

高等学校计算机类国家级特色专业系列规划教材

路由与交换技术 实验指导

刘静 赖英旭 杨胜志 李健 编著

N915.05-33
05



清华大学出版社

高等学校计算机类国家级特色专业系列规划教材

路由与交换技术 实验指导

刘静 赖英旭 杨胜志 李健 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是《路由与交换技术》一书的配套教材,书中提供多个实验,使学生在了解路由与交换的基本知识的同时,掌握路由与交换的基本概念和应用方法。使学生在已有的计算机知识的基础上,对路由协议和交换协议在整体上有有一个更加清晰的了解,并具备解决网络中常见问题的基本技能。

本书可用作普通高校相关课程的教材,也可供其他读者参考。

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

路由与交换技术实验指导 / 刘静等编著. —北京:清华大学出版社, 2015

高等学校计算机类国家级特色专业系列规划教材

ISBN 978-7-302-40317-3

I. ①路… II. ①刘… III. ①计算机网络—路由选择—高等学校—教学参考资料 ②计算机网络—信息交换机—高等学校—教学参考资料 IV. ①TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 173290 号



责任编辑:汪汉友

封面设计:傅瑞学

责任校对:焦丽丽

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

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

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:6

字 数:143 千字

版 次:2015 年 10 月第 1 版

印 次:2015 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~1500

定 价:19.00 元

产品编号:059068-01

前 言

“路由与交换”是信息安全专业的学科基础课之一。在当今的信息时代,计算机网络科学与技术众多的技术中处于非常重要的地位,已成为促进社会发展的最重要的技术支柱。路由与交换是计算机网络技术当中非常重要的基础技术之一。

通过本课程的学习要达到的主要目的是使学生了解路由与交换的基本知识,掌握路由与交换的基本概念和应用方法;在已有的计算机知识的基础上,对路由协议和交换协议在整体上有一个更加清晰的了解;掌握各种交换技术的特点及其基本原理;能应用所学知识设计简单的通信网络以及交换技术应用的研究;培养学生具备局域网组网与管理能力,能够根据具体环境 and 应用目的设计合理的拓扑结构组建网络,具备解决网络中常见问题的基本技能;奠定跟踪网络研究与发展新技术的自学习能力,为后续课程的学习以及今后从事计算机网络方面的工作打下良好的基础。

编 者

2015 年 5 月

实验须知

(1) 实验课前必须认真阅读实验教材中的内容,理解实验目的、任务、要求,根据具体要求复习有关理论知识。

(2) 实验过程中,同组的学生相互配合,积极思考,认真操作,发挥团队精神做好每个实验。当实验结束时,将桌椅摆放整齐方可离开实验室。

(3) 实验报告是实验后的书面总结,通过实际操作和对实验内容进行归纳、分析、总结并写出心得体会。在规定的时间内上交实验报告。

目 录

第 1 章 认识路由器	1
1.1 路由器的基本原理	2
1.2 路由器的 IOS	4
1.3 路由器的基本命令	5
1.4 路由器的常用查询命令	6
实验 1.1 路由器的密码恢复	7
实验 1.2 IOS 文件备份、恢复或更新	8
第 2 章 路由基础的配置	10
实验 2.1 子网划分	11
实验 2.2 直连路由和静态路由	13
实验 2.3 默认路由	15
实验 2.4 ip classless 与 no ip classless 命令	17
第 3 章 RIP 协议的配置	19
实验 3.1 RIPv1 基本配置	20
实验 3.2 RIPv2 基本配置	23
实验 3.3 RIPv2 手工汇总	25
实验 3.4 RIPv2 静态路由由重分布以及注入默认路由	27
实验 3.5 RIPv2 认证	29
实验 3.6 RIPv1 和 RIPv2 的混合配置	31
实验 3.7 RIPv2 基本配置	33
第 4 章 EIGRP 协议的配置	35
实验 4.1 EIGRP 基本配置	36
实验 4.2 EIGRP 路由汇总	38
实验 4.3 EIGRP 认证	40
实验 4.4 EIGRP 负载均衡配置	42
实验 4.5 EIGRPv6 基本配置	44
第 5 章 OSPF 协议的配置	46
实验 5.1 点对点链路上 OSPF 基本配置	47
实验 5.2 广播多路访问链路上 OSPF 基本配置	49

