

РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ

Факультет физико-математических и естественных наук

Кафедра прикладной информатики и теории вероятностей

ОТЧЕТ

ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 5

дисциплина: Моделирование сетей передачи данных

Студент: Саинт-Амур Измаэль

Группа: НПИбд-01-20

МОСКВА

2023 г.

Постановка задачи

Основной целью работы является получение навыков проведения интерактивных экспериментов в среде Mininet по исследованию параметров сети, связанных с потерей, дублированием, изменением порядка и повреждением пакетов при передаче данных. Эти параметры влияют на производительность протоколов и сетей..

Выполнение работы

5.4.1. Запуск лабораторной топологии

1. Запустите виртуальную среду с mininet.
2. Из основной ОС подключитесь к виртуальной машине
3. В виртуальной машине mininet при необходимости исправьте права запуска

X-соединения. Скопируйте значение куки (MIT magic cookie)1

своего пользователя mininet в файл для пользователя root:

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

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

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

5. На хостах h1 и h2 введите команду ifconfig, чтобы отобразить информацию, относящуюся к их сетевым интерфейсам и назначенным им IP-адресам.

В дальнейшем при работе с NETEM и командой tc будут использоваться интерфейсы h1-eth0 и h2-eth0.

6. Проверьте подключение между хостами h1 и h2 с помощью команды ping с параметром -c 6.
7. Укажите в отчёте минимальное, среднее, максимальное и стандартное отклонение времени приёма-передачи (RTT), информацию о наличии или отсутствии потерь данных.

```
mininet@mininet-vm: ~  
Terminal x mininet@mininet-vm: ~  
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  
  
Last login: Sat Dec  9 07:11:24 2023 from 192.168.56.1  
mininet@mininet-vm:~$ xauth list $DISPLAY  
mininet-vm/unix:10  MIT-MAGIC-COOKIE-1  6b4a27102c339eebefa7c5beaf8063ca  
mininet@mininet-vm:~$ sudo -i  
root@mininet-vm:~# xauth add mininet-vm/unix:10  MIT-MAGIC-COOKIE-1  6b4a27102c339eebefa7c5beaf8063ca  
root@mininet-vm:~# logout  
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)
```

5.4.2. Интерактивные эксперименты

5.4.2.1. Добавление потери пакетов на интерфейс, подключённый к эмулируемой глобальной сети

Пакеты могут быть потеряны в процессе передачи из-за таких факторов, как битовые ошибки и перегрузка сети. Скорость потери данных часто измеряется

как процентная доля потерянных пакетов по отношению к количеству отправленных пакетов.

1. На хосте h1 добавьте 10% потерь пакетов к интерфейсу h1-eth0:
2. Проверьте, что на соединении от хоста h1 к хосту h2 имеются потери пакетов, используя команду `ping` с параметром `-c 100` с хоста h1. Параметр `-c`

указывает общее количество пакетов для отправки. Обратите внимание на значения `icmp_seq`. Некоторые номера последовательности отсутствуют из-за потери пакетов. В сводном отчёте `ping` сообщает о проценте потерянных пакетов после завершения передачи

```

root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc add dev h1-eth0 root netem loss 10
%
root@mininet-vm:/home/mininet# ping 10.0.0.2 -c 200
PING 10.0.0.2 (10.0.0.2): 56(84) bytes of data:
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=121 ttl=64 time=0.175 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=122 ttl=64 time=0.106 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=123 ttl=64 time=0.110 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=124 ttl=64 time=0.119 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=125 ttl=64 time=0.100 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=126 ttl=64 time=0.110 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=127 ttl=64 time=0.123 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=128 ttl=64 time=0.293 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=129 ttl=64 time=0.103 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=130 ttl=64 time=0.107 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=131 ttl=64 time=0.117 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=132 ttl=64 time=0.225 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=134 ttl=64 time=0.118 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=135 ttl=64 time=0.122 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=137 ttl=64 time=0.106 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=138 ttl=64 time=0.119 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=139 ttl=64 time=0.192 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=140 ttl=64 time=0.114 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=142 ttl=64 time=0.116 ms
^C
--- 10.0.0.2 ping statistics ---
142 packets transmitted, 123 received, 13.3803% packet loss, time 144345ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.082/0.201/8.422/0.748 ms
root@mininet-vm:/home/mininet#

```

3. Для эмуляции глобальной сети с потерей пакетов в обоих направлениях необходимо к соответствующему интерфейсу на хосте h2 также добавить 10%

потерь пакетов:

```
1 sudo tc qdisc add dev h2-eth0 root netem loss 10%
```

4. Проверьте, что соединение между хостом h1 и хостом h2 имеет больший процент потерянных данных (10% от хоста h1 к хосту h2 и 10% от хоста h2 к хосту

h1), повторив команду ping с параметром -c 100 на терминале хоста h1.

