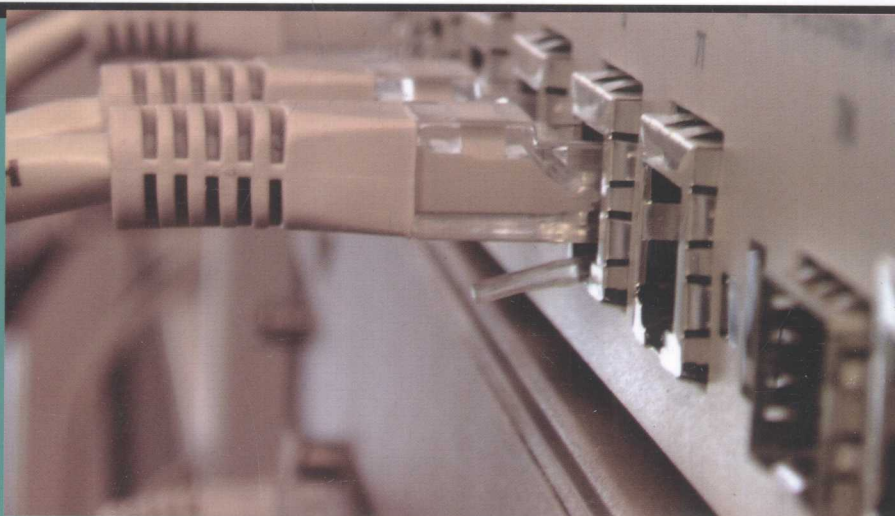


思科系列丛书



乾颐堂网络实验室



# 思科CCIE 路由交换v5 实验指南

周亚军◎编 著



中国工信出版集团



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

思科系列丛书

# 思科 CCIE 路由交换 v5 实验指南

周亚军 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

## 内 容 简 介

本书面向广大的网络工程师及对网络感兴趣的读者,旨在帮助读者成为一名优秀的思科网络工程师,进一步成为 IT 界认可度最高的顶级思科 CCIE 工程师。思科公司推出 CCIE 认证已有 20 年,考试大纲一直在更新换代,2014 年 6 月思科把路由交换 CCIE 大纲升级到版本 5.0 (Version 5.0)。大纲对知识体系做了进一步优化,使大纲更接近于现实网络。笔者作为在国内顶级 CCIE 培训机构任职多年的专业金牌讲师,结合多年工作经验,编写了这本《思科 CCIE 路由交换 v5 实验指南》。本书分 6 篇,分别从网络基础、路由协议(涵盖 eigrp、OSPF、BGP、IPv6、路由控制等)、IPSec VPN、组播技术、MPLS 技术、服务质量、交换技术等方面,对 CCIE 考试大纲的内容进行全面覆盖,而且对知识点进行极为细致的全面实验,实验中涵盖理论讲解、拓扑描述、实验步骤、调试信息和排错步骤等内容,一步步地向读者演示每一个知识点。

本书涵盖了思科路由交换 CCIE 考试中的绝大部分内容,特别适合作为准备参加思科认证考试人员的备考用书,同时也适合网络工程师、网络管理员、网络分析员、网络主管和网络设计人员阅读。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

思科 CCIE 路由交换 v5 实验指南 / 周亚军编著. —北京: 电子工业出版社, 2016.4  
(思科系列丛书)

ISBN 978-7-121-28477-9

I. ①思… II. ①周… III. ①互联网络—路由选择—指南 ②互联网络—通信协议—指南 IV. ①TN915.0-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 060929 号

策划编辑: 宋 梅

责任编辑: 桑 昀

印 刷: 北京京科印刷有限公司

装 订: 三河市皇庄路通装订厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 46 字数: 1177.6 千字

版 次: 2016 年 4 月第 1 版

印 次: 2016 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 99.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线:(010) 88258888。

## 序

首先引用一句话：为技术而疯狂！以自勉。

我从事网络技术教育已经 11 年之久，并于 2013 年 5 月成为数据中心 DC CCIE 亚洲第一人，与马海波共同创建了第一个 DC CCIE 实验室，中国的第一批数据中心 CCIE 大都出自该实验室，从事安全 CCIE 教育的这些年，培养出的安全 CCIE 已达到了 769 人。

话说在思科网络工程师（以及华为网络工程师）教育界近期发生了一些事情：我和军哥（安德）离开了之前的公司，开山立派另起一家——乾颐堂网络实验室，我们的口号就是，为您想得更多。所以军哥倾尽心血，把以往的文档和手册整合成了这本书，这本书不是零散地讲解某些命令，而是系统地逐个实验透彻讲解，对我们自己的学员及广大网络学习者都是一本很好的参考书。军哥尽最大努力尝试在理论和实践这个天平上找到一个平衡点，我们常说的一句话就是理论指导配置，配置实现真正的需求。军哥在我们实验室的“卦”中为“潜龙勿用”，含义就是说，必须坚定信念，隐忍待机，如龙潜深渊，藏锋守拙，不用不等于无用，就如同此书，希望您用到时也可以拿来查一查，学一学。

