

Моделирование сетей передачи данных

Лабораторная работа № 2. Измерение и тестирование пропускной способности сети. Интерактивный эксперимент

Демидова Екатерина Алексеевна

Содержание

1	Введение	4
2	Теоретическое введение	5
3	Выполнение лабораторной работы	6
3.1	Установка необходимого программного обеспечения	6
3.2	Интерактивные эксперименты	7
4	Выводы	20
	Список литературы	21

Список иллюстраций

3.1	Установка ПО	6
3.2	Развертывание iperf_plotter	7
3.3	Запуск простейшей топологии	7
3.4	Настройки сети	8
3.5	Тестирование соединения	9
3.6	Тестирование соединения в интерфейсе mininet	10
3.7	Указание периода времени передачи	11
3.8	Настройка двухсекундного времени отсета	12
3.9	Установки количества байт для передачи	13
3.10	Изменение протокола передачи	14
3.11	Изменение номера порта для отправки/получения пакетов или датаграмм	15
3.12	Параметр обработки данных только от одного клиента с остановкой сервера по завершении теста	16
3.13	Экспорт результатов в файл JSON	17
3.14	Просмотр файла iperf_results.json	18
3.15	Визуализация результатов эксперимента	19

1 Введение

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.

Задачи

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.

2 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(`ipconfig`, `ping`) и даже получать доступ к терминалу. На коммутаторы можно добавлять различные правила и маршрутизировать трафик.

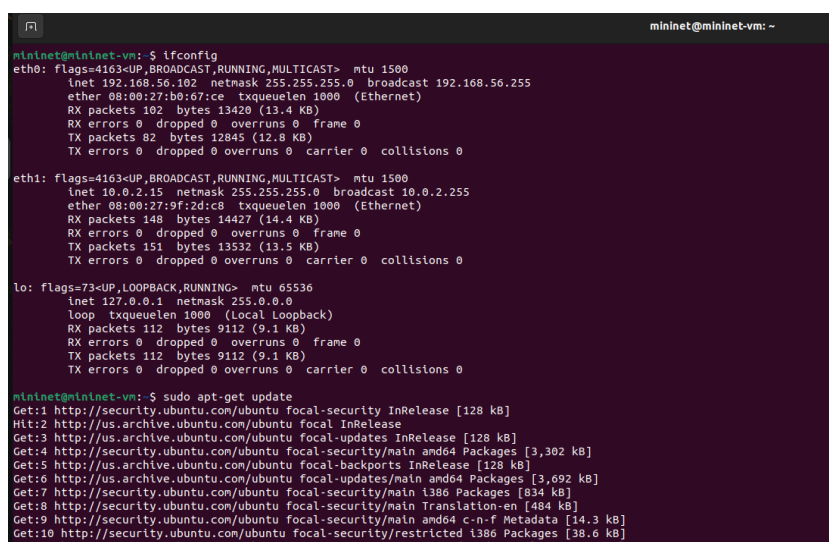
iPerf3[2]представляет собой кроссплатформенное клиент-серверное приложение с открытым исходным кодом, которое можно использовать для измерения пропускной способности между двумя конечными устройствами. iPerf3 может работать с транспортными протоколами TCP, UDP и SCTP:

- 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).

3 Выполнение лабораторной работы

3.1 Установка необходимого программного обеспечения

Проверим есть ли сетевой адрес у виртуальной машины, а затем обновим репозиторий ПО и установим `iperf3` и другое необходимое дополнительное ПО(рис. 3.1)



```
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:b0:67:ce txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 102 bytes 13420 (13.4 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 82 bytes 12845 (12.8 KB)
    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 08:00:27:9f:2d:c0 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 160 bytes 14427 (14.4 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 151 bytes 13532 (13.5 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 112 bytes 9112 (9.1 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 112 bytes 9112 (9.1 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

mininet@mininet-vm: ~$ sudo apt-get update
Get:1 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security InRelease [128 kB]
Hit:2 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal InRelease
Get:3 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates InRelease [128 kB]
Get:4 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main amd64 Packages [3,302 kB]
Get:5 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports InRelease [128 kB]
Get:6 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 Packages [3,692 kB]
Get:7 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main i386 Packages [834 kB]
Get:8 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main Translation-en [484 kB]
Get:9 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main amd64 c-n-f Metadata [14.3 kB]
Get:10 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/restricted i386 Packages [38.6 kB]
Get:11 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/restricted amd64 Packages [3,347 kB]
```

