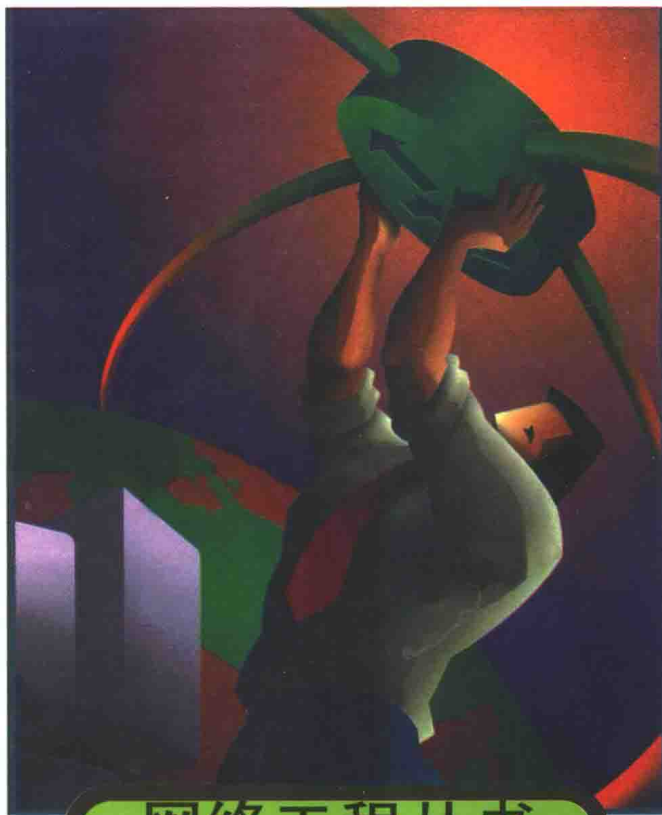


因特网的路由选择技术

——因特网路由选择方案与实例



网络工程丛书

INTERNET ROUTING ARCHITECTURES

[美] Bassam Halabi 著

彭业飞 葛彦 王若珏 译 葛彦 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

因特网的路由选择技术

——因特网路由选择方案与实例

Internet Routing Architectures

[美] Bassam Halabi 著

葛彦 王若珏 译

葛彦 审校

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

Authorized translation from the English language edition published by New Riders Publishing an imprint of Macmillan Computer Publishing U. S. A.

Copyright © 1997 by New Riders Publishing.

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 © 1998.

本书中文专有翻译出版权由美国 Macmillan Computer Publishing 下属的 New Riders Publishing 授予电子工业出版社。未经许可,不得以任何手段和形式复制或抄袭本书内容。

图书在版编目(CIP)数据

因特网的路由选择技术:因特网路由选择方案与实例/

(美)哈拉比(Halabi. B.)著;彭业飞等译. -北京:电子工业出版社,1998.4

(网络工程丛书)

书名原文:Internet Routing Architectures

ISBN 7-5053-4610-5

I. 因… II. ①哈… ②彭… III. 因特网-路由选择 IV. TP394.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 03908 号

丛 书 名:网络工程丛书

书 名:因特网的路由选择技术

——因特网路由选择方案与实例

著 者:(美)Bassam Halabi

译 者:彭业飞 葛 彦 王若珏

审 校 者:葛 彦

责任编辑:樊 斌

排版制作:华燕电脑开发公司

印 刷 厂:北京冶金印刷厂印刷

装 订 厂:漯河市海波装订厂

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 发行部电话 68279077

经 销:各地新华书店经销

开 本:850×1168 1/32 印张:14.25 字数:410 千字

版 次:1998 年 4 月第 1 版 1999 年 10 月第 5 次印刷

书 号:ISBN 7-5053-4610-5

TP·2191

定 价:28 元

著作权合同登记号 图字:01-97-1535

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
版权所有·翻印必究

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》,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,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、由概念到工程的步骤讲述。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。丛书附图多,实例多,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

