

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: Саинт-Амур Измаэль

Группа: НПИбд-01-20

МОСКВА

2023 г.

Постановка задачи

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.

Выполнение работы

2.4.1. Установка необходимого программного обеспечения

1. Запустите виртуальную среду с mininet.
2. Из основной ОС подключитесь к виртуальной машине:
1 ssh -Y mininet@192.168.x.y
3. После подключения к виртуальной машине mininet посмотрите IP-адреса машины:

```
1 ifconfig
```

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:

```
1 sudo dhclient eth1
```

```
2 ifconfig
```

```
marc@Ismael:~$ ssh -Y mininet@192.168.56.101
mininet@192.168.56.101's 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

Failed to connect to https://changelogs.ubuntu.com/meta-release-lts. Check your
Internet connection or proxy settings

Last login: Fri Dec  1 17:51:38 2023 from 192.168.56.1
mininet@mininet-vm:~$ ifconfig
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>  mtu 1500
    inet 10.0.3.15  netmask 255.255.255.0  broadcast 10.0.3.255
    ether 08:00:27:1c:e1:74  txqueuelen 1000  (Ethernet)
    RX packets 705  bytes 63211 (63.2 KB)
    RX errors 0  dropped 0  overruns 0  frame 0
    TX packets 713  bytes 62644 (62.6 KB)
    TX errors 0  dropped 0 overruns 0  carrier 0  collisions 0

eth1: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>  mtu 1500
    inet 192.168.56.101  netmask 255.255.255.0  broadcast 192.168.56.255
    ether 08:00:27:89:81:b0  txqueuelen 1000  (Ethernet)
```

```

mininet@mininet-vm:~$ ifconfig
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 10.0.3.15 netmask 255.255.255.0 broadcast 10.0.3.255
    ether 08:00:27:1c:e1:74 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 705 bytes 63211 (63.2 KB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 713 bytes 62644 (62.6 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

eth1: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 192.168.56.101 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.56.255
    ether 08:00:27:89:81:b0 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 46522 bytes 15516898 (15.5 MB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 33274 bytes 6090116 (6.0 MB)
    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 72067 bytes 17717364 (17.7 MB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 72067 bytes 17717364 (17.7 MB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

```

4. Обновите репозитории программного обеспечения на виртуальной машине:

```
sudo apt-get update
```

5. Установите iperf3:

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

6. Установите необходимое дополнительное программное обеспечение на виртуальную машину:

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

7. Разверните iperf3_plotter. Для этого:

– перейдите во временный каталог и скачайте репозиторий:

```
1 cd /tmp
```

```
2 git clone https://github.com/ekfoury/iperf3_plotter.git
```

