南京大学本科生实验报告

181860097 计算机科学与技术系 王明骁
Email：1164151483@qq.com
开始日期：2020年3月20日 结束日期：2020年3月23日
lab2

实验名称

Lab 2: Learning Switch

实验目的

- 学习交换机的基本原理
- 掌握交换机对于在有限的内存中删除表项的几种方法（超时删除，lru算法，最小流量）

task1

1. **实验内容**

   task1为准备阶段，只需要按照实验手册上的说明，将相关文件copy到lab_2文件夹并做好命名即可

task2

1. 实验内容

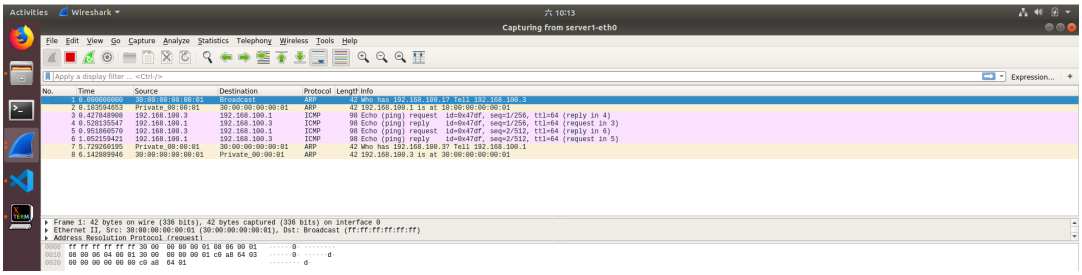
   task2要求实现一个具有学习功能的交换机，即每次收到数据包时记录下对应的端口号和mac地址，在每次发送数据包之前首先去表中寻找是否学习过该mac地址在哪个端口，如果学习过则直接向对应的端口发送，否则就进行洪泛

```
    flag = 0
    for index in table:
        if index.mac == packet[0].dst:
            flag = 1
            destintf = index.interface
            break

    log_debug ("In {} received packet {} on {}".format(net.name, packet, input_port))
    if packet[0].dst in mymacs:
        log_debug ("Packet intended for me")
    else:
        if flag == 1:
             net.send_packet(destintf, packet)
        else:
            for intf in my_interfaces:
                if input_port != intf.name:
                    log_debug ("Flooding packet {} to {}".format(packet, intf.name))
                    net.send_packet(intf.name, packet)
            temp = learning(packet[0].src,input_port)
            table.append(temp)
```

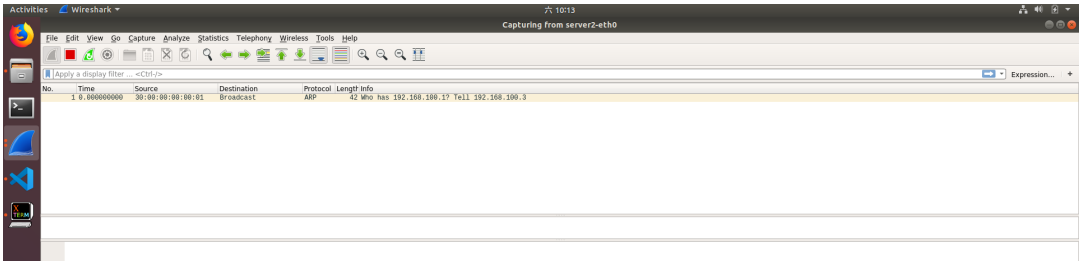
   具体实现为，首先在table中是否有对应于目标mac地址的表项，如果有则记录下destintf，并直接向destintf发送，否则进行洪泛

2. 实验结果

用wireshark监视server1和server2的流量并且构造从client到server1的流量



可以看到server1中有两对发送和回复的包



而server2中只有arp包，因此可以知道改交换机的学习功能是成功的，在最开始广播arp的时候就知道了server1对应的端口，因此接下来两个包都不再采取广播形式，而是直接向server1所对应的端口发送数据包

3. 核心代码

定义learning类用来存放每一个表项，其中每个表项包含其mac地址和对应的端口

```
class learning(object):
    def __init__(self,mac,interface):
        self.mac = mac
        self.interface = interface
```

