



MPLS在 Cisco IOS上的配置

MPLS Configuration on Cisco IOS Software

A complete configuration manual for MPLS, MPLS VPNs,
MPLS TE, QoS, Any Transport over MPLS (AToM), and VPLS

[美] **Lancy Lobo**, CCIE #4690 著
Umesh Lakshman

车斌, CCIE #24898 译

014032359

TN915.142
58

ciscopress.com

MPLS在 Cisco IOS上的配置

MPLS Configuration on Cisco IOS Software



[美] **Lancy Lobo, CCIE #4690** 著
Umesh Lakshman

车斌, CCIE #24898 译



北航

C1720693

人民邮电出版社

北京

TN915.142

58

020380210

图书在版编目 (CIP) 数据

MPLS在Cisco IOS上的配置 / (美) 路宝 (Lobo, L.),
(美) 拉克什曼 (Lakshman, U.) 著; 车斌译. — 北京:
人民邮电出版社, 2014. 4
ISBN 978-7-115-34457-1

I. ①M… II. ①路… ②拉… ③车… III. ①宽带综
合业务数字网 IV. ①TN915.142

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第025626号

版 权 声 明

MPLS Configuration on Cisco IOS Software (ISBN: 1587051990)

Copyright © 2006 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 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] Lancy Lobo, CCIE #4690
Umesh Lakshman
译 车 斌, CCIE#24898
责任编辑 傅道坤
责任印制 程彦红 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>
北京艺辉印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 43
字数: 990 千字 2014 年 4 月第 1 版
印数: 1—3 000 册 2014 年 4 月北京第 1 次印刷
- 著作权合同登记号 图字: 01-2012-5022 号
-

定价: 108.00 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

本书是一本详尽而又实用的 MPLS 及其特性的配置手册，内容层次分明、阐述清晰、分析透彻、理论与实践并重，为读者提供了大量 MPLS 技术的部署场景、案例分析和配置演示。本书涉及了 MPLS 技术及其特性，包括：MPLS、MPLS VPN、MPLS TE 和 MPLS QoS。此外，本书还包含部署 MPLS 网络所需的其他相关技术，包括：RIP、EIGRP、OSPF、IS-IS、BGP 和 PIM 等。

本书适合从事计算机网络技术、管理和运维工作的工程技术人员阅读，同样可以作为高校计算机和通信专业本科生研习网络技术的参考资料。

译者序

MPLS 是新一代传输网的主流承载技术，也是 CCIE 考试的重要内容。讲述 MPLS 技术的书籍有很多，但是，我认为本书是对 MPLS 的工作原理讲解最细致的书籍；同时，它的英文也是比较晦涩，不易理解。所以，我尽全力把本书翻译到位，力求为中国的网络技术业界贡献一本实用的译作。

为了让读者更好地学习掌握 MPLS 技术，希望读者能够根据如下建议来阅读本书。

- 重点学习帧模式 MPLS，酌情略过信元模式 MPLS。帧模式 MPLS 就是在 IP 网络上部署的 MPLS，信元模式 MPLS 就是在 ATM 网络上部署的 MPLS。本书英文版出版于 2005 年，当时 ATM 与 IP 还未分高低，因此书中包含了大量信元模式 MPLS 的内容。但是，近 10 年过后，IP 已经完胜，因此读者只关注帧模式 MPLS 即可。
- 对于 Cisco IOS 的命令行示例，要“理解其神，摆脱其形”。受出版年代所限，本书中的所有命令行示例都基于 IOS，因此在翻译该书时也不可避免地受限于 IOS。鉴于当前有多家网络设备厂商共存，希望读者在理解了 Cisco IOS 的命令行以后，能有信心操作其他厂商的设备。而且，思科路由器的新一代操作系统也优化了命令行格式，被命令行所困扰，是网络技术学习者的普遍问题，在此衷心希望读者能够尽快突破此瓶颈。
- 本书所有工作原理的描述，都值得我们仔细推敲。很多读者都习惯于“知道”了某个知识点，但对细节的关注程度却不够。这样，就无法体会本书的精髓。如果读者能够细致推敲 MPLS 的工作原理，掌握每个步骤的具体含义，那么对 MPLS 的理解会大幅度提升。
- 动手做实验，不要怕麻烦。当前有多款软件可以模拟真实的网络设备，因此读者可以在无须物理设备的前提下，借助模拟软件来完成本书中的大部分实验。据不完全统计，本书中无法在模拟软件上完成的实验或特性应该不超过 5 个。