– установите iperf3_plotter:

```
1 cd /tmp/iperf3_plotter
```

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

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

Обратите внимание, что скрипты не работают с путями, имеющими в названии пробелы и кириллицу.

```
mininet@mininet-vm:~$ sudo apt-get update
Get:1 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security InRelease [114 kB]
Hit:2 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal InRelease
Get:3 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates InRelease [114 kB]
Get:4 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main amd64 Packages [2604 kB]
Get:5 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-backports InRelease [108 kB]
Get:6 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main i386 Packages [680 kB]
Get:7 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main Translation-en [402 kB]
Get:8 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main amd64 c-n-f Metadata [13.2 kB]
Get:9 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/restricted i386 Packages [34.7 kB]
Get:10 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/restricted amd64 Packages [34.7 kB]
```

```
Reading package lists... Done
mininet@mininet-vm:~$ sudo apt-get install iperf3
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
The following additional packages will be installed:
  libiperf0 libsctp1
Suggested packages:
  lksctp-tools
The following NEW packages will be installed:
  iperf3 libiperf0 libsctp1
0 upgraded, 3 newly installed, 0 to remove and 378 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]
```

```
mininet@mininet-vm:~$ sudo apt-get install git jq gnuplot-nox evince
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
The following additional packages will be installed:
  aglfn aspell aspell-en bubblewrap enchant-2 evince-common fonts-liberation
  gnome-desktop3-data gnuplot-data groff hunspell-en-us imagemagick
  imagemagick-6.q16 libarchive13 libaspell15 libdjvulibre-text libdjvulibre21
  libenchant-2-2 libevdocument3-4 libevview3-3 libgnome-desktop-3-19
  libgspell-1-2 libgspell-1-common libgxps2 libhunspell-1.7-0 libilmbase24
  libjq1 libkpathsea6 liblua5.3-0 libmagickcore-6.q16-6-extra
  libnautilus-extension1a libnetpbm10 libnspr4 libnss3 libonig5 libopenexr24
  libpoppler-glib8 libpoppler97 libsecret-1-0 libsecret-common libspectre1
  libsyntax2 libwmf0.2-7 netpbm psutils
Suggested packages:
  aspell-doc spellutils gvfs nautilus-sendto unrar git-daemon-run
  | git-daemon-sysvinit git-doc git-el git-email git-gui gitweb git-cvs
  git-mediawiki git-svn gnuplot-doc hunspell openoffice.org-hunspell
  | openoffice.org-core imagemagick-doc autotrace cups-bsd | lpr | lprng curl
  enscript ffmpeg gimp grads graphviz hp2xx html2ps libwmf-bin mplayer povray
```

```

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 | 357.00 KiB/s, done.
mininet@mininet-vm:/tmp$ cd /tmp/iperf3_plotter
mininet@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter$ sudo cp plot_* /usr/bin
mininet@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter$ sudo cp *.sh /usr/bin
mininet@mininet-vm:/tmp/iperf3_plotter$

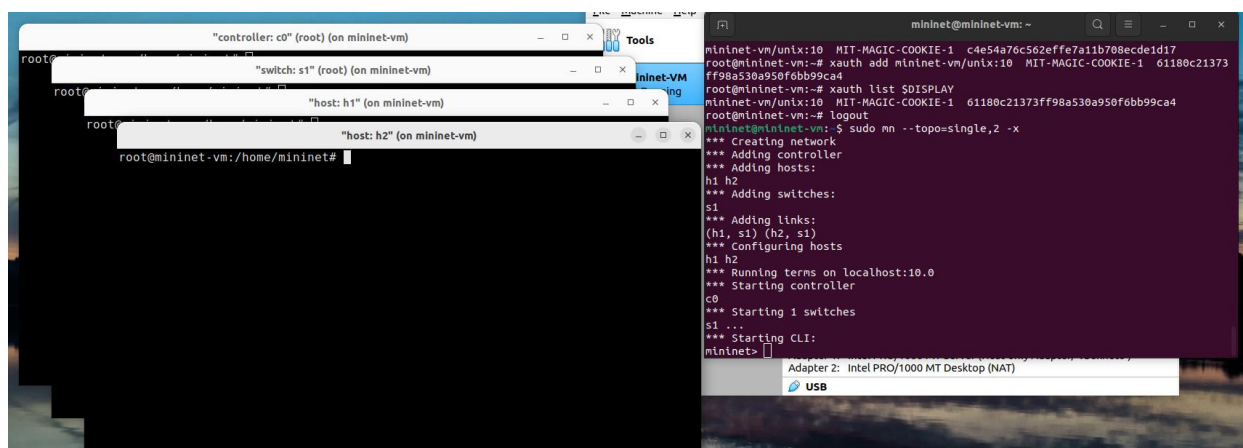
```

2.4.2. Интерактивные эксперименты

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

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

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



2. В терминале виртуальной машины посмотрите параметры запущенной в интерактивном режиме топологии:

1 mininet> net

2 mininet> links

3 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=2856>
<Host h2: h2-eth0:10.0.0.2 pid=2858>
<OVSSwitch s1: lo:127.0.0.1,s1-eth1:None,s1-eth2:None pid=2863>
<Controller c0: 127.0.0.1:6653 pid=2849>
mininet> 
```

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

– В терминале h2 запустите сервер iPerf3:

```
1 iperf3 -s
```

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

– В терминале хоста h1 запустите клиент iPerf3:

```
1 iperf3 -c 10.0.0.2
```



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



