

网 络 工 程

本 科 实 验 报 告

实验名称： VPN 实例配置

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	2025.09.28

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	4
2 实验原理	4
2.1 VPN	4
2.2 VRF	4
2.2.1 概述	4
2.2.2 工作原理	4
3 实验环境	5
3.1 实验背景	5
3.2 实验设备	5
4 实验步骤及结果	5
4.1 实验拓扑	5
4.2 按照拓扑图接线	6
4.3 配置基本网络	7
4.3.1 配置 PC 和路由器以及交换机 Vlanif 的 IP 地址	7
4.3.2 在 LSW1 上建立 VPN 实例	8
4.4 结果检验	10
5 实验总结	11
参考文献	12

图目录

Figure 1 实验拓扑图	5
Figure 2 机柜正面接线图	6
Figure 3 机柜背面接线图	6
Figure 4 IP 地址表	7
Figure 5 IP 配置步骤示例(1)	7
Figure 6 IP 配置步骤示例(2)	7
Figure 7 IP 配置步骤示例(3)	8
Figure 8 IP 配置步骤示例(4)	8
Figure 9 激活 Vlanif 接口	8
Figure 10 创建 VPN 实例 vpn_employee 和 vpn_admin	8
Figure 11 创建管理 VPN 实例 (vpn_admin)	8
Figure 12 在 Vlan 20 上绑定 VPN 实例并设置 IP 地址	9
Figure 13 在 Vlan 200 上绑定 VPN 实例并设置 IP 地址	9
Figure 14 在 Vlan 10 上绑定 VPN 实例并设置 IP 地址	9
Figure 15 在 LSW1 上为 VPN 实例配置路由	9
Figure 16 在 AR1 上配置回程路由，AR2 同理	9
Figure 17 查看 VPN 实例信息	10
Figure 18 CLIENT1 分别 ping VPN 内外的主机	10

1 实验目的

1. 了解 VPN 的基本概念及应用场景；
2. 掌握 VPN 在隔离数据流、构建虚拟网络中的关键作用；
3. 熟悉 VPN 的配置方法与工作机制。

通过本实验，我将学习 VPN 的基本原理及其在实现多租户隔离、提升网络灵活性方面的重要应用。同时，通过实践掌握 VPN 实例的创建、接口绑定及路由表配置等操作，深入理解 VPN 实例在数据转发和隔离中的实现机制，并了解其与根实例的区别及优点。实验将进一步验证 VPN 实例在多接口场景下的流量隔离效果，帮助我建立对虚拟网络技术的系统性认识，为日后设计复杂网络拓扑和实现网络隔离奠定基础。

2 实验原理

2.1 VPN

虚拟专用网络（VPN，Virtual Private Network）是一种通过公共网络（如 Internet）建立安全连接的技术，用于实现远程用户接入、分支机构互联、数据加密传输等应用场景。VPN 技术通过加密隧道、身份认证、数据加密等手段，保障数据传输的安全性和隐私性，提高网络通信的可靠性和保密性。常见的 VPN 类型包括 IPSec VPN、SSL VPN、PPTP VPN 等，广泛应用于企业网络、远程办公、移动通信等领域。

2.2 VRF

2.2.1 概述

虚拟路由转发（VRF，Virtual Routing and Forwarding）技术通过在同一台三层设备上创建多张独立的路由表，实现数据流的隔离和独立转发。VRF 广泛应用于 MPLS VPN、防火墙等需要隔离的场景。在 VRF 环境中，每个实例拥有独立的接口、路由表和路由协议进程等，使流量彻底隔离。没有 VPN 实例时，设备的所有接口都属于同一个根实例；而创建 VPN 实例后，可以将特定接口绑定到该实例，使其服务于特定业务，从而实现多租户数据的独立管理。在华为设备上 VRF 又称为 VPN 实例。

2.2.2 工作原理

1. 创建实例：在物理设备中创建 VPN 实例，用于定义独立的转发域；
2. 接口绑定：将三层接口（如物理接口、子接口或 VLANIF 接口）分配给实例，使其成为实例的一部分；
3. 路由表建立：基于实例绑定的接口和配置的路由协议建立独立的路由表，并按照这些路由表转发数据，从而实现实例间的数据隔离。

