

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования "Национальный Исследовательский Университет ИТМО"  
Мегафакультет Компьютерных Технологий и Управления  
Факультет Программной Инженерии и Компьютерной Техники



**Лабораторная работа 3**  
*"Локальные сети"*  
по дисциплине  
**Компьютерные сети**

Выполнил Студент группы Р33102  
**Лалин Алексей Александрович**  
Преподаватель:  
**Авксентьева Елена Юрьевна**

г. Санкт-Петербург  
2023г.

# Содержание

<b>Цель работы</b>	<b>3</b>
<b>1 ЗАДАНИЕ 1. Сеть с одним маршрутизатором (вариант В1)</b>	<b>4</b>
<b>2 ЗАДАНИЕ 2. Сеть двумя маршрутизаторами (вариант В2)</b>	<b>7</b>
2.1 Построение и настройка сети с двумя маршрутизаторами. . . . .	7
2.2 Тестирование сети (отправка пакетов). . . . .	9
2.2.1 UDP . . . . .	9
2.2.2 TCP . . . . .	9
<b>3 ЗАДАНИЕ 3. Сеть тремя маршрутизаторами</b>	<b>10</b>
3.1 Построение сети. . . . .	10
3.2 Сеть с тремя маршрутизаторами В5 . . . . .	12
3.3 Тестирование сети (отправка пакетов). . . . .	14
3.3.1 UDP . . . . .	14
3.3.2 TCP . . . . .	14
<b>4 Настройка динамической маршрутизации по протоколу RIP.</b>	<b>14</b>
<b>5 Настройка автоматического получения сетевых настроек по протоколу DHCP.</b>	<b>16</b>
<b>6 Выводы</b>	<b>20</b>

## Цель работы

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

В процессе выполнения лабораторной работы необходимо:

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 при статической маршрутизации, заключающуюся в присвоении IP-адресов интерфейсам сети и ручном заполнении таблиц маршрутизации;
3. промоделировать работу сети при использовании динамической маршрутизации на основе протокола RIP и при автоматическом распределении IP-адресов на основе протокола DHCP;
4. выполнить тестирование построенных сетей путем проведения экспериментов по передаче данных на основе протоколов UDP и TCP;
5. проанализировать результаты тестирования и сформулировать выводы об эффективности сетей с разными топологиями;
6. сохранить разработанные модели локальных сетей для демонстрации процессов передачи данных при защите лабораторной работы.

## Вариант

Вариант 4

Р33102 Лапин Алексей Александрович

Ф = 5, И = 7, О = 13, Н = 2

Исходный адрес:  $(7 + 2 + 128).(13 + 2).(5 + 2).(5 + 7) = 137.15.7.12 \dots 137.15.7.21$

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

Построение и настройка сети с маршрутизатором.