Укажите в отчёте отсутствующие из-за потери пакетов номера последовательности (значения icmp_seq), процент потерянных пакетов после завершения передачи.

5. Восстановите конфигурацию по умолчанию, удалив все правила, применённые к сетевому планировщику соответствующего интерфейса. Для отправителя h1:

```
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc add dev h2-eth0 root netem loss 10%
root@mininet-vm:/home/mininet#
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

```
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.109 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=10 ttl=64 time=0.112 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=12 ttl=64 time=0.118 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=13 ttl=64 time=0.109 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=15 ttl=64 time=0.117 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=16 ttl=64 time=0.174 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=17 ttl=64 time=0.109 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=18 ttl=64 time=0.128 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=19 ttl=64 time=0.115 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=20 ttl=64 time=0.122 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=21 ttl=64 time=0.156 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=22 ttl=64 time=0.179 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=24 ttl=64 time=0.111 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=25 ttl=64 time=0.180 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=26 ttl=64 time=0.140 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=27 ttl=64 time=0.127 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=28 ttl=64 time=0.115 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=29 ttl=64 time=0.184 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=30 ttl=64 time=0.201 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=31 ttl=64 time=0.109 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=32 ttl=64 time=0.122 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=33 ttl=64 time=0.126 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=34 ttl=64 time=0.152 ms
```

```
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc del dev h1-eth0 root netem
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

```
root@mininet-vm:/home/mininet#
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc del dev h2-eth0 root netem
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

. Убедитесь, что соединение от хоста h1 к хосту h2 не имеет явной потери пакетов, запустив команду ping с терминала хоста h1 и затем нажав Ctrl + c , чтобы остановить тест

```
"host: h1" (on mininet-vm)
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=5.14 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=1.01 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.411 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.178 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.109 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.115 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.127 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=8 ttl=64 time=0.112 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=9 ttl=64 time=0.107 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=10 ttl=64 time=0.120 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=11 ttl=64 time=0.189 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=12 ttl=64 time=0.101 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=13 ttl=64 time=0.108 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=14 ttl=64 time=0.155 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=15 ttl=64 time=0.114 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=16 ttl=64 time=0.116 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=17 ttl=64 time=0.120 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=18 ttl=64 time=0.110 ms
^C
--- 10.0.0.2 ping statistics ---
18 packets transmitted, 18 received, 0% packet loss, time 17351ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.101/0.469/5.143/1.152 ms
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

5.4.2.2. Добавление значения корреляции для потери пакетов

в эмулируемой глобальной сети

1. Добавьте на интерфейсе узла h1 коэффициент потери пакетов 50% (такой высокий уровень потери пакетов маловероятен), и каждая последующая вероятность зависит на 50% от последней:

```
1 sudo tc qdisc add dev h1-eth0 root netem loss 50% 50%
```

2. Проверьте, что на соединении от хоста h1 к хосту h2 имеются потери пакетов,

используя команду ping с параметром -c 50 с хоста h1. Укажите в отчёте отсутствующие из-за потери пакетов номера последовательности (значения icmp_seq), процент потерянных пакетов после завершения передачи.

