

РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ

Факультет физико-математических и естественных наук

Кафедра прикладной информатики и теории вероятностей

ОТЧЕТ

ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 2

дисциплина: Моделирование сетей передачи данных

Студент: Абрамян А. А.

Группа: НПИбд-01-20

МОСКВА

2023 г.

Цель работы

Целью данной 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.

Описание процесса выполнения работы

Постановка задачи

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

Порядок выполнения работы

Установка необходимого программного обеспечения

Запустите виртуальную среду с mininet.

Из основной ОС подключитесь к виртуальной машине:

```
ssh -Y mininet@192.168.x.y
```

После подключения к виртуальной машине mininet посмотрите IP-адреса машины:

```
ifconfig
```

```
mininet@mininet-vm: ~  
* Support:      https://ubuntu.com/advantage  
  
Failed to connect to https://changelogs.ubuntu.com/meta-release-lts. Check your  
Internet connection or proxy settings  
  
Last login: Sat Nov 25 07:22:43 2023  
mininet@mininet-vm:~$ ifconfig  
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>  mtu 1500  
        inet 192.168.56.5  netmask 255.255.255.0  broadcast 192.168.56.255  
        ether 08:00:27:e1:c5:b9  txqueuelen 1000  (Ethernet)  
        RX packets 56  bytes 9622 (9.6 KB)  
        RX errors 0  dropped 0  overruns 0  frame 0  
        TX packets 30  bytes 6051 (6.0 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 208  bytes 15944 (15.9 KB)  
        RX errors 0  dropped 0  overruns 0  frame 0  
        TX packets 208  bytes 15944 (15.9 KB)  
        TX errors 0  dropped 0 overruns 0  carrier 0  collisions 0  
  
mininet@mininet-vm:~$
```

Для доступа к сети Интернет должен быть активен адрес NAT: 10.0.0.x. Если активен только внутренний адрес машины вида 192.168.x.y, то активируйте второй интерфейс, набрав в командной строке:

```
sudo dhclient eth1
```

```
ifconfig
```

```
mininet@mininet-vm: ~  
mininet@mininet-vm:~$ sudo dhclient eth1  
mininet@mininet-vm:~$ ifconfig  
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500  
    inet 192.168.56.5 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.56.255  
    ether 08:00:27:e1:c5:b9 txqueuelen 1000 (Ethernet)  
    RX packets 81 bytes 12546 (12.5 KB)  
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0  
    TX packets 61 bytes 10693 (10.6 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 08:00:27:1f:8f:ff txqueuelen 1000 (Ethernet)  
    RX packets 6 bytes 1603 (1.6 KB)  
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0  
    TX packets 7 bytes 1078 (1.0 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 444 bytes 34080 (34.0 KB)  
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0  
    TX packets 444 bytes 34080 (34.0 KB)
```

Обновите репозитории программного обеспечения на виртуальной машине:

`sudo apt-get update`

```
mininet@mininet-vm: ~  
Get:35 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/multiverse Translation-en [7,484 B]  
Get:36 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/multiverse amd64 c-n-f Metadata [620 B]  
Get:37 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/main amd64 Packages [45.7 kB]  
Get:38 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/main i386 Packages [36.1 kB]  
Get:39 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/main Translation-en [16.3 kB]  
Get:40 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/main amd64 c-n-f Metadata [1,420 B]  
Get:41 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/universe amd64 Packages [25.0 kB]  
Get:42 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/universe i386 Packages [13.8 kB]  
Get:43 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/universe Translation-en [16.3 kB]  
Get:44 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports/universe amd64 c-n-f Metadata [880 B]  
Fetched 18.2 MB in 9s (1,979 kB/s)  
Reading package lists... Done  
mininet@mininet-vm:~$
```

Установите iperf3:

```
sudo apt-get install iperf3
```

```
The following NEW packages will be installed:
  iperf3 libiperf0 libsctp1
0 upgraded, 3 newly installed, 0 to remove and 376 not upgraded.
Need to get 94.1 kB of archives.
After this operation, 331 kB of additional disk space will be used.
Do you want to continue? [Y/n] y
Get:1 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal/main amd64 libsctp1 amd64 1.0.18+dfsg-1 [7,876 B]
Get:2 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal/universe amd64 libiperf0 amd64 3.7-3 [72.0 kB]
Get:3 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal/universe amd64 iperf3 amd64 3.7-3 [14.2 kB]
Fetched 94.1 kB in 1s (148 kB/s)
Selecting previously unselected package libsctp1:amd64.
(Reading database ... 101729 files and directories currently installed.)
Preparing to unpack .../libsctp1_1.0.18+dfsg-1_amd64.deb ...
Unpacking libsctp1:amd64 (1.0.18+dfsg-1) ...
Selecting previously unselected package libiperf0:amd64.
Preparing to unpack .../libiperf0_3.7-3_amd64.deb ...
Unpacking libiperf0:amd64 (3.7-3) ...
Selecting previously unselected package iperf3.
Preparing to unpack .../iperf3_3.7-3_amd64.deb ...
Unpacking iperf3 (3.7-3) ...
Setting up libsctp1:amd64 (1.0.18+dfsg-1) ...
Setting up libiperf0:amd64 (3.7-3) ...
Setting up iperf3 (3.7-3) ...
Processing triggers for man-db (2.9.1-1) ...
Processing triggers for libc-bin (2.31-0ubuntu9) ...
mininet@mininet-vm:~$
```

Установите необходимое дополнительное программное обеспечение на виртуальную машину:

```
sudo apt-get install git jq gnuplot-nox evince
```

```
mininet@mininet-vm: ~  
Processing triggers for hicolor-icon-theme (0.17-2) ...  
Processing triggers for dictionaries-common (1.28.1) ...  
aspell-autobuildhash: processing: en [en-common].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en-variant_0].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en-variant_1].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en-variant_2].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en-w_accents-only].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en-wo_accents-only].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en_AU-variant_0].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en_AU-variant_1].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en_AU-w_accents-only].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en_AU-wo_accents-only].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en_CA-variant_0].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en_CA-variant_1].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en_CA-w_accents-only].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en_CA-wo_accents-only].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en_GB-ise-w_accents-only].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en_GB-ise-wo_accents-only].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en_GB-ize-w_accents-only].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en_GB-ize-wo_accents-only].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en_GB-variant_0].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en_GB-variant_1].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en_US-w_accents-only].  
aspell-autobuildhash: processing: en [en_US-wo_accents-only].  
Processing triggers for libglib2.0-0:amd64 (2.64.3-1~ubuntu20.04.1) ...  
Processing triggers for libc-bin (2.31-0ubuntu9) ...  
Processing triggers for man-db (2.9.1-1) ...  
Processing triggers for install-info (6.7.0.dfsg.2-5) ...  
mininet@mininet-vm:~$
```

Разверните iperf3_plotter. Для этого:

– перейдите во временный каталог и скачайте репозиторий:

```
cd /tmp
```

```
git clone https://github.com/ekfoury/iperf3\_plotter.git
```

```
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  
Unpacking objects: 100% (74/74), 100.09 KiB | 640.00 KiB/s, done.  
mininet@mininet-vm:/tmp$
```

установите iperf3_plotter:

```
cd /tmp/iperf3_plotter
```

```
sudo cp plot_* /usr/bin
```

```
sudo cp *.sh /usr/bin
```

Обратите внимание, что скрипты не работают с путями, имеющими в названии

пробелы и кириллицу.

