

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования

Университет ИТМО

Дисциплина: Компьютерные сети

## **Лабораторная работа 4**

**Выполнили:**

Кривоносов Егор Дмитриевич

Марков Петр Денисович

**Группа:** Р33111

**Преподаватель:**

Тропченко Андрей Александрович

2022 г.

Санкт-Петербург

# Цель работы

Изучение принципов настройки и функционирования компьютерных сетей, представляющих собой несколько подсетей, связанных с помощью маршрутизаторов, процессов автоматического распределения сетевых адресов и принципов статической маршрутизации и динамической маршрутизации на основе протокола RIP, а также передачи данных на основе протоколов UDP и TCP, с использованием программы моделирования компьютерных сетей NetEmul.

## Задание

1. Построить модели компьютерных сетей, представляющих собой несколько подсетей, объединенных в одну автономную сеть, в соответствии с заданными вариантами топологий, представленными в Приложении (B1 – B6);
2. Выполнить настройку сети, заключающуюся в присвоении IP-адресов интерфейсам сети и ручном заполнении таблиц маршрутизации при статической маршрутизации, и динамической маршрутизации на основе протокола RIP;
3. Выполнить тестирование построенных сетей путем проведения экспериментов по передаче данных на основе протоколов UDP и TCP;
4. Проанализировать результаты тестирования и сформулировать выводы об эффективности сети;
5. Сохранить разработанные модели локальных сетей для демонстрации процессов передачи данных при защите лабораторной работы.

# Выполнение

## Задание 1. Сеть с одним маршрутизатором (вариант В1)

Этап 1. Построение и настройка сети с маршрутизатором.

