

Лабораторная работа № 2

**Измерение и тестирование пропускной способности сети.
Интерактивный эксперимент**

Беличева Дарья Михайловна

Содержание

1	Цель работы	4
2	Задание	5
3	Теоретическое введение	6
4	Выполнение лабораторной работы	7
4.1	Установка необходимого программного обеспечения	7
4.2	Интерактивные эксперименты	8
5	Выводы	22
	Список литературы	23

Список иллюстраций

4.1	Подключение к mininet по ssh	7
4.2	Установка ПО	8
4.3	Развертывание iperf3_plotter	8
4.4	Задание простейшей топологии	9
4.5	Параметры запущенной в интерактивном режиме топологии . . .	9
4.6	Тестовое соединение между хостами	10
4.7	Эксперимент в интерфейсе mininet	11
4.8	Завершение процесса на сервере	12
4.9	Указание периода времени передачи	13
4.10	Выполнения теста пропускной способности с 2-секундным интер- валом	14
4.11	Задание в тесте определённого объёма данных	15
4.12	Изменение протокола передачи данных	16
4.13	Изменение номера порта для отправки/получения пакетов	17
4.14	Параметр обработки данных только от одного клиента с остановкой сервера по завершении теста	18
4.15	Экспорт результатов теста измерения пропускной способности iPerf3 в файл JSON	19
4.16	Проверка создания файла iperf_results.json	20
4.17	Исправление прав запуска X-соединения	20
4.18	Визуализация результатов эксперимента	21

1 Цель работы

Основной целью работы является знакомство с инструментом для измерения пропускной способности сети в режиме реального времени — iPerf3, а также получение навыков проведения интерактивного эксперимента по измерению пропускной способности моделируемой сети в среде Mininet.

2 Задание

1. Установить на виртуальную машину mininet iPerf3 и дополнительное программное обеспечения для визуализации и обработки данных.
2. Провести ряд интерактивных экспериментов по измерению пропускной способности с помощью iPerf3 с построением графиков.

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.

iPerf3[2] представляет собой кроссплатформенное клиент-серверное приложение с открытым исходным кодом, которое можно использовать для измерения пропускной способности между двумя конечными устройствами. iPerf3 может работать с транспортными протоколами TCP, UDP и SCTP: - TCP и SCTP: - измеряет пропускную способность; - позволяет задать размер MSS/MTU; - отслеживает размер окна перегрузки TCP (CWnd). - UDP: - измеряет пропускную способность; - измеряет потери пакетов; - измеряет колебания задержки (jitter); - поддерживает групповую рассылку пакетов (multicast).

4 Выполнение лабораторной работы

4.1 Установка необходимого программного обеспечения

Запустим виртуальную среду с mininet. Из основной ОС подключимся к виртуальной машине по SSH и активируем второй интерфейс для выхода в сеть (рис. 4.1).

```
mininet@mininet-vm: ~
RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
TX packets 22 bytes 2204 (2.2 KB)
TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

mininet@mininet-vm:~$ sudo dhclient eth1
mininet@mininet-vm:~$ 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:be:cc:10 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 156 bytes 17459 (17.4 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 139 bytes 18393 (18.3 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

eth1: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 192.168.35.128 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.35.255
    ether 00:0c:29:be:cc:1a txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 1 bytes 342 (342.0 B)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 1 bytes 342 (342.0 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 22 bytes 2204 (2.2 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 22 bytes 2204 (2.2 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0
```

Рис. 4.1: Подключение к mininet по ssh

Обновим репозитории программного обеспечения на виртуальной машине. Установим iperf3 и необходимое дополнительное программное обеспечение на виртуальную машину (рис. 4.2).

```

mininet@mininet-vm:~$ sudo apt-get update
Hit:1 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal InRelease
Get:2 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates InRelease [128 kB]
Get:3 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports InRelease [128 kB]
Get:4 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 Packages [3,680 kB]
Get:5 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main i386 Packages [1,054 kB]
Get:6 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main Translation-en [563 kB]
Get:7 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 c-n-f Metadata [17.8 kB]
Get:8 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/restricted amd64 Packages [3,379 kB]
Get:9 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/restricted i386 Packages [39.9 kB]
Get:10 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/restricted Translation-en [473 kB]
Get:11 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/restricted amd64 c-n-f Metadata [17.8 kB]
Get:12 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/universe amd64 Packages [1,238 kB]
Get:13 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/universe i386 Packages [810 kB]
Get:14 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/universe Translation-en [297 kB]
Get:15 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/universe amd64 c-n-f Metadata [17.8 kB]

