第5章 路由器基础与静态 路由技术

在前面的章节中重点介绍了交换机使用的各种技术,其中涉 及路由功能时,会使用三层交换的路由功能。三层交换其实与路 由器的配置是有区别的。从本章开始,将正式介绍网络中常见的 另一种关键设备——路由器,及其所能实现的各种功能和配置步 骤。本章将介绍路由器基础与静态路由技术。



- 路由器配置基础
- 单臂路由的配置
- 静态路由的配置
- 默认路由的配置
- PT仿真工具的使用

(5.1) 路由器基础配置

路由器的基本配置、查看的命令及用法与交换机类似,下面讲解最基本的网络配置。

5.1.1 路由器基础配置命令及用法-

下面以在PT中使用路由器为不同网段的数据进行路由转发为例,介绍路由器的一些基础配置,拓扑图如图5-1所示。



路由器的接口不如交换机多,每个接口需要连接不同的网段,并且接口也要配置IP地址, 作为网关地址使用。由于PC与路由器属于同类设备,所以使用交叉线进行连接。另外,路由器 端口并不像交换机,可以自动打开,需要先对端口进行配置。下面为路由器R1的配置:

```
Router>en
                                                 //进入特权模式
                                                 //进入全局配置模式
Router#conf ter
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
                                                 //为设备重命名
Router (config) #host R1
                                                 //关闭域名解析,防止卡死
R1(config) #no ip domain-lookup
R1(config)#line console 0
R1(config-line) #logging synchronous
                                                //开启日志同步
R1 (config-line) #exit
R1(config) #in g0/0/0
R1(config-if)#description link to 1.0
                                                 //配置端口描述
R1(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0 //配置端口IP地址
R1(config-if) #no sh
                                                 //开启端口
%LINK-5-CHANGED: Interface GigabitEthernet0/0/0, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet0/0/0, changed
                                                 //物理链路和逻辑链路自动打开
state to up
R1(config-if) #in g0/0/1
                                                //配置另一个端口
R1(config-if)#description link to 2.0
R1(config-if) #ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
R1(config-if) #no sh
R1(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface GigabitEthernet0/0/1, changed state to up
```

```
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet0/0/1, changed
state to up
R1(config-if) #exit
                                            //配置进入特权模式的密码
R1 (config) #enable secret ccna
R1(config) #line console 0
R1(config-line) #password cisco
                                            //配置Console登录密码
                                             //启用登录验证
R1(config-line)#login
R1 (config-line) #exit
R1(config)#line vty 0 4
                                            //配置VTY登录密码
R1(config-line) #password ccna
R1(config-line)#login
                                             //启用登录验证
R1(config-line)#exit
R1 (config) #service password-encryption
                                            //加密所有明文密码
R1(config)#banner motd #5.1.1 Basic router configuration# //配置设备登录标语
                                             //在其他模式下使用特权模式命令
R1 (config) #do wr
Building configuration...
[OK]
                                             //直接返回特权模式
R1 (config) #end
R1#
SYS-5-CONFIG I: Configured from console by console
                                            //查看当前路由表
R1#show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
      D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
      N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
      E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
      i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
      * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
      P - periodic downloaded static route
Gateway of last resort is not set
     192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
С
        192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
L
        192.168.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
     192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
С
        192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
L
       192.168.2.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
                                             //在特权模式下执行命令
R1#wr
Building configuration...
[OK]
```

✔知识点拨 描述信息

添加描述信息,可以更方便地了解设备或端口信息。如对端口配置描述后,可以在查看端口时显示端口描述信息: Rl#show in g0/0/0 GigabitEthernet0/0/0 is up, line protocol is up (connected)

```
Hardware is ISR4331-3x1GE, address is 00d0.ff7a.a501 (bia 00d0.ff7a.a501)
Description: link to 1.0 //描述信息,表示端口连接的是1.0网段
.....
配置设备的登录标语,可以在设备启动时查看到:
Press RETURN to get started!
5.1.1 Basic router configuration //设置的设备登录标语信息在此显示
User Access Verification
Password: //验证登录密码
Rl>en
Password: //验证特权模式密码
Rl#
```

接下来配置PC1的网络参数,如图5-2所示。PC2也按照拓扑图中的参数进行配置。

		-	×
物理的 配置 桌面 编程	属性		
IP配置			Х
接口 FastEthernet0 IP電置			~
O DHCP	● 静态		
IPv4 地址	192.168.1.2		
子网掩码	255.255.255.0		
默认网关	192.168.1.1		
DNS服务器	0.0.0.0		

图 5-2

配置完毕后,可以通过ping命令检测PC1和PC2之间是否可以通信,如图5-3和图5-4所示。







♥知识点拨 在PT中快速查看设备及接口信息

在PT中,可以将光标悬停在设备上,稍后就会显示设备的相关信息。如在路由器R1上悬停,会显示设备名称、设备 型号、主机名、设备的端口、链路状态、属于的VLAN、IP地址、MAC地址等,如图5-5所示。 用户可以使用菜单栏的放大镜按钮,单击需要查看的设备,也可以直接查看更多配置信息。如在列表中选择"路由 表",可以直接查看到R1的路由表信息,如图5-6和图5-7所示。



5.1.2 路由器DHCP的配置

在前面的章节中介绍了在三层交换上实现DHCP功能的配置方法。下面主要介绍如何在路 由器中实现DHCP功能。并且在介绍路由器功能实现时,也会介绍路由器的其他一些基本配置 命令。

