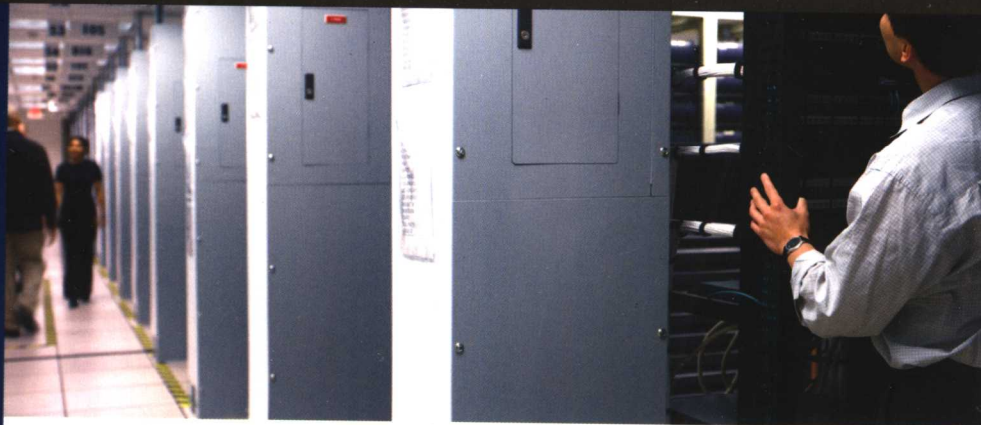




部署 IPv6 网络

Deploying IPv6 Networks

An essential, comprehensive, and practical guide to IPv6 concepts, service implementation, and interoperability in existing IPv4 environments

[美] Ciprian Popoviciu, CCIE #4499
Eric Levy-Abegnoli
Patrick Grossetete

著

王玲芳 张武 赵志强 李挺屹

译

部署 IPv6 网络

[美] Ciprian Popoviciu, CCIE #4499
Eric Levy-Abegnoli 著
Patrick Grossetete

王玲芳 张 武 赵志强 李挺屹 译

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

部署 IPv6 网络 / (美) 波波维亚 (Popoviciu, C.) 等著; 王玲芳等译.

—北京: 人民邮电出版社, 2007.1

ISBN 978-7-115-15426-2

I. 部... II. ①波...②王... III. 计算机网络—传输控制协议 IV. TN915.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 125589 号

版 权 声 明

Ciprian Popoviciu, Eric Levy-Abegnoli, Patrick Grossetete: Deploying IPv6 Networks

(ISBN: 1587052105)

Copyright © 2006 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。

部署 IPv6 网络

-
- ◆ 著 [美] Ciprian Popoviciu, CCIE #4499
Eric Levy-Abegnoli Patrick Grossetete
译 王玲芳 张 武 赵志强 李挺屹
责任编辑 李 际
 - ◆ 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>
北京顺义振华印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 30
字数: 747 千字 2007 年 1 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2007 年 1 月北京第 1 次印刷
著作权合同登记号 图字: 01-2006-4177 号
ISBN 978-7-115-15426-2/TP · 5780
-

定价: 65.00 元

读者服务热线: (010)67132705 印装质量热线: (010)67129223

内容提要

本书旨在帮助读者理解、规划、设计和部署 IPv6 网络。全书分为两部分，第一部分介绍设计和部署 IPv6 网络时需要的技术工具，内容包括 IPv6 框架、分发 IPv6 单播服务、IPv6 路由选择协议、实施 QoS、提供 IPv6 组播服务、VPN IPv6 架构与服务、IPv6 移动性、IPv6 网络安全、管理 IPv6 网络、IPv4 和 IPv6 共存等，对所有涉及到的主题都提供了配置示例；第二部分介绍通用的部署规划，并提供了 3 个完整的案例：在 MPLS 服务提供商网络中部署 IPv6、在 IP 服务提供商网络中部署 IPv6 和在企业网中部署 IPv6。这些完整的案例可以帮助读者实践所学的知识。

