

Лабораторная работа № 6

**Настройка пропускной способности глобальной сети с помощью
Token Bucket Filter**

Беличева Дарья Михайловна

Содержание

1	Цель работы	4
2	Задание	5
3	Теоретическое введение	6
4	Выполнение лабораторной работы	7
5	Выводы	14
	Список литературы	15

Список иллюстраций

4.1	Задание топологии	7
4.2	ifconfig на хостах	8
4.3	Запуск iperf3 на хостах	9
4.4	Ограничение скорости на конечных хостах	10
4.5	Ограничение скорости на коммутаторах	10
4.6	Объединение NETEM и TBF	11
4.7	Скрипт для воспроизводимого эксперимента	12
4.8	Скрипт для отрисовки графика	12
4.9	График изменения скорости передачи	13

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 Задание

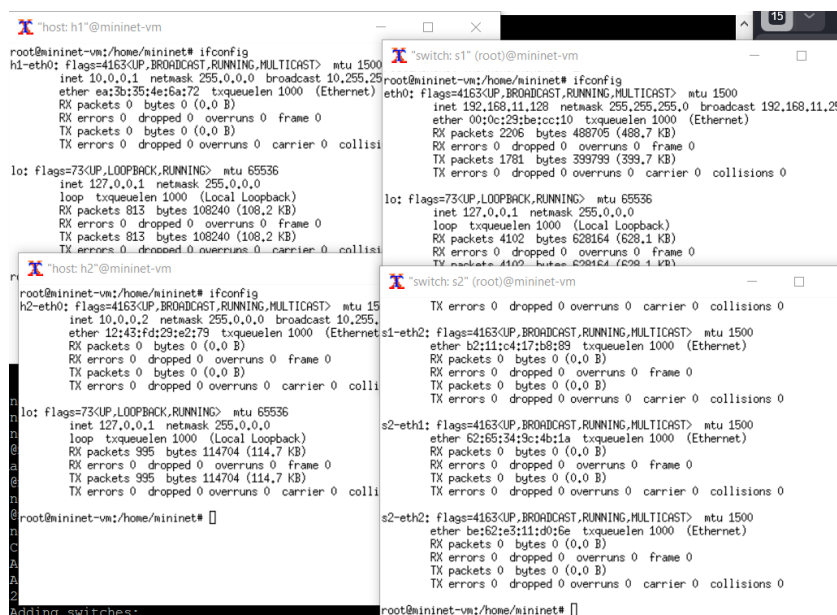
1. Задайте топологию, состоящую из двух хостов и двух коммутаторов с назначенной по умолчанию mininet сетью 10.0.0.0/8.
2. Проведите интерактивные эксперименты по ограничению пропускной способности сети с помощью TBF в эмулируемой глобальной сети.
3. Самостоятельно реализуйте воспроизводимые эксперимент по применению TBF для ограничения пропускной способности. Постройте соответствующие графики.

3 Теоретическое введение

Mininet[1] – это эмулятор компьютерной сети. Под компьютерной сетью подразумеваются простые компьютеры — хосты, коммутаторы, а так же OpenFlow-контроллеры. С помощью простейшего синтаксиса в примитивном интерпретаторе команд можно разворачивать сети из произвольного количества хостов, коммутаторов в различных топологиях и все это в рамках одной виртуальной машины(ВМ). На всех хостах можно изменять сетевую конфигурацию, пользоваться стандартными утилитами(`ifconfig`, `ping`) и даже получать доступ к терминалу. На коммутаторы можно добавлять различные правила и маршрутизировать трафик.

