

Университет ИТМО
Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Лабораторная работа №1
«Модели простейших компьютерных сетей»
по дисциплине «Компьютерные сети»

Выполнил:
Студент 3 курса группы Р3331
Дворкин Борис Александрович

Преподаватель:
Алиев Тауфик Измайлович

г. Санкт-Петербург

2024 г.

Содержание

| | |
|--|-----------|
| Содержание..... | 2 |
| 1 Введение..... | 3 |
| 2 Вариант лабораторной работы..... | 3 |
| 3 Этап 1. Простейшая сеть из двух компьютеров..... | 3 |
| 3.1 Построение сети..... | 3 |
| 3.2 Анализ таблиц..... | 4 |
| ARP-таблица..... | 4 |
| Таблица маршрутизации..... | 4 |
| 3.3 Тестирование сети (отправка пакетов)..... | 6 |
| 3.3.1. Какие пакеты и кадры передаются в сети?..... | 6 |
| 3.3.2. Как происходит передача, что содержится в пакетах?..... | 7 |
| 3.3.2. Появились ли изменения в таблицах?..... | 8 |
| 4 Этап 2. Линейная сеть из трех компьютеров..... | 8 |
| 4.1 Построение сети..... | 8 |
| 4.2 Анализ таблиц..... | 8 |
| Таблица маршрутизации..... | 8 |
| ARP-таблица..... | 9 |
| 4.3 Тестирование сети (отправка пакетов)..... | 9 |
| 5 Этап 3. Полносвязная сеть из трех компьютеров..... | 10 |
| 5.1 Построение сети..... | 10 |
| 5.2 Тестирование сети (отправка пакетов), анализ таблиц..... | 10 |
| 6 Выводы..... | 12 |

1 Введение

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

2 Вариант лабораторной работы

Ф = 7 (Дворкин); И = 5 (Борис); О = 13 (Александрович); Н = 31 (Р3331)

=> $(192 + 31 + 13).(7 + 31).(5 + 31).(7+5) \Leftrightarrow 236.38.36.12$

Итак, исходный IPv4 адрес класса C: 236.38.36.12

3 Этап 1. Простейшая сеть из двух компьютеров

3.1 Построение сети

Для нумерации интерфейсов двух компьютеров в данной сети используется пул последовательных адресов: 236.38.36.12 - 236.38.36.13

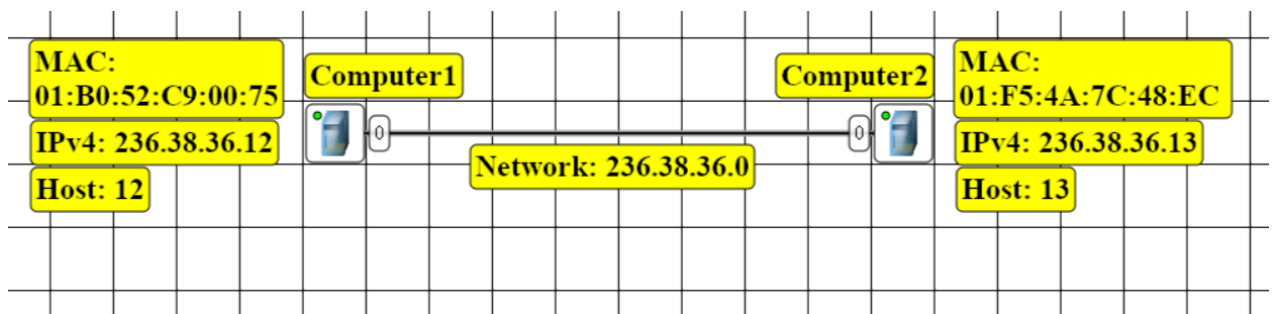


Рис.1: Модель простейшей сети из 2х компьютеров

3.2 Анализ таблиц

ARP-таблица

Address Resolution Protocol - протокол для разрешения MAC-адресов физического сетевого устройства по IP-адресу компьютера.

ARP-таблица - хранит соответствия между IP-адресами и MAC-адресами устройств в локальной сети. Это позволяет устройствам находить друг друга на канальном уровне (уровне сетевого интерфейса в TCP/IP).