本书适合设计、规划、部署和运维 IP 网络和服务的人员阅读。网络技术人员将发现本书可以带领他们从极少或根本没有 IPv6 知识到能够规划、部署和运维 IPv6 网络。研究人员、应用开发人员和 IP 设备制造商可以通过本书学习协议及未来利用 IPv6 基础设施的可能方法。

关于作者

Ciprian Popoviciu, CCIE #4499, 是 Cisco Systems 公司的一名技术带头人, 具有 8 年多的大规模 IP 网络设计、测试和错误排查经验。作为 Cisco 网络方案集成测试工程 (NSITE) 组织的成员, 他目前集中于大型 IPv6 网络部署的架构、设计和测试, 这些工作是与全球范围内的业务提供商直接协作的。他曾向多个出版社和 IETF 供稿。Ciprian 拥有 Babes-Bolyai 大学的理科学士学位、迈阿密大学的理学硕士学位和物理博士学位。

Eric Levy-Abegnoli 是 Cisco Systems 公司 IP 技术工程组的一名技术带头人, 是在 IOS 中开发 IPv6 的技术带头人。Eric 从 2001 年起就在做 Cisco IPv6 实现的工作, 并参与几个最大规模的 IPv6 部署项目。在加入 Cisco 之前, Eric 为 IBM 工作, 他成功领导了网络硬件部的一个开发组和在 Thomas J. Watson 研究中心的一个研究组, 后一个组的工作内容是网络和内容分发平台。Eric 从法国里昂中央理工大学 (Ecole Centrale de Lyon) 获得工程师国家资格 (Diplome d'Ingenieur)。

Patrick Grossetete, Cisco Systems 公司产品管理经理, 负责包括 IPv6 和 IP 移动性在内的一组 Cisco IOS 软件技术。他是 IPv6 论坛技术指导委员会的成员并管理 Cisco 公司在其中的参与行为。2003 年 6 月, 在 San Diego 峰会上他获得 IPv6 论坛 Internet 先锋奖 ("IPv6 Forum Internet Pioneer Award")。Patrick 在 1994 年作为一名咨询工程师加入 Cisco。加入 Cisco 之前, Patrick 作为一名咨询工程师为数字设备公司 (Digital Equipment Corporation) 工作, 并参与网络设计和部署。他从法国巴黎控制数据研究所获得计算机技术学位。

关于供稿人

Pascal Thubert 从 2000 年加入 Cisco Systems 公司以来一直在技术中心工作。在过去的 5 年中, 他领导了一个 IPv6 网络移动性工作组。Pascal 是许多 Internet 草案和 IETF 工作组文档的作者, 特别在 RFC 3926 (NEMO) 中承担主要工作。他撰写了 IPv6 网络移动性的初始实现, 并对路由优化的一些附加特性做了实验且在 MANET 上做了实验。这些实验中的一部分是和汽车制造商一起做的。Pascal 的小组和 Renault 的前瞻与研究部因他们的 IPv6 e-Vehicle 项目获得 2003 年的 6 月 MURAI 奖。在加入 Cisco 之前, Pascal 是 IBM 的一名主网络架构师。

中文版序言

截止 2006 年上半年,我国网民总人数为 1.23 亿人,宽带接入网民达 7700 万。Internet 以其无所不在的优势,应用深入各个领域。今后随着宽带无线接入的发展,这种优势将得到进一步的发挥。Internet 应用将突破目前客户机—服务器以及人—机和人—人交互为主的应用模式,进一步发展对等连接 P2P 和机—机交互的新应用。各种家电、汽车电子、射频标签 RFID、传感器和执行器都将上网,网络节点将从目前的数亿个增加到成千上万亿个。

尽管目前我国的 IPv4 地址数已达到 74,391,296 个,仅次于美国和日本,位居世界第三,仍然不能满足对 IP 地址的需求。地址数目不足、服务质量 (QoS) 保证、可管理性、赢利模型和生态系统以及安全性是当前制约 Internet 发展的主要因素。

Internet 进一步发展演化主要是在保持 Internet 开发自治的前提下解决前述存在的问题。IPv6 是 Internet 向下一代演化的第一步,IPv6 除解决地址问题之外,还给出 QoS 保证、移动性 MIPv6 和强制性 IPSec 安全性解决机制。IPv6 提供了充足的 IP 地址,支持宽带无线接入和瘦客户机 P2P 网络,将实现在任意时间和地点将各种终端 (包括微型传感器) 接入 Internet,将 Internet 无所不在的性能发挥得淋漓尽致。