实验 5.3	OSPF 注入默认路由	51
实验 5.4	OSPF 认证	52
实验 5.5	OSPFv3 的基本配置	53
第 6 章	VLAN 的配置	55
实验 6.1	VLAN 基本配置	56
实验 6.2	Trunk 配置	58
实验 6.3	VTP 配置	60
实验 6.4	VLAN 间路由	62
第 7 章	STP 协议	64
实验 7.1	STP 基本配置	65
实验 7.2	portfast、uplinkfast 和 backbonefast	66
实验 7.3	RSTP	68
第 8 章	NAT、DHCP 协议的配置	69
实验 8.1	静态 NAT 基本配置	70
实验 8.2	动态 NAT 和 PAT 基本配置	71
实验 8.3	DHCP 基本配置	72
第 9 章	HDLC、PPP 协议的配置	74
实验 9.1	HDLC 和 PPP 基本配置	76
实验 9.2	PAP 认证	77
实验 9.3	CHAP 认证	78
第 10 章	ACL	79
实验 10.1	标准 ACL 配置	80
实验 10.2	扩展 ACL	82
第 11 章	CCNA 综合实验	84

第 1 章 认识路由器

1.1 路由器的基本原理

路由器(Router)是因特网中各局域网、广域网相互连接的设备,其作用是连接不同的网络。路由器另一个作用是选择信息传送的线路。它会根据信道的情况自动选择和设定路由,寻找最佳路径,按前后顺序发送信号的设备。这样能大大提高通信速度,减轻网络系统通信负荷,节约网络系统资源,提高网络系统畅通率,从而让网络系统发挥出更大的效益来。路由器是互联网络的枢纽。

路由器工作在网络层,实现网络层上不同网络间数据包的存储转发。路由器能起到隔离广播域的作用。

路由器其实也是计算机,它的组成结构类似于其他计算机(包括 PC)。路由器各个部件的作用如下。

(1) CPU(中央处理器)。和计算机一样,它是路由器的控制和运算部件。CPU 执行操作系统指令,如系统初始化、路由功能和交换功能。

(2) RAM/DRAM(随机访问存储器)。存储 CPU 所需执行的指令和数据,用于存储临时的运算结果。RAM 是易失性存储器,如果路由器断电或重新启动,RAM 中的内容就会丢失。

RAM 用于存储以下组件。

① 操作系统。路由器在启动时,会将 IOS(Internetnetwork Operating System,网络操作系统)复制到 RAM 中。

② 运行配置文件。这是存储路由器 IOS 当前所用的配置命令的配置文件。除几个特例外,路由器上配置的所有命令均存储于运行配置文件,此文件也称为 running-config。

③ 路由表。此文件存储着直连网络以及远程网络的相关信息,用于确定转发数据包的最佳路径。

④ ARP 表。此表包含 IPv4 地址到 MAC 地址的映射。ARP 表用在有 LAN 接口(如以太网接口)的路由器上。

⑤ 数据包缓冲区。数据包到达接口之后以及从接口送出之前,都会暂时存储在缓冲区中。

(3) Flash(闪存)。它是非易失性计算机存储器。路由器断电后,Flash 中所存储的内容不会丢失。用于永久性存储路由器的 IOS,在启动过程中 IOS 复制到 RAM,再由 CPU 执行。Flash 的可擦除特性允许人们更新、升级 IOS 而不用更换路由器内部的芯片。Flash 容量较大时,就可以存放多个 IOS 版本。

(4) NVRAM(非易失性 RAM)。如果路由器断电或重新启动,NVRAM 中的内容不会丢失。用于存放路由器的启动配置文件 startup-config。所有配置更改都存储于 RAM 的 running-config 文件中(有几个特例外),要保存这些更改,路由器重新启动或断电后不丢失其内容,必须将 running-config 复制到 NVRAM,并在其中存储为 startup-config 文件。

(5) ROM(只读存储器)。存储了路由器的开机诊断程序、引导程序和特殊版本的 IOS 软件(用于诊断等有限用途),ROM 中软件升级时需要更换芯片。如果路由器断电或重新启动,ROM 中的内容不会丢失。