21 世纪将进入信息时代,而毫无疑问信息高速公路将是信息社会的主要传播媒介。因特网作为一项技术奇迹,近几年急剧发展起来了,它的用户超过了 6000 万,预计到 2000 年,将会有 1 亿部主机进入这个网。有人认为因特网是全球信息高速公路的雏形,就是对未来信息高速公路的最好模拟。

在我国,因特网近几年发展也很快,主要由政府支持和推动。目前我国有 4 个大的互联网网络系统,这就是以科研教育为目的的两个网:中科院的 NCFC、国家教委的 CerNet 和以经营方式面向用户的两个网:邮电部的 ChinaNet 和电子部的 GBNet。

因特网之所以能受到极大的关注,主要是因为它有不少特点。如网上的信息资源十分丰富,真正实现了“秀才不出门,能知天下事”;信息的存取也十分方便。因特网实现联网比较容易,其联网特点是全分布式的,硬件极其简单,除了核心骨干网外,它的联网工具是由普通计算机部件构成的路由器,主要靠联网协议的软件把网络联起来。它不需要像电信网络那样的各种支撑网。它不是经过某一权威管理机构全面规划组网的,它是把已有的局域网、校园网、广域网等粘连到一起,它是成片扩张的。除了中心骨干网是由大的机构运营,大部分是由服务提供者(ISP)即许多小供应商经营的,这些大量分散的 ISP 再接入区域骨干网。因而因特网的管理是松散的。因特网也存在着一些问题,由于管理的分散,缺乏总体规划,如果因特网的个别段落的传输信道带宽不够,会造成传输瓶颈,使信息存取速度十分缓慢。此外,因特网的安全性和网上信息中不良的和消极的内容目前还难于控制。总之,因特网虽已得到大量的使用,但技术上和组织上都有待于发展与完善。

今后因特网朝信息高速公路发展的方向首先是多媒体。多媒体

体传输的条件是:首先要有足够的带宽,要有宽带的骨干网和接入网。美国下一代的宽带因特网已选择了 ATM 技术,并将提供新的业务。

世界范围内已有着经历了一个世纪发展的电信网。因特网和电信网在网络构成的概念上是不同的,但是因特网和电信网也有着密切联系,因特网的传输信道大都是利用电信网的。电信网近年来也在向多媒体信息网的方向发展,开始采取 B-ISDN 的方案建立宽带网,也要采用 ATM 技术,电信宽带网的目标也是实时传送多媒体信息,今后的信息高速公路究竟是在哪个网的基础上发展目前还不清楚,今后二者是激烈地竞争,还是共处互补,我们将拭目以待。

因特网的联网概念是利用装有联网协议的路由器,进行对等对话来选择路由,到达最后的目的地。它的核心技术是编址和路由选择。因特网联网技术的实用参考书很缺乏,本书对于联网的核心技术做了详尽的探讨,是一本有关因特网联网设计的经典著作,这本书的最大特点是附图多、实例多,读者可以直观地学到因特网路由选择的基本概念和实用知识;这部书对于因特网的各级提供者是特别实用的;对于电信网的工程技术人员来说,学习因特网的联网技术,也会从中得到许多有益的启发。

目前许多因特网的技术术语尚无标准译名,全国科技名词审定委员会推荐的“Internet 及相关词推荐名”我们采用了,但数量太少,尚不够用,我们只能自行选定,希望能抛砖引玉。本书的绪言、第一、二、三、四、七、八、九、十一章由彭业飞翻译,序、第五、十章及附录由葛彦翻译,第六章由王若珏翻译;全书最后由葛彦审校。译文的错误之处,希读者给予指正。

译 者

1997 年 12 月

序

在过去十年中因特网有了变化这种说法是一种严重的低估。现在的因特网是计算机领域中唯一的最有影响的奇迹。它继续向前演变的方式似乎在全球规模上影响着每种形式的数据通信。因特网信息处理的策略,例如基于万维网的用户支持和安全的网络商业将会永久地改变贸易和消费者的特点。

