

VRRP 原理与配置

VRRP 知识点：

VRRP 基本配置，组播地址，协议号，报文间隔，通告报文，3 个定时器（通告时间间隔定时器，时滞时间定时器，主用失效时间间隔定时器），Master 选举，优先级（默认 100，取值 1-254），IP 地址拥有者（优先级 255），3 个状态（Initial，Master，Backup），抢占（默认开启）和抢占延时，接口跟踪和认证。

VRRP 协议只有一种报文，即 VRRP Advertisement 通告报文，目的地址是 224.0.0.18，间隔为 1s，TTL 是 255，协议号是 112

VRRP 和 HSRP 比较：

| VRRP 和 HSRP 比较 | |
|-----------------------------|---|
| HSRP | VRRP |
| 是Cisco私有协议 | 是IEEE标准 |
| 最多支持16个组 | 最多支持256个组 |
| 一个活动路由器、一个备份路由器、其它是候选 | 一个活动路由器、其它是备份路由器 |
| 虚拟IP地址不能和真实路由器的IP相同 | 虚拟IP地址能和真实路由器的IP相同 |
| 使用224.0.0.2地址发送消息 | 使用224.0.0.18地址发送消息 |
| 默认计时器：Hello为3s，Holdtime为10s | 默认计时器：Advertisement为1s，Down Interval为3s |
| 可以Track接口 | 可以Track对象 |
| 支持明文和MD5认证 | 支持明文和MD5认证 |

HSRP：Hot Standby Router Protocol
路由器协议

热备份

VRRP：Virtual Router Redundancy Protocol
冗余协议

虚拟路由器

GLBP：Gateway Load Balancing Protocol
分担协议

网关负载

VRRP 的 2 个定时器：

通告时间间隔定时器(Advertisement Interval)：

VRRP 备份组中的 Master 路由器会定时发送 VRRP 通告报文，通知备份组内的路由器自己工作正常。用户可以通过设置 VRRP 定时器来调整 Master 路由器发送 VRRP 通告报文的时间间隔。默认值为 1 秒。

时滞时间定时器：该值的计算方式为 $(256 - \text{优先级})/256$ ，单位为秒。

主用失效时间间隔定时器(Master Down Interval)：

如果 Backup 路由器在等待了 3 个间隔时间后，依然没有收到 VRRP 通告报文，则认为自己是 Master 路由器，并对外发送 VRRP 通告报文，重新进行 Master 路由器选举。Backup 路由器并不会立即抢占成为 Master，而是等待一定时间(时滞时间)后，才会对外发送 VRRP 通告报文取代原来的 Master 路由器。因此该定时器值 = $3 \times \text{通告时间间隔} + (256 - \text{优先级})/256$ 秒。

VRRP 优先级

Priority：发送报文的 VRRP 路由器在虚拟路由器中的优先级。取值范围是 0 ~ 255，其中可用的范围是 1 ~ 254。

0 表示设备停止参与 VRRP，用来使备份路由器尽快成为主路由器，而不必等到计时器超时；

255 则保留给 IP 地址拥有者。缺省值是 100。

IP 地址拥有者 (IP Address Owner)：

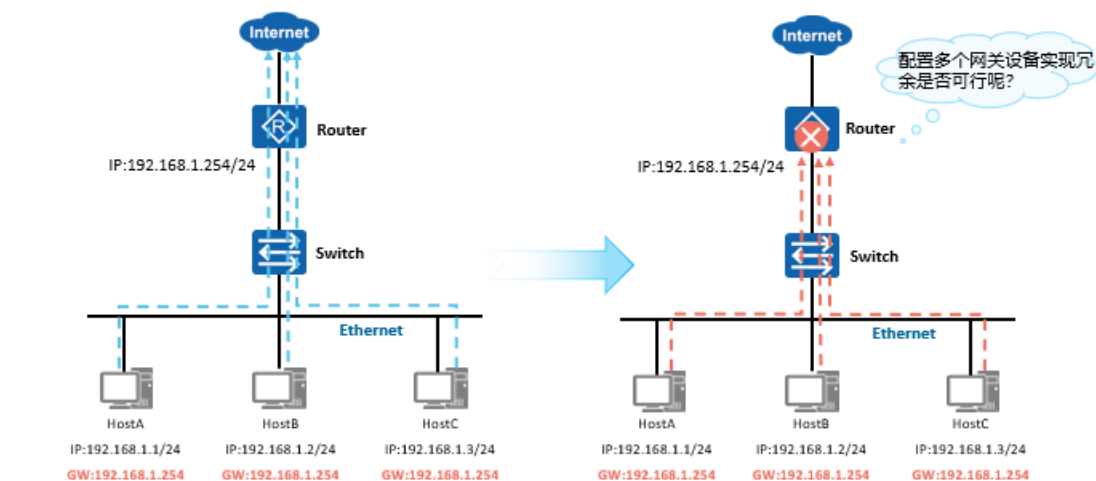
如果一个 VRRP 设备将真实的接口 IP 地址配置为虚拟路由器 IP 地址，则该设备被称为 IP 地址拥有者，优先级为 255。如果 IP 地址拥有者是可用的，则它将一直成为 Master。

Master 选举规则：

比较优先级的大小，优先级高者当选为 Master 设备。当两台设备优先级相同时，如果已经存在 Master，则其保持 Master 身份，无需继续选举；如果不存在 Master，则继续比较接口 IP 地址大小，接口 IP 地址较大的设备当选为 Master 设备。

