

# **Отчёт по лабораторной работе 5**

**Простые сети в GNS3. Анализ трафика**

Элсаиед Адел

# **Содержание**

<b>1 Цель работы</b>	<b>5</b>
<b>2 Выполнение работы</b>	<b>6</b>
2.1 Моделирование простейшей сети на базе коммутатора в GNS3 . . . . .	6
2.2 Анализ трафика в GNS3 посредством Wireshark . . . . .	8
2.3 Моделирование простейшей сети на базе маршрутизатора FRR в GNS3	12
2.4 Моделирование простейшей сети на базе маршрутизатора VyOS в GNS3 . . . . .	18
<b>3 Заключение</b>	<b>23</b>

# Список иллюстраций

2.1 Топология простейшей сети в GNS3 . . . . .	6
2.2 Просмотр справки команд VPCS . . . . .	7
2.3 Проверка сетевой связности между PC1 и PC2 . . . . .	8
2.4 Анализ ARP-трафика в Wireshark . . . . .	9
2.5 ICMP эхо-запрос и ответ . . . . .	10
2.6 Эхо-запрос в UDP-режиме . . . . .	11
2.7 Эхо-запрос в TCP-режиме . . . . .	12
2.8 Топология сети с маршрутизатором FRR . . . . .	13
2.9 Настройка IP-адресации VPCS . . . . .	14
2.10 Настройка интерфейса маршрутизатора FRR . . . . .	15
2.11 Проверка конфигурации и интерфейсов FRR . . . . .	16
2.12 Проверка связи между PC и маршрутизатором . . . . .	17
2.13 Анализ ARP и ICMP трафика в Wireshark . . . . .	18
2.14 Топология сети с маршрутизатором VyOS . . . . .	19
2.15 Настройка IP-адресации VPCS . . . . .	20
2.16 Настройка интерфейса и имени маршрутизатора VyOS . . . . .	21
2.17 Проверка связи между PC и маршрутизатором VyOS . . . . .	21

# **Список таблиц**

# **1 Цель работы**

Построение простейших моделей сети на базе коммутатора и маршрутизаторов FRR и VyOS в GNS3, анализ трафика посредством Wireshark.

## 2 Выполнение работы

### 2.1 Моделирование простейшей сети на базе коммутатора в GNS3

1. Запущены GNS3 VM и программный комплекс GNS3, после чего создан новый проект для выполнения лабораторной работы.
2. В рабочей области GNS3 размещены следующие сетевые устройства:
  - Ethernet-коммутатор;
  - два виртуальных оконечных устройства типа VPCS.

Коммутатор переименован в `msk-elsaiedadel-sw-01`, а оконечные устройства – в `PC1-elsaiedadel` и `PC2-elsaiedadel`.

После переименования выполнено соединение VPCS с коммутатором. Для удобства анализа включено отображение обозначений интерфейсов соединения.

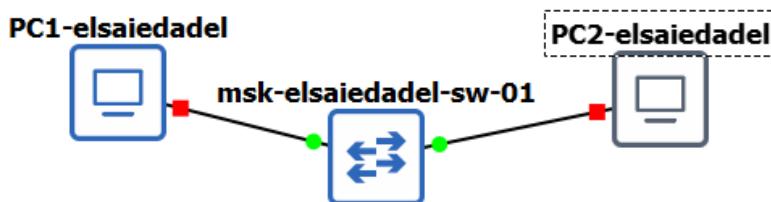


Рис. 2.1: Топология простейшей сети в GNS3

3. После запуска первого оконечного устройства PC1-elsaiedadel открыт его терминал Console. Для ознакомления с доступными командами VPCS выполнен вывод справочной информации с помощью команды ?, что позволило изучить синтаксис команд настройки IP-параметров и диагностики сети.

```
PC1-elsaiedadel - PuTTY
For more information, please visit wiki.freecode.com.cn.

Press '?' to get help.

Executing the startup file

Hostname is too long. (Maximum 12 characters)

VPCS> ?

?          Print help
arp         Shortcut for: show arp. Show arp table
clear ARG  Clear IPv4/IPv6, arp/neighbor cache, command history
dhcp [OPTION] Shortcut for: ip dhcp. Get IPv4 address via DHCP
disconnect  Exit the telnet session (daemon mode)
echo TEXT   Display TEXT in output. See also set echo ?
help        Print help
history     Shortcut for: show history. List the command history
ip ARG ... [OPTION] Configure the current VPC's IP settings. See ip ?
load [FILENAME] Load the configuration/script from the file FILENAME
ping HOST [OPTION ...] Ping HOST with ICMP (default) or TCP/UDP. See ping ?
quit        Quit program
relay ARG ... Configure packet relay between UDP ports. See relay ?
rlogin [ip] port Telnet to port on host at ip (relative to host PC)
save [FILENAME] Save the configuration to the file FILENAME
set ARG ...  Set VPC name and other options. Try set ?
show [ARG ...] Print the information of VPCs (default). See show ?
sleep [seconds] [TEXT] Print TEXT and pause running script for seconds
trace HOST [OPTION ...] Print the path packets take to network HOST
version      Shortcut for: show version

To get command syntax help, please enter '?' as an argument of the command.

VPCS> 
```