因特网和其组网方式已经发生变化,Cisco Systems 的任务也如此。Cisco 已成为首位的因特网组网的全球提供者。在这个任务中,Cisco 帮助网络管理者制定各种网络的可靠的、适合各种规模的、经济有效的解决方案,这些网络能适合从小办公室到分散全球的大企业的不同要求。多年来,Cisco 汇聚了一个最大的最有经验的网络专家集体,他们帮助用户进行大型网络的规划、建设和维护。Bassam Halabi 就是这些专家之一。

虽然 Cisco 的专业知识主要是直接提供给用户的,但也可通过其他手段共享。共享 Cisco 的专业知识的新的重要媒介就是 Cisco Press。为了创建这个新的论坛,New Riders Publishing 和 Cisco Systems 计划联合出版一套丛书,专门提供有关路由器、交换机、服务器的设计和实施,以及连接的软件的实用知识。

Bassam Halabi 的《因特网的路由选择技术》是本丛书的第一本。Bassam 对域间路由选择、因特网服务提供者的要求和因特网基础设施的变化做了敏锐的洞察。他研讨了把网络连接到因特网或通过因特网的每个人都关心的问题。他把多年来对 Cisco 的最大的基于 IP 的网络的咨询经验都贡献给了本书中的有用的设计建议。他以实用主义的观点来处理特定情况下的域间链路的建立过程和网络设计的选择。

《因特网的路由选择技术》是一本可读的含有基本设计和实施

准则的精华的好书。我们确信本书是你的有关网络书籍中的一本有价值的补充。

Edward R. Kozel
首席技术官员
Cisco Systems, Inc.

绪 言

因特网,这种六十年代末崛起的学术实验,到了九十年代末就争得了地位并取得了成功。从 ARPANET(美国高级研究项目管理网)到 NSFNET(美国国家科学基金网)到任何人的网络,因特网已不再属于某个实体;它属于任何买得起它的存储空间的人。数千万的使用者在寻求网络连接;数万个公司如果不进入因特网会感到孤立。这已使网络设计者和管理者们处于很大的压力之下,那就是要跟上组网和连通性的需求。学习如何联网,尤其是如何选择路由,已经成为必不可少的事情。

当网络出错并瘫痪时人们会惊讶;而我则是当它不出错时才会惊讶。我这么说是因为有用的知识太少。直到现在,那些网络设计者和管理者们能得到的关于选路的知识都用处不大;那些知识使你认为已经知道怎样建立你的网络,但一尝试就会发现你并不会。我写的这本《因特网的路由选择技术》是第一本有关实用的路由选择问题的书,它以一种综合又易懂的处理办法并结合实际情况加以讲解。

目 的

这本书的目的是使你成为把你的网络结合到全球因特网中去的专家。通过在概念上和实例上提供实用的编址、选路和连通的技术,本书旨在由此培养你对路由选择的理解,以便你能以一种客观而又有根据的方法计划并完成主要的网络设计。无论你是因特网的用户还是提供者(或者都是),本书都能预见并讲解那些面对你的网络的路由选择的难题。

读 者

本书是为任何一个可能想要进入因特网的组织和个人准备的。无论你要成为服务提供者还是你正要接到某个服务提供者,都能找到联网所需的知识。本书通篇考虑了网络管理者、综合者和设计者的观点。尽管本书讲解了不同等级的专门技术,但是也逻辑性地涉及了从最简单到最复杂的概念和问题,而且本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。不要求读者有较多的选路或 TCP/IP 背景知识。任何理解选路技术所需的基础或背景知识会在需要时在正文的讨论中提到,而不是假定为读者必备技能的一部分。

组 织

全书由四部分组成:

- 第一部分——当代因特网。第一章到第三章对当代因特网做了关于它的结构、服务提供者和编址技术的基本介绍。即使你已很熟悉因特网的一般结构,你还是应该读一读第一章中关于网络接入点、路由仲裁方案和网络信息服务的部分。加在因特网的这些方面的压力对于管理者所面对的选路设计问题有着实际意义。第二章提供了评价因特网服务提供者的有价值的准则。如果你是一个提供者,或已是一个用户,可能你已熟悉这些信息。

