



IPv6在企业网络中的部署

IPv6 for Enterprise Networks

The practical guide to deploying IPv6 in campus,
WAN/branch, data center, and virtualized environments

Shannon McFarland, CCIE #5245

[美] **Muninder Sambhi, CCIE #13915**

Nikhil Sharma, CCIE #21273

Sanjay Hooda, CCIE #11737

孙余强 孙剑 著

IPv6在企业网络中的部署

IPv6 for Enterprise Networks

Shannon McFarland, CCIE #5245

[美]

Muninder Sambhi, CCIE #13915

Nikhil Sharma, CCIE #21273

Saniav Hooda, CCIE #11737

著

孙余强 孙剑 译

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

IPv6在企业网络中的部署 / (美) 麦克法兰德
(McFarland, S.) 等著 ; 孙余强, 孙剑译. — 北京 : 人
民邮电出版社, 2012. 1
ISBN 978-7-115-26836-5

I. ①I… II. ①麦… ②孙… ③孙… III. ①企业—
计算机网络—通信协议 IV. ①TP393.18

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第229450号

版 权 声 明

Shannon McFarland, Muninder Sambi, Nikhil Sharma and Sanjay Hooda: IPv6 for Enterprise Networks (ISBN: 1587142279)

Copyright© 2011 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，对本书任何部分都不得以任何方式复制或抄袭。

版权所有，侵权必究。

IPv6 在企业网络中的部署

-
- ◆ 著 [美] Shannon McFarland Muninder Sambi
Nikhil Sharma Sanjay Hooda
译 孙余强 孙 剑
责任编辑 傅道坤
 - ◆ 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 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京昌平百善印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 27.25
字数: 553 千字
印数: 1—3 000 册
- 2012 年 1 月第 1 版
2012 年 1 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2011-4671 号

ISBN 978-7-115-26836-5

定价: 69.00 元

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

反盗版热线: (010)67171154

内容提要

本书包含了在企业网内部署 IPv6 的所有知识，包含的主要内容有：启用 IPv6 的市场驱动力、IPv6 企业网络设计的层次化模型、企业网各区块内的 IPv6 部署方案、IPv6 网络管理，以及 IPv6 实验、试点网络环境的搭建等。

本书层次分明、阐述清晰、分析透彻、理论与实践并重，不仅适合准备 CCNA、CCNP 或 CCIE 认证考试的人员阅读，也是从事计算机网络设计、管理和运维工作的工程技术人员必不可少的参考资料。

关于作者

Shannon McFarland, CCIE #5245, 在 Cisco 公司任企业咨询工程师一职, 是企业网 IPv6 部署和数据中心设计方面的技术顾问, 专注于应用程序部署和虚拟化桌面基础设施领域的研究。16 年以来, 他从事过的工作包括大型企业园区网络、WAN/分支机构网络的设计; 数据中心网络设计和微软操作系统以及服务器应用程序的优化; 虚拟桌面基础设施的设计、部署和优化。最近 10 年, Shannon 经常参加各种全球性的 IPv6 活动 (尤其是 Cisco Live[前身为 Networkers])、IPv6 峰会以及业界的其他活动, 并踊跃发言。他发表过多篇论文和 Cisco 验证设计书 (Cisco Validated Designs [CVD]), 所涉领域包括 IPv6、多播、Microsoft Exchange、VMware View, 以及其他各类应用。他还是多部 Cisco Press 出版的图书的特约撰稿人。加盟 Cisco 之前, Shannon 曾在某增值经销商做过网络顾问, 并在医疗行业当过网络工程师。目前, Shannon 与妻儿共居于科罗拉多州的罗克堡。

