

Университет ИТМО
Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Лабораторная работа №1

«Модели простейших компьютерных сетей»

По дисциплине «Компьютерные сети»

Выполнил:
Студент группы Р3331
Нодири Хисравхон

Преподаватель:
Алиев Тауфик Измаилович

г. Санкт-Петербург
2025г.

Содержание

1	Введение	3
2	Вариант лабораторной работы	3
2.1	Исходный IP-адрес:	3
3	Этап 1. Построение сети из двух компьютеров	3
3.1	Построение сети	4
3.2	Анализ таблиц	4
3.3	Пояснения по содержимому таблиц	4
3.4	Тестирование сети	6
3.5	Какие пакеты и кадры передаются в сети?	6
3.5.1	Как происходит передача, что содержится в пакетах?	7
3.5.2	Появились ли изменения в таблицах?	7
4	Этап 2. Линейная сеть из трех компьютеров	7
4.1	Построение сети	8
4.2	Анализ таблиц	8
4.3	Тестирование сети	9
5	Полносвязная сеть из трех компьютеров	9
5.1	Построение сети	10
5.2	Анализ таблиц	10
5.3	Тестирование сети	12
6	Заключение	12

1 Введение

Целью работы является изучение принципов построения и настройки моделей компьютерных сетей в среде NetEmul.

2 Вариант лабораторной работы

2.1 Исходный IP-адрес:

Нодири (Ф) = 6 букв, Хисравхон (И) = 9 букв. $H^* = 1$, $H=31$

$(192 + 1 + 0) \cdot (6 + 31) \cdot (9 + 31) \cdot (6 + 9) = 193.37.40.15$

Начальный IP-адрес второй сети: 193.47.40.25

Начальный IP-адрес третьей сети: 193.37.50.25

3 Этап 1. Построение сети из двух компьютеров

Необходимо:

1. Построение сети.

- Связать 2 компьютера
- Присвоить имена (идентификаторы) каждому компьютеру и открыть Журналы устройств.
- Визуализировать MAC- и 2 IP-адреса на модели сети
- Проанализировать содержимое таблиц маршрутизации и агр-таблиц.

2. Настройка компьютеров и сети.

- Настроить интерфейс каждого компьютера (сетевой карты), назначив ему ручную IP-адрес из заданного множества адресов (193.37.40.15 и 193.37.40.16).

3. Анализ таблиц.

- Проанализировать содержание таблиц маршрутизации и агр-таблиц компьютеров и определить:
 - что содержится в этих таблицах;
 - когда и как появились записи в них.

4. Тестирование сети (отправка пакетов).

- Проанализировать передачу сообщений с использованием транспортного протокола UDP. Объяснить:
 - какие пакеты и кадры передаются в сети;
 - в какой последовательности передаются пакеты и кадры;
 - какая информация содержится в пакетах и кадрах;
 - появились ли (и какие) новые записи в таблицах маршрутизации и агр-таблицах, и если "да то, когда и как формируются записи?