3. Восстановите для узла h1 конфигурацию по умолчанию, удалив все правила,

применённые к сетевому планировщику соответствующего интерфейса:

Изучите содержание скрипта lab_iperf3_topo.py:


```
PING 10.0.0.2 (10.0.0.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=1.37 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.912 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.380 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=8 ttl=64 time=0.116 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=9 ttl=64 time=0.168 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=10 ttl=64 time=0.111 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=11 ttl=64 time=0.165 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=12 ttl=64 time=0.110 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=18 ttl=64 time=0.188 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=20 ttl=64 time=0.114 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=21 ttl=64 time=0.111 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=22 ttl=64 time=0.101 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=23 ttl=64 time=0.116 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=24 ttl=64 time=0.122 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=25 ttl=64 time=0.122 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=26 ttl=64 time=0.103 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=27 ttl=64 time=0.171 ms
^C
--- 10.0.0.2 ping statistics ---
27 packets transmitted, 17 received, 37.037% packet loss, time 26562
ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.101/0.263/1.366/0.335 ms
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

```
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc del dev h1-eth0 root n
etm
root@mininet-vm:/home/mininet# ping 10.0.0.2
```

```
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.110 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.115 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.102 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.107 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=8 ttl=64 time=0.115 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=9 ttl=64 time=0.105 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=10 ttl=64 time=0.106 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=11 ttl=64 time=0.110 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=12 ttl=64 time=0.114 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=13 ttl=64 time=0.104 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=14 ttl=64 time=0.102 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=15 ttl=64 time=0.115 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=16 ttl=64 time=0.168 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=17 ttl=64 time=0.107 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=18 ttl=64 time=0.115 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=19 ttl=64 time=0.152 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=20 ttl=64 time=0.104 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=21 ttl=64 time=0.110 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=22 ttl=64 time=0.115 ms
^C
--- 10.0.0.2 ping statistics ---
22 packets transmitted, 22 received, 0% packet loss, time 21455ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.102/0.475/6.873/1.411 ms
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

5.4.2.2. Добавление значения корреляции для потери пакетов

в эмулируемой глобальной сети

1. Добавьте на интерфейсе узла h1 коэффициент потери пакетов 50% (такой высокий уровень потери пакетов маловероятен), и каждая последующая вероятность зависит на 50% от последней:

```
1 sudo tc qdisc add dev h1-eth0 root netem loss 50% 50%
```

2. Проверьте, что на соединении от хоста h1 к хосту h2 имеются потери пакетов, используя команду `ping` с параметром `-c 50` с хоста h1. Укажите в отчёте отсутствующие из-за потери пакетов номера последовательности (значения `icmp_seq`), процент потерянных пакетов после завершения передачи.

3. Восстановите для узла h1 конфигурацию по умолчанию, удалив все правила, применённые к сетевому планировщику соответствующего интерфейса:

```
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc add dev h1-eth0 root n
etem corrupt 0.1%
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

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

```
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 45648 connected to 10.0.0.2 port 5201
[ ID] Interval      Transfer    Bitrate      Retr  Cwnd      receiver
[ 7]  0.00-1.01    sec    395 MBytes  3.29 Gbits/sec   17   544 KBy
tes
[ 7]  1.01-2.01    sec    384 MBytes  3.19 Gbits/sec   11   387 KBy
tes
```



```

Server listening on 5201
-----
Accepted connection from 10.0.0.1, port 45646
[ 7] local 10.0.0.2 port 5201 connected to 10.0.0.1 port 45648
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate
[ 7]  0.00-1.00      sec    388 MBytes   3.24 Gbits/sec
[ 7]  1.00-2.00      sec    378 MBytes   3.17 Gbits/sec
[ 7]  2.00-3.00      sec    355 MBytes   2.98 Gbits/sec
[ 7]  3.00-4.00      sec    267 MBytes   2.24 Gbits/sec
[ 7]  4.00-5.00      sec    438 MBytes   3.68 Gbits/sec
[ 7]  5.00-6.01      sec    399 MBytes   3.33 Gbits/sec
[ 7]  6.01-7.00      sec    365 MBytes   3.08 Gbits/sec
[ 7]  7.00-8.00      sec    344 MBytes   2.88 Gbits/sec
[ 7]  8.00-9.01      sec    404 MBytes   3.38 Gbits/sec
[ 7]  9.01-10.00     sec    335 MBytes   2.82 Gbits/sec
-----
[ ID] Interval          Transfer      Bitrate
[ 7]  0.00-10.01     sec    3.59 GBytes   3.08 Gbits/sec
-----
Server listening on 5201
-----

^Ciperf3: interrupt - the server has terminated
root@mininet-vm:/home/mininet#

```

```

iperf Done.
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc del dev h1-eth0 root n
etem
root@mininet-vm:/home/mininet#

```

