

Отчёт по лабораторной работе №2

Моделирование сетей передачи данных

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

Выполнила: Коннова Татьяна Алексеевна,
НПИбд-01-22, 1132221814

Содержание

1	Цель работы	4
2	Выполнение лабораторной работы	5
2.1	Установка необходимого программного обеспечения	5
2.2	Интерактивные эксперименты	8
3	Вывод	22
4	Список литературы. Библиография	23

Список иллюстраций

2.1	Обновление репозитория программного обеспечения	5
2.2	Установка <code>iperf3</code>	6
2.3	Установка необходимого дополнительного программного обеспечения на виртуальную машину	7
2.4	Развертывание <code>iperf3_plotter</code>	7
2.5	Исправление прав запуска X-соединения	8
2.6	Создание простейшей топологии, состоящей из двух хостов и коммутатора	9
2.7	Просмотр параметров топологии	10
2.8	Запуск сервера <code>iperf3</code> в терминале <code>h2</code>	10
2.9	Запуск клиента <code>iperf3</code> в терминале хоста <code>h1</code>	11
2.10	Остановка сервера <code>iPerf3</code> в терминале хоста <code>h2</code>	12
2.11	Запуск сервера <code>iperf3</code> на хосте <code>h2</code> , запуск клиента <code>iperf3</code> на хосте <code>h1</code> , остановка серверного процесса	13
2.12	Запуск сервера <code>iperf3</code> в терминале <code>h2</code>	14
2.13	Запуск клиента <code>iperf3</code> в терминале <code>h1</code> с параметром <code>-t</code> (5 секунд)	14
2.14	Запуск сервера <code>iperf3</code> в терминале <code>h2</code> с 2-секундным интервалом времени отсчёта	15
2.15	Запуск клиента <code>iperf3</code> в терминале <code>h1</code> с 2-секундным интервалом времени отсчёта	15
2.16	Запуск сервера <code>iperf3</code> в терминале <code>h2</code>	15
2.17	Запуск клиента <code>iperf3</code> в терминале <code>h1</code> с объёмом данных 16 Гбайт	16
2.18	Запуск сервера <code>iperf3</code> в терминале <code>h2</code>	16
2.19	Запуск клиента <code>iperf3</code> в терминале <code>h1</code> с протоколом UDP	17
2.20	Запуск сервера <code>iperf3</code> в терминале <code>h2</code> с портом прослушивания	17
2.21	Запуск клиента <code>iperf3</code> в терминале <code>h1</code> с портом	18
2.22	Запуск сервера <code>iperf3</code> в терминале <code>h2</code> с параметром <code>-1</code> (чтобы принять только 1 клиента)	18
2.23	Запуск клиента <code>iperf3</code> в терминале <code>h1</code>	19
2.24	Запуск сервера <code>iperf3</code> в терминале <code>h2</code>	19
2.25	Запуск клиента <code>iperf3</code> в терминале <code>h1</code> с параметром <code>-J</code> (отображение вывода в формате JSON)	20
2.26	Экспортирование вывода результатов теста в файл	20
2.27	Завершение работы <code>mininet</code> в интерактивном режиме	21

