


ИНФОРМАЦИОННЫЕ СЕТИ

ЛЕКЦИЯ 5.
ПРОТОКОЛЫ ДОСТУПА К СЕТИ ARP,
ПРОТОКОЛ ICMP.
МАРШРУТИЗАЦИЯ В IP-СЕТЯХ.



ПРОТОКОЛ ARP



Для осуществления передачи между хостами в сегменте сети необходимо, чтобы было определено соответствие между физическим и сетевым адресом хоста.

Для решения вопросов определения MAC-адреса искомого устройства по известному IP-адресу применяется протокол преобразования адресов (address resolution protocol, ARP – **RFC 826**).

ОБЗОР ARP

- Разрешая IP адрес узла в соответствующий MAC-адрес
 - Для прямого подключения, ARP разрешается в прямой адрес получателя IP датаграммы
 - Для непрямого подключения, ARP определяет IP адрес ближайшего роутере
- Обмен ARP сообщений:
 - Широковещательный ARP запрос
 - ARP ответ

ARP КЭШ

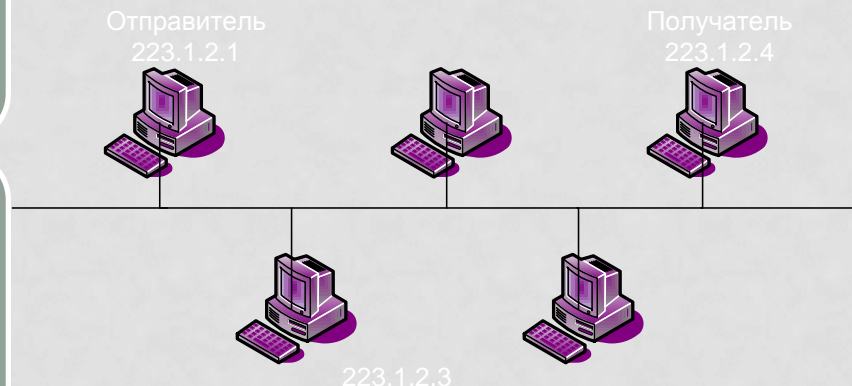
- Таблица определенных IP адресов и соответствующих MAC адресов
- Проверка перед отправкой ARP запроса
- Типы вхождений
 - динамические
 - статические
- MAC адреса для существующих вхождений обновляются, если получен отклик на ARP запрос

ARP-ТАБЛИЦЫ

Когда отправитель определил IP-адрес получателя, то на основании ARP-таблицы определяется его MAC-адрес.

Между MAC- и IP-адресами устанавливается соответствие, которое используется при инкапсуляции данных.

- Таблицу ARP можно посмотреть, используя команду `arp`:
 - `arp -a`



ARP-ТАБЛИЦЫ

- **ARP** используется для определения соответствия IP-адреса адресу Ethernet.
- Протокол используется в локальных сетях.
 - Соответствие определяется только в момент отправления IP-пакетов.
- Отображение адресов осуществляется путем поиска в ARP-таблице.
- Таблица соответствия необходима, так как физические и сетевые адреса выбираются независимо и нет какого-либо алгоритма для их вычисления.
 - Если машина перемещается в другой сегмент сети, то ее ARP-таблица должна быть изменена.

Пример ARP-таблицы	
IP-адрес	Ethernet-адрес
223.1.2.1	08:00:39:00:2F:C3
223.1.2.3	08:00:5A:21:A7:22
223.1.2.4	08:00:10:99:AC:54

ARP-ЗАПРОСЫ

- ARP-таблица заполняется автоматически.
- Если нужного адреса в таблице нет, то в сеть посылается широковещательный запрос типа "чей это IP-адрес?".
- Все сетевые интерфейсы получают этот запрос, но отвечает только владелец адреса. При этом существует два способа отправки IP-пакета, для которого ищется адрес: пакет ставится в очередь на отправку или уничтожается.
 - В первом случае за отправку отвечает модуль ARP,
 - во втором случае модуль IP, который повторяет посылку через некоторое время.
- MAC-адрес широковещания имеет вид FF-FF-FF-FF-FF-FF.

Структура широковещательного ARP-запроса	
IP-адрес отправителя	223.1.2.1
Ethernet-адрес отправителя	08:00:39:00:2F:C3
Искомый IP-адрес	222.1.2.2
Искомый Ethernet-адрес	<пусто>

ARP-ОТВЕТЫ

- Пакет ARP-запроса посылается в режиме широковещания, его принимают все устройства в локальной сети и передают для анализа на сетевой уровень.
 - Если IP-адрес устройства соответствует IP-адресу получателя, устройство формирует сообщение, называемое ARP-ответом.
 - Полученный таким образом адрес будет добавлен в ARP-таблицу.

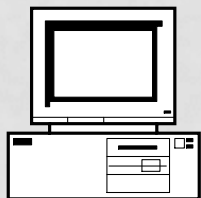
Структура ARP-ответа	
IP-адрес отправителя	222.1.2.2
Ethernet-адрес отправителя	08:00:28:00:38:A9
IP-адрес получателя	223.1.2.1
Ethernet-адрес получателя	08:00:39:00:2F:C3