Muninder Sambi, CCIE #13915, Cisco Catalyst 4500/4900 系列平台产品营销经理。作为一名产品线经理, 他负责为 Catalyst 4500 和 4900 系列平台——其中包括可供园区网用户和数据中心服务器接入的下一代新产品架构——制定产品战略决策。在接手该工作之前, Muninder 亦身居要职——为 Cisco 模块化交换平台制定长期软件和服务战略决策, 工作的重点包括 IPv6 的技术革新。其中的一些新技术使得某些大企业和运营商成功部署了 IPv6/IPv4 双协议栈。Muninder 还是 Cisco IPv6 开发委员会的核心成员。Muninder 曾代表 Cisco 评审过大企业客户的多个网络设计框架。过去 12 年以来, Muninder 曾参与设计过多个企业园区网络、WAN 和数据中心网络。加盟 Cisco 以前, Muninder 在印度一家大型网络集成商担任网络顾问一职, 并负责设计和实施 LAN、WAN 及托管数据中心网络。Muninder 现与妻儿生活在加州福里蒙特市。

Nikhil Sharma, CCIE #21273, 在 Cisco 公司任技术营销工程师一职, 负责为 Catalyst 4500 产品线的软硬件“雕琢”新特性。10 多年来, Nikhil 为不同的企业客户设计了多个大中型园区网络和数据中心网络, 并参与其中的故障排除工作。

Sanjay Hooda, CCIE #11737, 是 Cisco 公司的一名技术领导, 专攻嵌入式系统, 并协助定义新产品的体系结构。他当前关注的领域包括高可用性和大型分布式交换系统中的消息传递。过去 14 年以来, Sanjay 参与过的工作包括 SCADA (Supervisor 控制和数据获取)、许多大型软件项目, 以及企业园区网网络、LAN、WAN 与数据中心网络的设计。

关于技术审稿人

Jim Bailey, CCIE #5275 (RS/SP 双料 CCIE)和 CCDE #20090008, 在 Cisco 公司任 AS (高级服务) 团队的技术领导, 拥有 18 年网络技术相关工作经验。作为全球政府解决方案组高级服务团队成员, 他专注于美国政府民用机构网络和军用网络的架构、设计和实施。过去 5 年来, 他一直致力于在上述网络中集成 IPv6。

Ciprian P. Popoviciu 博士, Technodyne 公司企业服务团队 Cloud and Network3.0 practices 主管。之前, 他曾在 Cisco 公司的多个岗位担任领导工作, 在 Cisco 任职的最后 8 年里, 他曾就 IPv6 协议和产品开发、IPv6 战略规划、IPv6 的启用, 以及下一代网络架构和部署等, 与各种标准化组织和全球性大客户有过密切合作。Ciprian 曾与人合著过两本热门的 IPv6 图书 (由 Cisco Press 出版)、4 份 RFC, 以及多篇涉及 IPv6 技术、战略和启用的论文。他还是 IEEE 资深会员、若干咨询研究委员会的成员, 以及业界 IPv6 活动的踊跃发言者。

献词

我要把本书献给 Linda、Zack 和 Carter。在生命中，能有你们相伴，我是何其幸运；我为儿女们的长大成人而感到自豪。感谢你们在我著书的那几个月中对我的宽容。我要感谢母亲为我所做的祈祷，以及对我无条件的爱；我要感谢父亲，是他让我知道学海无涯。感谢我的岳父、岳母大人，是你们培养出了 Linda，并让她融入了我的生命，Linda——你是天下无双。Bob（父亲），谢谢你，我的良师益友，你的言传身教使我明白了努力工作的真谛。

—Shannon McFarland

首先，我要把本书献给我的祖父（Gyani Gurcharan Singh），感谢你赐予我作为作家、诗人以及古典音乐家的灵感。我要感谢我的全家：爸爸（Surinder Singh Sambi）、妈妈（Sukhdev Kaur）、哥哥（Ravinder Singh Sambi 博士）、妻妹（Amrit Kaur）和老婆（Avnit Kaur），感谢你们在我写作期间对我无条件的支持。我还要把本书献给我的女儿（Japjot）、双胞胎儿子（Kabir Singh 和 Charan Kanwal Singh）和侄子（Kanwal 和 Bhanwra）。

—Muninder Singh Sambi

首先，我要感谢我的父母：爸爸（Satbir Singh）和妈妈（Indrawati），以及我的妻子（Suman），感谢你们在我写作期间对我的支持。我要把本书献给我的孩子：Pulkit 和 Apoorva。