另外，需要提及的是，由于本书英文原版中的错误较多（文字性错误、技术性错误等），为了避免误导读者，我在翻译期间对所能发现的错误进行了逐一修正。此外，为了保障译文的可读性，我尽可能采用意译的方式来处理英文原文中晦涩难懂的描述，对针对原文中的疏漏或点到即止的地方进行补充说明，可以说，我对本书付出的精力和投入的时间远超“翻译”的范畴。

末了，不能免俗的来一句，由于个人水平有限和翻译时间较紧，外加原文错误较多，我在翻译时虽然尽量修正，但难免遗落，还请读者通过 tony_che@163.com 多提宝贵意见和建议。

本书能够顺利翻译完毕，并不只是我一个人的工作，期间得到了家人、朋友和同事的大力支持。首先感谢我的妻子和儿子，谢谢她（他）们无条件地支持我；感谢我的父母和岳父岳母，谢谢他（她）们帮我照顾着家里的一切事情；感谢红盟过客（56CTO）的管理员代工（代长江）以及人民邮电出版社的傅道坤编辑，谢谢他们提供了技术及写作方面的帮助。

最后，要重点感谢北京联通集团客户响应中心的任立刚总经理，在本书翻译期间，他在工作安排、资料收集、技术指导和写作技巧诸多方面给予了我很多帮助和启发。正是得益于他的支持，我最终顺利如期完成了本书的翻译。谢谢！

车斌

2014-1-22 北京

序

不久前，我有机会带领一个摄制组，在纽约的大街小巷录制一个剪辑。这段剪辑很有意思，是开放的，我想在日后出席的一个会议上播放它。剪辑的内容其实很简单，我的采访对象是走在大街上的人们，他们对我的采访毫无准备，我会即兴地问一些问题。当然，某些问题是必问的，例如 MPLS，我想通过人们对 MPLS 的回答增加剪辑的趣味。这个问题就是：MPLS 是什么意思？回答真是五花八门，从一位爱尔兰游客的“My People Love Song”到一位纽约市民的“Major Pain in My Legs”。总之，没有人能告诉我有关 MPLS 的信息。这样的采访结果是预料之中的，并且这段剪辑成为会议议程的一个小小的调剂。

完成纽约街头的摄制工作以后，我曾联想 Cisco 的服务提供商全球服务部门。我想，如果我还是采用采访的方式来询问 MPLS 的含义，那么这里的人们不仅会提供正确的答案，而且还会告诉我 MPLS 对他们的重要意义。如果读者正在看我的序言，那么我相信 MPLS 一定对你非常重要，如果不是这样，那就是你的时间太多了。

MPLS 的地位和重要意义与日俱增，主要动力是客户的需求。客户的应用已经非常丰富，包括语音、视频和数据，并且客户希望服务提供商可以提供一种新型的、创新的服务，来更有效地承载客户的流量，这就是 MPLS 的驱动力。在传统的解决方案中，服务提供商为语音、视频和数据这些应用建设分离的管道设置网络，来满足客户的需求。如果客户的需求越来越复杂，那么服务提供商应该如何应对呢？这时，服务提供商不得不开始考虑建设下一代网络，这种网络必须可以汇聚多种应用。说到底，服务提供商挖空心思建设下一代网络，就可以大大地降低成本。下一代网络是将多个层面的架构和服务，这些架构和服务可能基于 TDM、帧中继和 ATM 技术，汇聚到一个灵活高效的 IP/MPLS 数据包模式的架构中。对于这个课题，Cisco

已经与全球多家服务提供商进行合作。数据显示,在 3~5 年中, Cisco 的解决方案帮助服务提供商节约了数十亿的成本。除了降低成本以外,服务提供商还希望通过提供新型的、创新的服务来提高利润。所有这些服务都是基于 IP 架构实现的。如今, IP/MPLS 技术是建设下一代网络的重要驱动力,可以最大化地降低成本和提供新服务。