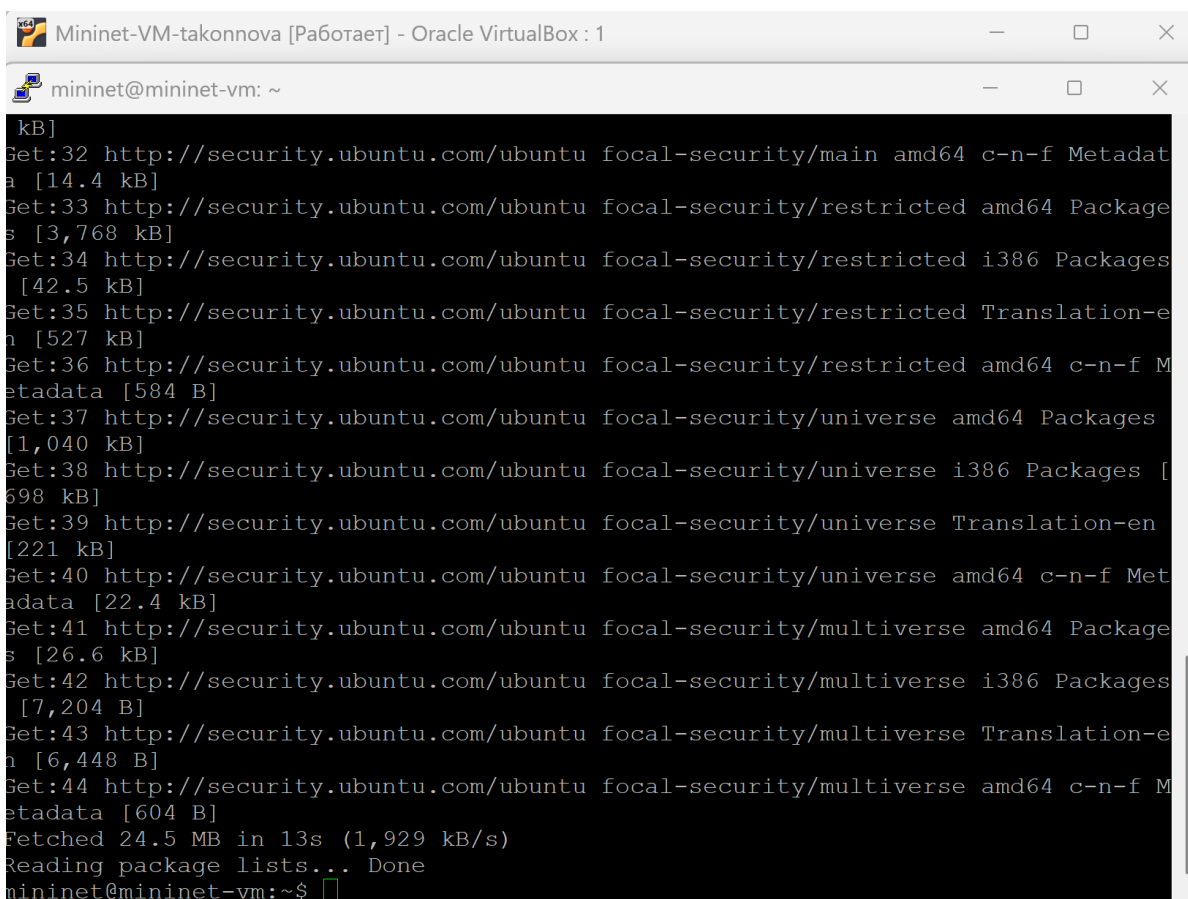
1 Цель работы

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

2 Выполнение лабораторной работы

2.1 Установка необходимого программного обеспечения

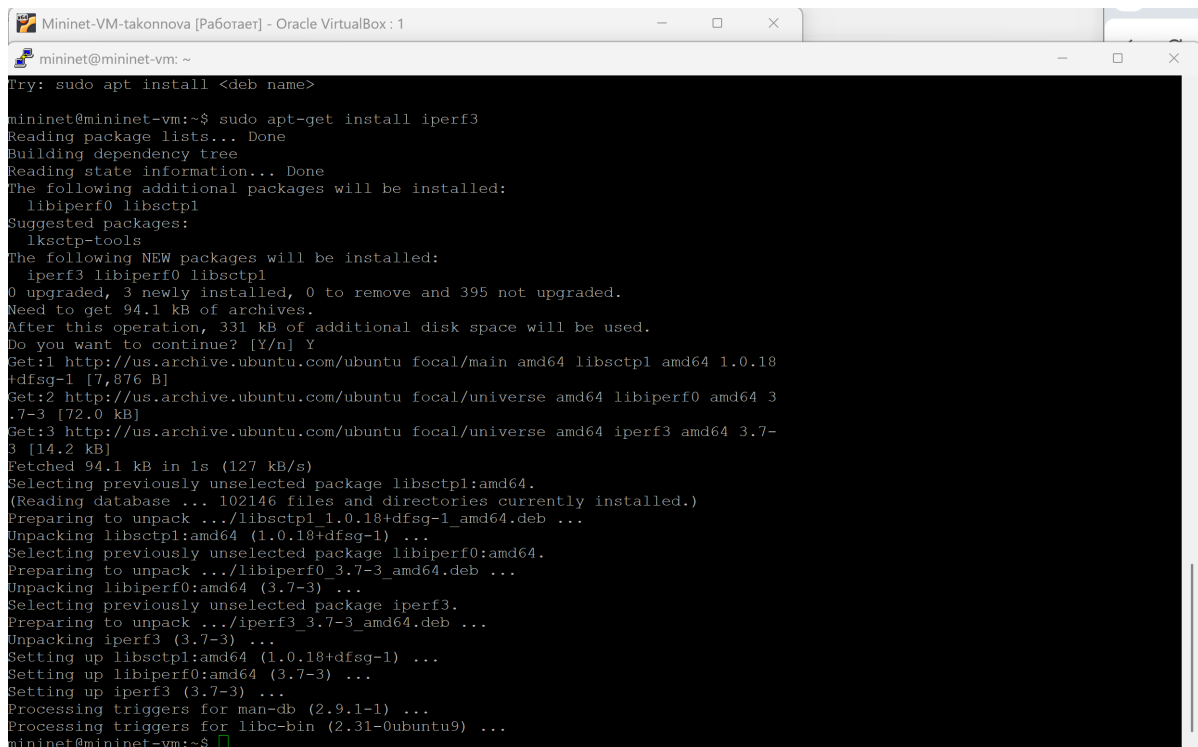
После запуска виртуальной машины обновим репозитории программного обеспечения (рис. 2.1):



```
Mininet-VM-takonnova [Работает] - Oracle VirtualBox : 1
mininet@mininet-vm: ~
kB]
Get:32 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/main amd64 c-n-f Metadata
a [14.4 kB]
Get:33 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/restricted amd64 Package
s [3,768 kB]
Get:34 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/restricted i386 Packages
[42.5 kB]
Get:35 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/restricted Translation-e
n [527 kB]
Get:36 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/restricted amd64 c-n-f M
etadate [584 B]
Get:37 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/universe amd64 Packages
[1,040 kB]
Get:38 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/universe i386 Packages [
698 kB]
Get:39 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/universe Translation-en
[221 kB]
Get:40 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/universe amd64 c-n-f Met
adata [22.4 kB]
Get:41 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/multiverse amd64 Package
s [26.6 kB]
Get:42 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/multiverse i386 Packages
[7,204 B]
Get:43 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/multiverse Translation-e
n [6,448 B]
Get:44 http://security.ubuntu.com/ubuntu focal-security/multiverse amd64 c-n-f M
etadate [604 B]
Fetched 24.5 MB in 13s (1,929 kB/s)
Reading package lists... Done
mininet@mininet-vm:~$
```

Рис. 2.1: Обновление репозитория программного обеспечения

Затем установим `iperf3` (рис. 2.2):



```
Mininet-VM-takonnova [Работаer] - Oracle VirtualBox: 1
mininet@mininet-vm: ~
Try: sudo apt install <deb name>

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 395 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 (127 kB/s)
Selecting previously unselected package libsctp1:amd64.
(Reading database ... 102146 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:~$
```

