

# Отчёт по лабораторной работе «IP-маршрутизация»

Здесь Ф. И. О

9 октября 2021 г.

## Содержание

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. Топология сети                 | 1  |
| 2. Назначение IP-адресов          | 2  |
| 3. Таблица маршрутизации          | 4  |
| 4. Проверка настройки сети        | 5  |
| 5. Маршрутизация                  | 7  |
| 6. Продолжительность жизни пакета | 8  |
| 7. Изучение IP-фрагментации       | 9  |
| 8. Отсутствие сети                | 9  |
| 9. Отсутствие IP-адреса в сети    | 10 |

## 1. Топология сети

Топология сети и используемые IP-адреса показаны на рис. 1.

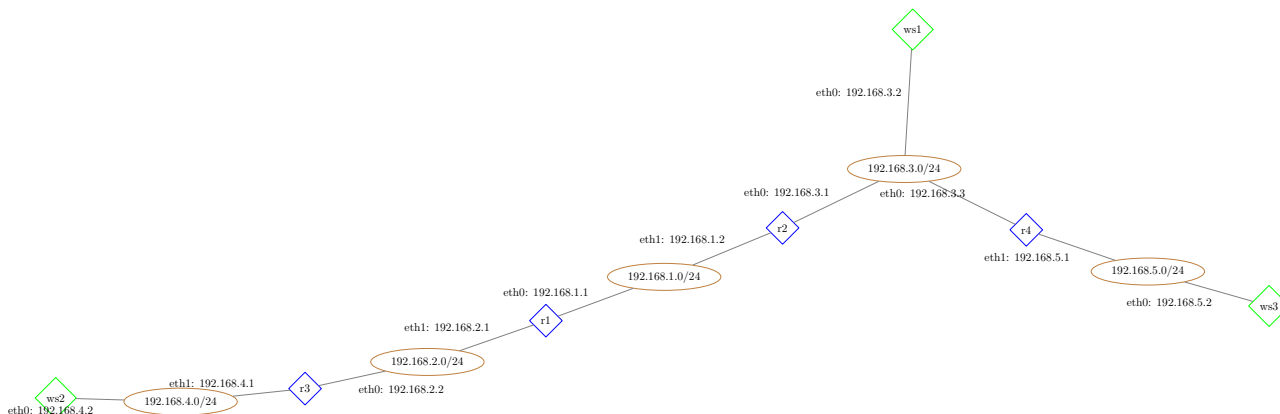


Рис. 1. Топология сети

## 2. Назначение IP-адресов

Ниже приведён файл настройки протокола IP маршрутизатора r1.

```
auto lo
iface lo inet loopback

auto eth0
iface eth0 inet static
    address 192.168.1.1
    netmask 255.255.255.0
    up ip r add 192.168.3.0/24 via 192.168.1.2 dev eth0
    down ip r del 192.168.3.0/24
    up ip r add 192.168.5.0/24 via 192.168.1.2 dev eth0
    down ip r del 192.168.5.0/24

auto eth1
iface eth1 inet static
    address 192.168.2.1
    netmask 255.255.255.0
    up ip r add 192.168.4.0/24 via 192.168.2.2 dev eth1
    down ip r del 192.168.4.0/24
```

Ниже приведён файл настройки протокола IP маршрутизатора r2.

```
auto lo
iface lo inet loopback

auto eth0
iface eth0 inet static
    address 192.168.3.1
    netmask 255.255.255.0
    up ip r add 192.168.5.0/24 via 192.168.3.3 dev eth0
    down ip r del 192.168.5.0/24

auto eth1
```

```

iface eth1 inet static
    address 192.168.1.2
    netmask 255.255.255.0
    up ip r add 192.168.2.0/24 via 192.168.1.1 dev eth1
    down ip r del 192.168.2.0/24
    up ip r add 192.168.4.0/24 via 192.168.1.1 dev eth1
    down ip r del 192.168.4.0/24

```

Ниже приведён файл настройки протокола IP маршрутизатора r3.

```

auto lo
iface lo inet loopback

auto eth0
iface eth0 inet static
    address 192.168.2.2
    netmask 255.255.255.0
    up ip r add 192.168.1.0/24 via 192.168.2.1 dev eth0
    down ip r del 192.168.1.0/24
    up ip r add 192.168.3.0/24 via 192.168.2.1 dev eth0
    down ip r del 192.168.3.0/24
    up ip r add 192.168.5.0/24 via 192.168.2.1 dev eth0
    down ip r del 192.168.5.0/24

auto eth1
iface eth1 inet static
    address 192.168.4.1
    netmask 255.255.255.0

