

Отчёт по лабораторной работе №2

Моделирование сетей передачи данных

Ищенко Ирина Олеговна

Содержание

1 Цель работы	5
2 Задание	6
3 Выполнение лабораторной работы	7
4 Выводы	21

Список иллюстраций

3.1 Подключение к mininet по ssh	7
3.2 Развертывание iperf3_plotter	8
3.3 Задание простейшей топологии. Параметры	8
3.4 Тестовое соединение между хостами	9
3.5 Эксперимент в интерфейсе mininet	11
3.6 Указание периода времени передачи	12
3.7 Выполнения теста пропускной способности с 2-секундным интервалом	13
3.8 Задание в teste определённого объёма данных	14
3.9 Изменение протокола передачи данных	15
3.10 Изменение номера порта для отправки/получения пакетов	16
3.11 Параметр обработки данных только от одного клиента с остановкой сервера по завершении теста	17
3.12 iPerf3 в JSON	18
3.13 Экспорт результатов теста измерения пропускной способности iPerf3 в файл JSON	19
3.14 Проверка создания файла iperf_results.json	19
3.15 Конец эмуляции	20
3.16 Визуализация результатов эксперимента	20

Список таблиц

1 Цель работы

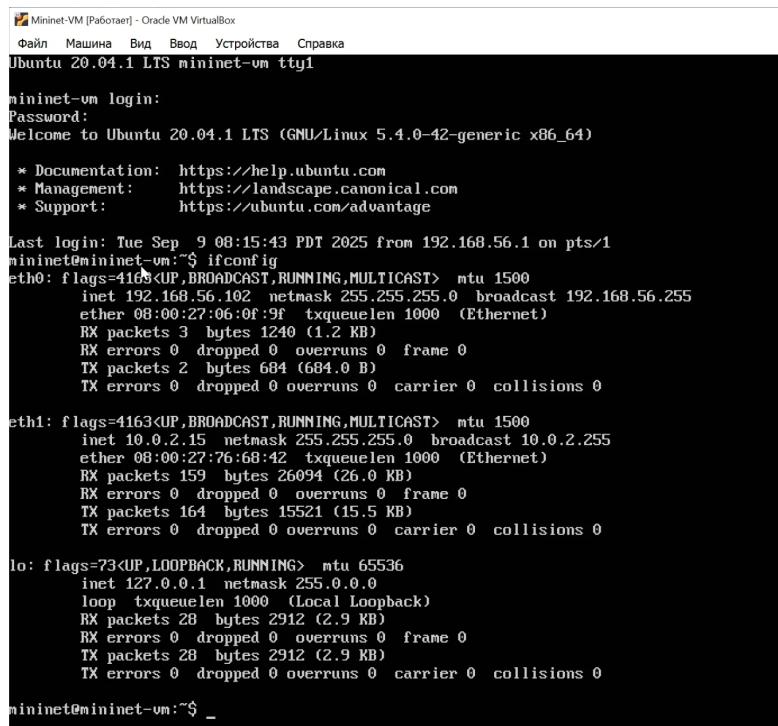
Основной целью работы является знакомство с инструментом для измерения пропускной способности сети в режиме реального времени – iPerf3, а также получение навыков проведения интерактивного эксперимента по измерению пропускной способности моделируемой сети в среде Mininet.

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 Выполнение лабораторной работы

Запустим виртуальную среду с mininet. Из основной ОС подключимся к виртуальной машине по SSH и активируем второй интерфейс для выхода в сеть (рис. Рисунок 3.1).



```
Mininet-VM [Работает] - Oracle VM VirtualBox
Файл Машина Вид Ввод Устройства Справка
Ubuntu 20.04.1 LTS mininet-vm ttym1
mininet-vm login:
Password:
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: Tue Sep  9 08:15:43 PDT 2025 from 192.168.56.1 on pts/1
mininet@mininet-vm:~$ ifconfig
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
      inet 192.168.56.102 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.56.255
          ether 08:00:27:06:0f:9f txqueuelen 1000 (Ethernet)
            RX packets 3 bytes 1240 (1.2 KB)
            RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
            TX packets 2 bytes 684 (684.0 B)
            TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

eth1: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
      inet 10.0.2.15 netmask 255.255.255.0 broadcast 10.0.2.255
          ether 08:00:27:76:68:42 txqueuelen 1000 (Ethernet)
            RX packets 159 bytes 26094 (26.0 KB)
            RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
            TX packets 164 bytes 15521 (15.5 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 28 bytes 2912 (2.9 KB)
            RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
            TX packets 28 bytes 2912 (2.9 KB)
            TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

mininet@mininet-vm:~$ _
```