Рис. 2.2: Установка `iperf3`

Установим необходимое дополнительное программное обеспечение на виртуальную машину (рис. 2.3):

```
Mininet-VM-takonnova [Работает] - Oracle VirtualBox: 1
mininet@mininet-vm: ~
Unpacking iperf3 (3.7-3) ...
Setting up libscpt1: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:~$ 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 libjgl 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 libsynctex2
  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 radiance sane-utils texlive-base-bin transfig ufw xdg-utils lrzip libenchant-2-voikko inkscape
  libjxr-tools libwmf0.2-7-gtk
The following NEW packages will be installed:
  aglfn aspell aspell-en bubblewrap enchant-2 evince evince-common fonts-liberation gnome-desktop3-data gnuplot-data
  gnuplot-nox groff hunspell-en-us imagemagick imagemagick-6.q16 jq 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 libjgl libkpathsea6 liblua5.3-0 libmagickcore-6.q16-6-extra
  libnautilus-extension1a libnetpbm10 libnss3 libonig5 libopenexr24 libpoppler-glib8 libpoppler97 libsecret-1-0
  libsecret-common libspectre1 libsynctex2 libwmf0.2-7 netpbm psutils
The following packages will be upgraded:
  git
1 upgraded, 48 newly installed, 0 to remove and 394 not upgraded.
Need to get 19.0 MB of archives.
After this operation, 51.8 MB of additional disk space will be used.
Do you want to continue? [Y/n] Y
Get:1 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 libaspell15 amd64 0.60.8-1ubuntu0.1 [328 kB]
Get:2 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal-updates/main amd64 aspell amd64 0.60.8-1ubuntu0.1 [88.4 kB]
Get:3 http://us.archive.ubuntu.com/ubuntu focal/main amd64 aspell-en all 2018.04.16-0-1 [299 kB]
```

Рис. 2.3: Установка необходимого дополнительного программного обеспечения на виртуальную машину

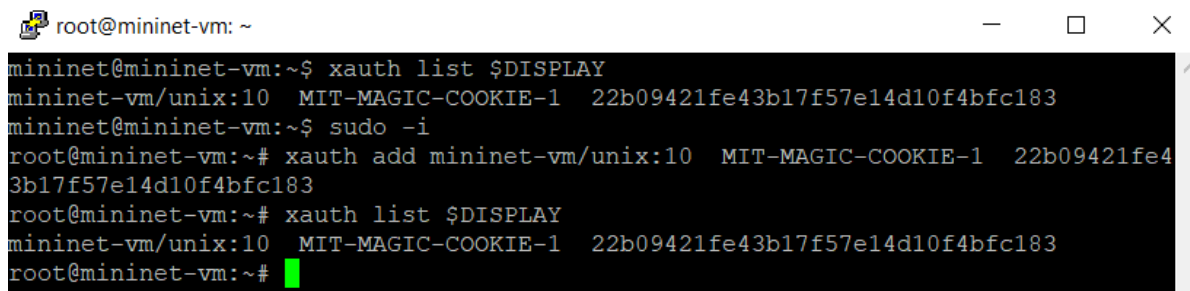
Развернём `iperf3_plotter`. Для этого перейдём во временный каталог и скачаем репозиторий, далее установим `iperf3_plotter` (рис. 2.4):

```
Mininet-VM-takonnova [Работает] - Oracle VirtualBox: 1
mininet@mininet-vm: ~
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:~$ cd /tmp
mininet@mininet-vm:/tmp$ git clone https://github.com/ekfoury/iperf3_plotter.git
Cloning into 'iperf3_plotter'...
remote: Enumerating objects: 74, done.
remote: Total 74 (delta 0), reused 0 (delta 0), pack-reused 74 (from 1)
Unpacking objects: 100% (74/74), 100.09 KiB | 632.00 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$ cd
mininet@mininet-vm:~$
```