1. 路由器配置 DHCP 的主要步骤

路由器配置DHCP服务的主要步骤如下。

步骤01 定义DHCP地址池并进入DHCP配置模式。

步骤02 定义可分配的IP地址范围。

步骤03 定义分配的默认网关。

步骤04 定义分配的DNS服务器地址。

步骤05 设置需要排除的IP地址或范围。

步骤06开启DHCP服务。

2. 配置路由器 DHCP 功能

路由器的DHCP功能配置和三层交换比较类似,下面以常见的局域网拓扑为例介绍配置步骤,拓扑图如图5-8所示。

图中的路由器为所有的PC分配IP地址,地址池范围为192.168.1.11~192.168.1.254,默认网 关为192.168.1.1,DNS服务器也为192.168.1.1,测试PC能不能正确地通过DHCP获取网络参数。



步骤01 对交换机SW1进行基本配置,只要配置设备名称即可。

步骤02 对路由器R1进行配置,包括端口的开启和IP地址的配置。其他可根据需要进行 配置。

Router>en Router#conf ter Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z. Router(config)#host R1 R1(config)#in g0/0/0 R1(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0 R1(config-if)#no sh %LINK-5-CHANGED: Interface GigabitEthernet0/0/0, changed state to up %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet0/0/0, changed state to up R1(config-if)#do wr

步骤03 配置路由器R1的DHCP服务,配置完毕后启动DHCP服务。

 R1(config) #ip dhcp pool test
 //定义地址池,名称为test

 R1(dhcp-config) #network 192.168.1.0 255.255.0
 //定义地址池范围

 R1(dhcp-config) #default-router 192.168.1.1
 //分配的网关地址

 R1(dhcp-config) #dns-server 192.168.1.1
 //分配的DNS服务器地址

 R1(dhcp-config) #exit
 //分配的DNS服务器地址

 R1(config) #ip dhcp excluded-address 192.168.1.1 192.168.1.10
 //不分配的地址范围,第一个IP是开始,第二个IP为结束

 R1(config) #service dhcp
 //启动DHCP服务

 R1(config) #do wr
 //启动DHCP服务

配置完毕后,更改IP地址的获取方式为DHCP,查看是否可以正常获取IP地址,如图5-9和 图5-10所示。

属性

静态

192.168.1.12

255.255.255.0

192.168.1.1

192.168.1.1

	· 病柱 · 唐性 · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
つ配面 会口 FastEthern	et0	IP配置
IP配置 ● DHCP	〇 静态	BHCP请求成功
IPv4 地址	192.168.1.11	• C
子网掩码	255.255.255.0	IPv4
默认网关	192.168.1.1	그찌
DNS服务器	192.168.1.1	Evy C
DNS服务器 IPv6配需	192.168.1.1	默认
〇自动	 静态 	DNS

图 5-9

图 5-10

配置 桌面 编程

FastEthernet0

动手练 查看地址池分配情况-

查看DHCP地址池分配情况,可以使用以下命令:

R1#show ip dhcp 3	binding	//查看地址池分配情况			
IP address	Client-ID/	Lease expiration	Туре		
	Hardware address				
192.168.1.11	0060.47EA.28C3		Automatic		
192.168.1.12	00D0.FF02.5DDA		Automatic		
192.168.1.13	0040.0B70.281A		Automatic		
192.168.1.14	00D0.D32D.9B93		Automatic		

查看当前所有地址池,可以使用以下命令:

R1#show ip dhcp pool Pool test : //地址池名称 Utilization mark (high/low) : 100 / 0 //分配的地址达到100后,自动扩展 Subnet size (first/next) : 0 / 0 Total addresses //总共可分配的地址数量 : 254 : 4 //已经分配的地址数量 Leased addresses Excluded addresses //排除的地址数量 : 1 //待处理事件 Pending event : none //当前的池中有一个子网 1 subnet is currently in the pool Current index IP address range Leased/Excluded/Total 192.168.1.1 192.168.1.1 - 192.168.1.254 4 / 1 / 254

5.2) 单臂路由及配置

本章开始介绍了路由器的基本操作,通过配置路由器使不同网络中的主机可以通信,这也 是路由器的主要功能。前面也介绍了通过划分VLAN分割不同的网络,以及使用三层交换使不 同VLAN中的主机通信。使用三层交换是一种非常好的解决不同VLAN间通信问题的方法。而使



用三层交换前,通常的做法是使用单臂路由,可以解决不同VLAN之间的通信,但单臂路由有 其局限性,所以被三层交换取代。因为涉及路由器,这里首先介绍单臂路由,理解单臂路由进 行VLAN间通信的原理。通过对比,更好地理解单臂路由的局限性及三层交换的优势。

5.2.1 认识单臂路由-

单臂路由是一种网络配置方案,它通过在一个路由器接口上配置多个子接口(或逻辑接口)实现不同VLAN之间的互通。通常情况下,单臂路由用于小型网络或临时场景,可以节省路由器接口资源。

1. 单臂路由的工作原理

单臂路由会在路由器上设置多个逻辑子接口,每个子接口对应一个VLAN。每个子接口的数据在物理链路上传递时都要标记封装。路由器的端口在支持子接口的同时,还必须支持Trunk功能。使用单臂路由器配置VLAN间路由时,路由器的物理接口必须与相邻交换机的Trunk链路相连。在路由器上,子接口是为网络上每个唯一VLAN创建的。每个子接口都会分配专属于其子网/VLAN的IP地址,这样便于为该VLAN标记帧。当数据包到达路由器时,路由器会根据数据包中的VLAN标记将其转发到相应的逻辑接口。然后,路由器将数据包从逻辑接口转发到物理接口,并将其发送到相应的设备。

路由器一般是基于软件处理方式实现路由的,存在一定的延时,难以实现线速交换。所 以,随着VLAN通信流量的增多,路由器将成为通信的瓶颈,因此,单臂路由适用于通信流量 较少的情况。