Рис. 3.1: Установка ПО

Развернем `iperf3_plotter`. Для этого перейдем во временный каталог и скачаем репозиторий, а затем скачаем ПО(рис. 3.2).


```
mininet@mininet-vm: /tmp/iperf3_plotter
root@mininet-vm:~# logout
mininet@mininet-vm:/tmp/iperf3_plott
mininet@mininet-vm:/tmp/iperf3_plott
mininet@mininet-vm:/tmp/iperf3_plott
mininet@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter$ 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
*** Unknown command: tnet
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=4287>
<Host h2: h2-eth0:10.0.0.2 pid=4289>
<OVSSwitch s1: lo:127.0.0.1,s1-eth1:None,s1-eth2:None pid=4294>
<Controller c0: 127.0.0.1:6653 pid=4280>
mininet> 
```

Рис. 3.4: Настройки сети

Запустим тестовое соединение между хостами(рис. 3.5)


```

"host: h2" (на mininet-vm)
warning: this system does not seem to support IPv6 - trying IPv4
Server listening on 5201
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 35642
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 35644
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-1.00    sec  2.24 GBytes 19.2 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00    sec  2.15 GBytes 18.5 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00    sec  2.03 GBytes 17.5 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00    sec  1.98 GBytes 17.1 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00    sec  2.16 GBytes 18.5 Gbits/sec
[ 7] 5.00-6.00    sec  2.18 GBytes 18.7 Gbits/sec
[ 7] 6.00-7.00    sec  2.39 GBytes 20.5 Gbits/sec
[ 7] 7.00-8.00    sec  2.18 GBytes 18.7 Gbits/sec
[ 7] 8.00-9.00    sec  2.13 GBytes 18.3 Gbits/sec
[ 7] 9.00-10.01   sec  2.06 GBytes 17.5 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-10.01   sec  21.5 GBytes 18.5 Gbits/sec
-----
Server listening on 5201
[

"host: h1" (на mininet-vm)
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter# iperf3 -c 10.0.0.2
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 35644 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-1.00    sec  2.24 GBytes 19.2 Gbits/sec  2   8.09 MBytes
[ 7] 1.00-2.00    sec  2.15 GBytes 18.5 Gbits/sec  0   8.09 MBytes
[ 7] 2.00-3.00    sec  2.04 GBytes 17.5 Gbits/sec  0   8.09 MBytes
[ 7] 3.00-4.00    sec  1.98 GBytes 17.0 Gbits/sec  0   8.09 MBytes
[ 7] 4.00-5.00    sec  2.16 GBytes 18.5 Gbits/sec  0   8.09 MBytes
[ 7] 5.00-6.00    sec  2.19 GBytes 18.8 Gbits/sec  1   8.09 MBytes
[ 7] 6.00-7.00    sec  2.39 GBytes 20.5 Gbits/sec  3   8.09 MBytes
[ 7] 7.00-8.00    sec  2.18 GBytes 18.8 Gbits/sec  2   8.09 MBytes
[ 7] 8.00-9.00    sec  2.13 GBytes 18.3 Gbits/sec  1   8.09 MBytes
[ 7] 9.00-10.00   sec  2.06 GBytes 17.7 Gbits/sec  1   8.09 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate      Retr
[ 7] 0.00-10.00   sec  21.5 GBytes 18.5 Gbits/sec  10
[ 7] 0.00-10.01   sec  21.5 GBytes 18.5 Gbits/sec
-----
iperf Done.
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter#

```

Рис. 3.5: Тестирование соединения

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 перегруз-

ки 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.