Рисунок 3.1: Подключение к mininet по ssh

Обновим репозитории программного обеспечения на виртуальной машине. Установим iperf3 и необходимое дополнительное программное обеспечение на виртуальную машину. Развернем iperf3_plotter (рис. Рисунок 3.2).

```

mininet@mininet-vm:~$ cd /tmp
mininet@mininet-vm:/tmp$ git clone https://github.com/ekfouri/iperf3_plotter.git
Cloning into 'iperf3_plotter'...
^C
mininet@mininet-vm:/tmp$ git clone https://github.com/ekfouri/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 | 146.00 KiB/s, done.
mininet@mininet-vm:/tmp$ cd 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$ cd ~
mininet@mininet-vm:~$ sudo mn

```

Рисунок 3.2: Развёртывание iperf3_plotter

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. В терминале виртуальной машины посмотрим параметры запущенной в интерактивном режиме топологии (рис. Рисунок 3.3).

```

sudo none
mininet@mininet-vm:~$ sudo mn --topo=single,2 -x
*** 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> 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=732>
<Host h2: h2-eth0:10.0.0.2 pid=736>
<OVSSwitch s1: lo:127.0.0.1,s1-eth1:None,s1-eth2:None pid=741>
<Controller c0: 127.0.0.1:6653 pid=725>
mininet>

```

Рисунок 3.3: Задание простейшей топологии. Параметры

Проведем простейший интерактивный эксперимент по измерению пропускной способности с помощью iPerf3 (рис. Рисунок 3.4).

The screenshot shows two terminal windows side-by-side. The left window is titled "host: h2" and the right window is titled "host: h1". Both windows display the output of the iPerf3 command: iperf3 -c 10.0.0.2. The output shows a server listening on port 5201 and accepting a connection from host h1. It provides detailed statistics for each 1-second interval, including transfer time, transferred bytes, and measured bitrate. The results are summarized at the end of the test.

```

"host: h2"@"mininet-vm"
-----
Server listening on 5201
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 56970
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 56972
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 7]  0.00-1.00    sec  2.15 GBytes  18.5 Gbits/sec
[ 7]  1.00-2.00    sec  2.19 GBytes  18.8 Gbits/sec
[ 7]  2.00-3.00    sec  2.16 GBytes  18.6 Gbits/sec
[ 7]  3.00-4.00    sec  2.20 GBytes  18.9 Gbits/sec
[ 7]  4.00-5.00    sec  2.15 GBytes  18.5 Gbits/sec
[ 7]  5.00-6.00    sec  2.15 GBytes  18.4 Gbits/sec
[ 7]  6.00-7.00    sec  2.13 GBytes  18.3 Gbits/sec
[ 7]  7.00-8.00    sec  2.11 GBytes  18.1 Gbits/sec
[ 7]  8.00-9.00    sec  2.13 GBytes  18.3 Gbits/sec
[ 7]  9.00-10.00   sec  1.90 GBytes  16.3 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.00   sec  4.25 MBytes  9.96 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 7]  0.00-10.00   sec 21.3 GBytes  18.3 Gbits/sec
                                                               receiver
-----
Server listening on 5201
"host: 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 56972 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7]  0.00-1.00    sec  2.15 GBytes  18.5 Gbytes/sec  0   461 KBytes
[ 7]  1.00-2.00    sec  2.19 GBytes  18.9 Gbytes/sec  0   533 KBytes
[ 7]  2.00-3.00    sec  2.16 GBytes  18.6 Gbytes/sec  0   588 KBytes
[ 7]  3.00-4.00    sec  2.20 GBytes  18.9 Gbytes/sec  0   1.19 MBytes
[ 7]  4.00-5.00    sec  2.14 GBytes  18.4 Gbytes/sec  0   2.14 MBytes
[ 7]  5.00-6.00    sec  2.14 GBytes  18.4 Gbytes/sec  0   2.87 MBytes
[ 7]  6.00-7.00    sec  2.13 GBytes  18.3 Gbytes/sec  0   3.33 MBytes
[ 7]  7.00-8.00    sec  2.11 GBytes  18.1 Gbytes/sec  0   3.85 MBytes
[ 7]  8.00-9.00    sec  2.13 GBytes  18.3 Gbytes/sec  0   5.69 MBytes
[ 7]  9.00-10.00   sec  1.89 GBytes  16.3 Gbytes/sec  0   6.27 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate      Retr
[ 7]  0.00-10.00   sec 21.3 GBytes  18.3 Gbytes/sec  0
[ 7]  0.00-10.00   sec 21.3 GBytes  18.3 Gbytes/sec
                                                               sender
                                                               receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet#

