



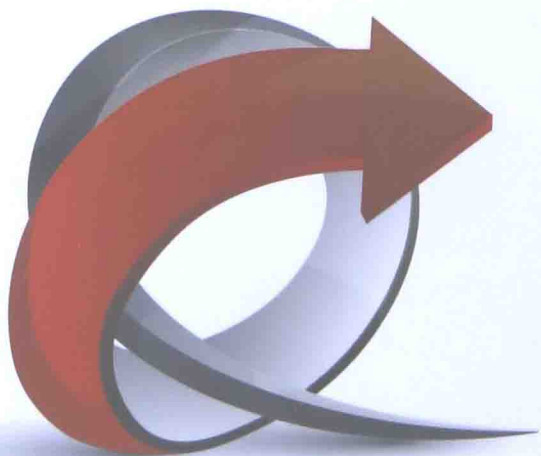
> 华为ICT认证系列丛书

华为技术有限公司 联合创作  
武汉誉天互联科技有限责任公司

华为技术认证

# HCNP路由交换 实验指南

华为技术有限公司 主编



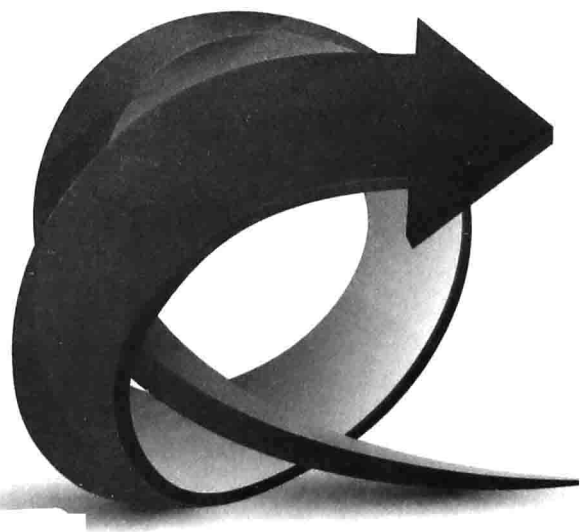
 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS



华为技术认证

# HCNP路由交换 实验指南

华为技术有限公司 主编



人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目 (C I P) 数据

HCNP路由交换实验指南 / 华为技术有限公司主编

— 北京 : 人民邮电出版社, 2014. 12

(华为ICT认证系列丛书)

ISBN 978-7-115-36987-1

I. ①H… II. ①华… III. ①计算机网络—路由选择—指南②计算机网络—信息交换机—指南 IV.

①TN915.05-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第209107号

## 内 容 提 要

本书基于 eNSP 搭建企业网络真实场景, 给出大量的配置实例, 将真实场景与配置实例紧密结合, 使读者能够快捷、直观、深刻地掌握 HCNP 所需的知识, 提高操作技能, 增强实战经验。本书的主要内容包含两方面, 一方面对《HCNA 网络技术实验指南》涉及到的 ACL、VLAN、RIP、OSPF、STP 等知识点在复杂度和难度上进行了提升, 另一方面是增加了 HCNP 所涉及的路由策略、BGP、IS-IS、IP 组播、MPLS 等新的知识点, 特别适合于正在学习和备考 HCNP, 或者希望进一步提升对网络知识的理解及实际操作技能的读者朋友。

- 
- ◆ 主 编 华为技术有限公司  
责任编辑 李 静  
责任印制 程彦红
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号  
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 38 2014 年 12 月第 1 版  
字数: 900 千字 2014 年 12 月北京第 1 次印刷

---

定价: 89.00 元

读者服务热线: (010) 81055488 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

# 序

作为全球领先的信息与通信解决方案供应商，华为以“丰富人们的沟通和生活”为愿景，利用在 ICT 领域的专业技术和经验，帮助不同地区的人们平等、自由地接入到信息社会，确保所有人都能享受到信息和通信服务的基本权利，消除数字鸿沟。我们提倡和致力于信息和通信技术的普及，增加教育机会并培养 ICT 人才。