В устройстве Computer 1 ARP таблица выглядит следующим образом:

| | Mac-address | Ip-address | Record type | Netcard name | TTL |
|---|-------------------|--------------|-------------|--------------|-----|
| 1 | 01:F5:4A:7C:48:EC | 236.38.36.13 | Dinamic | eth0 | 269 |

В устройстве Computer 2 ARP таблица выглядит следующим образом:

| | Mac-address | Ip-address | Record type | Netcard name | TTL |
|---|-------------------|--------------|-------------|--------------|-----|
| 1 | 01:B0:52:C9:00:75 | 236.38.36.12 | Dinamic | eth0 | 353 |

Пояснения по содержанию таблиц:

- ARP-запрос был отправлен с Computer 1 и получен всеми устройствами в сети, в данном случае - Computer 2 узнал в запросе свой IP-адрес и отправил ARP-ответ, после чего MAC-адрес Computer 2 был **закеширован** в ARP-таблице Computer 1, чтобы не запрашивать его каждый раз (и наоборот).
- Записи являются **динамическими**, то есть они создаются автоматически при отправке ARP-запросов и удаляются через определенное **время жизни** (TTL - Time To Live).
- Например, Computer 1 знает, что IP-адрес **236.38.36.13** принадлежит устройству с MAC-адресом **01:F5:4A:7C:48:EC**, с которым можно взаимодействовать по сетевому Ethernet-интерфейсу **eth0**

Таблица маршрутизации

- содержит информацию о том, как данные должны передаваться между сетями. Она определяет, куда отправлять пакеты в зависимости от их IP-адреса назначения.

Таблица маршрутизации Computer 1:

| | Destination | Mask | Gateway | Interface | Metric | Source |
|---|-------------|---------------|--------------|--------------|--------|-----------|
| 1 | 236.38.36.0 | 255.255.255.0 | 236.38.36.12 | 236.38.36.12 | 0 | Connected |

Таблица маршрутизации Computer 2:

| | Destination | Mask | Gateway | Interface | Metric | Source |
|---|-------------|---------------|--------------|--------------|--------|-----------|
| 1 | 236.38.36.0 | 255.255.255.0 | 236.38.36.13 | 236.38.36.13 | 0 | Connected |

Пояснения по содержимому таблиц:

1. Назначение (Destination):

- Указывает сеть или IP-адрес, куда должен быть отправлен пакет. В нашем случае это локальная сеть **236.38.36.0**.

2. Маска (Mask):

- Определяет, какая часть IP-адреса относится к сети, а какая — к узлу. Маска **255.255.255.0** означает, что первые 24 бита (3 октета) относятся к сети, а последние 8 бит — к узлу.

3. Шлюз (Gateway):

- Это IP-адрес устройства, через которое пакеты должны быть отправлены, если они не находятся в локальной сети. В данном случае шлюз указывает на интерфейс самого устройства, так как маршрутизатор не используется.

4. Интерфейс (Interface):

- Это сетевой интерфейс, через который пакеты будут отправлены. В нашем случае это Ethernet-интерфейс **eth0** с IP-адресом **236.38.36.12** для Computer1 и **236.38.36.13** для Computer2.

5. Метрика (Metric):

- Это числовое значение, которое определяет приоритет маршрута. Чем меньше метрика, тем предпочтительнее маршрут. В нашем случае метрика равна 0, что означает, что это прямой маршрут (устройства находятся в одной сети).

6. Источник (Source):

- Указывает на состояние источника. Например, Connected - подключено.

3.3 Тестирование сети (отправка пакетов)

Передача сообщений проводилась с использованием транспортного протокола UDP:

| Computer1 | Computer2 |
|--|---|
| <div>sent 236.38.36.12 search 236.38.36.13 Type: ARP request Ethernet, sender: 01:B0:52:C9:00:75 receiver: FF:FF:FF:FF:FF:FF ARP-request: sender IP address: 236.38.36.12 sender MAC address: 01:B0:52:C9:00:75 target IP address: 236.38.36.13 target MAC address: 00:00:00:00:00:00</div> | <div>received 236.38.36.12 search 236.38.36.13 Type: ARP request Ethernet, sender: 01:B0:52:C9:00:75 receiver: FF:FF:FF:FF:FF:FF ARP-request: sender IP address: 236.38.36.12 sender MAC address: 01:B0:52:C9:00:75 target IP address: 236.38.36.13 target MAC address: 00:00:00:00:00:00</div> |
| <div>received 236.38.36.12 found 236.38.36.13 Type: ARP response Ethernet, sender: 01:F5:4A:7C:48:EC receiver: 01:B0:52:C9:00:75 ARP-response: sender IP address: 236.38.36.13 sender MAC address: 01:F5:4A:7C:48:EC target IP address: 236.38.36.12 target MAC address: 01:B0:52:C9:00:75</div> | <div>sent 236.38.36.12 found 236.38.36.13 Type: ARP response Ethernet, sender: 01:F5:4A:7C:48:EC receiver: 01:B0:52:C9:00:75 ARP-response: sender IP address: 236.38.36.13 sender MAC address: 01:F5:4A:7C:48:EC target IP address: 236.38.36.12 target MAC address: 01:B0:52:C9:00:75</div> |
| <div>sent 236.38.36.12 >> 236.38.36.13 Type: UDP Message user Ethernet, sender: 01:B0:52:C9:00:75 receiver: 01:F5:4A:7C:48:EC IP packet, sender: 236.38.36.12, receiver: 236.38.36.13 TTL: 64 UDP, sender port: 7777, receiver port: 7777</div> | <div>received 236.38.36.12 >> 236.38.36.13 Type: UDP Message user Ethernet, sender: 01:B0:52:C9:00:75 receiver: 01:F5:4A:7C:48:EC IP packet, sender: 236.38.36.12, receiver: 236.38.36.13 TTL: 64 UDP, sender port: 7777, receiver port: 7777</div> |

Рис.2: Журнал сообщений Computer 1 и Computer 2

3.3.1. Какие пакеты и кадры передаются в сети?

1. ARP-запрос (ARP request):

- Это широковещательный запрос, который отправляет Computer1, чтобы узнать MAC-адрес устройства с IP-адресом 236.38.36.13 (Computer2).
- Кадр Ethernet:
 - Отправитель (Sender): 01:B0:52:C9:00:75 (MAC-адрес Computer1).
 - Получатель (Receiver): FF:FF:FF:FF:FF:FF (широковещательный адрес, запрос отправляется всем устройствам в сети).
- ARP-запрос:
 - IP-адрес отправителя: FF:FF:FF:FF:FF:FF (Computer1).
 - MAC-адрес отправителя: 01:B0:52:C9:00:75 (Computer1).
 - IP-адрес назначения: 236.38.36.13 (Computer2).
 - MAC-адрес назначения: 00:00:00:00:00:00 (неизвестен, поэтому запрашивается).

2. ARP-ответ (ARP response):

- Это ответ от Computer2 на ARP-запрос, в котором он сообщает свой MAC-адрес.

- Кадр Ethernet:
 - Отправитель (Sender): 01:F5:4A:7C:48:EC (MAC-адрес Computer2).
 - Получатель (Receiver): 01:B0:52:C9:00:75 (MAC-адрес Computer1).
 - ARP-ответ:
 - IP-адрес отправителя: 236.38.36.13 (Computer2).
 - MAC-адрес отправителя: 01:F5:4A:7C:48:EC (Computer2).
 - IP-адрес назначения: 236.38.36.12 (Computer1).
 - MAC-адрес назначения: 01:B0:52:C9:00:75 (Computer1).
3. UDP-пакет (UDP Message user):
- Это пакет данных, который Computer 1 отправляет на Computer 2 с использованием протокола UDP.
 - Кадр Ethernet:
 - Отправитель (Sender): 01:B0:52:C9:00:75 (MAC-адрес Computer1).
 - Получатель (Receiver): 01:F5:4A:7C:48:EC (MAC-адрес Computer2).
 - IP-пакет:
 - Отправитель (Sender): 236.38.36.12 (Computer1).
 - Получатель (Receiver): 236.38.36.13 (Computer2).
 - TTL (Time To Live): 64 (время жизни пакета, уменьшается на каждом маршрутизаторе).
 - UDP-сегмент:
 - Порт отправителя (Sender port): 7777.
 - Порт получателя (Receiver port): 7777.

3.3.2. Как происходит передача, что содержится в пакетах?

Сначала ARP-запрос, чтобы узнать MAC-адрес Computer 2, затем ARP-ответ от Computer 2 с указанием своего MAC-адреса, и после получения ARP-ответа устройством Computer 1, отправка UDP-пакета от Computer 1 до Computer 2 с Ethernet пакетом, содержащим MAC-адреса отправителя и получателя, UDP сегментом с портами отправителя и получателя и IP пакет с IP-адресами отправителя и получателя.