4 Выполнение лабораторной работы

Зададим простейшую топологию, состоящую из двух хостов и коммутатора с назначенной по умолчанию mininet сетью 10.0.0.0/8. На хостах h1 и h2 введем команду `ifconfig`, чтобы отобразить информацию, относящуюся к их сетевым интерфейсам и назначенным им IP-адресам. Проверим подключение между хостами сети (рис. 4.1).



```
host: h1" @mininet-vm
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 ea:3b:35:4e:6a:72 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 813 bytes 108240 (108.2 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 813 bytes 108240 (108.2 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

host: h2" @mininet-vm
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 12:43:fd:23:e2:79 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 395 bytes 114704 (114.7 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 395 bytes 114704 (114.7 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

root@mininet-vm:/home/mininet#

Adding switches:

switch: s1" (root)@mininet-vm
root@mininet-vm:/home/mininet# ifconfig
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 192.168.11.128 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.11.255
    ether 00:0c:29:b6:cc:10 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 2206 bytes 488705 (488.7 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 1781 bytes 399799 (399.7 KB)
    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 4102 bytes 628164 (628.1 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 4102 bytes 628164 (628.1 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

switch: s2" (root)@mininet-vm
root@mininet-vm:/home/mininet# ifconfig
s1-eth2: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    ether b2:11:c4:17:b8:89 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

s2-eth1: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    ether 62:65:34:3c:4b:1a 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

s2-eth2: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    ether be:62:e3:11:d0:b6 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

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

Рис. 4.1: Задание топологии

На хостах h1, h2 и на коммутаторах s1, s2 введем команду `ifconfig`, чтобы отобразить информацию, относящуюся к их сетевым интерфейсам и назначенным им IP-адресам. В дальнейшем при работе с NETEM и командой `tc` будут использоваться интерфейсы h1-eth0, h2-eth0, s1-eth2 (рис. 4.2).

```
"host: h1"@mininet-vm
TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

root@mininet-vm:/home/mininet# ping -c 4
ping: usage error: Destination address required
root@mininet-vm:/home/mininet# ping -c 4 10.0.0.2
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=15.6 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.707 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.118 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.096 ms

--- 10.0.0.2 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3055ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.096/4.139/15.637/6.642 ms
root@mininet-vm:/home/mininet#

"host: h2"@mininet-vm
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 995 bytes 114704 (114.7 KB)
RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
TX packets 995 bytes 114704 (114.7 KB)
TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

root@mininet-vm:/home/mininet# ping -c 4 10.0.0.1
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=23.9 ms
64 bytes from 10.0.0.1: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.099 ms
64 bytes from 10.0.0.1: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.255 ms
64 bytes from 10.0.0.1: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.114 ms

--- 10.0.0.1 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3038ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.099/6.099/23.928/10.293 ms
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

Рис. 4.2: ifconfig на хостах

Запустим iPerf3 на хостах и посмотрим результат отработки на данном этапе (рис. 4.3).


```

"host: h1"@mininet-vm
rtt min/avg/max/mdev = 0.096/4.139/15.637/6.642 ms
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 32826 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate      Retr    Cwnd
[ 7] 0.00-1.00    sec  1.29 GBytes  11.0 Gbits/sec    0     379 KBytes
[ 7] 1.00-2.00    sec  1.11 GBytes  9.55 Gbits/sec    0     379 KBytes
[ 7] 2.00-3.01    sec   966 MBytes  8.05 Gbits/sec    0     379 KBytes
[ 7] 3.01-4.00    sec  1.12 GBytes  9.73 Gbits/sec    0     560 KBytes
[ 7] 4.00-5.00    sec   998 MBytes  8.36 Gbits/sec    0     560 KBytes
[ 7] 5.00-6.00    sec   784 MBytes  6.59 Gbits/sec    0     3.37 MBytes
[ 7] 6.00-7.00    sec   878 MBytes  7.36 Gbits/sec    0     6.66 MBytes
[ 7] 7.00-8.00    sec  1.24 GBytes  10.7 Gbits/sec    0     8.10 MBytes
[ 7] 8.00-9.00    sec  1.20 GBytes  10.3 Gbits/sec    0     8.10 MBytes
[ 7] 9.00-10.00   sec  1.11 GBytes  9.53 Gbits/sec    0     8.10 MBytes
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate      Retr
[ 7] 0.00-10.00    sec  10.6 GBytes  9.12 Gbits/sec    0
[ 7] 0.00-10.00    sec  10.6 GBytes  9.12 Gbits/sec
sender
receiver

iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet#

"host: h2"@mininet-vm
Server listening on 5201
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 32824
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 32826
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate
[ 7] 0.00-1.00    sec  1.28 GBytes  11.0 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00    sec  1.11 GBytes  9.55 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00    sec   966 MBytes  8.11 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00    sec  1.12 GBytes  9.66 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00    sec   997 MBytes  8.37 Gbits/sec
[ 7] 5.00-6.00    sec   785 MBytes  6.58 Gbits/sec
[ 7] 6.00-7.00    sec   877 MBytes  7.36 Gbits/sec
[ 7] 7.00-8.00    sec  1.24 GBytes  10.6 Gbits/sec
[ 7] 8.00-9.00    sec  1.20 GBytes  10.3 Gbits/sec
[ 7] 9.00-10.00   sec  1.11 GBytes  9.53 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.00  sec    704 KBytes  5.35 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate
[ 7] 0.00-10.00    sec  10.6 GBytes  9.12 Gbits/sec
receiver

Server listening on 5201
^Ciperf3: interrupt - the server has terminated

