

## 第 4 章 多层交换中的网络冗余

### 【单元概述】

为了减少交换机故障的影响,交换机上有 STP 技术。然而作为网关的路由器发生故障了,又有什么办法呢? HSRP 和 VRRP 是最常用的网关冗余技术,HSRP 和 VRRP 类似,由多个路由器共同组成一个组,虚拟出一个网关,其中的一台路由器处于活动状态,当它故障时由备份路由器接替它的工作,从而实现对用户透明的切换。然而,我们希望在冗余的同时,能同时实现负载平衡,以充分利用设备的能力,GLBP 同时提供了冗余和负载平衡的能力。本章将介绍它们的具体配置。

### 【教学重点与难点】

通过本章的学习可以掌握以下知识点:

- (1) 多层交换中的网络冗余技术特点;(理解)
- (2) 热备份路由选择协议 HSRP 的配置及端口跟踪;(运用)
- (3) 虚拟路由器冗余协议 VRRP 配置;(运用)
- (4) 网关负载均衡协议 GLBP 配置。(运用)

重点:热备份路由选择协议 HSRP 的配置。

难点:网关负载均衡协议 GLBP 配置。

## 4.1 网络冗余项目

### 4.1.1 网络冗余项目构思与设计

联创公司为了防止交换机设备故障,已经应用 STP 技术,然而作为网关的路由器出现故障也会影响网络的正常运行。希望加强网络的高可用性,网关要有冗余,防止网络设备故障导致网络瘫痪影响日常工作。本项目实际拓扑图的设计如图 4.1 所示。

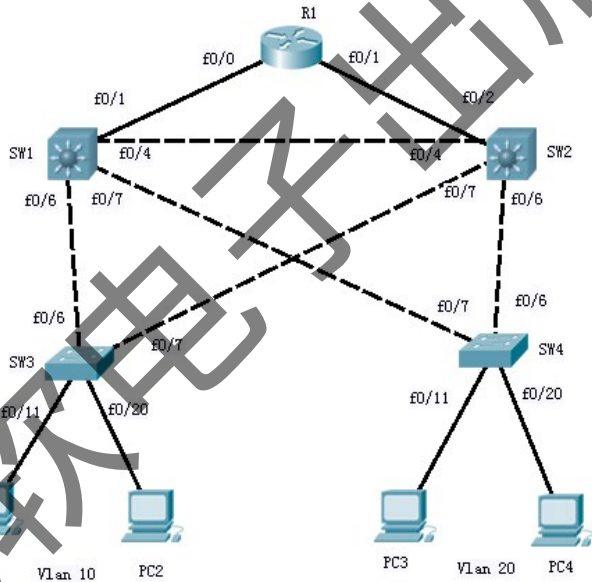


图 4.1 HSRP 项目

### 4.1.2 网络冗余项目目标

通过这个项目,学生可以学习和掌握如下内容:

- (1)使用 HSRP,实现网关冗余。
- (2)使用端口追踪,保证网络正常工作。

(3)多组 HSRP 配置,结合 VLAN 提供冗余和负载分担。

### 4.1.3 网络冗余项目分析

作为公司网络的网关路由器如果出现故障,即使有设备备份,也需要用户手动到更改网关地址,才能继续使用网络。这样并未达到公司理想网络要求。

HSRP 和 VRRP 是最常用的网关冗余技术,HSRP 和 VRRP 类似,由多个路由器共同组成一个组,虚拟出一个网关,其中的一台路由器处于活动状态,当它故障时由备份路由器接替它的工作,从而实现对用户透明的切换。如果希望在冗余的同时,能同时实现负载均衡,以充分利用设备的能力,GLBP 同时提供冗余和负载均衡的能力。

本项目配置步骤分解如下:

(1)配置各 VLAN 的 HSRP(多组 HSRP),设置 HSRP 优先级和抢占,使得活跃路由器和各 VLAN 的根 STP 保持一致。(对应 4.2 节)

