

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Факультет программной инженерии и компьютерной
техники

Направление подготовки 09.03.04 Программная инженерия

Дисциплина «Компьютерные сети»

Лабораторная работа №2
“Локальные сети”

Студент

Кривошеев С. С.

P33111

Преподаватель

Алиев Т. И.

Санкт-Петербург, 2023 г.

Цель работы

Целью лабораторных работ, выполняемых в среде моделирования NetEmul, является рассмотрение и изучение теоретических и практических основ настройки сетевого оборудования компьютерных сетей, методов передачи данных в локальных и глобальных вычислительных сетях, а также принципов реализации основных протоколов в процессе функционирования сетей. В ходе выполнения лабораторного практикума необходимо построить компьютерные сети для передачи данных, основанные на использовании протоколов стека TCP/IP.

Вариант

Номер в ИСУ, вариант: 6

Компьютеров в сети 1 $N1 = 2$, в сети 2 $N2 = 4$, в сети 3 $N3 = 2$

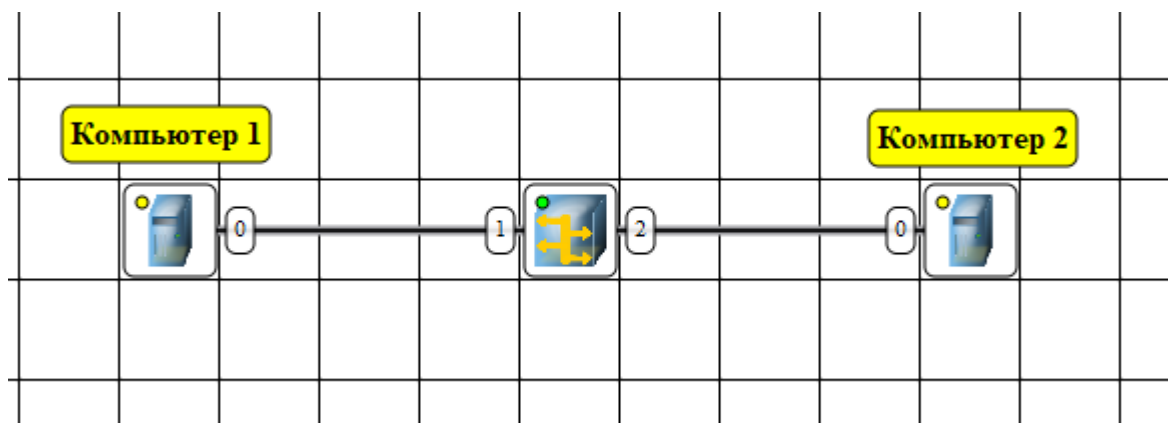
Класс IP адресов: A

$\Phi = 9$, $И = 9$, $О = 9$, $Н = 11$

4 байта IP адреса для класса A: $(\Phi+N).(И+N).(О+N).(\Phi+И) = 20.20.20.18$

IP адреса компьютеров сети N1: 20.20.20.18, 20.20.20.19

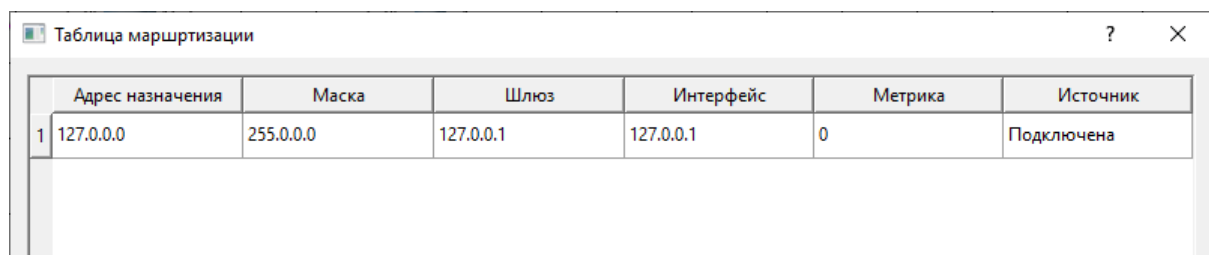
Этап 1. Построение сети с концентратором (hub)



Соединили 2 компьютера с концентратором. Жёлтые индикаторы означают, что компьютеры подключены к концентратору, но не настроены. Проанализируем содержимое таблиц маршрутизации и arp-таблиц.

До назначения IP-адресов у обоих компьютеров одинаковые таблицы маршрутизации и arp-таблицы.