- 局域网中的用户终端通常采用配置一个默认网关的形式访问外部网络，如果默认网关设备发生故障，那么所有用户终端访问外部网络的流量将会中断。可以通过部署多个网关的方式来解决单点故障，但是需要解决多个网关之间的冲突问题。
- VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol，虚拟路由器冗余协议) 既能够实现网关的备份，又能解决多个网关之间互相冲突的问题，从而提高网络可靠性。
- 本课程主要介绍 VRRP 的工作原理与基本配置，以及在网络中的典型应用。

单网关面临的问题

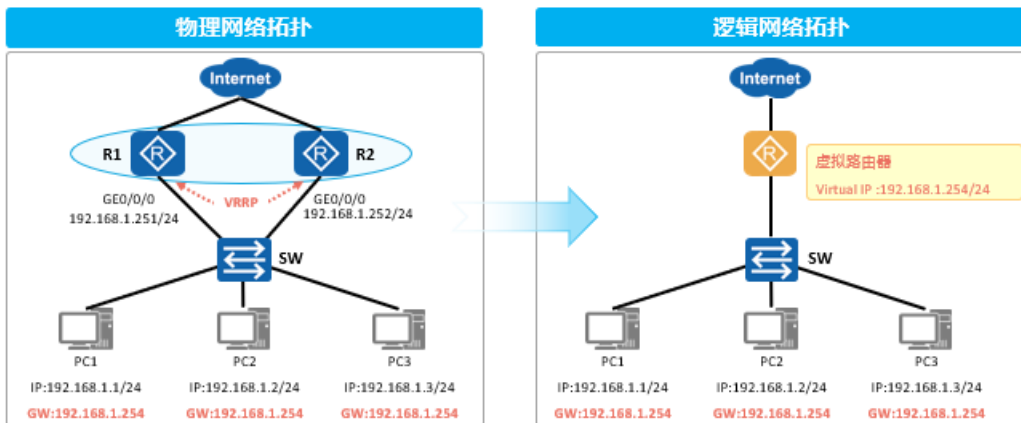


当网关Router出现故障时，本网段内以该设备为网关的主机都不能与Internet进行通信。



VRRP概述

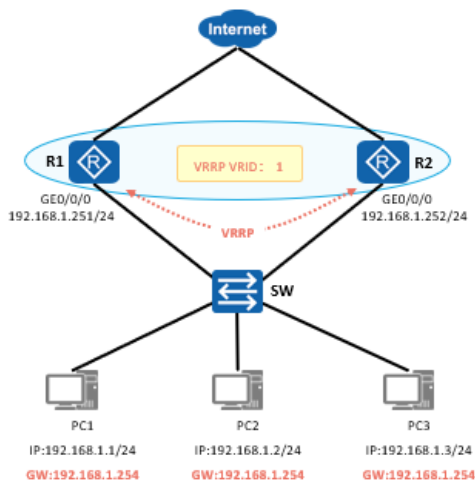
通过把几台路由设备联合组成一台虚拟的“路由设备”，使用一定的机制保证当主机的下一跳路由设备出现故障时，及时业务切换到备份路由设备，从而保持通讯的连续性和可靠性。



- VRRP 的运行结果是在局域网上提供一个虚拟路由器。
- 本例中：
- 局域网中有两个路由器 R1 和 R2，R1 端口 IP 地址为 192.168.1.251/24，R2 端口 IP 地址为 192.168.1.252/24。
- 配置 R1 和 R2 关联到同一个虚拟路由器，该虚拟路由器使用 192.168.1.254 做为端口 IP 地址。
- 所有的 PC 使用 192.168.1.254 做为默认网关。



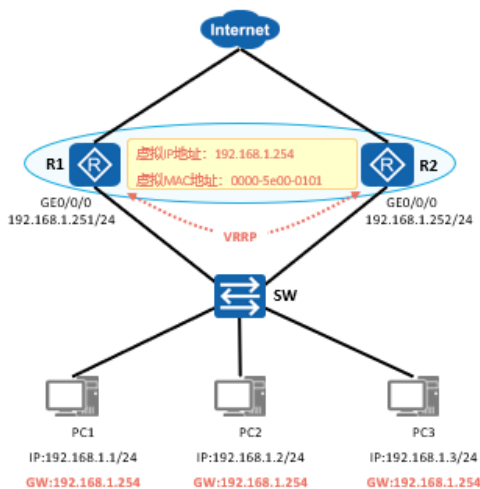
VRRP的基本概念 (1)



- **VRRP路由器**：运行VRRP协议的路由器，如R1和R2。VRRP是配置在路由器的接口上的，而且也是基于接口来工作的。
- **VRID**：一个VRRP组（VRRP Group）由多台协同工作的路由器（的接口）组成，使用相同的VRID（Virtual Router Identifier，虚拟路由器标识符）进行标识。属于同一个VRRP组的路由器之间交互VRRP协议报文并产生一台虚拟“路由器”。一个VRRP组中只能出现一台Master路由器。