IPv6 商用化进程所面临的主要挑战是:应用与业务创新以及网络的平滑过渡。单纯依靠研究机构和企业个体能力来完成庞大的 IPv4 向 IPv6 的过渡是非常困难的。为了促进这一过渡,我国正在实施中国下一代 Internet 示范工程 (CNGI)。这将是目前世界上覆盖范围最广的 IPv6 商用网。

本书是译者继《Cisco IPv6 网络实现技术》一书之后关于 IPv6 的第二本译著。与前一本书不同,本书重点讨论部署问题。不仅涉及 QoS、点播、多播、安全性、移动性和可管理性等方面,在第二部分还给出在 IP 网、MPLS 网和企业网中部署 IPv6 的案例。本书对于实施 CNGI 工程,发展 IPv6 应用会有一定参考价值。

侯白

2006 年 11 月

关于技术审稿人

Blair Buchanan, CCIE #1427, 是加拿大渥太华 Sherwood Cameron Associates 有限公司的一名高级技术架构师和融合战略家。他有 30 年的通信业务经验。在事业伊始, 他是过程控制应用的实时数据通信之软件开发人员。Blair 参加了 ISO 标准开发, 并且是加拿大和美国几个大规模企业和服务提供商业务的网络互连设计的主要人员。他目前参与城域以太网和 IP VPN 基础设施融合业务的规划及互连网络设计。Blair 拥有西安达略大学计算机科学和数学专业的学士学位 (1975 年)。他于 1992 年作为一名 Cisco 讲师和 Cisco 公司发生联系, 并于 1995 年成为一名 CCIE。

Gunter Van de Velde 是 Cisco Systems 公司高级业务组的一名高级网络咨询工程师, 自从 2001 年之初就在核心网络设计、IPv6 实现领域工作。Gunter 于 1993 年获得电子学硕士学位。毕业之后, 他最初的职业活动基于 TDM、调制解调器和第 2 层桥设备。他在 1997 年加入 Cisco Systems 公司后, 开始时作为技术支援中心的人员提供全球反馈支持, 专注于 IP 路由选择协议技术。1999 年, Gunter 作为一名网络咨询工程师加入高级服务组, 在该组织中他在大规模骨干 ISP 网络和服务设计方面一直很活跃。

自 2001 年开始, Gunter 成为欧盟委员会资助的 6NET IPv6 项目的设计架构师, 并于同年开始参与 IETF 的工作, 在 v6ops 工作组中起草了许多草案。Gunter 是 IPv6 任务组的成员, 并且是 IPv6 会议和重要活动的发言人。

Dan Williston 是渥太华 Cisco Systems 公司的一名技术带头人。他是 Cisco 12000 系列路由器 IPv6 软件开发组的主要成员。在加入 Cisco 之前, 作为 Passport 6400 局域网间交换的高级软件设计师和项目组领导, 他为北电网络工作。在 20 世纪 90 年代早期, 他为 Norlite 技术公司工作, 该公司开发基于 PC 的计算机集成电话应用程序和硬件。Dan 有 17 年电信和数据网络的经验, 并拥有 McGill 大学的电子工程学士学位。

献 辞

Ciprian 将此书献给 Nicole 和 Simon。

Eric 将此书献给 Marine、Julie 和 Quentin。

Patrick 将此书献给下一代 Internet 用户……Elisa 和 Mikael。

致 谢

本书得益于所有 Cisco 工程师的努力，他们分享我们对下一代 IP 的热情并不知劳累地实现、测试和部署该协议。这些人当中，有很多是我们需要特别感谢的，他们是：Ole Troan，感谢他对本书工作的鼓励和支持，以及他对第 3 章和第 7 章做出的贡献；Pascal Thubert，感谢他对第 8 章的主要贡献；Sean Convery 和 Darrin Miller，感谢他们对第 9 章内容的指点和贡献；Benoit Lourdelet，感谢他对第 11 章的贡献。我们同样要感谢下列人员的支持：Gunter Van De Velde、Jean-Marc Barozet、Faycal Hadj、Gilles Clugnac、Floris Granvarlet、Tim Gleeson、Stan Yates、Luc Revardel、Vincent Ribiere、Richard Gayraud、Francois Le Faucheur、Alun Evans、Tom Kiely、Kevin Miles、Tin Phan 和 Min Li。

