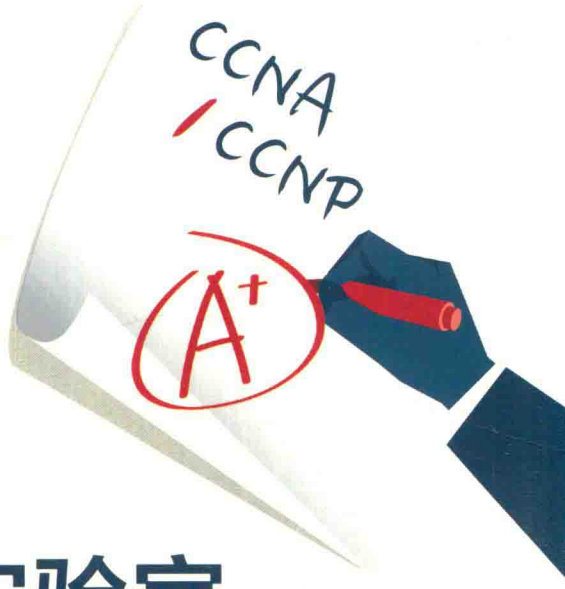

思科系列丛书

思科网络实验室

路由、交换

实验指南（第3版）

◆ 梁广民　王隆杰　徐　磊　编著

中国工信出版集团
電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

思科网络实验室
路由、交换实验指南

（第 3 版）

梁广民　王隆杰　徐　磊　编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以 Cisco2911 路由器和 Catalyst3750、Catalyst3560、Catalyst2960 交换机为硬件平台，以实验为依托，以提升职业能力和职业素养为导向，从行业的实际需求出发组织全部内容，涉及网络基础知识、路由技术、交换技术、远程访问技术和网络安全技术四个领域，共 16 章，主要内容包括设备访问和 IOS 基础，IP 地址，路由和交换原理，静态路由和动态路由，OSPF，IS-IS，路由重分布与路径控制，BGP，VLAN、Trunk、EtherChannel 和 VLAN 间路由，STP，DHCP 和 VRRP，ACL，PPP 和 PPPoE，NAT，网络安全和网络监控。

本书既可以作为思科网络技术学院的配套实验教材，用来增强学生的网络知识和操作技能，也可以作为电子、通信和计算机等专业的网络集成类课程的教材或者实验指导书，又可以作为培训教材，同时对于从事网络管理和维护的技术人员，也是一本很实用的技术参考书。

图书在版编目（CIP）数据

思科网络实验室路由、交换实验指南 / 梁广民，王隆杰，徐磊编著. —3 版. —北京：电子工业出版社，2019.7
（思科系列丛书）

ISBN 978-7-121-36577-5

Ⅰ. ①思… Ⅱ. ①梁… ②王… ③徐… Ⅲ. ①互联网络-路由器-指南②互联网络-通信协议-指南
Ⅳ. ①TN915.05-62②TN915.04-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 096788 号

责任编辑：宋 梅
印 刷：三河市双峰印刷装订有限公司
装 订：三河市双峰印刷装订有限公司
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：787×1 092 1/16 印张：24.25 字数：621 千字
版 次：2007 年 4 月第 1 版
2019 年 7 月第 3 版
印 次：2019 年 7 月第 1 次印刷
定 价：98.00 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 zlts@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

当前，以互联网为主载体，人工智能、大数据和物联网为新动能，“互联网+”为特征的新一轮经济与产业革命正在到来。在数字化变革的冲击之下，传统产业正在发生重大的转型与升级。这些趋势和变化都要求各行各业的工程和技术人员应该具有一定的网络技术基础，而一名优秀网络工程师应该具备扎实的网络知识、娴熟的网络技能和良好的职业素养。本书从实际应用的角度出发，以思科网络实验室为背景设计拓扑，在第 1 版和第 2 版的基础上，对内容进行整合和扩充，全面、细致地介绍了路由和交换技术。