```

Рисунок 3.4: 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 1.89 до 2.20 GB в секунду;
- пропускная способность (Bitrate): измеренная пропускная способность в каждом временном интервале – от 16.3 до 18.9 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. Равен 0;
- Cwnd: указывает размер окна перегрузки в каждом временном интервале (TCP использует эту переменную для ограничения объёма данных, которые TCP-клиент может отправить до получения подтверждения отправленных данных) – от 461 КБ до 6.27 МВ.

Проведем аналогичный эксперимент в интерфейсе mininet. Сравним результаты. Увидим, что во втором случае было передано на 1,1 GB меньше; пропускная способность увеличилась на 4,1; потери пакетов все также нет.

После убьем процесс на сервере (рис. Рисунок 3.5).

```

xcontroller:~$ ./mininet-0.9.1.6035:~# ./iperf -t 10
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 56976 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate    Retr  Cwnd
[ 5]  0.00-1.00   sec  2.09 GBytes  18.0 Gbits/sec  0   489 KBytes
[ 5]  1.00-2.00   sec  2.15 GBytes  18.5 Gbits/sec  0   540 KBytes
[ 5]  2.00-3.00   sec  2.08 GBytes  17.9 Gbits/sec  0   625 KBytes
[ 5]  3.00-4.00   sec  2.14 GBytes  18.4 Gbits/sec  0   723 KBytes
[ 5]  4.00-5.00   sec  2.14 GBytes  18.4 Gbits/sec  0   1.33 MBytes
[ 5]  5.00-6.00   sec  2.10 GBytes  18.0 Gbits/sec  0   1.62 MBytes
[ 5]  6.00-7.00   sec  2.15 GBytes  18.4 Gbits/sec  0   1.62 MBytes
[ 5]  7.00-8.00   sec  2.15 GBytes  18.4 Gbits/sec  0   1.87 MBytes
[ 5]  8.00-9.00   sec  1.96 GBytes  16.9 Gbits/sec  0   2.51 MBytes
[ 5]  9.00-10.00  sec  1.27 GBytes  10.9 Gbits/sec  0   4.09 MBytes
- - - - -
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate    Retr
[ 5]  0.00-10.00  sec  20.2 GBytes  17.4 Gbits/sec  0           sender
[ 5]  0.00-10.00  sec  20.2 GBytes  17.4 Gbits/sec  0           receiver
iperf Done.
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 56974
[ 5] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 56976
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 5]  0.00-1.00   sec  2.09 GBytes  17.9 Gbits/sec
[ 5]  1.00-2.00   sec  2.15 GBytes  18.5 Gbits/sec
[ 5]  2.00-3.00   sec  2.08 GBytes  17.9 Gbits/sec
[ 5]  3.00-4.00   sec  2.14 GBytes  18.4 Gbits/sec
[ 5]  4.00-5.00   sec  2.14 GBytes  18.4 Gbits/sec
[ 5]  5.00-6.00   sec  2.09 GBytes  18.0 Gbits/sec
[ 5]  6.00-7.00   sec  2.15 GBytes  18.4 Gbits/sec
[ 5]  7.00-8.00   sec  2.15 GBytes  18.5 Gbits/sec
[ 5]  8.00-9.00   sec  1.97 GBytes  16.9 Gbits/sec
[ 5]  9.00-10.00  sec  1.27 GBytes  10.9 Gbits/sec
[ 5] 10.00-10.00  sec  3.13 MBytes  5.39 Gbits/sec
- - - - -
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 5]  0.00-10.00  sec  20.2 GBytes  17.4 Gbits/sec           receiver
-----
Server listening on 5201
-----
iperf3: interrupt - the server has terminated
mininet> 

