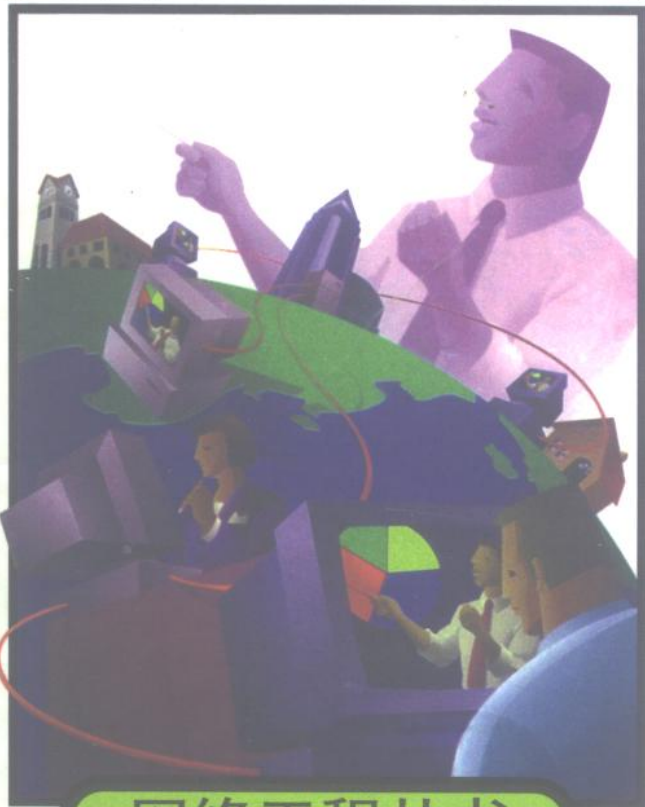


IP组播网络 设计开发 (第1卷)



网络工程丛书

Developing IP Multicast Networks Volume 1

〔美〕 Beau Williamson 著

顾金星 张拥军 南亲良 等译 李三运 审校

CISCO SYSTEMS

CISCO PRESS



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
URL: <http://www.phei.com.cn>

网络工程丛书

IP 组播网络设计开发 (第 1 卷)

Developing IP Multicast Networks, Volume 1

[美] Beau Williamson 著

顾金星 张拥军 南亲良 等译
李三运 审校

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

Authorized translation from the English language edition published by Cisco Press, an imprint of Macmillan Computer Publishing U. S. A.

Copyright © 2000 Cisco Press

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

SIMPLIFIED CHINESE language edition published by Publishing House of Electronics Industry, China.

Copyright © 2000

本书中文简体专有翻译出版权由美国 Macmillan Computer Publishing 下属的 CISCO PRESS 授予电子工业出版社。该专有出版权受法律保护。

图书在版编目 (CIP) 数据

IP 组播网络设计开发. 第 1 卷/ (美) 威廉森 (Williamson, B.) 著; 顾金星等译. - 北京: 电子工业出版社, 2000. 6

(网络工程丛书)

书名原文: Developing IP Multicast Networks, Volume 1

ISBN 7-5053-5988-6

I. I… II. ①威…②顾… III. 计算机网络-设计 IV. TP393. 02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 61980 号

丛 书 名: 网络工程丛书

书 名: IP 组播网络设计开发 (第 1 卷)

原 书 名: Developing IP Multicast Networks, Volume 1

著 者: [美] Beau Williamson

译 者: 顾金星 张拥军 南亲良 等

审 校 者: 李三运

责任编辑: 吴 源

特约编辑: 许梦成

排版制作: 电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者: 北京科技印刷厂

装 订 者:

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 850 × 1168 1/32 印张: 18. 375 字数: 476 千字

版 次: 2000 年 6 月第 1 版 2000 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-5988-6