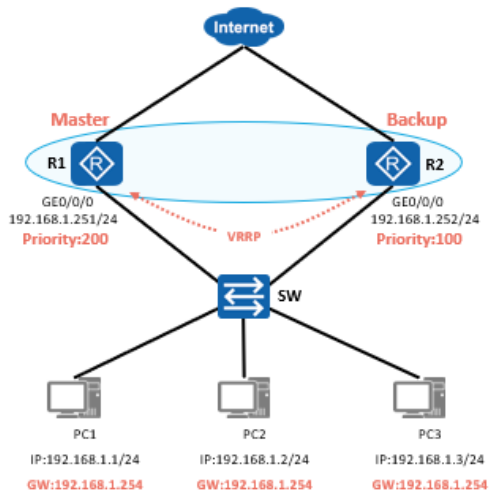
VRRP的基本概念 (2)



- **虚拟路由器**：VRRP为每一个组抽象出一台虚拟“路由器”（Virtual Router），该路由器并非真实存在的物理设备，而是由VRRP虚拟出来的逻辑设备。一个VRRP组只会产生一台虚拟路由器。
- **虚拟IP地址及虚拟MAC地址**：虚拟路由器拥有自己的IP地址以及MAC地址，其中IP地址由网络管理员在配置VRRP时指定，一台虚拟路由器可以有一个或多个IP地址，通常情况下用户使用该地址作为网关地址。而虚拟MAC地址的格式是“0000-5e00-01xx”，其中xx为VRID。



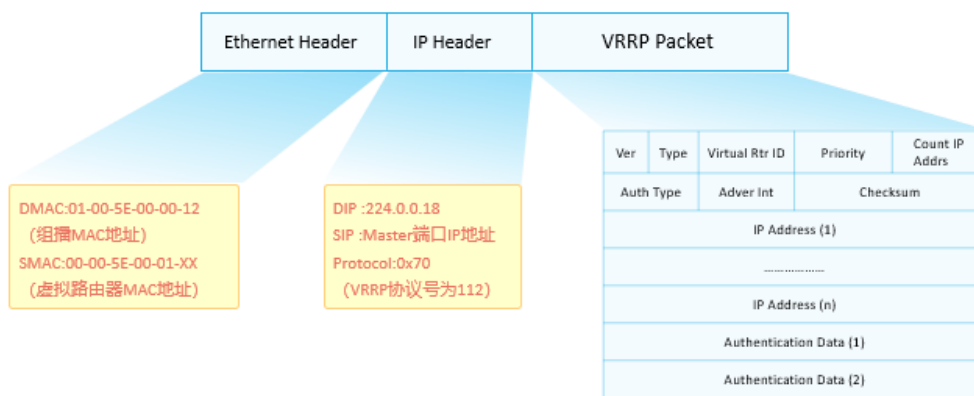
VRRP的基本概念 (3)



- **Master路由器**：“Master路由器”在一个VRRP组中承担报文转发任务。在每一个VRRP组中，只有Master路由器才会响应针对虚拟IP地址的ARP Request。Master路由器会以一定的时间间隔周期性地发送VRRP报文，以便通知同一个VRRP组中的Backup路由器关于自己的存活情况。
- **Backup路由器**：也被称为备份路由器。Backup路由器将会实时侦听Master路由器发送出来的VRRP报文，它随时准备接替Master路由器的工作。
- **Priority**：优先级值是选举Master路由器和Backup路由器的依据，优先级取值范围0-255，值越大越优先，值相等则比较接口IP地址大小，大者优先。

VRRP报文格式

VRRP只有一种报文，即Advertisement报文，基于组播方式发送，因此只能在同一个广播域传递。Advertisement报文的组播地址为224.0.0.18。



- VRRP 报文字段含义如下：
- Ver：VRRP 目前有两个版本，其中 VRRPv2 仅适用于 IPv4 网络，VRRPv3 适用于 IPv4 和 IPv6 两种网络。
- Virtual Rtr ID：该报文所关联的虚拟路由器的标识。
- Priority：发送该报文的 VRRP 路由器的优先级。
- Count IP Addr：该 VRRP 报文中所包含的虚拟 IP 地址的数量。
- Auth Type：VRRP 支持三种认证类型：不认证、纯文本密码认证、MD5 方式认证，对应值分别为 0、1、2。
- Adver Int：发送 VRRP 通告消息的间隔。默认为 1 秒
- IP Address：所关联的虚拟路由器的虚拟 IP 地址，可以为多个。
- Authentication Data：验证所需要的密码信息。

VRRP定时器

在VRRP协议工作过程中，VRRP定义了两个定时器：

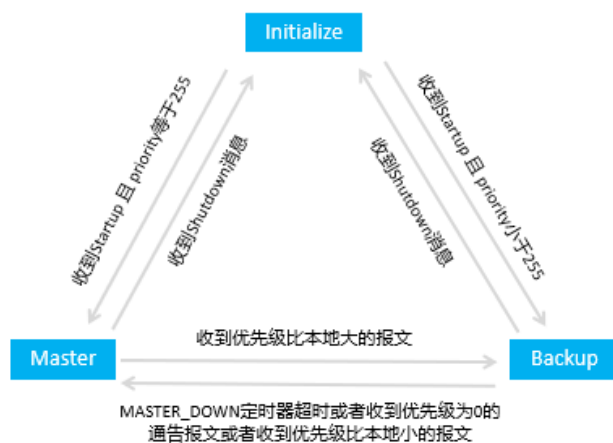
- ADVER_INTERVAL定时器：Master发送VRRP通告报文时间周期，缺省值为1秒。
- MASTER_DOWN定时器：Backup设备监听该定时器超时后，会变为Master状态。

