

```
[S1-Ethernet0/13]undo port link-type
[S1-Ethernet0/13]port link-type hybrid
[S1-Ethernet0/13]port hybrid pvid vlan 1
[S1-Ethernet0/13]port hybrid vlan 2 tagged
[S1-Ethernet0/13]port hybrid vlan 3 untagged
```

S2 的配置类似，执行 PCB ping PCD，观察能否 ping 通，为什么？

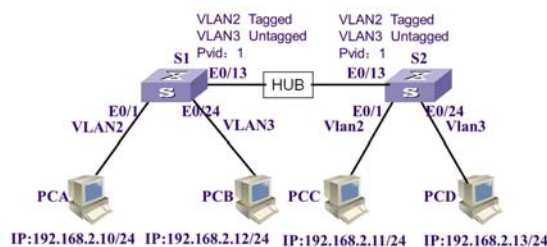


图 2-12 Hybrid 端口实验组网图

修改两个交换机的 E0/13 端口的配置，写出配置命令，使 PCB 和 PCD 能够 ping 通，结合各计算机截获报文综合分析，将第一条 ICMP echo Request 报文的二层转发过程填入表-5。

表-5 跨交换机 VLAN 的实验

转发过程	源 MAC 地址	目的 MAC 地址	源 IP 地址	目的 IP 地址	VLAN ID
PCB→S1					
S1→S2					
S2→PCD					

**思考题 2：**与步骤八比较，截获的报文有何不同？请结合 VLAN 端口分类和 PVID 的作用，解释这种情况下，报文转发的过程。

## 4.7 实验总结

通过在一台交换机上划分 VLAN 和配置 Trunk 端口，并用 ping 命令测试在同一 VLAN 和不同 VLAN 中设备的连通性，进一步理解 IEEE802.1q 协议标准规定的 VLAN 技术的基本原理。

## 5 广域网数据链路层协议实验

### 5.1 实验目的

掌握广域网链路层 PPP 协议的基本原理和基本配置。

### 5.2 实验内容

由于实验中并不存在真实的广域网，为进行实验利用背靠背连线模拟广域网，并配置广域网的数据链路层协议 PPP 协议、PPP 协议的验证方式，使各网络互通，体会广域网协议的工作过程和配置方法。

## 5.3 实验原理

### 5.3.1 PPP 协议（Point to Point Protocol）

PPP 协议是全世界使用最多的数据链路层协议，它已成为因特网的正式标准[RFC 1661]。PPP 协议有三个组成部分：

(1) 一个将 IP 数据报封装到串行链路的方法。PPP 既支持异步链路（无奇偶效验的 8 比特数据），也支持面向比特的同步链路。IP 数据报在 PPP 帧中就是其信息部分。这个信息部分的长度受最大接受单元 MRU 的限制。MRU 的默认值是 1500 字节。

(2) 一个用来建立、配置和测试数据链路连接的链路控制协议 LCP（Link Control Protocol）。通信的双方可协商一些选项。

(3) 一套网络控制协议 NCP（Network Control Protocol），其中的每一个协议支持不同的网络层协议，如 IP，OSI 的网络层，DECnet，以及 AppleTalk 等。

PPP 的帧格式和 HDLC 的相似。如图-14 所示：

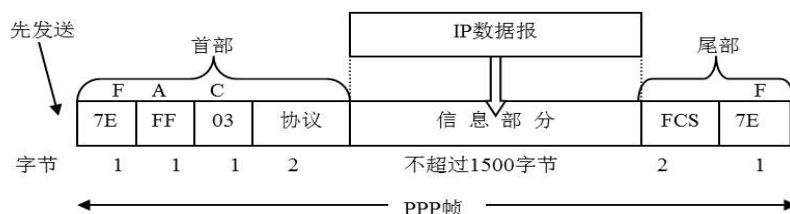


图-14 PPP 的帧结构

PPP 帧的前三个字段中，标志字段 F 是 0x7E，地址字段 A 只置为 0xFF，表示所有的站都接收这个帧。因为 PPP 只用于点对点链路，地址字段实际上不起作用。控制字段 C 通常置为 0x03。表示 PPP 帧不使用编号。PPP 不是面向比特而是面向字节的，因而所有的 PPP 帧的长度都是整数个字节。

接下来是两个字节的协议字段，当协议字段为 0x0021 时，PPP 帧的信息字段就是 IP 数据报。若为 0xC021，则信息字段是 PPP 链路控制数据，而 0x8021 表示这是网络控制数据。