3.1 Построение сети

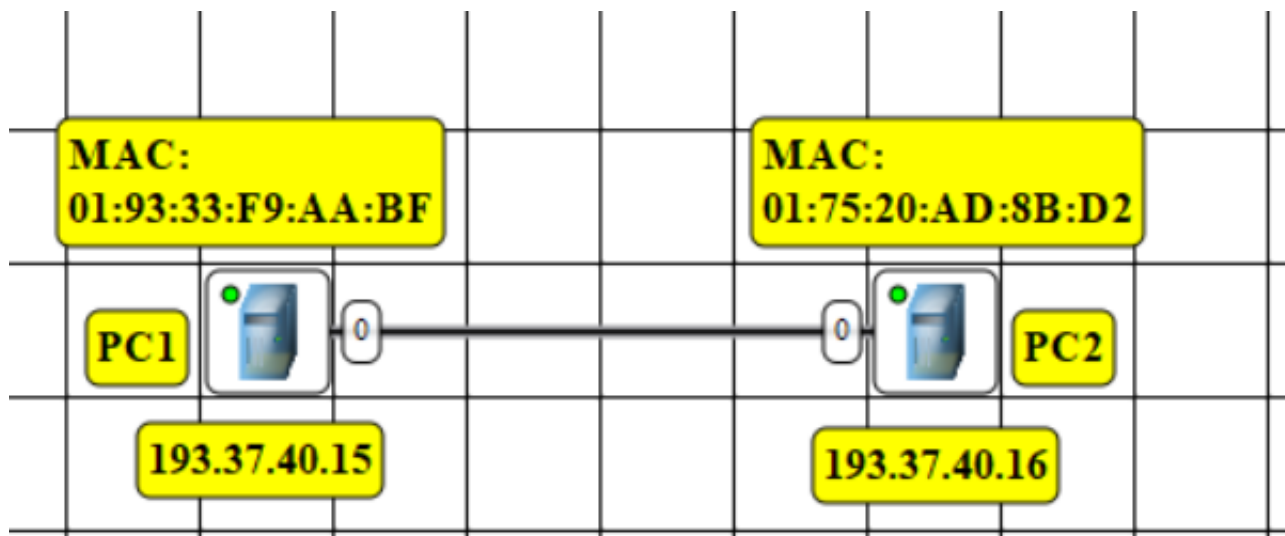


Рис. 1: Сеть из двух компьютеров

3.2 Анализ таблиц

ARP-таблица

Address Resolution Protocol — протокол в компьютерных сетях, предназначенный для определения MAC-адреса другого компьютера по известному IP-адресу. ARP-таблица хранит соответствия между IP-адресами и MAC-адресами устройств в локальной сети. Это позволяет устройствам находить друг друга на канальном уровне.

	Мас-адрес	Ip-адрес	Тип записи	Имя адаптера	Время жизни
1	01:75:20:AD:8B:D2	193.37.40.16	Динамическая	eth0	87

Рис. 2: ARP таблица PC1

	Мас-адрес	Ip-адрес	Тип записи	Имя адаптера	Время жизни
1	01:93:33:F9:AA:BF	193.37.40.15	Динамическая	eth0	135

Рис. 3: ARP таблица PC2

3.3 Пояснения по содержанию таблиц

- PC 1 инициировал ARP-запрос, который был получен всеми устройствами локальной сети. PC 2, обнаружив в запросе собственный IP-адрес, отправил ARP-ответ. В результате MAC-адрес PC 2 был сохранён в ARP-таблице PC 1, чтобы избежать повторных запросов. Аналогично, ARP-таблица PC2 2 обновилась соответствующей записью.
- Все записи в ARP-таблицах являются динамическими: они автоматически формируются при отправке ARP-запросов и удаляются по истечении заданного времени жизни (TTL — Time To Live).

- В качестве примера: PC 1 известно, что IP-адрес 193.37.40.16 принадлежит устройству с MAC-адресом 01:75:20:AD:8B:D2, к которому можно обращаться через сетевой интерфейс Ethernet, обозначенный как `eth0`.

Таблица маршрутизации

Таблица маршрутизации - содержит правила передачи данных между сетями, определяя маршрут отправки пакетов в зависимости от их IP-адреса назначения.

	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	193.37.40.0	255.255.255.0	193.37.40.15	193.37.40.15	0	Подключена

Рис. 4: Таблица маршрутизации PC1

	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	193.37.40.0	255.255.255.0	193.37.40.16	193.37.40.16	0	Подключена

Рис. 5: Таблица маршрутизации PC2

Пояснения по содержимому таблиц:

1. Назначение (Destination):

Указывает сеть или конкретный IP-адрес, куда необходимо доставить пакет. В приведённом примере это локальная сеть **193.37.40.0**.

2. Маска (Mask):

Определяет, какая часть IP-адреса относится к адресу сети, а какая — к узлу (устройству). Маска **255.255.255.0** означает, что первые 24 бита (три октета) обозначают сеть, а оставшиеся 8 бит — конкретное устройство в этой сети.