—Sanjay Hooda

我要感谢我的妻子 Parul，感谢她在写作过程中给我的巨大支持。我要将本书献给我的女儿 Anshi，是你让我知道，真正的快乐往往是来源于生活中的琐事。

—Nikhil Sharma

致 谢

我要向传授我 IPv6 知识和经验、支持我“精修”IPv6（尤其在我对 IPv6 初窥门径之时），以及过去这么多年来为我提供帮助的一干人等表示感谢，我要感谢我的朋友们和我最忠实的支持者们，他们是：Freddie Tsao、Steve Pollock、Chris O’Brien 和 Mark Montanez。这些年来，能在这么多优秀的管理者麾下效力，我真是三生有幸，领导们对我总是包容有加，在工作方面也对我大开方便之门（尤其是 IPv6）。他们是（受篇幅所限，只能列出其中少数人的大名）：Todd Truitt、Vince Spina、Kumar Reddy、Mauricio “Mo” Arregoces、Dave Twinam 以及 Mark Webb。此外，我还要感谢为我提供直接或间接帮助的 Cisco（过去和现在）一干同仁，他们是 Patrick Grossetete、Chip Popoviciu、Eric Vyncke、Gunter Van de Velde、Tarey Treasure、Darlene Mailliet、Angel Shimelish、Chris Jarvis、Gabe Dixon、Tim Szigeti、Mike Herbert、Neil Anderson、Dave West、Darrin Miller、Stephen Orr、Ralph Droms、Salman Asadullah、Yenu Gobena、Tony Hain、Benoit Lourdelet、Eric Levy-Abegnoli、Jim Bailey、Fred Baker 以及其他人士等。最后，我要感谢 John Spence 和 Yurie Rich，感谢二位长期以来对 IPv6 部署的不懈努力，以及所分享的反馈经验。

—Shannon McFarland

首先，我要感谢本书的其他三位合著者：Sanjay Hooda、Nikhil Sharma 和 Shannon McFarland，感谢诸位在写作期间所奉献出的合作精神。特别要感谢 Shannon，不但要感谢你对我们写作积极性的调动，还要感谢你对 IPv6 难点的指导。

我要感谢我的良师益友 Sanjay Thyamagundalu，是你把我引入了网络这扇门，感谢你在本书写作过程中对我的力挺。

我还要感谢我的主管领导 Sachin Gupta，感谢你在我写作本书期间所提供的支持和动力。我要感谢本书的技术审稿人 Jim Bailey 和 Chip Popoviciu，感谢你们无私地分享 IPv6 方面的知识，感谢你们在审稿时对问题“打破砂锅，一追到底”的精神。

最后，我要感谢 Cisco Press 团队，特别要感谢 Brett Bartow 和 Dayna Isley，感谢二位从本书的初稿到审稿过程中保持的耐心和提供的指导意见。

—Muninder Singh Sambi

首先，我要感谢本书的三位合著者：Muninder、Shannon 和 Nikhil，感谢诸位在写作期间对我的关照。我还要感谢我的挚友 Sanjay Thyamagundalu 和上司 Vinay Parameswarannair，感谢二位在写作期间对我的支持。Sanjay Thyamagundalu 不但是本人创作灵感的源泉，而且还针对 IPv6 的各个领域，提供了自己独到的见解。

同样要感谢 Brett Bartow、Dayna Isley 和 Cisco press 的全体同仁，感谢你们容忍我一再推迟交稿。

—Sanjay Hooda

首先，我要感谢 Muninder Sambhi，是你将我引入了五彩缤纷的网络世界，你对我可谓亦师亦友。感谢 Sanjay Hooda，要是没有你搭建的试验环境，本书不可能完成。感谢 Shannon，感谢你对整个团队写作积极性的调动，每当我们觉得完成写作遥不可及时，你总会提醒我们终点就在前方。

我同样要感谢我的一干好友，他们总是有问必答：Amol Ramakant、Deepinder Babbar、Jagdeep Sagoo、Nitin Chopra，以及我电话上的 7×24 小时快速拨号按钮 1-800-Call-Manu。

