南京大学本科生实验报告

课程名称：**计算机网络**　　任课教师：田臣/李文中　　助教：

学院	**计算机科学与技术**	专业（方向）	**计算机科学与技术**
学号	**201220062**	姓名	**黄子睿**
Email	**201220062@smail.nju.edu.cn**	开始/完成日期	**3/26-3/28**

1. 实验名称：

Lab3 Respond to ARP

2. 实验目的：

学习理解 ARP 协议的内容以及 router 处理 ARP REQUEST 的方式与具体过程。

3. 实验内容：

本次实验需要解决 router 如何处理 ARP 协议，即需要处理 ARP request。Arp 协议报文格式的结构如下所示：

<table>
<tr><td colspan="2">硬件类型</td><td>协议类型</td></tr>
<tr><td>硬件长度</td><td>协议长度</td><td>操作码（请求为1，响应为2）</td></tr>
<tr><td colspan="3">源硬件地址</td></tr>
<tr><td colspan="3">源逻辑地址</td></tr>
<tr><td colspan="3">目的硬件地址</td></tr>
<tr><td colspan="3">目的逻辑地址</td></tr>
</table>

（图3）ARP报文格式

在接收到报文后，首先判断它是否是 ARP 报文，即它是否拥有 ARP 头。

在确定它是 ARP 报文后，再判断它的操作类型(arp.operation)，具体是请求还是回复。

如果它是 ARP Request，则进行如下操作：

首先判断 arp.targetprotoaddr 是否是 router 自身某个接口的 ip 地址。如果是，则将该接口的 ipaddr 与 etheraddr 封装进 ARP Reply 中，从接收 request 的接口发送回去。

如果不是，则需要查询它是否与 router 的某个接口相连(在代码模拟中，具体指调用 interface_by_ipaddr 函数)。如果该目标地址与 router 不相连，则丢弃该包，并向 LOG 输出报错信息(在程序模拟中指用 try-except 捕捉 KeyError)。若相连，则构造 ARP Request 报文从对应接口向目标 ip 地址发送。

此外，在 router 中需要构造记录 ipaddr 与 etheraddr 对应关系的 Cache。Cache 有两种记录方式，一种是静态的(static NAT)，ip 地址与以太网地址的映射关系始终记录在表中；另一种是动态的(Dynammic NAT)， router 维护一个已注册 ip 地址池（a pool of registered IP addresses），表中的信息可以更新并且一段时间未访问的信息将被移出 Cache。

设计一个可以同时实现两种功能的 ARPCache 类：

```
1.  class ARPCache(object):
2.      def __init__(self, timeout = 180):
3.          self.timeout = timeout
4.          self.cache = {} # Ipaddr:[hwaddr,timestamp]
5.               # If timestamp is negative, the entry is static
6.               # Otherwise it's dynamic.
7.
8.      def put(self, key, value, timestamp = -1):
9.          # The default entry type is static
10.         log_info(f"The cache puts in entry {key} -- {value}")
```

```
        self.cache[key] = [value,timestamp]

    def get(self, key):
        if key in self.cache:
            if self.cache[key][1] != -1:
                self.cache[key][1] = time.time()
            return self.cache[key][0]
        else:
            return None

    def refresh(): # Evict those dynamic entries that are out of time
        cur_time = time.time()
        for key in list(self.cache):
            if cur_time - self.cache[key][1] >= self.timeout:
                # Output to the log
                log_info(f"The entry \"{key}:{self.cache[key]}\" is evicted At time {cur_time}")
                del self.cache[key]
```

在本次实验中，只需要用到其中的静态表项。

结合 ARPCache，实现 router 处理 ARP Request 的功能。

首先，将 router 自身所有接口的 ipaddr 与 etheraddr 信息在初始化时记录入表中，即修改__init__函数为：

```
def __init__(self, net: switchyard.llnetbase.LLNetBase):
        self.net = net
        self.arpCache = ARPCache()
        # Record own ip/ethernet addr
        for intf in self.net.interfaces():
            self.arpCache.put(intf.ipaddr, intf.ethaddr)
```

