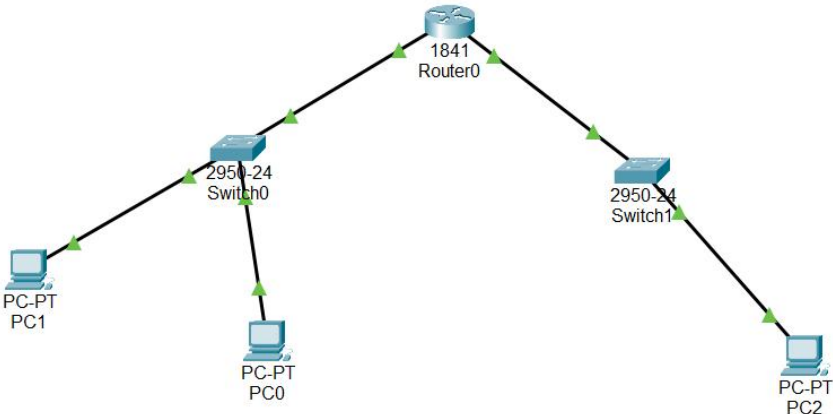


四川大学计算机学院、软件学院

实验报告

学号：2022141460176 姓名：杨一舟 专业：计算机科学与技术 第 13 周

课程名称	计算机网络	实验课时	2
实验项目	ARP 协议分析	实验时间	2024. 12. 12
实验目的	模拟 ARP 协议在网络中的工作过程和分组的转发情况，深化对 ARP 协议的理解		
实验环境	Windows 11 、 Cisco Packet Tracer 8.2.1		
实验内容（算法、程序、步骤和方法）	<div>一、拓扑结构搭建</div> <div>1、放置 1 台 1841 型号的路由器，2 台 2950-24 型号的交换机以及 3 台主机到工作区，使用直通线连接各个设备，连接完成后如图所示：</div> <div></div> <div>注意：在后续步骤中将端口设置为“启用”后连接线才会变为绿色三角</div>		

2、逐项配置各主机及路由器每个接口的 IP 地址、子网掩码和网关，同时保证各端口状态为“开启”，具体内容如下所示：

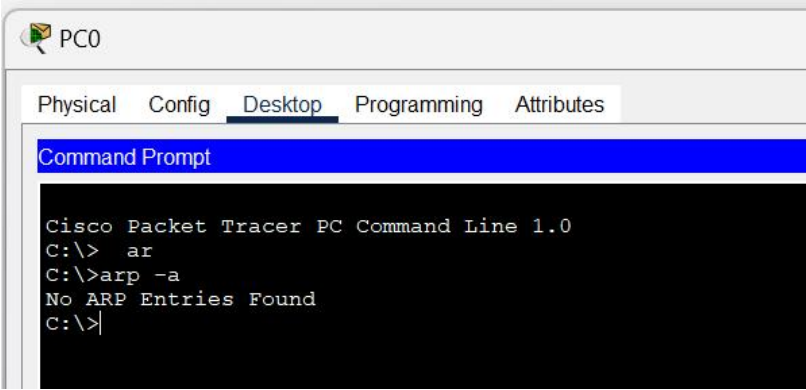
设备	接口	IP 地址	子网掩码	默认网关
PC0	Fa0	192. 168. 1. 1	255. 255. 255. 0	192. 168. 1. 254
PC1	Fa0	192. 168. 1. 2	255. 255. 255. 0	192. 168. 1. 254
PC2	Fa0	192. 168. 2. 1	255. 255. 255. 0	192. 168. 2. 254
R0	Fa0/0	192. 168. 1. 254	255. 255. 255. 0	/
	Fa0/1	192. 168. 2. 254	255. 255. 255. 0	/

