



乾颐堂实验室

华为系列丛书

华为 HCNA

认证详解与学习指南

◎ 周亚军 等编著



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>

华为系列丛书

华为 HCNA 认证 详解与学习指南

周亚军 杨学宝 徐建银



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是通过华为网络技术职业认证 HCNA (HCDA) -HNTD (考试代码为 H12-211-CHS) 的权威学习指南,旨在帮助广大读者全面掌握考试内容,顺利通过考试(大家无须讨论证书的重要性,因为它实在是太重要)。本书共 18 章,内容涉及但不限于网络基础、华为网络操作系统 VRP 操作、二层网络技术及其实现、三层网络技术及其实现、OSPF 协议及其实现、广域网技术及其实现、NAT 技术及其实现、IPv6 网络及其实现等。网络技术是一门复杂的应用科学,为了使得广大工程师可以更加实际地应用和操作,每章都配备了小结用于简明扼要地说明重点,多个章节配备了案例分析练习题,使读者可以迅速和准确地通过华为 HCNA 认证的考试。

本书不仅适合所有华为 HCNA 应试人员,同时也可以供需要全面了解 IPv4、IPv6 的网络管理人员以及网络工程开发人员参考。相信书中对协议细节的讲解和对网络实例的探讨会让读者受益匪浅。

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

华为 HCNA 认证详解与学习指南 / 周亚军等编著. —北京:电子工业出版社, 2017.1
(华为系列丛书)

ISBN 978-7-121-30378-4

I. ①华… II. ①周… III. ①企业内联网—指南 IV. ①TP393.18-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 276354 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:北京京科印刷有限公司

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:787×980 1/16 印张:29.75 字数:667 千字

版次:2017 年 1 月第 1 版

印次:2017 年 1 月第 1 次印刷

印数:2 000 册 定价:88.00 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, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: mariams@phei.com.cn。

前 言

本书为乾颐堂网络实验室军哥（周亚军）等编著的一本关于华为数据通信技术的书籍，整个编写历经近一年时间，该书的主旨非常简单：尽量多地涵盖华为 HCNA 认证考试的内容以及为后续更深层次的认证（华为 HCNP、HCIE）打好基础。

华为公司作为一个世界五百强企业，涉及的产业越来越多，但其最核心的业务还是基于网络通信内容的，而网络方面的认证，真正红火起来还是近 3 年的事情。当然，这主要还要归功于作为领头认证的顶尖级别的华为 HCIE 认证有所建树。华为的 eNSP 软件是一款正在逐步完善的华为设备仿真软件，在本书中，绝大部分案例内容都来源于此，它也可以作为工程师在日常设计网络、规划网络、模拟网络过程中一款非常实用的软件，请读者好好利用。当然，该软件还存在很多弊端，而华为正在逐步改善并更新版本。

网络技术是非常复杂的，虽然业界在近几年提出了 SDN（软件定义网络），力图实现网络简单化和可编程化，而现实是要掌握和利用好 SDN 技术，没有深层次的网络知识几乎是不可能的，所以网络基础的巩固度是非常重要的，而这些基础正是从初级的知识开始积累，我相信本书可以帮助到读者。当然，也希望广大网络工程师在查阅本书的同时利用好互联网，它才是全球最大的图书馆。当然，到达一定的高度，你会发现知识是无穷无尽的，而互联网正是它的载体：学无前后达者为先！

本书特色

本书清晰地描述了华为职业认证框架，扩展性地讲解了华为数据通信方向、HCNA 认证知识体系，通过精准的案例演示说明了知识点和现网常用知识。

图文结合是本书的另一大特色。本书使用了大量的拓扑讲解、演示华为 HCNA 知识，理论和实践相结合，使读者快速而精准地掌握知识，是备考华为 HCNA 认证的必读书籍。