Рис. 2.2: Просмотр справки команд VPCS

4. На втором оконечном устройстве PC2-elsaiedadel выполнена настройка сетевых параметров. Задан IP-адрес 192.168.1.12 с маской подсети /24 и шлюзом по умолчанию 192.168.1.1. После проверки корректности назначения адреса конфигурация сохранена в стартовый файл VPCS.
5. Для проверки работоспособности сети и корректности адресации выполнена проверка сетевой связности между узлами. В результате получены ответы без потерь пакетов, что подтверждает наличие сетевого соединения между оконечными устройствами.

```
Press '?' to get help.

Executing the startup file

Hostname is too long. (Maximum 12 characters)

VPCS> ip 192.168.1.12/24 192.168.1.1
Checking for duplicate address...
VPCS : 192.168.1.12 255.255.255.0 gateway 192.168.1.1

VPCS> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

VPCS> ping 192.168.1.11

84 bytes from 192.168.1.11 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.871 ms
84 bytes from 192.168.1.11 icmp_seq=2 ttl=64 time=1.056 ms
84 bytes from 192.168.1.11 icmp_seq=3 ttl=64 time=1.669 ms
84 bytes from 192.168.1.11 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.939 ms
84 bytes from 192.168.1.11 icmp_seq=5 ttl=64 time=0.220 ms

VPCS>
```

Рис. 2.3: Проверка сетевой связности между PC1 и PC2

6. По завершении эксперимента все узлы в проекте были корректно остановлены с использованием команды Stop all nodes в меню управления GNS3.

## 2.2 Анализ трафика в GNS3 посредством Wireshark

1. На соединении между оконечным устройством PC1-elsaiedadel и Ethernet-коммутатором был запущен захват трафика. Для этого в рабочей области GNS3 выполнен щелчок правой кнопкой мыши по линии соединения и выбран пункт **Start capture**. В результате был автоматически запущен анализатор Wireshark, а на соединении в проекте появился индикатор активного захвата пакетов.
2. После запуска захвата трафика в проекте GNS3 выполнен запуск всех узлов с использованием команды **Start/Resume all nodes**. В окне Wireshark зафиксированы ARP-сообщения, инициированные оконечными устройствами при проверке и объявлении собственных IP-адресов. Наблюдаются

Gratuitous ARP-запросы, рассылаемые в широковещательном режиме для обнаружения возможных конфликтов IP-адресов в сети.