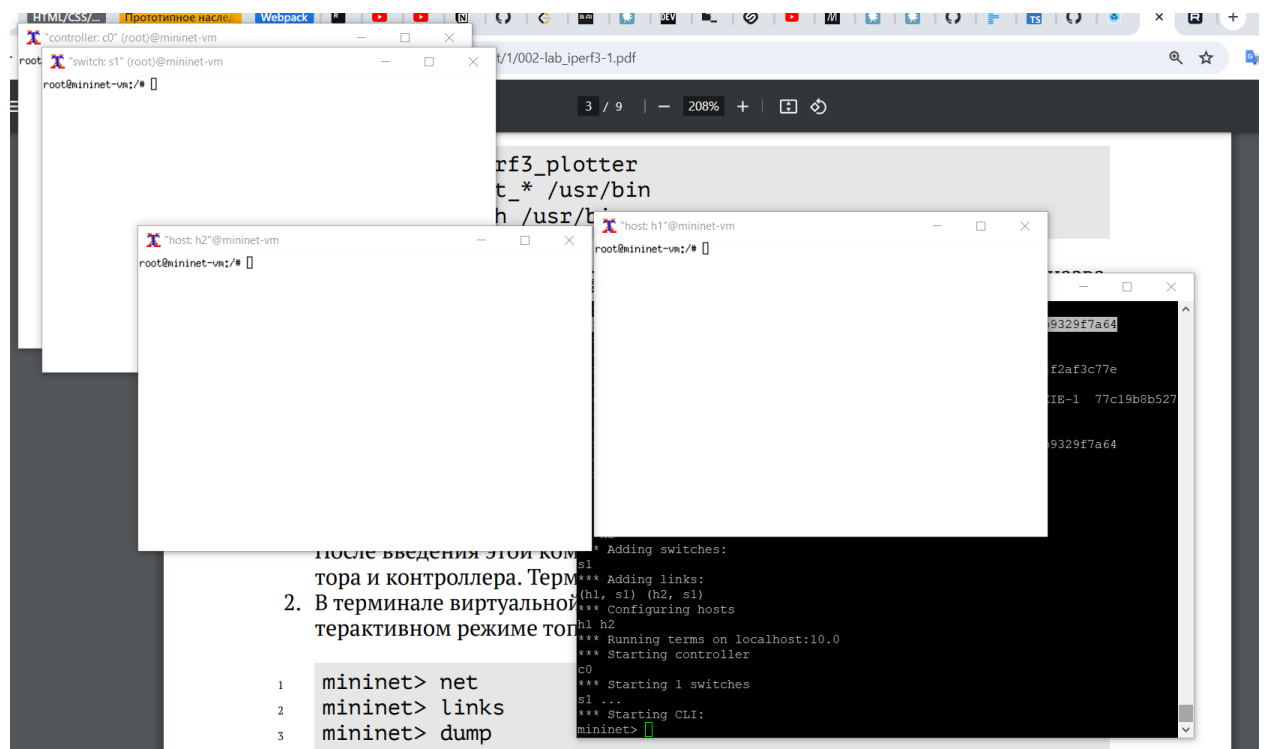
```
mininet@mininet-vm:/tmp$ cd /tmp/iperf3_plotter
mininet@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter$ sudo cp plot_* /usr/bin
mininet@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter$ sudo cp *.sh /usr/bin
mininet@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter$
mininet@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter$
```

Интерактивные эксперименты

Задайте простейшую топологию, состоящую из двух хостов и коммутатора с назначенной по умолчанию mininet сетью 10.0.0.0/8:

```
sudo mn --topo=single,2 -x
```

После введения этой команды запустятся терминалы двух хостов, коммутатора и контроллера. Терминалы коммутатора и контроллера можно закрыть



В терминале виртуальной машины посмотрите параметры запущенной в интерактивном режиме топологии: mininet> net

mininet> links

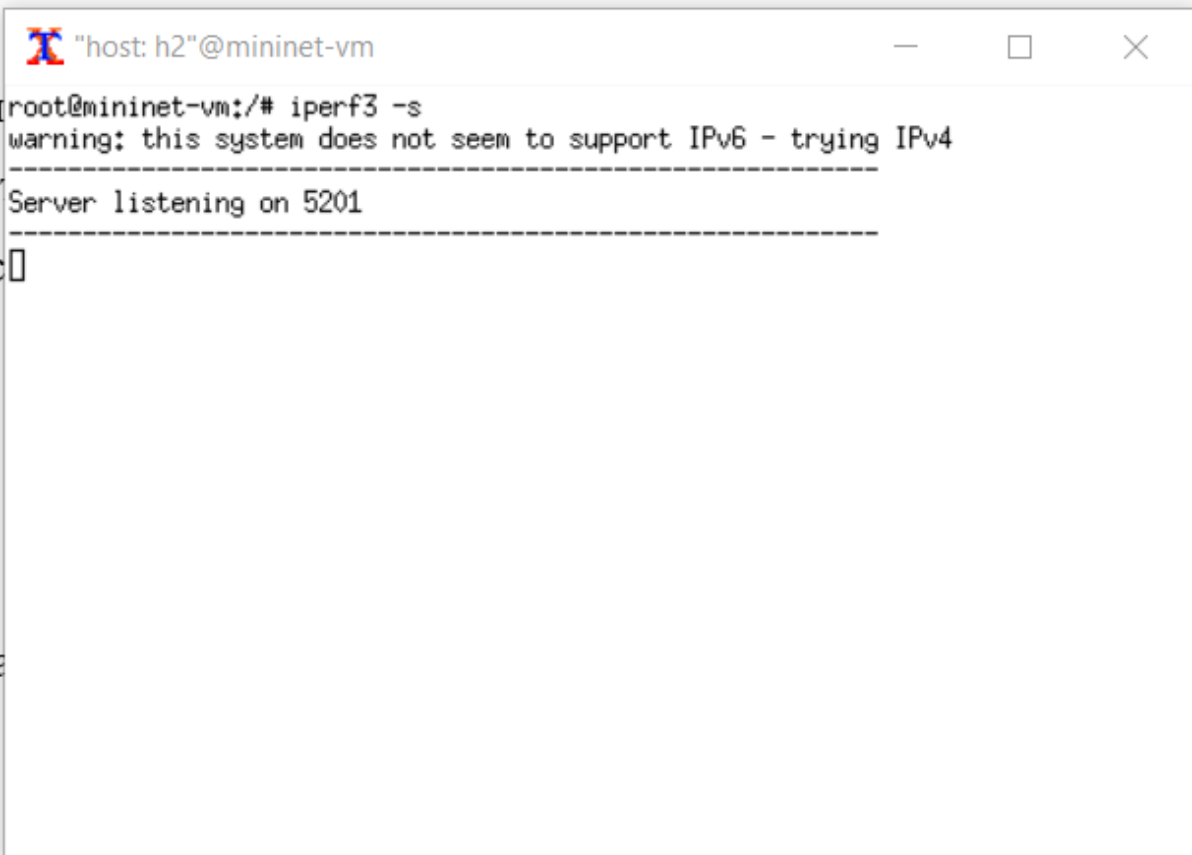
mininet> dump

```
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=4433>
<Host h2: h2-eth0:10.0.0.2 pid=4435>
<OVSSwitch s1: lo:127.0.0.1,s1-eth1:None,s1-eth2:None pid=4440>
<Controller c0: 127.0.0.1:6653 pid=4426>
mininet> 
```

