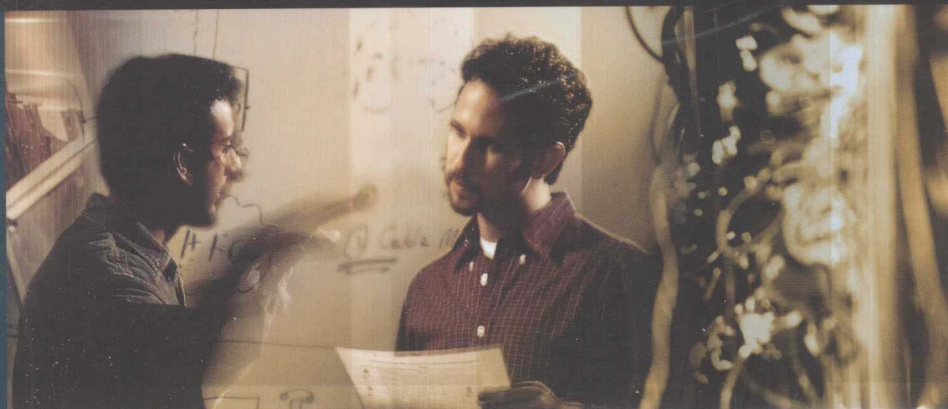




OSPF网络设计 解决方案 (第2版)

OSPF Network Design Solutions

Second Edition

The comprehensive reference for OSPF
network design and deployment

[美] Thomas M. Thomas II, CCIE #9360 著
罗洋, CCIE #25318 译

ciscopress.com

OSPF网络设计 解决方案 (第2版)

**OSPF Network
Design Solutions**
Second Edition

[美] **Thomas M. Thomas II**, CCIE #9360 著
罗洋, CCIE #25318 译

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

OSPF网络设计解决方案 : 第2版 / (美) 托马斯二世
(Thomas II, T. M.) 著 ; 罗洋, CCIE#25318译. — 北京 :
人民邮电出版社, 2013.10
ISBN 978-7-115-32639-3

I. ①O… II. ①托… ②罗… ③C… III. ①互联网络
—路由器—基本知识 IV. ①TN915.05

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第163775号

版 权 声 明

OSPF Network Design Solutions, Second Edition (ISBN: 1587050323)

Copyright © 2003 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 Cisco Press 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] Thomas M. Thomas II, CCIE #9360
译 罗 洋 CCIE #25318
责任编辑 傅道坤
责任印制 程彦红 焦志炜

◆ 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 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷

◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 46.75
字数: 963千字 2013年10月第1版
印数: 1—3000册 2013年10月北京第1次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2012-3530号

定价: 108.00元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

内容提要

本书非常全面地阐述了与 OSPF 网络相关的设计、配置、管理和故障排除。全书分为三个部分：第一部分介绍 OSPF 基础及通信，包括网络及路由基础、介绍 OSPF、OSPF 通信；第二部分涵盖 OSPF 路由和网络设计，包括设计原则、路由概念及配置、OSPF 路由重分发和路由汇总；第三部分阐述 OSPF 的实施、故障排除和管理，包括管理和保护 OSPF 网络、OSPF 故障排除、OSPF 网络中的 BGP 和 MPLS。本书最后所提供的附录追溯了所有与 OSPF 相关的 RFC 文档资料。

本书围绕着如何设计一个优秀 OSPF 网络的主题，深入而翔实地讨论了 OSPF 的方方面面。本书为网络管理员、网络工程师和思科认证备考者提供了全面且有效的 OSPF 学习途径。

译者序

非常荣幸能够再一次与人民邮电出版社合作，参与 Cisco 经典技术书籍的重译修订工作。本书围绕着如何设计一个优秀 OSPF 网络的主题，详细阐述了 OSPF 网络的设计、配置、管理和故障排除。同时，本书还介绍了运行于 OSPF 网络中的 BGP 与 MPLS，并探讨了它们与 OSPF 之间的关联。当前，计算机网络已然成为人们生活和工作不可或缺的一部分，而保障网络能够正常且有效地运行便显得至关重要。开放式最短路径优先（OSPF）协议在网络中占有非常重要的地位，毫不夸张地说，绝大部分的中到大型网络都选择并运行 OSPF 协议。掌握 OSPF 协议的方方面面以及如何设计并实施一个出色的 OSPF 网络，对于网络工程师或网络维护者而言，是必须具备的能力。因此，本书所论述的内容具有十分重要的意义。