TP·3149

印 数: 5000 册 定价: 38.00 元

版权贸易合同登记号 图字: 01-1999-3782

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系调换。
电话 68279077

JS437/03

《网络工程丛书》出版说明

随着网络技术的飞速发展和广泛应用,各种先进而实用的网络技术日益成为人们关注的焦点。为了帮助读者更好地学习和掌握这些网络技术,提高网络理论水平和实际解决问题的能力,我们组织翻译了《网络工程丛书》。这套丛书由世界上最著名的图书出版集团——培生教育集团(Pearson Education)出版。熟悉出版界状况的人士可能知道,培生教育集团下辖多个著名的出版集团,例如 Prentice Hall、Addison Wesley Longman 以及 Macmillan 等等,其中 Macmillan 是世界上最大的计算机图书出版集团(1999 年中期并入培生教育集团)。原版的《网络工程丛书》出自 Macmillan 所属的 Cisco Press、New Riders Publishing、Macmillan Technical Publishing 等几家著名的计算机图书出版公司。

《网络工程丛书》自 1998 年开始推向市场,现在已经出版了近 20 种图书(见后面的表格)。本套丛书的种类今后将不断扩张,以期包容所有最新、最高层的网络技术,跟踪并掌握各种技术发展动态及其原理,促进我国计算机网络的应用和开发。

《网络工程丛书》的读者对象

本丛书的读者对象主要是从事网络技术工作的工程技术人员,大专院校计算机专业、通信专业的师生,准备参加各种网络认证考试(包括国内的计算机水平考试、美国微软公司 MCSE 认证考试或 Cisco 公司的认证考试)的学生和职员。还可包括从事其他专业工作,但与网络工作密切相关的技术人员。

《网络工程丛书》的特点

《网络工程丛书》有别于普通的网络技术参考书,它以自身独特的优势,已经获得了并且今后会继续获得广大读者的欢迎。

权威著者 无一例外地,《网络工程丛书》的原文作者均是欧美国家的高层次网络专家。例如,各种国际网络标准组织的技术总监、各种网络标准的制定者或评审人、获得国际最高级网络认证证书(如 CCIE)的权威网络专家、大型/超大型洲际网络的设计人员和高层网络管理人员。鉴于原出版集团所持的“非最高层作者

不用”的原则，本套丛书著者的权威性“毋庸置疑”。

精心翻译 《网络工程丛书》是电子工业出版社的重点系列丛书，我们对译者、审校和编辑人员的选择采用了十分认真、严格的态度。所有参与本套丛书翻译、加工的人员必须是技术水平高、外语水平好且具有翻译图书经验的专业人员。同时，在其他出版环节，例如印刷、装订等环节，我们均制定了较高的要求。目的只有一个：要出高质量的精品丛书。

先进实用 《网络工程丛书》注重技术的先进性，关注网络技术的最新动态，同时十分注意书籍的实用价值。使读者不但能够了解到最新的技术进展、今后的发展动态，而且能够将其应用到实际的工作之中。特别是，丛书中列举了大量的工作实例、故障排除方法及具体实施的经验和技巧，它们可帮助读者以最快的速度、最有效的方法完成任务。同时避免重复他人已经犯过的错误。

易于掌握 尽管本丛书是高水平的技术书籍，但它们并不晦涩难懂。本丛书的语言朴实、简练、易于理解，按照循序渐进、由简单到复杂、由原理到实践的原则，本丛书的内容很容易理解、掌握。只要具备基本的网络知识，便可掌握相关的技术内容，包括那些很深入、很先进的技术专题。

实例丰富 在重视基本原理介绍的同时，实际应用方法和实例是本丛书重要的组成部分，其中的经典实例不但可以帮助学习新知识，还可以举一反三，推广到具体实践之中。

资源共享 为方便学习、阅读本书，本丛书通过附加光盘或相关网站提供与书籍相关的材料或辅助软件，以提供更多的可供读者共享的资源（具体的共享资源见每本书的说明）。

寿命期长 众所周知，网络原理及其标准的变化速度绝不像普通应用软件或操作系统，而且，本丛书合理的结构，使得本书具有较长时间的生命力。本系列书的原版书和翻译作品均制成精装本形式，也从另一个方面说明了出版者对本丛书的信心——它们是可长期应用并颇具收藏价值的优秀系列书。

下面列表总结了适用于协议无关组播（PIM）的基本状态维护规则；详细内容见第 10 章：

通用规则 1——无论何时只要创建一个（S，G）项而其相应的父（*，G）项不存在，就首先自动创建新的（*，G）项。

通用规则 2——RPF 接口是作为对源 IP 地址（或稀疏模式（*，G）项，RP）的最小开销路径接口（基于管理距离/尺度）来估算的。如果多个接口开销相同，选择最高 IP 地址的接口作为“切入点（tiebreak）”。