```

Ниже приведён файл настройки протокола IP маршрутизатора r4.

```

auto lo
iface lo inet loopback

auto eth0
iface eth0 inet static
    address 192.168.3.3
    netmask 255.255.255.0
    up ip r add 192.168.1.0/24 via 192.168.3.1 dev eth0
    down ip r del 192.168.1.0/24
    up ip r add 192.168.2.0/24 via 192.168.3.1 dev eth0
    down ip r del 192.168.2.0/24
    up ip r add 192.168.4.0/24 via 192.168.3.1 dev eth0
    down ip r del 192.168.4.0/24

auto eth1
iface eth1 inet static
    address 192.168.5.1
    netmask 255.255.255.0

```

Ниже приведён файл настройки протокола IP рабочей станции ws1.

```

auto lo
iface lo inet loopback

auto eth0
iface eth0 inet static
    address 192.168.3.2
    netmask 255.255.255.0
    up ip r add 192.168.1.0/24 via 192.168.3.1 dev eth0
    down ip r del 192.168.1.0/24
    up ip r add 192.168.5.0/24 via 192.168.3.3 dev eth0
    down ip r del 192.168.5.0/24
    up ip r add 192.168.2.0/24 via 192.168.3.1 dev eth0
    down ip r del 192.168.2.0/24
    up ip r add 192.168.4.0/24 via 192.168.3.1 dev eth0
    down ip r del 192.168.4.0/24

```

Ниже приведён файл настройки протокола IP рабочей станции ws2.

```

auto lo
iface lo inet loopback

auto eth0
iface eth0 inet static
    address 192.168.4.2
    netmask 255.255.255.0
    gateway 192.168.4.1

```

Ниже приведён файл настройки протокола IP рабочей станции ws3.

```

auto lo
iface lo inet loopback

auto eth0
iface eth0 inet static
    address 192.168.5.2
    netmask 255.255.255.0
    gateway 192.168.5.1

```

### 3. Таблица маршрутизации

Таблица маршрутизации для **r1**.

```

192.168.5.0/24 via 192.168.1.2 dev eth0
192.168.4.0/24 via 192.168.2.2 dev eth1
192.168.3.0/24 via 192.168.1.2 dev eth0
192.168.2.0/24 dev eth1 proto kernel scope link src 192.168.2.1
192.168.1.0/24 dev eth0 proto kernel scope link src 192.168.1.1

```

Таблица маршрутизации для **r2**.

```

192.168.5.0/24 via 192.168.3.3 dev eth0
192.168.4.0/24 via 192.168.1.1 dev eth1
192.168.3.0/24 dev eth0 proto kernel scope link src 192.168.3.1
192.168.2.0/24 via 192.168.1.1 dev eth1
192.168.1.0/24 dev eth1 proto kernel scope link src 192.168.1.2

```

Таблица маршрутизации для **r3**.

```

192.168.5.0/24 via 192.168.2.1 dev eth0
192.168.4.0/24 dev eth1 proto kernel scope link src 192.168.4.1
192.168.3.0/24 via 192.168.2.1 dev eth0
192.168.2.0/24 dev eth0 proto kernel scope link src 192.168.2.2
192.168.1.0/24 via 192.168.2.1 dev eth0

```

Таблица маршрутизации для **r4**.

```

192.168.5.0/24 dev eth1 proto kernel scope link src 192.168.5.1
192.168.4.0/24 via 192.168.3.1 dev eth0
192.168.3.0/24 dev eth0 proto kernel scope link src 192.168.3.3
192.168.2.0/24 via 192.168.3.1 dev eth0
192.168.1.0/24 via 192.168.3.1 dev eth0

```

Таблица маршрутизации для **ws1**.

```

192.168.5.0/24 via 192.168.3.3 dev eth0
192.168.4.0/24 via 192.168.3.1 dev eth0
192.168.3.0/24 dev eth0 proto kernel scope link src 192.168.3.2
192.168.2.0/24 via 192.168.3.1 dev eth0
192.168.1.0/24 via 192.168.3.1 dev eth0