同时更欢迎大家来乾颐堂 CCIE 实验室参观和学习，这里还有更多的知识（安全、运营商、数据中心，等等）等着您。

现任明教教主 秦柯

## 关于作者

周亚军，即安德老师，乾颐堂 CCIE 实验室创始人之一，CCIE（路由交换 CCIE、运营商 CCIE）No.28385，思科认证 CCSI 讲师，华为 HCIE No.2198。思科客座讲师，主持思科和汶川人民政府合作的“支蜀援川”，思科公司官方 next-level 系统课程视频作者，专职从事思科网络技术培训时间 6 年，截至现在培养出 200 多名 CCIE，CCNP 级别的初中级工程师不计其数，这些学子广泛就职于百度、思科、腾讯、华为等公司；2014 年成为华为 HCIE v2.0 第一人，培养出数百名的华为实施工程师，其中多名佼佼者成为华为 HCIE。2014 年乾颐堂网络实验室创建之后更致力于培养综合性人才，开发了以思科为主线，综合了华为、H3C 和 Juniper，形成系统化一站式网络工程师培训模式。

# 前 言

随着时代的变迁，互联网这个名词从 2000 年的泡沫变成了如今任何一个现代人都无法离开的东西，中国的网络集成商也是一代又一代繁衍和更迭，但是无论国内舆论的呼声有多么的高涨，CCIE 这个头衔依旧是全球网络设备厂商最认可的认证（没有之一）。笔者作为网络培训的一根“老油条”，接触了太多的学员和太多厂商的设备，之所以还坚守在思科的阵营中，因为一点：思科的知识体系和培训体系是最全面的。

反过来我们再论述另外一个话题，即基础问题，引用一位前辈的话，如同地基不牢，房子早晚会坍塌是同一个道理。那么路由交换就是整个互联网的根基，是广大网络工程师的根基，本书就从最基本的 IP 地址开始讲起，一步步帮你把地基打牢。CCIE 的方向性也随着时代有了更多的内容，比如协作（曾经的语音）、数据中心（曾经的存储）、无线技术，但所有这些都摆脱不了路由交换的影子。

再来讨论第三个话题，也就是路由交换 CCIE 认证的问题，笔者曾经为思科“next-level”体系录制过一套视频，当时的预言已经成为现实：每个人都可以轻松接触到网络，每个人都可以轻松操控网络，因为当下最先进的思科 IOS 模拟器完全可以在普通的个人计算机上运行。也就意味着读者可以轻松地背着一个“实验室”上下地铁（历历在目的是曾经的一个上海学员在地铁上向我咨询网络问题，而他正是通过手提电脑的模拟器在完成作业时遇到了技术细节问题），甚至是喝咖啡时，也可以开启身边的模拟器进行联系。

书中绝大部分实验都正式在模拟器上完成过，仅仅有 5%左右的实验是通过真机实现的（总有个别特性模拟器是无法实现的），但请不要因为一棵树而放弃一片森林。本书中所用到的 IOS，如无特殊说明采用的是 15.x 的 IOS（这也是思科路由交换 CCIE v5 认证考试的系统）。

接下来我们来聊一下路由交换 CCIE v5 的认证过程，一个基本观点是，思科 CCIE 虽然是思科除了 CCAr 之外最高的认证，但是它并不需要一级一级地从 CCNA、CCNP，最后才能考取 CCIE，它允许考生直接参加 CCIE 认证考试。对思科路由交换 CCIE v5 来讲，它依旧由两部分组成：你必须首先参加在 VUE 考点的 CCIE 笔试部分（400 美金），其考试代码为 400-101，然后才能参加 CCIE 实验部分的考试（1600 美金），CCIE 实验部分为 8 小时，其中包括 2~2.5 小时的排错、灵活的 0.5 小时诊断部分以及剩余的配置部分。本书为 CCIE 实验部分所准备，而且更加关注排错思想的指导，因为排错是最考验考生的试题部分。本书更注重实验指导，当然不乏经典理论。

最后来聊一下本书的结构，几乎每个章节都是按理论阐述、拓扑描述、实验步骤来完成的。理论是实践的指导，实践是理论的最终实现，两者相辅相成，不可分割，实验步骤方面辅以调试信息和排障思路。总而言之，本书的结构用最贴近读者的方式去实现。最后还需要叮嘱的是，任何一个知识都需要一遍又一遍练习才能够掌握，正如罗马不是一天建成的道理颠扑不破。

## 本书的结构

我需要 CCIE 吗？

最重要的是你应该明白，CCIE 是一项高端的 IT 认证，它不是娱乐，也不是所谓的“大神”，它仅仅是一项生存的技能，而且是需要通过大量学习和练习（甚至是一些运气）才能通过的认证。当然这个技能会给你的将来带来很多便利，比如：