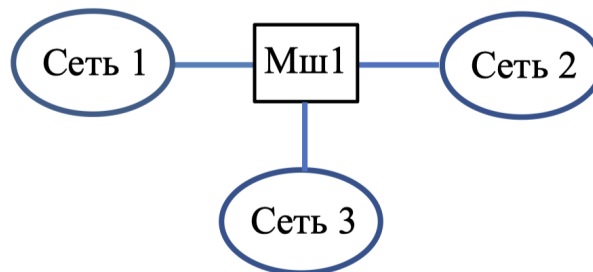


Рис. 1: Вариант 1 построения КС

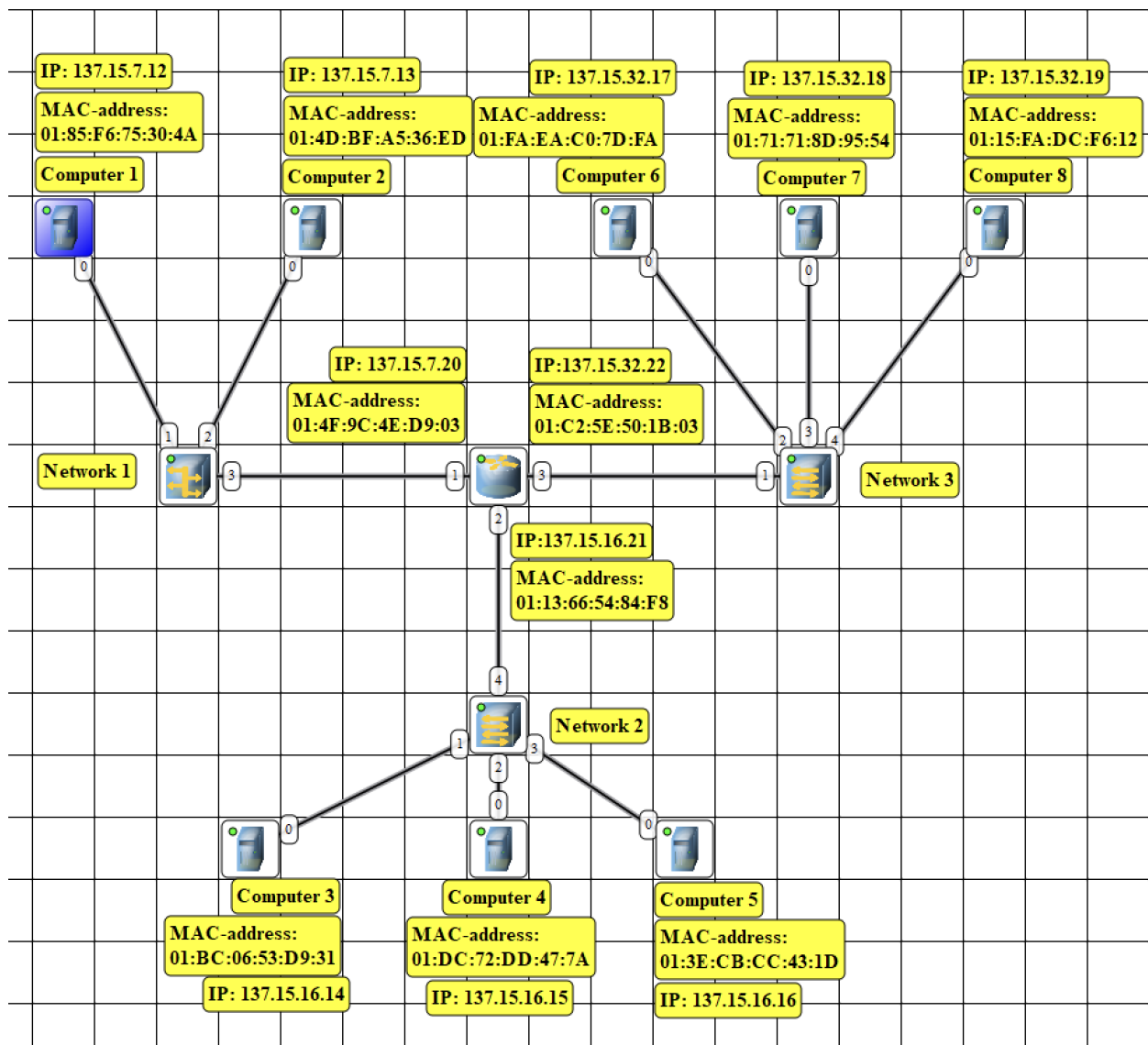


Рис. 2: Построенная сеть с одним маршрутизатором: В1

Для построения сети использовался пул адресов с 137.15.7.12. Адреса были выбраны таким образом, чтобы адрес сети класса В оставался таким же (маска 16 бит), а внутри неё выделялось некоторое количество подсетей. Таким образом была выбрана маска 20 бит, которая дает возможность выделить 16 подсетей. 137.15.240.0 – 137.15.250.0 для сети 137.15.0.0

Некоторые скриншоты, описывающие настройку сети:

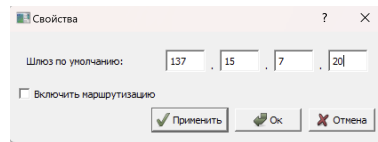


Рис. 3: Шлюз по умолчанию для Компьютера 1

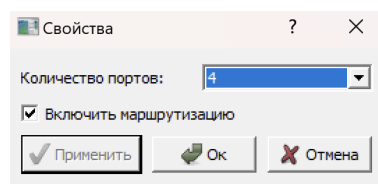


Рис. 4: Настройки маршрутизатора

Таблица маршрутизации						
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	137.15.0.0	255.255.240.0	137.15.7.12	137.15.7.12	0	Подключена
2	0.0.0.0	0.0.0.0	137.15.7.20	137.15.7.12	0	Статическая

Рис. 5: Таблица маршрутизации Компьютера 1

В таблице маршрутизации компьютера находится 2 записи: первая запись - запись для данной сети, предназначена для обмена пакетов в данной подсети, вторая — шлюз по умолчанию, если адрес назначения из первой записи не подходит, то есть адрес назначения не известен. Это потребуется, если необходимо отправить данные на узел из другой подсети.

Таблица маршрутизации						
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	137.15.0.0	255.255.240.0	137.15.7.20	137.15.7.20	0	Подключена
2	137.15.16.0	255.255.240.0	137.15.16.21	137.15.16.21	0	Подключена
3	137.15.32.0	255.255.240.0	137.15.32.22	137.15.32.22	0	Подключена

Рис. 6: Таблица маршрутизации маршрутизатора

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

Таблица маршрутизации — это таблица данных, хранящаяся в маршрутизаторе, в которой перечислены маршруты к определенным сетевым пунктам назначения. Она содержит информацию о топологии сети непосредственно вокруг него.

В простейшем случае таблица состоит из адресов назначения, в соответствии которым ставится адрес следующего соседнего узла нашего маршрутизатора.

В нашем случае таблица маршрутизации состоит из следующих полей:

1. Адрес назначения – адрес подсети, к которой относится маршрут.
2. Маска – маска подсети для определения адресов узлов в данной сети.
3. Адрес и маска подсети вместе задают адреса подсети.
4. Интерфейс – адаптор, на который нужно отправлять пакеты к указанной сети. (сетевые карты, обратная петля)
5. Шлюз – адрес маршрутизатора, через который нужно отправлять пакеты к указанной сети.
6. Метрика – определяет предпочтение для маршрута, когда есть варианты. Строчки с наименьшей метрикой предпочтительны при совпадении диапазонов.
7. Источник – источник появления записи в таблице маршрутизации.

## Тестирование сети (отправка пакетов).

### UDP

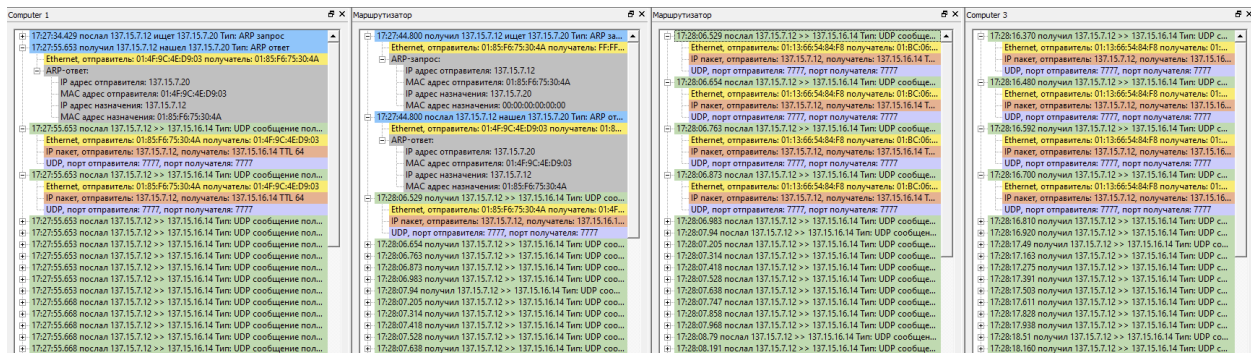


Рис. 7: Отправка UDP пакетов

Полный цикл отправки UDP-запроса:

1. Компьютер определяет MAC-адреса маршрутизатора, отправляя ARP-запрос и получая ответ.
2. Компьютер отправляет пакет, в котором в кадре Ethernet в качестве получателя указан не MAC-адрес компьютера-получателя, а маршрутизатора, LAN-1.
3. Маршрутизатор отправляет ответ на компьютер-получатель (предварительно узнав его MAC-адрес), при этом в качестве MAC-адреса отправителя указывает адрес сетевой карты маршрутизатора, а получателя – MAC-адрес компьютера (его сетевой карты).