每次收到一个数据包时，在表中寻找是否记录过他的mac地址对应的端口，如果记录过，则记下对应的端口并做个标记（flag），在之后的发送中如果之前记录过则直接向对应的端口发送数据，否则进行洪泛，同时，在每收到一个数据包时就对表项进行增加

```
    flag = 0
    for index in table:
        if index.mac == packet[0].dst:
            flag = 1
            destintf = index.interface
            break

    log_debug ("In {} received packet {} on {}".format(net.name, packet, input_port))
    if packet[0].dst in mymacs:
        log_debug ("Packet intended for me")
    else:
        if flag == 1:
            net.send_packet(destintf, packet)
        else:
            for intf in my_interfaces:
                if input_port != intf.name:
                    log_debug ("Flooding packet {} to {}".format(packet, intf.name))
                    net.send_packet(intf.name, packet)
            temp = learning(packet[0].src,input_port)
            table.append(temp)
```

task3

1. 实验内容

task3要求根据超时原则进行表项的删除，设置为超过10秒的表项进行删除，同时不对表项的数量上限做限制

```
        nowtime = time.time()
        for index in table:
            if nowtime - index.time > 10:
                table.remove(index)
            if index.mac == packet[0].src:
                table.remove(index)
          You, an hour ago • finish task3
        temp = learning(packet[0].src,input_port,nowtime)
        table.append(temp)

        flag = 0
        for index in table:
            if index.mac == packet[0].dst:
               flag = 1
               destintf = index.interface
               break
        if flag == 1:
            net.send_packet(destintf, packet)
        else:
            for intf in my_interfaces:
                if input_port != intf.name:
                    log_debug ("Flooding packet {} to {}".format(packet, intf.name))
                    net.send_packet(intf.name, packet)
```

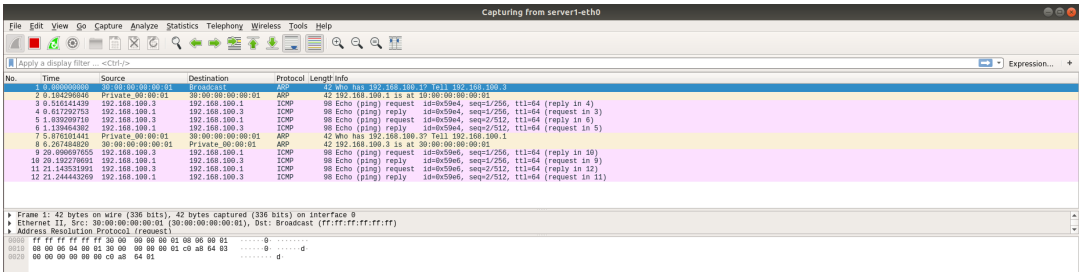
具体实现为：通过调用time.time()得到当前的时间戳，然后对表中内容进行更新，具体为，遍历表中内容，如果之前添加的时间戳和现在的时间戳之差大于10秒则删除，同时如果表中的mac地址与收到的包的源地址相同则删除，这是为了对表中已有的表项进行更新，删除后再添加新的表项进去与直接对表项中的数据做修改是等价的，为了与没有找到与收到的包的源地址相同的情况下的行为统一，这里采用的是删除再添加的方法。之后的查询逻辑与basic switch相同，在此不再赘述