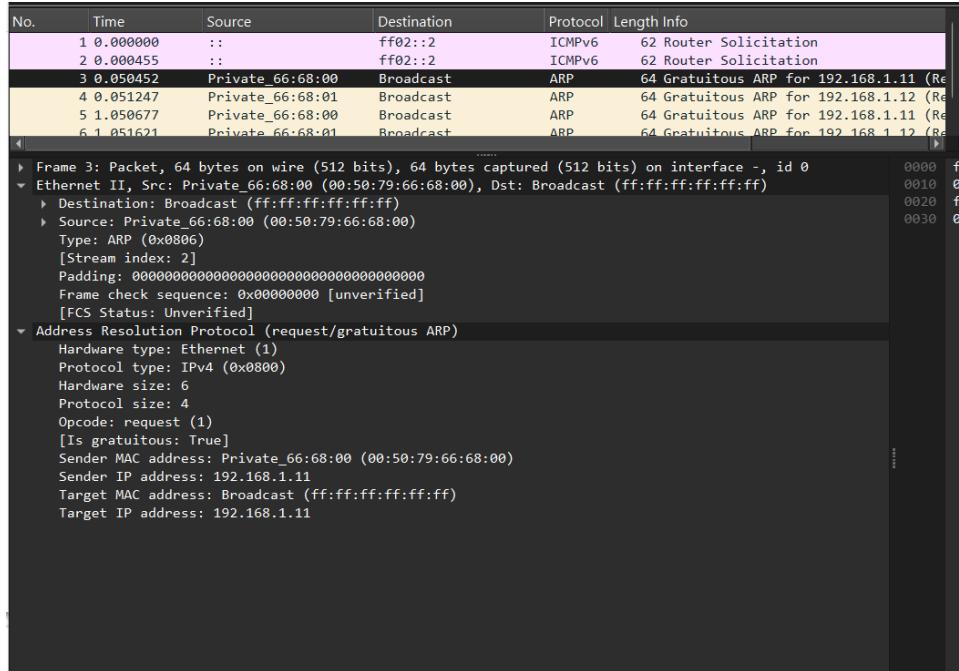


Рис. 2.4: Анализ ARP-трафика в Wireshark

В расшифровке ARP-пакетов отображается MAC-адрес отправителя, IP-адрес источника и целевого узла, а также факт использования широковещательного MAC-адреса назначения, что соответствует стандартному механизму работы протокола ARP.

3. В терминале устройства PC2-elsaiedadel выполнен просмотр справки по параметрам команды `ping`, после чего сформирован одиночный эхо-запрос в ICMP-режиме к узлу PC1-elsaiedadel. В окне Wireshark зафиксированы ICMP Echo Request и Echo Reply сообщения.

```
VPCS> ping 192.168.1.11 -c 1
84 bytes from 192.168.1.11 icmp_seq=1 ttl=64 time=1.102 ms

VPCS> ping 192.168.1.11 -c 1 -2
84 bytes from 192.168.1.11 udp_seq=1 ttl=64 time=2.097 ms

VPCS> ping 192.168.1.11 -c 1 -3
Connect    7@192.168.1.11 seq=1 ttl=64 time=2.787 ms
SendData   7@192.168.1.11 seq=1 ttl=64 time=2.414 ms
Close      7@192.168.1.11 seq=1 ttl=64 time=3.997 ms

VPCS> █
```

Рис. 2.5: ICMP эхо-запрос и ответ

Анализ ICMP-пакетов показал, что запрос был отправлен от IP-адреса 192.168.1.12 к 192.168.1.11, а в ответном пакете корректно возвращён Echo Reply, что подтверждает работоспособность сетевого взаимодействия.

4. Далее выполнен одиночный эхо-запрос в UDP-режиме к узлу PC1-elsaiedadel. В результате в Wireshark зафиксирован UDP-пакет, содержащий эхо-данные, переданные на порт назначения 7, который используется службой Echo.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length Info
7	2.051224	Private_66:68:00	Broadcast	ARP	64 Gratuitous ARP for 192.168.1.11
8	2.052481	Private_66:68:01	Broadcast	ARP	64 Gratuitous ARP for 192.168.1.12
9	85.152503	Private_66:68:01	Broadcast	ARP	64 Who has 192.168.1.11? Tell 192.1
10	85.153038	Private_66:68:00	Private_66:68:01	ARP	64 192.168.1.11 is at 00:50:79:66:6
→ 11	85.155007	192.168.1.12	192.168.1.11	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x0732,
← 12	85.155574	192.168.1.11	192.168.1.12	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x0732,

Frame 11: Packet, 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits) on interface -, id 0  
Ethernet II, Src: Private\_66:68:01 (00:50:79:66:68:01), Dst: Private\_66:68:00 (00:50:79:66:68:00)  
Destination: Private\_66:68:00 (00:50:79:66:68:00)  
Source: Private\_66:68:01 (00:50:79:66:68:01)  
Type: IPv4 (0x0800)  
[Stream index: 4]  
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.12, Dst: 192.168.1.11  
0100 .... = Version: 4  
.... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)  
Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)  
Total Length: 84  
Identification: 0x3207 (12807)  
000. .... = Flags: 0x0  
...0 0000 0000 0000 = Fragment Offset: 0  
Time to Live: 64  
Protocol: ICMP (1)  
Header Checksum: 0xc53a [validation disabled]  
[Header checksum status: Unverified]  
Source Address: 192.168.1.12  
Destination Address: 192.168.1.11  
[Stream index: 0]  
Internet Control Message Protocol  
Type: Echo (ping) request (8)  
Code: 0  
Checksum: 0x18d9 [correct]  
[Checksum Status: Good]  
Identifier (BE): 1842 (0x0732)  
Identifier (LE): 12807 (0x3207)  
Sequence Number (BE): 1 (0x0001)  
Sequence Number (LE): 256 (0x0100)  
[Response frame: 12]

Рис. 2.6: Эхо-запрос в UDP-режиме

В анализе пакета отображаются заголовки протоколов Ethernet, IPv4 и UDP, а также полезная нагрузка, содержащая данные эхо-запроса.