本书作者为拥有十多年网络工作经验和六年以上教学经验的专业网络讲师，会从更加简练和实用的角度讲解华为网络技术，去繁就简，使读者更快速掌握相关知识。

关于作者

本书编著者为乾颐堂网络实验室军哥（周亚军）和他的“老伙计”们（杨学宝、徐建锃等）。确实如此，我们都已经算是大龄 IT 青年了，平均年龄 35 岁以上，军哥为 3 IE 认证专家讲师（两个思科 CCIE 认证和一个华为 HCIE 认证）。在乾颐堂这个专注于笔试服务的网络技术培训的实验室中，我们培养了很多优秀的 HCIE 认证人才，如 HCIEv2.0 升级版第一名 HCIE、澳洲第一名 HCIE 等。乾颐堂网络实验室华为项目组开拓性地在本实验室、

互联网上讲解网络知识，华为网络学员已达 7000 多人；同时创造性地在课堂上布置作业，而且坚持工作日答疑 8 小时。这是一个注重服务的实验室，乾颐堂实至名归成为华为网络技术培训互联网教育第一品牌。在本书出版之后，我们将继续推出本系列丛书的 HCNP 级别、HCIE 级别的学习指南，欢迎关注我们的学习讨论 QQ 群：542537984。

笔者的话

界定是否为 Paper HCIE 的标准是什么？是一颗 HCIE 的心，能配置、能排错；是一颗无往不利、勇于查阅的心，这就是 HCIE 的心，否则就是 Paper HCIE！

这其中包含了很多学习的方法（多配置和排错）和学习的态度（查阅），成为华为的最高级 HCIE 认证工程师其实并不遥远，读者完全可以从 HCNA 开始积累，甚至其中的很多知识点就是 HCIE 认证必考的内容，如生成树、VLAN 接口类型、PPP、RIP 等。也就是说，本书其实已经包含了很多 HCIE 认证考试的要点。

适用读者

本书是“华为系列丛书”的第一本学习指南，后续我们还会推出华为数通 HCNP 级别、HCIE 级别的学习指南。本书在讲解理论知识的同时也涵盖了很多案例详解，更好地帮助读者顺利通过华为初级认证，即 HCNA 认证考试。而网络是复杂的，要想在一个领域取得更多的建树，打好基础非常重要，笔者也看到过很多好高骛远的例子，不注重基础会影响后期技术的提高。相信本书对大家打好基础、通过考试具有重要的促进作用；对网络管理人员和维护人员也会起到重要的指导作用。

编著者

目 录

第 1 章 华为数据通信认证指南和基础实验环境	1
1.1 华为认证体系介绍	1
1.2 使用 eNSP 搭建基础网络	2
1.2.1 eNSP 模拟器的基本设置方法	2
1.2.2 使用 eNSP 搭建简单的端到端网络	7
1.2.3 eNSP 使用 Wireshark 捕获报文	12
1.2.4 eNSP 常见故障解决方案	13
1.3 网络协议模型基础	13
1.3.1 网络通信模型的意义	13
1.3.2 OSI 参考模型	14
1.3.3 TCP/IP 参考模型	18
1.4 小结	19
1.5 练习题	19
第 2 章 网络类型、传输介质和 VRP 基础	21
2.1 局域网和广域网的区别	21
2.2 物理拓扑和逻辑拓扑	22
2.3 传输介质和通信方式	23
2.4 认识 VRP 系统	24
2.4.1 什么是 VRP	24
2.4.2 VRP 发展史	25
2.5 VRP 命令行基础	26
2.5.1 命令行视图	27
2.5.2 命令行功能和在线帮助	30
2.6 登录和管理设备	32
2.6.1 通过 Console 登录和管理设备	33
2.6.2 通过 Mini USB 登录和管理设备	36
2.6.3 通过 Telnet 登录设备	38