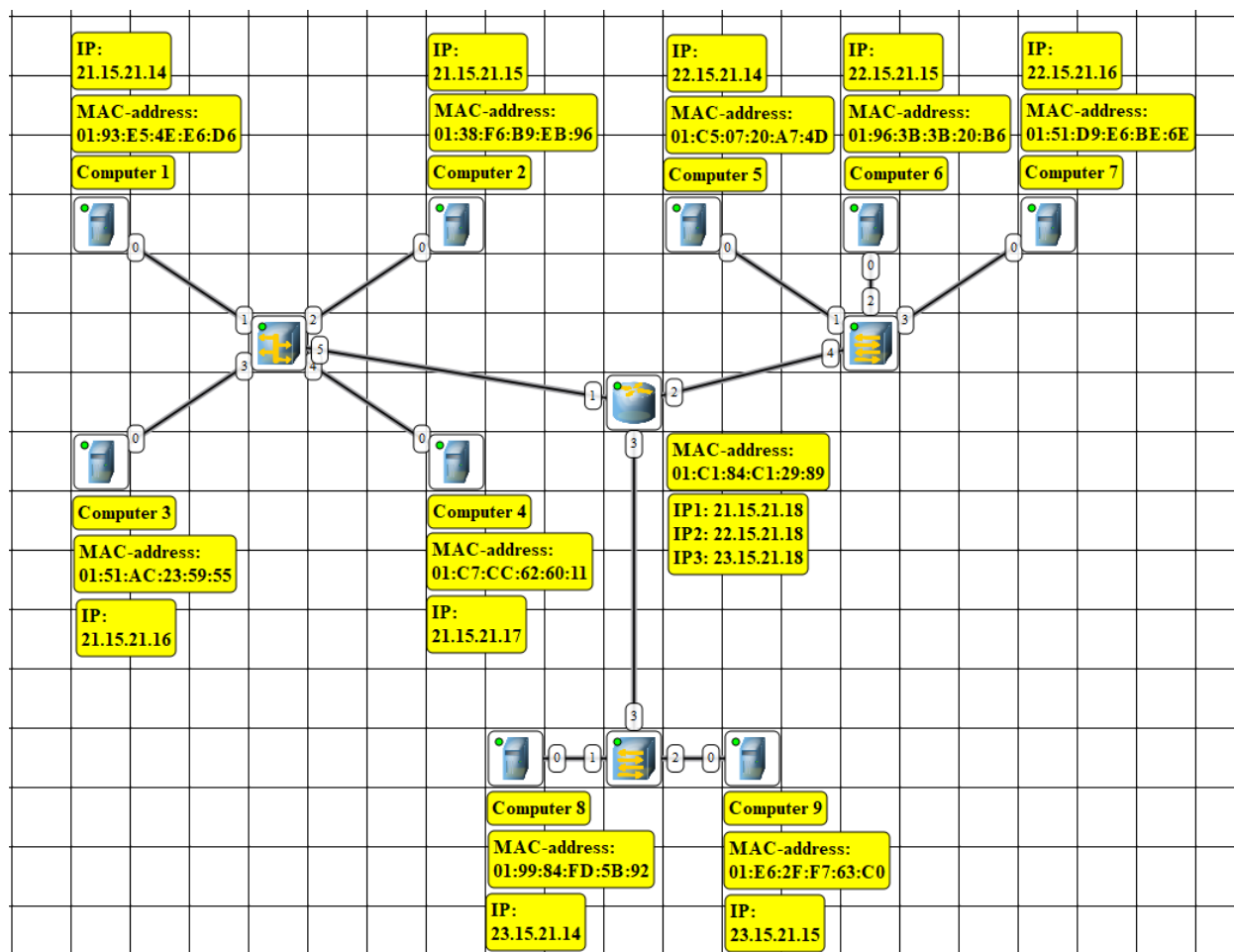


Таблица маршрутизации

	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	21.0.0.0	255.0.0.0	21.15.21.14	21.15.21.14	0	Подключена
2	0.0.0.0	0.0.0.0	21.15.21.18	21.15.21.14	0	Статическая

Таблица маршрутизации для конечных узлов (компьютеров), согласно третьей лабораторной работе, продолжает выглядеть следующим образом. Мы помним, что таблицы маршрутизации – это правила для описания соответствия между адресами назначения и интерфейсами, через которые нужно отправить пакет данных. Каждая запись в таблице формируется при изменении/назначении нового IP-адреса компьютеру.

В таблице помимо хорошо известного нам loopback адреса есть так же адрес 0.0.0.0 – или адрес «по умолчанию», то есть если мы хотим отправить пакет данных компьютеру с неизвестным нашей подсети IP-адресом, мы отправим пакет по адресу по умолчанию. Интереснее обстоит картина с таблицей маршрутизации маршрутизатора:

Здесь мы можем увидеть все три интерфейса для коммуникации с каждой из подсетей.

Таблица маршрутизации						
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	21.0.0.0	255.0.0.0	21.15.21.18	21.15.21.18	0	Подключена
2	22.0.0.0	255.0.0.0	22.15.21.18	22.15.21.18	0	Подключена
3	23.0.0.0	255.0.0.0	23.15.21.18	23.15.21.18	0	Подключена

## Этап 2. Тестирование сети (отправка пакетов).

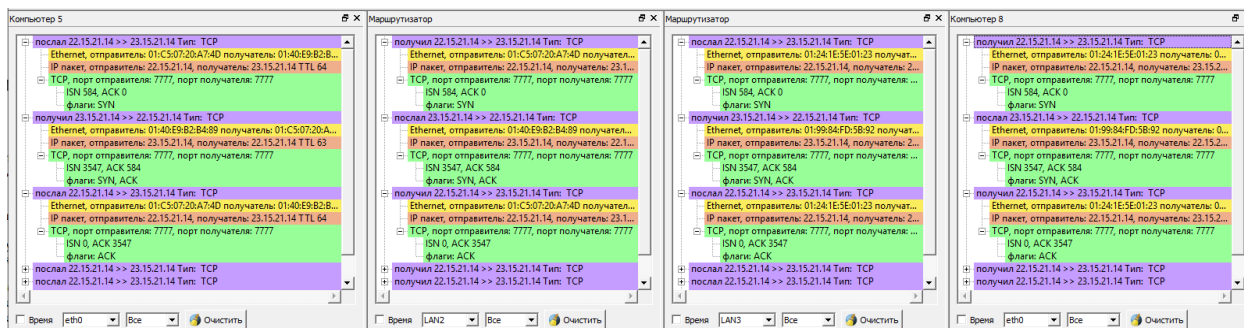
При отправке сообщения по протоколу UDP с “Компьютер 5” на “Компьютер 8”, видим следующую картину