- ◇ 更好的薪水；
- ◇ 良好的职业规划；
- ◇ 出国的优势；
- ◇ 晋升的优势；
- ◇ 人脉的优势。

最后笔者想说，奔跑吧，兄弟们，CCIE 不是遥不可及，所有 CCIE 都是在做了巨量的 CCIE 实验才取得了“大神”的标牌，本书将给你巨大的帮助！

笔 者

## 介 绍

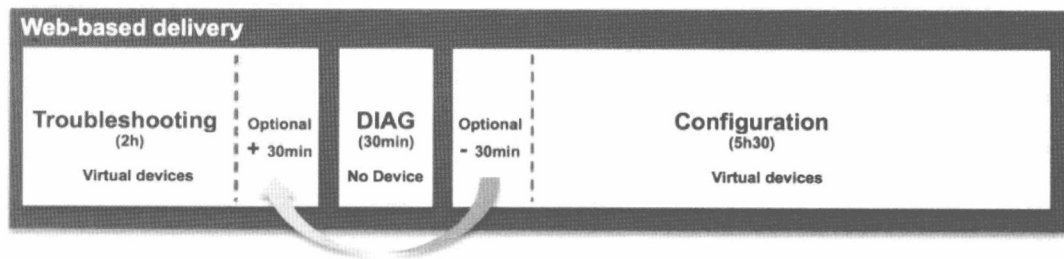
思科 Cisco Certified Internetwork Expert (CCIE) 认证可能是整个网络界最具挑战的国际认证了, 到本书出版时, 全球大约有 46 000 多名 CCIE, 当然被承认的 CCIE 的数目远远少于这个数目。它几乎已经成为你是否是一名合格 CCIE 的标准, 同时也成为很多 IT 公司 (不仅仅是网络集成公司) 的一种入职标准, 甚至其他网络硬件厂商也会以你是否是一名 CCIE 作为一种衡量标准。可以这样认为: 在网络界 CCIE 会提升你的一个“学历”标准, 如果你是一名专科生, 那么在别人眼里将会有本科生的待遇; 如果你是一名本科生, 那么在别人眼里将会有研究生的待遇。是的, 是这样的, 没错!

本书专门针对路由和交换考生, 当然你应该已经知道路由和交换是网络的基础, 是整个大厦的基石。同时思科还提供其他几种 CCIE 认证, 本书覆盖了 RS CCIE Version5.0 考试大纲 Lab 部分的绝大部分实验, 同时本书的最大特色就是 Lab, Lab, 再 Lab; 实验, 实验, 再实验, 这是通过 CCIE 认证考试的不二法则。在此, 我们列出思科 CCIE 认证列表作为参考, 更具体的内容请到 [http://www.cisco.com/web/learning/certifications/expert/ccie\\_rs/index.html](http://www.cisco.com/web/learning/certifications/expert/ccie_rs/index.html) 查看:

- ◇ CCDE;
- ◇ CCIE Collaboration;
- ◇ CCIE Data Center;
- ◇ CCIE Routing & Switching;
- ◇ CCIE Security;
- ◇ CCIE Service Provider;
- ◇ CCIE Service Provider Operations;
- ◇ CCIE Wireless。

每一名 CCDE 或者 CCIE 备考者都需要通过笔试, 比如路由交换考生需要通过编号为 400-101 的考试, 然后才有资格预定 CCIE Lab 考试。

对于 CCIE 路由交换 v5 实验部分你应该已经知道它将是完整的 8 小时, 而且包含了如下三部分: 2 小时 (弹性的 0.5 小时) 的排错 (这是非常考验你的基础的一部分) +0.5 小时的诊断部分+其他时间的配置部分, 如下图所示。





CCIE 路由交换 v5 考试内容和所占比例:

CCIE RS v5	Written%	Lab%
1.0.0 网络原理	10	0
2.0.0 二层技术	15	20
3.0.0 三层技术	40	40
4.0.0 VPN 技术	15	20
5.0.0 基础安全	5	5
6.0.0 基础服务	15	15

以上实验部分都可以在本书中找到。

# 目 录

## 第 1 篇 路由基础

### 第 1 章 路由器的基本概念 / 2

- 1.1 理论基础和场景需求 / 3
- 1.2 实验需求及拓扑描述 / 3
- 1.3 路由器基本实验 / 4

### 第 2 章 认识 IP 地址 / 11

- 2.1 IP 地址基础 / 12
- 2.2 认识 IP 地址的实验需求及拓扑描述 / 13
- 2.3 IP 基础实验步骤 / 14

### 第 3 章 静态路由配置 / 16

- 3.1 路由原理和基本的静态路由 / 17
- 3.2 实验需求及拓扑描述 / 18
- 3.3 静态路由实验步骤 / 18
- 3.4 实现静态默认路由 / 21

### 第 4 章 PPP 链路和相关认证 / 23

- 4.1 PPP 基础和场景需求 / 24
- 4.2 实验需求及拓扑描述 / 26
- 4.3 PPP 实验步骤 / 26

## 第 2 篇 动态路由协议

### 第 5 章 RIP 协议 / 32

- 5.1 RIP 理论基础和场景需求 / 33
- 5.2 实验需求及拓扑描述 / 34
- 5.3 RIP 实验步骤 / 34
  - 5.3.1 配置 RIPv1 并观察有类路由 / 34
  - 5.3.2 认识和配置 RIPv2 / 36
  - 5.3.3 观察 RIP 的自动汇总 / 38
  - 5.3.4 RIP 的单播更新和 PASSIVE / 42
  - 5.3.5 RIPv2 的认证 / 42
  - 5.3.6 RIPv1 和 RIPv2 的兼容性问题 / 44

### 第 6 章 IPv6 基础 / 47

- 6.1 通过无状态自动配置获得地址 / 48
  - 6.1.1 认识 IPv6 地址和了解 SLAAC / 48
  - 6.1.2 无状态自动配置实验需求及拓扑描述 / 51
  - 6.1.3 实现 IPv6 的 SLAAC 无状态自动配置 / 51
- 6.2 有状态自动配置 IPv6 地址 / 54
  - 6.2.1 认识 IPv6 有状态的含义 / 54