这样可以不用特判 targetprotoaddr 是否是 router 自身的接口地址，可以直接统一处理，简化了程序逻辑。

下面设计具体的 handle_packet 函数：

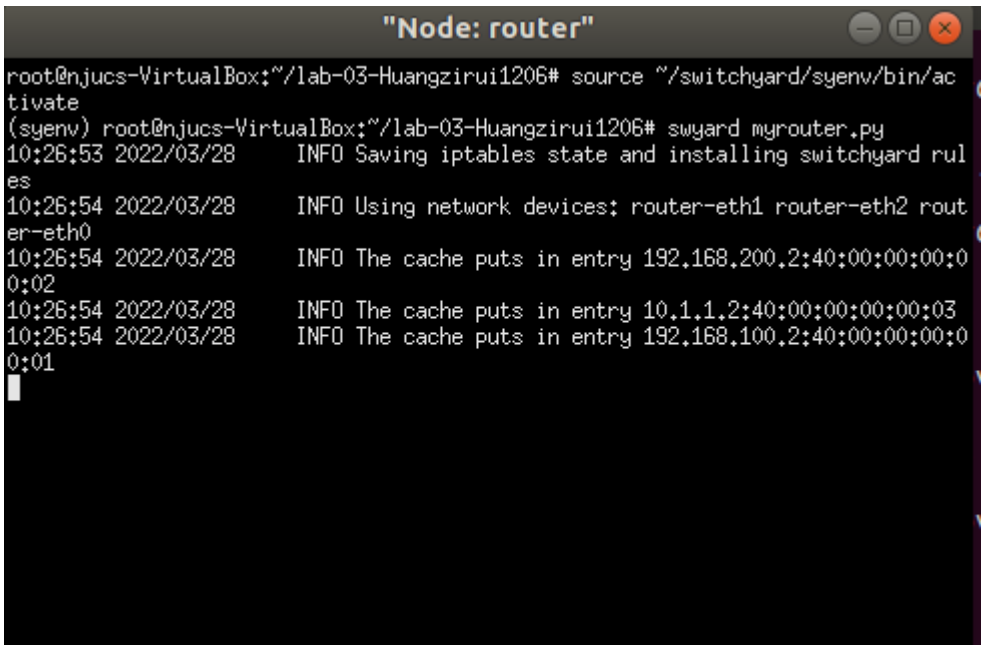
```
def handle_packet(self, recv: switchyard.llnetbase.ReceivedPacket):
        timestamp, ifaceName, packet = recv
        arp = packet.get_header(Arp, None)
        log_info(f"The arp is {arp}")
        if arp is not None:   # Handle ARP packets
            # self-learning
```

```
            # Use arpCache as a static table, so no need to refresh.

            # put the sender ipaddr--etheraddr into cache
            self.arpCache.put(arp.senderprotoaddr, arp.senderhwaddr)

            # Forward ARP packet
            if arp.operation == ArpOperation.Request:
                # Search the cache to see whether the targethwaddr is already in cache
                targethwaddr = self.arpCache.get(arp.targetprotoaddr)

                if targethwaddr == None: # The targethwaddr is not in the cache
                    forwardIntf = None
                    try:
                        forwardIntf = self.net.interface_by_ipaddr(arp.targetprotoaddr)
                        # Get the forwarding interface.
                        pkt = create_ip_arp_request(arp.senderhwaddr, arp.senderprotoaddr, arp.targetprotoaddr)
                        self.net.send_packet(forwardIntf, pkt)
                    except KeyError:
                        # The target ipaddr is not combined to any interface, just drop it.
                        log_info(f"The ipaddr {arp.targetprotoaddr} is not connected to the router.")
                        pass
                else:   # The targethwaddr is already in the cache
                    pkt = create_ip_arp_reply(targethwaddr, arp.senderhwaddr, arp.targetprotoaddr, arp.senderprotoaddr)
                    for forwardIntf in self.net.interfaces():
                        if forwardIntf.name == ifaceName:
                            self.net.send_packet(forwardIntf, pkt)
                            break
            elif arp.operation == ArpOperation.Reply: # Handle ARP Reply, but drop them for now according to the document
                pass
        else:   # Drop all kinds of other packets for now
            pass
```