```

Рисунок 3.5: Эксперимент в интерфейсе mininet

Для указания iPerf3 периода времени для передачи можно использовать ключ **-t** (или **-time**) – время в секундах для передачи (по умолчанию 10 секунд) (рис. Рисунок 3.6).

```

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 56978
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 56980
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 7]  0.00-1.00   sec  2.16 GBytes  18.5 Gbits/sec
[ 7]  1.00-2.00   sec  2.17 GBytes  18.6 Gbits/sec
[ 7]  2.00-3.00   sec  2.17 GBytes  18.7 Gbits/sec
[ 7]  3.00-4.00   sec  2.09 GBytes  17.9 Gbits/sec
[ 7]  4.00-5.00   sec  2.16 GBytes  18.6 Gbits/sec
[ 7]  5.00-5.00   sec  1.31 MBytes  2.73 Gbits/sec
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 7]  0.00-5.00   sec  10.8 GBytes  18.5 Gbits/sec
                                         receiver
-----
Server listening on 5201
-----  

"host: h1"@mininet-vm
[ 7]  9.00-10.00  sec  1.89 GBytes  16.3 Gbits/sec  0  6.27 MBytes
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate     Retr
[ 7]  0.00-10.00  sec  21.3 GBytes  18.3 Gbits/sec  0
                                         sender
[ 7]  0.00-10.00  sec  21.3 GBytes  18.3 Gbits/sec
                                         receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet# ^C
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 56980 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate     Retr Cwnd
[ 7]  0.00-1.00   sec  2.16 GBytes  18.5 Gbits/sec  0  354 KBytes
[ 7]  1.00-2.00   sec  2.17 GBytes  18.6 Gbits/sec  0  451 KBytes
[ 7]  2.00-3.00   sec  2.17 GBytes  18.7 Gbits/sec  0  451 KBytes
[ 7]  3.00-4.00   sec  2.09 GBytes  17.9 Gbits/sec  0  523 KBytes
[ 7]  4.00-5.00   sec  2.16 GBytes  18.6 Gbits/sec  0  735 KBytes
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate     Retr
[ 7]  0.00-5.00   sec  10.8 GBytes  18.5 Gbits/sec  0
                                         sender
[ 7]  0.00-5.00   sec  10.8 GBytes  18.5 Gbits/sec
                                         receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet# █

```

Рисунок 3.6: 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. Рисунок 3.7).

```

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 56982
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 56984
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 7]  0.00-2.00   sec  4.34 GBytes  18.6 Gbits/sec
[ 7]  2.00-4.00   sec  4.06 GBytes  17.4 Gbits/sec
[ 7]  4.00-6.00   sec  3.83 GBytes  16.4 Gbits/sec
[ 7]  6.00-8.00   sec  3.87 GBytes  16.6 Gbits/sec
[ 7]  8.00-10.00  sec  4.27 GBytes  18.3 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.01  sec   768 KBytes  1.05 Gbits/sec
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 7]  0.00-10.01  sec  20.4 GBytes  17.5 Gbits/sec
                                         receiver
-----
Server listening on 5201
----- "host: h1" @mininet-vn
[ 7]  4.00-5.00   sec  2.16 GBytes  18.6 Gbits/sec    0   735 KBytes
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate     Retr
[ 7]  0.00-5.00   sec  10.8 GBytes  18.5 Gbits/sec    0
                                         sender
                                         receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet# ^C
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 56984 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate     Retr  Cwnd
[ 7]  0.00-2.00   sec  4.34 GBytes  18.6 Gbits/sec    0   433 KBytes
[ 7]  2.00-4.00   sec  4.06 GBytes  17.4 Gbits/sec    0   433 KBytes
[ 7]  4.00-6.00   sec  3.83 GBytes  16.5 Gbits/sec    0   1.30 MBytes
[ 7]  6.00-8.00   sec  3.87 GBytes  16.6 Gbits/sec    0   2.70 MBytes
[ 7]  8.00-10.00  sec  4.27 GBytes  18.3 Gbits/sec    0   5.09 MBytes
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate     Retr
[ 7]  0.00-10.00  sec  20.4 GBytes  17.5 Gbits/sec    0
                                         sender
                                         receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet#

```

Рисунок 3.7: 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. Рисунок 3.8).