PPP 之所以不使用序号和确认机制主要是因为：

- 第一，在数据链路层出现差错的概率不大时，使用比较简单的 PPP 协议较为合理。
- 第二，数据链路层的可靠传输并不能保证网络层的传输也是可靠的。
- 第三，PPP 协议可保证无差错接受。

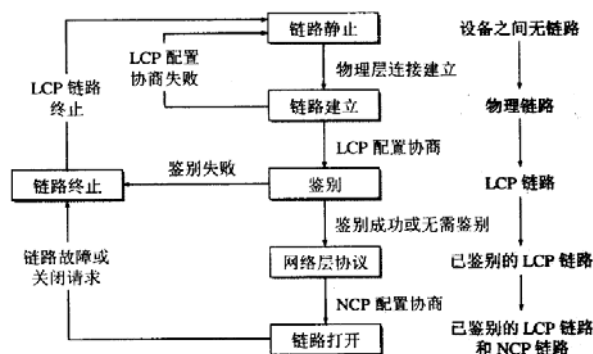


图 15 PPP 协议的状态图

PPP 协议的协商及状态转移过程如图 15 所示，由于篇幅限制，详细内容请参考“谢希仁编著的《计算机网络》第五版”和 RFC1661。

### 5.3.2 PPP 协议的身份验证

PPP 协议主要是针对在点对点链路上传送网络协议数据而提出的，通常是利用拨号线路进行互联，由于话音交换机对数据通信中的安全性考虑不多，因此 PPP 协议包含了通信双方身份认证的安全性协议，即在网络层协商 IP 地址之前，首先必须通过身份认证。

PPP 的身份验证有两种方式：PAP 和 CHAP。

#### ● PAP 的验证过程

PAP (Password Authentication Protocol) 是一种很简单的认证协议，分两步进行，验证过程从客户端发起，密码明文传输。PAP 协议仅在连接建立阶段进行，在数据传输阶段不进行 PAP 认证。

PAP 验证过程如图所示：

- (1) A 与 B 之间通过 PPP 协议互联，A 设置为验证方，B 为被验证方，当 B 拨通 A 后，B 会将用户名（一般设置为路由器的名字）与口令一起发给 A；
- (2) 验证方 A 根据本端的用户数据库（或 Radius 服务器）查看是否有此用户，口令是否正确。如正确则会给对端发送 ACK 报文，通告对端已被允许进入下一阶段协商；否则发送 NAK 报文，通告对端验证失败。

通常，验证失败并不会直接将链路关闭。只有当验证通不过的次数达到一定值时，才会关闭链路，以防止因误传、网络干扰等造成不必要的 LCP 重新协商过程。

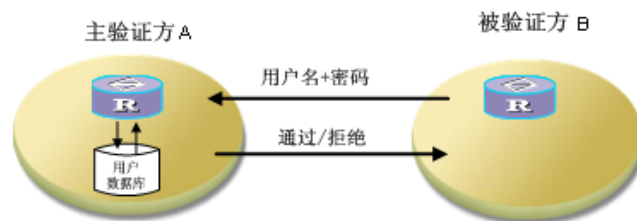


图 16 PAP 是两次握手验证协议，口令以明文传送，被验证方首先发起验证请求

PAP 的特点是在网络上以明文的方式传递用户名及口令，如在传输过程中被截获，便有可能对网络安全造成极大的威胁。因此，它适用于对网络安全要求相对较低的环境。

#### ● CHAP 的验证过程

CHAP (Challenge-Handshake Authentication Protocol) 相对 PAP 安全性更高。它的验证分三步进行，验证过程由验证方发起。CHAP 为三次握手协议。只在网络上传输用户名，而并不直接传输用户口令。CHAP 的验证过程为：

- (1) 验证方 A 向被验证方 B 发送一些随机产生的报文，并同时 will 本端的主机名附带上一一起发送给 B；
- (2) B 接收到对端发送的验证请求 (Challenge) 时，便根据此报文中 A 的主机名和本端的用户数据库查找用户口令字，如找到用户数据库中与验证方主机名相同的用户，便利用接收到的随机报文、此用户的密钥和报文 ID 用 Md5 算法生成应答 (Response)，随后将应答和自己的主机名送回；
- (3) A 接收到此应答后，利用对端的用户名在本端的用户数据库中查找本方保留的口令字，用本方保留的口令字 (密钥) 和随机报文及报文 ID 用 Md5 算法得出结果，与被验证方应答比较，根据比较结果返回相应的结果 (ACK or NAK)。