The image displays four network traffic capture windows, likely from Wireshark, showing the communication sequence between Computer 5, the Router, and Computer 8. The windows are titled 'Компьютер 5', 'Маршрутизатор', 'Маршрутизатор', and 'Компьютер 8'.

- Компьютер 5:** Shows the initial UDP packet being sent to the router (22.15.21.14) and the subsequent ARP request to find the MAC address of the router.
- Маршрутизатор (first instance):** Shows the receipt of the UDP packet and the ARP request from Computer 5.
- Маршрутизатор (second instance):** Shows the ARP response from the router to Computer 5, providing the MAC address (01:99:84:FD:5B:92).
- Компьютер 8:** Shows the receipt of the ARP response from the router and the subsequent UDP packet from the router (23.15.21.18).

С журналов видно, что отправка UDP пакетов через роутер ничем особо не отличается. В начале отправляются ARP-запросы, для идентификации mac-адреса маршрутизатора. Так как идентификация прошла успешно -> следующий шаг: отправка самого сообщения.

При отправке по UDP сначала передается Ethernet пакет с mac-адресами отправителя и получателя, далее IP пакет с IP-адресами, после этого кадр пакет данных по UDP с информацией о портах отправителя и получателя



Механизм передачи по сети остается таким же. Сначала мы посылаем пакет данных с Ethernet и IP пакетами (и!!!) с пакетом TCP. В нем проставлен флаг SYN (таким образом так “Компьютер 5” высказывает намерение установить соединение с “Компьютер 8”).

ISN – номер первого передаваемого байта (алгоритмически высчитанное случайное число). Нужен, чтобы не было одинаковых пакетов. Так как если номера пакетов совпадут – начнется неразбериха.

Далее “Компьютер 5” уже получает пакет от “Компьютер 8”. В котором зафиксирован новый ISN (дуплексная связь) и в качестве ACK уже наш сгенерированный до этого ISN. То есть таким образом “Компьютер 8” подтвердил готовность принять байт под номером ISN. Также выставлен флаг SYN – запрашивает разрешение на установление соединения. И флаг ACK, подтверждающий, что запрашиваемое соединение от “Компьютер 5” он готов принять.

Далее мы снова посылаем TCP пакет, который уже говорит о том, что подтверждает соединение, запрашиваемое “Компьютер 8”. Таким образом, получается тройное рукопожатие.