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.

```

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 56986
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 56988
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 7]  0.00-1.00   sec  2.12 GBytes  18.2 Gbits/sec
[ 7]  1.00-2.00   sec  2.15 GBytes  18.5 Gbits/sec
[ 7]  2.00-3.00   sec  2.14 GBytes  18.4 Gbits/sec
[ 7]  3.00-4.00   sec  2.15 GBytes  18.5 Gbits/sec
[ 7]  4.00-5.00   sec  2.16 GBytes  18.5 Gbits/sec
[ 7]  5.00-6.00   sec  2.11 GBytes  18.1 Gbits/sec
[ 7]  6.00-7.00   sec  2.14 GBytes  18.4 Gbits/sec
[ 7]  7.00-7.51   sec  1.04 GBytes  17.5 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 7]  0.00-7.51   sec  16.0 GBytes  18.3 Gbits/sec
                                         receiver
-----
Server listening on 5201
-----  

"host: h1"@mininet-vm - □ ×
[ 7]  0.00-10.00   sec  20.4 GBytes  17.5 Gbits/sec    0      sender
[ 7]  0.00-10.01   sec  20.4 GBytes  17.5 Gbits/sec
                                         receiver  

iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet# ^C
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 56988 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate     Retr Cwnd
[ 7]  0.00-1.00   sec  2.12 GBytes  18.2 Gbits/sec    0    723 KBytes
[ 7]  1.00-2.00   sec  2.15 GBytes  18.5 Gbits/sec    0    723 KBytes
[ 7]  2.00-3.00   sec  2.14 GBytes  18.4 Gbits/sec    0    798 KBytes
[ 7]  3.00-4.00   sec  2.15 GBytes  18.4 Gbits/sec    0    798 KBytes
[ 7]  4.00-5.00   sec  2.16 GBytes  18.5 Gbits/sec    0    969 KBytes
[ 7]  5.00-6.00   sec  2.11 GBytes  18.1 Gbits/sec    0    1.40 MBytes
[ 7]  6.00-7.00   sec  2.14 GBytes  18.4 Gbits/sec    0    1.40 MBytes
[ 7]  7.00-7.50   sec  1.03 GBytes  17.6 Gbits/sec    0    1.62 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate     Retr
[ 7]  0.00-7.50   sec  16.0 GBytes  18.3 Gbits/sec    0      sender
[ 7]  0.00-7.51   sec  16.0 GBytes  18.3 Gbits/sec
                                         receiver  

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

```

Рисунок 3.8: Задание в teste определённого объёма данных

Изменим в teste 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. Рисунок 3.9).

```

X "host h2"@mininet-vm
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 56990
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 43393
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate   Jitter    Lost/Total Datagrams
[ 7]  0.00-1.00   sec   129 KBytes  1.05 Mbits/sec  0.039 ms  0/91 (0%)
[ 7]  1.00-2.00   sec   127 KBytes  1.04 Mbits/sec  0.025 ms  0/90 (0%)
[ 7]  2.00-3.00   sec   129 KBytes  1.05 Mbits/sec  0.041 ms  0/91 (0%)
[ 7]  3.00-4.00   sec   127 KBytes  1.04 Mbits/sec  0.034 ms  0/90 (0%)
[ 7]  4.00-5.00   sec   129 KBytes  1.05 Mbits/sec  0.039 ms  0/91 (0%)
[ 7]  5.00-6.00   sec   127 KBytes  1.04 Mbits/sec  0.091 ms  0/90 (0%)
[ 7]  6.00-7.00   sec   129 KBytes  1.05 Mbits/sec  0.065 ms  0/91 (0%)
[ 7]  7.00-8.00   sec   127 KBytes  1.04 Mbits/sec  0.063 ms  0/90 (0%)
[ 7]  8.00-9.00   sec   129 KBytes  1.05 Mbits/sec  0.024 ms  0/91 (0%)
[ 7]  9.00-10.00  sec   129 KBytes  1.05 Mbits/sec  0.078 ms  0/91 (0%)
-----[ ID] Interval           Transfer     Bitrate   Jitter    Lost/Total Datagrams
[ 7]  0.00-10.00  sec   1.25 MBytes  1.05 Mbits/sec  0.078 ms  0/906 (0%)  receiver
-----
Server listening on 5201
X "host 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 43393 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   129 KBytes  1.05 Mbits/sec  91
[ 7]  2.00-3.00   sec   127 KBytes  1.04 Mbits/sec  90
[ 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  1.05 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 Datagrams
[ 7]  0.00-10.00  sec   1.25 MBytes  1.05 Mbits/sec  0.000 ms  0/906 (0%)  sender
[ 7]  0.00-10.00  sec   1.25 MBytes  1.05 Mbits/sec  0.078 ms  0/906 (0%)  receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet# ■