```

Рис. 4.2: Установка ПО

Развернем iperf3_plotter (рис. 4.3).

```

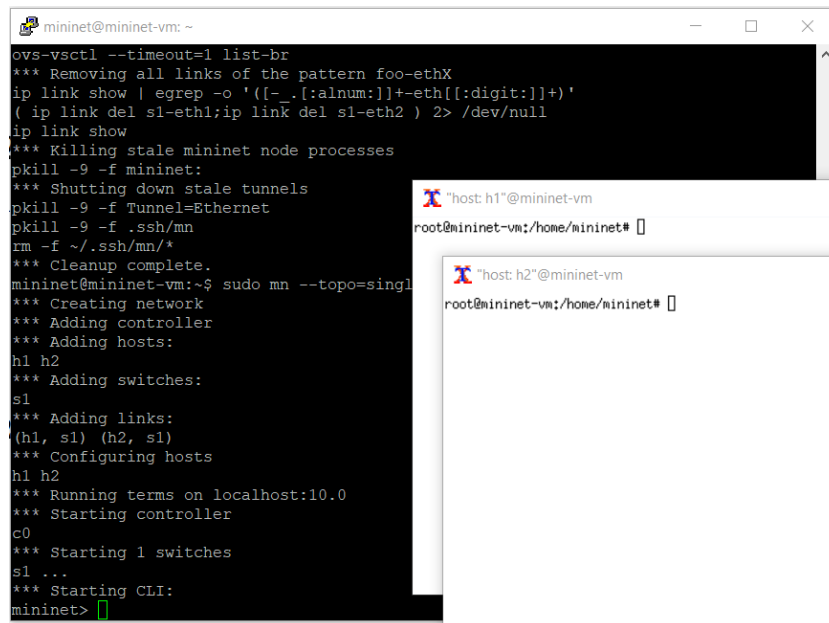
mininet@mininet-vm:~$ cd /tmp
mininet@mininet-vm:/tmp$ git clone https://github.com/ekfoury/iperf3_plotter.git
Cloning into 'iperf3_plotter'...
remote: Enumerating Objects: 74, done.
remote: Total 74 (delta 0), reused 0 (delta 0), pack-reused 74 (from 1)
Unpacking objects: 100% (74/74), 100.09 KiB | 683.00 KiB/s, done.
mininet@mininet-vm:/tmp$ cd /tmp/iperf3_plotter
mininet@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter$ sudo cp plot_* /usr/bin
mininet@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter$ sudo cp *.sh /usr/bin
mininet@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter$

```

Рис. 4.3: Развертывание iperf3_plotter

4.2 Интерактивные эксперименты

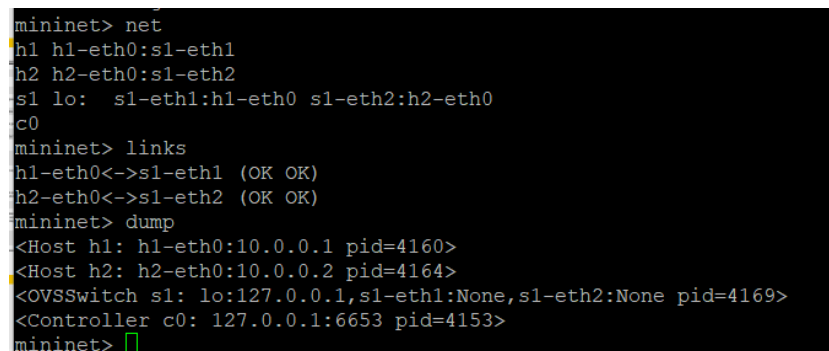
Зададим простейшую топологию, состоящую из двух хостов и коммутатора с назначенной по умолчанию mininet сетью 10.0.0.0/8. После введения этой команды запустятся терминалы двух хостов, коммутатора и контроллера. Терминалы коммутатора и контроллера закроем. (рис. 4.4).



```
mininet@mininet-vm: ~  
ovs-vsctl --timeout=1 list-br  
*** Removing all links of the pattern foo-ethX  
ip link show | egrep -o '([_[:alnum:]]+-eth[[:digit:]]+)'  
( ip link del s1-eth1; ip link del s1-eth2 ) 2> /dev/null  
ip link show  
*** Killing stale mininet node processes  
pkill -9 -f mininet:  
*** Shutting down stale tunnels  
pkill -9 -f Tunnel=Ethernet  
pkill -9 -f .ssh/mn  
rm -f ~/.ssh/mn/*  
*** Cleanup complete.  
mininet@mininet-vm:~$ sudo mn --topo=single  
*** Creating network  
*** Adding controller  
*** Adding hosts:  
h1 h2  
*** Adding switches:  
s1  
*** Adding links:  
(h1, s1) (h2, s1)  
*** Configuring hosts  
h1 h2  
*** Running terms on localhost:10.0  
*** Starting controller  
c0  
*** Starting 1 switches  
s1 ...  
*** Starting CLI:  
mininet>
```

Рис. 4.4: Задание простейшей топологии

В терминале виртуальной машины посмотрим параметры запущенной в интерактивном режиме топологии (рис. 4.5).



```
mininet> net  
h1 h1-eth0:s1-eth1  
h2 h2-eth0:s1-eth2  
s1 lo: s1-eth1:h1-eth0 s1-eth2:h2-eth0  
c0  
mininet> links  
h1-eth0<->s1-eth1 (OK OK)  
h2-eth0<->s1-eth2 (OK OK)  
mininet> dump  
<Host h1: h1-eth0:10.0.0.1 pid=4160>  
<Host h2: h2-eth0:10.0.0.2 pid=4164>  
<OVSSwitch s1: lo:127.0.0.1,s1-eth1:None,s1-eth2:None pid=4169>  
<Controller c0: 127.0.0.1:6653 pid=4153>  
mininet>
```

