



BGP路由协议排错指南

Troubleshooting BGP

A Practical Guide to Understanding
and Troubleshooting BGP

[印] 维尼特·贾恩 (Vinit Jain) 著
[美] 布拉德·埃奇沃斯 (Brad Edgeworth) 译
YESLAB工作室

ciscopress.com

BGP路由协议排错指南

Troubleshooting BGP

A Practical Guide to Understanding
and Troubleshooting BGP



[印] 维尼特·贾恩 (Vinit Jain)

著

[美] 布拉德·埃奇沃斯 (Brad Edgeworth)

YESLAB工作室

译

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

BGP路由协议排错指南 / (印) 维尼特·贾恩
(Vinit Jain), (美) 布拉德·埃奇沃斯
(Brad Edgeworth) 著; YESLAB工作室译. -- 北京: 人
民邮电出版社, 2018.7
ISBN 978-7-115-48450-5

I. ①B… II. ①维… ②布… ③Y… III. ①互联网络
一路由协议—指南 IV. ①TN915.05-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第103479号

版权声明

Troubleshooting BGP (ISBN: 1587144646)

Copyright © 2017 Pearson Education, 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 Pearson Education 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 [印] 维尼特·贾恩 (Vinit Jain)
[美] 布拉德·埃奇沃斯 (Brad Edgeworth)
 - 译 YESLAB 工作室
 - 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>
固安县铭成印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 39.75
字数: 890 千字 2018 年 7 月第 1 版
印数: 1-2 000 册 2018 年 7 月河北第 1 次印刷
- 著作权合同登记号 图字: 01-2016-6010 号
-

定价: 158.00 元

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

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147 号

内容提要

本书是对复杂的 BGP 网络进行排错的权威指南，详细讲解了在 Cisco IOS、IOS XR 和 NX-OS 等操作系统上进行 BGP 排错的相关知识。本书涵盖了在混合服务提供商和企业环境中部署 BGP 时会遇到的各种问题（比如 BGP 对端变慢、RT 约束过滤、BGP 路由缺失、网络的扩展性和收敛等）以及相应的解决方案。

本书共分为 15 章，内容包括 BGP 基础、通用的排错方法、排查 BGP 对等体的问题、路由通告和 BGP 策略的排错、BGP 收敛的排错、排查 BGP 引起的平台问题、BGP 的扩展、BGP 边界架构的排错、保障 BGP 的安全、MPLS 三层 VPN、MPLS L2VPN 服务的 BGP、服务提供商的 IPv6 BGP、VxLAN BGP/EVPN、BGP 高可用性、BGP 的增强特性等内容。

本书适合网络顾问、系统/支持工程师、网络运维人员以及备考 CCNP/CCIE 的学生阅读。

序

Internet 彻底改变了世界，它能够在几秒钟内向用户提供无限量的信息，或者能够通过语音和视频呼叫将世界各地的人们联系起来。现在越来越多的人使用 Internet 的方式，在 Internet 构建之初是不可想象的。Internet 路由的规模几乎将 BGP 以外的所有路由协议排除在外。

越来越多的组织机构继续在世界的每个网段和角落中部署 BGP，因为 BGP 中引入了许多新特性和新技术。BGP 不仅用于服务提供商网络，而且已经成为企业和数据中心的基础技术。

作为一名超过 25 年的 Cisco 技术服务总监，我有幸与行业内最优秀的网络专家一起工作。本书由两位“网络摇滚明星” Vinit 和 Brad 撰写，他们多年以来一直在我的部门中为多个 Cisco 客户提供支持。Vinit 会继续为 Cisco 高端客户提供专属服务，并将重点放在网络路由协议上。

在任何网络部署环境中，了解和学习如何对网络和网络使用的技术进行故障排除，都是非常重要的技能。组织机构总是力争能够在他们的网络中实现 5 个 9（即 99.999%）的可用性。这让网络工程师获得解决这些复杂网络环境的技能，变得更加重要。BGP 能够提供如此之高的可用网络，以致一些大型托管公司都只使用 BGP。本书为排查问题、部署最佳做法以及 BGP 的高级协议理论提供了参考。