```
"host: h1" (on 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 49716 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7]  0.00-1.00    sec   318 MBytes  2.66 Gbits/sec    10   11.9 MBytes
[ 7]  1.00-2.00    sec   305 MBytes  2.56 Gbits/sec     0   17.9 MBytes
[ 7]  2.00-3.00    sec   332 MBytes  2.78 Gbits/sec     0   17.9 MBytes
[ 7]  3.00-4.01    sec   314 MBytes  2.62 Gbits/sec     0   17.9 MBytes
[ 7]  4.01-5.00    sec   318 MBytes  2.68 Gbits/sec     0   17.9 MBytes
[ 7]  5.00-6.00    sec   328 MBytes  2.74 Gbits/sec     0   17.9 MBytes
[ 7]  6.00-7.01    sec   330 MBytes  2.76 Gbits/sec     0   17.9 MBytes
[ 7]  7.01-8.00    sec   284 MBytes  2.39 Gbits/sec     0   17.9 MBytes
[ 7]  8.00-9.00    sec   316 MBytes  2.65 Gbits/sec     0   17.9 MBytes
[ 7]  9.00-10.00   sec   345 MBytes  2.90 Gbits/sec     0   17.9 MBytes
- - - - -
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate      Retr
[ 7]  0.00-10.00   sec   3.11 GBytes  2.68 Gbits/sec    10
[ 7]  0.00-10.00   sec   3.11 GBytes  2.67 Gbits/sec
sender
receiver

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

4. Проведите аналогичный эксперимент в интерфейсе mininet.

– Запустите сервер iPerf3 на хосте h2:

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

– Запустите клиент iPerf3 на хосте h1:

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

– Остановите серверный процесс:

```
1 mininet> h2 killall iperf3
```

– Сравните результат с отчётом предыдущего эксперимента.

```
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 49720 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate      Retr  Cwnd
[ 5]  0.00-1.00    sec   310 MBytes  2.60 Gbits/sec     0   2.84 MBytes
[ 5]  1.00-2.00    sec   289 MBytes  2.42 Gbits/sec     0   4.20 MBytes
[ 5]  2.00-3.00    sec   289 MBytes  2.42 Gbits/sec     0   5.10 MBytes
[ 5]  3.00-4.01    sec   262 MBytes  2.19 Gbits/sec     0   5.36 MBytes
[ 5]  4.01-5.00    sec   285 MBytes  2.39 Gbits/sec     0   5.63 MBytes
[ 5]  5.00-6.00    sec   296 MBytes  2.50 Gbits/sec     0   5.91 MBytes
[ 5]  6.00-7.00    sec   342 MBytes  2.86 Gbits/sec     0   6.20 MBytes
[ 5]  7.00-8.00    sec   342 MBytes  2.88 Gbits/sec     0   6.65 MBytes
[ 5]  8.00-9.01    sec   325 MBytes  2.72 Gbits/sec     0   6.65 MBytes
[ 5]  9.01-10.00   sec   352 MBytes  2.97 Gbits/sec     0   6.65 MBytes
- - - - -
[ ID] Interval           Transfer     Bitrate      Retr
[ 5]  0.00-10.00   sec   3.02 GBytes  2.59 Gbits/sec     0
[ 5]  0.00-10.01   sec   3.02 GBytes  2.59 Gbits/sec
sender
receiver

iperf Done.
mininet>
```

5. 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:

```
1 iperf3 -s
```

– В терминале h1 запустите клиент iPerf3 с параметром `-t`, за которым следует количество секунд:

```
1 iperf3 -c 10.0.0.2 -t 5
```

