

Лабораторная работа 37.

Продвижение IP пакетов в глобальной сети.

37.1 Формирование DNS запроса

Как продвигается пакет в составной сети, например на рисунке 50? Рассмотрим упрощённый вариант, считая, что узлы сети, нашего примера, имеют адреса, основанные на классах без масок. Как взаимодействует протокол IP с протоколами разрешения адресов ARP и DNS?

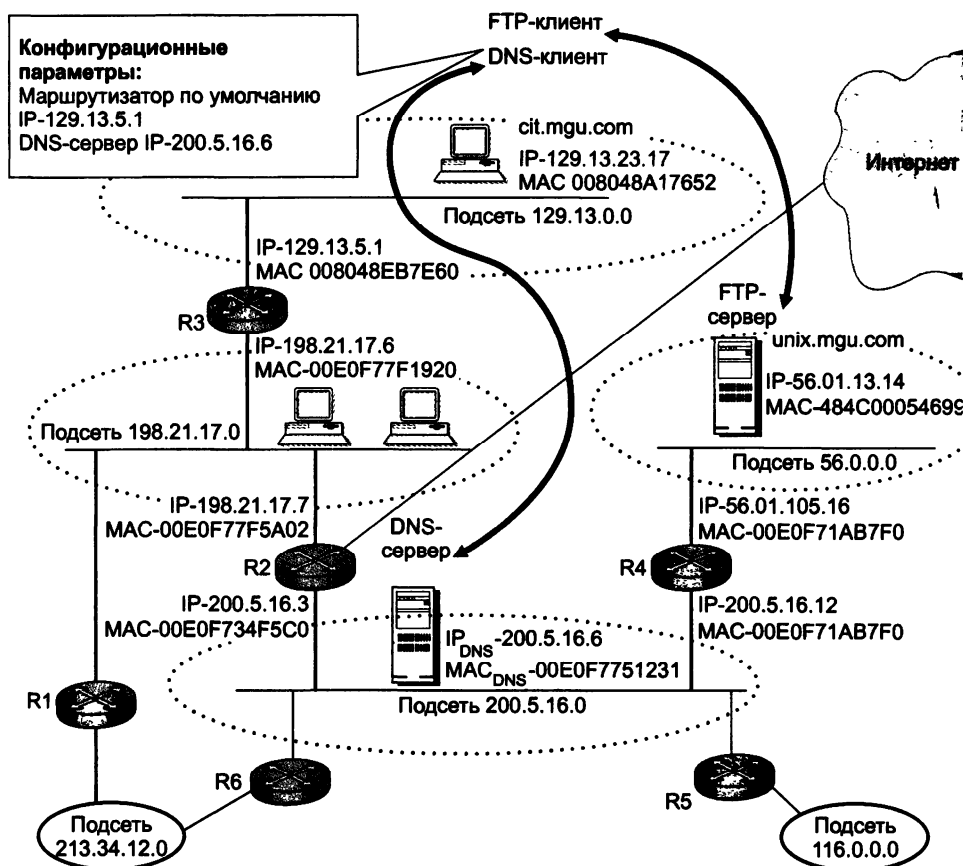


Рисунок 50 — Пример фрагмента составной сети одного домена — **mgu.com**

Пользователь компьютера cit.mgu.com, находящегося в сети 129.13.0.0, хочет установить связь с FTP-сервером. Пользователь знает символическое имя сервера unix.mgu.com, поэтому он набирает в браузере команду обращения к FTP-серверу по имени:

```
ftp://unix.mgu.com
```

Выполнение этой команды инициирует следующие операции:

- DNS-клиент cit.mgu.com обращается к ближайшему DNS-серверу 200.5.16.6 с запросом об IP-адресе сервера unix.mgu.com, с которым он хочет связаться;
- DNS-сервер, обработав запрос, передаёт ответ DNS-клиенту о найденном IP-адресе сервера unix.mgu.com;
- FTP-клиент cit.mgu.com, используя найденный IP-адрес сервера unix.mgu.com, формирует и передаёт сообщение на FTP-сервер.