✔知识点拨 路由器子接口

子接口(Subinterface)是通过协议和技术将路由器的一个物理接口虚拟出的多个逻辑接口。子接口属于逻辑三层接口,是基于软件的虚拟接口,每个子接口可以配置不同网段的IP地址。划分了子接口的物理接口可以连接多个逻辑网络。从功能、作用上讲,子接口与物理接口没有任何区别,可增加路由器的接口数量,节省成本。但负载较大时容易产生瓶颈。

路由器通过为子接口封装IEEE 802.1q协议,将子接口地址配置为相应VLAN的网关,可以实现VLAN间通信,这就 是所谓的单臂路由。子接口不仅可以应用于LAN,也可以应用于WAN,如帧中继网络(Frame-Relay)。 在划分子接口时,要保证物理接口处于开启状态,且物理接口不能配置IP地址。

2. 单臂路由的优缺点

单臂路由是一种简单、经济实惠的网络配置方案,但也存在一些缺点。在选择单臂路由之前,应仔细考虑网络的具体需求。

1) 单臂路由的优点

单臂路由的主要优点是节省路由器接口资源,单臂路由可以使用一个物理接口实现多个 VLAN之间的互通,因此可以节省路由器接口资源。另外,单臂路由可以简化网络配置,单臂 路由的配置相对简单,易于管理。

2) 单臂路由的缺点

单臂路由存在性能瓶颈,由于所有VLAN的流量都经过一个物理接口,因此单臂路由可能成为性能瓶颈,尤其是对于高流量网络。单臂路由还存在安全性隐患,其安全性相对较低,因

为所有VLAN的流量都经过一个物理接口,因此更易受到攻击。

3. 单臂路由的应用

单臂路由通常用于以下场景。

- 小型网络:对于小型网络,单臂路由可以提供一种经济实惠的解决方案,因为它可以节 省路由器接口资源。
- 临时场景:对于临时场景,例如临时会议室或展览,单臂路由可以提供一种快速简便的 解决方案。

4. 单臂路由的替代方案

在以下情况下,可以使用替代方案代替单臂路由。

- **高流量网络**: 对于高流量网络,可以使用三层交换机实现不同VLAN之间的互通。三层 交换机可以提供更高的性能和安全性。
- 需要更高级别安全性的网络:对于需要更高级别安全性的网络,可以使用防火墙或VPN 实现不同VLAN之间的互通。

5.2.2 单臂路由的配置

单臂路由的经典结构如图5-11所示。其中,PC1和PC2配置IP地址和网关,SW1中创建 VLAN,将F0/1及F0/2加入对应WLAN,在G0/1上开启Trunk,R1的G0/0/0开启,设置为无IP模 式,并且设置子接口。



步骤01 按照拓扑图添加并连接设备,配置PC1和PC2的IP和网关。

步骤02 进入SW1,进行基础配置,创建VLAN,将F0/1加入VLAN 10,将F0/2加入VLAN 20,开启G0/1的Trunk模式,配置如下:

Switch>	>en						
Switch#	conf ter						
Enter c	configuration	commands,	one per	line.	End with	CNTL/Z.	

```
Switch(config) #host SW2
SW2(config) #vlan 10
SW2(config-vlan) #vlan 20
SW2(config-vlan) #in f0/1
SW2(config-if) #sw mo ac
SW2(config-if) #sw ac vlan 10
SW2(config-if) #in f0/2
SW2(config-if) #sw mo ac
SW2(config-if) #sw ac vlan 20
SW2(config-if) #sw mo tr
SW2(config-if) #sw mo tr
SW2(config-if) #sw mo tr
SW2(config-if) #do wr
```

步骤03 进入路由器R1,对R1进行配置,包括打开端口,设置为无IP模式,进入子接口,设置封装方式及子接口IP地址然后打开子接口即可。命令如下:

```
Router>en
Router#conf ter
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router (config) #host R1
R1(config) #in g0/0/0
R1(config-if) #no sh
                                                      //打开端口
%LINK-5-CHANGED: Interface GigabitEthernet0/0/0, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet0/0/0, changed
state to up
R1(config-if) #no ip address
                                                      //设置为无IP模式
                                                      //进入子接口
R1(config-if) #in g0/0/0.1
%LINK-5-CHANGED: Interface GigabitEthernet0/0/0.1, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet0/0/0.1, changed
state to up
R1(config-subif) #encapsulation dot1Q 10
                                                     //设置封装方式, 10为VLAN号
R1(config-subif)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0 //设置子接口IP(网关IP)
R1(config-subif) #no sh
R1(config-subif) #in g0/0/0.2
%LINK-5-CHANGED: Interface GigabitEthernet0/0/0.2, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet0/0/0.2, changed
state to up
R1(config-subif) #encapsulation dot1Q 20
                                                     //设置封装方式, 20为VLAN号
R1(config-subif) #ip add 192.168.2.1 255.255.255.0
R1(config-subif) #no sh
R1(config-subif) #exit
R1(config)#do wr
```

♥知识点拨 单臂路由的以太网接口不要配置IP

因为这种情况下的物理接口在配置封装之后仅作为一个二层的链路通道存在,不是具备三层地址的接口。

配置完毕后,可以使用PC1 ping PC2测试单臂路由是否可以实现不同VLAN间的主机通信,如图5-12所示。

C:\>ping 192.168.2.2				
Pinging 192.168.2.2 with 32 bytes of data:				
Request timed out.				
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time<1ms TTL=127				
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time<1ms TTL=127				
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time<1ms TTL=127				
Ping statistics for 192.168.2.2:				
Approximate round trip times in milli-seconds:				
Minimum = Oms, Maximum = Oms, Average = Oms				