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

```
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 49730
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 49732
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate
[ 7]  0.00-1.00    sec    343 MBytes  2.87 Gbits/sec
[ 7]  1.00-2.00    sec    318 MBytes  2.67 Gbits/sec
[ 7]  2.00-3.00    sec    354 MBytes  2.96 Gbits/sec
[ 7]  3.00-4.00    sec    316 MBytes  2.66 Gbits/sec
[ 7]  4.00-5.00    sec    357 MBytes  3.00 Gbits/sec
[ 7]  5.00-6.00    sec    314 MBytes  2.63 Gbits/sec
[ 7]  6.00-7.00    sec    277 MBytes  2.32 Gbits/sec
[ 7]  7.00-8.00    sec    315 MBytes  2.64 Gbits/sec
[ 7]  8.00-9.00    sec    325 MBytes  2.73 Gbits/sec
[ 7]  9.00-10.00   sec    305 MBytes  2.56 Gbits/sec
[ 7] 10.00-11.00   sec    333 MBytes  2.80 Gbits/sec
```



```

[ 7] 8.00-9.00 sec 316 MBytes 2.65 Gbits/sec 0 17.9 MBytes
[ 7] 9.00-10.00 sec 345 MBytes 2.90 Gbits/sec 0 17.9 MBytes
- - - - -
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate      Retr
[ 7] 0.00-10.00 sec 3.11 GBytes 2.68 Gbits/sec 10
[ 7] 0.00-10.00 sec 3.11 GBytes 2.67 Gbits/sec
sender receiver

iperf Done.
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 49724 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7] 0.00-1.00 sec 275 MBytes 2.30 Gbits/sec 0 3.06 MBytes
[ 7] 1.00-2.00 sec 310 MBytes 2.60 Gbits/sec 0 3.91 MBytes
[ 7] 2.00-3.00 sec 310 MBytes 2.60 Gbits/sec 0 4.76 MBytes
[ 7] 3.00-4.00 sec 306 MBytes 2.57 Gbits/sec 0 5.78 MBytes
[ 7] 4.00-5.00 sec 308 MBytes 2.58 Gbits/sec 0 6.07 MBytes
- - - - -
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate      Retr
[ 7] 0.00-5.00 sec 1.47 GBytes 2.53 Gbits/sec 0
[ 7] 0.00-5.01 sec 1.47 GBytes 2.52 Gbits/sec
sender receiver

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

```

6. 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.
 - Сравните результат с отчётами из предыдущих экспериментов.

```

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 49726
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 49728
[ ID] Interval            Transfer        Bitrate
[ 7]  0.00-2.00      sec    658 MBytes    2.76 Gbits/sec
[ 7]  2.00-4.00      sec    612 MBytes    2.57 Gbits/sec
[ 7]  4.00-6.00      sec    612 MBytes    2.56 Gbits/sec
[ 7]  6.00-8.00      sec    599 MBytes    2.51 Gbits/sec
[ 7]  8.00-10.00     sec    596 MBytes    2.50 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.01     sec     1.00 MBytes     733 Mbits/sec
-----
[ ID] Interval            Transfer        Bitrate
[ 7]  0.00-10.01     sec    3.00 GBytes    2.58 Gbits/sec
-----
Server listening on 5201
-----
^Ciperf3: interrupt - the server has terminated
root@mininet-vm:/home/mininet#

```

```

iperf Done.
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 49728 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval            Transfer        Bitrate        Retr  Cwnd
[ 7]  0.00-2.00      sec    658 MBytes    2.76 Gbits/sec     0   5.10 MBytes
[ 7]  2.00-4.00      sec    612 MBytes    2.57 Gbits/sec     0   6.20 MBytes
[ 7]  4.00-6.00      sec    612 MBytes    2.57 Gbits/sec     0   6.52 MBytes
[ 7]  6.00-8.00      sec    596 MBytes    2.50 Gbits/sec     0   6.52 MBytes
[ 7]  8.00-10.00     sec    596 MBytes    2.50 Gbits/sec     0   6.52 MBytes
-----
[ ID] Interval            Transfer        Bitrate        Retr
[ 7]  0.00-10.00     sec    3.00 GBytes    2.58 Gbits/sec     0
[ 7]  0.00-10.01     sec    3.00 GBytes    2.58 Gbits/sec     0
-----
sender
receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet#

```

7. Задайте на клиенте iPerf3 отправку определённого объёма данных.