Cisco 基于 IOS 的 MPLS 功能及其特性,提供了一套建设下一代网络的复杂策略。Cisco 的 MPLS 能力将路由技术的智能性和扩展性与传统运营商网络的可靠性和可管理性结合起来,因此,服务提供商可以使用简单的、可管理的和可运营的网络来实现可扩展的、允许差分服务的和端到端的 IP 和 VPN 服务。Cisco IOS 提供了崭新的技术,帮助服务提供商在降低成本和提高收益的前提下传输客户的复杂业务,因此,独立的通信市场调研公司 Heavy Reading 称 Cisco IOS 为“未来电信的 DNA”。

引用一个案例, Equant 是法国电信组的成员之一, Equant 希望在其私有的骨干网上建设一张网络平台,用来汇聚大量客户的复杂需求,并且这个网络平台还需要具备管理简单、扩展性强、经济高效和灵活实现等特点。Cisco MPLS VPN 解决方案满足了 Equant 的需求,提供了一个多服务的和国际化的平台。目前, Equant 已经在全球超过 140 个国家,为多国超过 1300 个客户提供 IP VPN 服务,总连接数达到 27000 条。

Cisco 通过坚持不懈地钻研 MPLS 特性和功能,帮助我们的客户建设强大的智能网络,因此人们已经认为 Cisco 是下一代网络的领导者。对于寻找 MPLS 练习指导的读者,对于需要全球部署下一代 MPLS 网络来承载语音、视频、数据和应用服务的读者,我强烈推荐本书。不管怎样,只要阅读了这本书,那么下一次我采访你的时候,你一定会准备充分。

Carlos Dominguez

Cisco 公司全球服务提供商运营部,高级经理

关于作者

Lancy Lobo, CCIE #4690 (路由和交换、服务提供商), 是 Cisco 公司高级服务组的一名网络咨询工程师, 为使用 Cisco 产品的服务提供商和企业客户提供技术支持。他拥有超过 10 年数据通信技术和协议的工作经验, 并且为服务提供商提供技术支持, 帮助他们设计和实现大型路由网络。他拥有孟买大学的电子和通信工程学士学位和琼斯国际大学的工程管理和信息技术双 MBA 学位。他计划在卡佩拉大学获得他的企业组织管理博士学位。

Umesh Lakshman 是 Cisco 公司服务提供商领域实验室的一名技术项目系统工程师。他在实验室中为客户演示和测试技术方案 (例如 MPLS), 为销售团队提供售前技术支持。Umesh 已经为多个客户提供了培训课程, 内容包括在 MPLS 网络中实施 MPLS、MPLS VPN 和 QoS。Umesh 拥有马德拉斯大学的电气和电子工程学士学位, 拥有卫奇塔州立大学 (堪萨斯) 的电气和计算机工程硕士学位。

关于技术审稿人

Andy Schutz, CCIE #11554, 在 Cisco 工作超过 4 年, 是多个工作组的技术营销工程师。Andy 最初是 Cisco IP DSLAM 的技术营销工程师, 然后成为 Cisco 10000 ESR 最早的技术营销工程师之一。Andy 还作为主管技术营销工程师, 在 Cisco 负责宽带融合和相关技术。Andy 入职 Cisco 以后, 很快开始跟踪 DSL 技术, 并通过了服务提供商的 CCIE 认证。在入职 Cisco 之前, Andy 曾为 CLEC 和 Sprint 工作, 主要提供 DSL 服务。Andy 喜欢和家人在一起, 并期盼着终有一天 Green Bay Packers 的诞生, 然后是 Lombardi Trophy 的诞生。

Raymond Zhang 是 INFONET 网络的高级网络架构师, 负责维护全球 IP 骨干网架构、规划路由架构和升级。目前, 他的主攻方向是大型骨干网的路由、流量工程、性能和流量统计分析、MPLS 相关的技术、多服务 QoS、IPv6 和多播。Raymond 是一名 IETF 的活跃成员, 已经为多份草案提供修改, 涵盖多个领域 (MPLS TE、Inter-AS 流量工程和其他)。他拥有纽约城市大学的工程硕士学位。

Alex Raj 是 Cisco 公司的软件架构师, 主要关注 MPLS 技术。在 Cisco 的最近 9 年中, 以及之前在 Cabletron 公司的就职生涯中, 他已经参与设计了多个软件架构, 其中包括设计和实现了 ATM、MPLS、信元模式 MPLS 和高可用性架构。在多个大型城域网服务提供商的网络规划过程中, 他都参与了 MPLS 的部署阶段。他还在局域网交换、MPLS、多播和帧中继领域拥有多项专利技术, 并在高可用性领域和 ATM MPLS 信令交互领域合作编写了多份 IETF 草案。