В концк указан общий вес переданных сообщений и средняя скорость для получателя и отправителя равные 21.5 GB и 18.5 Gbit/sec соответственно, а для отправителя дополнительно указано общее количество повторно отправленных TCP-сегментов равное 10

Проведем аналогичный эксперимент в интерфейсе mininet(рис. 3.6).

```
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 35648 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr  Cwnd
[ 5] 0.00-1.00    sec  2.18 GBytes 18.7 Gbits/sec  1  8.26 MBytes
[ 5] 1.00-2.00    sec  2.07 GBytes 17.7 Gbits/sec  3  8.26 MBytes
[ 5] 2.00-3.00    sec  2.20 GBytes 19.0 Gbits/sec  3  8.26 MBytes
[ 5] 3.00-4.00    sec  2.23 GBytes 19.1 Gbits/sec  2  8.26 MBytes
[ 5] 4.00-5.00    sec  2.12 GBytes 18.2 Gbits/sec  3  8.26 MBytes
[ 5] 5.00-6.00    sec  2.09 GBytes 18.0 Gbits/sec  0  8.26 MBytes
[ 5] 6.00-7.01    sec  2.14 GBytes 18.3 Gbits/sec  2  8.26 MBytes
[ 5] 7.01-8.00    sec  2.08 GBytes 17.9 Gbits/sec  0  8.26 MBytes
[ 5] 8.00-9.00    sec  2.11 GBytes 18.2 Gbits/sec  0  8.26 MBytes
[ 5] 9.00-10.00   sec  2.11 GBytes 18.1 Gbits/sec  0  8.26 MBytes
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr
[ 5] 0.00-10.00   sec  21.3 GBytes 18.3 Gbits/sec  14
[ 5] 0.00-10.01   sec  21.3 GBytes 18.3 Gbits/sec
sender
receiver

iperf Done.
mininet> h2 killall iperf3
warning: this system does not seem to support IPv6 - trying IPv4
iperf3: error - unable to start listener for connections: Address already in use
iperf3: exiting
mininet>
```

Рис. 3.6: Тестирование соединения в интерфейсе mininet

Сравним результаты. Увидим, что на 0.2 GB меньше было передано, а пропускная способность меньше на 0.2 Gbit/sec, также было на 4 больше повторно отправленных TCP-сегментов.

Для указания iPerf3 периода времени для передачи можно использовать ключ -t (или -time)(рис. 3.7).

```

"host: h2" (на mininet-vm)
Server listening on 5201
-----
iperf3: interrupt - the server has terminated
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter# 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 35650
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 35652
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-1.00    sec 2.20 GBytes 18.9 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00    sec 2.16 GBytes 18.6 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00    sec 1.99 GBytes 17.1 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00    sec 2.13 GBytes 18.3 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00    sec 2.05 GBytes 17.6 Gbits/sec
[ 7] 5.00-5.00    sec 1.19 MBytes 6.28 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-5.00    sec 10.5 GBytes 18.1 Gbits/sec
-----
Server listening on 5201
-----

"host: h1" (на mininet-vm)
[ 7] 8.00-9.00    sec 2.13 GBytes 18.3 Gbits/sec 1 8.09 MBytes
[ 7] 9.00-10.00   sec 2.06 GBytes 17.7 Gbits/sec 1 8.09 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr
[ 7] 0.00-10.00   sec 21.5 GBytes 18.5 Gbits/sec 10
[ 7] 0.00-10.01   sec 21.5 GBytes 18.5 Gbits/sec
-----
iperf Done.
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter# iperf3 -c 10.0.0.2 -t 5
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 35652 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-1.00    sec 2.20 GBytes 18.9 Gbits/sec 0 8.04 MBytes
[ 7] 1.00-2.00    sec 2.16 GBytes 18.6 Gbits/sec 1 8.04 MBytes
[ 7] 2.00-3.00    sec 2.00 GBytes 17.1 Gbits/sec 3 8.04 MBytes
[ 7] 3.00-4.00    sec 2.13 GBytes 18.3 Gbits/sec 2 8.04 MBytes
[ 7] 4.00-5.00    sec 2.05 GBytes 17.6 Gbits/sec 1 8.04 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr
[ 7] 0.00-5.00    sec 10.5 GBytes 18.1 Gbits/sec 7
[ 7] 0.00-5.00    sec 10.5 GBytes 18.1 Gbits/sec
-----
iperf Done.
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter#

