

Г.Ф. Масич

Сети передачи данных

The logo for GIGA Ural features a stylized white 'X' shape composed of horizontal lines, positioned above the text 'GIGA Ural' in a white, sans-serif font.

GIGA Ural

УДК 004.7
М31

Рецензенты:

канд. техн. наук *И.А. Хохлов*
(Институт математики и механики УрО РАН,
г. Екатеринбург);
д-р экон. наук, профессор *Р.А. Файзрахманов*
(Пермский национальный исследовательский
политехнический университет)

Масич, Г.Ф.

М31 Сети передачи данных : учеб.-метод. пособие / Г.Ф. Масич. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 192 с.

ISBN 978-5-398-01194-4

Приведены теоретические сведения об Ethernet- и IP-технологиях: принципах построения виртуальных локальных сетей (VLAN), протоколе построения связующего дерева (STP), классовой и бесклассовой моделях IP-адресации, протоколах маршрутизации RIP и BGP-4. Значительный объем практических занятий посвящен конфигурированию оборудования Cisco для создания требуемых свойств сети передачи данных.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника», аспирантов, специалистов информационных технологий.

УДК 004.7

ISBN 978-5-398-01194-4

© ПНИПУ, 2014

3.3. Лабораторная работа «Движение пакетов в IP-сетях»

(МГФ ред. 22-09-2022)

Цель работы: понять алгоритм работы средств сетевого уровня по продвижению пакета от хоста-источника к хосту-получателю, которые находятся в разных подсетях корпоративной сети.

Исходные данные:

- Присвоенные значения IP- и MAC-адресов портам роутеров и компьютеров предыдущей лабораторной работы.
- Заданное преподавателем направление движения пакетов.
- Сформированные (построенные) в рамках этой работы согласно теории вопроса системные таблицы, ARP-таблицы и таблицы маршрутизации.

Последовательность действий:

- Сформируем системные таблицы каждого устройства, показав в них имя порта, MAC-адрес и IP-адрес.
- Сформируем ARP-таблицы каждого устройства.
- Сформируем таблицы маршрутизации устройств, через которые проходит пакет.

Пример выполнения лабораторной работы

Рассмотрим движение пакета в корпоративной сети (рис. 3.16) от компьютера 1 к компьютеру 2 (K1 → K2). Реплика: системные таблицы не приводим, используем адреса показанные на рис. 3.16

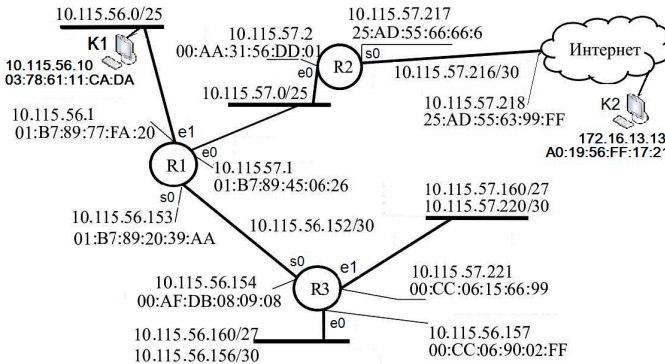


Рис. 3.16. Пример взаимодействия компьютеров через сеть

Построим таблицы маршрутизации в IP-сети

Цель - получить начальные навыки построения таблиц маршрутизации. Используется при настройке статической маршрутизации на реальном оборудовании

Таблицы 3.6-3.8 маршрутизации роутеров формируем согласно рис.3.16, показывая вектор движения пакета в направлении каждой подсети. Например, как видно из рис.3.16, в роутере R1 для подсети 10.115.56.160/27 вектор движения такой: от порта s0 R1 в роутер R2 с IP-адресом (next-hop) 10.115.56.154. Метрика, число промежуточных роутеров, равна 1. Этот факт отображен в таблице 3.6.

Пример построения таблиц маршрутизации в IP-сети

Строка «Default» означает, что пакеты посылаются по умолчанию через данный порт роутера в том случае, если адрес сети назначения не принадлежит рассматриваемой корпоративной сети.