我们要感谢我们的技术审稿人——Dan Williston、Gunter Van de Velde 和 Blair Buchanan——感谢他们对本书全面深入的审阅以及他们提供的有价值的建议。

特别感谢我们极其优秀的编辑组，尤其是 Grant Munroe、Raina Han 和 John Kane。

没有我们的家庭和朋友的 support，本书是不可能完成的。

前言

毫无疑问，信息技术已成为我们生活中非常重要的部分，成为人们工作、学习和娱乐方式的重要手段。在过去 10 年间计算机通信的发展更加凸显了信息技术的重要性。联网的计算设备已经证明比它们的总和更加有用。这一理念导致了极大的生产力提升和众多的新业务，这些新业务将其范围从研究团体拓展到办公室、大公司以及到全球互联网（World Wide Web，译者注：和 WWW 的含义不同，此处指原始意义）。

通过快速采用计算机通信（这自然要求更大的、更快的及丰富功能的基础设施），史无前例的工程创新迅速地提高了采用陈旧方法的网络技术。另外，汇聚所有通信、数据、语音和视频到单一网络协议的趋势，暴露了进一步采用计算机通信业务的一种资源限制。IPv4 地址空间不能满足全球可访问 IP 设备的持续增长需求。新业务使地址保留成为没有希望的追求，使用诸如网络地址转换等机制变成阻碍进一步创新的落伍做法。

随着全球 IPv4 地址空间耗尽的日益逼近，以及随着私有地址空间被证明对今天的网络需求是不够的，服务提供商、企业、IP 设备制造商、应用开发商和政府部门正期待着 IP 的演进：IPv6。可预见的地址耗尽是迁移到新的编址维度的触发器和驱动力。然而，IPv6 不仅仅是地址空间的扩展。极其重要的重建（译者注：IPv4 是一次）努力用来解决协议、部署和运行的问题。您应该期待 IPv6 是比 IPv4 更好的一种协议。IPv6 是 IPv4 的未来，目前正在发生！

IPv6 协议及其部署代表本书的内容范围。

目标和方法

本书的最重要目标是表明 IPv6 是一种成熟技术，并为部署做好了准备。本书远超出讨论协议的基本知识，但对那些不熟悉 IPv6 的人仍是可读的。只要本书在手，您将不仅理解 IPv6，而且最重要的是，您将知道如何规划、设计和部署 IPv6 服务。

无数书籍撰写并解释了众多的协议集和在 IPv4 之下已知的功能。虽然 IPv6 的演进特性允许其倒查它的许多协议和功能,详细描述做过的所有修改和提升仍将需要比本书更多的篇幅。另外,IPv6 迟早会成为主流并且其发展速度超过市场出现的许多参考书目。这将导致风险,使任何纯粹展开案例研究讨论随后变得困难。这些考虑形成了本书所使用的方法论。

IP 基础的最重要修改,如编址架构、分组格式和第 2 层到第 3 层地址解析,本书都仔细地做了回顾。所有其他协议和功能在诸如单播、组播、虚拟私网、服务质量和安全等服务的意义上做了讨论。其目标是为读者提供理解并提供部署相应服务所需要的工具。本方法给出了对所提供信息的实用观点。这种理解在书的第二部分得到加强,其中读者能够看到该方法应用到具体的、完全的部署案例研究。部署规划、部署成本、性能和 IPv4~IPv6 并存的话题也将涉及,以进一步将讨论锁定到真实生活的部署挑战之中。

所有涉及到的主题都配有配置示例,只要有用也配有调试输出。案例研究从描述现有的 IPv4 网络环境开始,这些案例研究讨论了规划和设计问题,在末尾给出了主要网络单元的配置。您能够在一个真实的基于 Cisco IOS 的网络基础设施中应用这种知识。