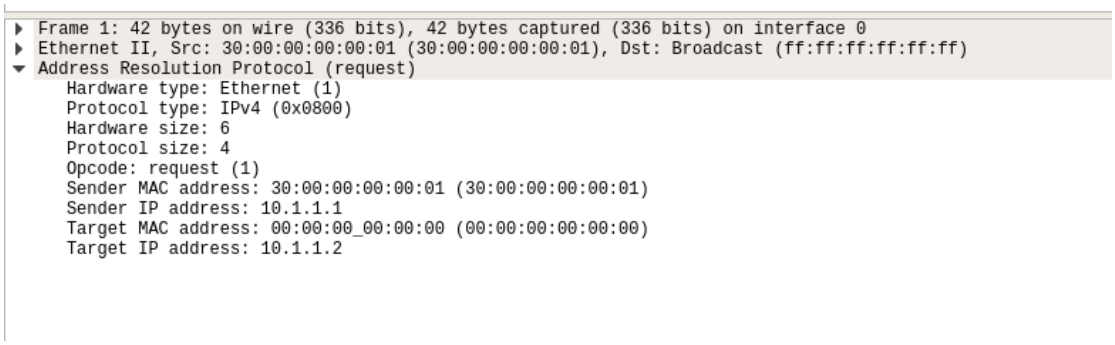
代码完成后，需要检验运行的结果：

首先在 xterm router 中运行 swyard router.py，可以看到初始化时 cache 填入

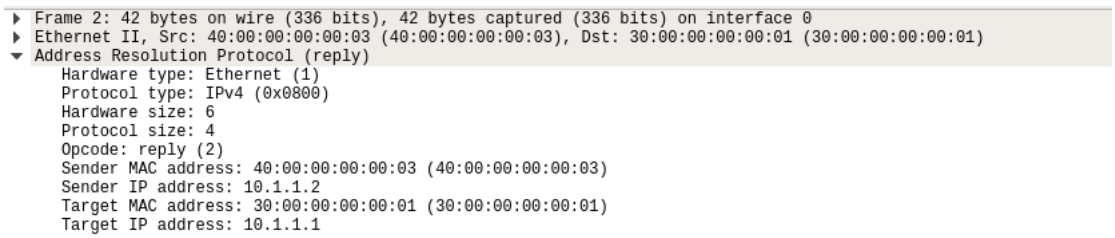
router 的接口信息：



然后执行 client ping -c3 10.1.1.2，注意到 10.1.1.2 是 router 的一个接口，因此通过查询 cache，可以得到 10.1.1.2 的 etheraddr 信息。Wireshark 抓包后，观察 ARP Request 与 Arp Reply 的具体信息：

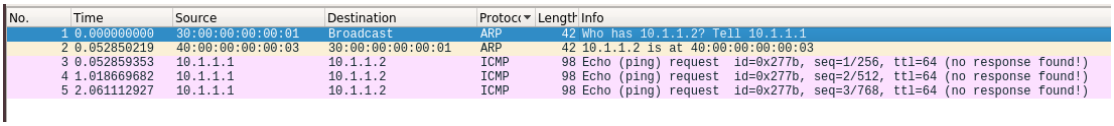


观察 Arp Request 的相关信息，可以看到此时 target mac address 是 0，意味着此时是一个广播报文，是需要告知的信息。



观察 Arp Reply 的信息，可以看到此时的发送者就是 arp 请求的目标，此时它的 mac 地址已经填上了。

而观察总的 arp 应答，可以看到非 ARP 的 IMCP 包此时被丢弃了：



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000000	30:00:00:00:00:01	Broadcast	ARP	42	Who has 10.1.1.2? Tell 10.1.1.1
2	0.052850219	40:00:00:00:00:03	30:00:00:00:00:01	ARP	42	10.1.1.2 is at 40:00:00:00:00:03
3	0.052859353	10.1.1.1	10.1.1.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x277b, seq=1/256, ttl=64 (no response found!)
4	1.018669682	10.1.1.1	10.1.1.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x277b, seq=2/512, ttl=64 (no response found!)
5	2.061112927	10.1.1.1	10.1.1.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x277b, seq=3/768, ttl=64 (no response found!)

而后通过 log 信息考察 cache 的运行情况。再执行 server1 ping -c1 client，log 信息中可以看到 server1 的地址信息将被新记录入 cache:

(The cache puts in entry …)