每一本书，你们都会兴高采烈地收藏。我知道，这会让您们很有面子。可除了这点面子以外，我还能回报什么？

再次感谢傅道坤编辑，感谢你保留译文中所有的译者注，翻译过程中，通过撰写译者注（可惜，翻译费用按英文字数计算），我才勉强撑到交稿。能保留这些译者注，是我们翻译的唯一乐趣和最大动力。

孙余强

sunlengxie@gmail.com

2011年1月8日于安徽合肥

致谢

首先，要感谢本书的编辑傅道坤先生。没有你的信任，我根本无缘翻译本书。

还要感谢孙余强同学。去年之于我，颇有些“忧世伤生”的意思。每每踟躇不前时，总有孙同学的鞭策和鼓励。本书翻译进度神速，实在有赖于此。

一如既往，需要感谢我的妻子——许渝，对本书翻译工作的支持。

同样一如既往，需要感谢我的儿子——孙晓凡：你照亮了我的生活！

孙 剑

5515159@gmail.com

2011年1月10日于安徽合肥

前言

作为发迹于 20 世纪 60 年代末期学术实验中的后生小辈, Internet 今天还在为身份和成功苦苦争斗。从阿帕网 (ARPANET) 发展到 NFS 网再到公众网 (ANYBODYSNET), Internet 终于不再由单个机构所把持。只要消费得起, 它属于任何人。渴望互联的用户多不胜数, 更有不计其数尚未接入互联网的公司自惭为世人遗忘。要不断满足组网与互联的需求, 网络设计和管理人员背负的压力可想而知。建立并深入对组网, 尤其是对路由的理解, 已是势所必然。

网络不管是发生故障乃至崩溃, 还是运作正常, 总会有人惊诧不已。情势如此, 缺乏有价值的资料是症结所在。时至今日, 设计、管理人员案头论及路由的资料, 大半都令人倍感挫折: 读时豁然贯通, 尝试了又无功而返。本书第一版论述的正是实战背景下的真实路由问题, 覆盖面广, 易于理解。

本书第二版除了对第一版内容作了详尽更新, 还介绍了对 BGP 协议的近期改进, 探讨了围绕互联网号码 (地址) 分配及注册的新变化, 并对科研和教学网络的相关信息有所充实。

目的

本书的主旨是: 在网络与全球 Internet 集成领域, 帮助读者成为专家。从概念到实战场景, 通过对编址、路由及连通等实际问题的展示, 本书着眼于培养读者对路由的理解, 使读者能以客观、专业的水准规划和实施大型网络设计。不论读者是 Internet 接入提供商还是其客户, 对于他们网络所面临的路由问题, 本书都有充分的预期和论述。

阅读对象

本书适用于需要接入 Internet 的任何组织。Internet 服务提供商及其客户都需要集成网络。围绕网络管理者、集成者以及架构师各个视角的讨论贯穿本书。尽管本书涉及的专业知识层次不一, 问题和概念的展开却都是由易到难、逻辑分明。共同的出发点不过是些简单、实际的工作场景, 人人都能联系起来。对于路由亦或 TCP/IP 方面的学习背景不做要求。理解路由所需的基本概念和背景知识都在行文中按需引入, 并未视为读者的已知技能。

组织结构

本书由下面 4 部分组成。

■ 第 1 部分：现代 Internet

第 1 章～第 3 章对现代 Internet 作了基本介绍，涵盖了 Internet 结构、服务提供商以及编址等各方面。即使读者已经对 Internet 的总体结构有所了解，我们仍然鼓励他们阅读第 1 章中论及网络接入点（Network Access Points）、路由仲裁项目（Routing Arbiter Project）和网络信息服务（Network Information Services）的部分。对于管理者所面临的路由设计问题而言，这些 Internet 组件沉积下来的压力依然延续着其实际影响。第 2 章为评估 Internet 服务提供商开列了极具价值的评判标准。作为提供商的代表或客户，对此类信息多少应该有些熟悉。第 3 章讨论了无类别域间路由（CIDR）、VLSM（变长子网掩码）、IPv6 以及 Internet 编址的其他方面。

■ 第 2 部分：路由协议基础

第 4 章～第 5 章覆盖的基础知识有：链路状态路由协议和距离矢量路由协议的各种属性，域间路由协议的必要性及其工作原理。针对这些议题，既有总体论述，又结合了 BGP（Border Gateway Protocol，边界网关协议）应用的特定背景——BGP 是当今 Internet 域间路由协议事实上的标准。这部分还对 BGP 协议的特殊功效及属性做了详尽介绍。

