

网络工程 本科实验报告

实验名称：虚拟路由器冗余协议（VRRP）配置

学员姓名	程景愉	学号	202302723005
培养类型	无军籍	年 级	2023
专 业	网络工程	所 属 学 院	计算机学院
指 导 教 员	张军	职 称	工程师
实 验 室	306-707	实 验 时 间	2025.09.26

国防科技大学教育训练部制

《本科实验报告》填写说明

实验报告内容编排应符合以下要求：

(1) 采用 A4 (21cm×29.7cm) 白色复印纸，单面黑字。上下左右各侧的页边距均为 3cm；缺省文档网格：字号为小 4 号，中文为宋体，英文和阿拉伯数字为 Times New Roman，每页 30 行，每行 36 字；页脚距边界为 2.5cm，页码置于页脚、居中，采用小 5 号阿拉伯数字从 1 开始连续编排，封面不编页码。

(2) 报告正文最多可设四级标题，字体均为黑体，第一级标题字号为 4 号，其余各级标题为小 4 号；标题序号第一级用“一、”、“二、”……，第二级用“（一）”、“（二）”……，第三级用“1.”、“2.”……，第四级用“（1）”、“（2）”……，分别按序连续编排。

(3) 正文插图、表格中的文字字号均为 5 号。

目录

1 实验目的	5
2 实验原理	5
2.1 VRRP 概述	5
2.2 VRRP 术语	5
2.3 VRRP 工作原理	5
2.3.1 路由器选举	5
2.3.2 工作机理	5
3 实验环境	6
3.1 实验背景	6
3.2 实验设备	6
4 实验步骤及结果	6
4.1 实验拓扑	6
4.2 按照拓扑图接线	7
4.3 配置 PC	8
4.4 配置 OSPF 协议实现互通	8
4.4.1 配置路由器 IP 地址	8
4.4.2 配置 OSPF 协议	9
4.5 配置 VRRP 协议	10
4.6 配置检验	10
5 实验总结	12
参考文献	13

图目录

Figure 1 实验拓扑图	7
Figure 2 机柜正面接线图	7
Figure 3 机柜背面接线图	8
Figure 4 配置 R1 的接口 IP 地址(1)	8
Figure 5 配置 R1 的接口 IP 地址(2)	9
Figure 6 配置 R2 的接口 IP 地址(1)	9
Figure 7 配置 R2 的接口 IP 地址(2)	9
Figure 8 配置 R3 的接口 IP 地址(1)	9
Figure 9 配置 R3 的接口 IP 地址(2)	9
Figure 10 为 R1 配置 OSPF 协议	9
Figure 11 为 R2 配置 OSPF 协议	9
Figure 12 在 R3 查看 OSPF 邻居关系	10
Figure 13 在 R2 (主网关) 上配置 VRRP (1)	10
Figure 14 在 R2 (主网关) 上配置 VRRP (2)	10
Figure 15 在 R3 (备网关) 上配置 VRRP (1)	10
Figure 16 R2 显示 VRRP 组状态	11
Figure 17 R3 显示 VRRP 组状态	11
Figure 18 traceroute 命令查看路由	11
Figure 19 断开后 traceroute 命令查看路由	12
Figure 20 断开后 ping 命令查看连通性	12

Figure 21 开启 track 功能监控接口状态	12
-----------------------------------	----

1 实验目的

1. 了解虚拟路由器冗余协议（VRRP）的基本概念；
2. 掌握 VRRP 协议的工作原理；
3. 掌握 VRRP 协议的配置方法。

通过本实验，我将学习虚拟路由器冗余协议（VRRP）的基本概念，理解其在提高网络可靠性和可用性方面的重要作用，并熟悉其工作机制，包括虚拟路由器角色的划分、主备切换的触发条件及优先级的配置影响。同时，通过实际配置 VRRP 协议，我将掌握相关命令和参数的设置方法，了解如何根据网络需求优化配置以确保高效稳定的运行。实验还将通过模拟网络故障场景，验证 VRRP 在主路由器失效情况下的自动切换能力和高可用特性，帮助深入理解冗余技术的应用价值。此外，实验还将增强对冗余协议（如 HSRP、GLBP）与负载均衡技术异同点的认识，为在实际网络环境中应用和维护相关技术奠定基础。