- После этого выполнен одиночный эхо-запрос в TCP-режиме. В окне Wireshark зафиксирована последовательность TCP-сегментов, включающая установление соединения (SYN, SYN-ACK, ACK), передачу данных и завершение обмена.

```

10 85.153038  Private_66:68:00  Private_66:68:01    ARP      64 192.168.1.11 is at 00:50:79:66:00:00
11 85.155007  192.168.1.12     192.168.1.11    ICMP    98 Echo (ping) request  id=0x0732, seq=1
12 85.155574  192.168.1.11     192.168.1.12    ICMP    98 Echo (ping) reply   id=0x0732, seq=1
13 92.696887  192.168.1.12     192.168.1.11    ECHO    98 Request
14 92.697936  192.168.1.11     192.168.1.12    ECHO    98 Response

Frame 13: Packet, 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits) on interface -, id 0
Ethernet II, Src: Private_66:68:01 (00:50:79:66:00:00), Dst: Private_66:68:00 (00:50:79:66:00:00)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.1.12, Dst: 192.168.1.11
    0100 .... = Version: 4
    .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
    Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
        Total Length: 84
        Identification: 0x320f (12815)
    000. .... = Flags: 0x0
    ...0 0000 0000 0000 = Fragment Offset: 0
    Time to Live: 64
    Protocol: UDP (17)
    Header Checksum: 0xc522 [validation disabled]
        [Header checksum status: Unverified]
    Source Address: 192.168.1.12
    Destination Address: 192.168.1.11
        [Stream index: 0]
User Datagram Protocol, Src Port: 25338, Dst Port: 7
    Source Port: 25338
    Destination Port: 7
    Length: 64
    Checksum: 0x7d7a [unverified]
        [Checksum Status: Unverified]
        [Stream index: 0]
        [Stream Packet Number: 1]
        [Timestamps]
            UDP payload (56 bytes)
Echo

```

Рис. 2.7: Эхо-запрос в TCP-режиме

Анализ TCP-трафика показал корректное установление соединения между узлами, передачу полезной нагрузки и подтверждение полученных данных, что соответствует стандартной логике работы протокола TCP.

- После завершения анализа трафика захват пакетов в Wireshark был остановлен, после чего выполнение лабораторной работы завершено.

## 2.3 Моделирование простейшей сети на базе маршрутизатора FRR в GNS3

- Запущены GNS3 VM и среда моделирования GNS3. Создан новый проект для выполнения лабораторной работы.
- В рабочей области GNS3 размещены следующие устройства:
  - оконечное устройство VPCS;

- Ethernet-коммутатор;
- маршрутизатор FRR.

Сформирована топология сети, в которой VPCS подключён к коммутатору, а коммутатор – к маршрутизатору FRR.