Joseph Pinto
技术服务部门资深副总裁
Cisco，圣何塞

关于作者

Vinit Jain, CCIE #22854 (R&S、SP、安全和 DC), Cisco HTTS (高端技术支持) 工程师, 为 Cisco 高级客户提供复杂路由技术方面的支持。在加入 Cisco 之前, Vinit 曾经担任 CCIE 培训师和网络顾问。除了在网络方面的专业知识外, 他还拥有软件开发方面的经验, 这也是他职业生涯的开始。

Vinit 拥有 Cisco、微软、Sun、VMware 和 Oracle 等多家厂商的认证, 同时也持有道德黑客认证 (CHE)。Vinit 是 Cisco Live 和其他多个论坛的演讲嘉宾, 其中包括 NANOG。Vinit 毕业于德里大学数学系, 并在印度 Kuvempu 大学获得信息技术硕士学位。Vinit 已婚, 目前居住于北卡罗来纳州的 RTP (三角研究园)。

Brad Edgeworth, CCIE #31574 (R&S 和 SP), 在 Cisco 担任系统工程师和技术负责人。Brad 是 Cisco Live 杰出的演讲者, 他曾就多个主题发表过演讲。在加入 Cisco 之前, Brad 曾担任网络架构师, 并为多家财富 500 强公司提供咨询服务。Brad 持有的其他认证包括 CCDP (Cisco 认证设计专家) 和 MCSE (微软认证系统工程师)。Brad 一直从事 IT 领域的工作, 从架构和运营的角度重点关注企业和服务提供商网络环境。Brad 拥有得克萨斯州奥斯汀圣爱德华大学计算机系统管理学士学位。

关于技术审稿人

Richard Furr, CCIE #9173 (R&S 和 SP) 是 Cisco 技术支持中心 (TAC) 的技术总监。在过去的 15 年中, Richard 一直为 Cisco TAC 和高端技术支持 (HTTS) 部门工作, 为服务提供商和大型企业环境提供服务, 重点解决路由协议、MPLS、IP 组播和 QoS 问题。

Ramiro Garza Rios, CCIE #15469 (R&S、SP 和安全), Cisco 高级服务解决方案集成架构师, 负责规划、设计、实施和优化 IP NGN 服务提供商网络。在 2005 年加入 Cisco 之前, 他是墨西哥 Cisco 金牌合作伙伴的网络咨询师和售前工程师, 负责规划、设计并实施企业和服务提供商的网络。

献辞

我想把这本书献给我的兄弟 Lalit，他是我所取得一切成就的灵感和推动力。

——Vinit

将本书献给我的家人。谢谢你们让我在深夜写作之后能够安然入睡。我的妻子 Tanya “卡坦女王”，感谢你在我的生活中带来的欢乐。女儿 Teagan，要听你母亲的话。她几乎总是正确的，毕竟她的语法比我要好。

——Brad

致谢

我要感谢 Russ White、Carlos Pignataro、Richard Furr、Pete Lumbis、Alejandro Eguiarte 和 Brett Bartow，感谢你们让本书成为可能。

我要特别感谢 Alvaro Retana、Xander Thujis 和 Steven Cheung，你们针对各个主题提供的专业技术知识和建议，使本书更加实用，更加接近实际的排错情景。

感谢我们的技术审稿人 Richard 和 Ramiro。除了技术的准确性之外，你们对所需技术的洞察力和不同的视角，很好地掌控了本书的范畴。

Cisco 内部也有很多同事提供了反馈和建议，使本书成为一本很棒的书。感谢所有在这一过程中提供了帮助的人们，特别是我的经理 Ruwani Biggers 和 Chip Little，你们帮助我完成了这个充满冒险和乐趣的项目。