总之,本书的目标是:

- 从部署的角度给出相关的、进一步的 IPv6 信息;
- 通过提供指南和到相关资源的参考信息,帮助您规划 IPv6 部署;
- 在完全的案例研究基础上,为您提供实践所学知识的机会;
- 提供部署示例,这些示例在设计 IPv6 服务中能够用来作为参考。

读者对象

本书将对极大的读者群有益,所有以各种不同方式与 IP 通信相关的潜在人群。研究人员、应用开发人员和 IP 设备制造商都能够学习协议及掌控未来 IPv6 基础设施的可能方法。但是,本书主要定位于那些设计、规划、部署和运维 IP 网络及服务的人员。网络专业人员将发现本书能带领他们从极少或根本没有 IPv6 方面的知识到能够规划、部署和运维 IPv6 网络。

本书组织结构

虽然本书的每章能够独立地用来学习 IPv6 的某个方面,但书的结构还是有一个清晰的引导主线。本书意图以一层一层或 IP 服务跟着 IP 服务的方式构建知识,并在末尾以案例研究的方式给出一组练习。

第一部分给出技术工具,这些工具在着手 IPv6 网络的设计和部署时是需要的。这些知识围绕 IP 服务分组,与每章一一对应。本部分开始于启动任何网络的基础——单播连接,后续 QoS、组播、VPN、IP 移动性、安全和网络管理。本书的第二部分以部署规划的讨论开始,包括 3 个完整的案例研究,这 3 个案例对应于 3 种不同环境:基于 MPLS 的服务提供商、基于 IP 的服务提供商和企业。