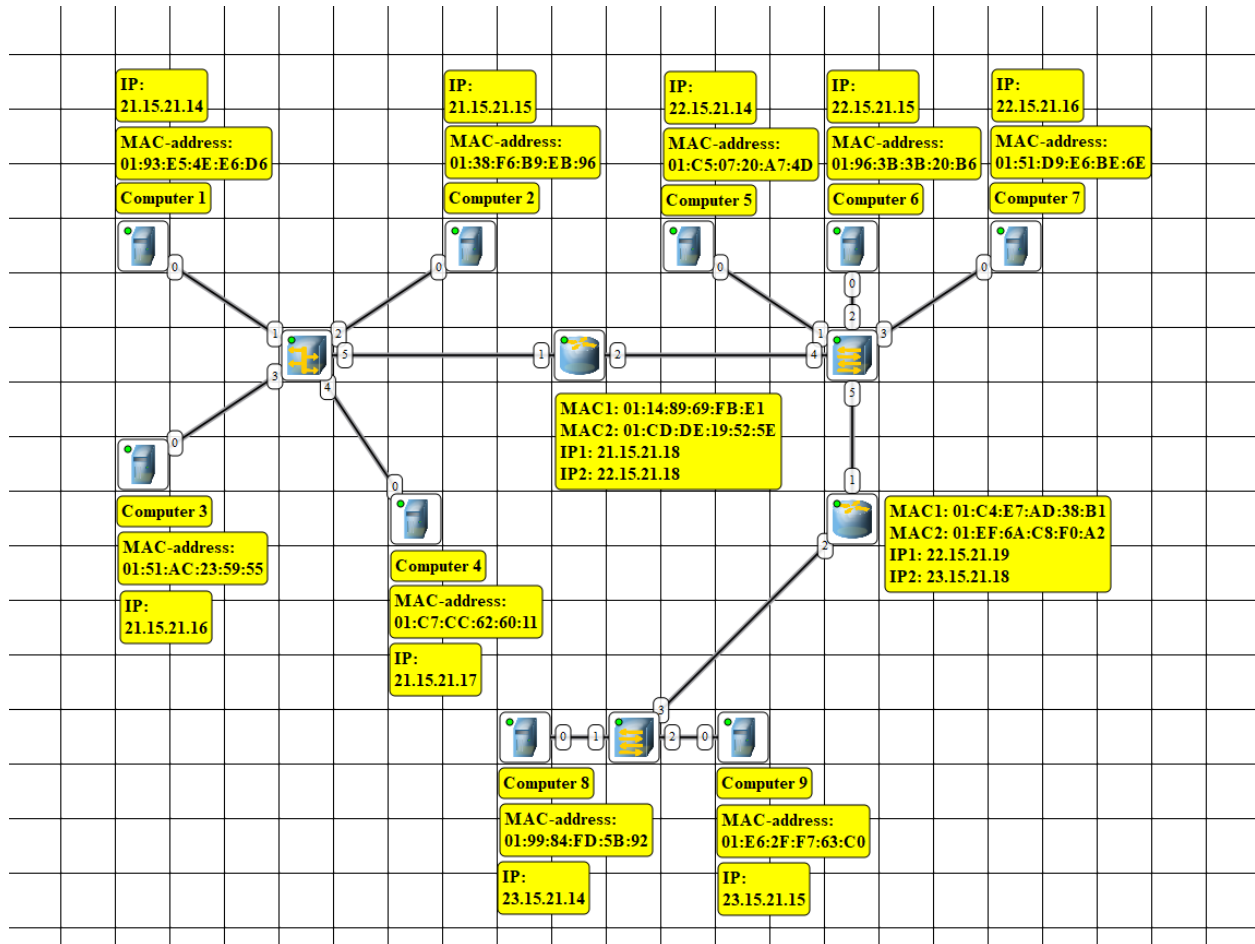
Далее уже отправляются наши пакеты с информацией.

Последнее сообщение свидетельствует о получении пакета с “Компьютер 8”. Которое говорит нам, что пакеты были приняты правильно (или возникла ошибка при передаче).

Ключевая разница при отправке сообщений по UDP и TCP с использованием маршрутизатора и без него заключается, на наш взгляд, в том, что нам напрямую недоступен компьютер другой подсети, мы знаем только его IP, с помощью механизма маршрутизации. Нам удастся выбрать нужное направление и донести информацию до адресата. Поэтому в журналах мы видим MAC-адрес не конечного узла, с которым обмениваемся, а MAC-адреса одного из интерфейсов маршрутизатора.

## Задание 2. Сеть с двумя маршрутизаторами (вариант В2)

### Этап 1. Построение и настройка сети с маршрутизаторами.



Состояние таблиц маршрутизации аналогично предыдущему случаю. Только теперь у нас два маршрутизатора, каждый из которых подключен к двум подсетям (-> в таблице маршрутизации только 2 записи). Непростая ситуация с подсетью №2, так как она имеет подключение сразу к 2 маршрутизаторам, из-за этого непонятно, какой шлюз по умолчанию выставлять. Если выставить на компьютере №3 шлюз по умолчанию равный IP-адресу интерфейса первого маршрутизатора, то ко второму маршрутизатору и, соответственно, к третьей подсети у нас доступа не будет.

