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6月13日 结束日期：2020年6月17日
lab7

实验名称

Lab 7: Firewall

实验目的

- 掌握并理解防火墙的基本原理
- 实现防火墙的各种基础功能

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_7文件夹并做好命名即可

task2

1. **实验内容**

   task2的内容分为以下两部分：

   - 根据firewall_rules.txt文件中的规则语法，建立规则，而实现的关键在于根据规则的语法，正确建立规则表，这里采取了正则表达式的方法建立，这里采取了六条正则表达式，**(permit|deny) (ip|icmp) src (\S+) dst (\S+) impair** 对应于未指定端口号的带impair的规则，**(permit|deny) (ip|icmp) src (\S+) dst (\S+) ratelimit (\S+)** 对应于未指定端口号的带速度限制的规则，**(permit|deny) (udp|tcp) src (\S+) srcport (\S+) dst (\S+) dstport (\S+) ratelimit (\S+)** 对应于指定端口号的带速度限制的规则，**(permit|deny) (ip|icmp) src (\S+) dst (\S+)**对应于未指定端口号的，不带速度限制也不带impair的规则，**(permit|deny) (udp|tcp) src (\S+) srcport (\S+) dst (\S+) dstport (\S+) impair** 对应于指定端口号的带impair的规则，**(permit|deny) (udp|tcp) src (\S+) srcport (\S+) dst (\S+) dstport (\S+)** 对应于指定端口号的不限制速度也不带impair的规则

     按照正则表达式进行匹配，并将相关信息建立成一个表即可，值得一提的是，由于python里的正则表达式是采取前缀匹配，因此对上述六个正则表达式进行匹配时，要先匹配带速度限制的和带impair的，否则他们会被缺省的正则表达式所匹配，从而丢失信息

   - 第二部分是收到包时检查是否与规则匹配，匹配时首先匹配包的类型与规则的类型，然后在类型匹配的基础上进一步匹配源ip，目的ip，之后进一步匹配源端口和目的端口，若都匹配上了，则返回对应的规则，否则返回None

2. **实验结果**

   等待所有内容完成后一起测试

3. **核心代码**

规则表中每一项的内容：

```
class ruleitem(object):
    def __init__(self):
        self.rulenum = 0
        self.permit = True
        self.src = IPv4Network('0.0.0.0/0',False)
        self.types = 'ip'
        self.dst = IPv4Network('0.0.0.0/0',False)
        self.srcport = -1
        self.dstport = -1
        self.ratelimit = 0
        self.tokens = 0
        self.impair = False
```

其中permit表示该规则是否允许通过，src和dst是源ip和目的ip，types表示该规则所对应的数据包的类型（ip/icmp/tcp/udp），srcport和dstport表示源端口和目的端口，ratelimit表示速率限制，tokens表示该规则的令牌，impair表示是否减损

当匹配到任何一条正则表达式时，在rules中添加对应的项，这里以其中一条正则表达式为例：

```
result = re.match(r'(permit|deny) (ip|icmp) src (\S+) dst (\S+) ratelimit (\S+)',line)
if result:
    rule.rulenum = 0
    if result.group(1) == 'permit':
        rule.permit = True
    else:
        rule.permit = False
    if result.group(2) == 'icmp':
        rule.types = 'icmp'
    else:
        rule.types = 'ip'
    if result.group(3) == 'any':
        rule.src = IPv4Network('0.0.0.0/0',False)
    else:
        rule.src = IPv4Network(result.group(3),False)
    if result.group(4) == 'any':
        rule.dst = IPv4Network('0.0.0.0/0',False)
    else:
        rule.dst = IPv4Network(result.group(4),False)
    rule.ratelimit = int(result.group(5))
    rule.tokens = 2*rule.ratelimit
    rule.impair = False
    return rule
```

这是针对ipv4的包和icmp的包的规则，并且包含速率限制，首先根据permit或者是deny来设定rule的permit值，当permit为true时表示允许，为false时表示阻止，然后根据icmp/ip设置rule的类型，然后填写对应的srcip和dstip，最好将速率限制的值转换为int后赋值给ratelimit，同时设置该rule的初始令牌数，最后返回rule，在main函数中将该rule添加到rules数组中