3. Шлюз (Gateway):

IP-адрес устройства, через которое должны быть направлены пакеты, если адрес получателя находится вне локальной сети. В данном случае шлюзом указан IP-адрес самого компьютера, поскольку маршрутизатор не используется.

4. Интерфейс (Interface):

Сетевой интерфейс, через который передаются пакеты. Например, это интерфейс `eth0` с IP-адресом **193.37.40.15** для PC1 и **193.37.40.16** для PC2.

5. Метрика (Metric):

Числовой показатель, отражающий приоритет маршрута. Чем меньше значение метрики, тем предпочтительнее маршрут. Метрика, равная нулю, означает, что это прямой маршрут (пакеты передаются внутри одной сети).

6. Источник (Source):

Показывает статус источника маршрута. Например, `Connected` означает, что маршрут связан с активным подключением.

3.4 Тестирование сети

Передача сообщений с использованием транспортного протокола UDP

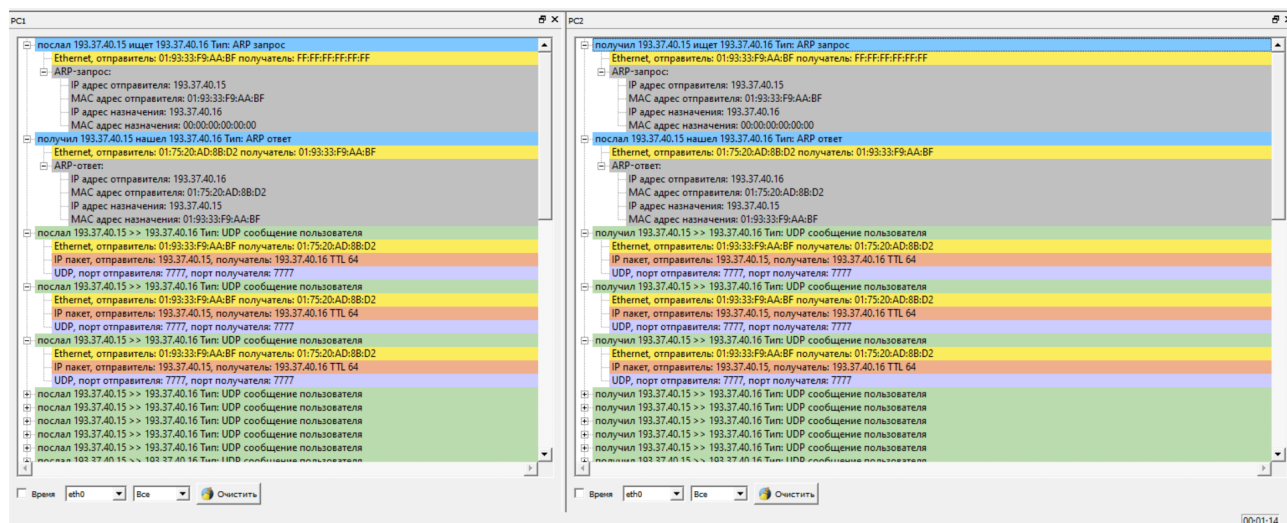


Рис. 6: Журнал сообщений PC1 и PC2

3.5 Какие пакеты и кадры передаются в сети?

1. ARP-запрос (ARP request)

Пояснение: ARP-запрос — это широковещательный запрос, с помощью которого отправитель (PC1) пытается узнать MAC-адрес получателя (PC2), используя известный IP-адрес.

- | | |
|--------------------------|--|
| (a) Кадр Ethernet | Отправитель (MAC): 01:93:33:F9:AA:BF (PC1) |
| | Получатель (MAC): FF:FF:FF:FF:FF:FF (Broadcast) |
| | IP-адрес отправителя: 193.37.40.15 (PC1) |
| (b) ARP-запрос | MAC-адрес отправителя: 01:93:33:F9:AA:BF |
| | IP-адрес назначения: 193.37.40.16 (PC2) |
| | MAC-адрес назначения: 00:00:00:00:00:00 (неизвестен) |

2. ARP-ответ (ARP response)

Пояснение: ARP-ответ — это кадр, которым PC2 сообщает свой MAC-адрес тому, кто запрашивал (PC1).

