

第5章

以太网链路聚合实验

通过实验,深刻了解链路聚合的基本原理和功能,掌握链路聚合与 VLAN、生成树协议之间的相互作用过程,完整掌握交换式以太网技术。

5.1 链路聚合配置实验

5.1.1 实验目的

一是掌握链路聚合配置过程。二是了解链路聚合控制协议(Link Aggregation Control Protocol,LACP)的协商过程。三是了解 MAC 帧分发算法。

5.1.2 实验原理

网络结构如图 5.1 所示,交换机 S1 与交换机 S2 之间通过由三条物理链路聚合成的逻辑链路互连,这种由多条物理链路聚合成的逻辑链路称为聚合链路。在 Packet Tracer 中,聚合链路称为端口通道,不同的聚合链路用不同的端口通道号标识。对于交换机而言,端口通道等同于单个端口,对所有通过端口通道接收到的 MAC 帧,转发表中创建用于指明该 MAC 帧源 MAC 地址与该端口通道之间关联的转发项。首先需要通过手工配置建立交换机端口与端口通道之间的关联,交换机 S1 和交换机 S2 中创建的端口通道及分配给各个端口通道的交换机端口如表 5.1 所示。然后,通过 LACP 激活分配给某个端口通道的交换机端口,通过配置 MAC 帧分发策略确定将 MAC 帧分发到聚合链路中某条物理链路的方法。

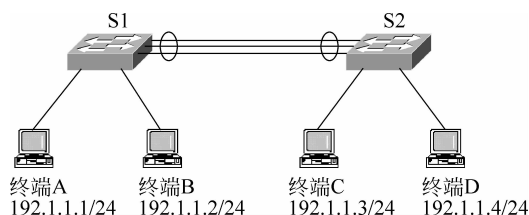


图 5.1 实现链路聚合的网络结构

表 5.1 端口通道配置表

交 换 机	端 口 通 道	物 理 端 口
交换机 S1	port-channel 1	FastEthernet0/3
		FastEthernet0/4
		FastEthernet0/5
交换机 S2	port-channel 1	FastEthernet0/3
		FastEthernet0/4
		FastEthernet0/5

5.1.3 关键命令说明

1. 创建并分配端口给端口通道

如果需要将交换机端口 FastEthernet0/3~FastEthernet0/5 分配给编号为 1 的端口通道,输入以下命令。

```
Switch(config) # interface range FastEthernet0/3 - FastEthernet0/5
Switch(config-if-range) # channel-group 1 mode active
```

interface range FastEthernet0/3-FastEthernet0/5 是全局模式下使用的命令,该命令的作用是进入对一组交换机端口配置特性的接口配置模式,在该接口配置模式下完成的配置对一组交换机端口同时有效。FastEthernet0/3-FastEthernet0/5 用于指定一组交换机端口 FastEthernet0/3、FastEthernet0/4 和 FastEthernet0/5。

channel-group 1 mode active 是接口配置模式下使用的命令,该命令的作用有三:一是创建编号为 1 的端口通道,二是将一组交换机端口 FastEthernet0/3~FastEthernet0/5 分配给该端口通道,三是指定 active 为分配给该端口通道的交换机端口的激活模式。交换机端口激活模式与使用的链路聚合控制协议有关,表 5.2 给出激活模式与链路聚合控制协议之间的关系。

表 5.2 激活模式与链路聚合控制协议之间关系

模 式	链路聚合控制协议
active	通过 LACP 协商过程激活端口,物理链路另一端的模式或是 active,或是 passive
passive	通过 LACP 协商过程激活端口,物理链路另一端的模式必须是 active
auto	通过 PAgP 协商过程激活端口,物理链路另一端的模式必须是 desirable。PAgP 是 Cisco 专用的链路聚合控制协议
desirable	通过 PAgP 协商过程激活端口,物理链路另一端的模式或是 desirable,或是 auto
on	手工激活,物理链路两端模式必须都是 on,不使用链路聚合控制协议,因此,无法自动监测物理链路另一端端口的状态

2. 指定使用的链路聚合控制协议

```
Switch(config-if-range) # channel-protocol lacp
```

channel-protocol lacp 是接口配置模式下使用的命令,该命令的作用是指定 LACP 为这

一组端口使用的链路聚合控制协议。

3. 指定 MAC 帧分发策略

```
Switch(config) # port-channel load-balance src-dst-mac
```

port-channel load-balance src-dst-mac 是全局模式下使用的命令,该命令的作用是指定根据 MAC 帧的源和目的 MAC 地址确定用于传输该 MAC 帧的物理链路的分发策略。