Таблица маршрутизации

The screenshot shows a window titled "Таблица маршрутизации" (Routing Table). It contains a table with the following data:

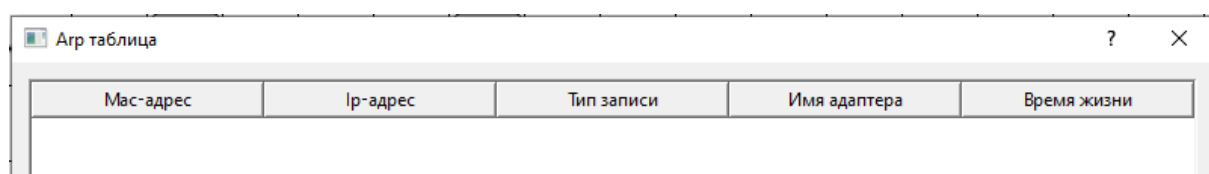
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	0	Подключена

Таблица маршрутизации содержит информацию:

1. Адрес назначения
2. Соответствующая адресу маска
3. Шлюз, обозначающий адрес маршрутизатора в сети, на который необходимо отправить пакет, следующий до указанного адреса назначения
4. Интерфейс, через который доступен шлюз
5. Метрика - числовой показатель, задающий предпочтительность маршрута (чем меньше число, тем более предпочтителен маршрут)
6. Состояние источника

До настройки содержит только loopback адрес - адрес самого компьютера.

Арп-таблица

The screenshot shows a window titled "Арп таблица" (ARP Table). It contains a table with the following headers:

Мас-адрес	Ip-адрес	Тип записи	Имя адаптера	Время жизни
-----------	----------	------------	--------------	-------------

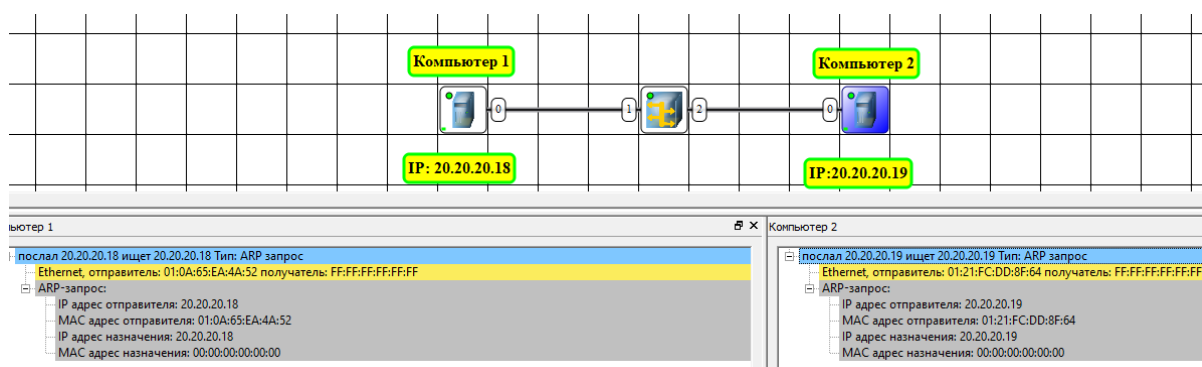
Arp-таблицы содержат информацию согласно названиям столбцов (MAC-адрес, IP адрес, Тип записи, Имя интерфейса,

TTL - предельный период времени или число итераций, или переходов, за который набор данных (пакет) может существовать до своего исчезновения (time to live)).

До назначения IP-адресов arp-таблица пустая, так как она заполняется после каждого arp-запроса или ответа.

Этап 2. Настройка компьютеров

Вручную настроили IP-адреса компьютеров. После настройки каждый компьютер посылает ARP-запрос всей сети (добровольный ARP-запрос, получатель: широковещательный MAC-адрес FF:FF:FF:FF:FF:FF).



Когда мы настроили IP-адрес для компьютера 1, он послал сообщение о том, что у него изменился IP адрес - 20.20.20.18. Аналогично со вторым компьютером. Если бы второй компьютер был настроен на тот же IP адрес, то произошла бы коллизия адресов и программа выдала бы ошибку.

После настройки IP-адресов изменились таблицы маршрутизации. После нажатия кнопки “Запустить” компьютеры получили сообщения друг от друга и изменились arp-таблицы.



Этап 3. Анализ таблиц

Таблица маршрутизации Компьютера 1

Таблица маршрутизации

	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	20.0.0.0	255.0.0.0	20.20.20.18	20.20.20.18	0	Подключена
2	127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	0	Подключена

Таблица маршрутизации Компьютера 2

	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика	Источник
1	20.0.0.0	255.0.0.0	20.20.20.19	20.20.20.19	0	Подключена
2	127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	0	Подключена

Видим, что в таблицу маршрутизации у первого компьютера добавилась строка с IP адресом второго, при этом адрес назначения - это адрес сети. Аналогично с таблицей маршрутизации второго компьютера.