通用规则 3——在创建新的（S，G）项时，其输出接口列表提供一个来自父（*，G）项的输出接口列表的副本。

通用规则 4——组播转发项的输入接口（RPF 接口）决不能在其他自己的输出接口列表上出现。

通用规则 5——每个组播状态项的 RPF 接口（即输入接口）每 5 秒重新计算一次，而且依据规则 4 对输出接口的列表做适当的调整（以防在输出接口列表上出现输入接口）。

通用规则 6——对（*，G）项的输出接口列表的添加和删除都被复制到所有与该组有关的（S，G）项。

下面列表总结了适用于 PIM 密集模式的状态维护规则；详细内容见第 10 章的描述：

密集模式规则 1——密集模式（*，G）项的输出接口列表映射了现有的 PIM-DM 邻居接口或直接连接的组成员接口。

密集模式规则 2——密集模式（S，G）项的输出接口在剪枝时不能删除，而是被标记为“Prune/Dense”，且仍保留在输出接口列表上。

密集模式规则 3——当一个接口的 PIM 邻居列表上增加一个新邻居时，该接口在所有 PIM-DM（S，G）输出列表重新设置“Forward/Dense”状态。

下面列表总结了适用于 PIM 稀疏模式的状态维护规则；这些规则在第 11 章中描述：

PIM 稀疏模式规则 1——稀疏模式（*，G）项是作为显式

加入操作的结果而创建的。

PIM 稀疏模式规则 2——稀疏模式 (*, G) 项的入口总是指向 RP 的共享树。

PIM 稀疏模式规则 3——稀疏模式 (S, G) 项在下列条件下创建：

- 接收一条 (S, G) 加入消息/剪枝消息
- 上一跳路由器上切换到 SPT 时
- 不可预料的 (S, G) 到达时 (*, G) 状态不存在
- 在 RP 上接收一条注册 (Register) 消息时

PIM 稀疏模式规则 4——增加到稀疏模式 (*, G) 或 (S, G) 项出口表中的接口由如下两个条件之一决定：

- 当通过该接口接收到一个适当的 (*, G) 或 (S, G) 加入消息时
- 当该接口存在一个该组的直连成员时

PIM 稀疏模式规则 5——从稀疏模式 (*, G) 或 (S, G) 项的出口表中删除一个接口发生在如下两种之一的情形：

- 当通过该接口（这里没有直连成员）接收到一个适当的 (*, G) 或 (S, G) 剪枝消息（不被否决）时
- 当该接口的有效期计时器倒计时到 0 时

PIM-SM 稀疏模式规则 6——接口有效期计时器重新置回 3 分钟是通过如下两个条件之一来进行的：

- 该接口接收到一个适当的 (*, G) 或 (S, G) 加入消息
- 在接口上接收到一个来自直连成员的 IGRP Membership Report

PIM-SM 稀疏模式规则 7——当 (S, G) 项的 RPF 邻居与 (*, G) 项的 RPF 邻居不同时，路由器将向共享树发送一个 (S, G) RP 位剪枝消息。

PIM-SM 稀疏模式规则 8——稀疏模式 (S, G) 项的 RPF 接口（即入口）是用源的 IP 地址计算的，除了设置 RP 位的情况下，在这种情况下，使用 RP 的 IP 地址。

作者简介

Beau Williamson 是 Cisco System 公司 CTO 部门的一个资深的咨询工程师。他的专门研究领域为一般的 IP 网络，他目前的主要研究重点在 IP 组播。他在 1984 年从达拉斯的得克萨斯大学获得计算机科学的数学学士学位，并在计算机和网络技术领域内一直工作了 20 多年。他经常应 Cisco 的世界范围内客户及 Cisco 内部的工程师要求提供关于 IP 组播网络的设计、实现及调试方面的咨询。Beau 也是 Cisco 内部 IP 组播培训班的教师和开发者，且经常在美国国内和海外的 Cisco 网络专业人员及 Cisco 认证的因特网专家 (CCIE) 会议上作有关 IP 组播方面的报告。他同他的妻子和儿子居住在得克萨斯州的达拉斯。当他不工作的时候，他有范围广泛的业余爱好，包括业余无线电、高尔夫、木工和驾驶私人飞机。

