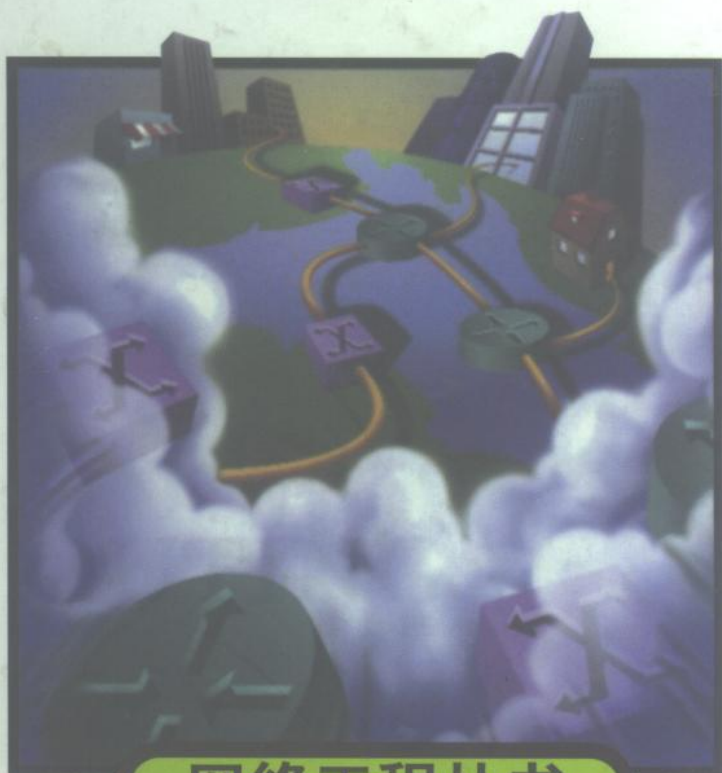


IP路由原理与应用



网络工程丛书

IP Routing Fundamentals

[美] Mark A. Sportack 著
邓迎春 何道君 杜雪涛 等译
韩 松 审校

CISCO SYSTEMS

CISCO PRESS



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

SPT/2

网络工程丛书

IP 路由原理与应用

IP Routing Fundamentals

M. A. 斯波塔克)
[美] Mark A. Sportack 著

邓迎春 何道君 杜雪涛 等译
韩 松 审校

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

052646

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

Copyright© 01/18/99

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 © 1999

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 路由原理与应用/(美)斯波塔克(Sportack, M. A.)著;邓迎春等译.

- 北京:电子工业出版社,1999

(网络工程丛书)

书名原文:IP Routing Fundamentals

ISBN 7-5053-5546-5

I. I... II. ①斯... ②邓... III. 计算机网络-路由选择 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 26936 号

丛 书 名:网络工程丛书

书 名:IP 路由原理与应用

原 书 名:IP Routing Fundamentals

著 者:[美]Mark A. Sportack

译 者:邓迎春 何道君 杜雪涛 等

审 校 者:韩 松

责任编辑:周宏敏

印 刷 者:北京华威治金印刷厂

装 订 者:三河市海波装订厂

出版发行:电子工业出版社出版、发行 URL: <http://www.phei.com.cn>
北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036 发行部电话 68214070

经 销:各地新华书店

开 本:850×1168 1/32 印张:12.375 字数:356 千字

版 次:1999 年 9 月第 1 版 1999 年 9 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-5053-5546-5

TP·2807

印 数:5000 册 定 价:26.00 元

著作权合同登记号 图字:01-1999-1179

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

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,提高解决实际技术问题的能力,我们组织翻译了这套由美国知名计算机图书出版公司 Macmillan 下属的 New Riders Publishing 和网络业界“领头羊”Cisco Systems 公司联合组织的《网络工程丛书》,并将陆续出版。

本套丛书覆盖了网络技术领域的各个主题,虽然部分内容以 Cisco Systems 支持的网络技术为线索,但其内容仍具有广泛的通用性。

本套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,也适合大专院校计算机、通信等学科各专业在校师生和工作时间不长的毕业生阅读参考。

本套丛书的几个突出特点是:

- **权威经典。**本丛书由 Cisco Systems, Inc. 富有实践经验的技术专家集体精心编著,在国际上深受网络界人士欢迎,被许多网络工程师作为案头必备的技术参考书。

- **先进实用。**本丛书从实用角度介绍网络新技术,其中含有大量的工程设计和实施准则的精华,实用性与先进性强。

- **简单易懂。**尽管丛书讲解了不同等级的专门技术,但是按照循序渐进,由一般到特殊、由基本概念到工程实践的步骤讲述。不要求读者有系统的网络基础知识,理解专业技术所需的网络背景知识会在需要时给出。本丛书的基本内容是简单易懂的,实际例子是任何人都可参考的。

