



H3C网络学院系列教程

H3C

路由交换技术

第2卷

杭州华三通信技术有限公司 编著

清华大学出版社





H3C 网络学院系列教程

H3C

路由交换技术

第2卷

杭州华三通信技术有限公司 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书详细讨论了建设高性能园区网络所需的网络技术,包括园区网模型和体系结构、VLAN/802.1Q/GVRP、STP/RSTP/MSTP、链路聚合/Smart Link/RRPP/VRRP/IRF 等高可靠性技术、Voice VLAN/PoE 等 IP 语音接入技术,以及园区网安全和管理维护技术等。本书的最大特点是理论与实践紧密结合,依托 H3C 路由器和交换机等网络设备精心设计的大量实验,有助于读者迅速、全面地掌握相关的知识和技能。

本书是为网络技术领域的深入学习者编写的。对于大中专院校的在校学生,本书是深入探索计算机网络技术的好教材;对于专业技术人员,本书是掌握计算机网络工程技术的好向导;对于普通网络技术爱好者,本书亦不失为学习和了解网络技术的优秀参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

路由交换技术. 第2卷/杭州华三通信技术有限公司编著. —北京:清华大学出版社,2012.1
(H3C 网络学院系列教程)

ISBN 978-7-302-27074-4

I. ①路… II. ①杭… III. ①计算机网络—路由选择—高等学校—教材 ②计算机网络—信息交换机—高等学校—教材 IV. ①TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 206840 号

责任编辑:刘 青

责任校对:袁 芳

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:34

字 数:883 千字

版 次:2012 年 1 月第 1 版

印 次:2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:80.00 元

产品编号:043773-01

认证培训开发委员会

顾 问 江梅坤 曹向英

主 任 李 林

副主任 刘 宇 黄 波 尤学军

路由交换编委会

赵治东 张东亮 彭天付 田海荣

张 荣 李 渊 赵 亮

本书编审人员

主 编 赵治东 彭天付 管祥杰 张 荣

技术评审 彭天付 赵治东

伴随着互联网上各种业务的快速发展,作为信息化技术一个分支的网络技术已经与人们的日常生活密不可分,在越来越多的人依托网络进行沟通的同时,网络本身也演变成了服务、需求的创造和消费平台,这种新的平台逐渐创造了一种新的生产力,一股新的力量。

如同人类民族之间语言的多样性一样,最初的计算机网络通信技术也呈现多样化发展。不过伴随着互联网应用的成功,IP 作为新的力量逐渐消除了这种多样性趋势。在大量开放式、自由的创新和讨论中,基于 IP 的网络通信技术被积累完善起来;在业务易于实现、易于扩展、灵活方便的选择中,IP 标准逐渐成为唯一的选择。

杭州华三通信技术有限公司(H3C)作为国际领先的 IP 网络技术解决方案提供商,立足中国,一直致力于 IP 技术的推广。面对大量从海外技术资料翻译而来的各类技术资料所难免存在的问题,作为技术标准参与制定者的华三公司,深感自身责任的重大。早在 2003 年,华三公司的前身——华为 3Com 公司就创办了华为 3Com 网络学院,也就是今天的 H3C 网络学院。由于 H3C 培训课程受到广泛欢迎,许多学校、机构及合作伙伴也多次表达了对华三公司正式出版技术教材的期望,2004 年 10 月,华三公司出版了自己的第一本网络学院教材,开创了华三公司网络学院教材正式出版的先河,极大地推动了 IP 技术在网络技术业界的普及。作为 H3C 网络学院的核心教材,H3C 网络学院路由交换技术系列教程的陆续出版必将继续促进网络技术教育培训的快速发展。

H3C 网络学院路由交换技术系列教程把握技术发展潮流,依托 H3C ITolP 解决方案,充分考虑了当今和未来一定时期内各类企业和组织 IT 系统对网络技术的需求,提出了全新的课程架构和内容编排。

H3C 网络学院路由交换技术系列教程的内容安排更加丰富、全面、系统,逻辑更顺畅,线索更清晰,讲解更细致,图示更易懂。这套教程不仅可以帮助读者获得 H3CNE/H3CSE 证书,而且可以让读者获得作为一名专业网络技术人员所需的知识和技能,从而能够从事大中型网络的设计、配置、维护等工作。