- 第二部分——选路协议基础。第四、五章涉及了这些基础:为什么需要域间选路协议和它们是如何工作的。这些主题的论述既有一般讲解,也有对现代的域间选路协议 BGP(边界网关协议)的事实标准的特殊表述。对 BGP 的特殊能力和属性有全面的介绍。

- 第三部分——有效的因特网选路设计。第六章到第九章深入探讨了 BGP 的实用的、面向设计的应用。第二部分中介绍的属性以工作状态展示在多种有代表性的网络方案中。BGP 的属性在实现设计目标时要用到,例如冗余度、对称性和负荷平衡。对域

内和域间选路协调工作的难题、增长中或已很大的系统的管理和稳定性的保持等都有讨论。

• 第四部分——因特网选路手段的配置。第十、十一章包括很多 BGP 属性的编码实例和许多选路策略。在你读完前面数章之后,你就会彻底明白这些编码实例,因为它们涉及了许多的概念和设计目标。所以你还可以把前面数章的文字讨论和第十、十一章的编码实例并列阅读,在前面的章节中加上了称为“配置例子”的指针。当你看到它时,你就可以快速地翻到提到的那页去阅读正在讨论的属性或策略的配置例子。

方 法

以易懂的风格描写技术知识是非常困难的。去掉太多技术细节的信息会失掉它的本意,而过于完整精细的技术细节会使读者厌烦和难以弄懂概念。本书循序渐进地介绍技术细节,只要可能,总是结合实际情况。最复杂的技术信息,亦即以 Cisco IOS 语言书写的配置例子,只出现在本书的最后两章里,以便使它们的基础预先奠定于前面的概念和样本拓扑中。

尽管你的最终目标是设计和完成选路策略,但在把它们应用到你的特定网络之前掌握有关概念和原理仍是重要的。本书为了平衡概念的与实际方案,遵循了逻辑的、渐进的,从一般到特殊、从概念到实施的步骤。甚至在必须采取大量描述方法的章节,亲自做一做的兴趣也可通过用指针找到配置例子、经常提出的问题和基于实例的解释得到满足。

基于实例的方法是本书非常重要的部分:它用有代表性的网络拓扑作为基础来说明几乎所有讨论过的协议属性和选路策略。尽管也许你还没有看到你的网络的具体情况说明,但那些实例已足够具体以帮你从例子中学习,而且足够普遍可使你能推断怎样把那些所说明的概念应用到你的具体情况中。

特点和文本惯例

本书致力于不去避免叙述协议的细节和面向设计的知识,而同时认识到那些一般基础和概念的理解需要先行。两个用来帮助强调实用性和面向设计的特点作为基础概念被引入:

- 指向配置例子的指针——放在相关的讨论内容附近,这些参考点指向可找到相关配置例子的第十、十一章。

- 经常提出的问题——放在每章的最后,这些问题预先估计了你在读完本章后可能会提出的关于你的特定网络的实际的和面向设计的问题。

另外,本书还用到了其他的几个惯例:

- 故障查找的注释——这些简短的参考放在与避免或纠正普遍的选路问题和编程错误有关的讨论的旁边。

- 注释——这些附加段落包括进一步阐述正文段落的细节,但跳过它们并不影响对主题的理解。

致 谢

我要感谢 BGP4 开发小组的 Ravi Chandra 作为在协议方面的主要咨询人。我也要感谢咨询小组的 Robert Craig,他帮助我审阅了一部分材料;Kim Lew 推动并领导本书的计划、指导了材料的组织;还有 Laurie McGuire,她在本书编辑时做了极好的录入。最后,我的家庭给予了我支持并付出了耐心,他们容忍了我过去一年中的加班加点,否则本书是无法写出的。