```

Рисунок 3.9: Изменение протокола передачи данных

В teste измерения пропускной способности iPerf3 изменим номер порта для отправки/получения пакетов или датаграмм через указанный порт (рис. Рисунок 3.10).

```

root@host-h2:~# host h2"@"mininet-vm
-----
Server listening on 3250
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 48726
[ 7] local 10.0.0.2 port 3250 connected to 10.0.0.1 port 48728
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 7] 0.00-1.00    sec  2.10 GBytes  18.0 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00    sec  2.11 GBytes  18.1 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00    sec  2.15 GBytes  18.5 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00    sec  2.10 GBytes  18.0 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00    sec  2.12 GBytes  18.2 Gbits/sec
[ 7] 5.00-6.00    sec  2.01 GBytes  17.3 Gbits/sec
[ 7] 6.00-7.00    sec  2.03 GBytes  17.4 Gbits/sec
[ 7] 7.00-8.00    sec  1.37 GBytes  11.7 Gbits/sec
[ 7] 8.00-9.00    sec  1.69 GBytes  14.5 Gbits/sec
[ 7] 9.00-10.00   sec  2.02 GBytes  17.3 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.01   sec  21.9 MBytes 13.8 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 7] 0.00-10.01   sec  19.7 GBytes  16.9 Gbits/sec
----- receiver
-----
Server listening on 3250
-----
root@host-h1:~# host h1"@"mininet-vm
-----
iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet# ^C
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 48728 connected to 10.0.0.2 port 3250
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-1.00    sec  2.12 GBytes  18.2 Gbits/sec  0  262 KBytes
[ 7] 1.00-2.00    sec  2.11 GBytes  18.1 Gbits/sec  0  660 KBytes
[ 7] 2.00-3.00    sec  2.15 GBytes  18.5 Gbits/sec  0  660 KBytes
[ 7] 3.00-4.00    sec  2.10 GBytes  18.0 Gbits/sec  0  976 KBytes
[ 7] 4.00-5.00    sec  2.13 GBytes  18.3 Gbits/sec  0  976 KBytes
[ 7] 5.00-6.00    sec  2.01 GBytes  17.3 Gbits/sec  0  976 KBytes
[ 7] 6.00-7.00    sec  2.03 GBytes  17.4 Gbits/sec  0  976 KBytes
[ 7] 7.00-8.00    sec  1.35 GBytes  11.6 Gbits/sec  0  1.10 MBytes
[ 7] 8.00-9.00    sec  1.70 GBytes  14.6 Gbits/sec  0  1.10 MBytes
[ 7] 9.00-10.00   sec  2.02 GBytes  17.3 Gbits/sec  0  1.48 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate      Retr
[ 7] 0.00-10.00   sec  19.7 GBytes  16.9 Gbits/sec  0
[ 7] 0.00-10.01   sec  19.7 GBytes  16.9 Gbits/sec
----- sender
----- receiver
-----
iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet# █

```

Рисунок 3.10: Изменение номера порта для отправки/получения пакетов

По умолчанию после запуска сервер iPerf3 постоянно прослушивает входящие соединения. В teste 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. Рисунок 3.11).