```

Рис. 3.7: 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. 3.8).

```

"host: h2" (на mininet-vm)
Server listening on 5201
-----
^Ciperf3: interrupt - the server has terminated
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter# 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 35654
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 35656
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-2.00 sec  4.42 GBytes 19.0 Gbits/sec
[ 7] 2.00-4.00 sec  4.38 GBytes 18.8 Gbits/sec
[ 7] 4.00-6.00 sec  4.04 GBytes 17.4 Gbits/sec
[ 7] 6.00-8.00 sec  4.02 GBytes 17.3 Gbits/sec
[ 7] 8.00-10.00 sec 4.17 GBytes 17.9 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.00 sec 960 KBytes 7.49 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-10.00 sec 21.0 GBytes 18.1 Gbits/sec
-----
Server listening on 5201
-----
[ 7] 3.00-4.00 sec 2.13 GBytes 18.3 Gbits/sec 2 8.04 MBytes
[ 7] 4.00-5.00 sec 2.05 GBytes 17.6 Gbits/sec 1 8.04 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr
[ 7] 0.00-5.00 sec 10.5 GBytes 18.1 Gbits/sec 7
[ 7] 0.00-5.00 sec 10.5 GBytes 18.1 Gbits/sec
-----
iperf Done.
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter# iperf3 -c 10.0.0.2 -i 2
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 35656 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-2.00 sec  4.42 GBytes 19.0 Gbits/sec 1 8.13 MBytes
[ 7] 2.00-4.00 sec  4.38 GBytes 18.8 Gbits/sec 3 8.13 MBytes
[ 7] 4.00-6.00 sec  4.05 GBytes 17.4 Gbits/sec 2 8.13 MBytes
[ 7] 6.00-8.00 sec  4.02 GBytes 17.3 Gbits/sec 5 8.13 MBytes
[ 7] 8.00-10.00 sec 4.16 GBytes 17.9 Gbits/sec 1 8.13 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr
[ 7] 0.00-10.00 sec 21.0 GBytes 18.1 Gbits/sec 12
[ 7] 0.00-10.00 sec 21.0 GBytes 18.1 Gbits/sec
-----
iperf Done.
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter#

```

Рис. 3.8: Настройка двухсекундного времени отсета

Можно увидеть, что действительно интервал увеличился в два раза, в результате чего в два раза увеличилось также вес переданный за один интервал времени и количество повторно высланных TCP-сегментов, 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. 3.9).

```

"host: h2" (на mininet-vm)
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter# 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 35658
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 35660
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-1.00    sec 2.17 GBytes 18.6 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00    sec 1.98 GBytes 16.9 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00    sec 2.20 GBytes 19.0 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00    sec 2.02 GBytes 17.3 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00    sec 2.25 GBytes 19.3 Gbits/sec
[ 7] 5.00-6.00    sec 2.24 GBytes 19.3 Gbits/sec
[ 7] 6.00-7.00    sec 2.26 GBytes 19.4 Gbits/sec
[ 7] 7.00-7.39    sec 910 MBytes 19.5 Gbits/sec
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-7.39    sec 16.0 GBytes 18.6 Gbits/sec
receiver
Server listening on 5201
^Ciperf3: interrupt - the server has terminated
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter#

"host: h1" (на mininet-vm)
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr
[ 7] 0.00-10.00    sec 21.0 GBytes 18.1 Gbits/sec 12
[ 7] 0.00-10.00    sec 21.0 GBytes 18.1 Gbits/sec
sender
receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter# iperf3 -c 10.0.0.2 -n 16G
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 35660 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-1.00    sec 2.17 GBytes 18.6 Gbits/sec 0 8.34 MBytes
[ 7] 1.00-2.00    sec 1.98 GBytes 17.0 Gbits/sec 0 8.34 MBytes
[ 7] 2.00-3.00    sec 2.20 GBytes 18.9 Gbits/sec 2 8.34 MBytes
[ 7] 3.00-4.01    sec 2.03 GBytes 17.4 Gbits/sec 2 8.34 MBytes
[ 7] 4.01-5.00    sec 2.25 GBytes 19.4 Gbits/sec 0 8.34 MBytes
[ 7] 5.00-6.00    sec 2.24 GBytes 19.2 Gbits/sec 1 8.34 MBytes
[ 7] 6.00-7.00    sec 2.25 GBytes 19.4 Gbits/sec 2 8.34 MBytes
[ 7] 7.00-7.39    sec 904 MBytes 19.4 Gbits/sec 0 8.34 MBytes
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr
[ 7] 0.00-7.39    sec 16.0 GBytes 18.6 Gbits/sec 7
sender
receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter#