Рис. 4.5: Параметры запущенной в интерактивном режиме топологии

Проведем простейший интерактивный эксперимент по измерению пропускной способности с помощью iPerf3 (рис. 4.6).

```

"Node: h2"@mininet-vm
-----
Server listening on 5201
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 49886
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 49886
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate
[ 7] 0.00-1.00    sec  1.18 GBytes  10.1 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00    sec  1.11 GBytes  9.54 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00    sec  1.06 GBytes  9.14 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00    sec  954 MBytes  8.00 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00    sec  1.43 GBytes  12.3 Gbits/sec
[ 7] 5.00-6.00    sec  1.30 GBytes  11.2 Gbits/sec
[ 7] 6.00-7.00    sec  1.27 GBytes  10.9 Gbits/sec
[ 7] 7.00-8.00    sec  1.24 GBytes  10.7 Gbits/sec
[ 7] 8.00-9.00    sec  1.21 GBytes  10.4 Gbits/sec
[ 7] 9.00-10.00   sec  1.11 GBytes  9.52 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.00  sec  1.06 MBytes  8.45 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate
[ 7] 0.00-10.00   sec  11.8 GBytes  10.2 Gbits/sec
-----
receiver
Server listening on 5201
-----

"Node: h1"@mininet-vm
-----
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 49888 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-1.00    sec  1.18 GBytes  10.1 Gbits/sec  0     549 KBytes
[ 7] 1.00-2.00    sec  1.11 GBytes  9.54 Gbits/sec  0     700 KBytes
[ 7] 2.00-3.00    sec  1.06 GBytes  9.13 Gbits/sec  0     700 KBytes
[ 7] 3.00-4.00    sec  954 MBytes  8.01 Gbits/sec  0     851 KBytes
[ 7] 4.00-5.00    sec  1.43 GBytes  12.3 Gbits/sec  0     851 KBytes
[ 7] 5.00-6.00    sec  1.30 GBytes  11.2 Gbits/sec  0     851 KBytes
[ 7] 6.00-7.00    sec  1.27 GBytes  10.9 Gbits/sec  0     851 KBytes
[ 7] 7.00-8.00    sec  1.25 GBytes  10.7 Gbits/sec  0     1.29 MBytes
[ 7] 8.00-9.00    sec  1.21 GBytes  10.4 Gbits/sec  0     1.49 MBytes
[ 7] 9.00-10.00   sec  1.11 GBytes  9.53 Gbits/sec  0     1.49 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate      Retr
[ 7] 0.00-10.00   sec  11.8 GBytes  10.2 Gbits/sec  0
[ 7] 0.00-10.00   sec  11.8 GBytes  10.2 Gbits/sec
-----
sender
receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet#

```

Рис. 4.6: Тестовое соединение между хостами

Проанализируем полученный в результате выполнения теста сводный отчёт, отобразившийся как на клиенте, так и на сервере iPerf3. Он содержит следующие данные:

- ID: идентификационный номер соединения – 7.
- интервал (Interval): временной интервал для периодических отчетов о пропускной способности (по умолчанию временной интервал равен 1 секунде);
- передача (Transfer): сколько данных было передано за каждый интервал

- времени – было передано от 1.98 до 2.39 GB в секунду;
- пропускная способность (Bitrate): измеренная пропускная способность в каждом временном интервале – от 17 до 20.5 Gbit/sec;
 - Retr: количество повторно переданных TCP-сегментов за каждый временной интервал (это поле увеличивается, когда TCP-сегменты теряются в сети из-за перегрузки или повреждения) – чем больше пропускная способность, тем больше число повторно переданных TCP-сегментов. Максимум она достигает 3 при битрейте 20.5 Gbit/sec;
 - Cwnd: указывает размер окна перегрузки в каждом временном интервале (TCP использует эту переменную для ограничения объема данных, которые TCP-клиент может отправить до получения подтверждения отправленных данных) – это фиксированный параметр равный 8.09 MB.