- 6.2.2 配置有状态自动配置 IPv6 地址 / 54

### 6.3 RIPng 下一代 RIP 协议 / 58

- 6.3.1 RIP 下一代协议理论 / 58
- 6.3.2 RIPng 实验需求及拓扑描述 / 59
- 6.3.3 RIPng 实验步骤 / 60

### 第 7 章 eigrp 协议 / 69

- 7.1 增强的 IGRP 理论基础 / 70
- 7.2 实验需求及拓扑描述 / 71
- 7.3 eigrp 实验步骤 / 71
  - 7.3.1 基本的 eigrp 和通告路由 / 71
  - 7.3.2 观察 eigrp 的重传机制 / 72
  - 7.3.3 eigrp 的邻居关系排错 / 73
  - 7.3.4 观察和计算 eigrp 的 metric 度量值 / 75
  - 7.3.5 eigrp 的等价负载均衡 / 77
  - 7.3.6 实现 eigrp 的非等价负载均衡 / 81
  - 7.3.7 观察 eigrp 的路由自动汇总和实现手工汇总 / 84
  - 7.3.8 实现 eigrp 的默认路由 / 89
  - 7.3.9 实现 eigrp 认证 / 91

- 7.3.10 实现 eigrp 的 STUB 末节配置 / 92
- 7.3.11 实现 eigrp 的 Leak-map / 96
- 7.3.12 配置命名的 eigrp / 98
- 7.4 eigrp for IPv6 理论基础 / 101
- 7.5 eigrp for IPv6 实验需求及拓扑描述 / 101
- 7.6 eigrp for IPv6 实验步骤 / 102
  - 7.6.1 建立简单的 eigrp for IPv6 邻居 / 102
  - 7.6.2 eigrp for IPv6 的认证 / 103
  - 7.6.3 修改 eigrp for IPv6 其他一些参数以实现优化 / 103

## 第 8 章 OSPF 协议 / 106

- 8.1 OSPF 的理论基础 / 107
- 8.2 OSPF 实验需求及拓扑描述 / 107
- 8.3 OSPF 实验步骤 / 107
  - 8.3.1 基本的多区域 OSPF 配置 / 107
  - 8.3.2 OSPF 路由器 ID / 110
  - 8.3.3 OSPF 邻居排错 / 111
  - 8.3.4 理解和实现 OSPF 网络类型 / 118
  - 8.3.5 OSPF 的特殊区域 1——末节区域 / 127
  - 8.3.6 OSPF 的特殊区域 2——NSSA 区域 / 134
  - 8.3.7 实现完全末节区域和 ABR 的重分布 / 142
  - 8.3.8 观察和认识 OSPF 的 LSA / 144
  - 8.3.9 讨论和配置 OSPF 的转发地址 Forward Address / 150
  - 8.3.10 配置 OSPF 虚链路 / 153
  - 8.3.11 实现 OSPF 身份验证 / 157

## 第 9 章 实现 OSPFv3 / 165

- 9.1 OSPFv3 理论基础 / 166
- 9.2 OSPFv3 实验需求及拓扑描述 / 166
- 9.3 OSPFv3 实验步骤 / 166
  - 9.3.1 建立基本的 OSPFv3 邻居 / 166
  - 9.3.2 实现 OSPFv3 特殊区域 / 168
  - 9.3.3 OSPFv3 实例的用途和配置举例 / 170
  - 9.3.4 OSPFv3 的认证和默认路由 / 171
  - 9.3.5 认识 OSPFv3 的 LSA / 172

- 9.3.6 ASBR 上实现 OSPFv3 外部路由汇总配置 / 177
- 9.3.7 ABR 上完成域间路由汇总 / 178
- 9.3.8 实现 OSPFv3 的虚链路 / 178

## 第 10 章 路由控制 / 179

- 10.1 基本的路由重分布和实验目的 / 180
- 10.2 基本的路由实验需求及拓扑描述 / 180
- 10.3 重分布实验 / 180
  - 10.3.1 配置基本的重分布 / 180
  - 10.3.2 用 distribute-list 控制路由更新 / 183
- 10.4 路由控制高级工具应用 / 188
  - 10.4.1 实验目的 / 188
  - 10.4.2 实验需求及拓扑描述 / 189
  - 10.4.3 实验步骤 / 189

## 第 11 章 BGP 和 IPv6 高级技术 / 200

- 11.1 建立 BGP 邻居关系及相关排错 / 201
  - 11.1.1 BGP 邻居关系理论描述 / 201
  - 11.1.2 实验需求及拓扑描述 / 202
  - 11.1.3 基本的 BGP 配置和邻居排错实验 / 202
- 11.2 路由黑洞理论及演示 / 208
  - 11.2.1 BGP 路由黑洞概念、产生的原因 / 208
  - 11.2.2 BGP 黑洞实验需求及拓扑描述 / 209
  - 11.2.3 BGP 黑洞实验步骤 / 209
- 11.3 Aggregation 汇总路由 / 216
  - 11.3.1 实验目的：了解和掌握 BGP 聚合 / 216
  - 11.3.2 实验需求及拓扑描述 / 216
  - 11.3.3 BGP 汇总实验步骤 / 217
- 11.4 移除私有的 AS 号码和条件性通告 / 224
  - 11.4.1 特性理论基础 / 224
  - 11.4.2 实验需求及拓扑描述 / 225
  - 11.4.3 移除私有的 AS 号码和条件性通告特性实验步骤 / 225
- 11.5 BGP 的路由反射器和联邦 / 229
  - 11.5.1 BGP 的路由反射器和联邦理论基础 / 229
  - 11.5.2 实验需求及拓扑描述 / 230
  - 11.5.3 实验步骤 / 230