其交互过程如图所示。

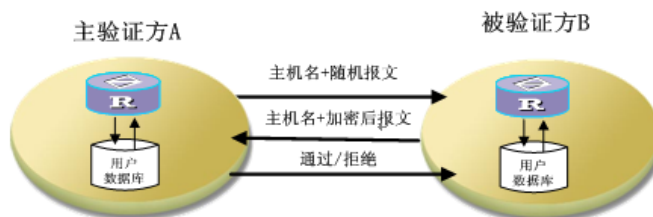


图 17 CHAP 为三次握手验证，不发送口令，主验证方首先发起验证请求

CHAP 协议不仅在连接建立阶段进行，在以后的数据传输阶段也可以按随机间隔继续进行，但每次 A 发给 B 的随机数据都应不同，以防被第三方猜出密钥。如果 A 发现结果不一致，将立即切断线路。它的特点是只在网络上传输用户名，而并不传输用户口令，因此它的安全性要比 PAP 高。

## 5.4 实验环境与分组

- Quidway 26 系列路由器 2 台，Quidway S3526 交换机 1 台，计算机 4 台，标准网线 5 根，console 线 2 条，V35 或 V24 DTE/DCE 线缆 1 对；
- 每 4 学生一组，每 2 人配置一台路由器。

## 5.5 实验组网

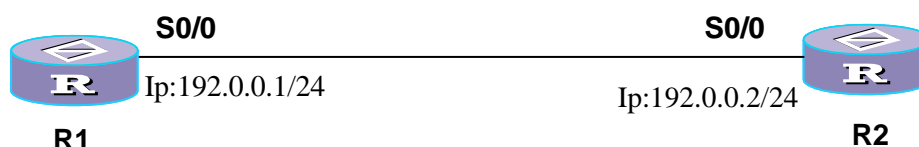


图-18 实验组网图

## 5.6 实验步骤

### 5.6.1 PPP 协议（Point to Point Protocol）

**步骤一** 为了保证配置不受影响，请在实验之前清除路由器的所有配置后重新启动。并按组网图连接好设备，配置各路由器接口的 IP 地址等。其参考配置如下：

```
[Router]sysname R1
[R1]interface Serial 0/0
[R1-Serial0/0]ip address 192.0.0.1 24
R2 的配置过程同 R1 相似
```

**步骤二** 配置 PPP 协议，参考配置命令：

```
[R1]interface Serial 0/0
[R1-Serial0]link-protocol ppp
R2 的配置过程同 R1 相似
```

**步骤三** 在配置完成后，需要重新启动该接口使之生效。

```
[R1-serial0/0] shutdown //关闭端口
[R1-serial0/0] undo shutdown //启用端口
R2 的配置过程同 R1 相同
```

**步骤四** 两个路由器相互 ping，看能否 ping 通。

```
[R1]ping 192.0.0.2
```

**步骤五** 执行下面的命令：

```
<R1>debugging ppp all //打开 PPP 协议的 debug 开关
```

```
<R1>terminal debugging //显示 debug 信息
```

```
[R2-Serial0/0]shutdown
```

```
[R2-Serial0/0]undo shutdown
```

问题：根据 R1 上的 debug 显示信息，画出 LCP 协议在协商过程中的状态转移图（事件驱动、状态转移）。

### 5.6.2 配置路由器之间的 PPP 协议的身份验证

PPP 协议的身份认证有 PAP 和 CHAP 两种方式，下面分别介绍其配置：

#### ■ PAP 验证方式

路由器 R1 以 PAP 方式验证路由器 R2，R1 作为主验证方，R2 为被验证方，用户名为 RTB，密码为 aaa。在配置时要注意双方的密码必须一致且区分大小写。

**步骤六** 路由器[R1]的配置

```
[R1]local-user RTB //配置用户列表
```

```
[R1-user-RTB]service-type ppp //配置服务类型
```

```
[R1-user-RTB]password simple aaa //配置用户对密码
```

```
[R1]interface serial 0/0 //进入路由器接口视图
```

```
[R1-serial0/0] ppp authentication pap //授权 PAP 验证
```

