**实验六 ARP地址解析协议实验**

**【实验目的】**

1. 掌握ARP协议的报文格式

2. 掌握ARP协议的工作原理

3. 理解ARP高速缓存的作用

4. 掌握ARP请求和应答的实现方法

5. 掌握ARP缓存表的维护过程

**【实验学时】**

2学时

**【实验性质】**

综合性实验

**【实验环境】**

Cisco Packet Tracer 7.2模拟器

**【实验报告】**

1. 什么是物理地址？什么是逻辑地址？(10分)

在计算机网络中，**物理地址**和**逻辑地址**是用于标识网络中不同设备的重要概念。

**1. 物理地址**

**物理地址**（Physical Address），通常指的是设备的MAC地址（Media Access Control Address，媒体访问控制地址）。这是一个硬件地址，用于在**数据链路层**进行通信。物理地址是设备生产时由制造商分配的，通常是全球唯一的，并被固化在网卡或网络接口上。物理地址由48位二进制组成，通常表示为6组十六进制数（例如：00:1A:2B:3C:4D:5E）。

**特点：**

* 不可更改（虽然在某些设备上可以通过软件临时修改，但一般情况下不会变）。
* 用于**局域网**（LAN）通信，确保同一网络中的设备能互相识别。
* 适用于局部范围，不能在不同网络之间传递信息。

**2. 逻辑地址**

**逻辑地址**（Logical Address），通常指的是IP地址（Internet Protocol Address），用于**网络层**的通信。逻辑地址可以手动或自动分配，是可变的，可以根据网络的需求进行更改。IP地址是32位（IPv4）或128位（IPv6）的二进制数，通常IPv4地址表示为点分十进制格式（例如：192.168.1.1），而IPv6地址表示为冒号十六进制格式（例如：2001:0db8:85a3:0000:0000:8a2e:0370:7334）。

**特点：**

* 可根据网络需要进行更改和重新分配。
* 适用于广域网（WAN）和互联网环境。
* 在跨网络通信时，逻辑地址用于路由，确保数据能通过多个网络传输到目的地。

1. 简述什么是ARP协议。(10分)

**ARP协议**（Address Resolution Protocol，地址解析协议）是一种用于在局域网（LAN）中实现**IP地址**与**物理地址**（MAC地址）映射的协议，属于**网络层协议**。

**ARP的工作原理**

当一个设备（例如计算机A）需要与同一网络中的另一个设备（例如计算机B）通信时，它会通过ARP协议来找到目标设备的MAC地址。ARP的具体步骤如下：

1. **ARP请求**：设备A知道设备B的IP地址，但不知道B的MAC地址。设备A在网络中广播一个ARP请求数据包，询问“谁是这个IP地址（B的IP）？请提供你的MAC地址。”
2. **ARP响应**：目标设备（B）收到这个请求后，识别出该请求是发给自己的，然后返回一个ARP响应包，包含自己的MAC地址，并发送给请求设备A。
3. **缓存机制**：设备A收到B的MAC地址后，会将该映射（B的IP地址与MAC地址的对应关系）缓存到ARP表中，以便在短时间内的后续通信中不再重复发送ARP请求。

**ARP协议的特点**

* **工作在网络层**：ARP协议是IP协议的辅助协议，帮助网络层完成IP地址到数据链路层物理地址的转换。
* **局域网中的广播**：ARP请求是以广播形式发送的（发给同一局域网的所有设备），但ARP响应是单播（只发给请求者）的。
* **缓存机制**：ARP表会缓存最近的IP-MAC映射，减少了频繁的ARP请求，以提高网络性能。

**ARP协议的作用**

ARP协议的主要作用是使网络设备可以在同一局域网内互相识别，实现设备间的通信。这对于基于IP的网络通信是必不可少的，因为网络通信需要知道目的设备的MAC地址以发送数据包。

1. ARP高速缓存表保存的是什么内容，由哪几项组成？ (20分)

**ARP高速缓存表**（ARP Cache Table）是设备维护的一个存储表格，用于保存**IP地址与物理地址（MAC地址）之间的映射关系**。通过缓存这些映射信息，ARP高速缓存表可以减少重复的ARP请求，从而提高网络性能和通信效率。

**ARP高速缓存表保存的内容**

ARP高速缓存表中存储的是最近通过ARP协议获取的**IP地址和MAC地址的映射**关系。每当设备通过ARP请求获取到一个设备的MAC地址后，会将这个映射关系存储在ARP缓存表中，方便未来通信使用。

**ARP高速缓存表的组成项**

ARP缓存表的内容通常包括以下几项：

1. **IP地址**：目标设备的IP地址，用于标识该设备在网络层的逻辑地址。
2. **MAC地址**：目标设备的物理地址，用于在数据链路层进行通信。
3. **接口信息**（Interface）：表示设备用于与目标通信的网络接口，尤其在多网卡或多网络接口的设备上，记录接口信息可以确保通信的方向。
4. **类型**（Type）：标识缓存的条目是**动态**还是**静态**：
   * **动态条目**：是通过ARP请求动态获取的，通常有生存时间限制，会在一段时间不使用后过期并自动清除。
   * **静态条目**：是由管理员手动配置的映射关系，永久保存在缓存表中，不会过期。
5. **生存时间（TTL）**：TTL（Time to Live）是动态条目的存活时间，用于表示该条目在ARP表中保持有效的时间。动态条目会在TTL到期后自动删除，以保证ARP表的实时性。