Packet Tracer 支持的其他分发策略如下。

dst-ip: 根据 MAC 帧封装的 IP 分组的目的 IP 地址确定用于传输该 MAC 帧的物理链路。

dst-mac: 根据 MAC 帧的目的 MAC 地址确定用于传输该 MAC 帧的物理链路。

src-dst-ip: 根据 MAC 帧封装的 IP 分组的源和目的 IP 地址确定用于传输该 MAC 帧的物理链路。

src-ip: 根据 MAC 帧封装的 IP 分组的源 IP 地址确定用于传输该 MAC 帧的物理链路。

src-mac: 根据 MAC 帧的源 MAC 地址确定用于传输该 MAC 帧的物理链路。

5.1.4 实验步骤

(1) 启动 Packet Tracer,在逻辑工作区根据图 5.1 所示网络结构放置和连接设备,完成设备放置和连接后的逻辑工作区界面如图 5.2 所示。根据图 5.1 所示的终端配置信息完成各个终端的 IP 地址和子网掩码配置。

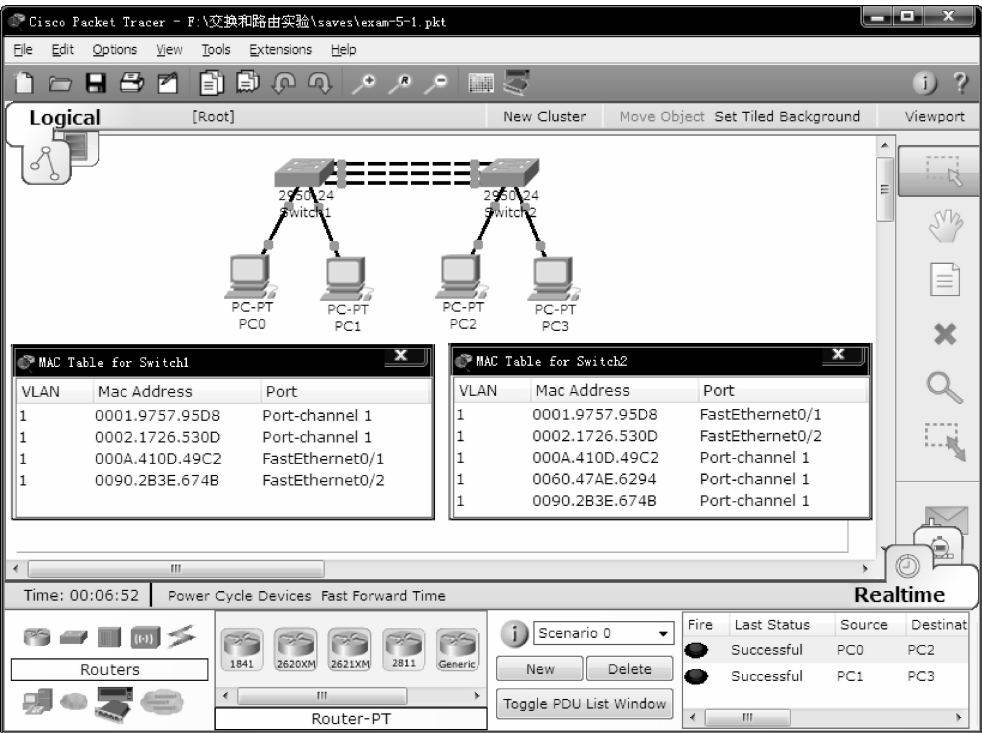


图 5.2 放置和连接设备后的逻辑工作区界面及转发表

(2) 根据 5.1.5 节命令行配置过程给出的命令序列完成交换机 Switch1 和交换机 Switch2 的命令行配置过程。在各个交换机中创建编号为 1 的端口通道,将交换机端口 FastEthernet0/3~FastEthernet0/5 分配给该端口通道,指定端口激活模式为 active,指定使用的链路聚合控制协议为 LACP,指定使用的 MAC 帧分发策略为 src-dst-mac。