2 实验原理

2.1 VRRP 概述

单网关、多网关这两种设计方案都要有各自的缺点。单网关缺陷：当路由器的网关接口发生故障时会导致无法与本网段下的所有主机正常通信。多网关缺陷：主机的网关只可以有一个，如果存在多个网关会导致 IP 地址冲突，无法正常寻址。

而虚拟路由器冗余协议（Virtual Router Redundancy Protocol，简称 VRRP）能够在不改变组网的情况下，将多台路由器虚拟成一个虚拟路由器，通过配置虚拟路由器的 IP 地址为默认网关，实现网关的冗余备份，提高网络的可靠性和可用性。

2.2 VRRP 术语

- 虚拟路由器（Virtual Router）：由多台路由器组成的一个虚拟路由器，提供默认网关服务。
- 主路由器（Master Router）：虚拟路由器中的主要路由器，提供默认网关服务。
- 备份路由器（Backup Router）：虚拟路由器中的备用路由器，当主路由器失效时，备份路由器接管主路由器的工作。
- 路由器 ID（Router ID）：路由器的唯一标识，用于 VRRP 协议中的路由器选举。

2.3 VRRP 工作原理

2.3.1 路由器选举

VRRP 路由器选举是指在一个 VRRP 组中，多台路由器通过 VRRP 协议选举出主路由器。VRRP 备份组中的设备根据优先级选举出 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。

2.3.2 工作原理

主备切换过程：Master 设备通过发送免费 RP 报文，将虚拟 MAC 地址通知给与它连接的设备或者主机，从而承担报文转发任务。Master 和 Backup 中会以 Advertisement_Interval（一般是 1 秒）的时间互相发送通告报文，当 Backup 设备在 Master_Down_Interval 定时器超时后没有收到对方的通告，可认为已经 Master 设备发生故障。还有一种情况是 Master 主动弃置地位，

Master 发送优先级为 0 的通告报文，不用等定时器超时，经过 Skew_Time 的时间 Backup 主动成为 Master。注意：

$$\text{Master_Down_Interval} = 3 \times \text{Advertisement_Interval} + \text{Skew_Time}$$

$$\text{Skew_Time} = \frac{256 - \text{Backup 设备的优先级}}{256}$$

P.S. 单位均为秒。

恢复过程：当原 Master 的故障已经恢复会触发抢占机制，抢占时间为 0，即现 Master 地位变为 Backup。

此外，如果虚拟路由器都在互发通告时，由于网络拥塞，使得 Master 没有在规定时间内接收到对端报文，变成 Backup，Backup 变为 Master，但是此时，原 Master 又接受到了原 Backup 的通告，这样会使他们的地位不断地发生变化，导致网络震荡。我们可以配置抢占时间，在 Backup 等待了定时器超时，在等待 delay 超时仍然没有对方的通告时，则宣告自己为 Master。

3 实验环境

3.1 实验背景

本实验模拟企业网络场景。公司内员工所用电脑，如 PC-1、PC-2，通过交换机 LSW1 连接到公司网络，LSW1 连接到公司出口网关路由器。为了提高网络的可靠性，公司使用两台路由器 R2 与 R3 作为双出口连接到外网路由器 RI。RI、R2、R3 之间运行 OSPF 协议。在双网关的情况下，如果在 PC 上配置 R2 或 R3 的真实 IP 地址作为网关，当其中一台路由器故障时，就需要手动更改 PC 的网关 IP，若网络中有大量 PC 则需要耗费大量时间和人力去更改配置，且会带来一定时间的断网影响。为了能够使故障所造成的断网影响达到最小化，增强网络的可靠性，网络管理员在 R4 与 R3 之间部署 VRRP 协议，这样当任一网关发生故障时就能自动切换而无需更改 PC 的网关 IP 地址。