- 11.6 BGP 团体属性及其应用 / 235
  - 11.6.1 BGP 团体属性描述 / 235
  - 11.6.2 实验需求及拓扑描述 / 235
  - 11.6.3 BGP 团体属性实验 / 236
- 11.7 BGP 选路原则实验 / 243
  - 11.7.1 BGP 选路原则理论 / 243
  - 11.7.2 实验需求及拓扑描述 / 244
  - 11.7.3 BGP 选路原则实验步骤 / 244

## 第 12 章 多协议 BGP 对 IPv6 的支持 / 264

- 12.1 多协议 BGP 对 IPv6 的支持 / 265
  - 12.1.1 实验需求及拓扑描述 / 265
  - 12.1.2 实验步骤 / 265
- 12.2 IPv6 手工 Tunnel 和自动 Tunnel / 271
  - 12.2.1 IPv4 向 IPv6 过渡理论基础 / 271
  - 12.2.2 实验需求及拓扑描述 / 271
  - 12.2.3 IPv6 隧道技术实现 / 272

## 第 3 篇 VPN 技术

### 第 13 章 IPsec VPN 技术 / 278

- 13.1 站点到站点的 VPN / 279
  - 13.1.1 IPsec 理论基础 / 279
  - 13.1.2 实验需求及拓扑描述 / 281
  - 13.1.3 站点到站点的 IPsec VPN 实验步骤 / 282
- 13.2 DMVPN 动态多点 VPN / 290
  - 13.2.1 DMVPN 理论基础 / 290
  - 13.2.2 实验需求及拓扑描述 / 291
  - 13.2.3 DMVPN 实验步骤 / 291
- 13.3 VRF 环境下的 DMVPN / 302
  - 13.3.1 VRF 环境下的 DMVPN 理论基础 / 302
  - 13.3.2 实验需求及拓扑描述 / 303
  - 13.3.3 带 VRF 的 DMVPN 配置步骤 / 304

- 14.3.8 标签的出方向通告控制 / 323
- 14.3.9 入方向的标签控制 / 324
- 14.3.10 LDP 认证 / 325
- 14.3.11 MPLS LDP-IGP 的同步 / 326

### 第 15 章 PE 和 CE 路由协议之 RIP 协议 / 330

- 15.1 MPLS VPN 路由架构和数据转发模型 / 331
- 15.2 实验需求及拓扑描述 / 333
- 15.3 MPLS VPN 实验步骤 / 333
  - 15.3.1 运行 SP 运营商内部的 IGP 协议 / 333
  - 15.3.2 运行运营商域内的 MPLS 协议 / 334
  - 15.3.3 配置 PE 的 VRF / 336
  - 15.3.4 配置 PE 设备之间的 MP-BGP / 338
  - 15.3.5 配置 PE 和 CE 的路由交互 / 340
  - 15.3.6 PE 设备 R1 和 R4 的配置汇总 / 347

### 第 14 章 LDP (标签分发协议) / 310

- 14.1 标签分发协议 / 311
- 14.2 实验需求及拓扑描述 / 312
- 14.3 标签分发协议实验 / 312
  - 14.3.1 建立整个拓扑的 IGP / 312
  - 14.3.2 建立基本的 LDP 邻居以及 LDP 发现 / 313
  - 14.3.3 修改 LDP 的 RID / 315
  - 14.3.4 观察 LSP 通道 / 316
  - 14.3.5 MPLS TTL Propagation 繁衍 / 319
  - 14.3.6 建立非直连的 LDP 邻居 / 321
  - 14.3.7 MPLS MTU 问题 / 321

### 第 16 章 PE 和 CE 路由协议之 OSPF 协议 / 351

- 16.1 MPLS 环境下的 OSPF 理论 / 352
- 16.2 实验需求及拓扑描述 / 352
- 16.3 MPLS 下接入 OSPF 协议实验步骤 / 352
  - 16.3.1 运行 SP 运营商内部的 IGP 协议 / 352
  - 16.3.2 运行域内的 MPLS 协议-LDP / 353
  - 16.3.3 配置 PE 设备的 VRF / 356
  - 16.3.4 配置 PE (R1 和 R5) 设备之间的 MP-iBGP / 357
  - 16.3.5 配置 PE 和 CE 的路由交互 / 358
  - 16.3.6 OSPF 的 SHAM-Link 技术 / 361
  - 16.3.7 PE 设备的汇总配置 / 366

## 第 17 章 PE 和 CE 路由协议之 BGP 协议和 VPNv4 路由反射器 / 368

- 17.1 BGP 作为 MPLS VPN 的接入方案 / 369
- 17.2 实验需求及拓扑描述 / 369
- 17.3 BGP 作为客户协议接入 MPLS VPN 网络 / 369
  - 17.3.1 完成 SP 内部的 IGP / 369
  - 17.3.2 完成域内的 LDP / 370
  - 17.3.3 配置 PE 的 VRF / 372
  - 17.3.4 配置 PE 和 VPNv4 的 RR (R3) 的邻居关系 / 373
  - 17.3.5 配置 PE-CE 的 eBGP / 375
  - 17.3.6 解决 eBGP CE 端接收路由的问题以及验证标签情况 / 377
  - 17.3.7 Import-Map 和 Export-Map 的应用 / 381