(3) 通过 Ping 操作完成各个终端之间的 MAC 帧交换过程,交换机 Switch1 和交换机 Switch2 建立如图 5.2 所示的转发表。

(4) 进入模拟操作模式,截获如图 5.3 所示的 Switch1 发送给 Switch2 的 LACP 报文,通过分析 LACP 报文发现: actor-system 为 Switch1 的 MAC 地址、actor 优先级为默认值十六进制 8000,端口号为 5,端口优先级为默认值十六进制 8000,actor-key 为端口通道编号 1。Actor 状态值为十六进制 40,表示 actor 使用 LACP。

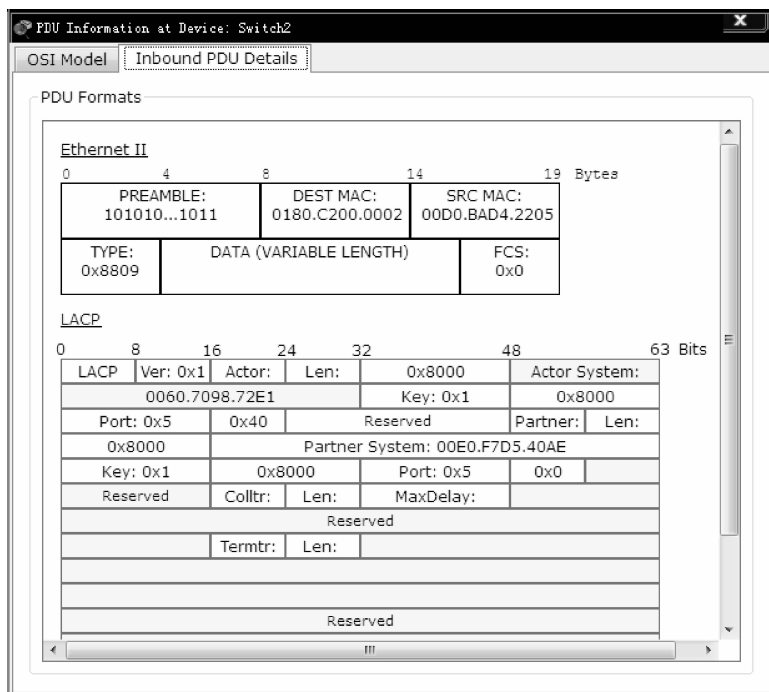


图 5.3 Switch1 发送给 Switch2 的 LACP 报文

5.1.5 命令行配置过程

1. 交换机命令行配置过程

Switch1 和 Switch2 的命令行配置过程相同,命令行配置过程如下:

```
Switch> enable
Switch# configure terminal
Switch(config)# port-channel load-balance src-dst-mac
Switch(config)# interface range FastEthernet0/3 - FastEthernet0/5
Switch(config-if-range)# channel-protocol lacp
Switch(config-if-range)# channel-group 1 mode active
Switch(config-if-range)# exit
```

2. 命令列表

交换机命令行配置过程中使用的命令及功能说明如表 5.3 所示。

表 5.3 命令列表

命令格式	功能和参数说明
<code>port-channel load-balance {dst-ip dst-mac src-dst-ip src-dst-mac src-ip src-mac}</code>	选择 MAC 帧分发策略,默认状态下,选择 <code>dst-mac</code> 作为 MAC 帧分发策略
<code>interface port-channel port-channel-number</code>	进入指定端口通道的接口配置模式,端口通道的配置过程完全等同于交换机端口的配置过程。参数 <code>port-channel-number</code> 是端口通道号
<code>interface range port-range</code>	进入一组端口的接口配置模式,在该接口配置模式下完成的配置过程作用于一组端口。参数 <code>port-range</code> 用于指定一组端口, <code>FastEthernet0/3-FastEthernet0/5</code> 或者 <code>FastEthernet0/7, FastEthernet0/9</code> 是该参数的正确表示方式
<code>channel-group channel-group-number mode {active auto desirable on passive}</code>	选择分配给指定端口通道的交换机端口的激活模式,参数 <code>port-channel-number</code> 是端口通道号
<code>channel-protocol {lacp pagp}</code>	选择使用的链路聚合控制协议

5.2 链路聚合与 VLAN 配置实验

5.2.1 实验目的

一是掌握链路聚合配置过程。二是了解 MAC 帧分发算法。三是掌握端口通道的配置过程。四是掌握 VLAN 与链路聚合之间的相互作用过程。

5.2.2 实验原理

网络结构如图 5.4 所示,终端与 VLAN 之间关系如表 5.4 所示,各个交换机中创建的 VLAN 及分配给各个 VLAN 的交换机端口如表 5.5 所示,各个交换机创建的端口通道及分配给各个端口通道的交换机端口如表 5.6 所示。需要强调的是,端口通道的作用完全等