■ 第 3 部分：高效 Internet 设计

第 6 章～第 10 章关注的是 BGP 协议在实际设计中的应用。第 2 部分所介绍的 BGP 属性会在各种典型网络场景中得以实战展示，在实现冗余、对称、负载均衡等设计目标时一显身手。对于域间与域内路由协调运作、大型或快速增长网络的管理以及保持系统稳定等难点问题，也会逐一探讨。

■ 第 4 部分：Internet 路由设备配置

第 11 章和第 12 章包含了大量有关 BGP 属性和各种路由策略的代码实例。在阅读完前面各章后再接触这些实例对读者最为有利，它们应对的正是（本书前几部分论及的）诸多概念和设计目标。读者可将前面各章的文字论述与第 11 章、第 12 章的代码实例互为参照，前面章节中会有“配置实例”的示意标记适时出现，阅读时能快速翻至参考页，查看研讨属性或策略的实际例子。

书末附录包括：为进一步阅读提供的附加参考资料，Cisco IOS™命令参考的最新版，因改善 BGP 命令行界面对 IOS™所做修改的相关信息。

写作方法

技术资料要写得通俗易懂非常困难。技术细节剥离太多就失去意义，若是原汁原味地和盘托出又会令概念模糊不清，读者会不知所措。本书对技术细节的介绍是逐步展开，尽可能以实际场景作为背景。技术含量最为丰富的信息——采用 Cisco IOS 语言编写的配置范例——放在了本书最后两章，彻底基于前述各种概念和拓扑示例。

尽管最终目标是设计和实现各种路由策略，在投入实际网络应用前，掌握概念和原则却至关重要。本书坚持由一般到特殊、由理论到实践，循序渐进的写作风格，来把握概念与实现两种视角间的平衡。即便在必须进行大段描述的章节，也提供了指向配置实例、常见问题以及场景释疑的示意标记，以便于读者实际操作。

围绕场景的写作手法是本书的一大亮点：所论及的几乎所有协议属性和路由策略，都基于典型网络拓扑加以展示。即便书中场景不见得与读者网络情况完全一致，但其细微处足易于读者参照学习，其通用性又能令读者自行推导，并因地制宜地使用书中所阐述的概念。

特色及文字约定

对于协议细节和设计相关信息，本书力求毫无保留。同时，我们也意识到：必须建立总体和概念上的理解，此乃第一要务。在演绎基础理论的同时，如何突出实际和设计内容？本书的两大特色对此助益颇多。

- 指向配置实例的示意标记——位于相关文字讨论附近，由此可转至第 11 章和第 12 章对应配置实例处。
- 常见问题——位于每章结尾处，对于读完每一章后，读者针对自身特定网络可能遇到的实战和设计问题，预先都在此作了充分考虑。

命令语法约定

本书命令语法遵循的惯例与 IOS 命令手册使用的惯例相同。命令手册对这些惯例的描述如下。

- 粗体字表示照原样输入的命令和关键字，在实际的设置和输出（非常规命令语法）中，粗体字表示由用户手动输入的命令（如 **show** 命令）。
- 斜体字表示用户应提供具体值的参数。
- 竖线 (|) 用于分隔可选的、互斥的选项。
- 方括号 ([]) 表示任选项。
- 花括号 ({ }) 表示必选项。
- 方括号中的花括号 ([{}]) 表示必须在任选项中选择一个。