Проведем аналогичный эксперимент в интерфейсе mininet (рис. 4.7).

```
mininet> h2 iperf3 -s &
mininet> h1 iperf3 -c h2
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 5] local 10.0.0.1 port 49896 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr    Cwnd
[ 5]  0.00-1.00    sec  1.69 GBytes  14.5 Gbits/sec    0    383 KBytes
[ 5]  1.00-2.00    sec  1.62 GBytes  13.9 Gbits/sec    0    383 KBytes
[ 5]  2.00-3.00    sec  1.64 GBytes  14.1 Gbits/sec    0    383 KBytes
[ 5]  3.00-4.00    sec  1.65 GBytes  14.2 Gbits/sec    0    383 KBytes
[ 5]  4.00-5.00    sec  1.66 GBytes  14.3 Gbits/sec    0    383 KBytes
[ 5]  5.00-6.00    sec  1.68 GBytes  14.5 Gbits/sec    0    383 KBytes
[ 5]  6.00-7.00    sec  1.65 GBytes  14.1 Gbits/sec    0    383 KBytes
[ 5]  7.00-8.00    sec  1.61 GBytes  13.8 Gbits/sec    0    383 KBytes
[ 5]  8.00-9.00    sec  1.67 GBytes  14.3 Gbits/sec    0    383 KBytes
[ 5]  9.00-10.00   sec  1.72 GBytes  14.7 Gbits/sec    0    383 KBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr
[ 5]  0.00-10.00   sec  16.6 GBytes  14.3 Gbits/sec    0
[ 5]  0.00-10.00   sec  16.6 GBytes  14.3 Gbits/sec    0
iperf Done.
mininet>
```

Рис. 4.7: Эксперимент в интерфейсе mininet

Сравним результаты. Увидим, что во втором случае было передано на 4,8 GB больше; пропускная способность увеличилась на 4,1; потери пакетов все также нет.

После убьем процесс на сервере (рис. 4.8).

```

mininet> h2 killall iperf3
warning: this system does not seem to support IPv6 - trying IPv4
-----
Server listening on 5201
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 49894
[ 5] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 49896
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 5] 0.00-1.00 sec  1.69 GBytes 14.5 Gbits/sec
[ 5] 1.00-2.00 sec  1.62 GBytes 13.9 Gbits/sec
[ 5] 2.00-3.00 sec  1.64 GBytes 14.1 Gbits/sec
[ 5] 3.00-4.00 sec  1.65 GBytes 14.2 Gbits/sec
[ 5] 4.00-5.00 sec  1.66 GBytes 14.3 Gbits/sec
[ 5] 5.00-6.00 sec  1.68 GBytes 14.5 Gbits/sec
[ 5] 6.00-7.00 sec  1.65 GBytes 14.1 Gbits/sec
[ 5] 7.00-8.00 sec  1.61 GBytes 13.8 Gbits/sec
[ 5] 8.00-9.00 sec  1.67 GBytes 14.3 Gbits/sec
[ 5] 9.00-10.00 sec 1.72 GBytes 14.7 Gbits/sec
[ 5] 10.00-10.00 sec 2.00 MBytes 14.5 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 5] 0.00-10.00 sec 16.6 GBytes 14.3 Gbits/sec
-----
Server listening on 5201
-----
iperf3: interrupt - the server has terminated
mininet> █

```

Рис. 4.8: Завершение процесса на сервере

Для указания iPerf3 периода времени для передачи можно использовать ключ `-t` (или `-time`) — время в секундах для передачи (по умолчанию 10 секунд) (рис. 4.9).

```

"Node: h2"@mininet-vm
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 49910
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 49912
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-1.00 sec  1.09 GBytes  9.34 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00 sec  1.07 GBytes  9.22 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00 sec  1.34 GBytes  11.5 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00 sec  1.60 GBytes  13.8 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00 sec  1.13 GBytes  9.74 Gbits/sec
[ 7] 5.00-5.00 sec   385 KBytes  1.34 Gbits/sec
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-5.00 sec  6.24 GBytes  10.7 Gbits/sec
Server listening on 5201

"Node: h1"@mininet-vm
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2 -t 5
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 49912 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-1.00 sec  1.09 GBytes  9.33 Gbits/sec    0   8.14 MBytes
[ 7] 1.00-2.00 sec  1.08 GBytes  9.26 Gbits/sec    0   8.14 MBytes
[ 7] 2.00-3.00 sec  1.33 GBytes  11.4 Gbits/sec    0   8.14 MBytes
[ 7] 3.00-4.00 sec  1.60 GBytes  13.8 Gbits/sec    0   8.14 MBytes
[ 7] 4.00-5.00 sec  1.13 GBytes  9.73 Gbits/sec    0   8.14 MBytes
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr
[ 7] 0.00-5.00 sec  6.24 GBytes  10.7 Gbits/sec    0
[ 7] 0.00-5.00 sec  6.24 GBytes  10.7 Gbits/sec    0
iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet#