Решение проблемы только если добавить по умолчанию, чтобы шлюзы маршрутизаторов ссылались друг на друга.

### Этап 2. Тестирование сети (отправка пакетов).

Отправка пакетов по UDP и TCP не будет отличаться от предыдущего пункта. Точнее механизм и само содержание пакетов отличаться не будет, но будут отличаться маршруты. А точнее их доступность. Так, например, мы не сможем передать с 1 подсети сообщение в третью подсеть, так как наш маршрутизатор (своеобразное окно в Европу), подключенный к первой подсети, может взаимодействовать только с первой и второй подсетями. До третьей нам не добраться. (Без добавления в таблицу маршрутизации статической записи на другой маршрутизатор). Также, спорная ситуация о которой я говорил выше. Отталкиваясь от того, какой шлюз по умолчанию установлен для компьютеров во второй подсети, будет определяться направление передачи пакета с сообщением (либо в первую подсеть, либо во вторую).

## Задание 3. Сеть с тремя маршрутизаторами

### Этап 1. Построение и настройка сети с маршрутизаторами.

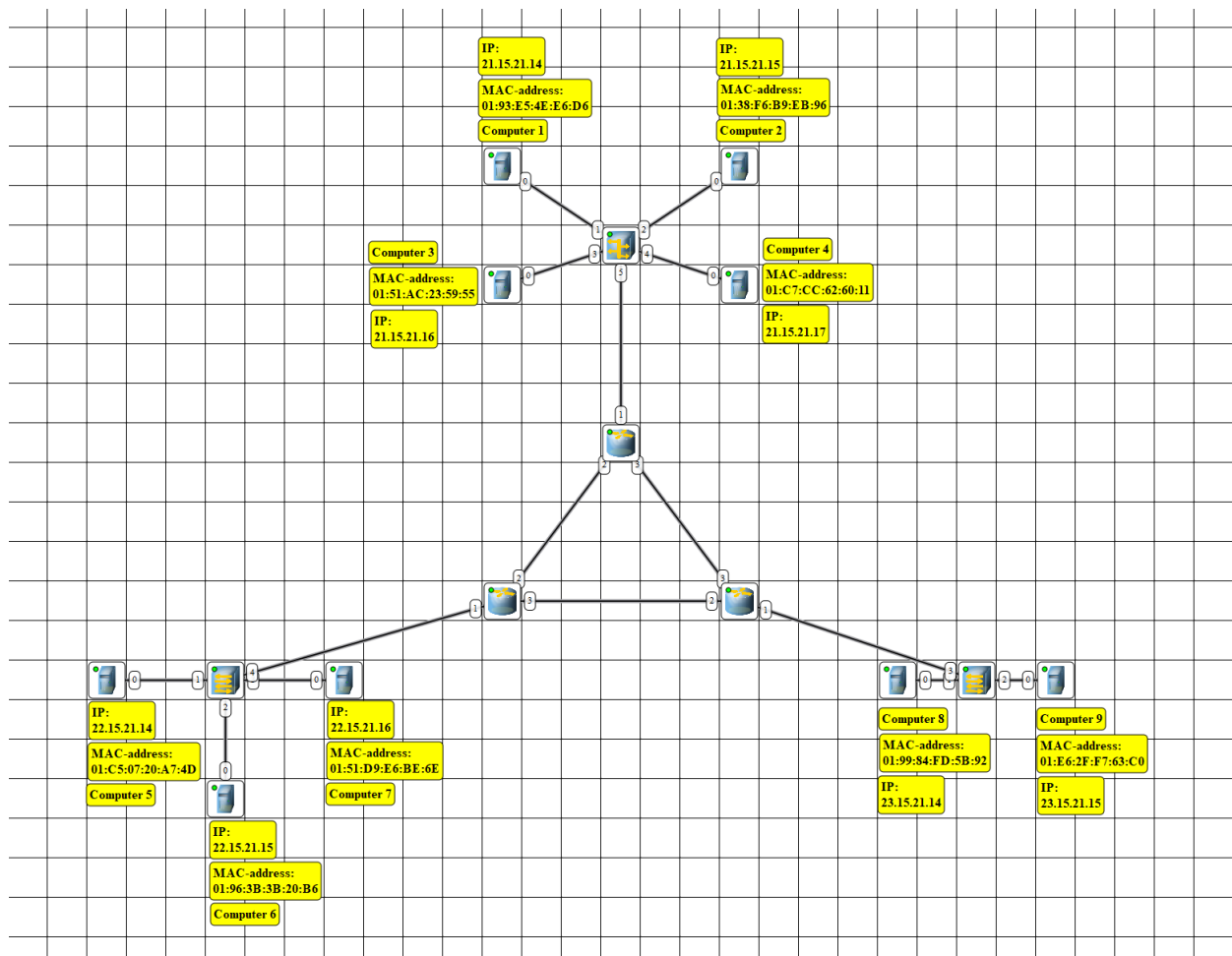
Как я отметил ранее, спорная ситуация возникает, при подключении к одной подсети сразу двух роутеров, так как непонятно, какой шлюз по умолчанию и выставлять и куда пойдет итоговый трафик.

