

Отчет по лабораторной работе №5

Дисциплина: Моделирование сетей передачи данных

Леснухин Даниил Дмитриевич Российский университет
дружбы народов Москва

Цель работы

Основной целью работы является получение навыков проведения интерактивных экспериментов в среде Mininet по исследованию параметров сети, связанных с потерей, дублированием, изменением порядка и повреждением пакетов при передаче данных. Эти параметры влияют на производительность протоколов и сетей.

Задание

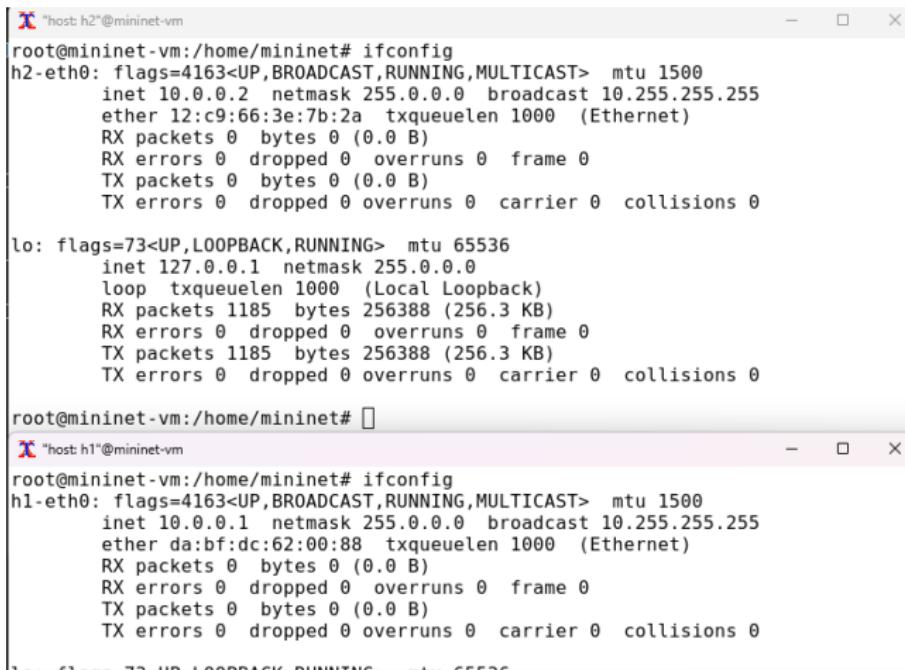
- ① Задайте простейшую топологию из двух хостов и коммутатора с сетью 10.0.0.0/8
- ② Проведите эксперименты по потере, дублированию, изменению порядка и повреждению пакетов
- ③ Реализуйте воспроизводимый эксперимент по добавлению правила отбрасывания пакетов
- ④ Постройте сводные отчеты о потерях и повреждениях пакетов

Теоретическое введение

Mininet — эмулятор компьютерных сетей. Позволяет развертывать сети из хостов, коммутаторов и OpenFlow-контроллеров. Поддерживает настройку сетевых интерфейсов и маршрутизацию трафика.

Запуск лабораторной топологии

Скопируем MIT magic cookie для root и запустим простейшую топологию с двумя хостами и одним коммутатором. Проверим интерфейсы через ifconfig.



The image shows two terminal windows side-by-side. Both windows have a title bar "host: h2" or "host: h1" followed by "@mininet-vm". The windows are titled with the command they are running: "ifconfig".

Host h2 (Left Window):

```
root@mininet-vm:/home/mininet# ifconfig
h2-eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
        inet 10.0.0.2 netmask 255.0.0.0 broadcast 10.255.255.255
          ether 12:c9:66:3e:7b:2a txqueuelen 1000 (Ethernet)
            RX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
            RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
            TX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
            TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING> mtu 65536
        inet 127.0.0.1 netmask 255.0.0.0
          loop txqueuelen 1000 (Local Loopback)
            RX packets 1185 bytes 256388 (256.3 KB)
            RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
            TX packets 1185 bytes 256388 (256.3 KB)
            TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

root@mininet-vm:/home/mininet#
```

Host h1 (Right Window):

```
root@mininet-vm:/home/mininet# ifconfig
h1-eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
        inet 10.0.0.1 netmask 255.0.0.0 broadcast 10.255.255.255
          ether da:bf:dc:62:00:88 txqueuelen 1000 (Ethernet)
            RX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
            RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
            TX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
            TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0
```