```

Рис. 4.9: Указание периода времени передачи

Настроим клиент iPerf3 для выполнения теста пропускной способности с 2-секундным интервалом времени отсчёта как на клиенте, так и на сервере. Используем опцию `-i` для установки интервала между отсчётами, измеряемого в секундах (рис. 4.10).

```

"Node: h2"@mininet-vm
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -s -i 2
warning: this system does not seem to support IPv6 - trying IPv4
-----
Server listening on 5201
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 49922
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 49924
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-2.00    sec  2.83 GBytes 12.1 Gbits/sec
[ 7] 2.00-4.00    sec  2.69 GBytes 11.5 Gbits/sec
[ 7] 4.00-6.00    sec  3.40 GBytes 14.6 Gbits/sec
[ 7] 6.00-8.00    sec  2.95 GBytes 12.7 Gbits/sec
[ 7] 8.00-10.00   sec  3.15 GBytes 13.5 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.00  sec   832 KBytes  6.99 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-10.00   sec  15.0 GBytes 12.9 Gbits/sec
-----
Server listening on 5201
[ ]

"Node: h1"@mininet-vm
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2 -i 2
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 49924 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate  Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-2.00    sec  2.83 GBytes 12.1 Gbits/sec  0    133 KBytes
[ 7] 2.00-4.00    sec  2.69 GBytes 11.5 Gbits/sec  0    986 KBytes
[ 7] 4.00-6.00    sec  3.40 GBytes 14.6 Gbits/sec  0    986 KBytes
[ 7] 6.00-8.00    sec  2.95 GBytes 12.7 Gbits/sec  0    986 KBytes
[ 7] 8.00-10.00   sec  3.15 GBytes 13.5 Gbits/sec  0    1.29 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate  Retr
[ 7] 0.00-10.00   sec  15.0 GBytes 12.9 Gbits/sec  0
[ 7] 0.00-10.00   sec  15.0 GBytes 12.9 Gbits/sec
-----
sender
receiver

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

```

Рис. 4.10: Выполнения теста пропускной способности с 2-секундным интервалом

Можно увидеть, что действительно интервал увеличился в два раза, в результате чего в два раза увеличился также вес переданный за один интервал времени, но пропускная способность и суммарные величины очевидно практически не изменились.

Зададим на клиенте iPerf3 отправку определённого объёма данных. Используем опцию -n для установки количества байт для передачи (рис. 4.11).

По умолчанию iPerf3 выполняет измерение пропускной способности в течение 10 секунд, но при задании количества данных для передачи клиент iPerf3 будет продолжать отправлять пакеты до тех пор, пока не будет отправлен весь объем данных, указанный пользователем.

```

"Node: h2"@mininet-vm
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 49934
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 49936
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-1.00 sec  1.27 GBytes 10.9 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00 sec  1.08 GBytes 9.24 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00 sec  1.24 GBytes 10.6 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00 sec  1.46 GBytes 12.5 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00 sec  1.37 GBytes 11.7 Gbits/sec
[ 7] 5.00-6.00 sec  1.38 GBytes 11.8 Gbits/sec
[ 7] 6.00-7.00 sec  1.27 GBytes 10.9 Gbits/sec
[ 7] 7.00-8.00 sec  1.14 GBytes 9.76 Gbits/sec
[ 7] 8.00-9.00 sec  1.22 GBytes 10.5 Gbits/sec
[ 7] 9.00-10.00 sec 1.34 GBytes 11.5 Gbits/sec
[ 7] 10.00-11.00 sec 1.32 GBytes 11.3 Gbits/sec
[ 7] 11.00-12.00 sec 1.55 GBytes 13.3 Gbits/sec
[ 7] 12.00-12.37 sec 381 MBytes 8.74 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-12.37 sec 16.0 GBytes 11.1 Gbits/sec
-----
Server listening on 5201
-----

"Node: h1"@mininet-vm
-----
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2 -n 16G
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 49936 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-1.00 sec  1.27 GBytes 10.9 Gbits/sec    0   428 KBytes
[ 7] 1.00-2.00 sec  1.08 GBytes 9.24 Gbits/sec    0   428 KBytes
[ 7] 2.00-3.00 sec  1.24 GBytes 10.6 Gbits/sec    0   428 KBytes
[ 7] 3.00-4.00 sec  1.46 GBytes 12.5 Gbits/sec    0   699 KBytes
[ 7] 4.00-5.00 sec  1.37 GBytes 11.7 Gbits/sec    0   699 KBytes
[ 7] 5.00-6.00 sec  1.38 GBytes 11.8 Gbits/sec    0   807 KBytes
[ 7] 6.00-7.00 sec  1.27 GBytes 10.9 Gbits/sec    0   1.11 MBytes
[ 7] 7.00-8.00 sec  1.14 GBytes 9.75 Gbits/sec    0   5.55 MBytes
[ 7] 8.00-9.00 sec  1.22 GBytes 10.5 Gbits/sec    0   8.21 MBytes
[ 7] 9.00-10.00 sec 1.34 GBytes 11.5 Gbits/sec    0   8.21 MBytes
[ 7] 10.00-11.00 sec 1.32 GBytes 11.4 Gbits/sec    0   8.21 MBytes
[ 7] 11.00-12.00 sec 1.55 GBytes 13.3 Gbits/sec    0   8.21 MBytes
[ 7] 12.00-12.37 sec 376 MBytes 8.61 Gbits/sec    0   8.21 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr
[ 7] 0.00-12.37 sec 16.0 GBytes 11.1 Gbits/sec    0
[ 7] 0.00-12.37 sec 16.0 GBytes 11.1 Gbits/sec
-----
sender
receiver