ARP-таблица компьютера 1

Arp таблица

	Мас-адрес	Ip-адрес	Тип записи	Имя адаптера	Время жизни
1	01:BA:BB:4C:50:CB	20.20.20.19	Динамическая	eth0	13

Мас-адрес: 00:00:00:00:00:00

Ip-адрес: 0 | 0 | 0 | 0

Адаптер: eth0

Добавить

Удалить

Заккрыть

В таблице заэкшировалась информация о втором компьютере, о соответствии IP-адреса MAC-адресу

ARR-таблица компьютера 2

Арп таблица

	Мас-адрес	Ip-адрес	Тип записи	Имя адаптера	Время жизни
1	01:99:B2:6B:A7:6D	20.20.20.18	Динамическая	eth0	13

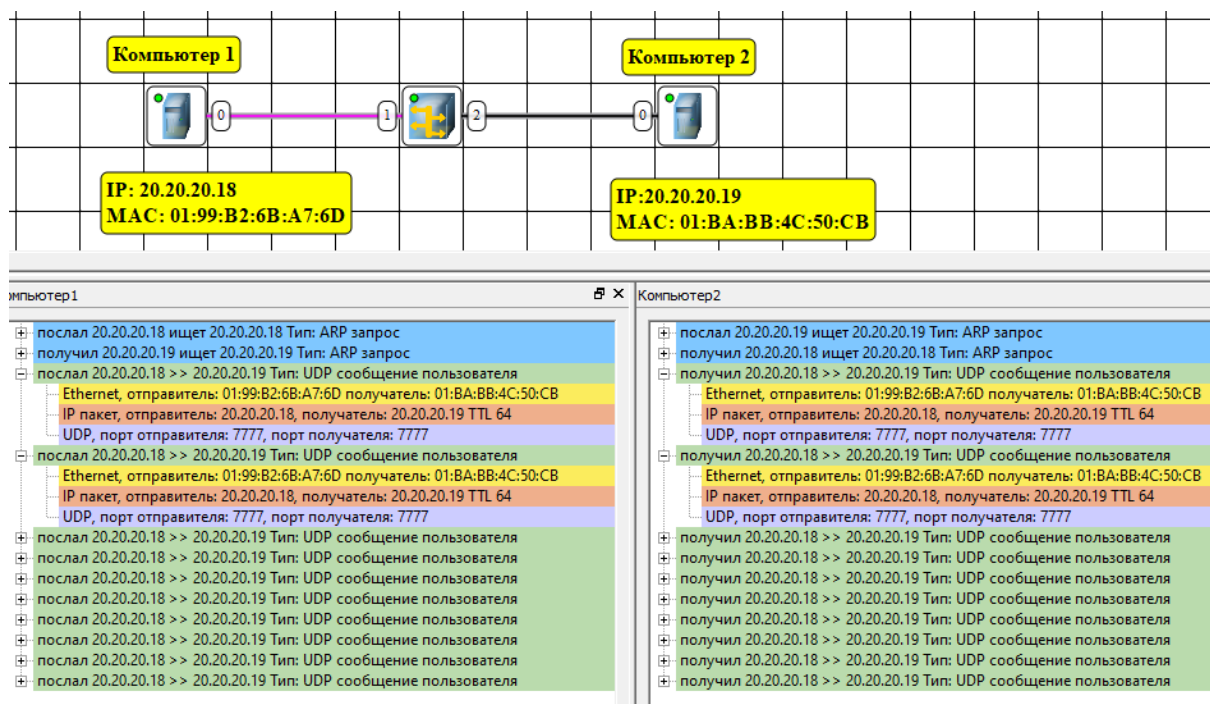
Мас-адрес: 00:00:00:00:00:00 Ip-адрес: 0 0 0 0 Адаптер eth0

Добавить Удалить Заккрыть

Аналогично второй компьютер получил адреса первого компьютера.

Этап 4. Тестирование сети (отправка пакетов)

Отправка пакетов по протоколу UDP от компьютера 1 компьютеру 2.