——Vinit Jain

感谢我的合著者 Vinit。谢谢你允许我和你一起撰写这本书，我们经常在凌晨 1 点仍通过电话进行讨论，你的知识和投入使这本书变得更好。

感谢我们的技术审稿人 Richard 和 Ramiro。感谢你们发现了我们所有的错误。

特别感谢 Brett Bartow 和 Cisco Press 团队。你们是使这本书看起来和它实际一样好的“魔术师”！

特别感谢 Craig Smith。感谢我的同事 Rob、John 和 Gregg。

——Brad Edgeworth

前言

BGP 是一项标准化的路由协议，提供了可扩展性、灵活性和网络稳定性，以及各种不同的功能。最初，BGP 的设计旨在支持庞大的 IP 路由表。它是路由器连接 Internet 时实际使用的协议，为超过 600000 个网络提供了联通性，而且这个数字仍在增长。

尽管 BGP 提供了可扩展性和唯一的路由策略，但这个架构也会面临威胁，并且会有一定的复杂性。随着多年的发展，BGP 在功能和特性方面得到了大幅发展。BGP 已经从一项 Internet 路由协议，扩展到网络的其他方面，其中包括数据中心网络。BGP 提供了可扩展的控制平面，适用于 IPv6、MPLS VPN (L2 和 L3)、组播、VPLS 和 EVPN (以太网 VPN)。

尽管大多数网络工程师都知道如何配置 BGP，但他们都缺乏有效排查 BGP 问题的手段。本书提供了解决以下 Cisco 操作系统中所有 BGP 问题的方法，并且是唯一综合了这些内容的图书：Cisco IOS、IOS XR 和 NX-OS。本书将分散在多种文档和 Cisco Press 图书中的内容汇集在一起，涵盖了各种最新的 BGP 设计部署方法，混合了服务提供商和企业环境，并且介绍了如何对它们进行故障排除。

本书阅读对象

本书面向希望学习 BGP 更多内容，并且希望学习对已部署的功能和特性进行排查的网络工程师、架构师或咨询师。读者应该具有一定的 IP 路由基础。

本书组织方式

读者可以从头到尾阅读本书，也可以根据每一章包含的内容，灵活地挑选需要着重了解的章节进行阅读。

第 1 部分，“BGP 基础”，提供了 BGP 功能的基本介绍——包含了各种属性和特性。

- **第 1 章，“BGP 基础”**：本章概述了 BGP 协议、配置和一些最常用的特性。另外描述了 BGP 在面对内部 BGP 邻居和外部 BGP 邻居时，采取的不同做法。

第 2 部分，“一般 BGP 排错”，提供了 BGP 排错的基本思路。这些概念会贯穿本书的其他章节。

- **第 2 章，“通用的排错方法”**：本章讨论了各种基本的排错方法和工具，能够用来排查通用的网络问题。本章还讨论了如何找出问题，以及如何复现问题来确认问题的根源。
- **第 3 章，“排查对等体问题”**：本章讨论了 BGP 对等体相关的常见问题，详细介绍了用于排查 BGP 对等体问题的排错方法，比如对等体失效和对等体翻动。本章最后讨论了动态 BGP 对等体功能。
- **第 4 章，“路由通告和 BGP 策略的排错”**：本章包含了 BGP 路径选择机制和排查复杂的 BGP 路径选择或路由缺失的问题，这些问题在 BGP 部署环境中非常常见。
- **第 5 章，“BGP 收敛的排错”**：本章讨论了会导致收敛问题的不同场景和条件，详细解释了所有平台上 BGP 更新消息的构成，以及完成更新生成的过程。

第3部分，“BGP可扩展性问题”，阐释了在大规模BGP网络中如何产生一个具体的问题。

- **第6章，“排查BGP引起的平台问题”**：本章讨论了在生产环境中由BGP引发的常见平台问题，其中讨论的条件包括由BGP导致的高CPU利用率、高内存利用率，以及内存泄露。
- **第7章，“BGP的扩展”**：本章讨论了在大规模BGP部署环境中能够应用的BGP特性，详细介绍了如何使用路由反射器和其他高级特性（比如BGP多样路由）来扩展BGP的规模。
- **第8章，“BGP边界架构的排错”**：本章讨论了BGP多宿主部署，这是企业网络中最常见的部署方式。本章还讨论了多宿主部署中面临的问题。本章最后还介绍了如何通过BGP实现负载均衡，以及如何排查这种部署环境面临的问题。