Проведите простейший интерактивный эксперимент по измерению пропускной способности с помощью iPerf3:

– В терминале h2 запустите сервер iPerf3:

iperf3 -s



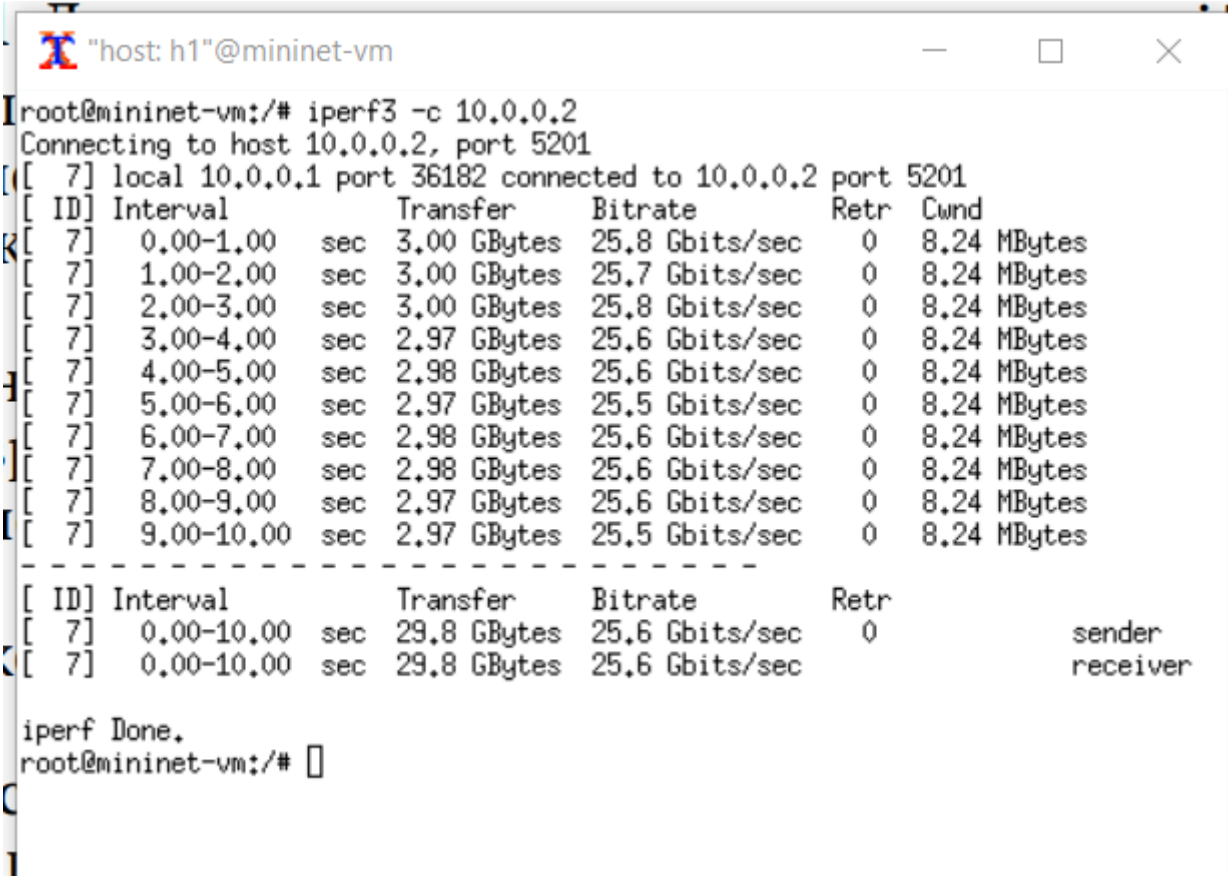
```
"host: h2"@mininet-vm
root@mininet-vm:/# iperf3 -s
warning: this system does not seem to support IPv6 - trying IPv4
-----
Server listening on 5201
-----
: 
```


После запуска этой команды хост h2 перейдет в состояние прослушивания 5201-го порта в ожидании входящих подключений.

– В терминале хоста h1 запустите клиент iPerf3:

```
iperf3 -c 10.0.0.2
```

Здесь параметр -c указывает, что хост h1 настроен как клиент, а параметр 10.0.0.2 является IP-адресом сервера iPerf3 (хост h2).



```
root@mininet-vm:/# iperf3 -c 10.0.0.2
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 36182 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval            Transfer        Bitrate        Retr  Cwnd
[ 7]  0.00-1.00      sec   3.00 GBytes    25.8 Gbits/sec    0   8.24 MBytes
[ 7]  1.00-2.00      sec   3.00 GBytes    25.7 Gbits/sec    0   8.24 MBytes
[ 7]  2.00-3.00      sec   3.00 GBytes    25.8 Gbits/sec    0   8.24 MBytes
[ 7]  3.00-4.00      sec   2.97 GBytes    25.6 Gbits/sec    0   8.24 MBytes
[ 7]  4.00-5.00      sec   2.98 GBytes    25.6 Gbits/sec    0   8.24 MBytes
[ 7]  5.00-6.00      sec   2.97 GBytes    25.5 Gbits/sec    0   8.24 MBytes
[ 7]  6.00-7.00      sec   2.98 GBytes    25.6 Gbits/sec    0   8.24 MBytes
[ 7]  7.00-8.00      sec   2.98 GBytes    25.6 Gbits/sec    0   8.24 MBytes
[ 7]  8.00-9.00      sec   2.97 GBytes    25.6 Gbits/sec    0   8.24 MBytes
[ 7]  9.00-10.00     sec   2.97 GBytes    25.5 Gbits/sec    0   8.24 MBytes
-----
[ ID] Interval            Transfer        Bitrate        Retr
[ 7]  0.00-10.00     sec  29.8 GBytes    25.6 Gbits/sec    0
[ 7]  0.00-10.00     sec  29.8 GBytes    25.6 Gbits/sec    0
sender
receiver

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

– Дождитесь окончания теста. По умолчанию время тестирования установлено в 10 секунд. Для прерывания работы клиента iPerf3 достаточно на хосте h1 нажать Ctrl + c , при этом сервер iPerf3 на хосте h1 продолжит прослушивать порт 5201. Для остановки как сервера, так и клиента iPerf3 необходимо в терминале хоста h2 нажать Ctrl + c .

– Проанализируйте полученный в результате выполнения теста сводный отчёт, отобразившийся как на клиенте, так и на сервере iPerf3, содержащий следующие данные:

– ID: идентификационный номер соединения. (7)

– интервал (Interval): временной интервал для периодических отчетов о пропускной способности (по умолчанию временной интервал равен 1 секунде); (0.00 – 10.00)

– передача (Transfer): сколько данных было передано за каждый интервал времени; (29.8 Gbytes)

– пропускная способность (Bitrate): измеренная пропускная способность в каждом временном интервале; (25.6 Gbits/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); (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). (8.24 Mbytes)

Суммарные данные на сервере аналогичны данным на стороне клиента iPerf3 и должны интерпретироваться таким же образом.

Проведите аналогичный эксперимент в интерфейсе mininet.

– Запустите сервер iPerf3 на хосте h2:

```
mininet> h2 iperf3 -s &
```

– Запустите клиент iPerf3 на хосте h1:

```
mininet> h1 iperf3 -c h2
```

```

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 36186 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval            Transfer        Bitrate        Retr    Cwnd
[ 5]  0.00-1.00      sec  2.95 GBytes    25.4 Gbits/sec    0    8.35 MBytes
[ 5]  1.00-2.00      sec  2.92 GBytes    25.0 Gbits/sec    0    8.35 MBytes
[ 5]  2.00-3.00      sec  2.92 GBytes    25.0 Gbits/sec    0    8.35 MBytes
[ 5]  3.00-4.00      sec  2.91 GBytes    25.0 Gbits/sec    0    8.35 MBytes
[ 5]  4.00-5.00      sec  2.91 GBytes    25.0 Gbits/sec    0    8.35 MBytes
[ 5]  5.00-6.00      sec  2.92 GBytes    25.0 Gbits/sec    0    8.35 MBytes
[ 5]  6.00-7.00      sec  2.96 GBytes    25.4 Gbits/sec    0    8.35 MBytes
[ 5]  7.00-8.00      sec  2.94 GBytes    25.3 Gbits/sec    0    8.35 MBytes
[ 5]  8.00-9.00      sec  2.93 GBytes    25.2 Gbits/sec    0    8.35 MBytes
[ 5]  9.00-10.00     sec  2.91 GBytes    25.0 Gbits/sec    0    8.35 MBytes
-----
[ ID] Interval            Transfer        Bitrate        Retr
[ 5]  0.00-10.00     sec  29.3 GBytes    25.1 Gbits/sec    0
[ 5]  0.00-10.00     sec  29.3 GBytes    25.1 Gbits/sec
                                     sender
                                     receiver

iperf Done.
mininet>

```

Остановите серверный процесс:

```
mininet> h2 killall iperf3
```

```

-----
iperf3: interrupt - the server has terminated
mininet>

```

- Сравните результат с отчётом предыдущего эксперимента.
- ID: идентификационный номер соединения. (5)
- интервал (Interval): такой же
- передача (Transfer): 29.3 Gbytes
- пропускная способность (Bitrate): 25.1 Gbits/sec
- Retr: 0
- Cwnd: 8.35 Mbytes

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

В терминале h2 запустите сервер iPerf3:

```
iperf3 -s
```

- В терминале h1 запустите клиент iPerf3 с параметром -t, за которым следует

количество секунд:

iperf3 -c 10.0.0.2 -t 5

– Для остановки сервера нажмите Ctrl + c в терминале хоста h2.

```
host: h1@mininet-vm
[ 7] 8.00-9.00 sec 2.97 GBytes 25.6 Gbits/sec 0 8.24 MBytes
[ 7] 9.00-10.00 sec 2.97 GBytes 25.5 Gbits/sec 0 8.24 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate      Retr
[ 7] 0.00-10.00 sec 29.8 GBytes 25.6 Gbits/sec 0
[ 7] 0.00-10.00 sec 29.8 GBytes 25.6 Gbits/sec 0
sender receiver

iperf Done.
root@mininet-vm:~# iperf3 -c 10.0.0.2 -t 5
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 36190 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-1.00 sec 2.75 GBytes 23.6 Gbits/sec 1 8.35 MBytes
[ 7] 1.00-2.00 sec 2.89 GBytes 24.8 Gbits/sec 0 8.35 MBytes
[ 7] 2.00-3.00 sec 2.73 GBytes 23.4 Gbits/sec 0 8.35 MBytes
[ 7] 3.00-4.00 sec 2.86 GBytes 24.5 Gbits/sec 0 8.35 MBytes
[ 7] 4.00-5.00 sec 2.62 GBytes 22.6 Gbits/sec 0 8.35 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate      Retr
[ 7] 0.00-5.00 sec 13.9 GBytes 23.8 Gbits/sec 1
[ 7] 0.00-5.00 sec 13.8 GBytes 23.8 Gbits/sec 0
sender receiver

iperf Done.
root@mininet-vm:~#

host: h2@mininet-vm
Server listening on 5201
^Ciperf3: interrupt - the server has terminated
root@mininet-vm:~# 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 36188
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 36190
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate
[ 7] 0.00-1.00 sec 2.75 GBytes 23.6 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00 sec 2.89 GBytes 24.8 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00 sec 2.72 GBytes 23.4 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00 sec 2.86 GBytes 24.5 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00 sec 2.63 GBytes 22.5 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate
[ 7] 0.00-5.00 sec 13.8 GBytes 23.8 Gbits/sec
receiver

Server listening on 5201
^Ciperf3: interrupt - the server has terminated
root@mininet-vm:~#
```

Настройте клиент iPerf3 для выполнения теста пропускной способности с 2-секундным интервалом времени отсчёта как на клиенте, так и на сервере. Используйте опцию -i для установки интервала между отсчётами, измеряемого в секундах:

- В терминале h2 запустите сервер iPerf3: 1 iperf3 -s -i 2
- В терминале h1 запустите клиент iPerf3: 1 iperf3 -c 10.0.0.2 -i 2
- Остановите сервер iPerf3, нажав Ctrl+c в терминале хоста h2.

