



IS-IS 网络设计解决方案

IS-IS Network Design Solutions

The definitive IS-IS reference and design guide

[美] Abe Martey 著
张昊 滕云燕 付强 译

ciscopress.com

IS-IS 网络设计解决方案

IS-IS Network
Design Solutions



[美] Abe Martey 著
张昊 滕云燕 付强 译

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

IS-IS网络设计解决方案 / (美) 马尔提
(Martey, A.) 著; 张昊, 滕云燕, 付强译. — 北京:
人民邮电出版社, 2015. 6
ISBN 978-7-115-39138-4

I. ①I… II. ①马… ②张… ③滕… ④付… III. ①
互连网络—路由协议 IV. ①TN915.04

中国版本图书馆CIP数据核字 (2015) 第092606号

版权声明

IS-IS Network Design Solutions (ISBN:1587022208)

Copyright © 2002 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 Pearson Education 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] Abe Martey
 - 译 张 昊 滕云燕 付 强
 - 责任编辑 傅道坤
 - 责任印制 张佳莹 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: 22.75
 - 字数: 487 千字 2015 年 6 月第 1 版
 - 印数: 1—2 000 册 2015 年 6 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2012-3531 号

定价: 69.00 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

本书是一本非常好的关于 IS-IS 协议的设计、部署和故障排除的书。全书共分为 3 个部分和 2 个附录。第 1 部分讲述了 IP 路由选择技术和 IS-IS 协议的理论基础知识，包括 IS-IS 协议的基本概念、特性、特殊实现、协议机理、计时器、度量值以及其他参数。第 2 部分基于第 1 部分的知识，阐述了在 IP 网络设计中使用 IS-IS 协议相关的高级知识，同时本部分还通过案例的形式来阐述 IS-IS 网络设计原理。第 3 部分教给您使用 Cisco 路由器配置和排查 IS-IS 网络故障的知识。附录中收集了 IS-IS 数据包格式和分析器俘获信息。

本书的读者对象是网络专业人员，特别是需要了解 IS-IS 协议的专业人员。

关于作者

主要内容

Abe Martey, CCIE #2373, 是 Cisco 公司 Internet PoP 系统商务部 (IPSBU) 的一名产品经理, 著名的 Cisco 12000 系列路由器就是此部门研发的。Abe 致力于高速 IP 路由选择系统及其相关技术。在此之前, Abe 曾做过多种技术支持工作, 曾担任 Cisco 的 IP 路由协议团队和 ISP 团队 (现在是 Internet 工程服务团队) 的 TAC 工程师, 工作期间曾对 IS-IS 路由选择协议产生浓厚的兴趣。Abe 持有电气工程的硕士学位, 已在 Cisco 公司工作 6 年。

Scott Sturgess, CCIE #2346, 是 Cisco 公司核心 IP 工程部门和扩容扩展团队的技术骨干, 该部门主要从事链路状态路由选择协议的改进。如今 Scott 已经在 Cisco 工作 6 年, 主要致力于 ISP 网络中 IP 路由选择协议和 Internet 体系的客户支持和技术顾问工作。Scott 持有电气和电子工程的最高荣誉。

关于技术审稿人

Blair Buchanan, CCIE #1427, 是一名网络架构师, 曾负责加拿大渥太华城市互联网建设的顾问工作。近 30 年来, **Buchanan** 在数据通信方面的生涯经历包括软件研发、标准制定、互联网设计以及培训工作。**Buchanan** 持有计算机科学的学士学位, 1992 年获得 Cisco 讲师认证, 并于 1995 年获得 CCIE 认证。

Thomas Kramer, CCIE #2662, 已经在 Cisco 公司的 IP 路由交换和核心技术部门工作了 7 年。在比利时布鲁塞尔工作了 7 年后, 他去了墨西哥城负责拉丁美剧院 Cisco 设备的运维和咨询工作。**Thomas** 持有电子工程和电信专业的硕士学位和路由与交换方向的 CCIE 证书。