作为业界厂商推出的教程,H3C 网络学院路由交换技术系列教程在细致阐述网络技术理论的前提下,更侧重于网络技术的实际应用,纳入了大量翔实而细致的实验案例。华三公司希望通过这种形式,探索出一条不同于传统理论教学的“理论与实践相结合”的教育方法,顺应国家提倡的“学以致用、工学结合”的教育方向,培养更多的实用型网络工程技术人员。

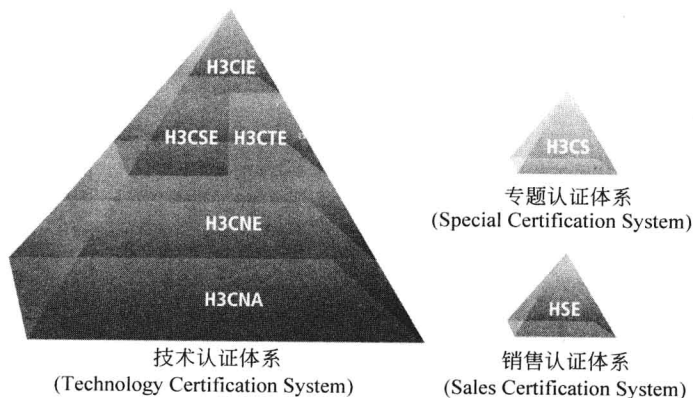
后续,华三公司还将组织业界专家陆续推出一系列中文技术教程。希望在 IP 技术领域,这一系列教程能成一股新的力量,回馈广大网络技术爱好者,为推进中国 IP 技术发展尽绵薄之力,同时也希望读者给我们提出宝贵的意见。

杭州华三通信技术有限公司全球技术服务部
认证培训开发委员会路由交换编委会
2011 年 8 月

H3C认证简介

H3C 认证培训体系是中国第一家建立国际规范的完整的网络技术认证体系,H3C 认证是中国第一个走向国际市场的 IT 厂商认证。H3C 致力于行业的长期增长,通过培训实现知识转移,着力培养高业绩的缔造者。目前在全球拥有 30 余家授权培训中心和 280 余家网络学院。截至 2010 年年底,已有 40 多个国家和地区的 14 万余人次接受过培训,逾 7.3 万人次获得认证证书。

按照技术应用场合的不同,同时充分考虑客户不同层次的需求,H3C 公司为客户提供了从网络助理工程师到网络专家的四级技术认证体系、突出专业技术特色的专题认证体系和销售认证体系,构成了全方位的网络技术认证体系。



H3C 认证将秉承“专业务实,学以致用”的理念,与各行各业建立更紧密的合作关系,认真研究各类客户不同层次的需求,不断完善认证体系,提升认证的含金量,使 H3C 认证能有效证明学员所具备的网络技术知识和实践技能,帮助学员在竞争激烈的职业生涯中保持强有力的竞争实力。

随着互联网技术的广泛普及和应用,通信及电子信息产业在全球迅猛发展起来,从而也带来了网络技术人才需求量的不断增加,网络技术教育和人才培养成为高等院校一项重要的战略任务。

H3C 网络学院(HNC)主要面向高校在校学生开展网络技术培训,培训使用 H3C 网络学院系列培训教程。H3C 网络学院培训教程根据技术方向和课时分为多卷,高度强调实用性和提高学生动手操作的能力。

H3C 网络学院路由交换技术第 2 卷教程在 H3CSE-Routing & Switching 认证培训课程内容的基础上进行了丰富和加强,内容覆盖面广,讲解由浅入深,包括大量与实践相关的内容,学员学习后可具备 H3CSE-Routing & Switching 的备考能力。

本书适合以下几类读者。

- 大中专院校在校生:本教材既可作为 H3C 网络学院的教科书,也可作为计算机通信相关专业学生的参考书。
- 公司职员:本教材能够用于公司进行网络技术的培训,帮助员工理解和熟悉各类网络应用,提升工作效率。
- 网络技术爱好者:本教材可以作为所有对网络技术感兴趣的爱好者学习网络技术的自学书籍。