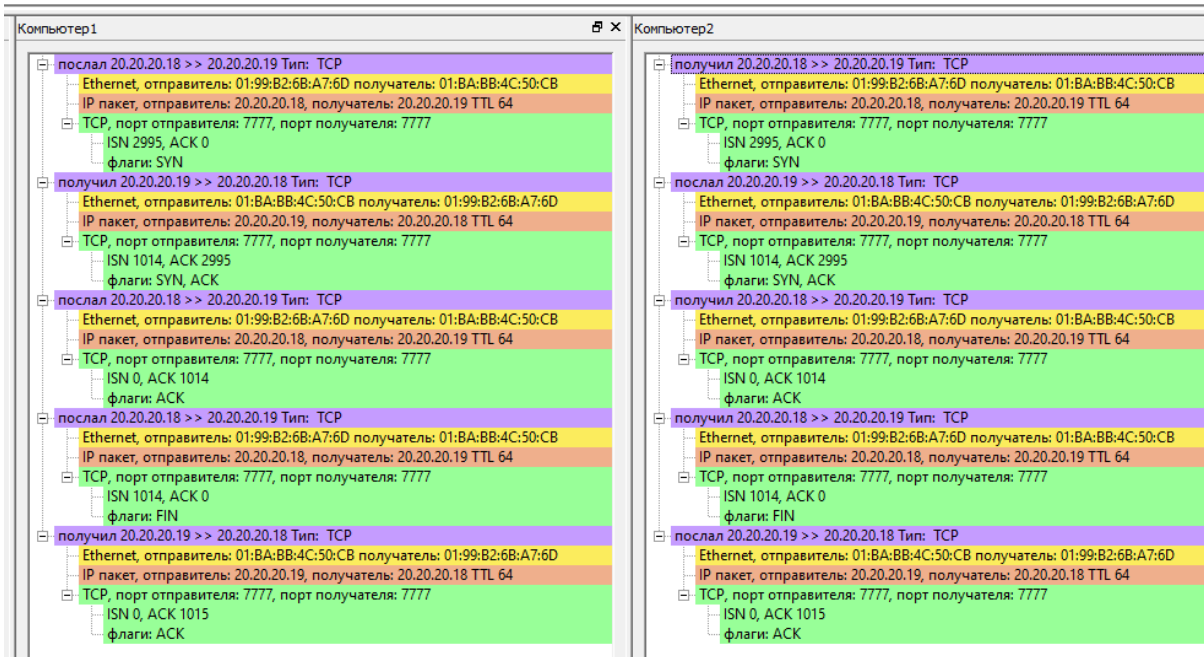


Из журналов компьютеров видим, что при посылке UDP дейтаграммы также задействованы IP-протокол и Ethernet. На скриншоте не видно “матрёшки” из сообщения. При отправке сначала формируется блок, (сегмент, дейтаграмма) на уровне UDP. Далее, на сетевом уровне из дейтаграммы формируется пакет, а на канальном - кадр. В итоге кадр содержит в себе служебную информацию из канального уровня и всех уровней выше, а также изначальные “полезные”

данные.

На уровне UDP протокола указаны порты отправителя и получателя, на уровне IP-пакета указаны IP адреса, а на уровне Ethernet - MAC адреса. При этом ответа об успешной доставке компьютер 2 не посылает.

Отправка пакетов по протоколу TCP от компьютера 1 компьютеру 2.



Компьютер 1 послал 1 Кб компьютеру 2. TCP использует надежную передачу за счет логического соединения (3-way handshake). Как и в UDP, в заголовке транспортного протокола указываются порты отправителя и получателя.

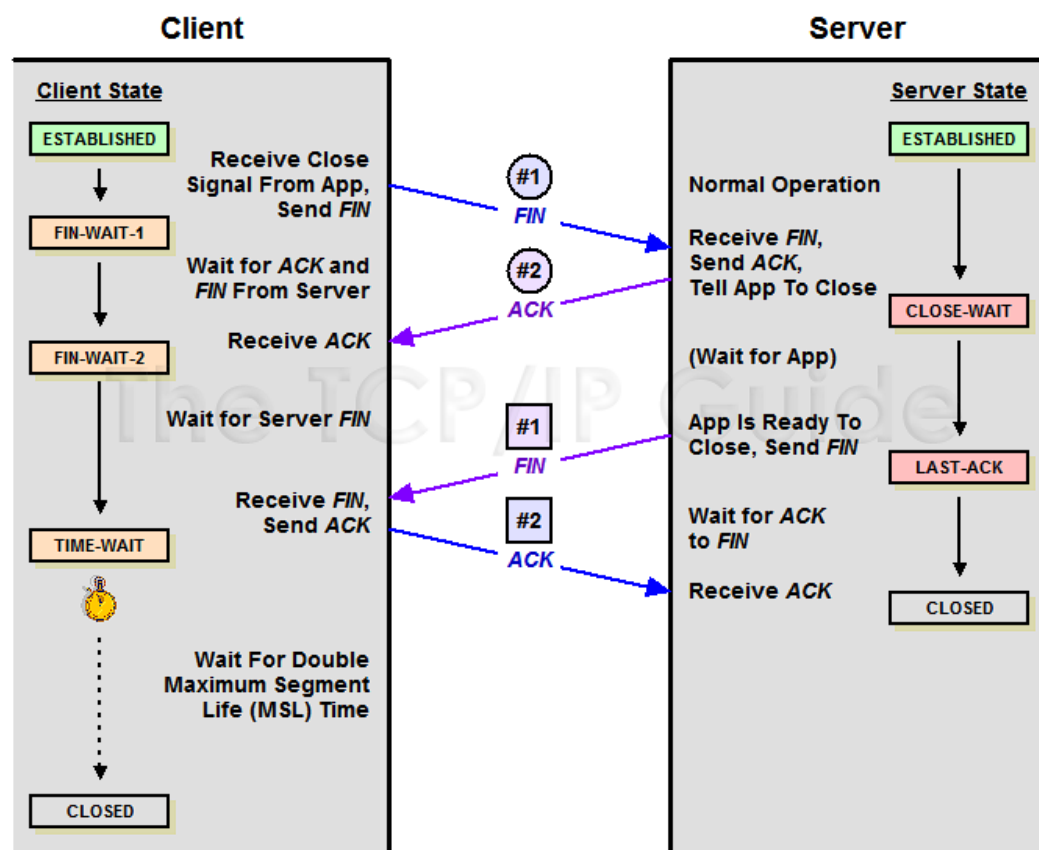
- 1) Компьютер 1 посылает первый кадр с флагом SYN - запрос на синхронизацию, установления соединения. Первый пакет, отправленный с каждой стороны, должен в обязательном порядке иметь установленным этот флаг. Добавляет ISN=2995 - в фазе установления соединения в поле Serial Number записывается начальный номер (ISN), случайное 32-битное число. ACK - Acknowledgement number, равный 0, указывает номер байта, если флаг ACK установлен.
- 2) Компьютер 2 получает запрос на установления соединения и отвечает отправителю с флагами ACK и SYN - подтверждает соединение.