Рассмотрим последовательно, как при выполнении этих операций взаимодействуют протоколы DNS, IP, ARP и Ethernet и что происходит при этом с кадрами и пакетами.

1. Формирование IP-пакета с инкапсулированным в него DNS-запросом. Программный модуль FTP-клиента, получив команду > ftp uni x .mgu. com, передает запрос к работающей на этом же компьютере клиентской части протокола DNS, которая, в свою очередь, формирует к DNS-серверу запрос: «Какой IP-адрес соответствует символному имени unix.mgu.com?» Запрос упаковывается в UDP-дейтаграмму, затем

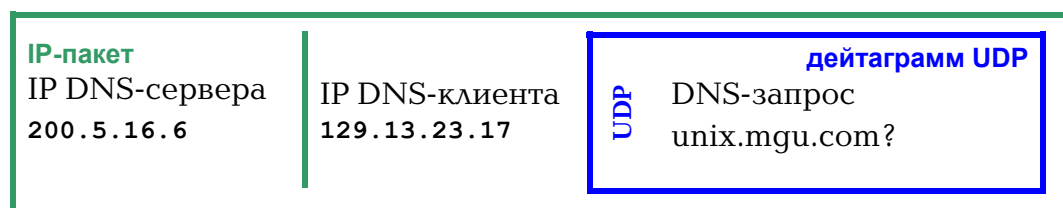


Рисунок 51 — Инкапсуляция дейтаграммы UDP с DNS-запросом в IP-пакет

в IP-пакет. В заголовке пакета в качестве адреса назначения указывается IP-адрес 200.5.16.6 DNS-сервера. Этот адрес известен программному обеспечению клиентского компьютера, так как он входит в число его конфигурационных параметров. Сформированный IP-пакет будет перемещаться по сети в неизменном виде (рисунок 51), пока не дойдет до адресата — DNS-сервера.

2. Передача кадра Ethernet с IP-пакетом маршрутизатору R3. Для передачи этого IP-пакета необходимо его упаковать в кадр Ethernet, указав в заголовке MAC-адрес получателя. Протокол Ethernet способен доставлять кадры только тем адресатам, которые находятся в пределах одной локальной сети с отправителем. Если же адресат расположен не в этой подсети, то кадр надо передать ближайшему маршрутизатору, для дальнейшего продвижения пакета. Для этого модуль IP, сравнив

номера сетей в адресах отправителя и получателя, то есть 129.13.23.17 и 200.5.16.6 (рисунок 51), выясняет, что пакет направляется в другую сеть, следовательно, его необходимо передать маршрутизатору. IP-адрес маршрутизатора по умолчанию также известен клиентскому узлу, — он входит в число конфигурационных параметров.