献辞

入部章水余于关

本书献给我亲爱的妈妈 Emelia，她给予了我最好的一切。

致谢

首先，我要对 Scott Sturgess 在第 7 章和第 8 章以及本书收尾工作中付出的时间和精力表达真挚的感谢。Scott 还参与了其他章节的审阅。Cisco Press 真是一个令人吃惊的地方，是那么多辛勤的员工才换来了本书今天的面貌。我想要真挚地感谢他们当中的每一个人，尤其是与我打交道最多的：Alicia Buckley 鼓励我编写本书；Tracy Hughes 总是能原谅我推迟交稿日期。写作这份兼职工作十分具有挑战性，完成本书真的离不开 Tracy 大量的耐心和理解。还要感谢导师 John Kane，以及 Howard Jones 和 San Dee Phillips 的热心和审阅工作。

本书的技术审稿人 Thomas Kramer 和 Blair Buchanan，感谢他们的严格审稿让我比预期更加努力地工作。在工作上能得到他们的知识和经验对我来说真的太幸运了！我要感谢他们为本书付出的时间，以及在我文笔上的润色，使我变成了一名更好的作者。

Henk Smit，在 Cisco 公司作为 IS-IS 协议研发工程师时，是他让我对 IS-IS 产生了兴趣，同时也要感谢在我作为一名支持工程师时他给予的技术辅导及扩充。同样还要感谢 Henk 在 Cisco 公司时对 IS-IS 协议的增强做出的杰出贡献，如今 Henk 已经是 IETF IS-IS 工作组的积极参与者。

我还要感谢很多同事、朋友，他们不光在本书写作期间为我提供资源和帮助，在我的工作和生活中也给予了大量帮助，他们的名字不分先后：Jeff Zirker、Tony Bates、Bala Nagesh、Richard Harvey、Praveen Akkiraju、Chris Whyte、Ferdinand Sales、Scott Yow、Niklas Montin、Kevin Macaluso、Jean Nicolas、Heba Ibrahim、Hassan Kassem、Sampon Asiedu、Sandra Bell、Bill Ware、Tom Snyder、Bob Collet、Rob Saileanu 等。还包括我之前在 Cisco TAC 的所有同事，感谢与我分享你们的知识和经验。

最后，我要对我的家庭的支持表达感恩之情，当我全身心地投入写作期间，无数个日日夜夜都没有陪伴在家人的身边。再次感谢他们对我所有的爱、关心和支持。

Abe Martey

序

随着 Internet 的持续发展，需要一款具有健壮性且灵活性的 IP 路由选择协议来支撑不断扩张的网络。在随着 Internet 的演化而出现的所有 IP 路由选择协议中，只有 3 种路由选择协议经受住了时间的考验并且被广泛部署：用于外部路由的 BGP 协议；用于内部路由的 OSPF 和 IS-IS 协议。

除了 OSPF 协议之外，IS-IS 路由选择协议是另一个被广泛采纳和部署的内部网关协议（Interior Gateway Protocol, IGP）。BGP 路由协议仍然是事实上的用于 AS 间路由寻址的外部网关协议（Exterior Gateway Protocol, EGP）。由于经验和历史的原因，IS-IS 路由选择协议是大多数一级运营商和二级运营商使用的 IGP 协议。协议最初制定者的智慧和洞察力以及随后 IETF 实际的贡献证明，IS-IS 路由选择协议易于适应众多当今涌现的应用程序，例如 MPLS 流量工程和 IPv6 等。正是由于 IS-IS 路由选择协议的可扩展性，在我几年前指导设计和部署一张 IP 骨干网时，IS-IS 路由选择协议显而易见地成为了 IGP 的选择。在我们高度的自信心和能力控制下，在单一的 IS-IS 网络中同时实现了 IP 和 ISO 路由。

长期以来，许多网络专家一直渴望得到关于 IS-IS 协议易于理解的教程和设计指南。然而，对希望掌握 IS-IS 协议基本原理的读者来说，IS-IS 协议的原始文献 ISO 10589 是一本糟糕的教程。另外，一些对 ISO 10859 的改进文献，包括 RFC 1195、许多最新的相关 RFC 和 IETF 草案等，感兴趣的读者很难从一个地方全部找到。