图 5-12

5.3) 静态路由及配置

路由功能是路由器的核心功能,用于快速寻址。路由器根据路由表中的条目规则转发数据 包。路由表中的条目有静态配置和动态形成之分,也就是常说的静态路由和动态路由。静态路 由是相对于动态路由而言,是非常常见的一种路由技术。本节着重介绍静态路由技术,动态路 由技术将在下一章重点介绍。

5.3.1 认识静态路由

查看路由表时,会发现有些路由表项目前面显示S,这里指的就是静态路由,如图5-13所示。



图 5-13

1. 静态路由简介

静态路由是一种路由方式,指由网络管理员手工配置路由信息,再由网络管理员逐项添加 到路由表,而非动态决定。除非网络管理员干预,否则静态路由是固定的,不会随着网络拓扑 结构的变化而改变。由于静态路由不能对网络的改变做出反应,一般用于网络规模不大、拓扑 结构固定的网络。

当网络的拓扑结构或链路的状态发生变化时,网络管理员需要手工修改路由表中相关的静态路由信息。静态路由信息在默认情况下是私有的,不会传递给其他路由器。当然,网络管理员也可以通过对路由器进行设置,使之成为共享路由器。

默认情况下当动态路由与静态路由发生冲突时,以静态路由为准。静态路由共有4种类型。

- 标准静态路由: 普通的、常规的通往目的网络的路由。
- •默认静态路由:将0.0.0/0作为目的网络地址的路由,可以匹配所有数据包。
- ●汇总静态路由:将多条静态路由汇总成一条静态路由,可减少路由条目,优化路由表。
- 浮动静态路由:为一条路由提供备份的静态路由,当链路出现故障时选择走备用链路。

2. 静态路由的优缺点

静态路由的主要优点如下。

- 简单易用:静态路由的配置非常简单,易于理解和操作。
- 稳定可靠:静态路由不会随着网络拓扑结构的变化而改变,因此更稳定、可靠。
- •**可控性强**:静态路由的所有配置都是由网络管理员手动设定的,因此具有很强的可控性。 静态路由的缺点如下。
- 缺乏灵活性:静态路由无法根据网络拓扑结构的变化进行动态调整,因此不适用于大型、复杂的网络。
- 维护工作量大:在大型网络中,如果使用静态路由,则需要配置大量的路由条目,这将 增加网络管理员的维护工作量。
- 容易出现配置错误:静态路由的配置需要由网络管理员手动完成,因此容易出现配置 错误。

✔ 知识点拨 静态路由的应用场景

静态路由的应用场景主要有以下几种。

- 小型网络:在小型网络中,网络拓扑结构相对简单,变化较少,因此可以使用静态路由实现路由。
- 作为冗余路由:在大型网络中,可以使用静态路由作为冗余路由,以提高网络的可靠性。
- 连接到固定IP地址的设备:静态路由可用于连接到固定IP地址的设备,例如打印机和服务器。

3. 静态路由的命令

静态路由的配置命令比较简单,进入全局配置模式使用命令配置,命令格式如下:

ip route目的网络 子网掩码 下一跳的路由器IP地址或本地接口 管理距离

- •目标网络:指要到达的网络地址范围。
- 子网掩码:目标网络的子网掩码。
- 下一跳的IP地址:指向目的网络的下一台路由器的,与本路由器连接的端口IP地址。
- **接口**:数据包从路由器转发出去的本地接口。
- 管理距离:静态路由条目的管理距离,默认值为1,取值范围为1~255。

5.3.2 直连路由与默认路由

除了静态路由外,在路由表中,以 C表示的是直连路由,而用S*表示的就 是默认路由,如图5-14所示。

```
Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

S 192.168.1.0/24 [1/0] via 192.168.3.1

C 192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0

C 192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1

S* 0.0.0/0 is directly connected, FastEthernet0/1

Router (config) #
```

1. 直连路由简介

直连路由也称为接口路由或连接路由。直连路由是对一个路由器而言,通向与它直接相连的网络的路由。这种路由不需要特别设置,当为路由器的接口配置好IP地址后,直连路由便会出现在路由表中。比如上面图中两个C表示的路由表项,就是两个直连路由的信息。默认路由的路由表项通常是 0.0.0.0/0,表示匹配所有目标IP地址。直连路由的特性如下。

- 自动生成: 直连路由是路由器根据其接口的IP地址和子网掩码自动生成的,无须人工 干预。
- 高可靠性:直连路由是最可靠的路由,因为它是基于物理连接的,不受网络拓扑变化的 影响。
- 低管理成本:直连路由无须手动配置,因此可以降低网络管理的复杂性和成本。

2. 直连路由的工作原理

路由器启动时,首先检测每个接口的状态。如果接口处于活动状态,路由器会根据接口的 IP地址和子网掩码生成一条直连路由。例如,如果路由器接口的IP地址为192.168.1.100,子网掩 码为 255.255.255.0,则会生成一条指向网络 192.168.1.0/24 的直连路由。

路由器收到一个数据包时,首先检查数据包的目标IP地址。如果目标IP地址属于路由器的 直连网络,则路由器直接将数据包转发到该接口。否则,路由器会根据路由表查找指向目标网 络的路由。

3. 默认路由简介

默认路由也称缺省路由,指路由表中未直接列出目标网络的路由选择项,它用于不明确的 情况下指示数据下一跳的位置。如果路由器配置了默认路由,则所有未指明目标网络的数据包 都按默认路由进行转发。其实默认路由也可理解为类似网关的设备地址。