第 1 章到第 15 章涵盖下列主题。

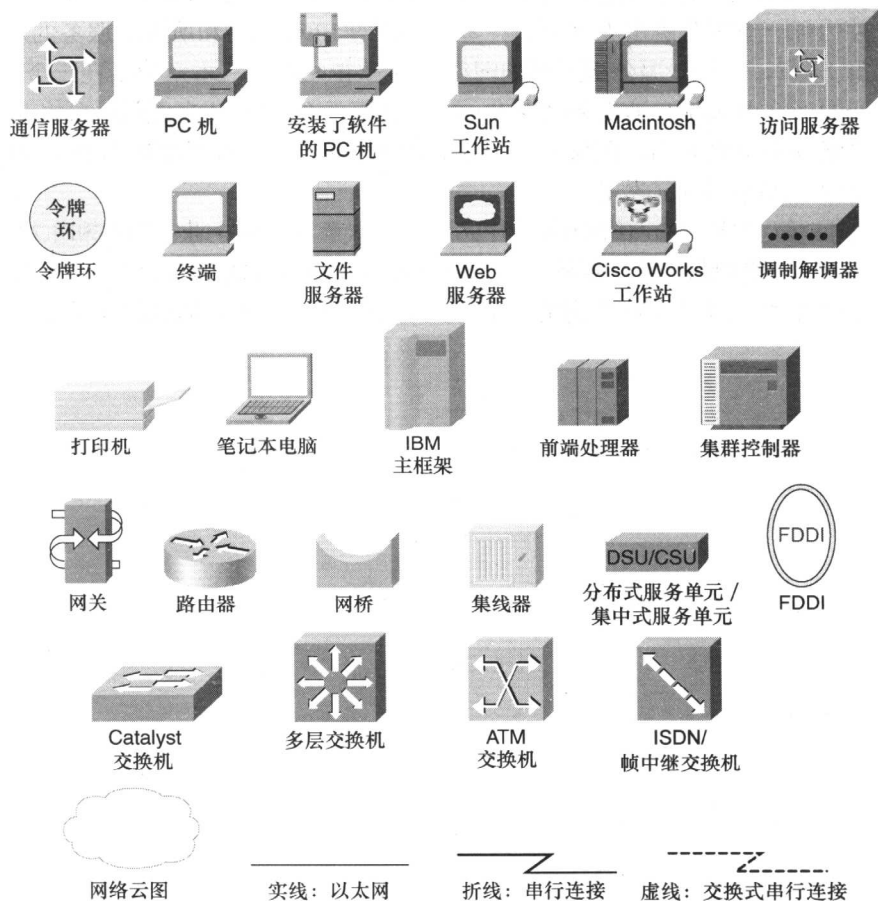
第一部分

- 第1章，“IPv6 框架——一种新视角”——本章从技术角度建立 IPv6 框架。本章总结了 IPv4 与 IPv6 之间的区别，并在描绘 IP 两个版本间的平行共存的过程中，考察了人们在管理现有网络中遇到的主要概念和挑战。因此，本章给出后续章节讨论 IPv6 的一个框架。
- 第2章，“重温 IPv6”——本章讨论了 IPv6 的基础知识和某些知识点，这些知识点中有区别于 IPv4 的重大修改。本章包括新的编址结构、新的头部格式和结构、ICMP 的增强功能及第2层地址解析机制。这些是理解任何 IPv6 相关主题的基本概念。基于此，本章给出详细说明。
- 第3章，“分发 IPv6 单播服务”——本章讨论建立单播 IPv6 连接的必要元素，单播连接是所有其他 IPv6 服务的基础。本章包括网络的接入、边缘和核心部分的相关协议。讨论了从 IPv4 迁移到 IPv6 的机制，同时给出在承载 IPv6 部署的 IPv4 基础设施中要遵循的 IPv6 部署方法建议。
- 第4章，“IPv6 路由选择协议”——本章包括 IPv6 中的路由选择协议。本章将这些协议的实现、运行与对应的 IPv4 协议进行对比。
- 第5章，“实现 QoS”——本章从 IPv6 的角度，考察在基于 IP 和基于 MPLS 的网络中与实现服务质量相关的概念。本章也讨论与 IPv4 和 IPv6 共存相关的部署考虑。
- 第6章，“提供 IPv6 组播服务”——本章考察 IP 组播概念和协议。本章并行对比 IPv4 和 IPv6 功能，解释 IPv6 中的新机制，并给出能够呈现各种部署选项的示例。同时讨论了与各种迁移机制有关的组播部署。
- 第7章，“VPN IPv6 架构和服务”——本章讲述在 IPv6 网络中部署 VPN 服务的主题。本章考察 VPN 相关的概念和部署模型。在本章末尾，给出了几个拥有相关配置信息的拓扑示例。
- 第8章，“高级服务——IPv6 移动性”——本章讲述 IP 移动性概念及其在 IPv6 中的实现。本章讨论了所做的改进、剩余的开放问题，以及将协议应用到新服务的各种示例。
- 第9章，“安全的 IPv6 网络”——本章以分析 IPv6 面对的安全威胁开始，包括新协议独有的安全威胁以及和 IPv4 相同的安全威胁。这种双重观点是非常重要的，原因是两种协议的共存将带来对支持 IPv6 网络的新的攻击方式。本章也给出了保障 IPv6 网络安全的工具和最好的措施。
- 第10章，“管理 IPv6 网络”——本章讨论管理 IPv6 网络面临的挑战：一些挑战根源于协议本身，而另外一些源于工具的可用性。本章包括今天能够使用的应用和管理系统，以及运维 IPv6 基础设施和服务。
- 第11章，“网络性能考虑：IPv4 和 IPv6 共存”——本章给出 IPv6 服务影响的自然忧虑之相关答案，IPv6 服务影响指服务对现有的、产生收益的 IPv4 服务和基础设施的影响。本章给出如何评估网络单元的 IPv6 性能的指南，并考察两种协议共存可能导致资源竞争的地方。

