

Отчёт по лабораторной работе №6

Эмуляция и измерение потерь пакетов в глобальных сетях.

**Выполнил: Матюхин Павел Андреевич,
НПИбд-01-22, 1132226527**

Содержание

1 Цель работы	4
2 Выполнение лабораторной работы	5
3 Вывод	10

Список иллюстраций

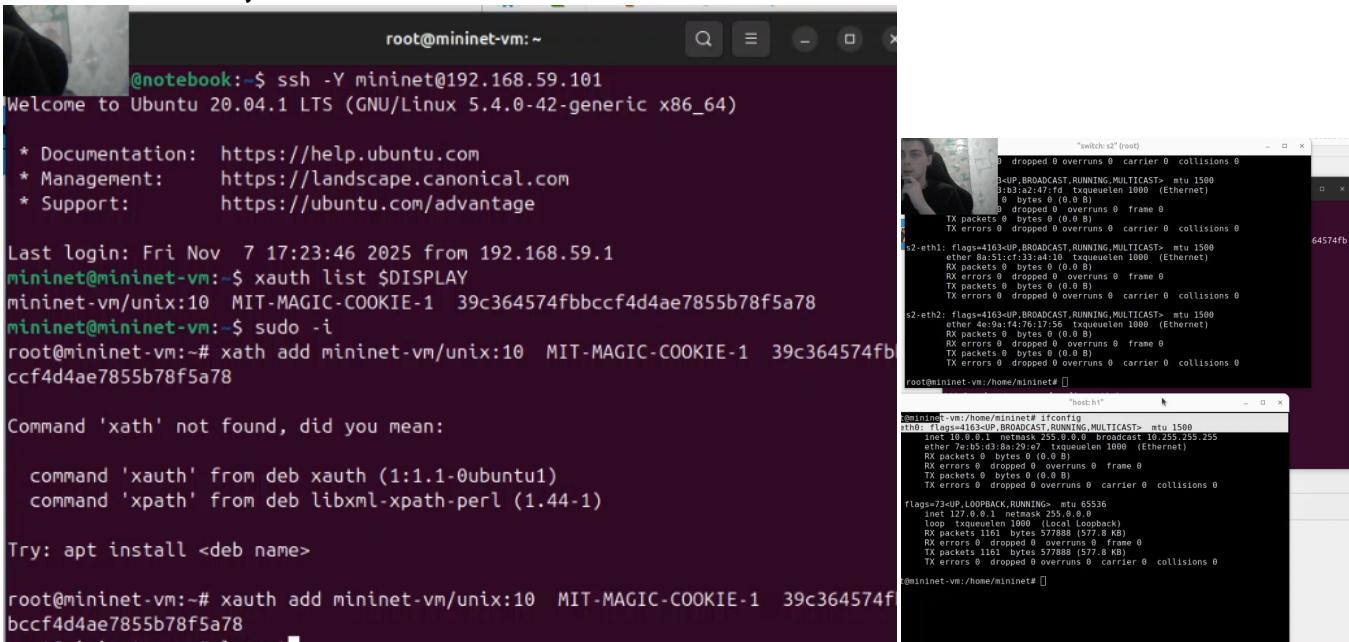
1 Цель работы

Основной целью работы является знакомство с принципами работы дисциплины очереди Token Bucket Filter, которая формирует входящий/исходящий трафик для ограничения пропускной способности, а также получение навыков моделирования и исследования поведения трафика посредством проведения интерактивного и воспроизводимого экспериментов в Mininet

2 Выполнение лабораторной работы

2.1

Задайте простейшую топологию, состоящую из двух хостов и двух коммутаторов с назначенной по умолчанию mininet сетью 10.0.0.0/8:



The terminal window shows the following output:

```
@notebook:~$ ssh -Y mininet@192.168.59.101
Welcome to Ubuntu 20.04.1 LTS (GNU/Linux 5.4.0-42-generic x86_64)

 * Documentation: https://help.ubuntu.com
 * Management: https://landscape.canonical.com
 * Support: https://ubuntu.com/advantage

Last login: Fri Nov  7 17:23:46 2025 from 192.168.59.1
mininet@mininet-vm:~$ xauth list $DISPLAY
mininet-vm/unix:10  MIT-MAGIC-COOKIE-1  39c364574fbccf4d4ae7855b78f5a78
mininet@mininet-vm:~$ sudo -i
root@mininet-vm:~# xauth add mininet-vm/unix:10  MIT-MAGIC-COOKIE-1  39c364574fbccf4d4ae7855b78f5a78

Command 'xauth' not found, did you mean:

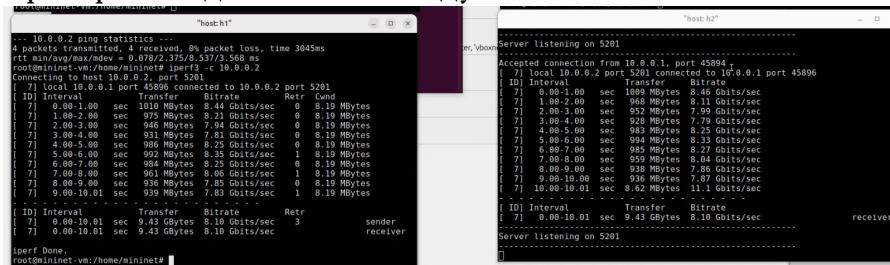
  command 'xauth' from deb xauth (1:1.1-0ubuntu1)
  command 'xpath' from deb libxml-xpath-perl (1.44-1)

Try: apt install <deb name>

root@mininet-vm:~# xauth add mininet-vm/unix:10  MIT-MAGIC-COOKIE-1  39c364574fbccf4d4ae7855b78f5a78
```

On the right side of the terminal window, there are two separate windows showing network interface statistics for 'eth0' and 'eth1' on the host machine.

Проверьте подключение между хостами h1 и h2



The two terminal windows show the following iperf test results:

```
"host:h1"
iperf Done.
root@mininet-vm:~# iperf -c 10.0.0.2 -t 10
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate
[  7] 0.00-1.00   sec  961 MBytes  8.86 Gbytes/sec
[  7] 1.00-2.00   sec  975 MBytes  8.21 Gbytes/sec
[  7] 2.00-3.00   sec  989 MBytes  7.95 Gbytes/sec
[  7] 3.00-4.00   sec  993 MBytes  7.81 Gbytes/sec
[  7] 4.00-5.00   sec  986 MBytes  7.25 Gbytes/sec
[  7] 5.00-6.00   sec  992 MBytes  8.35 Gbytes/sec
[  7] 6.00-7.00   sec  995 MBytes  8.40 Gbytes/sec
[  7] 7.00-8.00   sec  961 MBytes  8.86 Gbytes/sec
[  7] 8.00-9.00   sec  936 MBytes  7.85 Gbytes/sec
[  7] 9.00-10.00  sec  939 MBytes  7.80 Gbytes/sec
[  7] 0.00-10.01  sec  9.43 Gbytes 8.18 Gbytes/sec
[  7] 0.00-10.01  sec  9.43 Gbytes 8.18 Gbytes/sec

"host:h2"
iperf Done.
root@mininet-vm:~# iperf -s -p 5201
[  7] local 10.0.0.1 port 5201
[  7] listening on 5201
[  7] Interval           Transfer     Bitrate
[  7] 0.00-1.00   sec  969 MBytes  8.44 Gbytes/sec
[  7] 1.00-2.00   sec  968 MBytes  8.19 Gbytes
[  7] 2.00-3.00   sec  952 MBytes  7.99 Gbytes/sec
[  7] 3.00-4.00   sec  951 MBytes  7.85 Gbytes/sec
[  7] 4.00-5.00   sec  983 MBytes  8.25 Gbytes/sec
[  7] 5.00-6.00   sec  994 MBytes  8.33 Gbytes/sec
[  7] 6.00-7.00   sec  995 MBytes  8.40 Gbytes/sec
[  7] 7.00-8.00   sec  959 MBytes  8.04 Gbytes/sec
[  7] 8.00-9.00   sec  938 MBytes  7.86 Gbytes/sec
[  7] 9.00-10.00  sec  8.62 MBytes  11.1 gbytes/sec
[  7] 10.00-10.01  sec  8.62 MBytes  11.1 gbytes/sec
[  7] 0.00-10.01  sec  9.43 Gbytes 8.10 Gbytes/sec
[  7] 0.00-10.01  sec  9.43 Gbytes 8.10 Gbytes/sec
```