## 第 18 章 PE 和 CE 路由协议之 eigrp 协议 / 388

- 18.1 PE 同 CE 运行 eigrp 协议的 MPLS VPN / 389
- 18.2 实验需求及拓扑描述 / 389

## 18.3 实验步骤 / 390

- 18.3.1 配置 AS 100 域内的 IGP / 390
- 18.3.2 完成 SP 域内的 MPLS 协议 LDP 以完成外层标签分发 / 390
- 18.3.3 在 PE 上配置 VRF / 392
- 18.3.4 在 PE 间配置 MP-BGP / 393
- 18.3.5 完成 PE-CE 的路由协议 / 394
- 18.3.6 eigrp 的 SOO (Site Of Origin) 防环机制 / 397

## 第 19 章 MPLS VPN 接入互联网 / 400

- 19.1 接入互联网理论和需求 / 401
- 19.2 实验需求及拓扑描述 / 401
- 19.3 实验步骤 / 402
  - 19.3.1 利用 MPLS VPN 网络完成基本的 CE 间通信 / 402
  - 19.3.2 通过路由泄露完成互联网的接入 / 407

## 第 4 篇 组播技术

### 第 20 章 IGMP 协议 / 418

- 20.1 IGMP 互联网组管理协议 / 419
- 20.2 实验需求及拓扑描述 / 420
- 20.3 IGMP 实验步骤 / 420
  - 20.3.1 基本的 IGMP 配置 / 420
  - 20.3.2 修改最后一跳位置的 DR 设备 / 422
  - 20.3.3 组播网络的最后一跳的路由器同 IGMP 加组设备的关系 / 423
  - 20.3.4 观察 IGMPv2 的离开组播组 / 425
  - 20.3.5 在最后一跳设备上实现加组的控制 / 426
  - 20.3.6 IGMPv3 / 428

### 第 21 章 PIM Dense-Mode 协议无关组播的密集模式 / 430

- 21.1 协议无关组播-密集模式 / 431
- 21.2 实验需求及拓扑描述 / 431
- 21.3 实验步骤 / 432

- 21.3.1 完成单播路由协议 / 432
- 21.3.2 完成组播设备的配置 / 433
- 21.3.3 配置加组以及测试 / 434
- 21.3.4 理解组播树的剪枝和嫁接 / 439
- 21.3.5 PIM 协议的 Assert 声明机制 / 442
- 21.3.6 进一步探讨 RPF 检查机制 / 444

### 第 22 章 PIM Sparse-Mode 协议无关组播的稀疏模式 / 447

- 22.1 组播稀疏模式 / 448
- 22.2 实验需求及拓扑描述 / 450
- 22.3 实验步骤 / 451
  - 22.3.1 IGP 基本配置 / 451
  - 22.3.2 配置组播网络 / 451

### 第 23 章 PIM SM 中动态指定 RP 的 Auto-RP 方式 / 461

- 23.1 思科特有的自动 RP / 462
- 23.2 实验需求及拓扑描述 / 462

- 23.3 实验步骤 / 463
  - 23.3.1 完成单播的 IGP / 463
  - 23.3.2 实现组播网络 / 463
  - 23.3.3 Auto-RP 方式指定 RP / 464
- 第 24 章 PIM SM 中动态指定 RP 的 BSR 方式 / 466
  - 24.1 通过 Bootstrap 方式获得 RP / 467
  - 24.2 实验需求及拓扑描述 / 467
  - 24.3 实验步骤 / 467
    - 24.3.1 完成拓扑中单播的 IGP / 467
    - 24.3.2 组建组播网络 / 468
    - 24.3.3 用 BSR 方式配置 RP / 468
- 第 25 章 Anycast RP 任意播汇聚点 / 473
  - 25.1 实验目的 / 474
  - 25.2 实验需求及拓扑描述 / 474
- 25.3 实验步骤 / 474
  - 25.3.1 完成单播的 IGP / 474
  - 25.3.2 完成组播网络组建并配置 Anycast RP / 475
- 第 26 章 MSDP 在域间组播的应用 / 479
  - 26.1 MSDP 在域间的应用 / 480
  - 26.2 实验需求及拓扑描述 / 480
  - 26.3 实验步骤 / 481
    - 26.3.1 完成两个 AS 的 IGP / 481
    - 26.3.2 完成 AS 100 和 AS 200 两个域内的组播 / 481
    - 26.3.3 完成 MSDP 会话 / 483
    - 26.3.4 完成接收者所在域内的 RPF 检查 / 485
    - 26.3.5 通过 MP-BGP 的组播地址族完成 RPF 检查 / 487

## 第 5 篇 服务质量 QoS

- 第 27 章 Classification & Marking 分类和标记 / 493
  - 27.1 分类和标记基础 / 494
  - 27.2 实验需求及拓扑描述 / 495
  - 27.3 QoS 分类和标记实验 / 495
    - 27.3.1 按照一层特性来给数据分类 / 495
    - 27.3.2 根据二层特性来给数据分类并做 Marking / 496
    - 27.3.3 匹配三层特性来做 Marking / 497
    - 27.3.4 依赖四层或者高层信息来做 Marking / 499
- 第 28 章 CB-WFQ 基于类的加权公平队列 / 501
  - 28.1 队列理论基础 / 502
  - 28.2 实验需求及拓扑描述 / 502
  - 28.3 实验步骤及参数理解 / 503
    - 28.3.1 直接配置 Bandwidth 的带宽值 / 503
    - 28.3.2 用百分比的方式来配置 CB-WFQ / 504
- 28.3.3 用最后一种 remaining (剩余) 方式来修改 / 506
- 28.3.4 对默认分类的修改 / 507
- 28.3.5 修改 CB-WFQ 的其他参数 / 508
- 第 29 章 CB-LLQ 基于类的低延时队列 / 511
  - 29.1 CB-LLQ 基于类的低延时队列基础 / 512
  - 29.2 实验需求及拓扑描述 / 512
  - 29.3 实验步骤 / 512
    - 29.3.1 采用 MQC 的方式配置基本的 CB-LLQ / 512
    - 29.3.2 采用带宽百分比的方式配置低延时队列 / 514
- 第 30 章 RED 早期检测随机丢弃和 CB-WRED 连用机制 / 516
  - 30.1 早期检测随机丢弃基础 / 517
  - 30.2 实验需求及拓扑描述 / 518
  - 30.3 实验步骤 / 518