为帮助广大 ICT 从业人员更好地学习信息和网络技术，华为技术有限公司于 2012 年 9 月发布了业界首款免费的企业网络仿真软件平台 eNSP(Enterprise Network Simulation Platform)。这款仿真软件平台主要对企业网络路由器、交换机、防火墙、WLAN 等网络设备进行软件仿真，具备仿真度高、界面友好、操作方便、版本更新及时等特点。eNSP 一经推出就受到社会的广泛关注和欢迎，下载量已超过百万，迅速成为 ICT 从业人员学习信息和网络技术的首选工具。2014 年 5 月出版的与 eNSP 配套使用的《HCNA 网络技术实验指南》一书，更是让广大的读者朋友们体验到了利用 eNSP 学习信息和网络技术的高效性和趣味性。

此次出版的由华为技术有限公司与武汉誉天互联科技有限责任公司联合编写的《HCNP 路由交换实验指南》一书，是《HCNA 网络技术实验指南》的进阶，相信它一定能够进一步提高读者朋友们利用 eNSP 学习信息和网络技术的积极性，同时成为 HCNP 备考者及时而得力的好帮手。如果说《HCNA 网络技术实验指南》已经以一种新颖的方式为读者朋友们开启了一段利用 eNSP 学习探索信息和网络技术的知识旅程，那么本书呈现给大家的则是前进途中一幅幅妙趣横生、精彩动人的景象。在此，预祝读者朋友们“旅途”愉快！



全球培训与认证部部长  
华为企业业务集团  
2014 年 8 月

# 前 言

本书共有 63 个实验，每个实验都包括“原理概述”、“实验目的”、“实验内容”、“实验拓扑”、“实验编址表”、“实验步骤”、“思考”等模块。读者应首先阅读“原理概述”和“实验目的”，了解本实验应该掌握的知识和技能，然后再进行实验操作。实验过程中请读者仔细阅读“实验步骤”中的说明，这些内容将很好地展示实验的思路和方法。最后的“思考”模块，可以启发读者进一步的思考，能够更加全面而深刻地理解相关的知识。

为了便于读者学习和练习，我们把每个实验项目都做成了独立的 eNSP 实验软件包，包括每个实验的最终配置和思考题答案等内容都放到网站上供读者下载和学习，您可以在本书的“使用说明”中找到相应的网址。

## 适用读者对象

本书的基本定位是华为 HCNP 认证的参考书，全方位涵盖了 HCNP 的知识点。本书适合以下几类读者。

### ■ 华为路由器和交换机的用户

本书可帮助华为路由器和交换机的用户更加熟练地操作和使用华为设备，加深对网络技术的理解，通过实验模拟现网，丰富项目经验。

### ■ ICT 从业人员

本书可作为工具用书，帮助 ICT 从业人员熟悉华为设备，具备快速配置华为路由器和交换机的能力。本书更有助于 ICT 从业人员获取华为认证，提升在企业中的个人价值。

### ■ 高校学生

本书可作为华为信息与网络技术学院的实验教材，也可作为计算机通信等相关专业学生的自学参考书。配合 eNSP 软件，本书可以帮助学生快速地熟悉华为网络设备的操作，理解和掌握信息和网络技术，使学生能够更快地积累企业网络实践经验，更早获得华为认证，在今后的职业生涯中有一个更好的起步。

### ■ 信息和网络技术爱好者

本书可作为信息和网络技术爱好者的参考书籍，帮助爱好者了解华为产品和技术的特特点，掌握华为产品和技术的应用，并为其技术探索活动提供有效的工具和指导。

## 本书主要内容

全书共分为 8 章，所有实验都以 eNSP 作为实验工具，并按照 HCNP 的知识点进行设计。

### 第 1 章：路由基础

本章回顾了最基本的路由知识，重点是增强读者对 ACL 和路由策略配置操作的熟

练程度，因为在后续的实验中会经常用到这方面的知识和配置操作技能。

### 第 2 章：OSPF

本章聚焦于 OSPF 相关的各个知识点，具体包括 OSPF 基本配置，OSPF 邻居邻接关系，OSPF 链路状态数据库，Stub 区域，NSSA 区域，虚链路，OSPF 网络类型，OSPF 路由聚合，OSPF 缺省路由，OSPF 网络的监测、调试和排障。

