

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 09.02.2021 14:47:24  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c12eab173e743dca4831da556a089

## **МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное**

**образовательное учреждение высшего образования**

**«Юго-Западный государственный университет»**

**(ЮЗГУ)**

**Кафедра информационной безопасности**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Проректор по учебной работе**

**О.Г. Локтионова**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

## **АДРЕСАЦИЯ И ПРОСТЕЙШАЯ МАРШРУТИЗАЦИЯ В IP-СЕТЯХ**

Методические указания по выполнению лабораторной и практической работы по дисциплинам «Сети и системы передачи информации», «Безопасность систем и сетей передачи данных», «Сети и системы передачи информации (специальные разделы)», «Администрирование вычислительных сетей», «Администрирование защищенных телекоммуникационных систем» для студентов укрупненной группы специальностей и направлений подготовки 10.00.00.

Курск 2017

УДК 004

Составители: И.В. Калущий, А.Г. Спеваков, А.А. Асютиков, К.О. Хохлач.

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Информационная безопасность» *М.О. Таныгин*

**Адресация и простейшая маршрутизации в IP-сетях:**  
методические указания к выполнению лабораторных и практических работ по дисциплинам / Юго-Зап. гос. Ун-т; сост. И.В. Калущий, А.Г. Спеваков, А.А. Асютиков, К.О. Хохлач. Курск, 2017, 15 с.: ил. 4.; Библиогр.: с. 15.

Содержат сведения по вопросам адресации и простейшей маршрутизации в IP-сетях. Указывается порядок выполнения лабораторных и практических работ, правила оформления, содержание отчета.

Методические указания по выполнению лабораторной и практической работы по дисциплинам «Сети и системы передачи информации», «Безопасность систем и сетей передачи данных», «Сети и системы передачи информации (специальные разделы)», «Администрирование вычислительных сетей», «Администрирование защищенных телекоммуникационных систем» для студентов укрупненной группы специальностей и направлений подготовки 10.00.00.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать

Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 0,87. Уч. –изд.л. 0,78. Тираж 30 экз. Заказ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение .....	4
Цель работы .....	4
Порядок выполнения работы.....	4
Содержание отчета .....	4
Теоретическая часть .....	5
Выполнение работы.....	11
Варианты заданий.....	13
Контрольные вопросы .....	13
Список информационных источников.....	15

## **ВВЕДЕНИЕ**

Когда машине требуется послать IP-пакет на какой-нибудь IP-адрес, она должна принять решение, какое сетевое подключение использовать (ведь сетевых интерфейсов в общем случае может быть более одного), а также слать пакет напрямую или через маршрутизатор. Для решения подобной задачи предусмотрена таблица маршрутизации. Таблица маршрутизации имеется на каждом компьютере, подключенном к сети, в том числе и на рабочей станции.

Для объединения независимых сетей в единую систему, для возможности передачи пакетов от одного узла к другому в такой сложно сетевой структуре служат маршрутизаторы. В частности, маршрутизаторы являются основой и связующим звеном сети Internet.

## **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Цель лабораторной работы – определение основных понятий, которые изучает предмет передачи информации, изучение маршрутизации в IP-сетях.

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Получить задание
2. Изучить теоретическую часть
3. Выполнить практическое задание
4. Сделать вывод

## **СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

1. Титульный лист
2. Задание в соответствии с вариантом
3. Выполненное задание
4. Вывод

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Маршрутизация в IP-сетях

**Маршрутизатором**, или шлюзом, называется узел сети с несколькими IP-интерфейсами (содержащими свой MAC-адрес и IP-адрес), подключенными к разным IP-сетям, осуществляющий на основе решения задачи маршрутизации перенаправление дейтаграмм из одной сети в другую для доставки от отправителя к получателю.

**Маршрутизаторы** представляют собой либо специализированные вычислительные машины, либо компьютеры с несколькими IP-интерфейсами, работа которых управляется специальным программным обеспечением.