本书由多位在设计、部署 IS-IS 网络和排障方面具有多年实践经验，并仍然工作在高级路由系统网络领域内的专家写作和修订。本书提供了关于 IS-IS 路由选择协议的第一手资料，覆盖面十分广泛，可使 IS-IS 的部署充满挑战和乐趣。希望本书能够及时给读者带来帮助。

Abe Martey 编写的本书毫无疑问将成为网络互联技术方面的优秀参考书之一。这些由 Cisco Press 出版且面向全球各地众多网络专家的书籍实现了一个主要目标：分享 Cisco 的网络技术！对于那些对 IGP 部署和创新感兴趣的任何读者来说，本书是一本非常重要的参考书。

Tony Bates，副总裁/总经理

Internet PoP 系统商务部

Cisco 公司

前言

IS-IS 协议是一种功能强大且健壮的路由选择协议，同时适用于 IP 和 CLNP 网络。实践证明，在 IP 世界里，IS-IS 路由选择协议是应用于 ISP 网络中的 IGP 协议 OSPF 唯一的可替代协议。IS-IS 路由选择协议是当今许多一级 ISP 网络的 IGP 选择，这一点也明确解释了 IS-IS 在 CCIE 路由与交换认证考试和 CCIE IP 认证考试中存在的意义。尽管 IS-IS 协议在 IP 网络中占据重要地位，然而很少有关于 IS-IS 协议的技术文章和资料。大多数用户和网络专家依赖从 Cisco Press 和其他主流路由器供应商得到的配置手册和少量的文献来学习 IS-IS 协议。Cisco Press 以前出版的许多路由协议书籍往往只是粗略地介绍了 IS-IS 协议，却对 OSPF 协议做了大量篇幅的介绍。本书打破了以往粗略介绍 IS-IS 的传统，而着重介绍 IS-IS 路由协议的相关问题。本书采用广受读者喜爱的编排模式，将实现 Cisco 路由环境所需要的理论和实践知识结合起来介绍给读者。本书还包含了 IS-IS 与 OSPF 协议的详尽对比。

本书目标

本书的主要目标是希望能够给不同水平的广大 IP 网络专业人士带来关于 IS-IS 路由选择协议的综合知识。本书包含关于 IS-IS 协议的基本概念和复杂的高级知识。和大多数 IP 路由选择协议一样，IS-IS 路由协议的增强特性仍在不断研发，并且 IETF 正在形成新的 RFC 文件。本书综合了这些关于 IS-IS 协议的 RFC，包括最初用于 ISO CLNP 网络的 IS-IS 协议，以及最新的所有 IP 相关的特性。Cisco 开发设计的强大功能的 IOS 操作系统给读者提供了使用和配置 IS-IS 路由选择协议的工具。本书将提供给读者在 IP 网络中理解、设计和使用 IS-IS 作为 IGP 协议所必需的高级技能。大量的表格、注释及排障信息使得本书成为一本优秀的参考书。

读者对象

本书面向具有不同水平的网络专业人士。本书是为对 IS-IS 协议一无所知或者有一定基础的人准备的，有经验的路由选择协议专业人士也是本书的目标读者。我们希望读者具有 TCP/IP 协议栈和 IP 路由的基本概念。本书第 1 章简要介绍了 IP 路由，并阐述了 IP 路由器如何工作，这部分知识是任何一个网络专家都感兴趣的。虽然本书用了相当的篇幅介绍 IS-IS 协议的基础知识，但本书绝大部分章节都聚焦于排障、设计、部署和维护 IS-IS 网络相关的高级知识。高级知识部分对网络专家备考 CCIE 路由和交换实验室考试、CCIE IP 认证考试和类似的专项认证考试十分有帮助。

本书组织结构

本书共分为 3 个部分和 2 个附录。第 1 部分讲述了 IP 路由技术和 IS-IS 协议的理论基础知识，包括 IS-IS 协议基本概念、特性、实现细节、协议原理、计时器、度量值以及其他参数。

第 2 部分基于第 1 部分的知识，阐述了在 IP 网络设计策略中使用的 IS-IS 协议相关的高级知识，同时本部分还通过案例的形式来阐述 IS-IS 网络设计原理。