Bassam Halabi

目 录

第一部分 当代因特网	(1)
第一章 因特网的演进	(3)
1.1 因特网的起源	(4)
1.2 现代的因特网	(6)
1.3 NSFNET 的征求	(7)
1.4 网络接入点	(8)
1.5 路由仲裁者方案	(12)
1.6 超高速骨干网服务(vBNS)	(15)
1.7 区域提供者的转移	(17)
1.8 NSF 征求 NIS 管理者	(19)
1.9 其他因特网登记处	(25)
1.10 网间路由登记处(IRR)	(26)
1.11 展望	(27)
1.12 经常提出的问题	(27)
参考资料	(28)
第二章 ISP 服务与特性	(29)
2.1 ISP 服务	(30)
2.2 ISP 的价格和技术特性	(31)
2.3 展望	(39)
2.4 经常提出的问题	(39)
第三章 IP 地址缺乏的处理	(41)
3.1 IPv4 编址综述	(42)
3.2 基本编址	(42)
3.3 IP 地址空间的缺乏	(48)
3.4 展望	(69)

3.5 经常提出的问题	(69)
参考资料	(71)
第二部分 选路协议基础	(73)
第四章 域间选路基础	(75)
4.1 路由器与选路概述	(76)
4.2 把世界划分成管理区	(81)
4.3 边界网关协议第四版(BGP4).....	(87)
4.4 UPDATE 报文和选路信息	(97)
4.5 展望	(102)
4.6 经常提出的问题	(103)
参考资料	(105)
第五章 BGP 能力的协调	(106)
5.1 建立对等对话	(107)
5.2 路由更新的源	(114)
5.3 重叠协议:后门	(120)
5.4 简化的选路过程	(122)
5.5 控制 BGP 路由	(127)
5.6 路由过滤和属性利用	(148)
5.7 BGP4 聚合	(158)
5.8 展望	(164)
5.9 经常提出的问题	(164)
参考资料	(166)
第三部分 有效的因特网选路设计.....	(167)
第六章 冗余度、对称性和负载平衡	(169)
6.1 冗余度	(170)
6.2 对称性	(177)
6.3 负载平衡	(178)
6.4 具体情况:冗余度、对称性和负载平衡的设计	(180)
6.5 展望	(203)
6.6 经常提出的问题	(204)

第七章	自治系统内部选路的控制	(206)
7.1	非-BGP路由与BGP路由器的相互作用	(207)
7.2	BGP策略与内部默认路由的冲突	(209)
7.3	策略选路	(217)
7.4	展望	(221)
7.5	经常提出的问题	(222)
第八章	大规模自治系统的控制	(223)
8.1	路由反射器	(224)
8.2	联盟	(233)
8.3	控制IGP的扩展	(237)
8.4	带有路由反射器的虚拟专用网	(243)
8.5	展望	(246)
8.6	经常提出的问题	(246)
	参考资料	(247)
第九章	稳定的因特网的设计	(248)
9.1	因特网路由的不稳定性	(249)
9.2	BGP稳定特性	(253)
9.3	展望	(258)
9.4	经常提出的问题	(258)
第四部分	因特网选路手段的配置	(261)
第十章	基本BGP功能和属性的配置	(263)
10.1	建立对等对话	(264)
10.2	路由过滤和属性利用	(270)
10.3	对等体组	(276)
10.4	路由更新的源	(279)
10.5	重叠协议:(后门)	(289)
10.6	BGP属性	(291)
10.7	BGP4聚合	(310)
10.8	展望	(334)
第十一章	有效的因特网选路策略的配置	(335)

11.1	冗余度、对称性和负载平衡	(336)
11.2	遵循 AS 内部的默认路由	(372)
11.3	策略选路	(393)
11.4	路由反射器	(398)
11.5	联盟	(402)
11.6	路由的控制和缓存器的失效	(409)
11.7	路由衰减	(415)
11.8	展望	(420)
附录 A	RIPE-181	(421)
A.1	RIPE 对象	(421)
A.2	在 AS 对象中设定策略	(426)
A.3	在数据库内查找信息	(434)
附录 B	CIDR 转换表	(436)
附录 C	常用缩写词	(437)