3.3.2. Появились ли изменения в таблицах?

В таблицах маршрутизации, ожидаемо, изменений не произошло, т.к. конфигурация (топология) сети не поменялась, однако содержимое ARP-таблиц обновилось записями о соответствии MAC-адресов и IP-адресов Computer 1 и Computer 2.

4 Этап 2. Линейная сеть из трех компьютеров

4.1 Построение сети

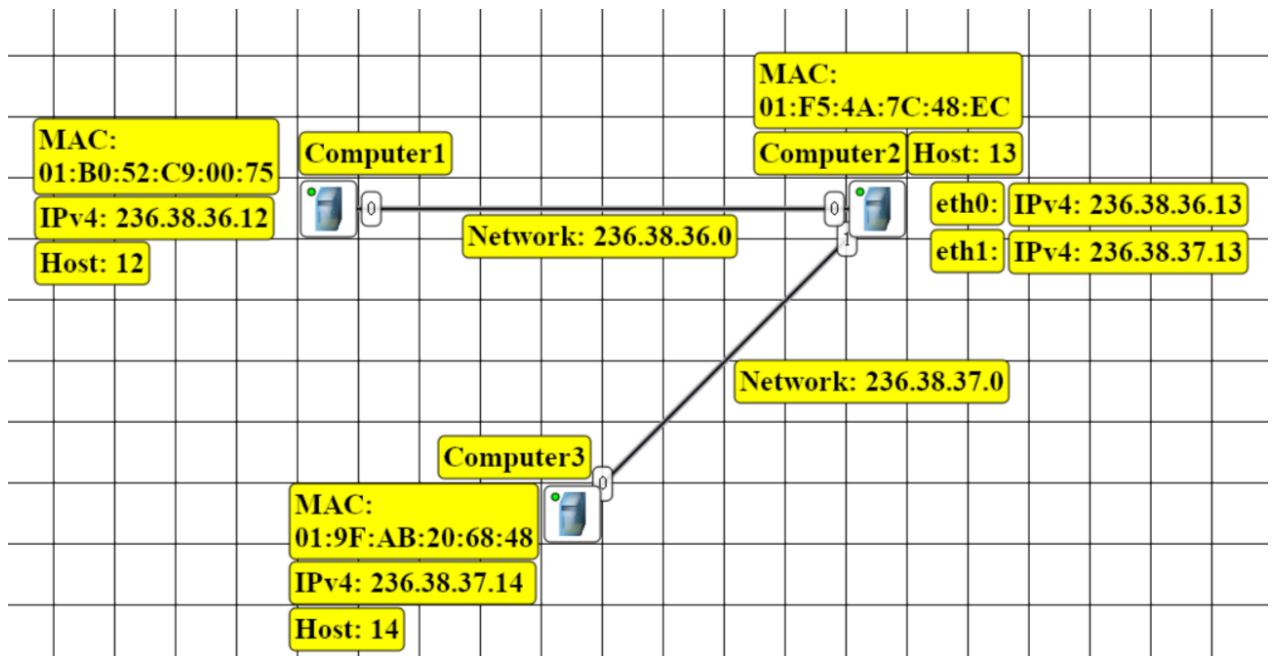


Рис.3: Модель линейной сети из 3х компьютеров

4.2 Анализ таблиц

Изменились только таблицы Computer 2.

Таблица маршрутизации

| | Destination | Mask | Gateway | Interface | Metric | Source |
|---|-------------|---------------|--------------|--------------|--------|-----------|
| 1 | 236.38.36.0 | 255.255.255.0 | 236.38.36.13 | 236.38.36.13 | 0 | Connected |
| 2 | 236.38.37.0 | 255.255.255.0 | 236.38.37.13 | 236.38.37.13 | 0 | Connected |

