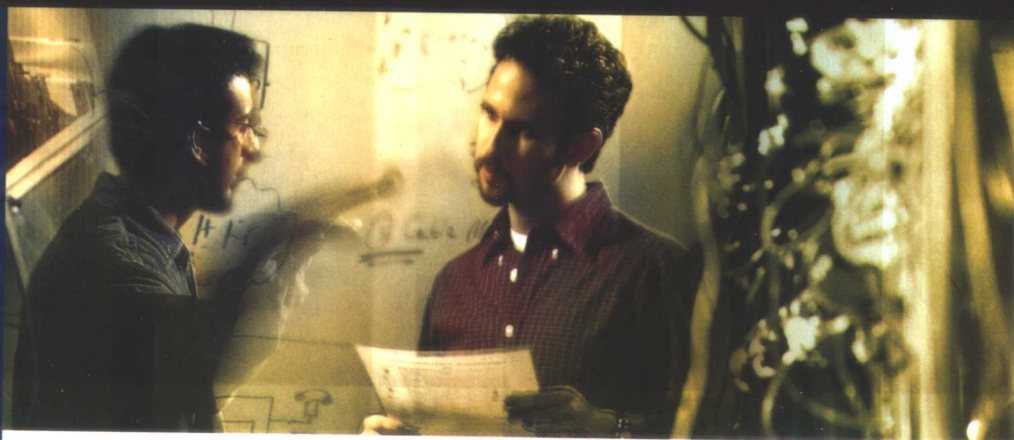




OSPF 网络设计 解决方案

(第二版)

OSPF Network Design Solutions

Second Edition

The comprehensive reference for OSPF
network design and deployment

[美] Thomas M. Thomas II, CCIE No. 9360 著
卢泽新 彭 伟 白建军 译

OSPF 网络设计解决方案 (第二版)

[美] Thomas M. Thomas II, CCIE No. 9360 著

卢泽新 彭 伟 白建军 译

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

OSPF 网络设计解决方案(第二版) / (美) 托马斯 (Thomas, T. M.) 著; 卢泽新, 彭伟, 白建军译. —北京: 人民邮电出版社, 2004.2

ISBN 7-115-11807-8

I. O... II. ①托... ②卢... ③彭... ④白... III. 计算机网络—路由选择—通信协议
IV. TN915.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 001811 号

版 权 声 明

Thomas M. Thomas II: OSPF Network Design Solutions, Second Edition (ISBN: 1-58705-032-3)

Copyright © 2003 Cisco Systems, 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** 公司授权人民邮电出版社翻译出版。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。

OSPF 网络设计解决方案 (第二版)

◆ 著 [美] Thomas M. Thomas II, CCIE No.9360
译 卢泽新 彭伟 白建军
责任编辑 李 岚

◆ 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 电子函件 ciscobooks@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67132705
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京顺义振华印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 38.25

字数: 933 千字

2004 年 2 月第 1 版

印数: 1-3 500 册

2004 年 2 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记 图字: 01-2003-0662 号

ISBN 7-115-11807-8/TP · 3728

定价: 78.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

内 容 提 要

本书全面讲述 OSPF 网络的设计、配置、管理和疑难解析。全书分为三个部分：第一部分讲述 OSPF 基本原理，内容包括网络和路由选择基本原理、OSPF 简介、OSPF 通信；第二部分讲述 OSPF 路由选择和网络设计，内容包括设计基本原理、路由选择的概念和配置、重发布、汇总；第三部分讲述 OSPF 的实现、疑难解析及管理，内容包括管理和保护 OSPF 网络、OSPF 疑难解析、OSPF 网络中的 BGP 和 MPLS。本书最后的附录部分还提供了关于 OSPF 的 RFC 文档资料。