Таблица 3.6

Таблица маршрутизации роутера R1

IP-адрес подсети (Network Address)	Маска (Netmask)	Next Hop IP-адрес	Порт (Interface)	Расстояние (Metric)
10.115.56.0/25	255.255.255.128	–	e1	0
10.115.56.156/30	255.255.255.252	10.115.56.154	s0	1
10.115.56.160/27	255.255.255.224	10.115.56.154	s0	1
10.115.57.0/25	255.255.255.128	–	e0	0
10.115.57.160/27	255.255.255.224	10.115.56.154	s0	1
10.115.57.220/30	255.255.255.252	10.115.56.154	s0	1
10.115.57.216/30	255.255.255.252	10.115.57.2	e0	1
10.115.56.152/30	255.255.255.252	–	s0	0
0.0.0.0/0 (Default)	0.0.0.0	10.115.57.2	e0	–

Примечание. В качестве метрики использовалось количество промежуточных роутеров, как в RIP.

Таблица 3.7

Таблица маршрутизации роутера R2

IP-адрес подсети (Network Address)	Маска (Netmask)	Next Hop IP-адрес	Порт (Interface)	Расстояние (Metric)
10.115.56.0/25	255.255.255.128	10.115.57.1	e0	1
10.115.56.156/30	255.255.255.252	10.115.57.1	e0	2
10.115.56.160/27	255.255.255.224	10.115.57.1	e0	2
10.115.57.0/25	255.255.255.128	–	e0	0
10.115.57.160/27	255.255.255.224	10.115.57.1	e0	1
10.115.57.220/30	255.255.255.252	10.115.57.1	e0	1
10.115.57.216/30	255.255.255.252	–	s0	0
10.115.56.152/30	255.255.255.252	10.115.57.1	e0	1
0.0.0.0/0 (Default)	0.0.0.0	10.115.57.218	s0	–

Таблица маршрутизации роутера R3

IP-адрес подсети (Network Address)	Маска (Netmask)	Next Hop IP-адрес	Порт (Interface)	Расстояние (Metric)
10.115.56.0/25	255.255.255.128	10.115.56.153	s0	1
10.115.56.156/30	255.255.255.252	–	e0	0
10.115.56.160/27	255.255.255.224	–	e0	0
10.115.57.0/25	255.255.255.128	10.115.56.153	s0	1
10.115.57.160/27	255.255.255.224	–	e1	0
10.115.57.220/30	255.255.255.252	–	e1	0
10.115.57.216/30	255.255.255.252	10.115.56.153	s0	2
10.115.56.152/30	255.255.255.252	–	s0	0
0.0.0.0/0 (Default)	0.0.0.0	10.115.56.153	s0	–

Вид таблицы IP-маршрутизации зависит от конкретного типа используемого протокола маршрутизации. Однако во всех таблицах есть ключевые параметры, присущие всем таблицам роутеров:

- IP-адрес сети (подсети) назначения (с маской – в бесклассовой модели маршрутизации; без маски – в классовой модели маршрутизации);

- IP-адрес следующего роутера (Next Hop);

- номер порта (интерфейс) роутера, через который нужно отправить пакет

- метрика – расстояние до сети назначения, например в хопх.

Метрика – необязательный параметр. Если в таблице маршрутизации каждая сеть назначения упомянута только один раз, то поле метрики не будет приниматься во внимание при выборе маршрута, так как выбор отсутствует.

Метрика может использоваться как признак непосредственного подключения сети к роутеру.

Если сеть назначения подключена непосредственно к порту роутера, то пакет не будет передаваться следующему роутеру, а отправится на узел назначения.

Существуют протоколы маршрутизации, в которых метрика измеряется хопами (например, протокол RIP). Хопы – количество промежуточных роутеров, через которые пакет пройдет по пути к узлу назначения. Также существуют протоколы, в которых метрика измеряется величинами, которые показывают состояния связи между роутерами, такие как скорость, надежность, стоимость (например, протокол OSPF).

В первом случае признаком непосредственного подключения сети будет значение поля метрики 0, во втором – 1. Другое значение метрики соответствует удаленной сети.

Существуют ситуации, когда роутер должен обязательно хранить значение метрики для записи о каждой удаленной сети. Эти ситуации возникают, когда записи в таблице маршрутизации являются результатом работы некоторых протоколов маршрутизации, например протокола RIP. В таких протоколах новая информация о какой-либо удаленной сети сравнивается с имеющейся в таблице, и если метрика новой информации лучше имеющейся, то новая запись вытесняет имеющуюся.

Пример настройки компьютеров К1 и К2

Настройки компьютера К1	Настройки компьютера К2
IP-адрес: 10.115.56.10	IP-адрес: 172.16.13.13
Маска подсети: 255.255.255.128	Маска подсети: 255.255.255.128
Основной шлюз: 10.115.56.1	Основной шлюз: 172.16.13.1
DNS: 193.0.14.129	DNS: 193.0.14.129
MAC-адрес: 03:78:61:11:CA:DA	MAC-адрес: A0:19:56:FF:17:21

Иллюстрация процесса движения пакетов

Логика работы компьютера К1.