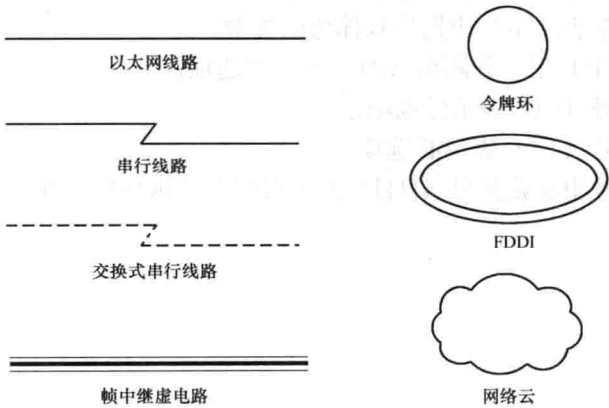
本书使用的图标



在本书中，计算机外设和其他设备使用如下图标表示。



在本书中，网络和网络连接使用如下图标表示。



目 录

第 1 部分 现代 Internet

第 1 章 Internet 之演进	3
1.1 Internet 起源及其近代史	4
1.1.1 从 ARPANET 到 NSFNET	5
1.1.2 Internet 现状	6
1.1.3 NSFNET 动议	7
1.2 网络接入点	8
1.2.1 什么是 NAP	8
1.2.2 NAP 管理者动议	9
1.2.3 联邦 Internet 交换点 (FIX)	9
1.2.4 商业 Internet 交换点 (CIX)	9
1.2.5 NAP 目前的物理配置	10
1.2.6 NAP 的替代方案: 直接互联	11
1.3 路由仲裁者项目	11
1.4 特高速骨干网络服务	14
1.5 从 NSFNET 迁移地区网络	16
1.6 NSF 发起 NIS 管理者动议	17
1.6.1 网络信息服务	17
1.6.2 创建 InterNIC	18
1.6.3 目录和数据库服务	18
1.6.4 注册服务	19
1.6.5 NIC 支持服务	19
1.7 其他 Internet 注册处	19
1.7.1 ARIN	20
1.7.2 RIPE NCC	20
1.7.3 APNIC	20
1.8 Internet 路由注册处	20
1.9 永恒的 Internet	21
1.9.1 下一代 Internet 计划	21
1.9.2 Internet2	23
1.9.3 Abilene	23
1.10 展望	24
1.11 常见问题及解答	25
1.12 参考资料	26
第 2 章 ISP 服务及特性	29
2.1 ISP 服务	29
2.1.1 专用 Internet 接入	30
2.1.2 帧中继及 ATM Internet 接入	30
2.1.3 拨号服务	31
2.1.4 数字用户线	31
2.1.5 线缆调制解调器	32
2.1.6 专用托管服务	32
2.1.7 其他 ISP 服务	33
2.2 ISP 服务定价、服务等级协议及 技术特性	33
2.2.1 ISP 服务定价	33
2.2.2 服务等级协议	34
2.2.3 ISP 骨干网选择标准	34
2.3 分界点	38
2.3.1 用户产权设备	39
2.3.2 路由器托管	40
2.4 展望	40
2.5 常见问题及解答	41
第 3 章 IP 编址及分配技术	43
3.1 Internet 编址历史	44
3.1.1 IP 编址基础知识	44
3.1.2 IP 子网划分基础知识	46
3.1.3 VLSM	47

3.2 IP 地址空间耗尽问题	49	3.2.4 IP 版本 6	64
3.2.1 IP 地址分配	50	3.3 展望	67
3.2.2 无类别域间路由 (CIDR)	52	3.4 常见问题	67
3.2.3 私有地址和网络地址转换	61	3.5 参考资料	68

第 2 部分 路由协议基础知识

第 4 章 域间路由基础知识	73	5.1 BGP 的运作方式	90
4.1 路由器和路由选择概述	73	5.1.1 BGP 消息头部格式	92
4.2 路由选择概念	76	5.1.2 BGP 邻居协商	93
4.2.1 距离矢量路由协议	76	5.1.3 有限状态机全景图	94
4.2.2 链路状态路由协议	78	5.1.4 NOTIFICATION 消息	97
4.3 用自治系统分隔互联网	80	5.1.5 KEEPALIVE 消息	98
4.3.1 静态路由、动态路由和默认路由	80	5.1.6 路由更新消息和路由信息	98
4.3.2 自治系统	81	5.2 BGP 能力协商	102
4.4 展望	85	5.3 BGP 的多协议扩展	103
4.5 常见问题	85	5.4 TCP MD5 签名选项	104
4.6 参考资料	86	5.5 展望	105
第 5 章 边界网关协议版本 4	89	5.6 常见问题	106
		5.7 参考资料	106

第 3 部分 有效的 Internet 路由设计

第 6 章 BGP 能力调优	111	6.2.4 静态路由 Vs. 动态路由的示例： 移动网络	122
6.1 构建对等体会话	112	6.3 重叠协议：后门	123
6.1.1 物理连接和逻辑连接	113	6.4 简化的路由选择过程	124
6.1.2 获取 IP 地址	114	6.4.1 BGP 路由：通告与存储	125
6.1.3 认证 BGP 会话	114	6.4.2 BGP 路由信息库	126
6.1.4 AS 内的 BGP 连续性	115	6.4.3 接收自对等体的路由	127
6.1.5 AS 内的同步	116	6.4.4 输入策略引擎	127
6.2 路由更新的来源	117	6.4.5 路由器采用的路由	127
6.2.1 将路由信息动态注入 BGP	118	6.4.6 输出策略引擎	127
6.2.2 以静态方式将路由信息注入 BGP	120	6.4.7 通告给对等体的路由	128
6.2.3 路由的起源	121	6.4.8 路由选择环境示例	128
		6.4.9 总结 BGP 的决策过程	129