二、同一局域网内部 ARP 的工作情况

1、在发送数据包之前查看各个设备的 ARP 表

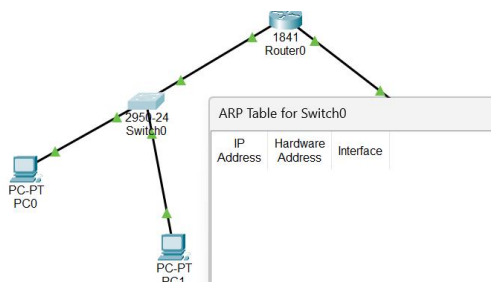
① 主机 PC0 的 ARP 表

可以在命令行中使用“arp -a”命令查看，也可以使用 inspect 功能查看。发现在发送数据包之前，PC0 的 ARP 表是空的。



② 交换机的 ARP 表

使用 inspect（放大镜图标所示）功能查看交换机的 ARP 表，发现在发送数据包之前，交换机的 ARP 表也是空的。



③ 路由器的 ARP 表

可以使用 inspect 功能查看，也可以在路由器的命令行界面使用特权模式输入“show arp”命令，可以显示路由器的 ARP 表，发现在发送数据包之前，路由器的 ARP 表也是空的。

```
Router(config-if)#exit
Router(config)#exit
Router#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

Router#show arp

Router#
```

2、在第一次发送数据包之后查看各个设备的 ARP 表

将模拟器从“实时（realtime）”状态切换为“模拟（simulation）”状态，将过滤器设置为仅捕获 ARP 与 ICMP。在 PC0 的命令行中使用 ping 192.168.1.2 连通 PC1，点击开始捕获/转发后可以看到数据包的传输过程如下图所示：

Event List					Event List				
Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type	Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
0.000	--		PC0	ICMP	0.199	--		Switch0	STP
0.000	--		PC0	ARP	0.199	Switch0	PC0	PC0	STP
0.001	PC0	Switch0	Switch0	ARP	0.199	Switch0	PC1	PC1	STP
0.002	Switch0		PC1	ARP	0.199	Switch0	Router0	Router0	STP
0.002	Switch0		Router0	ARP	0.199	--		Switch0	STP
0.003	PC1		Switch0	ARP	0.200	Switch0	PC0	PC0	STP
0.004	Switch0		PC0	ARP	0.200	Switch0	Router0	Router0	STP
0.004	--		PC0	ICMP	0.565	--		Switch1	DTP
0.005	PC0	Switch0	Switch0	ICMP	0.566	Switch1	Router0	Router0	DTP
0.006	Switch0		PC1	ICMP	0.683	--		Switch0	DTP
0.007	PC1		Switch0	ICMP	0.684	Switch0	PC0	PC0	DTP
0.008	Switch0		PC0	ICMP	1.012	--		PC0	ICMP
0.195	--		Switch1	STP	1.013	PC0	Switch0	Switch0	ICMP
0.196	--		Switch1	STP	1.014	Switch0	PC1	PC1	ICMP
0.196	Switch1		Router0	STP	1.015	PC1	Switch0	Switch0	ICMP
0.196	Switch1		PC2	STP	1.016	Switch0	PC0	PC0	ICMP
0.196	--		Switch1	STP	2.016	--		PC0	ICMP
0.197	Switch1		Router0	STP	2.017	PC0	Switch0	Switch0	ICMP
0.197	Switch1		PC2	STP	2.018	Switch0	PC1	PC1	ICMP
0.198	--		Switch0	STP	2.019	PC1	Switch0	Switch0	ICMP
0.199	--		Switch0	STP	2.020	Switch0	PC0	PC0	ICMP
0.199	--		Switch0	STP	2.192	--		Switch1	STP
0.199	Switch0		PC0	STP	2.193	--		Switch1	STP
0.199	Switch0		PC1	STP	2.193	Switch1	Router0	Router0	STP
					2.193	Switch1	PC2	PC2	STP
					2.193	--		Switch1	STP

① 主机 PC0 的 ARP 表

发现 PC0 的 ARP 表进行了更新，更新了 PC1 和网关的 IP

```
C:\>arp -a
Internet Address      Physical Address      Type
192.168.1.2          00e0.f900.9081       dynamic
192.168.1.254        0060.3e20.2b01       dynamic
```

② 交换机的 ARP 表与 MAC 表

发现交换机的 ARP 表仍然是空的，但是 MAC 表进行了更新，更新了 PC1 与交换机相连的接口

ARP Table for Switch0				MAC Table for Switch0		
IP Address	Hardware Address	Interface		VLAN	Mac Address	Port
				1	0001.9632.E44D	FastEthernet0/1
				1	0060.3E20.2B01	FastEthernet0/3
				1	00E0.F900.9081	FastEthernet0/2

③ 路由器的 ARP 表

发现路由器的 ARP 表也进行了更新

ARP Table for Router0		
IP Address	Hardware Address	Interface
192.168.1.1	0001.9632.E44D	FastEthernet0/0
192.168.1.254	0060.3E20.2B01	FastEthernet0/0
192.168.2.1	0004.9A58.81E9	FastEthernet0/1