### 第 3 章：BGP

本章聚焦于 BGP 相关的各个知识点，具体包括 BGP 邻居关系，BGP 认证功能，BGP 自动和手动路由聚合，各种常见的 BGP 路由属性分析，路由反射器，路由黑洞问题，BGP 联盟，BGP 路由的过滤、引入和衰减，BGP 缺省路由，BGP 网络的监测、调试和排障。

### 第 4 章：IS-IS

本章聚焦于 IS-IS 相关的各个知识点，具体包括 IS-IS 基本配置，IS-IS 邻接关系，IS-IS 链路状态数据库，IS-IS DIS，IS-IS 的接口开销值和 IS-IS 路由的协议优先级，IS-IS 路由的聚合、引入、过滤和渗透，IS-IS 缺省路由，IS-IS 网络的监测、调试和排障。

### 第 5 章：IP 组播

本章聚焦于 IP 组播相关的各个知识点，具体包括 IP 组播的基本概念，IGMP 介绍，PIM-DM 和 PIM-SM，Rendezvous Point 以及 RPF 校验。

### 第 6 章：交换技术

本章聚焦于交换技术的各个知识点，具体包括 MAC 地址表分析，VLAN 基础知识回顾，常见的 VLAN 间通信技术，Mux VLAN，MSTP/RSTP 与 STP 的兼容性，MSTP/RSTP 的保护功能。

### 第 7 章：MPLS

本章只涉及到 MPLS 相关的基础知识，介绍了 MPLS 和 LDP 的基本配置方法，并以 BGP/MPLS VPN 为例，展示了 MPLS 的典型应用。

### 第 8 章：其他

作为全书的结尾，本章给出了两个综合实验，以帮助读者综合运用并检验从本书中所学的知识。这两个实验的网络架构和网络需求都较为复杂，目的是锻炼读者分析和配置中小型企业网络的综合能力。

## 鸣谢

本书由华为技术有限公司与武汉誉天互联科技有限责任公司联合编写，经过双方多位编写老师半年多时间的辛勤工作，严格审校、修改和完善，这本实验指南终于高质量完成并得以顺利出版。在此感谢武汉誉天互联科技有限责任公司各位老师的付出和大力支持，感谢人民邮电出版社各位编辑老师，以及各位编委和审校人员的辛勤工作！

参与本书编写和审稿的老师虽然拥有多年 ICT 从业经验，但错漏之处在所难免，望读者朋友们不吝赐教，在此表示衷心的感谢。对于本书的任何意见和建议，敬请发送邮件至 [Learning@huawei.com](mailto:Learning@huawei.com)。

以下是参与本书编写和技术审校的人员名单。(排名不分先后)

主 编：涂文杰

编委人员：刘晶晶、江永红、宋新华、徐一鸣、阮维、龚腾、黄飞、管华、李海星、  
龚剑、张智勇、邹圣林

技术审校：江永红、徐一鸣、刘 洋、杨瑞明、屠晓峰

# 华为认证简介

华为认证是华为公司凭借多年信息通信技术人才培养经验，以及对行业发展的深刻理解，基于 ICT（Information Communication Technology，信息通信技术）产业链人才个人职业发展生命周期，搭载华为“云-管-端”融合技术，推出的覆盖 IP、IT、CT 以及 ICT 融合技术领域的认证体系，是业界唯一的 ICT 全技术领域认证体系。

华为技术有限公司经过 20 多年在 ICT 行业培训和认证领域的积累，已经在全球形成了完整的培训认证体系，包括自有的培训中心、授权的培训中心以及与高校合作的教育项目，累计参加华为培训的人次已超过 300 万，培训与考试服务覆盖 160 多个国家。