```

Рис. 4.11: Задание в тесте определённого объёма данных

Изменим в тесте измерения пропускной способности iPerf3 протокол передачи данных с TCP (установлен по умолчанию) на UDP. iPerf3 автоматически определяет протокол транспортного уровня на стороне сервера. Для изменения протокола используем опцию -u на стороне клиента iPerf3 (рис. 4.12).

```

"Node: h2"@mininet-vm
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 49946
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 51563
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate      Jitter      Lost/Total Data
rams
[ 7] 0.00-1.00 sec      129 KBytes   1.05 Mbits/sec  0.014 ms    0/91 (0%)
[ 7] 1.00-2.00 sec      127 KBytes   1.04 Mbits/sec  0.017 ms    0/90 (0%)
[ 7] 2.00-3.00 sec      129 KBytes   1.05 Mbits/sec  0.011 ms    0/91 (0%)
[ 7] 3.00-4.00 sec      127 KBytes   1.04 Mbits/sec  0.013 ms    0/90 (0%)
[ 7] 4.00-5.00 sec      129 KBytes   1.05 Mbits/sec  0.026 ms    0/91 (0%)
[ 7] 5.00-6.00 sec      127 KBytes   1.04 Mbits/sec  0.037 ms    0/90 (0%)
[ 7] 6.00-7.00 sec      129 KBytes   1.05 Mbits/sec  0.027 ms    0/91 (0%)
[ 7] 7.00-8.00 sec      127 KBytes   1.04 Mbits/sec  0.030 ms    0/90 (0%)
[ 7] 8.00-9.00 sec      129 KBytes   1.05 Mbits/sec  0.018 ms    0/91 (0%)
[ 7] 9.00-10.00 sec     129 KBytes   1.05 Mbits/sec  0.014 ms    0/91 (0%)
-----
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate      Jitter      Lost/Total Data
rams
[ 7] 0.00-10.00 sec     1.25 MBytes   1.05 Mbits/sec  0.014 ms    0/906 (0%) receiver
-----
Server listening on 5201

"Node: h1"@mininet-vm
-----
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2 -u
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 51563 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate      Total Datagrams
[ 7] 0.00-1.00 sec      129 KBytes   1.05 Mbits/sec  91
[ 7] 1.00-2.00 sec      127 KBytes   1.04 Mbits/sec  90
[ 7] 2.00-3.00 sec      129 KBytes   1.05 Mbits/sec  91
[ 7] 3.00-4.00 sec      129 KBytes   1.05 Mbits/sec  91
[ 7] 4.00-5.00 sec      127 KBytes   1.04 Mbits/sec  90
[ 7] 5.00-6.00 sec      129 KBytes   1.06 Mbits/sec  91
[ 7] 6.00-7.00 sec      127 KBytes   1.04 Mbits/sec  90
[ 7] 7.00-8.00 sec      129 KBytes   1.05 Mbits/sec  91
[ 7] 8.00-9.00 sec      127 KBytes   1.04 Mbits/sec  90
[ 7] 9.00-10.00 sec     129 KBytes   1.05 Mbits/sec  91
-----
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate      Jitter      Lost/Total Datag
rams
[ 7] 0.00-10.00 sec     1.25 MBytes   1.05 Mbits/sec  0.000 ms    0/906 (0%) send
er
[ 7] 0.00-10.00 sec     1.25 MBytes   1.05 Mbits/sec  0.014 ms    0/906 (0%) rece
iver
-----
iperf Done.

```

Рис. 4.12: Изменение протокола передачи данных

В тесте измерения пропускной способности iPerf3 изменим номер порта для отправки/получения пакетов или датаграмм через указанный порт (рис. 4.13).


```

"Node: h2"@mininet-vm
-----
Server listening on 3250
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 47088
[ 7] local 10.0.0.2 port 3250 connected to 10.0.0.1 port 47090
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-1.00    sec  1.45 GBytes 12.5 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00    sec  1.45 GBytes 12.4 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00    sec  1.37 GBytes 11.8 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00    sec  1.19 GBytes 10.2 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00    sec  1.71 GBytes 14.7 Gbits/sec
[ 7] 5.00-6.00    sec  1.10 GBytes  9.46 Gbits/sec
[ 7] 6.00-7.00    sec  1.31 GBytes 11.2 Gbits/sec
[ 7] 7.00-8.00    sec  1.28 GBytes 11.0 Gbits/sec
[ 7] 8.00-9.00    sec  1.13 GBytes  9.72 Gbits/sec
[ 7] 9.00-10.00   sec  1.39 GBytes 11.9 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.00  sec  1.19 MBytes  3.50 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-10.00   sec  13.4 GBytes 11.5 Gbits/sec
-----
Server listening on 3250
-----
"Node: h1"@mininet-vm
-----
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2 -p 3250
Connecting to host 10.0.0.2, port 3250
[ 7] local 10.0.0.1 port 47090 connected to 10.0.0.2 port 3250
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-1.00    sec  1.45 GBytes 12.5 Gbits/sec    0   426 KBytes
[ 7] 1.00-2.00    sec  1.45 GBytes 12.5 Gbits/sec    0   426 KBytes
[ 7] 2.00-3.00    sec  1.37 GBytes 11.8 Gbits/sec    0   426 KBytes
[ 7] 3.00-4.00    sec  1.19 GBytes 10.2 Gbits/sec    0   543 KBytes
[ 7] 4.00-5.00    sec  1.71 GBytes 14.7 Gbits/sec    0   629 KBytes
[ 7] 5.00-6.00    sec  1.10 GBytes  9.46 Gbits/sec    0   1.28 MBytes
[ 7] 6.00-7.00    sec  1.31 GBytes 11.2 Gbits/sec    0   1.28 MBytes
[ 7] 7.00-8.00    sec  1.28 GBytes 11.0 Gbits/sec    0   1.28 MBytes
[ 7] 8.00-9.00    sec  1.13 GBytes  9.72 Gbits/sec    0   1.80 MBytes
[ 7] 9.00-10.00   sec  1.39 GBytes 11.9 Gbits/sec    0   1.80 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr
[ 7] 0.00-10.00   sec  13.4 GBytes 11.5 Gbits/sec    0
[ 7] 0.00-10.00   sec  13.4 GBytes 11.5 Gbits/sec
-----
iperf Done.
-----

