Презентация по лабораторной работе №4

Моделирование сетей передачи данных

Еюбоглу Тимур

25 октября 2025 г.

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Докладчик

- Еюбоглу Тимур
- Студент группы НПИбд-01-22
- Студ. билет 1032224357
- Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы

Цель лабораторной работы

- Познакомиться с NETEM — инструментом для тестирования производительности приложений в виртуальной сети, а также получить навыки проведения интерактивного и воспроизводимого экспериментов по измерению задержки и её дрожания (jitter) в моделируемой сети в среде Mininet.

Выполнение лабораторной работы

Запуск лабораторной топологии

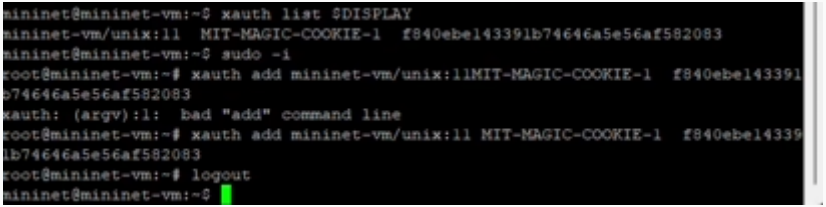


Рис. 1: Исправление прав запуска X-соединения в виртуальной машине mininet

Запуск лабораторной топологии

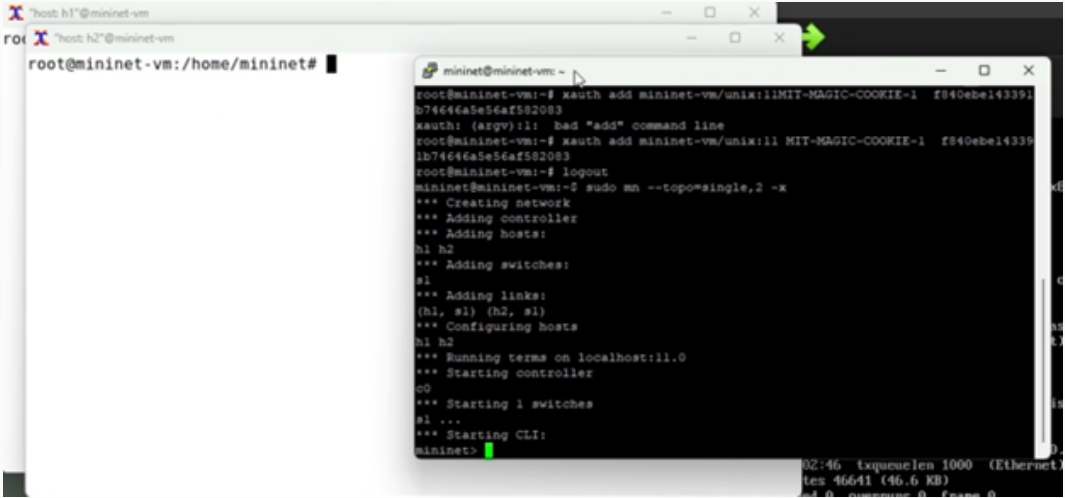


Рис. 2: Создание простейшей топологии

Запуск лабораторной топологии

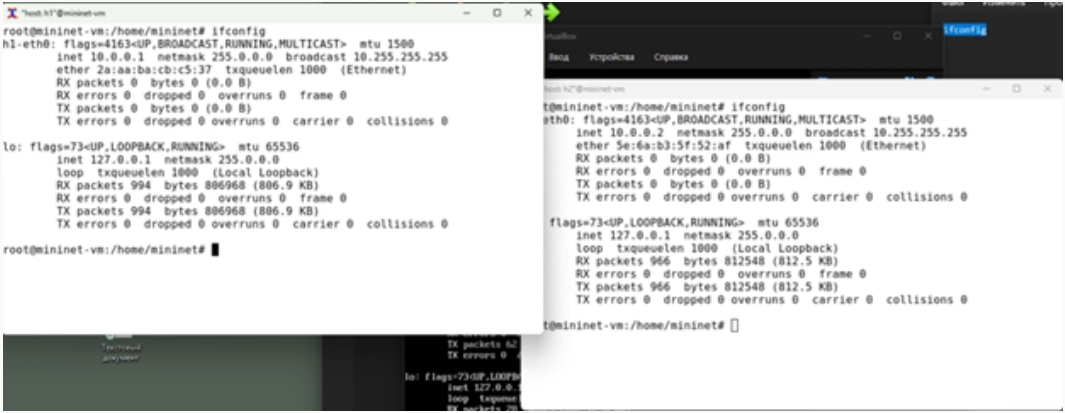


Рис. 3: Отображение информации их сетевых интерфейсов и IP-адресов

Запуск лабораторной топологии

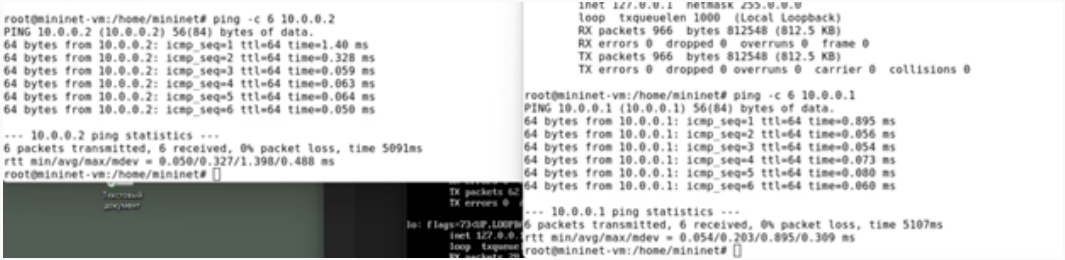


Рис. 4: Проверка подключения между хостами h1 и h2

```
--- 10.0.0.2 ping statistics ---
6 packets transmitted, 6 received, 0% packet loss, time 5091ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.050/0.327/1.398/0.488 ms
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc add dev h1-eth0 root netem delay 1
00ms
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

Рис. 5: Добавление задержки в 100 мс к выходному интерфейсу на хосте h1

```
root@mininet-vm:/home/mininet# ping -c 6 10.0.0.2
PING 10.0.0.2 (10.0.0.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=101 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=101 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=101 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=100 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=5 ttl=64 time=100 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=6 ttl=64 time=100 ms

--- 10.0.0.2 ping statistics ---
6 packets transmitted, 6 received, 0% packet loss, time 5008ms
rtt min/avg/max/mdev = 100.071/100.507/101.183/0.450 ms
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