(2)优化 HSRP,配置 HSRP 端口追踪;(对应 4.2 节)

(3)扩展知识,了解 VRRP 和 GLBP 配置特点。(对应 4.3 节)

## 4.2 HSRP

### 4.2.1 HSRP 原理

#### 1. HSRP 主要原理

HSRP 是 Cisco 的专有协议。HSRP(Hot Standby Router Protocol,热备份路由协议)将多台路由器组成一个“热备份组”,提供了一种决定使用活动路由器还是备份路由器的机制,并指定一个虚拟的 IP 地址作为网络系统的缺省网关地址。这个组内只有一个路由器是活动的(Active),负责转发数据包。一旦活动路由器出现故障,HSRP 将激活备份路由器(Standby Routers)成为活动路由器。从网络内的主机来看,网关并没有改

变,依然是虚拟的网关地址,不会导致主机连通中断现象。两台或多台路由器可以通过共享 IP 地址和 MAC 地址,成为一个虚拟路由器。ARP 解析返回虚拟路由器的 MAC 地址。用户主机发往虚拟路由器 MAC 地址的数据帧,会由虚拟路由器组中活跃的物理路由器进行处理。对用户来说是透明的。

HSRP 路由器利用 HELLO 包来互相监听各自的存在。当路由器长时间没有接收到 HELLO 包,就认为活动路由器故障,备份路由器就会成为活动路由器。HSRP 协议利用优先级决定哪个路由器成为活动路由器。如果一个路由器的优先级比其他路由器的优先级高,则该路由器成为活动路由器。路由器的缺省优先级是 100。一个组中,最多有一个活动路由器和一个备份路由器。

## 2. HSRP 消息类型

HSRP 路由器发送的多播消息有以下三种:

(1) HELLO: HELLO 消息通知其他路由器发送路由器的 HSRP 优先级和状态信息,HSRP 路由器默认为每 3 秒钟发送一个 HELLO 消息;

(2) Coup: 当一个备用路由器变为一个活动路由器时发送一个 coup 消息;

(3) Resign: 当活动路由器要宕机或者当有优先级更高的路由器发送 HELLO 消息时,主动发送一个 resign 消息。

## 3. HSRP 状态类型

HSRP 路由器有以下六种状态:

(1) 初始(Initial): HSRP 启动时的状态,HSRP 还没有运行,一般是在改变配置或接口刚刚启动时进入该状态;

(2) 学习(Learn): 路由器已经得到了虚拟 IP 地址,但是它既不是活动路由器也不是备份路由器。它一直监听从活动路由器和备份路由器发来的 HELLO 报文;

(3) 监听(Listen): 路由器正在监听 HELLO 消息;

(4) 宣告(Speak): 在该状态下,路由器定期发送 HELLO 报文,并且积极参加活动路由器或备份路由器的竞选;

(5) 备份(Standby): 当活动路由器失效时路由器准备接管数据传输功能;