```

## 4. Проверка настройки сети

Вывод **traceroute** от узла **ws1** до **ws2** при нормальной работе сети.

```

traceroute to 192.168.4.2 (192.168.4.2), 64 hops max, 40 byte packets
 1  192.168.3.1 (192.168.3.1)  0 ms  0 ms  0 ms
 2  192.168.1.1 (192.168.1.1)  0 ms  0 ms  0 ms
 3  192.168.2.2 (192.168.2.2)  0 ms  0 ms  0 ms
 4  192.168.4.2 (192.168.4.2)  1 ms  0 ms  0 ms

```

Вывод **traceroute** от узла **ws1** до **ws3** при нормальной работе сети.

```

traceroute to 192.168.5.2 (192.168.5.2), 64 hops max, 40 byte packets
 1  192.168.3.3 (192.168.3.3)  9 ms  0 ms  0 ms
 2  192.168.5.2 (192.168.5.2)  12 ms  1 ms  1 ms

```

Вывод **traceroute** от узла **ws2** до **ws3** при нормальной работе сети.

```

traceroute to 192.168.5.2 (192.168.5.2), 64 hops max, 40 byte packets
 1  192.168.4.1 (192.168.4.1)  1 ms  2 ms  1 ms
 2  192.168.2.1 (192.168.2.1)  1 ms  1 ms  1 ms
 3  192.168.1.2 (192.168.1.2)  2 ms  2 ms  2 ms
 4  192.168.3.3 (192.168.3.3) 13 ms  2 ms  2 ms
 5  192.168.5.2 (192.168.5.2)  2 ms  2 ms  2 ms

```

Вывод **traceroute** от узла ws2 до ws1 при нормальной работе сети.

```

traceroute to 192.168.3.2 (192.168.3.2), 64 hops max, 40 byte packets
 1  192.168.4.1 (192.168.4.1)  0 ms  0 ms  0 ms
 2  192.168.2.1 (192.168.2.1)  0 ms  0 ms  1 ms
 3  192.168.1.2 (192.168.1.2)  1 ms  1 ms  1 ms
 4  192.168.3.2 (192.168.3.2)  1 ms  1 ms  1 ms

```

Вывод **traceroute** от узла ws3 до ws1 при нормальной работе сети.

```

traceroute to 192.168.3.2 (192.168.3.2), 64 hops max, 40 byte packets
 1  192.168.5.1 (192.168.5.1)  1 ms  1 ms  1 ms
 2  192.168.3.2 (192.168.3.2)  1 ms  1 ms  1 ms

```

Вывод **traceroute** от узла ws3 до ws2 при нормальной работе сети.

```

traceroute to 192.168.4.2 (192.168.4.2), 64 hops max, 40 byte packets
 1  192.168.5.1 (192.168.5.1)  1 ms  1 ms  0 ms
 2  192.168.3.1 (192.168.3.1)  0 ms  0 ms  0 ms
 3  192.168.1.1 (192.168.1.1)  1 ms  1 ms  0 ms
 4  192.168.2.2 (192.168.2.2)  1 ms  1 ms  1 ms
 5  192.168.4.2 (192.168.4.2)  1 ms  1 ms  1 ms