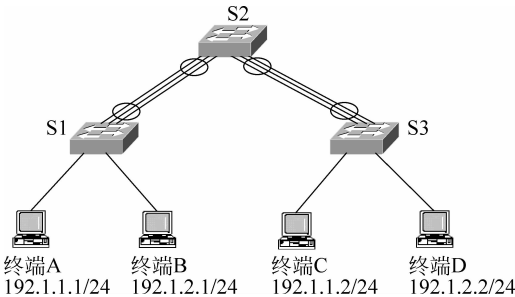


图 5.4 实现链路聚合和 VLAN 划分的网络结构

同于交换机端口。同样可以将端口通道配置为接入端口通道或共享端口通道。由三个 100Mb/s 交换机端口构成的端口通道完全等同于一个 300Mb/s 的交换机端口。

表 5.4 终端和 VLAN 之间关系

VLAN	终 端
VLAN 2	终端 A, 终端 C
VLAN 3	终端 B, 终端 D

表 5.5 VLAN 与交换机端口之间关系

交 换 机	接入端口 (Access)	VLAN	标记端口 (Trunk)	共 享 VLAN
交换机 S1	FastEthernet0/1	VLAN 2	port-channel 1	VLAN 2、VLAN 3
	FastEthernet0/2	VLAN 3		
交换机 S2			port-channel 1	VLAN 2、VLAN 3
			port-channel 2	VLAN 2、VLAN 3
交换机 S3	FastEthernet0/1	VLAN 2	port-channel 1	VLAN 2、VLAN 3
	FastEthernet0/2	VLAN 3		

表 5.6 端口通道配置表

交 换 机	端 口 通 道	物 理 端 口
交换机 S1	port-channel 1	FastEthernet0/3
		FastEthernet0/4
		FastEthernet0/5
交换机 S2	port-channel 1	FastEthernet0/1
		FastEthernet0/2
		FastEthernet0/3
	port-channel 2	FastEthernet0/4
		FastEthernet0/5
		FastEthernet0/6
交换机 S3	port-channel 1	FastEthernet0/3
		FastEthernet0/4
		FastEthernet0/5

5.2.3 实验步骤

(1) 启动 Packet Tracer, 在逻辑工作区根据图 5.4 所示网络结构放置和连接设备, 完成设备放置和连接后的逻辑工作区界面如图 5.5 所示。根据图 5.4 所示的终端配置信息完成各个终端的 IP 地址和子网掩码配置。

(2) 根据表 5.5 所示内容在各个交换机中创建 VLAN, 为各个 VLAN 分配交换机端口, 这一步既可以通过图形接口完成配置过程, 也可以通过命令行接口完成配置过程, 5.2.4 节命令行配置过程给出了完成交换机 Switch1 和 Switch2 配置需要输入的完整命令序列。值得强调的是, 除了极个别配置操作, 图形接口可以实现的配置操作, 命令行接口同样可以

实现。但是通过命令行接口,可以完成许多图形接口无法完成的配置操作。

(3) 通过命令行接口完成各个交换机端口通道创建及为各个端口通道分配交换机端口的过程。将端口通道配置为共享端口通道。

(4) 通过 Ping 操作完成属于相同 VLAN 的终端之间的通信过程,交换机 Switch2 创建的转发表如图 5.5 所示,共享端口通道 port-channel 1 和 port-channel 2 完全等同于两个共享交换机端口。