# TCP

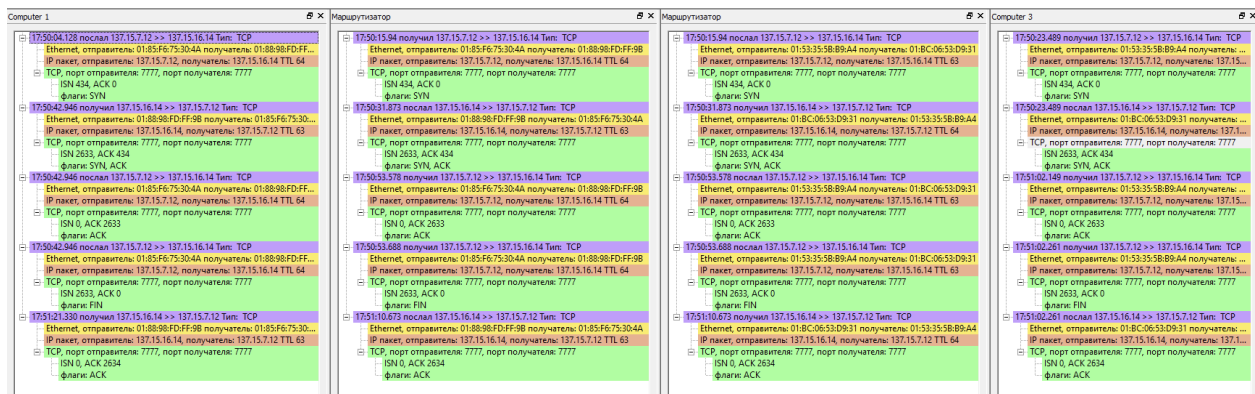


Рис. 8: Отправка TCP пакетов

Для протокола TCP, принцип установки адресов MAC аналогичен, а процесс тройного рукопожатия и подтверждения были детально описаны в предыдущей лабораторной работе.

## 2 ЗАДАНИЕ 2. Сеть двумя маршрутизаторами (вариант В2)

### 2.1 Построение и настройка сети с двумя маршрутизаторами.



Рис. 9: Вариант 2 построения КС

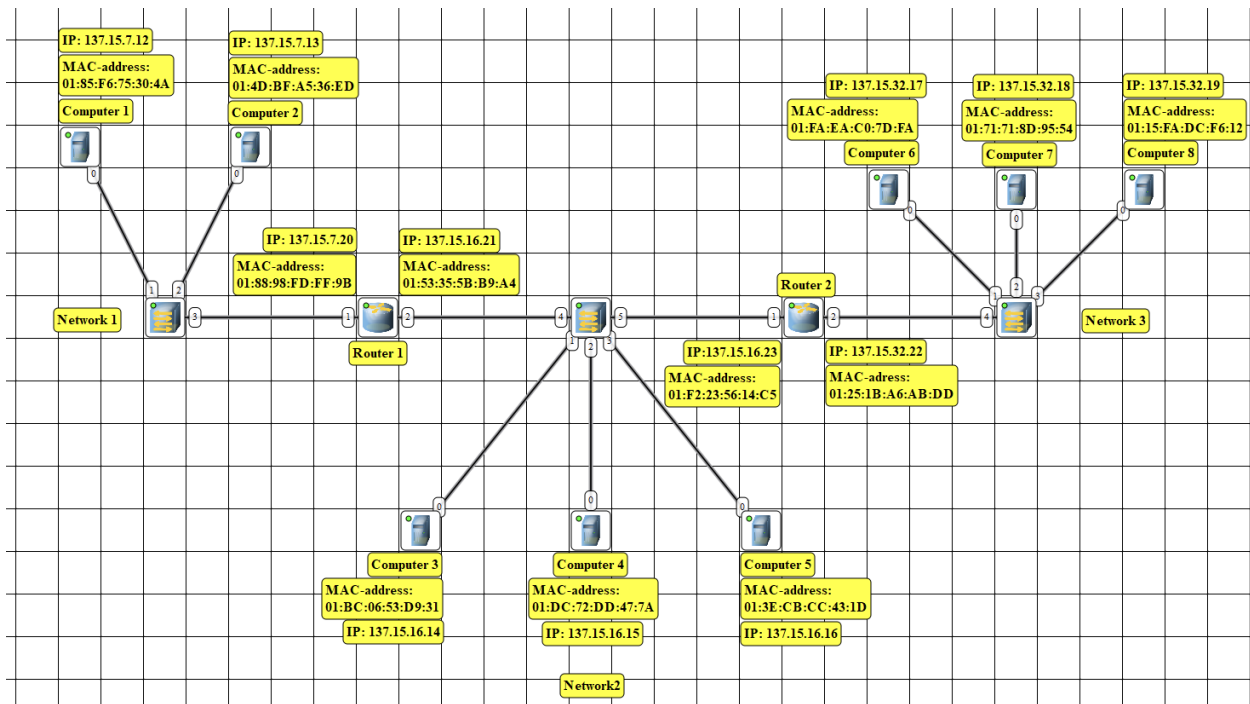


Рис. 10: Построенная сеть с двумя маршрутизаторами: В2

Состояние таблиц маршрутизации аналогично предыдущему случаю. Но надо подумать какими путями пойдут пакеты из сети 2.

Выставим шлюз по умолчанию на Router 1, потому что с ним связана подсеть с меньшим кол-вом узлов, а значит он будет менее загружен.

Таблица маршрутизации					
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика
1	137.15.16.0	255.255.240.0	137.15.16.15	137.15.16.15	0
2	0.0.0.0	0.0.0.0	137.15.16.21	137.15.16.15	0

Рис. 11: Таблица маршрутизации Компьютера 4

В Router 2 сделаем запись (статическую), что пакеты должны пересылаться в подсеть 1, если их получатель находится там.

Таблица маршрутизации					
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика
1	137.15.0.0	255.255.240.0	137.15.16.21	137.15.16.23	0
2	137.15.16.0	255.255.240.0	137.15.16.23	137.15.16.23	0
3	137.15.32.0	255.255.240.0	137.15.32.22	137.15.32.22	0

Рис. 12: Таблица маршрутизации Router 2

В Router 1 занесем запись о получателе из подсети 3.



Таблица маршрутизации						
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	137.15.0.0	255.255.240.0	137.15.7.20	137.15.7.20	0	Подключена
2	137.15.16.0	255.255.240.0	137.15.16.21	137.15.16.21	0	Подключена
3	137.15.32.0	255.255.240.0	137.15.16.23	137.15.16.21	0	Статическая

Рис. 13: Таблица маршрутизации Router 1

## 2.2 Тестирование сети (отправка пакетов).

### 2.2.1 UDP

Рис. 14: Отправка UDP пакетов

Здесь продемонстрирована отправка пакетов из сети 2 в сеть 3. Сначала пакеты будут отправлены на Router 1, а затем на Router 2, и только потом конечному получателю.