本书作者从事计算机网络技术教学 20 余载，多年来一直讲授思科网络技术学院 CCNA 和 CCNP 等核心课程，培训了 1500 多名高校教师，对教学设计、组织和实施有自己独到的见解和领悟。本书是作者多年教学实践和教学成果的积累和呈现。本书的特色如下：

在目标设计上，以企业实际需求为向导，以培养学生的网络设计能力、对网络设备的配置和调试能力、分析和解决问题能力以及创新能力为目标，讲求实用。

在内容选取上，集先进性、科学性和实用性为一体，尽可能覆盖最新、最实用的网络技术。

在内容表现形式上，把握“理论够用、技能为主”的原则，用最简单和最精练的描述讲解网络基本知识和网络技术基本原理，通过详尽的实验现象分析来分层分步骤地讲解网络技术，而且对实验调试信息做了详细的注释，结合实验调试结果来巩固和深化所学的理论知识，达到学习知识和培养能力的目的。

本书以 Cisco2911 路由器和 Catalyst3750、Catalyst3560、Catalyst2960 交换机为硬件平台来搭建实验环境，由于各个实验室的具体情况不同，在实际使用过程中，教师可能需要做稍微的改动，以适应所在实验室的实验设备和环境。

本书既可以作为思科网络技术学院的配套实验教材，用来增强学生的网络知识和操作技能，也可以作为电子、通信和计算机等专业的网络集成类课程的教材或者实验指导书，又可以作为培训教材；同时，对于从事网络管理和维护的技术人员，也是一本很实用的技术参考书。

本书由梁广民（CCIE#14496 R/S，Security）、王隆杰（CCIE#14676 R/S，Security）和徐磊组织编写并统稿。从复杂和庞大的 Cisco 网络技术中，编写一本简明的、适合实验室使用的实验教材确实不是一件容易的事情，感谢沃尔夫网络实验室（www.wolf-lab.com）对本书中的关键技术给予的指导和帮助，如果没有其帮助，本书是不可能在很短的时间内高质量完成的。

由于时间仓促，加上作者水平有限，书中难免有不妥和错误之处，恳请同行专家指正。E-mail：gmliang@szpt.edu.cn。

编 著 者

2019 年 7 月于深圳

目　录

第 1 章　设备访问和 IOS 基础

要顺利完成本书各个章节的实验，必须具备相应的网络设备、软件以及合理的网络连接，避免每次实验都要花费大量的时间来搭建网络拓扑。要配置网络设备，首先要能连接到相应的设备才能进入配置界面开始配置工作。实际工作中通常是先通过网络设备的控制台（Console）端口进行连接，完成一些初始化的配置任务，后续的工作就可以远程登录到网络设备进行配置和管理。本章首先介绍本书使用的网络设备的选型、拓扑搭建以及相关软件的选择，然后介绍访问 Cisco 网络设备的方法，最后介绍 IOS 的功能和基于 CLI 的 IOS 基本命令。本书所有实验均在真实网络设备上调试完成，当然本书中涉及的实验也可以通过 GNS3 模拟器完成，部分实验为了达到简单和直观的效果，还可以通过 Cisco 的 Packet Tracer 模拟器完成。

1.1　搭建实验拓扑

本书中的各种实验需要构建不同的网络拓扑，如果每次都临时进行网络拓扑搭建会花费大量的时间。为此作者设计了一个功能强大的网络拓扑，实验设备包括 4 台路由器、3 台交换机、1 台服务器和一台计算机。如果个别实验需要多台计算机，请参考后续章节的具体实验拓扑。