MASTER_DOWN定时器计算公式如下：

- $MASTER_DOWN = (3 * ADVER_INTERVAL) + Skew_time$ （偏移时间）
- 其中， $Skew_Time = (256 - Priority) / 256$

VRRP状态机

VRRP协议状态机有三种状态：Initialize（初始状态）、Master（活动状态）、Backup（备份状态）。



- 一个 Startup 事件可以由系统在 VRRP 配置完成后自动触发，也可以是在已经配置 VRRP 的端口上，底层链路由不可用变为可用而触发。



VRRP协议状态

Master状态

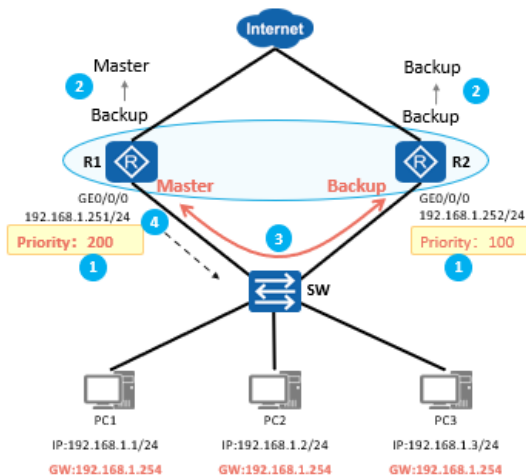
1. 定期 (ADVER_INTERVAL) 发送VRRP报文。
2. 以虚拟MAC地址响应对应虚拟IP地址的ARP请求。
3. 转发目的MAC地址为虚拟MAC地址的IP报文。
4. 默认允许ping通虚拟IP地址。
5. 当多台设备同时为Master时, 若设备收到与自己优先级相同的报文时, 会进一步比较IP地址的大小。如果收到报文的源IP地址比自己大, 则切换到Backup状态, 否则保持Master状态。

Backup状态

1. 接收Master设备发送的VRRP报文, 判断Master设备的状态是否正常。
2. 对虚拟IP地址的ARP请求, 不做响应。
3. 丢弃目的MAC地址为虚拟MAC地址的IP报文。
4. 丢弃目的IP地址为虚拟IP地址的IP报文。
5. 如果收到优先级和自己相同或者比自己优先级大的报文时, 重置MASTER_DOWN定时器, 不进一步比较IP地址的大小。



VRRP主备选举 (1)



VRRP优先级不相等时主备选举过程

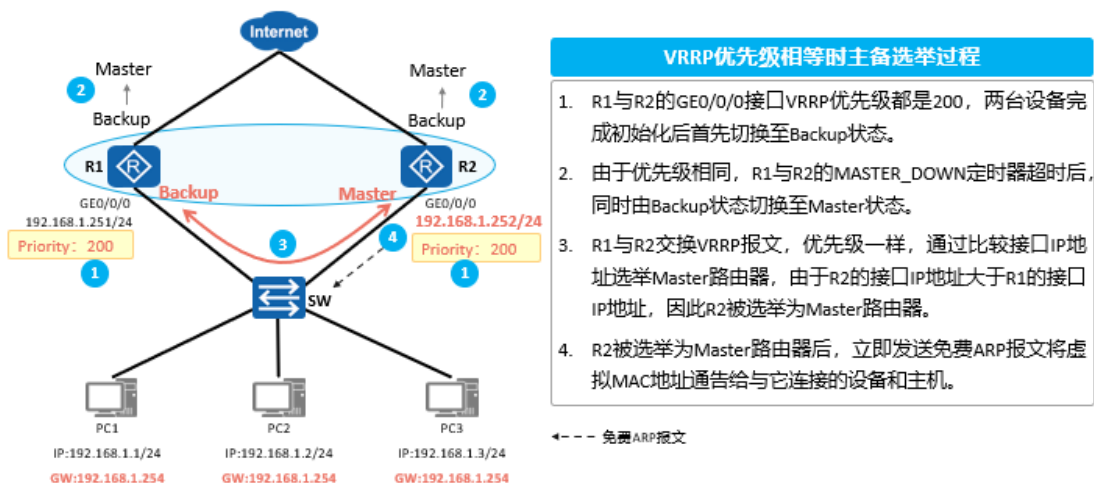
1. R1的接口VRRP优先级为200, R2的接口VRRP优先级为100, 两台设备完成初始化后首先切换至Backup状态。
2. R1与R2根据各自MASTER_DOWN定时器超时时间由Backup切换到Master状态, 所以R1比R2更快切换至Master状态。
3. R1和R2通过相互发送VRRP报文进行Master选举, 优先级高的被选举为Master设备, 因此R1被选为Master路由器。
4. R1被选举为Master路由器后, 立即发送免费ARP报文将虚拟MAC地址通告给与它连接的设备 and 主机。

← -- 免费ARP报文

- 初始创建 VRRP 的设备工作在 Initialize 状态, 收到接口 Up 的消息后, 若此设备的优先级小于 255, 则会先切换至 Backup 状态, 等待 MASTER_DOWN 定时器超时后再切换至 Master 状态。
- 如果优先级高的设备先启动, 优先级低的设备后启动, 则优先级高的设备先进入 Master 状态, 优先级低的设备收到高优先级的 VRRP 通告报文, 自己仍处于 Backup 状态。
- 如果优先级低的先启动, 优先级高的后启动, 则优先级低的先由 Backup 状态切换为 Master 状态, 优先级高的设备