本书适宜网络工程师、网络管理员以及希望获取网络技术认证的读者作为全面了解 OSPF 的学习用书。

作者简介

Thomas M. Thomas II 自称是网络紧急状况处理员（简称 NERD），一个乡村男孩，他的 CCIE 号是 9360，是 Cisco 系统认证指导教师，拥有 CCNP、CCDA 和 CCNA 认证。Tom 是 NetCerts.com（现在是 CCPrep.com）和国际网络资源组（www.inrgi.net）的创始者，并仍在董事会担当顾问，为公司的发展和当前的工作重点出谋划策。他曾经是 Chesapeake 计算机咨询公司（CCCI）的讲师，负责 Cisco 系统的开发。他编写了 *OSPF Network Design Solutions* 的第一版，还出版了很多其他的网络图书用于帮助他的工程师。Tom 现在是美国网络公司（www.usnetworksinc.com）的高级网络顾问，负责设计和实现 IP 语音和数据网络。Tom 现在和他的家人一起，住在北卡罗来纳州的罗利市。

关于技术审稿人

Henry Benjamin, CCIE No. 4695, 拥有三个 CCIE 认证（路由与交换、ISP Dial 和通信与服务）。Herry 以前在 Cisco 系统 CCIE 全球小组，现在，他是澳大利亚一家大型安全公司的独立顾问。他曾经担任 CCIE 实验室考试代理人，编写了 *CCNP Practical Studies: Routing* (CiscoPress 出版) 和 *CCIE Routing and Switching Exam Cram* (Coriolis 出版)。

Matthew H.Birkner, CCIE No. 3719, 是 Cisco systems 公司的技术领导，专长是 IP 和 MPLS 网络设计。他影响了全球多个大型通信公司和企业的设计。过去几年，Matt 在美国和 EMEA 对 Cisco 网络人员举办关于 MPLS VPN 技术的讲座。Matt 是“双 CCIE”，编写了 *Cisco Internetwork Design* (CiscoPress 出版)。Matt 从 Tufts 大学获得了 B.S.E.E，专业是电子工程。

Rick Burts, CCIE No. 4615, 有 20 年的计算机和计算机网络工作经验。Rick 是 Cisco systems 公司的认证指导教师和 CCIE（路由/交换）。他还教过很多 Cisco 课程，并帮助 Mentor Technologies 开发 OSPF 课程。Rick 是顾问，帮助许多客户解决他们网络路由协议中的 OSPF 问题。他是 Chesapeake NetCraftsmen (www.netcraftsmen.net) 的高级顾问。在他现在的位置上，Rick 主要负责网络设计、实现和疑难解析，并讲授一些课程。

Daniel L.Golding 是美国在线 Internet 系统结构组的对等关系经理。Dan 负责保证全球的美国在线时代华纳用户和雇员的 Internet 连接。他的专长包括互联网对等和路由策略设计。他曾长期从事多种 ISP 工作，特别是骨干网工程方面的工作。Dan 还经常在北美网络操作员组 (NANOG) 会议上作报告，曾经担任过 6 年的网络工程师。

John Hammond 在过去两年是 JuniperNetworks 公司的指导教师和课程开发者。在此之前，他是 Chesapeake 计算机咨

询公司的教师，该公司是 Cisco 培训合作伙伴。John 从 1990 年起，从事过很多网络方面的工作。

Cary Riddock, CCNP, CCS1, 曾经在 Huston、Texas 和 Central Florida 等地的大公司担任过 6 年多的网络工程师。他在 IT 安全领域中很活跃，正在准备 CCSP 和 CISSP 认证。他是 CiscoPress 出版的 *MCNS* 一书的合著者，并且是很多网络安全出版物的作者。

献 辞

谨以此书献给我的家人，感谢他们在那些我用于写作的夜晚和周末，给予我坚定的支持和理解。特别感谢我的妻子 Rose、女儿 Rebekah 和儿子 Daniel，他们从不抱怨什么，对我只有鼓励和支持。