3.2 实验设备

设备名称	设备型号	设备数量
交换机	华为 S5735	1
路由器	华为 R6120-S	3
PC	联想启天 M410 Windows 10	2

另有网线若干，控制线 2 条。

4 实验步骤及结果

4.1 实验拓扑

按实验背景，绘制拓扑图如下：

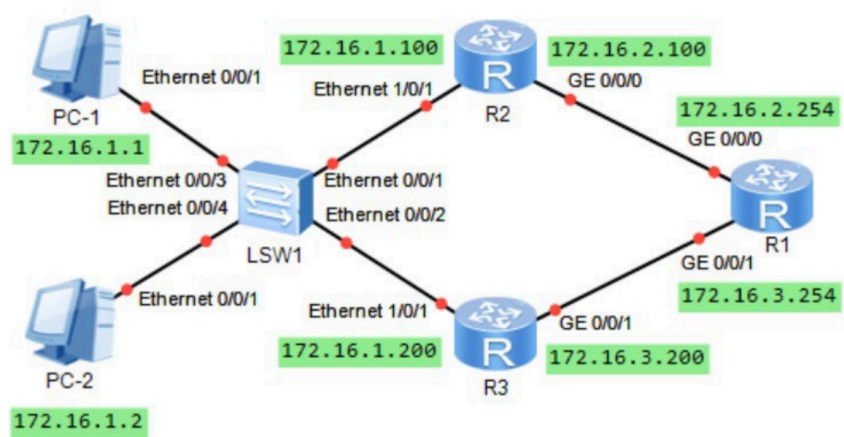


Figure 1: 实验拓扑图

4.2 按照拓扑图接线

按照拓扑图接线。



Figure 2: 机柜正面接线图



Figure 3: 机柜背面接线图

4.3 配置 PC

设置 PC1 的 IP 地址为 172.16.1.1，设置 PC2 的 IP 地址为 172.16.1.2，网关均为 172.16.1.254。

4.4 配置 OSPF 协议实现互通

4.4.1 配置路由器 IP 地址

配置 R1 的 G0/0/0 口 IP 地址为 172.18.2.254/24，G0/0/1 口 IP 地址为 172.16.3.254/24；配置 R2 的 G0/0/0 口 IP 地址为 172.16.2.100/24，G0/0/1 口 IP 地址为 172.16.1.100/24；配置 R3 的 G0/0/0 口 IP 地址为 172.16.3.200/24，G0/0/1 口 IP 地址为 172.16.1.200/24。

```
[R1]int g0/0/0
[R1-GigabitEthernet0/0/0]ip address 172.18.2.254 24
[R1-GigabitEthernet0/0/0]undo portsw
[R1-GigabitEthernet0/0/0]undo portswitch
[R1-GigabitEthernet0/0/0]ip address 172.18.2.254
Sep 26 2025 02:54:05+00:00 R1 ENTITYTRAP/2/POWERFAILURERESUME:OID 1.3.6.1.4.1.20
11.5.25.219.2.10.18 Power supply resume.(Index=9, EntityPhysicalIndex=9, Physica
lName="SRU Board 0", EntityTrapFaultID=136966)
[R1-GigabitEthernet0/0/0]ip address 172.18.2.254 24
[R1-GigabitEthernet0/0/0]q
```

Figure 4: 配置 R1 的接口 IP 地址(1)


```
[R1]int g0/0/1
[R1-GigabitEthernet0/0/1]undo portswi
[R1-GigabitEthernet0/0/1]undo portswitch
[R1-GigabitEthernet0/0/1]ip address 172.16.3.254 24
[R1-GigabitEthernet0/0/1]q
[R1]
```

Figure 5: 配置 R1 的接口 IP 地址(2)

```
[R2-GigabitEthernet0/0/0]ip address
Sep 26 2025 02:29:19+00:00 R2 IFNET/1/IF_LINKUP:OID 1.3.6.1.6.3.1.1.5.4 Interface
e 3 turned into UP state.(AdminStatus=1,OperStatus=1,InterfaceName=GigabitEthern
et0/0/0)
[R2-GigabitEthernet0/0/0]ip address
Sep 26 2025 02:29:19+00:00 R2 %01IFPDT/4/IF_STATE(1)[3]:Interface GigabitEthern
et0/0/0 has turned into UP state.
[R2-GigabitEthernet0/0/0]ip address 172.18.2.100 24
[R2-GigabitEthernet0/0/0]
Sep 26 2025 02:29:26+00:00 R2 %01IFNET/4/LINK_STATE(1)[4]:The line protocol IP
on the interface GigabitEthernet0/0/0 has entered the UP state.
```