Подмена MAC-адреса отправителя в каждом маршрутизаторе на MAC-адрес сетевой карты маршрутизатора, была рассмотрена в предыдущем пункте.

### 2.2.2 TCP

Рис. 15: Отправка TCP пакетов

Принцип отправки TCP пакетов аналогичен предыдущему пункту.

### 3 ЗАДАНИЕ 3. Сеть тремя маршрутизаторами

#### 3.1 Построение сети.

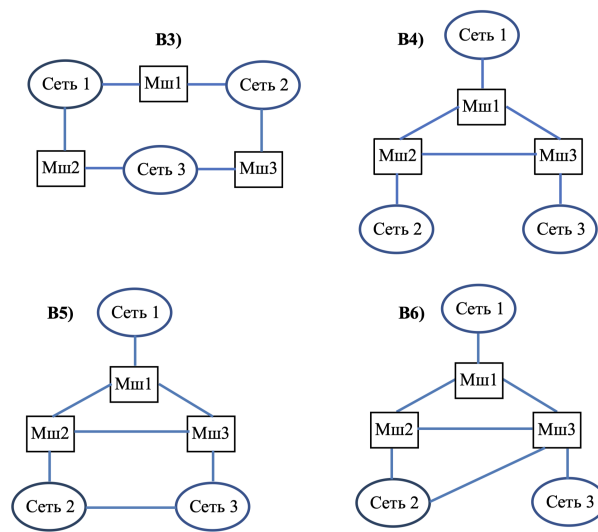


Рис. 16: Схемы построения КС с тремя маршрутизаторами

№	Схема	Достоинства	Недостатки
B3		<ul style="list-style-type: none"> <li>+ 1 альтернативный путь у каждой сети.</li> <li>+ Надежность в случае выхода одного маршрутизатора из строя.</li> <li>+ Легче всего настроить оборудование</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Мало альтернативных путей</li> <li>- Каждый маршрутизатор циклически связан с двумя подсетями, что может порождать дублирование информации (ARP таблиц)</li> <li>- При прохождении пакета по другому пути, он проходит через подсеть, что в нашем случае может привести к дополнительной нагрузке.</li> <li>- Не работоспособна с концентратором</li> </ul>
B4		<ul style="list-style-type: none"> <li>+ 2 альтернативных пути у каждой сети.</li> <li>+ Каждый маршрутизатор содержит информацию только об одной сети и других маршрутизаторах.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Изолированность сети в случае выхода из строя маршрутизатора.</li> </ul>
B5		<ul style="list-style-type: none"> <li>+ У каждой сети существует как минимум 4 альтернативных маршрута.</li> <li>+ Подсети №2 и №3 могут совершать обмен без маршрутизатора</li> <li>+ Большая надежность из-за связи между двумя подсетями</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Сложнее чем B4</li> <li>- Изолированность сети 1 в случае выхода Мш1.</li> </ul>
B6		<ul style="list-style-type: none"> <li>+ У каждой сети существует как минимум 4 альтернативных маршрута.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- В случае активного использования маршрутизатор 3 может быть загружен больше других маршрутизаторов.</li> <li>- Сложнее B5</li> <li>- Изолированность сети 1(3) в случае выхода Мш1(Мш3).</li> </ul>

### 3.2 Сеть с тремя маршрутизаторами В5

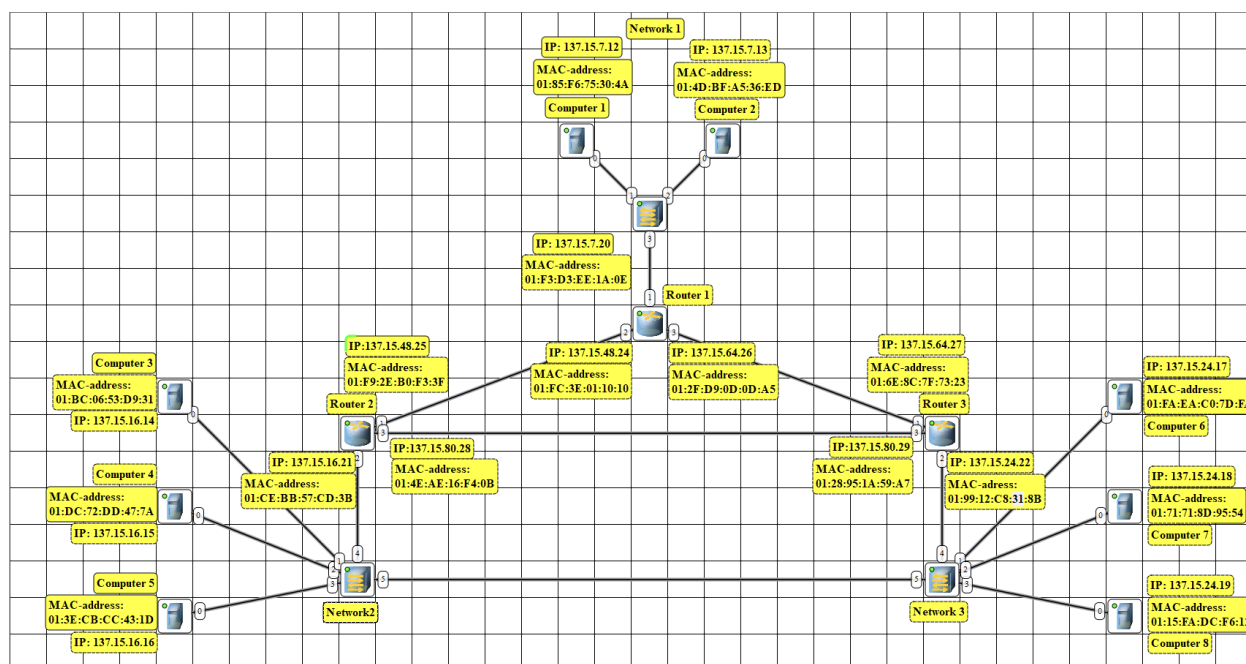


Рис. 17: Построенная сеть с тремя маршрутизаторами: В5

Преимущество этого варианта в том, что между маршрутизаторами есть подсеть, что упрощает настройку маршрутизации. В отличие от варианта В4, здесь есть соединение между подсетями 2 и 3. Конфигурация была разработана таким образом, что если это соединение присутствует, то обмен пакетами между этими подсетями будет осуществляться через него. Однако если это соединение вдруг исчезнет, нужно будет лишь изменить маску компьютеров (на 22 бита), чтобы запросы шли на шлюзы по умолчанию (Router 2 и Router 3).