После завершения этого теста сервер iPerf3 немедленно останавливается.

```

root@mininet-vm:/home/mininet# ^C
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 56996
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 56998
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 7]  0.00-1.00   sec  2.11 GBytes  18.1 Gbits/sec
[ 7]  1.00-2.00   sec  2.15 GBytes  18.5 Gbits/sec
[ 7]  2.00-3.00   sec  2.12 GBytes  18.2 Gbits/sec
[ 7]  3.00-4.00   sec  2.13 GBytes  18.3 Gbits/sec
[ 7]  4.00-5.00   sec  2.16 GBytes  18.5 Gbits/sec
[ 7]  5.00-6.00   sec  2.19 GBytes  18.8 Gbits/sec
[ 7]  6.00-7.00   sec  2.16 GBytes  18.6 Gbits/sec
[ 7]  7.00-8.00   sec  2.17 GBytes  18.7 Gbits/sec
[ 7]  8.00-9.00   sec  2.15 GBytes  18.5 Gbits/sec
[ 7]  9.00-10.00  sec  2.16 GBytes  18.6 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.00  sec   897 KBytes  1.89 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 7]  0.00-10.00  sec  21.5 GBytes  18.5 Gbits/sec
root@mininet-vm:/home/mininet# █ receiver

iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet# ^C
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 56998 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate      Retr Cwnd
[ 7]  0.00-1.00   sec  2.11 GBytes  18.1 Gbits/sec    0  403 KBytes
[ 7]  1.00-2.00   sec  2.15 GBytes  18.5 Gbits/sec    0  403 KBytes
[ 7]  2.00-3.00   sec  2.12 GBytes  18.2 Gbits/sec    0  798 KBytes
[ 7]  3.00-4.00   sec  2.13 GBytes  18.3 Gbits/sec    0  1.21 MBytes
[ 7]  4.00-5.00   sec  2.16 GBytes  18.5 Gbits/sec    0  1.40 MBytes
[ 7]  5.00-6.00   sec  2.19 GBytes  18.8 Gbits/sec    0  1.40 MBytes
[ 7]  6.00-7.00   sec  2.16 GBytes  18.6 Gbits/sec    0  1.87 MBytes
[ 7]  7.00-8.00   sec  2.17 GBytes  18.7 Gbits/sec    0  2.17 MBytes
[ 7]  8.00-9.00   sec  2.15 GBytes  18.5 Gbits/sec    0  3.90 MBytes
[ 7]  9.00-10.00  sec  2.16 GBytes  18.6 Gbits/sec    0  5.22 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate      Retr
[ 7]  0.00-10.00  sec  21.5 GBytes  18.5 Gbits/sec    0
[ 7]  0.00-10.00  sec  21.5 GBytes  18.5 Gbits/sec
root@mininet-vm:/home/mininet# █ sender
root@mininet-vm:/home/mininet# █ receiver

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

```

Рисунок 3.11: Параметр обработки данных только от одного клиента с остановкой сервера по завершении теста

Экспортируем результаты теста измерения пропускной способности iPerf3 в файл JSON (рис. Рисунок 3.12) и (рис. Рисунок 3.13).

```

x "host: h2"@mininet-vm
-----
Server listening on 5201
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 57000
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 57002
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate
[ 7]  0.00-1.00   sec  2.14 GBytes  18.4 Gbits/sec
[ 7]  1.00-2.00   sec  2.14 GBytes  18.4 Gbits/sec
[ 7]  2.00-3.00   sec  2.16 GBytes  18.5 Gbits/sec
[ 7]  3.00-4.00   sec  2.12 GBytes  18.2 Gbits/sec
[ 7]  4.00-5.00   sec  2.14 GBytes  18.4 Gbits/sec
[ 7]  5.00-6.00   sec  2.09 GBytes  18.0 Gbits/sec
[ 7]  6.00-7.00   sec  2.20 GBytes  18.9 Gbits/sec
[ 7]  7.00-8.00   sec  2.19 GBytes  18.8 Gbits/sec
[ 7]  8.00-9.00   sec  2.16 GBytes  18.5 Gbits/sec
[ 7]  9.00-10.00  sec  2.13 GBytes  18.3 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.01  sec  10.5 MBytes  10.5 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate
[ 7]  0.00-10.01  sec  21.5 GBytes  18.4 Gbits/sec
                                         receiver
-----
Server listening on 5201
-----
x "host: h1"@mininet-vm
-----
{
    "retransmits": 0,
    "sender": true
},
"sum_received": {
    "start": 0,
    "end": 10.008376,
    "seconds": 10.008376,
    "bytes": 23063203336,
    "bits_per_second": 18435121411.106056,
    "sender": true
},
"cpu_utilization_percent": {
    "host_total": 60.414236515443129,
    "host_user": 0.94874967035121338,
    "host_system": 59.465486845091917,
    "remote_total": 14.351635565620397,
    "remote_user": 1.7892679702193173,
    "remote_system": 12.562360202755144
},
"sender_tcp_congestion": "cubic",
"receiver_tcp_congestion": "cubic"
}
root@mininet-vm:/home/mininet# █