- **实例丰富。**基于实例的方法是本丛书非常重要的部分,其中的经典实例不但可以帮助读者学习新知识,还可使读者举一反三,

推广、应用到具体工程实践中去。

•**别具风格**。丛书中采用了一些用来帮助强调实用性和易于读者轻松、快捷地掌握知识的写作特点和惯例。本丛书附图多,实例多,读者可以直观地学到网络的基本概念和实用知识。

殷切希望广大读者提出宝贵意见和建议,以使本套丛书日臻完善。

电子工业出版社

1998年2月

译者的话

本书是 Cisco 出版社与 Cisco 系统公司合作出版的“网络工程丛书”系列图书中的一本。Cisco 系统公司在网络业界的领导地位是众所周知的,本书作者 Mark A. Sportack 为 AT&T 公司进行了多年的网络结构规划和新技术分析,实践经验丰富,同时著有大量网络方面的专著,理论造诣深厚。可见,本书是恰当的出版商组织了恰当的作者的成果,可以说天时、地利已占。

那么这本书本身如何,它是否是一本“恰当”的书呢?我们从书名《IP 路由原理与应用》中大概可以看出它所涉及的内容。IP 网络是以 TCP/IP 协议为基础的互连网络,从两方面分析可以得出这样的结论:IP 网络在网络技术中占主导地位。其一,在多年与同样面向非连接的其他计算机互连网络(如 IPX/SPX, AppleTalk)的竞争中,IP 网络已占据绝对的优势;其二,随着信息时代的来临,网络正在逐渐走向融合,计算机网、电信网和有线电视网三网合一将是未来的大趋势,人们认为统一的信息网络将是 21 世纪信息时代的必然。考察现今的网络技术,只有 IP 具有将三网融合的技术基础,虽然 IP 网络与面向连接的电信网(如 ATM)的融合方式还不明朗,有人认为它们将是技术上的相互融合和补充,但是可以说,IP 网络技术将是未来信息网络的主体技术。需要指出的是,IP 网络的代表——因特网的发展之快是其当初的设计者始料所不及的,人们普遍认为下一代因特网将是真正的全球信息高速公路。

路由技术,或者说路由选择技术,是网络最复杂也是最核心的技术。网络互联需要这样一种机制:它能够发现远端的网络和主机并通过网络探测到达那些网络和主机的不同的可能路径(或路由)。这个机制就被称为路由器。发现、计算并比较到达远端网络

和主机的路由的过程即是路由选择。路由选择是网络互联技术的聚合点,它涉及网络传输技术、IP 编址技术、路由选择协议、各种网络设备和接口以及互联网的构建等各个方面。本书实际上是以路由技术为主线将其他网络互联技术串接在一起,既突出重点,又兼顾其他。

IP 是网络中的核心技术,而路由选择又是 IP 中的关键,因而本书涉及的内容是网络技术中关键中的关键。在信息技术发展到了今天,当 IP 正在成为普及的网络技术并将得到更大发展的时候,我们没有理由不相信:本书是一本恰逢其时的好书。

本书既是一本关于当今网络技术的基础性著作,同时又是一本涉及网络关键技术的专著。这个特点决定了它有较宽的适用范围,适合本书的读者包括:大专院校通信、计算机及相关专业的师生;从事网络开发、管理及使用的网络工程技术人员;IT 行业的管理人员(特别是 IT 经理们)。相信本书会拥有大量的读者,也相信各位读者都会开卷受益。

本书主要由韩松、何道君、邓迎春、杜雪涛译,其中第一部分由韩松翻译,第二部分由邓迎春翻译,第三部分由何道君翻译,第四部分由杜雪涛翻译。韩松对全书进行了审校。此外,在翻译过程中,张质勤、付宁、张静蓉、李明哲、何奎梁、韩晓窗等也做了大量的工作,同时我们向所有支持本书翻译出版的人们表示感谢。由于本书涉及网络技术的各个方面,加之信息与网络技术发展很快,其中许多词汇较新,可能国内尚未有统一的译法,我们虽在深入理解原文的基础上,多方查证,力求找到一个既能很好表达词意又能广为接受的译名,但我们深知水平有限,书中难免不当之处,欢迎广大读者批评指正。