Рис. 6: Проверка

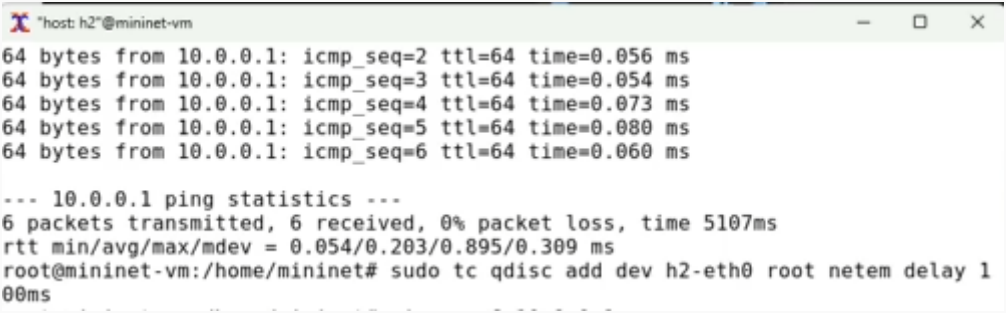


Рис. 7: Добавление задержки в 100 мс к выходному интерфейсу на хосте h2

```
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc add dev h2-eth0 root netem delay 1
00ms
root@mininet-vm:/home/mininet# ping -c 6 10.0.0.1
PING 10.0.0.1 (10.0.0.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=201 ms
64 bytes from 10.0.0.1: icmp_seq=2 ttl=64 time=202 ms
64 bytes from 10.0.0.1: icmp_seq=3 ttl=64 time=201 ms
64 bytes from 10.0.0.1: icmp_seq=4 ttl=64 time=202 ms
64 bytes from 10.0.0.1: icmp_seq=5 ttl=64 time=201 ms
64 bytes from 10.0.0.1: icmp_seq=6 ttl=64 time=201 ms

--- 10.0.0.1 ping statistics ---
6 packets transmitted, 6 received, 0% packet loss, time 5008ms
rtt min/avg/max/mdev = 200.724/201.278/201.968/0.411 ms
```

Рис. 8: Проверка

Интерактивные эксперименты

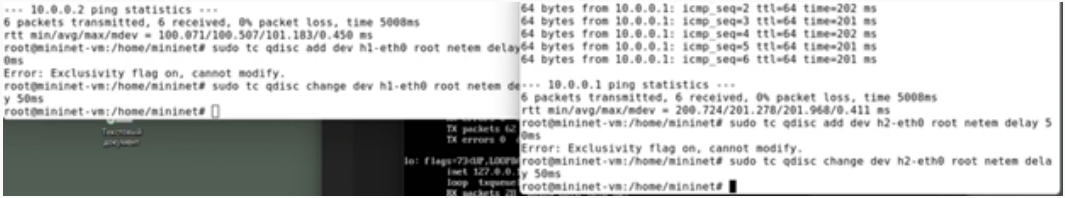


Рис. 9: Изменение задержки со 100 мс до 50 мс

```
root@mininet-vm:/home/mininet# ping -c 6 10.0.0.2
PING 10.0.0.2 (10.0.0.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=101 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=102 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=100 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=101 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=5 ttl=64 time=101 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=6 ttl=64 time=101 ms

--- 10.0.0.2 ping statistics ---
6 packets transmitted, 6 received, 0% packet loss, time 5010ms
rtt min/avg/max/mdev = 100.259/101.092/102.104/0.581 ms
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

Рис. 10: Проверка

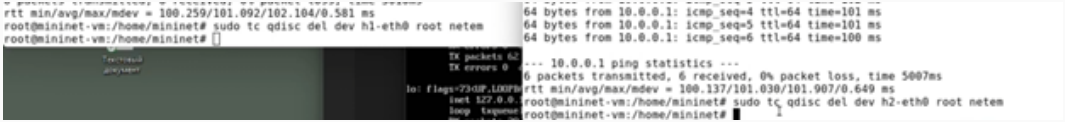


Рис. 11: Восстановление конфигураций по умолчанию

```
6 packets transmitted, 6 received, 0% packet loss, time 5115ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.045/0.218/0.576/0.189 ms
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc add dev h1-eth0 root netem delay 1
00ms 10ms
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

Рис. 12: Добавление на узле h1 задержки в 100 мс со случайным отклонением 10 мс

```
00ms 10ms
root@mininet-vm:/home/mininet# ping -c 6 10.0.0.2
PING 10.0.0.2 (10.0.0.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=106 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=101 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=98.4 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=94.2 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=5 ttl=64 time=107 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=6 ttl=64 time=94.1 ms

--- 10.0.0.2 ping statistics ---
6 packets transmitted, 6 received, 0% packet loss, time 5009ms
rtt min/avg/max/mdev = 94.073/100.060/106.534/4.989 ms
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

Рис. 13: Проверка

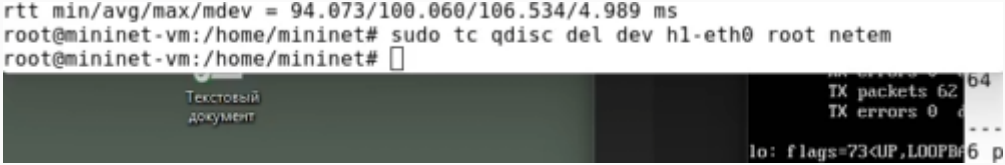
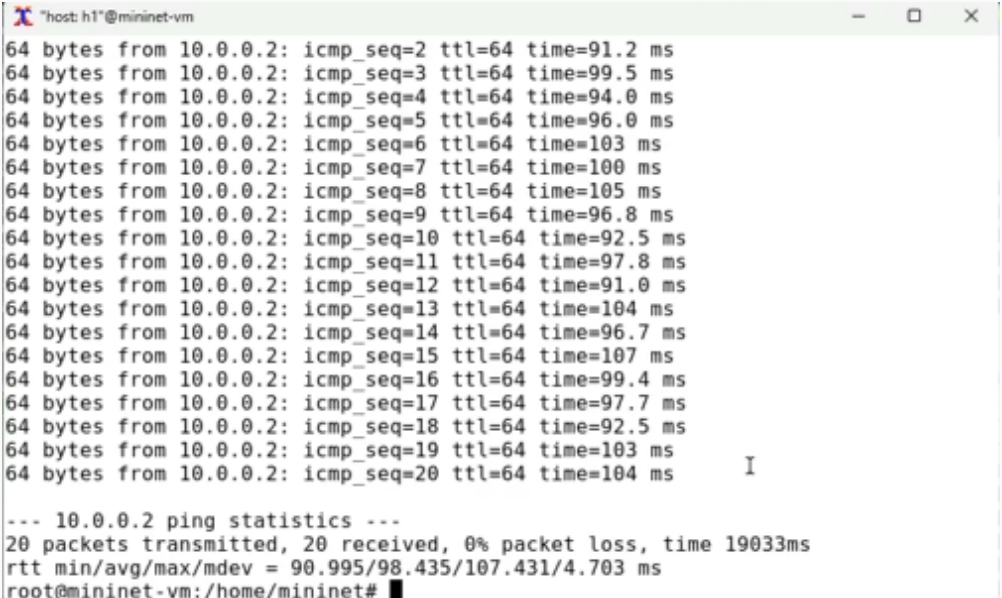


Рис. 14: Восстановление конфигурации интерфейса по умолчанию

Интерактивные эксперименты



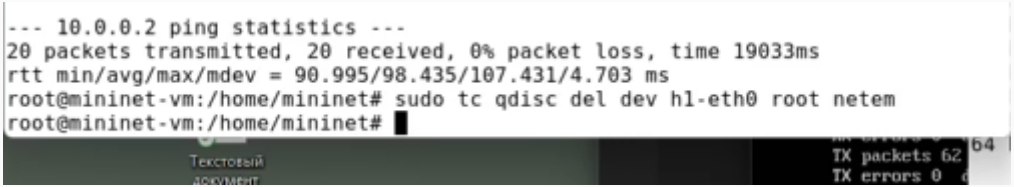


Рис. 16: Восстановление конфигурации интерфейса по умолчанию

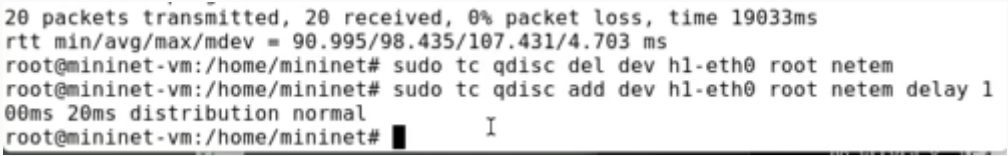


Рис. 17: Настройка нормального распределения задержки на узле h1 в эмулируемой сети