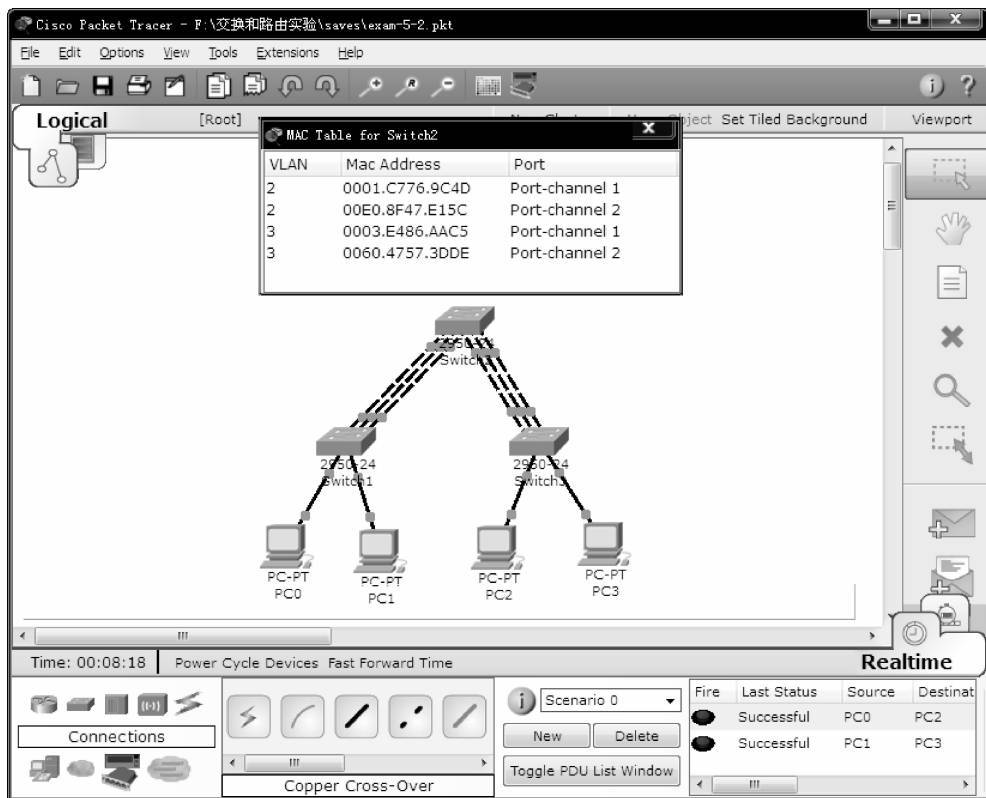


图 5.5 放置和连接设备后的逻辑工作区界面及转发表

(5) 在模拟操作模式下载获通过共享端口通道输出的 MAC 帧,该 MAC 帧格式完全是 802.1Q 标准 MAC 帧格式,如图 5.6 所示。

5.2.4 命令行配置过程

1. Switch1 命令行配置过程

```
Switch>enable
Switch#configure terminal
Switch(config)#hostname Switch1
Switch1(config)#vlan 2
Switch1(config-vlan)#name vlan2
Switch1(config-vlan)#exit
Switch1(config)#vlan 3
```

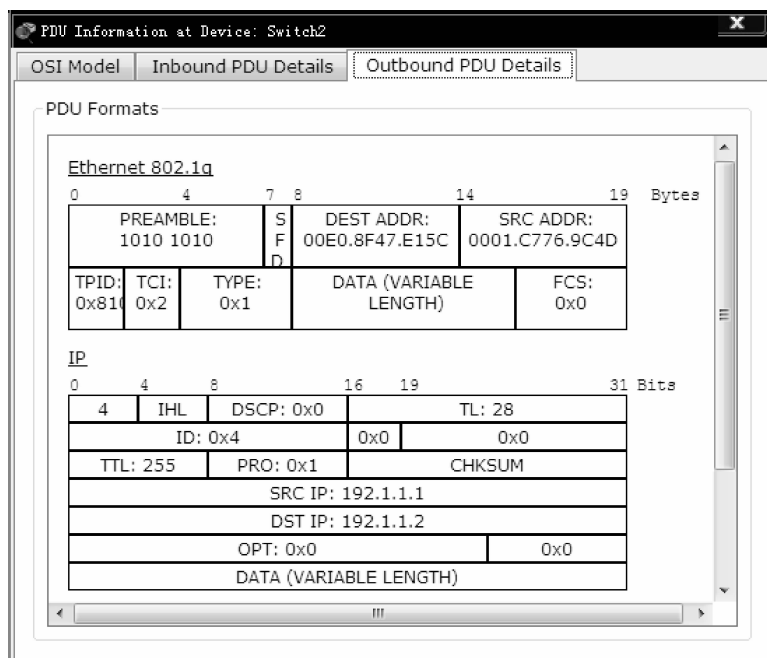


图 5.6 通过共享端口通道输出的 MAC 帧的格式

```

Switch1(config-vlan) # name vlan3
Switch1(config-vlan) # exit
Switch1(config) # interface range FastEthernet0/3 - FastEthernet0/5
Switch1(config-if-range) # channel-group 1 mode on
Switch1(config-if-range) # exit
Switch1(config) # port-channel load-balance src-dst-mac
Switch1(config) # interface FastEthernet0/1
Switch1(config-if) # switchport mode access
Switch1(config-if) # switchport access vlan 2
Switch1(config-if) # exit
Switch1(config) # interface FastEthernet0/2
Switch1(config-if) # switchport mode access
Switch1(config-if) # switchport access vlan 3
Switch1(config) # interface port-channel 1
Switch1(config-if) # switchport mode trunk
Switch1(config-if) # exit