1.1.1　实验拓扑设计和网络连接

本书设计的实验拓扑中以太网连接部分如图 1-1 所示。

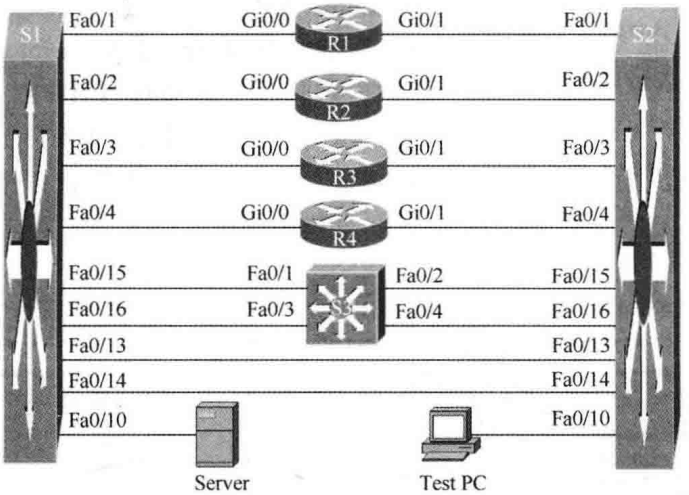

图 1-1　实验拓扑中以太网连接部分

图 1-1 中包括 4 台 Cisco2911 路由器（R1～R4）（每台路由器安装 1～2 块 HWIC-2T 模块）和 3 台支持以太网供电（Power Over Ethernet，POE）功能的 3560v2 交换机（S1～S3）（有 24 个百兆位和 2 个千兆位以太网接口）。读者可以根据拥有实验设备的具体情况选择合适的设备来搭建拓扑。路由器也可以采用 Cisco ISR 的 4300、4400、1900、3900 系列或者早期的 1800、

2800 和 3800 系列路由器，不同的路由器支持的模块数量和模块类型可能不同，当然操作系统软件也需要匹配。交换机也可以采用 2960、3650、3850 系列以及早期的 3750 系列的设备。路由器 R1～R4 的 Gi0/0 以太网接口与交换机 S1 的 Fa0/1～Fa0/4 相应接口相连；Gi0/1 以太网接口则与交换机 S2 的 Fa0/1～Fa0/4 相应接口相连。交换机 S1 和 S2 之间通过 Fa0/13 和 Fa0/14 接口相连；交换机 S3 的 Fa0/1 和 Fa0/3 接口与交换机 S1 的 Fa0/15 和 Fa0/16 接口相连，交换机 S3 的 Fa0/2 和 Fa0/4 接口与交换机 S2 的 Fa0/15 和 Fa0/16 接口相连。交换机 S1 的 Fa0/10 与 Server 网卡相连，交换机 S2 的 Fa0/10 与 Test PC 网卡相连。读者可以根据实验的实际需要灵活地连接 Server 和 Test PC 到交换机的相应接口。

本书设计的实验拓扑中串行连接部分如图 1-2 所示。路由器 R1 的 Se0/0/0 和 Se0/0/1 串行口与路由器 R2 的 Se0/0/0 和 Se0/1/1 串行口相连，路由器 R2 的 Se0/0/1 串行口与路由器 R3 的 Se0/0/1 串行口相连，路由器 R2 的 Se0/1/0 串行口与路由器 R4 的 Se0/0/1 串行口连接，路由器 R3 的 Se0/0/0 串行口与路由器 R4 的 Se0/0/0 串行口相连。

在图 1-1 和图 1-2 中，网络设备接口的名字均采用简写，其中 Gi 的全称是 **GigabitEthernet**，Fa 的全称为 FastEthernet，Se 的全称为 Serial，本书后续内容均采用简写来描述网络设备的接口。同时需要注意的是如果读者采用其他型号的网络设备或者模拟器搭建网络拓扑，请注意接口的命名可能不同，只要和本书实验设备的接口对应即可。