- 3) Компьютер 1 получает ответ и отправляет два сегмента: первый с флагом ACK (Acknowledgement, подтверждение) и ACK=1014, второй сегмент с флагом FIN (Final, Finish), чтобы сообщить, что все пакеты были отправлены, и соединение пора завершить. В заголовке каждого сегмента указывается номер первого байта сегмента. При первом запросе Компьютер 1 передает 1014 байт начиная с номера 0 (ACK 0), при втором - 1014 байт начиная с номера 1015 (общий размер - 1 Кб).

Подтверждается не каждый сегмент, а несколько сегментов (2), следующий друг за другом (скользящее окно).

- 4) Получатель Компьютер 2 в ответе указывает следующий номер байта, который ожидает получить.

Похоже, netemul упрощает передачу данных по TCP: сервер не посылает FIN.

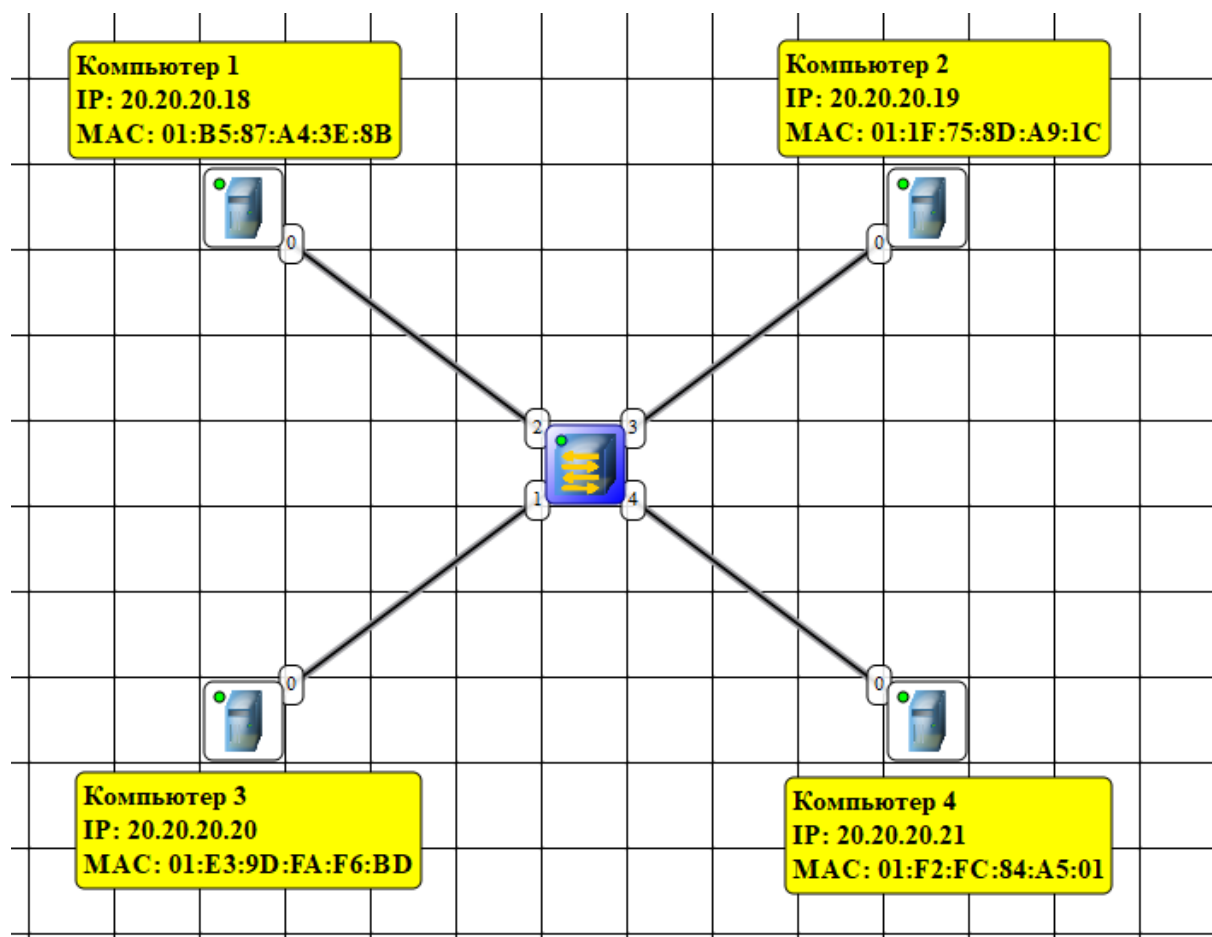


Из отличий от UDP можно заметить, насколько TCP сложнее устроен: для надежной передачи нужно передавать больше

служебной информации, устанавливать логическое соединение, делать больше запросов, и это медленнее.