В отличие от варианта В3, в данном варианте не происходит дублирования пакета из-за концентратора, так как он связан только с одним маршрутизатором.

Ниже представлены таблицы маршрутизации компьютеров и маршрутизаторов.

Таблица маршрутизации					
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика
1	137.15.0.0	255.255.240.0	137.15.7.20	137.15.7.20	0
2	137.15.16.0	255.255.240.0	137.15.48.25	137.15.48.24	1
3	137.15.24.0	255.255.240.0	137.15.64.27	137.15.64.26	1
4	137.15.48.0	255.255.240.0	137.15.48.24	137.15.48.24	0
5	137.15.64.0	255.255.240.0	137.15.64.26	137.15.64.26	0
					Источник
					Подключена
					Статическая
					Статическая
					Подключена
					Подключена

Рис. 18: Таблица маршрутизации маршрутизатора 1

Таблица маршрутизации						
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	137.15.0.0	255.255.240.0	137.15.48.24	137.15.48.25	1	Статическая
2	137.15.16.0	255.255.240.0	137.15.16.21	137.15.16.21	0	Подключена
3	137.15.24.0	255.255.240.0	137.15.80.29	137.15.80.28	1	Статическая
4	137.15.48.0	255.255.240.0	137.15.48.25	137.15.48.25	0	Подключена
5	137.15.80.0	255.255.240.0	137.15.80.28	137.15.80.28	0	Подключена

Рис. 19: Таблица маршрутизации маршрутизатора 2

Таблица маршрутизации						
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	137.15.0.0	255.255.240.0	137.15.64.26	137.15.64.27	1	Статическая
2	137.15.16.0	255.255.240.0	137.15.24.22	137.15.24.22	0	Подключена
3	137.15.64.0	255.255.240.0	137.15.64.27	137.15.64.27	0	Подключена
4	137.15.80.0	255.255.240.0	137.15.80.29	137.15.80.29	0	Подключена

Рис. 20: Таблица маршрутизации маршрутизатора 3

Таблица маршрутизации						
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	137.15.16.0	255.255.240.0	137.15.16.16	137.15.16.16	0	Подключена
2	0.0.0.0	0.0.0.0	137.15.16.21	137.15.16.16	0	Статическая

Рис. 21: Таблица маршрутизации компьютера 5

Таблица маршрутизации						
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	137.15.16.0	255.255.240.0	137.15.24.17	137.15.24.17	0	Подключена
2	0.0.0.0	0.0.0.0	137.15.24.22	137.15.24.17	0	Статическая

Рис. 22: Таблица маршрутизации компьютера 6

Таблица маршрутизации						
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	137.15.0.0	255.255.240.0	137.15.7.12	137.15.7.12	0	Подключена
2	0.0.0.0	0.0.0.0	137.15.7.20	137.15.7.12	0	Статическая

Рис. 23: Таблица маршрутизации компьютера 1

## 3.3 Тестирование сети (отправка пакетов).

### 3.3.1 UDP

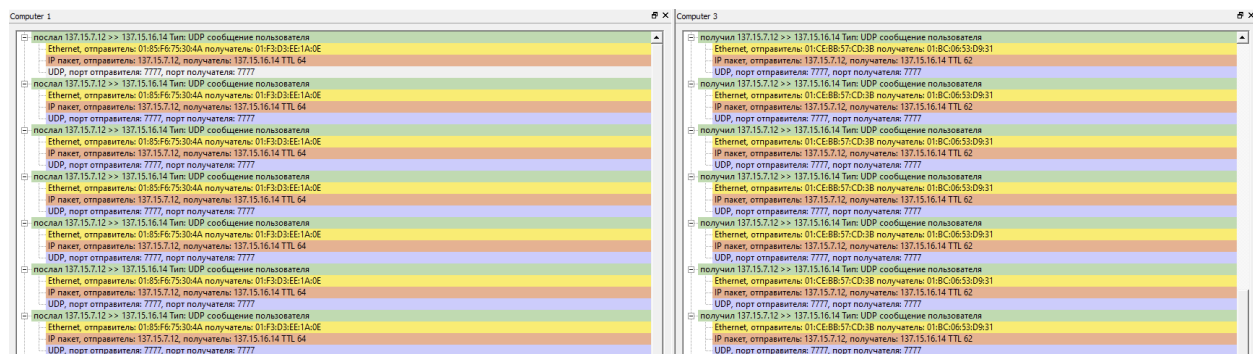


Рис. 24: Отправка UDP пакетов

### 3.3.2 TCP

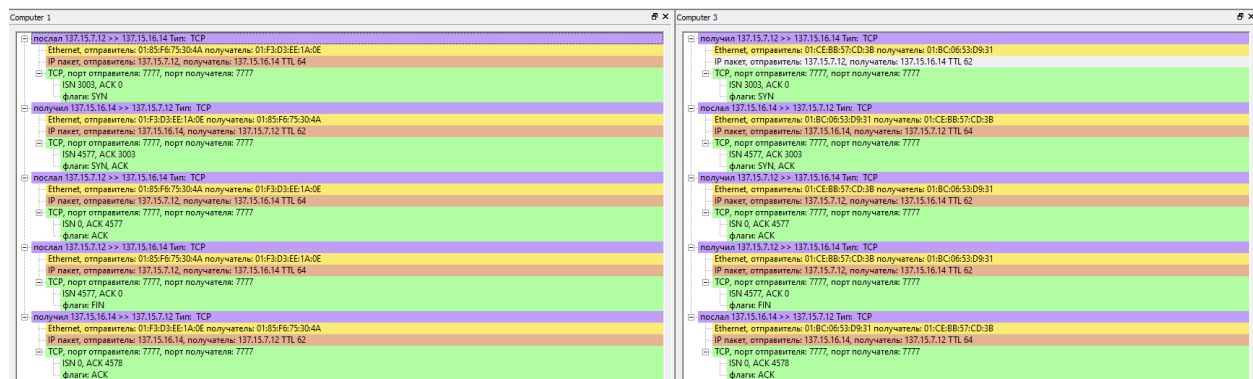


Рис. 25: Отправка TCP пакетов

Журналы TCP и UDP аналогичны предыдущим пунктам.

## 4 Настройка динамической маршрутизации по протоколу RIP.

Динамическая маршрутизация - это процесс, при котором маршруты в сети определяются автоматически с помощью протоколов маршрутизации.