没有家庭的支持和信任，我决不可能完成本书。

我相信我能够使本书的新版比过去有更多的提高。

我要向和我结婚 15 年的妻子，再次重申这些特殊的话语……

始终

永恒

无尽

直到永远

致 谢

非常感谢制作本书的人们。由于有了他们的知识、奉献和辛勤的工作，本书要远比我想象的好。

首先要感谢我的妻子 Rose 能够容忍我在整天的工作后还要整夜写作。她毫不动摇的支持是我能够完成本书的最关键的因素。

写作本书使我能够集合一支技术专家队伍，他们帮助我使本书写得更好。我这次能够有幸成为这支优秀队伍中的一员。感谢你们，感谢你们的洞察力和友谊。

我还要感谢指导我完成整个过程的优秀的出版专家们：Amy Moss，多年来真正的和亲爱的朋友；Chris Cleveland，他非常繁忙，但总是会找出时间帮助我。

本书中使用的图标

在本书中, 你会看到用于表示相应网络设备的下列图标:



路由器



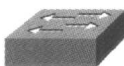
桥



集线器



DSU/CSU



Catalyst
交换机



多层
交换机



ATM
交换机



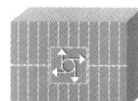
ISDN/帧中继
交换机



通信服务器



网关

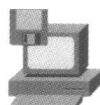


访问服务器

下列图标表示外设和其它设备:



PC



有软件的
PC



Sun
工作站



Macintosh



终端



文件
服务器



Web
服务器



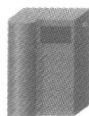
Cisco Works
工作站



打印机



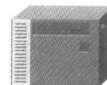
笔记本



IBM
大型机

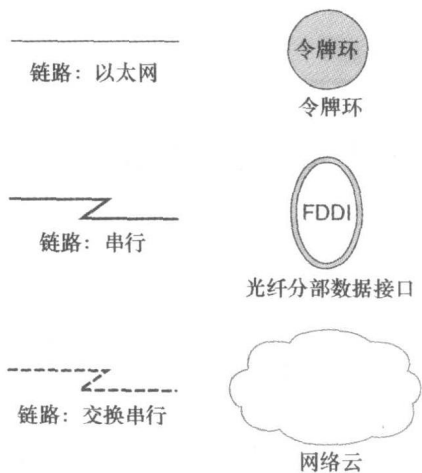


前端处理器



集群
控制器

下列图标用于表示网络和网络连接:



前言

OSPF 在全世界众多的网络中得到了广泛应用。如果要考取网络认证，OSPF 也是协议方面考得最多的一项。从技术角度来看，OSPF 的优势地位使得每个人在工作中总会在某些地方遇到它。这些事实的结果就是每个人都应当掌握 OSPF，包括如何操作、如何设置、疑难解析和——最重要的——如何设计一个使用 OSPF 的网络。每个人都将在不同程度上感受 OSPF。很可能你的家人正在 Internet 上冲浪，而数据包正通过使用 OSPF 的网络，在我看来他们也将从本书中受益。不妨考虑也给他们一本吧。

谁需要阅读本书？

本书并不是一部普通的网络方面的书籍，尽管它也可以用于这个目的。本书的目标是从很大的程度上提高你对 OSPF 的知识水平。负责 OSPF 的人员有必要阅读本书。如果你是程序员、网络经理、网络工程师，或者准备参加认证，你可能需要了解 OSPF。