Используйте опцию -n для установки количества байт для передачи:

– В терминале h2 запустите сервер iPerf3:

1 iperf3 -s

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

1 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.

```

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 49730
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 49732
[ ID] Interval            Transfer          Bitrate
[ 7]  0.00-1.00      sec    343 MBytes    2.87 Gbits/sec
[ 7]  1.00-2.00      sec    318 MBytes    2.67 Gbits/sec
[ 7]  2.00-3.00      sec    354 MBytes    2.96 Gbits/sec
[ 7]  3.00-4.00      sec    316 MBytes    2.66 Gbits/sec
[ 7]  4.00-5.00      sec    357 MBytes    3.00 Gbits/sec
[ 7]  5.00-6.00      sec    314 MBytes    2.63 Gbits/sec
[ 7]  6.00-7.00      sec    277 MBytes    2.32 Gbits/sec
[ 7]  7.00-8.00      sec    315 MBytes    2.64 Gbits/sec
[ 7]  8.00-9.00      sec    325 MBytes    2.73 Gbits/sec
[ 7]  9.00-10.00     sec    305 MBytes    2.56 Gbits/sec
[ 7] 10.00-11.00     sec    333 MBytes    2.80 Gbits/sec

```

```

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 49732 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval            Transfer          Bitrate      Retr    Cwnd
[ 7]  0.00-1.00      sec    344 MBytes    2.88 Gbits/sec     0   3.89 MBytes
[ 7]  1.00-2.01      sec    318 MBytes    2.64 Gbits/sec     0   5.51 MBytes
[ 7]  2.01-3.00      sec    355 MBytes    3.00 Gbits/sec     0   5.78 MBytes
[ 7]  3.00-4.01      sec    315 MBytes    2.63 Gbits/sec     0   5.78 MBytes
[ 7]  4.01-5.01      sec    358 MBytes    3.00 Gbits/sec     0   6.07 MBytes
[ 7]  5.01-6.01      sec    314 MBytes    2.63 Gbits/sec     0   6.07 MBytes
[ 7]  6.01-7.01      sec    276 MBytes    2.32 Gbits/sec     0   6.37 MBytes
[ 7]  7.01-8.01      sec    315 MBytes    2.64 Gbits/sec     0   6.37 MBytes
[ 7]  8.01-9.00      sec    325 MBytes    2.74 Gbits/sec     0   6.69 MBytes
[ 7]  9.00-10.01     sec    305 MBytes    2.54 Gbits/sec     0   6.69 MBytes
[ 7] 10.01-11.01     sec    334 MBytes    2.80 Gbits/sec     0   6.69 MBytes
[ 7] 11.01-12.00     sec    300 MBytes    2.53 Gbits/sec     0   6.69 MBytes
[ 7] 12.00-13.00     sec    352 MBytes    2.97 Gbits/sec     0   6.69 MBytes
[ 7] 13.00-14.01     sec    352 MBytes    2.94 Gbits/sec     0   6.69 MBytes
[ 7] 14.01-15.00     sec    372 MBytes    3.14 Gbits/sec     0   6.69 MBytes
[ 7] 15.00-16.00     sec    366 MBytes    3.06 Gbits/sec     0   6.69 MBytes
[ 7] 16.00-17.00     sec    306 MBytes    2.57 Gbits/sec     0   6.69 MBytes

```

8. 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:

1 iperf3 -s

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

1 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: h2" (on mininet-vm)
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 59434
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate      Jitter      Lost/Total Data
rams
[ 7]  0.00-1.00    sec    127 KBytes    1.04 Mbits/sec    0.090 ms    0/90 (0%)
[ 7]  1.00-2.00    sec    129 KBytes    1.05 Mbits/sec    0.060 ms    0/91 (0%)
[ 7]  2.00-3.00    sec    127 KBytes    1.04 Mbits/sec    0.096 ms    0/90 (0%)
[ 7]  3.00-4.00    sec    127 KBytes    1.04 Mbits/sec    0.102 ms    0/90 (0%)
[ 7]  4.00-5.00    sec    129 KBytes    1.06 Mbits/sec    0.108 ms    0/91 (0%)
[ 7]  5.00-6.00    sec    129 KBytes    1.05 Mbits/sec    0.064 ms    0/91 (0%)
[ 7]  6.00-7.00    sec    127 KBytes    1.04 Mbits/sec    0.067 ms    0/90 (0%)
[ 7]  7.00-8.00    sec    129 KBytes    1.05 Mbits/sec    0.226 ms    0/91 (0%)
[ 7]  8.00-9.00    sec    127 KBytes    1.04 Mbits/sec    0.262 ms    0/90 (0%)
[ 7]  9.00-10.00   sec    129 KBytes    1.05 Mbits/sec    0.067 ms    0/91 (0%)
[ 7] 10.00-10.01   sec    1.41 KBytes    1.04 Mbits/sec    0.066 ms    0/1 (0%)
-----
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate      Jitter      Lost/Total Data
rams
[ 7]  0.00-10.01   sec    1.25 MBytes    1.05 Mbits/sec    0.066 ms    0/906 (0%)  rec
iver
-----
Server listening on 5201

```