1.1.2　路由器和交换机接口命名

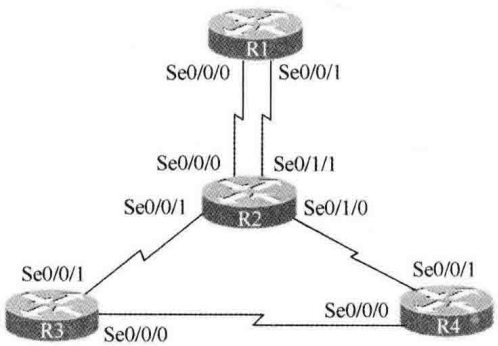

图 1-2　实验拓扑中串行连接部分

本节以本书所选择的 2911 路由器为例说明路由器接口命名，如图 1-3 所示。2911 路由器包括 3 个固定的千兆位以太网接口、1 个服务模块（Service Module，SM）插槽、4 个增强型高速广域网接口卡（Enhanced High-Speed WAN Interface Card，EHWIC）插槽或者 2 个双宽度 EHWIC 插槽（使用双宽度 EHWIC 插槽将占用两个单宽度 EHWIC 插槽），其中服务模块用来替换用于语音 / 传真的网络模块插槽和扩展模块插槽。

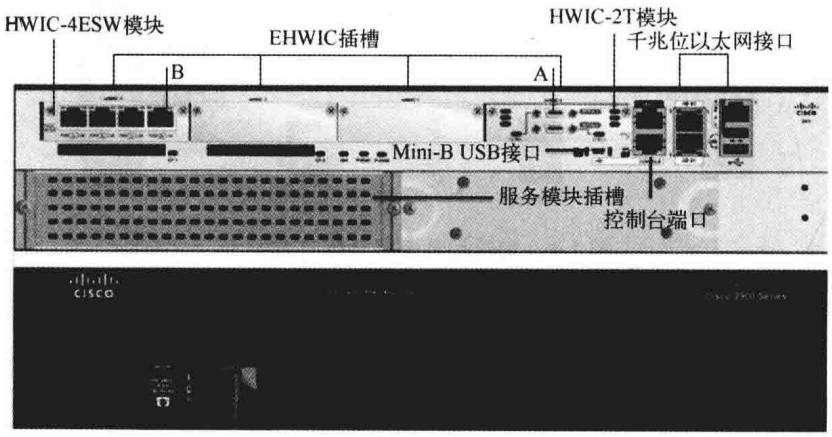

图 1-3　路由器接口命名

① 千兆位以太网接口命名分别为 Gi0/0、Gi0/1 和 Gi0/2，在路由器面板上对应的具体标识为 GE0/0、GE0/1 和 GE0/2。

② 4 个 EHWIC 模块号从右到左的编号依次为 0～3，EHWIC 插槽插入模块的接口编号从 0 开始，通常按照从下到上、从右到左原则进行编号。常见的 HWIC 模块包括 HWIC-2T、HWIC-2FE、HWIC-1ADSL、HWIC-16A、HWIC-4ESW、HWIC-4ESG、VWIC3-1MFT-T1/E1 和 HWIC-4G-LTE-G 等。读者应该根据实际网络需求选择相应的网络模块，模块需要单独购买。根据上述路由器接口命名原则，图 1-3 中 A 接口的名称为 Se0/0/1，B 接口的名称为 Fa0/3/0，其中第 1 个数字表示插槽号码，第 2 个数字表示模块号码，第 3 个数字表示模块的端口号码。

③ 服务模块插槽的号码为 1，具体接口的名字要看选择什么模块，例如，购买的是 SM-ES3-16-P 交换模块，那么第一个接口的名称是 Gi1/0。

本节以本书选择的 WS-C3560v2-24PS-S 交换机为例说明交换机接口命名。该交换机是一款固定接口配置的高效节能的三层交换机，包含 24 个百兆以太网接口和 2 个小型可插拔（Small Form-factor Pluggables，SFP）千兆位以太网扩展接口（需要相应 SFP 模块）。24 个百兆位以太网接口支持以太网供电（PoE）功能。交换机接口命名如图 1-4 所示，图中 A 接口的名称为 Fa0/1，B 接口的名称为 Fa0/14，C 接口的名称为 Gi0/1。