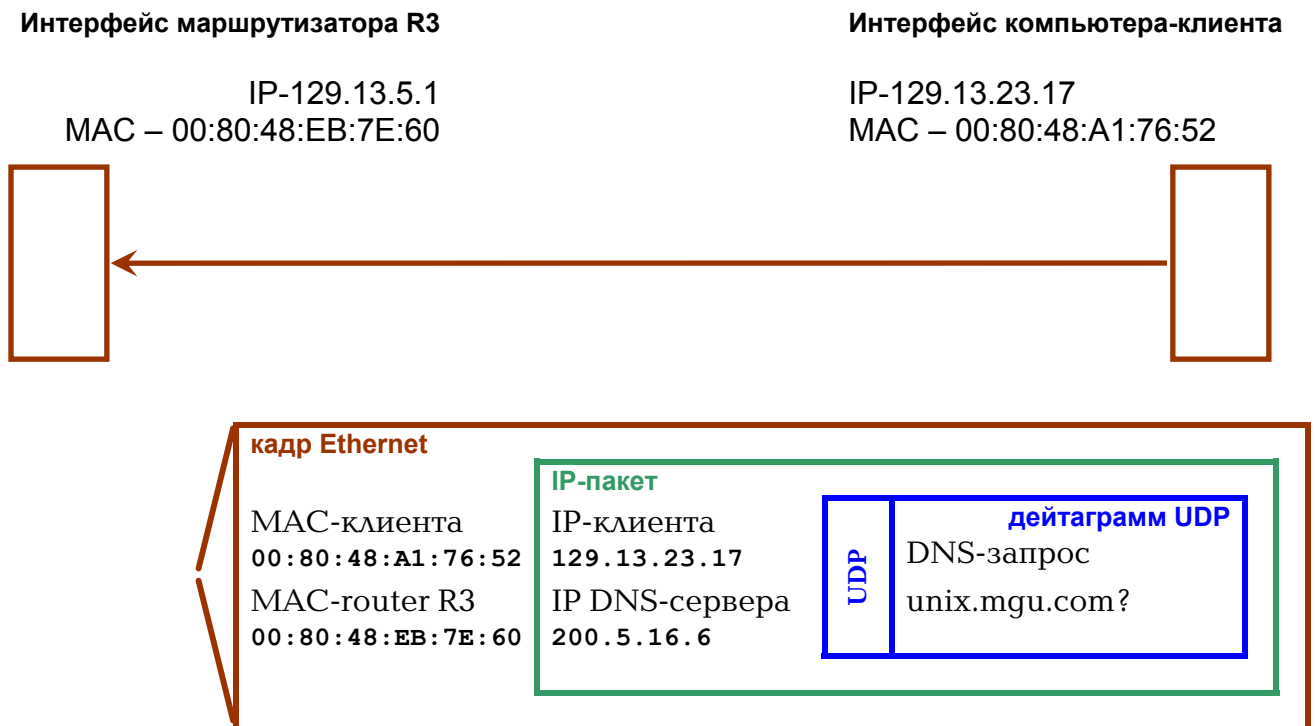


Рисунок 52 — Кадр Ethernet с инкапсулированным IP-пакетом, отправленный с клиентского компьютера

Но для кадра Ethernet необходимо указать не IP-адрес а MAC-адрес получателя. Это делает протокол ARP, который для ответа на вопрос: «Какой MAC-адрес соответствует IP-адресу 129.13.5.1?» — ищет соответствие в своей ARP-таблице. Поскольку обращения к маршрутизатору происходят часто, будем считать, что нужный MAC-адрес обнаружен в таблице и имеет значение 00:80:48:EB:7E:60. Теперь клиентский компьютер cit.mgu.com может отправить маршрутизатору R3 пакет, упакованный в кадр Ethernet (рисунок 52).

3. Определение IP-адреса и MAC-адреса следующего маршрутизатора R2. Кадр принимается интерфейсом 129.13.5.1 маршрутизатора R3. Протокол Ethernet, работающий на этом интерфейсе, извлекает из кадра IP-пакет и передаёт его протоколу IP. Протокол IP находит в заголовке пакета адрес назначения 200.5.16.6 и просматривает записи своей таблицы маршрутизации. Допустим маршрутизатор R3 не обнаружи-

вает специфического маршрута для адреса назначения 200.5.16.6, но находит строку в своей таблице маршрутизации, адресующую в иско- мую сеть назначения:

200.5.16.0	198.21.17.7	198.21.17.6
------------	-------------	-------------

Эта строка указывает, что пакеты для сети 200.5.16.0 маршрутизатор R3 должен передавать на свой выходной интерфейс 198.21.17.6, с которого они поступят на интерфейс следующего маршрутизатора R2, имеюще- го IP-адрес 198.21.17.7. Однако знания IP-адреса недостаточно, чтобы передать пакет по сети Ethernet. Необходим MAC-адрес маршрутиза- тора R2. Это работа протокола ARP и, если в ARP-таблице нет записи об адресе маршрутизатора R2, тогда в сеть отправляется широковеща- тельный ARP-запрос, который поступает на все интерфейсы сети 198.21.17.0. Ответ приходит только от интерфейса маршрутизатора R2: «Я имею IP-адрес 198.21.17.7 и мой MAC-адрес 00:E0:F7:7F:5A:02». Те- перь, зная MAC-адрес маршрутизатора R2 (00:E0:F7:7F:5A:02), маршру- тизатор R3 отправляет ему IP-пакет с DNS-запросом (рисунок 53).