本书从最为基础的计算机网络知识开始，不断深入，带领读者探究与 OSPF 协议相关的各种主题。这些主题包括 OSPF 通信、设计原则、路由概念及配置、路由重分发和汇总、管理和保护 OSPF 网络、OSPF 故障排除及 OSPF 网络中的 BGP 与 MPLS。本书旨在帮助读者全面地了解并掌握设计一个优秀 OSPF 网络所必需的知识。同时，本书还涵盖了大量的案例分析，这些内容为读者提供了更加有趣和富有实践性的学习材料。

但不得不提的是，原书在内容上存在着较多的错误，尤其是一些技术性的错误无法让人原谅。另外，原书的一些内容显得过于陈旧，需要结合当前的环境进行逐一更新。尽管译者的能力和水平有限，但依然尽可能地对原书的错误进行了修订，对陈旧的内容进行了更新，使得本书能够以完全崭新的面貌出现在读者面前。不仅如此，译者还为原书添加了大量的内容，甚至于亲自编写了一些小节。总而言之，网络领域中需要一本专注于 OSPF 的技术书籍，而译者这一切的努力只希望本书能够堪此重任。

译者想要提醒读者的是，在学习 OSPF 或是其他技术时，并非只要阅读一两本相关的书籍即可。正确的学习方式是：掌握书本中论述的知识点，仔细体会并善于思考；在实际的工程中不断积累，灵活运用，举一反三。了解一门技术并不困难，而精通一门技术却不是一朝一夕的事情。希望读者切忌浮躁用事，应当沉下心来。相信这才是最好的学习方式。

翻译此类技术书籍是一项挑战，更何况是重译修订的工作。由于本人中文表达能力有

限，无法完全中文式地将本书翻译成成品，但在描述内容上力争做到通顺清晰。另外，由于本书涉及知识面较广，加之本人技术水平有限，译文中难免存在不当之处，敬请读者原谅。如果读者对本书译文存在异议，可以通过邮件与本人交流，以求共同进步。

最后，译者祝愿所有致力于网络工程领域的读者能够学习进步，工作顺利，生活愉快。

致谢

感谢人民邮电出版社对我的信任，是这份信任使得我能够有机会参与本书的翻译和修订工作。感谢父母一直以来对我生活和工作上的关心，希望你们保重身体。感谢给我提供过帮助的朋友，感谢每一次的技术探讨，促使我不断进步。感谢生活给我带来的各种历练，让我不断地成熟。

最后，我想要感谢一直在我身边支持我的人，感谢你的体谅和关爱。If that little gal likes me, How bad can I be?

罗洋

feierly@vip.qq.com

2013年5月于杭州

关于作者

Thomas M. Thomas II, CCIE #9360, 自谦为“网络应急修理工”(NERD, Network Emergency Repair Dude)。他是一名 Cisco 认证讲师, 持有 CCNP、CCDA 以及 CCNA 认证。他发自肺腑地热爱自己的工作, 因此工作对他来说更是一种乐趣。Tom 是 NetCerts.com (现在是 CCPrep.com) 和国际网络资源组 (www.inrgi.net) 的创始人, 而且他现今仍然是后者的董事会成员, 并以顾问的身份提供宏观大局和侧重点方面的指导。他之前是 CCCI 公司的讲师, 还担任过 Cisco 公司的课程开发人员。他编写了本书第 1 版, 以及其他大量的网络技术图书, 许多网络工程师因此而受益。Tom 当前以资深网络顾问的身份供职于 US Networks 公司 (www.usnetworksinc.com), 主要负责 VoIP 和数据网络的设计与实施。Tom 和家人当前居住在北卡罗来纳州的罗利市。

关于技术审稿人

Henry Benjamin, CCIE #4695, 持有三个方向的 CCIE 认证。他之前供职于 Cisco CCIE 全球小组, 现在是澳大利亚一家大型安全公司的独立顾问。他曾经担任过 CCIE Lab 考试的考官, 而且还是 CCNP Practical Studies: Routing (Cisco Press 出版) 和 CCIE Routing and Switching Exam Cram (Coriolis 出版) 的作者。