ПРИМЕР ARP ЗАПРОСА И ARP ОТВЕТА

Узел 1

IP Address: 10.0.0.99

MAC Address: 00-60-08-52-F9-D8



Узел 2

IP Address: 10.0.0.1

MAC Address: 00-10-54-CA-E1-40



ARP запрос

SHA: 00-60-08-52-F9-D8

SPA: 10.0.0.99

THA: 00-00-00-00-00-00

TPA: 10.0.0.1

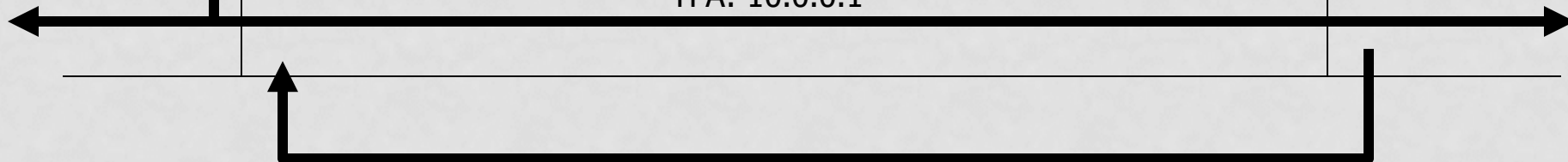
ARP ответ

SHA: 00-10-54-CA-E1-40

SPA: 10.0.0.1

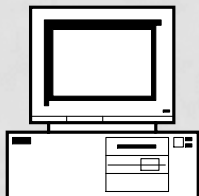
THA: 00-60-08-52-F9-D8

TPA: 10.0.0.99



ARP ПРОКСИ

Узел 1

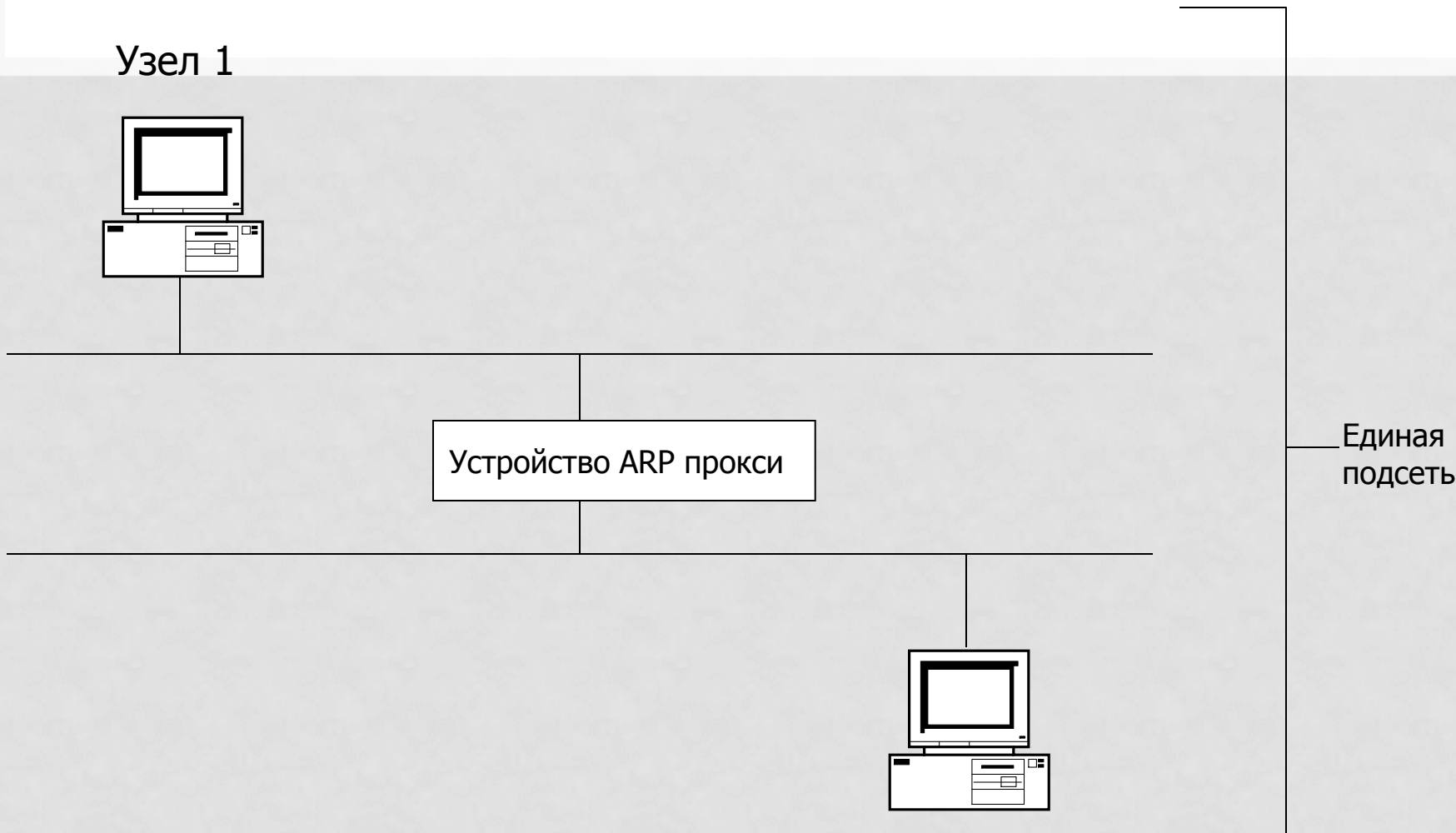


Устройство ARP прокси

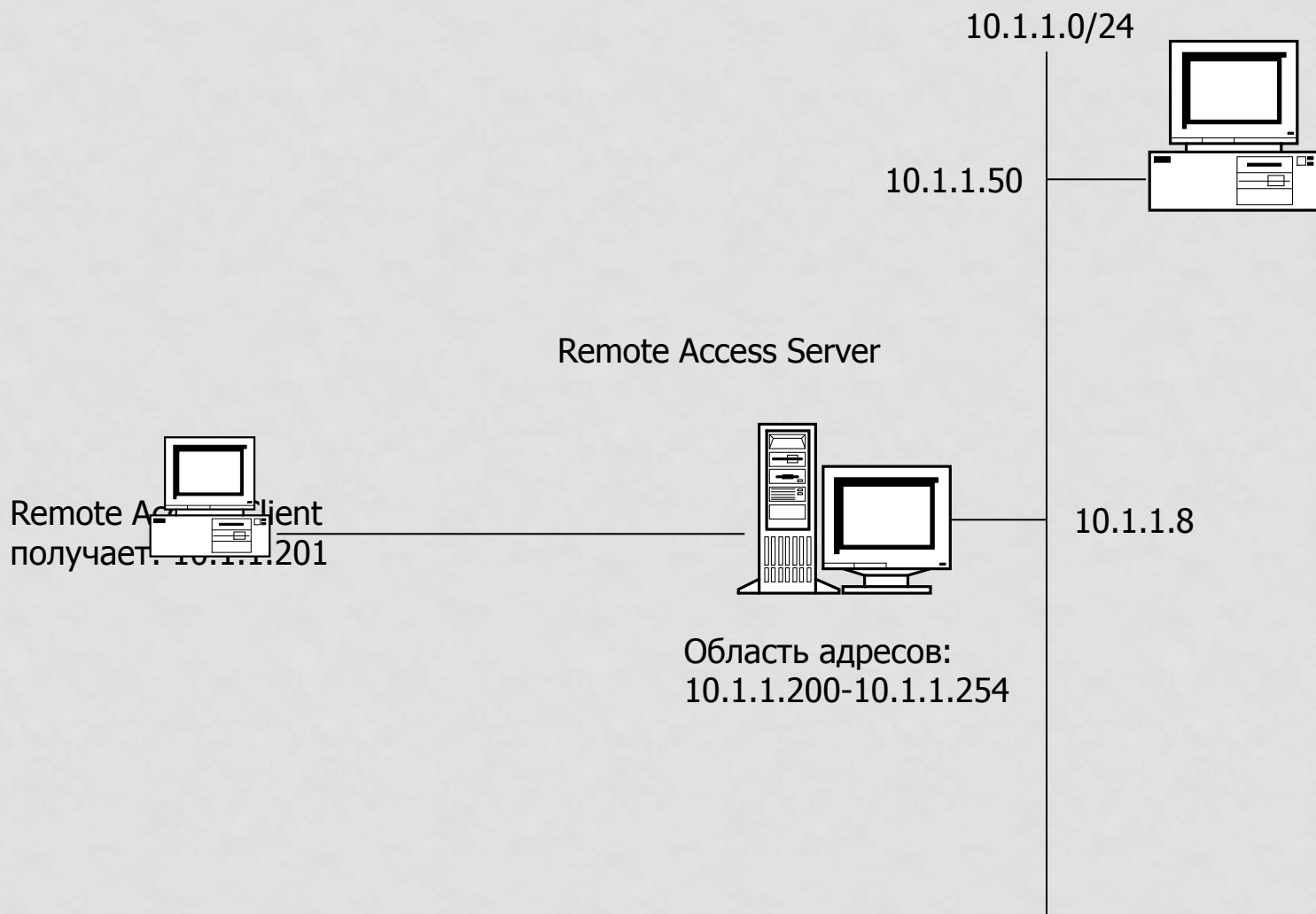


Узел 2

Единая
подсеть



СЕРВЕР УДАЛЕННОГО ДОСТУПА И ARP ПРОКСИ



ARP-ТАБЛИЦЫ МАРШРУТИЗАТОРОВ

- Если машина соединена с несколькими сетями, т.е. она является шлюзом, то в таблицу ARP вносятся строки, которые описывают все подключенные IP-сети.
- При использовании Ethernet и IP протоколов каждая машина имеет как минимум один адрес Ethernet и один IP-адрес.
 - Ethernet-адрес имеет не компьютер, а его сетевой интерфейс.
 - IP-адрес назначается для каждого драйвера сетевого интерфейса.

МАРШРУТИЗАТОРЫ И ARP-ТАБЛИЦЫ

- Интерфейс, с помощью которого маршрутизатор подключается к сети, является частью данной сети.
- Для отправки и получения пакетов данных маршрутизаторы строят собственные ARP-таблицы, в которых отображаются IP-адреса на MAC-адреса.
- Маршрутизатор может быть подключен к нескольким подсетям и строит ARP-таблицы, описывающие все сети, подключенные к нему.