—Nikhil Sharma

我们要对本书的技术审稿人 Chip Popoviciu 和 Jim Bailey 致以崇高的敬意，感谢你们在审校本书时所倾注的专业技能和心血。

最后，我们要感谢富有创造力的本书编辑 Brett Bartow 和 Dayna Isley，以及 Cisco Press 出版团队，感谢你们对我们的关照、容忍，以及为保证本书的品质所耗费的精力。

本书使用的图标



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。

前 言

Internet 协议版本 6 (IPv6) 是 IP 协议的下一个版本, 可供 Internet 上所有类型的设备进行通信。IPv6 浮出水面已有不少年头, 但在企业网中, 也是最近几年才加快了对其部署的步伐。IPv6 尚处于不停地开发和完善之中, 因此, 在实际的部署中, 无论是 IPv6 协议本身, 还是该协议的部署方法, 总会暴露出一些“纰漏”。

世界各地的企业能够与 IPv6 建立起联系, 原因不外有二: 其一, 需要部署能够自动支持 IPv6 的操作系统或应用软件 (有时, 还是在不知情的情况下); 其二, 为了满足额外的地址需求、拓展新兴的市场、应对兼并和收购所带来的难题, 以及为了追求最新最尖端的技术和应用, 而必须充分利用 IPv6 协议的新特性。无论出于哪种原因, 对企业来说, 不但要对 IPv6 所支持的各部署选项了然于胸, 而且在规划和设计自己的 IPv6 部署方案时, 既需勇于进取, 亦需深思熟虑。

IP 无处不在, 并早已与网络水乳交融。因此, 在企业网中, 为了正确地规划并部署 IPv6, IT 人员须首先针对自有网络中的各个区块, 比如, 企业园区网区块、数据中心区块以及 WAN 区块等, 分别设计 IPv6 部署方案; 然后, 再对已部署了 IPv4 的网络的所有区块做统一规划。接下来, IT 人员还要根据商业和技术方面的驱动力, 设法让 IPv6 和 IPv4 并肩运行。有时, 会开辟区块部署 IPv6, 在这样的区块中, 无需运行 IPv4; 但更为常见的是, 在网络中, 未必需要 IPv6 处处现身, 但却要求 IPv4 无处不在。本书将企业网划分为各个不同的网络区块, 并向读者传授如何在相应的区块中设计和部署 IPv6。

目标和方法

企业有新项目上马时, 在行政和业务论证方面, 通常会遇到许多问题, 但往往终止于技术方面的设计与实施, 而且在设计和实施过程中还总离不开“边上马, 边论证”的思维模式。本书的目标有两点: 第一, 为读者提供一种既实用而又已获得证明的 IPv6 部署方法,

该方法可按网络中的各区块，将大量的 IPv6 部署任务分解为一个个可量化的子任务；第二，展示了多个有效的配置案例，可供读者搭建 IPv6 实验室、IPv6 生产网络，以及 IPv6 生产网络的测试环境。

本书在内容组织方面具有一致性，介绍网络各区块 IPv6 的部署时，总是首先对部署情况做简要介绍，然后会示出网络拓扑结构示意图（只要适用），最后会给出各种网络设备的配置示例，以巩固读者对 IPv6 部署概念的理解。本书不但能够帮助读者掌握企业网中部署 IPv6 的各个选项，还能让读者了解实施上述部署选项的方法。

读者对象

本书适用于在企业 IT 部门供职的网络工程师，以及维护企业网络的系统集成和咨询工程师。读者应该了解 IPv6 的基本概念，其中包括：编址，IPv6 邻居之间、IPv6 主机和路由器之间的通信机制，IPv6 路由选择等。虽然本书若干章节包含了对某些 IPv6 原理和主题的介绍，但对于 IPv6 新手而言，由于这样的介绍既不够深入，也不涉及 IPv6 的基本原理，因此不足以作为 IPv6 基础知识的入门参考书。本书假定读者对网络技术、设计和部署均有深入的理解。本书并非 IPv6 和网络设计的入门书籍，而是介绍 Cisco 长期以来一直推崇的二、三层网络设计相关的最佳做法。