```

Рис. 4.3: Запуск iperf3 на хостах

Изменим пропускную способность хоста h1, установив пропускную способность на 10 Гбит/с на интерфейсе h1-eth0 и параметры TBF-фильтра (рис. 4.4).

```
host h1@mininet-vm
iperf Done.
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'
CONFIG_HZ=250
root@mininet-vm:/home/mininet# egrep '^CONFIG_HZ,[0-9]+' /boot/config-'uname -r'
CONFIG_HZ=250
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 32839 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-1.00 sec  1002 MBytes  8.39 Gbits/sec  0    5.40 MBytes
[ 7] 1.00-2.00 sec  750 MBytes  6.37 Gbits/sec  0    5.67 MBytes
[ 7] 2.00-3.00 sec  995 MBytes  8.36 Gbits/sec  0    7.50 MBytes
[ 7] 3.00-4.00 sec  1.09 GBytes  9.36 Gbits/sec  0    7.57 MBytes
[ 7] 4.00-5.00 sec  1006 MBytes  8.45 Gbits/sec  0    8.37 MBytes
[ 7] 5.00-6.00 sec  938 MBytes  7.85 Gbits/sec  0    8.37 MBytes
[ 7] 6.00-7.00 sec  969 MBytes  8.13 Gbits/sec  0    8.37 MBytes
[ 7] 7.00-8.00 sec  1021 MBytes  8.57 Gbits/sec  0    8.37 MBytes
[ 7] 8.00-9.00 sec  982 MBytes  8.23 Gbits/sec  0    8.37 MBytes
[ 7] 9.00-10.00 sec 1.05 GBytes  9.02 Gbits/sec  0    8.37 MBytes
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate      Retr
[ 7] 0.00-10.00 sec 9.63 GBytes  8.27 Gbits/sec  0
[ 7] 0.00-10.00 sec 9.63 GBytes  8.27 Gbits/sec
sender
receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet#
@mininet-vm:~# xauth list $DISPLAY
19 packets 0
to ----- A

host h2@mininet-vm
[ 7] 0.00-10.00 sec 10.6 GBytes 9.12 Gbits/sec
Server listening on 5201
iperf3: interrupt - the server has terminated
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -s
warning: this system does not seem to support IPv6 - trying IPv4
Server listening on 5201
Accepted connection from 10.0.0.1, port 32838
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-1.00 sec  989 MBytes  8.30 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00 sec  771 MBytes  6.47 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00 sec  984 MBytes  8.26 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00 sec  1.10 GBytes  9.46 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00 sec  1007 MBytes  8.44 Gbits/sec
[ 7] 5.00-6.00 sec  935 MBytes  7.83 Gbits/sec
[ 7] 6.00-7.00 sec  959 MBytes  8.06 Gbits/sec
[ 7] 7.00-8.00 sec  1.00 GBytes  8.61 Gbits/sec
[ 7] 8.00-9.00 sec  976 MBytes  8.20 Gbits/sec
[ 7] 9.00-10.00 sec 1.06 GBytes  9.11 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.00 sec 1.00 MBytes  2.54 Gbits/sec
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 7] 0.00-10.00 sec 9.63 GBytes  8.27 Gbits/sec
receiver
Server listening on 5201
iperf3: interrupt - the server has terminated
```