- Кроме карт соответствия IP-адресов MAC-адресам в таблицах маршрутизаторов отображаются порты.
- Для осуществления маршрутизации в сетях IP, маршрутизаторы содержат MAC- и IP-адреса других маршрутизаторов, которые используются для перенаправления пакетов.

ШЛЮЗ ПО УМОЛЧАНИЮ

- Если источник источник расположен в сети с номером, отличным от номера сети назначения, и источник не знает MAC-адреса получателя, то для доставки пакета, источник пользуется услугами маршрутизатора.
- Если маршрутизатор используется подобным образом, то его называют *шлюзом по умолчанию (default gateway)*.
- При передаче пакета через шлюз, источник инкапсулирует данные, помещая в них в качестве MAC-адреса назначения физический адрес шлюза, в качестве IP-адреса устанавливается адрес получателя, а не шлюза.
- Шлюз получив пакет, отбрасывает информацию канального уровня и анализирует IP-заголовок.
 - Поскольку IP-адрес отличается от его собственного, то маршрутизатор анализирует таблицу маршрутизации и пересылает пакет на соответствующий хост, инкапсулируя в пакет канального уровня и добавляя заголовок с новым MAC-адресом.

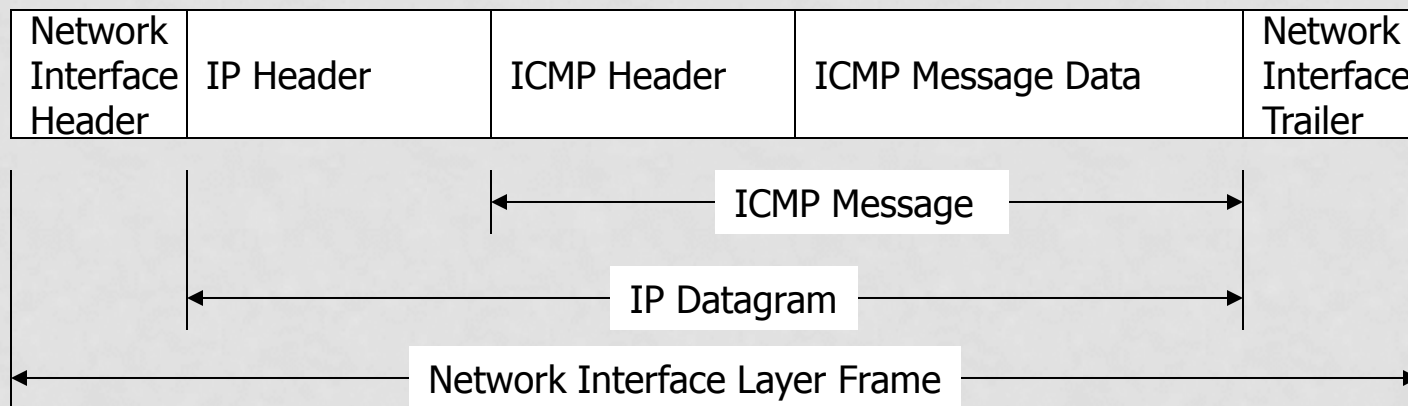
ПРОТОКОЛ ICMP

- ICMP (Internet Control Message Protocol) — межсетевой протокол управляющих сообщений.
- Данный протокол наряду с IP и ARP относят к сетевому уровню.
- Протокол используется для рассылки информационных и управляющих сообщений.
- При передаче сообщения ICMP инкапсулируются в IP-пакеты.