```

Switch3 的命令行配置过程与 Switch1 相同,不再重复。

2. Switch2 命令行配置过程

```

Switch> enable
Switch# configure terminal
Switch(config) # hostname Switch2
Switch2(config) # vlan 2
Switch2(config-vlan) # name vlan2

```

```

Switch2(config-vlan) # exit
Switch2(config) # vlan 3
Switch2(config-vlan) # name vlan3
Switch2(config-vlan) # exit
Switch2(config) # interface range FastEthernet0/1 - FastEthernet0/3
Switch2(config-if-range) # channel-group 1 mode on
Switch2(config-if-range) # exit
Switch2(config) # interface range FastEthernet0/4 - FastEthernet0/6
Switch2(config-if-range) # channel-group 2 mode on
Switch2(config-if-range) # exit
Switch2(config) # port-channel load-balance src-dst-mac
Switch2(config) # interface port-channel 1
Switch2(config-if) # switchport mode trunk
Switch2(config-if) # exit
Switch2(config) # interface port-channel 2
Switch2(config-if) # switchport mode trunk
Switch2(config-if) # exit

```

5.3 链路聚合与生成树配置实验

5.3.1 实验目的

一是掌握 VLAN 划分过程。二是通过运用生成树协议完成具有容错和负载均衡功能的交换式以太网的设计和调试。三是运用链路聚合技术完成具有容错功能、并满足交换机之间带宽要求的交换式以太网设计和调试。

5.3.2 实验原理

网络结构如图 5.7 所示,交换机之间用聚合链路互连,以此实现容错功能,并提高交换机之间的带宽。交换机之间存在环路,通过分别选择交换机 S1 和交换机 S2 作为基于 VLAN 2 和 VLAN 3 的生成树的根网桥,实现网络负载均衡和容错功能。网络被划分为两个 VLAN,以此分割广播域。表 5.7 给出了终端和 VLAN 之间的关系,表 5.8 给出了各个

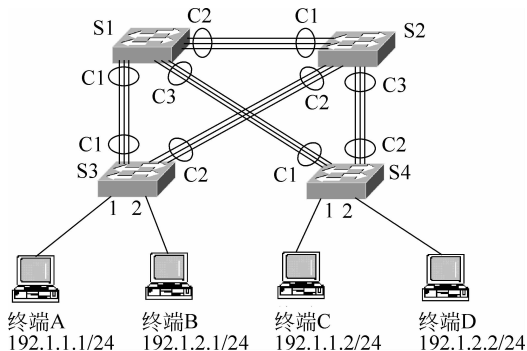


图 5.7 网络结构

交换机的端口通道配置,图 5.7 中字母 C 开头的标注指的是端口通道号,如 C1 指的是端口通道 1(port-channel 1)。各个交换机中创建的 VLAN 及分配给各个 VLAN 的交换机端口和端口通道如表 5.9 所示。各个端口通道的作用完全等同于交换机端口,因此,可以用配置交换机端口的方式配置端口通道。

表 5.7 终端和 VLAN 之间关系

VLAN	终 端
VLAN 2	终端 A、终端 C
VLAN 3	终端 B、终端 D

表 5.8 端口通道配置表

交 换 机	端 口 通 道	物 理 端 口
交换机 S1	port-channel 1	FastEthernet0/1
		FastEthernet0/2
		FastEthernet0/3
	port-channel 2	FastEthernet0/4
		FastEthernet0/5
		FastEthernet0/6
	port-channel 3	FastEthernet0/7
		FastEthernet0/8
		FastEthernet0/9
交换机 S2	port-channel 1	FastEthernet0/1
		FastEthernet0/2
		FastEthernet0/3
	port-channel 2	FastEthernet0/4
		FastEthernet0/5
		FastEthernet0/6
	port-channel 3	FastEthernet0/7
		FastEthernet0/8
		FastEthernet0/9
交换机 S3	port-channel 1	FastEthernet0/3
		FastEthernet0/4
		FastEthernet0/5
	port-channel 2	FastEthernet0/6
		FastEthernet0/7
交换机 S4	port-channel 1	FastEthernet0/8
		FastEthernet0/3
		FastEthernet0/4
	port-channel 2	FastEthernet0/5
		FastEthernet0/6
		FastEthernet0/7