```

Рис. 4.13: Изменение номера порта для отправки/получения пакетов

По умолчанию после запуска сервер iPerf3 постоянно прослушивает входящие соединения. В тесте измерения пропускной способности iPerf3 зададим для сервера параметр обработки данных только от одного клиента с остановкой сервера по завершении теста. Для этого используем опцию -1 на сервере iPerf3 (рис. 4.14).

После завершения этого теста сервер iPerf3 немедленно останавливается.

```

"Node: h2"@mininet-vm
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -s -1
warning: this system does not seem to support IPv6 - trying IPv4
Server listening on 5201
Accepted connection from 10.0.0.1, port 49968
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 49970
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-1.00 sec  1.24 GBytes 10.7 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00 sec  1.32 GBytes 11.4 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00 sec  1.02 GBytes 8.76 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00 sec  1.17 GBytes 10.0 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00 sec  1022 MBytes 8.57 Gbits/sec
[ 7] 5.00-6.00 sec  1.08 GBytes 9.31 Gbits/sec
[ 7] 6.00-7.00 sec  1.35 GBytes 11.6 Gbits/sec
[ 7] 7.00-8.00 sec  1.33 GBytes 11.4 Gbits/sec
[ 7] 8.00-9.00 sec  1.23 GBytes 10.5 Gbits/sec
[ 7] 9.00-10.00 sec 1.16 GBytes 9.95 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.00 sec 704 KBytes 4.67 Gbits/sec
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-10.00 sec 11.9 GBytes 10.2 Gbits/sec
root@mininet-vm:/home/mininet#

"Node: h1"@mininet-vm
oot@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 49970 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr    Cwnd
[ 7] 0.00-1.00 sec  1.24 GBytes 10.7 Gbits/sec    0    489 KBytes
[ 7] 1.00-2.00 sec  1.32 GBytes 11.4 Gbits/sec    0    489 KBytes
[ 7] 2.00-3.00 sec  1.02 GBytes 8.76 Gbits/sec    0    759 KBytes
[ 7] 3.00-4.00 sec  1.17 GBytes 10.0 Gbits/sec    0    759 KBytes
[ 7] 4.00-5.00 sec  1021 MBytes 8.57 Gbits/sec    0    759 KBytes
[ 7] 5.00-6.00 sec  1.08 GBytes 9.32 Gbits/sec    0    969 KBytes
[ 7] 6.00-7.00 sec  1.35 GBytes 11.6 Gbits/sec    0    969 KBytes
[ 7] 7.00-8.00 sec  1.33 GBytes 11.4 Gbits/sec    0    969 KBytes
[ 7] 8.00-9.00 sec  1.23 GBytes 10.5 Gbits/sec    0    5.76 MBytes
[ 7] 9.00-10.00 sec 1.16 GBytes 9.95 Gbits/sec    0    8.10 MBytes
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr
[ 7] 0.00-10.00 sec 11.9 GBytes 10.2 Gbits/sec    0
[ 7] 0.00-10.00 sec 11.9 GBytes 10.2 Gbits/sec
perf Done.
oot@mininet-vm:/home/mininet#

```

Рис. 4.14: Параметр обработки данных только от одного клиента с остановкой сервера по завершении теста