献 辞

谨将自己在本书中的成果献给已故的父亲，D.V.Raja Lakshman 先生。没有他的祈祷和指点，我不会有今天的成就。感谢您，父亲。

——Umesh

本书谨献给我的妻子 Natasha，还有我的女儿 Elena。如果没有你们的牺牲、爱、耐心和支持，就不会有这本书的存在。

还要献给我的母亲和父亲 Celine 和 Lawrence Lobo，还有我的兄弟 Loy，感谢你们多年的爱、支持和祈祷。

最后献给我的表亲 Stany 和 Jessie Almeida，你们的支持和祈祷帮助我完成这本书。

——Lancy

致 谢

感谢全能的上帝，感谢他的祈祷和关注，最终帮助我成功地完成了本书。

我还要表达对 Lancy Lobo 先生的感谢，我们合作编写了本书，是他给了我机会参与他的努力过程。感谢 Cisco Press 团队，他们的指导和勤奋提高了本书的品质。感谢 Andrew Cupp 保证了本书的及时出版。在最初的写作阶段，还有合作创作的阶段，感谢 Raina Han 容忍了那么多次无法预见的延迟交付。尤其要感谢 John Kane 和 Jim Schachterle，感谢他们在整个写作过程中提出的宝贵意见和建议。

感谢我的经理 Russell Tarpey 先生。三年多的时间里，他不断地支持和鼓励我完成这本书。

感谢技术校对 Eric Osborne、Alex Raj、Andy Schultz 和 Raymond Zhang，他们对本书的细节提出了建议和意见。

感谢 GSR VPLS 团队，即 Javed Asghar、Muhammad Waris Sagheer 和 Leigh Hunt，他们提供了 GSR 设备帮助我们演示和验证 VPLS。

感谢 IXIA 的 John Klemm、Chad Frisby 和 Yinglam Cheung，他们为我们完成第 15 章提供了设备和指导。感谢思博伦公司的 Mike Haugh，他为 Smartbits 机架和应用程序提供了指导。感谢安捷伦公司的 Ryan Crawford，他指导我们完成了 N2X 的配置。我还要感谢远在印度的家人，在写作期间他们一直支持着我。

—Umesh Lakshman

感谢真主给我机会写作这本书，感谢他的祈祷，感谢他一直支持着我。

感谢我的经理 Andrew Houck，在写作期间，他一直支持我。感谢 Cisco Press 的所有人，尤其是 John Kane、Andrew Cupp、Raina Han 和 Jim Schachterle，当我们延期交稿时，他们表现出

了理解和耐心。感谢所有技术校对，他们为很多内容提供了建议和意见。感谢 IXIA、思博伦和安捷伦等所有外部厂商代表，他们一直支持着我。

最后，我要感谢我的合著者 Umesh Lakshman。在著书阶段，我曾经历了几次个人的转折点，但是 Umesh Lakshman 为本书倾注了他的努力和技术实力。没有他的强大帮助和执着热情，就不会有这本书的诞生。

——Lancy Lobo

前言

MPLS 技术最早出现在通信行业，服务提供商主要是将 MPLS 部署在 IP 核心网上，最终的目的是为客户提供 VPN 服务和为服务提供商提供流量工程能力。现今，MPLS 已经向城域网以太网或光纤网和接入网发展，这样，服务提供商将核心网的优势扩展到全网，通过实实在在的端到端架构传输客户的数据包。

本书的目的是帮助读者熟悉 MPLS 技术和配置。在本书的帮助下，读者可以采用理论和实操相结合的方式学习 MPLS 及相关技术。

本书的读者群体

本书的内容覆盖了 MPLS 的基础与高级的概念和配置。本书不仅强调 MPLS，而且还包含了 MPLS 相关的应用和部署方案，例如 MPLS TE、2 层 VPN 和 VPLS。任何希望理解 MPLS 及其原理的读者都可以阅读本书。同时，本书也适合需要配置和管理 MPLS 网络的网络工程师以及备考服务提供商 CCIE 实验室考试的学员阅读。