(6) 活动(Active): 路由器执行数据传输功能。

如图 4.2 所示,演示说明 HSRP 六种状态变化过程。

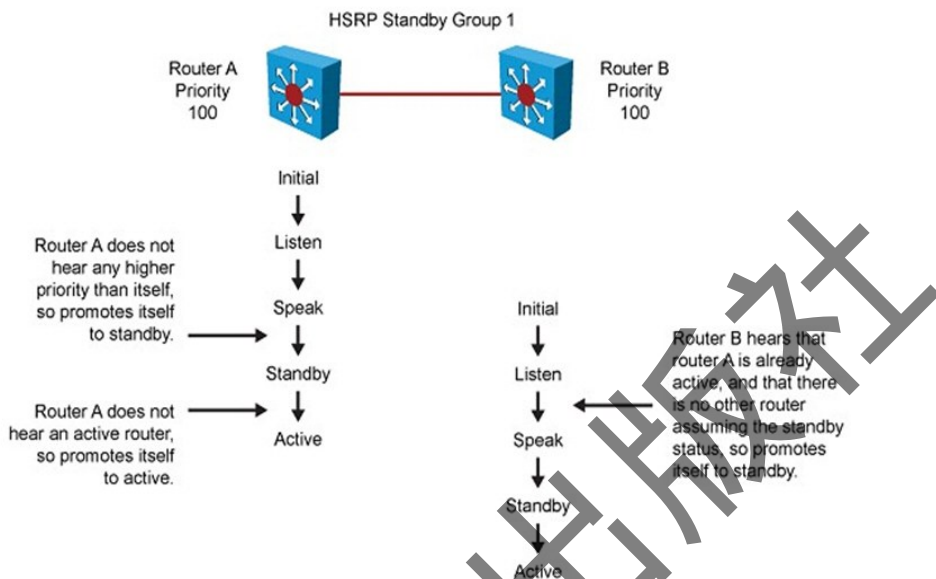


图 4.2 HSRP 状态变化图

#### 4. 多组 HSRP

HSRP 允许相同子网中仅有一台活动路由器。在实际的网络应用中,往往企业希望使用所有可用的路由器,对网络中的流量实施负载分担。多组 HSRP 允许设备同时为不同的 IP 子网提供冗余备份和负载分担。本项目使用的就是多组 HSRP。在 Trunk 链路上运行 HSRP,使多台路由器之间配置冗余,把这些路由器配置为 VLAN IP 子网的前端设备。为每个 VLAN 配置一个备用组、一个 IP 地址、单一的周知 MAC 地址和分配给该组唯一的标识符。本项目为 2 个 VLAN 配置了 2 个 HSRP 组,并配置相应的 STP 根网桥。

#### 4.2.2 HSRP 配置实现

本项目简化拓扑如图 4.3 所示。沿用 STP 项目来继续配置 HSRP。即已经创建 VLAN 10 和 VLAN 20,打开链路 trunk,VLAN 10 的根网桥是 SW1,VLAN 20 根网桥是 SW2,满足项目基本需求。然后配置 SW1、SW2 和 R1 互联端口 IP 地址,并动态路由 RIP,保证网络畅通。配置 HSRP,设置优先级和抢占,保证 HSRP 的主路由器与各 VLAN 根桥一致。具体端口 IP 地址对应表如表 4.1 所示。

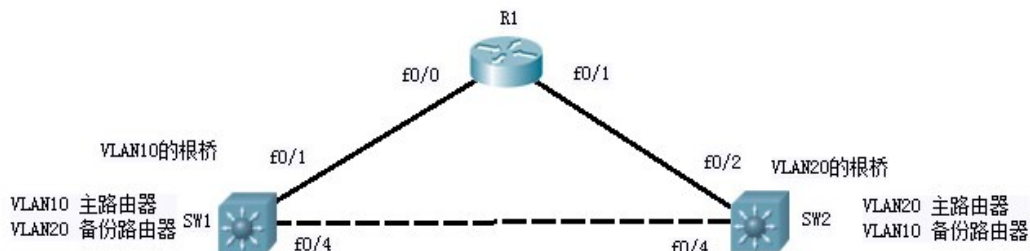


图 4.3 多组 HSRP

设备端口 IP 地址对应表

表 4.1

设备	端口	配置
R1	Loopback	100.1.1.1/24
	F0/0	1.1.1.1/24
	F0/1	12.12.12.1/24
SW1	F0/1	1.1.1.2/24
	Int vlan 10	10.1.1.2/24
	Int vlan 20	10.2.2.2/24
SW2	F0/2	12.12.12.2/24
	Int vlan 10	10.1.1.3/24
	Int vlan 20	10.2.2.3/24

配置 SW1、SW2 和 R1 互联端口 IP 地址和动态路由 RIP 命令很基础,不再显示。这里需要注意的是 SW1 和 SW2 是三层交换机,配置端口 IP 地址时,需要先执行“no switchport”命令,再配置 IP 地址。