```

Рис. 3.9: Установки количества байт для передачи

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. 3.10).

```

"host: h2" (на mininet-vm)
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 35662
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 36468
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate      Jitter      Lost/Total Datagrams
[ 7] 0.00-1.00 sec    129 KBytes    1.05 Mbits/sec  0.059 ms    0/91 (0%)
[ 7] 1.00-2.00 sec    127 KBytes    1.04 Mbits/sec  0.039 ms    0/90 (0%)
[ 7] 2.00-3.00 sec    129 KBytes    1.05 Mbits/sec  0.060 ms    0/91 (0%)
[ 7] 3.00-4.00 sec    127 KBytes    1.04 Mbits/sec  0.052 ms    0/90 (0%)
[ 7] 4.00-5.00 sec    129 KBytes    1.05 Mbits/sec  0.070 ms    0/91 (0%)
[ 7] 5.00-6.00 sec    127 KBytes    1.04 Mbits/sec  0.063 ms    0/90 (0%)
[ 7] 6.00-7.00 sec    129 KBytes    1.05 Mbits/sec  0.076 ms    0/91 (0%)
[ 7] 7.00-8.00 sec    127 KBytes    1.04 Mbits/sec  0.052 ms    0/90 (0%)
[ 7] 8.00-9.00 sec    129 KBytes    1.05 Mbits/sec  0.066 ms    0/91 (0%)
[ 7] 9.00-10.00 sec   127 KBytes    1.04 Mbits/sec  0.070 ms    0/90 (0%)
[ 7] 10.00-10.00 sec   1.41 KBytes    3.06 Mbits/sec  0.073 ms    0/1 (0%)
-----
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate      Jitter      Lost/Total Datagrams
[ 7] 0.00-10.00 sec   1.25 MBytes    1.05 Mbits/sec  0.073 ms    0/906 (0%) receiver
-----
Server listening on 5201
-----

"host: h1" (на mininet-vm)
-----
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter# iperf3 -c 10.0.0.2 -u
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 36468 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    127 KBytes    1.04 Mbits/sec  90
[ 7] 4.00-5.00 sec    129 KBytes    1.05 Mbits/sec  91
[ 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  0.073 ms    0/906 (0%) receiver
-----
iperf Done.
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter#