3 实验环境

3.1 实验背景

本实验模拟企业网络场景。利用 VPN 实例技术实现公司内员工所用电脑 client1 不可访问管理 client4 和 client2；公司内管理员所用电脑 client2 不可访问管理 client3 和 client1。

3.2 实验设备

设备名称	设备型号	设备数量
路由器	华为 AR6120-S	2
交换机	华为 S5735	1
PC	联想启天 M410 Windows 10	4

另有网线若干，控制线 3 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：

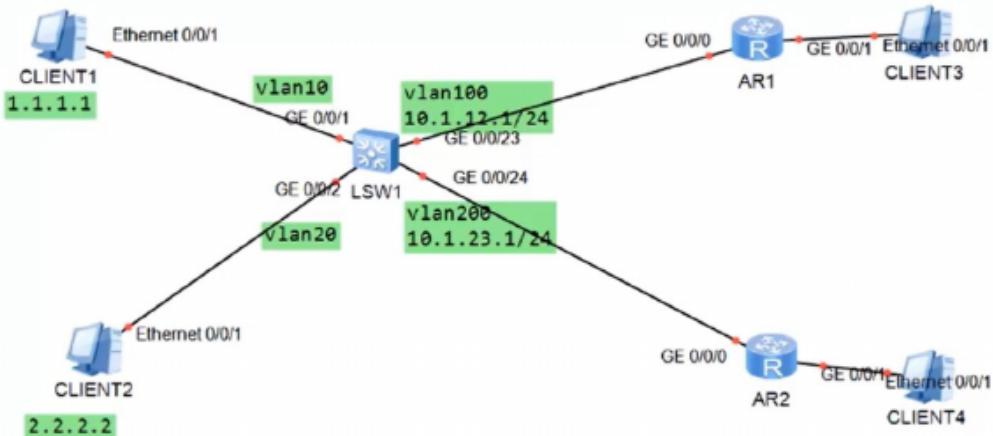


Figure 1: 实验拓扑图

要求将 CLIENT1、CLIENT3 和 CLIENT2、CLIENT4 分别划分到一个 VPN 实例中。

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 配置基本网络

4.3.1 配置 PC 和路由器以及交换机 Vlanif 的 IP 地址

配置 IP 如下表所示：

设备名	接口	IP地址	子网掩码	网关
Client1	Ethernet 0/0/1	1.1.1.1	255.255.255.0	1.1.1.254
Client2	Ethernet 0/0/1	2.2.2.2	255.255.255.0	2.2.2.254
Client3	Ethernet 0/0/1	3.3.3.3	255.255.255.0	3.3.3.254
Client4	Ethernet 0/0/1	4.4.4.4	255.255.255.0	4.4.4.254
LSW1	Vlan-if 10	1.1.1.254	255.255.255.0	N/A
	Vlan-if 20	2.2.2.254	255.255.255.0	N/A
	Vlan-if 100	10.1.12.1	255.255.255.0	N/A
	Vlan-if 200	10.1.23.1	255.255.255.0	N/A
AR1	GE 0/0/0	10.1.12.2	255.255.255.0	N/A
	Eth 0/0/1	3.3.3.254	255.255.255.0	N/A
AR2	GE 0/0/0	10.1.23.2	255.255.255.0	N/A
	Eth 0/0/1	4.4.4.254	255.255.255.0	N/A

Figure 4: IP 地址表

具体配置命令较为简单，此处不再赘述，以下为部分步骤截图：

```
[LSW1-Vlanif20]int Vlanif 100
[LSW1-Vlanif100]ip binding vpn-instance vpn_employee
Info: All IPv4 related configurations on this interface are removed!
Info: All IPv6 related configurations on this interface are removed!
[LSW1-Vlanif100]ip addr 10.1.12.1 2
Sep 30 2025 08:59:21 LSW1 DS/4/DATASYNC_CFGCHANGE:OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25.191.
3.1 configurations have been changed. The current change number is 56, the chang
e loop count is 0, and the maximum number of records is 4095.
[LSW1-Vlanif100]ip addr 10.1.12.1 255.255.255.0
[LSW1-Vlanif100]
Sep 30 2025 08:59:25 LSW1 %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[8]:The line protocol IP on t
he interface Vlanif100 has entered the UP state.
```