```
host: h1@mininet-vm
[ 7] 3.00-4.00 sec 2.86 GBytes 24.5 Gbits/sec 0 8.35 MBytes
[ 7] 4.00-5.00 sec 2.62 GBytes 22.6 Gbits/sec 0 8.35 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate      Retr
[ 7] 0.00-5.00 sec 13.9 GBytes 23.8 Gbits/sec 1
[ 7] 0.00-5.00 sec 13.8 GBytes 23.8 Gbits/sec 0
sender receiver

iperf Done.
root@mininet-vm:~# iperf3 -c 10.0.0.2 -i 2
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 36194 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-2.00 sec 5.69 GBytes 24.4 Gbits/sec 0 8.18 MBytes
[ 7] 2.00-4.00 sec 5.84 GBytes 25.1 Gbits/sec 0 8.18 MBytes
[ 7] 4.00-6.00 sec 5.37 GBytes 23.1 Gbits/sec 0 8.18 MBytes
[ 7] 6.00-8.00 sec 6.46 GBytes 27.8 Gbits/sec 0 8.18 MBytes
[ 7] 8.00-10.00 sec 6.82 GBytes 29.3 Gbits/sec 0 8.18 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate      Retr
[ 7] 0.00-10.00 sec 30.2 GBytes 25.9 Gbits/sec 0
[ 7] 0.00-10.00 sec 30.2 GBytes 25.9 Gbits/sec 0
sender receiver

iperf Done.
root@mininet-vm:~#

host: h2@mininet-vm
Server listening on 5201
^Ciperf3: interrupt - the server has terminated
root@mininet-vm:~# 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 36192
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 36194
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate
[ 7] 0.00-2.00 sec 5.69 GBytes 24.4 Gbits/sec
[ 7] 2.00-4.00 sec 5.84 GBytes 25.1 Gbits/sec
[ 7] 4.00-6.00 sec 5.37 GBytes 23.1 Gbits/sec
[ 7] 6.00-8.00 sec 6.44 GBytes 27.7 Gbits/sec
[ 7] 8.00-10.00 sec 6.83 GBytes 29.3 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate
[ 7] 0.00-10.00 sec 30.2 GBytes 25.9 Gbits/sec
receiver

Server listening on 5201
^Ciperf3: interrupt - the server has terminated
root@mininet-vm:~#
```

– Сравните результат с отчётами из предыдущих экспериментов.

Переданное количество увеличилось примерно в 2 раза, пропускная способность не изменилась.

Задайте на клиенте iPerf3 отправку определённого объёма данных.

Используйте опцию -n для установки количества байт для передачи:

– В терминале h2 запустите сервер iPerf3:

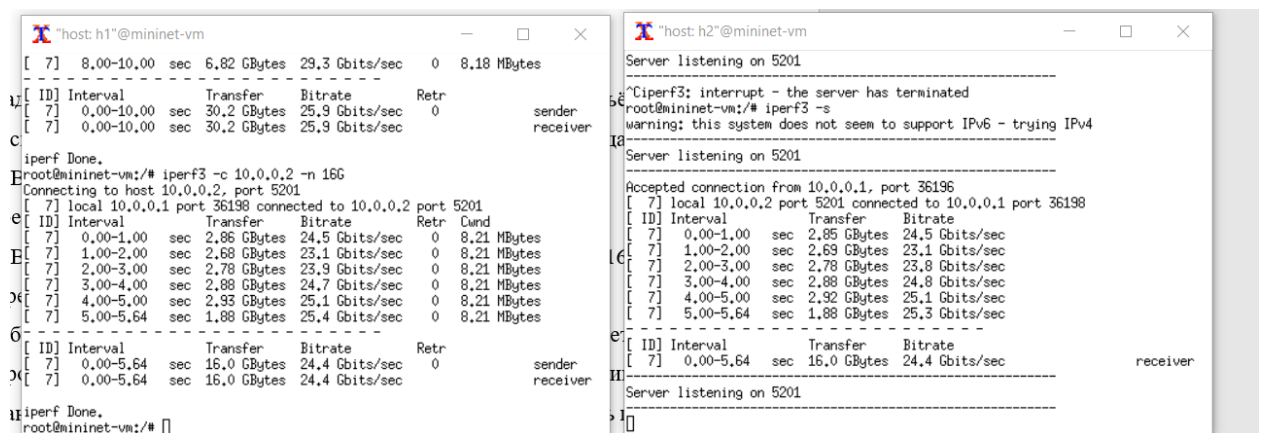
```
iperf3 -s
```

– В терминале h1 запустите клиент iPerf3, задав объём данных 16 Гбайт:

```
iperf3 -c 10.0.0.2 -n 16G
```

Обратите внимание, что 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 объём данных, указанный пользователем.

– Остановите сервер iPerf3, нажав Ctrl+c в терминале хоста h2.



```
host: h1" @mininet-vm
[ 7] 8.00-10.00 sec 6.82 GBytes 29.3 Gbits/sec 0 8.18 MBytes
[ ID] Interval Transfer Bitrate Retr
[ 7] 0.00-10.00 sec 30.2 GBytes 25.9 Gbits/sec 0
[ 7] 0.00-10.00 sec 30.2 GBytes 25.9 Gbits/sec 0
sender receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:~# iperf3 -c 10.0.0.2 -n 16G
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 36198 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval Transfer Bitrate Retr Cwnd
[ 7] 0.00-1.00 sec 2.86 GBytes 24.5 Gbits/sec 0 8.21 MBytes
[ 7] 1.00-2.00 sec 2.68 GBytes 23.1 Gbits/sec 0 8.21 MBytes
[ 7] 2.00-3.00 sec 2.78 GBytes 23.9 Gbits/sec 0 8.21 MBytes
[ 7] 3.00-4.00 sec 2.88 GBytes 24.7 Gbits/sec 0 8.21 MBytes
[ 7] 4.00-5.00 sec 2.93 GBytes 25.1 Gbits/sec 0 8.21 MBytes
[ 7] 5.00-5.64 sec 1.88 GBytes 25.4 Gbits/sec 0 8.21 MBytes
[ ID] Interval Transfer Bitrate Retr
[ 7] 0.00-5.64 sec 16.0 GBytes 24.4 Gbits/sec 0
[ 7] 0.00-5.64 sec 16.0 GBytes 24.4 Gbits/sec 0
sender receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:~#

host: h2" @mininet-vm
Server listening on 5201
Ciperf3; interrupt - the server has terminated
root@mininet-vm:~# 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 36196
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 36198
[ ID] Interval Transfer Bitrate
[ 7] 0.00-1.00 sec 2.85 GBytes 24.5 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00 sec 2.69 GBytes 23.1 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00 sec 2.78 GBytes 23.8 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00 sec 2.88 GBytes 24.8 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00 sec 2.92 GBytes 25.1 Gbits/sec
[ 7] 5.00-5.64 sec 1.88 GBytes 25.3 Gbits/sec
[ ID] Interval Transfer Bitrate
[ 7] 0.00-5.64 sec 16.0 GBytes 24.4 Gbits/sec
receiver
Server listening on 5201
```

Измените 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 используйте опцию -u на стороне клиента iPerf3:

– В терминале h2 запустите сервер iPerf3:

```
iperf3 -s
```

– В терминале h1 запустите клиент iPerf3, задав протокол UDP:

```
iperf3 -c 10.0.0.2 -u
```

– После завершения теста отобразятся следующие сводные данные:

– ID, интервал, передача, битрейт: то же, что и у TCP.

- Jitter: разница в задержке пакетов.
 - Lost/Total: указывает количество потерянных дейтаграмм по сравнению с общим количеством отправленных на сервер (и процентное соотношение).
- Остановите сервер iPerf3, нажав Ctrl+c в терминале хоста h2.