```

Рис. 3.10: Изменение протокола передачи

В тесте измерения пропускной способности iPerf3 изменим номер порта для отправки/получения пакетов или датаграмм через указанный порт. Используем для этого опцию -p:(рис. 3.11)

```

"host: h2" (на mininet-vm)
warning: this system does not seem to support IPv6 - trying IPv4
Server listening on 3250
Accepted connection from 10.0.0.1, port 42944
[ 7] local 10.0.0.2 port 3250 connected to 10.0.0.1 port 42946
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-1.00 sec  2.22 GBytes 19.1 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00 sec  2.27 GBytes 19.5 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00 sec  2.24 GBytes 19.3 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00 sec  2.25 GBytes 19.3 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00 sec  2.27 GBytes 19.5 Gbits/sec
[ 7] 5.00-6.00 sec  2.12 GBytes 18.2 Gbits/sec
[ 7] 6.00-7.00 sec  2.21 GBytes 19.0 Gbits/sec
[ 7] 7.00-8.00 sec  2.25 GBytes 19.3 Gbits/sec
[ 7] 8.00-9.00 sec  2.27 GBytes 19.5 Gbits/sec
[ 7] 9.00-10.00 sec 2.17 GBytes 18.6 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.00 sec 960 KBytes 4.91 Gbits/sec
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-10.00 sec 22.3 GBytes 19.1 Gbits/sec
Server listening on 3250
receiver

"host: h1" (на mininet-vm)
iver
iperf Done.
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter# iperf3 -c 10.0.0.2 -p 3250
Connecting to host 10.0.0.2, port 3250
[ 7] local 10.0.0.1 port 42946 connected to 10.0.0.2 port 3250
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-1.00 sec  2.22 GBytes 19.0 Gbits/sec    4   8.32 MBytes
[ 7] 1.00-2.00 sec  2.28 GBytes 19.6 Gbits/sec    2   8.32 MBytes
[ 7] 2.00-3.00 sec  2.24 GBytes 19.2 Gbits/sec    3   8.32 MBytes
[ 7] 3.00-4.00 sec  2.26 GBytes 19.3 Gbits/sec    3   8.32 MBytes
[ 7] 4.00-5.00 sec  2.26 GBytes 19.5 Gbits/sec    2   8.32 MBytes
[ 7] 5.00-6.00 sec  2.12 GBytes 18.2 Gbits/sec    0   8.32 MBytes
[ 7] 6.00-7.00 sec  2.21 GBytes 19.0 Gbits/sec    2   8.32 MBytes
[ 7] 7.00-8.00 sec  2.25 GBytes 19.3 Gbits/sec    1   8.32 MBytes
[ 7] 8.00-9.00 sec  2.28 GBytes 19.6 Gbits/sec    0   8.32 MBytes
[ 7] 9.00-10.00 sec 2.16 GBytes 18.5 Gbits/sec    1   8.32 MBytes
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr
[ 7] 0.00-10.00 sec 22.3 GBytes 19.1 Gbits/sec    18
[ 7] 0.00-10.00 sec 22.3 GBytes 19.1 Gbits/sec
sender
receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter#