第 3 部分介绍了在 Cisco 路由器上如何配置和排障的 IS-IS 网络。

附录 A 收集了 IS-IS 数据包格式信息，这一部分内容是帮助理解第 1 部分知识的辅助材料和参考知识。本部分知识对研究和深入理解错综复杂的 IS-IS 问题（例如实现和互操作问题）也是有帮助的。

以下是各个主要部分所涵盖的章节。

第 1 部分：IS-IS 协议：设计规范与特性

- 第 1 章：IP 路由概述。
- 第 2 章：IS-IS 路由选择协议介绍。
- 第 3 章：集成 IS-IS 路由选择协议概念。
- 第 4 章：集成 IS-IS 寻址。
- 第 5 章：IS-IS 链路状态数据库。
- 第 6 章：最短路径优先算法。

第 2 部分：基于 IP 协议的集成 IS-IS 网络设计

- 第 7 章：常规网络设计问题。
- 第 8 章：网络设计情景。

第 3 部分：集成 IS-IS 的配置与排障

- 第 9 章：在 Cisco 路由器上配置 IS-IS。
- 第 10 章：IS-IS 路由选择协议排障。

第 4 部分：附录

- 附录 A：IS-IS 数据包格式。
- 附录 B：复习题答案。

如何阅读本书

本书按照从基础到高级的逻辑顺序编写，同时本书也是十分灵活的。读者可以根据自己 IS-IS 协议的知识水平或者协议的关联性阅读感兴趣的部分或者章节。高级用户可能会快速浏览第 1 章来回忆 IP 路由的基础知识，而花费大量时间在第 1 部分其余章节上来学习 IS-IS 协议的高级知识。一些读者可能会把第 1 部分讲述的理论和第 2 部分讲述的设计和方案实施知识综合起来学习。感兴趣于故障排查的读者会关注于第 3 部分知识，同时也复习第 1 部分知识来了解 IS-IS 协议是如何工作的。对于后一种类型的读者，在定期的故障排查和运维工作时，第 1 部分的参数表和附录 A 的数据包格式和报文信息将是很好的参考资料。

本书同时给出了大量的参考资料和相关资料的 Web 链接，由于篇幅或者本书讲述范围的限制，这些知识没有一一详解。我们鼓励读者去参阅这些参考资料，以获得更多的补充信息。

命令语法惯例

本书使用的命令语法遵从如下惯例。

- 命令、关键字和参数实际数值用**粗体字**表示。
- 需要用实际数值替换的参数用*斜体字*表示。
- 可选的关键字与/或参数放置在中括号[]中。
- 必选的关键字与/或参数放置在大括号{}中。
- 这些惯例仅对命令语法有效，实际配置和案例并不遵循这些惯例。

目录

第1部分 IS-IS 协议：设计规范与特性

第1章 IP 路由概述	3
1.1 IP 路由与转发	3
1.2 IP 编址介绍	6
1.2.1 有类编址与无类编址	7
1.2.2 私有地址空间	8
1.2.3 子网划分与 VLSM	9
1.2.4 无类域间路由	10
1.3 IP 路由选择协议分类	11
1.3.1 有类协议与无类协议	12
1.3.2 域内协议与域间协议	12
1.3.3 距离矢量协议与链路状态协议	13
1.4 单播路由与多播路由	15
1.4.1 单播路由	16
1.4.2 IP 单播转发示例	17
1.4.3 最长匹配路由	18
1.5 Cisco 包交换机制	19
1.5.1 进程交换	19
1.5.2 快速交换	19
1.5.3 Cisco 快速交换	20
1.6 IPv6 协议讨论	21
1.7 本章小结	22
1.8 复习题	23