```
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc add dev h1-eth0 root netem delay 1
00ms 20ms distribution normal
root@mininet-vm:/home/mininet# ping -c 10 10.0.0.2
PING 10.0.0.2 (10.0.0.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=102 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=49.4 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=126 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=84.0 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=5 ttl=64 time=137 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=6 ttl=64 time=96.2 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=7 ttl=64 time=90.5 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=8 ttl=64 time=94.3 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=9 ttl=64 time=122 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=10 ttl=64 time=105 ms

--- 10.0.0.2 ping statistics ---
10 packets transmitted, 10 received, 0% packet loss, time 9014ms
rtt min/avg/max/mdev = 49.384/100.638/136.604/23.466 ms
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

Рис. 18: Проверка

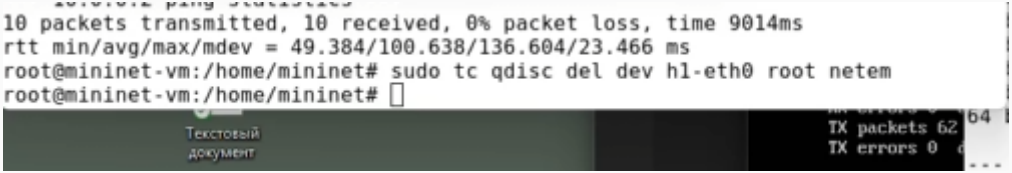


Рис. 19: Восстановление конфигурации интерфейса по умолчанию

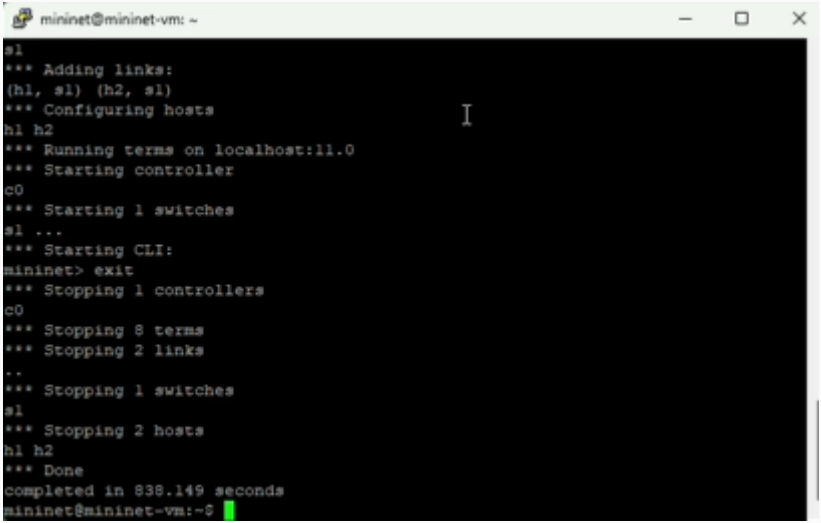


Рис. 20: Завершение работы mininet в интерактивном режиме

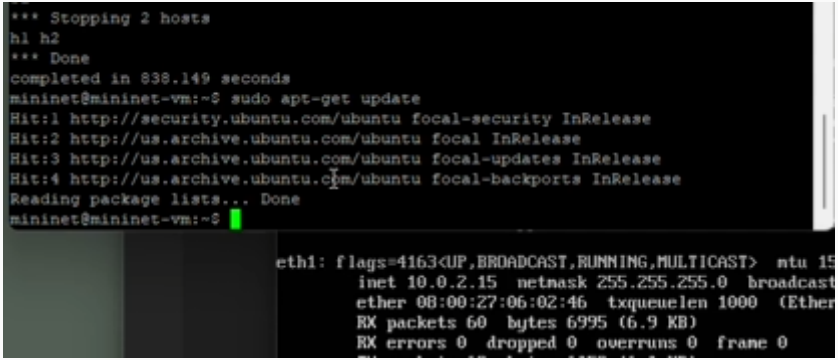
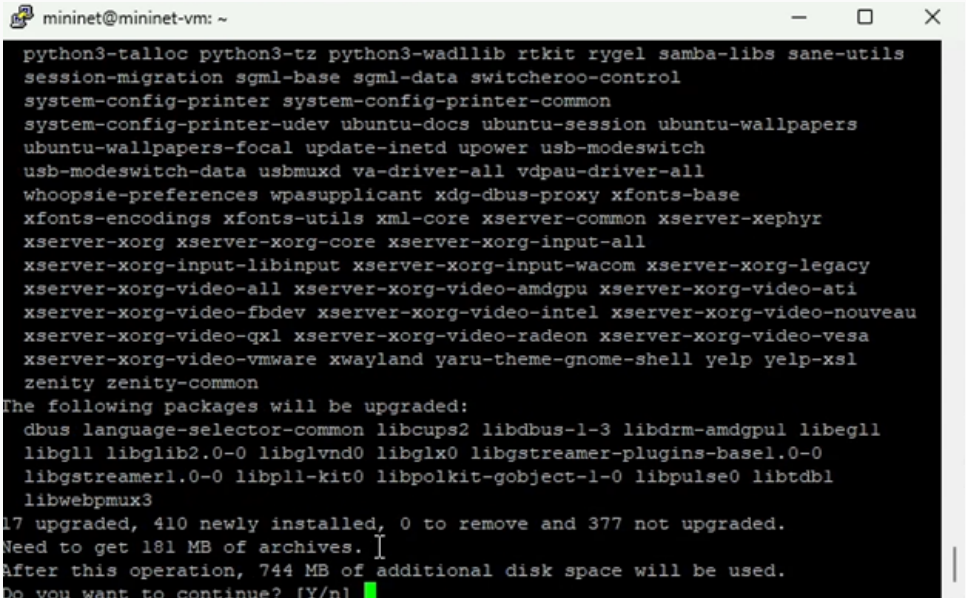