收到优先级低的 VRRP 通告报文，重新进行选举，将优先级高的设备切换为 Master 状态。

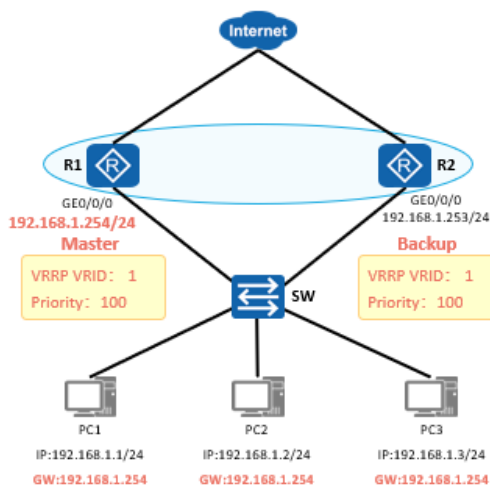
VRRP主备选举 (2)



- 初始创建 VRRP 的设备工作在 Initialize 状态，收到接口 Up 的消息后，若此设备的优先级小于 255，则会先切换至 Backup 状态，等待 MASTER_DOWN 定时器超时而再切换至 Master 状态。
- 如果优先级高的设备先启动，优先级低的设备后启动，则优先级高的设备先进入 Master 状态，优先级低的设备收到高优先级的 VRRP 通告报文，自己仍处于 Backup 状态。
- 如果优先级低的先启动，优先级高的后启动，则优先级低的先由 Backup 状态切换为 Master 状态，优先级高的设备收到优先级低的 VRRP 通告报文，重新进行选举，将优先级高的设备切换为 Master 状态。



VRRP主备选举 (3)



当路由器接口被配置为VRRP的IP地址拥有者时（接口IP地址与Virtual IP相同），路由器无需等待任何定时器超时，可以直接切换至Master状态。

配置为IP地址拥有者时主备选举过程

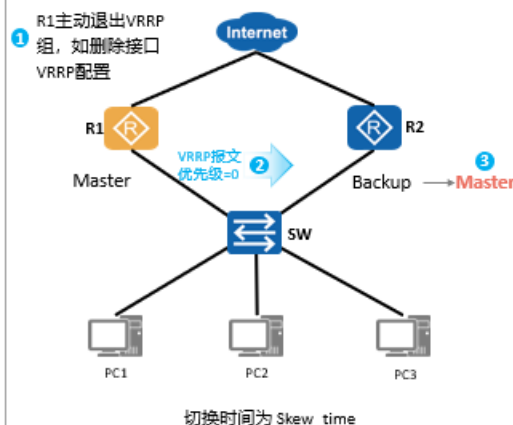
1. R1与R2的GE0/0/0接口VRRP优先级都采用默认配置（默认为100），但是R1的GE0/0/0接口IP地址与Virtual IP地址相同。
2. R1的GE0/0/0接口直接切换至Master状态，R1成为Master路由器。

- 通常情况下，VRRP路由器的接口IP地址不会与虚拟路由器的IP地址重叠，也就是说我们会为虚拟路由器单独规划一个IP地址，而不会使用某台路由器的接口IP地址。当然也存在一个特殊的情况，例如在某些网络中IP地址资源比较紧缺，那么也有可能将某台路由器的接口IP地址用于虚拟路由器，此时该路由器将无条件成为Master。
- 无法手动将VRRP接口优先级配置为255，当接口IP地址为IP地址拥有者时，优先级自动成为255。