3、在第二次发送数据包之后查看各个设备的 ARP 表

① 主机 PC0 的 ARP 表

C:\>arp -a			
Internet Address	Physical Address	Type	
192.168.1.2	00e0.f900.9081	dynamic	
192.168.1.254	0060.3e20.2b01	dynamic	

② 交换机的 ARP 表与 MAC 表

ARP Table for Switch0		
IP Address	Hardware Address	Interface

MAC Table for Switch0		
VLAN	Mac Address	Port
1	0001.9632.E44D	FastEthernet0/1
1	0060.3E20.2B01	FastEthernet0/3
1	00E0.F900.9081	FastEthernet0/2

③ 路由器的 ARP 表

ARP Table for Router0		
IP Address	Hardware Address	Interface
192.168.1.1	0001.9632.E44D	FastEthernet0/0
192.168.1.254	0060.3E20.2B01	FastEthernet0/0
192.168.2.1	0004.9A58.81E9	FastEthernet0/1

发现此次发送后各个设备的 ARP 表与 MAC 表都没有发生变化

三、不同局域网内部 ARP 的工作情况

以在 PC0 的命令行窗口下，使用 ping 192.168.2.1 命令连通 PC2，由于 PC2 在另一个子网中，所以此命令会向 Router0 的另一个接口发送 ICMP 请求报文，捕获到数据包如下图所示：

Simulation Panel				
Event List				
Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type
	0.000	--	PC0	ICMP
	0.001	PC0	Switch0	ICMP
	0.002	Switch0	PC1	ICMP
	0.003	PC1	Switch0	ICMP
	0.004	Switch0	PC0	ICMP
	0.298	--	Switch0	STP
	0.299	--	Switch0	STP
	0.299	--	Switch0	STP
	0.299	Switch0	PC0	STP
	0.299	Switch0	PC1	STP
	0.299	Switch0	Router0	STP
	0.299	--	Switch0	STP
	0.300	Switch0	PC0	STP
	0.300	Switch0	PC1	STP
	0.300	Switch0	Router0	STP
	1.007	--	PC0	ICMP
	1.008	PC0	Switch0	ICMP
	1.009	Switch0	PC1	ICMP
	1.010	PC1	Switch0	ICMP
	1.011	Switch0	PC0	ICMP
	1.633	--	Switch1	STP
	1.634	--	Switch1	STP
	1.634	Switch1	PC2	STP
	1.634	Switch1	Router0	STP
	1.634	--	Switch1	STP
	1.635	Switch1	PC2	STP
	1.635	Switch1	Router0	STP
	2.011	--	PC0	ICMP
	2.012	PC0	Switch0	ICMP

观察到各个设备的 ARP 表与 MAC 表有所变化：

1、PC0 的 ARP 表变化

PC0 的 ARP 表并没有变化，因为 ping PC2 的过程使用的是路由器，ARP 表中仍然只需要记录网关的信息

```
C:\>arp -a
Internet Address      Physical Address      Type
192.168.1.2           00e0.f900.9081       dynamic
192.168.1.254         0060.3e20.2b01       dynamic
```

2、Switch0 的 MAC 表变化

交换机 0 的 ARP 表与 MAC 表也没有发生变化

ARP Table for Switch0		
IP Address	Hardware Address	Interface

MAC Table for Switch0		
VLAN	Mac Address	Port
1	0001.9632.E44D	FastEthernet0/1
1	0060.3E20.2B01	FastEthernet0/3
1	00E0.F900.9081	FastEthernet0/2

3、Switch1 的 MAC 表变化

交换机 1 的 ARP 表与 MAC 表也没有发生变化，在发送数据包之前就有两个端口的信息。

MAC Table for Switch1		
VLAN	Mac Address	Port
1	0004.9A58.81E9	FastEthernet0/1
1	0060.3E20.2B02	FastEthernet0/2