```

host: h1@mininet-vm
root@mininet-vm:~# iperf3 -c 10.0.0.2 -u
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 36369 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  1.05 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  0.002 ms  0/906 (0%) receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:~#

host: h2@mininet-vm
Accepted connection from 10.0.0.1, port 36200
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 36369
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Jitter    Lost/Total Datagrams
[ 7] 0.00-1.00 sec  129 KBytes  1.05 Mbits/sec  0.005 ms  0/91 (0%)
[ 7] 1.00-2.00 sec  127 KBytes  1.04 Mbits/sec  0.015 ms  0/90 (0%)
[ 7] 2.00-3.00 sec  129 KBytes  1.05 Mbits/sec  0.004 ms  0/91 (0%)
[ 7] 3.00-4.00 sec  127 KBytes  1.04 Mbits/sec  0.002 ms  0/90 (0%)
[ 7] 4.00-5.00 sec  129 KBytes  1.05 Mbits/sec  0.003 ms  0/91 (0%)
[ 7] 5.00-6.00 sec  129 KBytes  1.05 Mbits/sec  0.003 ms  0/91 (0%)
[ 7] 6.00-7.00 sec  127 KBytes  1.04 Mbits/sec  0.003 ms  0/90 (0%)
[ 7] 7.00-8.00 sec  127 KBytes  1.04 Mbits/sec  0.003 ms  0/90 (0%)
[ 7] 8.00-9.00 sec  129 KBytes  1.05 Mbits/sec  0.005 ms  0/91 (0%)
[ 7] 9.00-10.00 sec 129 KBytes  1.05 Mbits/sec  0.002 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  0.002 ms  0/906 (0%) receiver
Server listening on 5201
^Ciperf3: interrupt - the server has terminated
root@mininet-vm:~#

```

Lost/Total: указывает количество потерянных дейтаграмм по сравнению с

В тесте измерения пропускной способности iPerf3 измените номер порта для отправки/получения пакетов или датаграмм через указанный порт. Используйте для этого опцию -p:

- В терминале h2 запустите сервер iPerf3, используя параметр -p, чтобы указать порт прослушивания:

```
iperf3 -s -p 3250
```

- В терминале h1 запустите клиент iPerf3, указав порт:

```
iperf3 -c 10.0.0.2 -p 3250
```

- Остановите сервер iPerf3, нажав Ctrl+c в терминале хоста h2.

```

host: h1@mininet-vm
root@mininet-vm:~# iperf3 -c 10.0.0.2 -p 3250
Connecting to host 10.0.0.2, port 3250
[ 7] local 10.0.0.1 port 44674 connected to 10.0.0.2 port 3250
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr    Cwnd
[ 7] 0.00-1.00 sec  2.79 GBytes  23.9 Gbits/sec  0      8.37 MBytes
[ 7] 1.00-2.00 sec  2.68 GBytes  23.0 Gbits/sec  0      8.37 MBytes
[ 7] 2.00-3.00 sec  2.93 GBytes  25.2 Gbits/sec  0      8.37 MBytes
[ 7] 3.00-4.00 sec  2.94 GBytes  25.3 Gbits/sec  0      8.37 MBytes
[ 7] 4.00-5.00 sec  2.94 GBytes  25.2 Gbits/sec  0      8.37 MBytes
[ 7] 5.00-6.00 sec  2.97 GBytes  25.6 Gbits/sec  0      8.37 MBytes
[ 7] 6.00-7.00 sec  2.99 GBytes  25.7 Gbits/sec  0      8.37 MBytes
[ 7] 7.00-8.00 sec  2.98 GBytes  25.6 Gbits/sec  0      8.37 MBytes
[ 7] 8.00-9.00 sec  2.98 GBytes  25.6 Gbits/sec  0      8.37 MBytes
[ 7] 9.00-10.00 sec 2.98 GBytes  25.6 Gbits/sec  0      8.37 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate    Retr    Cwnd
[ 7] 0.00-10.00 sec 29.2 GBytes  25.1 Gbits/sec  0
[ 7] 0.00-10.01 sec 29.2 GBytes  25.1 Gbits/sec  0
iperf Done.
root@mininet-vm:~#

host: h2@mininet-vm
Server listening on 3250
Accepted connection from 10.0.0.1, port 44672
[ 7] local 10.0.0.2 port 3250 connected to 10.0.0.1 port 44674
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-1.00 sec  2.79 GBytes  23.9 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00 sec  2.68 GBytes  23.0 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00 sec  2.93 GBytes  25.2 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00 sec  2.95 GBytes  25.3 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00 sec  2.93 GBytes  25.1 Gbits/sec
[ 7] 5.00-6.00 sec  2.98 GBytes  25.6 Gbits/sec
[ 7] 6.00-7.00 sec  2.99 GBytes  25.7 Gbits/sec
[ 7] 7.00-8.00 sec  2.98 GBytes  25.6 Gbits/sec
[ 7] 8.00-9.00 sec  2.97 GBytes  25.5 Gbits/sec
[ 7] 9.00-10.00 sec 2.99 GBytes  25.7 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.01 sec 576 KBytes  898 Mbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 7] 0.00-10.01 sec 29.2 GBytes  25.1 Gbits/sec
receiver
Server listening on 3250
^Ciperf3: interrupt - the server has terminated
root@mininet-vm:~#

```

Остановите сервер iPerf3, нажав Ctrl+c в терминале хоста h2.

По умолчанию после запуска сервер iPerf3 постоянно прослушивает входящие соединения. В тесте измерения пропускной способности iPerf3 задайте для сервера параметр обработки данных только от одного клиента с остановкой сервера по завершении теста. Для этого используйте опцию -l на сервере iPerf3:

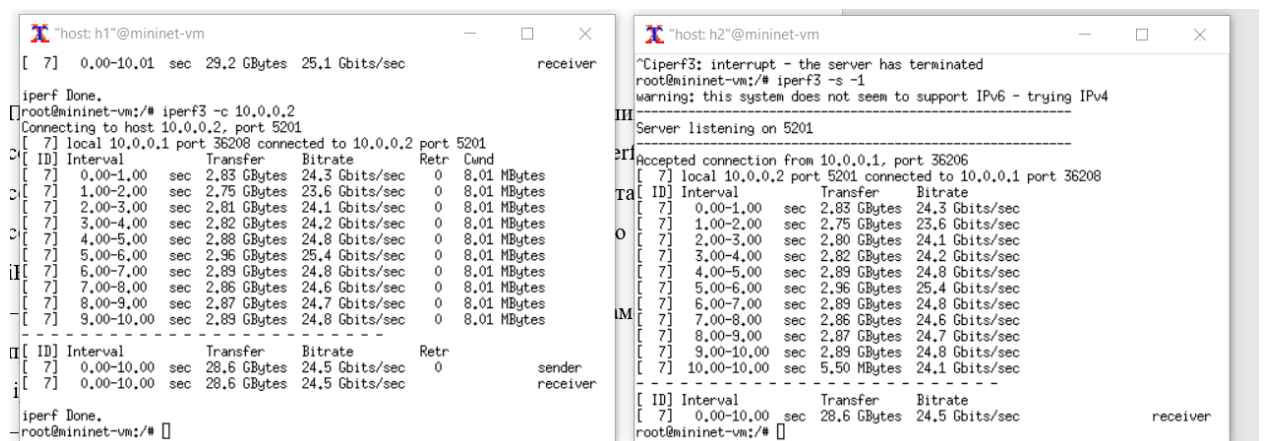
– В терминале h2 запустите сервер iPerf3, используя параметр -l, чтобы принять только одного клиента:

```
iperf3 -s -l
```

– В терминале h1 запустите клиент iPerf3:

```
iperf3 -c 10.0.0.2
```

Обратите внимание, что после завершения этого теста сервер iPerf3 немедленно останавливается.



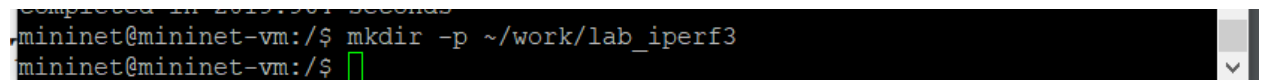
```
host: h1@mininet-vm
[ 7] 0.00-10.01 sec 29.2 GBytes 25.1 Gbits/sec receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:~# iperf3 -c 10.0.0.2
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 36208 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-1.00 sec  2.83 GBytes 24.3 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
[ 7] 1.00-2.00 sec  2.75 GBytes 23.6 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
[ 7] 2.00-3.00 sec  2.81 GBytes 24.1 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
[ 7] 3.00-4.00 sec  2.82 GBytes 24.2 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
[ 7] 4.00-5.00 sec  2.88 GBytes 24.8 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
[ 7] 5.00-6.00 sec  2.96 GBytes 25.4 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
[ 7] 6.00-7.00 sec  2.89 GBytes 24.8 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
[ 7] 7.00-8.00 sec  2.86 GBytes 24.6 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
[ 7] 8.00-9.00 sec  2.87 GBytes 24.7 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
[ 7] 9.00-10.00 sec 2.89 GBytes 24.8 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate      Retr
[ 7] 0.00-10.00 sec 28.6 GBytes 24.5 Gbits/sec  0
[ 7] 0.00-10.00 sec 28.6 GBytes 24.5 Gbits/sec
iperf Done.
root@mininet-vm:~#

host: h2@mininet-vm
^Ciperf3: interrupt - the server has terminated
root@mininet-vm:~# 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 36206
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 36208
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-1.00 sec  2.83 GBytes 24.3 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
[ 7] 1.00-2.00 sec  2.75 GBytes 23.6 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
[ 7] 2.00-3.00 sec  2.80 GBytes 24.1 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
[ 7] 3.00-4.00 sec  2.82 GBytes 24.2 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
[ 7] 4.00-5.00 sec  2.89 GBytes 24.8 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
[ 7] 5.00-6.00 sec  2.96 GBytes 25.4 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
[ 7] 6.00-7.00 sec  2.89 GBytes 24.8 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
[ 7] 7.00-8.00 sec  2.86 GBytes 24.6 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
[ 7] 8.00-9.00 sec  2.87 GBytes 24.7 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
[ 7] 9.00-10.00 sec 2.89 GBytes 24.8 Gbits/sec  0    8.01 MBytes
[ 7] 10.00-10.00 sec 5.50 MBytes 24.1 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer     Bitrate
[ 7] 0.00-10.00 sec 28.6 GBytes 24.5 Gbits/sec
root@mininet-vm:~#
```

Экспортируйте результаты теста измерения пропускной способности iPerf3 в файл JSON:

– В виртуальной машине mininet создайте каталог для работы над проектом:

```
mkdir -p ~/work/lab_iperf3
```



```
mininet@mininet-vm:/$ mkdir -p ~/work/lab_iperf3
mininet@mininet-vm:/$
```

– В терминале h2 запустите сервер iPerf3:

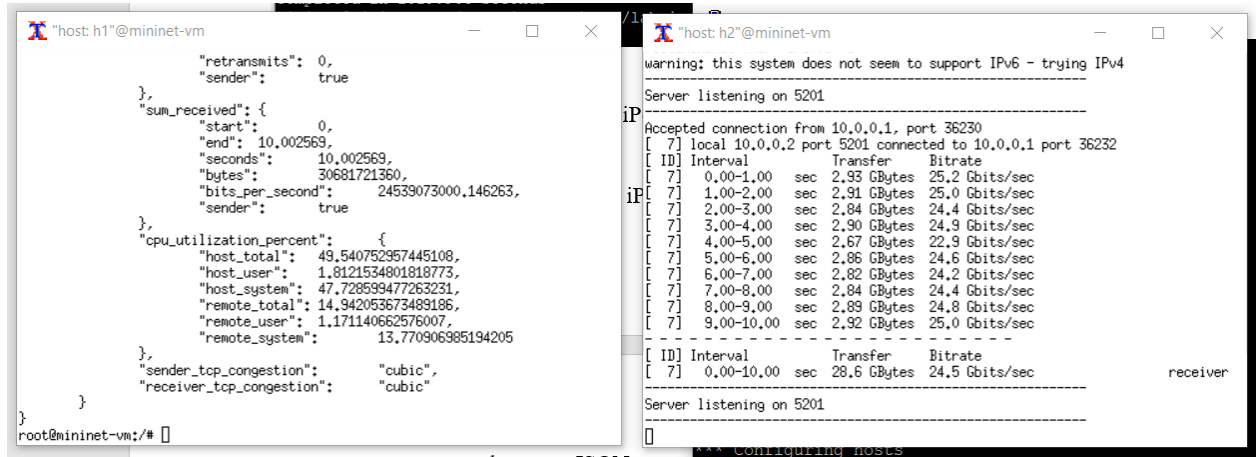
```
iperf3 -s
```

– В терминале h1 запустите клиент iPerf3, указав параметр -J для отображения

вывода результатов в формате JSON:

```
iperf3 -c 10.0.0.2 -J
```

В данном случае параметр -J выведет текст JSON на экран через стандартный вывод (stdout) после завершения теста.