Этап 5. Построение локальной сети с коммутатором (сеть 2)

IP адреса компьютеров сети N2: 20.20.20.18, 20.20.20.19, 20.20.20.20, 20.20.20.21



Посмотрим на таблицу коммутации:

Таблица коммутации

	Мас-адрес	Порт	Тип записи	Время жизни
1	01:F2:FC:84:A5:01	LAN4	Динамическая	110
2	01:1F:75:8D:A9:1C	LAN3	Динамическая	110
3	01:E3:9D:FA:F6:BD	LAN1	Динамическая	109
4	01:B5:87:A4:3E:8B	LAN2	Динамическая	109

Мас-адрес: 00:00:00:00:00:00 Порт: LAN1

Добавить Удалить Закреть

Поля таблицы: MAC-адрес, Порт, Тип записи, TTL

TTL измеряется в секундах, время жизни одной записи по умолчанию - 300 секунд.

Заполнение таблицы происходит тогда, когда один из компьютеров отправляет через коммутатор запрос и при этом компьютера-отправителя нет в таблице коммутации. Как только информация о компьютере добавляется в таблицу, начинает отсчитываться время жизни данного соединения.

В отличие от концентратора, который протягивает трафик с одного узла на все остальные, коммутатор передает данные только непосредственно получателю. Однако, если таблица маршрутизации пуста (например, время жизни закончилось и все строки таблицы удалились), то коммутатор будет посылать запросы, как концентратор - всем узлам сразу, запоминая MAC-адрес узла, пославшего запрос.

Таблица коммутации будет построена полностью, если все компьютеры, которые подключены к данному коммутатору отправят хотя бы один запрос за 300 секунд с момента появления в таблице первой записи. Поэтому максимальное количество строк в таблице равняется количеству подключенных к коммутатору компьютеров, в данном случае - 4.

Этап 6. Анализ таблиц

Таблицы маршрутизации не изменились с этапа 3:

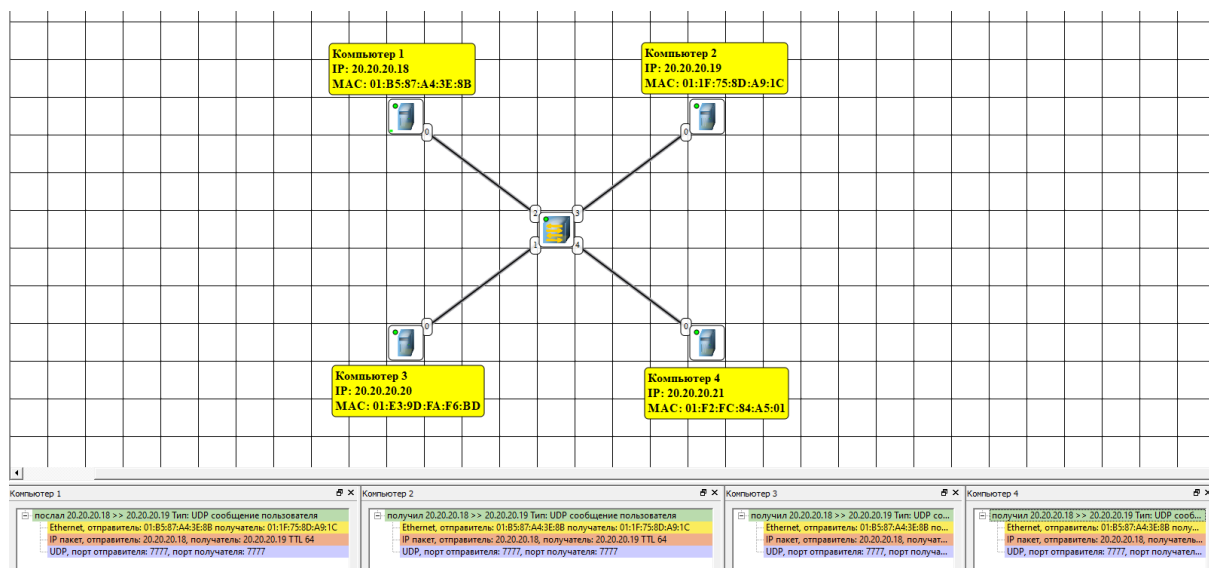
Таблица маршрутизации					
	Адрес назначения	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика
1	20.0.0.0	255.0.0.0	20.20.20.20	20.20.20.20	0
2	127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	0

ARP-таблицы содержат информацию соответствия MAC и IP адресов других 3 компьютеров. Изменений не появилось.