技术校对员简介

Dino Farinacci 18 年来一直在进行网络协议的设计和实现。在距离矢量和链路状态协议实现方面，他有丰富的经验；在过去的 5 年里，他的主要精力集中在组播路由协议方面的研究。Dino 现在 Cisco System 公司的多媒体组工作。他成为 IETF 成员已经超过 10 年，在那里他参加了开放式最短路径优先 (OSPF)，协议无关组播 (PIM) 和各种 IPng 候选的工作。在一段短的时间里，他是 IPng 理事会的成员，在那里他帮助 IETF 集中于单一的 IPng 解决方案。现在，他专心于组播标记交换，基于策略的域内组播路由和可靠的组播协议。他是在因特网中 Mbon 网络上部署 Cisco 组播路由器和许多美国国内 ISP 基础结构的主要工程师之一。

Kevin Almeroth 是 Santa Barbara 的加利福尼亚大学的助理教授。他的研究兴趣包括计算机网络和协议、组播通信、大型多媒体系统及性能评估。除了他的研究兴趣外，Almeroth 博士是几个

IETF 工作组的积极参与者，他为作为网络运行中心（NOC）小组一部分的 Networkd + Interop 帮助管理组播；他是发起 IP 组播的资深技术人员；也是 Internet2 组播工作组的主席。Eric Mar 是 Cisco System 公司的一个资深工程师，获得了路由和交换（CCIE # 3882）的 CCIE 证书。在过去 7 年里作为各类网络制造商的系统工程师，他已经为财富 500 家公司提供设计和实现支持。他从 Santa Clara 大学获得 MBA 学位，从 San Francisco 州立大学获得商业管理学士学位。

Bob Quinn 是 Stardust. com 的资深技术人员，在那里他为 IP 组播创始和 QoS 论坛编写白皮书，并跟踪 IETF 的开发。他是受到广泛好评的《Windows Sockets 网络编程》（Addison-Wesley）一书的主要作者，并且是 WinSock 2 编辑委员会的主席，该编辑委员会监督 WinSock 应用编程接口（API）的新开发和问题。读者可以通过下面的 e-mail 地址同他联系：rep@stardust. com.

致 谢

如果没有许多人的支持，这本书目前不可能已经出版，在此我不便列举所有帮助过的人，但我确实对他们深表感谢。特别地，我要感谢来自 Cisco 公司 IP 组播开发组的 Dino Farinacci, Liming Wei 及他们的管理员 Achutha Rao。对大量有关 IP 组播问题的提问和讨论，Dino Farinacci 和 Liming Wei 所提供的帮助及表现出来的耐心远远超出了他们的职责。同样要对开发编辑 Kathy Trace 表达我的感激之心，除了在我需要把别人的意见反馈回来的时候，他很有耐心外，他还要容忍我原稿中存在的严重遗漏及对原稿稀奇古怪的格式要求。更进一步，由于技术校对员对本书中技术内容的杰出输入工作，在此我向 Dino Farinacci, Manoj Leelanivas, Kevin Ameroth, Eric Mar 和 Bob Quinn 表示感谢。

最后，我要感谢我妻子和儿子，感谢她们给予我的支持，也感谢她们表现出的耐心以及当在我的 PC 机上的字处理软件产生意想不到的结果时我经常对着它发出的吼声的忍耐。

译者的话

传统因特网的大部分应用都使用点对点的 IP 传输，而点对多点的 IP 传输也只限于局域网应用。几年前为了实现资源发现和多媒体会议的应用，采用 IP 组播技术的新应用开始涌现出来。通过使用这些应用及许多目前正在开发的多媒体应用，迫使许多企业和服务商的网络工程人员去了解 IP 组播技术；另一方面，IP 组播的许多概念对大多数网络专业人员是一个完全陌生的概念。为此我们翻译了 Cisco System 公司出版的《Developing IP Multicast Networks》一书，其作者 Beau williamson 是 Cisco System 公司从事 IP 组播网络项目开发的一位资深技术专家。本书为网络专业人员提供了一本有关 IP 组播方面内容的易于理解的书，且是一本通俗易懂的 IP 组播指南。书中不仅介绍了有关 IP 组播方面的基本原理，而且也提供了必要的信息去设计、实现和调试基于 Cisco 路由器的 IP 组播网络。全书整个内容分成五个部分，如下所述。