СООБЩЕНИЯ ICMP

- Протокол использует следующие виды сообщений:
 - **Flow control** - если принимающий хост (шлюз или реальный получатель информации) не успевает перерабатывать информацию, то данное сообщение приостанавливает отправку пакетов по сети.
 - **Detecting unreachable destination** - если пакет не может достичь места назначения, то шлюз, который не может доставить пакет, сообщает об этом отправителю пакета. Информировать о невозможности доставки сообщения может и машина, чей IP-адрес указан в пакете.
 - **Redirect routing** - это сообщение посылается в том случае, если шлюз не может доставить пакет, но у него есть на этот счет некоторые соображения, а именно адрес другого шлюза.
 - **Checking remote host** - в этом случае используется так называемое ICMP Echo Message. Если необходимо проверить наличие стека TCP/IP на удаленной машине, то на нее посылается сообщение этого типа. Как только система получит это сообщение, она немедленно подтвердит его получение.

ИНКАПСУЛЯЦИЯ ICMP СООБЩЕНИЯ

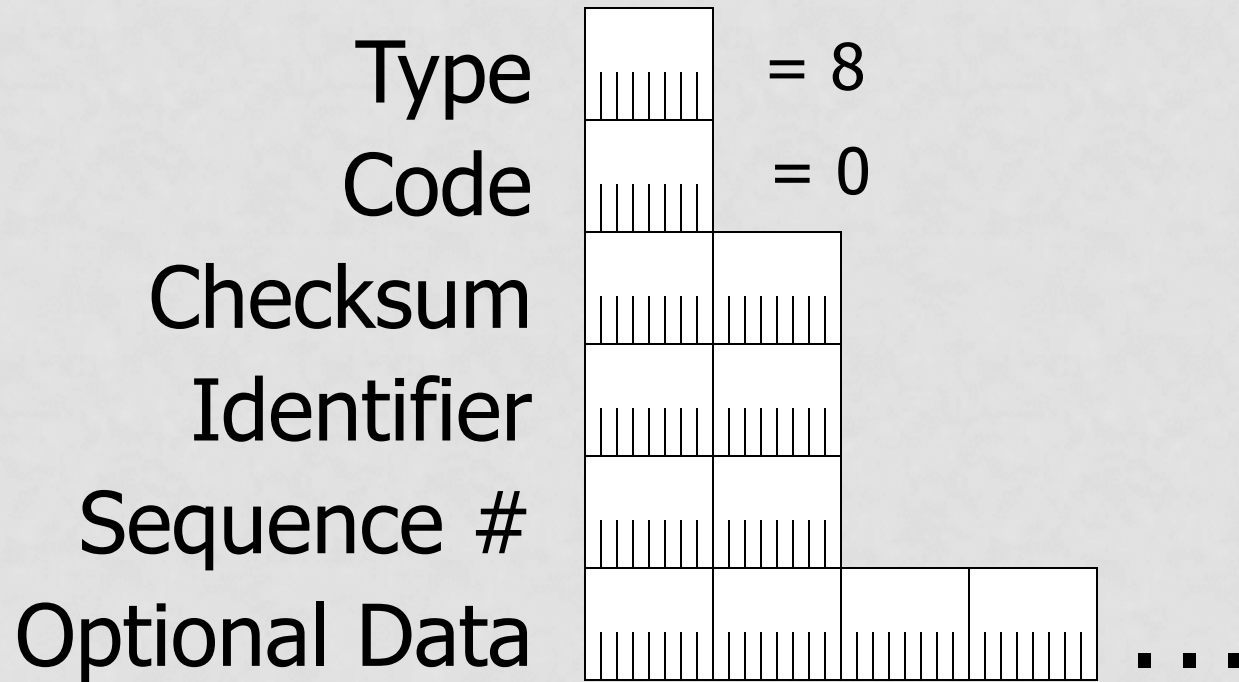


ФОРМАТ ICMP-ПАКЕТА

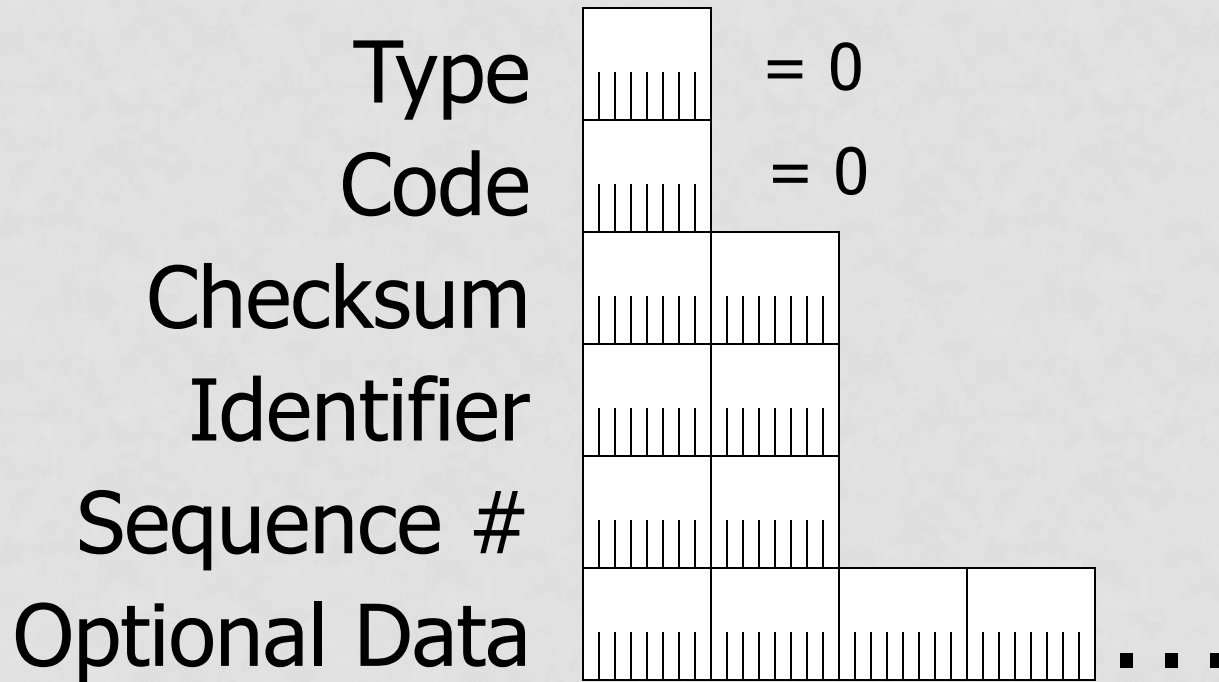
Бит	0—7	8—15	16—31
0	Тип	Код	Контрольная сумма
32	Содержание сообщения (зависит от значений полей «Код» и «Тип»)		