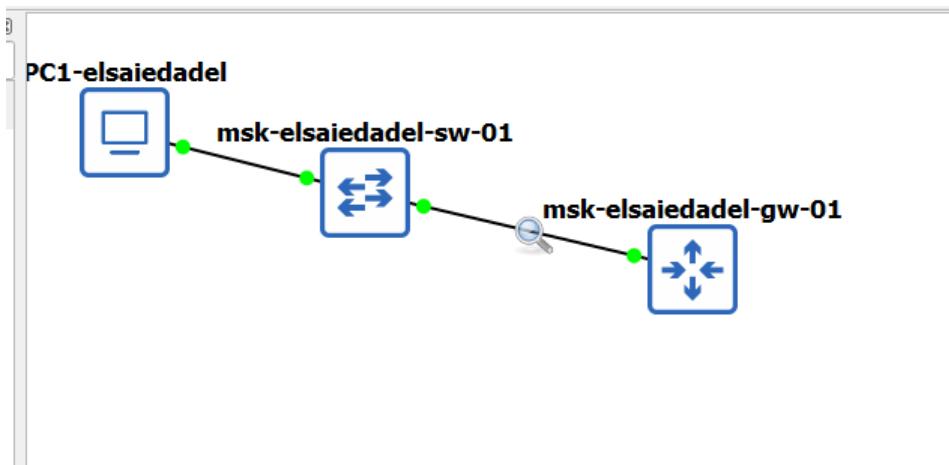


Рис. 2.8: Топология сети с маршрутизатором FRR

3. Выполнено переименование устройств в соответствии с заданными требованиями:
  - VPCS – PC1-elsaiedadel;
  - коммутатор – msk-elsaiedadel-sw-01;
  - маршрутизатор – msk-elsaiedadel-gw-01.
4. На соединении между коммутатором и маршрутизатором включён захват трафика для последующего анализа в Wireshark.
5. Все устройства проекта запущены. Для каждого узла открыта консоль управления.
6. На окончном устройстве PC1-elsaiedadel выполнена настройка IP-адресации. Узлу присвоен IP-адрес 192.168.1.10 с маской /24, а в качестве шлюза по умолчанию указан адрес 192.168.1.1. После этого конфигурация сохранена, и выполнен просмотр текущих сетевых параметров.

```
VPCS> ip 192.168.1.10/24 192.168.1.1
Checking for duplicate address...
VPCS : 192.168.1.10 255.255.255.0 gateway 192.168.1.1

VPCS> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

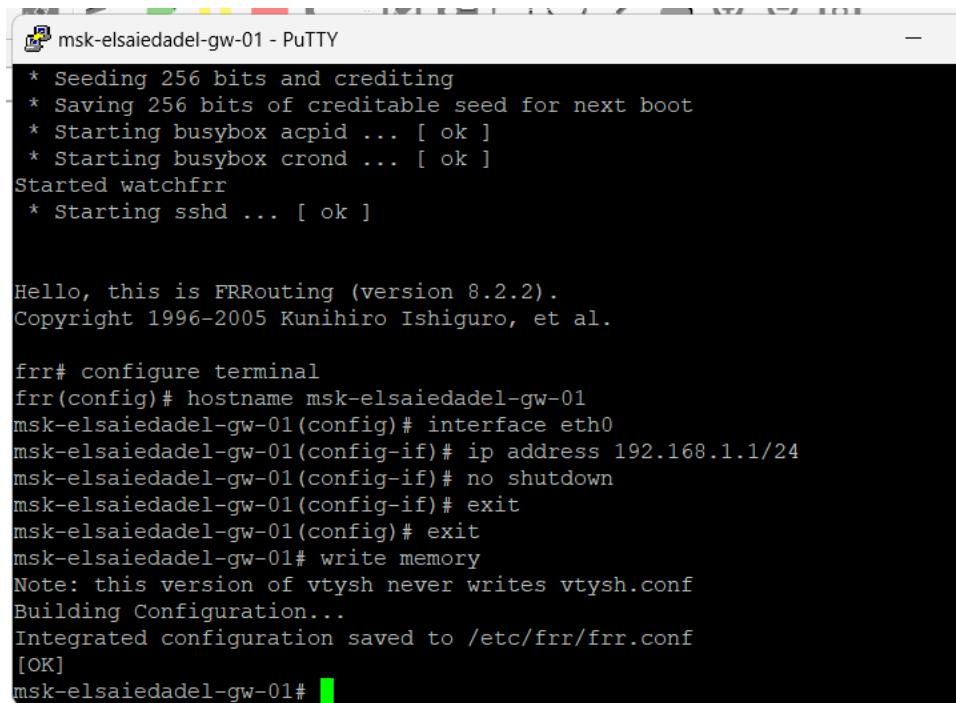
VPCS> show ip

NAME      : VPCS[1]
IP/MASK   : 192.168.1.10/24
GATEWAY   : 192.168.1.1
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 10004
RHOST:PORT: 127.0.0.1:10005
MTU       : 1500

VPCS>
```

Рис. 2.9: Настройка IP-адресации VPCS

7. На маршрутизаторе FRR выполнена базовая настройка. Задано имя устройства `msk-elsaiedadel-gw-01`, после чего на интерфейсе `eth0` настроен IP-адрес `192.168.1.1/24`. Интерфейс переведён в активное состояние, а конфигурация сохранена в постоянной памяти.



```
* Seeding 256 bits and crediting
* Saving 256 bits of creditable seed for next boot
* Starting busybox acpid ... [ ok ]
* Starting busybox crond ... [ ok ]
Started watchfrr
* Starting sshd ... [ ok ]

Hello, this is FRRouting (version 8.2.2).
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.

frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-elsaiedadel-gw-01
msk-elsaiedadel-gw-01(config)# interface eth0
msk-elsaiedadel-gw-01(config-if)# ip address 192.168.1.1/24
msk-elsaiedadel-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-elsaiedadel-gw-01(config-if)# exit
msk-elsaiedadel-gw-01(config)# exit
msk-elsaiedadel-gw-01# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-elsaiedadel-gw-01#
```

