

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	计算机科学与技术系	专业（方向）	计算机科学与技术
学号	211220079	姓名	谷石磊
Email	211220079@smail.nju.edu.cn	开始/完成日期	2023.4.30

1. 实验名称

Lab 4: Forwarding Packets

2. 实验目的

- 1、接收和转发在链路上到达的发往其他主机的数据包。转发过程的一部分是在转发表中执行地址查找(“最长前缀匹配”查找)。
- 2、对未知的以太网 MAC 地址的 IP 地址发出 ARP 请求。

3. 实验内容

Task 2: IP Forwarding Table Lookup

建立转发表并根据其实现目的 IP 地址的最长前缀匹配。

Task 3: Forwarding the Packet and ARP

查找完成后，将 IP 报文头的 ttl 减一，本实验不考虑 ttl 为 0 情况。

为该数据报文创造一个新的 Ethernet 报文头并转发。

4. 实验结果

Task 3: Forwarding the Packet and ARP

在 mininet 中，使用 wireshark 捕获 server1 和 server2 的流量。我们使用 ping 让 server1 ping server2 一次，结果如下：

server1:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000000	Private_00:00:01	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.100.2? Tell 192.168.100.1
2	0.006774171	40:00:00:00:00:01	Private_00:00:01	ARP	42	192.168.100.2 is at 40:00:00:00:00:01
3	0.006784841	192.168.100.1	192.168.200.1	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x712d, seq=1/256, ttl=64 (reply in 4)
4	0.318044690	192.168.200.1	192.168.100.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x712d, seq=1/256, ttl=63 (request in 3)

server2:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000000	40:00:00:00:00:02	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.200.1? Tell 192.168.200.2
2	0.000024165	20:00:00:00:00:01	40:00:00:00:00:02	ARP	42	192.168.200.1 is at 20:00:00:00:00:01
3	0.115280568	192.168.100.1	192.168.200.1	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x712d, seq=1/256, ttl=63 (reply in 4)
4	0.116525641	192.168.200.1	192.168.100.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x712d, seq=1/256, ttl=64 (request in 3)
5	5.315306022	20:00:00:00:00:01	40:00:00:00:00:02	ARP	42	Who has 192.168.200.2? Tell 192.168.200.1
6	5.420031521	40:00:00:00:00:02	20:00:00:00:00:01	ARP	42	192.168.200.2 is at 40:00:00:00:00:02

可以发现 server1 发送的 ICMP 包成功被转发到了 server2, server2 的 ICMP 回应 server1 也正确地收到了。同时我们也可以观察到数据包的 ttl 成功的进行了减一操作。router 收到包后，查转发表确定要转发的端口即 IP 地址，发送 arp request 获取对应的 MAC 地址后将 ttl 减一后成功的进行了转发。

5. 核心代码

本次代码较多，见于 GitHub，以下简单介绍一下思路。

Task 2: IP Forwarding Table Lookup

首先是转发表的建立，比较简单，直接遍历所有端口，之后读取文件即可。此功能实现于 `init_forwarding_table` 函数。

关于最长前缀匹配，此处首先对转发表提前次排序，将较长的前缀置于前方，此时第一个匹配的前缀一定是最长的。具体的匹配方式选择了全部转化为 int 后进行 & 操作之后比较。此功能实现于 `look_up` 函数。

Task 3: Forwarding the Packet and ARP

该部分功能分为了 `add_queue` 和 `forward` 两个函数。

维护一个字典，字典的 `key` 为一个 IP 地址，为下一跳的 IP 地址，`value` 为一个数组，数组的前三个元素分别为下一跳的端口名，上一次的 `arp request` 发送时间，`arp request` 的发送次数，之后为该 IP 地址对应的所有包。

每次收到一个包，经过合法性判断之后，就调用 `add_queue` 函数将其加入字典。

`forward` 函数中，遍历字典中的所有键值对，即所有未发送的包。判断是否 `arp cache table` 中是否含有对应的 MAC 地址，若有，就将所有的对应 `packet` 的 `ttl` 减一后转发，之后清空数组；若没有，就判断上次发送 `arp request` 时间是否超时且次数以达到五次，若均满足，就将数组清空，所有 `packet` 抛弃；若超时或次数为 0，就发送一个新的 `arp request` 并更新上次发送时间和发送次数。

每次收到一个包或超过 1s 会调用 `forward` 函数。

6. 总结与感想

本次实验对我来说有较大的挑战性，我也花了较多时间才基本完成。总的来说，收获很大，不仅对 `router` 有了更深的理解，也对 `python` 的类和函数有了更多的了解。