**ARP缓存表的作用**

* **提升性能**：避免每次发送数据包时都重复发送ARP请求。
* **减轻网络负载**：减少ARP请求的广播数量，优化局域网中的通信效率。
* **增强稳定性**：静态条目可以确保特定的IP-MAC映射持久存在，防止某些特殊通信中断。

1. 根据实验过程，简述ARP协议的报文交互过程以及ARP高速缓存表的更新过程。(50分)

根据实验过程，ARP协议的交互和缓存表更新过程如下：

**同一子网地址解析：**

1. **ARP请求的生成与广播**：当发送端设备（如PC0）需要与同一子网中的目标设备（如PC3）通信时，会生成一个ARP请求报文。请求报文中包含发送端的IP和MAC地址，以及目标设备的IP地址，而目标设备的MAC地址用0填充。ARP请求以广播形式发送到网络中，所有同一子网内的设备都会收到此请求。
2. **交换机的转发**：ARP请求到达交换机后，交换机会学习到ARP请求的源MAC地址及其所连接的端口号，将其记录到交换机的MAC地址表中。这一步有助于后续的ARP响应及其他通信的快速转发。交换机随后将ARP请求广播给同一子网的其他设备。
3. **目标设备的ARP应答**：目标设备（PC3）接收到ARP请求后，识别到请求的IP地址是自己，因此生成ARP响应报文，填入自身的MAC地址，并将报文以单播形式返回给请求设备（PC0）。此时，PC3还会将发送端的IP和MAC映射关系存储在自己的ARP缓存表中，供后续通信使用。
4. **ARP缓存表的更新**：请求设备（PC0）接收到ARP响应后，将目标设备的IP地址和MAC地址映射关系存入自己的ARP缓存表中。今后在缓存生存时间（TTL）内，如果需要再次与同一设备通信，就可以直接从ARP缓存表中获取MAC地址，而无需重新发送ARP请求。

**跨路由地址解析**

1. **生成ARP请求**：当PC0需要与不同子网（192.168.2.0/24）中的PC3通信时，首先会向自己的网关（192.168.1.254）发送请求，因为目标IP地址与PC0的IP地址不在同一子网。PC0通过ARP请求来获取网关的MAC地址，用于发送数据到网关的链路层封装。
2. **ARP请求的广播**：PC0生成ARP请求报文，并通过交换机广播到网络中的其他设备。ARP请求报文的结构中包含了PC0的源IP地址（192.168.1.1）和MAC地址，以及目标IP地址（192.168.1.254）的信息，但目标MAC地址为空。此广播包被同一子网中的所有设备（PC1和Router0）接收。
3. **过滤请求，路由器响应**：同一子网中的PC1会丢弃该ARP请求，因为目标IP不是它的地址。Router0作为网关设备，识别出该请求目标是自己，因此将PC0的IP地址和MAC地址记录在ARP缓存中，并生成一个ARP响应报文，以单播的方式发送回PC0。
4. **ARP响应的处理和ARP缓存表更新**：PC0接收到来自Router0的ARP响应后，获得了网关（192.168.1.254）的MAC地址，并将该地址添加到自己的ARP缓存表中。这样，PC0在缓存的生存期内再次访问网关时，就不需要重新发送ARP请求。
5. **路由器转发分组和ARP请求**：接下来，PC0将包含目的IP地址（192.168.2.2）的分组发送给网关。Router0接收到分组后，查询自己的路由表，发现该分组应该通过g0/1接口转发到192.168.2.0网络。在封装到目的子网的MAC帧之前，Router0需要目标IP地址（192.168.2.2）的MAC地址，因此发出ARP请求来获取该地址。
6. **目的子网设备响应ARP请求**：目的子网中的PC2接收到Router0的ARP请求后，识别出该请求是发给自己的，因此生成ARP响应报文，包含PC2的MAC地址，并单播发送回Router0。Router0在收到该响应后，将PC2的IP和MAC地址映射存入ARP缓存表中。
7. **ARP缓存表的查看**：在PC0上，可以通过arp -a命令查看ARP缓存表的内容。缓存表中保存了网关IP地址（192.168.1.254）与其MAC地址的映射关系，使得PC0在后续与不同子网通信时可以直接访问缓存数据，减少了ARP请求的频率。

5、实验总结。(10分)

通过本次ARP地址解析协议实验，我们深入理解了ARP协议在不同子网通信中的工作原理与报文交互过程。在网络通信中，当设备尝试访问不同子网的目标设备时，首先需要通过ARP协议将目标的IP地址解析为MAC地址。实验过程中，PC0在发送数据之前，通过ARP请求获取到网关Router0的MAC地址，并将该映射存入ARP缓存表。这样，在后续访问相同目标时，不需要再次发送ARP请求，提升了通信效率。

路由器在接收到PC0的分组后，根据路由表信息将分组转发至目标子网。在转发过程中，如果路由器的ARP缓存表中没有目标IP的MAC地址，会再次通过ARP请求在目标子网内进行广播，以获取目标设备的MAC地址，并将该映射关系添加至ARP缓存表。实验中，通过查看ARP缓存表，我们可以验证ARP协议成功完成了不同子网设备间的MAC地址解析，从而使数据在两个子网之间得以顺利传递。

本次实验帮助我们掌握了ARP请求与响应的交互过程，进一步了解了ARP缓存表在提高网络性能中的重要作用。同时，实验还展示了ARP协议如何通过广播请求与单播响应的方式有效管理网络资源，确保通信效率。这些知识对于理解和配置实际网络环境中的设备通信具有重要的实际意义。

实验成绩：

批改时间：

评阅教师：