Рис. 21: Обновление репозиториев программного обеспечения на втртуальной машине

Воспроизведение экспериментов



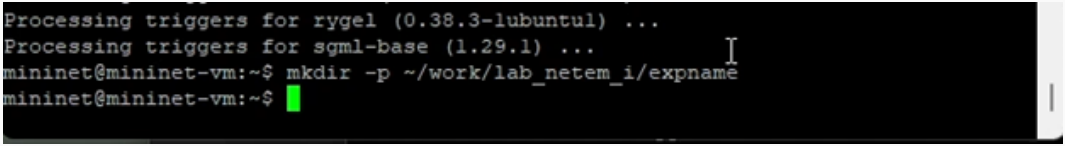
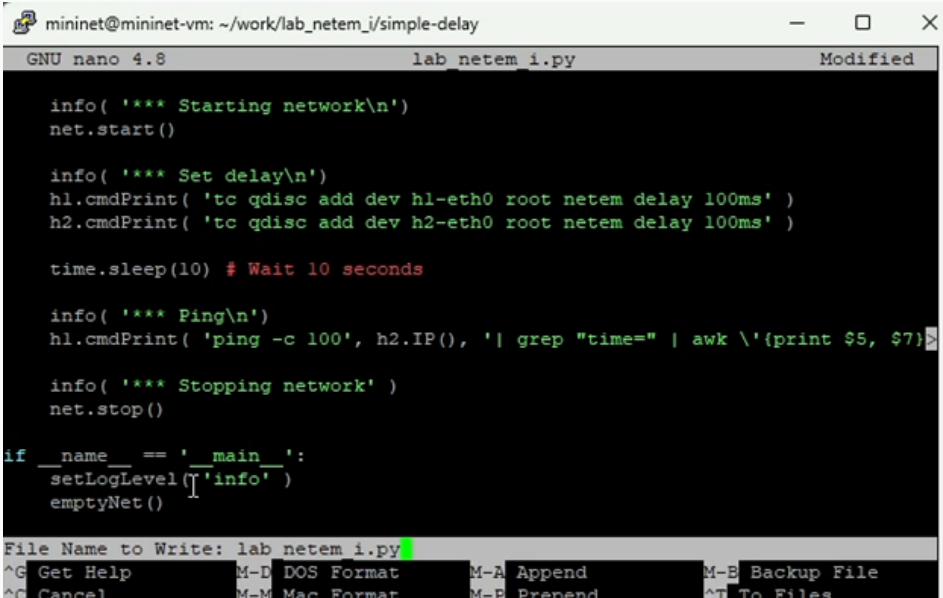


Рис. 23: Создание нового каталога

```
mininet@mininet-vm:~$ mkdir -p ~/work/lab_netem_i/simple-delay
mininet@mininet-vm:~$ cd ~/work/lab_netem_i/simple-delay
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_i/simple-delay$ ls
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_i/simple-delay$ touch lab_netem_i.py
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_i/simple-delay$ ls
lab_netem_i.py
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_i/simple-delay$
```