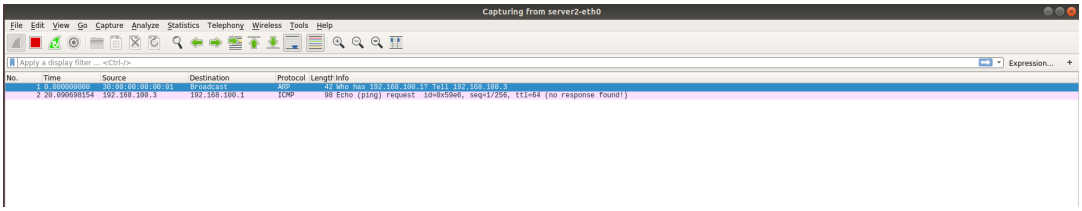
2. 实验结果

运行提供的测试样例，可以看到正确通过测试

```
(syenv) njucs@njucs-VirtualBox:~/switchyard$ swyard -t lab_2/switchtests_to.srpy lab_2/myswitch_to.py
16:04:19 2020/03/21     INFO Starting test scenario lab_2/switchtests_to.srpy

Results for test scenario switch tests: 9 passed, 0 failed, 0 pending


Passed:
1    An Ethernet frame with a broadcast destination address
     should arrive on eth1
2    The Ethernet frame with a broadcast destination address
     should be forwarded out ports eth0 and eth2
3    An Ethernet frame from 20:00:00:00:00:01 to
     30:00:00:00:00:02 should arrive on eth0
4    Ethernet frame destined for 30:00:00:00:00:02 should arrive
     on eth1 after self-learning
5    Timeout for 20s
6    An Ethernet frame from 20:00:00:00:00:01 to
     30:00:00:00:00:02 should arrive on eth0
7    Ethernet frame destined for 30:00:00:00:00:02 should be
     flooded out eth1 and eth2
8    An Ethernet frame should arrive on eth2 with destination
     address the same as eth2's MAC address
9    The hub should not do anything in response to a frame
     arriving with a destination address referring to the hub
     itself.


All tests passed!


(syenv) njucs@njucs-VirtualBox:~/switchyard$
```

接下来是自己对该switch进行测试，采取用wireshark监视每个server的办法，首先是构造了两个从client到server1的流量，然后等待十多秒后，再次构造两个从client到server1的流量，在wireshark中抓到的包如下：





可以看到，在最开始构造的流量中，server1能正确接收到包，而server2只有ARP包，因此可以知道该交换器的学习功能正确实现，而在time为20构造的流量中，可以看到server2也收到了广播的一个包，因此可以知道交换器确实在表中删除了超时的条目（否则他仍会只向server1对应的端口发送）

3. 核心代码

表项的内容与之前相比增加了时间戳：

```
class learning(object):
    def __init__(self,mac,interface,time):
        self.mac = mac
        self.interface = interface
        self.time = time
```

时间记录用来记录每个表项被添加的时间

删除超时表项和查找以及发送的核心代码：

```
        nowtime = time.time()
        for index in table:
            if nowtime - index.time > 10:
                table.remove(index)
            if index.mac == packet[0].src:
                table.remove(index)
          You, an hour ago • finish task3
        temp = learning(packet[0].src,input_port,nowtime)
        table.append(temp)

        flag = 0
        for index in table:
            if index.mac == packet[0].dst:
               flag = 1
               destintf = index.interface
               break
        if flag == 1:
            net.send_packet(destintf, packet)
        else:
            for intf in my_interfaces:
                if input_port != intf.name:
                    log_debug ("Flooding packet {} to {}".format(packet, intf.name))
                    net.send_packet(intf.name, packet)
```