Matthew H. Birkner, CCIE #3719, Cisco 公司的一名技术负责人, 以 IP 和 MPLS 网络设计见长。他曾经为全球多家大型运营商和企业提供过技术支持。在过去的几年中, Matt 曾在美国和欧洲、中东及非洲地区的 Cisco Networkers 大会上, 就 MPLS VPN 技术发表过演讲。Matt 作为双料 CCIE, 为 Cisco Press 撰写了 Cisco Internetwork Design 一书。Matt 曾在塔夫斯大学主修电子工程专业, 并获得理学学士学位。

Rick Burts, CCIE #4615, 拥有 20 多年的计算机及网络相关经验, 是 Cisco 认证讲师及路由和交换方向的 CCIE。他教授过多门 Cisco 网络课程, 并帮助开发了 OSPF 课程。他是 Chesapeake NetCraftsmen (www.netcraftsmen.net) 的一名资深顾问, 并曾帮助许多客户解决了 OSPF 网络的路由故障。当前, Rick 主要与网络设计、实施及故障排除打交道, 同时也会讲授一些课程。

Daniel L. Golding, AOL 公司 Internet 架构小组的经理, 负责保障所有 AOL 时代华纳用户及设备与 Internet 的连通性, 确保业务的正常运行。他的擅长领域包括网络对等与路由策略设计, 他与多家 Internet 服务提供商打过多年交道, 并在骨干网工程领域为其提供支持。Dan 还经常出席 NANOG (北美网络运维集团) 会议, 并拥有 6 年的网络工程经验。

John Hammond, 在过去的两年中, 一直是 Juniper 公司的讲师和课程开发人员。在此之前, 他是 Chesapeake Computer Consultants 公司 (该公司是 Cisco 培训合作伙伴) 的一名教师。从 1990 年开始, John 就投身于网络行业。

Cary Riddock, CCNP、CSSI, 在过去的 6 年里, 他曾经在休斯顿和中佛罗里达的多家大型公司担任网络工程师。他在 IT 安全领域相当活跃, 当前正在备考 CCSP 和 CISSP 认证。他曾经与他人为 Cisco Press 编写过 MCNS 一书, 还是多家网络安全出版物的特约作者。

献辞

将本书献给我的家人，在我花费了许多夜晚和周末投身于写作之中时，他们给予了莫大的支持和理解。特别感谢我的妻子 Rose、女儿 Rebekah 及儿子 Daniel，感谢他们在我身后毫无怨言地给予我支持和鼓励。