Рис. 24: Создание каталога simple-delay

Воспроизведение экспериментов



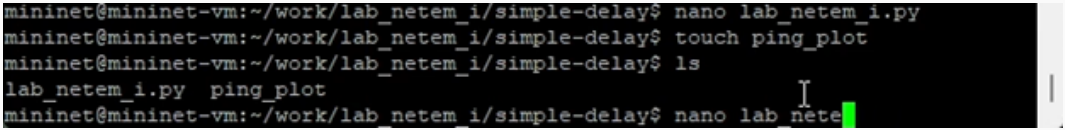


Рис. 26: Создание файла ping_plot

Воспроизведение экспериментов

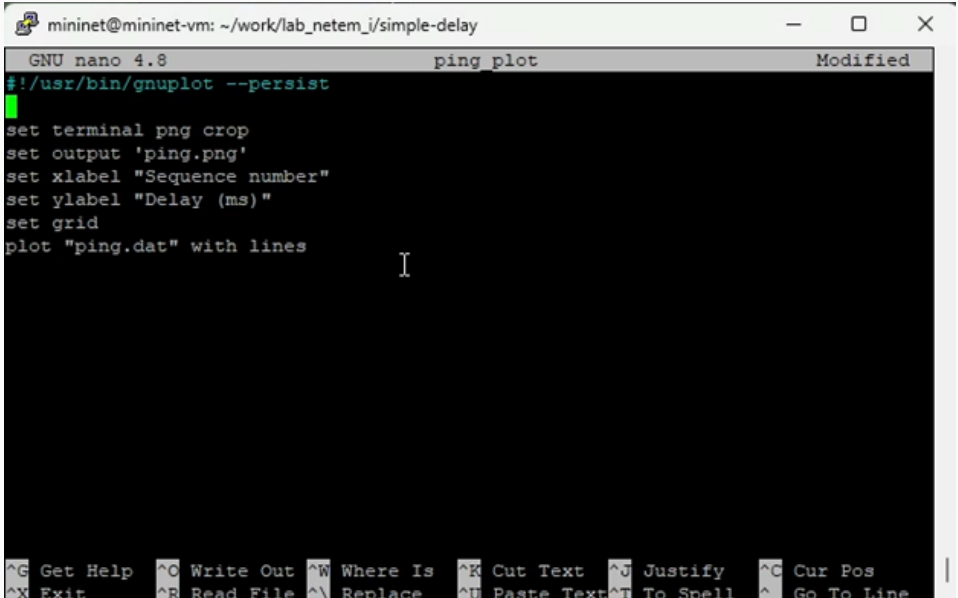


Рис. 28: Настройка прав доступа к файлу скрипта

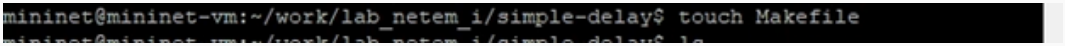
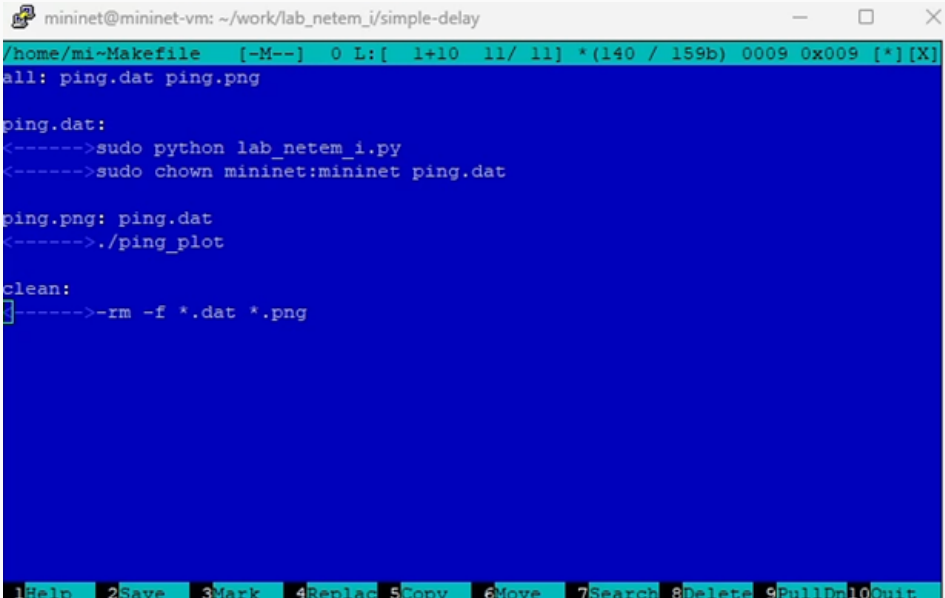
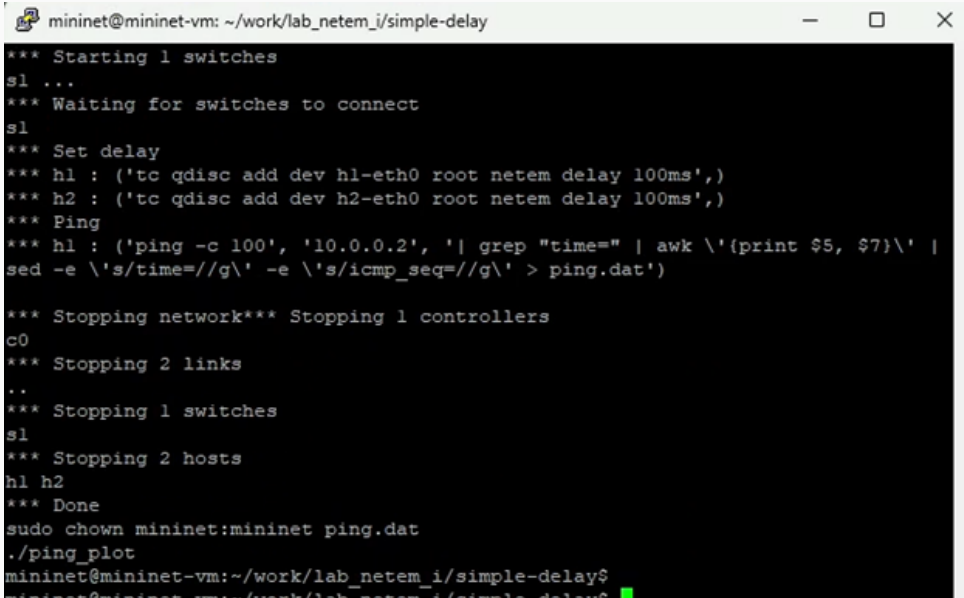