Маршрутизация служит для приема пакета от одного устройства и передачи его по сети другому устройству через другие сети. Если в сети нет маршрутизаторов, то не поддерживается маршрутизация. Маршрутизаторы направляют (перенаправляют) трафик во все сети, составляющие объединенную сеть.

Для маршрутизации пакета маршрутизатор должен владеть следующей информацией:

Адрес назначения

Соседний маршрутизатор, от которого он может узнать об удаленных сетях

Доступные пути ко всем удаленным сетям

Наилучший путь к каждой удаленной сети

Методы обслуживания и проверки информации о маршрутизации

Маршрутизатор узнает об удаленных сетях от соседних маршрутизаторов или от сетевого администратора. Затем маршрутизатор строит таблицу маршрутизации, которая описывает, как найти удаленные сети.

Если сеть подключена непосредственно к маршрутизатору, он уже знает, как направить пакет в эту сеть. Если же сеть не подключена напрямую, маршрутизатор должен узнать (изучить) пути доступа к удаленной сети с помощью статической маршрутизации (ввод администратором вручную местоположения всех сетей в таблицу маршрутизации) или с помощью динамической маршрутизации.

Динамическая маршрутизация — это процесс протокола маршрутизации, определяющий взаимодействие устройства с соседними

маршрутизаторами. Маршрутизатор будет обновлять сведения о каждой изученной им сети. Если в сети произойдет изменение, протокол динамической маршрутизации автоматически информирует об изменении все маршрутизаторы. Если же используется статическая маршрутизация, обновить таблицы маршрутизации на всех устройствах придется системному администратору.

## Процесс IP-маршрутизации

IP-маршрутизация — простой процесс, который одинаков в сетях любого размера. Например, на рисунке показан процесс пошагового взаимодействия хоста А с хостом В в другой сети. В примере пользователь хоста А запрашивает по ping IP-адрес хоста В. Дальнейшие операции не так просты, поэтому рассмотрим их подробнее:

- В командной строке пользователь вводит ping 172.16.20.2. На хосте А генерируется пакет с помощью протоколов сетевого уровня IP и ICMP.

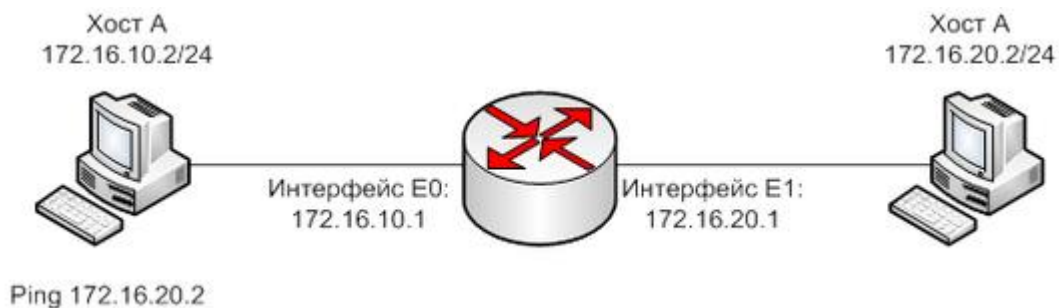


Рисунок 1 - Пример ввода команды ping

- IP обращается к протоколу ARP для выяснения сети назначения для пакета, просматривая IP-адрес и маску подсети хоста А. Это запрос к удаленному хосту, т.е. пакет не предназначен хосту локальной сети, поэтому пакет должен быть направлен маршрутизатору для перенаправления в нужную удаленную сеть.
- Чтобы хост А смог послать пакет маршрутизатору, хост должен знать аппаратный адрес интерфейса маршрутизатора, подключенный к локальной сети. Сетевой уровень передает пакет и аппаратный адрес назначения канальному уровню для деления на кадры и пересылки локальному хосту. Для получения аппаратного адреса хост ищет местоположение точки назначения в собственной памяти, называемой кэшем ARP.