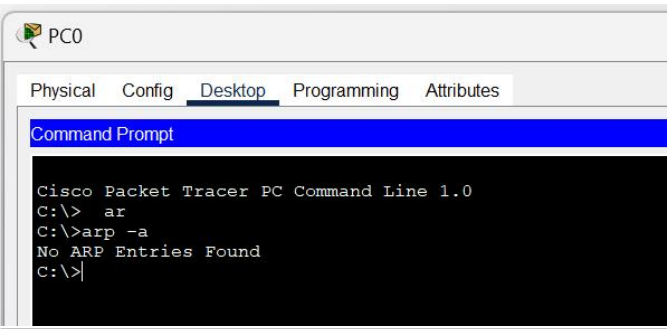
4、Router0 的 ARP 表变化

路由器的 ARP 表发生了更新，增加了 192.168.2.254 的数据，即 PC2 所在的子网

ARP Table for Router0		
IP Address	Hardware Address	Interface
192.168.1.1	0001.9632.E44D	FastEthernet0/0
192.168.1.254	0060.3E20.2B01	FastEthernet0/0
192.168.2.1	0004.9A58.81E9	FastEthernet0/1
192.168.2.254	0060.3E20.2B02	FastEthernet0/1

一、第一次发送 ping 命令

1) 在没有进行任何网络通信之前，PC0 的 ARP 高速缓存表是空的吗？为什么会这样？
是空的。这是因为 ARP 高速缓存表存储了 IP 地址到 MAC 地址的映射关系，只有在网络设备之间发生了通信需求时，才会通过 ARP 请求来获取对方的 MAC 地址并保存到 ARP 表中。在没有通信发生前，自然是没有这些信息的。



数据
记录
和计
算

2) 在没有进行任何网络通信之前, Switch0 的 MAC 地址表中有哪些条目?

在没有进行任何网络通信之前, Switch0 的 MAC 地址表也是空的。交换机会学习连接在其端口上的设备的 MAC 地址,但是这个学习过程是通过接收到的数据帧来进行的。如果没有任何通信流量经过交换机,则它不会有任何 MAC 地址的学习记录。

MAC Table for Switch0			
VLAN	Mac Address	Port	

3) 当 PC0 发送 ping 命令后,它需要等待一段时间才能收到回应,这期间它发送了哪些协议的数据包? 这些数据包的目的是什么? 这些数据包中的 MAC 地址信息分别是什么? 这些数据包是 PC0 发送的还是接收的?

当 PC0 发送 ping 命令后,它首先会发送一个 ARP 请求数据包来解析目标 IP 地址对应的 MAC 地址。因为这是首次通信,所以 PC0 不知道 PC1 的 MAC 地址,只能广播 ARP 请求。该 ARP 请求包含了 PC0 自己的硬件地址(源 MAC 地址)以及它想要查询的目标 IP 地址(目的 IP 地址),而目的 MAC 地址则为广播地址(FF:FF:FF:FF:FF:FF)。

这个数据包是由 PC0 发送出去的。

4) 当 PC0 发送的第一个 ICMP 请求报文到达 Switch0 时, Switch0 的 MAC 地址表发生了什么变化?

当第一个 ICMP 请求报文从 PC0 发出并通过 Switch0 时, Switch0 会将 PC0 的 MAC 地址与进入的端口关联起来,并更新其 MAC 地址表。

MAC Table for Switch0

VLAN	Mac Address	Port
1	0001.9632.E44D	FastEthernet0/1
1	0060.3E20.2B01	FastEthernet0/3
1	00E0.F900.9081	FastEthernet0/2

5) 当 Switch0 将 PC0 发送的第一个 ICMP 请求报文广播到 PC1 和 Router0 时, PC1 和 Router0 的 ARP 高速缓存表发生了什么变化? PC1 收到的数据包中的 MAC 地址信息有什么不同

PC1 和 Router0 接收到 PC0 的 ARP 请求后, 会更新它们各自的 ARP 表, 添加 PC0 的 IP 地址与 MAC 地址的对应关系。PC1 收到的数据包中包含的是 PC0 的 MAC 地址作为源地址, 而目的 MAC 地址是广播地址。一旦 PC1 响应 ARP 请求, 它会向 PC0 发送一个 ARP 应答, 其中包含 PC1 自己的 MAC 地址。

```
C:\>arp -a
Internet Address      Physical Address      Type
192.168.1.2           00e0.f900.9081       dynamic
192.168.1.254         0060.3e20.2b01       dynamic
```

ARP Table for Router0

IP Address	Hardware Address	Interface
192.168.1.1	0001.9632.E44D	FastEthernet0/0
192.168.1.254	0060.3E20.2B01	FastEthernet0/0
192.168.2.1	0004.9A58.81E9	FastEthernet0/1
192.168.2.254	0060.3E20.2B02	FastEthernet0/1