Рис. 29: Создание файла Makefile

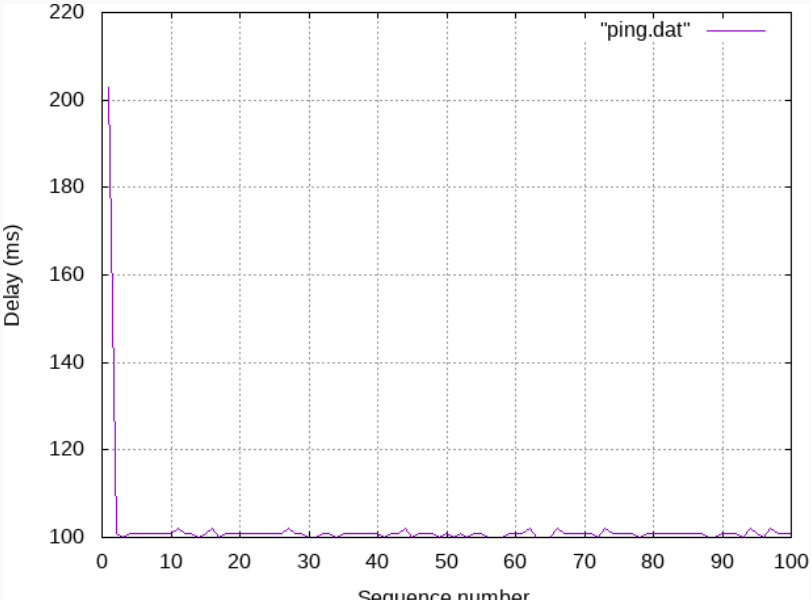
Воспроизведение экспериментов



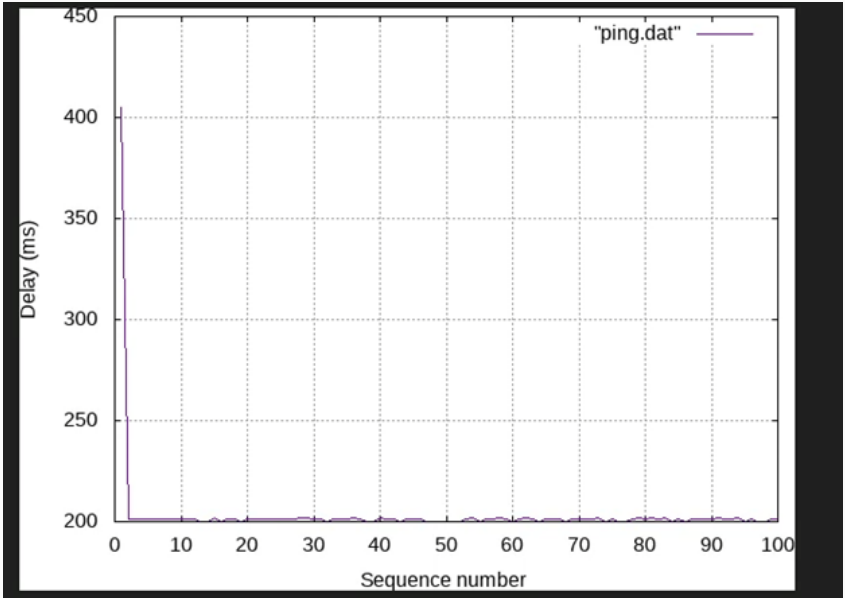
Воспроизведение экспериментов



Воспроизведение экспериментов

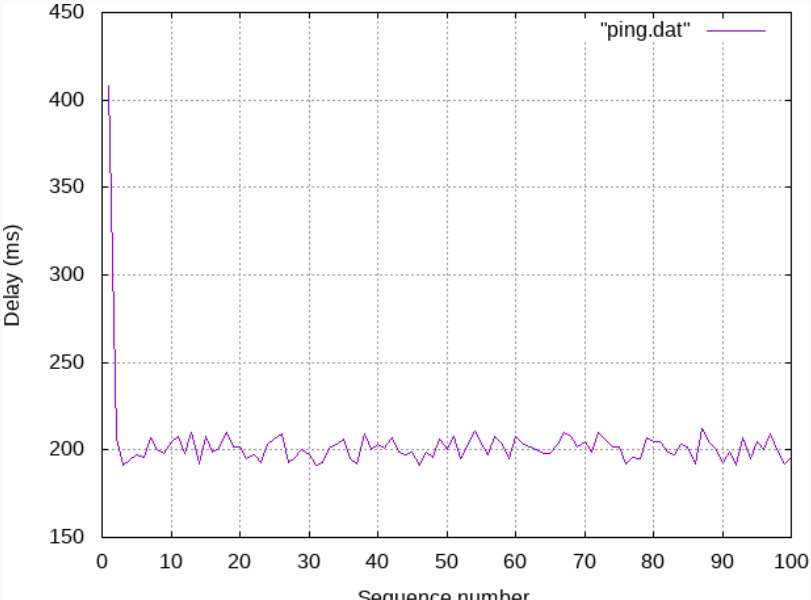


Воспроизведение экспериментов



Воспроизведение экспериментов

Воспроизведение экспериментов



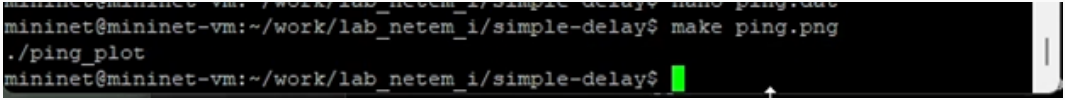
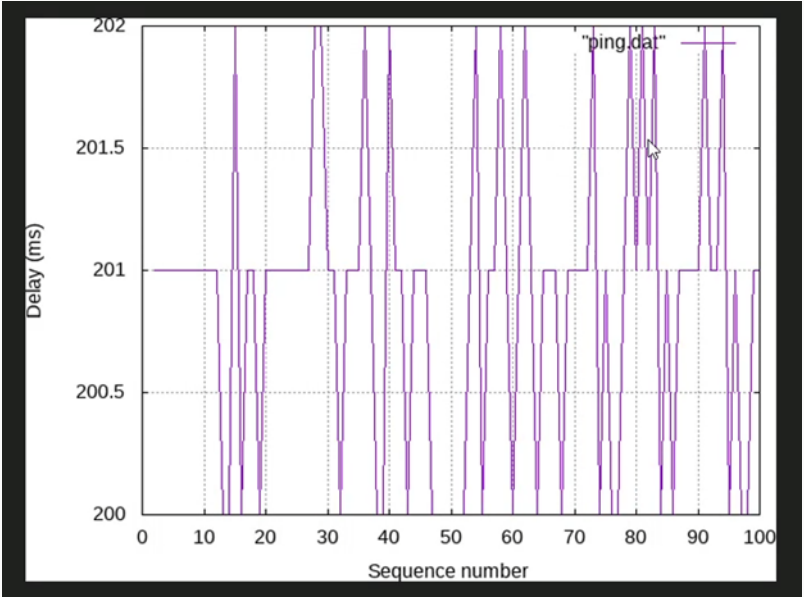
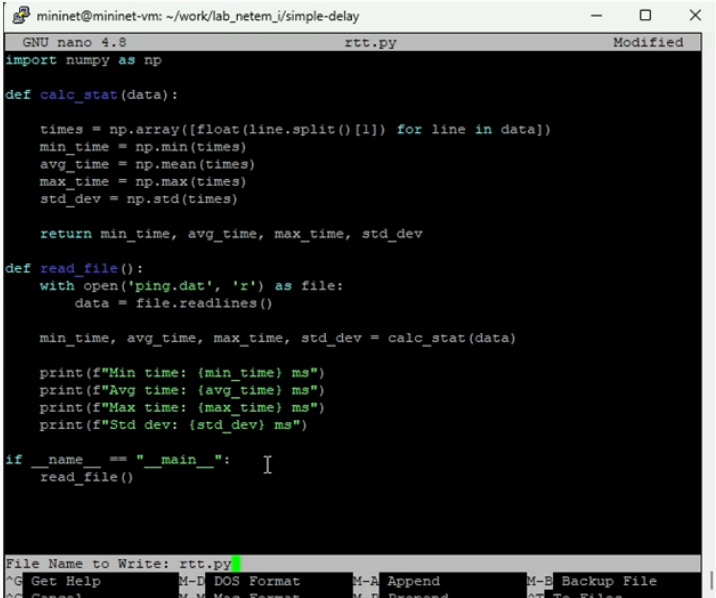


Рис. 36: Разработка скрипта для вычисления на основе данных файла ping.dat минимального, среднего, максимального и стандартного отклонения времени приёма-передачи