```

iperf3: error - unable to write to stream socket: Connection reset by peer
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 59434 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    1.06 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    1.06 Mbits/sec    91
[ 7]  8.00-9.00    sec    127 KBytes    1.04 Mbits/sec    90
[ 7]  9.00-10.00   sec    129 KBytes    1.05 Mbits/sec    91
-----
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate      Jitter      Lost/Total Datag
rams
[ 7]  0.00-10.00   sec    1.25 MBytes    1.05 Mbits/sec    0.000 ms    0/906 (0%)  send

```

9. 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:

1 iperf3 -s -p 3250

– В терминале h1 запустите клиент iPerf3, указав порт:

1 iperf3 -c 10.0.0.2 -p 3250

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

```
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2 -p 3250
Connecting to host 10.0.0.2, port 3250
[ 7] local 10.0.0.1 port 47090 connected to 10.0.0.2 port 3250
[ ID] Interval            Transfer          Bitrate          Retr  Cwnd
[ 7]  0.00-1.01      sec    397 MBytes      3.31 Gbits/sec    16    723 KBytes
[ 7]  1.01-2.02      sec    405 MBytes      3.36 Gbits/sec     0    725 KBytes
[ 7]  2.02-3.01      sec    442 MBytes      3.75 Gbits/sec     0    771 KBytes
[ 7]  3.01-4.01      sec    388 MBytes      3.24 Gbits/sec     1    911 KBytes
[ 7]  4.01-5.01      sec    440 MBytes      3.71 Gbits/sec     0    1.02 MBytes
[ 7]  5.01-6.00      sec    428 MBytes      3.60 Gbits/sec     0    1.13 MBytes
[ 7]  6.00-7.01      sec    411 MBytes      3.43 Gbits/sec     0    1.23 MBytes
[ 7]  7.01-8.00      sec    415 MBytes      3.50 Gbits/sec     0    1.29 MBytes
[ 7]  8.00-9.01      sec    439 MBytes      3.67 Gbits/sec     0    1.40 MBytes
[ 7]  9.01-10.01     sec    429 MBytes      3.59 Gbits/sec     0    1.47 MBytes
-----
[ ID] Interval            Transfer          Bitrate          Retr
[ 7]  0.00-10.01     sec    4.10 GBytes      3.51 Gbits/sec    17
[ 7]  0.00-10.01     sec    4.10 GBytes      3.51 Gbits/sec
eiver
iperf Done.
```

```
Server listening on 3250
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 47088
[ 7] local 10.0.0.2 port 3250 connected to 10.0.0.1 port 47090
[ ID] Interval            Transfer          Bitrate
[ 7]  0.00-1.00      sec    397 MBytes      3.33 Gbits/sec
[ 7]  1.00-2.00      sec    402 MBytes      3.38 Gbits/sec
[ 7]  2.00-3.00      sec    445 MBytes      3.73 Gbits/sec
[ 7]  3.00-4.00      sec    385 MBytes      3.23 Gbits/sec
[ 7]  4.00-5.00      sec    443 MBytes      3.72 Gbits/sec
[ 7]  5.00-6.00      sec    428 MBytes      3.59 Gbits/sec
[ 7]  6.00-7.00      sec    411 MBytes      3.45 Gbits/sec
[ 7]  7.00-8.00      sec    415 MBytes      3.48 Gbits/sec
[ 7]  8.00-9.00      sec    438 MBytes      3.68 Gbits/sec
[ 7]  9.00-10.00     sec    429 MBytes      3.60 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.01     sec     128 KBytes      97.9 Mbits/sec
-----
[ ID] Interval            Transfer          Bitrate
[ 7]  0.00-10.01     sec    4.10 GBytes      3.51 Gbits/sec
receiver
Server listening on 3250
```

10. 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 -1 на сервере iPerf3:

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