步骤 1:配置 SW1 和 SW2 的各 VLAN 的 IP 地址(实 IP 地址)。

```

SW1(config)# int vlan 10
SW1(config-if)# ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
SW2(config)# int vlan 10
SW2(config-if)# ip address 10.1.1.3 255.255.255.0

SW1(config)# int vlan 20
SW1(config-if)# ip address 10.2.2.2 255.255.255.0
SW2(config)# int vlan 20
SW2(config-if)# ip address 10.2.2.3 255.255.255.0

```

步骤 2:配置 SW1 的多组 HSRP,设置 SW1 为 VLAN10 的主路由器,VLAN20 的备份路由器,VLAN10 虚拟网关地址为 10.1.1.1(虚 IP 地址)。

```
SW1(config)# int vlan 10
SW1(config-if)# standby 1 ip 10.1.1.1 // VLAN10 虚拟网关地址为 10.1.1.1
SW1(config-if)# standby 1 priority 110 // 优先级为 110
SW1(config)# int vlan 20
SW1(config-if)# standby 2 ip 10.2.2.1 // VLAN20 虚拟网关地址为 10.2.2.1
//不配置优先级,默认 HSRP 默认优先级是 100,优先级高的将成为主路由器,即活跃路由器,而另一个将成为备份路由器。
//VLAN10 设置为组 1,活动路由器是 SW1。
```

步骤 3:配置 SW2 的多组 HSRP,设置 SW2 为 VLAN20 的主路由器,VLAN10 的备份路由器,VLAN20 虚拟网关地址为 10.2.2.1(虚 IP 地址)。

```
SW2(config)# int vlan 10
SW2(config-if)# standby 1 ip 10.1.1.1 // VLAN10 虚拟网关地址为 10.1.1.1
SW2(config)# int vlan 20
SW2(config-if)# standby 2 ip 10.2.2.1 // VLAN20 虚拟网关地址为 10.2.2.1
SW2(config-if)# standby 2 priority 110 // 优先级为 110
// SW2 成为 vlan20 的活跃路由器,vlan10 的备份路由器;
//SW1 成为 vlan10 的活跃路由器,vlan20 的备份路由器。
//通过配置优先级,可以控制该组中活跃路由器的选举顺序。优先级值范围是 0~255。
```

步骤 4:配置 SW1 和 SW2 的 HSRP 抢占。

```
SW1(config)# int vlan 10
SW1(config-if)# standby 1 preempt //配置抢占
SW1(config)# int vlan 20
SW1(config-if)# standby 2 preempt
```

SW2 的配置与之一样,不再重复。如果没有配置抢占特性,那么备份组中启动速度明显快于其他路由器的那台路由器都会成为活跃路由器,不管配置优先级是多少。因此,通过配置抢占,使已经成为活跃路由器的设备回到转发路由器角色。

步骤 5:配置 SW1 和 SW2 的 HSRP 端口追踪。

```
SW1(config)# int vlan 10
SW1(config-if)# standby 1 track fastethernet0/1 15 //配置端口追踪和减量幅度
SW2(config)# int vlan 20
SW2(config-if)# standby 2 track fastethernet0/2 15 //配置端口追踪和减量幅度
```

端口追踪可以使备用路由器根据某个路由器端口的可用性状态,自动调节优先级值。当被追踪端口变为不可用状态,该路由器的 HSRP 优先级将会降低,默认减少 10。本例配置减少 15,  $110-15=95$ , 比默认 100 低,从而变为备份路由器。