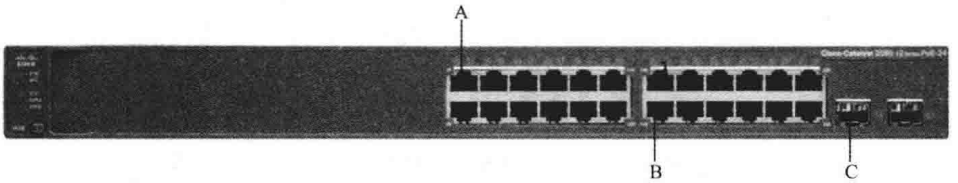

图 1-4　交换机接口命名

1.1.3　操作系统软件选择

不同系列和不同型号的路由器和交换机运行的 IOS 不同。请读者选择适合自己实验设备的 IOS。如果需要较新版本的 IOS，可以从 Cisco 官网（www.cisco.com）下载，并且对设备进行 IOS 升级。下载 IOS 需要相应权限的 CCO（Cisco Connection Online）账号。下载时请确认自己的网络设备的内存和 Flash 空间是否满足 IOS 运行的需要。

本书实验环境中的路由器型号选择 Cisco 的 2911，相应的 IOS 选择 c2900-universalk9-mz.SPA.157- 3.M.bin。路由器 IOS 下载页面如图 1-5 所示。

图 1-5　路由器 IOS 下载页面

本书实验环境中的交换机型号选择 Cisco 的 WS-C3560v2-24PS-S，相应的 IOS 选择 c3560-ipservicesk9-mz.150-2.SE11.bin。交换机 IOS 下载页面如图 1-6 所示。

图 1-6　交换机 IOS 下载页面

1.2　访问 Cisco 网络设备的方式

路由器或者交换机是一台特殊用途的计算机，然而它们没有键盘、鼠标和显示器，因此需要借助计算机的相应组件来完成配置。网络设备出厂时通常是没有初始配置的（Cisco 最新的路由器已经有了一些初始配置以便远程登录），要完成初始配置需要把计算机的 COM 端口与路由器的控制台（Console）端口相连，如果计算机没有 COM 端口，需要准备一条 USB 转 COM 端口的线缆及其相应的驱动程序。在完成了端口的 IP 地址和密码等初始化配置后，就可以使用如 Telnet、SSH、Web 浏览器、网管软件（如 Cisco Works）等方式访问或者配置网络设备。

1.2.1　通过 Console 端口访问网络设备

Console 端口是网路设备的一种管理端口，可通过该端口对 Cisco 设备进行带外（Out Of Band，OOB）访问。计算机的 COM 端口和路由器、交换机的 Console 端口是通过反转线缆（线缆两端的 RJ-45 接头上的线序是相反的）进行连接的，反转线缆的一端接在路由器的 Console 端口上，另一端接在计算机的 COM 端口上，如图 1-7 所示。现在的笔记本电脑大多已经不带串行接口了，这时需要使用 USB 转串行接口的适配器。如果通过 Mini-B USB Console 端口和设备连接，需要准备 USB 转 Mini-B USB 线缆，同时计算机上需要安装 Cisco 的 Console 转 USB 驱动程序。将计算机和网络设备连接好后，就可以使用 SecureCRT 等终端软件连接和配置网络设备了。