Рис. 2.4: Развертывание `iperf3_plotter`

2.2 Интерактивные эксперименты

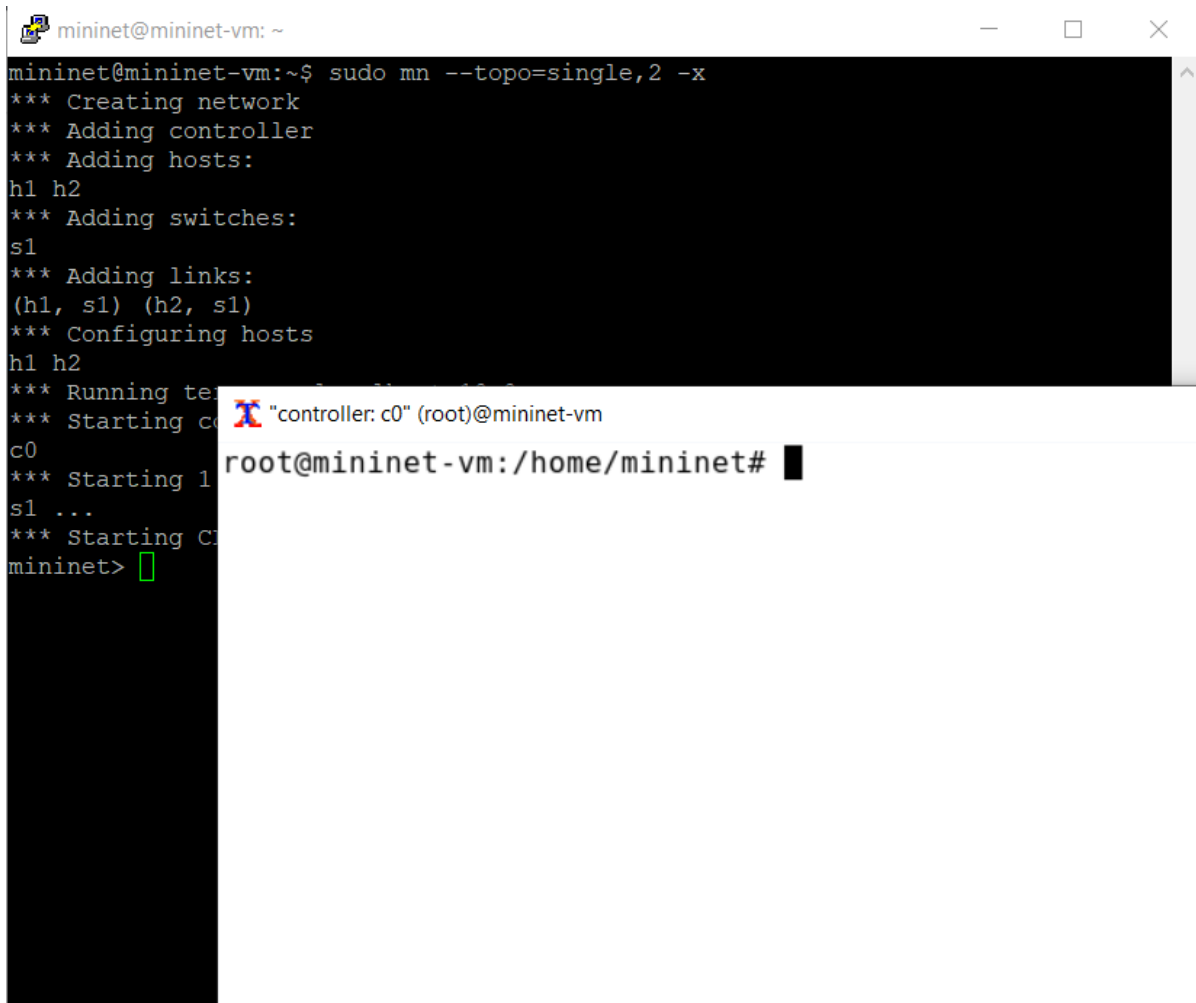
В самом начале исправим права запуска X-соединения (рис. 2.5):



```
root@mininet-vm: ~  
mininet@mininet-vm:~$ xauth list $DISPLAY  
mininet-vm/unix:10 MIT-MAGIC-COOKIE-1 22b09421fe43b17f57e14d10f4bfc183  
mininet@mininet-vm:~$ sudo -i  
root@mininet-vm:~# xauth add mininet-vm/unix:10 MIT-MAGIC-COOKIE-1 22b09421fe43b17f57e14d10f4bfc183  
root@mininet-vm:~# xauth list $DISPLAY  
mininet-vm/unix:10 MIT-MAGIC-COOKIE-1 22b09421fe43b17f57e14d10f4bfc183  
root@mininet-vm:~#
```

Рис. 2.5: Исправление прав запуска X-соединения

Зададим простейшую топологию, состоящую из двух хостов и коммутатора с назначенной по умолчанию mininet сетью 10.0.0.0/8. После команды запустились терминалы двух хостов, коммутатора и контроллера. Терминалы коммутатора и контроллера закроем (рис. 2.6):

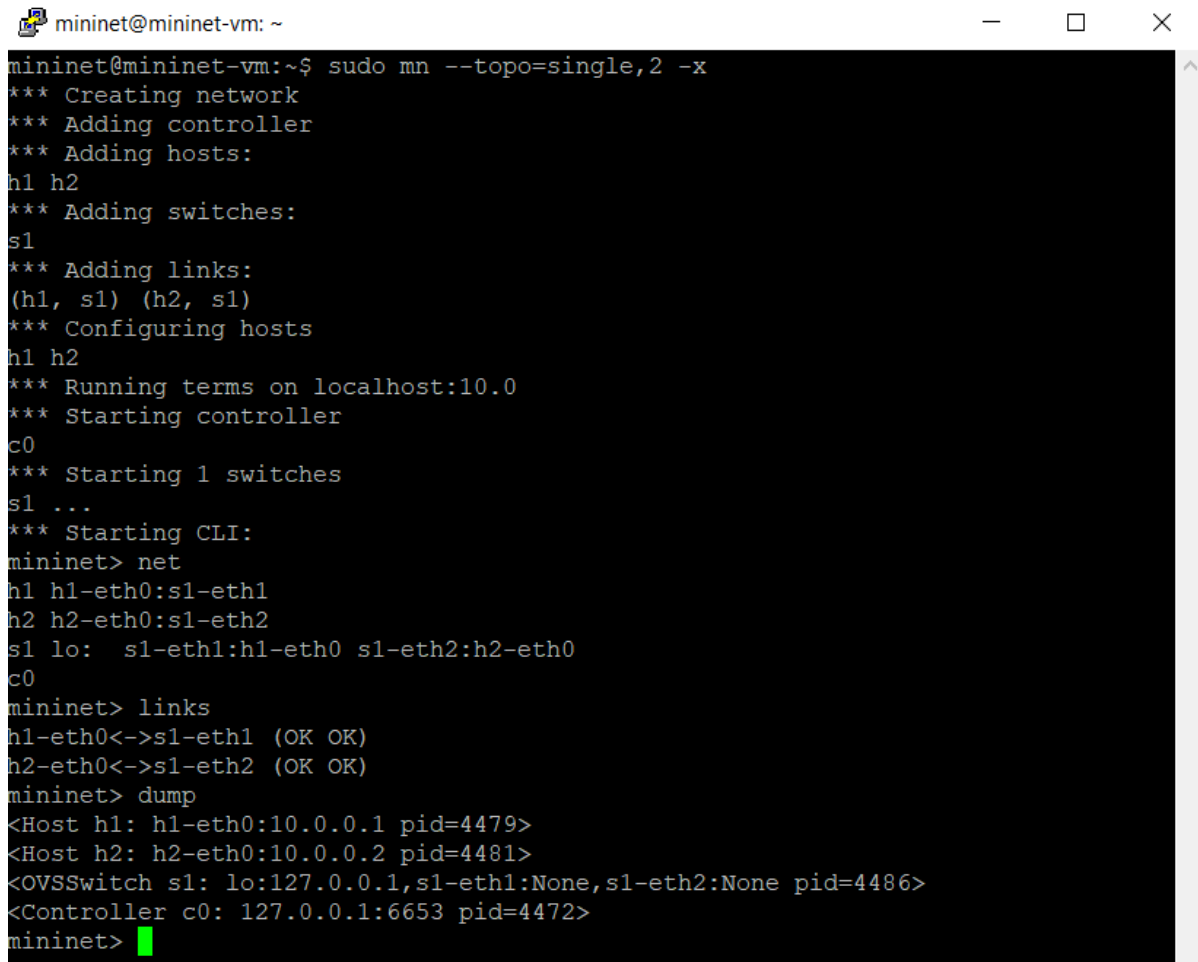


```
mininet@mininet-vm: ~  
mininet@mininet-vm:~$ sudo mn --topo=single,2 -x  
*** Creating network  
*** Adding controller  
*** Adding hosts:  
h1 h2  
*** Adding switches:  
s1  
*** Adding links:  
(h1, s1) (h2, s1)  
*** Configuring hosts  
h1 h2  
*** Running test  
*** Starting controller c0  
c0  
*** Starting 1  
s1 ...  
*** Starting C  
mininet> 
```

```
"controller: c0" (root)@mininet-vm  
root@mininet-vm:/home/mininet# 
```