- Если IP-адрес еще не был доступен и не присутствует в кэше ARP, хост посылает широковещательную рассылку ARP для поиска аппаратного адреса по IP-адресу 172.16.10.1. Именно поэтому первый запрос Ping обычно заканчивается тайм-аутом, но четыре остальных запроса будут успешны. После кэширования адреса тайм-аута обычно не возникает.
- Маршрутизатор отвечает и сообщает аппаратный адрес интерфейса Ethernet, подключенного к локальной сети. Теперь хост имеет всю информацию для пересылки пакета маршрутизатору по локальной сети. Сетевой уровень спускает пакет вниз для генерации эхо-запроса ICMP (Ping) на канальном уровне, дополняя пакет аппаратным адресом, по которому хост должен послать пакет. Пакет имеет IP-адреса источника и назначения вместе с указанием на тип пакета (ICMP) в поле протокола сетевого уровня.
- Канальный уровень формирует кадр, в котором инкапсулируется пакет вместе с управляющей информацией, необходимой для пересылки по локальной сети. К такой информации относятся аппаратные адреса источника и назначения, а также значение в поле типа, установленное протоколом сетевого уровня (это будет поле типа, поскольку IP по умолчанию пользуется кадрами Ethernet\_II). Рисунок 3 показывает кадр, генерируемый на канальном уровне и пересылаемый по локальному носителю. На рисунке 3 показана вся информация, необходимая для взаимодействия с маршрутизатором: аппаратные адреса источника и назначения, IP-адреса источника и назначения, данные, а также контрольная сумма CRC кадра, находящаяся в поле FCS (Frame Check Sequence).
- Канальный уровень хоста А передает кадр физическому уровню. Там выполняется кодирование нулей и единиц в цифровой сигнал с последующей передачей этого сигнала по локальной физической сети.