6.5 掌控 BGP 路由	130	7.3.2 情景 1: 单宿主	173
6.5.1 BGP 路径属性	131	7.3.3 情景 2: 多宿主连接到单 提供商	174
6.5.2 多路访问介质上的下一跳行为	141	7.3.4 情景 3: 多宿主连接到不同 提供商	182
6.5.3 非广播多路访问介质上的 下一跳行为	142	7.3.5 情景 4: 同一提供商的客户间 设有备份链路	186
6.5.4 使用 next-hop-self 还是通告 DMS 子网	143	7.3.6 情景 5: 不同提供商的客户间 设有备份链路	188
6.5.5 使用私有 AS	144	7.4 展望	192
6.5.6 AS_PATH 和路由聚合问题	145	7.5 常见问题	192
6.5.7 操纵 AS_PATH	146	7.6 参考资料	193
6.6 路由过滤和属性操纵	148	第 8 章 自治系统内部的路由控制	195
6.6.1 路由的出入站过滤	148	8.1 非 BGP 路由器与 BGP 路由器间的 交互	196
6.6.2 路由过滤和属性操纵过程	149	8.2 与内部默认路由相冲突的 BGP 策略	198
6.6.3 对等体组	155	8.2.1 AS 内的默认路由与主备 BGP 默认路由策略相结合	198
6.7 BGP-4 路由聚合	156	8.2.2 AS 内的默认路由: 其他 BGP 路由策略	203
6.7.1 只通告聚合路由, 抑制明细 路由	157	8.3 策略路由	204
6.7.2 通告聚合路由外加明细路由	157	8.3.1 基于源地址的策略路由	205
6.7.3 通告带有明细路由子集的 聚合路由	158	8.3.2 基于源/目的地址的策略路由	205
6.7.4 聚合路由内部的信息丢失	159	8.3.3 回归动态路由的策略路由	206
6.7.5 改变聚合路由的属性	160	8.3.4 策略路由的其他应用	206
6.7.6 根据明细路由的子集来形成 聚合路由	160	8.4 展望	208
6.8 展望	161	8.5 常见问题	208
6.9 常见问题	161	第 9 章 控制大型自治系统	211
6.10 参考资料	163	9.1 路由反射器	212
第 7 章 冗余、对称和负载均衡	165	9.1.1 不部署路由反射器时的内部 对等体	212
7.1 冗余	166	9.1.2 部署路由反射器时的内部 对等体	213
7.1.1 地理限制方面的压力	166		
7.1.2 设置默认路由	167		
7.2 对称	171		
7.3 负载均衡	172		
7.3.1 具体场景: 设计冗余、对称及 负载均衡	173		

9.1.3 命名惯例和操作原则	214
9.1.4 AS 内的冗余问题和多路由 反射器问题	215
9.1.5 路由反射拓扑模型	216
9.2 联盟	221
9.2.1 联盟的不足之处	222
9.2.2 使用联盟时的路由交换和 BGP 决策	223
9.2.3 联盟的设计建议	224
9.2.4 联盟 Vs. 路由反射器	224
9.3 控制 IGP 的扩张	225
9.3.1 通过 IBGP 将 AS 划分为多个 区域	226
9.3.2 通过 EBGP 将 AS 划分为多个 区域	228
9.4 展望	231
9.5 常见问题	231
9.6 参考资料	232

第 10 章 设计稳定的 Internet

10.1 不稳定的 Internet 路由	235
10.1.1 IGP 不稳定	236
10.1.2 硬件故障	236
10.1.3 软件问题	236
10.1.4 CPU 的处理能力不足	237
10.1.5 内存不足	237
10.1.6 网络升级和日常维护	237
10.1.7 人为失误	238
10.1.8 链路拥塞	238
10.2 确保 BGP 稳定的特性	238
10.2.1 控制路由和缓存失效	239
10.2.2 BGP 路由重刷新	239
10.2.3 路由抑制	239
10.3 展望	243
10.4 常见问题	243

第 4 部分 Internet 路由设备配置

第 11 章 配置基本的 BGP 功能和属性

11.1 建立对等会话	250
11.2 路由过滤和属性操纵	255
11.2.1 BGP 路由映射	255
11.2.2 前缀列表	257
11.2.3 根据 NLRI 标识并过滤路由	259
11.2.4 根据 AS_PATH 标识并过滤 路由	261
11.3 对等体组	262
11.4 路由更新的来源	264
11.4.1 以动态方式将路由信息注入 BGP	264
11.4.2 以静态方式将路由信息注入 BGP	270

11.5 重叠协议：后门	270
11.6 BGP 属性	272
11.6.1 NEXT_HOP 属性	275
11.6.2 AS_PATH 属性	276
11.6.3 LOCAL_PREF 属性	279
11.6.4 MULTI_EXIT_DISC 属性	281
11.6.5 团体属性	283
11.7 BGP-4 聚合	285
11.7.1 只通告聚合路由，抑制明细 路由	285
11.7.2 通告聚合路由外加明细路由	288
11.7.3 通告带有明细路由子集的 聚合路由	292
11.7.4 聚合路由由内部的信息丢失	296
11.7.5 改变聚合路由的属性	299