Figure 5: IP 配置步骤示例(1)

```
[AR2]int g0/0/0
[AR2-GigabitEthernet0/0/0]undo portswitch
[AR2-GigabitEthernet0/0/0]ip addr 10.1.23.2 255.255.255.0
[AR2-GigabitEthernet0/0/0]q
[AR2]int g0/0/1
[AR2-GigabitEthernet0/0/1]undo portswitch
[AR2-GigabitEthernet0/0/1]ip addr 4.4.4.254 255.255.255.0
[AR2-GigabitEthernet0/0/1]q
```

Figure 6: IP 配置步骤示例(2)

```
[LSW1] int g0/0/2
[LSW1-GigabitEthernet0/0/2] port link-type access
Info: This operation may take a few seconds. Please wait for a moment...done.
[LSW1-GigabitEthernet0/0/2] port defa
Sep 30 2025 08:38:59 LSW1 DS/4/DATASYNC_CFGCHANGE:OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25.191.
3.1 configurations have been changed. The current change number is 34, the chang
e loop count is 0, and the maximum number of records is 4095.
[LSW1-GigabitEthernet0/0/2] port default vlan 20
[LSW1-GigabitEthernet0/0/2]q
```

Figure 7: IP 配置步骤示例(3)

```
[AR1] int g0/0/1
[AR1-GigabitEthernet0/0/1]undo portswitch
[AR1-GigabitEthernet0/0/1]ip addr 3.3.3.254 255.255.255.0
[AR1-GigabitEthernet0/0/1]q
```

Figure 8: IP 配置步骤示例(4)

4.3.2 在 LSW1 上建立 VPN 实例

首先需要在 LSW1 上创建两个 VPN 实例，分别用于隔离 Vlan 20 和 Vlan 200 上的流量。

```
[LSW1-Vlanif10] int
Sep 30 2025 08:51:01 LSW1 DS/4/DATASYNC_CFGCHANGE:OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25.191.
3.1 configurations have been changed. The current change number is 40, the chang
e loop count is 0, and the maximum number of records is 4095.
[LSW1-Vlanif10] int Vlanif 20
[LSW1-Vlanif20] int Vlanif 20
Sep 30 2025 08:51:10 LSW1 %%01IFNET/4/IF_STATE(1)[1]:Interface Vlanif20 has turn
ed into UP state.
[LSW1-Vlanif20] int Vlanif
Sep 30 2025 08:51:11 LSW1 DS/4/DATASYNC_CFGCHANGE:OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25.191.
3.1 configurations have been changed. The current change number is 41, the chang
e loop count is 0, and the maximum number of records is 4095.
[LSW1-Vlanif20] int Vlanif 100
[LSW1-Vlanif100] int
Sep 30 2025 08:51:14 LSW1 %%01IFNET/4/IF_STATE(1)[2]:Interface Vlanif100 has tur
ned into UP state.
[LSW1-Vlanif100] int Vlanif 200
[LSW1-Vlanif200]
Sep 30 2025 08:51:17 LSW1 %%01IFNET/4/IF_STATE(1)[3]:Interface Vlanif200 has tur
ned into UP state.
[LSW1-Vlanif200]
```

Figure 9: 激活 Vlanif 接口

```
[LSW1] ip vpn-instance vpn_employee
[LSW1-vpn-instance-vpn_employee] route
Sep 30 2025 08:52:11 LSW1 DS/4/DATASYNC_CFGCHANGE:OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25.191.
3.1 configurations have been changed. The current change number is 44, the chang
e loop count is 0, and the maximum number of records is 4095.
[LSW1-vpn-instance-vpn_employee] route-distinguisher 100:1
[LSW1-vpn-instance-vpn_employee] route-distinguisher 100:1
[LSW1-vpn-instance-vpn_employee] af-ipv4
Sep 30 2025 08:52:21 LSW1 DS/4/DATASYNC_CFGCHANGE:OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25.191.
3.1 configurations have been changed. The current change number is 45, the chang
e loop count is 0, and the maximum number of records is 4095.
[LSW1-vpn-instance-vpn_employee] af-ipv4
```