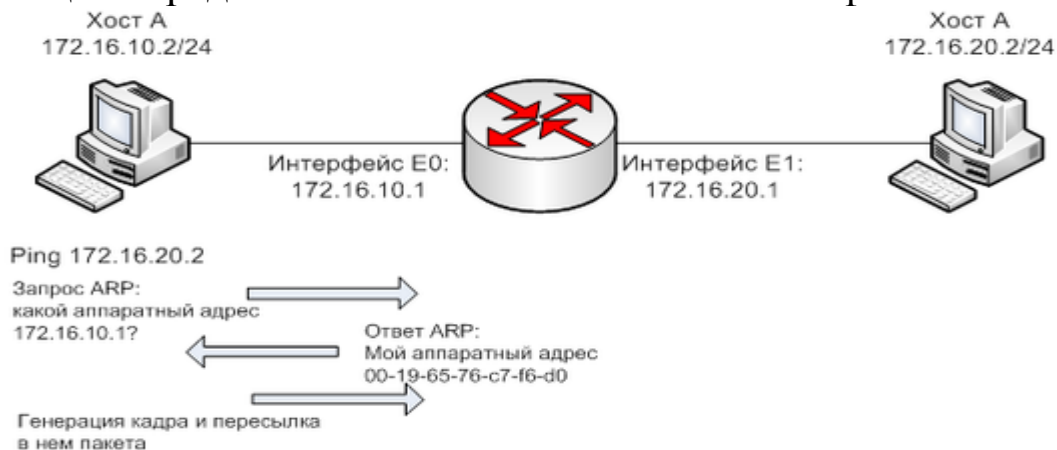


Рисунок 2 - Передача сигнала по локальной сети

- Сигнал достигает интерфейса Ethernet 0 маршрутизатора, который синхронизируется по преамбуле цифрового сигнала для извлечения кадра. Интерфейс маршрутизатора после построения кадра проверяет CRC, а в конце приема кадра сравнивает полученное значение с содержимым поля FCS. Кроме того, он проверяет процесс передачи на отсутствие фрагментации и конфликтов носителя.
- Проверяется аппаратный адрес назначения. Поскольку он совпадает с адресом маршрутизатора, анализируется поле типа кадра для определения дальнейших действий с этим пакетом данных. В поле типа указан протокол IP, поэтому маршрутизатор передает пакет процессу протокола IP, исполняемому маршрутизатором. Кадр удаляется. Исходный пакет (сгенерированный хостом А) помещается в буфер маршрутизатора.
- Протокол IP смотрит на IP-адрес назначения в пакете, чтобы определить, не направлен ли пакет самому маршрутизатору. Поскольку IP-адрес назначения равен 172.16.20.2, маршрутизатор определяет по своей таблице маршрутизации, что сеть 172.16.20.0 непосредственно подключена к интерфейсу Ethernet 1.
- Маршрутизатор передает пакет из буфера в интерфейс Ethernet 1. Маршрутизатору необходимо сформировать кадр для пересылки пакета хосту назначения. Сначала маршрутизатор проверяет свой кэш ARP, чтобы определить, был ли уже разрешен аппаратный адрес во время предыдущих взаимодействий с данной сетью. Если адреса нет в кэше ARP, маршрутизатор посылает широковещательный запрос ARP в интерфейс Ethernet 1 для поиска аппаратного адреса для IP-адреса 172.16.20.2.
- Хост В откликается аппаратным адресом своего сетевого адаптера на запрос ARP. Интерфейс Ethernet 1 маршрутизатора теперь имеет все необходимое для пересылки пакета в точку окончательного приема. На рисунке показывает кадр, сгенерированный маршрутизатором и переданный по локальной физической сети.





### Рисунок 3 - Сгенерированный маршрутизатором кадр

- Кадр, сгенерированный интерфейсом Ethernet 1 маршрутизатора, имеет аппаратный адрес источника от интерфейса Ethernet 1 и аппаратный адрес назначения для сетевого адаптера хоста В. Важно отметить, что, несмотря на изменения аппаратных адресов источника и назначения, в каждом передаваемом пакете интерфейсе маршрутизатора, IP-адреса источника и назначения никогда не изменяются. Пакет никоим образом не модифицируется, но меняются кадры.
- Хост В принимает кадр и проверяет CRC. Если проверка будет успешной, кадр удаляется, а пакет передается протоколу IP. Он анализирует IP-адрес назначения. Поскольку IP-адрес назначения совпадает с установленным в хосте В адресом, протокол IP исследует поле протокола для определения цели пакета.
- В нашем пакете содержится эхо-запрос ICMP, поэтому хост В генерирует новый эхо-ответ ICMP с IP-адресом источника, равным адресу хоста В, и IP-адресом назначения, равным адресу хоста А. Процесс запускается заново, но в противоположном направлении. Однако аппаратные адреса всех устройств по пути следования пакета уже известны, поэтому все устройства смогут получить аппаратные адреса интерфейсов из собственных кэшей ARP.

В крупных сетях процесс происходит аналогично, но пакету придется пройти больше участков по пути к хосту назначения.

### Таблицы маршрутизации

В стеке TCP/IP маршрутизаторы и конечные узлы принимают решения о том, кому передавать пакет для его успешной доставки узлу назначения, на основании так называемых таблиц маршрутизации (routing tables).

Таблица представляет собой типичный пример таблицы маршрутов, использующей IP-адреса сетей, для сети, представленной на рисунке.

Таблица 1 - Маршрутизация для Router 2

Сетевой адрес	Маска сети	Адрес шлюза	Интерфейс	Метрика
129.13.0.0	255.255.0.0	-	129.13.0.1	подключен
198.21.17.0	255.255.255.0	-	198.21.17.6	подключен
213.34.12.0	255.255.255.0	198.21.17.1	198.21.17.6	1
56.0.0.0	255.0.0.0	198.21.17.7	198.21.17.6	1
116.0.0.0	255.0.0.0	198.21.17.7	198.21.17.6	2
116.0.0.0	255.0.0.0	198.21.17.1	198.21.17.6	2
0.0.0.0	0.0.0.0	198.21.17.7	198.21.17.6	-

В таблице представлена таблица маршрутизации многомаршрутная, так как содержится два маршрута до сети 116.0.0.0. В случае построения одномаршрутной таблицы маршрутизации, необходимо указывать только один путь до сети 116.0.0.0 по наименьшему значению метрики.