Рис. 2.10: Настройка интерфейса маршрутизатора FRR

8. Для проверки корректности конфигурации маршрутизатора выполнен просмотр текущей конфигурации и состояния интерфейсов. В результате подтверждено, что интерфейс `eth0` находится в состоянии `up` и имеет корректно назначенный IP-адрес.

```
msk-elsaiedadel-gw-01# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-elsaiedadel-gw-01
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
  ip address 192.168.1.1/24
exit
!
end
msk-elsaiedadel-gw-01# show interface brief
Interface      Status    VRF          Addresses
-----      -----
eth0          up        default      192.168.1.1/24
eth1          down       default
eth2          down       default
eth3          down       default
eth4          down       default
eth5          down       default
eth6          down       default
eth7          down       default
lo            up        default
pimreg        up        default
3
msk-elsaiedadel-gw-01#
```

Рис. 2.11: Проверка конфигурации и интерфейсов FRR

9. С окончного устройства PC1-elsaiedadel выполнена проверка сетевой связности путём отправки ICMP эхо-запросов на адрес маршрутизатора 192.168.1.1. Получены корректные ответы без потерь пакетов, что подтверждает работоспособность соединения.

```
File Edit View Control Node Annotate Tools Help
PC1-elsaiedadel - PuTTY
Copyright (c) 2007-2015, Paul Meng (mirnshi@gmail.com)
All rights reserved.

VPCS is free software, distributed under the terms of the "BSD" licence.
Source code and license can be found at vpcs.sf.net.
For more information, please visit wiki.freecode.com.cn.

Press '?' to get help.

Executing the startup file

Checking for duplicate address...
VPCS : 192.168.1.10 255.255.255.0 gateway 192.168.1.1

VPCS> ping 192.168.1.1

84 bytes from 192.168.1.1 icmp_seq=1 ttl=64 time=1.213 ms
84 bytes from 192.168.1.1 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.630 ms
84 bytes from 192.168.1.1 icmp_seq=3 ttl=64 time=5.440 ms
84 bytes from 192.168.1.1 icmp_seq=4 ttl=64 time=3.838 ms
84 bytes from 192.168.1.1 icmp_seq=5 ttl=64 time=1.270 ms

VPCS>
```

Рис. 2.12: Проверка связи между РС и маршрутизатором

10. В окне Wireshark проанализирован захваченный трафик. Зафиксированы ARP-запросы для определения MAC-адреса маршрутизатора, а также ICMP Echo Request и Echo Reply сообщения между узлом РС и маршрутизатором. Анализ пакетов подтверждает корректную работу протоколов ARP и ICMP в смоделированной сети.

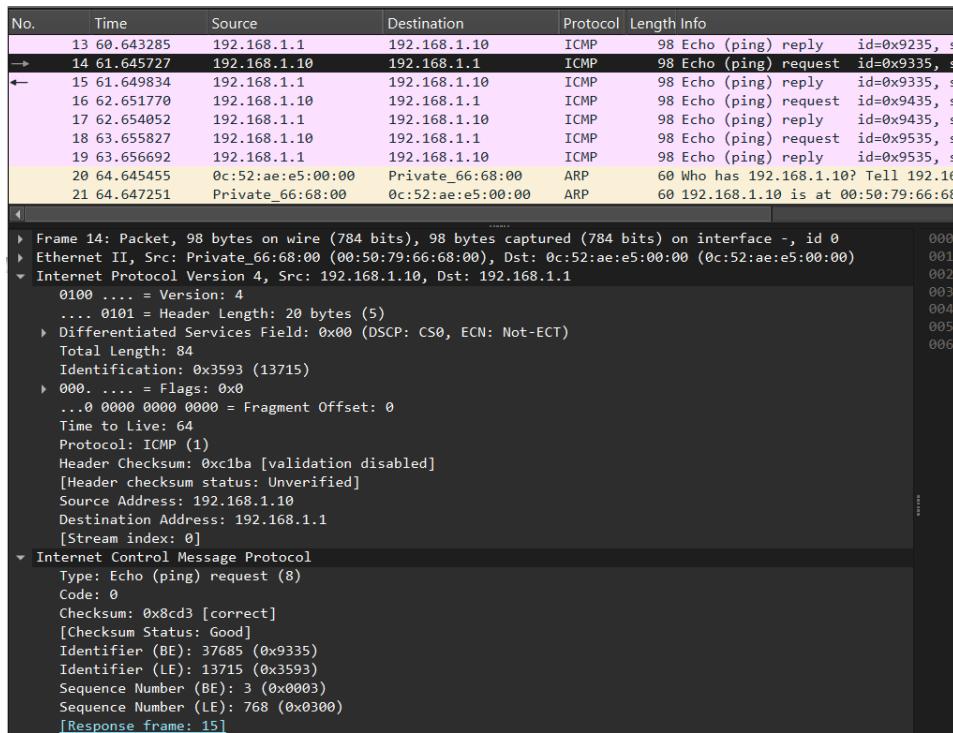


Рис. 2.13: Анализ ARP и ICMP трафика в Wireshark

11. По завершении анализа захват трафика в Wireshark остановлен. Все устройства в проекте корректно остановлены, выполнение лабораторной работы завершено.