对行业不同领域的人才，华为均有与之匹配的知识和技能培养解决方案，对其进行准确合理的能力评估。针对个人的职业发展历程，华为提供从工程师到资深工程师、专家、架构师层级，以及从单一的技术领域到 ICT 融合的职业技术认证体系。

如果希望全面了解华为认证培训相关信息，敬请访问华为培训认证主页(<http://support.huawei.com/learning>)；如果希望了解华为认证最新动态，敬请关注华为认证官方微博(<http://e.weibo.com/hwcertification>)；如果希望和广大用户一起进行技术问题的探讨，以及考试学习资料的分享，可通过华为官方论坛链接 (<http://support.huawei.com/ecomunity/bbs>) 点击进入华为认证版块。华为职业技术认证包含的内容如图 1 所示。

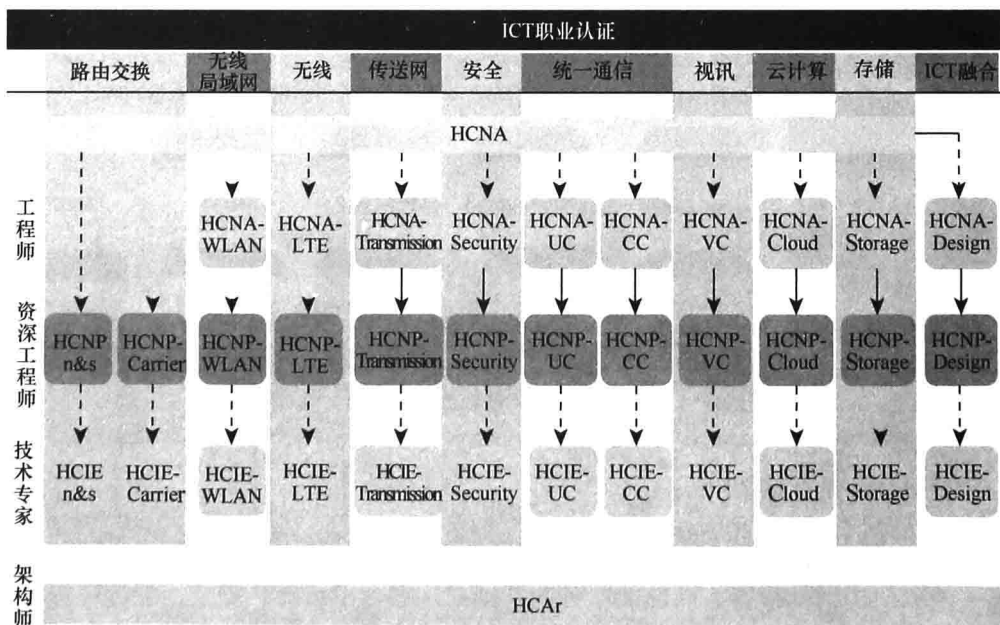


图 1 华为职业技术认证的内容



## 华为路由交换产品介绍

### AR 系列路由器

2011 年，华为技术有限公司发布了第三代企业接入路由器 AR G3 系列。该系列采用多核 CPU 及大容量交换网，是集安全、语音、互联、无线于一体的多业务的企业路由器，通过了北美权威机构的评测，性能是业界水平的两倍以上，从根本上为企业多业务环境的优质体验提供了保证。

AR G3 系列企业路由器一般部署在企业内部与外部网络的连接处，是内部与外部网络之间数据流的唯一出入口，它能将多种业务部署在同一设备上，极大地降低企业网络建设的初期投资与长期运维成本。用户可以根据企业用户规模选择不同规格的 AR G3 路由器，作为出口网关设备。AR 系列路由器如图 2 所示。