没有家人的支持，没有他们给我的信心，我根本不可能成功撰写本书。

最后，我想要告诉和我执手走过 15 个春秋的妻子：我将一直爱你，直至海枯石烂。

致谢

感谢与我共事，且一同致力于本书编写的人。正是他们深厚的学识、无私的奉献和努力的工作，才使得本书得以最终呈现。

最为重要的是，我还要感谢我的妻子 Rose，感谢她理解我常在深夜写作而无暇陪伴。若是没有她坚定不移的支持，我一定无法完成本书的编写。

为本书撰写而成立的技术支持团队给予了我非常大的帮助。我很荣幸能够成为该团队中的一员。感谢团队中的每一位成员，是你们让我受教颇多。

最后，感谢卓越的出版团队在本书编写期间给予我的指导：Amy Moss，我多年的挚友；Chris Cleveland，总是在百忙之中腾出时间来帮助我。

本书图标使用说明

本书中，可能出现以下代表网络设备的图标。



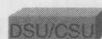
路由器



网桥



集线器



DSU/CSU



Catalyst
交换机



多层交换机



ATM 交换机



ISDN/ 帧中
继交换机



通信服务器



网关



接入服务器

以下图标用于表示外设或其他设备。



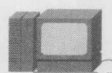
PC



装有软件
的PC



Sun工作站



Macintosh



终端



文件服
务器



Web服务器



Cisco Works
工作站



打印机



笔记本



IBM大型机

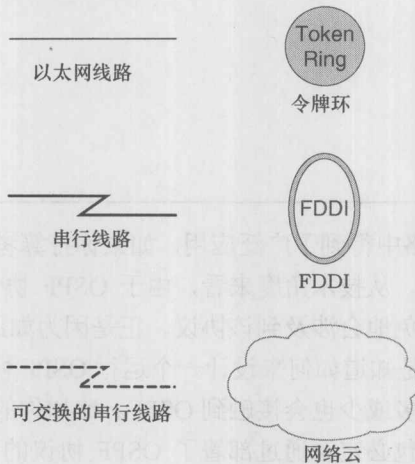


前端处理机



集群控制器

以下图标用于表示网络及网络连接。



命令语法约定

本书命令语法遵循的惯例与 IOS 命令手册使用的惯例相同。命令手册对这些惯例的描述如下。

- 粗体字表示照原样输入的命令和关键字，在实际的设置和输出（非常规命令语法）中，粗体字表示命令由用户手动输入（如 **show** 命令）。
- 斜体字表示用户应提供的具体值参数。
- 竖线 (|) 用于分隔可选的、互斥的选项。
- 方括号 ([]) 表示任选项。
- 花括号 ({}) 表示必选项。
- 方括号中的花括号 ([{}]) 表示必须在任选项中选择一个。

前言

OSPF 在全球众多的网络中得到了广泛应用。如果你打算考取一个网络认证，OSPF 也是一个你无法绕过的路由协议。从技术角度来看，由于 OSPF 协议的大量使用，几乎所有从事网络相关工作的人都不可避免地会涉及到该协议。正是因为如此，理解 OSPF 的工作原理、配置方法、故障排除，尤其是知道如何来设计一个运行 OSPF 协议的网络，则显得非常必要。甚至对于不懂网络的人，或多或少也会接触到 OSPF。比如你的家人在连接到 Internet 时，他的电脑或手机所发送的数据包必定会通过部署了 OSPF 协议的网络。或许你可以考虑将本书赠送给他们，从而加深他们对网络世界的了解。

本书读者对象

本书尽管可以当作一本通用的网络图书，但这并非本书的真正用途。本书旨在极大地提高读者对于 OSPF 的认识。所有需要掌握 OSPF 的读者可以阅读本书，这包括程序员、网络管理员、网络工程师、认证备考人员等。

本书内容结构

读者既可以选择逐页阅读本书，也可以灵活地自由选取各个章节来学习所需的主题内容。如需阅读所有内容，建议遵循以下所列出的最佳阅读顺序。

- **第 1 章，“网络及路由基础”**——需要负责网络的程序设计、管理、维护、故障排除，以及想要保障网络正常运行的人员，可以阅读本章，并将其作为构建互连网络模块的回顾。
- **第 2 章，“介绍 OSPF”**——本章有助于读者掌握路由协议的基本类型和特点，明确选择某种协议的最佳时机，以及深入理解在各种网络环境中应当如何实施路由协议。
- **第 3 章，“OSPF 通信”**——本章介绍运行 OSPF 协议的路由器之间是如何进行 OSPF 通信的。另外，本章还涵盖了 OSPF 如何利用链路状态通告（LSA）将链路状态信息存储于链路状态数据库中，以及各种定义在 OSPF 内部，用于保障 OSPF 路由器通信

的机制。

- **第4章，“设计原则”**——本章延续之前所讨论的实施 OSPF 的目的及其工作原理，深入地探讨了 OSPF 的性能和设计主题。对于各种设计方案，本章都提出了一系列的“黄金设计规则”。在设计 OSPF 网络区域时，这些规则有助于读者掌握各种不同区域类型的局限性和最佳的设计方式。同时，本章还提出了许多网络情景，并根据这些情景列出对应的实例，从而帮助你理解关键的主题和要素。
- **第5章，“路由概念及配置”**——本章将给读者带来挑战和乐趣，进而全方面地激发读者强烈的阅读兴趣。本章将介绍 OSPF 的所有特性、主题及大部分功能。
- **第6章，“重分发”和第7章，“OSPF 路由汇总”**——介绍重分发和路由汇总的概念，这两章将解释和阐明：当一种路由协议被重分布进入另一种路由协议时，你所面临的挑战（当然，其中一种协议为 OSPF），以及如何利用路由汇总对 OSPF 路由表进行优化。
- **第8章，“管理和保护 OSPF 网络”**——管理 OSPF 网络和保障其安全性同等重要。实际上，优秀的网络管理将使得网络更加平稳地运行。
- **第9章，“OSPF 故障排除”**——本章的内容以之前所讨论的设计理念和 OSPF 通信机制为基础。本章的基本内容是如何监控 OSPF 协议，从而确保其正常运行，以及如何进行 OSPF 的故障排除。同时，本章还涵盖了一些故障排除的流程和方法，用于诊断网络故障的原因。
- **第10章，“OSPF 网络中的 BGP 和 MPLS”**——本章讲解 OSPF 为了适应新技术（如多协议标签交换 [MPLS]）所增加的一些扩展性能和新功能。本章以回顾 IGP 和 EGP 路由协议的差异作为开篇，然后介绍了 OSPF 与 BGP 是如何协同工作的。最后，本章还对当前较为流行的 MPLS 技术进行了简要介绍。