## 2.4 Моделирование простейшей сети на базе маршрутизатора VyOS в GNS3

1. Запущены GNS3 VM и программный комплекс GNS3. Создан новый проект для выполнения лабораторной работы.
2. В рабочей области GNS3 размещены следующие сетевые устройства:
  - оконечное устройство VPCS;
  - Ethernet-коммутатор;
  - маршрутизатор VyOS.

Сформирована топология сети, в которой VPCS подключён к коммутатору, а коммутатор – к маршрутизатору VyOS.

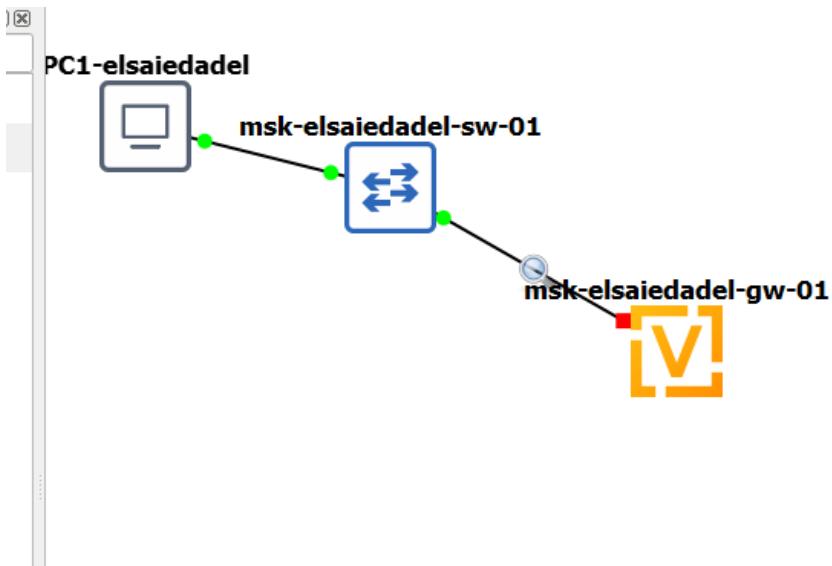


Рис. 2.14: Топология сети с маршрутизатором VyOS

3. Выполнено переименование устройств в соответствии с требованиями задания:
  - VPCS – PC1-elsaiedadel;
  - коммутатор – msk-elsaiedadel-sw-01;
  - маршрутизатор – msk-elsaiedadel-gw-01.
4. На соединении между коммутатором и маршрутизатором включён захват трафика для последующего анализа в Wireshark.
5. Все устройства проекта запущены, для каждого узла открыта консоль управления.
6. На окончном устройстве PC1-elsaiedadel выполнена настройка IP-адресации. Узлу присвоен IP-адрес 192.168.1.10 с маской /24, в качестве шлюза по умолчанию указан адрес 192.168.1.1. После этого конфигурация сохранена и выполнен просмотр текущих сетевых параметров.

```
[root@vyos]# vyos@vyos# compare
[edit interfaces ethernet eth0]
-address dhcp
+address 192.168.1.1/24
[edit system]
>host-name msk-elsaiedadel-gw-01
[edit]
vyos@vyos# commit
[edit]
vyos@vyos# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@vyos# show interfaces
ethernet eth0 {
    address 192.168.1.1/24
    hw-id 0c:4b:7e:61:00:00
}
ethernet eth1 {
    hw-id 0c:4b:7e:61:00:01
}
ethernet eth2 {
    hw-id 0c:4b:7e:61:00:02
}
loopback lo {
}
[edit]
vyos@vyos#
```

Рис. 2.15: Настройка IP-адресации VPCS

7. После загрузки маршрутизатора выполнен вход в систему VyOS под учётной записью `vyos`. Далее система установлена на диск с использованием стандартных параметров установки, после чего маршрутизатор был перезагружен.
8. После перезагрузки выполнен переход в режим конфигурирования. На маршрутизаторе задано имя `msk-elsaiedadel-gw-01`, а на интерфейсе `eth0` настроен IP-адрес `192.168.1.1/24`. Изменения применены и сохранены в конфигурации. После этого выполнен просмотр информации об интерфейсах маршрутизатора.

```
VPCS> ping 192.168.1.1

84 bytes from 192.168.1.1 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.854 ms
84 bytes from 192.168.1.1 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.809 ms
84 bytes from 192.168.1.1 icmp_seq=3 ttl=64 time=0.846 ms
84 bytes from 192.168.1.1 icmp_seq=4 ttl=64 time=1.035 ms
84 bytes from 192.168.1.1 icmp_seq=5 ttl=64 time=0.883 ms

VPCS>
```

Рис. 2.16: Настройка интерфейса и имени маршрутизатора VyOS

9. Для проверки сетевой связности с оконечного устройства PC1-elsaiedadel выполнена отправка ICMP эхо-запросов на адрес маршрутизатора 192.168.1.1. Получены корректные ответы без потерь пакетов, что подтверждает работоспособность соединения.