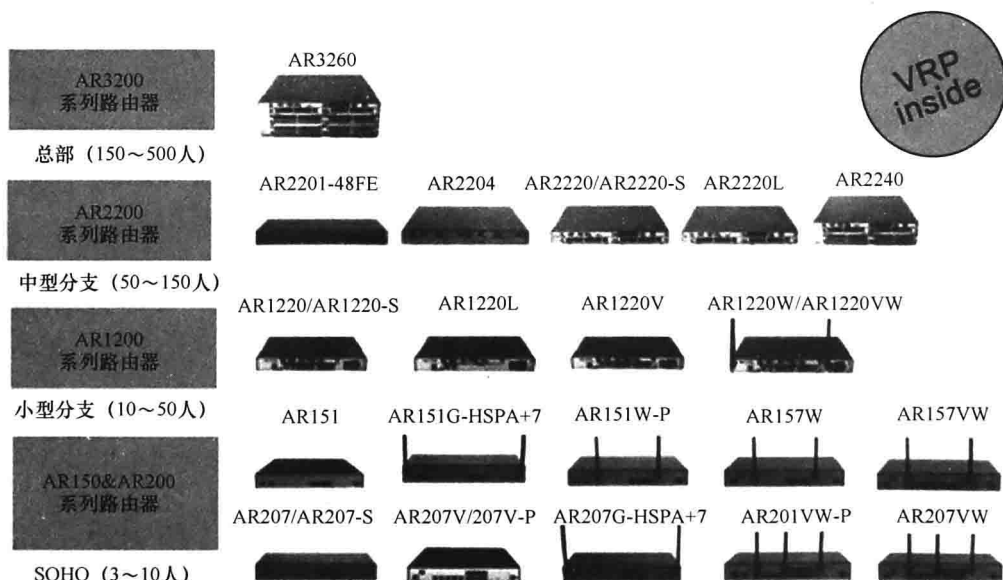


图 2 AR 系列路由器

### Sx700 系列交换机

华为技术有限公司于 2010 年 6 月推出了面向企业网络的 Sx700 系列交换机。Sx700 系列交换机在提供高带宽、高性能服务的基础上，融合了可靠、安全、绿色环保等先进技术，具备强大的扩展性，可以满足企业网络的持续演进需求；在提高用户生产效率的同时，保证了网络最大正常的运行时间，从而降低了用户的总成本。基于新一代高性能硬件和统一的 VRP 平台，Sx700 系列交换机特别适合于局域网络的部署和建设，以及数

据中心的接入应用。在资质和认证方面，华为交换机在基本功能、节能减排、可靠性、互通性等方面都通过了北美权威评测机构的全方位测试和认证，是业界不可多得的高性价比网络产品。Sx700 系列交换机如图 3 所示。

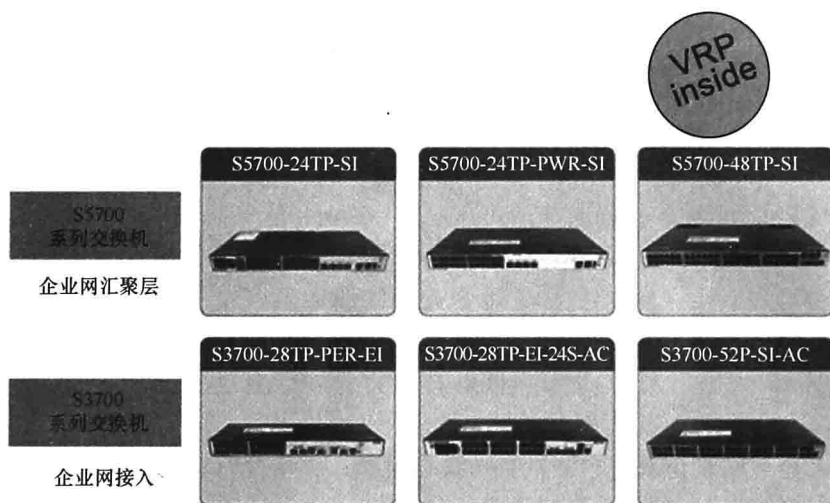


图 3 Sx700 系列交换机

### 企业网络解决方案

企业网络的构建可根据企业本身的规模大小选择不同的解决方案。例如，一个小型分支机构，可使用 S3700 作为接入层交换机，直接连接到作为网络出口的 AR 系列路由器。大中型企业网络通常需要分层设计，接入层可部署 S3700 交换机，实现对不同类型用户终端的接入；汇聚层可采用 S5700 交换机，下行通过千兆接口接入交换机，上行通过万兆光口连接核心层路由器；核心层可根据需求选择不同规格的 AR 路由器。华为数通产品企业网络解决方案场景如图 4 所示。