2.7	VRP 基本配置	40
2.7.1	配置系统时钟	40
2.7.2	配置标题消息	41
2.7.3	命令行等级划分	42
2.8	VRP 文件系统	43
2.8.1	VRP 文件系统	43
2.8.2	VRP 文件系统基本命令操作	43
2.8.3	配置文件管理	48
2.8.4	配置文件重置	50
2.8.5	指定系统启动配置文件	51
2.8.6	存储设备管理	53
2.9	VRP 系统升级与管理	55
2.9.1	理解产品和 VRP 版本命名方式	55
2.9.2	FTP 和 TFTP 的应用	59
2.9.3	VRP 系统升级	61
2.9.4	指定下次启动系统	63
2.9.5	ISSU 特性介绍	63
2.10	补丁文件激活和管理	69
2.10.1	补丁 (patch) 分类	70
2.10.2	上传并激活补丁	70
2.10.3	指定下次启动补丁	71
2.10.4	卸载补丁	72
2.11	小结	72
2.12	练习题	72
第 3 章	以太网和交换机基础	74
3.1	以太网介绍	74
3.1.1	冲突域	76
3.1.2	广播域	76
3.1.3	CSMA/CD	77
3.1.4	半双工和全双工	78
3.1.5	自协商	79
3.2	以太网帧结构	80

3.2.1	MAC 地址	80
3.2.2	以太帧格式	81
3.3	交换网络基础	85
3.3.1	以太网交换机	85
3.3.2	交换机 3 种转发行为	86
3.3.3	交换机转发原理	87
3.4	小结	89
3.5	练习题	90
第 4 章	STP 生成树协议	91
4.1	交换机环路问题分析	91
4.2	STP 的选举	93
4.2.1	根桥选举	96
4.2.2	根端口选举	96
4.2.3	指定端口选举	99
4.2.4	替代端口选举	100
4.2.5	边缘端口	100
4.2.6	STP 端口角色及端口状态	101
4.3	STP 报文类型	102
4.3.1	配置 BPDU	102
4.3.2	TCN BPDU	103
4.3.3	STP 收敛时间	106
4.4	STP 配置举例	108
4.4.1	启用和禁用 STP	108
4.4.2	修改交换机 STP 模式	109
4.4.3	修改端口开销、控制根端口和指定端口的选举	112
4.4.4	配置边缘端口	117
4.5	小结	117
4.6	练习题	118
第 5 章	VLAN 虚拟局域网	119
5.1	VLAN 的作用	120
5.2	VLAN 帧格式 (802.1Q)	122

5.3	VLAN 链路和端口类型	123
5.3.1	Access 端口	124
5.3.2	Trunk 端口	125
5.3.3	Hybrid 端口	126
5.3.4	VLAN 划分方法	127
5.4	VLAN 实验	130
5.4.1	VLAN 划分实验	130
5.4.2	Access 端口和 Trunk 端口综合实验	138
5.4.3	Hybrid 端口综合实验	143
5.5	小结	149
5.6	练习题	149
第 6 章	IP 基础	152
6.1	IP 报文介绍	152
6.1.1	IP 地址格式	154
6.1.2	层次化的 IP 编址方案	155
6.1.3	特殊地址	157
6.1.4	私有 IP 地址	157
6.1.5	子网划分	158
6.2	ARP	166
6.2.1	ARP 工作原理	166
6.2.2	ARP 分类	166
6.2.3	ARP 报文格式	168
6.3	小结	169
6.4	练习题	169
第 7 章	TCP 与 UDP	171
7.1	TCP	171
7.1.1	TCP 协议特性	171
7.1.2	TCP 报文格式	171
7.1.3	TCP 会话的建立	173
7.1.4	TCP 会话的终止	175
7.1.5	TCP 的确认与重传	176

7.1.6	TCP 滑动窗口	178
7.1.7	应用端口	180
7.2	UDP	180
7.2.1	UDP 特性	180
7.2.2	UDP 报文格式	180
7.3	小结	181
7.4	练习题	181
第 8 章	P 路由基础	183
8.1	P 转发原理	183
8.2	路由协议概述	184
8.3	路由选路原则	188
8.3.1	最长匹配原则	188
8.3.2	路由优先级	189
8.3.3	路由开销	190
8.4	静态路由	192
8.4.1	静态路由配置	192
8.4.2	默认静态路由配置	200
8.5	小结	201
8.6	练习题	202
第 9 章	RIP	203
9.1	RIP 基本原理	203
9.1.1	RIP 报文格式	205
9.1.2	RIPv1 和 RIPv2 的区别	207
9.1.3	RIP 计时器	209
9.1.4	RIP 防环机制	211
9.2	RIP 的实现	213
9.2.1	RIPv1 案例	213
9.2.2	RIPv2 案例	217
9.3	小结	227
9.4	练习题	227