对要转发的数据包进行匹配：

```python
def pktmatch(pkt,rules):
    ipv4 = pkt.get_header(IPv4)
    #debugger()
    icmp = pkt.get_header(ICMP)
    tcp = pkt.get_header(TCP)
    udp = pkt.get_header(UDP)
    pkttype = 'ip'
    if icmp is not None:
        pkttype = 'icmp'
    elif tcp is not None:
        pkttype = 'tcp'
    elif udp is not None:
        pkttype = 'udp'
    if pkttype == 'ip':
        return None

    for index in rules:
        #debugger()
        if index.types != 'ip' and index.types != pkttype:
            continue
        if ipv4.src in index.src and ipv4.dst in index.dst:
            if pkttype == 'icmp':
                return index
            elif pkttype == 'tcp':
                if (tcp.src == index.srcport or index.srcport == -1) and (tcp.dst == index.dstport or index.dstport == -1):
                    return index
            elif pkttype == 'udp':
                if (udp.src == index.srcport or index.srcport == -1) and (udp.dst == index.dstport or index.dstport == -1):
                    return index

    return None     You, 3 hours ago • Uncommitted changes
```

在匹配之前首先过滤所有非ipv4的数据包，因此传进该函数都是ipv4的数据包，在此基础上首先判断该数据包的类型，然后扫描规则表中的每一条规则，只有规则类型为ip的或者规则类型和该数据包的类型相同的规则才进行下一步匹配，下一步匹配时，首先检查源ip和目的ip是否能对应于该规则，在此基础上再检查源端口号和目的端口号是否一致，若一致，则匹配上该规则，直接返回该规则，否则返回None

由于该规则的优先级是先写的规则优先级高，因此从数组开头开始检查的逻辑是符合要求的

task3

1. 实验内容

   task3要求实现令牌桶算法，简单来说就是每隔0.5秒向桶中加入令牌，只有桶中的令牌数量足够才能发数据包，否则将数据包丢弃。具体实现时分为两个部分：加入令牌部分，发送包时检查令牌部分

2. 实验结果

   等待所有内容写完后一起测试

3. 核心代码

   加入令牌部分：

```python
while True:
    pkt = None
    try:
        timestamp,input_port,pkt = net.recv_packet(timeout=0.25)
    except NoPackets:
        pass
    except Shutdown:      You, 4 days ago • finish task1
        break

    if time.time()-pretime > 0.5:
        for index in rules:
            if index.ratelimit != 0:
                index.tokens = index.tokens + index.ratelimit/2
                if index.tokens > 2*index.ratelimit:
                    index.tokens = 2*index.ratelimit
        pretime = time.time()
```

无论是否收到包都进行判断，如果已经过了0.5秒，就向每个带有速度限制的规则中都加入令牌，如果加入的令牌数量超过最大值，则改为最大值2r

发送部分：

```
if pkt is not None:
    ip = pkt.get_header(IPv4)
    if ip is None:
        net.send_packet(portpair[input_port], pkt)
        continue

    matchrule = pktmatch(pkt,rules)
    #debugger()
    if matchrule is None:
        net.send_packet(portpair[input_port], pkt)
        continue

    if matchrule.permit == True:
        for index in rules:
            if index == matchrule:
                if index.ratelimit != 0:
                    l = len(pkt) - len(pkt.get_header(Ethernet))
                    if index.tokens >= l:
                        index.tokens = index.tokens - l
                        net.send_packet(portpair[input_port], pkt)
                    break
                if index.impair:
                    ran = randint(0,1)
                    #if ran > 0.5:
                    if ran > 2:
                        net.send_packet(portpair[input_port], pkt)
                    break
                net.send_packet(portpair[input_port], pkt)
                break
```

针对每一个包，首先检查其是否是ipv4的包，若不是则直接发，然后进行规则的匹配，若没匹配上则直接发，当匹配上时查看对应的规则的permit值是否为true，只有为true的规则才发包，发包时检查该规则是否包含速率限制，若包含速率限制，则检查是否有足够的令牌，若有，则将相应数量的令牌去除，然后发包，否则不发包，而对于没有速率限制的规则则不管

task4

1. 实验内容：

   task4要求实现impair功能，这里采取的实现方式是随机丢包，设置一个初始丢包率，通过python自带的随机数库生成0到1的随机数，若随机数的值大于丢包率，则丢包，否则发包即可，而需要impair的规则，其impair值为true