1 Формирование IP-адреса получателя. Пусть пользователь компьютера К1 (10.115.56.10) обращается по http протоколу к компьютеру К2, доменное имя которого k2.ru (http://k2.ru). Компьютер К1 запрашивает у службы DNS (193.0.14.129) IP-адрес компьютера К2. DNS возвращает IP-адрес компьютера К2 172.16.13.13. Реплика. Принципы работы распределенной системы доменных имен DNS изложены в последующих материалах.

В заголовке IP-пакета формируются IP-адрес отправителя и IP-адрес получателя:

Отправитель	10.115.56.10
Получатель	172.16.13.13

Формирование MAC-адреса получателя. IP модуль компьютера К1 (10.115.56.10) выявляет тип маршрутизации: прямая или косвенная. То есть нужно ли передавать пакет с IP-адресом 172.16.13.13 "прямо" в компьютер своей подсети или в "шлюз", для маршрутизации пакета в подсеть назначения. Для этого в К1 выполняется операция "И" его маски с IP-адресами отправителя и получателя и сравниваются подсети.

IP-адрес хоста К1	10.115.56.10
Маска подсети К1	255.255.255.128
Логическая операция «И»	-----
Подсеть	10.115.56.0
IP-адрес хоста К2	172.16.13.13
Маска подсети К1	255.255.255.128
Логическая операция «И»	-----
Подсеть	172.16.13.0

Поскольку адрес "подсети" назначения (172.16.13.0) не совпадает с адресом подсети (10.115.56.0), которой принадлежит компьютер-отправитель, то маршрутизация косвенная, через "шлюз".

Компьютер К1 формирует Ethernet-кадр с вложенным в него IP-пакетом для передачи в шлюз R1. IP-адрес R1 показан в настройках К1 "Основной шлюз: 10.115.56.1". MAC-адрес шлюза, необходимый для формирования Ethernet-кадра, К1 получает посредством ARP протокола путем широковещательного запроса у всех устройств в IP-подсети 10.115.56.0/25 MAC-адреса того порта, который имеет IP-адрес 10.115.56.1. Ответ ARP протокол записывает в ARP-таблицу. Пусть, в нашем случае, запись сформируется в ARP-таблице компьютера К1 так:

Порт	IP	MAC
Порт К1	10.115.56.1	01:B7:89:77:FA:20.

Итак, компьютер K1 отправляет ethernet-кадр, с вложенным в него IP-пакетом, зная IP- и MAC-адреса отправителя и получателя (табл. 3.9). Движение K1 → R1 Таблица 3.9

Адрес	IP	MAC
Отправитель	10.115.56.10	03:78:61:11:CA:DA
Получатель	172.16.13.13	01:B7:89:77:FA:20

Логика работы роутера R1. Ethernet-кадр принимается портом e1 роутера R1, так как этот порт распознает MAC-адрес.

Формирование IP-адресов. Из пришедшего IP-пакета извлекаются IP-адреса отправителя и получателя, которые размещаются в исходящем пакете.

Формирование MAC-адресов. Ищется строка таблицы маршрутизации, в подсети которой находится IP-адрес получателя 172.16.13.13. В R1 таких подсетей нет, поэтому срабатывает строка "по умолчанию", которая имеет префикс сети 0.

0.0.0.0/0 (Default)	0.0.0.0	10.115.57.2	e0	—
---------------------	---------	-------------	----	---

По этой строке могут маршрутизироваться все пакеты, в том числе и с адресом назначения 172.16.13.13. Из этой строки видно, что ethernet-кадр с вложенным в него IP-пакетом нужно передать через порт e0 роутера R1 в порт следующего роутера с IP-адресом 10.115.57.2

Для определения MAC-адреса следующего роутера по известному IP-адресу 10.115.57.2, опять же, используется ARP-таблица в R1 (табл. 3.10), формируемая ARP протоколом.