本书的组织结构

本书设计灵活，读者既可从头到尾通读，也可根据工作需要，在章节之间自由翻阅。

本书 1~4 章是对 IPv6 部署的一般性介绍，包括以下主题。

- **第 1 章，“启用 IPv6 的市场驱动力”**：本章通过技术和商业两个方面，来讨论在企业网中部署 IPv6 的驱动力。本章亦提供了 IPv6 部署的增长趋势和常见的使用案例。
- **第 2 章，“层次化网络设计”**：本章简要介绍了业界公认的、业已成熟的层次化网络

设计模型，旨在让读者建立起网络设计原则的基本概念，本书的所有内容都是构建在这一基本概念之上。

- **第 3 章，“常见的 IPv6 和 IPv4 共存机制”**：本章将讨论企业网中最为常用的几种 IPv6 和 IPv4 共存机制（亦称为过渡机制）。本章所讨论的机制包括双栈、ISATAP、6to4 等。
- **第 4 章，“网络服务”**：本章将探究大多数 IPv4 部署中常用的网络服务，包括 IPv6 多播、服务质量（QoS）和路由协议等。本书的其他章节则会展示具体示例，以介绍如何部署上述服务。

本书 5~12 章侧重于企业网中 IPv6 的实际部署，专注于部署中的技术细节。

- **第 5 章，“IPv6 部署规划”**：本章将从一个更高的层次来展示 IPv6 部署前和部署阶段的注意事项。本章旨在以系统的方法来呈现 IPv6 的部署规划。
- **第 6 章，“园区网络中的 IPv6 部署”**：本章讨论在园区网络环境中通用的 IPv6 部署选项。本章既会深入探讨各种 IPv6 和 IPv4 共存机制，也会给出在园区网络中达成高可用性 IPv6 部署的配置案例。此外，还会讨论诸如 Cisco 虚拟交换系统之类的高级技术。
- **第 7 章，“部署虚拟化的 IPv6 网络”**：本章不但会讨论各种网络、设备、桌面和服务器的虚拟化解决方案，而且还会提供其中一些上述解决方案的配置范例，其中包括 6PE 和 6VPE。
- **第 8 章，“WAN/分支网络的 IPv6 部署”**：本章将会向读者介绍网络中 WAN/分支网络区域的各种设计场景，还会针对不同类型的 WAN/分支网络及网络服务（包括有动态多点 VPN 和 Cisco ASA 安全服务）给出详尽的配置范例。
- **第 9 章，“数据中心网络中的 IPv6 部署”**：本章涵盖了数据中心网络中常用的技术、服务以及产品，亦会向读者展示一个通用的设计方案，并会给出与之相对应的各种设备的配置，读者可根据自己网络环境对其加以应用。本章将重点围绕数据中心网络中常用的各种产品，比如，Cisco Nexus 7000、1000v 以及 MDS 9000，展开讨论，并附带讨论了 Cisco NAM、ASA 以及其他产品和技术。
- **第 10 章，IPv6 远程访问 VPN 的部署**：本章讨论在远程访问 VPN 环境中启用 IPv6 的各种选项。本章既会给出利用不支持 IPv6 的产品传递 IPv6 VPN 流量的配置示例，也会给出在 IPv6 网络环境中使用 Cisco ASA 和 AnyConnect SSL VPN 解决方案的配置方法。
- **第 11 章，“管理 IPv6 网络”**：本章涵盖了企业网 IPv6 部署中常用的管理部件。这些

部件包括网络管理应用程序、工具、设备，以及通过 IPv6 传输的网管信息。

- **第 12 章，“按部就班：搭建 IPv6 实验网络，启动生产网络的试点工作”：**本章讨论 IPv6 专用实验室网络环境的需求和用途，以及在正式组建 IPv6 生产网络之前，开展试点工作的重要性。本章将从实用性和系统性的角度，向读者传授搭建 IPv6 实验网络环境、在其中进行 IPv6 应用测试，以及从 IPv6 实验环境过渡到生产网络的 IPv6 试点阶段等方面的经验。