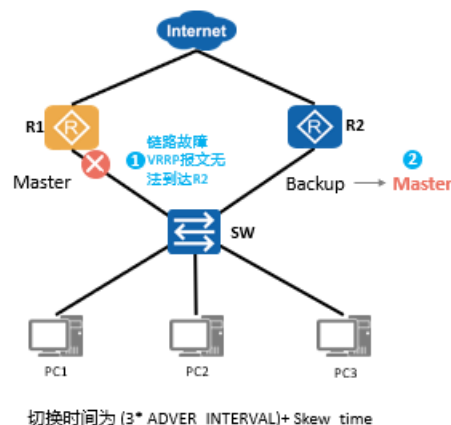


VRRP主备切换

Master主动退出VRRP组

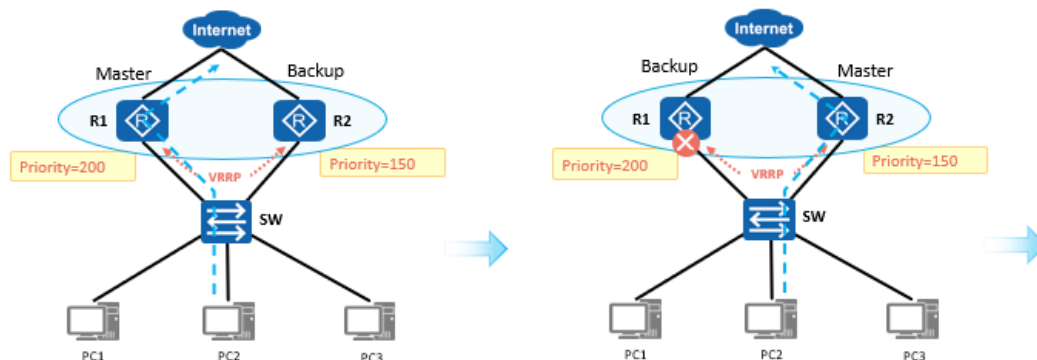


Master设备或者链路故障



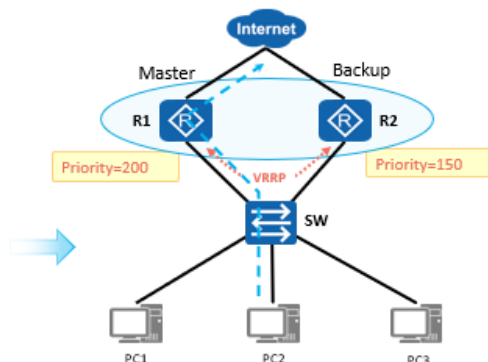
- 当 Master 设备主动放弃 Master 地位（如 Master 设备退出备份组）时，会发送优先级为 0 的通告报文，用来使 Backup 设备快速切换成 Master 设备，而不用等到 MASTER_DOWN 定时器超时。这个切换的时间称为 Skew_time。
- 当 Master 设备发生网络故障而不能发送通告报文的时候，Backup 设备并不能立即知道其工作状态。等到 MASTER_DOWN 定时器超时后，才会认为 Master 设备无法正常工作，从而将状态切换为 Master。

VRRP主备回切 (1)



1. 正常情况下，由Master设备负责转发用户报文，如图所示，所有用户流量通过R1到达Internet。
2. 当R1出现故障时，网络会重新进行VRRP主备选举，如图所示，此时R2会成为新的Master设备负责转发用户报文。

VRRP主备回切 (2)



VRRP抢占模式 (Preempt Mode) :

- **抢占模式 (默认激活)** : 如果Backup路由器激活了抢占功能，那么当它发现Master路由器的优先级比自己更低时，它将立即切换至Master状态，成为新的Master路由器
- **非抢占模式** : 如果Backup路由器没有激活抢占功能，那么即使它发现Master路由器的优先级比自己更低，也只能依然保持Backup状态，直到Master路由器失效。

3. 当R1从故障恢复后，网络将重新进行VRRP主备选举，由于R1的优先级大于R2，所以R1又重新成为新的Master设备负责转发用户报文。

- 开启抢占模式的 VRRP 备份组，当主备进行切换时，总

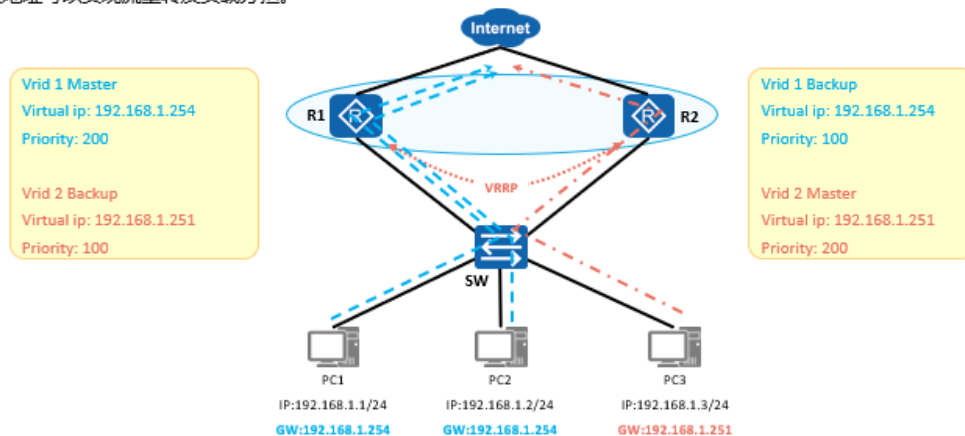
共时长为： $3 \times \text{Adver_Interval} + \text{Skew_time} + \text{Delay_time}$

- 在抢占模式下，当 Master 的设备状态不稳定或者网络质量差时，会导致 VRRP 备份组频繁切换，从而引发终端 ARP 表项频繁刷新，为缓解此问题，通常设置抢占延时定时器，通过 MASTER_INTERVAL 定时器超时时间加上延时时间，确定状态稳定后，再进行主备回切。



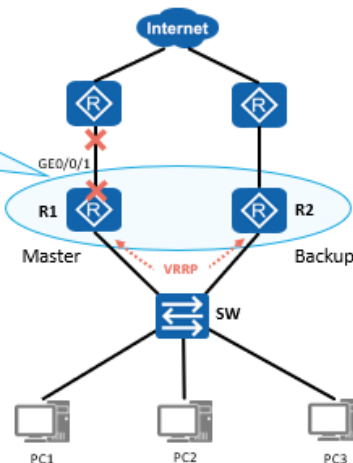
VRRP负载分担

通过创建多个虚拟路由器，每个物理路由器在不同的VRRP组中扮演不同的角色，不同虚拟路由器的Virtual IP作为不同的内网网关地址可以实现流量转发负载分担。



VRRP监视上行端口

VRRP可监视 (Track) 上行端口状态，当设备感知上行端口或者链路发生故障时，可主动降低VRRP优先级，从而保证上行链路正常的Backup设备能够通过选举切换为Master状态，指导报文转发。