- | | |
|--------------------------|---|
| (a) Кадр Ethernet | Отправитель (MAC): 01:75:20:AD:8B:D2 (PC2) |
| | Получатель (MAC): 01:93:33:F9:AA:BF (PC1) |
| | IP-адрес отправителя: 193.37.40.16 (PC2) |
| (b) ARP-ответ | MAC-адрес отправителя: 01:75:20:AD:8B:D2 |
| | IP-адрес назначения: 193.37.40.15 (PC1) |
| | MAC-адрес назначения: 01:93:33:F9:AA:BF (PC1) |

3. UDP-пакет (UDP Message user)

Пояснение: UDP-пакет — это пользовательский датаграммный протокол, который PC1 отправляет PC2 после того, как получил необходимые данные ARP и знает MAC-адрес.

- | | |
|--------------------------|--|
| (a) Кадр Ethernet | Отправитель (MAC): 01:93:33:F9:AA:BF (PC1) |
| | Получатель (MAC): 01:75:20:AD:8B:D2 (PC2) |

- IP-адрес отправителя: 193.37.40.15 (PC1)
- (b) **IP-пакет** IP-адрес получателя: 193.37.40.16 (PC2)
TTL (Time To Live): 64
- (c) **UDP-сегмент** Порт отправителя: 7777
Порт получателя: 7777

3.5.1 Как происходит передача, что содержится в пакетах?

Сначала **PC1** (193.37.40.15, MAC: 01:93:33:F9:AA:BF) формирует **ARP-запрос**, чтобы узнать MAC-адрес **PC2** (193.37.40.16, MAC: 01:75:20:AD:8B:D2). В ответ приходит **ARP-ответ** от **PC2** с указанием собственного MAC-адреса. Получив эти данные, **PC1** отправляет **UDP-пакет** на **PC2**. В итоге передача состоит из:

- **Ethernet-кадра**, в котором указываются MAC-адреса отправителя и получателя.
- **IP-пакета** с IP-адресами 193.37.40.15 (отправитель) и 193.37.40.16 (получатель).
- **UDP-сегмента**, содержащего порты отправителя и получателя (например, 7777).

3.5.2 Появились ли изменения в таблицах?

В **таблицах маршрутизации** (Routing Table) изменений не произошло, поскольку топология сети осталась прежней. Однако **ARP-таблицы** (как на PC1, так и на PC2) дополнились актуальными записями о соответствии IP-адресов 193.37.40.15 и 193.37.40.16 их MAC-адресам 01:93:33:F9:AA:BF и 01:75:20:AD:8B:D2 соответственно.

4 Этап 2. Линейная сеть из трех компьютеров

Необходимо:

1. Построение сети с тремя компьютерами и анализ таблиц.

- Построить сеть из трёх компьютеров, добавив в предыдущую сеть третий компьютер и связав его с одним из компьютеров. При необходимости добавить интерфейсы (сетевые карты) в компьютеры сети. Присвоить имя (идентификатор) новому компьютеру и открыть его журнал устройств. Назначить IP-адрес и визуализировать MAC- и IP-адреса.
- Проанализировать содержимое таблиц маршрутизации и arp-таблиц всех компьютеров. Описать:
 - как изменилось содержимое таблиц;
 - как формируется каждая запись в таблицах;
 - в чём отличие таблицы маршрутизации компьютера, находящегося в центре сети, от таблиц маршрутизации крайних компьютеров?

2. Тестирование сети (отправка пакетов).

- Проанализировать передачу сообщений с использованием протокола UDP. Пояснить:
 - какие пакеты и кадры передаются в сети;
 - в какой последовательности передаются пакеты и кадры;
 - какая информация содержится в пакетах и кадрах.