2. 实验结果：

   在task5中进行测试

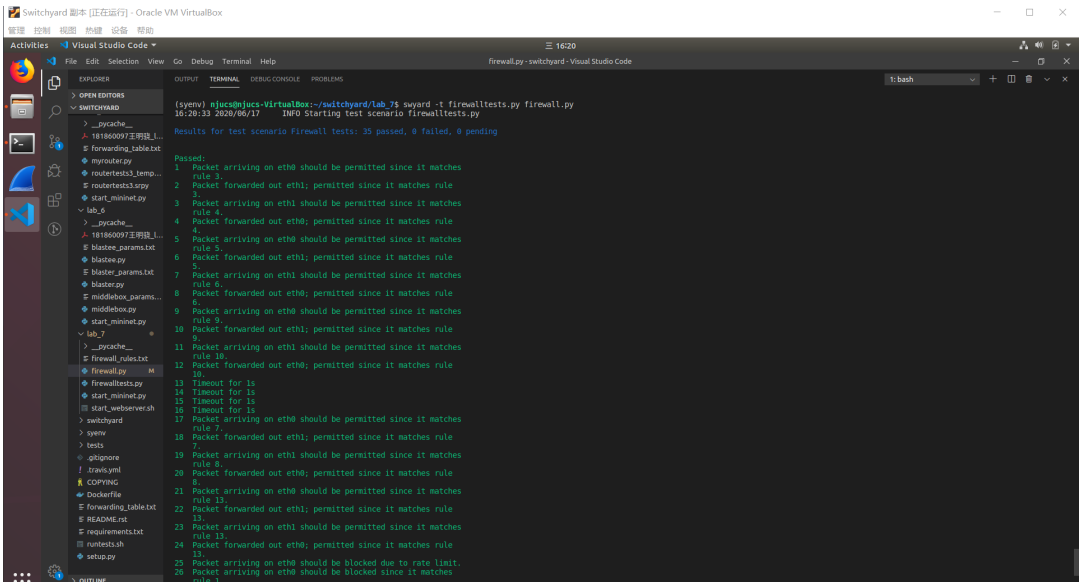
3. 核心代码：

```
if index.impair:
    ran = randint(0,1)
    #if ran > 0.5:
    if ran > 2:        You, 3 hours ago • Uncommitte
        net.send_packet(portpair[input_port], pkt)
    break
```