Рис. 2.6: Создание простейшей топологии, состоящей из двух хостов и коммутатора

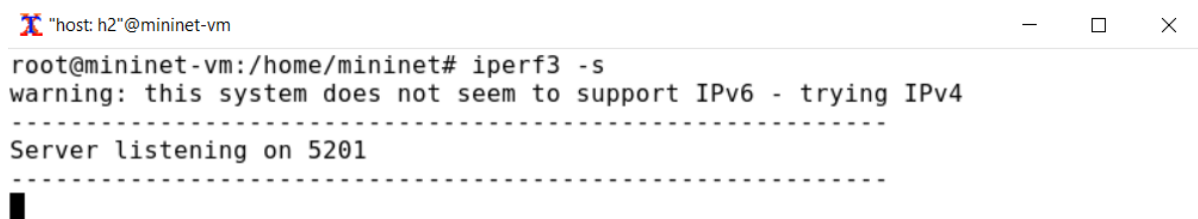
В терминале виртуальной машины посмотрим параметры запущенной в интерактивном режиме топологии (рис. 2.7):

A terminal window titled 'mininet@mininet-vm: ~' showing the execution of 'sudo mn --topo=single,2 -x'. The output displays the creation of a network with two hosts (h1, h2) and one switch (s1). It shows the configuration of links between h1 and s1, and h2 and s1. The terminal then shows the 'net' command output, listing the network configuration. Finally, the 'dump' command is executed, showing the details of the hosts, switch, and controller.

```
mininet@mininet-vm:~$ sudo mn --topo=single,2 -x
*** Creating network
*** Adding controller
*** Adding hosts:
h1 h2
*** Adding switches:
s1
*** Adding links:
(h1, s1) (h2, s1)
*** Configuring hosts
h1 h2
*** Running terms on localhost:10.0
*** Starting controller
c0
*** Starting 1 switches
s1 ...
*** Starting CLI:
mininet> net
h1 h1-eth0:s1-eth1
h2 h2-eth0:s1-eth2
s1 lo: s1-eth1:h1-eth0 s1-eth2:h2-eth0
c0
mininet> links
h1-eth0<->s1-eth1 (OK OK)
h2-eth0<->s1-eth2 (OK OK)
mininet> dump
<Host h1: h1-eth0:10.0.0.1 pid=4479>
<Host h2: h2-eth0:10.0.0.2 pid=4481>
<OVSSwitch s1: lo:127.0.0.1,s1-eth1:None,s1-eth2:None pid=4486>
<Controller c0: 127.0.0.1:6653 pid=4472>
mininet>
```

Рис. 2.7: Просмотр параметров топологии

В терминале h2 запустим сервер iPerf3. После запуска этой команды хост h2 перешёл в состояние прослушивания 5201-го порта в ожидании входящих подключений (рис. 2.8):

A terminal window titled '"host: h2"@mininet-vm' showing the execution of 'iperf3 -s' on host h2. The output shows a warning about IPv6 support and the server listening on port 5201.