第4部分，“保障BGP的安全”，讨论了如何保障BGP的安全，以及如何使用BGP来预防网络面临的攻击。

- **第9章，“保障BGP的安全”**：本章介绍了能够用来保护Internet路由的各种特性，从而预防会导致服务中断的安全漏洞。本章介绍并区分了S-BGP和SO-BGP，然后介绍了使用RPKI的SIDR解决方案，接着讨论了DDoS攻击，以及通过RTBH和BGP FlowSpec特性缓解DDoS攻击的方法。

第5部分，“多协议BGP”，讨论了多协议BGP，以及如何在传统IP路由之外为其他地址家族提供联通性。

- **第10章，“MPLS三层VPN(L3VPN)”**：本章讨论并阐释了如何在三层MPLSVPN服务中部署多协议BGP的案例，还介绍了如何在服务提供商环境中扩展L3VPN服务。
- **第11章，“MPLS L2VPN服务的BGP”**：本章讨论并阐释了如何在二层MPLSVPN服务中部署多协议BGP的案例，以及如何在这种环境中进行排错。本章还介绍了用于VPLS和EVPN的特性，比如BGP自动发现特性。
- **第12章，“服务提供商的IPv6 BGP”**：本章涵盖了用于服务提供商的各种IPv6服务，其中包括6PE、6VPE，以及如何在这种部署环境中进行排错。
- **第13章“VxLAN BGP EVPN”**：本章涵盖了数据中心网络中的BGP部署，使用BGP来提供VxLAN叠加网络。本章还阐释了VxLAN BGP EVPN控制平面学习机制的工作原理，以及如何针对VxLAN EVPN特性面临的各种问题进行排错。

第6部分，“高可用性”，介绍了能够在网络中增加BGP可用性的方法。

- **第14章，“BGP高可用性”**：高可用性几乎是所有网络部署方案中的重点考虑内容。本章详细介绍了能够部署在BGP中的各种高可用性特性，比如GR、NSR、BFD等。

第7部分，“BGP：展望未来”，概述性介绍了BGP中最新的增强特性，并展望了BGP未来的应用。

- **第15章，“BGP的增强特性”**：本章讨论了BGP中的新增强特性，比如BGP的链路状态分发、BGP的隧道建立和EVPN。

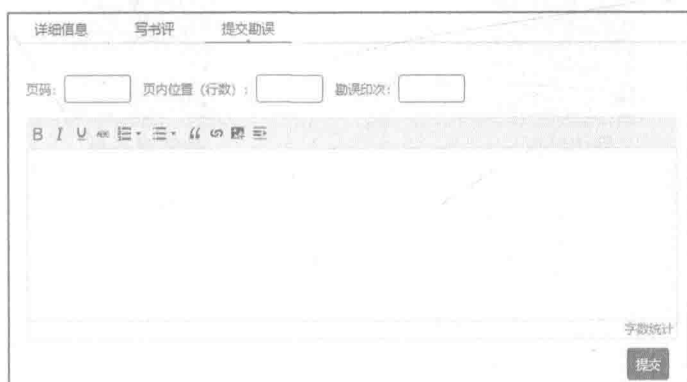
资源与支持

本书由异步社区出品，社区（<https://www.epubit.com/>）为您提供相关资源和后续服务。

提交勘误

作者和编辑尽最大努力来确保书中内容的准确性，但难免会存在疏漏。欢迎您将发现的问题反馈给我们，帮助我们提升图书的质量。

当您发现错误时，请登录异步社区，按书名搜索，进入本书页面，点击“提交勘误”，输入勘误信息，点击“提交”按钮即可。本书的作者和编辑会对您提交的勘误进行审核，确认并接受后，您将获赠异步社区的 100 积分。积分可用于在异步社区兑换优惠券、样书或奖品。



扫码关注本书

扫描下方二维码，您将会在异步社区微信服务号中看到本书信息及相关的服务提示。



与我们联系

我们的联系邮箱是 contact@epubit.com.cn。

如果您对本书有任何疑问或建议，请您发电子邮件给我们，并请在邮件标题中注明本书书名，以便我们更高效地做出反馈。

如果您有兴趣出版图书、录制教学视频，或者参与图书翻译、技术审校等工作，可以发邮件给我们；有意出版图书的作者也可以到异步社区在线提交投稿（直接访问 www.epubit.com/selfpublish/submission 即可）。