- Некоторые типы ICMP пакетов
 - 0 — Эхо-ответ
 - 1 — Зарезервировано
 - 2 — Зарезервировано
 - 3 — Адресат недоступен
 - 4 — Сдерживание источника (отключение источника при переполнении очереди)
 - 5 — Перенаправление
 - 6 — Альтернативный адрес хоста
 - 7 — Зарезервировано
 - 8 — Эхо-запрос
 - 9 — Объявление маршрутизатора (RFC-1256)
 - 10 — Запрос маршрутизатора (RFC-1256)
 - 11 — Превышение временного интервала (для дейтаграммы время жизни истекло)

ICMP-ЭХО ЗАПРОС



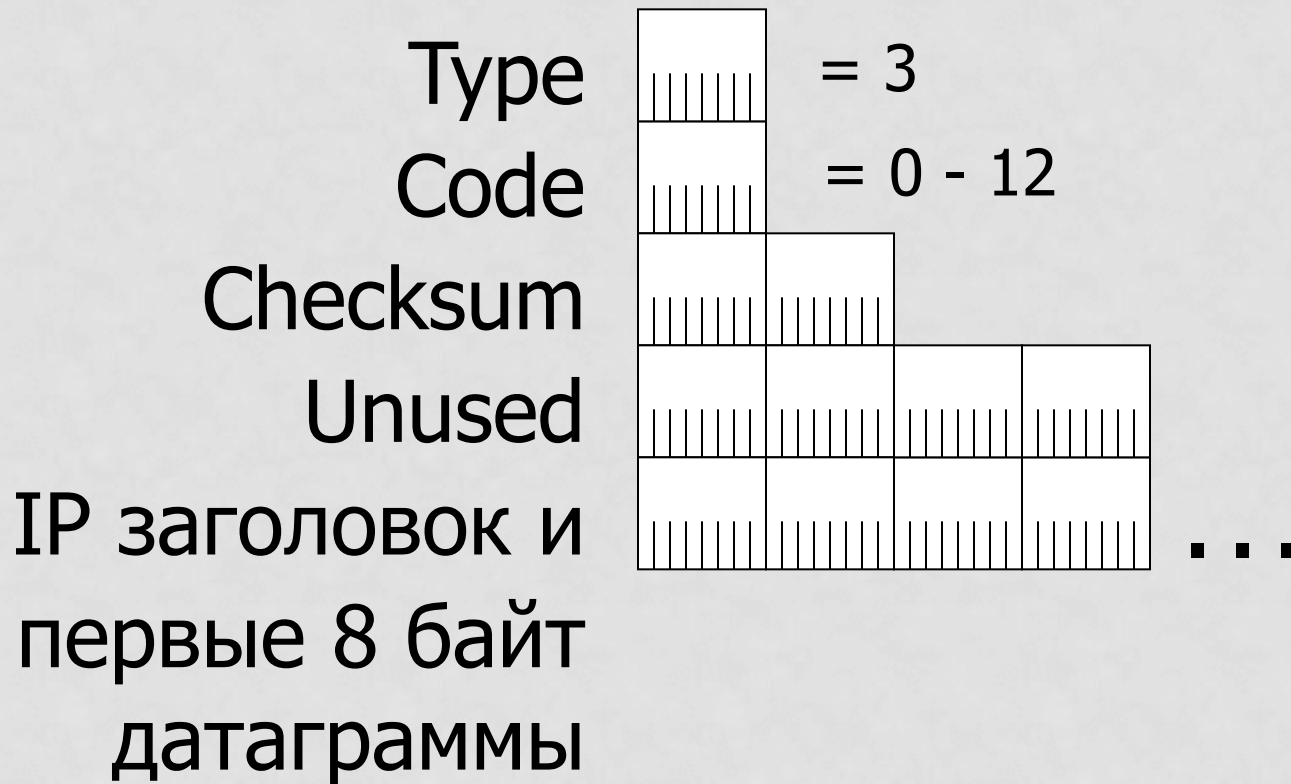
ICMP ЭХО ОТВЕТ



КОМАНДА PING

- С помощью отправки сообщений с эхо-запросом по протоколу ICMP проверяет соединение на уровне протокола IP с другим компьютером, поддерживающим TCP/IP.
- После каждой передачи выводится соответствующее сообщение с эхо-ответом.
- Ping - это основная TCP/IP-команда, используемая для устранения неполадки в соединении, проверки возможности доступа и разрешения имен.
- **Синтаксис команды**
 - **ping** [-t] [-a] [-n счетчик] [-l размер] [-f] [-i TTL] [-v тип] [-r счетчик] [-s счетчик] [{-j список_узлов | -k список_узлов}] [-w интервал] [имя_конечного_компьютера]

ICMP АДРЕСАТ НЕДОСТУПЕН



КОДЫ СООБЩЕНИЯ АДРЕСАТ НЕДОСТУПЕН

- 0 - Network Unreachable (сеть недоступна)
- 1 - Host Unreachable (хост недоступен)
- 2 - Protocol Unreachable (протокол недоступен)
- 3 - Port Unreachable (порт недоступен)
- 4 - Fragmentation Needed And DF Set (необходима фрагментация)
- 5 - Source Route Failed (сбой статического маршрута)