Figure 6: 配置 R2 的接口 IP 地址(1)

```
[R2]int g0/0/1
[R2-GigabitEthernet0/0/1]undo portswitch
[R2-GigabitEthernet0/0/1]ip addr 172.16.1.100 24
[R2-GigabitEthernet0/0/1]q
[R2]
```

Figure 7: 配置 R2 的接口 IP 地址(2)

```
[R3-GigabitEthernet0/0/0]ip address 172.16.3.200 24
[R3-GigabitEthernet0/0/0]
Sep 26 2025 02:33:23+00:00 R3 %01IFNET/4/LINK_STATE(1)[4]:The line protocol IP
on the interface GigabitEthernet0/0/0 has entered the UP state.
[R3-GigabitEthernet0/0/0]q
[R3]
```

Figure 8: 配置 R3 的接口 IP 地址(1)

```
[R3]int g0/0/1
[R3-GigabitEthernet0/0/1]undo portswitch
[R3-GigabitEthernet0/0/1]ip addr 172.16.1.200 24
[R3-GigabitEthernet0/0/1]q
[R3]
```

Figure 9: 配置 R3 的接口 IP 地址(2)

4.4.2 配置 OSPF 协议

为 R1, R2, R3 配置 OSPF 协议, 实现三台路由器之间的互通。

```
[R1]ospf 2 router
[R1]ospf 2 router-id 1.1.1.1
[R1-ospf-2]area 0
[R1-ospf-2-area-0.0.0.0]network 172.18.2.0 0.0.0.255
[R1-ospf-2-area-0.0.0.0]network 172.16.3.0 0.0.0.255
[R1-ospf-2-area-0.0.0.0]q
[R1-ospf-2]
```

Figure 10: 为 R1 配置 OSPF 协议

```
[R2]ospf 2 router-id 2.2.2.2
[R2-ospf-2]area 0
[R2-ospf-2-area-0.0.0.0]network 172.16.1.0 0.0.0.255
[R2-ospf-2-area-0.0.0.0]network 172.18.2.0 0.0.0.255
[R2-ospf-2-area-0.0.0.0]q
[R2-ospf-2]
```

Figure 11: 为 R2 配置 OSPF 协议

```

OSPF Process 2 with Router ID 3.3.3.3
Neighbors

Area 0.0.0.0 interface 172.16.3.200(GigabitEthernet0/0/0)'s neighbors
Router ID: 1.1.1.1      Address: 172.16.3.254
State: Full Mode:Nbr is Slave Priority: 1
DR: 172.16.3.254 BDR: None MTU: 0
Dead timer due in 36 sec
Retrans timer interval: 5
Neighbor is up for 00:00:05
Authentication Sequence: [ 0 ]

Neighbors

Area 0.0.0.0 interface 172.16.1.200(GigabitEthernet0/0/1)'s neighbors
Router ID: 2.2.2.2      Address: 172.16.1.100
State: Full Mode:Nbr is Slave Priority: 1
DR: 172.16.1.100 BDR: 172.16.1.200 MTU: 0
Dead timer due in 33 sec
Retrans timer interval: 0
Neighbor is up for 00:00:19
Authentication Sequence: [ 0 ]

[R3-ospf-2-area-0.0.0.0]_

```

Figure 12: 在 R3 查看 OSPF 邻居关系

4.5 配置 VRRP 协议

在 R2 和 R3 的内网接口上配置 VRRP。

```

[R2-GigabitEthernet0/0/1]vrrp vrid 1 virtual-ip 172.16.1.254
[R2-GigabitEthernet0/0/1]
Sep 26 2025 02:38:53+00:00 R2 VRRP/2/VRRPNONMASTER:OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25.127
.2.30.2 The state of VRRP changed between backup and Initialize state. (VrrpIfIn
dex=4, Vrid=1, IfIndex=4, IPAddress=172.16.1.100, NodeName=R2, IfName=GigabitEth
ernet0/0/1, CurrentState=2, ChangeReason=interface up)
[R2-GigabitEthernet0/0/1]v
Sep 26 2025 02:38:57+00:00 R2 VRRP/2/VRRPCHANGETOMASTER:OID 1.3.6.1.2.1.68.0.1 T
he status of VRRP changed to master. (VrrpIfIndex=4, Vrid=1, IfIndex=4, IPAdres
s=192.168.1.1, NodeName=R2, IfName=GigabitEthernet0/0/1, ChangeReason=protocol t
imer expired(GigabitEthernet0/0/1 up))