4.1 Построение сети

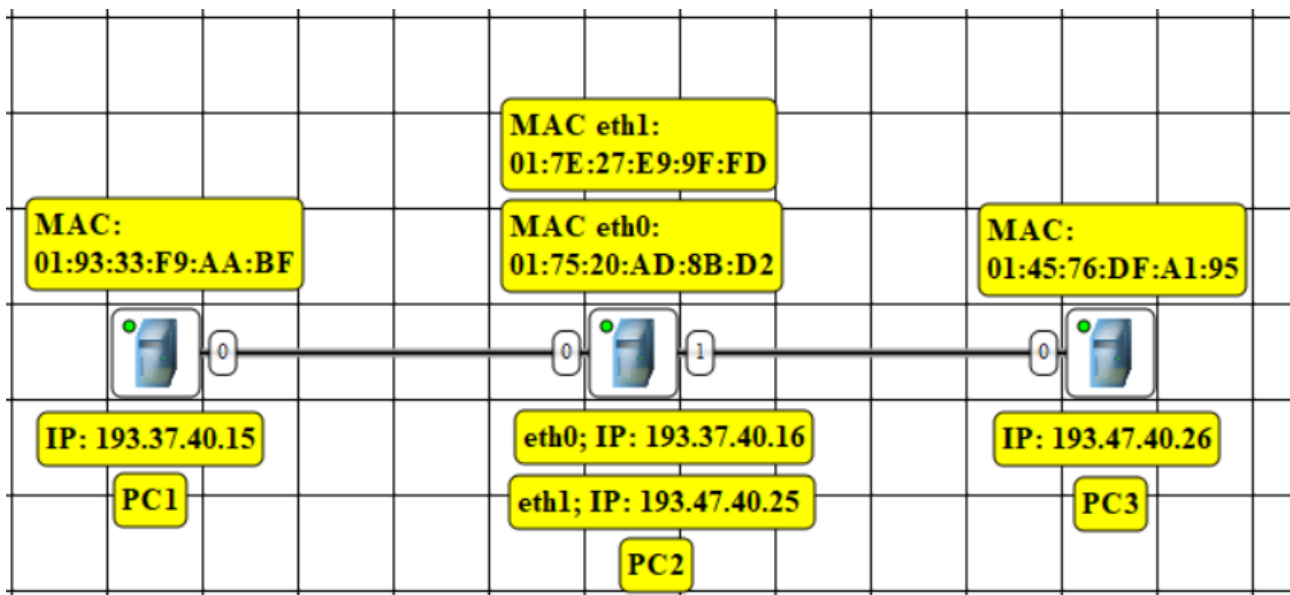


Рис. 7: Линейная сеть из трех компьютеров

4.2 Анализ таблиц

Изменились только таблицы PC2

ARP-таблица

	Mac-address	Ip-address	Record type	Netcard name	TTL
1	01:93:33:F9:AA:BF	193.37.40.15	Dinamic	eth0	43
2	01:45:76:DF:A1:95	193.47.40.26	Dinamic	eth1	4

Рис. 8: ARP таблица PC2

Таблица маршрутизации

	Destination	Mask	Gateway	Interface	Metric	Source
1	193.37.40.0	255.255.255.0	193.37.40.16	193.37.40.16	0	Connected
2	193.47.40.0	255.255.255.0	193.47.40.25	193.47.40.25	0	Connected

Рис. 9: Таблица маршрутизации PC2

1. Что поменялось:

Добавилась вторая запись для подсети 193.37.40.0/24, так как PC2 теперь подклю-
чён к двум подсетям через два интерфейса (eth0 и eth1).