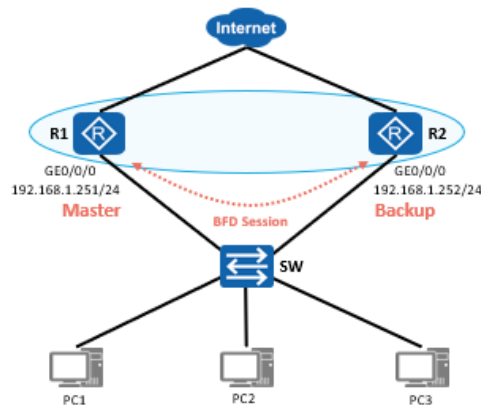


- 如果用户未配置 VRRP 监视上行端口，则当 VRRP 备份组中的 Master 设备 R1 的上行接口或者链路出现故障时，VR

RP 备份组无法感知，Master 无法向外转发流量。但是由于主备不会发生切换，导致出现流量黑洞。

VRRP与BFD联动

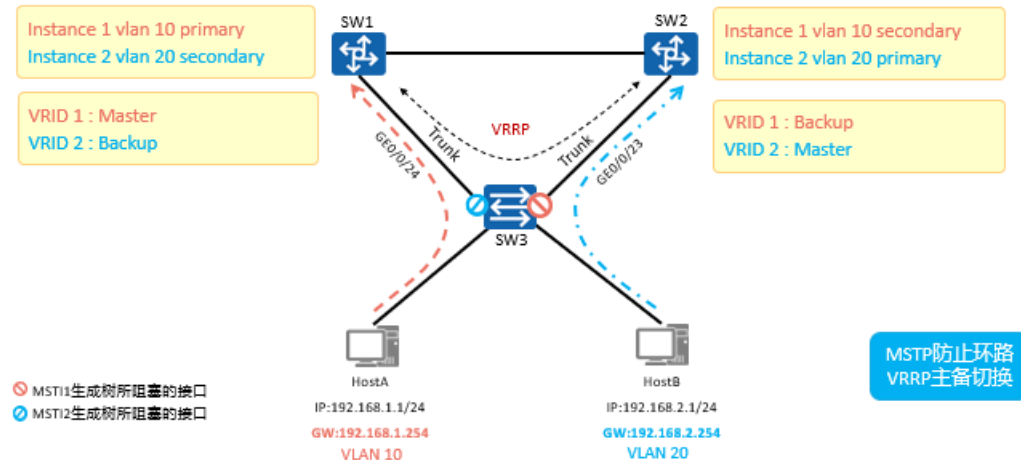
通过配置VRRP与BFD联动，当Backup设备通过BFD感知故障发生之后，不再等待Master_Down_Timer计时器超时而会在BFD检测周期结束后立即切换VRRP状态，此时可以实现毫秒级的主备切换。



- 当 VRRP 备份组之间的链路出现故障时，由于此时 VRRP 报文无法正常交互，Backup 设备需要等待 Master_Down_Timer 计时器超时后才会切换为 Master 设备，在等待切换期间内，业务流量仍会发往 Master 设备，此时会造成业务流量丢失。
- 通过在 Master 设备和 Backup 设备之间建立 BFD 会话并与 VRRP 备份组进行绑定，由 BFD 机制快速检测 VRRP 备份组之间的通信故障，并在出现故障时及时通知 VRRP 备份组进行主备切换，从而大大减少应用中断时间。
- 在普通 BFD 联动中，VRRP 备份组会根据 BFD 会话的状态进行优先级调整，并根据调整后的优先级判断是否进行主备切换。在实际应用中，通常 Master 设备配置延时抢占，而 Backup 设备配置立即抢占，当 Backup 设备检测到 BFD 会话状态出现 DOWN 后，通过增加自身优先级大于 Master 优先级实现快速切换，当故障排除，BFD 会话状态出现 UP 时，新的 Master 通过减小自己的优先级，发送 vrrp 通告报文，经过

延迟时间后再次切换为 Backup。

VRRP与MSTP结合应用



- MSTP 是将一个或多个 VLAN 映射到一个生成树的实例，若干个 VLAN 共用一个生成树，MSTP 可以实现负载均衡。
- VRRP 配置网关可以灵活根据网络拓扑变化而自动切换，提高网络可靠性。
- VRRP+MSTP 可以在实现负载分担的同时保证网络冗余备份。

VRRP常用配置命令 (1)

1. 创建VRRP备份组并给备份组配置虚拟IP地址

```
[interface-GigabitEthernet0/0/0] vrrp vrid virtual-router-id virtual-ip virtual-address
```

注意：各备份组之间的虚拟IP地址不能重复；同属一个备份组的设备接口需使用相同的VRRID。

2. 配置路由器在备份组中的优先级

```
[interface-GigabitEthernet0/0/0] vrrp vrid virtual-router-id priority priority-value
```

注意：通常情况下，Master设备的优先级应高于Backup设备。

3. 配置备份组中设备的抢占延迟时间

```
[interface-GigabitEthernet0/0/0] vrrp vrid virtual-router-id preempt-mode timer delay delay-value
```

4. 配置VRRP备份组中设备采用非抢占模式

```
[interface-GigabitEthernet0/0/0] vrrp vrid virtual-router-id preempt-mode disable
```

