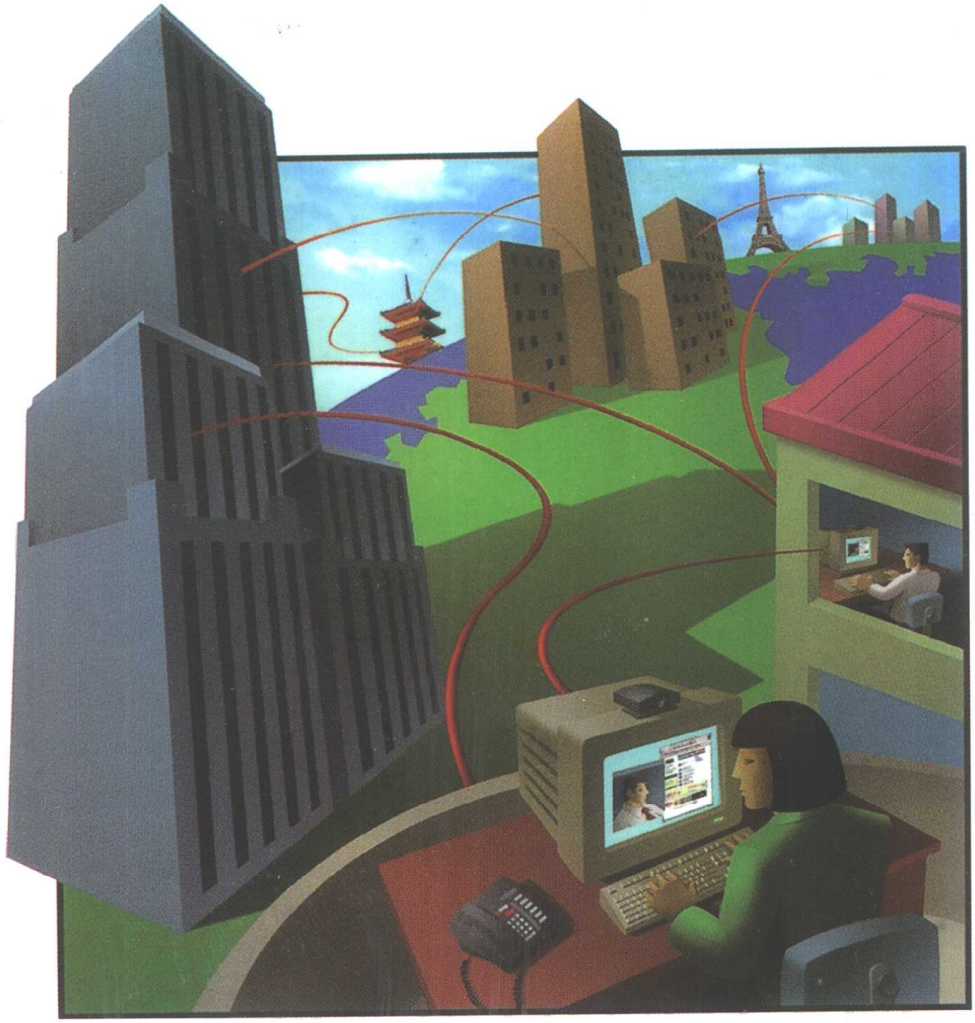

著：
[美] Ivan Pepelnjak
Jim Guichard
译：
信达工作室

MPLS和VPN体系结构

MPLS AND VPN ARCHITECTURES

A practical guide to understanding,designing and deploying MPLS and MPLS-enabled VPNs

人民邮电出版社
www.pptph.com.cn

CISCO SYSTEMS
CISCO PRESS
www.ciscopress.com

MPLS 和 VPN 体系结构

[美] Ivan Pepelnjak　Jim Guichard　著

信达工作室　译

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目（CIP）数据

MPLS 和 VPN 体系结构/（美）派普尼克（Pepelniak，J.），（美）古利查德（Guichard，J.）著；信达工作室译.—北京：人民邮电出版社，2001.8
（Cisco 职业认证培训系列）
ISBN 7-115-09509-4

I. M… II. ①派…②古…③信… III. 宽带通信系统—计算机通信网—通信技术
IV. TP393.03

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2001）第 047716 号

MPLS 和 VPN 体系结构

◆ 著 [美] Ivan Pepelnjak Jim Guichard
译 信达工作室
责任编辑 俞 彬

◆ 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@ pptph.com.cn
网址 http://www.pptph.com.cn
读者热线 010-67129212 010-67129211(传真)
北京汉魂图文设计有限公司制作
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：21.25
字数：510 千字 2001 年 8 月第 1 版
印数：1－5 000 册 2001 年 8 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记 图字：01－2000－3578 号
ISBN 7-115-09509-4/TP·2368