H3C 网络学院路由交换技术第 2 卷教程内容涵盖当前构建高性能园区网络所使用的主流技术,不但重视理论讲解,而且精心设计了相关实验,充分突显了 H3C 网络学院教程的特点——专业务实、学以致用。通过对本书的学习,学员将能理解高性能园区网络的主要需求和常用技术,掌握如何运用这些技术设计和构建高速、可靠、安全的园区网络。本课程经过精心设计,结构合理,重点突出,图文并茂,有利于学员快速完成全部内容的学习。

依托 H3C 强大的研发和生产能力,教程涉及的技术都有其对应的产品支撑,能够帮助学员更好地理解 and 掌握知识和技能。教程技术内容遵循国际标准,从而保证了良好的开放性和兼容性。

H3C 网络学院路由交换技术第 2 卷教程包括 7 篇共 29 章,并附 19 个课程实验。各章及附录内容简介如下。

第 1 篇 园区网概述

本篇共 2 章,从最初的小型局域网入手,介绍了局域网和园区网的发展历程,以及各阶段网络的典型结构,综述了园区网的常见业务,以及园区网中常见的网络协议、冗余备份、安全接入、网络管理和维护等技术。



第2篇 VLAN 技术

本篇共4章,讲解基于MAC地址、基于协议和基于IP子网的VLAN的划分方式及其配置方法,基于GARP的VLAN信息传递协议GVRP的原理和配置,适应特殊应用场景的Isolate-user-vlan、Super VLAN和VLAN VPN等VLAN扩展技术,以及在多VLAN交换环境下的VLAN间路由技术、交换机转发机制和转发流程。

第3篇 生成树协议

本篇共4章,首先讲解了用于避免交换网络环路的STP;随后讲解了适应高性能交换网络环路避免需求的RSTP,以及适应复杂交换网络的MSTP;最后讲解了用于提高交换网络生成树协议稳定性的BPDU保护、根桥保护、环路保护和TC保护等STP保护机制。

第4篇 高可靠性技术

本篇共6章,首先给出了园区网高可靠性技术概述,随后逐一讲解了确保高性能园区网络运行可靠性的链路聚合、RRPP、VRRP、IRF、Smart Link和Monitor Link等技术的原理和配置应用。

第5篇 IP Phone 接入网络

本篇共2章,讲述了在园区网交换机上便于IP Phone接入管理的Voice VLAN技术及通过以太网电缆为IP Phone供电的PoE技术的基本原理和配置。

第6篇 园区网安全技术

本篇共5章,首先概述了园区网常见的安全威胁及相关防范措施,随后着重讲解了网络安全的AAA架构,用于AAA的RADIUS和TACACS协议,用于在端口上控制用户接入的802.1x、MAC地址认证和端口安全认证技术,用于网络访问控制的EAD、Portal和以太网访问控制列表技术,以及用于保证对设备本身进行安全访问的SSH技术等。

第7篇 园区网管理维护

本篇共6章,在介绍园区网管理维护需求的基础上,讲解了用于网络管理的SNMP/MIB和日志管理,用于降低管理复杂度的集群管理,用于拓扑发现和链路状态监控的LLDP,用于实现流量和内容分析的镜像技术,以及用于提供准确时钟的NTP技术等。

附录 课程实验

实验1 VLAN

实验2 GVRP

实验3 Isolate-user-vlan

实验4 VLAN VPN

实验5 VLAN 静态路由

实验6 RSTP

实验7 MSTP

实验8 链路聚合

实验9 Smart Link & Monitor Link

实验10 RRPP

实验11 VRRP

实验12 IRF

实验13 端口接入控制

实验14 网络访问控制

实验15 SSH

实验 16 SNMP

实验 17 集群技术

实验 18 镜像技术

实验 19 NTP

为启发读者思考,加强学习效果,本书所附课程实验均为任务式实验。H3C 授权的网络学院教师可以从 H3C 网站上下载实验的教师参考资料,其中包含了所有实验内容的具体答案。

各型设备和各版本软件的命令、操作、信息输出等均可能有所差别。本书选用 H3C MSR30-20/20-20(Comware V5. 20-R1718P13-Standard)路由器和 S3610(Comware V5. 20-R5309)交换机作为主要的教学和实验设备,部分选修内容和实验采用 S5500-EI(CMW5. 20-R2202)交换机。若读者采用的设备型号、软件版本等与本书不同,可参考所用设备和版本的相关手册。