В случае с RIP расстояние определяется количеством промежуточных маршрутизаторов. Протокол извлекает информацию о новых сетях из сообщений, полученных от соседних маршрутизаторов. Маршрутизаторы обмениваются сообщениями каждые 30 секунд, и если в течение 180 секунд от маршрутизатора не поступило ни одного сообщения, то он считается вышедшим из строя.

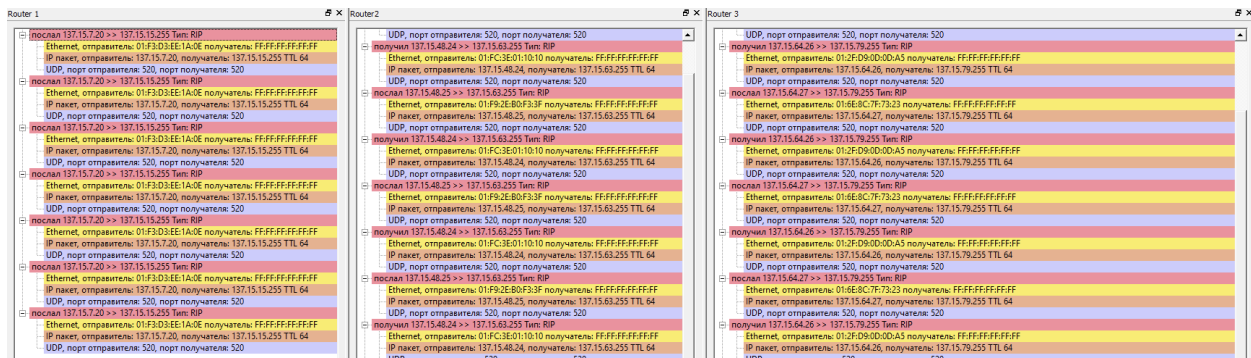


Рис. 26: Работа RIP

Как можно заметить, МАС адрес получателя является широковещательным. Рассылка происходит по всем интерфейсам маршрутизатора. Получатель – любое устройство, которое находится в искомой подсети.

Этапы работы RIP:

1. Создание минимальной таблицы. В таблице содержатся только непосредственно подсоединенные сети.
2. Рассылка минимальной таблицы соседям.
3. Получение RIP-сообщений от соседей. Увеличивает каждое поле метрики на 1 и если информация о маршруте лучше или это новый пункт назначения, то обновляет таблицу маршрутизации.
4. Рассылка новой таблицы соседям.
5. Повторение шагов 3-4.

	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	137.15.0.0	255.255.240.0	137.15.7.20	137.15.7.20	0	Подключена
2	137.15.16.0	255.255.240.0	137.15.48.25	137.15.48.24	1	RIP
3	137.15.48.0	255.255.240.0	137.15.48.24	137.15.48.24	0	Подключена
4	137.15.64.0	255.255.240.0	137.15.64.26	137.15.64.26	0	Подключена
5	137.15.80.0	255.255.240.0	137.15.48.25	137.15.48.24	1	RIP

Рис. 27: Таблица маршрутизации маршрутизатора 1



Таблица маршрутизации						
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	137.15.0.0	255.255.240.0	137.15.48.24	137.15.48.25	1	RIP
2	137.15.16.0	255.255.240.0	137.15.16.21	137.15.16.21	0	Подключена
3	137.15.48.0	255.255.240.0	137.15.48.25	137.15.48.25	0	Подключена
4	137.15.64.0	255.255.240.0	137.15.48.24	137.15.48.25	1	RIP
5	137.15.80.0	255.255.240.0	137.15.80.28	137.15.80.28	0	Подключена

Рис. 28: Таблица маршрутизации маршрутизатора 2

Таблица маршрутизации						
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	137.15.0.0	255.255.240.0	137.15.64.26	137.15.64.27	1	RIP
2	137.15.16.0	255.255.240.0	137.15.24.22	137.15.24.22	0	Подключена
3	137.15.48.0	255.255.240.0	137.15.80.28	137.15.80.29	1	RIP
4	137.15.64.0	255.255.240.0	137.15.64.27	137.15.64.27	0	Подключена
5	137.15.80.0	255.255.240.0	137.15.80.29	137.15.80.29	0	Подключена

Рис. 29: Таблица маршрутизации маршрутизатора 3

В таблице маршрутизации записи указаны верно. Кроме того, в отличие от заданных статических записей, протокол указал подсети между маршрутизаторами.

Таблица маршрутизации						
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	137.15.0.0	255.255.240.0	137.15.7.20	137.15.7.20	0	Подключена
2	137.15.16.0	255.255.240.0	137.15.48.25	137.15.48.24	1	RIP
3	137.15.48.0	255.255.240.0	137.15.64.27	137.15.64.26	2	RIP
4	137.15.64.0	255.255.240.0	137.15.64.26	137.15.64.26	0	Подключена

Рис. 30: Таблица маршрутизации маршрутизатора 1 после удаления M2

После удаления M2 из таблицы маршрутизации M1, пропала запись о подсети 137.15.80.0, которая была связана с M2.

Таким образом, если удалить маршрутизатор из сети, то из других маршрутизаторов со временем удалятся соответствующие записи.

## 5 Настройка автоматического получения сетевых настроек по протоколу DHCP.

По протоколу DHCP, компьютеры получают IP-адреса по двум разным алгоритмам: статический (соответствие MAC-адреса и IP-адреса) или из выбранного пула. В данном случае, использовался пул адресов.