默认路由一般用于Stub网络中(称末端或存根网络),Stub网络是只有一条出口路径的网络。使用默认路由发送那些目标网络未包含在路由表中的数据包。可将默认路由看作静态路由的一种特殊情况。Internet上大约99.99%的路由器中存在一条默认路由。默认路由相当于配置计算机网关。

4. 默认路由的工作原理

路由器收到一个数据包时,首先检查数据包的目标IP地址。如果路由器能够找到匹配目标 IP地址的更具体路由,则将数据包转发到该路由。否则,路由器将数据包转发到默认路由的下 一跳。默认路由的下一跳通常是指向网关的IP地址,网关是连接到更高层网络的路由器。

例如,假设一个路由器默认路由的下一跳为192.168.1.1,则当路由器收到目标IP地址为 10.1.1.10的数据包时,由于无法找到匹配该目标IP地址的更具体路由,路由器会将数据包转发到 192.168.1.1。然后,192.168.1.1负责将数据包路由到目的地网络。

5. 默认路由的优缺点

默认路由的优点是配置非常简单,易于理解和操作,并确保所有数据包都能被路由,即使 找不到匹配目标IP地址的更具体路由。 默认路由的缺点是可能导致不必要的网络流量,因为数据包可能先被转发到多个路由器, 再到达目的地。另外,默认路由可能降低网络的安全性,因为数据包可能被转发到未经授权的 网络。

6. 默认路由的命令

默认路由的命令也非常简单,命令格式为

ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 下一跳路由器的IP地址/本地接口

其中,0.0.0.0 0.0.0.0 意思是到达任意网络、任意子网掩码。所以默认路由也称全零路由。

✔知识点拨 默认路由的应用场景

默认路由一般用于小型网络,网络拓扑结构相对简单,且路由器数量较少,因此可以使用默认路由简化路由配置。在 大型网络中,可以使用默认路由作为容错路由,以提高网络的可靠性。例如,如果一条静态路由发生故障,则数据包 可以被转发到默认路由。另外在连接到互联网的网络中,可以使用默认路由将数据包路由到互联网。

5.3.3 静态路由的配置

静态路由适用于范围较小、网络比较稳定的情况,静态路由的配置也比较简单。图5-15所 示为比较常见的网络应用场景,由3台路由器组成。通过静态路由的设置可以使这些设备互通。



实现PC1和PC4互通,需要每台路由器都有一张到达各网段的路由表。所以R1要知道 192.168.3.0与192.168.4.0网络的下一跳地址,就是R2的G0/0/0地址192.168.2.2。而R2要知道到 达1.0与4.0网段的下一跳地址,R3也需要知道到达1.0与2.0网段的下一跳地址。如果使用静态路 由,就需要在路由器中手动配置并且指定才能确保全网的通信。接下来进行配置。

1. 基础配置

按照拓扑图添加并连接设备,为PC配置IP地址与网关地址,就可以对路由器进行基础配置 了。包括重命名、打开端口、配置端口IP地址等。

路由器R1的基础配置如下:

```
Router>en
Router#conf ter
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#host R1
R1(config)#in g0/0/0
```

```
R1 (config-if) #ip add 192.168.1.1 255.255.255.0
R1 (config-if) #no sh
%LINK-5-CHANGED: Interface GigabitEthernet0/0/0, changed state to up
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface GigabitEthernet0/0/0, changed
state to up
R1 (config-if) #in g0/0/1
R1 (config-if) #ip add 192.168.2.1 255.255.255.0
R1 (config-if) #no sh
%LINK-5-CHANGED: Interface GigabitEthernet0/0/1, changed state to up
R1 (config-if) #do wr
```

按同样的方法,对R2及R3进行基础配置,注意IP地址不要配置错误。

完成后查看R1的端口配置信息,是否配置错误,可以使用命令show ip int bri:

IP-Address	OK?	Method	Status		Protocol
192.168.1.1	YES	manual	up		up
192.168.2.1	YES	manual	up		up
unassigned	YES	unset	administratively of	down	down
unassigned	YES	unset	administratively of	down	down
	IP-Address 192.168.1.1 192.168.2.1 unassigned unassigned	IP-Address OK? 192.168.1.1 YES 192.168.2.1 YES unassigned YES unassigned YES	IP-Address OK? Method 192.168.1.1 YES manual 192.168.2.1 YES manual unassigned YES unset unassigned YES unset	IP-AddressOK? Method Status192.168.1.1YES manual up192.168.2.1YES manual upunassignedYES unset administrativelyunassignedYES unset administratively	IP-AddressOK? Method Status192.168.1.1YES manual up192.168.2.1YES manual upunassignedYES unset administratively downunassignedYES unset administratively down

查看R1路由表,信息如下:

D1#chow in int had

```
Rl#show ip route

Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP

i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area

* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR

P - periodic downloaded static route //降南类型

Gateway of last resort is not set //没有设置默认网关

192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks

// 192.168.1.0/24 已使用可变长度子网掩码 (VLSM)技术划分为两个子网

C 192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0//直连路由
```

✔知识点拨 查看直连路由

```
可以使用命令show ip route connected查看直连路由,执行效果如下:
Rl#show ip route connected
C 192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
C 192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
```

配置完毕后, PC1只能ping通1.0网段与2.1网段, 其他无法ping通, 如图5-16所示。而R1只能ping通2.0和1.0网段, 3.0及4.0网段则不能通信, 如图5-17所示。



图 5-16

图 5-17

R3也只能ping通直连网段,包括PC2,其他网段则无法到达,有兴趣的读者可以试一下。

♥知识点拨 为什么只能ping通同网段地址

为什么只能ping通同网段地址,因为路由表中有直连网段的信息,可以通过该路由表项发出,下一跳路由器收到 后,也可以返回数据,所以是可以通信的。而其他网段,因为没有对应的路由表项,也没有默认路由,所以会被丢 弃。而PC1可以ping通2.1,却无法ping通2.2,这是因为数据包可以被R1发送,且能到达R2,但是R2要返回应答 包,但却找不到PC1所在的1.0网段的路由表项,所以该包就被丢弃了。在本章动手练中,一起来看下整个过程。