	<div>二、第二次发送 ping 命令</div> <div>(1) ping 命令的执行情况有何变化？</div> <div>由于之前已经有过通信，各设备的 ARP 表已经有了相应的条目，因此不需要再次进行 ARP 解析过程，PC0 可以直接使用已知的 MAC 地址发送 ICMP 请求，所以在 ICMP 数据包之前不再有 ARP 数据包</div> <div>(第一次 ping 与第二次 ping 的数据包区别如下)</div> <div><table><tr><th colspan="4">Event List</th><th colspan="4">Simulation Panel</th></tr><tr><th>Vis.</th><th>Time(sec)</th><th>Last Device</th><th>At Device</th><th>Type</th><th>Vis.</th><th>Time(sec)</th><th>Last Device</th><th>At Device</th><th>Type</th></tr><tr><td></td><td>0.000</td><td>--</td><td>PC0</td><td>ICMP</td><td></td><td>0.000</td><td>--</td><td>PC0</td><td>ICMP</td></tr><tr><td></td><td>0.000</td><td>--</td><td>PC0</td><td>ARP</td><td></td><td>0.001</td><td>PC0</td><td>Switch0</td><td>ICMP</td></tr><tr><td></td><td>0.001</td><td>PC0</td><td>Switch0</td><td>ARP</td><td></td><td>0.002</td><td>Switch0</td><td>PC1</td><td>ICMP</td></tr><tr><td></td><td>0.002</td><td>Switch0</td><td>PC1</td><td>ARP</td><td></td><td>0.003</td><td>PC1</td><td>Switch0</td><td>ICMP</td></tr><tr><td></td><td>0.002</td><td>Switch0</td><td>Router0</td><td>ARP</td><td></td><td>0.004</td><td>Switch0</td><td>PC0</td><td>ICMP</td></tr><tr><td></td><td>0.003</td><td>PC1</td><td>Switch0</td><td>ARP</td><td></td><td>0.298</td><td>--</td><td>Switch0</td><td>STP</td></tr><tr><td></td><td>0.004</td><td>Switch0</td><td>PC0</td><td>ARP</td><td></td><td>0.299</td><td>--</td><td>Switch0</td><td>STP</td></tr><tr><td></td><td>0.004</td><td>--</td><td>PC0</td><td>ICMP</td><td></td><td>0.299</td><td>--</td><td>Switch0</td><td>STP</td></tr><tr><td></td><td>0.005</td><td>PC0</td><td>Switch0</td><td>ICMP</td><td></td><td>0.299</td><td>Switch0</td><td>PC0</td><td>STP</td></tr><tr><td></td><td>0.006</td><td>Switch0</td><td>PC1</td><td>ICMP</td><td></td><td>0.299</td><td>Switch0</td><td>PC1</td><td>STP</td></tr><tr><td></td><td>0.007</td><td>PC1</td><td>Switch0</td><td>ICMP</td><td></td><td>0.299</td><td>Switch0</td><td>Router0</td><td>STP</td></tr><tr><td></td><td>0.008</td><td>Switch0</td><td>PC0</td><td>ICMP</td><td></td><td>0.299</td><td>--</td><td>Switch0</td><td>STP</td></tr><tr><td></td><td>0.195</td><td>--</td><td>Switch1</td><td>STP</td><td></td><td>0.300</td><td>Switch0</td><td>PC0</td><td>STP</td></tr><tr><td></td><td>0.196</td><td>--</td><td>Switch1</td><td>STP</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>0.196</td><td>Switch1</td><td>Router0</td><td>STP</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>0.196</td><td>Switch1</td><td>PC2</td><td>STP</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>0.196</td><td>--</td><td>Switch1</td><td>STP</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td>0.197</td><td>Switch1</td><td>Router0</td><td>STP</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table></div>	Event List				Simulation Panel				Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type	Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type		0.000	--	PC0	ICMP		0.000	--	PC0	ICMP		0.000	--	PC0	ARP		0.001	PC0	Switch0	ICMP		0.001	PC0	Switch0	ARP		0.002	Switch0	PC1	ICMP		0.002	Switch0	PC1	ARP		0.003	PC1	Switch0	ICMP		0.002	Switch0	Router0	ARP		0.004	Switch0	PC0	ICMP		0.003	PC1	Switch0	ARP		0.298	--	Switch0	STP		0.004	Switch0	PC0	ARP		0.299	--	Switch0	STP		0.004	--	PC0	ICMP		0.299	--	Switch0	STP		0.005	PC0	Switch0	ICMP		0.299	Switch0	PC0	STP		0.006	Switch0	PC1	ICMP		0.299	Switch0	PC1	STP		0.007	PC1	Switch0	ICMP		0.299	Switch0	Router0	STP		0.008	Switch0	PC0	ICMP		0.299	--	Switch0	STP		0.195	--	Switch1	STP		0.300	Switch0	PC0	STP		0.196	--	Switch1	STP							0.196	Switch1	Router0	STP							0.196	Switch1	PC2	STP							0.196	--	Switch1	STP							0.197	Switch1	Router0	STP					
Event List				Simulation Panel																																																																																																																																																																																																			
Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type	Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type																																																																																																																																																																																														
	0.000	--	PC0	ICMP		0.000	--	PC0	ICMP																																																																																																																																																																																														
	0.000	--	PC0	ARP		0.001	PC0	Switch0	ICMP																																																																																																																																																																																														
	0.001	PC0	Switch0	ARP		0.002	Switch0	PC1	ICMP																																																																																																																																																																																														