Поэтому, хоть первая топология (B3) и привлекает своей простотой, но она, в общем случае, не особо практична. Так как нам придется изъять из топологии один маршрутизатор (за ненадобностью), и топология превратится просто в цепь или в общую шину, подобно заданию 2.

То же самое, кстати, можно сказать и про схему B6. В ней одна подсеть точно так же подключена к сразу двум маршрутизаторам. Так как имеются альтернативные пути, можно изъять маршрутизатор 2 и, в принципе, все конечные узлы будут достижимы, но опять же не совсем это целесообразно, так как метрика, очевидно, увеличится.

Казалось бы, что не так с топологией B5, дело в том, что в ней две подсети вообще не соединены между собой. Если у нас есть локальная сеть и вторая подсеть, зачем нам аж три маршрутизатора? Затратно и нелогично.

Исходя из этого мой выбор пал на топологию B4, в которой вышеперечисленных проблем не возникает. Единственная трудность – это появление новых «подсетей» между маршрутизаторами, поэтому и придется добавлять в таблицу маршрутизации статические адреса.



Таблицы маршрутизации выглядят подобно двум предыдущим моделям. За исключением того, что, так как маршрутизаторы соединены между собой, они составляют собой мнимую своеобразную подсеть -> нам нужна новая группа адресов для 3 дополнительных подсетей. 2 из которых для каждого маршрутизатора мы и наблюдаем в таблице маршрутизации.

Из-за появления новых подсетей (трех пар маршрутизаторов) возникает необходимость в добавлении статических маршрутов в таблицу маршрутизации. Иначе у нас не будет возможности из одной подсети попасть во вторую. Нам нужно задать правило.

Таким образом, таблица маршрутизации для первого маршрутизатора выглядит следующим образом:



	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	15.0.0.0	255.0.0.0	15.15.21.1	15.15.21.1	0	Подключена
2	16.0.0.0	255.0.0.0	16.15.21.1	16.15.21.1	0	Подключена
3	21.0.0.0	255.0.0.0	21.15.21.18	21.15.21.18	0	Подключена
4	22.0.0.0	255.0.0.0	15.15.21.2	15.15.21.1	0	Статическая
5	23.0.0.0	255.0.0.0	16.15.21.2	16.15.21.1	0	Статическая

## Этап 2. Тестирование сети (отправка пакетов).

За счет того, что в начале топология была выбрана «с умом» (надеюсь), изменения в сети вносить не пришлось, добавив статические записи в таблицу маршрутизации и наладив взаимодействие двух маршрутизаторов друг с другом, нам удалось добиться доступности одной подсети другой. -> передача по протоколам UDP и TCP осуществлялась корректно.

Передача ничем принципиальным не отличается от предыдущих случаев, за исключением добавления + 1 уровня на пути к конечной подсети (за счет коммуникации двух маршрутизаторов).