译 者

1999 年 5 月于北京

作者简介

Mark A. Sportack 是 AT&T 公司的信息技术设计师,他在信息和信息技术的计划、应用、支持和管理方面有 15 年以上的经历。Mark 现在的职责包括为 AT&T 公司的局域网和广域网规定体系结构和技术基础,并对新出现的技术提出对策。此外,Mark 还是几本有关网络技术的各个方面的书的作者或合作者:《High - Performance Networking Unleashed》、《Windows NT Clustering Blueprints》、《Teach Yourself MCSE Networking Essentials in 14 Days》以及《Networking Essentials Unleashed》。

技术评论者简介

Matthew H. Birkner, CCIE # 3719, 已在连网工业界工作了七年。他曾是一名网络设计工程师、网络操作中心工程师以及技术支持工程师。以前,作为 MCI 外购部门的高级网络工程师,他负责用户复杂的网络问题的解决。现在他是 Cisco 系统公司的网络咨询工程师,从事企业网的设计和性能分析工作。Matt 拥有 Tufts 大学电子工程学士学位。

David Kurtiak 是 AT&T 的数据通信专家,在该公司,他为用户和小企事业单位(the Consumer and Small Business Unit)的数据通信基础设施提供发展战略规划,该数据通信基础设施由种类繁多的网络、计算机平台、网络操作系统以及用户开发应用组成。他是端到端网络分析、规划和故障排除方面的专家,他在许多通信技术方面富有经验,这包括:以太网、FDDI、交换机、集线器、路由器、拨号进入、VPN 技术、点对点数字设备、帧中继以及房屋布线拓扑技术,他也是 TCP/IP 网络互联方面公认的专家。David 拥有设在 Boulder 的科罗拉多大学的电信硕士学位,他的学士学位是在位于 Greensboro 的北卡罗来纳大学获得的。

谨以此书献给

我珍爱的妻子——Karen,直到遇见了你我才知道生活是多么的美好。

我的孩子——Adam 和 Jennifer,你们两个是我的骄傲和快乐。

致谢

我想表达我对 Ronald Hagen 的感谢。谢谢你 Ron,多年前的那次午餐时的闲聊改变了我的一生。你当时说的是对的:网络互联的未来是 IP,现在还是这样。感谢你的忠告和指导。

我还想感谢 David Kurtiak、Matt Birkner、Russ White 和 Don Slice。我不能找到比他们更有才华和能力的评论人了。伙计们,非常感谢你们的支持、帮助和学识。

最后,我要感谢 Brett Bartow、Amy Lewis、Kitty Jarrett、Alicia Buckley 以及其他 Cisco 出版社和麦克米兰技术出版社所有帮助此书出版的人。

绪 言

路由选择是网络最复杂同时也是最重要的功能。大多数有网络知识的人都认同网络和路由选择技术已经出现了将近 25 年。路由选择的概念实际上可追溯到 20 世纪 50 年代,当时计算技术仍是一门处于襁褓中的神秘科学。极少有组织拥有一台单独的计算机,更不用说需要连在一起的多台计算机了。网络互联(多台计算机互联)更多地仍是关于未来的幻想而非现实,这一幻想预测到了那一天的到来:计算机将被广泛使用并通过一个无所不在的全球互联网络——因特网互联。

建立并使用全球互联网的挑战正在改进发现、访问并与远端主机通信的手段。表面上,全球互联网会提供冗余;换句话说,穿过某一网络、在任意给定的一对主机之间会有许多不同的物理路径。需要这样一种机制,它能够发现远端的网络和主机并通过网络探测到达那些网络和主机的不同的可能路径(或路由)。

最后,需要应用某些逻辑或数学的方法。逻辑上讲,如果存在许多不同的到达某个特定目的的路径,它们不可能完全相同。某些路由可能会比其他的路由提供总路径较短或者性能较好的路径。因此,比较所有可能的路径然后选择最好的一条或几条路径是符合逻辑的。这时,这些机制就被称为路由器。发现、计算并比较到达远端网络和主机的路由的过程即是路由选择。

本书将帮助你探索路由器的机制以及可路由选择和路由选择协议,并帮助你使用路由选择技术建立互联网。尽管本书主要是为初学者编写的,它包含了对许多当今最重要的路由选择协议的详细技术考察,这些考察十分深入细致,它对各个级别的专业人员也有参考价值。在你已经掌握了路由选择和路由选择协议很长时

间之后,你会逐渐发现本书是一本不可缺少的技术参考书。

本书的第一部分是对网络互联的概述,它包括对在 LAN(局域网)和 WAN(广域网)中使用路由器的一些帮助。概述中假定使用的是互联网协议(IP,Internet Protocol),这是今天在用的占统治地位的可路由选择协议。IP 从二十多年前开始至今,得到了充分发展。它曾经简单的编址结构,在发展过程中已变得相当复杂。本书将用整整一章的篇幅来考察 IP 的编址,这包括起先的基于类的地址结构、子网编号以及无类域间路由选择(CIDR)地址。该章也简单地考察了一下 IP 地址将如何随着 IPv6(下一代 IP)而变化。IP 地址在全书中将大量使用,以便在介绍各种路由选择概念时为你提供特定的例子。