其原理在实验内容部分已经阐述，在此不再赘述

task4

1. 实验内容

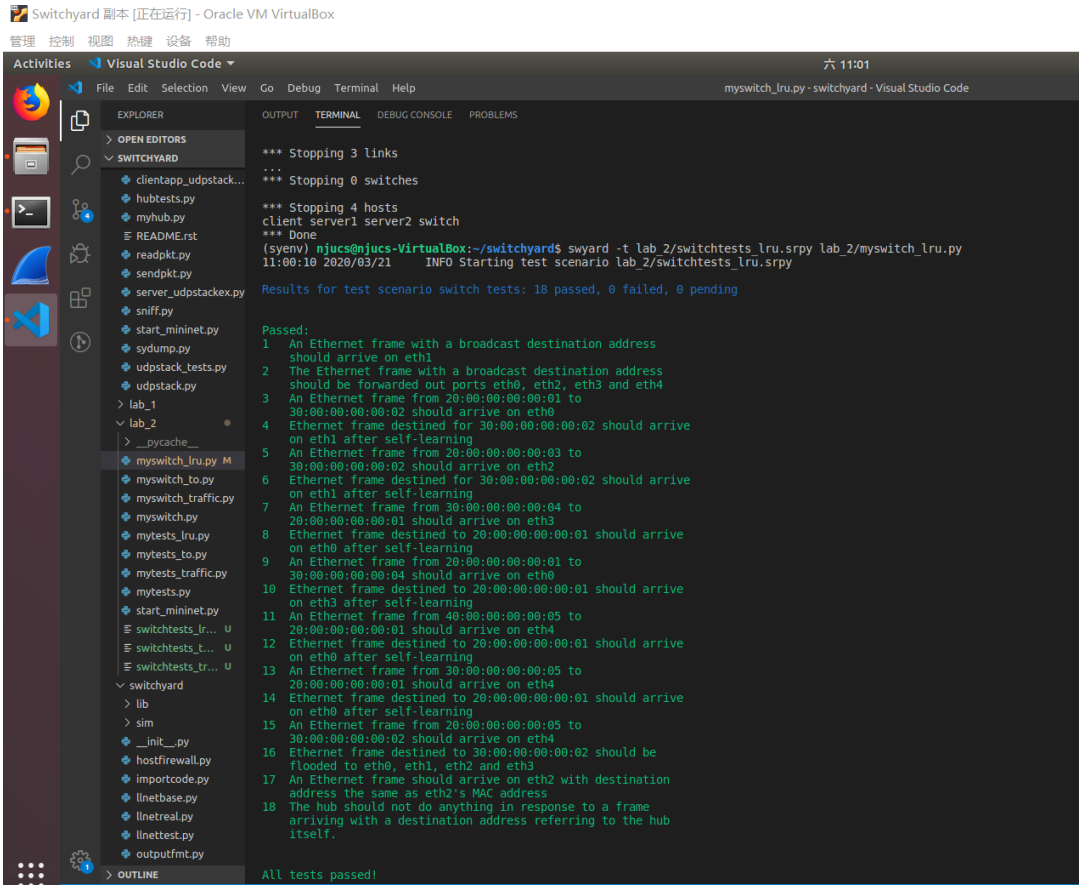
task4要求利用lru算法对表进行删除，即统计每个表项的使用频率，当表满（超过5个）时，选择使用频率最低的一项删除，具体实现为：

```
    for index in table:
        if index.mac == packet[0].dst:
            flag = 1
            destintf = index.interface
            index.age = 0
        else:
            index.age = index.age + 1
    log_debug ("In {} received packet {} on {}".format(net.name, packet, input_port))
    if packet[0].dst in mymacs:
        log_debug ("Packet intended for me")
    else:
        if flag == 1:
            net.send_packet(destintf, packet)
        else:
            for intf in my_interfaces:
                if input_port != intf.name:
                    log_debug ("Flooding packet {} to {}".format(packet, intf.name))
                    net.send_packet(intf.name, packet)
    temp = learning(packet[0].src,input_port,0)
          You, a few seconds ago • Uncommitted changes
    for index in table:
        if index.mac == packet[0].src:
            table.remove(index)
    if len(table) >= 5:
        table.remove(max(table,key = lambda x: x.age))

    table.append(temp)
```

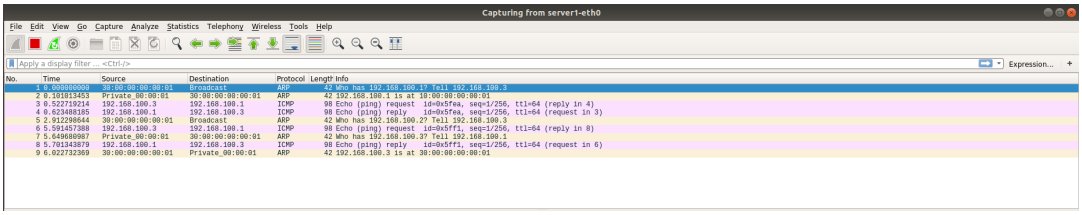
其学习和在表中查找的功能与基础交换机实现一样，额外增加的是，在每次使用到一个表项时，用age记录下其未被访问的次数，因此每收到一个包，未使用过的表项则计数+1，同时如果该表项被使用，则将age清零，这样删除时删除age最大的一个即是最近最少使用的一项，同时对于已有的表项，在新的内容进来时将其删除再添加以达到更新的效果（可以同时更新端口和使用频率）当表中的数量大于等于5，并且还要向表中添加数据时，删除age最大的一项，这里使用lambda函数和max来查找表中age最大的一项