### 4.2.3 HSRP 配置测试

测试验证本项目操作是否达到预期目标。在 SW1 和 SW2 上分别查看 HSRP 的状态信息。

步骤 1:查看 SW1 的 HSRP 状态汇总信息。

```
SW1# show standby brief //简单查看 HSRP 的汇总信息。
          P indicates configured to preempt.
          |
Interface  Grp Prio P State   Active           Standby           Virtual IP
Vl10      1  110 P Active local         10.1.1.3          10.1.1.1
Vl20      2  100 P Standby 10.2.2.3       local             10.2.2.1
//VLAN10 的优先级 110,配置抢占,路由状态是 Active,备份路由器地址 10.1.1.3,虚拟的网关地址 10.1.1.1;VLAN20 的优先级 100,配置抢占,路由状态 Standby,主路由器地址是 10.2.2.3,虚拟的网关地址是 10.2.2.1。
//多组 HSRP,分别是 1 和 2 组,对应 VLAN10 和 VLAN20。
```

步骤 2:查看 SW2 的 HSRP 状态汇总信息。

```
SW2# show standby brief
          P indicates configured to preempt.
          |
Interface  Grp Prio P State   Active           Standby           Virtual IP
Vl10      1  100 P Standby 10.1.1.2         local             10.1.1.1
Vl20      2  110 P Active local          10.2.2.2          10.2.2.1
//VLAN10 的优先级 100,配置抢占,路由状态是 Standby,主路由器地址 10.1.1.2,虚拟的网关地址 10.1.1.1;VLAN20 的优先级 110,配置抢占,路由状态 Active,备份路由器地址是 10.2.2.2,虚拟的网关地址是 10.2.2.1。
```

步骤 3:查看 SW1 和 SW2 的各 VLAN 的 HSRP 状态详细信息。

```
SW1# show standby vlan 10
Vlan10 - Group 1 //组 1
State is Active //活跃状态
2 state changes, last state change 05:17:10
```



```
Virtual IP address is10.1.1.1 //虚拟网关地址
Active virtual MAC address is0000.0c07.ac01
  Local virtual MAC address is0000.0c07.ac01 (v1 default) //本地虚拟 MAC 地址即活跃的
Hello time 3 sec, hold time 10 sec
  Next hello sent in 0.480 secs
Preemption enabled //配置可抢占
Active router is local
  Standby router is10.1.1.3, priority 100 (expires in 9.736 sec) //备份路由地址及它的
优先级
  Priority 110 (configured 110) //本优先级 110
  Track interfaceFastEthernet0/1 state Up decrement 15 //追踪端口,减量 15
IP redundancy name is "hsrp-V110-1" (default)
SW1 # show standby vlan 20
Vlan20 - Group 2 //组 2
  State is Standby //状态备份
  1 state change, last state change 05:17:46
  Virtual IP address is10.2.2.1
  Active virtual MAC address is0000.0c07.ac02
  Local virtual MAC address is0000.0c07.ac02 (v1 default)
  Hello time 3 sec, hold time 10 sec
  Next hello sent in 1.612 secs
  Preemption enabled
  Active router is10.2.2.3, priority 110 (expires in 7.888 sec)
  Standby router is local
  Priority 100 (default 100)
  IP redundancy name is "hsrp-V120-2" (default)
) SW2 与之类似,不再重复显示。
```

也可以通过“show standby all”或“show standby”一次查看全部 VLAN 的 HSRP 状态详细信息。

```
SW2 # show standby all
Vlan10 - Group 1
  State is Standby
  1 state change, last state change 05:19:55
  Virtual IP address is10.1.1.1
```

```

Active virtual MAC address is0000.0c07.ac01
  Local virtual MAC address is0000.0c07.ac01 (vl default)
Hello time 3 sec, hold time 10 sec
  Next hello sent in 1.196 secs
Preemption enabled
Active router is10.1.1.2, priority 110 (expires in 8.944 sec)
Standby router is local
Priority 100 (default 100)
IP redundancy name is "hsrp-Vl10-1" (default)
Vlan20 - Group 2
State is Active
  2 state changes, last state change 05:20:05
Virtual IP address is10.2.2.1
Active virtual MAC address is0000.0c07.ac02
  Local virtual MAC address is0000.0c07.ac02 (vl default)
Hello time 3 sec, hold time 10 sec
  Next hello sent in 1.184 secs
Preemption enabled
Active router is local
Standby router is10.2.2.2, priority 100 (expires in 9.128 sec)
Priority 110 (configured 110)
Track interfaceFastEthernet0/2 state Up decrement 15
IP redundancy name is "hsrp-Vl20-2" (default)