本书是如何组织的

尽管本书可以从头到尾阅读，但是它的结构设计得很灵活，允许你在各章和各节之间快速翻阅，寻找你需要的材料。如果你打算全部阅读，本书所安排的顺序是最好的阅读顺序。

- 第 1 章“网络和路由选择基本原理”——这部分主要是程序设计、管理、维护和疑难解析，使读者熟悉网络的操作，它是本书各章的基础。

- **第 2 章“OSPF 介绍”**——本章帮助你理解路由选择协议的基本类型和它们的特点，知道何时使用某个协议，并使用这些信息深入理解如何在网络中实现它们。
- **第 3 章“OSPF 通信”**——本章向你介绍在运行 OSPF 的路由器之间，OSPF 是如何通信的。本章讲述链路状态信息如何使用 OSPF 的 LSA 进入链路状态数据库，以及不同的内部 OSPF 协议如何定义并允许 OSPF 路由器通信。
- **第 4 章“设计基本原理”**——讨论 OSPF 的性能与设计主题，进一步理解使用 OSPF 的目的及其操作。在每个设计小节中，给出了一系列“重要设计规则”。这些规则可以帮助你理解在 OSPF 网络中设计区域时的限制和建议。在很多实例中，有很多根据所示材料建立的示例，这将进一步强化关键主题和思想。
- **第 5 章“路由选择的概念和配置”**——这是很有趣的一章，它将挑战你（读者）和我（作者），将引起你在不同方面的兴趣。本章将讲述 OSPF 的所有特点、技巧和具备的功能。
- **第 6 章“重发布”和第 7 章“OSPF 汇总”**——重发布和汇总是很有趣的概念，这两章将解释当一个路由选择算法被重发布到另一个时，当其中一个协议是 OSPF 时，或当 OSPF 路由选择表通过汇总优化时，所面临的挑战。
- **第 8 章“管理和保护 OSPF 网络”**——管理 OSPF 网络与保证它的安全都非常重要。事实上，正确的网络管理的一个方面就是让网络操作平稳。
- **第 9 章“疑难解析 OSPF”**——本章以前面章节中讲述的设计理论和 OSPF 通信过程为基础。本章的主要内容是如何监控 OSPF 以确保其正确运行，以及如果出现问题时该采取什么措施。此外还讲述了使用可靠的疑难解析过程和技术判定网络问题的起因。
- **第 10 章“OSPF 网络中的 BGP 和 MPLS”**——本章讲述的是当 OSPF 与其他新技术例如 MPLS 结合时的 OSPF 扩展和新的功能。本章从复习 IGP 和 EGP 路由选择协议之间的差别开始展开讨论，讲述了 OSPF 如何与 BGP 交互。

目 录

第一部分 OSPF 基本原理与通信

第 1 章 网络和路由选择基本原理	3
1.1 网络基础	4
1.1.1 为什么需要 OSI 参考模型?	4
1.1.2 OSI 层次结构的特点	4
1.2 理解 OSI 参考模型的 7 个层次	6
1.2.1 上部层次	6
1.2.2 下部层次	7
1.3 OSI 参考模型层次和信息交换	8
1.4 TCP/IP 协议组	9
1.4.1 TCP/IP 的功能	10
1.4.2 TCP 概述	11
1.4.3 IP 概述	11
1.5 网络拓扑的种类	11
1.5.1 局域网	11
1.5.2 广域网	12
1.6 IP 寻址	14
1.6.1 A 类地址	15
1.6.2 B 类地址	15
1.6.3 C 类地址	16
1.6.4 D 类地址	16
1.6.5 E 类地址	16
1.6.6 IP 地址如何使用	16
1.6.7 IP 地址的作用	18
1.6.8 如何读取 IP 地址	19
1.6.9 IP 子网寻址	19
1.6.10 子网掩码	20
1.6.11 子网约束	21
1.7 VLSM 和 CIDR 的需求说明	22

1.7.1 路由汇总	23
1.7.2 有类路由选择	23
1.7.3 无类路由选择	24
1.8 VLSM	24
1.9 CIDR	26
1.9.1 确定一个 CIDR 网络	26
1.9.2 斜线的作用	27
1.9.3 重要的 CIDR 术语	27
1.9.4 无类 IP	28
1.9.5 CIDR 转发表	28
1.9.6 手工计算 CIDR 的 IP 前缀值	29
1.10 实例研究: VLSM	29
1.11 小结	31

第 2 章 OSPF 介绍 33

2.1 什么是路由选择协议	34
2.1.1 路由选择协议的基本操作	35
2.1.2 链路状态与距离向量路由选择协议	36
2.2 选择路由选择协议	40
2.2.1 操作因素	41
2.2.2 技术因素	42
2.2.3 商业因素	44
2.3 SPF 概述	45
2.4 OSPF 路由选择层次	51
2.4.1 层次网络的设计技术	51
2.4.2 OSPF 网络内部的路由选择类型	52
2.4.3 OSPF 区域	53
2.5 OSPF 操作环境	55
2.5.1 OSPF 路由器的类型	55
2.5.2 OSPF 网络类型	57
2.5.3 路由器标识	58
2.5.4 邻居	59
2.5.5 邻接体	59
2.5.6 指定路由器	60
2.6 实例研究: 为网络加入一个新的 OSPF 路由器	62
2.7 实例研究: 建立链路状态数据库	64
2.8 实例研究: OSPF 网络发展和收敛	69
2.8.1 配置回环接口	70
2.8.2 启动 OSPF	70
2.8.3 验证 OSPF 操作	70