Figure 10: 创建 VPN 实例 vpn_employee 和 vpn_admin

```
[LSW1] ip vpn-instance vpn_admin
[LSW1-vpn-instance-vpn_admin] route-dis
[LSW1-vpn-instance-vpn_admin] route-distinguisher 100:2
[LSW1-vpn-instance-vpn_admin] af-ipv4
```

Figure 11: 创建管理 VPN 实例 (vpn_admin)

接下来需要将 VLAN 接口绑定到对应的 VPN 实例并配置 IP。

```
[LSW1]int Vlanif 20
[LSW1-Vlanif20]ip binding vpn-instance vpn_admin
[LSW1-Vlanif20]ip binding vpn-instance vpn_admin
Info: The interface is already associated to the same VPN instance.
[LSW1-Vlanif20]ip address 2.2.2.254 255.255.255.0
[LSW1-Vlanif20]
Sep 30 2025 08:58:37 LSW1 %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[7]:The line protocol IP on the interface Vlanif20 has entered the UP state.
```

Figure 12: 在 Vlan 20 上绑定 VPN 实例并设置 IP 地址

```
[LSW1]int Vlanif 200
[LSW1-Vlanif200]ip binding vpn-instance vpn_admin
Info: All IPv4 related configurations on this interface are removed!
Info: All IPv6 related configurations on this interface are removed!
[LSW1-Vlanif200]ip addr 10.1.23.1 2
Sep 30 2025 09:00:12 LSW1 DS/4/DATASYNC_CFGCHANGE:OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25.191.3.1 configurations have been changed. The current change number is 58, the change loop count is 0, and the maximum number of records is 4095.
[LSW1-Vlanif200]ip addr 10.1.23.1 255.255.255.0
[LSW1-Vlanif200]
Sep 30 2025 09:00:17 LSW1 %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[9]:The line protocol IP on the interface Vlanif200 has entered the UP state.
```

Figure 13: 在 Vlan 200 上绑定 VPN 实例并设置 IP 地址

```
[LSW1-Vlanif10]ip binding vpn-instance vpn_employee
Info: All IPv4 related configurations on this interface are removed!
Info: All IPv6 related configurations on this interface are removed!
[LSW1-Vlanif10]
Sep 30 2025 08:54:01 LSW1 DS/4/DATASYNC_CFGCHANGE:OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25.191.3.1 configurations have been changed. The current change number is 48, the change loop count is 0, and the maximum number of records is 4095.
[LSW1-Vlanif10]ip addr 1.1.1.254 255.255.255.0
[LSW1-Vlanif10]
Sep 30 2025 08:54:27 LSW1 %%01IFNET/4/LINK_STATE(1)[4]:The line protocol IP on the interface Vlanif10 has entered the UP state.
[LSW1-Vlanif10]q
```

Figure 14: 在 Vlan 10 上绑定 VPN 实例并设置 IP 地址

最后只需要在 LSW 上配置路由并在路由器配置回程路由即可。

```
[LSW1]ip route-static vpn-instance vpn_employee 3.3.3.0 255.255.255.0 10.1.12.2
[LSW1]
Sep 30 2025 09:01:12 LSW1 DS/4/DATASYNC_CFGCHANGE:OID 1.3.6.1.4.1.2011.5.25.191.3.1 configurations have been changed. The current change number is 60, the change loop count is 0, and the maximum number of records is 4095.
[LSW1]ip route-static vpn-instance vpn_admin 4.4.4.0 255.255.255.0 10.1.23.2
```

Figure 15: 在 LSW1 上为 VPN 实例配置路由

```
[AR1]ip route-static 1.1.1.0 255.255.255.0 10.1.12.1
[AR1]_
```