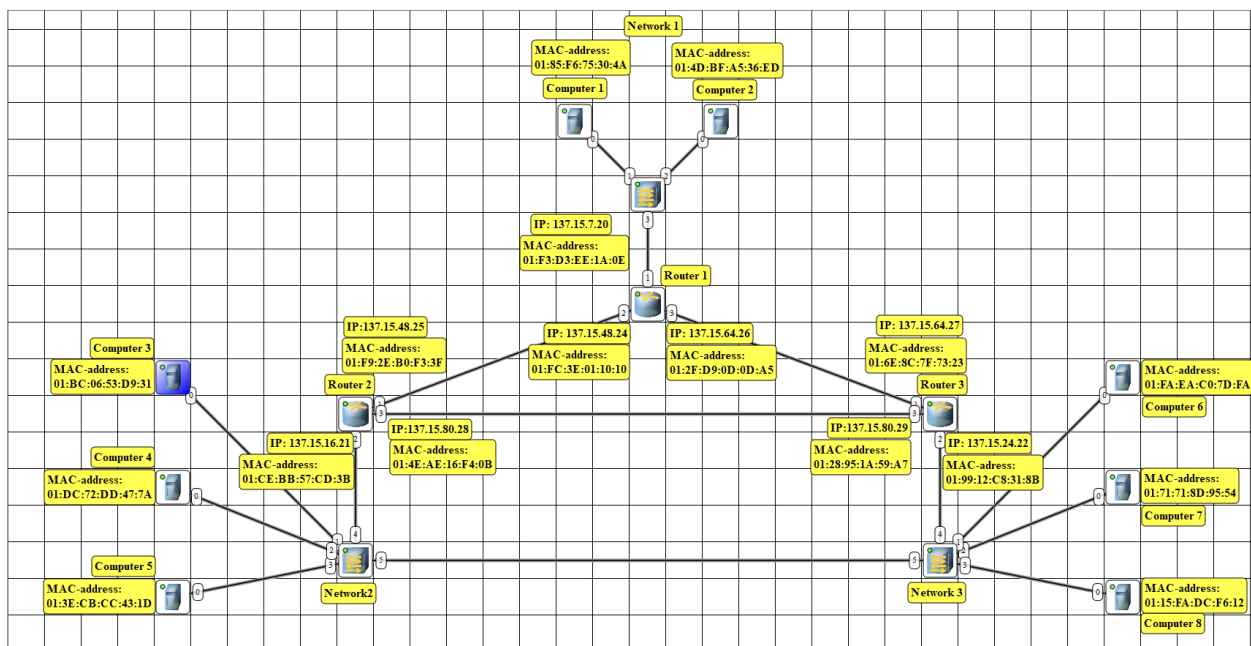


Рис. 31: Построенная сеть с тремя маршрутизаторами (DHCP): B5

Адрес выдается на ограниченный период времени (300 секунд), при этом сервер DHCP должен находиться в одной подсети с клиентом.

Настройки DHCP сервера

Укажите интерфейс: LAN2

Статические:

Mac-address	Ip-address	Mask	Gateway	Time

Добавить Удалить

☒ Динамические:

Срок аренды: 300 сек

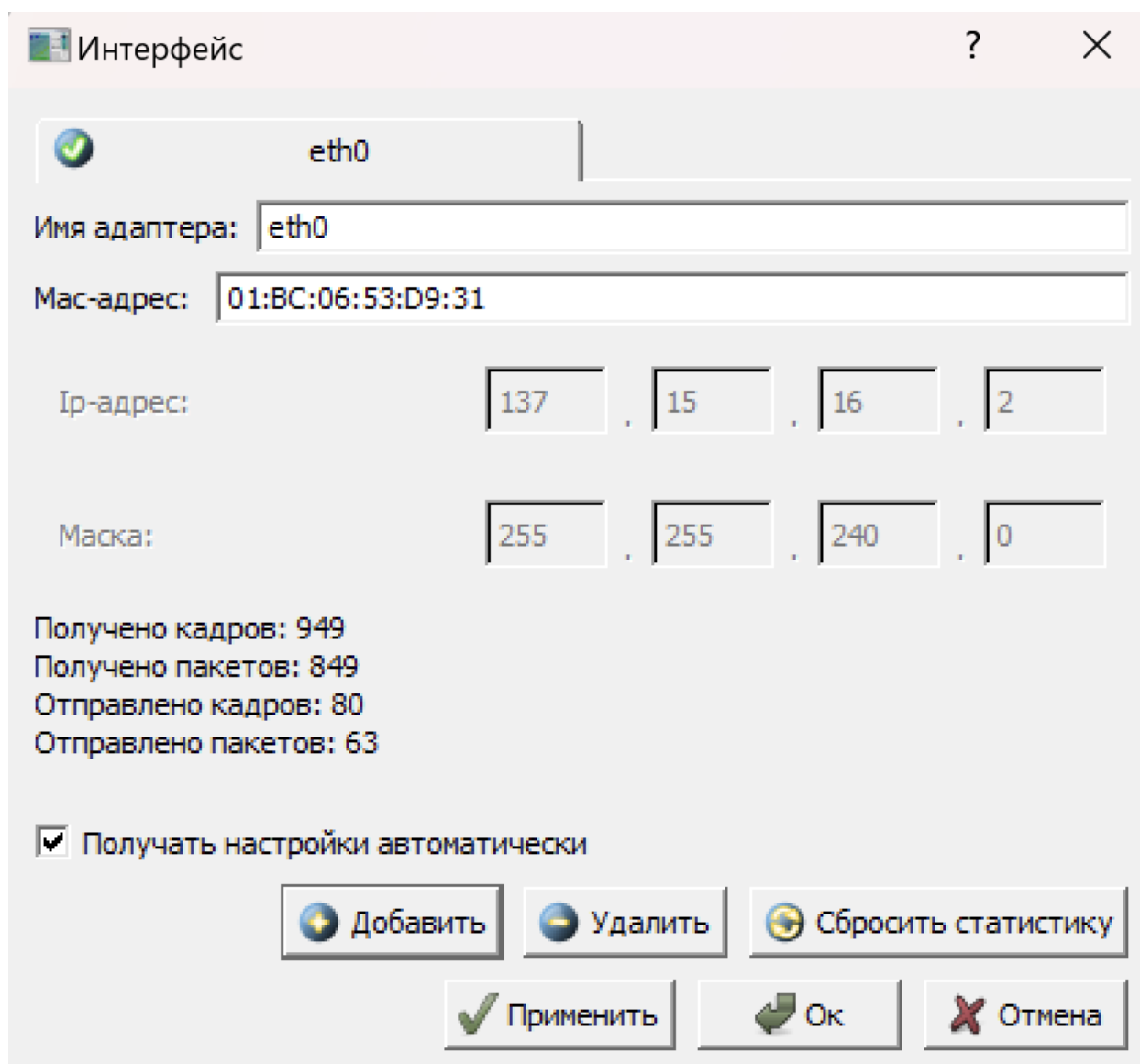
От: 137 . 15 . 16 . 0 до: 137 . 15 . 16 . 255