缺省情况下，抢占模式已被激活。



VRRP常用配置命令 (2)

5. 配置VRRP备份组监视接口

```
[interface-GigabitEthernet0/0/0] vrrp vrid virtual-router-id track interface interface-type interface-number [ increased value-increased | reduced value-decreased ]
```

可配置设备当检测到上行接口或链路出现故障时，增加或者减少自身优先级，IP地址拥有者和Eth-trunk成员口不允许配置VRRP监视功能。

6. 配置VRRP备份组联动普通BFD会话

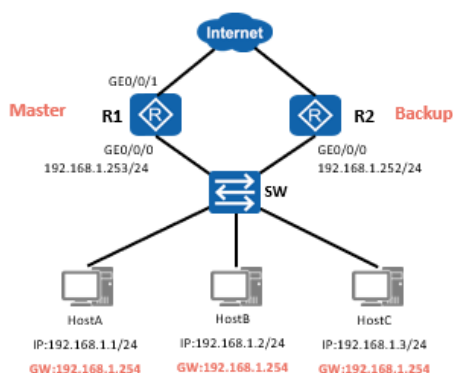
```
[interface-GigabitEthernet0/0/0] vrrp vrid virtual-router-id track bfd-session { bfd-session-id | session-name bfd-configure-name } [ increased value-increased | reduced value-reduced ]
```

如果选择参数session-name bfd-configure-name，可以绑定静态BFD会话或者标识符自协商的静态BFD会话。

如果选择参数bfd-session-id，只能绑定静态BFD会话。



VRRP基础配置实例



配置要求：

- R1与R2组成一个VRRP备份组，其中R1为Master，R2为Backup；
- Master设备故障恢复时采用抢占模式，抢占延时10秒；
- Master设备监视上行接口状态实现VRRP主备自动切换。

R1配置如下：

```
[R1] interface GigabitEthernet0/0/0
[R1-GigabitEthernet0/0/0] ip address 192.168.1.253 24
[R1-GigabitEthernet0/0/0] vrrp vrid 1 virtual-ip 192.168.1.254
[R1-GigabitEthernet0/0/0] vrrp vrid 1 priority 120
[R1-GigabitEthernet0/0/0] vrrp vrid 1 preempt-mode timer delay 10
[R1-GigabitEthernet0/0/0] vrrp vrid 1 track interface GigabitEthernet0/0/1
reduced 30
```

R2配置如下：

```
[R2] interface GigabitEthernet0/0/0
[R2-GigabitEthernet0/0/0] ip address 192.168.1.252 24
[R2-GigabitEthernet0/0/0] vrrp vrid 1 virtual-ip 192.168.1.254
[R2-GigabitEthernet0/0/0] vrrp vrid 1 priority 110
```


VRRP基础配置验证

```
[R1]display vrrp
GigabitEthernet0/0/0 | Virtual Router 1  #VRRP组ID为 1
State : Master          #本设备在组中状态为Master
Virtual IP : 192.168.1.254
Master IP : 192.168.1.253
PriorityRun : 120        #接口在本VRRP组中优先级为120
PriorityConfig : 120
MasterPriority : 120
Preempt : YES Delay Time : 10 s      #开启抢占模式，且延迟时间为10秒
TimerRun : 1 s
TimerConfig : 1 s
Auth type : NONE
Virtual MAC : 0000-5e00-0101
Check TTL : YES
Config type : normal-vrrp
Track IF : GigabitEthernet0/0/1 Priority reduced : 30
IF state : UP
```

```
[R2]display vrrp
GigabitEthernet0/0/0 | Virtual Router 1
State : Backup          #本设备在组中状态为Backup
Virtual IP : 192.168.1.254
Master IP : 192.168.1.253
PriorityRun : 110        #接口在本VRRP组中优先级为110
PriorityConfig : 110
MasterPriority : 120
Preempt : YES Delay Time : 0 s      #开启抢占模式，延迟时间为0秒
TimerRun : 1 s
TimerConfig : 1 s
Auth type : NONE
Virtual MAC : 0000-5e00-0101
Check TTL : YES
Config type : normal-vrrp
```

思考题：

- （多选题）以下关于 VRRP 报文中 IP 地址的设置正确的说法是()。
- 源 IP 地址为 Master 设备端口的 IP 地址
- 源 IP 地址为虚拟路由器的虚拟 IP 地址
- 目的 IP 地址为广播 IP 地址
- 目的 IP 地址为组播 IP 地址
- （多选题）以下关于 VRRP 协议中各定时器的说法正确的是()。
- VRRP 通告消息发送间隔默认为 1 秒，关联到同一虚拟路由器 VRRP 路由器上配置的 VRRP 消息通告间隔必须一致。
- 配置抢占延迟时间为 4 秒，表示如果 4 秒中之内没有收到 Master 发送的 VRRP 通告消息，则 Slave 应当成为新的 Master。
- 配置抢占延迟时间为 4 秒，配置 VRRP 消息通告间隔为 2 秒，表示如果 6 秒中之内没有收到 Master 发送的 VRRP 通告消息，则 Slave 应当成为新的 Master。
- 在比较繁忙的网络中，应当适当的将抢占延迟设置为一

个较大的值，以避免不必要的 VRRP 角色振荡。

答案：

- AD
- AD