Измените пропускную способность хоста h1, установив пропускную способ-

ность на 10 Гбит/с на интерфейсе h1-eth0 и параметры TBF-фильтра.

```
[root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc add dev h1-eth0 root tbf rate 10gb
it burst 5000000 limit 15000000
root@mininet-vm:/home/mininet# egrep '^CONFIG_HZ_[0-9]' /boot/config-'uname -r'
grep: /boot/config-uname -r: No such file or directory
root@mininet-vm:/home/mininet# egrep '^CONFIG_HZ_[0-9]' /boot/config-'uname -r'
CONFIG_HZ_250=y
root@mininet-vm:/home/mininet# ]
```

С помощью iPerf3 проверьте, что значение пропускной способности изменилось

ЛОСЬ

ID	Interval	Transfer	Bitrate	Retr
[7]	0.00-1.00	sec 1.11 Gbytes	9.57 Gbytes/sec	0
[7]	1.00-2.00	sec 1.11 Gbytes	9.57 Gbytes/sec	0
[7]	2.00-3.00	sec 1.11 Gbytes	9.56 Gbytes/sec	0
[7]	3.00-4.00	sec 1.11 Gbytes	9.56 Gbytes/sec	0
[7]	4.00-5.00	sec 1.11 Gbytes	9.52 Gbytes/sec	0
[7]	5.00-6.00	sec 1.11 Gbytes	9.52 Gbytes/sec	0
[7]	6.00-7.00	sec 1.11 Gbytes	9.52 Gbytes/sec	0
[7]	7.00-8.00	sec 1.11 Gbytes	9.52 Gbytes/sec	0
[7]	8.00-9.00	sec 1.11 Gbytes	9.55 Gbytes/sec	0
[7]	9.00-10.00	sec 1.11 Gbytes	9.55 Gbytes/sec	0

ID	Interval	Transfer	Bitrate	Retr
[7]	0.00-1.00	sec 1.10 Gbytes	9.42 Gbytes/sec	0
[7]	1.00-2.00	sec 1.11 Gbytes	9.59 Gbytes/sec	0
[7]	2.00-3.00	sec 1.11 Gbytes	9.59 Gbytes/sec	0
[7]	3.00-4.00	sec 1.11 Gbytes	9.69 Gbytes/sec	0
[7]	4.00-5.01	sec 1.11 Gbytes	9.46 Gbytes/sec	0
[7]	5.01-6.00	sec 1.11 Gbytes	9.57 Gbytes/sec	0
[7]	6.00-7.00	sec 1.11 Gbytes	9.57 Gbytes/sec	0
[7]	7.00-8.00	sec 1.12 Gbytes	9.59 Gbytes/sec	0
[7]	8.00-9.00	sec 1.11 Gbytes	9.54 Gbytes/sec	0
[7]	9.00-10.00	sec 1.11 Gbytes	9.57 Gbytes/sec	0

Примените правило ограничения скорости tbf с параметрами rate = 10gbit, burst = 5,000,000, limit= 15,000,000 к интерфейсу s1-eth2 коммутатора s1, который соединяет его с коммутатором s2. Проверьте конфигурацию с помощью инструмента iPerf3 для измерения пропускной способности

ID	Interval	Transfer	Bitrate	Retr
[7]	0.00-1.00	sec 1.10 Gbytes	9.42 Gbytes/sec	0
[7]	1.00-2.00	sec 1.11 Gbytes	9.59 Gbytes/sec	0
[7]	2.00-3.00	sec 1.11 Gbytes	9.59 Gbytes/sec	0
[7]	3.00-4.00	sec 1.11 Gbytes	9.69 Gbytes/sec	0
[7]	4.00-5.01	sec 1.11 Gbytes	9.46 Gbytes/sec	0
[7]	5.01-6.00	sec 1.11 Gbytes	9.57 Gbytes/sec	0
[7]	6.00-7.00	sec 1.11 Gbytes	9.57 Gbytes/sec	0
[7]	7.00-8.00	sec 1.12 Gbytes	9.59 Gbytes/sec	0
[7]	8.00-9.00	sec 1.11 Gbytes	9.54 Gbytes/sec	0
[7]	9.00-10.00	sec 1.11 Gbytes	9.57 Gbytes/sec	0