如果您是学校、培训机构或企业，想批量购买本书或异步社区出版的其他图书，也可以发邮件给我们。

如果您在网上发现有针对异步社区出品图书的各种形式的盗版行为，包括对图书全部或部

分内容的非授权传播，请您将怀疑有侵权行为的链接发邮件给我们。您的这一举动是对作者权益的保护，也是我们持续为您提供有价值的内容的动力之源。

关于异步社区和异步图书

“异步社区”是人民邮电出版社旗下 IT 专业图书社区，致力于出版精品 IT 技术图书和相关学习产品，为作译者提供优质出版服务。异步社区创办于 2015 年 8 月，提供大量精品 IT 技术图书和电子书，以及高品质技术文章和视频课程。更多详情请访问异步社区官网 <https://www.epubit.com>。

“异步图书”是由异步社区编辑团队策划出版的精品 IT 专业图书的品牌，依托于人民邮电出版社近 30 年的计算机图书出版积累和专业编辑团队，相关图书在封面上印有异步图书的 LOGO。异步图书的出版领域包括软件开发、大数据、AI、测试、前端、网络技术等。



异步社区



微信服务号

目录

第 1 章 BGP 基础	1
1.1 边界网关协议	1
1.1.1 自治系统号	2
1.1.2 路径属性	2
1.1.3 环路预防	2
1.1.4 地址家族	3
1.1.5 BGP 会话	3
1.2 路由器间通信	4
1.3 BGP 消息	4
1.3.1 OPEN	5
1.3.2 KEEPALIVE	5
1.3.3 UPDATE	6
1.3.4 NOTIFICATION 消息	6
1.4 BGP 邻居状态	6
1.4.1 空闲 (Idle)	6
1.4.2 连接 (Connect)	7
1.4.3 主动发送 OPEN 消息 (Active)	7
1.4.4 OPEN 消息已发送 (OpenSent)	7
1.4.5 OPEN 消息已确认 (OpenConfirm)	8
1.4.6 已建立 (Established)	8
1.5 BGP 基本配置	8
1.5.1 IOS	8
1.5.2 IOS XR	9
1.5.3 NX-OS	10
1.5.4 验证 BGP 会话	10
1.5.5 前缀通告	13
1.5.6 BGP 最优路径计算	15
1.6 路由过滤和处理	16
1.7 IBGP	17
1.7.1 IBGP 全互联需求	18
1.7.2 通过环回地址建立对等体关系	19
1.8 EBGP	20
1.8.1 EBGP 和 IBGP 拓扑	21
1.8.2 下一跳处理	23
1.9 IBGP 扩展性	24
1.10 路由反射器中的环路预防	25

2 目录

1.11	带外路由反射器	26
1.12	BGP 团体	28
1.13	路由汇总	29
1.13.1	聚合地址	30
1.13.2	灵活的路由抑制	31
1.13.3	原子聚合	31
1.13.4	使用 AS_SET 实现路由聚合	32
1.13.5	使用 AS_SET 有选择地通告路由聚合	32
1.13.6	通告默认路由	32
1.13.7	针对某个邻居通告默认路由	32
1.14	移除私有 AS	33
1.15	允许 AS	33
1.16	本地 AS	33
1.17	总结	34
第 2 章	通用的排错方法	35
2.1	辨别问题	35
2.2	理解变量	36
2.3	重现问题	36
2.3.1	搭建实验环境	37
2.3.2	配置实验设备	39
2.3.3	触发事件	42
2.4	嗅探器——数据包捕获	43
2.4.1	Cisco IOS 上的 SPAN	44
2.4.2	Cisco IOS XR 上的 SPAN	45
2.4.3	Cisco NX-OS 上的 SPAN	46
2.4.4	远程 SPAN	48
2.5	与平台相关的数据包捕获工具	49
2.5.1	Netdr 捕获工具	49
2.5.2	内嵌数据包捕获工具	51
2.5.3	Ethalyzer	53
2.6	日志	56
2.7	事件监控器/追踪器	59
2.8	总结	62
第 3 章	排查对等体问题	63
3.1	BGP 对等体失效的问题	63
3.1.1	检查配置	64
3.1.2	检查可达性	66
3.1.3	揭秘 BGP 通知	73
3.1.4	解码 BGP 消息	76