Проверка подключения между хостами

Ping между h1 и h2 для проверки связности сети:

```
X "host h2"@mininet-vm
TX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

lo: flags=73<UP,LOOPBACK,RUNNING> mtu 65536
    inet 127.0.0.1 netmask 255.0.0.0
        loop txqueuelen 1000 (Local Loopback)
    RX packets 1185 bytes 256388 (256.3 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 1185 bytes 256388 (256.3 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

root@mininet-vm:/home/mininet# ping 10.0.0.1 -c 6
PING 10.0.0.1 (10.0.0.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.08 ms
64 bytes from 10.0.0.1: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.060 ms
64 bytes from 10.0.0.1: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.049 ms
64 bytes from 10.0.0.1: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.070 ms
64 bytes from 10.0.0.1: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.047 ms
64 bytes from 10.0.0.1: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.043 ms

--- 10.0.0.1 ping statistics ---
6 packets transmitted, 6 received, 0% packet loss, time 5079ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.043/0.225/1.083/0.383 ms
root@mininet-vm:/home/mininet#
inet 127.0.0.1 netmask 255.0.0.0
loop txqueuelen 1000 (Local Loopback)
RX packets 1138 bytes 250124 (250.1 KB)
RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
TX packets 1138 bytes 250124 (250.1 KB)
TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

root@mininet-vm:/home/mininet# ping 10.0.0.2 -c 6
PING 10.0.0.2 (10.0.0.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=2.00 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.210 ms
```

Добавление потери пакетов на h1

Добавляем 10% потерь пакетов на интерфейс h1-eth0:

```
sudo tc qdisc add dev h1-eth0 root netem loss 10%
```

```
X "host: h1"@mininet-vm - □ ×
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=78 ttl=64 time=0.159 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=79 ttl=64 time=0.070 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=80 ttl=64 time=0.158 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=83 ttl=64 time=0.167 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=84 ttl=64 time=0.094 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=85 ttl=64 time=0.197 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=86 ttl=64 time=0.069 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=87 ttl=64 time=0.053 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=88 ttl=64 time=0.073 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=89 ttl=64 time=0.074 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=90 ttl=64 time=0.057 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=91 ttl=64 time=0.078 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=93 ttl=64 time=0.153 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=94 ttl=64 time=0.062 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=95 ttl=64 time=0.112 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=96 ttl=64 time=0.116 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=97 ttl=64 time=0.067 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=99 ttl=64 time=0.076 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=100 ttl=64 time=0.091 ms
```

Добавление потери пакетов на h2

Добавляем 10% потерь пакетов на интерфейс h2-eth0:

```
sudo tc qdisc add dev h2-eth0 root netem loss 10%
```

```
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc add dev h2-eth0 root netem loss 10%
root@mininet-vm:/home/mininet# █
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=80 ttl=64 time=0.045 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=82 ttl=64 time=0.064 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=83 ttl=64 time=0.076 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=84 ttl=64 time=0.052 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=85 ttl=64 time=0.067 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=88 ttl=64 time=0.054 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=89 ttl=64 time=0.109 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=90 ttl=64 time=0.043 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=91 ttl=64 time=0.163 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=92 ttl=64 time=0.065 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=94 ttl=64 time=0.133 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=95 ttl=64 time=0.131 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=98 ttl=64 time=0.101 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=99 ttl=64 time=0.058 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=100 ttl=64 time=0.106 ms
...
--- 10.0.0.2 ping statistics ---
100 packets transmitted, 80 received, 20% packet loss, time 101355ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.041/0.080/0.373/0.046 ms
```

Восстановление конфигурации по умолчанию

Удаляем правила на h1 и h2:

```
sudo tc qdisc del dev h1-eth0 root netem  
sudo tc qdisc del dev h2-eth0 root netem
```

Добавление дублирования пакетов на h1

Дублируем 50% пакетов на интерфейсе h1-eth0:

```
sudo tc qdisc add dev h1-eth0 root netem duplicate 50%
```

```
X "host: h2"@"mininet-vm
Accepted connection from 10.0.0.1, port 60282
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 60284
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 7]  0.00-1.00   sec  4.44 GBytes  38.2 Gbits/sec
[ 7]  1.00-2.00   sec  4.00 GBytes  34.4 Gbits/sec
[ 7]  2.00-3.00   sec  3.43 GBytes  29.4 Gbits/sec
[ 7]  3.00-4.00   sec  3.94 GBytes  33.8 Gbits/sec
[ 7]  4.00-5.00   sec  4.40 GBytes  37.8 Gbits/sec
[ 7]  5.00-6.00   sec  2.42 GBytes  20.8 Gbits/sec
[ 7]  6.00-7.00   sec  2.11 GBytes  18.2 Gbits/sec
[ 7]  7.00-8.00   sec  2.69 GBytes  23.1 Gbits/sec
[ 7]  8.00-9.00   sec  2.71 GBytes  23.3 Gbits/sec
[ 7]  9.00-10.00  sec  2.27 GBytes  19.5 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.00  sec  6.12 MBytes  12.0 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 7]  0.00-10.00  sec  32.4 GBytes  27.8 Gbits/sec
                                         receiver
-----
Server listening on 5201
-----
^Ciperf3: interrupt - the server has terminated
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc del dev h2-eth0 root netem
Error: Invalid qdisc name.
root@mininet-vm:/home/mininet#
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=12 ttl=64 time=0.055 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=13 ttl=64 time=0.070 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=13 ttl=64 time=0.070 ms (DUP!)
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=14 ttl=64 time=0.054 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=14 ttl=64 time=0.054 ms (DUP!)
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=15 ttl=64 time=0.066 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=15 ttl=64 time=0.066 ms (DUP!)
```