CISCO 公司的产品使用 ROM 来存储 bootstrap 指令、基本诊断软件和精简版 IOS。

(6) 接口(Interface)。用于网络连接,路由器就是通过这些接口和不同的网络进行连接的。包括管理端口和路由器接口。

① 管理端口。它用于管理路由器的物理接口。最常见的管理端口是控制台端口和辅助端口。

- 控制台端口(CONSOLE)。用于连接终端(多数情况是运行终端模拟器软件的 PC),从而在无须通过网络访问路由器的情况下配置路由器。对路由器进行初始配置时,必须使用控制台端口。
- 辅助端口(AUX)。同控制台端口一样,AUX 端口可以实现在与路由器直连、非网络连接的情况下配置路由器。此端口可用于连接调制解调器。它使用一种调制解调器可以插入的连接器的类型。插入调制解调器,可以远程处理路由器。在更关键的系统中,通常将调制解调器永久性连接到路由器的 AUX 端口。此外,当借助本地控制台处理路由器不现实时,AUX 端口可以提供类似控制台端口的访问。

② 路由器接口。路由器一般具有快速以太网接口,用于连接不同的 LAN;还具有各种类型的 WAN 接口,用于连接多种串行链路(其中包括 T1、DSL 和 ISDN)。

- LAN 接口。用于将路由器连接到 LAN,通常使用支持非屏蔽双绞线(UTP)网线的 RJ-45 接口。当路由器与交换机连接时,使用直通电缆。当两台路由器直接通过以太网接口连接,或 PC 网卡与路由器以太网接口连接时,使用交叉电缆。
- WAN 接口。WAN 接口用于将路由器连接到外部网络。本书中应用最多的 WAN 接口是高速同步串口(SERIAL)。主要是用于连接 DDN、帧中继(Frame Relay)、x.25、PSTN(模拟电话线路)等网络连接模式。在企业网之间有时也通过 DDN 或 x.25 等广域网连接技术进行专线连接。这种同步端口一般要求速率非常高,因为一般来说通过这种端口所连接的网路的两端都要求实时同步。

1.2 路由器的 IOS

路由器也有自己的操作系统,通常称为 IOS(Internetnetwork Operating System)。它是一个与硬件分离的软件体系结构,可动态地升级以适应不断变化的技术。

CISCO 公司的产品用一套编码方案来制订 IOS 的版本。IOS 的完整版本号由 3 部分组成:

- (1) 主版本。
- (2) 辅助版本。
- (3) 维护版本。

其中,主版本和辅助版本号用一个小数点分隔,两者构成了一套 IOS 的主要版本。而维护版本显示于括号中。比如一个 IOS 版本号 11.2(10),它的主要版本是 11.2,维护版本就是 10(第 10 次维护或补丁)。

CISCO 公司的 IOS 是命令行界面(Command Line Interface,CLI),CLI 主要的工作模式如下。

(1) 用户执行模式(User EXEC Mode)。通常用来查看路由器的状态。在此状态下,无法对路由器进行配置,可以查看的路由器信息也是有限的。它是登录到设备的默认状态。

(2) 特权模式(Privileged EXEC Mode)。可以更改路由器的配置,也可以查看路由器的所有信息。

(3) 全局配置模式(Global Configuration Mode)。任何可以影响整个路由器运行的配置命令必须在全局配置模式中输入。

(4) 其他特定配置模式(Other Configuration Modes)。例如,接口配置模式、子接口配置模式、线路配置模式、路由器配置模式等都属于此类。

(5) 监控模式(ROM Monitor Mode)。路由器已启动但是没有加载任何 IOS 或 MINI IOS,或者高端的设备没有 bootsystem flash,也就是引导命令下,重启就会进入到这个系统。在正常的情况下,路由器可以通过按 Ctrl+Break 键进入,交换机可以通过长按 Mode 键进入,在这个模式下可以进行一些简单的操作,比如说密码恢复、IOS 导入等。

(6) 安装模式(Setup Mode)。初始配置状态。以对话的方式来创建一个基本配置。才出厂的机器或删了 startup-config 的设备,开机后自动进入该模式或手动用 setup 命令可以进入此模式。在配置文件(Configuration File)丢失的情况下也会进入该模式。