```

Рис. 3.11: Изменение номера порта для отправки/получения пакетов или датаграмм

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. 3.12).


```

"host: h2" (на mininet-vm)
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate
[ 7]  0.00-10.00 sec 20.6 GBytes 17.7 Gbits/sec
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter# iperf3 -s -l
warning: this system does not seem to support IPv6 - trying IPv4
-----
Server listening on 5201
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 35672
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 35674
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate
[ 7]  0.00-1.00 sec 2.20 GBytes 18.9 Gbits/sec
[ 7]  1.00-2.00 sec 2.21 GBytes 19.0 Gbits/sec
[ 7]  2.00-3.00 sec 2.18 GBytes 18.8 Gbits/sec
[ 7]  3.00-4.00 sec 2.24 GBytes 19.3 Gbits/sec
[ 7]  4.00-5.00 sec 2.14 GBytes 18.4 Gbits/sec
[ 7]  5.00-6.00 sec 2.09 GBytes 17.9 Gbits/sec
[ 7]  6.00-7.00 sec 2.15 GBytes 18.5 Gbits/sec
[ 7]  7.00-8.00 sec 2.11 GBytes 18.1 Gbits/sec
[ 7]  8.00-9.00 sec 2.08 GBytes 17.8 Gbits/sec
[ 7]  9.00-10.00 sec 2.06 GBytes 17.7 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.00 sec 513 KBytes 4.40 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate
[ 7]  0.00-10.00 sec 21.5 GBytes 18.4 Gbits/sec
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter#

"host: h1" (на mininet-vm)
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter# 1
1: command not found
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter# #####, ##^C
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter# iperf3 -c 10.0.0.2
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 35674 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7]  0.00-1.00 sec 2.21 GBytes 18.9 Gbits/sec  2    8.21 MBytes
[ 7]  1.00-2.00 sec 2.20 GBytes 18.9 Gbits/sec  1    8.21 MBytes
[ 7]  2.00-3.00 sec 2.19 GBytes 18.8 Gbits/sec  1    8.21 MBytes
[ 7]  3.00-4.00 sec 2.25 GBytes 19.3 Gbits/sec  2    8.21 MBytes
[ 7]  4.00-5.00 sec 2.14 GBytes 18.4 Gbits/sec  2    8.21 MBytes
[ 7]  5.00-6.00 sec 2.09 GBytes 18.0 Gbits/sec  2    8.21 MBytes
[ 7]  6.00-7.00 sec 2.14 GBytes 18.4 Gbits/sec  2    8.21 MBytes
[ 7]  7.00-8.00 sec 2.11 GBytes 18.2 Gbits/sec  1    8.21 MBytes
[ 7]  8.00-9.00 sec 2.07 GBytes 17.8 Gbits/sec  0    8.21 MBytes
[ 7]  9.00-10.00 sec 2.06 GBytes 17.7 Gbits/sec  1    8.21 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate      Retr
[ 7]  0.00-10.00 sec 21.5 GBytes 18.4 Gbits/sec  14
[ 7]  0.00-10.00 sec 21.5 GBytes 18.4 Gbits/sec
-----
iperf Done.
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter#

```

Рис. 3.12: Параметр обработки данных только от одного клиента с остановкой сервера по завершении теста

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


```
"host: h2" (на mininet-vm)
[ 7] 0.00-10.00 sec 24.6 GBytes 21.1 Gbits/sec receiver
-----
Server listening on 5201
Accepted connection from 10.0.0.1, port 35680
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 35682
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-1.00 sec 2.62 GBytes 22.5 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00 sec 2.54 GBytes 21.8 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00 sec 2.21 GBytes 19.0 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00 sec 2.32 GBytes 19.9 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00 sec 2.18 GBytes 18.7 Gbits/sec
[ 7] 5.00-6.00 sec 2.18 GBytes 18.7 Gbits/sec
[ 7] 6.00-7.00 sec 2.40 GBytes 20.6 Gbits/sec
[ 7] 7.00-8.00 sec 2.38 GBytes 20.5 Gbits/sec
[ 7] 8.00-9.00 sec 2.48 GBytes 21.3 Gbits/sec
[ 7] 9.00-10.00 sec 2.36 GBytes 20.3 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.00 sec 7.50 MBytes 33.5 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-10.00 sec 23.7 GBytes 20.3 Gbits/sec receiver
-----
Server listening on 5201

"host: h1" (на mininet-vm)
},
  "sum_received": {
    "start": 0,
    "end": 10.000918,
    "seconds": 10.000918,
    "bytes": 26390776648,
    "bits_per_second": 21110683357.667767,
    "sender": true
  },
  "cpu_utilization_percent": {
    "host_total": 49.892356579594441,
    "host_user": 0.75662360863403888,
    "host_system": 49.135742937943768,
    "remote_total": 27.573175854408522,
    "remote_user": 1.7156260107487431,
    "remote_system": 25.857522142426664
  },
  "sender_tcp_congestion": "cubic",
  "receiver_tcp_congestion": "cubic"
}
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter# iperf3 -c 10.0.0.2 -J > /home/mininet/work/lab_iperf3/iperf_results.json
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter#
```