**步骤七** 路由器[R2]的配置

```
[R2]interface serial 0/0 //进入路由器接口视图
```

```
[R2-serial0/0]ppp pap local-user RTB password simple aaa
```

```
//配置 PAP 用户名和密码
```

**步骤八** 重新启动接口，使配置生效。

在配置完成后，需要在接口上 shutdown 和 undo shutdown 使之生效。

```
[R1-serial0/0] shutdown //关闭端口
```

```
[R1-serial0/0] undo shutdown //启用端口
```

**步骤九** 检查上述配置是否生效

在路由器[R1]上 ping 路由器[R2]，看能否 ping 通。

```
[R1]ping 192.0.0.2
```

如果能够 ping 通，则说明上述配置没有问题。

问题：请简述 PAP 验证的配置过程。

同时，执行下面的命令：

```
<R1>debugging ppp pap all //打开 PAP 的 debug 开关
```

```
<R1>terminal debugging //显示 debug 信息
```

```
[R1-Serial0/0]shutdown
```

```
[R1-Serial0/0]undo shutdown
```

根据 debug 显示和 PPP 协商流程，画出 PPP 协议的状态图。

#### ■ CHAP 验证方式

路由器 R1 以 CHAP 方式验证路由器 R2，R1 作为主验证方，R2 为被验证方，用户名分别

为 RTA 和 RTB，密码为 aaa。其中，在配置中要注意双方的密码必须一致且区分大小写。

#### 步骤十 路由器[R1]的配置

```
[R1]local-user RTB //配置用户列表
[R1-user-RTB]service-type ppp //配置服务类型
[R1-user-RTB]password simple aaa //配置用户对应密码
[R1] interface serial 0/0 //进入路由器接口视图
[R1-serial0/0] ppp authentication-mode chap //授权 CHAP 验证
[R1-serial0/0] ppp chap user RTA //配置本地名称
```

#### 步骤十一 路由器[R2]的配置

```
[R2]local-user RTA //配置用户列表
[R2]local-user RTA service-type ppp
[R2]local-user RTA password simple aaa
[R2]interface serial 0/0 //进入路由器接口视图
[R2-serial0/0] ppp chap user RTB //配置本地名称
```

#### 步骤十二 重新启动接口，使配置生效。

在配置完成后，需要在接口上 shutdown 和 undo shutdown 使之生效。

```
[R1-serial0/0] shutdown //关闭端口
[R1-serial0/0] undo shutdown //启用端口
```

#### 步骤十三 检查上述配置是否生效

在路由器[R1]上 ping 路由器[R2]，看能否 ping 通。

```
[R1]ping 192.0.0.2
```

问题：请简述 CHAP 验证的配置过程，并比较 PAP 和 CHAP 的相似点和不同点。（选做）  
同时，执行下面的命令：

```
<R1>debugging ppp chap all //打开 CHAP 的 debug 开关
<R1>terminal debugging //显示 debug 信息
[R1-Serial0/0]shutdown
[R1-Serial0/0]undo shutdown
```

根据 debug 显示和 PPP 协商流程，画出 PPP 协议的状态图。

## 5.7 实验总结

通过在实验室中模拟广域网，并配置广域网的链路层协议，初步了解广域网所使用的数据链路层协议，加深对数据链路层的理解和认识。

## 6 设计型实验

一个公司需要组建局域网，公司主要有财务、人事、工程、研发、市场等部门，每个部门人数都不超过 20 人，另外公司还有一些公共服务器。请给出设计方案，并提供实验验证。  
要求满足：

- 1) 所有部门不能互相访问；
- 2) 每个部门都可以访问公共服务器。

## 预习报告

1. 查阅相关资料，写出交换机和集线器（HUB）的不同之处。
2. 请写出 Ethernet II 标准和 IEEE 802.3 标准的 MAC 层报文结构，以及它们的相同点和不同点。
3. 简述交换机 MAC 地址表的学习和基于 MAC 地址表的数据转发过程。
4. 划分虚拟局域网（VLAN）有什么作用？写出 VLAN 数据帧的传输过程。
5. 请写出 Access 端口、Trunk 端口和 Hybrid 端口有什么不同？
6. PPP 的两种身份验证协议 PAP 协议和 CHAP 协议有什么不同？请写出 R1 为被验证方，R2 为主验证方时，PAP 验证方式和 CHAP 验证方式下 R1 和 R2 路由器的配置。