H3C 培训中心

2011 年 8 月

书中的常用图标说明



第 1 篇 园区网概述

第 1 章 园区网的网络模型发展历程	2
1.1 小型局域网	2
1.2 中型局域网	3
1.3 大型局域网	4
1.4 局域网应用	6
本章小结	7
习题和解答	8
第 2 章 典型园区网的业务部署	9
2.1 高可靠冗余网络	9
2.2 组播业务的快速开展	13
2.3 语音业务的部署	15
2.4 网络安全的部署	15
2.5 网络管理和维护应用	17
本章小结	17
习题和解答	18

第 2 篇 VLAN 技术

第 3 章 VLAN 的配置	20
3.1 VLAN 的划分方式	20
3.2 基于 MAC 地址的 VLAN 基本配置	21
3.3 基于协议的 VLAN 基本配置	24
3.3.1 基于协议的 VLAN 配置任务	24
3.3.2 基于协议的 VLAN 配置命令	24
3.3.3 基于协议的 VLAN 配置示例	25
3.4 基于 IP 子网的 VLAN 基本配置	26

本章小结	28
习题和解答	29
第4章 VLAN 信息的传播	30
4.1 VLAN 动态注册的背景	30
4.2 GARP 协议简介	31
4.3 GVRP 协议简介	32
4.4 GVRP 的基本配置	34
4.4.1 GVRP 配置命令	34
4.4.2 GVRP 配置示例一	34
4.4.3 GVRP 配置示例二	36
4.4.4 GVRP 配置示例三	37
本章小结	38
习题和解答	38
第5章 VLAN 扩展技术	39
5.1 Isolate-user-vlan 技术的原理和配置	39
5.1.1 Isolate-user-vlan 技术介绍	39
5.1.2 Isolate-user-vlan 技术配置	42
5.1.3 Isolate-user-vlan 技术配置示例	42
5.2 Super VLAN 技术的原理和配置	43
5.2.1 Super VLAN 技术介绍	43
5.2.2 代理 ARP	45
5.2.3 Sub VLAN 的通信	46
5.2.4 Super VLAN 技术配置	48
5.2.5 Super VLAN 技术配置示例	49
5.3 VLAN VPN 技术的原理和配置	52
5.3.1 VLAN VPN 技术介绍	52
5.3.2 BPDU Tunnel 介绍	54
5.3.3 VLAN VPN 和 BPDU Tunnel 配置	54
5.3.4 BPDU Tunnel 配置示例	55
本章小结	56
习题和解答	56
第6章 VLAN 路由	58
6.1 VLAN 路由的实现	58
6.1.1 VLAN 路由的产生	58
6.1.2 用 802.1Q 和子接口实现 VLAN 间路由	59
6.1.3 三层交换机的 VLAN 路由	60
6.2 交换机转发机制	61
6.2.1 最长匹配转发模型	61

6.2.2 交换机精确匹配转发	62
6.2.3 交换机最长匹配转发	64
6.3 本地三层转发流程介绍	66
6.4 跨设备三层转发流程介绍	67
6.5 VLAN 路由的相关配置	69
6.6 VLAN 路由的相关维护调试命令	72
本章小结	74
习题和解答	74

第 3 篇 生成树协议

第 7 章 STP	78
7.1 STP 介绍	78
7.2 STP 基本概念	79
7.2.1 桥和端口的角色	79
7.2.2 桥 ID	80
7.2.3 路径开销	80
7.2.4 BPDU	81
7.3 STP 计算过程	83
7.3.1 STP 计算步骤	83
7.3.2 根桥选举	84
7.3.3 确定端口角色	85
7.3.4 STP 计算结果	91
7.3.5 等路径开销计算	92
7.3.6 收到低优先级配置 BPDU 时的处理	93
7.4 STP 端口状态	94
7.5 STP 拓扑改变处理过程	96
7.6 STP 协议的不足	101
本章小结	101
习题和解答	102
第 8 章 RSTP	103
8.1 RSTP 引入	103
8.2 RSTP 的快速收敛	106
8.3 RSTP 中的拓扑改变处理	109
8.4 RSTP 和 STP 的兼容	109
8.5 RSTP 的配置	110
本章小结	115
习题和解答	115
第 9 章 MSTP	117
9.1 MSTP 引入	117