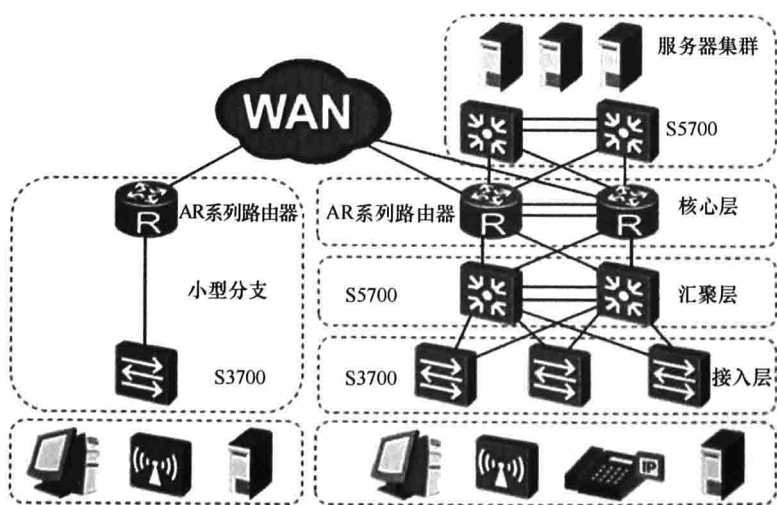


图 4 华为数通产品企业网络解决方案场景

# eNSP 介绍

## eNSP 简介



eNSP (Enterprise Network Simulation Platform) 是一款由华为技术有限公司自主开发的、免费的、可扩展的、图形化操作的网络仿真工具平台，主要是对企业网络路由器、交换机及相关物理设备进行软件仿真，完美呈现真实设备实景，支持大型网络模拟，可以让广大用户能够在没有真实设备的情况下模拟演练，学习和探索网络技术。

eNSP (企业网络仿真平台) 具有仿真程度高、更新及时、界面友好、操作方便等特点。这款仿真软件运行的是与真实设备一样的 VRP 操作系统，能够最大程度地模拟真实设备环境。用户可以利用 eNSP 模拟工程开局和网络测试，高效地构建企业优质的 ICT 网络。eNSP 还支持与真实设备对接，以及数据包的实时抓取，可以帮助用户深刻理解网络协议的运行原理，协助用户进行网络技术的钻研和探索。另外，用户还可以利用 eNSP 模拟华为认证相关的实验（如 R&S/Security/WLAN 方向的 HCNA/HCNP/HCIE 实验），能够更轻松地获得华为认证，成就技术专家之路。

eNSP 的免费发布，为用户提供了近距离体验华为设备的机会。无论是操作数通产品、维护现网的技术工程师，还是教授网络技术的培训讲师，或者是想要获得华为认证、获得能力认可的在校学生，相信都可以因 eNSP 而受益匪浅。

## eNSP 的特点

针对影响用户体验的主要问题，例如安装是否方便，仿真度是否够高，是否可视化操作，是否可更新等，eNSP 做到了扬各家之长，避各家之短，给用户带来极佳的操作体验，它具备以下几个特点。