第二部分

- 第 12 章,“通用部署规划指南”——本章意图在读者规划部署 IPv6 服务时给予协助。本章给出评估部署成本的指南。同时也给出与部署规划(如得到 IPv6 地址空间相关的参考资源)。本章同样讨论了教育和培训的重要方面。
- 第 13 章,“在 MPLS 服务提供商的网络中部署 IPv6”——本章包括在一个 MPLS 服务提供商的网络中规划、设计和部署 IPv6。Internet 接入和 VPN 服务按阶段展开,并为每一个服务给出配置示例。本章以排查 IPv6 网络和所支持服务的示例收尾。
- 第 14 章,“在 IP 服务提供商的网络中部署 IPv6”——本章包括在一个 IP 服务提供商的网络中规划、设计和部署 IPv6。所涉及到的基础设施是端到端的双协议栈。各种服务按阶段展开,并为每一个服务给出配置示例。本章以排查 IPv6 网络和所支持服务的故障的示例收尾。
- 第 15 章,“在企业网络中部署 IPv6”——本章从给出企业在网络和主机等级用来评估 IPv6 的步骤开始,展示了一些解决特定商务需求的服务开发,并给出了 IPv6 服务的规划、设计和部署示例。本章以网络排错及其未来演进的小节收尾。

本书中用到的图标



命令语法约定

本书使用与《IOS 命令参考手册》相同的命令语法约定，这些约定如下：

- **粗体字** 表示直接输入的命令和关键字；
- *斜体* 表示要您提供实际值的参数；
- 互斥的元素用竖线 (|) 分开；
- 方括号 ([]) 表示可选项；
- 花括号 ({}) 表示必选项；
- 方括号中的花括号 ([{}]) 表示可选项中的必选项。

目 录

第一部分 实现 IPv6 服务

第 1 章 IPv6 框架——一种新视角	3
1.1 单播连接	4
1.1.1 编址	4
1.1.2 路由选择	9
1.2 QoS 服务	10
1.3 组播服务	11
1.4 虚拟专用网络	12
1.5 安全性	13
1.6 IP 移动性	14
1.7 IPv6 是一个演进步骤	15
第 2 章 重温 IPv6	17
2.1 IPv6 寻址	17
2.1.1 IPv6 地址表示	18
2.1.2 IPv6 地址架构	19
2.2 IPv6 分组格式	36
2.2.1 IPv6 和 IPv4 基本头部格式	37
2.2.2 IPv6 扩展头部	39
2.2.3 IPv6 和数据链路技术	43
2.3 IPv6 Internet 控制消息协议 (ICMPv6)	44
2.3.1 ICMPv6 错误消息	46
2.3.2 ICMPv6 信息类消息	48
2.3.3 源地址选择算法	48
2.3.4 关于 ICMPv6 的结论	49
2.4 邻居发现协议	50
2.4.1 协议操作总结	51
2.4.2 与 IPv4 的比较	52
2.4.3 路由器和前缀发现	53
2.4.4 地址解析	55
2.4.5 将一台主机重定向到一个更合适的下一跳	56

2.4.6 反向邻居发现	57
2.4.7 代理邻居发现	57
2.4.8 邻居发现算法	58
2.4.9 邻居发现一瞥	62
第3章 分发 IPv6 单播服务	65
3.1 概述	65
3.2 IPv6 地址提供	66
3.2.1 主机 IPv6 地址提供	67
3.2.2 路由器 IPv6 地址供应：前缀授予	70
3.2.3 其他配置信息	76
3.3 IPv6 网络访问	78
3.3.1 媒体类型	79
3.3.2 纯粹 IPv6 访问	80
3.3.3 通过隧道的访问	89
3.4 骨干网上的 IPv6	92
3.4.1 纯粹 IPv6	93
3.4.2 IPv4 隧道之上的 IPv6	94
3.4.3 MPLS 之上的 IPv6	97
3.5 转换机制 (NAT-PT)	104
第4章 IPv6 路由选择协议	109
4.0.1 距离矢量路由选择协议	110
4.0.2 路径矢量路由选择协议	110
4.0.3 链路状态路由选择协议	111
4.1 IPv6 内部网关协议	111
4.1.1 下一代路由选择信息协议	111
4.1.2 IPv6 EIGRP	113
4.1.3 OSPFv3	115
4.1.4 IPv6 IS-IS	117
4.2 BGP	121
4.2.1 为 IPv6 域间路由选择而使用 MP-BGP 扩展	123
4.2.2 BGP 配置实例	126
4.3 站点多接入	126
4.4 部署 IPv6 路由选择协议	127
4.4.1 网络核心	128
4.4.2 网络驻地/边缘	128
4.4.3 网络接入	129
第5章 实现 QoS	131
5.1 IPv6 的 QoS	133