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

Рис. 2.8: Запуск сервера iPerf3 в терминале h2

В терминале хоста h1 запустим клиент iPerf3. Здесь параметр -s указывает, что

хост h1 настроен как клиент, а параметр 10.0.0.2 является IP-адресом сервера iPerf3 (хост h2) (рис. 2.9):

```

"host: h1"@mininet-vm
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 45660 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7]  0.00-1.00    sec  1.94 GBytes 16.7 Gbits/sec  0    3.59 MBytes
[ 7]  1.00-2.00    sec  1.97 GBytes 16.9 Gbits/sec  0    4.58 MBytes
[ 7]  2.00-3.00    sec  1.08 GBytes 9.24 Gbits/sec  0    4.58 MBytes
[ 7]  3.00-4.00    sec  1.80 GBytes 15.5 Gbits/sec  0    4.58 MBytes
[ 7]  4.00-5.00    sec  2.01 GBytes 17.2 Gbits/sec  0    4.58 MBytes
[ 7]  5.00-6.00    sec  2.01 GBytes 17.3 Gbits/sec  0    4.80 MBytes
[ 7]  6.00-7.00    sec  1.93 GBytes 16.6 Gbits/sec  0    8.21 MBytes
[ 7]  7.00-8.00    sec  1.96 GBytes 16.9 Gbits/sec  0    8.21 MBytes
[ 7]  8.00-9.00    sec  1.98 GBytes 17.0 Gbits/sec  0    8.21 MBytes
[ 7]  9.00-10.00   sec  1.98 GBytes 17.0 Gbits/sec  0    8.21 MBytes
- - - - -
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate      Retr
[ 7]  0.00-10.00   sec  18.7 GBytes 16.0 Gbits/sec  0
[ 7]  0.00-10.00   sec  18.6 GBytes 16.0 Gbits/sec
iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet#

```

Рис. 2.9: Запуск клиента iPerf3 в терминале хоста h1

Остановим сервер iPerf3 в терминале хоста h2 (рис. 2.10):

```
host: h2"@mininet-vm
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -s
warning: this system does not seem to support IPv6 - trying IPv4
-----
Server listening on 5201
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 45658
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 45660
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate
[ 7] 0.00-1.00 sec      1.92 GBytes  16.5 Gbits/sec
[ 7] 1.00-2.00 sec      1.97 GBytes  16.9 Gbits/sec
[ 7] 2.00-3.00 sec      1.08 GBytes   9.21 Gbits/sec
[ 7] 3.00-4.00 sec      1.80 GBytes  15.5 Gbits/sec
[ 7] 4.00-5.00 sec      2.01 GBytes  17.2 Gbits/sec
[ 7] 5.00-6.00 sec      2.01 GBytes  17.3 Gbits/sec
[ 7] 6.00-7.00 sec      1.95 GBytes  16.8 Gbits/sec
[ 7] 7.00-8.00 sec      1.94 GBytes  16.7 Gbits/sec
[ 7] 8.00-9.00 sec      1.98 GBytes  17.0 Gbits/sec
[ 7] 9.00-10.00 sec     1.98 GBytes  17.0 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate
[ 7] 0.00-10.00 sec    18.6 GBytes  16.0 Gbits/sec
-----
Server listening on 5201
-----
█
```

Рис. 2.10: Остановка сервера iPerf3 в терминале хоста h2

Запустим сервер iPerf3 на хосте h2. запустим клиент iPerf3 на хосте h1 и потом остановим серверный процесс (рис. 2.11):

```
mininet@mininet-vm: ~
mininet> h2 iperf3 -s &
-----
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 85.3 KByte (default)
-----
mininet> h1 iperf3 -c h2
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 5] local 10.0.0.1 port 45666 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate      Retr  Cwnd
[ 5]  0.00-1.00    sec  2.00 GBytes 17.2 Gbits/sec  0  3.21 MBytes
[ 5]  1.00-2.00    sec  2.05 GBytes 17.6 Gbits/sec  0  3.21 MBytes
[ 5]  2.00-3.00    sec  1.99 GBytes 17.1 Gbits/sec  0  8.11 MBytes
[ 5]  3.00-4.00    sec  1.89 GBytes 16.2 Gbits/sec  0  8.11 MBytes
[ 5]  4.00-5.00    sec  1.58 GBytes 13.6 Gbits/sec  0  8.11 MBytes
[ 5]  5.00-6.00    sec  1.32 GBytes 11.4 Gbits/sec  0  8.11 MBytes
[ 5]  6.00-7.00    sec  1.94 GBytes 16.7 Gbits/sec  0  8.11 MBytes
[ 5]  7.00-8.00    sec  2.01 GBytes 17.3 Gbits/sec  0  8.11 MBytes
[ 5]  8.00-9.00    sec  1.94 GBytes 16.7 Gbits/sec  0  8.11 MBytes
[ 5]  9.00-10.00   sec  1.97 GBytes 16.9 Gbits/sec  0  8.11 MBytes
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate      Retr
[ 5]  0.00-10.00   sec  18.7 GBytes 16.1 Gbits/sec  0
[ 5]  0.00-10.00   sec  18.7 GBytes 16.1 Gbits/sec
                                     sender
                                     receiver

iperf Done.
mininet> h2 killall iperf3
warning: this system does not seem to support IPv6 - trying IPv4
-----
Server listening on 5201
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 45664
[ 5] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 45666
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 5]  0.00-1.01    sec  1.99 GBytes 17.0 Gbits/sec
[ 5]  1.01-2.00    sec  2.04 GBytes 17.6 Gbits/sec
[ 5]  2.00-3.00    sec  2.01 GBytes 17.3 Gbits/sec
[ 5]  3.00-4.00    sec  1.87 GBytes 16.0 Gbits/sec
[ 5]  4.00-5.00    sec  1.58 GBytes 13.6 Gbits/sec
[ 5]  5.00-6.00    sec  1.32 GBytes 11.3 Gbits/sec
[ 5]  6.00-7.00    sec  1.94 GBytes 16.7 Gbits/sec
[ 5]  7.00-8.00    sec  2.01 GBytes 17.3 Gbits/sec
[ 5]  8.00-9.00    sec  1.94 GBytes 16.7 Gbits/sec
[ 5]  9.00-10.00   sec  1.99 GBytes 17.1 Gbits/sec
[ 5] 10.00-10.00   sec    832 KBytes 13.1 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate
[ 5]  0.00-10.00   sec  18.7 GBytes 16.1 Gbits/sec
                                     receiver
-----
```