2. 配置静态路由

其实配置静态路由就是将非直连的网段对应的下一跳地址告诉路由器,将其写入地址表, 就可以通信了。

R1要配置3.0及4.0网段的下一跳地址:

```
R1>en
R1#conf ter
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 192.168.2.2//3.0网络下一跳2.2
R1(config)#ip route 192.168.4.0 255.255.255.0 192.168.2.2//4.0网络下一跳2.2
R1 (config) #do wr
```

R2要配置1.0及4.0网段的下一跳地址:

```
R2>en
R2#conf ter
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config) #ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.2.1
```

R2(config)#ip route 192.168.4.0 255.255.255.0 192.168.3.2 R2(config)#do wr

R3要配置1.0及2.0网段的下一跳地址:

```
R3>en
R3#conf ter
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R3(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.3.1
R3(config)#ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 192.168.3.1
R3(config)#do wr
```

3. 查看路由表

配置完毕后,可以查看R1、R2、R3的路由表,看所有的静态路由及路由表是否配置正确。 在R1中查看路由表:

R1#show ip route 192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks C 192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0 192.168.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0 192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks C 192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1 L 192.168.2.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1 S 192.168.3.0/24 [1/0] via 192.168.2.2 //静态路由, 到达3.0网络,下一跳是2.2 S 192.168.4.0/24 [1/0] via 192.168.2.2 //静态路由, 到达4.0网络,下一跳是2.2

在R2中查看路由表:

```
R2#show ip route
. . . . . .
     192.168.1.0/24 [1/0] via 192.168.2.1
S
     192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
С
        192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
        192.168.2.2/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
Τ.
     192.168.3.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
С
        192.168.3.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
        192.168.3.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
L
     192.168.4.0/24 [1/0] via 192.168.3.2
S
```

在R3中查看路由表:

```
R3#show ip route
.....
S 192.168.1.0/24 [1/0] via 192.168.3.1
```

S 192.168.2.0/24 [1/0] via 192.168.3.1 192.168.3.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks С 192.168.3.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1 L 192.168.3.2/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1 192.168.4.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks 192.168.4.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0 С 192.168.4.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0 L

✔ 知识点拨 单独杳看静态路由

单独查看静态路由可以使用命令show ip route static,执行效果如下: R1#show ip route static S 192.168.3.0/24 [1/0] via 192.168.2.2 S 192.168.4.0/24 [1/0] via 192.168.2.2

4. 测试

可以使用ping命令进行测试,执行PC1 ping PC2,如果全部配置无误,则可以正常通信,如 图5-18所示。第一次测试由于需要路由,所以速度慢一点。也可以在路由器上使用ping命令测 试,如图5-19所示。











动手练 默认路由的配置

可以看到使用静态路由需要在路由器中将其所有非直连的网络配置一遍,所以工作量非常 大。此时可以使用默认路由简化操作。不过作为默认路由的路由器需要知道其他所有网络的下 一跳地址。这里仍然使用静态路由使用的网络拓扑进行配置演示,以便读者了解两者的联系和 区别。拓扑图如图5-20所示。R1和R3都将默认路由指向R2。



♥知识点拨 PT拓扑图的重复使用

在PT中,如果实验的拓扑图相同,则需要先将之前的拓扑图备份一份,再将所有的网络设备使用命令erase startup-config清除启动配置文件的内容,然后使用命令reload重启设备,不要保存当前的配置。重启后,设备就恢 复了出厂值,用户可以直接进行新的实验。这也是本书提供的PT实验文件的用法,方便用户进行对比。另外,一定要先备份,清除前需要备份。

1. 基础配置

这里的基础配置和静态路由的基础配置一致,用户可以参考之前的配置进行设置。配置完 毕检查接口的IP配置和路由表是否正常。

2. 配置静态路由项

本例中,R1和R3都将默认路由指向R2,R2需要了解全网的网段和下一跳信息,所以需要在 R2中配置非直连的1.0网段和4.0网段的静态路由项:

```
R2>en
R2#conf ter
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.2.1 //配置静态路由
R2(config)#ip route 192.168.4.0 255.255.255.0 192.168.3.2 //配置静态路由
R2 (config) #do wr
Building configuration...
[OK]
R2 (config) #do show ip route
.....
     192.168.1.0/24 [1/0] via 192.168.2.1
S
     192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
        192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
С
        192.168.2.2/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
Τ.
     192.168.3.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
С
        192.168.3.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
L
        192.168.3.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
S
     192.168.4.0/24 [1/0] via 192.168.3.2
```

3. 配置默认路由

这里的默认路由只需在R1和R3上执行,配置的下一跳均为R2对应的两个接口IP,完毕后查 看路由表。

R1配置如下:

```
R1>en
R1#conf ter
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.2.2
R1(config)#do wr
Building configuration...
```

```
[OK]
R1 (config) #do show ip route
.....
Gateway of last resort is 192.168.2.2 to network 0.0.0.0
                                       //显示已经配置了默认网关,地址为192.168.2.2
    192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
С
       192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
       192.168.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
Τ.
    192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
С
       192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
Τ.
       192.168.2.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
    0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.2.2 //默认网关及下一跳地址
S*
R1#show ip route static
                                       //查看此时的静态路由表
   0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.2.2 //默认路由属于特殊的静态路由
S*
```