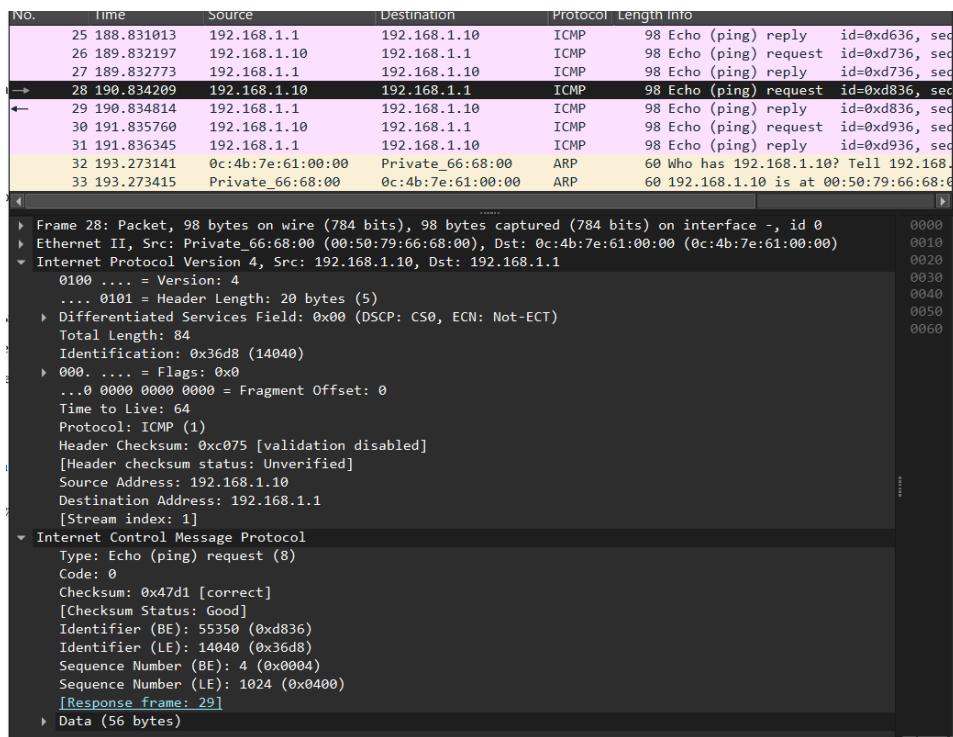


Рис. 2.17: Проверка связи между PC и маршрутизатором VyOS

10. В окне Wireshark проанализирован захваченный трафик. Зафиксированы

ны ARP-запросы для определения MAC-адреса маршрутизатора, а также ICMP Echo Request и Echo Reply сообщения между оконечным устройством и маршрутизатором. Анализ пакетов подтверждает корректную работу протоколов ARP и ICMP.

11. По завершении анализа захват пакетов в Wireshark был остановлен. Все устройства в проекте корректно остановлены, работа с GNS3 завершена.

## **3 Заключение**

В ходе выполнения лабораторной работы было выполнено моделирование простых локальных сетей в среде GNS3 с использованием коммутатора Ethernet, маршрутизаторов FRR и VyOS, а также виртуальных оконечных устройств VPCS. На практике отработаны базовые принципы построения сетевых топологий, настройки IP-адресации и организации сетевого взаимодействия между узлами.

В процессе работы произведена настройка сетевых интерфейсов оконечных устройств и маршрутизаторов, проверена корректность заданных параметров и обеспечена успешная передача данных между элементами сети. С помощью анализатора пакетов Wireshark выполнен захват и детальный анализ сетевого трафика, что позволило изучить механизмы работы протоколов ARP и ICMP, а также особенности передачи эхо-запросов в различных режимах.

Результаты экспериментов подтвердили корректность выполненных конфигураций и наглядно продемонстрировали процессы установления сетевого взаимодействия на канальном и сетевом уровнях модели OSI. Полученные практические навыки могут быть использованы при проектировании, настройке и диагностике локальных сетей и сетевых устройств.