目 录

第 1 部分 OSPF 基础及通信

第 1 章 网络及路由基础	3
1.1 网络基础	4
1.1.1 为何需要 OSI 参考模型	5
1.1.2 OSI 层面特点	5
1.2 理解 OSI 参考模型的 7 层	7
1.2.1 上层层面	7
1.2.2 下层层面	8
1.3 OSI 参考模型层面及信息交换	10
1.3.1 头部信息、尾部信息及数据净荷	10
1.4 TCP/IP 协议簇	11
1.4.1 TCP/IP 功能	12
1.4.2 TCP 概述	13
1.4.3 IP 概述	13
1.5 网络拓扑类型	14
1.5.1 局域网	14
1.5.2 广域网	15
1.6 IP 编址	18
1.6.1 A 类地址	19
1.6.2 B 类地址	20
1.6.3 C 类地址	20
1.6.4 D 类地址	20

1.6.5	E 类地址	21
1.6.6	如何使用 IP 地址	21
1.6.7	IP 地址的作用	24
1.6.8	如何读取 IP 地址	24
1.6.9	IP 子网编址	25
1.6.10	子网掩码	26
1.6.11	子网划分的限制	28
1.7	为何需要 VLSM 和 CIDR	28
1.7.1	路由汇总	30
1.7.2	有类路由协议	31
1.7.3	无类路由协议	31
1.8	VLSM	32
1.9	CIDR	34
1.9.1	确定 CIDR 的使用	34
1.9.2	斜杠的含义	35
1.9.3	CIDR 的重要术语	35
1.9.4	无类 IP	36
1.9.5	CIDR 转换表	36
1.9.6	手动计算 CIDR IP 前缀值	37
1.10	案例分析: VLSM	37
1.11	本章总结	40
第 2 章	介绍 OSPF	43
2.1	什么是路由协议	44
2.1.1	基本路由分类	45
2.1.2	链路状态和距离矢量路由协议	47
2.2	选择路由协议	53
2.2.1	操作事项	53
2.2.2	技术事项	56
2.2.3	商业事项	59
2.3	SPF 概述	60
2.3.1	运行 SPF	61
2.4	OSPF 路由分层	68
2.4.1	分层网络设计技术	69

2.4.2	OSPF 网络中的路由类型	69
2.4.3	OSPF 区域	71
2.5	OSPF 操作环境	74
2.5.1	OSPF 路由器类型	75
2.5.2	OSPF 网络类型	77
2.5.3	路由器 ID	78
2.5.4	邻居关系	79
2.5.5	邻接关系	80
2.5.6	指定路由器	81
2.6	案例分析：为网络添加一台新的 OSPF 路由器	83
2.7	案例分析：使用链路状态数据库	86
2.8	案例分析：OSPF 网络的构建和收敛	94
2.8.1	配置 loopback 接口	94
2.8.2	启用 OSPF	95
2.8.3	验证 OSPF 的运行	95
2.9	本章总结	99
第 3 章	OSPF 通信	101
3.1	链路状态通告	101
3.1.1	LSA 类型	101
3.1.2	LSA 运用实例	110
3.2	OSPF 交互	117
3.2.1	OSPF 数据包类型	117
3.2.2	Hello 过程/机制	118
3.2.3	交换过程/机制	122
3.2.4	泛洪过程/机制	123
3.3	控制 LSA	124
3.3.1	理解 LSA 组定步	124
3.3.2	理解 OSPF 包定步	127
3.3.3	阻塞 LSA 泛洪	127
3.3.4	忽略 MOSPF LSA 数据包	128
3.3.5	调整 LSA 重传	128
3.3.6	调整 LSA 传输延迟	129
3.4	详述邻居建立	129