```

root@mininet-vm:/home/mininet# ping 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=8.25 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.819 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.413 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.165 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.137 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.158 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.165 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=8 ttl=64 time=0.105 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=9 ttl=64 time=0.114 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=10 ttl=64 time=0.104 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=11 ttl=64 time=0.162 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=12 ttl=64 time=0.137 ms
^C
--- 10.0.0.2 ping statistics ---
12 packets transmitted, 12 received, 0% packet loss, time 11236ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.104/0.893/8.245/2.225 ms
root@mininet-vm:/home/mininet#

```

5.4.2.3. Добавление повреждения пакетов в эмулируемой глобальной сети

1. При необходимости восстановите конфигурацию интерфейсов по умолчанию на узлах h1 и h2.

2. Добавьте на интерфейсе узла h1 0,01% повреждения пакетов:

```
1 sudo tc qdisc add dev h1-eth0 root netem corrupt 0.01%
```

3. Проверьте конфигурацию с помощью инструмента iPerf3 для проверки повторных передач. Для этого:

– запустите iPerf3 в режиме сервера в терминале хоста h2:

```
1 iperf3 -s
```

– запустите iPerf3 в клиентском режиме в терминале хоста h1:

```
1 iperf3 -c 10.0.0.2
```

– В отчёте отразите значения повторной передачи на каждом временном интервале и общее количество повторно переданных пакетов.

– Для остановки сервера iPerf3 нажмите Ctrl + c в терминале хоста h2.

4. Восстановите для узла h1 конфигурацию по умолчанию, удалив все правила, применённые к сетевому планировщику соответствующего интерфейса.

```
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc add dev h1-eth0 root n
etem delay 10ms reorder 25% 50%
root@mininet-vm:/home/mininet# ping 10.0.0.2
```

```
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=27 ttl=64 time=10.5 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=28 ttl=64 time=10.5 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=29 ttl=64 time=10.5 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=30 ttl=64 time=10.7 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=31 ttl=64 time=10.5 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=32 ttl=64 time=10.6 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=33 ttl=64 time=10.5 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=34 ttl=64 time=10.5 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=35 ttl=64 time=10.5 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=36 ttl=64 time=10.6 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=37 ttl=64 time=10.5 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=38 ttl=64 time=0.119 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=39 ttl=64 time=10.3 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=40 ttl=64 time=10.4 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=41 ttl=64 time=10.5 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=42 ttl=64 time=10.4 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=43 ttl=64 time=10.3 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=44 ttl=64 time=10.3 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=45 ttl=64 time=10.4 ms
^Z
[1]+  Stopped                  ping 10.0.0.2
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc del dev h1-eth0 root n
etem
root@mininet-vm:/home/mininet#
```

5.4.2.5. Добавление дублирования пакетов в интерфейс подключения к эмулируемой глобальной сети

1. При необходимости восстановите конфигурацию интерфейсов по умолчанию на узлах h1 и h2.

2. Для интерфейса узла h1 задайте правило с дублированием 50% пакетов (т.е. 50% пакетов должны быть получены дважды):

```
1 sudo tc qdisc add dev h1-eth0 root netem duplicate 50%
```

3. Проверьте, что на соединении от хоста h1 к хосту h2 имеются дублированные пакеты, используя команду ping с параметром -c 20 с хоста h1. Дубликаты пакетов помечаются как DUP!. Измеренная скорость дублирования пакетов будет приближаться к настроенной скорости по мере выполнения большего количества попыток.

4. Восстановите конфигурацию интерфейса по умолчанию на узле h1.

```
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc del dev h1-eth0 root netem
root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc add dev h1-eth0 root netem duplicate 50%
root@mininet-vm:/home/mininet# ping 10.0.0.2
```

```
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.439 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=1.13 ms (DUP!)
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.125 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.136 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.138 ms (DUP!)
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.127 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.128 ms (DUP!)
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.118 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=8 ttl=64 time=0.137 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=9 ttl=64 time=0.121 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=10 ttl=64 time=7.11 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=10 ttl=64 time=7.11 ms (DUP!)
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=11 ttl=64 time=0.129 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=11 ttl=64 time=0.131 ms (DUP!)
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=12 ttl=64 time=0.120 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=12 ttl=64 time=0.122 ms (DUP!)
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=13 ttl=64 time=0.123 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=13 ttl=64 time=0.124 ms (DUP!)
```