	0.002	Switch0	PC1	ARP		0.003	PC1	Switch0	ICMP																																																																																																																																																																																														
	0.002	Switch0	Router0	ARP		0.004	Switch0	PC0	ICMP																																																																																																																																																																																														
	0.003	PC1	Switch0	ARP		0.298	--	Switch0	STP																																																																																																																																																																																														
	0.004	Switch0	PC0	ARP		0.299	--	Switch0	STP																																																																																																																																																																																														
	0.004	--	PC0	ICMP		0.299	--	Switch0	STP																																																																																																																																																																																														
	0.005	PC0	Switch0	ICMP		0.299	Switch0	PC0	STP																																																																																																																																																																																														
	0.006	Switch0	PC1	ICMP		0.299	Switch0	PC1	STP																																																																																																																																																																																														
	0.007	PC1	Switch0	ICMP		0.299	Switch0	Router0	STP																																																																																																																																																																																														
	0.008	Switch0	PC0	ICMP		0.299	--	Switch0	STP																																																																																																																																																																																														
	0.195	--	Switch1	STP		0.300	Switch0	PC0	STP																																																																																																																																																																																														
	0.196	--	Switch1	STP																																																																																																																																																																																																			
	0.196	Switch1	Router0	STP																																																																																																																																																																																																			
	0.196	Switch1	PC2	STP																																																																																																																																																																																																			
	0.196	--	Switch1	STP																																																																																																																																																																																																			
	0.197	Switch1	Router0	STP																																																																																																																																																																																																			
结论 (结果)	<p>通过本次实验，我们深入理解了 ARP 协议在网络通信中的关键作用及其工作机制。实验中，我们搭建了一个包含一台路由器、两台交换机和三台主机的网络拓扑，并配置了相应的 IP 地址与子网掩码。在模拟同一局域网内部以及跨局域网的数据包发送过程中，观察到了 ARP 表和 MAC 地址表的变化。初始状态下，所有设备的 ARP 表均为空；当 PC0 首次尝试 ping 同网段内的 PC1 时，它首先广播 ARP 请求以解析目标 MAC 地址，随后更新各自的 ARP 表并成功建立通信。对于跨子网通信（如 PC0 ping PC2），PC0 仅需查询网关的 MAC 地址，而路由器则负责处理不同子网间的 ARP 解析。这证明了 ARP 协议在实现 IP 层到数据链路层地址转换中的重要性，也展示了交换机基于 MAC 地址进行帧转发的特点。</p>																																																																																																																																																																																																						
小结	<p>在本次计算机网络实验中，我们通过模拟 ARP 协议的工作过程，深入了解了 IP 地址与 MAC 地址之间的映射关系及其在网络通信中的重要性。这一过程揭示了设备间初次通信时的地址解析机制。观察到 PC0、交换机和路由器的 ARP 表及 MAC 地址表随之更新，体现了网络设备如何动态学习并记录相邻节点的信息。这次实验不仅巩固了课堂上所学的理论知识，也提高了我们的实践操作能力和解决问题的能力。</p>																																																																																																																																																																																																						
指导老师 评议	<div>成绩评定：</div> <div>指导教师签名：</div>																																																																																																																																																																																																						