Figure 16: 在 AR1 上配置回程路由，AR2 同理

4.4 结果检验

在 LSW1 上查看 VPN 实例信息，确认配置成功：

```
[LSW1]dis ip routing-table vpn-instance vpn_employee
Route Flags: R - relay, D - download to fib
-----
Routing Tables: vpn_employee
Destinations : 5      Routes : 5
-----  

Destination/Mask Proto Pre Cost   Flags NextHop     Interface
      1.1.1.0/24 Direct 0   0       D   1.1.1.254   Vlanif10
      1.1.1.254/32 Direct 0   0       D   127.0.0.1   Vlanif10
      3.3.3.0/24  Static 60  0       RD  10.1.12.2   Vlanif100
      10.1.12.0/24 Direct 0   0       D   10.1.12.1   Vlanif100
      10.1.12.1/32 Direct 0   0       D   127.0.0.1   Vlanif100  

[LSW1]dis ip routing-table vpn-instance vpn_admin
Route Flags: R - relay, D - download to fib
-----
Routing Tables: vpn_admin
Destinations : 5      Routes : 5
-----  

Destination/Mask Proto Pre Cost   Flags NextHop     Interface
      2.2.2.0/24 Direct 0   0       D   2.2.2.254   Vlanif20
      2.2.2.254/32 Direct 0   0       D   127.0.0.1   Vlanif20
      4.4.4.0/24  Static 60  0       RD  10.1.23.2   Vlanif200
      10.1.23.0/24 Direct 0   0       D   10.1.23.1   Vlanif200
      10.1.23.1/32 Direct 0   0       D   127.0.0.1   Vlanif200  

[LSW1]
```

Figure 17: 查看 VPN 实例信息

在 CLIENT1 上分别 ping CLIENT2, CLIENT3 与 CLIENT4, 发现 CLIENT1 与 CLIENT2, CLIENT4 无法通信, CLIENT1 与 CLIENT3 可以通信：

```
C:\Users\Administrator>ping 3.3.3.3
正在 Ping 3.3.3.3 具有 32 字节的数据:
来自 3.3.3.3 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=126

3.3.3.3 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

C:\Users\Administrator>ping 2.2.2.2
正在 Ping 2.2.2.2 具有 32 字节的数据:
请求超时。

2.2.2.2 的 Ping 统计信息:
    数据包: 已发送 = 1, 已接收 = 0, 丢失 = 1 (100% 丢失),
Control-C
^C

C:\Users\Administrator>ping 4.4.4.4
正在 Ping 4.4.4.4 具有 32 字节的数据:
请求超时。

4.4.4.4 的 Ping 统计信息:
    数据包: 已发送 = 1, 已接收 = 0, 丢失 = 1 (100% 丢失),
Control-C
^C

C:\Users\Administrator>
```

Figure 18: CLIENT1 分别 ping VPN 内外的主机

说明 VPN 实例 `vpn_employee` 和 `vpn_admin` 的配置成功，实现了 CLIENT1 与 CLIENT2 等的数据隔离。

5 实验总结

本次实验通过配置 VPN 实例，实现了不同网络之间的数据隔阂，验证了 VPN 实例在网络隔离中的重要作用。通过实验，我掌握了 VPN 实例的创建、接口绑定、路由配置等操作方法，深入理解了 VPN 实例在数据转发和隔离中的实现机制。同时，通过实验证明了 VPN 实例在多接口场景下的流量隔离效果，为我今后设计复杂网络拓扑和实现网络隔离提供了重要参考。

参考文献

- [1] 华为. S600-E 系列交换机 典型配置案例 - 华为[EB/OL]. (2024-11-07). <https://support.huawei.com/enterprise/zh/doc/EDOC1000141427/f36b09a2>.
- [2] 华为. S600-E 系列交换机 典型配置案例 - 华为[EB/OL]. (2024-11-07). <https://support.huawei.com/enterprise/zh/doc/EDOC1000141427/82710693>.
- [3] 华为. 配置端口安全示例 - S600-E 系列交换机 典型配置案例 - 华为[EB/OL]. (2024-11-07). <https://support.huawei.com/enterprise/zh/doc/EDOC1000141427/6b53bfef>.