第 10 章	OSPF	228
10.1	OSPF 基本原理	229
10.1.1	OSPF 和 RIP 的区别	229
10.1.2	OSPF 区域分层结构	231
10.1.3	OSPF 支持的网络类型	232
10.1.4	OSPF 报文类型	234
10.1.5	链路状态与 LSA	237
10.1.6	OSPF 邻居与邻接	238
10.1.7	OSPF 邻居状态机变迁	239
10.1.8	DR 与 BDR 选举	241
10.2	单区域 OSPF 实现	242
10.3	多区域 OSPF	248
10.4	小结	253
第 11 章	VLAN 间路由	254
11.1	多臂路由实现 VLAN 间通信	254
11.2	单臂路由实现 VLAN 间通信	259
11.3	三层交换机实现 VLAN 间通信和现网应用	263
11.4	小结	264
11.5	练习题	264
第 12 章	链路聚合	266
12.1	链路聚合原理及适用场景	266
12.2	链路聚合模式	268
12.3	LACP 基础	275
12.4	二层链路聚合实现	278
12.5	三层链路聚合实现	283
12.6	小结	289
12.7	练习题	290
第 13 章	Smart Link 和 Monitor Link	291
13.1	Smart Link 概述	291

13.1.1	Smart Link 基本原理	291
13.1.2	Smart Link 负载分担	294
13.1.3	Smart Link 配置	295
13.2	Monitor Link 概述	304
13.2.1	Monitor Link 实现	305
13.2.2	Monitor Link 配置举例	305
13.3	小结	313
13.4	练习题	313
第 14 章	NAT 网络地址转发	314
14.1	NAT 基本工作原理	314
14.2	NAT 的实现	316
14.2.1	静态 NAT 实现	317
14.2.2	NAT 服务器实现	321
14.2.3	Easy IP 实现	324
第 15 章	广域网	326
15.1	串行链路介绍	326
15.2	HDLC	328
15.2.1	HDLC 介绍	328
15.2.2	HDLC 帧结构	329
15.2.3	HDLC 实现	330
15.2.4	借用地址	332
15.3	PPP	335
15.3.1	PPP 应用场景	335
15.3.2	PPP 组件	336
15.3.3	PPP 数据帧格式	336
15.3.4	PPP PAP 认证	339
15.3.5	PPP CHAP 认证	341
15.4	PPPoE	346
15.4.1	PPPoE 应用场景	347
15.4.2	PPPoE 报文格式	348
15.4.3	PPPoE 会话建立过程	349

15.4.4	PPPoE 案例	351
15.4.5	PPPoE 的优化和调整	352
15.5	小结	353
15.6	练习题	354
第 16 章	网络安全	355
16.1	ACL 访问控制列表	355
16.1.1	ACL 的工作原理和使用场景	355
16.1.2	基本 ACL 和实验	357
16.1.3	高级 ACL 和实验	367
16.1.4	基于时间的 ACL 和实验	374
16.2	AAA	377
16.2.1	AAA 基本概念	378
16.2.2	AAA 认证和授权	378
16.2.3	AAA 基本配置实验	379
16.2.4	小结	384
16.3	练习题	384
第 17 章	IPv6 和基础路由	386
17.1	IPv6 基础	387
17.1.1	IPv6 地址格式	387
17.1.2	IPv6 地址分类	388
17.1.3	EUI-64 计算 IPv6 地址	391
17.1.4	IPv6 基本报头	393
17.1.5	IPv6 扩展包头	394
17.1.6	IPv6 无状态自动配置实现	397
17.1.7	IPv6 地址冲突检测 (DAD)	400
17.2	IPv6 路由基础 (RIPng)	401
17.2.1	RIPng 基本原理	401
17.2.2	RIPng 实验	403
17.2.3	RIPng 的优化案例	407
17.3	IPv6 路由基础 (OSPFv3)	410
17.3.1	OSPFv3 基础	410