```
1 iperf3 -s -l
```

– В терминале h1 запустите клиент iPerf3:

```
1 iperf3 -c 10.0.0.2
```

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

```
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 49742 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval            Transfer          Bitrate          Retr   Cwnd
[ 7]  0.00-1.00    sec    384 MBytes      3.21 Gbits/sec    0     2.04 MBytes
[ 7]  1.00-2.00    sec    391 MBytes      3.29 Gbits/sec    0     4.90 MBytes
[ 7]  2.00-3.00    sec    396 MBytes      3.32 Gbits/sec    0     5.95 MBytes
[ 7]  3.00-4.00    sec    399 MBytes      3.34 Gbits/sec    0     6.89 MBytes
[ 7]  4.00-5.00    sec    378 MBytes      3.17 Gbits/sec    0     6.89 MBytes
[ 7]  5.00-6.00    sec    369 MBytes      3.09 Gbits/sec    0     6.89 MBytes
[ 7]  6.00-7.00    sec    398 MBytes      3.33 Gbits/sec    0     7.24 MBytes
[ 7]  7.00-8.00    sec    392 MBytes      3.28 Gbits/sec    0     7.24 MBytes
[ 7]  8.00-9.00    sec    399 MBytes      3.36 Gbits/sec    0     7.24 MBytes
[ 7]  9.00-10.00   sec    395 MBytes      3.31 Gbits/sec    0     7.24 MBytes
- - - - -
[ ID] Interval            Transfer          Bitrate          Retr
[ 7]  0.00-10.00   sec    3.81 GBytes      3.27 Gbits/sec    0
[ 7]  0.00-10.01   sec    3.81 GBytes      3.27 Gbits/sec
sender
receiver
iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

```
^Ciperf3: interrupt - the server has terminated
root@mininet-vm:/home/mininet# 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 49740
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 49742
[ ID] Interval            Transfer          Bitrate
[ 7]  0.00-1.00    sec    380 MBytes      3.19 Gbits/sec
[ 7]  1.00-2.00    sec    392 MBytes      3.29 Gbits/sec
[ 7]  2.00-3.00    sec    397 MBytes      3.33 Gbits/sec
[ 7]  3.00-4.00    sec    398 MBytes      3.34 Gbits/sec
[ 7]  4.00-5.00    sec    376 MBytes      3.15 Gbits/sec
[ 7]  5.00-6.00    sec    371 MBytes      3.12 Gbits/sec
[ 7]  6.00-7.00    sec    397 MBytes      3.33 Gbits/sec
[ 7]  7.00-8.00    sec    392 MBytes      3.29 Gbits/sec
[ 7]  8.00-9.00    sec    396 MBytes      3.32 Gbits/sec
[ 7]  9.00-10.00   sec    395 MBytes      3.31 Gbits/sec
[ 7] 10.00-10.01   sec    5.38 MBytes      3.77 Gbits/sec
- - - - -
[ ID] Interval            Transfer          Bitrate
[ 7]  0.00-10.01   sec    3.81 GBytes      3.27 Gbits/sec
receiver
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

11. Экспортируйте результаты теста измерения пропускной способности

iPerf3

в файл JSON:

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

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

– В терминале h2 запустите сервер iPerf3:

```
1 iperf3 -s
```

– В терминале h1 запустите клиент iPerf3, указав параметр -J для отображения вывода результатов в формате JSON:

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

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

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

```
1 iperf3 -c 10.0.0.2 -J >
```

```
↪ /home/mininet/work/lab_iperf3/iperf_results.json
```

– Убедитесь, что файл iperf_results.json создан в указанном каталоге.

Для этого в терминале хоста h1 введите следующие команды:

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