4.3 Тестирование сети

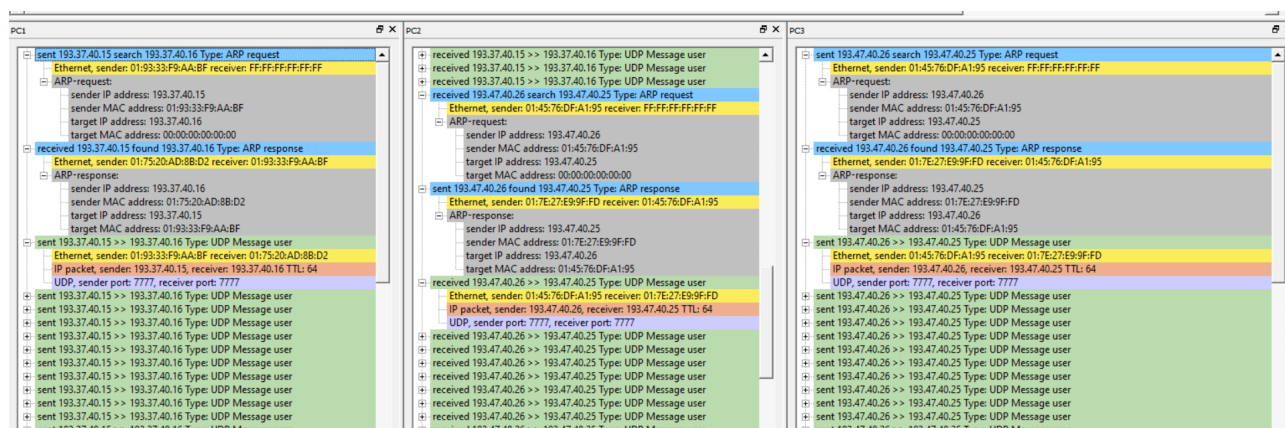


Рис. 10: Журнал сообщений PC1, PC2 и PC3

Аналогично, для передачи данных здесь применяется транспортный протокол из стека **TCP/IP** — **UDP**. Поскольку процесс передачи ARP-запросов уже подробно описан в предыдущем разделе, в этом пункте он не рассматривается. По сути, отправка **UDP-пакетов** мало чем отличается от предыдущего примера.

5 Полносвязная сеть из трех компьютеров

Необходимо:

1. Формирование полносвязной компьютерной сети.

- В предыдущей сети добавить связь и построить полносвязную сеть из трёх компьютеров, при необходимости добавив интерфейсы (сетевые карты) в компьютеры сети.
- Выполнить необходимые настройки для нормального функционирования компьютерной сети.

2. Тестирование сети (отправка пакетов).

- Проанализировать передачу сообщений между разными узлами (интерфейсами компьютеров) с использованием протокола UDP. Объяснить:
 - какие пакеты и по какому направлению передаются в сети;
 - в какой последовательности передаются пакеты и кадры;
 - какая информация содержится в пакетах и кадрах.
- Проанализировать:
 - содержимое таблиц маршрутизации и агрегированных таблиц в каждом компьютере.

