

# Отчет по лабораторной работе №6

## Дисциплина: Моделирование сетей передачи данных

Леснухин Даниил Дмитриевич Российский университет  
дружбы народов Москва

# 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.

# 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.
- 3 Самостоятельно реализуйте воспроизводимые эксперимент по применению TBF для ограничения пропускной способности. Постройте соответствующие графики.

# Теоретическое введение

Mininet[[@mininet](mailto:@mininet)] — это эмулятор компьютерной сети.

Под сетью подразумеваются хосты, коммутаторы и OpenFlow-контроллеры.

С помощью простейшего синтаксиса можно разворачивать сети произвольной топологии в одной виртуальной машине.

На хостах можно использовать `ifconfig`, `ping` и доступ к терминалу, на коммутаторы можно добавлять правила маршрутизации.

# Запуск лабораторной топологии

Запустим Mininet и создадим топологию: два хоста и два коммутатора.

На хостах h1 и h2 и коммутаторах s1, s2 проверяем интерфейсы:

```
host: h1*@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 1265 bytes 262820 (262.8 KB)
RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
TX packets 1265 bytes 262820 (262.8 KB)
TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

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=7.62 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.235 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.065 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.046 ms

--- 10.0.0.2 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3037ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.046/1.992/7.623/3.251 ms
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

```
h1 h2
TX packets 1114 bytes 251828 (251.8 KB)
TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0
```

# Проверка подключения с помощью iPerf3

- На h2: `iperf3 -s`
- На h1: `iperf3 -c 10.0.0.2`

После завершения останавливаем iPerf3 на h2 (Ctrl + c).

```
"host: h1" @mininet-vm
--- 10.0.0.2 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3037ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.046/1.992/7.623/3.251 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 46874 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-1.00    sec  4.05 GBytes  34.8 Gbits/sec    0   8.10 MBytes
[ 7] 1.00-2.00    sec  3.70 GBytes  31.8 Gbits/sec    0   8.10 MBytes
[ 7] 2.00-3.00    sec  3.54 GBytes  30.3 Gbits/sec    0   8.10 MBytes
[ 7] 3.00-4.00    sec  3.41 GBytes  29.4 Gbits/sec    0   8.10 MBytes
[ 7] 4.00-5.00    sec  3.59 GBytes  30.8 Gbits/sec    0   8.10 MBytes
[ 7] 5.00-6.00    sec  3.18 GBytes  27.2 Gbits/sec    0   8.10 MBytes
[ 7] 6.00-7.00    sec  3.62 GBytes  31.2 Gbits/sec    0   8.10 MBytes
[ 7] 7.00-8.00    sec  3.73 GBytes  32.1 Gbits/sec    0   8.10 MBytes
[ 7] 8.00-9.00    sec  3.62 GBytes  31.1 Gbits/sec    0   8.10 MBytes
[ 7] 9.00-10.00   sec  3.63 GBytes  31.2 Gbits/sec    0   8.10 MBytes
- - - - -
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate      Retr
[ 7] 0.00-10.00   sec  36.1 GBytes  31.0 Gbits/sec    0
[ 7] 0.00-10.00   sec  36.1 GBytes  31.0 Gbits/sec

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

# Ограничение скорости на конечных хостах

Применяем фильтр Token Bucket Filter (TBF) на h1:

```
sudo tc qdisc add dev h1-eth0 root tbf rate 10gbit  
burst 5000000 limit 15000000
```