R3配置如下(读者可以自行查看R3的路由表和静态路由表):

```
R3>en
R3#conf ter
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R3(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.3.1 //下一跳为192.168.3.1
R3(config)#do wr
```

4. 连通性测试

此时测试PC1到PC2的连通性,或者R1到R3的连通性,可以发现都是互通的,如图5-21和 图5-22所示。所以使用默认路由在一定程度上可以减轻路由器配置管理的压力和烦琐性。

C:\>ping 192.168.4.2	R1#ping 192.168.4.1
Pinging 192.168.4.2 with 32 bytes of data:	Type escape sequence to abort.
Reply from 192.168.4.2: bytes=32 time<1ms TTL=125	Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.4.1, timeout is 2 seconds:
Reply from 192.168.4.2: bytes=32 time<1ms TTL=125	!!!!!
Reply from 192.168.4.2: bytes=32 time<1ms TTL=125	Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 0/0/0 ms
Reply from 192.168.4.2: bytes=32 time<1ms TTL=125	Rl#ping 192.168.4.2
<pre>Ping statistics for 192.168.4.2:</pre>	Type escape sequence to abort.
Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),	Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.4.2, timeout is 2 seconds:
Approximate round trip times in milli-seconds:	!!!!!
Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms	Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 0/0/4 ms
图 5-21	图 5-22

5.4) PT仿真工具的使用

在PT中,可以使用仿真工具观察数据的传输情况,进行网络测试。

5.4.1 PT仿真工具基础:

PT仿真工具(Simulation)可用于调试查看网络中测试包的发送情况和出现问题的位置,以 方便排查网络故障。

1. 仿真模式的切换

在主界面右下角中,默认情况下使用的是实时模式,可以添加、删除、管理及配置设备。 如果要进行网络测试,则单击"仿真"按钮进行切换,如图5-23所示。

切换完毕后,会弹出"事件列表"功能和"仿真面板",在"事件列表"中可以监测并捕获 设备间传输的数据包,了解数据的发送和接收情况,一步步查看和排错,如图5-24所示。



2. 设置监控的事件类型

在"仿真面板"中单击"编辑筛选器"按钮,如图5-25所示。其中可以查看所有的监控内容,因为最常使用的ping属于ICMP协议,这里只勾选ICMP复选框即可,其他全部取消勾选,如图5-26所示,包括IPv6和Misc选项卡中监控的内容。

重置仿真 ☑ 常重延迟 捕获到:**		
(尤用状)	Cisco Packet Tracer	x
	IPv4 IPv6 Misc	
	ARP BGP DHCP	
事件列表筛选器 - 可视事件		
编辑筛选器 显示 全/无	20	
(三事件列表)(()买时)[二伤具	编辑ACL筛选器	
图 5-25	图 5-26	

✔知识点拨 退出仿真模式

退出仿真模式,只要单击"实时"按钮,即可切换到正常的模式。

3. PDU 窗口

仿真工具通常与PDU功能配合使用,通过PDU生成满足要求的测试包,并通过仿真工具监

测该包的运行情况,以便测试网络的运行是否满足要求。

在右下方的PDU窗口,可以手动创建及删除Scenario(方案),默认为Scenario 0,如图5-27 所示。从右侧的列表窗口中可以观察用户测试方案的运行情况。



图 5-27

通过"切换PDU列表"窗口按钮,可以将右侧的列表窗口弹出为独立窗口,或者恢复当前 状态,以方便观察。

4. PDU 的创建

通过工具栏中的创建PDU按钮,可以创建符合测试要求的PDU,这里包括创建简单的PDU和创建复杂的PDU两种按钮,如图5-28所示。



5.4.2 使用仿真工具测试数据包的传输

接下来介绍如何使用以上工具创建及测试数据包。拓扑图使用介绍静态路由时使用的拓扑 图,如图5-29所示。测试PC1与PC2之间数据的传输。测试前在实时模式下通过ping命令测试 PC1与PC2是否能正常通信。



步骤01 在工具栏中单击"添加简单的PDU"按钮≥,如图5-30所示。

步骤02 当鼠标变成 ≥时,先单击发出数据包的设备,这里就是PC1,如图5-31所示;再单击接收数据包的设备,这里就是PC2。



此时PC1上会出现一个待发送的信件标志,如图5-32所示,在下方的PDU窗口中,会显示当前方案的详细信息,如图5-33所示。



步骤03 在"仿真面板"的"播放控制"中,向右拖动滑块,可提高播放速度,如图5-34所示。单击"播放"按钮,即可启动数据包的发送,如图5-35所示。单击Ⅰ可以查看上一个数据 传输,单击Ⅰ可查看下一个数据传输。



✔知识点拨 其他监控方式

PDU的使用比较简单,而且可以创建很多不同类型的包。如果不创建PDU的包,用户也可以直接在设备中使用ping 或其他方法创建并传输数据包,都可以被仿真面板抓取。

此时会以动画的方式演示数据包的传输,如图5-36所示。



下方也会显示测试是否成功,如图5-37所示。



右侧会显示整个过程中抓取的ICMP数据包(因为之前设置只检测ICMP协议),如图5-38所示。单击其中某个选项就可以查看传输的详细信息,如图5-39所示。可以从中查看数据包在该设备中输入的是什么状态,输入及输出时物理层、数据链路层、网络层对该网络设备的作用。