目 录

第 1 章 启用 IPv6 的市场驱动力	1
1.1 IP 地址耗尽及临时性的应对措施	2
1.2 IPv6 的市场驱动力	3
1.2.1 IPv4 地址方面的短板	4
1.2.2 政府 IT 战略规划	6
1.2.3 基础设施的发展	6
1.2.4 操作系统的支持	6
1.2.5 部署 IPv6 的好处	7
1.3 关于 IPv6 的常见问题	7
1.3.1 为了业务的发展, 公司是否需要 IPv6	7
1.3.2 IPv6 将会完全取代 IPv4 吗	9
1.3.3 与 IPv4 相比, IPv6 更加复杂并难于部署和管理吗	9
1.3.4 引入了 IPv6 之后, 还能以多宿主的方式连接到多家服务提供商吗	10
1.3.5 IPv6 能提供更优的服务质量吗	10
1.3.6 在安全性方面, IPv6 “自动” 胜过 IPv4 吗	11
1.3.7 IPv6 不支持 NAT 会降低安全性吗	11
1.4 IPv6 之于 IETF	11
1.5 企业网 IPv6 的部署现状	12
1.6 总结	16
1.7 其他参考资料	16
第 2 章 层次化网络设计	19
2.1 网络设计原则	20
2.1.1 模块化	21
2.1.2 层次化	24

2.1.3 高弹性	27
2.2 企业核心网络区块设计	28
2.3 企业园区网络区块设计	29
2.3.1 分布层	29
2.3.2 接入层	33
2.4 企业网络服务区块设计	34
2.5 企业数据中心网络区块设计	35
2.5.1 汇聚层	35
2.5.2 接入层	36
2.5.3 数据中心存储网络设计	37
2.6 企业边缘网络区块设计	41
2.6.1 企业总部边缘网络区块组件	43
2.6.2 企业总部边缘网络区块设计	43
2.6.3 分支机构的网络架构	44
2.6.4 分支机构边缘路由器的功能	45
2.6.5 典型的分支机构网络设计	46
2.7 总结	47
2.8 其他参考资料	48
第3章 常用的 IPv4/IPv6 共存机制	51
3.1 纯 IPv6	53
3.2 过渡机制	54
3.2.1 双栈机制	54
3.2.2 IPv6 上的 IPv4	55
3.2.3 手工配置的隧道	57
3.2.4 用来传递 IPv6 流量的 IPv4 GRE 隧道	59
3.2.5 隧道代理	60
3.2.6 6to4 隧道	62
3.2.7 站点间自动隧道地址协议(ISATAP)	63
3.2.8 MPLS 上的 IPv6	65
3.3 协议转换和代理机制	69
3.3.1 NAT-PT	69
3.3.2 NAT64	71
3.4 总结	71

3.5 参考资料	72
第 4 章 网络服务	75
4.1 多播	76
4.1.1 IPv6 多播编址	77
4.1.2 IPv6 多播侦听者发现 (MLD)	79
4.1.3 多播路由: PIM	81
4.2 服务质量	85
4.2.1 IPv4 和 IPv6 QoS 之间的差异	86
4.2.2 IPv6 扩展报头	87
4.2.3 IPv4 和 IPv6 共存时的 QoS 机制	88
4.3 IPv6 路由选择	89
4.3.1 OSPFv3	89
4.3.2 EIGRPv6	92
4.3.3 IS-IS	95
4.3.4 BGP	97
4.4 总结	100
4.5 参考资料	100
第 5 章 IPv6 部署规划	103
5.1 从何处着手	103
5.1.1 效益分析	104
5.1.2 成本分析	105
5.1.3 风险	106
5.1.4 商务案例	106
5.1.5 过渡团队	107
5.1.6 培训	108
5.2 试点规划	108
5.2.1 评估	109
5.2.2 设计	109
5.2.3 过渡机制	110
5.2.4 网络服务	111
5.2.5 安全性	111
5.2.6 IPv6 新特性	111
5.2.7 稳定性和可靠性	112