ARP-таблица роутера R1 Таблица 3.10

Порт	IP	MAC
e1	10.115.56.10	03:78:61:11:CA:DA
e0	10.115.57.2	00:AA:31:56:DD:01
s0	10.115.56.154	00:AF:DB:08:09:08

MAC-адрес своего порта e0 роутер R1 знает, поэтому IP и MAC такие

Движение R1 → R2

Адрес	IP	MAC
Отправитель	10.115.56.10	01:B7:89:45:06:26
Получатель	172.16.13.13	00:AA:31:56:DD:01

Логика работы роутера R2. По таблице маршрутизации определяет вектор движения пакета: выходной порт (s0) и IP-адрес следующего роутера (10.115.57.218). MAC-адрес своего порта s0 роутер R2 знает (берем из рис.3.16.) В ARP таблице (табл. 3.11) по IP-адресу 10.115.57.218 ищем MAC-адрес следующего роутера (25:AD:55:63:99:FF)

ARP-таблица роутера R2 Таблица 3.11

Порт	IP	MAC
2b	10.115.57.218	25:AD:55:63:99:FF
2a	10.115.57.1	01:B7:89:45:06:26

Тогда адреса Ethernet-кадра и IP-пакета будут такими:

Движение R2 → Inet

Адрес	IP	MAC
Отправитель	10.115.56.10	01:B7:89:45:06:26
Получатель	172.16.13.13	00:AA:31:56:DD:01

Логика работы сети передачи данных Internet. Пограничный роутер 10.115.57.218 получает пакет. Нам неизвестно, как далее пакет движется по Internet. Однако, IP-адреса отправителя и получателя не изменяются. Когда пакет поступит в роутер сети назначения, появится возможность передачи этого пакета компьютеру назначения с помощью аналогичных действий.

Сведем адресные поля Ethernet-кадров и IP-пакетов в таблицу.

Примечания. MAC-адрес отправителя Ethernet кадра следует располагать в отчете в так называемой "системной таблице", MAC-адреса прошиваются изготовителем оборудования

Движение пакетов/кадров от K1 в K2

	Адрес отправителя		Адрес получателя	
	IP	MAC	IP	MAC
K1>R1	10.115.56.10	03:78:61:11:CA:DA	172.16.13.13	01:B7:89:77:FA:20
R1->R2	10.115.56.10	01:B7:89:45:06:26	172.16.13.13	00:AA:31:56:DD:01
R2-> Inet	10.115.56.10	25:AD:55:66:66:66	172.16.13.13	25:AD:55:63:99:FF
....	10.115.56.10	172.16.13.13
Inet ->K2	10.115.56.10	--:--:--:--:--:--	172.16.13.13	A0:19:56:FF:17:21

Задания для самостоятельной работы

1. Как роутер R1 сформировал IP- и MAC-адреса пакета и кадра при выполнении Forward в случае движения от K1 к K2?
2. Как компьютер K1 сформировал IP- и MAC-адреса пакета и кадра при выполнении Forward в случае движения от K1 к K2?

Вопросы для самопроверки

1. Является ли 192.168.156.0 адресом сети?
2. Для чего необходим IP-адрес?
3. Какая RIR занимается вопросами распределения IP в России?
4. Сколько различных хост-адресов может быть у IPv4?
5. Могут ли повторяться IP-адреса?
6. Что такое префикс сети?
7. Что такое маршрутизация, роутер, протокол маршрутизации?
8. Для чего нужны протоколы маршрутизации?
9. Что такое метрика?
10. Как осуществляется процесс передачи пакетов через роутеры
11. Для чего нужны таблицы маршрутизации?
12. Как работают протоколы RIP и OSPF? Чем они отличаются?
13. Из чего состоит IP-адрес?
14. Какие есть классы IP-адресов? Чем они различаются?
15. Что такое подсеть? Какой размер у самой маленькой подсети?
16. Могут ли сеть и подсеть иметь разные маски?
17. Как определить сеть, зная IP-адрес хоста и маску подсети?
18. Что такое CIDR? Какое у нее назначение?
19. Для чего нужно VLSM-маскирование?

Список литературы по главе 3

1. Хелеби С., Мак-Ферсон Д. Принципы маршрутизации в Internet: пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2001. – 448 с.
2. Кларк К., Гамильтон К. Принципы коммутации в локальных сетях Cisco: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2003. – 976 с.
3. Семенов Ю.А. Телекоммуникационные технологии [Электронный ресурс]. – URL: <http://book.itер.ru>.
4. Масич Г.Ф. Лекции по курсу [Электронный ресурс]. – URL: <https://masich.ru/study.html>

Учебное издание

МАСИЧ Григорий Федорович

СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Учебное пособие

Редактор и корректор *В.В. Мальцева*

Подписано в печать 5.03.2014. Формат 60×90/16.
Усл. печ. л. 12,0. Тираж 100 экз. Заказ № 32/2014.

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.