ARP-таблица

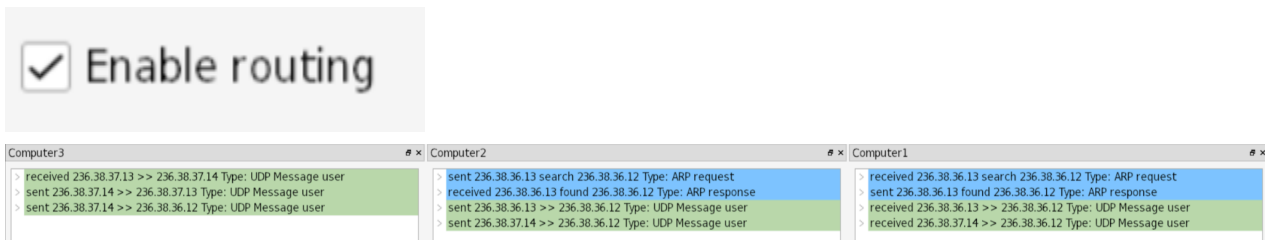
| | Mac-address | Ip-address | Record type | Netcard name | TTL |
|---|-------------------|--------------|-------------|--------------|-----|
| 1 | 01:B0:52:C9:00:75 | 236.38.36.12 | Dinamic | eth0 | 958 |
| 2 | 01:9F:AB:20:68:48 | 236.38.37.14 | Dinamic | eth1 | 512 |

Что поменялось:

- Добавилась вторая запись для подсети **236.38.37.0/24**, так как Computer 2 теперь подключён к двум подсетям через два интерфейса (**eth0** и **eth1**).

(*) Таблицы Computer 1 и 3 также поменялись.

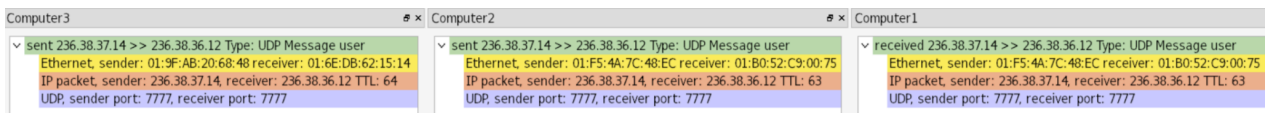
Почему? Потому что я захотел добавить функциональность для пересылки данных между ними с помощью включения маршрутизации в устройстве Computer 2 (и у меня это получилось!)



| | Destination | Mask | Gateway | Interface | Metric | Source |
|---|-------------|---------------|--------------|--------------|--------|-----------|
| 1 | 236.38.36.0 | 255.255.255.0 | 236.38.36.12 | 236.38.36.12 | 0 | Connected |
| 2 | 236.38.37.0 | 255.255.255.0 | 236.38.36.13 | 236.38.36.12 | 0 | Static |

4.3 Тестирование сети (отправка пакетов)

Аналогично использую транспортный протокол стэка TCP/IP - UDP. Передачу ARP-запросов в данном разделе я опускаю, потому что очень подробно описал ее в предыдущем параграфе 3.3. А сама по себе передача UDP-пакетов мало чем отличается от прошлого примера - лишь добавляется новый узел Computer 3, и что любопытно - при прохождении через узел Computer 2 происходит маршрутизация между подсетями **236.38.37.0/24** и **236.38.36.0/24**.



P.S. - Для маршрутизации я вручную добавил пути с указанием нужных шлюзов в таблицы маршрутизации Computer 1 и Computer 3.