Как нетрудно видеть, в таблице определено несколько маршрутов с разными параметрами. Читать каждую такую запись в таблице маршрутизации нужно следующим образом:

Чтобы доставить пакет в сеть с адресом из поля Сетевой адрес и маской из поля Маска сети, нужно с интерфейса с IP-адресом из поля Интерфейс послать пакет по IP-адресу из поля Адрес шлюза, а «стоимость» такой доставки будет равна числу из поля Метрика.

В этой таблице в столбце "Адрес сети назначения" указываются адреса всех сетей, которым данный маршрутизатор может передавать пакеты. В стеке TCP/IP принят так называемый одношаговый подход к оптимизации маршрута продвижения пакета (next-hop routing) – каждый маршрутизатор и конечный узел принимает участие в выборе только одного шага передачи пакета. Поэтому в каждой строке таблицы маршрутизации указывается не весь маршрут в виде последовательности IP-адресов маршрутизаторов, через которые должен пройти пакет, а только один IP-адрес - адрес следующего маршрутизатора, которому нужно передать пакет. Вместе с пакетом следующему маршрутизатору передается ответственность за выбор следующего шага маршрутизации. Одношаговый подход к маршрутизации означает распределенное решение задачи выбора маршрута. Это снимает ограничение на максимальное количество транзитных маршрутизаторов на пути пакета.

Для отправки пакета следующему маршрутизатору требуется знание его локального адреса, но в стеке TCP/IP в таблицах маршрутизации принято использование только IP-адресов для сохранения их универсального формата, не зависящего от типа сетей, входящих в интересеть. Для нахождения локального адреса по известному IP-адресу необходимо воспользоваться протоколом ARP.

Одношаговая маршрутизация обладает еще одним преимуществом - она позволяет сократить объем таблиц маршрутизации в конечных узлах и маршрутизаторах за счет использования в качестве номера сети назначения так называемого маршрута по умолчанию – default (0.0.0.0), который обычно занимает в таблице маршрутизации последнюю строку. Если в таблице маршрутизации есть такая запись, то все пакеты с номерами сетей, которые отсутствуют в таблице маршрутизации,

передаются маршрутизатору, указанному в строке default. Поэтому маршрутизаторы часто хранят в своих таблицах ограниченную информацию о сетях интереса, пересылая пакеты для остальных сетей в порт и маршрутизатор, используемые по умолчанию. Подразумевается, что маршрутизатор, используемый по умолчанию, передаст пакет на магистральную сеть, а маршрутизаторы, подключенные к магистрали, имеют полную информацию о составе интереса.

Кроме маршрута default, в таблице маршрутизации могут встретиться два типа специальных записей - запись о специфичном для узла маршруте и запись об адресах сетей, непосредственно подключенных к портам маршрутизатора.

Специфичный для узла маршрут содержит вместо номера сети полный IP-адрес, то есть адрес, имеющий ненулевую информацию не только в поле номера сети, но и в поле номера узла. Предполагается, что для такого конечного узла маршрут должен выбираться не так, как для всех остальных узлов сети, к которой он относится. В случае, когда в таблице есть разные записи о продвижении пакетов для всей сети N и ее отдельного узла, имеющего адрес N,D, при поступлении пакета, адресованного узлу N,D, маршрутизатор отдаст предпочтение записи для N,D.

Записи в таблице маршрутизации, относящиеся к сетям, непосредственно подключенным к маршрутизатору, в поле "Метрика" содержат нули («подключено»).

## ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

1. Зададим IP-адреса и маски подсети для маршрутизаторов R1 и R2. Как видно, сети 172.168.100.0 и 172.168.0.0 (если использовать стандартную маску подсети для класса B) эквивалентны. Будем использовать маску подсети, отличную от стандартной. Зададим для маршрутизатора R1 на интерфейсе eth0 адрес 172.168.0.1 и маску подсети 255.255.255.0. На интерфейсе eth1 установим адрес 172.168.100.1 и маску 255.255.255.0.
2. Теперь необходимо сконфигурировать маршрутизатор R2. На его интерфейсе eth0 зададим IP 172.168.100.2 и маску 255.255.255.0. Установим шлюз по умолчанию в 172.168.100.1. На интерфейсе eth1 для R2 установим любой IP-адрес из диапазона сети PC2, например 10.0.0.1 и соответствующую ему маску: 255.0.0.0.

Для корректной маршрутизации осталось задать только шлюз по умолчанию для R1. Он будет адресом маршрутизатора R2.

Теперь настроим конечные узлы.

На PC1 зададим маску подсети соответствующую новому адресному пространству – 255.255.255.0. Так как пакеты от узла PC1 в другие сети должны проходить через маршрутизатор R1, зададим шлюз по умолчанию 172.168.0.1 (адрес R1).

Аналогичные операции проведем на PC2 – установим маску подсети в 255.0.0.0, а шлюз по умолчанию в 10.0.0.1. Стоит заметить, что приведенная конфигурация не является единственно верной.

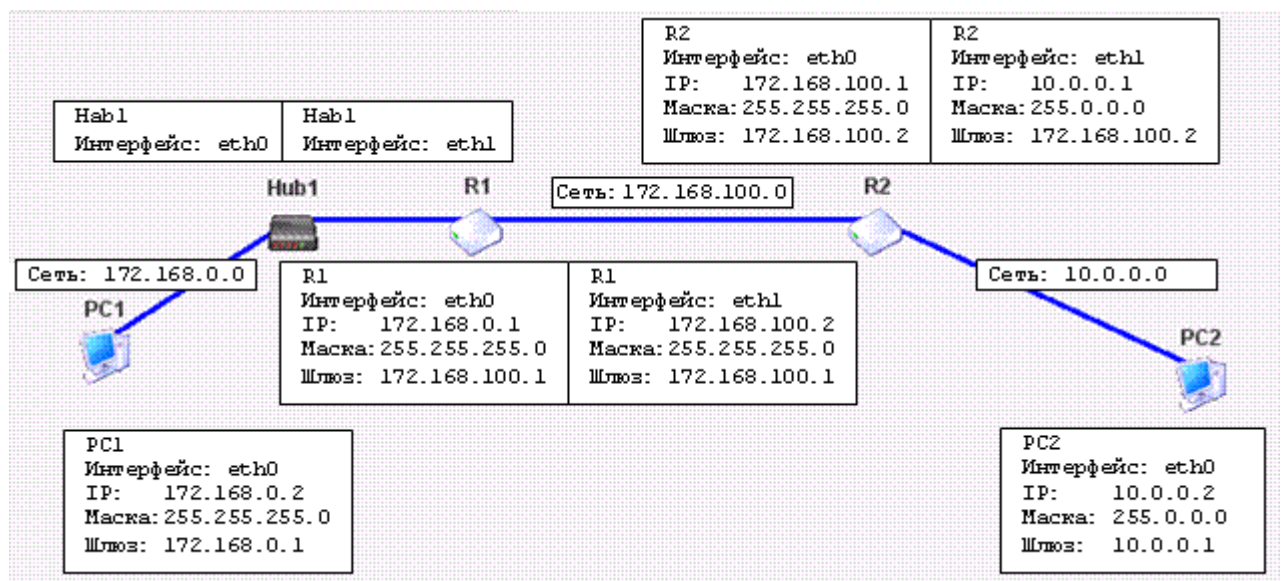


Рисунок 4 - Конфигурация маршрутизатора

### 3. Выполним эхо-запрос с PC1 на PC2

Для этого на схеме сети выделим PC1, вызовем нажатием правой кнопки мышки всплывающее меню и в нем выберем опцию «Send Ping ...». В появившемся окне укажем IP-адрес PC2 и нажмем кнопку ОК.