本书的第二部分略微深入一些。与从高层着眼互联网相反,第二部分着眼于路由器的内部工作原理。这部分包括对两个版本 IP(IPv4[当前版本]和 IPv6[下一代])的逐项比较、路由器用于通信的各种传输技术以及路由选择协议的机制。

路由选择协议有不同的类型。概括地讲,它们分为两类:根据某种距离测量计算路由;根据组成路由的链路状态的某种测量计算路由。前者称为距离矢量路由选择协议,后者称为链路状态路由选择协议。对于这两种路由选择协议之间功能差别的评价为你读第三部分做了准备。

第三部分详细地考察了当今最主要的路由选择协议。读者将真切地看到 RIP、RIP-2、OSPF、IGRP 和 EIGRP 在互联网中是如何工作的。理解路由选择机制将帮助你设计更好的网络、更有效地排除故障以及调整现有的网络。

本书前三个部分对于路由器和路由选择详细的考察自然引出了本书的最后一部分。本书的最后一部分强调了路由选择技术的实现并洞察了路由选择的未来。

第四部分的第 13 章集中讨论了构建互联网。互联网必须适应不同类型的需求,这些需求因网络不同而变化相当大,但也包含了某些明确的属性。这些属性包括可扩展性、网络内的各位置间

目 录

第一部分 网络互联基础	(1)
第 1 章 网络互联	(3)
1.1 OSI 参考模型	(3)
1.1.1 七层模型	(4)
1.1.2 对 OSI 参考模型的误解	(12)
1.2 逻辑邻接	(14)
1.2.1 逻辑邻接的实现方法	(15)
1.2.2 接收比特流	(18)
1.3 路由选择的需要	(22)
1.3.1 路由器	(23)
1.4 小结	(27)
第 2 章 理解互联网地址	(28)
2.1 因特网的地址结构	(28)
2.1.1 通告网络地址	(29)
2.2 IP 编址	(32)
2.2.1 二进制与十进制编号	(32)
2.2.2 IPv4 地址格式	(34)
2.3 子网连网的出现	(40)
2.3.1 子网连网	(41)
2.3.2 VLSM	(45)
2.4 无类域间路由选择	(47)
2.4.1 无类编址	(48)
2.4.2 增强型路由聚合	(48)
2.4.3 超网连网	(49)
2.4.4 CIDR 怎样工作	(49)

2.5 小结	(50)
第3章 路由器和局域网	(52)
3.1 LAN 域	(52)
3.1.1 介质访问域	(53)
3.1.2 MAC 广播域	(57)
3.2 LAN 网络分段	(60)
3.2.1 用网桥分段	(60)
3.2.2 用交换机分段	(66)
3.2.3 用路由器对网络分段	(69)
3.2.4 网桥、交换机和路由器之间的差别	(72)
3.3 LAN 主干	(72)
3.3.1 崩溃式主干	(73)
3.3.2 并行主干	(75)
3.4 WAN 网关	(75)
3.4.1 IP 网络域	(76)
3.5 小结	(79)
第4章 路由器和广域网	(80)
4.1 详细考察路由器	(80)
4.1.1 物理组件	(81)
4.1.2 路由器功能	(82)
4.1.3 WAN 中路由器的作用	(87)
4.1.4 网络互联方案	(90)
4.2 WAN 性能评价标准	(94)
4.2.1 组件正常运行时间	(95)
4.2.2 通信容量	(96)
4.2.3 延迟	(96)
4.2.4 资源利用率	(97)
4.2.5 WAN 的花费	(99)
4.3 小结	(100)
第二部分 路由器的内部工作原理	(101)

第 5 章 互联网协议版本	(103)
5.1 网络层	(103)
5.2 传输层	(104)
5.3 互联网协议,版本 4(IPv4)	(105)
5.3.1 剖析 TCP/IP	(107)
5.4 互联网协议,版本 6(IPv6)	(116)
5.4.1 IPv6 单点播送地址结构	(118)
5.4.2 IPv6 过渡性的单点播送地址结构	(121)
5.4.3 IPv6 任意点播送地址结构	(122)
5.4.4 IPv6 多点播送地址结构	(122)
5.5 小结	(123)
第 6 章 传输技术	(124)
6.1 局域网技术	(124)
6.1.1 以太网	(124)
6.1.2 令牌环网	(129)
6.1.3 FDDI	(130)
6.1.4 ATM	(135)
6.2 广域网技术	(136)
6.2.1 租用线路	(136)
6.2.2 电路交换设施	(137)
6.2.3 分组交换设施	(139)
6.2.4 信元交换设施	(142)
6.3 载波系统标准	(143)
6.3.1 ANSI 的数字信号分级结构	(144)
6.3.2 ITU 的数字信号分级结构	(145)
6.3.3 SONET 的载波系统	(146)
6.3.4 T-载波系统	(148)
6.4 小结	(150)
第 7 章 路由选择协议原理	(151)
7.1 路由选择	(151)