Объедините NETEM и TBF, введя на интерфейсе s1-eth2 коммутатора s1 задержку, джиттер, повреждение пакетов и указав скорость. бедитесь, что соединение от хоста h1 к хосту h2 имеет заданную задержку. Для этого запустите команду ping с параметром -c 4 с терминала хоста h1

```

DELAY JITTER [packets MAX_PACKETS] [bytes MAX_BYTES]
root@mininet-vm:/home/mininet# tc qdisc add dev s1-eth2 root handle 1: netem delay 10ms
"host:h1"
[ 7] 3.00-4.00 sec 1.11 GBytes 9.55 Gbits/sec 0 5.42 MBytes
[ 7] 4.00-5.00 sec 1.10 GBytes 9.48 Gbits/sec 0 6.88 MBytes
[ 7] 5.00-6.00 sec 1.11 GBytes 9.56 Gbits/sec 0 6.88 MBytes
[ 7] 6.00-7.00 sec 1.11 GBytes 9.56 Gbits/sec 0 6.88 MBytes
[ 7] 7.00-8.00 sec 1.11 GBytes 9.57 Gbits/sec 0 6.88 MBytes
[ 7] 8.00-9.00 sec 1.11 GBytes 9.56 Gbits/sec 0 6.88 MBytes
[ 7] 9.00-10.00 sec 1.11 GBytes 9.57 Gbits/sec 0 6.88 MBytes
-----[ ID] Interval Transfer Bitrate Retr
[ 7] 0.00-10.00 sec 11.1 GBytes 9.53 Gbits/sec 0 sender
[ 7] 0.00-10.01 sec 11.1 GBytes 9.51 Gbits/sec receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet# ping 10.0.0.2 -c 4
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=16.2 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp seq=2 ttl=64 time=11.5 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp seq=3 ttl=64 time=10.8 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp seq=4 ttl=64 time=10.3 ms
--- 10.0.0.2 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3004ms
rtt min/avg/max/mdev = 10.302/12.200/16.212/2.353 ms
root@mininet-vm:/home/mininet#

```

Добавьте второе правило на коммутаторе s1, которое задаёт ограничение скорости с помощью tbf с параметрами rate=2gbit, burst=1,000,000, limit=2,000,000. Проверьте конфигурацию с помощью инструмента iperf3 для измерения пропускной способности

```

root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc add dev s1-eth2 parent 1: handle 2: tbf rate 2000mbit burst 1000000 limit 2000000
"host:h1"
... 10.0.0.2 ping statistics ...
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3004ms
rtt min/avg/max/mdev = 10.302/12.200/16.212/2.353 ms
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2 -t 10
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] 0.00-10.00 sec: port 5201 opened to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval Transfer Bitrate Retr Cwnd
[ 7] 0.00-1.00 sec: 216 MBytes 1.81 Gbytes/sec 853 3.93 MBytes
[ 7] 1.00-2.00 sec: 220 MBytes 1.81 Gbytes/sec 0 3.93 MBytes
[ 7] 2.00-3.00 sec: 228 MBytes 1.91 Gbytes/sec 0 3.02 MBytes
[ 7] 3.00-4.00 sec: 229 MBytes 1.92 Gbytes/sec 3.12 MBytes
[ 7] 4.00-5.00 sec: 229 MBytes 1.91 Gbytes/sec 0 3.12 MBytes
[ 7] 5.00-6.00 sec: 229 MBytes 1.91 Gbytes/sec 0 3.25 MBytes
[ 7] 6.00-7.00 sec: 228 MBytes 1.91 Gbytes/sec 0 3.29 MBytes
[ 7] 7.00-8.00 sec: 228 MBytes 1.91 Gbytes/sec 3.18 MBytes
[ 7] 8.00-9.00 sec: 228 MBytes 1.91 Gbytes/sec 0 3.32 MBytes
[ 7] 9.00-10.00 sec: 228 MBytes 1.91 Gbytes/sec 3.33 MBytes
[ ID] Interval Transfer Bitrate Retr Cwnd
[ 7] 0.00-10.00 sec: 2.21 GBytes 1.96 Gbytes/sec 980 sender
[ 7] 0.00-10.03 sec: 2.21 GBytes 1.89 Gbytes/sec receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet#

```

#Самостоятельная работа

Самостоятельно реализуйте воспроизводимые эксперименты по использованию TBF для ограничения пропускной способности. Постройте соответствующие графики.