Рис. 2.11: Запуск сервера iperf3 на хосте h2, запуск клиента iperf3 на хосте h1, остановка серверного процесса

В терминале h2 запустим сервер iPerf3 (рис. 2.12):

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

Рис. 2.12: Запуск сервера iperf3 в терминале h2

В терминале h1 запустим клиент iPerf3 с параметром -t, за которым следует количество секунд (рис. 2.13):

```
"host: h1"@mininet-vm
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2 -t 5
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 45670 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7]  0.00-1.00    sec  1.62 GBytes  13.9 Gbits/sec    0   6.51 MBytes
[ 7]  1.00-2.00    sec  1.72 GBytes  14.8 Gbits/sec    0   6.51 MBytes
[ 7]  2.00-3.00    sec  1.73 GBytes  14.9 Gbits/sec    0   6.51 MBytes
[ 7]  3.00-4.00    sec  1.40 GBytes  12.1 Gbits/sec    0   6.51 MBytes
[ 7]  4.00-5.00    sec  1.67 GBytes  14.3 Gbits/sec    0   8.31 MBytes
-----
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate      Retr
[ 7]  0.00-5.00    sec  8.14 GBytes  14.0 Gbits/sec    0
[ 7]  0.00-5.00    sec  8.11 GBytes  13.9 Gbits/sec
                                     sender
                                     receiver

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

Рис. 2.13: Запуск клиента iperf3 в терминале h1 с параметром -t (5 секунд)

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. 2.14) и (рис. 2.14):

```
host: h2" @mininet-vm
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -s -i 2
warning: this system does not seem to support IPv6 - trying IPv4
-----
Server listening on 5201
-----
```

Рис. 2.14: Запуск сервера iperf3 в терминале h2 с 2-секундным интервалом времени отсчёта

```
host: h1" @mininet-vm
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2 -i 2
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 45674 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7]  0.00-2.00 sec    3.47 GBytes  14.9 Gbits/sec    9   4.06 MBytes
[ 7]  2.00-4.00 sec    3.94 GBytes  16.9 Gbits/sec    0   4.06 MBytes
[ 7]  4.00-6.00 sec    3.78 GBytes  16.2 Gbits/sec    0   4.06 MBytes
[ 7]  6.00-8.00 sec    3.53 GBytes  15.2 Gbits/sec    0   4.06 MBytes
[ 7]  8.00-10.00 sec   3.99 GBytes  17.1 Gbits/sec    0   4.06 MBytes
-----
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate      Retr
[ 7]  0.00-10.00 sec   18.7 GBytes  16.1 Gbits/sec    9
[ 7]  0.00-10.00 sec   18.7 GBytes  16.0 Gbits/sec    0
sender
receiver

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

Рис. 2.15: Запуск клиента iperf3 в терминале h1 с 2-секундным интервалом времени отсчёта

Зададим на клиенте iPerf3 отправку определённого объёма данных. Используем опцию -n для установки количества байт для передачи (рис. 2.16) и (рис. 2.17):

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

Рис. 2.16: Запуск сервера iperf3 в терминале h2

```
host: h1@mininet-vm
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2 -n 16G
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 45678 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7]  0.00-1.00      sec  1.93 GBytes  16.6 Gbits/sec    0   3.47 MBytes
[ 7]  1.00-2.00      sec  1.97 GBytes  16.9 Gbits/sec    0   3.47 MBytes
[ 7]  2.00-3.00      sec  2.02 GBytes  17.3 Gbits/sec    0   3.47 MBytes
[ 7]  3.00-4.00      sec  2.00 GBytes  17.2 Gbits/sec    0   3.47 MBytes
[ 7]  4.00-5.00      sec  2.02 GBytes  17.4 Gbits/sec    0   3.47 MBytes
[ 7]  5.00-6.00      sec  1.97 GBytes  17.0 Gbits/sec    0   4.42 MBytes
[ 7]  6.00-7.00      sec  2.00 GBytes  17.2 Gbits/sec    0   4.42 MBytes
[ 7]  7.00-8.00      sec  1.97 GBytes  17.0 Gbits/sec    1   4.42 MBytes
[ 7]  8.00-8.05      sec    110 MBytes  17.6 Gbits/sec    0   4.42 MBytes
-----
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate      Retr
[ 7]  0.00-8.05      sec  16.0 GBytes  17.1 Gbits/sec    1
[ 7]  0.00-8.05      sec  16.0 GBytes  17.0 Gbits/sec
sender
receiver

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

Рис. 2.17: Запуск клиента iperf3 в терминале h1 с объёмом данных 16 Гбайт

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. 2.18) и (рис. 2.19):

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

Рис. 2.18: Запуск сервера iperf3 в терминале h2


```
host: h1@mininet-vm
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2 -u
Connecting to host 10.0.0.2, port 5201
[ 7] local 10.0.0.1 port 48290 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate      Total Datagrams
[ 7] 0.00-1.00 sec      129 KBytes   1.05 Mbits/sec  91
[ 7] 1.00-2.00 sec      129 KBytes   1.05 Mbits/sec  91
[ 7] 2.00-3.00 sec      127 KBytes   1.04 Mbits/sec  90
[ 7] 3.00-4.00 sec      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  0.027 ms    0/906 (0%) receiver

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

Рис. 2.19: Запуск клиента iperf3 в терминале h1 с протоколом UDP

После завершения теста отобразились 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).