9.2 MSTP 的基本概念	118
9.3 MSTP 工作原理	121
9.4 MSTP 配置	129
本章小结	131
习题和解答	132
第 10 章 STP 保护机制	133
10.1 BPDU 保护	133
10.2 根桥保护	134
10.3 环路保护	135
10.4 TC 保护	136
本章小结	136
习题和解答	137

第 4 篇 高可靠性技术

第 11 章 高可靠性技术概述	140
11.1 高可靠性技术简介	140
11.2 链路备份技术	141
11.3 设备备份技术	142
11.4 堆叠技术	142
本章小结	143
习题和解答	143
第 12 章 链路聚合	144
12.1 链路聚合简介	144
12.2 链路聚合模式	146
12.3 链路聚合配置	148
12.3.1 链路聚合相关命令	148
12.3.2 链路聚合配置示例	149
本章小结	152
习题和解答	153
第 13 章 Smart Link 和 Monitor Link	154
13.1 Smart Link 简介	154
13.1.1 Smart Link 背景	154
13.1.2 Smart Link 相关概念	154
13.1.3 Smart Link 运行机制	156
13.2 Monitor Link 简介	158
13.3 Smart Link & Monitor Link 典型组网	159
13.4 Smart Link & Monitor Link 配置	160

13.4.1 Smart Link & Monitor Link 相关命令	160
13.4.2 Smart Link & Monitor Link 配置示例	161
本章小结	166
习题和解答	166
第 14 章 RRPP	167
14.1 RRPP 概述	167
14.2 RRPP 工作机制	169
14.2.1 RRPP 运行机制	169
14.2.2 RRPP 环拓扑变化过程	171
14.3 RRPP 协议报文	172
14.4 RRPP 典型组网	173
14.5 配置 RRPP	175
14.5.1 RRPP 配置命令	175
14.5.2 RRPP 配置示例	176
本章小结	184
习题和解答	184
第 15 章 VRRP	186
15.1 VRRP 简介	186
15.2 VRRP 工作原理	188
15.2.1 VRRP 标准协议	188
15.2.2 VRRP 监视接口功能	189
15.3 VRRP 报文和状态机	190
15.4 配置 VRRP	191
15.4.1 VRRP 相关命令	191
15.4.2 VRRP 配置示例	193
本章小结	197
习题和解答	198
第 16 章 IRF	199
16.1 IRF 概述	199
16.2 IRF 技术原理	200
16.2.1 IRF 堆叠基本概念	200
16.2.2 IRF 堆叠物理拓扑	200
16.2.3 IRF 堆叠形成	201
16.2.4 IRF 堆叠维护	202
16.2.5 IRF 堆叠的高可靠性管理	203
16.3 IRF 典型应用	205
16.4 IRF 配置和维护	207
16.4.1 IRF 堆叠相关命令	207

16.4.2 IRF 堆叠配置示例	208
本章小结	208
习题和解答	208

第5篇 IP Phone 接入网络

第17章 Voice VLAN	212
17.1 Voice VLAN 网络应用模型	212
17.2 Voice VLAN 应用需求分析	213
17.3 Voice VLAN 的基本工作流程	214
17.4 Voice VLAN 在 Switch 上的实现	214
17.5 Voice VLAN 的基本配置	217
本章小结	219
习题和解答	219
第18章 PoE 基本原理	221
18.1 PoE 的产生	221
18.2 PoE 的标准和实现原理	222
18.3 PoE 的配置和维护	225
18.3.1 PoE 的基本配置	225
18.3.2 PoE 的显示和维护	226
本章小结	228
习题和解答	228

第6篇 园区网安全技术

第19章 园区网安全概述	230
19.1 网络安全概述	230
19.2 园区网常见安全威胁	231
19.3 园区网安全防范措施	231
本章小结	234
习题和解答	234
第20章 AAA、RADIUS 和 TACACS	235
20.1 AAA 架构	235
20.1.1 AAA 基本结构	235
20.1.2 AAA 配置	236
20.2 RADIUS 协议	237
20.3 TACACS 协议	243
本章小结	246