```

步骤 4: 查看 SW1 和 SW2 的 HSRP 虚拟 MAC 地址。

```

SW1 # show ip arp

```

Protocol	Address	Age (min)	Hardware Addr	Type	Interface
Internet	10.2.2.2	-	cc02.100c.0000	ARPA	Vlan20
Internet	10.1.1.2	-	cc02.100c.0000	ARPA	Vlan10
Internet	10.2.2.3	86	cc03.100c.0000	ARPA	Vlan20
Internet	10.1.1.3	86	cc03.100c.0000	ARPA	Vlan10
Internet	10.1.1.1	-	0000.0c07.ac01	ARPA	Vlan10

```

SW2 # show ip arp

```

Protocol	Address	Age (min)	Hardware Addr	Type	Interface
Internet	10.2.2.2	90	cc02.100c.0000	ARPA	Vlan20
Internet	10.1.1.2	90	cc02.100c.0000	ARPA	Vlan10
Internet	10.2.2.3	-	cc03.100c.0000	ARPA	Vlan20
Internet	10.1.1.3	-	cc03.100c.0000	ARPA	Vlan10
Internet	10.2.2.1	-	0000.0c07.ac02	ARPA	Vlan20

## 4.3 扩展知识 VRRP

### 4.3.1 VRRP 概述

#### 1. VRRP 简介

VRRP(Virtual Router Redundancy Protocol, 虚拟路由冗余协议)是一种容错协议。VRRP 的工作原理和 HSRP 非常类似,不过 VRRP 加入了一些特性并与 IEEE 兼容,是国际上的标准,允许在不同厂商的设备之间运行。一个 VRRP 组中有一台主用(Master)路由器,以及一台或多台备用(Backup)路由器。HSRP 和 VRRP 主要的区别是在 CISCO 的 HSRP 中,需要单独配置一个 IP 地址作为虚拟路由器对外体现的地址,这个地址不能是组中任何一个成员的接口地址。而 VRRP 中虚拟网关的地址可以和接口上的地址相同。使用 VRRP 协议,不用改造目前的网络结构,最大限度保护了当前投资,只需最少的管理费用,却大大提升了网络性能,具有重大的应用价值。

VRRP 中接口只有 3 个状态:初始状态(Initialize)、主状态(Master)、备份状态(Backup)。VRRP 有一种报文。HSRP 和 VRRP 之间的比较,见表 4.2 所示。

表 4.2 HSRP 和 VRRP 的比较

HSRP	VRRP
Cisco 私有协议	IEEE 标准,于 2005 年更新在 RFC3768 中
最多支持 16 个组	最多支持 255 个组
1 个活动路由器,1 个备用路由器,若干候选路由器	1 个活动路由器,若干备用路由器
虚拟 IP 地址与活动和备用路由器的真实 IP 地址不同	虚拟 IP 地址可以与其中一个组成员的真实 IP 地址相同
使用 224.0.0.2 发送 Hello 数据包	使用 224.0.0.18 发送 Hello 数据包
默认计时器:Hello 时间 3 秒,保持时间 10 秒	默认计时器时间小于 HSRP,故障切换速度快于 HSRP
可以追踪接口或对象	只可以追踪对象

(续表)

HSRP	VRRP
默认在每个组中使用认证。未配置认证时,默认以“cisco”为密码进行认证	支持明文和 HMAC/MD5 认证方式 (RFC2338)。但是在 RFC3768 中取消认证,即 VRRP 不再支持认证。当前 Cisco IOS 仍然支持 RFC2338 中的认证机制。