Проверяем пропускную способность через iPerf3.

```
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# iperf3 -c 10.0.0.2
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 46878 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7]  0.00-1.00    sec   1.13 GBytes  9.68 Gbits/sec    0   8.11 MBytes
[ 7]  1.00-2.00    sec   1.11 GBytes  9.53 Gbits/sec    0   8.11 MBytes
[ 7]  2.00-3.00    sec   1.10 GBytes  9.43 Gbits/sec    0   8.11 MBytes
[ 7]  3.00-4.00    sec   1.06 GBytes  9.10 Gbits/sec    0   8.11 MBytes
[ 7]  4.00-5.00    sec   1.10 GBytes  9.43 Gbits/sec    0   8.11 MBytes
[ 7]  5.00-6.00    sec   1.11 GBytes  9.57 Gbits/sec    0   8.11 MBytes
[ 7]  6.00-7.00    sec   1.11 GBytes  9.50 Gbits/sec    0   8.11 MBytes
[ 7]  7.00-8.00    sec   1.11 GBytes  9.50 Gbits/sec    0   8.11 MBytes
[ 7]  8.00-9.00    sec   1.11 GBytes  9.56 Gbits/sec    0   8.11 MBytes
[ 7]  9.00-10.00   sec   1.11 GBytes  9.50 Gbits/sec    0   8.11 MBytes
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate      Retr
[ 7]  0.00-10.00    sec   11.0 GBytes  9.48 Gbits/sec    0
[ 7]  0.00-10.01    sec   11.0 GBytes  9.46 Gbits/sec    0
iperf Done.
```

# Ограничение скорости на коммутаторах

Применяем TBF на интерфейсе s1-eth2 коммутатора s1:

```
sudo tc qdisc add dev s1-eth2 root tbf rate 10gbit
burst 5000000 limit 15000000
```

Проверяем пропускную способность через iPerf3.

```
*host: h1*@mininet-vm
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 46882 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr  Cwnd
[ 7]  0.00-1.00    sec  1.13 GBytes  9.68 Gbits/sec    9   4.05 MBytes
[ 7]  1.00-2.00    sec  1.11 GBytes  9.56 Gbits/sec    0   4.05 MBytes
[ 7]  2.00-3.00    sec  1.11 GBytes  9.56 Gbits/sec    0   4.05 MBytes
[ 7]  3.00-4.00    sec  1.11 GBytes  9.57 Gbits/sec    0   4.05 MBytes
[ 7]  4.00-5.00    sec  1.11 GBytes  9.54 Gbits/sec    0   4.05 MBytes
[ 7]  5.00-6.00    sec  1.11 GBytes  9.56 Gbits/sec    0   4.05 MBytes
[ 7]  6.00-7.00    sec  1.11 GBytes  9.56 Gbits/sec    0   4.05 MBytes
[ 7]  7.00-8.00    sec  1.11 GBytes  9.57 Gbits/sec    0   4.05 MBytes
[ 7]  8.00-9.00    sec  1.11 GBytes  9.56 Gbits/sec    0   4.05 MBytes
[ 7]  9.00-10.00   sec  1.11 GBytes  9.57 Gbits/sec    0   4.05 MBytes
-- -- --
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr
[ 7]  0.00-10.00   sec  11.1 GBytes  9.57 Gbits/sec    9
[ 7]  0.00-10.01   sec  11.1 GBytes  9.56 Gbits/sec
                                sender
                                receiver

iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet#
Accepted connection from 10.0.0.1, port 46880
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 46882
```



# Объединение NETEM и TBF

- На s1-eth2 добавляем задержку и джиттер:  
`sudo tc qdisc add dev s1-eth2 root handle 1: netem delay 10ms`
- Добавляем ограничение скорости TBF:  
`sudo tc qdisc add dev s1-eth2 parent 1: handle 2: tbf rate 2gbit burst 1000000 limit 2000000`

host: h1@mininet-vm

```
iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet# ^C
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=15.7 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=10.8 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=11.1 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=10.2 ms

--- 10.0.0.2 ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 received, 0% packet loss, time 3006ms
rtt min/avg/max/mdev = 10.239/11.956/15.719/2.192 ms
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=10.6 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=11.0 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=10.2 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 3005ms
rtt min/avg/max/mdev = 10.229/10.509/10.961/0.290 ms
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

# Выводы

В результате выполнения работы:

- Познакомились с принципами работы Token Bucket Filter для ограничения пропускной способности.
- Получили навыки моделирования трафика с помощью Mininet.
- Научились комбинировать NETEM и TBF для изменения задержки, джиттера и ограничения скорости.