					R2 上的PDU信息 x
					OSI模型 入站PDU细节 出站PDU细节
作古言	6 46			5~	在设备: R2 源设备: PC1 目的设备: PC2
加具に	BL10X				输入(自底向上逐层处理) 输出(自顶向下逐层处理)
事件系	间表				应用层
可见	. 时间(秒) 上一个设备	当前设备	类型	表示层
	0.000		PC1	ICMP	会话层
	0.001	PC1	R1	ICMP	
ШГ	0.002	R1	R2	ICMP	网络后: IP自都 源IP地址: 192.168.1.2, 目的 IP地址: 192.168.4.2 ICMP Message 类型: 8 IP地址: 192.168.4.2 ICMP Message 类型: 8
	0.003	R2 13	R3	ICMP	
	0.004	R3	PC2	ICMP	00E0.F7B4.E701 0001.C95A.7D02
	0.005	PC2	R3	ICMP	物理层: 端口 GigabitEthernet0/0/0 物理层: 端口(s): GigabitEthernet0/0/1
	0.005	P3	P2	ICMP	
	0.007	D2	D1		1. 帧的目的MAC地址与接收端口的MAC地址、广播地址、或多播地址匹配。
	0.007	R2	RI DC1		2. 皮面灰灰风闷柳中解到出户00°
	0.008	КI	PCI	ICMIP	
重置	仿真 🗹 常	曾重延迟		捕获到: _* 14969.276 秒	挑战我 << 上一层 下一层 >>
		图 5	-38		图 5-39

在"入站PDU细节"和"出站PDU细节"中,可以查看所有数据包的结构及详细信息,如图5-40和图5-41所示。



图 5-40

图 5-41

步骤ⅠⅠ 完成测试后,可以在图5-38中单击"重置仿真"删除所有事件。在PDU窗口中,可 以在图5-37中双击"删除"按钮,删除配置的PDU方案。最后单击"实时"按钮,切换回正常 的编辑模式。

✓知识点拨 缓冲区已满

有时监控的内容过多,会弹出"缓冲区已满"提示框。此时存储已满,无法监控新的事件。用户可以单击"清除 事件列表"按钮,清除保存的事件,bong继续监控。或者单击"查看以前的事件"暂停监控,并查看已经捕获的 信息。

如果哪步发现了问题,可以去对应的事件中查看数据包的传输状态,从中可以发现故障原因,并根据原因解决该故障。另外用户可以创建多个PDU事件,制订一整套监控计划,观察实验的效果或者排查出现的各种问题。

5.5) 实战训练

本章介绍了路由器的基础配置、DHCP服务的搭建、单臂路由的使用、静态路由和默认路由 的设置,以及PT中仿真工具的使用方法。下面通过几个具体的案例巩固本章所讲内容。

5.5.1 通过静态路由实现设备间通信-

某公司的园区内有3栋大楼,需要互联以实现3栋大楼网络间的设备通信。由于每栋大楼的 出口只有一个路由器,而且其中一栋使用三层路由作为核心设备,所以管理员决定使用静态路 由技术进行配置。经过规划和配置,形成的拓扑图如图5-42所示。



这里的三层交换就要启动其路由功能,并且将端口由交换端口调整为路由端口。使用命令 no switchport,然后和路由器一样,为交换端口配置IP地址,就可以当作路由器使用。如果想再 次变为交换端口,使用命令switchport即可。

其他配置与普通路由配置基本一致。下面介绍配置的步骤。

实训目标:使用静态路由实现路由器之间的互通。

实训内容: 配置三层交换,启动路由功能,并配置端口,与其他路由器之间,通过静态路 由协议完成网络的配置,以保证所有设备之间可以相互通信。

实训要求:

(1)按照拓扑图添加并连接设备,配置PC的IP地址和网关。

(2)完成路由器的基础配置,包括设置设备名称、端口的IP地址、打开端口。

(3)完成三层交换的配置,包括设备名称、端口设置为路由模式、配置端口IP、打开端口。

(4) 在R1、SW1、R2中, 配置静态路由协议, 添加非直连其他网段的IP及对应的下一跳地址。完成后查看路由表是否配置正确。

(5)检测此时全部设备是否都可以通信。

5.5.2 通过默认路由实现设备间通信

某公司使用两台路由器连接不同的网络,现在想通过默认路由器实现设备间的通信。拓扑 图如图5-43所示。



实训目标:使用默认路由实现路由器之间的互通。

实训内容:使用默认路由配置两台路由器,使其之间可以互通。左侧路由器使用单臂路由为PC1和PC2提供网关功能,并使用DHCP功能为PC1和PC2分配IP地址。

实训要求:

(1)按照拓扑图添加并连接设备。

(2)在SW1中进行基础配置并创建VLAN,将接口加入VLAN并开启Trunk链路。

(3)在路由器R1中配置单臂路由,为子接口配置IP地址作为网关。然后配置分配的地址 池,为不同VLAN分配IP,并测试PC1与PC2是否可以正常获取IP地址、网关等。

(4)在路由器R2中配置DHCP并为PC3分配IP地址。

(5)在R1和R2中配置默认路由,分别指向对方,查看路由表以确定配置无误。

(6)测试PC1与其他主机是否可以正常通信。

5.5.3 使用PT仿真工具进行排错

PT仿真工具可以进行排错。这里以未配置路由协议的拓扑为例,如图5-44所示,使用PT仿 真工具进行排错。



实训目标:使用PT仿真工具检测网络故障。

实训内容: 在未配置路由协议的情况下,观察路由器的工作原理,排查故障。 **实训要求:**

(1)按照拓扑图添加并连接设备。

- (2) 配置PC的IP地址和网关地址, 配置路由器的接口IP。
- (3) 配置仿真程序,只监控ICMP协议。
- (4) 通过R1 ping R2的192.168.2.2, 查看整个过程中的数据传输。
- (5) 创建R1到R2的192.168.3.1的复杂PDU, 查看无法ping通的原因。
- (6) 创建PC1到R2的192.168.2.2的简单PDU, 查看无法ping通的原因。