```

Рисунок 3.12: iPerf3 в JSON

```

host:h2@mininet-vm
-----
Server listening on 5201
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 57004
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 57006
[ ID] Interval Transfer Bitrate
[ 7] 0.00-1.00 sec 2.12 GBytes 18.2 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00 sec 2.11 GBytes 18.1 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00 sec 2.12 GBytes 18.2 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00 sec 2.17 GBytes 18.6 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00 sec 2.18 GBytes 18.8 Gbits/sec
[ 7] 5.00-6.00 sec 2.14 GBytes 18.4 Gbits/sec
[ 7] 6.00-7.00 sec 2.15 GBytes 18.5 Gbits/sec
[ 7] 7.00-8.00 sec 2.16 GBytes 18.6 Gbits/sec
[ 7] 8.00-9.00 sec 2.15 GBytes 18.5 Gbits/sec
[ 7] 9.00-10.00 sec 2.10 GBytes 18.0 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.00 sec 1.19 MBytes 2.11 Gbits/sec
[-----]
[ ID] Interval Transfer Bitrate
[ 7] 0.00-10.00 sec 21.4 GBytes 18.4 Gbits/sec
----- receiver
-----
Server listening on 5201
-----
host:h1@mininet-vm
-----
},
"sum_received": {
    "start": 0,
    "end": 10.008376,
    "seconds": 10.008376,
    "bytes": 2306320336,
    "bits_per_second": 18435121411.106056,
    "sender": true
},
"cpu_utilization_percent": {
    "host_total": 60.414236515443129,
    "host_user": 0.94874967035121338,
    "host_system": 59.465486845091917,
    "remote_total": 14.351635565620397,
    "remote_user": 1.7892679702193173,
    "remote_system": 12.562360202755144
},
"sender_tcp_congestion": "cubic",
"receiver_tcp_congestion": "cubic"
}
}
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2 -J > /home/mininet/work/lab_iperf3/iperf_results.json
root@mininet-vm:/home/mininet#

```

Рисунок 3.13: Экспорт результатов теста измерения пропускной способности iPerf3 в файл JSON

Убедимся, что файл iperf_results.json создан в указанном каталоге. Для этого в терминале ВМ введем следующие команды (рис. Рисунок 3.14).

```

mkdir -p ~/work/lab_iperf3
mininet@mininet-vm:~$ cd ~/work/lab_iperf3
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ ls -l
total 8
-rw-r--r-- 1 root root 7796 Sep 24 08:08 iperf_results.json
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ cat iperf_results.json

```

Рисунок 3.14: Проверка создания файла iperf_results.json

Конец эмуляции (рис. Рисунок 3.15).

```

iperf3: interrupt - the server has terminated
mininet> exit
*** Stopping 1 controllers
c0
*** Stopping 8 terms
*** Stopping 2 links
..
*** Stopping 1 switches
s1
*** Stopping 2 hosts
h1 h2
*** Done
completed in 945.346 seconds
mininet@mininet-vm:~$ cd ~/work/lab_iperf3
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ ls -l
total 8
-rw-r--r-- 1 root root 7796 Sep 24 08:08 iperf_results.json
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ █

```

Рисунок 3.15: Конец эмуляции

В виртуальной машине mininet исправим права запуска X-соединения. Скопируем значение куки (MIT magic cookie) своего пользователя mininet в файл для пользователя root. 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. Рисунок 3.16).

```

'mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ sudo chown -R mininet:mininet ~/work
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ ls -l
total 8
-rw-r--r-- 1 mininet mininet 7796 Sep 24 08:08 iperf_results.json
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ plot_iperf.sh iperf_results.json
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ ls -l
total 16
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 958 Sep 24 08:13 iperf.csv
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 7796 Sep 24 08:08 iperf_results.json
drwxrwxr-x 2 mininet mininet 4096 Sep 24 08:13 results
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ cd results
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3/results$ ls -l
total 88
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 496 Sep 24 08:13 1.dat
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9723 Sep 24 08:13 bytes.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9574 Sep 24 08:13 cwnd.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9036 Sep 24 08:13 MTU.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 8978 Sep 24 08:13 retransmits.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 8999 Sep 24 08:13 RTT.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9155 Sep 24 08:13 RTT_Var.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9620 Sep 24 08:13 throughput.pdf
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3/results$ █

```

Рисунок 3.16: Визуализация результатов эксперимента

4 Выводы

В результате выполнения 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.