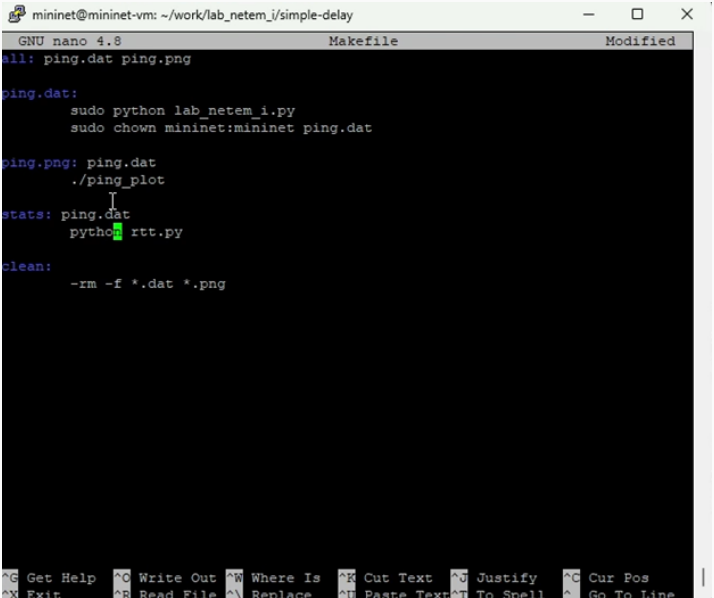
Воспроизведение экспериментов



Воспроизведение экспериментов



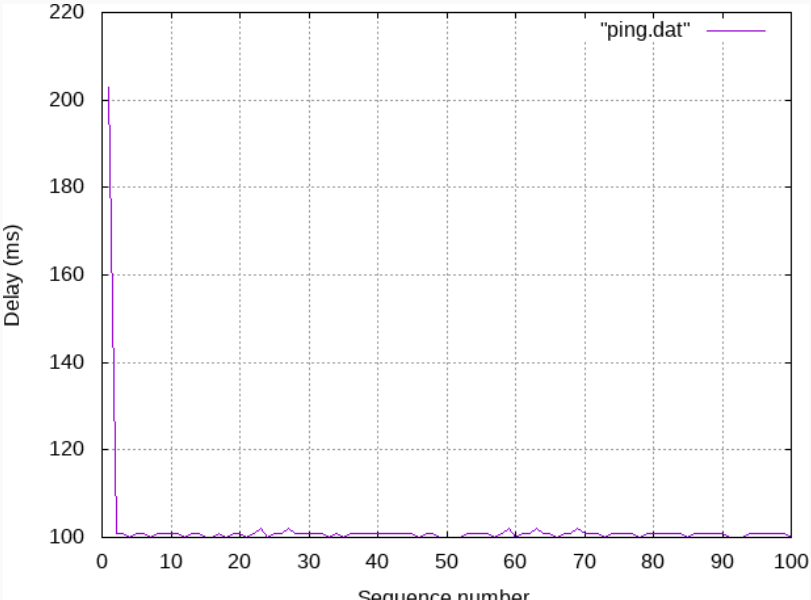
Воспроизведение экспериментов



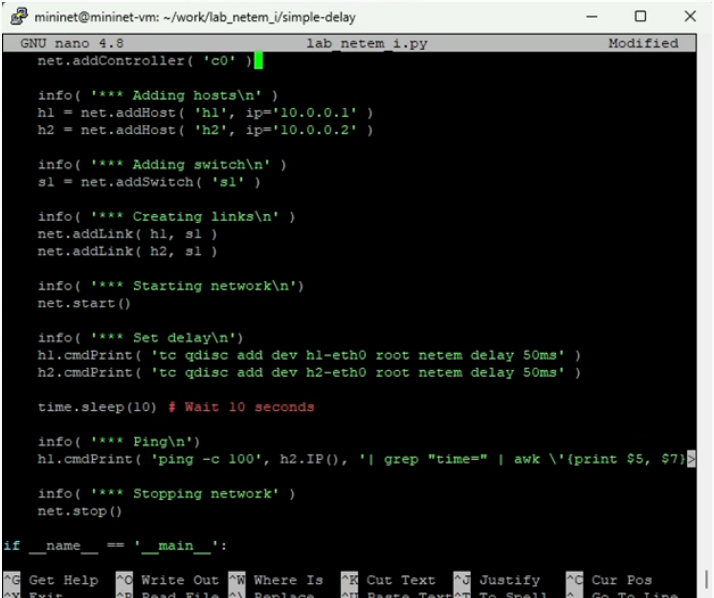
```
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_i/simple-delay$ make stats
python rtt.py
Min time: 200.0 ms
Avg time: 200.87878787878788 ms
Max time: 202.0 ms
Std dev: 0.6239775843022425 ms
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_i/simple-delay$
```

Рис. 40: Воспроизводимый эксперимент по изменению задержки

Воспроизведение экспериментов



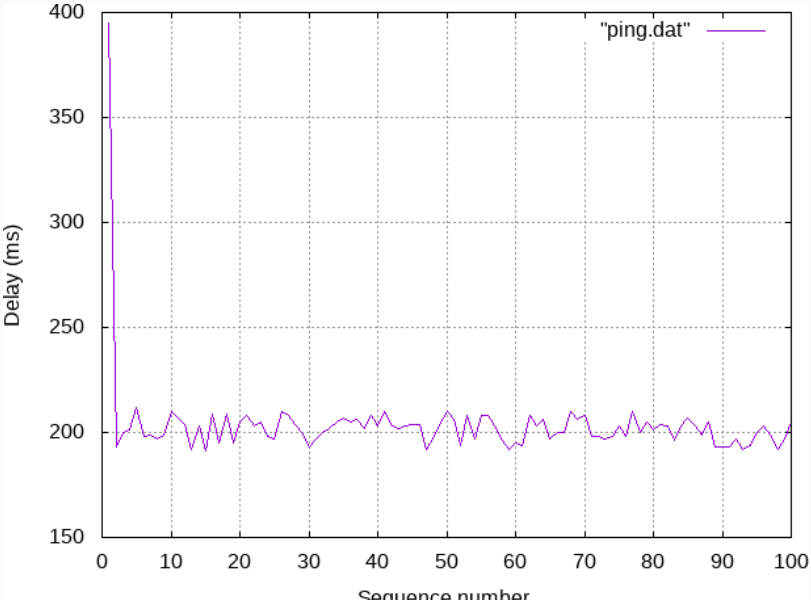
Воспроизведение экспериментов



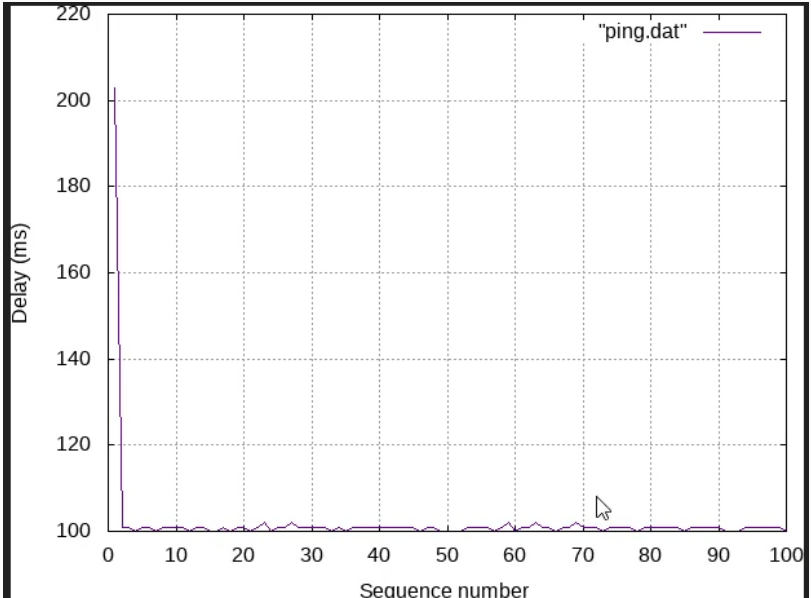
Воспроизведение экспериментов

```
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_i/simple-delay$ make
sudo python lab_netem_i.py
*** Adding controller
*** Adding hosts
*** Adding switch
*** Creating links
*** Starting network
*** Configuring hosts
h1 h2
*** Starting controller
c0
*** Starting 1 switches
s1 ...
*** Waiting for switches to connect
s1
*** Set delay
*** h1 : ('tc qdisc add dev h1-eth0 root netem delay 50ms',)
*** h2 : ('tc qdisc add dev h2-eth0 root netem delay 50ms',)
*** Ping
*** h1 : ('ping -c 100', '10.0.0.2', '| grep "time=" | awk \'{print $5, $7}\' |
sed -e \'s/time=//g\' -e \'s/icmp_seq=//g\' > ping.dat')
*** Stopping network*** Stopping 1 controllers
c0
*** Stopping 2 links
..
*** Stopping 1 switches
s1
*** Stopping 2 hosts
h1 h2
*** Done
sudo chown mininet:mininet ping.dat
./ping_plot
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_i/simple-delay$ make stats
python rtt.py
Min time: 100.0 ms
Avg time: 101.82 ms
Max time: 203.0 ms
Std dev: 10.181728733373324 ms
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_i/simple-delay$
```