Рис. 4.4: Ограничение скорости на конечных хостах

Применим 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 (рис. 4.5).

```
switch:s1 (root@mininet-vm)
tbf: illegal value for "burst": "s"
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc add dev s1-eth2 root tbf rate 10gbit burst 5000000 limit 15000000
root@mininet-vm:/home/mininet#

host h1@mininet-vm
[ 7] 9.00-10.00 sec 1.03 GBytes 8.86 Gbits/sec 0 8.03 MBytes
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-10.00 sec 10.0 GBytes 8.63 Gbits/sec 0
[ 7] 0.00-10.00 sec 10.0 GBytes 8.63 Gbits/sec
sender
receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc del dev h1-eth0 root
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 32839 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-1.00 sec  960 MBytes  8.04 Gbits/sec  0    2.32 MBytes
[ 7] 1.00-2.00 sec  1.04 GBytes  8.96 Gbits/sec  0    6.78 MBytes
[ 7] 2.00-3.00 sec  1.06 GBytes  9.15 Gbits/sec  0    7.47 MBytes
[ 7] 3.00-4.00 sec  921 MBytes  7.73 Gbits/sec  0    8.24 MBytes
[ 7] 4.00-5.00 sec  955 MBytes  8.01 Gbits/sec  0    8.24 MBytes
[ 7] 5.00-6.00 sec  1.05 GBytes  9.01 Gbits/sec  0    8.24 MBytes
[ 7] 6.00-7.00 sec  1.11 GBytes  9.52 Gbits/sec  0    8.24 MBytes
[ 7] 7.00-8.00 sec  1.12 GBytes  9.59 Gbits/sec  0    8.24 MBytes
[ 7] 8.00-9.00 sec  1.08 GBytes  9.24 Gbits/sec  0    8.24 MBytes
[ 7] 9.00-10.00 sec 1.08 GBytes  9.25 Gbits/sec  0    8.24 MBytes
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate      Retr
[ 7] 0.00-10.00 sec 10.3 GBytes  8.85 Gbits/sec  0
[ 7] 0.00-10.00 sec 10.3 GBytes  8.84 Gbits/sec
sender
receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet#

host h2@mininet-vm
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 7] 0.00-10.00 sec 10.0 GBytes 8.63 Gbits/sec
Server listening on 5201
iperf3: interrupt - the server has terminated
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -s
warning: this system does not seem to support IPv6 - trying IPv4
Server listening on 5201
Accepted connection from 10.0.0.1, port 32838
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 32839
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-1.00 sec  993 MBytes  8.05 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00 sec  1.04 GBytes  8.95 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00 sec  1.05 GBytes  9.05 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00 sec  932 MBytes  7.82 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00 sec  952 MBytes  7.99 Gbits/sec
[ 7] 5.00-6.00 sec  1.04 GBytes  8.95 Gbits/sec
[ 7] 6.00-7.00 sec  1.11 GBytes  9.54 Gbits/sec
[ 7] 7.00-8.00 sec  1.11 GBytes  9.56 Gbits/sec
[ 7] 8.00-9.00 sec  1.08 GBytes  9.27 Gbits/sec
[ 7] 9.00-10.00 sec 1.08 GBytes  9.26 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.00 sec 3.73 MBytes  8.77 Gbits/sec
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 7] 0.00-10.00 sec 10.3 GBytes  8.84 Gbits/sec
receiver
Server listening on 5201
iperf3: interrupt - the server has terminated
```