```
2 ls -l
```

Команда cat может использоваться для отображения содержимого файла.

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

– Завершите работу mininet в интерактивном режиме, введя в интерфейсе mininet:

```
1 mininet> exit
```

```
Last login: Fri Dec 1 18:36:12 2023 from 192.168.56.1
mininet@mininet-vm:~$ mkdir -p ~/work/lab_iperf3
mininet@mininet-vm:~$
```

```

root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2 -J
{
  "start": {
    "connected": [{
      "socket": 7,
      "local_host": "10.0.0.1",
      "local_port": 49746,
      "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, 02 Dec 2023 03:21:14 GMT",
      "timesecs": 1701487274
    },
    "connecting_to": {
      "host": "10.0.0.2",
      "port": 5201
    },
    "cookie": "u5lnzrnyax65bzw7jdazq7dnai4qphmquioq",
  }
}

```

```

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 49744
  7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 49746
ID] Interval      Transfer      Bitrate
  7]  0.00-1.00    sec    277 MBytes    2.32 Gbits/sec
  7]  1.00-2.00    sec    300 MBytes    2.51 Gbits/sec
  7]  2.00-3.00    sec    288 MBytes    2.42 Gbits/sec
  7]  3.00-4.00    sec    288 MBytes    2.42 Gbits/sec
  7]  4.00-5.00    sec    303 MBytes    2.54 Gbits/sec
  7]  5.00-6.00    sec    280 MBytes    2.35 Gbits/sec
  7]  6.00-7.00    sec    316 MBytes    2.65 Gbits/sec
  7]  7.00-8.00    sec    310 MBytes    2.60 Gbits/sec
  "cookie": "u5lnzrnyax65bzw7jdazq7dnai4qphmquioq",

```

```

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# ls -Al /home/mininet/work/lab_iperf3/iperf_results.json
-rw-r--r-- 1 root root 7791 Dec  1 19:44 /home/mininet/work/lab_iperf3/iperf_results.json
root@mininet-vm:/home/mininet# chwon mininet:mininet /home/mininet/work/lab_iperf3/iperf_results.json
Command 'chwon' not found, did you mean:
  command 'chcon' from deb coreutils (8.30-3ubuntu2)
  command 'chown' from deb coreutils (8.30-3ubuntu2)

Try: apt install <deb name>

root@mininet-vm:/home/mininet# chown mininet:mininet /home/mininet/work/lab_iperf3/iperf_results.json
root@mininet-vm:/home/mininet#

```

```

root@mininet-vm:/home/mininet# cd /home/mininet/work/lab_iperf3
root@mininet-vm:/home/mininet/work/lab_iperf3# ls -l
total 8
-rw-r--r-- 1 mininet mininet 7791 Dec  1 19:44 iperf_results.json
root@mininet-vm:/home/mininet/work/lab_iperf3#

```

```

mininet> exit
*** Stopping 1 controllers
c0
*** Stopping 8 terms
*** Stopping 2 links
..
*** Stopping 1 switches
s1
*** Stopping 2 hosts
h1 h2
*** Done
completed in 3283.343 seconds
mininet@mininet-vm:~$

```

12. 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 $DISPLAY
mininet-vm/unix:10 MIT-MAGIC-COOKIE-1 61180c21373ff98a530a950f6bb99ca4
mininet@mininet-vm:~$ sudo -i
root@mininet-vm:~# xauth add mininet-vm/unix:10 MIT-MAGIC-COOKIE-1 61180c21373ff98a530a950f6bb99ca4
root@mininet-vm:~# logout
mininet@mininet-vm:~$ cd ~/work/lab_iperf3
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ ls -l
total 8
-rw-r--r-- 1 mininet mininet 7791 Dec  1 19:44 iperf_results.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 Dec  1 19:44 iperf_results.json
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$

```

```

mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ ls -l
total 8
-rw-r--r-- 1 mininet mininet 7791 Dec  1 19:44 iperf_results.json
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3$ cd ~/work/lab_iperf3/results

```

Выводы

В ходе полученные навыки ознакомления 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.

.