```

Figure 13: 在 R2 (主网关) 上配置 VRRP (1)

```

[R2-GigabitEthernet0/0/1]vrrp vrid 1 priority 120
[R2-GigabitEthernet0/0/1]vrrp vrid 1 preempt-mode timer delay 20
[R2-GigabitEthernet0/0/1]_

```

Figure 14: 在 R2 (主网关) 上配置 VRRP (2)

```

[R3]int g0/0/1
[R3-GigabitEthernet0/0/1]vrrp vrid 1 virtual-ip 172.16.1.254
[R3-GigabitEthernet0/0/1]
Sep 26 2025 02:45:02+00:00 R3 VRRP/2/VRRPNONMASTER:OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25.127
.2.30.2 The state of VRRP changed between backup and Initialize state. (VrrpIfIn
dex=4, Vrid=1, IfIndex=4, IPAddress=172.16.1.200, NodeName=R3, IfName=GigabitEth
ernet0/0/1, CurrentState=2, ChangeReason=interface up)
[R3-GigabitEthernet0/0/1]_

```

Figure 15: 在 R3 (备网关) 上配置 VRRP (1)

4.6 配置检验

使用 `display vrrp` 命令查看 VRRP 组的状态，确认 Master 和 Backup 的状态。在 R2 上执行 `display vrrp` 命令，显示如下：

```
[R2]dis vrrp
GigabitEthernet0/0/1 | Virtual Router 1
  State : Master
  Virtual IP : 172.16.1.254
  Master IP : 172.16.1.100
  PriorityRun : 120
  PriorityConfig : 120
  MasterPriority : 120
  Preempt : YES Delay Time : 20 s
  TimerRun : 1 s
  TimerConfig : 1 s
  Auth type : NONE
  Virtual MAC : 0000-5e00-0101
  Check TTL : YES
  Config type : normal-vrrp
  Backup-forward : disabled
  Create time : 2025-09-26 02:38:53
  Last change time : 2025-09-26 02:38:57
```

[R2]

Figure 16: R2 显示 VRRP 组状态

可以看到 R2 的 G0/0/1 口为 Master，状态为 Master，优先级为 120。在 R3 上执行 display vrrp 命令，显示如下：

```
[R3]dis vrrp
GigabitEthernet0/0/1 | Virtual Router 1
  State : Backup
  Virtual IP : 172.16.1.254
  Master IP : 172.16.1.100
  PriorityRun : 100
  PriorityConfig : 100
  MasterPriority : 120
  Preempt : YES Delay Time : 0 s
  TimerRun : 1 s
  TimerConfig : 1 s
  Auth type : NONE
  Virtual MAC : 0000-5e00-0101
  Check TTL : YES
  Config type : normal-vrrp
  Backup-forward : disabled
  Create time : 2025-09-26 02:45:02
  Last change time : 2025-09-26 02:45:02
```

Figure 17: R3 显示 VRRP 组状态

R3 的 G0/0/1 口为 Backup，状态为 Backup，优先级为 100。此时使用 traceroute 命令检验 PC1 到 R1 的连通性，显示如下：

```
C:\Users\Administrator>tracert 172.18.2.254

通过最多 30 个跃点跟踪到 172.18.2.254 的路由

  1      1 ms      1 ms      1 ms  172.16.1.200
  2    <1 毫秒    <1 毫秒    <1 毫秒  172.18.2.254

跟踪完成。

C:\Users\Administrator>ping 172.18.2.254

正在 Ping 172.18.2.254 具有 32 字节的数据:
来自 172.18.2.254 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=254
来自 172.18.2.254 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=254
来自 172.18.2.254 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=254
来自 172.18.2.254 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=254

172.18.2.254 的 Ping 统计信息:
    数据包: 已发送 = 4, 已接收 = 4, 丢失 = 0 (0% 丢失),
    往返行程的估计时间(以毫秒为单位):
        最短 = 0ms, 最长 = 0ms, 平均 = 0ms
```