(7) Boot 模式(RXBOOT Mode)。该状态在设备不能正常自动引导时进行。通常情况下,密码丢失时,要进行破密也进入该模式。

1.3 路由器的基本命令

将一台计算机的串口和路由器的 console 口进行连接,使用 Windows 系统自带的超级终端软件配置路由器:

```
Router>
//Router 是路由器的名字,而>代表是在用户模式
Router>enable
//enable 命令使路由器从用户模式进入到特权模式
Router#configure terminal
//configure terminal 命令使路由器从特权模式进入到全局模式
Router(config)#hostname R1
//改变路由器的名称为 R1
R1(config)#interface s0/0/0
//以上进入到接口模式,这里是串口(第 0 块板卡 0 槽位的第 0 个接口)
R1(config-if)#ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
//给接口配置一个 IP 地址 10.1.1.1,掩码为 255.255.255.0
R1(config-if)#clock rate 64000
//R1 这一端是 DCE,需要配置时钟
R1(config-if)#no shutdown
//开启该接口,因为默认时路由器的各个接口是关闭的
R1(config-if)#exit
//退回到上一级模式
R1(config)#end(或按 Ctrl+Z 键)
//结束配置直接回到特权模式下
R1#copy running- config startup-config
Destination filename [startup-config]?
Building configuration...
[OK]
//把内存中的配置保存到 NVRAM 中,路由器开机时会读取它
```

1.4 路由器的常用查询命令

```
Router#show version
//查看 IOS 版本号,已启动时间,Flash 中的 IOS 的文件名,router 里面共有什么的端口,寄存器的值等

Router#show protocol
//显示与 IP 有关的路由协议信息。各个端口的情况

Router#show flash
//查看 flash 中的内容,IOS 的长度,文件名,剩余空间,总空间

Router#show running-config
//查看路由器当前的配置信息

Router#show startup-config
//查看 nvram 中的路由器配置信息

Router#show interface
//查看路由器上的各个端口的状态信息

Router#show controller
//查看接口控制器的状态,可看到连接的是 DTE 还是 DCE

Router#show history
//查看 history buffer 里面的命令列表

Router#show controller s0
//查看 s0 是 DCE 口还是 DTE 口

Router#show ip route
//查看路由器的路由配置情况

Router#show hosts
//查看 IP host 表
```

实验 1.1 路由器的密码恢复

1. 实验目的

掌握路由器的密码恢复步骤。

2. 实验拓扑

实验拓扑结构如图 1-1 所示。



图 1-1 实验 1.1 的拓扑结构

3. 实验步骤

(1) 在路由器上配置密码：

```
Router>enable
Router#configure terminal
Router(config)#hostname R1
R1(config)#enable password kjfnijf
//随意配置一个密码,以供密码恢复使用
```

(2) 路由器密码恢复：

关闭路由器电源并重新开机,当控制台出现启动过程,赶快按 Ctrl+Break 键,中断路由器的启动过程,进入 rommon 模式

```
rommon 1>confreg 0x2142
```

//改变配置寄存器的值为 0x2142,这会使得路由器开机时不读取 NVRAM 中的配置文件,不同类型的路由器这个取值会有所不同,本实验以思科 2800 系列路由器为例

```
rommon 2>i
```

//重启路由器。路由器重启后会直接进入到 setup 配置模式,按 Ctrl+C 键或者回答 n,退出 setup 模式

```
Router>enable
```

```
Router#copy startup-config running-config
```

//把配置文件从 NVRAM 中复制到 RAM 中,在此基础上修改密码

```
R1#configure terminal
```

```
R1(config)#enable password bjut
```

//修改密码

```
R1(config)#config-register 0x2102
```

//把寄存器的值恢复为正常值 0x2102

```
R1(config)#exit
```

```
R1#copy running-config startup-config
```

```
R1#reload
```