定价：42.00 元

版权声明

内容提要

本书详细地介绍了 Cisco 公司的 MPLS 体系结构，书中涵盖了有关 MPLS 的理论、配置、网络设计、案例研究等方面的内容，并讨论了 MPLS 的一项主要应用：基于 MPLS 的 VPN。书中通过配置范例、建议的设计方案、部署指南以及案例研究介绍了 MPLS/VPN 体系结构及其所有的机制。

本书分两部分，共 15 章。第一部分（1~6 章）介绍了 MPLS 技术及其配置，包括帧模式 MPLS 操作、信元模式 MPLS 操作、在交换式 WAN 介质上运行帧模式 MPLS、高级 MPLS 主题、MPLS 迁移和配置案例研究等；第二部分（7~15 章）介绍了基于 MPLS 的虚拟专网，包括实现虚拟专网的方式、MPLS/VPN 体系结构操作、提供商边界到客户边界的连接方式、高级 MPLS/VPN 拓扑、高级 MPLS/VPN 主题、MPLS/VPN 部署指南、运营商的运营商 VPN 以及提供商之间 VPN 解决方案、IP 隧道技术到 MPLS/VPN 解决方案的迁移案例研究等。

本书是了解、设计以及部署 MPLS 和基于 MPLS 的 VPN 的实用指南，适合网络工程师和管理员用来快速、高效地学习 MPLS 和 VPN 技术，也可作为通信专业师生的参考资料。

目　录

第一部分　MPLS 技术及配置

第二部分　基于 MPLS 的虚拟专网

第一部分

MPLS 技术及配置

原书空白页

第 1 章

多协议标记交换（MPLS）体系结构概述

在分组从信源传递到信宿的过程中，传统的 IP 分组转发技术分析包含在网络层报头中的目标 IP 地址。在网络的每个中继段中，路由器都独立地分析目标 IP 地址。动态路由协议或静态配置技术构建分析目标 IP 地址所需的数据库（路由表）。传统 IP 路由技术的实现过程也被称为基于目标的逐段单播路由技术（hop-by-hop destination-based unicast routing）。

虽然这种分组转发方法获得了成功，并且被广泛地部署，但人们发现某些时候，它存在一定的局限性，这削弱了其灵活性。因此，需要采用新的技术来解决这些问题，并扩展基于 IP 网络底层基础结构的功能。

本章的重点是指出这些局限性，并介绍一种新的体系结构——多协议标记交换（Multiprotocol Label Switching，MPLS），它提供了解决这些局限性的方案。后面的章节将首先详细介绍纯（pure）路由器环境中的 MPLS 体系结构，然后介绍路由器/ATM 混合交换环境中的 MPLS 技术。

1.1 基于 IP 转发技术的缩放性和灵活性

为理解所有影响传统 IP 分组转发网络的缩放性和灵活性的问题，必须首先回顾一下一些基本 IP 转发机制及其与底层基础设施（局域网或广域网）的交互情况。有了这些信息，便可以确定其现存方法局限性，并提出改进方案。

1.1.1 网络层的路由模式

传统的网络层分组转发（如通过因特网转发 IP 分组）依赖网络层路由协议（如最短路径优先（OSPF）、边界网关协议（BGP））或静态路由技术提供的信息，在网络的每个中继段中做出独立的转发决策。转发决策仅仅是根据单播目标 IP 地址做出的。如果没有其他成本相同的路径存在，则目标地址相同的所有分组都沿网络中的同一条路径进行传输。当路由器和目标地址之间存在两条耗时相同的路径时，发送到该目标地址的分组可能沿其中的一条或两条路径传递，这将导致一定程度的负载共享。

注意：增强的内部网关路由协议（EIGRP）也支持耗时不等的负载共享，虽然该协议的缺省行为是耗时相等。要支持耗时不等的负载均衡，必须配置 EIGPR 变量（variance）。

在 Cisco IOS 中，可以基于分组、源-目标地址对（Cisco 快速转发（Cisco Express Forwarding，CEF）交换）或者目标地址（大部分其他交换方法）实现负载均衡。

路由器完成分组选择路径的抉择工作。这些网络层设备参于了收集和分发网络层信息的工作，并根据每个分组的网络层报头的内容执行第三层交换。可以通过点到点链路或局域网（如共享集线器或 MAU）将路由器直接相连，或者通过 LAN 或 WAN 交换机（如帧中继或 ATM 交换机）将它们连接起来。不幸的是，这些第二层（LAN 或 WAN）的交换机不能保存第三层路由信息，也不能通过分析分组的第三层目标地址来选择分组传输的路径。因此，第二层（LAN 或 WAN）交换机无法参于第三层分组转发的决策过程。在 WAN 环境中，网络设计人员必须在整个 WAN 中手工建立第二层的路径。然后，这些路径便可以在物理上与第二层网络相连的路由器之间转发第三层的分组。