Рис. 4.5: Ограничение скорости на коммутаторах

Объединим NETEM и TBF, введя на интерфейсе s1-eth2 коммутатора s1 задержку, джиттер, повреждение пакетов и указав скорость. Добавим второе правило на коммутаторе s1, которое задаёт ограничение скорости с помощью tbf с параметрами rate=2gbit, burst=1,000,000, limit=2,000,000: и проверим (рис. 4.6).

```

switch: s1 (root)@mininet-vm
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc add dev s1-eth2 root tbf rate 10gbit burst 5000000 limit 15000000
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc del dev s1-eth2 root
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc add dev s1-eth2 root handle 1: netem delay 10ms
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc add dev s1-eth2 parent 1: handle 2: tbf rate 2gbit burst 1000000
limit 2000000
root@mininet-vm:/home/mininet#

host: h1 (root)@mininet-vm
4 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=14.5 ms
4 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=12.0 ms
4 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=11.1 ms
4 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=10.5 ms

-- 10.0.0.2 ping statistics --
. packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3005ms
tt min/avg/max/mdev = 10.508/12.007/14.483/1.521 ms
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2
connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 32842 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate
[ 7] 0.00-1.00 sec      212 MBytes  1.77 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00 sec      229 MBytes  1.92 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00 sec      228 MBytes  1.91 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00 sec      228 MBytes  1.91 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00 sec      229 MBytes  1.92 Gbits/sec
[ 7] 5.00-6.00 sec      228 MBytes  1.91 Gbits/sec
[ 7] 6.00-7.00 sec      229 MBytes  1.92 Gbits/sec
[ 7] 7.00-8.00 sec      208 MBytes  1.74 Gbits/sec
[ 7] 8.00-9.00 sec      215 MBytes  1.80 Gbits/sec
[ 7] 9.00-10.00 sec     225 MBytes  1.89 Gbits/sec
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate
[ 7] 0.00-10.00 sec    2.18 GBytes  1.87 Gbits/sec
[ 7] 0.00-10.02 sec    2.17 GBytes  1.86 Gbits/sec

perf Done,
root@mininet-vm:/home/mininet#

host: h2 (root)@mininet-vm
[ 7] 0.00-10.00 sec  10.3 GBytes  8.84 Gbits/sec
receiver
Server listening on 5201
^Ciperf3: interrupt - the server has terminated
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -s
warning: this system does not seem to support IPv6 - trying IPv4
Server listening on 5201
Accepted connection from 10.0.0.1, port 32840
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 32842
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate
[ 7] 0.00-1.00 sec      201 MBytes  1.68 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00 sec      228 MBytes  1.91 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00 sec      228 MBytes  1.91 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00 sec      228 MBytes  1.91 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00 sec      228 MBytes  1.91 Gbits/sec
[ 7] 5.00-6.00 sec      228 MBytes  1.91 Gbits/sec
[ 7] 6.00-7.00 sec      228 MBytes  1.91 Gbits/sec
[ 7] 7.00-8.00 sec      208 MBytes  1.75 Gbits/sec
[ 7] 8.00-9.00 sec      215 MBytes  1.80 Gbits/sec
[ 7] 9.00-10.00 sec     225 MBytes  1.89 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.02 sec    2.00 MBytes  1.06 Gbits/sec
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate
[ 7] 0.00-10.02 sec    2.17 GBytes  1.86 Gbits/sec
receiver
Server listening on 5201
^Ciperf3: interrupt - the server has terminated
root@mininet-vm:/home/mininet#