Экспортируем результаты теста измерения пропускной способности iPerf3 в файл JSON (рис. 4.15).

```

"Node: h2"@mininet-vm
-----
Server listening on 5201
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 49972
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 49974
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-1.00    sec    830 MBytes  6.96 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00    sec    915 MBytes  7.67 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00    sec   1.06 GBytes  9.14 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00    sec   1.22 GBytes 10.5 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00    sec    819 MBytes  6.87 Gbits/sec
[ 7] 5.00-6.00    sec   1007 MBytes  8.45 Gbits/sec
[ 7] 6.00-7.00    sec   1.45 GBytes 12.5 Gbits/sec
[ 7] 7.00-8.00    sec   1011 MBytes  8.48 Gbits/sec
[ 7] 8.00-9.00    sec   1.10 GBytes  9.47 Gbits/sec
[ 7] 9.00-10.00   sec   1017 MBytes  8.53 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.00  sec    1.12 MBytes  6.14 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-10.00   sec   10.3 GBytes  8.85 Gbits/sec
-----
rec
-----
"Node: h1"@mininet-vm
-----
    "retransmits": 0,
    "sender": true
  },
  "sum_received": {
    "start": 0,
    "end": 10.001552,
    "seconds": 10.001552,
    "bytes": 11064579512,
    "bits_per_second": 8850290044.5850811,
    "sender": true
  },
  "cpu_utilization_percent": {
    "host_total": 50.877046153404173,
    "host_user": 0.75393130586528223,
    "host_system": 50.123094896988327,
    "remote_total": 18.708696149665531,
    "remote_user": 2.233903483233207,
    "remote_system": 16.474784963768403
  },
  "sender_tcp_congestion": "cubic",
  "receiver_tcp_congestion": "cubic"
}

oot@mininet-vm:/home/mininet#

```

Рис. 4.15: Экспорт результатов теста измерения пропускной способности iPerf3 в файл JSON

Убедимся, что файл `iperf_results.json` создан в указанном каталоге. Для этого в терминале хоста `h1` введем следующие команды (рис. 4.16).

```

root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2 -J > /home/mininet/work/lab_i
perf3/iperf_results.json
root@mininet-vm:/home/mininet# cd /home/mininet/work/lab_iperf3
root@mininet-vm:/home/mininet/work/lab_iperf3# ls -l
total 8
-rw-r--r-- 1 root root 7773 Nov 23 05:54 iperf_results.json
root@mininet-vm:/home/mininet/work/lab_iperf3#

```

Рис. 4.16: Проверка создания файла iperf_results.json

В виртуальной машине mininet исправим права запуска X-соединения. Скопируем значение куки (MIT magic cookie) своего пользователя mininet в файл для пользователя root (рис. 4.17).

```

mininet@mininet-vm:~$ xauth list $DISPLAY
mininet-vm/unix:10 MIT-MAGIC-COOKIE-1 ce76c2e08fe0edcefc5f47a66750ce46
mininet@mininet-vm:~$ sudo -i
root@mininet-vm:~# xauth list DISPLAY
xauth: (argv):1: bad display name "DISPLAY" in "list" command
root@mininet-vm:~# xauth list $DISPLAY
mininet-vm/unix:10 MIT-MAGIC-COOKIE-1 ce76c2e08fe0edcefc5f47a66750ce46
root@mininet-vm:~#

```

Рис. 4.17: Исправление прав запуска X-соединения

Визуализируем результаты эксперимента. В виртуальной машине mininet перейдем в каталог для работы над проектом, проверим права доступа к файлу JSON. Сгенерируем выходные данные для файла JSON iPerf3. Убедимся, что файлы с данными и графиками сформировались (рис. 4.18).

```

mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ plot_iperf.sh iperf_results.json
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ ls -l
Command 'ls' not found, did you mean:

  command 'ils' from deb sleuthkit (4.6.7-1build1)
  command 'hls' from deb hfsutils (3.2.6-14)
  command 'ls' from deb coreutils (8.30-3ubuntu2)
  command 'bls' from deb bacula-sd (9.4.2-2ubuntu5)
  command 'fls' from deb sleuthkit (4.6.7-1build1)
  command 'jls' from deb sleuthkit (4.6.7-1build1)
  command 'ols' from deb speech-tools (1:2.5.0-8build1)
  command 'als' from deb atool (0.39.0-10)

Try: sudo apt install <deb name>

mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ ls -l
total 16
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet  940 Nov 23 06:01 iperf.csv
-rw-r--r-- 1 mininet mininet 7773 Nov 23 05:54 iperf_results.json
drwxrwxr-x 2 mininet mininet 4096 Nov 23 06:01 results
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ cd ~/work/lab_iperf3/results
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3/results$ ls -l
total 88
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet  486 Nov 23 06:01 1.dat
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9889 Nov 23 06:01 bytes.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9580 Nov 23 06:01 cwnd.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9036 Nov 23 06:01 MTU.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 8978 Nov 23 06:01 retransmits.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 8960 Nov 23 06:01 RTT.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9165 Nov 23 06:01 RTT_Var.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9587 Nov 23 06:01 throughput.pdf
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3/results$

```

Рис. 4.18: Визуализация результатов эксперимента

5 Выводы

В результате выполнения данной лабораторной работы я познакомилась с инструментом для измерения пропускной способности сети в режиме реального времени — iPerf3, а также получила навыки проведения интерактивного эксперимента по измерению пропускной способности моделируемой сети в среде Mininet.

Список литературы

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