1. IP 组播的基本原理 介绍了 IP 组播的基本原理和概念、术语及机制。基本原理包括怎样在 OSI 协议模型的第 2 层和第 3 层上为 IP 组播信息流寻址；介绍了两个最重要的概念：分布树和逆向路径转发。介绍了在主机和路由器之间使用的用来向路由器通知主机对接收什么样的 IP 组播流感兴趣的机制。涉及了几个最流行的多媒体组播应用，并对这些应用中所用到的协议和方法进行了介绍。

2. 组播路由选择协议概述 对大多数众所周知的域间组播路由选择协议给予了描述，这些协议包括距离向量组播路由选择协议（DVMRP）、组播 OSPF（MOSPF）、PIM 密集模式（PIM-DM）、PIM 稀疏模式（PIM-SM）及有核树（CBT）。内容主要着重于这些组播路由器协议的概念、机制、适用性及扩展性。

3. CISCO 组播网络的实现 研究利用 Cisco 路由器和 PIM 组

播路由协议实现 IP 组播网络的细节。详细深入地研究了使用 PIM 稀疏模式及密集模式的 Cisco 实现方法，对 Cisco 组播路由表项以及状态规则和建立维护这些表项的机制进行了解释和说明。讨论了汇合点（PR）管理的话题；讨论了经常引起误解的 Cisco DVMRP 互操作性特征，该特征允许 Cisco 路由器在 DVMRP 网络和 Cisco PIM 网络之间充当边界路由器。

4. 第 2 层的组播 探究了在校园网及非广播多路访问网络（NBMA）的第二层组播。讨论了在校园局域网环境中碰到的对组播流量所加约束的争论和问题。讨论了在忽略类型的惟一性时在 NBMA 网络中可能碰到的问题。

5. 组播的高级课题 包括了在构造大型的、复杂的 IP 组播网络中可能碰到的更高级的例子。讨论了 IP 组播流的限定和控制，对域间组播路由选择进行了简要介绍。讨论了为解决在构造跨越因特网中多个域或自治系统时的组播分布树所引起的复杂性相关协议，它们既包括现有的协议，也包括未来的协议。

参加本书翻译的有顾金星、张拥军、南亲良、丁文硕、许天中、张羚、曹荟、周红、杨俊兰、旭庆等同志。全书由李三运审校。由于时间仓促，加之译者水平有限，译文中不足之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

引 言

实际上 IP 组播的出现已经有一段时间了，但这也仅仅是一个 IP 组播时代的开始，并且可以肯定 IP 组播将是自从 World Wide Web 技术推广之后出现的最激动人心的网络技术之一。已经在 UNIX 工作站上使用了相当长时间的多媒体音频和视频会议应用现已被成功地移植到 Microsoft 的 Windows 环境。通过使用这些应用及许多其他近期开发出来的多媒体应用，网络用户已经开始了他们在 IP 组播世界里的历程。他们发现除了最明显的音频/视频多媒体应用外，IP 组播也为其他有价值的应用提供了可能性。金融行业就是一个基本的例子，那里具有 IP 组播功能的网络在提供重要市场数据有效传送的同时，也为股票经纪人之间的快速通信服务提供保障。这直接地表现为网络用户的一种快速增长的需求，即网络用户要把他们原有的 IP 单播网络迁移到具有组播功能的网络。这种需求对企业和服务提供商的工程人员施加了很大的压力，迫使他们去了解 IP 组播技术。此外，对大多数网络设计人员及网络管理员来说，IP 组播的许多概念，如分发树和逆向路径转发等是一个完全陌生的概念，因为在其他的网络学科中找不到这种类似的概念。结果，许多网络专业人员将面临这样一个非常严峻的学习任务，即他要凭借非常有限的知识在很短的时间内掌握 IP 组播技术。

我是在 1995 年作为一个系统工程师在 Cisco System 公司工作时才接触到 IP 组播的。并很快知道在 Cisco 路由器上实现 IP 组播是件非常简单的事情，只要知道两个配置命令就行。然而我发现在使用 IP 组播之后，对网络中将会发生什么情况一无所知。更糟糕的是在路由器上显示的组播路由选择和调试信息对我来说几乎和天书一样难懂。正当我拼命学习并理解这个迷人的网络技术时，我很快发现在一些易于理解的内容上，几乎和描述相关协议的 RFC 文档没有什么不同（对我长期失眠症而言，大多数的