5.1 Построение сети

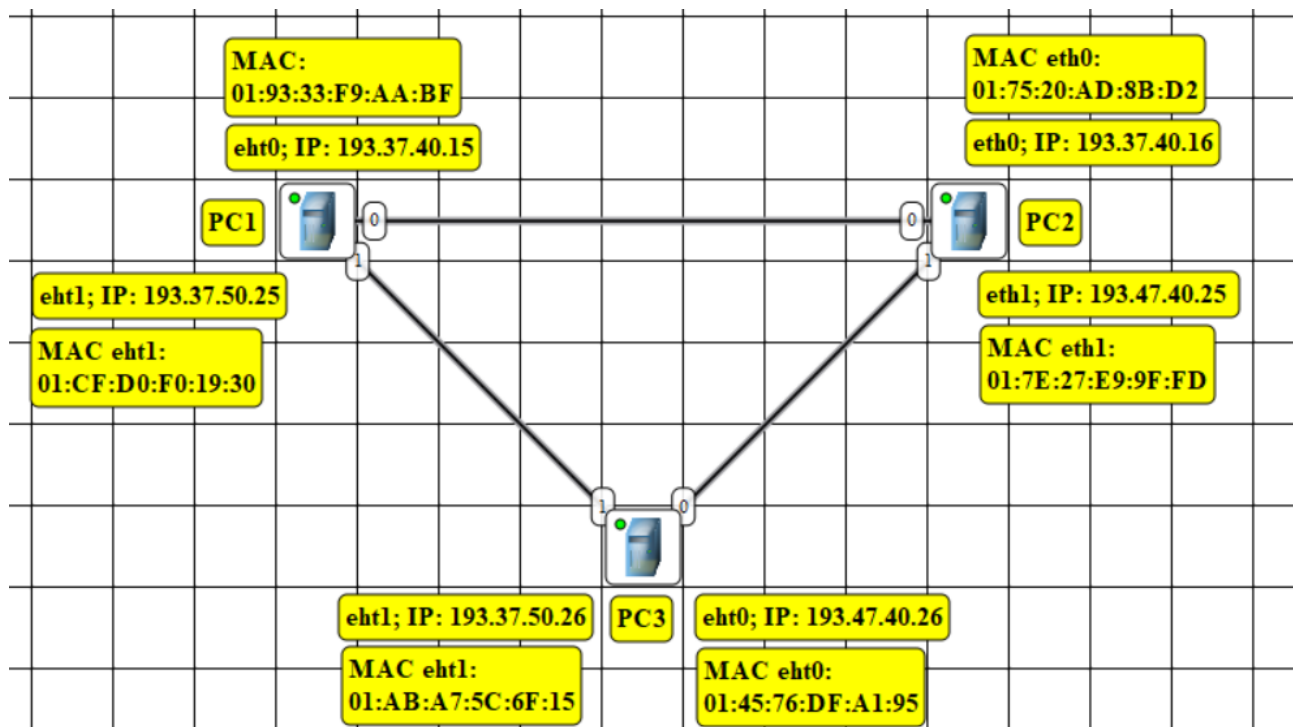


Рис. 11: Полносвязная сеть из трех компьютеров

5.2 Анализ таблиц

ARP-таблицы

	Мас-адрес	Ip-адрес	Тип записи	Имя адаптера	Время жизни
1	01:75:20:AD:8B:D2	193.37.40.16	Динамическая	eth0	370
2	01:AB:A7:5C:6F:15	193.37.50.26	Динамическая	eth1	244

Рис. 12: ARP таблица PC1

	Мас-адрес	Ip-адрес	Тип записи	Имя адаптера	Время жизни
1	01:93:33:F9:AA:BF	193.37.40.15	Динамическая	eth0	408
2	01:45:76:DF:A1:95	193.47.40.26	Динамическая	eth1	320

Рис. 13: ARP таблица PC2

	Мас-адрес	Ip-адрес	Тип записи	Имя адаптера	Время жизни
1	01:7E:27:E9:9F:FD	193.47.40.25	Динамическая	eth0	344
2	01:CF:D0:F0:19:30	193.37.50.25	Динамическая	eth1	285

Рис. 14: ARP таблица PC3

Таблицы маршрутизации

	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	193.37.40.0	255.255.255.0	193.37.40.15	193.37.40.15	0	Подключена
2	193.37.50.0	255.255.255.0	193.37.50.25	193.37.50.25	0	Подключена

Рис. 15: Таблица маршрутизации PC1

	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	193.37.40.0	255.255.255.0	193.37.40.16	193.37.40.16	0	Подключена
2	193.47.40.0	255.255.255.0	193.47.40.25	193.47.40.25	0	Подключена

Рис. 16: Таблица маршрутизации PC2

	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	193.37.50.0	255.255.255.0	193.37.50.26	193.37.50.26	0	Подключена
2	193.47.40.0	255.255.255.0	193.47.40.26	193.47.40.26	0	Подключена

Рис. 17: Таблица маршрутизации PC3

1. Передача пакетов и направление

- В нашей сети есть две машины: **PC1** с IP-адресом 193.37.40.15 (MAC: 01:93:33:F9:AA:BF) и **PC2** с IP-адресом 193.37.40.16 (MAC: 01:75:20:AD:8B:D2). Обе находятся в одной подсети 193.37.40.0/24.
- Поскольку все компьютеры в одной подсети, пакеты передаются напрямую без маршрутизации.