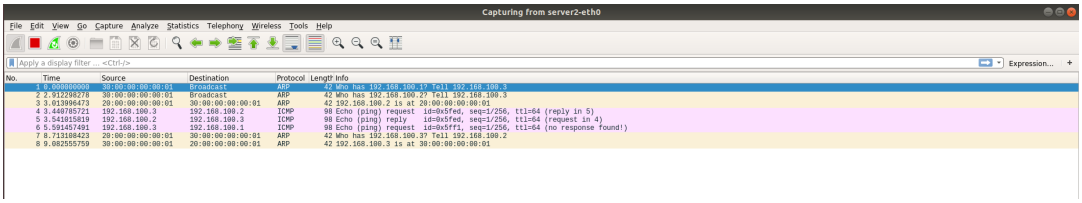
2. 实验结果

首先运行提供的测试样例，可以看到通过测试



接下来是自己在mininet中测试，由于该网络拓扑只有2个server，因此表的5个数据上限设定让表永远都不会满，故测试时将上限改为2，但提交时仍提交5的版本，测试方法同样是用wireshark监视每个server，首先构造从client到server1的流量，此时交换机表中存的是client和server1，然后构造client 到server2，此时由于lru算法，交换机表中存的是client和server2，然后再构造从client到server1的流量，由于此时server1已被删除，因此会进行广播，用wireshark抓到的包如下：





可以看到最开始构造从client到server1的流量对应于0秒的时间戳，然后构造的从client 到server2的流量对应于2秒的时间戳，最后构造的从client到server1的流量对应于5秒的时间戳，可以看到server2也收到了这个包，因此可以知道交换机进行了洪泛，因此可以知道表中确实server1对应的表项被删除了，算法正确

3. 核心代码

对于表中每一项，增加了age变量，用来记录未被使用的次数

```
class learning(object):
    def __init__(self,mac,interface,age):
        self.mac = mac
        self.interface = interface
        self.age = age
```

lru算法的具体实现：已在实验内容中阐述

```
    for index in table:
        if index.mac == packet[0].dst:
            flag = 1
            destintf = index.interface
            index.age = 0
        else:
            index.age = index.age + 1
    log_debug ("In {} received packet {} on {}".format(net.name, packet, input_port))
    if packet[0].dst in mymacs:
        log_debug ("Packet intended for me")
    else:
        if flag == 1:
            net.send_packet(destintf, packet)
        else:
            for intf in my_interfaces:
                if input_port != intf.name:
                    log_debug ("Flooding packet {} to {}".format(packet, intf.name))
                    net.send_packet(intf.name, packet)
    temp = learning(packet[0].src,input_port,0)
          You, a few seconds ago • Uncommitted changes
    for index in table:
        if index.mac == packet[0].src:
            table.remove(index)
    if len(table) >= 5:
        table.remove(max(table,key = lambda x: x.age))

    table.append(temp)
```

task5

1. 实验内容：

   task5要求当表满时删除最少流量的表项

```
                # search
                flag = 0
                for index in table:
                    if index.mac == packet[0].dst:
                        flag = 1
                        destintf = index.interface
                        index.age = index.age + 1

                # add
                temp = learning(packet[0].src,input_port,1) #send one time
                for index in table:      You, 2 days ago • fix lru bug and
                    if index.mac == packet[0].src:
                        table.remove(index)
                if len(table) >= 5:
                    table.remove(min(table,key = lambda x: x.age))

                table.append(temp)
```

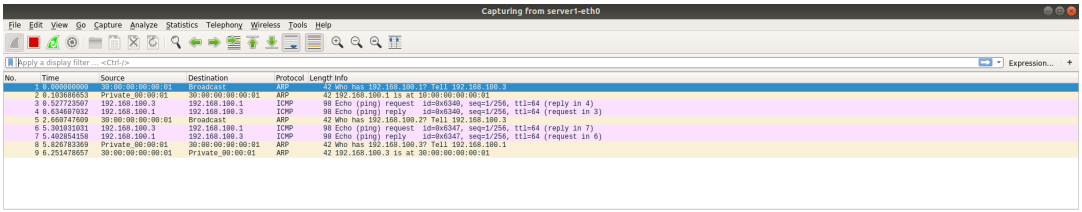
   因此采取age记录每个表项的流量，每次遇到dest的mac与表项中的mac相同时，流量计数+1，当表满时，删除age最小的一个，与lru算法类似，采用min函数和lambda函数找到表中age最小的一项并删除，而更新时仍然采用将旧的表项删除并添加新的表项的做法