## Этап 3. Настройка динамической маршрутизации по протоколу RIP.

Маршрутизатор 1	Маршрутизатор 2	Маршрутизатор 3
<ul style="list-style-type: none"> <li>послал 21.15.21.18 &gt;&gt; 21.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 21.15.21.18 &gt;&gt; 21.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 21.15.21.18 &gt;&gt; 21.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 21.15.21.18 &gt;&gt; 21.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 21.15.21.18 &gt;&gt; 21.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 21.15.21.18 &gt;&gt; 21.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 21.15.21.18 &gt;&gt; 21.255.255.255 Тип: RIP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>послал 22.15.21.18 &gt;&gt; 22.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 22.15.21.18 &gt;&gt; 22.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>получил 22.15.21.14 ищет 21.15.21.18 Тип: ARP запрос</li> <li>послал 22.15.21.18 &gt;&gt; 22.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 22.15.21.18 &gt;&gt; 22.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 22.15.21.18 &gt;&gt; 22.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 22.15.21.18 &gt;&gt; 22.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 22.15.21.18 &gt;&gt; 22.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 22.15.21.18 &gt;&gt; 22.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 22.15.21.18 &gt;&gt; 22.255.255.255 Тип: RIP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>послал 23.15.21.18 &gt;&gt; 23.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 23.15.21.18 &gt;&gt; 23.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 23.15.21.18 &gt;&gt; 23.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 23.15.21.18 &gt;&gt; 23.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 23.15.21.18 &gt;&gt; 23.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 23.15.21.18 &gt;&gt; 23.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 23.15.21.18 &gt;&gt; 23.255.255.255 Тип: RIP</li> <li>послал 23.15.21.18 &gt;&gt; 23.255.255.255 Тип: RIP</li> </ul>

В таблицах маршрутизации появились новые записи (маршруты), соответствующие удаленным подсетям (с которыми напрямую мы не связаны). Пакеты протокола RIP посылались примерно каждые 30 секунд.

	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	15.0.0.0	255.0.0.0	15.15.21.2	15.15.21.2	0	Подключена
2	16.0.0.0	255.0.0.0	17.15.21.2	17.15.21.1	1	RIP
3	17.0.0.0	255.0.0.0	17.15.21.1	17.15.21.1	0	Подключена
4	21.0.0.0	255.0.0.0	15.15.21.1	15.15.21.2	1	Статическая
5	22.0.0.0	255.0.0.0	22.15.21.18	22.15.21.18	0	Подключена
6	23.0.0.0	255.0.0.0	17.15.21.2	17.15.21.1	1	Статическая

## Этап 4. Настройка автоматического получения сетевых настроек по протоколу DHCP.

The screenshot displays three windows from a network analysis tool, showing traffic between 'Маршрутизатор 2' (Router 2) and 'Компьютер 5' (Computer 5).

**Маршрутизатор 2 (Router 2) Traffic:**

- Received 22.15.21.14 >> 255.255.255.255 Type: DHCP message
- Sent 22.15.21.18 >> 255.255.255.255 Type: DHCP message
- Received 22.15.21.15 >> 255.255.255.255 Type: DHCP message
- Sent 22.15.21.18 >> 255.255.255.255 Type: DHCP message
- Received 22.15.21.16 >> 255.255.255.255 Type: DHCP message
- Sent 22.15.21.18 >> 255.255.255.255 Type: DHCP message
- Received 22.15.21.14 >> 255.255.255.255 Type: DHCP message
- Sent 22.15.21.18 >> 255.255.255.255 Type: DHCP message
- Received 22.15.21.16 >> 255.255.255.255 Type: DHCP message

**Компьютер 5 (Computer 5) Traffic:**

- Received 22.15.21.15 >> 255.255.255.255 Type: D...
- Received 22.15.21.16 >> 255.255.255.255 Type: D...
- Received 22.15.21.18 >> 255.255.255.255 Type: D...
- Sent 22.15.21.14 >> 255.255.255.255 Type: DH...
- Received 22.15.21.18 >> 255.255.255.255 Type: D...
- Received 22.15.21.18 >> 255.255.255.255 Type: D...
- Received 22.15.21.16 >> 255.255.255.255 Type: D...
- Received 22.15.21.15 >> 255.255.255.255 Type: D...
- Received 22.15.21.18 >> 255.255.255.255 Type: D...