Упражнение для самостоятельной работы 13. Нарисуйте, по аналогии с рисунком 53, схему обмена кадрами Ethernet между маршрутизатора- ми R2 и R3 с инкапсулированными в них ARP-запросом и ARP-ответом. Объясните, как эта схема работает? Как вы считаете, если другой участник сети 198.21.17.0, (не маршрутизатор R3), тоже пожелает по- слать кадр на интерфейс 198.21.17.7, будет ли он формировать ARP- запрос? Почему?

4. Маршрутизатор R2 доставляет пакет DNS-серверу. Модуль IP на маршрутизаторе R2 отбрасывает заголовок кадра Ethernet, и извлекает из IP-пакета адрес назначения, просматривая свою таблицу маршрути- зации. В ней он обнаруживает, что сеть назначения 200.5.16.0 непо- средственно присоединена к его интерфейсу 200.5.16.3. Это означает, что пакет не нужно маршрутизировать, однако требуется определить MAC-адрес узла назначения. Протокол ARP взаимодействуя с протоко- ла IP по схеме предыдущего пункта 3 и упражнения 13, определяет тре- буемый MAC-адрес 00:E0:F7:75:12:31 DNS-сервера. Получив ответ о MAC-адресе, маршрутизатор R2 отправляет в свою локальную сеть на- значения кадр Ethernet с DNS-запросом (рисунок 54).