17.3.2	OSPFv3 报文格式	412
17.3.3	OSPFv3 基本配置实验	415
17.3.4	OSPFv3 实例 ID 实验	419
17.3.5	OSPFv3 认证	422
17.4	小结	423
17.5	练习题	423
第 18 章	HCNA 企业网综合实战	424
18.1	网络拓扑描述	424
18.2	网络实施需求描述	425
18.3	网络配置和实施	425
18.3.1	配置 BORDER 接口 PPPoE 拨号连接	426
18.3.2	配置单臂路由	426
18.3.3	配置两台 CORE 交换机 Eth-Trunk 连接	428
18.3.4	在交换机上创建 VLAN 并修改相连接口的模式	430
18.3.5	配置交换机的生成树模式	437
18.3.6	在 BORDER 路由器上配置 DHCP 服务	439
18.3.7	配置 NAT	443
18.3.8	在 BORDER 设备上配置默认路由	444
18.4	服务器相关配置和 PPPoE 服务器端配置	449
附录 A	术语	454
附录 B	部分练习题答案	458

第1章 华为数据通信认证指南和基础实验环境

1.1 华为认证体系介绍

依托华为公司雄厚的技术实力和专业的培训体系，华为认证考虑到不同客户对 ICT 技术不同层次的需求，致力于为客户提供实战性、专业化的技术认证。

根据 ICT 技术的特点和客户不同层次的需求，华为认证为客户提供面向 12 个方向的三级认证体系。

HCNA 主要面向 IP 网络维护工程师以及其他希望学习 IP 网络知识的人士。HCNA 认证在内容上涵盖 TCP/IP 基础、路由、交换等 IP 网络通用基础知识以及华为数据通信产品、通用路由平台 VRP 特点和基本维护。

HCNP-R&S 主要面向企业级网络维护工程师、网络设计工程师以及希望系统深入地掌握路由、交换、网络调整及优化技术的人士。HCNP-R&S 包括 IESN (Implementing Enterprise Switching Networks, 部署企业级交换网络)、IERN (Implementing Enterprise Routing Networks, 部署企业级路由网络)、IENP (Improving Enterprise Network Performance, 提升企业级网络性能) 3 个部分。内容上涵盖 IPv4 路由技术原理深入以及在 VRP 中的实现；交换技术原理深入以及在 VRP 中的实现；网络安全技术、高可靠性技术和 QoS 技术等高级 IP 网络技术以及在华为产品中的实现。