1.9 参考资料	24
第2章 IS-IS 路由选择协议介绍	27
2.1 ISO 无连接网络服务	27
2.1.1 CLNP	29
2.1.2 ES-IS	29
2.1.3 IS-IS 路由选择协议	30
2.1.4 集成 IS-IS	31
2.2 本章小结	31
2.3 复习题	32
2.4 参考资料	32
第3章 集成 IS-IS 路由选择协议概念	35
3.1 IS-IS 路由选择域	36
3.2 IS-IS 区域与路由选择层次	36
3.3 IS-IS 数据包	38
3.4 IS-IS 协议功能	42
3.4.1 子网依赖功能	42
3.4.2 ES-IS 邻接	44
3.4.3 IS-IS 邻接	44
3.4.4 LAN 邻接关系的建立	51
3.4.5 伪节点	52
3.4.6 IS-IS 路由选择引擎	54
3.4.7 路由选择信息库	54
3.5 集成 IS-IS 寻址概念	56
3.6 安全性	56
3.7 本章小结	57
3.8 复习题	57

3.9 参考文献	58
第4章 集成 IS-IS 寻址	61
4.1 OSI 网络地址	62
4.2 NSAP 格式	63
4.3 获取全局唯一的 NSAP 地址	67
4.4 定义 SysID	69
4.5 单个 IS-IS 进程配置多个 NET	71
4.5.1 区域合并	73
4.5.2 区域分离	73
4.5.3 NSAP 重编址	74
4.6 NSAP 选择符值	75
4.7 NSAP 地址到主机名的映射	76
4.7.1 静态主机名称映射	76
4.7.2 动态主机名称映射	77
4.8 本章小结	77
4.9 复习题	78
4.10 参考文献	79
第5章 IS-IS 链路状态数据库	81
5.1 IS-IS 链路状态数据包	84
5.2 链路状态数据包的各种 TLV	93
5.2.1 Level 1 LSP 的 TLV	93
5.2.2 Level 2 LSP 的 TLV	97
5.2.3 IS-IS 度量信息	100
5.3 IS-IS 度量扩展	102
5.3.1 扩展 IS 可达性 TLV (类型 22)	102
5.3.2 扩展 IP 可达性 TLV (类型 135)	103

5.4 序列号数据包	104
5.4.1 完全序列号数据包	105
5.4.2 部分序列号数据包	107
5.5 泛洪与链路状态数据库同步	108
5.5.1 SRM 和 SSN 标志	110
5.5.2 泛洪	110
5.5.3 NBMA 传输介质上的泛洪	115
5.6 协议计时器及其他 IS-IS 数据库参数	117
5.6.1 最大寿命	117
5.6.2 LSP 生成间隔	118
5.7 关于 IS-IS 链路状态数据库的其他内容	119
5.7.1 IS-IS 链路状态数据库与网络稳定性	119
5.7.2 LSP 序列号	121
5.7.3 重复的系统 ID	121
5.8 本章小结	122
5.9 复习题	123
5.10 参考文献	124
第 6 章 最短路径优先算法	127
6.1 SPF 算法概述	128
6.1.1 基本原理图	128
6.1.2 SPF 算法操作	129
6.1.3 SPF 算法运算开销	131
6.1.4 内存需求	131
6.1.5 SPF 计算示例	131
6.2 使用 SPF 算法计算 IS-IS 路由	134
6.3 Cisco 路由器上实现 IS-IS SPF	135

6.4 本章小结.....	137
6.5 复习题.....	138
6.6 参考文献.....	138

第2部分 基于IP协议的集成IS-IS网络设计

第7章 常规网络设计问题.....	143
7.1 IP 网络设计原则.....	144
7.1.1 核心层.....	144
7.1.2 汇聚层.....	144
7.1.3 接入层.....	144
7.2 使用IS-IS作为IGP.....	153
7.2.1 需要考虑的协议限制.....	154
7.2.2 与BGP的交互.....	161
7.2.3 使用超载位与BGP交互.....	162
7.3 IS-IS扩展问题：网络稳定性与收敛.....	164
7.3.1 可扩展性.....	164
7.3.2 稳定性.....	165
7.4 系统资源.....	166
7.4.1 收敛的改进.....	166
7.4.2 指数退避.....	171
7.4.3 指数退避参数.....	172
7.4.4 指数退避实例.....	173
7.4.5 邻接关系建立的快速收敛.....	173
7.5 集成IS-IS与OSPF的比较.....	174
7.6 简单历史回顾.....	175
7.7 术语.....	177