表 5.9 VLAN 与交换机端口和端口通道之间的关系

交换机	接入端口 (Access)	VLAN	标记端口 (Trunk)	共享 VLAN
交换机 S1			port-channel 1	VLAN 2、VLAN 3
			port-channel 2	VLAN 2、VLAN 3
			port-channel 3	VLAN 2、VLAN 3
交换机 S2			port-channel 1	VLAN 2、VLAN 3
			port-channel 2	VLAN 2、VLAN 3
			port-channel 3	VLAN 2、VLAN 3
交换机 S3	FastEthernet0/1	VLAN 2	port-channel 1	VLAN 2、VLAN 3
	FastEthernet0/2	VLAN 3	port-channel 2	VLAN 2、VLAN 3
交换机 S4	FastEthernet0/1	VLAN 2	port-channel 1	VLAN 2、VLAN 3
	FastEthernet0/2	VLAN 3	port-channel 2	VLAN 2、VLAN 3

5.3.3 实验步骤

(1) 启动 Packet Tracer, 在逻辑工作区根据图 5.7 所示网络结构放置和连接设备, 完成设备放置和连接后的逻辑工作区界面如图 5.8 所示。根据图 5.7 所示的终端配置信息完成各个终端的 IP 地址和子网掩码配置。

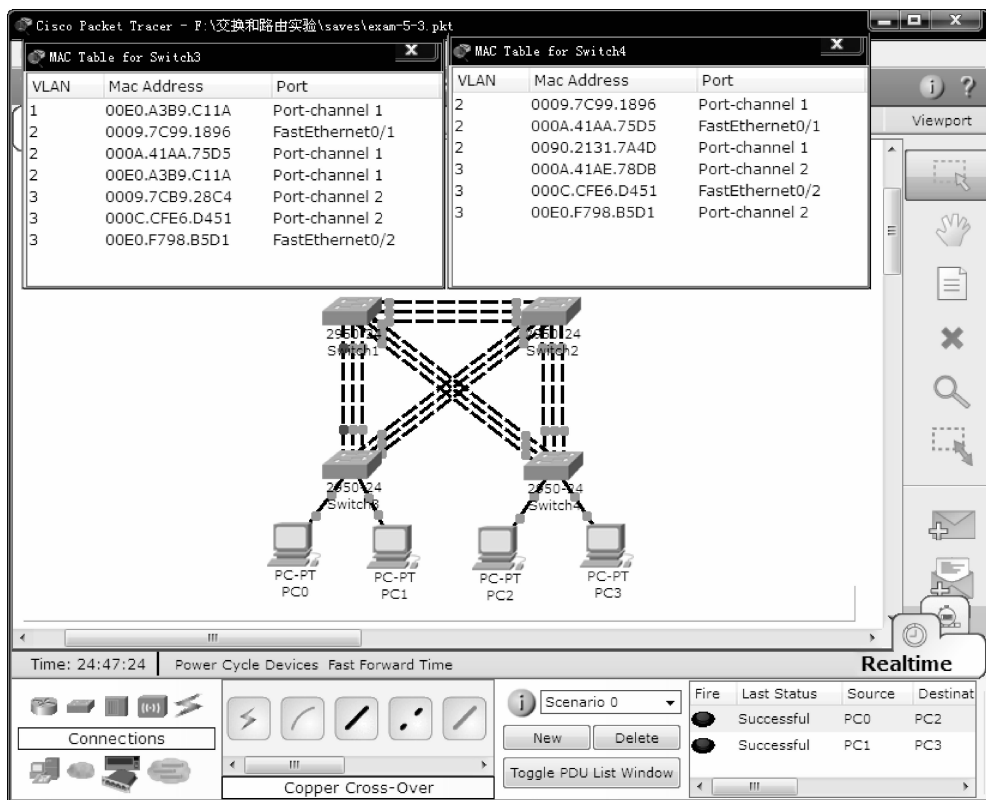


图 5.8 放置和连接设备后的逻辑工作区界面及转发表

(2) 根据表 5.8 所示内容在各个交换机中创建 VLAN,为各个 VLAN 分配交换机端口。

(3) 通过命令行接口完成各个交换机端口通道创建及为各个端口通道分配交换机端口的过程。将端口通道配置为共享端口通道。

(4) 通过命令行接口完成构建基于 VLAN 2 和 VLAN 3 的生成树所需要的配置,通过为交换机 Switch1 和交换机 Switch2 分配构建基于 VLAN 2 和 VLAN 3 生成树时使用的优先级,保证交换机 Switch1 为基于 VLAN 2 的生成树的根网桥,交换机 Switch2 为基于 VLAN 3 的生成树的根网桥。