Создание каталога

```

mininet@mininet-vm:~/work$ mkdir -p lab6/exp1 lab6/exp2
mininet@mininet-vm:~/work$ ls
lab1_1.mn lab6 lab_iperf3 lab_netem_i lab_netem_ii
mininet@mininet-vm:~/work$ cd lab6/
mininet@mininet-vm:~/work/lab6$ ls
exp1 exp2
mininet@mininet-vm:~/work/lab6$

```

Создание python скрипта

```

net = Mininet( controller=Controller, waitConnected=True )
info( "*** Adding controller\n" )
net.addController('c0')

info( "*** Adding hosts\n" )
h1 = net.addHost( 'h1', ip='10.0.0.1' )
h2 = net.addHost( 'h2', ip='10.0.0.2' )

info( "*** Adding switch\n" )
s1 = net.addSwitch( 's1' )
s2 = net.addSwitch( 's2' )

s1.cmd('ip link del s1-eth2')
s2.cmd('ip link del s2-eth1')

info( "*** Creating links\n" )
net.addLink( h1, s1 )
net.addLink( h2, s1 )
net.addLink( s1, s2 )

info( "*** Starting network\n" )
net.start()

info( "*** Set delay\n" )
s1.cmdPrint( 'tc qdisc add dev s1-eth2 root handle 1: netem delay 10ms' )
s2.cmdPrint( 'tc qdisc add dev s1-eth2 parent 1: handle 2: tbf rate 2gbit burst 1000000 limit 2000000' )

info( "*** Set traffic modulation\n" )
h2.cmdPrint('iperf3 -s -D -i')
time.sleep(10)
h1.cmdPrint('iperf3 -c 100', h2.IPO, '- > iperf_result.json')
h1.cmdPrint('ping -c 100', h2.IPO(), '| grep "time=" | awk \'{print $5, $7}\' | sed -e \'$s/time=/g\' -e \'$s/icmp_seq=/g\' > ping.dat')

info( "*** Stopping network" )
net.stop()

```

Создание Makefile

```

all: ping.dat ping.png

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

ping.png: ping.dat
    ./ping_plot

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

```

Создание скрипта ping_plot

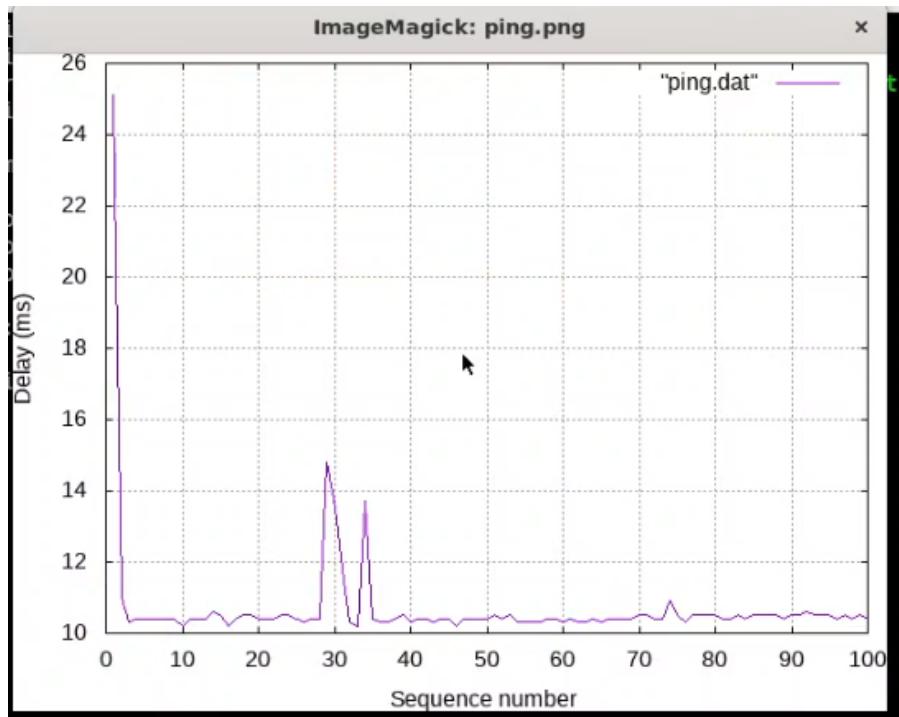
```

#!/usr/bin/gnuplot --persist

set terminal png crop
set output 'ping.png'
set xlabel "Sequence number"
set ylabel "Delay (ms)"
set grid
plot "ping.dat" with lines

```

Результат выполнения двух скриптов



3 Вывод

Получил навыки 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.