```

Перехват трафика на g1, вызвана команда traceroute 192.168.5.2 на машине ws2

```

07:48:10.904898 ee:97:f2:ab:47:0c > ff:ff:ff:ff:ff:ff, ethertype ARP (0x0806), length 42: arp w
07:48:10.904979 fa:de:dc:30:96:57 > ee:97:f2:ab:47:0c, ethertype ARP (0x0806), length 42: arp r
07:48:10.905388 ee:97:f2:ab:47:0c > fa:de:dc:30:96:57, ethertype IPv4 (0x0800), length 54: (tos
07:48:10.905470 fa:de:dc:30:96:57 > ee:97:f2:ab:47:0c, ethertype IPv4 (0x0800), length 82: (tos
      (tos 0x0, ttl 1, id 32087, offset 0, flags [none], proto UDP (17), length 40) 192.168.4
07:48:10.908365 ee:97:f2:ab:47:0c > fa:de:dc:30:96:57, ethertype IPv4 (0x0800), length 54: (tos
07:48:10.908389 fa:de:dc:30:96:57 > ee:97:f2:ab:47:0c, ethertype IPv4 (0x0800), length 82: (tos
      (tos 0x0, ttl 1, id 32088, offset 0, flags [none], proto UDP (17), length 40) 192.168.4
07:48:10.909388 ee:97:f2:ab:47:0c > fa:de:dc:30:96:57, ethertype IPv4 (0x0800), length 54: (tos
07:48:10.909411 fa:de:dc:30:96:57 > ee:97:f2:ab:47:0c, ethertype IPv4 (0x0800), length 82: (tos
      (tos 0x0, ttl 1, id 32089, offset 0, flags [none], proto UDP (17), length 40) 192.168.4
07:48:10.910453 ee:97:f2:ab:47:0c > fa:de:dc:30:96:57, ethertype IPv4 (0x0800), length 54: (tos
07:48:10.922329 fa:de:dc:30:96:57 > ee:97:f2:ab:47:0c, ethertype IPv4 (0x0800), length 82: (tos
      (tos 0x0, ttl 1, id 32090, offset 0, flags [none], proto UDP (17), length 40) 192.168.4
07:48:10.925538 ee:97:f2:ab:47:0c > fa:de:dc:30:96:57, ethertype IPv4 (0x0800), length 54: (tos
07:48:10.925880 fa:de:dc:30:96:57 > ee:97:f2:ab:47:0c, ethertype IPv4 (0x0800), length 82: (tos
      (tos 0x0, ttl 1, id 32091, offset 0, flags [none], proto UDP (17), length 40) 192.168.4
07:48:10.926996 ee:97:f2:ab:47:0c > fa:de:dc:30:96:57, ethertype IPv4 (0x0800), length 54: (tos
07:48:10.927295 fa:de:dc:30:96:57 > ee:97:f2:ab:47:0c, ethertype IPv4 (0x0800), length 82: (tos

```

```

(tos 0x0, ttl 1, id 32092, offset 0, flags [none], proto UDP (17), length 40) 192.168.4.
07:48:10.928550 ee:97:f2:ab:47:0c > fa:de:dc:30:96:57, ethertype IPv4 (0x0800), length 54: (tos
07:48:10.940202 fa:de:dc:30:96:57 > ee:97:f2:ab:47:0c, ethertype IPv4 (0x0800), length 82: (tos
(tos 0x0, ttl 1, id 32093, offset 0, flags [none], proto UDP (17), length 40) 192.168.4.
07:48:10.944583 ee:97:f2:ab:47:0c > fa:de:dc:30:96:57, ethertype IPv4 (0x0800), length 54: (tos
07:48:10.945622 fa:de:dc:30:96:57 > ee:97:f2:ab:47:0c, ethertype IPv4 (0x0800), length 82: (tos
(tos 0x0, ttl 1, id 32094, offset 0, flags [none], proto UDP (17), length 40) 192.168.4.
07:48:10.947072 ee:97:f2:ab:47:0c > fa:de:dc:30:96:57, ethertype IPv4 (0x0800), length 54: (tos
07:48:10.948094 fa:de:dc:30:96:57 > ee:97:f2:ab:47:0c, ethertype IPv4 (0x0800), length 82: (tos
(tos 0x0, ttl 1, id 32095, offset 0, flags [none], proto UDP (17), length 40) 192.168.4.
07:48:10.949714 ee:97:f2:ab:47:0c > fa:de:dc:30:96:57, ethertype IPv4 (0x0800), length 54: (tos
07:48:10.961675 fa:de:dc:30:96:57 > ee:97:f2:ab:47:0c, ethertype IPv4 (0x0800), length 82: (tos
(tos 0x0, ttl 1, id 32096, offset 0, flags [none], proto UDP (17), length 40) 192.168.4.
07:48:10.965966 ee:97:f2:ab:47:0c > fa:de:dc:30:96:57, ethertype IPv4 (0x0800), length 54: (tos
07:48:10.967025 fa:de:dc:30:96:57 > ee:97:f2:ab:47:0c, ethertype IPv4 (0x0800), length 82: (tos
(tos 0x0, ttl 1, id 32097, offset 0, flags [none], proto UDP (17), length 40) 192.168.4.
07:48:10.968620 ee:97:f2:ab:47:0c > fa:de:dc:30:96:57, ethertype IPv4 (0x0800), length 54: (tos
07:48:10.969990 fa:de:dc:30:96:57 > ee:97:f2:ab:47:0c, ethertype IPv4 (0x0800), length 82: (tos
(tos 0x0, ttl 1, id 32098, offset 0, flags [none], proto UDP (17), length 40) 192.168.4.
07:48:15.898234 fa:de:dc:30:96:57 > ee:97:f2:ab:47:0c, ethertype ARP (0x0806), length 42: arp w
07:48:15.898815 ee:97:f2:ab:47:0c > fa:de:dc:30:96:57, ethertype ARP (0x0806), length 42: arp r

