

Маршрутизация как процесс

Выполнили:
Зубарев Павел
Татаренкова Екатерина
гр. 3305

План лекции



- Понятие маршрутизации
- Классификация алгоритмов маршрутизации
- Типы алгоритмов маршрутизации
- Протоколы маршрутизации RIP и OSPF
- Устройство маршрутизатора

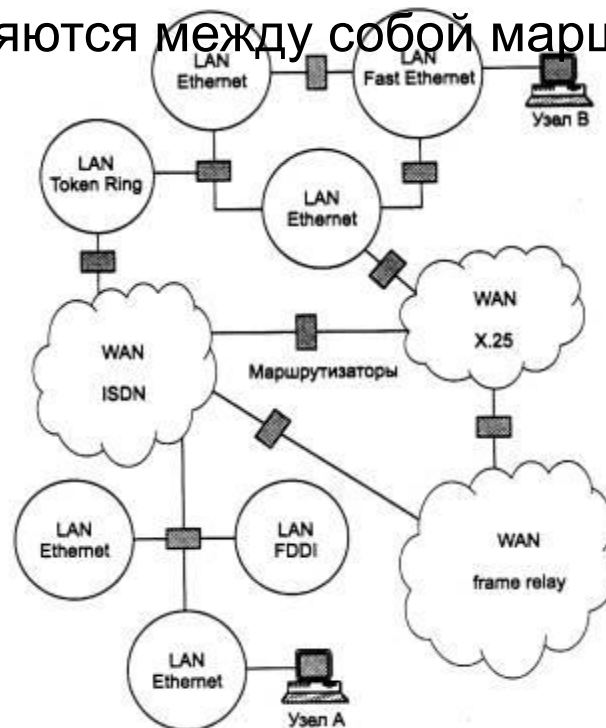
Начнём...



Напоминание о топологии сетей

Сеть в общем случае рассматривается как совокупность нескольких сетей и называется **составной сетью или интерсетью** (*internetwork* или *internet*). Сети, входящие в составную сеть, называются **подсетями** (*subnet*), составляющими сетями или просто сетями.

Подсети соединяются между собой маршрутизаторами.



Пересылаемые пакеты данных



Заголовок сетевого уровня

| | | | |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------|
| Номер посетителя назначения | Номер фрагмента пакета | Время жизни пакета | Качество услуги |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------|

Понятие маршрутизации

- **Маршрутизация** – это процесс определения на основе данных из таблицы маршрутизации оптимального пути от узла-источника к узлу-получателю в условиях избыточных связей.
- **Смысловые части маршрутизации**
 - Процесс построения таблицы маршрутизации
 - Перенаправление отдельных пакетов

Уровни работы маршрутизации

- **Сетевой уровень** (работа с таблицей маршрутизации, выбор выходного порта маршрутизатора для дальнейшей пересылки пакета)
- **Канальный уровень** (проверка контрольной суммы заголовка пакета, определение MAC-адреса получателя, отправка пакета с учетом очередности, фрагментации и фильтрации)

Интерпретация маршрутизации

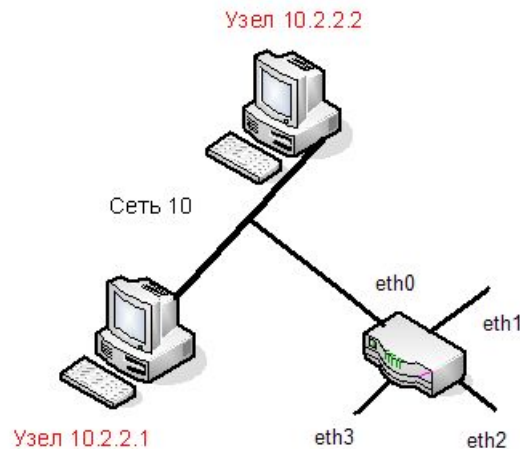


- Сеть – лужайка для игры в гольф
- Пакет данных - мяч
- Узел-получатель – лунка
- Маршрутизация на сетевом уровне – игрок, решающий в какую лунку целиться
- Маршрутизация на канальном уровне - клюшка

Маршрутизация бывает

Прямая

Доставкой пакета занимается сам узел-отправитель.