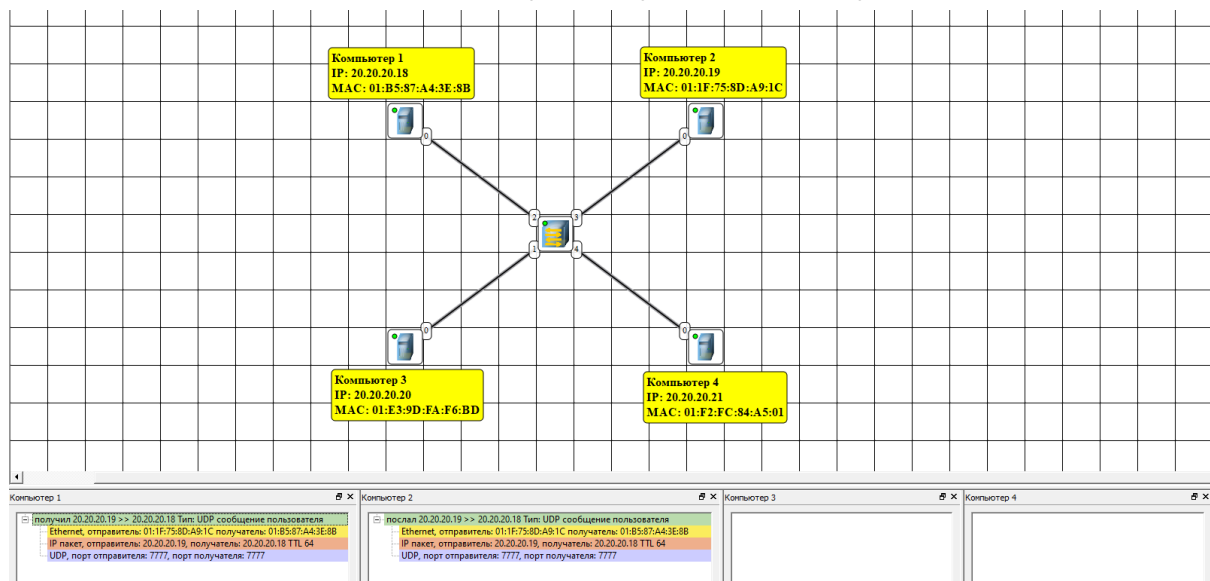
Арп таблица				
	Мас-адрес	Ip-адрес	Тип записи	Имя адаптера
1	01:F2:FC:84:A5:01	20.20.20.21	Динамическая	eth0
2	01:1F:75:8D:A9:1C	20.20.20.19	Динамическая	eth0
3	01:B5:87:A4:3E:8B	20.20.20.18	Динамическая	eth0

Этап 6. Тестирование сети (отправка пакетов)

Если в таблице коммуникации нет записи искомого MAC адреса, тогда коммутатор передаст UDP-запрос всем узлам:



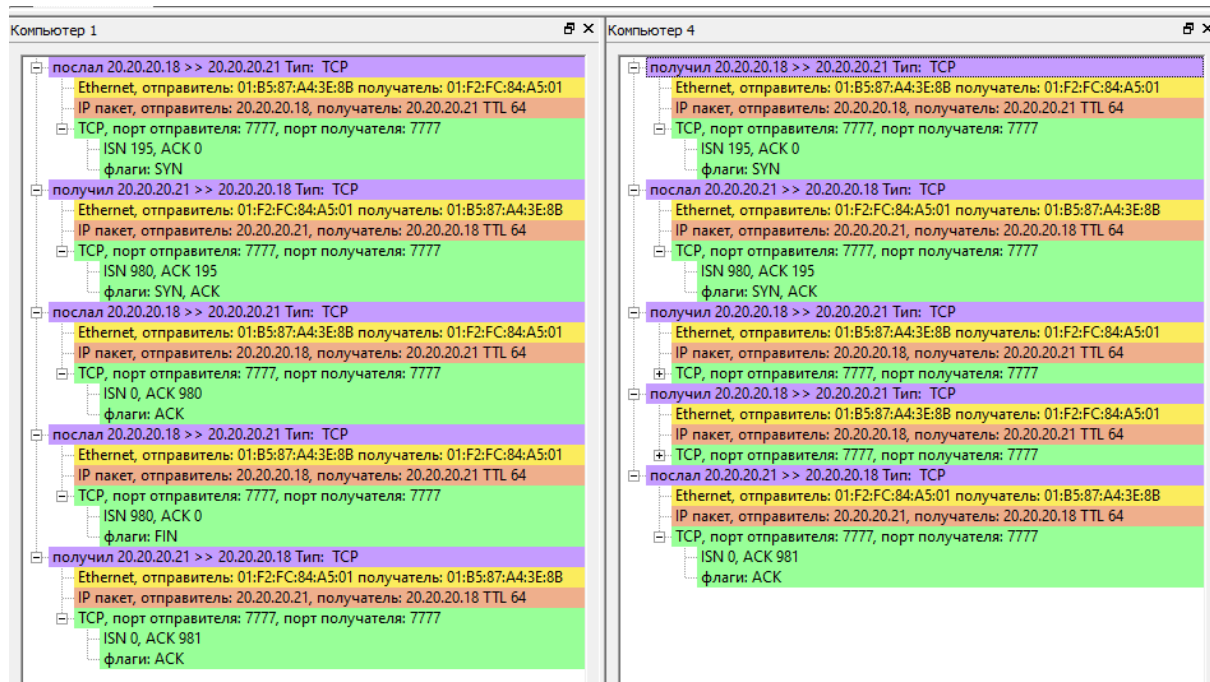
Если есть - передаст только нужному компьютеру:



Содержимое и последовательность пакетов и кадров не меняется по сравнению с коммутатором.