Скрипт для эксперимента lab_netem_ii.py

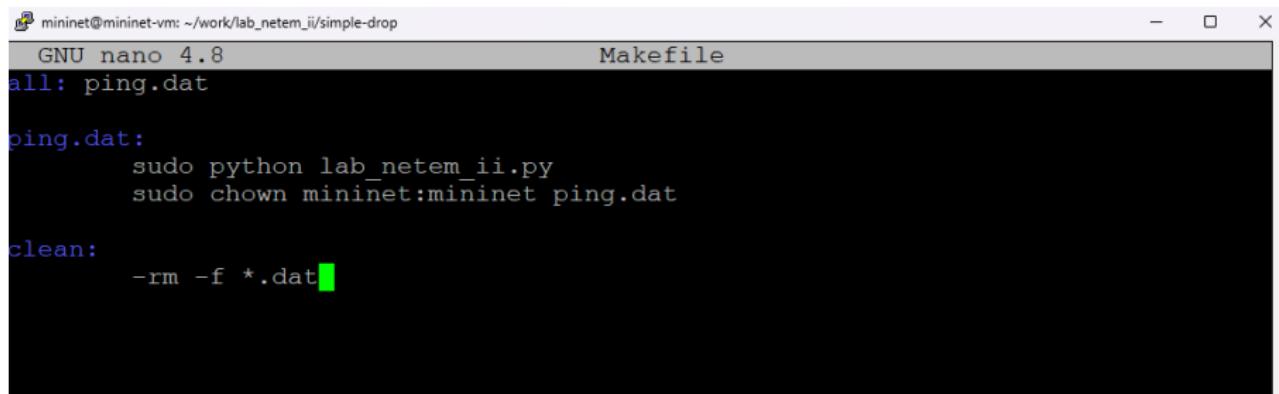
Создаем скрипт для воспроизводимого эксперимента в каталоге simple-drop:

```
GNU nano 4.8      lab_netem_ii.py
h2.cmdPrint( 'tc qdisc add dev h2-eth0 >
time.sleep(10) # Wait 10 seconds
info( '*** Ping\n')
h1.cmdPrint( 'ping -c 100', h2.IP(), '>
info( '*** Stopping network' )
net.stop()

if __name__ == '__main__':
    setLogLevel( 'info' )
    emptyNet()
```

Makefile для эксперимента

Создаем Makefile для автоматизации запуска, построения
графиков и очистки результатов:



mininet@mininet-vm: ~/work/lab_netem_ii/simple-drop

GNU nano 4.8

Makefile

```
all: ping.dat

ping.dat:
    sudo python lab_netem_ii.py
    sudo chown mininet:mininet ping.dat

clean:
    -rm -f *.dat
```

Рис. 7: Makefile

Выполнение эксперимента

Запуск эксперимента командой `make`. Просмотр информации о потерях пакетов:

```
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_ii/simple-drop$ make
sudo python lab_netem_ii.py
*** Adding controller
*** Adding hosts
*** Adding switch
*** Creating links
*** Starting network
*** Configuring hosts
h1 h2
*** Starting controller
c0
*** Starting 1 switches
s1 ...
*** Waiting for switches to connect
s1
*** Set delay
*** h1 : ('tc qdisc add dev h1-eth0 root netem loss 10%',)
*** h2 : ('tc qdisc add dev h2-eth0 root netem loss 10%',)
*** Ping
*** h1 : ('ping -c 100', '10.0.0.2', '| grep "time=' | awk \'{print $5, $7}\' | sed -e \'s/time=/g\' -e \'s/icmp_seq=/g\' > ping.dat')
*** Stopping network*** Stopping 1 controllers
c0
*** Stopping 2 links
```

Очистка каталога результатов

Команда `make clean` очищает каталог от файлов эксперимента:

```
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_ii/simple-drop$ make clean
rm -f *.dat
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_ii/simple-drop$ cat ping.dat
cat: ping.dat: No such file or directory
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_ii/simple-drop$
```

Рис. 9: makeclean

Выводы

В результате выполнения лабораторной работы я получил навыки проведения интерактивных экспериментов в Mininet по исследованию параметров сети, связанных с потерей, дублированием, изменением порядка и повреждением пакетов при передаче данных.