2. Последовательность передачи пакетов и кадров

- При отправке **UDP-пакета** на уровне сети формируется **IP-пакет**, который далее «оборачивается» (инкапсулируется) в **Ethernet-кадр**.
- Ethernet-кадр содержит **MAC-адреса** отправителя и получателя (в нашем случае: 01:93:33:F9:AA:BF и 01:75:20:AD:8B:D2).
- Поскольку получатель **PC2** расположен в той же подсети, для определения его MAC-адреса используется протокол **ARP**, если этот адрес ещё не известен (либо не кэширован).

3. Информация в пакетах и кадрах

- **Ethernet-кадр:** содержит MAC-адреса отправителя и получателя, тип протокола (например, IPv4), а также полезную нагрузку (данные).
- **IP-пакет:** содержит IP-адреса отправителя и получателя (в данном примере: 193.37.40.15 и 193.37.40.16), информацию о протоколе (UDP), значение **TTL** (Time To Live) и сами данные.
- **UDP-датаграмма:** включает порты отправителя и получателя (например, 7777 и 7777), длину данных и контрольную сумму.

5.3 Тестирование сети

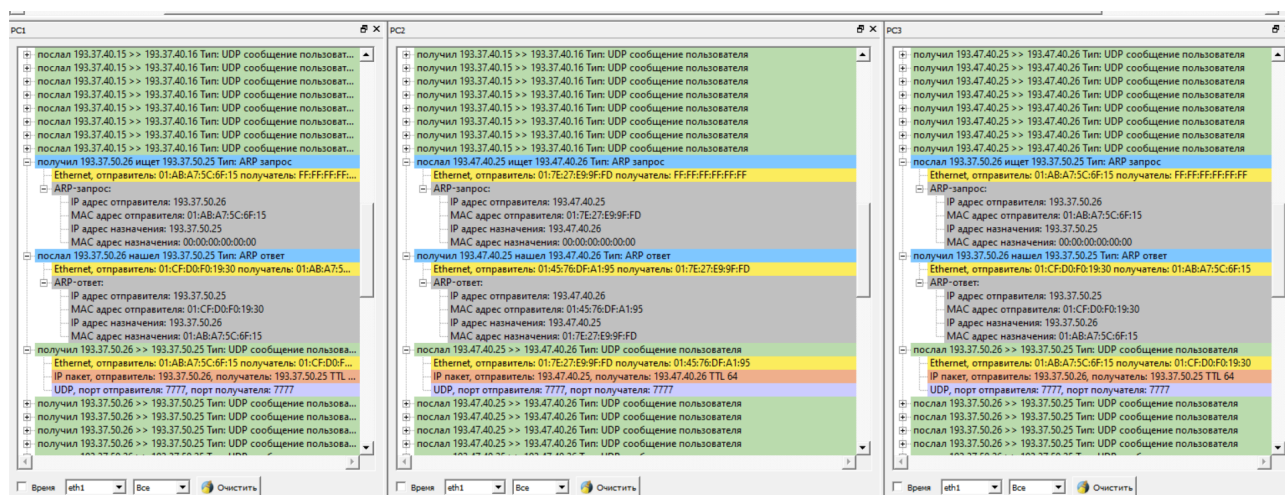


Рис. 18: Журнал сообщений PC1, PC2 и PC3

6 Заключение

В ходе проделанной работы мы рассмотрели процесс передачи данных в локальной сети, включающий ARP-запрос, ARP-ответ и отправку UDP-пакета. Были приведены примеры и пояснения следующих моментов:

- **ARP (Address Resolution Protocol):** как запрашивается и предоставляется MAC-адрес в сети при наличии только IP-адреса.
- **Инкапсуляция на различных уровнях:** формирование IP-пакета и дальнейшая инкапсуляция в Ethernet-кадр.
- **UDP-передача:** использование портов отправителя и получателя для быстрого и простого обмена датаграммами без установления соединения.
- **Особенности одной подсети:** если узлы находятся в одной сети, передача идёт напрямую, без маршрутизации.

Благодаря этим шагам мы смогли на практике увидеть, как внутри локальной сети происходит обмен данными, и как в случае отсутствия информации о MAC-адресе применяется ARP. Подведём итог: все компоненты работают синхронно, обеспечивая сквозную доставку пакетов от приложения на одном компьютере к приложению на другом.