Рис. 3.13: Экспорт результатов в файл JSON

Убедимся, что файл `iperf_results.json` создан в указанном каталоге. Для этого в терминале хоста `h1` введем следующие команды(рис. 3.14).

```

root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter# iperf3 -c 10.0.0.2 -J > /home/mininet/work
/lab_iperf3/iperf_results.json
root@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter# cd /home/mininet/work/lab_iperf3
root@mininet-vm:/home/mininet/work/lab_iperf3# ls -l
total 8
-rw-r--r-- 1 root root 7792 Nov 17 02:28 iperf_results.json
root@mininet-vm:/home/mininet/work/lab_iperf3# cat iperf_results.json
{
  "start": {
    "connected": [{
      "socket": 7,
      "local_host": "10.0.0.1",
      "local_port": 35682,
      "remote_host": "10.0.0.2",
      "remote_port": 5201
    }],
    "version": "iperf 3.7",
    "system_info": "Linux mininet-vm 5.4.0-42-generic #46-Ubuntu SMP
P Fri Jul 10 00:24:02 UTC 2020 x86_64",
    "timestamp": {
      "time": "Sun, 17 Nov 2024 10:28:17 GMT",
      "timesecs": 1731839297
    },
    "connecting_to": {
      "host": "10.0.0.2",
      "port": 5201
    },
    "cookie": "j4ymccfor3armntjsjapdwetwppzkap7cmao",
    "tcp_mss_default": 1448,
    "sock_bufsize": 0,
    "sndbuf_actual": 87380,
    "rcvbuf_actual": 87380,
    "test_start": {
      "protocol": "TCP",
      "num_streams": 1,
      "blksize": 131072,
      "omit": 0,
      "duration": 10,
      "bytes": 0,
      "blocks": 0,
      "reverse": 0,
      "tos": 0
    }
  },
  "intervals": [{
    "streams": [{
      "socket": 7,
      "start": 0,
      "end": 1.000826,
      "seconds": 1.0008260011672974,
      "bytes": 2809927488,

```

Рис. 3.14: Просмотр файла iperf_results.json

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. 3.15).

```

*** Done
completed in 2446.176 seconds
mininet@mininet-vn:/tmp/iperf3_plotter$ cd ~/work/lab_iperf3
mininet@mininet-vn:~/work/lab_iperf3$ ls -l
total 8
-rw-r--r-- 1 root root 7792 Nov 17 02:28 iperf_results.json
mininet@mininet-vn:~/work/lab_iperf3$ sudo chown -R mininet:mininet ~/work
mininet@mininet-vn:~/work/lab_iperf3$ ls -l
total 8
-rw-r--r-- 1 mininet mininet 7792 Nov 17 02:28 iperf_results.json
mininet@mininet-vn:~/work/lab_iperf3$ plot_iperf.sh iperf3_results.json
Error: iperf3_results.json is not a file. Quitting...
mininet@mininet-vn:~/work/lab_iperf3$ ls -l
total 8
-rw-r--r-- 1 mininet mininet 7792 Nov 17 02:28 iperf_results.json
mininet@mininet-vn:~/work/lab_iperf3$ plot_iperf.sh iperf_results.json
mininet@mininet-vn:~/work/lab_iperf3$ ls -l
total 16
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 952 Nov 17 02:33 iperf.csv
-rw-r--r-- 1 mininet mininet 7792 Nov 17 02:28 iperf_results.json
drwxrwxr-x 2 mininet mininet 4096 Nov 17 02:33 results
mininet@mininet-vn:~/work/lab_iperf3$ cd results/
mininet@mininet-vn:~/work/lab_iperf3/results$ ls -l
total 88
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 483 Nov 17 02:33 1.dat
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9755 Nov 17 02:33 bytes.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9620 Nov 17 02:33 cwnd.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9036 Nov 17 02:33 MTU.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9095 Nov 17 02:33 retransmits.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9083 Nov 17 02:33 RTT.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9165 Nov 17 02:33 RTT_Var.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9493 Nov 17 02:33 throughput.pdf
mininet@mininet-vn:~/work/lab_iperf3/results$

```

Рис. 3.15: Визуализация результатов эксперимента

4 Выводы

В результате выполнения работы познакомились 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.

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/>.