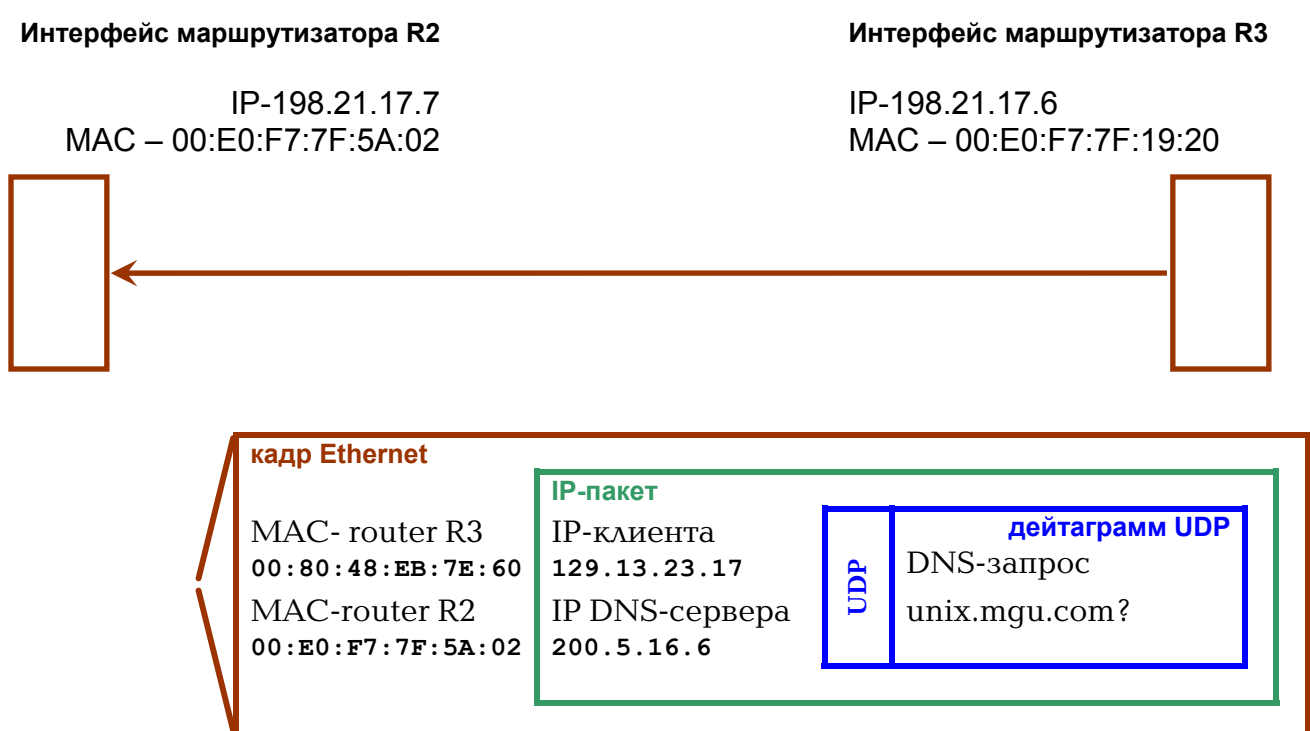


Рисунок 53 – Кадр Ethernet с DNS-запросом, отправленный с маршрутизатора R3 маршрутизатору R2

и последний сегмент сети, включающий DNS сервер и R2.

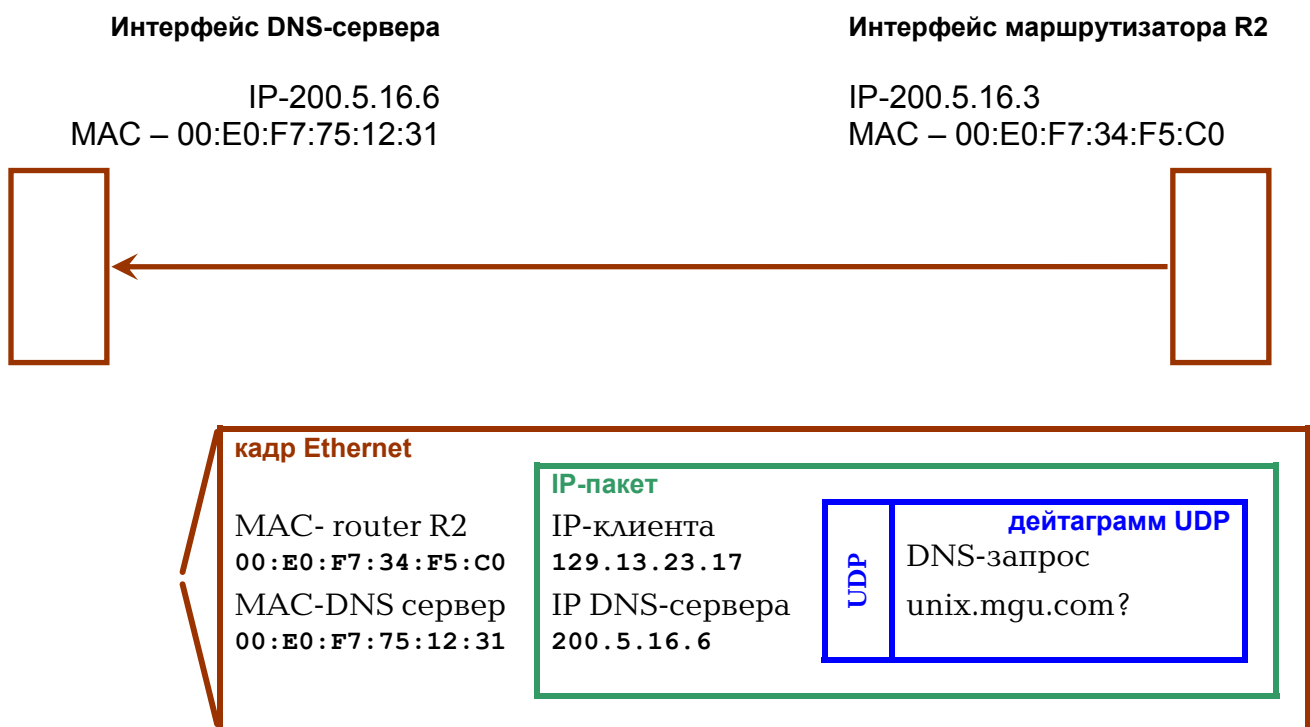


Рисунок 54 – Кадр Ethernet с DNS-запросом, отправленный с маршрутизатора R2

Упражнение для самостоятельной работы 14. На рисунках 52, 53, 54 показаны три кадра Ethernet с инкапсулированными в них IP-пакетами куда упакован соответствующий UDP-запрос с транспортного уровня. Создается впечатление, что все три **UDP-запроса** должны быть одинаковы. Так ли это? Другими словами, одинакова ли контрольная сумма у **UDP-запросов** в трёх кадрах Ethernet? Обоснуйте почему?