若匹配到的规则的impair值为true，则表示需要进行随即丢包处理，通过设置不同的丢包率实现不同程度的impair效果

task5

1. 使用助教提供的测试文件进行测试：

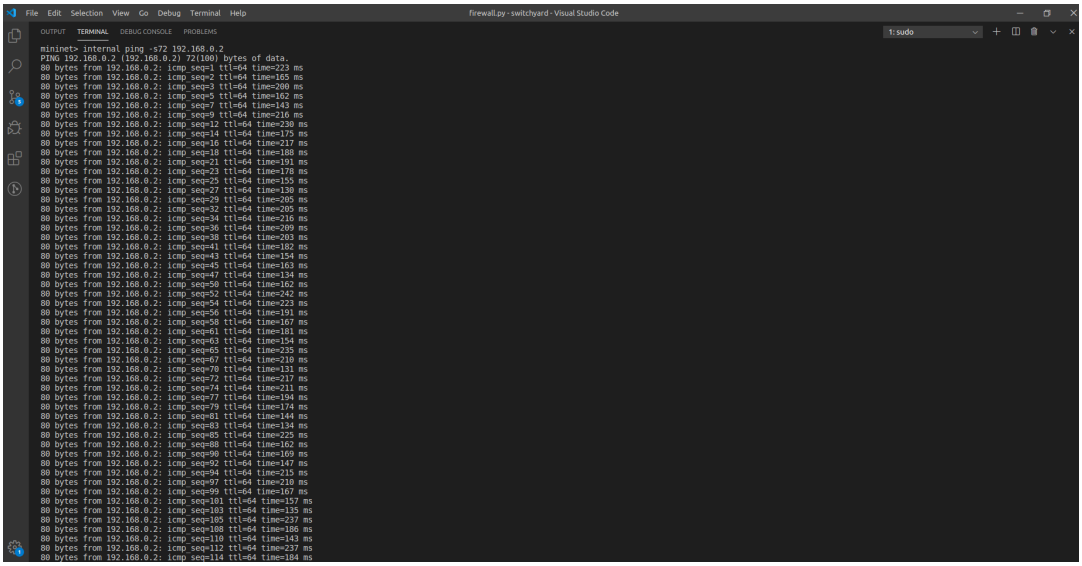


可以看到所有的测试都通过

2. 在mininet中测试速率：

   使用命令mininet> internal ping -s72 192.168.0.2

   得到以下结果：



通过icmp的序列号可以看到最开始是递增了两次1，之后基本上是在递增2，偶尔出现一次递增3，符合要求

3. 通过start_webserver.sh测试速率：

输入命令：mininet> external ./www/start_webserver.sh

mininet> internal wget http://192.168.0.2/bigfile -O /dev/null

得到以下结果：

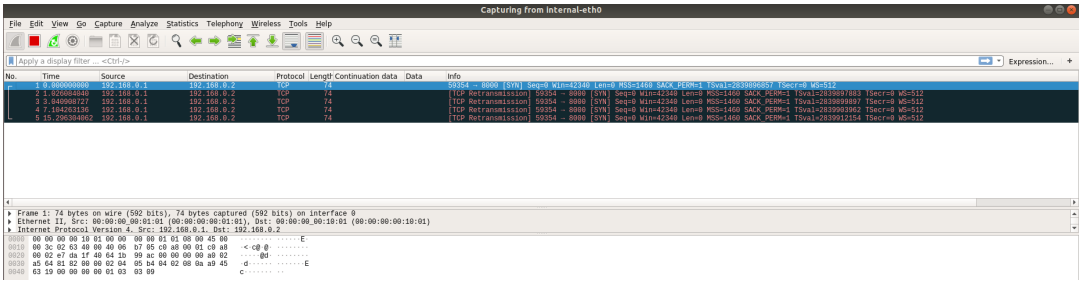
```
mininet> internal wget http://192.168.0.2/bigfile -O /dev/null
--2020-06-17 16:52:50--  http://192.168.0.2/bigfile
Connecting to 192.168.0.2:80... connected.
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK
Length: 102400 (100K) [application/octet-stream]
Saving to: '/dev/null'

/dev/null           100%[===================>] 100.00K  10.8KB/s    in 8.2s

2020-06-17 16:52:59 (12.2 KB/s) - '/dev/null' saved [102400/102400]

mininet>
```

可以看到平均速率为12.2，与理论值12.5非常接近！

4. 在mininet中测试impair效果：

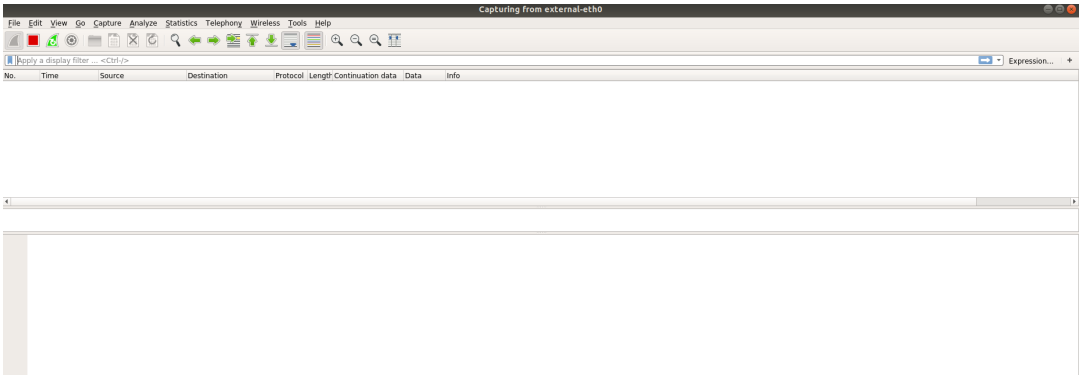
   为了方便效果展示，这里直接将丢包率设为1

   通过wireshark抓包可以看到以下结果：



   internal发包之后由于未收到ack进行重发，但是重发的包依旧丢包

   而external部分则是一个包也没收到：



   可以看到与理想结果完全一致

经过以上若干测试，可以知道该防火墙代码基本正确

总结与感想

- 测试文件还有待完善，当两个测试都是需要deny的时候，若第一个包由于防火墙实现的bug而发送，此时测试文件会报错在第二个需要deny的位置
- 该实验让我深刻理解了防火墙的基本工作原理，由于自己动手实现了一遍，更加深了理解
- 回顾本学期的整个计网实验，感觉计网实验的设计确实很好（虽然好像不是原创），每个实验都与课程内容紧密结合，让我们在学习理论知识之后马上动手实践，加深对理论知识的理解，而且每个实验的工作量其实并不大，也没有给课后造成太大负担，感觉比之前的计网实验的设计要好