RFC 被证明是一付比任何事情都有用的药方)。经过一段时间的努力和相当数量的实验,我就能勾画出一幅清晰的画面,该画面描述了 IP 组播到底是什么,以及在有限的信息宝库中 IP 组播能做什么。我写《IP 组播网络设计开发》一书是为了向其他的网络专业人员提供一本易于理解的书,该书不仅阐述了有关 IP 组播的基本原理,而且提供了必要的信息去实现和调试基于 Cisco 的 IP 组播网络。

目 标

本书的目的是使读者能成为一个胜任的 IP 组播网络工程师。为达到这个目的,书中清楚地论述了有关 IP 组播的原理,并提供了有关建立基于 Cisco 产品的 IP 组播网络方面的具体细节。不管读者是否是一个正试图在一个大因特网服务提供商的网络上实现 IP 组播网络的工程师,还是一个小型企业网络的管理员,本书对他们都适用。

读 者

本书适合于那些准备将他们目前的 IP 单播网络迁移到 IP 组播网络的任何人或机构。这类人包括负责设计网络的有经验的网络工程师以及网络日常运行和监控的网络操作员。即使对于那些正在编写准备利用 IP 组播功能的应用程序开发者来说也可以从本书得到许多有用的概念。

虽然本书假定读者没有任何有关 IP 组播的经验,但仍假定读者已经具备了某些 IP 单播路由选择方面的知识,本书在材料安排上采用了搭积木式的方法,即从 IP 组播的基本概念开始,通过几个组播的应用例子,然后进入组播路由选择协议,一步步地朝前发展。这种积木式的方法使得本书既能满足目前正在为弄明白 IP 组播基本概念而努力学习的初学者的需要,也能满足目

前正在将他们的网络迁移到支持 IP 组播网络的有经验的网络工程人员的需要。

本书的结构安排

本书分成五个部分和一个附录

- 第一部分——IP 组播的基本原理——从第 1 章到第 4 章包括了 IP 组播的基本概念、术语及机制，并为以后章节提供了基础。基本原理包括怎样在 OSI 协议模型的第 2 层和第 3 层上为 IP 组播信息流寻址，同时介绍了两个最重要的概念：分布树和逆向路径转发。第三章“因特网组管理协议”介绍了在主机和路由器之间使用的用来向路由器通知主机对接收什么样的 IP 组播流感兴趣的机制。第 4 章“多媒体组播应用”涉及了几个最流行的多媒体组播应用，并对这些应用中所用到的协议和方法进行了介绍。

- 第二部分——组播路由选择协议概述——从第 5 章到第 9 章对大多数众所周知的域间组播路由选择协议给予了描述，这些协议包括距离向量组播路由选择协议（DVMRP），开放式组播最短路径优先（MOSPF），PIM 密集模式（PIM-DM），PIM 稀疏模式（PIM-SM）及有核树（CBT）。每一章主要着重于这些组播路由器协议的概念、机制、适用性及扩展性。在第 5 章“距离向量组播路由选择协议”中介绍的 DVMRP 机制对理解在第 13 章“连接 DVMRP 网络”中讨论的 Cisco 路由器到 DVMRP 网络接口的内容特别重要。

- 第三部分——Cisco 组播网络的实现——第 10 章到第 13 章，研究利用 Cisco 路由器和 PIM 组播路由协议实现 IP 组播网络的细节。第 10 章“使用 PIM 密集模式”和第 11 章“使用 PIM 稀疏模式”详细深入地研究了使用 PIM 稀疏模式及密集模式的 Cisco 实现方法，并且继续在第 6、7 章中断的讨论。这两章对 Cisco 组播路由表条目以及状态规则和建立维护这些条目的机制

进行了解释和说明。第 12 章讨论了汇合点（PR）管理的话题，包括用来向网络中所有路由器分发从组到 RP 的信息。最后，第 13 章“连接 DVMRP 网络”讨论了经常引起误解的 Cisco DVMRP 互操作性特征，该特征允许 Cisco 路由器在 DVMRP 网络和 Cisco PIM 网络之间充当边界路由器。