Упражнение для самостоятельной работы 15. На рисунках 52, 53, 54 показаны три кадра Ethernet с инкапсулированными в них IP-пакетами куда упакован соответствующий UDP-запрос с транспортного уровня. Казалось бы, что все три **IP-пакета** должны быть одинаковы, потому что адрес назначения — 200.5.16.6 и адрес источника — 129.13.23.17 у них во всех трёх случаях одинаковы. Так ли это? Другими словами, одинакова ли контрольная сумма у **IP-пакетов** в трёх кадрах Ethernet? Обоснуйте почему?

Упражнение для самостоятельной работы 16. На рисунках 52, 53, 54 показаны три кадра Ethernet с инкапсулированными в них IP-пакетами куда упакован соответствующий UDP-запрос с транспортного уровня. Какие компоненты этих трёх **кадров Ethernet** постоянны, а какие переменные? Одинакова ли контрольная сумма у этих **кадров Ethernet**? Обоснуйте почему?

37.2 Передача DNS-ответа

Наконец, DNS запрос прибыл на DNS-сервер и последний пятый шаг, в этой цепочке событий продвижения пакета по составной сети, описан в следующем пункте.

5. **Сетевой адаптер DNS-сервера принимает кадр Ethernet**, обнаруживает совпадение MAC-адреса назначения, содержащегося в заголовке, со своим собственным адресом и направляет его модулю IP. После анализа полей заголовка IP из пакета извлекаются данные вышележащих протоколов. DNS-запрос передается программному модулю DNS-сервера.

DNS-сервер просматривает свои таблицы, возможно, обращается к другим DNS-серверам и формирует ответ, смысл которого состоит в следующем: «Символьному имени Unix.mgu.com соответствует IP-адрес 56.01.13.14». Этот ответ DNS-сервера спускаясь по интерфейсной части протоколов UDP, IP и Ethernet в конце концов попадает на канальный уровень, где инкапсулируется в кадр протоколом Ethernet.

Путешествие IP-пакета с ответом через составную сеть в “обратную” сторону к компьютеру клиента осуществляется аналогично вышеописанным шагам: протоколы UDP, IP и Ethernet последовательно “заворачивают” ответ DNS-сервера в свои протокольные оболочки подобно вложенным друг в друга матрёшкам — это и называется инкапсуляцией. Последний шаг этого путешествия от маршрутизатора R3 к компьютеру клиента, схематически изображён на рисунке 55.