(5) 通过 Ping 操作完成终端 PC0 与终端 PC2、终端 PC1 与终端 PC3 之间的 MAC 帧传输过程,终端 PC0~PC3 的 MAC 地址如表 5.10 所示。通过结合图 5.7 中互连交换机的聚合链路对应的端口通道号分析交换机 Switch3 和交换机 Switch4 的转发表发现,终端 PC0 与终端 PC2 之间的交换路径经过交换机 Switch1,终端 PC1 与终端 PC3 之间的交换路径经过交换机 Switch2,证明了基于 VLAN 2 的生成树以交换机 Switch1 为根网桥,基于 VLAN 3 的生成树以交换机 Switch2 为根网桥。

表 5.10 终端 MAC 地址

终 端	MAC 地址	终 端	MAC 地址
PC0	0009.7C99.1896	PC2	000A.41AA.75D5
PC1	00E0.F798.B5D1	PC3	000C.CFE6.D451

5.3.4 命令行配置过程

1. Switch1 命令行配置过程

```
Switch> enable
Switch# configure terminal
Switch(config) # hostname Switch1
Switch1(config) # interface range FastEthernet0/1 - FastEthernet0/3
Switch1(config-if-range) # channel-group 1 mode on
Switch1(config-if-range) # exit
Switch1(config) # interface range FastEthernet0/4 - FastEthernet0/6
Switch1(config-if-range) # channel-group 2 mode on
Switch1(config-if-range) # exit
Switch1(config) # interface range FastEthernet0/7 - FastEthernet0/9
Switch1(config-if-range) # channel-group 3 mode on
Switch1(config-if-range) # exit
Switch1(config) # port-channel load-balance src-dst-mac
Switch1(config) # vlan 2
Switch1(config-vlan) # name vlan2
Switch1(config-vlan) # exit
Switch1(config) # vlan 3
Switch1(config-vlan) # name vlan3
Switch1(config-vlan) # exit
Switch1(config) # interface port-channel 1
Switch1(config-if) # switchport mode trunk
```

```
Switch1(config-if) # exit
Switch1(config) # interface port-channel 2
Switch1(config-if) # switchport mode trunk
Switch1(config-if) # exit
Switch1(config) # interface port-channel 3
Switch1(config-if) # switchport mode trunk
Switch1(config-if) # exit
Switch1 (config) # spanning-tree mode pvst
Switch1 (config) # spanning-tree vlan 2 priority 4096
Switch1 (config) # spanning-tree vlan 3 priority 8192
```

交换机 Switch2 的命令行配置与此相似,不再赘述。

2. Switch3 命令行配置过程

```
Switch>enable
Switch#configure terminal
Switch(config) # hostname Switch3
Switch3(config) # interface range FastEthernet0/3 - FastEthernet0/5
Switch3(config-if-range) # channel-group 1 mode on
Switch3(config-if-range) # exit
Switch3(config) # interface range FastEthernet0/6 - FastEthernet0/8
Switch3(config-if-range) # channel-group 2 mode on
Switch3(config-if-range) # exit
Switch3(config) # port-channel load-balance src-dst-mac
Switch3(config) # vlan 2
Switch3(config-vlan) # name vlan2
Switch3(config-vlan) # exit
Switch3(config) # vlan 3
Switch3(config-vlan) # name vlan3
Switch3(config-vlan) # exit
Switch3(config) # interface FastEthernet0/1
Switch3(config-if) # switchport mode access
Switch3(config-if) # switchport access vlan 2
Switch3(config-if) # exit
Switch3(config) # interface FastEthernet0/2
Switch3(config-if) # switchport mode access
Switch3(config-if) # switchport access vlan 3
Switch3(config-if) # exit
Switch3(config) # interface port-channel 1
Switch3(config-if) # switchport mode trunk
Switch3(config-if) # exit
Switch3(config) # interface port-channel 2
Switch3(config-if) # switchport mode trunk
Switch3(config-if) # exit
Switch3 (config) # spanning-tree mode pvst
```

交换机 Switch4 的命令行配置与此相似,不再赘述。