7.1.1	静态路由选择	(152)
7.1.2	距离矢量路由选择	(157)
7.1.3	链路状态路由选择	(160)
7.1.4	混合路由选择	(162)
7.1.5	混合路由选择的性能特征	(163)
7.2	会聚	(164)
7.2.1	调整拓扑结构的变化	(164)
7.2.2	会聚时间	(170)
7.3	路由计算	(171)
7.3.1	存储多个路由	(172)
7.3.2	开始更新	(173)
7.3.3	路由选择度量	(173)
7.4	小结	(174)
第三部分	路由选择协议	(177)
第8章	路由选择信息协议	(179)
8.1	RIP 的由来	(179)
8.1.1	Xerox(施乐)公司的 RIP	(180)
8.1.2	可路由选择协议	(181)
8.1.3	RFC 1058	(182)
8.2	RFC 1058 规范	(183)
8.2.1	RIP 分组格式	(183)
8.2.2	RIP 路由选择表	(187)
8.3	操作机理	(189)
8.3.1	计算距离矢量	(192)
8.3.2	更新路由选择表	(196)
8.3.3	编址考虑	(199)
8.4	拓扑变化	(203)
8.4.1	会聚	(203)
8.4.2	无穷计数	(206)
8.5	RIP 的局限	(214)

8.5.1	站点计数限制	(215)
8.5.2	固定度量	(215)
8.5.3	表更新的网络强度	(215)
8.5.4	会聚缓慢	(215)
8.5.5	缺乏负载均衡	(216)
8.6	小结	(217)
第 9 章	路由选择信息协议版本 2	(218)
9.1	更新 RIP 的需要	(218)
9.1.1	RIP-2; RFC 1723	(219)
9.2	RFC 1723 规范	(220)
9.2.1	RIP-2 报文格式	(220)
9.2.2	使用 RIP-2 报文	(223)
9.3	RIP-2 的新特性	(225)
9.3.1	鉴别	(225)
9.3.2	子网掩码	(228)
9.3.3	下一站点识别	(229)
9.3.4	多点播送	(231)
9.4	RIP-2 的局限性	(232)
9.5	小结	(234)
第 10 章	内部网关路由选择协议	(235)
10.1	IGRP 由来	(235)
10.1.1	性能需要	(236)
10.1.2	Cisco 的解决方案	(237)
10.2	IGRP 概述	(237)
10.2.1	度量	(238)
10.2.2	使用度量	(243)
10.3	IGRP 机制	(245)
10.3.1	定时机制	(245)
10.3.2	会聚机制	(247)
10.4	操作机理	(250)

10.4.1	拓扑变化	(253)
10.5	多径路由选择	(255)
10.5.1	代价相等负载均衡	(255)
10.5.2	代价不等负载均衡	(258)
10.6	小结	(263)
第 11 章	增强型内部网关路由选择协议	(264)
11.1	EIGRP 的产生背景	(264)
11.1.1	与 IGRP 后向兼容	(265)
11.1.2	EIGRP 的改进	(267)
11.2	EIGRP 的新特性	(268)
11.2.1	邻居发现与恢复	(268)
11.2.2	可靠的传输协议	(269)
11.2.3	分布式更新算法	(270)
11.2.4	专用协议模块	(271)
11.3	EIGRP 的数据结构	(272)
11.3.1	EIGRP 表	(272)
11.3.2	EIGRP 分组类型	(276)
11.4	使用 EIGRP 的会聚	(280)
11.5	小结	(284)
第 12 章	开放最短路径优先	(285)
12.1	OSPF 的起源	(285)
12.2	RFC 2328 OSPF 版本 2	(286)
12.2.1	OSPF 区域	(287)
12.2.2	路由选择更新	(291)
12.3	OSPF 的数据结构	(295)
12.3.1	Hello 分组	(297)
12.3.2	数据库描述分组	(298)
12.3.3	链路状态请求分组	(298)
12.3.4	链路状态更新分组	(299)
12.3.5	链路状态确认分组	(303)