2.9 总结	74
第3章 OSPF 通信	77
3.1 链路状态通告	77
3.1.1 LSA 的类型	77
3.1.2 LSA 运行实例	84
3.2 讨论 OSPF	89
3.2.1 OSPF 分组类型	89
3.2.2 Hello 过程/协议	90
3.2.3 交换过程/协议	93
3.2.4 泛洪过程/协议	93
3.3 使用 LSA	94
3.3.1 理解 LSA 组步调	94
3.3.2 理解 OSPF 组步调	96
3.3.3 阻塞 LSA 泛洪	96
3.3.4 忽略 MOSPF LSA 分组	97
3.3.5 改变 LSA 重发	97
3.3.6 改变 LSA 传送延迟	98
3.4 邻居建立细节	98
3.4.1 Hello 协议状态变化	98
3.4.2 数据库交换状态改变	99
3.5 实例研究: OSPF 初始化	102
3.6 实例研究: 邻居问题的疑难解析	111
3.6.1 初始状态时的邻居阻塞	112
3.6.2 处于 Exstart/交换状态的邻居阻塞	113
3.6.3 处于 2-way 状态的邻居阻塞	117
3.7 小结	117

第二部分 OSPF 路由选择和网络设计

第4章 设计基本原理	123
4.1 OSPF 设计目标	124
4.1.1 功能特性	124
4.1.2 可伸缩性	125
4.1.3 可适应性	125
4.1.4 可管理性	125
4.1.5 成本与效率	126
4.2 OSPF 网络设计方法学	126
4.2.1 步骤 1: 需求分析	127
4.2.2 步骤 2: 建立网络拓扑结构	129

4.2.3 步骤 3: 确定编址和命名规定	135
4.2.4 步骤 4: 准备硬件	140
4.2.5 步骤 5: 配置协议和 Cisco IOS 软件特征	140
4.2.6 步骤 6: 实现、监控和管理网络	142
4.3 OSPF 网络伸缩性	142
4.4 OSPF 网络拓扑结构	143
4.4.1 区域规模	143
4.4.2 确定每个 ABR 的区域数目	144
4.4.3 确定每个路由器的区域数目	145
4.4.4 确定每个路由器邻居的数目	145
4.4.5 选择指定路由器	146
4.4.6 全互联与部分互联网络拓扑结构	147
4.4.7 链路状态数据库大小的因素	147
4.4.8 带宽的使用	149
4.4.9 OSPF 的安全	149
4.5 区域设计概述	150
4.5.1 考虑物理的临近	151
4.5.2 如果链路不稳定的话减少区域的规模	151
4.5.3 确保连续的区域	151
4.5.4 使用可调的 OSPF 参数	152
4.5.5 命名区域	153
4.6 标准区域设计	153
4.7 骨干区域设计	154
4.8 端区设计	156
4.8.1 端区设计的重要规则	156
4.8.2 端区配置	156
4.8.3 完全端区	159
4.8.4 非完全端区	160
4.9 OSPF 虚链路: 好还是坏	162
4.9.1 改进分离的区域 0	162
4.9.2 确保到区域 0 的连接	163
4.9.3 虚链路设计的重要原则	163
4.9.4 虚链路配置的例子	164
4.10 OSPF 设计工具	174
4.10.1 改变邻居代价	174
4.10.2 配置点到多点非广播接口	175
4.10.3 配置路由计算计时器	175
4.10.4 抑制 OSPF 更新	176
4.11 总结	176
4.12 实例研究: 理解子接口	176