//保存配置,重启路由器,检查路由器是否正常

实验 1.2 IOS 文件备份、恢复或更新

1. 实验目的

- (1) 掌握路由器 IOS 文件的备份。
- (2) 掌握路由器 IOS 文件的恢复或更新。

2. 实验拓扑

实验拓扑结构如图 1-2 所示。

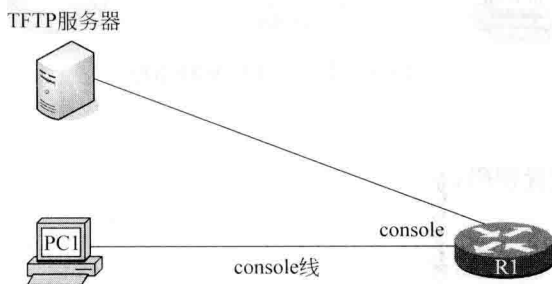


图 1-2 实验 1.2 的拓扑结构

3. 实验步骤

- (1) 删除 flash 中的 IOS:

```
R1#show flash:
CompactFlash directory:
File Length Name/status
1 41205996 c2800nm-adventerprisek9-mz.124-11.T1.bin
[41206060 bytes used, 23019216 available, 64225276 total]
62720K bytes of ATA CompactFlash(Read/Write)
//显示 flash 中的 IOS
R1#delete flash:c2800nm-adventerprisek9-mz.124-11.T1.bin
Delete filename [c2800nm-adventerprisek9-mz.124-11.T1.bin]?
Delete flash:c2800nm-adventerprisek9-mz.124-11.T1.bin? [confirm]
//删除 flash 中的 IOS
```

重要提示：请慎重进行该步骤。如果工作中不慎误删 IOS 或者因为需要升级 IOS，但发现 flash 空间不够，而必须删除 IOS，请不要将路由器关机，可以直接使用 `copy tftp flash` 命令从 TFTP 服务器恢复 IOS，对于从 TFTP 下载下来的 IOS 务必使用 `verify` 命令进行校验，防止在传输过程中出错而导致路由器无法正常启动，这比下面介绍的方法简单得多。

除了从 TFTP 恢复 IOS，还可以用 Xmodem 方式通过 console 口恢复 IOS，然而由于 console 的速度非常慢，很少有人采用。特别要注意的是以后还会学习到另一种网络设备——交换机。如果交换机的 IOS 被删除，并且已经重启了，那么就只能使用 Xmodem 方式恢复 IOS。

- (2) 恢复 IOS。请确认 IOS 已经放在 `c:\TFTP-Root` 目录下。路由器丢失了 IOS 后，开机将自动进入 `rommon` 模式：

```

rommon 2 > IP_ADDRESS= 172.16.0.2
rommon 3 > IP_SUBNET_MASK= 255.255.0.0
rommon 4 > DEFAULT_GATEWAY= 172.16.0.100
rommon 5 > TFTP_SERVER= 172.16.0.100
rommon 6 > TFTP_FILE= c2800nm-adventerprisek9-mz.124-11.T1.bin
//要恢复 IOS,需要配置一些变量的值,主要是路由器的 IP 地址、掩码等。由于路由器和 TFTP 服务器
//在同一网段,是不需要网关的,但是不能不配置该值,所以把 DEFAULT_GATEWAY 胡乱地指向了
//TFTP 服务器。请注意变量名的大小写
rommon 8 > tftpdnld
//开始从 TFTP 恢复 IOS
IP_ADDRESS: 172.16.0.2
IP_SUBNET_MASK: 255.255.0.0
DEFAULT_GATEWAY: 172.16.0.100
TFTP_SERVER: 172.16.0.100
TFTP_FILE: c2800nm-adventerprisek9-mz.124-11.T1.bin
TFTP_VERBOSE: Progress
TFTP_RETRY_COUNT: 18
TFTP_TIMEOUT: 7200
TFTP_CHECKSUM: Yes
TFTP_MACADDR: 00:19:55:66:63:20
GE_PORT: Gigabit Ethernet 0
GE_SPEED_MODE: Auto
Invoke this command for disaster recovery only.
WARNING: all existing data in all partitions on flash will be lost!
Do you wish to continue? y/n: [n]: y
//回答“y”,开始从 TFTP 服务器上恢复 IOS,根据 IOS 的大小,通常需要十几分钟
Receiving c2800nm-adventerprisek9-mz.124-11.T1.bin from
172.16.0.100 !!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
(此处省略)
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
File reception completed.
Validating checksum.
Copying file c2800nm-adventerprisek9-mz.124-11.T1.bin to flash.
Eeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeeee
//从 TFTP 服务器接收了 IOS 后,会进行校验
rommon 9 > i
//重启路由器

```

第2章 路由基础的配置