总之，本书的目的是切实地帮助读者意识到 MPLS 的各种优势。尤其在配置 MPLS 网络和多场景下部署 MPLS 网络时，MPLS 的优势更加明显。

本书的结构

新接触 MPLS 的读者应该从头到尾地阅读本书；但是，当 MPLS 技术的中级到高级用户需要某些额外的信息或某些特定的专题时，他们可以快速地在各章的内容中寻找资料。

每章的内容概述如下。

第 1 章,“MPLS 概述”,介绍了 MPLS 理论和基本原理,包括 MPLS 标签的含义和功能。另外,本章覆盖了数据层和控制层的概念,以及它们在信元模式 MPLS 和帧模式 MPLS 中的工作原理。

第 2 章,“MPLS 基本配置”,讨论信元模式 MPLS 和帧模式 MPLS 的配置步骤。

第 3 章,“MPLS VPN 概述和基本配置”,讲解了 MPLS VPN 的基础知识,包括多协议 BGP、VPNv4 路由交换和服务提供商网络的 MPLS VPN 配置。

第 4 章,“PE-CE 路由协议——静态和 RIP”,讨论使用静态路由或 RIP 作为 PE-CE 路由协议实现 MPLS VPN。

第 5 章:“PE-CE 路由协议——OSPF 和 EIGRP”,讨论使用 OSPF 或 EIGRP 作为 PE-CE 路由协议实现 MPLS VPN,还有 OSPF 的 sham-link 的原理和配置。

第 6 章,“MPLS VPN 的 BGP”,本章讲解了 BGP 作为 PE-CE 路由协议的原理,以及在 MPLS VPN 网络中配置和实现 RR(路由反射器)或联邦。另外,本章还覆盖了中心-分支 MPLS VPN 使用 BGP 作为 PE-CE 路由协议的理论和操作。

第 7 章,“Inter-Provider VPN”,介绍了 Inter-Provider VPN,并讨论和分析了实现 Inter-Provider MPLS VPN 的多种选项。

第 8 章,“CSC”,讨论了 CSC 模型的相关概念。本章还讨论了多种不同的 CSC 模型,例如客户运营商的 POP 站点不运行 MPLS、客户运营商的 POP 站点运行 MPLS 和客户运营商为客户站点提供 MPLS VPN 服务。最后,本章还讨论了 CSC 模型的优点。

第 9 章,“MPLS 流量工程”,本章讲解了流量工程的基础知识、MPLS TE 的约束路由和操作、配置 MPLS TE 和将客户 MPLS VPN 映射到不同的 TE 隧道。另外,本章还讲解了 MPLS TE 的高级特性,例如 FRR 的链路保护。

第 10 章,“使用 L2TPv3 部署 VPN”,服务提供商可以使用 L2TPv3 在非 MPLS 骨干网中部署 2 层 VPN 服务。另外,服务提供商还可以在 L2TPv3 的 2 层 VPN 的基础上部署 3 层 VPN 服务。

第 11 章,“AToM 技术”,本章阐述了 MPLS 网络实现 2 层 VPN 的多种模式。另外,本章还讲解了 2 层 VPN 的 like-to-like 和 any-to-any 技术的配置细节。

第 12 章,“基于 VPLS 技术部署 VPN”,本章讲解了 VPLS 技术的基础知识、VPLS 组件和原理,以及 VPLS 的配置和验证。

第 13 章,“在 MPLS 网络中部署 QoS”,本章讲解了 MPLS QoS 的基础知识,以及统一模式和短管道模式的配置和实现。

第 14 章,“MPLS 的特性和案例”,本章讨论了 MPLS 的多个特性,例如 RT(路由目标)重写、多 VRF 的 CE 设备、基于源 IP 地址或策略路由的 VRF 选择、集成了 NAT 和 HSRP 的 MPLS VPN、2 层 VPN 的伪线交换和冗余、基于类的隧道选择,以及在 2 层 VPN 架构上实现 3 层分层 VPN。另外,本章还讲解了 GSR 路由器实现 VPLS 的理论和配置,以及 BGP 的 SoO 特性。

另外,本书还有第 15 章,“测试 MPLS”,在线观看的网址是 <http://www.ciscopress.com/title/1587051990>。

书中所用图标



命令语法惯例

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，粗体字表示命令由用户手动输入（如 **show** 命令）。
- *斜体字*表示用户应提供的具体值参数。
- 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。