**Detailed View of a DHCP Discover Message:**

- Received 0.0.0.0 >> 255.255.255.255 Type: DHCP message
- Ethernet, sender: 01:E6:2F:F7:63:C0 receiver: FF:FF:FF:FF:FF:FF
- IP packet, sender: 0.0.0.0, receiver: 255.255.255.255 TTL 64
- UDP, sender port: 67, receiver port: 68
- DHCP message, type: DHCPDISCOVER
- Xid: 4915, Yiaddr: 23.15.21.15
- Siaddr: 0.0.0.0, Chaddr: 01:E6:2F:F7:63:C0

**Компьютер 5 (Computer 5) Traffic (continued):**

- Sent 22.15.21.14 search 22.15.21.18 Type: ARP request
- Received 22.15.21.14 received 22.15.21.18 Type: ARP response
- Sent 22.15.21.14 >> 23.15.21.14 Type: UDP user message
- Ethernet, sender: 01:C5:07:20:A7:4D receiver: 01:90:F3:85:C7:8D
- IP packet, sender: 22.15.21.14, receiver: 23.15.21.14 TTL 64
- UDP, sender port: 7777, receiver port: 7777
- Sent 22.15.21.14 >> 23.15.21.14 Type: UDP user message
- Sent 22.15.21.14 >> 23.15.21.14 Type: UDP user message
- Sent 22.15.21.14 >> 23.15.21.14 Type: UDP user message

**Маршрутизатор 2 (Router 2) Traffic (continued):**

- Received 22.15.21.14 search 22.15.21.18 Type: ARP request
- Sent 22.15.21.14 received 22.15.21.18 Type: ARP response
- Received 22.15.21.14 >> 23.15.21.14 Type: UDP user message
- Ethernet, sender: 01:C5:07:20:A7:4D receiver: 01:90:F3:85:C7:8D
- IP packet, sender: 22.15.21.14, receiver: 23.15.21.14 TTL 64
- UDP, sender port: 7777, receiver port: 7777
- Received 22.15.21.14 >> 23.15.21.14 Type: UDP user message
- Received 22.15.21.14 >> 23.15.21.14 Type: UDP user message
- Received 22.15.21.14 >> 23.15.21.14 Type: UDP user message
- Received 22.15.21.14 >> 23.15.21.14 Type: UDP user message

**Компьютер 8 (Computer 8) Traffic:**

- Received 22.15.21.14 >> 23.15.21.14 Type: UDP user message
- Ethernet, sender: 01:4F:1B:01:22:32 receiver: 01:99:84:FD:58:92
- IP packet, sender: 22.15.21.14, receiver: 23.15.21.14 TTL 62
- UDP, sender port: 7777, receiver port: 7777
- Received 22.15.21.14 >> 23.15.21.14 Type: UDP user message
- Received 22.15.21.14 >> 23.15.21.14 Type: UDP user message
- Received 22.15.21.14 >> 23.15.21.14 Type: UDP user message

## Вывод

В результате выполнения данной лабораторной работы мы усвоили особенности взаимодействия по сети конечных узлов не только на канальном уровне, но еще и на сетевом. Также мы вникли в особенности передачи сообщений посредством объединения маршрутизаторов в подсеть. Проанализировали разные топологии и поняли, что подключение одной подсети сразу к двум маршрутизаторам не есть хорошо. Помимо этого, мы познакомились поближе с протоколами RIP и DHCP. Осознали их ценность, ведь процессы автоматического распределения сетевых адресов и принципы статической маршрутизации и динамической маршрутизации на основе протокола RIP значительно упрощают жизнь.