Таблицы маршрутизации не меняются, т.к. не меняются адреса компьютеров. В arp-таблицах и в таблице коммутации есть время жизни кэшированных адресов.

В таблице коммутации: если порт отправителя не зафиксирован в таблице – он фиксируется (но не порт получателя). В случае, если MAC-адрес отправителя и MAC-адрес получателя зафиксированы в таблице, обновится время жизни записи получателя. Если соединение уже установлено (время жизни не превышает время жизни arp записи), то arp-таблица обновляться не будет. Если же нет – заново начнется процедура отправки arp-запроса и получения arp-ответа и появится новая запись в arp-таблице.



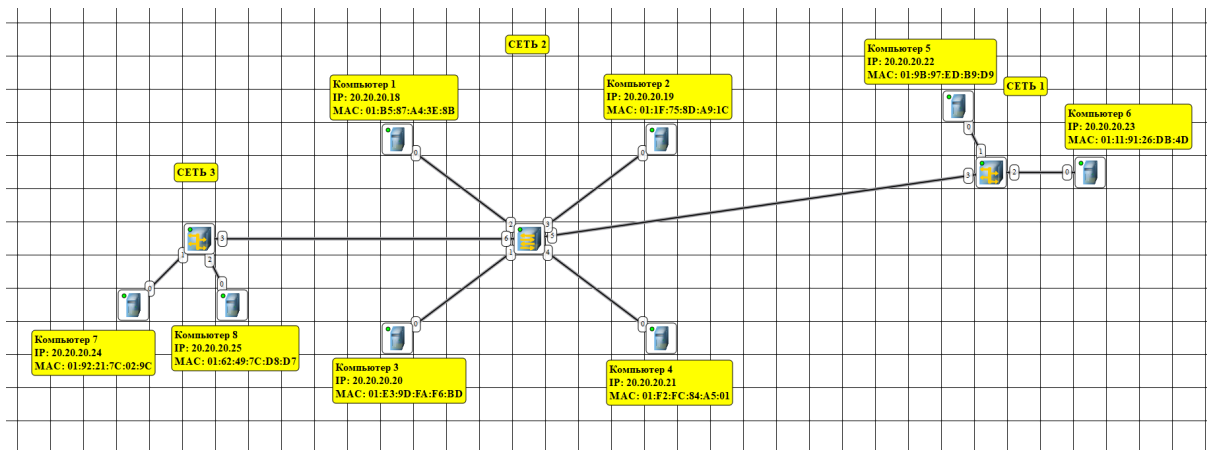
При передаче по TCP последовательность и содержание пакетов аналогичны передаче через концентратор, а обновление таблиц аналогично передаче по UDP.

После получения первого ответа от получателя, в ARP-таблице обновится время жизни записи получателя.

Этап 8. Формирование сети (многосегментная локальная сеть)

Построим единую многосегментную сеть из подсетей:

- сети 1 (поменяем IP адреса 20.20.20.22, 20.20.20.23);
- сети 2 (20.20.20.18 - 20.20.20.21);
- сети 3 из коммутатора и 2 компьютеров с IP адресами 20.20.20.24, 20.20.20.25



Теперь все широковещательные запросы из одной подсети пойдут в другие подсети. Если изменить IP-адрес у одного компьютера, то в ARP-таблицах всех других компьютеров будет запись, связанная с этим компьютером.

Таблицы маршрутизации не изменились.

Теперь в таблице коммутации может быть несколько записей MAC-адресов с одного порта. Если бы я сначала подключил все компьютеры, коммутатор и концентраторы, а потом настраивал IP-адреса, то в таблице были бы все 8 компьютеров.

	Mac-адрес	Порт	Тип записи	Время жизни
1	01:E3:9D:FA:F6:BD	LAN1	Динамическая	231
2	01:11:91:26:DB:4D	LAN5	Динамическая	265
3	01:1F:75:8D:A9:1C	LAN3	Динамическая	242
4	01:F2:FC:84:A5:01	LAN4	Динамическая	87
5	01:92:21:7C:02:9C	LAN5	Динамическая	69

Определение лучшей топологии для сети

Сейчас связь коммутаторов и концентратора - шина, потому что коммутаторы и концентраторы подключены в одну линию. Есть еще

два варианта: “звезда” и “кольцо”. “Звезда” для 3 узлов - это шина. “Кольцо” получится, если соединить концентраторы и коммутатор попарно. Я попробовал соединить: произошло заикливание, которое netemul странно отображает, также концентраторы не могут получать и передавать более одного сообщения одновременно. При смене концентраторов на коммутаторы удачно воспроизвести передачу не получилось, но в теории, если у всех коммутаторов будут всегда заэкшированы все правильные адреса всех 8 компьютеров, возможно сделать так, чтобы все 8 компьютеров могли общаться друг с другом. Но это пока у всех компьютеров не вышло время жизни во всех таблицах коммутации.

Таким образом, текущая топология - шина, является единственным приемлемым вариантом.

Этап 9. Тестирование сети (отправка пакетов)

При передаче и UDP и TCP вся последовательность действий схожа с вышеупомянутой. Изменение таблиц аналогично.