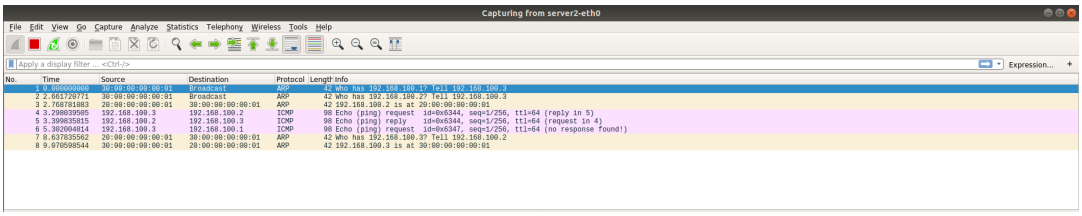
2. 实验结果

   运行测试样例，可以看到正确通过

```
(syenv) njucs@njucs-VirtualBox:~/switchyard$ swyard -t lab_2/switchtests_traffic.srpy lab_2/myswitch_traffic.py
09:53:05 2020/03/23     INFO Starting test scenario lab_2/switchtests_traffic.srpy

Results for test scenario switch tests: 8 passed, 0 failed, 0 pending


Passed:
1   An Ethernet frame with a broadcast destination address
    should arrive on eth1
2   The Ethernet frame with a broadcast destination address
    should be forwarded out ports eth0 and eth2
3   An Ethernet frame from 20:00:00:00:00:01 to
    30:00:00:00:00:02 should arrive on eth0
4   Ethernet frame destined for 30:00:00:00:00:02 should arrive
    on eth1 after self-learning
5   An Ethernet frame from 20:00:00:00:00:03 to
    30:00:00:00:00:03 should arrive on eth2
6   Ethernet frame destined for 30:00:00:00:00:03 should be
    flooded on eth0 and eth1
7   An Ethernet frame should arrive on eth2 with destination
    address the same as eth2's MAC address
8   The switch should not do anything in response to a frame
    arriving with a destination address referring to the switch
    itself.


All tests passed!


(syenv) njucs@njucs-VirtualBox:~/switchyard$
```

在mininet中测试：同样采取用wireshark监视流量的办法，首先构造从client到server1的流量，然后构造从client到server2的流量，此时由于表中server1的流量最小，因此server1被删除，然后构造从client到server1的流量，理论上server2应该也要能收到洪范的流量，用wireshark抓到的包如下：





可以看到最开始构造的两个包都正确被收到，同时，最后一个从client到server1的包也被server2收到，因此交换机进行了洪泛，故表中server1确实被删除，该算法正确

3. 核心代码

表中每一项增加了age，该age记录了每一项的流量，删除时选择age最小的一项进行删除

```python
class learning(object):
    def __init__(self,mac,interface,age):
        self.mac = mac
        self.interface = interface
        self.age = age
```

具体实现最小流量删除的代码：已在实验内容部分阐述逻辑

```
        # search
        flag = 0
        for index in table:
            if index.mac == packet[0].dst:
                flag = 1
                destintf = index.interface
                index.age = index.age + 1

        # add
        temp = learning(packet[0].src,input_port,1) #send one time
        for index in table:      You, 2 days ago • fix lru bug and
            if index.mac == packet[0].src:
                table.remove(index)
        if len(table) >= 5:
            table.remove(min(table,key = lambda x: x.age))

        table.append(temp)
```

总结与感想

lab2整体而言不算难，且与课程联系非常紧密，可以让我们马上就实践到课上学到的知识，不得不说设计的非常好！而在本次实验中更是体会到交换机与hub的区别，实践了交换机的代码，对网络的理解加深了！