После отправки эхо-запроса с PC1 на PC2 в консоли будет выведен результат прохождения запроса и ответа на него по сети:

Console		Node Information		
Time	Node	Packet	Layer	Info
18:...	PC1	Echo Request Packe...	Network...	Created Echo Request packet to 10.0.0.2
18:...	PC1	ICMP_packet	Network...	Sending packet from ProtocolStack (to 172.168.0.1).
18:...	PC1	Ethernet Packet	Link ...	Sending packet from interface A9:22:B4:C6:BA:51
18:...	R1	Ethernet Packet	Link ...	Recieved and accepted packet at interface 21:B6:1B:A...
18:...	R1	ICMP_packet	Network...	ProtocolStack received packet from local Interface.
18:...	R1	ICMP_packet	Network...	Packet Received: Network Layer Device is Routable for...
18:...	R1	ICMP_packet	Network...	Forwarding packet from ProtocolStack(to 172.168.100...

### Рисунок 5 - Выполнение эхо-запроса

Как видно из содержимого консоли, PC1 успешно получил эхо-ответ на свой запрос к PC2.

4. Выполним эхо-запрос для несуществующего узла с IP-адресом 192.168.0.1.

Для этого выполним на PC1 последовательность действий, аналогичную предыдущему пункту, вместо адреса 10.0.0.2 используя адрес 192.168.0.1:

```
PC1 Created Echo Request packet to 192.168.0.1
PC1 Sending packet from ProtocolStack (to 172.168.0.1).
...
R1 ProtocolStack received packet from local Interface.
R1 Packet Received: Network Layer Device is Ratable forwarding packet.
R1 Forwarding packet from ProtocolStack (to 172.168.100.1).
R2 ProtocolStack received packet from local Interface.
R2 Packet Dropped: Hop count exceeded.
Host 192.168.0.2 Unreachable
```

Как видно, пакет попал в «петлю» между двумя маршрутизаторами и находился там, пока у него не закончилось время жизни (TTL).

### ЗАДАНИЕ:

1. Исправить структуру сети (если это необходимо), обеспечив корректную доставку кадров на физическом уровне.
2. Задать ip-адреса, маски подсети и шлюзы по-умолчанию для всех узлов сети, чтобы обеспечить корректную доставку эхо-запроса от K1 к K2 и эхо-ответа обратно. Обосновать свои установки.
3. Выполнить эхо-запрос с K1 на K2. Посмотреть вывод программы.
4. Добавить статическую запись ARP для K3 на K1. Подождать устаревания ARP-таблиц и выполнить эхо запрос с K1 на K2. Объяснить результат.
5. Выполнить эхо-запрос на IP-адрес 200.100.0.1 с K1. Объяснить вывод программы.
6. Выполнить эхо запросы с K1 и K2 на все узлы сети. Убедиться, что эхо-ответы приходят.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое сетевая маршрутизация для чего она применяется?
2. Что такое таблица маршрутизации?
3. Объясните принцип использования таблицы маршрутизации?

4. На каком уровне модели OSI/ISO выполняется маршрутизация пакетов?
5. Кратко объясните принцип работы маршрутизатора.
6. В чем отличие статической маршрутизации от динамической?
7. Каково основное назначение протоколов маршрутизации?

## СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. – СПб.: Питер 2006 -958с.
2. Хелби. С., Принципы маршрутизации в Internet: Учебник для вузов. 2-е изд. – Вильямс. 2001 – 402 с.
3. Сетевая маршрутизация. [Электронный ресурс]: / Internet. - <http://just-networks.ru/seti-tcp-ip/marshrutizatsiya> (27.09.2017)