В тесте измерения пропускной способности iPerf3 изменим номер порта для отправки/получения пакетов или датаграмм через указанный порт. Используем для этого опцию -p (рис. 2.20) и (рис. 2.21):

```
host: h2@mininet-vm
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -s -p 3250
warning: this system does not seem to support IPv6 - trying IPv4
-----
Server listening on 3250
-----
```

Рис. 2.20: Запуск сервера iperf3 в терминале h2 с портом прослушивания

```
host: h1@mininet-vm
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2 -p 3250
Connecting to host 10.0.0.2, port 3250
[ 7] local 10.0.0.1 port 56094 connected to 10.0.0.2 port 3250
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate      Retr  Cwnd
[ 7]  0.00-1.00    sec   1.59 GBytes   13.7 Gbits/sec    0   4.30 MBytes
[ 7]  1.00-2.00    sec   1.79 GBytes   15.4 Gbits/sec    0   4.30 MBytes
[ 7]  2.00-3.00    sec   1.70 GBytes   14.6 Gbits/sec    0   4.74 MBytes
[ 7]  3.00-4.00    sec   2.02 GBytes   17.4 Gbits/sec    0   4.74 MBytes
[ 7]  4.00-5.00    sec   1.91 GBytes   16.4 Gbits/sec    0   4.74 MBytes
[ 7]  5.00-6.00    sec   2.01 GBytes   17.3 Gbits/sec    0   4.74 MBytes
[ 7]  6.00-7.00    sec   2.02 GBytes   17.3 Gbits/sec    0   8.10 MBytes
[ 7]  7.00-8.00    sec   1.97 GBytes   16.9 Gbits/sec    0   8.10 MBytes
[ 7]  8.00-9.00    sec   1.95 GBytes   16.7 Gbits/sec    0   8.10 MBytes
[ 7]  9.00-10.00   sec   1.98 GBytes   17.1 Gbits/sec    0   8.10 MBytes
- - - - -
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate      Retr
[ 7]  0.00-10.00   sec   18.9 GBytes   16.3 Gbits/sec    0
[ 7]  0.00-10.00   sec   18.9 GBytes   16.2 Gbits/sec    0
sender
receiver

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

Рис. 2.21: Запуск клиента iperf3 в терминале h1 с портом

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. 2.22) и (рис. 2.23):

```
host: h2@mininet-vm
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -s -1
warning: this system does not seem to support IPv6 - trying IPv4
-----
Server listening on 5201
-----
█
```

Рис. 2.22: Запуск сервера iperf3 в терминале h2 с параметром -1 (чтобы приять только 1 клиента)

```
"host: h2"@mininet-vm
root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -s -1
warning: this system does not seem to support IPv6 - trying IPv4
-----
Server listening on 5201
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 45686
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 45688
[ ID] Interval            Transfer          Bitrate
[ 7]  0.00-1.00    sec   1.97 GBytes    16.9 Gbits/sec
[ 7]  1.00-2.00    sec   2.00 GBytes    17.2 Gbits/sec
[ 7]  2.00-3.00    sec   1.97 GBytes    16.9 Gbits/sec
[ 7]  3.00-4.00    sec   1.54 GBytes    13.2 Gbits/sec
[ 7]  4.00-5.00    sec   1.59 GBytes    13.7 Gbits/sec
[ 7]  5.00-6.00    sec   1.84 GBytes    15.8 Gbits/sec
[ 7]  6.00-7.00    sec   1.91 GBytes    16.4 Gbits/sec
[ 7]  7.00-8.00    sec   1.98 GBytes    17.1 Gbits/sec
[ 7]  8.00-9.00    sec   1.60 GBytes    13.8 Gbits/sec
[ 7]  9.00-10.00   sec   1.53 GBytes    13.1 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval            Transfer          Bitrate
[ 7]  0.00-10.00   sec   17.9 GBytes    15.4 Gbits/sec
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

Рис. 2.23: Запуск клиента iperf3 в терминале h1

В терминале h2 запустим сервер iPerf3 (рис. 2.24):

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

Рис. 2.24: Запуск сервера iperf3 в терминале h2

В терминале h1 запустим клиент iPerf3, указав параметр -J для отображения вывода результатов в формате JSON (рис. 2.25):



```

root@mininet-vm:/home/mininet# iperf3 -c 10.0.0.2 -J
{
  "start": {
    "connected": [{
      "socket": 7,
      "local_host": "10.0.0.1",
      "local_port": 45692,
      "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": "Mon, 18 Nov 2024 11:40:20 GMT",
      "timesecs": 1731930020
    },
    "connecting_to": {
      "host": "10.0.0.2",
      "port": 5201
    },
    "cookie": "rgvirntfmik26rw5cj2sifmh6wwcxazcz27s",
    "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,

```

Рис. 2.25: Запуск клиента `iperf3` в терминале `h1` с параметром `-J` (отображение вывода в формате JSON)

Экспортируем вывод результатов теста в файл, перенаправив стандартный вывод в файл (рис. 2.26):

```

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# █

```

Рис. 2.26: Экспортирование вывода результатов теста в файл

Завершим работу `mininet` в интерактивном режиме (рис. 2.27):

```
mininet> exit
*** Stopping 1 controllers
c0
*** Stopping 8 terms
*** Stopping 2 links
..
*** Stopping 1 switches
s1
*** Stopping 2 hosts
h1 h2
*** Done
completed in 1783.296 seconds
mininet@mininet-vm:~$
```

Рис. 2.27: Завершение работы mininet в интерактивном режиме

3 Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы познакомились с инструментом для измерения пропускной способности сети в режиме реального времени — iPerf3, а также получили навыки проведения интерактивного эксперимента по измерению пропускной способности моделируемой сети в среде Mininet.

4 Список литературы. Библиография

[1] Mininet: <https://mininet.org/>