## 2. VRRP 配置命令

### (1) 基本配置命令

```
Switch(config-if) # vrrp group-number ip IP-address secondary
```

其中 group-number 表示 vrrp 组号,取值范围为 0~255 之间;IP-address 表示虚拟路由器 IP 地址,可以是一台真实路由器的地址,也可以虚拟的路由器地址;secondary 标明是该虚拟路由器的次 IP 地址。

### (2) 调整优先级命令

```
Switch(config-if) # vrrp group-number priority priority-value
```

其中 priority-value 的取值范围为 0~254,0 是系统保留给 ADVERTISEMENT 报文专用,255 是保留给 IP 地址拥有者,只有当 VRRP 路由器的 IP 地址和虚拟路由器的接口相同时,则其优先级为 255。

### (3) 接口追踪配置命令

```
Switch(config-if) # vrrp group-number track interface [ priority-decrement ]
```

### (4) 配置抢占命令

```
Switch(config-if) # vrrp group-number preempt {delay [Delay-time] }
```

其中参数 delay 的取值范围为 1~255 之间,如果不配置 delay 时间,那么其默认值为 0 秒。delay-time 为延迟抢占的时间即从该路由器发现自己的优先级大于 MASTER 的优先级开始经过 delay-time 这样长的一段时间之后才允许抢占。

## 4.3.2 GLBP

### 1. GLBP 简介

HSRP 和 VRRP 能实现网关的冗余,然而如果要实现负载平衡,需要创建多个组,并让客户端指向不同的网关。GLBP(Gateway Load Balance Protocol,网关负载均衡协议)

也是 Cisco 的专有协议,不仅提供冗余网关功能,还在各网关之间提供负载均衡。GLBP 也是由多个路由器组成一个组,虚拟一个网关出来。

HSRP、VRRP 都必须选定一个活动路由器,而备用路由器则处于闲置状态。和 HSRP 不同的是,GLBP 可以绑定多个 MAC 地址到虚拟 IP,从而允许客户端通过获得不同的虚拟 MAC 地址,通过不同的路由器转发数据,因为客户端利用的地址是解析到的虚拟 MAC 地址,而网关地址仍使用相同的虚拟 IP,从而不但实现了冗余还能够负载均衡。

一个 GLBP 组的成员会选举出一个网关,成为该组的 AVG (Active Virtual Gateway,活动虚拟网关)。其他组成员作为 AVG 的备用网关,以防 AVG 发生故障。AVG 会为 GLBP 组中的每个成员分配一个虚拟 MAC 地址。AVG 分配最多四个 MAC 地址给一个虚拟网关,并在计算机进行 ARP 请求时,用不同的 MAC 进行响应,这样计算机实际就把数据发送给不同的路由器了,从而实现负载平衡。在 GLBP 中,真正负责转发数据的是 AVF (Active Virtual Forwarder,活动虚拟转发者),GLBP 会控制 GLBP 组中哪个路由器是哪个 MAC 地址的活动路由器。

AVG 的选举和 HSRP 中活动路由器的选举非常类似,优先级最高的路由器成为 AVG,次之为 Backup AVG,其余的为监听状态。一个 GLBP 组只能有一个 AVG 和一个 Backup AVG,主的 AVG 失败,备份 AVG 顶上。一台路由器可以同时是 AVG 和 AVF。AVF 是某些 MAC 的活动路由器,也就是说如果计算机把数据发往这个 MAC,它将接收。当某一 MAC 的活动路由器故障,其他 AVF 将成为这一 MAC 的新的活动路由器,从而实现冗余功能。