```

root@mininet-vm:/home/mininet# sudo tc qdisc del dev h1-eth0 root n
etem
root@mininet-vm:/home/mininet# ping 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=6.33 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.107 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.112 ms
^C
--- 10.0.0.2 ping statistics ---
3 packets transmitted, 3 received, 0% packet loss, time 2007ms
rtt min/avg/max/mdev = 0.107/2.182/6.328/2.931 ms
root@mininet-vm:/home/mininet#

```

5.4.3. Воспроизведение экспериментов

5.4.3.1. Предварительная подготовка

1. Для каждого воспроизводимого эксперимента `expname` создайте свой каталог, в котором будут размещаться файлы эксперимента:

```
1 mkdir -p ~/work/lab_netem_ii/expname
```

Здесь `expname` может принимать значения `simple-drop`, `correlation drop` и т.п.

2. Для каждого случая создайте скрипт для проведения эксперимента `lab_netem_ii.py`.

5.4.3.2. Добавление потери пакетов на интерфейс, подключённый к эмулируемой глобальной сети

С помощью API Mininet воспроизведите эксперимент по добавлению потери пакетов для интерфейса хоста, подключающегося к эмулируемой глобальной сети.

1. В виртуальной среде `mininet` в своём рабочем каталоге с проектами создайте каталог `simple-drop` и перейдите в него:

```
1 mkdir -p ~/work/lab_netem_ii/simple-drop
```

```
2 cd ~/work/lab_netem_ii/simple-drop
```

3. Создаёте скрипт для эксперимента `lab_netem_ii.py`:

3. В отчёте поясните содержание скрипта `lab_netem_ii.py`. В каких строках скрипта задается значение потери пакетов для интерфейса хоста?

4. Скорректируйте скрипт так, чтобы на экран или в отдельный файл выводилась информация о потерях пакетов.

5. Создайте `Makefile` для управления процессом проведения эксперимента:

6. Выполните эксперимент:

```
1 make
```

7. Очистите каталог от результатов проведения экспериментов:

```

mininet@mininet-vm:~$ mkdir -p ~/work/lab_netem_ii/expname
mininet@mininet-vm:~$ mkdir -p ~/work/lab_netem_ii/simple-drop
mininet@mininet-vm:~$ cd ~/work/lab_netem_ii/simple-drop
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_ii/simple-drop$ nano lab_netem_ii.py
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_ii/simple-drop$ nano Makefile
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_ii/simple-drop$ make
sudo python lab_netem_ii.py
File "lab_netem_ii.py", line 47
    h1.cmdPrint( 'ping -c 100', h2.IP(), '| grep "time=" |
                                     ^
SyntaxError: EOL while scanning string literal
make: *** [Makefile:4: ping.dat] Error 1
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_ii/simple-drop$ nano lab_netem_ii.py
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_ii/simple-drop$ make
sudo python lab_netem_ii.py
*** Adding controller
*** Adding hosts
*** Adding switch
*** Creating links
*** Starting network
*** Configuring hosts
h1 h2

```

```

mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_ii/simple-drop$ make clean
rm -f *.dat
mininet@mininet-vm:~/work/lab_netem_ii/simple-drop$

```

```

GNU nano 4.8                                Makefile                                Modified
all: ping.dat

ping.dat:
    sudo python lab_netem_ii.py
    sudo chown mininet:mininet ping.dat

clean:
    rm -f *.dat

```

```

mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3/lab_iperf3_topo$ cp lab_iperf3_topo.py lab_iperf3_
topo2.py
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3/lab_iperf3_topo$ ls
lab_iperf3_topo.py  lab_iperf3_topo.py.save  lab_iperf3_topo2.py
mininet@mininet-vm:~/work/lab_iperf3/lab_iperf3_topo$ cp lab_iperf3_topo.py lab_iperf3_

```

Выводы

В ходе полученные навыки в проведения интерактивных экспериментов в среде Mininet по исследованию параметров сети, связанных с потерей, дублированием, изменением порядка и повреждением пакетов при передаче данных. Эти параметры влияют на производительность протоколов и сетей.

.