ВРЕМЯ ЖИЗНИ ПАКЕТОВ

- ICMP может быть использован о получении сообщения о "кончине" пакета на шлюзе.
 - При этом используется время жизни пакета, которое определяет число шлюзов, через которые пакет может пройти.
- Программа использует сообщение TIME EXCEEDED протокола ICMP.
- При посылке пакета через Internet traceroute устанавливает значение TTL (Time To Live) последовательно от 1 до 30 (значение по умолчанию).
 - TTL определяет число шлюзов, через которые может пройти IP-пакет. Если это число превышено, то шлюз, на котором происходит обнуление TTL, высылает ICMP-пакет.
- Tracert сначала устанавливает значение TTL равное единице - отвечает ближайший шлюз, затем значение TTL равно 2 - отвечает следующий шлюз и т. д.
- Если пакет достиг получателя, то в этом случае возвращается сообщение другого типа - **Detecting unreachable destination**, т.к. IP-пакет передается на транспортный уровень, а на нем нет обслуживания запросов.

КОМАНДА TRACERT

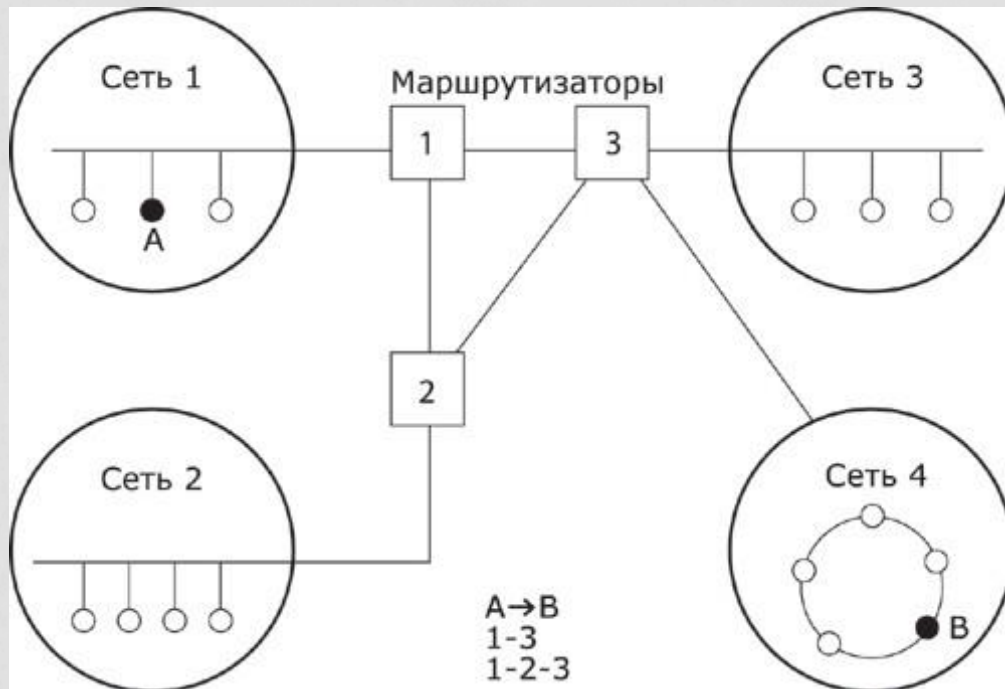
- Определяет путь до точки назначения с помощью посылки в точку назначения эхо-сообщений протокола ICMP с постоянным увеличением значений срока жизни (TTL).
- Выведенный путь — это список ближайших интерфейсов маршрутизаторов, находящихся на пути между узлом источника и точкой назначения.
- Ближний интерфейс представляют собой интерфейс маршрутизатора, который является ближайшим к узлу отправителя на пути.
- **Синтаксис команды**
 - **tracert** [-d] [-h *максимальное_число_переходов*] [-j *список_узлов*] [-w *интервал*] [*имя_конечного_компьютера*]

МАРШРУТИЗАЦИЯ

- Сети соединяются между собой специальными устройствами, называемыми маршрутизаторами.
- **Маршрутизатор** — это устройство, которое собирает информацию о топологии межсетевых соединений и пересылает пакеты сетевого уровня в сеть назначения.
- Чтобы передать сообщение от отправителя, находящегося в одной сети, получателю, находящемуся в другой сети, нужно совершить некоторое количество транзитных передач между сетями, или **хопов** (от слова hop — прыжок), каждый раз выбирая подходящий маршрут.
- Таким образом, **маршрут** представляет собой последовательность маршрутизаторов, через которые проходит пакет.
- Сетевой уровень должен обеспечить доставку пакета:
 - между любыми двумя узлами сети с произвольной топологией;
 - между любыми двумя сетями в составной сети;
- **Сеть** — совокупность компьютеров, использующих для обмена данными единую сетевую технологию;
- **Маршрут** — последовательность прохождения пакетом маршрутизаторов в составной сети.

МАРШРУТЫ ДВИЖЕНИЯ ПАКЕТОВ

- На рисунке показаны четыре сети, связанные тремя маршрутизаторами. Между узлами А и В данной сети пролегает два маршрута:
 - первый — через маршрутизаторы 1 и 3,
 - второй — через маршрутизаторы 1, 2 и 3.



ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ

- Проблема выбора наилучшего пути называется маршрутизацией, и ее решение является одной из главных задач сетевого уровня.
- Эта проблема осложняется тем, что **самый короткий путь — не всегда самый лучший.**
- Критерием при выборе маршрута может служить время передачи данных:
 - Время зависит от пропускной способности каналов связи и интенсивности трафика, которая может с течением времени изменяться.
- Выбор маршрута может осуществляться и по другим критериям, таким как надежность передачи.
- Функции сетевого уровня шире, чем функции передачи сообщений по связям с нестандартной структурой, которые мы рассмотрели на примере объединения нескольких локальных сетей.
- Сетевой уровень также решает задачи согласования разных технологий, упрощения адресации в крупных сетях и создания надежных и гибких барьеров на пути нежелательного трафика между сетями.

МАРШРУТИЗИРУЕМЫЙ ПРОТОКОЛ

- **Маршрутизируемый протокол** – сетевой протокол, который обеспечивает в адресе сетевого уровня достаточно информации, чтобы передавать пакет от одной хост-машины к другой на основе принятой схемы адресации.
- Маршрутизируемый протокол определяет формат и назначение полей внутри пакета.
- В общем случае пакеты переносятся от одной станции к другой.
- Примеры маршрутизируемых протоколов – IP, IPX.