GLBP 的负载平衡策略可以根据不同主机、简单的轮询或者根据路由器的权重平衡,默认是轮询方式。HSRP 和 GLBP 之间的比较,如表 4.3 所示。

表 4.3 HSRP 和 GLBP 的比较

HSRP	GLBP
Cisco 私有协议,1994 年	Cisco 私有协议,2005 年
最多支持 16 个组	最多支持 1024 个组
1 个活动路由器,1 个备用路由器,若干候选路由器	1 个 AVG、若干 AVF,AVG 负责负载分担 AVF 和 AVG 之间的流量
虚拟 IP 地址与活动和备用路由器的真实 IP 地址不同	虚拟 IP 地址与 AVG 和 AVF 的真实 IP 地址不同
使用 224.0.0.2 发送 Hello 数据包	使用 224.0.0.102 发送 Hello 数据包
每个组有 1 个虚拟 MAC 地址	每个组中的每个 AVF/AVG 有 1 个虚拟 MAC 地址
可以追踪接口或对象	只可以追踪对象
支持认证	支持认证

## 2. GLBP 配置命令

### (1) 基本配置命令

```
Switch(config-if) # glbp group- number ip virtual-gateway-address
```

在接口上启用 GLBP, 该命令使接口成为使用这个虚拟 IP 地址的虚拟组的成员。

### (2) 调整优先级命令

```
Switch(config-if) # glbp group-number priority priority-value
```

设置 GLBP 组中的这台路由器的 GLBP 优先级; 具有最高优先级值的路由器通过选举成为活动路由器。默认优先级值为 100。如果多台路由器的 GLBP 优先级相同, 那么具有最高真实 IP 地址的网关通过选举成为 AVG。

### (3) 配置抢占命令

```
Switch(config-if) # glbp group-number preempt {delay [Delay-time]}
```

## 4.4 本章小结

1. 通过本章知识点的学习, 可以掌握如下知识:

- (1) 使用 HSRP, 实现网关冗余。
- (2) 使用端口追踪, 保证网络正常工作。
- (3) 多组 HSRP 配置, 结合 VLAN 提供冗余和负载分担。

2. 通过本章知识点的学习和项目的实现, 可以完成本书三级项目中如下内容:

结合 VRRP 技术实现 VLAN100、VLAN200 的用户网关的冗余备份。

3. 在下一章节中将通过对第 2、3、4 章知识点的综合运用, 来配置实现本书三级项目中交换网络的通信。

## 4.5 实践环节设计

通过本章的学习, 可以尝试独立完成如图所示的网络冗余项目。

### 1. 项目拓扑

网络冗余课后实践项目如图 4.4 所示。

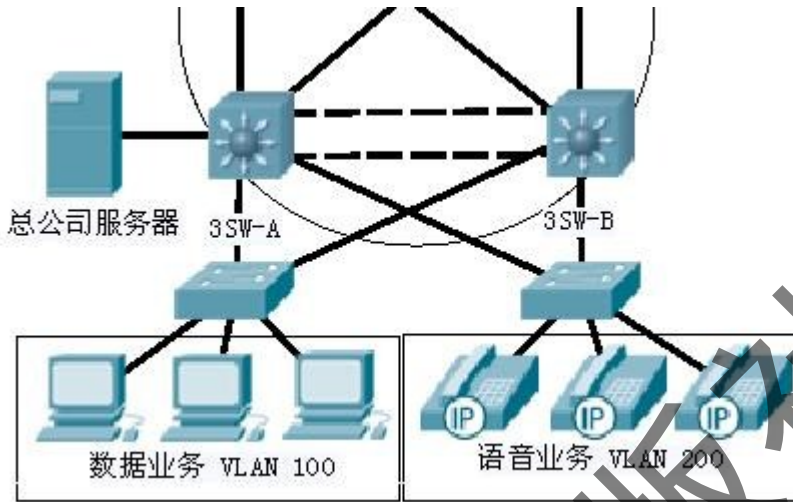


图 4.4 网络冗余课后实践项目

## 2. 项目需求

要求使用网络冗余技术：

- (1) 配置各 VLAN 的 HSRP(多组 HSRP), 设置 HSRP 优先级和抢占, 使得活跃路由器和各 VLAN 的根 STP 保持一致;
- (2) 优化 HSRP, 配置 HSRP 端口追踪。