建立 LAN 的第二层路径很简单——所有的 LAN 交换机对与其相连的设备而言都是透明的。建立 WAN 的第二层路径的工作要复杂一些。WAN 的第二层路径通常是基于点到点模式的（如大多数 WAN 中的虚电路），因此只在需要时通过手工配置即可。因此，任何位于第二层网路边界、并需要将第三层分组转发给其他路由设备（出口路由器）的路由设备（入口路由器）都需要跨越该网路建立与出口路由设备的直接连接，或者将其数据发送到其他设备，以便将数据传输到最终的目的地。

例如，考虑如图 1.1 所示的网络。

图 1.1 所示的网络是基于 ATM 主干的，主干的周围是执行网络层转发的路由器。假设路由器之间只有图 1.1 所示的连接，则所有从旧金山发送到华盛顿或经由华盛顿的分组都必须首先发送到位于达拉斯的路由器，在这里进行分析，然后通过达拉斯的 ATM 连接发回，再发送到华盛顿路由器。这额外的一步增加了网络的延迟，并无谓地加重了位于达拉斯的路由器中的 CPU 及该路由器与周围 ATM 交换机之间的 ATM 连接的负担。

为确保分组在网络中以最优化的方式转发，与 ATM 主干相连的任何两个路由器之间必须存在 ATM 虚电路。虽然在小型网络（例如图 1.1 所示的网络）中，这很容易实现，但在几十个甚至几百个路由器与同一个 WAN 主干相连的大型网络中，将遇到严重的缩放性问题。

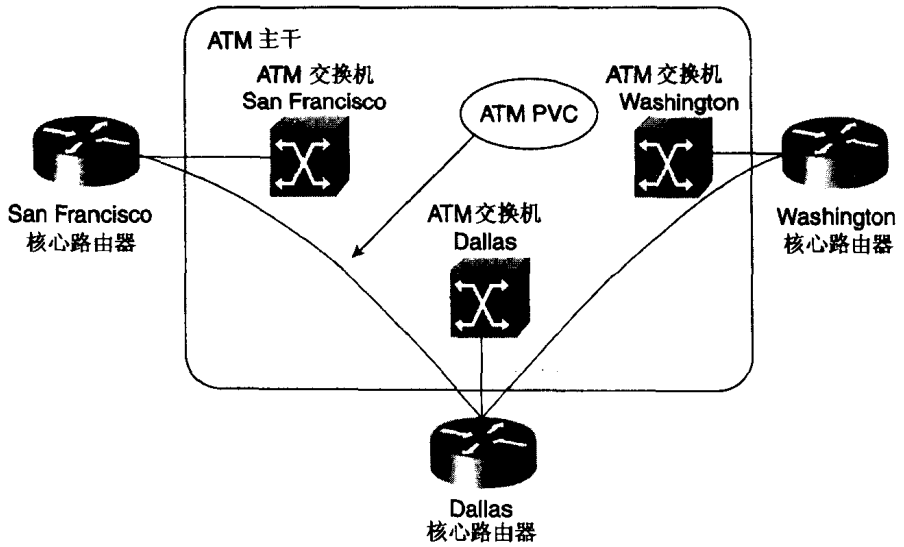

图 1.1　基于 ATM 主干（core）的 IP 网路的实例

以下事实说明了可能遇到的缩放性问题：

- 如果需要获得最佳的路由，则每当新的路由器被连接到网络的 WAN 主干时，都必须在该路由器与其他每一个路由器之间建立虚电路。

注意：*在帧中继网络中，可以在第二层 WAN 主干中进行所有的配置，路由器将通过使用 LMI 和反向 ARP 找到其新邻居及其第三层协议地址。在 ATM 网络中，通过使用反向 ARP 和 ILMI，也可以达到这样的目的。缺省情况下，当一条新的 PVC 被加入到路由器的配置中时，反向 ARP 将被启用，ILIM 可以动态发现本地 ATM 交换机上配置的 PVC。*

- 在某些路由协议配置下，与同一个第二层 WAN 主干（使用 ATM 或帧中继交换机构建）相连的所有路由器两两之间都需要有专用的虚电路。为获得所需的主干冗余，路由器两两之间还必须建立路由协议邻接。这导致全网路式（full-mesh）的路由邻接，因此每个路由器都有大量的路由协议邻居，导致大量的路由数据流。例如，如果网络将 OSPF 或 IS-IS 作为其路由协议，则每个路由器都会将网络拓扑的修改情况传播给与该 WAN 主干相连的所有路由器，这导致路由数据的流量与路由器数目的平方成正比。