- 30.3.1 基于接口的 WRED (加权早期随机丢弃) / 518
- 30.3.2 CB-WRED 基于类的 WRED / 521

## 第 31 章 流量整形和监管 / 524

- 31.1 承诺访问速率 / 525
  - 31.1.1 承诺访问速率基础 / 525
  - 31.1.2 实验需求及拓扑描述 / 525
  - 31.1.3 实验步骤 / 526
- 31.2 CB-Policing 基于类的流量监管 / 529
  - 31.2.1 基于类的流量监管基础 / 529
  - 31.2.2 实验需求及拓扑描述 / 530
  - 31.2.3 实验步骤 / 531

- 31.3 GTS 通用流量整形 / 536
  - 31.3.1 通用流量整形基础 / 536
  - 31.3.2 实验需求及拓扑描述 / 537
  - 31.3.3 实验步骤 / 537
- 31.4 CB-Shaping 基于类的流量整形 / 540
  - 31.4.1 基于类的流量整形基础 / 540
  - 31.4.2 实验需求及拓扑描述 / 540
  - 31.4.3 实验步骤 / 540

## 第 32 章 链路分片和交叉离开 (LFI) / 544

- 32.1 链路分片和交叉离开 (LFI) 理论基础 / 545
- 32.2 实验需求及拓扑描述 / 546
- 32.3 实验步骤 / 546

# 第 6 篇 交换技术

## 第 33 章 VLAN 技术 / 552

- 33.1 VLAN 和端口 VLAN ID / 553
  - 33.1.1 VLAN 实验需求及拓扑描述 / 553
  - 33.1.2 VLAN 实验步骤 / 554
- 33.2 创建 VLAN 的方式 / 555
  - 33.2.1 VLAN 理论基础 / 555
  - 33.2.2 实验步骤 / 556

## 第 34 章 Trunk 协议和本征 VLAN 技术 / 559

- 34.1 Trunk 干道协议 / 560
- 34.2 实验需求及拓扑描述 / 560
- 34.3 干道协议实验步骤 / 561
  - 34.3.1 IP 地址和 Access 的基本配置 / 561
  - 34.3.2 配置基本 IEEE 的 DOT1Q Trunk / 561
  - 34.3.3 移除或者增加 Trunk 链路上 VLAN 的流量 / 562
  - 34.3.4 关于 DTP 协议 / 563
- 34.4 Native VLAN 本征 VLAN / 568
- 34.5 本征 VLAN 实验需求及拓扑描述 / 569
- 34.6 本征 VLAN 实验步骤 / 569
  - 34.6.1 完成路由器接口的配置及交换机上 VLAN 的配置 / 569

- 34.6.2 完成 Trunk 的配置并在 Trunk 链路修改 Native VLAN / 570
- 34.6.3 发散思维 / 571

## 第 35 章 VTP 协议 / 573

- 35.1 VTP 协议基础 / 574
- 35.2 实验需求及拓扑描述 / 574
- 35.3 实验步骤 / 575
  - 35.3.1 配置两台设备间的 Trunk / 575
  - 35.3.2 验证并配置 VTPv2 / 575
  - 35.3.3 透明模式 / 580
  - 35.3.4 VTPv3 / 581

## 第 36 章 Private VLAN 私有 VLAN 技术 / 584

- 36.1 私有 VLAN 基础 / 585
- 36.2 实验需求及拓扑描述 / 585
- 36.3 实验步骤 / 585
  - 36.3.1 设置 VTP 的模式 / 585
  - 36.3.2 创建主 VLAN 和辅助 VLAN, 并把辅助 VLAN 关联到主 VLAN 上 / 586
  - 36.3.3 把接口关联到 VLAN / 587

## 第 37 章 以太链路聚合 / 591

- 37.1 以太链路聚合 / 592
- 37.2 实验需求及拓扑描述 / 592
- 37.3 实验步骤 / 592
  - 37.3.1 配置 PAgP 的二层以太通道 / 592
  - 37.3.2 用 LACP 配置以太通道 / 594
  - 37.3.3 配置以太通道的负载方式 / 595
  - 37.3.4 配置三层的以太通道 / 596

## 第 38 章 STP 生成树协议 / 598

- 38.1 STP 生成树协议基础 / 599
- 38.2 实验需求及拓扑描述 / 603
- 38.3 实验步骤 / 604
  - 38.3.1 配置基本的 Trunk 和 Access / 604
  - 38.3.2 观察默认 STP 及桥 ID 的作用 / 605
  - 38.3.3 设置不同 VLAN 的根和备份根 / 610

## 第 39 章 通过 Port-Priority 完成 VLAN 间流量的负载均衡 / 612

- 39.1 理论基础 / 613
- 39.2 实验需求及拓扑描述 / 613
- 39.3 实验步骤 / 614
  - 39.3.1 完成 VLAN 和 Trunk 的配置 / 614
  - 39.3.2 把 SW1 配置成为 VLAN10 和 VLAN100 的根 / 615
  - 39.3.3 通过修改 cost 值或者 Port-Priority 可以做到 VLAN 间的负载均衡 / 616