### 1. 人性化图形界面

eNSP 全新的 UI 界面如图 5 所示。图形化界面不但美观，而且操作时可轻松上手，包括拓扑搭建和配置设备等。

### 2. 设备图形化直观展示，支持插拔接口卡

在设备真实的图形化视图下，可将不同的接口卡拖曳到设备空槽位，单击电源开关即可启动或关闭设备，使用户对设备的感受更加直观。

### 3. 多机互联，分布式部署

在 4 台服务器上最多可部署 200 台左右的模拟设备，并且实现互联，可以模拟大型复杂网络实验。

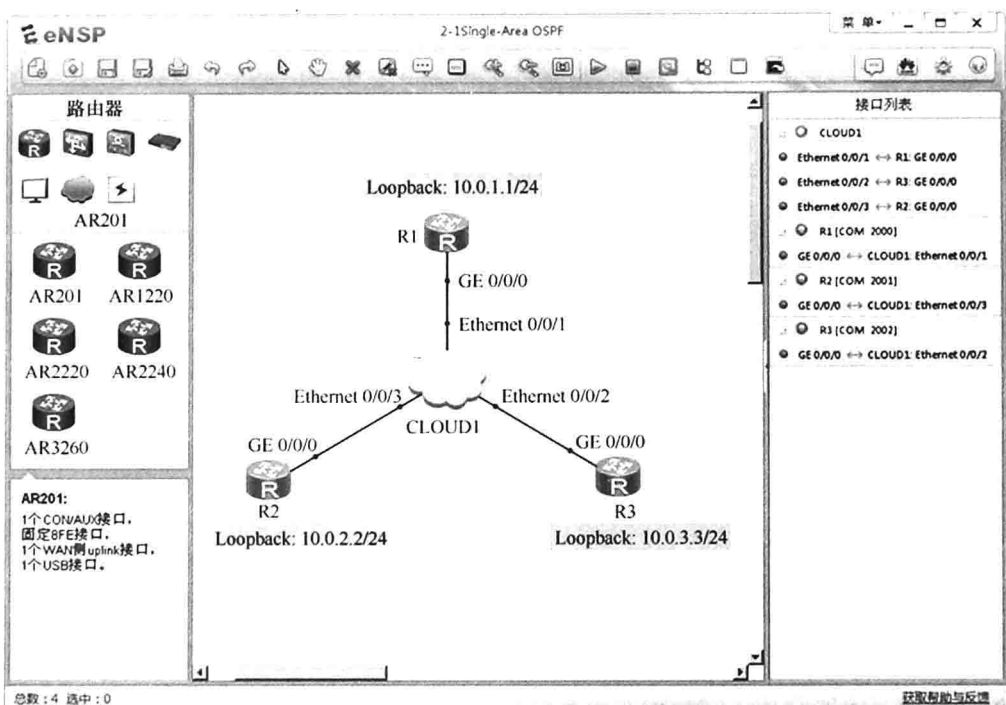


图 5 eNSP 全新的 UI 界面

#### 4. 高度仿真，实景再现，支持设备功能多

高度仿真的二层转发，运行华为通用路由平台 VRP 系统，支持对路由器、交换机各种特性的仿真和模拟（包括 STP/RSTP/MSTP、Mux VLAN、SEP、GVRP 等各种协议），提供 AR 全系列仿真款型，支持 NAT、防火墙、IPSec、SSLVPN、MQC、AC 等功能。

#### 5. 不断增加的功能特性模拟

随着真实产品的升级更新，eNSP 将支持增加更多更新的功能特性与之对应。用户发现任何问题都可以通过华为官网论坛（<http://support.huawei.com/ecommunity>）进行反馈，华为技术有限公司有专人负责技术支持和疑问解答，亦可通过邮箱 [eNetwork\\_tools@huawei.com](mailto:eNetwork_tools@huawei.com) 进行反馈，反馈的问题和建议将通过后续月度版本予以快速响应。

#### 6. 完全免费

软件完全免费，面向所有人群开放下载，用户可登录 <http://enterprise.huawei.com/cn/> 华为官方网站进行下载。

## 使用说明

本书所使用的 eNSP 软件版本为 V100R002C00B210, 请读者于官网上对应下载使用, 避免因使用软件版本不符而造成实际实验操作与书中内容不一致。

受篇幅所限, 在本书的实验命令输出信息中, 凡是不与实验主题相关的部分都以省略号“……”替代。

特别需要说明的是, 在现实网络的部署中, 公网 IP 地址和私网 IP 地址的使用范围和条件是有严格规定的。由于本书中的实验会用到大量的 IP 地址, 稍有疏忽, 便会记错并用错这些 IP 地址, 为此, 我们刻意淡化了公网和私网 IP 地址的严格区别, 而只是从 IP 地址的易记性出发来选择实验所需的 IP 地址。