```
host: h1@mininet-vm
{
  "retransmits": 0,
  "sender": true
},
"sum_received": {
  "start": 0,
  "end": 10.002569,
  "seconds": 10.002569,
  "bytes": 30681721360,
  "bits_per_second": 24539073000.146263,
  "sender": true
},
"cpu_utilization_percent": {
  "host_total": 49.540752957445108,
  "host_user": 1.8121534801818773,
  "host_system": 47.728599477263231,
  "remote_total": 14.942053673489186,
  "remote_user": 1.171140662576007,
  "remote_system": 13.770906985194205
},
"sender_tcp_congestion": "cubic",
"receiver_tcp_congestion": "cubic"
}
root@mininet-vm:/#

host: h2@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 36230
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 36232
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate
[ 7] 0.00-1.00    sec  2.93 GBytes  25.2 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00    sec  2.91 GBytes  25.0 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00    sec  2.84 GBytes  24.4 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00    sec  2.90 GBytes  24.9 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00    sec  2.67 GBytes  22.9 Gbits/sec
[ 7] 5.00-6.00    sec  2.86 GBytes  24.6 Gbits/sec
[ 7] 6.00-7.00    sec  2.82 GBytes  24.2 Gbits/sec
[ 7] 7.00-8.00    sec  2.84 GBytes  24.4 Gbits/sec
[ 7] 8.00-9.00    sec  2.89 GBytes  24.8 Gbits/sec
[ 7] 9.00-10.00   sec  2.92 GBytes  25.0 Gbits/sec
[ ID] Interval      Transfer      Bitrate
[ 7] 0.00-10.00   sec  28.6 GBytes  24.5 Gbits/sec
receiver
Server listening on 5201
```

– Экспортируйте вывод результатов теста в файл, перенаправив стандартный вывод в файл:

```
iperf3 -c 10.0.0.2 -J > /home/mininet/work/lab_iperf3/iperf_results.json
```

```
root@mininet-vm:/# iperf3 -c 10.0.0.2 -J > /home/mininet/work/lab_iperf3/iperf_result.json
```

– Убедитесь, что файл iperf_results.json создан в указанном каталоге. Для этого в терминале хоста h1 введите следующие команды:

```
cd /home/mininet/work/lab_iperf3
```

ls -l Команда cat может использоваться для отображения содержимого файла.

```
root@mininet-vm:/# cd /home/mininet/work/lab_iperf3
root@mininet-vm:/home/mininet/work/lab_iperf3# ls -l
total 8
-rw-r--r-- 1 root root 7791 Nov 25 05:27 iperf_result.json
root@mininet-vm:/home/mininet/work/lab_iperf3#
```



```

root@mininet-vm:/home/mininet/work/lab_iperf3# cat iperf_result.json
{
  "start": {
    "connected": [{
      "socket": 7,
      "local_host": "10.0.0.1",
      "local_port": 36236,
      "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 Fri Jul 10 00:24:02 UTC 2020 x86_64",
    "timestamp": {
      "time": "Sat, 25 Nov 2023 13:27:12 GMT",
      "timesecs": 1700918832
    },
    "connecting_to": {
      "host": "10.0.0.2",
      "port": 5201
    },
    "cookie": "pu4wlqsnovtbd425wfl6aqqzqlcnqq66rbud",
  }
}

```

- Остановите сервер iPerf3, нажав Ctrl+c в терминале хоста h2.
- Завершите работу mininet в интерактивном режиме, введя в интерфейсе mininet:

mininet> exit

```

mininet> exit
*** Stopping 1 controllers
c0
*** Stopping 8 terms
*** Stopping 2 links
..
*** Stopping 1 switches
s1
*** Stopping 2 hosts
h1 h2
*** Done
completed in 421.196 seconds
mininet@mininet-vm:/$

```

Визуализируйте результаты эксперимента:

- В виртуальной машине mininet исправьте права запуска X-соединения. Скопируйте значение куки (MIT magic cookie)¹ своего пользователя mininet в файл для пользователя root:

mininet@mininet-vm:~\$ xauth list \$DISPLAY

mininet-vm/unix:10

MIT-MAGIC-COOKIE-1

295acad8e35d17636924c5ab80e8462d

mininet@mininet-vm:~\$ sudo -i

root@mininet-vm:~# xauth add mininet-vm/unix:1

MIT-MAGIC-COOKIE-1 295acad8e35d17636924c5ab80e8462d

root@mininet-vm:~# logout

```
mininet@mininet-vm:/$ xauth list $DISPLAY
mininet-vm/unix:10 MIT-MAGIC-COOKIE-1 77c19b8b52755c817a307cb9329f7a64
mininet@mininet-vm:/$ sudo -i
root@mininet-vm:~# xauth add mininet-vm/unix:10 MIT-MAGIC-COOKIE-1 77c19b8b527
55c817a307cb9329f7a64
root@mininet-vm:~# logout
mininet@mininet-vm:/$
```

После выполнения этих действий графические приложения должны запускаться под пользователем mininet.

– В виртуальной машине mininet перейдите в каталог для работы над проектом, проверьте и при необходимости скорректируйте права доступа к файлу JSON:

cd ~/work/lab_iperf3

ls -l

sudo chown -R mininet:mininet ~/work

ls -l

```
mininet@mininet-vm:/$ cd ~/work/lab_iperf3
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ ls -l
total 8
-rw-r--r-- 1 root root 7791 Nov 25 05:27 iperf_result.json
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 7791 Nov 25 05:27 iperf_result.json
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$
```

– Сгенерируйте выходные данные для файла JSON iPerf3, выполнив следующую команду (обратите внимание, что скрипт не работает с путями, имеющими в названии файла пробелы):

plot_iperf.sh iperf3_results.json

```
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ plot_iperf.sh iperf_result.json
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ ls
iperf.csv  iperf_result.json  results
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$
```

– Сценарий построения должен создать файл CSV (1.dat), который может использоваться другими приложениями.

В подкаталоге results каталога, в котором был выполнен скрипт, сценарий должен создать графики для следующих полей файла JSON:

- окно перегрузки (cwnd.pdf);
 - повторная передача (retransmits.pdf);
 - время приема-передачи (RTT.pdf);
 - отклонение времени приема-передачи (RTT_Var.pdf);
 - пропускная способность (throughput.pdf);
 - максимальная единица передачи (MTU.pdf);
 - количество переданных байтов (bytes.pdf).
- Убедитесь, что файлы с данными и графиками сформировались: `cd`
`~/work/lab_iperf3`

`ls -l`

`cd ~/work/lab_iperf3/results`

`ls -l`

```
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ ls -l
total 16
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet  950 Nov 25 05:38 iperf.csv
-rw-r--r-- 1 mininet mininet 7791 Nov 25 05:27 iperf_result.json
drwxrwxr-x 2 mininet mininet 4096 Nov 25 05:38 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  494 Nov 25 05:38 1.dat
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9788 Nov 25 05:38 bytes.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9619 Nov 25 05:38 cwnd.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9036 Nov 25 05:38 MTU.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 8978 Nov 25 05:38 retransmits.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 8957 Nov 25 05:38 RTT.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9226 Nov 25 05:38 RTT_Var.pdf
-rw-rw-r-- 1 mininet mininet 9490 Nov 25 05:38 throughput.pdf
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3/results$
```

Вывод

Итогом лабораторной работы стало 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.