```

## 5. Маршрутизация

MAC адреса интерфейсов в опыте:

```

ws1 eth0(192.168.3.2/24) - a6:f9:52:b6:1e:69
r4 eth0(192.168.3.3/24) - 4a:e4:d9:3b:f2:04
r4 eth1(192.168.5.1/24) - 42:9b:97:db:b0:a6
ws3 eth0(192.168.5.2/24) - b2:0b:69:d6:a7:1e

```

Таблица маршрутизатора r4:

```

192.168.5.0/24 dev eth1 proto kernel scope link src 192.168.5.1
192.168.4.0/24 via 192.168.3.1 dev eth0
192.168.3.0/24 dev eth0 proto kernel scope link src 192.168.3.3
192.168.2.0/24 via 192.168.3.1 dev eth0
192.168.1.0/24 via 192.168.3.1 dev eth0

```

Показаны опыты после стирания кеша ARP. Далее показана отправка пакета на маршрутизатор (косвенная маршрутизация).

```

a6:f9:52:b6:1e:69 > ff:ff:ff:ff:ff:ff, ethertype ARP (0x0806),
length 42: arp who-has 192.168.3.3 tell 192.168.3.2

4a:e4:d9:3b:f2:04 > a6:f9:52:b6:1e:69, ethertype ARP (0x0806),
length 42: arp reply 192.168.3.3 is-at 4a:e4:d9:3b:f2:04

a6:f9:52:b6:1e:69 > 4a:e4:d9:3b:f2:04, ethertype IPv4 (0x0800),
length 98: 192.168.3.2 > 192.168.5.2:
ICMP echo request, id 22786, seq 1, length 64

```

Затем маршрутизатор отправил его далее.

```
42:9b:97:db:b0:a6 > ff:ff:ff:ff:ff:ff, ethertype ARP (0x0806),  
length 42: arp who-has 192.168.5.2 tell 192.168.5.1  
  
b2:0b:69:d6:a7:1e > 42:9b:97:db:b0:a6, ethertype ARP (0x0806),  
length 42: arp reply 192.168.5.2 is-at b2:0b:69:d6:a7:1e  
  
42:9b:97:db:b0:a6 > b2:0b:69:d6:a7:1e, ethertype IPv4 (0x0800),  
length 98: 192.168.3.2 > 192.168.5.2:  
ICMP echo request, id 22786, seq 1, length 64
```

## 6. Продолжительность жизни пакета

MAC адреса интерфейсов в опыте:

```
r3 eth0(192.168.2.2/24) - ee:97:f2:ab:47:0c  
r1 eth1(192.168.2.1/24) - fa:de:dc:30:96:57
```

Создал петлю на маршрутизаторе r1, отключив на нем интерфейс eth0 и добавив неверный маршрут до сети 192.168.5.0/24 для этого выполнил следующие команды:

```
ip link set eth0 down  
ip route add 192.168.5.0/24 via 192.168.2.2 dev eth1
```

Измененная таблица маршрутизации на маршрутизаторе r1:

```
192.168.5.0/24 via 192.168.2.2 dev eth1  
192.168.4.0/24 via 192.168.2.2 dev eth1  
192.168.2.0/24 dev eth1 proto kernel scope link src 192.168.2.1
```

Запустил программу перехвата сетевого трафика на маршрутизаторе r1 (tcpdump -tnve -i eth1) и r3 (tcpdump -tnve -i eth0). Послал эхо-запрос из машины ws2(192.168.4.2) на машину ws3(192.168.5.2) в сети 192.168.5.0/24.

```
ping -c 1 192.168.5.2
```

Результат:

```
fa:de:dc:30:96:57 > ee:97:f2:ab:47:0c, ethertype IPv4 (0x0800), length 98: (tos 0x0, ttl 2,  
id 0, offset 0, flags [DF], proto ICMP (1), length 84) 192.168.4.2 > 192.168.5.2:  
ICMP echo request, id 18434, seq 1, length 64  
  
ee:97:f2:ab:47:0c > fa:de:dc:30:96:57, ethertype IPv4 (0x0800), length 98: (tos 0x0, ttl 1,  
id 0, offset 0, flags [DF], proto ICMP (1), length 84) 192.168.4.2 > 192.168.5.2:  
ICMP echo request, id 18434, seq 1, length 64  
  
fa:de:dc:30:96:57 > ee:97:f2:ab:47:0c, ethertype IPv4 (0x0800), length 126: (tos 0xc0, ttl 64,  
id 2480, offset 0, flags [none], proto ICMP (1), length 112) 192.168.2.1 > 192.168.4.2:  
ICMP time exceeded in-transit, length 92
```