HCIE-R&S 旨在培养能够熟练掌握各种 IP 网络技术，精通华为产品的维护、诊断和故障排除，具备大型 IP 网络规划、设计和优化的 IP 网络专家。

华为认证为广大用户打开了行业之窗、开启和改变之门，屹立在 ICT 世界的潮头浪尖！华为职业认证概况如图 1-1 所示。

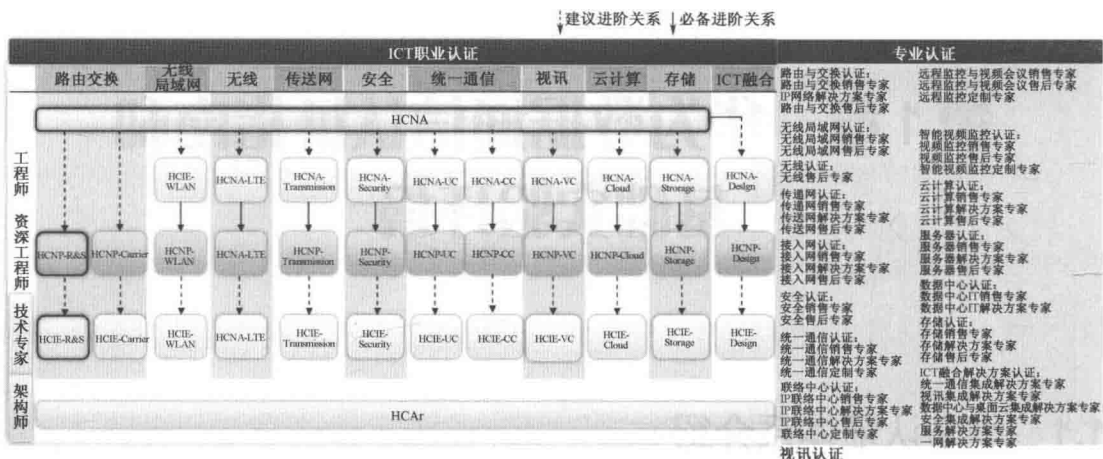


图 1-1 华为职业认证概况

1.2 使用 eNSP 搭建基础网络

eNSP (enterprise Network Simulation Platform) 是华为提供的一款图像化网络设备仿真平台，主要对企业级路由器 (AR 路由器)、交换机 (3700、5700)、无线设备、终端设备提供仿真模拟，为广大用户学习华为网络技术提供了一个真实的操作平台。

华为官网提供 eNSP 软件下载，同时会定期推送新版本，修复软件 BUG。eNSP 软件下载地址如下：<http://support.huawei.com/learning>。

1.2.1 eNSP 模拟器的基本设置方法

1. 在华为官网下载最新版本的 eNSP 模拟器

(1) 由于 eNSP 是通过打开虚拟机的方式来支持 AR 型号路由器的，建议先安装最新版本的 VirtualBox (一款虚拟机软件)，然后再安装 eNSP 软件，从而避免设备无法启动的问题。

(2) 系统配置要求参见表 1-1。

表 1-1 系统配置

终端设备	项目	最低配置	推荐配置	扩展配置
单机版	CPU	双核 2.0GHz 或以上	双核 2.0GHz 或以上	双核 2.0GHz 或以上
	内存 (GB)	2	4	4+n (n > 0)
	空闲磁盘空间 (GB)	2	4	4

续表

终端设备	项目	最低配置	推荐配置	扩展配置
	操作系统	Windows XP Win Server 2003 Windows 7/8/10	Windows XP Win Server 2003 Windows 7/8/10	Windows XP Win Server 2003 Windows 7/8/10
	最大组网设备数(台)	10	24	24+10×n
多机版 (服务器端)	CPU	双核 2.0GHz 或以上	双核 2.0GHz 或以上	双核 2.0GHz 或以上
	内存(GB)	2	4	4+n (n>0)
	空闲磁盘空间(GB)	2	4	4
	操作系统	Windows XP Win Server 2003 Windows 7/8/10	Windows XP Win Server 2003 Windows 7/8/10	Windows XP Win Server 2003 Windows 7/8/10
	最大组网设备数(台)	10	24	24+10×n
多机版 (客户端)	CPU	双核 2.0GHz 或以上	双核 2.0GHz 或以上	—
	内存(GB)	1	2	
	空闲磁盘空间(GB)	0.1	0.2	
	操作系统	Windows XP Win Server 2003 Windows 7/8/10	Windows XP Win Server 2003 Windows 7/8/10	

说明: eNSP 上每台虚拟设备都要占用一定的资源, 每台计算机支持的虚拟设备数根据配置的不同而有差别。表 1-1 中, n 是整数, 表示增加的内存大小。扩展配置的最大组网设备数可以根据内存增加而扩展, 最大为 50。

2. 安装 eNSP 模拟器

安装 eNSP 模拟器的步骤如下。

- (1) 以华为官网下载最新版本 eNSP 软件。
- (2) 选择“中文(简体)”, 并单击“确定”按钮进入欢迎界面, 如图 1-2 所示。

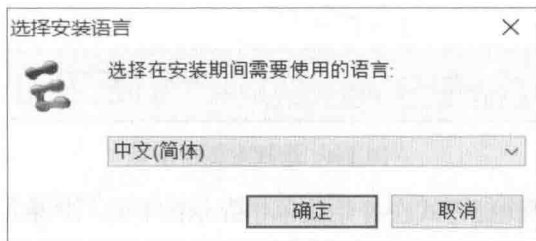


图 1-2 选择安装语言

- (3) 在图 1-3 中单击“下一步(N)”按钮继续安装。