Figure 18: traceroute 命令查看路由

Figure 18 中显示从 PC1 到 R1 的路径为 172.16.2.1->172.16.1.200->172.18.2.254，经过的是 R2。现在对 R2 的 G0/0/1 口执行 shutdown 命令关闭该接口，再次使用 traceroute 命令检验连通性，显示如下：

```
C:\Users\Administrator>tracert 172.16.1.254
通过最多 30 个跃点跟踪到 172.16.1.254 的路由
  1    <1 毫秒    <1 毫秒    <1 毫秒  172.16.1.254
跟踪完成。
C:\Users\Administrator>ping 172.16.1.254
正在 Ping 172.16.1.254 具有 32 字节的数据:
来自 172.16.1.254 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=255
来自 172.16.1.254 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=255
来自 172.16.1.254 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=255
来自 172.16.1.254 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=255
172.16.1.254 的 Ping 统计信息:
    数据包: 已发送 = 4, 已接收 = 4, 丢失 = 0 (0% 丢失),
    往返行程的估计时间(以毫秒为单位):
        最短 = 0ms, 最长 = 0ms, 平均 = 0ms
```

Figure 19: 断开后 traceroute 命令查看路由

Figure 19 中显示从 PC1 到 R1 的路径出现变化, VRRP 协议生效, 实现了主备切换, 保证了网络的连通性。

```
C:\Users\Administrator>ping 172.18.2.254
正在 Ping 172.18.2.254 具有 32 字节的数据:
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。
172.18.2.254 的 Ping 统计信息:
    数据包: 已发送 = 4, 已接收 = 0, 丢失 = 4 (100% 丢失),
C:\Users\Administrator>ping 172.16.1.254
正在 Ping 172.16.1.254 具有 32 字节的数据:
来自 172.16.1.254 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=255
来自 172.16.1.254 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=255
来自 172.16.1.254 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=255
来自 172.16.1.254 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=255
```

Figure 20: 断开后 ping 命令查看连通性

最后, 再对 R2 的 G0/0/1 口添加 track 功能, 监控接口状态, 当接口恢复时, 自动切换回主路由器。

```
[R2-GigabitEthernet0/0/1]vrrp vrid 1 track interface g0/0/0 reduced 30
[R2-GigabitEthernet0/0/1]dis vrrp
GigabitEthernet0/0/1 | Virtual Router 1
  State : Master
  Virtual IP : 172.16.1.254
  Master IP : 172.16.1.100
  PriorityRun : 120
  PriorityConfig : 120
  MasterPriority : 120
  Preempt : VES Delay Time : 20 s
  TimerRun : 1 s
  TimerConfig : 1 s
  Auth type : NONE
  Virtual MAC : 0000-5e00-0101
  Check TTL : VES
  Config type : normal-vrrp
  Backup-forward : disabled
  Track IF : GigabitEthernet0/0/0 Priority reduced : 30
  IF state : UP
  Create time : 2025-09-26 02:38:53
  Last change time : 2025-09-26 02:54:15
```

Figure 21: 开启 track 功能监控接口状态

至此, VRRP 协议配置完成, PC1 与 PC2 之间的通信实现了冗余备份。

5 实验总结

通过本次实验, 我了解了虚拟路由器冗余协议 (VRRP) 的基本概念和工作原理, 掌握了 VRRP 协议的配置方法。VRRP 协议通过将多台路由器虚拟成一个虚拟路由器, 提供默认网关服务, 实现了网关的冗余备份, 提高了网络的可靠性和可用性。在实验中, 我按照实验步骤, 配置了 VRRP 协议, 通过检验, 确认了 Master 和 Backup 的状态, 验证了主备切换的过程, 实现了网络的冗余备份。通过本次实验, 我不仅掌握了 VRRP 协议的配置方法, 还加深了对冗余技术的应用价值的理解, 为今后在实际网络环境中应用和维护相关技术打下了基础。

参考文献

- [1] 华为. NetEngine AR5700, AR6700, AR8000 V600R024C00 配置指南[EB/OL]. (2023-11-21).
<https://support.huawei.com/enterprise/zh/doc/EDOC1100412130>.