5.1.1 IPv4 和 IPv6 间 QoS 的差异	134
5.1.2 区分性服务	135
5.1.3 集成服务	141
5.2 MPLS 上的 IPv6 QoS	142
5.2.1 6PE 或 6VPE 环境中的 DiffServ 用法	142
5.2.2 在 6PE 或 6VPE 环境下使用 RSVP-TE	145
5.3 IPv6 的 QoS 布署	149
5.3.1 原始 IPv6 部署中的 QoS	149
5.3.2 在基于 MPLS 的 IPv6 部署中的 QoS	150
5.3.3 IPv4 和 IPv6 共存	152
第 6 章 提供 IPv6 组播服务	155
6.1 IPv6 组播	156
6.1.1 组播组成员关系管理	157
6.1.2 组播路由选择和转发	161
6.1.3 部署的考虑	168
6.2 IPv6 组播部署实例	173
6.2.1 服务提供商网络中的 SSM	173
6.2.2 企业网中的 ASM	177
第 7 章 VPN IPv6 架构和服务	185
7.1 虚拟专用网络回顾	185
7.1.1 提供商提供的 VPN	186
7.1.2 基于 CE 的 VPN	187
7.1.3 基于 PE 的 VPN 技术	187
7.1.4 寻址考虑	188
7.1.5 安全考虑	188
7.2 利用 IPSec 实现基于 CE 的 VPN	189
7.2.1 远端接入	189
7.2.2 IPSec 隧道替换方式	190
7.2.3 路由选择	190
7.2.4 IPv6 的基于 CE VPN 部署	190
7.3 BGP-MPLS IPv6 VPN: 一种基于 PE 的 VPN 解决方案	190
7.3.1 路由选择表分类	192
7.3.2 BGP-MPLS IPv6 VPN 的路由选择协议	194
7.3.3 BGP 下一跳	195
7.3.4 建立标签堆栈	196
7.3.5 BGP-MPLS IPv6 VPN 中的转发功能	197
7.3.6 VRF 概念和 IPv6 实现	199
7.4 拓扑实例	204
7.4.1 使用 IPSec 来保证 IPv4 隧道之上的 IPv6 安全性	204

7.4.2 基本的 MPLS VPNv6 拓扑	205
7.4.3 双栈 VPN	208
7.4.4 路由反射器	209
7.4.5 星型拓扑	210
7.4.6 Internet 接入	212
7.4.7 提供商间的 VPN	213
第 8 章 高级服务——IPv6 移动性	219
8.1 概述	220
8.2 IP 主机移动性	220
8.2.1 简要叙述移动 IPv4	220
8.2.2 移动 IPv6	221
8.2.3 移动 IPv6 部署	226
8.3 网络移动性	229
8.3.1 实际使用案例	229
8.3.2 目标模型和术语	234
8.3.3 NEMO 中的家乡网络	236
8.4 非移动场景中的 IP 移动性	239
8.4.1 IPv4 到 IPv6 转换	239
8.4.2 拓扑隐藏	240
8.4.3 兴趣社区	241
8.4.4 路由映射	242
8.4.5 服务器负载均衡	242
8.5 移动性的下一步工作	243
8.5.1 即将来临的演进	243
8.5.2 未来设想	245
第 9 章 安全的 IPv6 网络	247
9.1 防范安全威胁和最好的实践方法	249
9.1.1 IPv6 中威胁与新的考虑	249
9.1.2 在 IPv4 和 IPv6 中具有类似行为的威胁	258
9.1.3 6PE 安全	259
9.1.4 在 VPN 安全上的注释	259
9.2 适用于 IPv6 网络安全的工具	260
9.2.1 用于 IPv6 的 IPSec	260
9.2.2 访问控制列表	263
9.2.3 防火墙功能	266
9.2.4 认证、授权和记帐	269
9.2.5 单播逆向路径转发	270
9.2.6 使用速率限制保护控制层面	272
9.3 安全 IPv6 部署最佳实践总结	272