本书中每个实验的拓扑图、思考题答案及最终配置都以电子文件形式在网页上提供免费下载, 详情请访问华为官方论坛链接 (<http://support.huawei.com/ecommunity/bbs>), 点击进入华为认证版块 (二维码如图 6 所示)。



图 6 华为官方论坛中华为认证版块的二维码

### 本书常用图标



# 目 录

第 1 章 路由基础	0
1.1 访问控制列表	2
1.2 基本的路由策略配置	15
1.3 控制 RIP 路由的发布及路由引入	22
第 2 章 OSPF	30
2.1 OSPF 基本配置	32
2.2 OSPF 邻居邻接关系	42
2.3 OSPF 链路状态数据库	53
2.4 OSPF Stub 区域	72
2.5 OSPF NSSA 区域	82
2.6 OSPF 虚链路	90
2.7 OSPF 网络类型	97
2.8 OSPF 路由聚合	111
2.9 OSPF 监测和调试	122
2.10 OSPF 缺省路由	129
2.11 OSPF 故障排除	137
第 3 章 BGP	152
3.1 BGP 邻居	154
3.2 BGP 认证功能	160
3.3 BGP 自动路由聚合	166
3.4 BGP 手动路由聚合	170
3.5 BGP 路径选择——Preferred Value	180
3.6 BGP 路径选择——Local Preference	187
3.7 BGP 路径选择——Next Hop	194
3.8 BGP 路径选择——AS_Path	202
3.9 BGP 路径选择——MED	208
3.10 BGP 路径选择——Community	220
3.11 BGP 路由反射器	232
3.12 BGP 路由黑洞	245

3.13	BGP 联盟	252
3.14	BGP 路由过滤	259
3.15	BGP 路由引入	265
3.16	BGP 缺省路由	271
3.17	BGP 路由衰减	276
3.18	BGP 监测和调试	282
3.19	BGP 故障排除	288
<b>第 4 章</b>	<b>IS-IS</b>	<b>302</b>
4.1	IS-IS 基本配置	304
4.2	IS-IS 邻接关系	309
4.3	IS-IS 链路状态数据库	319
4.4	IS-IS DIS	327
4.5	IS-IS 开销值和协议优先级	336
4.6	IS-IS 路由聚合	345
4.7	IS-IS 缺省路由	353
4.8	IS-IS 路由引入	362
4.9	IS-IS 路由过滤	370
4.10	IS-IS 路由渗透	379
4.11	IS-IS 监测和调试	384
4.12	IS-IS 故障排除	394
<b>第 5 章</b>	<b>IP 组播</b>	<b>408</b>
5.1	IP 组播的基本概念	410
5.2	IGMP	416
5.3	PIM-DM	425
5.4	PIM-SM	433
5.5	PIM-SM 的 RP	443
5.6	RPF 校验	453
<b>第 6 章</b>	<b>交换技术</b>	<b>462</b>
6.1	观察和配置 MAC 地址表	464
6.2	VLAN 基本配置	475
6.3	VLAN 间的通信	485
6.4	Mux VLAN	492
6.5	MSTP/RSTP 与 STP 的兼容性	498
6.6	MSTP/RSTP 的保护功能	503

---

第 7 章 MPLS .....	512
7.1 MPLS 和 LDP 基本配置 .....	514
7.2 BGP/MPLS VPN 基本配置 .....	520
第 8 章 其他 .....	532
8.1 配置 AAA .....	534
8.2 配置 BFD .....	538
8.3 综合实验 1 .....	544
8.4 综合实验 2 .....	569



# 第1章

# 路由基础

1.1 访问控制列表

1.2 基本的路由策略配置

1.3 控制RIP路由的发布及路由引入