```

Рис. 4.6: Объединение NETEM и TBF

В виртуальной среде mininet в своём рабочем каталоге с проектами создадим каталог simple-tbf и перейдем в него. Создадим скрипт для эксперимента lab_netem_iii.py (рис. 4.7).

```

GNU nano 4.8                                lab_netem_ii.py
Output: ping.dat
"""

from mininet.net import Mininet
from mininet.node import Controller
from mininet.cli import CLI

from mininet.log import setLogLevel, info
import time

def emptyNet():

    "Create an empty network and add nodes to it."
    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' )

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

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

    info( '*** Set rate\n' )

    h1.cmdPrint('tc qdisc add dev h1-eth0 root tbf rate 10gbit burst 5000000 limit 15000000')
    time.sleep(10) # Wait 10 seconds

    info('*** Starting iperf server on h2\n')
    h2.cmdPrint('iperf3 -s &') # Launch server in foreground mode
    info('*** Running iperf client from h1 to h2\n')
    h1.cmdPrint('iperf3 -c ' + h2.IP() + ' | grep "MBytes" | awk \'{print $7}\'' > ping.dat')

    info( '*** Stopping network' )

```

Рис. 4.7: Скрипт для воспроизводимого эксперимента

Создадим также скрипт для визуализации ping_plot результатов эксперимента (рис. 4.8).

```

GNU nano 4.8                                ping_plot
#!/usr/bin/gnuplot --persist
set terminal png crop
set output 'ping.png'
set xlabel "Packet number"
set ylabel "rate (Gbytes/sec)"
set grid
plot "ping.dat" with lines

```

Рис. 4.8: Скрипт для отрисовки графика

Получим следующий график (рис. 4.9).

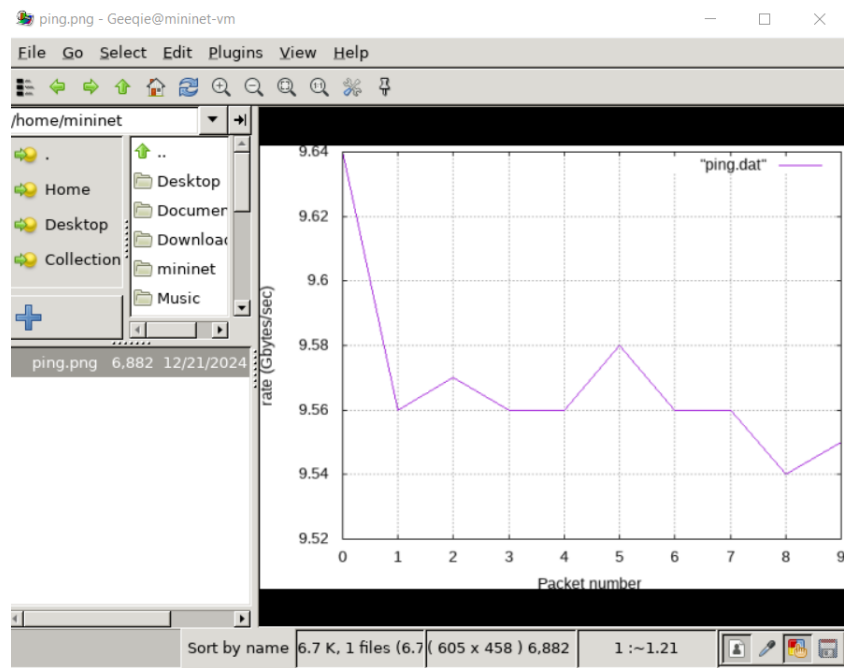


Рис. 4.9: График изменения скорости передачи

5 Выводы

В результате выполнения данной лабораторной работы я познакомилась с принципами работы дисциплины очереди Token Bucket Filter, которая формирует входящий/исходящий трафик для ограничения пропускной способности, а также получила навыки моделирования и исследования поведения трафика посредством проведения интерактивного и воспроизводимого экспериментов в Mininet.

Список литературы

1. Mininet [Электронный ресурс]. Mininet Project Contributors. URL: <http://mininet.org/> (дата обращения: 17.11.2024).