3.1.5	在 IOS XR 中排查进程阻塞的问题	79
3.1.6	IOS XR 中的 BGP 追踪消息	81
3.1.7	NX-OS 中的 BGP 追踪消息	83
3.1.8	调试 BGP	85
3.1.9	IPv6 对等体的排错	86
3.1.10	案例研究——单会话与多会话	87
3.2	BGP 对等体翻动问题	88
3.2.1	错误的 BGP 更新消息	89
3.2.2	保持计时器超时	89
3.2.3	MTU 不匹配的问题	92
3.2.4	高 CPU 利用率导致的控制平面翻动	96
3.2.5	控制平面限速	98
3.3	动态 BGP 对等体	107
3.3.1	动态 BGP 对等体的配置	107
3.3.2	动态 BGP 的难题	109
3.4	总结	110
第 4 章	路由通告和 BGP 策略的排错	111
4.1	BGP 路由通告的排错	111
4.1.1	本地路由通告问题	111
4.1.2	路由聚合问题	113
4.1.3	路由重分布问题	115
4.1.4	BGP 表	117
4.1.5	接收并查看路由	118
4.2	缺失 BGP 路由的排错	119
4.2.1	下一跳检查失败	121
4.2.2	不良网络设计	123
4.2.3	有效性检查失败	124
4.2.4	BGP 团体属性	129
4.2.5	使用路由策略过滤前缀	134
4.3	条件匹配	135
4.3.1	访问控制列表 (ACL)	135
4.3.2	前缀匹配	135
4.3.3	正则表达式	137
4.3.4	BGP 团体属性的条件匹配	143
4.4	BGP 路由器策略的排错	143
4.4.1	IOS 和 NX-OS 上的 prefix-list	144
4.4.2	IOS 和 NX-OS 上的 AS-Path ACL	146
4.4.3	route-map 的处理过程	148
4.4.4	IOS 和 NX-OS 上的 route-map	149
4.4.5	IOS XR 中的 route-policy 语言	152

4.4.6	路由策略的不完整配置	154
4.5	BGP 的条件调试	154
4.6	总结	158
第 5 章	BGP 收敛的排错	159
5.1	理解 BGP 路由收敛	159
5.1.1	BGP 更新组	161
5.1.2	BGP 更新的生成	164
5.2	收敛问题的排错	168
5.2.1	更快速的故障检测	169
5.2.2	IOS XR 设备上的 BGP 收敛排错	176
5.2.3	NX-OS 设备上的 BGP 收敛排错	182
5.3	BGP 慢对等体	184
5.3.1	BGP 慢对等体现象	185
5.3.2	BGP 慢对等体检测	186
5.3.3	解决方案	188
5.3.4	与慢对等体相关的 show 命令	192
5.4	BGP 路由翻动的排错	192
5.5	总结	195
第 6 章	排查 BGP 引起的平台问题	196
6.1	排查 BGP 引起的高 CPU 利用率问题	196
6.1.1	在 Cisco IOS 平台上排查 BGP 引起的高 CPU 利用率问题	196
6.1.2	在 IOS XR 平台上排查 BGP 引起的高 CPU 利用率问题	201
6.1.3	在 NX-OS 平台上排查 BGP 引起的高 CPU 利用率问题	205
6.2	排查 BGP 引起的内存问题	209
6.2.1	TCAM 内存	210
6.2.2	在 Cisco IOS 平台上排查内存问题	211
6.2.3	在 IOS XR 平台上排查内存问题	214
6.2.4	在 NX-OS 平台上排查内存问题	217
6.2.5	重启进程	220
6.3	总结	220
第 7 章	BGP 的扩展	221
7.1	Internet 路由表增长带来的影响	221
7.2	各个 Cisco 平台上大规模的 Internet 表	223
7.3	大规模 BGP 功能	225
7.3.1	调整 BGP 内存	226
7.3.2	调整 BGP CPU	230
7.3.3	出向路由过滤 (ORF)	241
7.3.4	最大前缀	246