5 Этап 3. Полносвязная сеть из трех компьютеров

5.1 Построение сети

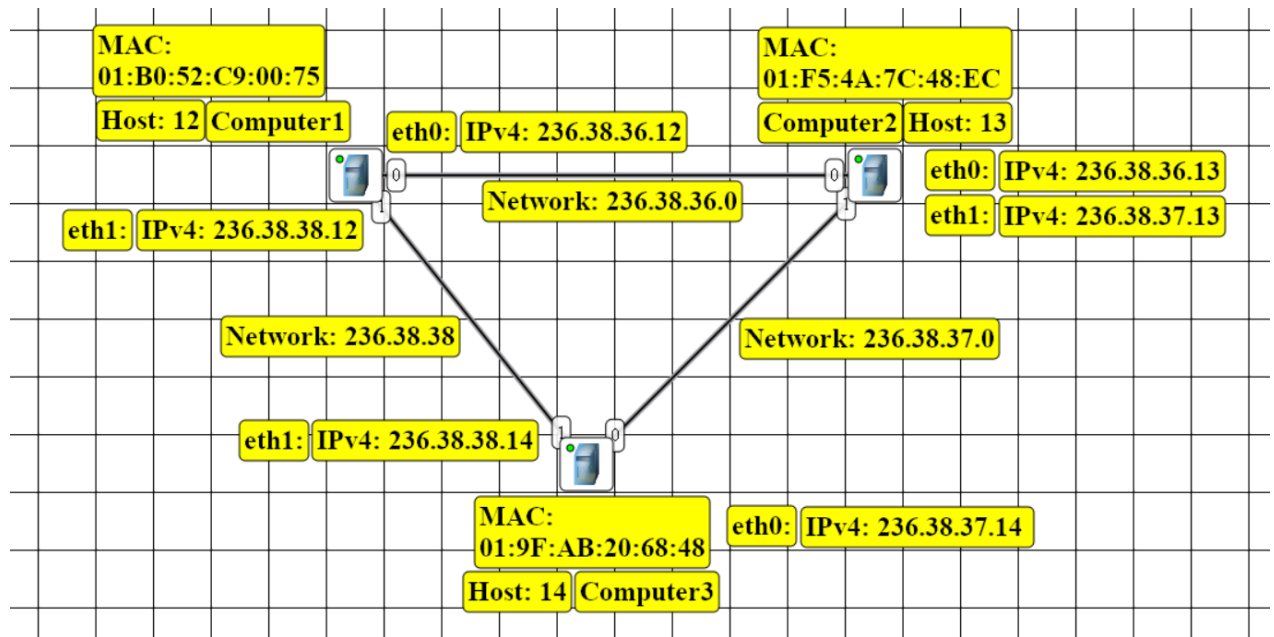


Рис.4: Модель полносвязной сети из 3х компьютеров

5.2 Тестирование сети (отправка пакетов), анализ таблиц

1. Передача пакетов и направление:

- Каждый компьютер имеет несколько интерфейсов, подключенных к разным подсетям. При передаче данных между компьютерами, пакеты будут передаваться напрямую, если они находятся в одной подсети. Например, если Computer 1 (236.38.36.12) отправляет данные на Computer 2 (236.38.36.13), пакеты будут переданы напрямую через интерфейс eth0.
- Если компьютеры находятся в разных подсетях (например, Computer1 и Computer3), то пакеты будут передаваться через маршрутизатор. В данном случае, Computer 2 может выступать в роли маршрутизатора, так как он подключён к обеим подсетям (236.38.36.0 и 236.38.37.0), а для того, чтобы маршрутизация корректно функционировала, мне пришлось вручную добавлять запись с путём через шлюз в таблицу маршрутизации.

| | Destination | Mask | Gateway | Interface | Metric | Source |
|---|-------------|---------------|--------------|--------------|--------|-----------|
| 1 | 236.38.37.0 | 255.255.255.0 | 236.38.37.14 | 236.38.37.14 | 0 | Connected |
| 2 | 236.38.38.0 | 255.255.255.0 | 236.38.38.14 | 236.38.38.14 | 0 | Connected |

2. Последовательность передачи пакетов и кадров:

- При отправке UDP-пакета, сначала создается IP-пакет, который инкапсулируется в Ethernet-кадр. Кадр содержит MAC-адреса отправителя и получателя.
- Если получатель находится в той же подсети, ARP-протокол используется для определения MAC-адреса получателя. Если получатель в другой подсети, пакет отправляется на маршрутизатор, который затем пересылает его в нужную подсеть.

3. Информация в пакетах и кадрах:

- **Ethernet-кадр:** Содержит MAC-адреса отправителя и получателя, тип протокола (например, IPv4) и данные.
- **IP-пакет:** Содержит IP-адреса отправителя и получателя, информацию о протоколе (UDP), TTL (Time To Live) и данные.
- **UDP-грамма:** Содержит порты отправителя и получателя, длину данных и контрольную сумму.

6 Выводы

Смысла в дальнейшем детошном анализе содержимого таблиц маршрутизации и агр-таблиц в каждом компьютере не вижу, ввиду полной связности сети - узлы повторяют друг друга, получилась хорошая замкнутая вычислительная сеть, где передача данных может происходить как напрямую между компьютерами в одной подсети, так и через маршрутизатор, если компьютеры находятся в разных подсетях.

Использование протокола UDP обеспечивает быструю передачу данных без установления соединения, что может быть полезно для приложений, требующих низкой задержки.

Анализ таблиц маршрутизации и ARP-таблиц помогает понять, как данные перемещаются по сети и как устройства взаимодействуют друг с другом.

Было невероятно интересно проследить "реализацию" уровней TCP/IP на практике и самому сконфигурировать вычислительную сеть, настроив межузловую коммуникацию с помощью транспортного протокола UDP.