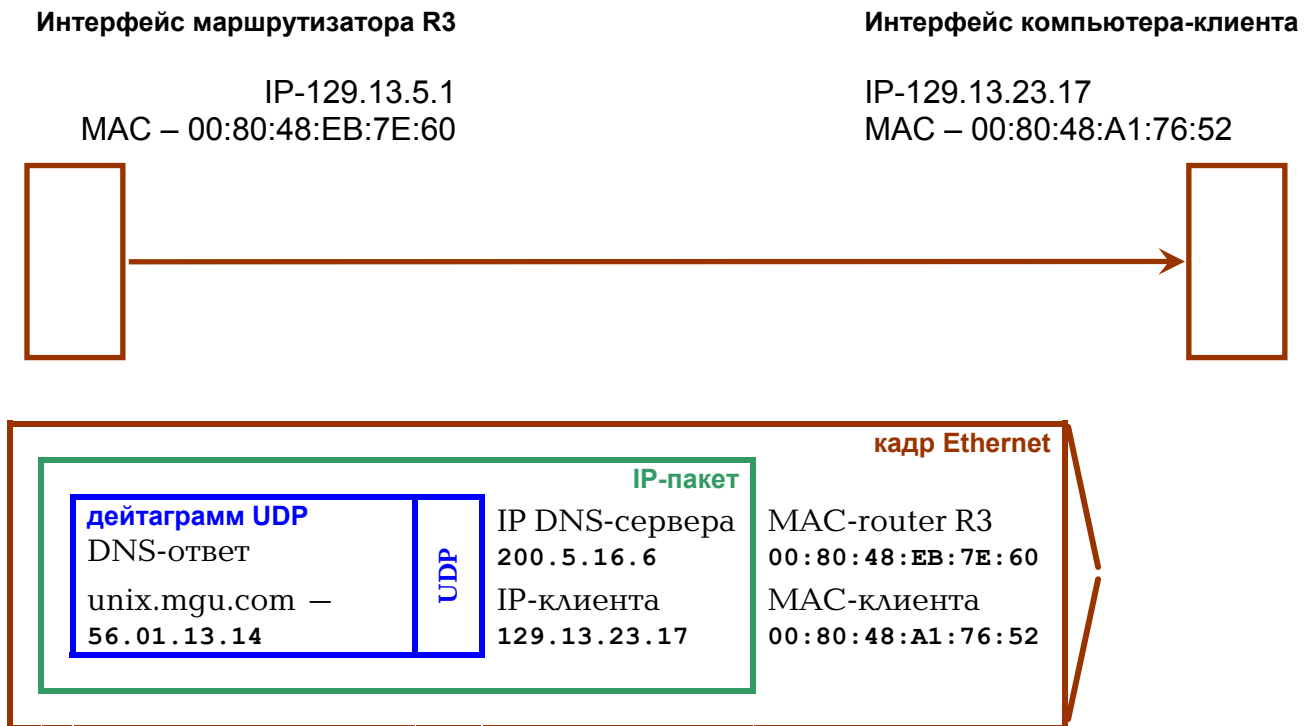


Рисунок 55 — Кадр Ethernet с DNS-ответом, отправленный с маршрутизатора R3 компьютеру-клиенту

37.3 Передача пакета от FTP-клиента к FTP-серверу

FTP-клиент, получив IP-адрес FTP-сервера, посылает ему своё сообщение, используя те же механизмы доставки данных через составную сеть, рассмотренные нами выше.

Упражнение для самостоятельной работы 17. Опишите процесс передачи пакета к FTP-серверу, обращая внимание на значения адресных полей заголовков кадров и заголовка вложенного IP-пакета.

Упражнение для самостоятельной работы 18. Изобразите диаграммы продвижения пакетов как на рисунках 52, 53, 54 для первого — 129.13.0.0 и последнего — 56.0.0.0 сегментов составной сети.

Упражнение для самостоятельной работы 19. Объясните: почему на рисунках выше все адресные поля кадров Ethernet разные, а адресные части заголовков IP-пакетов с адресами назначения и адресами источника — одинаковые?

Упражнение для самостоятельной работы 20. На рисунке 50 представлен фрагмент глобальной сети, где показаны четыре локальных подсети. Определите классы IP-адресов, в показанных сетях; номер самой сети, и заполните этими данными два пустых поля таблицы 4, считая, что маски в этом фрагменте сети не используются.

Таблица 4 — Соответствие классов IP-адресов сетям и интерфейсам устройств

Устройство	IP-адрес интерфейса	IP-адрес сети	класс IP-адреса
Компьютер клиента	129.13.23.17		
Маршрутизатор R2	198.21.17.7		
Маршрутизатор R2	200.5.16.3		
Маршрутизатор R3	198.21.17.6		
Маршрутизатор R3	129.13.5.1		
DNS-сервер	200.5.16.6		
Маршрутизатор R4	56.1.105.16		
FTP-сервер	56.1.13.14		
Маршрутизатор R4	200.5.16.12		
Маршрутизатор R1	213.34.12.3		
Маршрутизатор R1	198.21.17.5		
Маршрутизатор R5	116.02.13.29		
Маршрутизатор R5	200.5.16.4		

Подсказка. Какой должен быть префикс первого байта IP-адреса в зависимости от класса этого адреса?

Успехов и удачи!