注意：*在最新的 Cisco IOS 的 IS-IS 和 OSPF 路由协议实现中，包含网络中的路由数据流的配置工具，允许你减少网络中的路由数据流。对这些工具的设计和配置的讨论超出了本书的范围（感兴趣的读者可阅读相关的 Cisco IOS 配置指南）。*

- 在路由器之间提供虚电路非常复杂，因为网络中任何两个路由器之间预测精确的数据流量非常困难。为简化供应工作，一些服务提供商选择不在网络中提供服务保证——在帧中继网络中，不提供承诺信息速率（Committed Information Rate，CIR）；在 ATM 网络中，不提供未指定的比特率（Unspecified Bit Rate，UBR）连接。

对于使用只包含路由器的主干或只提供 WAN 服务（ATM 或帧中继虚电路）的传统互联

网服务提供商而言，在路由器和 WAN 交换机之间缺乏信息交换并不是什么问题。但存在一些因素驱动这两种服务提供商采用混合主干设计方案：

- 人们要求传统服务提供商提供 IP 服务。他们想充分利用其投资，并将这些新服务建立在已有的 WAV 基础设施上。
- 人们要求互联网服务提供商提供更严格的服务质量（QoS）保证，与传统的路由器相比，ATM 交换机中更容易遇到这种问题。
- 在光路由器接口出现之前，快速增长的带宽需求迫使一些大型服务提供商开始依赖于 ATM 技术，因为在那时候，路由器接口提供的速度比 ATM 交换机要低。

因此，必须使用一种不同的机制来使得网路层信息能够在路由器和 WAN 交换机之间进行交换，并允许参与转发分组的决策过程，以便不需要在边界路由器之间建立直接连接。

1.1.2 区分式（differentiated）分组服务

传统的 IP 分组转发技术只使用分组的第三层报头中的 IP 目标地址来做出转发决策。当前使用逐段目标地址方案使得大量新方法不能用于网路设计和数据流优化中。例如，在图 1.2 中，旧金山的主干路由器和华盛顿的主干路由器之间的直接链路将转发从海湾区域的所有网络接入点（Points-of Presence，POP）进入网络的数据流，即使该链路处于拥塞状态，而旧金山到达拉斯以及达拉斯到华盛顿的链路上的负载很小。

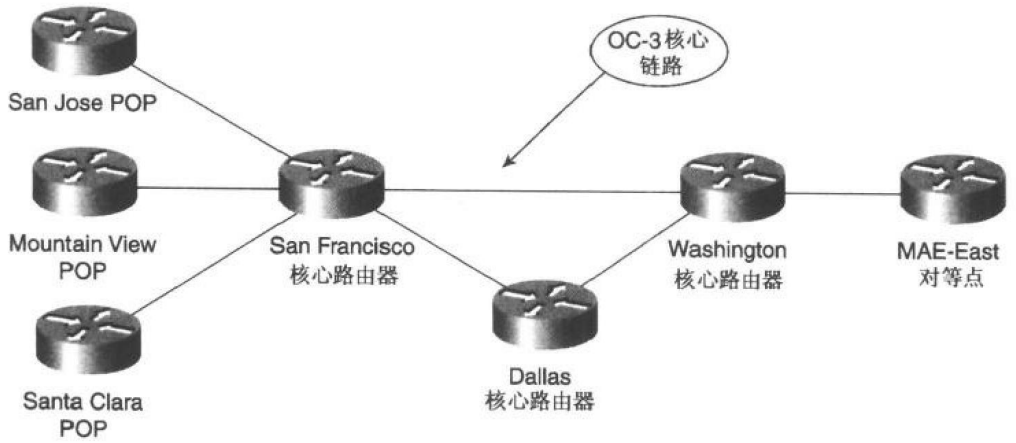

图 1.2 从数据流工程（traffic engineering）受益的网络范例

虽然存在一些影响决策过程的技术，如基于策略的路由技术（Policy Based Routing，PBR），但并没有可以决定分组跨过该网络到达其目的地的整个路径的单个可缩放技术。在图 1.2 所示的网络中，必须在旧金山的主干路由器上部署基于策略的路由技术，以便将一些从海湾地区发送到华盛顿的数据流递送到达拉斯。在主干路由器上部署诸如 PBR 等功能可能严重地降低主干路由器的性能，并导致网络设计方案没有可缩放性。理想情况是，边界路由器（如图 1.2 中的 Santa Clara POP）可以指定分组提供哪条主干链路进行传输。