## 第 40 章 生成树的 Uplinkfast 和 Backbonefast / 619

- 40.1 生成树的 Uplinkfast 和 Backbonefast 介绍 / 620
- 40.2 实验需求及拓扑描述 / 622
- 40.3 实验步骤 / 623
  - 40.3.1 完成设备的基本初始化 / 623
  - 40.3.2 配置 Uplinkfast / 624
  - 40.3.3 配置 Backbonefast / 625

## 第 41 章 快速生成树 RSTP 和多实例生成树 MSTP / 629

- 41.1 快速生成树 RSTP / 630
  - 41.1.1 快速生成树 RSTP 基础 / 630
  - 41.1.2 快速生成树实验需求及拓扑描述 / 633
  - 41.1.3 RSTP 实验步骤 / 634
- 41.2 MSTP 多实例生成树 / 638
  - 41.2.1 MSTP 多实例生成树理论基础 / 638
  - 41.2.2 多实例生成树实验需求及拓扑描述 / 639
  - 41.2.3 MSTP 实验步骤 / 640

## 第 42 章 STP 增强安全特性 / 644

- 42.1 Portfast 快速端口 / 645
- 42.2 BPDUGuard BPDU 保护 / 646
- 42.3 BPDUFilter BPDU 过滤 / 647
- 42.4 ROOTGuard 根保护 / 649

## 第 43 章 Loopguard 实现 / 651

- 43.1 Loopguard 基础 / 652
- 43.2 实验需求及拓扑描述 / 652
- 43.3 实验步骤 / 653
  - 43.3.1 基本配置 / 653
  - 43.3.2 制造一个生成树环路 / 654
  - 43.3.3 配置 Loopguard 来阻止二层环路 / 655

## 第 44 章 VLAN 间路由 / 657

- 44.1 VLAN 间路由基础 / 658
- 44.2 实验需求及拓扑描述 / 658
- 44.3 实验步骤 / 659
  - 44.3.1 完成基本的 VLAN 和 Trunk 配置 / 659
  - 44.3.2 配置可路由端口 / 660
  - 44.3.3 配置 SVI / 661
  - 44.3.4 配置路由协议 / 662

## 第 45 章 DHCP 和 DHCP 中继代理 / 664

- 45.1 DHCP 基础 / 665
- 45.2 实验需求及拓扑描述 / 665



- 45.3 实验步骤 / 665
  - 45.3.1 配置 PC 客户端通过 DHCP 自动获得地址 / 665
  - 45.3.2 配置 DHCP 服务 / 665
- 第 46 章 HSRP 热备冗余协议 / 668**
  - 46.1 HSRP 热备冗余协议基础 / 669
  - 46.2 实验需求及拓扑描述 / 669
  - 46.3 实验步骤 / 670
    - 46.3.1 配置 VLAN、Access 和 Trunk 等基本配置 / 670
    - 46.3.2 配置 HSRP / 671
    - 46.3.3 对 HSRP 参数的优化 / 673
    - 46.3.4 配置 HSRP 的跟踪 / 674
- 第 47 章 GLBP 网关负载协议 / 676**
  - 47.1 GLBP 网关负载协议基础 / 677
  - 47.2 实验需求及拓扑描述 / 677
  - 47.3 实验步骤 / 677
    - 47.3.1 搭建基本的网络环境 / 677
    - 47.3.2 用路由器来模拟 PC / 679
    - 47.3.3 配置和观察 GLBP / 680
    - 47.3.4 观察 GLBP 的其他特性 / 681
- 第 48 章 交换机端口安全 / 684**
  - 48.1 端口安全基础 / 685
  - 48.2 实验步骤 / 685
    - 48.2.1 使能端口安全 / 685
    - 48.2.2 验证端口安全的违规行为 / 686
    - 48.2.3 验证 MAC 地址学习方式 / 687
- 第 49 章 DHCP Snooping, DAI 和 IP 源保护 / 690**
  - 49.1 局域网交换机安全基础 / 691
  - 49.2 实验需求及拓扑描述 / 692
  - 49.3 实验步骤 / 693
    - 49.3.1 完成交换机的 VLAN 创建、划分端口及 SVI / 693
    - 49.3.2 完成 DHCP 的基本配置 / 694
    - 49.3.3 在交换机上完成 DHCP Snooping / 695
    - 49.3.4 实现 DAI(动态 ARP 监测)技术 / 698
    - 49.3.5 IP 源保护技术、跟踪 IP 到端口的关联、抵御 IP 地址欺骗攻击 / 699
- 第 50 章 uRPF-单播逆向路径转发 / 702**
  - 50.1 单播逆向路径转发基础 / 703
  - 50.2 实验需求及拓扑描述 / 703
  - 50.3 uRPF 实验步骤 / 704
    - 50.3.1 完成基本网络配置 / 704
    - 50.3.2 配置严格的 uRPF / 707
    - 50.3.3 通过默认路由完成源的严格 uRPF 配置 / 708
    - 50.3.4 通过 ACL 旁路严格的 uRPF / 709
    - 50.3.5 配置松散的 uRPF / 710
    - 50.3.6 通过 ACL 旁路松散的 uRPF / 711
- 附录 A 重点网络词汇 / 713**