Маска: 255 . 255 . 240 . 0 Шлюз: 137 . 15 . 16 . 21

Время ожидания ответа dhcp-клиента: 60

Ок Отмена

Рис. 32: Настройки DHCP на маршрутизаторе 2



Интерфейс

eth0

Имя адаптера: eth0

Мас-адрес: 01:BC:06:53:D9:31

Ip-адрес: 137 . 15 . 16 . 2

Маска: 255 . 255 . 240 . 0

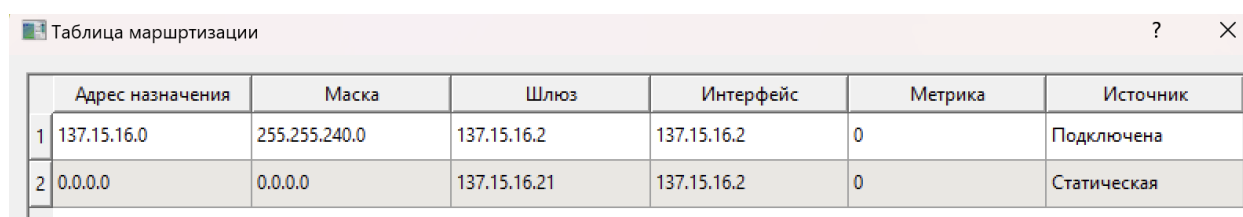
Получено кадров: 949  
Получено пакетов: 849  
Отправлено кадров: 80  
Отправлено пакетов: 63

☒ Получать настройки автоматически

Добавить Удалить Сбросить статистику

Применить Ок Отмена

Рис. 33: Получение IP-адреса на компьютере 3



	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	137.15.16.0	255.255.240.0	137.15.16.2	137.15.16.2	0	Подключена
2	0.0.0.0	0.0.0.0	137.15.16.21	137.15.16.2	0	Статическая

Рис. 34: Таблица маршрутизации компьютера 3

Принятие IP-адреса происходит в четыре этапа: DISCOVER, OFFER, REQUEST, ACK.

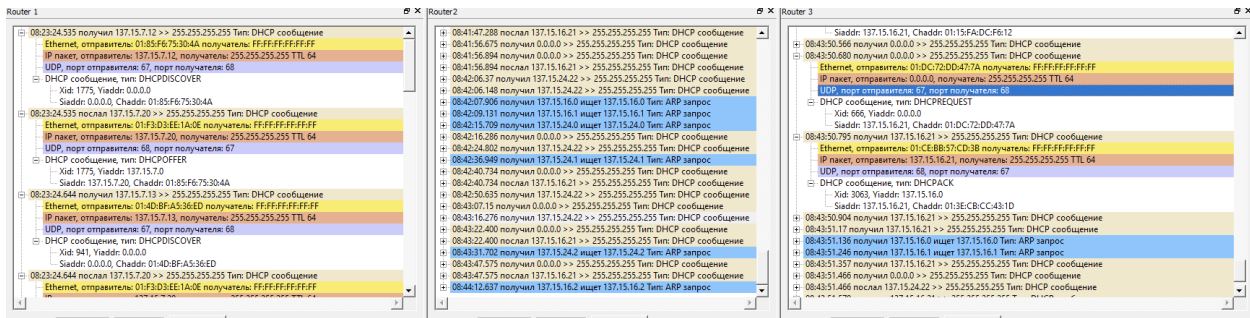
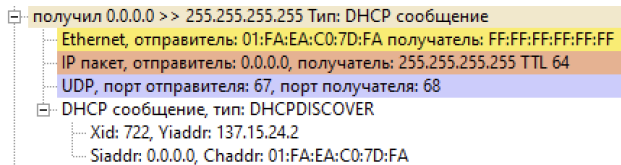


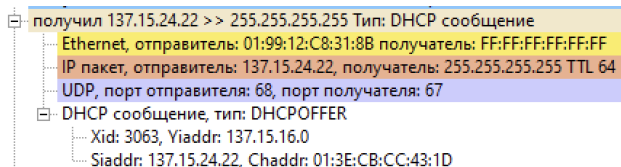
Рис. 35: Процесс работы DHCP

### Механизм работы DHCP:

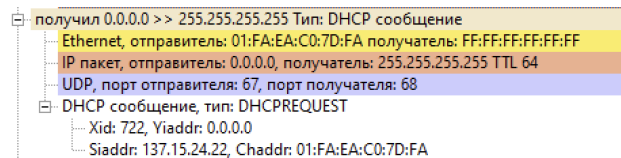
1. Discover (поиск сервера). Когда клиент загружается в сеть, он отправляет широковещательный пакет на порт 67, который содержит сообщение DHCPDISCOVER. В этом сообщении содержится MAC-адрес клиента. Поскольку клиент не знает подсеть к которой он относится, то IP получателя будет 255.255.255.255. Так как у клиента ещё нет IP-адреса, то отправителем будет 0.0.0.0 и порт 68.



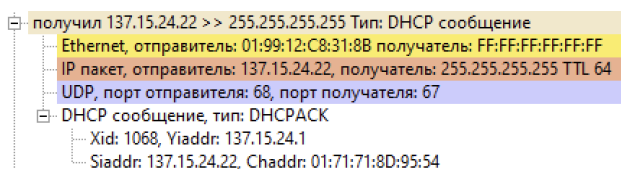
2. Offer (предложение сервера). Когда DHCP сервер получает сообщение DHCPDISCOVER, он резервирует доступный IP-адрес для аренды, создает запись в таблице ARP, отправляет сообщение DHCPOFFER на широковещательный адрес, которое содержит Yiaddr: предложенный адрес, Siaddr: адрес сервера, который предложил адрес, Chaddr: MAC-адрес клиента.



3. Request (запрос). Когда клиент получает сообщение DHCPOFFER, он отправляет сообщение DHCPREQUEST. Это сообщение используется как для подтверждения получения IP, так и для продления аренды. Также это сообщение служит оповещением для других DHCP серверов о отклонении их предложений.



4. Acknowledgement (подтверждение). Когда DHCP сервер получает сообщение DHCPREQUEST, он отправляет сообщение DHCPACK, которое содержит подтверждение получения IP-адреса.



## 6 Выводы

В ходе выполнения лабораторной работы мы рассмотрели различные варианты построения сетей, соединения подсетей и маршрутизаторов. Также изучили принципы работы маршрутизаторов и их настройку (редактирование таблицы маршрутизации).

В первой части работы мы задавали таблицы маршрутизации маршрутизаторов статически, а затем с помощью протокола RIP, который на основе таблиц маршрутизации соседей добавлял записи в маршрутизатор с учетом количества хопов.

Для выставления IP адресов сначала использовали статический принцип (задавание вручную), а затем с использованием протокола DHCP и установленных программах клиента и сервера. Данный вариант скорее предпочтителен, если сеть часто меняется и в ней много компьютеров, однако могут возникать проблемы с периодическим изменением IP адресов компьютеров.