Сообщение о завершении жизни отправил маршрутизатор r1



## 7. Изучение IP-фрагментации

Изменил значение MTU для сети 192.168.2.0/24, для этого выполнил на маршрутизаторе r1 команду:

```
|ip link set dev eth1 mtu 576
```

также выполнил на маршрутизаторе r3 команду:

```
|ip link set dev eth0 mtu 576
```

На машине ws2 отключил флаг DF (механизм борьбы с фрагментацией):

```
|echo 1 > /proc/sys/net/ipv4/ip_no_pmtu_disc
```

Затем послал эхо запрос с этой машины на маршрутизатор r2(192.168.3.1)

```
|ping -c 1 -s 1000 192.168.3.1
```

Вывод **tcpdump** на маршрутизаторе r3 перед сетью с уменьшенным MTU.

```
|IP (... offset 0, flags [none], proto ICMP (1), length 1028) 192.168.4.2 > 192.168.3.1: ...
|IP (... offset 0, flags [none], proto ICMP (1), length 1028) 192.168.3.1 > 192.168.4.2: ...
```

Вывод **tcpdump** на маршрутизаторе r1 после сети с уменьшенным MTU.

```
|IP (... offset 0, flags [+], proto ICMP (1), length 572) 192.168.4.2 > 192.168.3.1: ...
|IP (... offset 552, flags [none], proto ICMP (1), length 476) 192.168.4.2 > 192.168.3.1: icmp
|IP (... offset 0, flags [+], proto ICMP (1), length 572) 192.168.3.1 > 192.168.4.2: ...
|IP (... offset 552, flags [none], proto ICMP (1), length 476) 192.168.3.1 > 192.168.4.2: icmp
```

Вывод **tcpdump** на узле получателя r2.

```
|IP (... offset 0, flags [none], proto ICMP (1), length 1028) 192.168.4.2 > 192.168.3.1: ...
|IP (... offset 0, flags [none], proto ICMP (1), length 1028) 192.168.3.1 > 192.168.4.2: ...
```

## 8. Отсутствие сети

Запустил на маршрутизаторе r3 перехват сетевого трафика с помощью команды:

```
|tcpdump -n -i eth1 icmp
```

На машине ws2 выполнил эхо запрос к несуществующей сети:

```
|ping -c 1 10.30.0.111
```

Вывод на r3 сообщающий о недостижимости сети:

```
|23:41:00.531973 IP 192.168.4.2 > 10.30.0.111: ICMP echo request, id 19714, seq 1, length 64
|23:41:00.545496 IP 192.168.4.1 > 192.168.4.2: ICMP net 10.30.0.111 unreachable, length 92
```

## 9. Отсутствие IP-адреса в сети

Запустил на маршрутизаторе r3 перехват сетевого трафика с помощью команды:

```
| tcpdump -n -i eth1 icmp
```

Запустил на маршрутизаторе r1 перехват сетевого трафика с помощью команды:

```
| tcpdump -n -i eth0
```

На машине ws2 выполнил эхо запрос к несуществующему узлу в сети 192.168.1.0/24:

```
| ping -c 1 192.168.1.3
```

Вывод на r3 сообщающий о недостижимости узла:

```
| 23:50:11.915780 IP 192.168.4.2 > 192.168.1.3: ICMP echo request, id 19970, seq 1, length 64  
| 23:50:14.938240 IP 192.168.2.1 > 192.168.4.2: ICMP host 192.168.1.3 unreachable, length 92
```

Вывод на r1 сообщающий о том, что маршрутизатор не получил ответ на ARP-запрос, поэтому отправил ICMP-сообщение о недоступности узла:

```
| 23:50:11.935985 arp who-has 192.168.1.3 tell 192.168.1.1  
| 23:50:12.938010 arp who-has 192.168.1.3 tell 192.168.1.1  
| 23:50:13.938025 arp who-has 192.168.1.3 tell 192.168.1.1
```