- 第 4 部分——第 2 层的组播——第 14、15 章探究了在校园网及非广播多路访问网络（NBMA）的第二层组播。第 14 章“校园网上的组播”讨论了在校园局域网环境中碰到的对组播流量所加约束的争论和问题。第 15 章“NBMA 网络的组播”识别了在忽略类型的惟一性时在 NBMA 网络中可能碰到的问题。

- 第五部分——组播的高级课题——第 16、17 章包括了在构造大型的、复杂的 IP 组播网络中可能碰到的更高级的例子。第 16 章“组播流量管理”讨论了 IP 组播流的限定和控制。最后，第 17 章对域间组播路由选择进行了简要介绍。最后一章讨论了为解决在构造跨越因特网中多个域或自治系统的组播分布树时所引起的复杂性相关协议，它们既包括现有的协议，也包括未来的协议。

建 议

读者也许发现本书和 Cisco 出版的其他传统的书有相当大的差别，这类传统的书通常把相当数量的篇幅用来描述 Cisco 路由器的配置文件。理由很简单：在路由器上配置 IP 组播很容易！正如读者将很快发现的那样，只需很少的因特网操作系统（IOS）命令就可实现 IP 组播。真正的挑战是要能够理解在 IP 组播实现之后，在网络中和路由器上发生了什么。

实例：我所教过的几期 Cisco 内部培训班与 Cisco 路由器配置介绍（ICRC）及高级 Cisco 路由器配置（ACRC）课程中所采用的传统实验室训练风格也有差别。在 ICRC/ACRC 课程中，每个学员主要将精力集中在用某些因特网协议或特征配置他或她自己的

路由器上。然而，在我们内部的 IP 组播课程中，大多数的实验室训练集中在 IOS 命令 Show 和 Debug 的使用上，以便观察当 IP 组播实现后发生了什么。这可以通过发送者和接收者小心地刺激网络并观察实际中的 PIM 协议机制来实现。

同样，本书首先将重点放在 IP 组播的概念和基本原理上。直到由第 10 章开始的第三部分“Cisco 组播网络实现”，我们才开始看到第一个配置例子。即使是这时，资料也更多地集中在理解具体配置的例子意味着什么。只有读者阅读了某些更高级的章节后，如第 13 章，读者才真正开始看到有意义的详细的配置例子。

最后，在读这本书的时候，读者似乎觉得 IP 组播路由选择是颠倒的，因为它更关注的是信息流来自何方，而不是流向何方。在我教的培训班里，我经常不得不通过告诉学生“IP 组播路由选择是倒立的”这个事实，来提醒他们（他们一般已经是单播路由的有经验的工程师）要引起注意。我总是用这个形象化的描述来帮助学生弄清他们很难理解的颠倒了的 IP 组播世界。我还让学生求助于实际上身体的倒立。而这种形象化的比喻似乎导致了一种精神观察力方面的某种改变，使你终于“悟出道道来了”。读这本书的时候，特别是当读者试图理解某些更高深的概念及机制时，他也许要“倒立”一下。从过去的经验来看，这种方法对我的学生来说似乎是很有帮助的。

目 录

第一部分 IP 组播的基本原理

第 1 章 组播介绍	(3)
1.1 IP 组播简史	(5)
1.2 IP 组播的正面讨论	(6)
1.2.1 带宽	(6)
1.2.2 服务器负载	(8)
1.2.3 网络负载	(9)
1.3 IP 组播的反面	(10)
1.3.1 不可靠的信息包传送	(10)
1.3.2 信息包复制	(11)
1.3.3 网络阻塞	(12)
1.4 组播应用	(14)
1.4.1 多媒体会议	(14)
1.4.2 数据分发	(15)
1.4.3 实时数据组播	(15)
1.4.4 游戏和仿真	(16)
1.5 因特网的组播主干(MBone)	(17)
1.5.1 MBone 会议	(18)
1.5.2 MBone 历史	(18)
1.5.3 今天的 MBone 体系结构	(20)
1.5.4 明天的 MBone 体系结构	(22)
1.6 小结	(23)
第 2 章 组播基础	(24)
2.1 组播地址	(24)