ПРОТОКОЛЫ МАРШРУТИЗАЦИИ

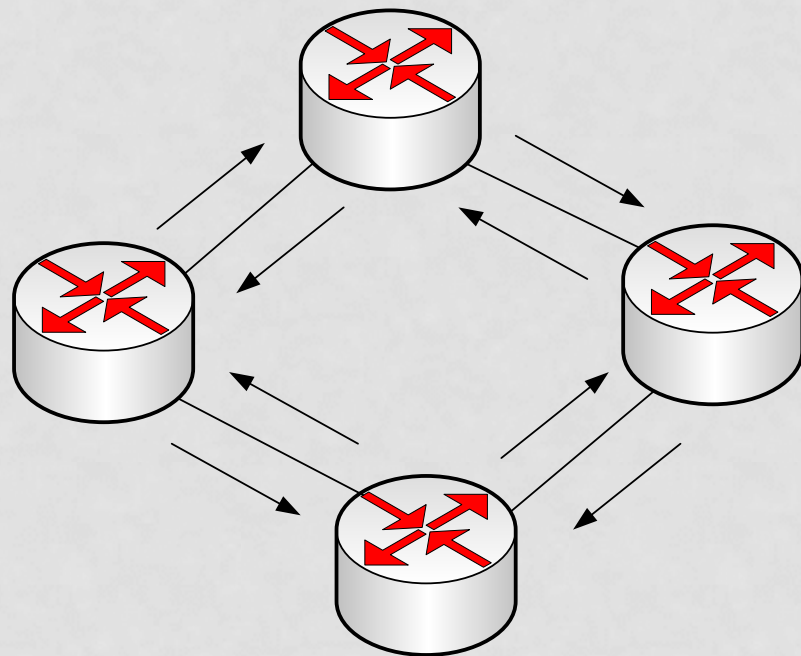
- Протокол маршрутизации – поддерживает маршрутизируемый протокол за счет предоставления механизмов коллективного использования маршрутной информации.
- Сообщения протокола маршрутизации циркулируют между маршрутизаторами для обмена информацией и актуализации данных таблиц маршрутизации.
- Примеры протоколов маршрутизации:
 - RIP – протокол маршрутной информации;
 - IGRP – протокол внутренней маршрутизации между шлюзами;
 - EIGR – усовершенствованный протокол внутренней маршрутизации между шлюзами;
 - OSPF – протокол маршрутизации с выбором кратчайшего пути.

АЛГОРИТМЫ МАРШРУТИЗАЦИИ

- Большинство алгоритмов маршрутизации можно свести к трем основным:
 - Маршрутизация на основе вектора расстояния – определяется направление (вектор) и расстояние до каждого канала в сети;
 - Маршрутизация на основе оценки состояния канала (выбор на основе кратчайшего пути), при которой воссоздается точная топология всей сети (по крайней мере, где размещается маршрутизатор);
 - Гибридный подход, объединяющий вышеуказанные алгоритмы.

АЛГОРИТМЫ МАРШРУТИЗАЦИИ ПО ВЕКТОРУ РАССТОЯНИЯ

- Алгоритмы маршрутизации на основе вектора расстояния (алгоритмы Беллмана-Форда) предусматривают периодическую передачу копий таблицы маршрутизации от одного маршрутизатора другому.
 - Такие передачи позволяют актуализировать изменения в топологии сети.
- Каждый маршрутизатор получает информацию от соседнего маршрутизатора.
- При добавлении информации в таблицу маршрутизации добавляется величина, отражающая вектор расстояния (например, число переходов) и далее информация передается следующему маршрутизатору.



АЛГОРИТМ МАРШРУТИЗАЦИИ ПО ВЕКТОРУ РАССТОЯНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЮ СЕТИ

- В данных алгоритмах каждый маршрутизатор начинает с идентификации или исследования своих соседей.
 - Порт к каждой непосредственно подключенной сети имеет нулевое расстояние.
- Продолжая процесс исследования векторов расстояния в сети, маршрутизаторы открывают наилучший путь до сети пункта назначения на основе информации от каждого соседа.
- Каждая запись в таблице маршрутизации имеет коммутативное значение вектора расстояния, показывающая насколько далеко данная сеть находится в этом направлении.

АЛГОРИТМ МАРШРУТИЗАЦИИ ПО ВЕКТОРУ РАССТОЯНИЯ И ИЗМЕНЕНИЕ ТОПОЛОГИИ

- При изменении топологии сети, использующей протокол на основе вектора расстояния, таблицы маршрутизации должны быть обновлены.
- Обновление содержания таблиц маршрутизации выполняется шаг за шагом от одного маршрутизатора к другому.
- Алгоритмы с вектором расстояния заставляют каждый маршрутизатор отсылать всю таблицу маршрутизации каждому своему непосредственному соседу.
- Таблицы маршрутизации, генерируемые в рамках метода вектора расстояния, содержат информацию об общей стоимости пути (метрика) и логический адрес маршрутизатора, стоящего на пути к каждой известной ему сети.

МАРШРУТИЗАЦИЯ С УЧЕТОМ СОСТОЯНИЯ КАНАЛА СВЯЗИ

- Алгоритмы маршрутизации с учетом канала связи также называются алгоритмы выбора первого кратчайшего пути (*shortest path first, SPF*).
 - Алгоритмы направлены на поддержку базы данных о топологии информационных потоков.
- Для выполнения маршрутизации по данному алгоритму используются специальные сообщения объявлений о состоянии канала (*link state advertisements, LSA*), база данных топологии, SPF-алгоритм, результирующее SPS-дерево и таблица маршрутизации, содержащая пути и порты к каждой сети.