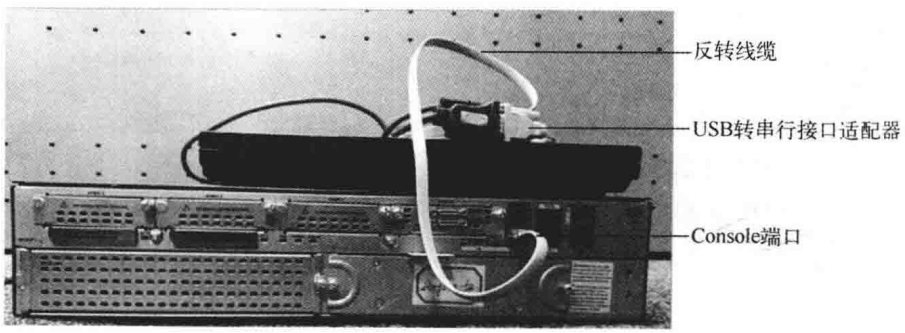

图 1-7　计算机和路由器通过反转线缆进行连接

【提示】

虽然路由器 ISR G2 有 2 个控制台端口，但只能有一个控制台端口处于活动状态。当线缆插入 Mini-B USB 控制台端口时，RJ-45 控制台端口处于非活动状态。当 Mini-B USB 线缆从 USB 端口移除时，RJ-45 控制台端口处于活动状态。

1.2.2　通过 Telnet 或者 SSH 访问网络设备

如果管理员不在网络设备的现场，可以通过 Telnet 或者 SSH（Secure SHell，安全外壳）远程管理网络设备，从而提高了设备管理的灵活性。当然，这需要在网络设备上预先完成一部分基础配置，并保证管理员的计算机和网络设备之间的 IP 可达性。Telnet 服务开放端口为 TCP 23，SSH 服务开放端口为 TCP 22。Telnet 协议在网络设备之间传输数据时采用明文传输，不能有效防止远程管理过程中的信息泄露问题发生，而 SSH 协议可以利用加密和验证功能提供数据安全传输，保护设备不受诸如 IP 地址欺诈和密码截取等攻击。

Cisco 网络设备通常支持多人同时通过 Telnet 或者 SSH 方式访问网络设备，每一个用户称为一个虚拟终端（Virtual Teletype Terminal，VTY）。第一个用户为 VTY 0，第二个用户为 VTY 1，以此类推，通常路由器和交换机都支持 5 个 VTY，即 VTY 0～4。

1.3　IOS 和 CLI 概述

1.3.1　IOS 简介

Cisco IOS（Internetwork Operating System）是 Cisco 网络设备上运行的网络操作系统。操作系统代码中直接与计算机硬件交互的部分称为内核，与应用程序和用户连接的部分称为外壳。用户可以使用命令行界面（Command Line Interface，CLI）或图形用户界面（Graphical User Interface，GUI）与外壳交互。在使用 CLI 时，用户在命令行提示符下用键盘输入命令，即在基于文本的环境中与系统直接交互，系统则执行输入的命令，通常提供文本输出。GUI 允许用户在使用图形图像、多媒体和文字的环境中与系统交互。Cisco IOS 负责管理路由器、交换机等网络设备的硬件和软件资源，包括存储器分配、进程、安全性和文件系统等。Cisco 路由器和交换机实现的主要功能包括路由和交换、网络安全、语音、无线、服务质量和网络管理等。在许多 Cisco 设备中，在启动设备时，IOS 从闪存（Flash）复制到内存（RAM）中，在网络设备工作时，IOS 在 RAM 中运行。为了便于维护和规划网络，确定每个设备的闪存和 RAM 的容量非常重要。

Cisco 第二代集成多业务路由器（Integrated Services Routers Generation 2，ISR G2）通过使用软件许可来支持按需服务，比如 1900、2900、3900、4300 和 4400 系列路由器。按需服务过程可以使客户通过简化软件的订购和管理来节省运营成本。用户新购买的 ISR G2 路由器会配备一个通用 Cisco IOS 映像，而且有一个许可证可用于启用特定功能集软件包。在使用 ISR G2 设备时，所有功能都包含在通用映像中，用户通过购买许可证来激活需要的功能，使用 Cisco 软件许可证激活的技术包包括 IP Base、数据、统一通信（Unified Communications，UC）和安全等。每个许可密钥对特定设备而言都是唯一的，而且是通过提供产品 ID、路由