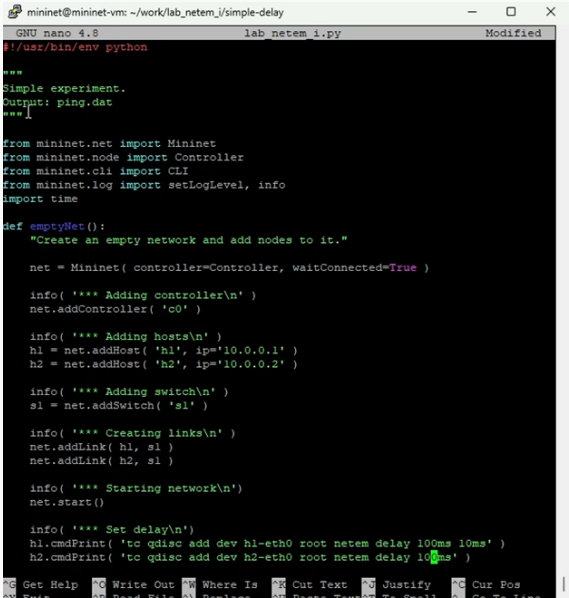
Воспроизведение экспериментов



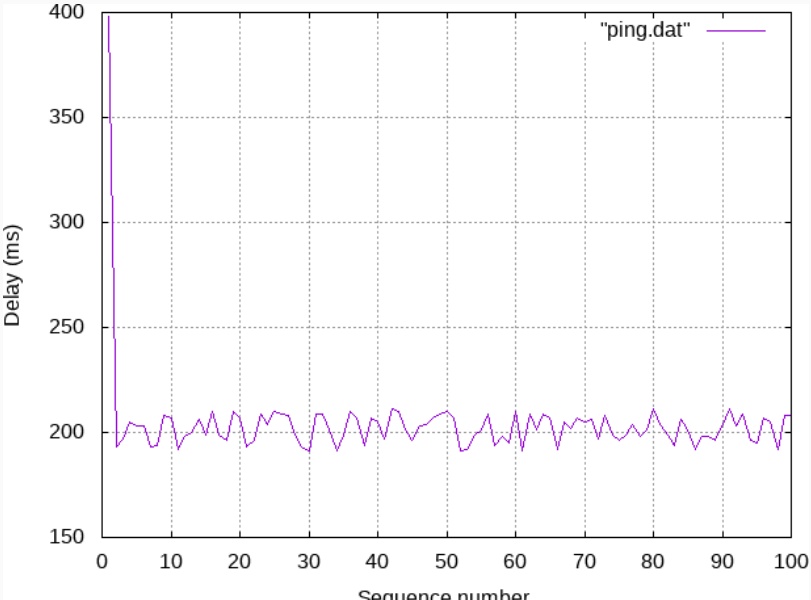
Воспроизведение экспериментов



Воспроизведение экспериментов



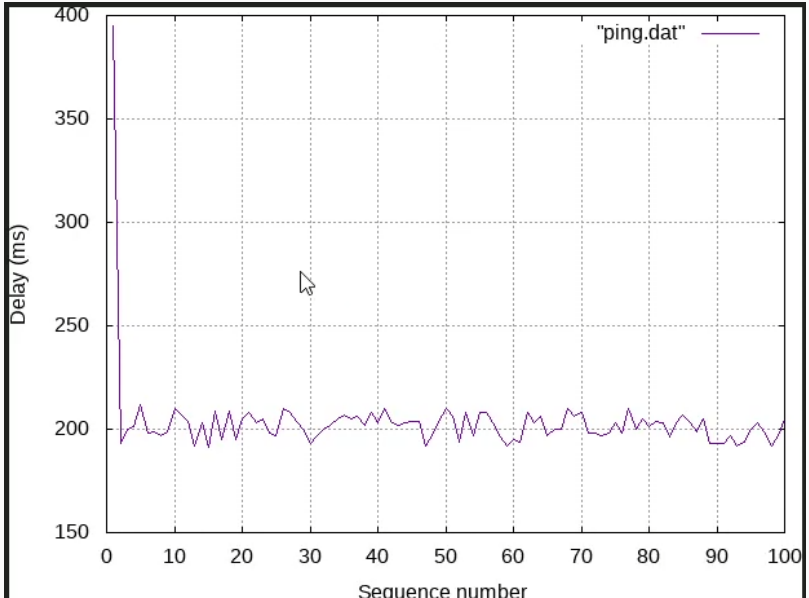
Воспроизведение экспериментов



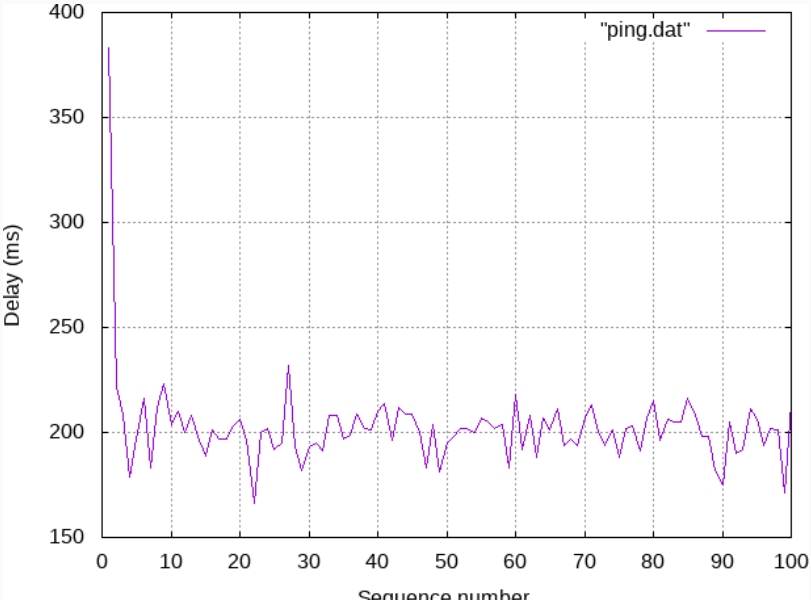
Воспроизведение экспериментов

```
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_i/simple-delay$ make clean
rm -f *.dat *.png
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_i/simple-delay$ make
sudo python lab_netem_i.py
*** Adding controller
*** Adding hosts
*** Adding switch
*** Creating links
*** Starting network
*** Configuring hosts
h1 h2
*** Starting controller
c0
*** Starting 1 switches
s1 ...
*** Waiting for switches to connect
s1
*** Set delay
*** h1 : ('tc qdisc add dev h1-eth0 root netem delay 100ms 10ms',)
*** h2 : ('tc qdisc add dev h2-eth0 root netem delay 100ms',)
*** Ping
*** h1 : ('ping -c 100', '10.0.0.2', '| grep "time=" | awk \'{print $5, $7}\' |
sed -e \'s/time=//g\' -e \'s/icmp_seq=//g\' > ping.dat')
*** Stopping network*** Stopping 1 controllers
c0
*** Stopping 2 links
..
*** Stopping 1 switches
s1
*** Stopping 2 hosts
h1 h2
*** Done
sudo chown mininet:mininet ping.dat
./ping_plot
```

Воспроизведение экспериментов



Воспроизведение экспериментов



Вывод

Вывод

- В ходе выполнения лабораторной работы познакомились с NETEM — инструментом для тестирования производительности приложений в виртуальной сети, а также получили навыки проведения интерактивного и воспроизводимого экспериментов по измерению задержки и её дрожания (jitter) в моделируемой сети в среде Mininet.

Список литературы. Библиография

Список литературы. Библиография

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