7.3.5	BGP 最大 AS	248
7.3.6	BGP 最大邻居	251
7.4	在大规模 BGP 中使用路由反射器	252
7.4.1	BGP 路由反射器集群	253
7.4.2	BGP 多样路径	271
7.5	路由服务器	279
7.6	总结	285
第 8 章	BGP 边界架构的排错	286
8.1	BGP 多宿主和多路径	286
8.1.1	服务提供商网络中的可恢复性	288
8.1.2	EBGP 和 IBGP 多路径的配置	288
8.1.3	EIBGP 多路径	290
8.1.4	AS-PATH 放松	294
8.2	理解 BGP 路径选择	294
8.2.1	路由路径选择中的最长匹配	294
8.2.2	BGP 最优路径概述	295
8.3	BGP 最优路径的排错	303
8.3.1	可视化拓扑	304
8.3.2	路由表的路径选择	307
8.4	BGP 多宿主中的常见问题	308
8.4.1	传输路由	308
8.4.2	竞争条件带来的问题	309
8.4.3	交叉链路上的对等体关系	314
8.4.4	IBGP 的全互联	321
8.4.5	向 IGP 中重分布 BGP 带来的问题	322
8.5	总结	326
第 9 章	保障 BGP 的安全	327
9.1	保障 BGP 安全的需要	327
9.2	保障 BGP 会话的安全	328
9.2.1	明确配置对等体	328
9.2.2	BGP 会话认证	331
9.2.3	EBGP 多跳	333
9.2.4	过滤	335
9.3	保障域间路由的安全	336
9.3.1	S-BGP	342
9.3.2	soBGP	344
9.3.3	BGP 起源 AS 确认	346
9.4	BGP 远程触发的黑洞过滤	362
9.5	BGP Flowspec	364

9.6 总结	375
第 10 章 MPLS 三层 VPN (L3VPN)	376
10.1 MPLS VPN	376
10.2 MPLS 三层 VPN (L3VPN) 概述	377
10.2.1 虚拟路由转发	378
10.2.2 路由区分符	379
10.2.3 路由目标	379
10.2.4 多协议 BGP (MP-BGP)	380
10.2.5 PE 路由器和 CE 路由器之间的网络通告	380
10.3 MPLS 三层 VPN 的配置	381
10.3.1 VRF 的创建和关联	381
10.3.2 检查 VRF 的设置和联通性	384
10.3.3 MPLS 转发	387
10.3.4 VPNv4 和 PE-CE 前缀的 BGP 配置	388
10.4 MPLS L3VPN 的排错	396
10.4.1 PE-CE 路由器之间的默认路由通告	397
10.4.2 与 AS-PATH 相关的问题	397
10.4.3 VPNv4 路由反射器带来的次优路由	402
10.4.4 排查与路由目标相关的问题	407
10.4.5 MPLS L3VPN 服务	410
10.4.6 RT 限制	419
10.4.7 MPLS VPN 标签交换	422
10.4.8 MPLS 转发	423
10.5 总结	425
第 11 章 MPLS L2VPN 服务的 BGP	426
11.1 L2VPN 服务	426
11.1.1 术语	428
11.1.2 虚拟专线服务	429
11.1.3 虚拟专用 LAN 服务	439
11.2 总结	462
第 12 章 服务提供商的 IPv6 BGP	463
12.1 IPv6 BGP 特性和概念	463
12.1.1 IPv6 BGP 下一跳	463
12.1.2 IPv4 传输上的 IPv6 可达性	467
12.1.3 IPv6 下一跳上的 IPv4 路由	472
12.1.4 IPv6 BGP 策略审计	473
12.2 MPLS 上的 6PE (IPv6 提供商边缘路由器)	476
12.2.1 6PE 配置	478