РЕЖИМ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕТИ

- В режиме исследования сети при маршрутизации с учетом состояния канала связи используется следующий подход:
 - Маршрутизаторы обмениваются LSA-сообщениями, начиная с непосредственно подключенных маршрутизаторов;
 - Маршрутизаторы параллельно друг с другом топологическую базу данных, содержащую все LSA-сообщения;
 - SPF-алгоритм вычисляет достижимость сетей, определяя кратчайший путь до каждой сети комплекса. Маршрутизатор создает эту логическую топологию кратчайших путей в виде SPF-дерева, помещая себя в корень. Это дерево отображает пути от маршрутизатора до всех пунктов назначения.
 - Наилучшие пути и порты, имеющие выход на эти сети назначения, сводятся в таблицы маршрутизации. Также формируется базы данных с топологическими элементами и подробностями о статусе.

ОБРАБОТКА ИЗМЕНЕНИЙ ТОПОЛОГИИ В ПРОТОКОЛАХ МАРШРУТИЗАЦИИ

- Алгоритмы учета состояния канала связи полагаются на маршрутизаторы, имеющие общее представление о сети.
- Для достижения сходимости каждый маршрутизатор выполняет:
 - Отслеживает своих соседей: имя, рабочее состояние и стоимость линии связи;
 - Создает LSA-пакетов, в котором приводится перечень имен соседних маршрутизаторов и стоимость линий связи, а также данные о новых соседях и об изменениях в стоимости линий;
 - Посылает LSA-пакет на другие маршрутизаторы;
 - Получая LSA-пакет, записывает его в базу данных;
 - Используя накопленные данные LSA-пакетов для создания полной карты топологии сети, маршрутизатор запускает на исполнение SPF-алгоритм и рассчитывает оптимальные маршруты до каждой сети.

OSPF ОБЛАСТИ

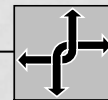
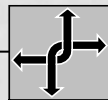
Область магистрالی

Область 1

Область 2

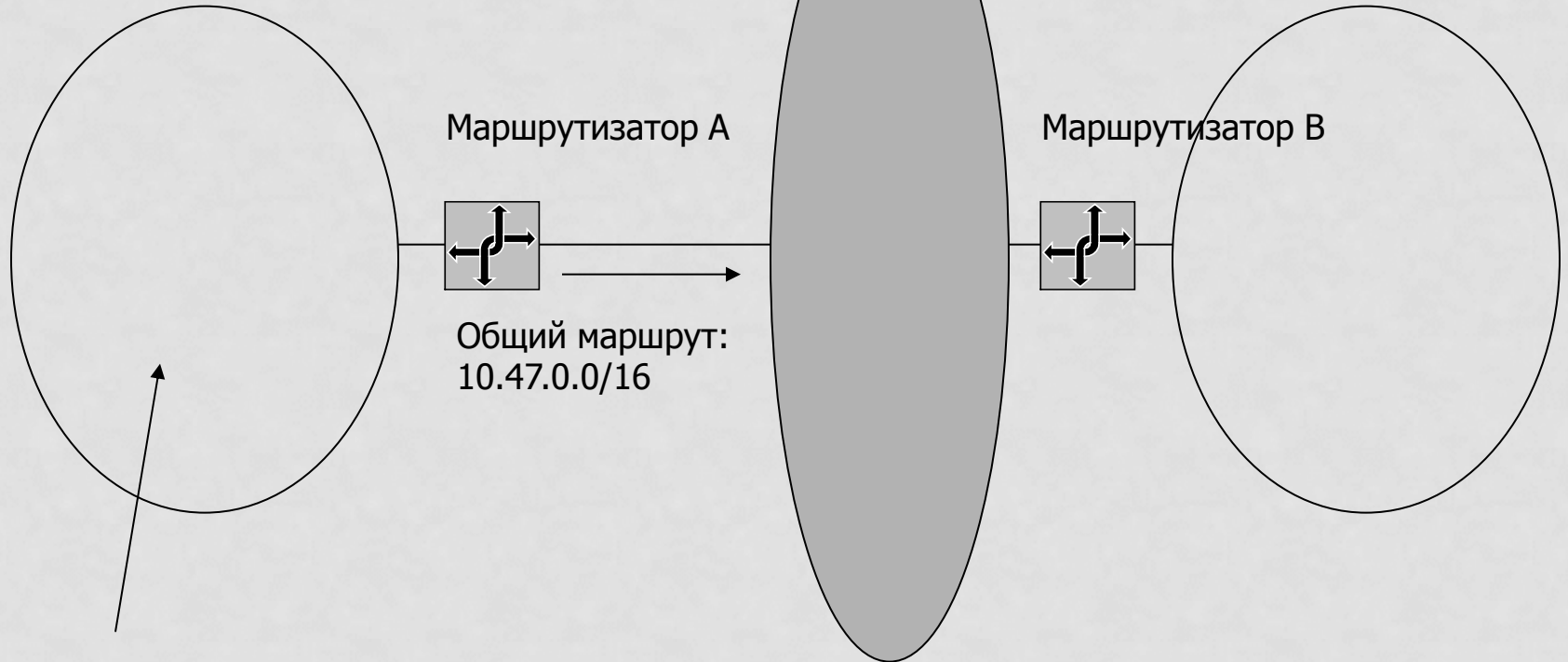
Маршрутизатор А

Маршрутизатор В



Общий маршрут:
10.47.0.0/16

Подсеть 10.47.0.0/16



СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ МАРШРУТИЗАЦИИ

- Процесс маршрутизации по вектору расстояния получает топологические данные из таблиц маршрутизации соседних маршрутизаторов.
 - Процесс маршрутизации SPF позволяет получить широкое представление обо всей топологии сетевого комплекса, собирая данные из всех LSA-пакетов;
- Процесс маршрутизации по вектору расстояния определяет лучший путь с помощью сложения метрик по мере того как таблица движется от одного маршрутизатора к другому.
 - При использовании маршрутизации SPF каждый маршрутизатор работает отдельно, вычисляя свой собственный оптимальный путь;

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ МАРШРУТИЗАЦИИ

- В большинстве протоколов маршрутизации по вектору расстояния пакеты актуализации, содержащие сведения об изменениях топологии, - периодически посылаемые пакеты актуализации таблиц.
 - Эти таблицы передаются от одного маршрутизатора к другому, что приводит к медленной сходимости;
- В протоколах маршрутизации SPF пакеты актуализации генерируются и рассылаются по факту возникновения изменения топологии.
 - Относительно небольшие LSA-пакеты передаются всем маршрутизаторам, что приводит к более быстрой сходимости при любом изменении топологии сети.