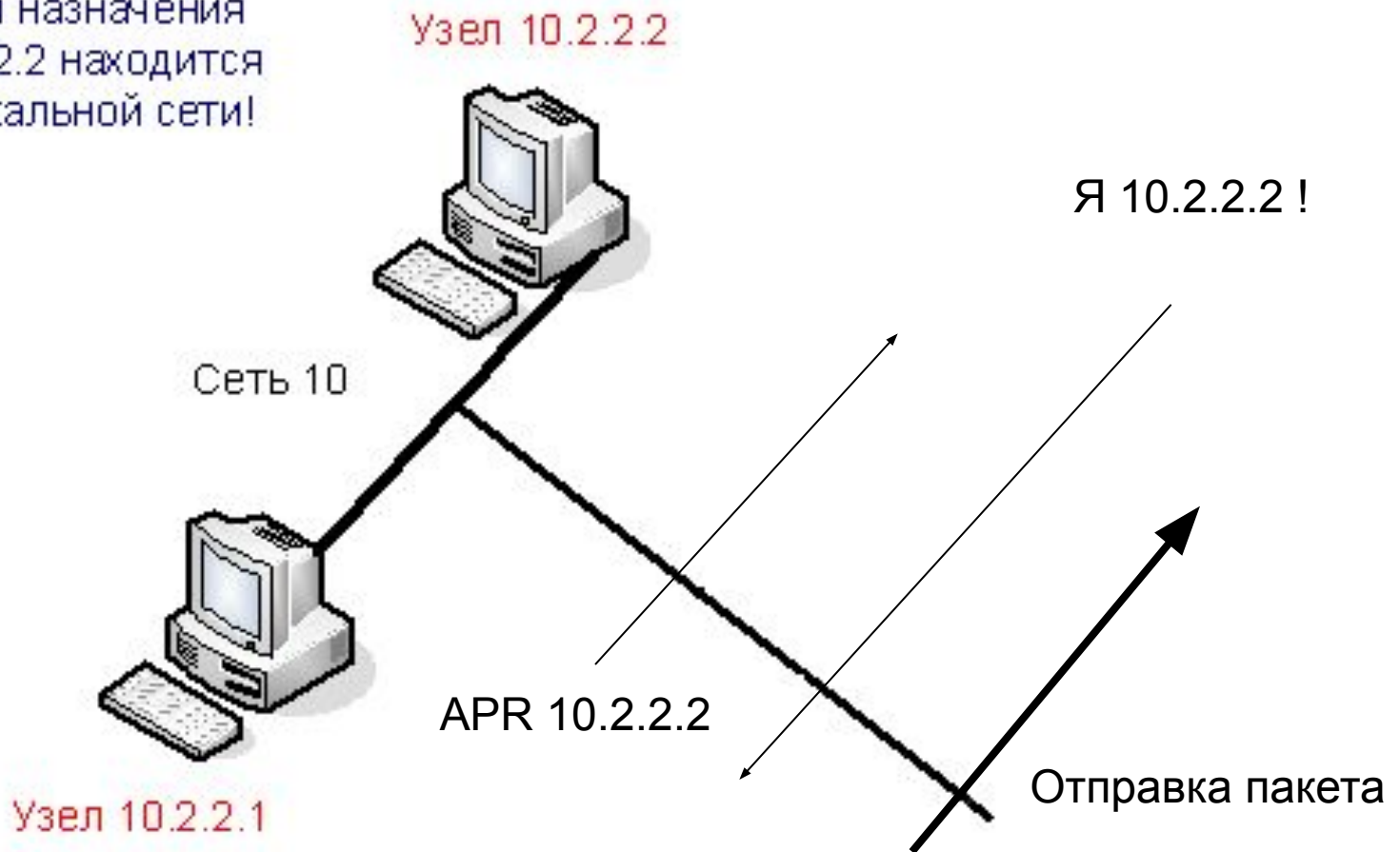


Косвенная

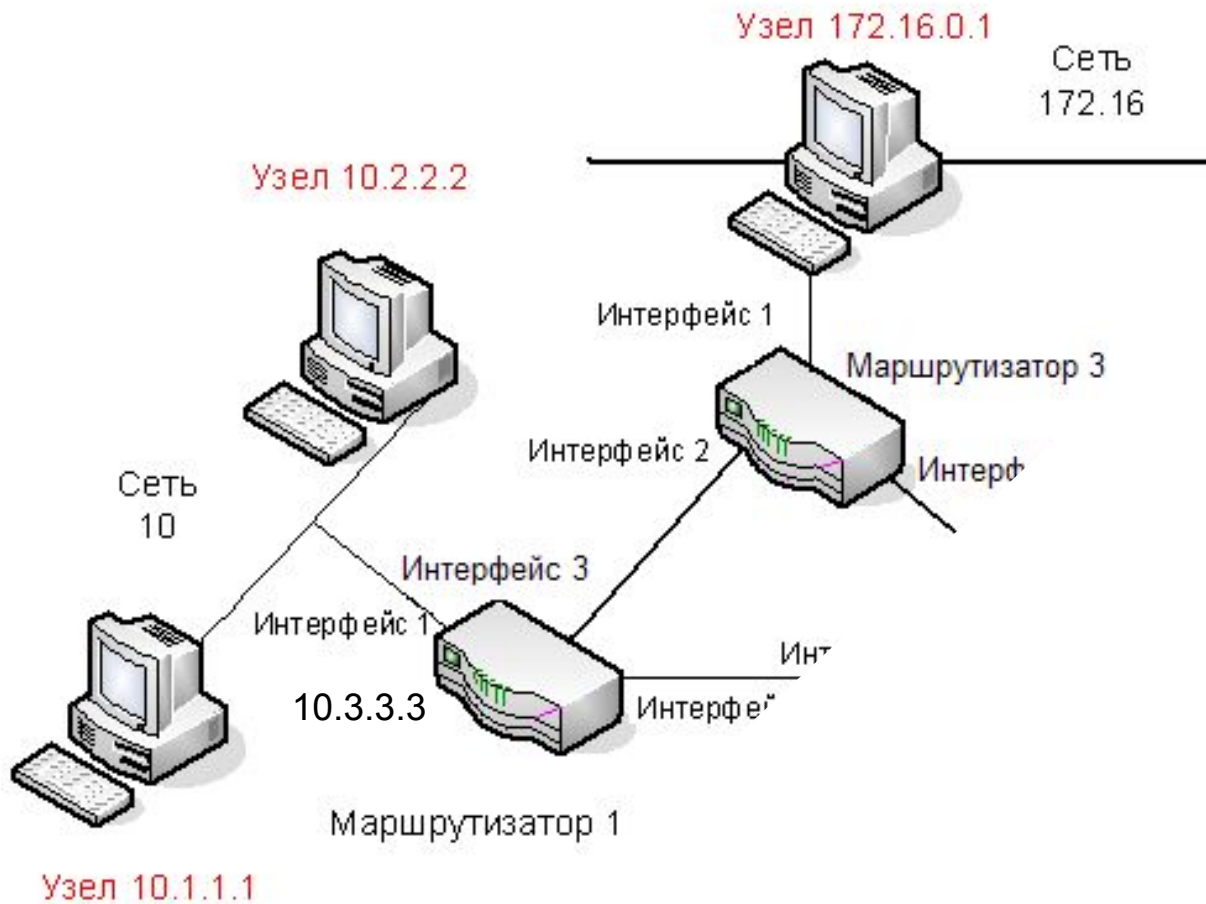
Доставкой пакета занимается маршрутизатор.

Прямая маршрутизация (в пределах одной локальной сети)

Узел назначения
10.2.2.2 находится
в локальной сети!



Косвенная маршрутизация (в Internet)



- Каждый узел в сети имеет свою собственную таблицу маршрутизации, которая содержит записи для всех сетей, известных этому узлу.
- Наиболее актуальными являются таблицы маршрутизации на маршрутизаторах
- Вид таблицы маршрутизации

| Адрес | | Номер выходного порта | Расстояние до сети назначения |
|--------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| сети назначения | следующего маршрутизатора | | |
| 56.0.0.0 | 198.21.17.7 | 1 | 20 |
| 56.0.0.0 | 213.34.12.4 | 2 | 130 |
| 116.0.0.0 | 213.34.12.4 | 2 | 1450 |
| 129.13.0.0 | 198.21.17.6 | 1 | 50 |
| 198.21.17.0 | — | 2 | 0 |
| 213.34.12.0 | — | 1 | 0 |
| Default | 198.21.17.7 | 1 | — |

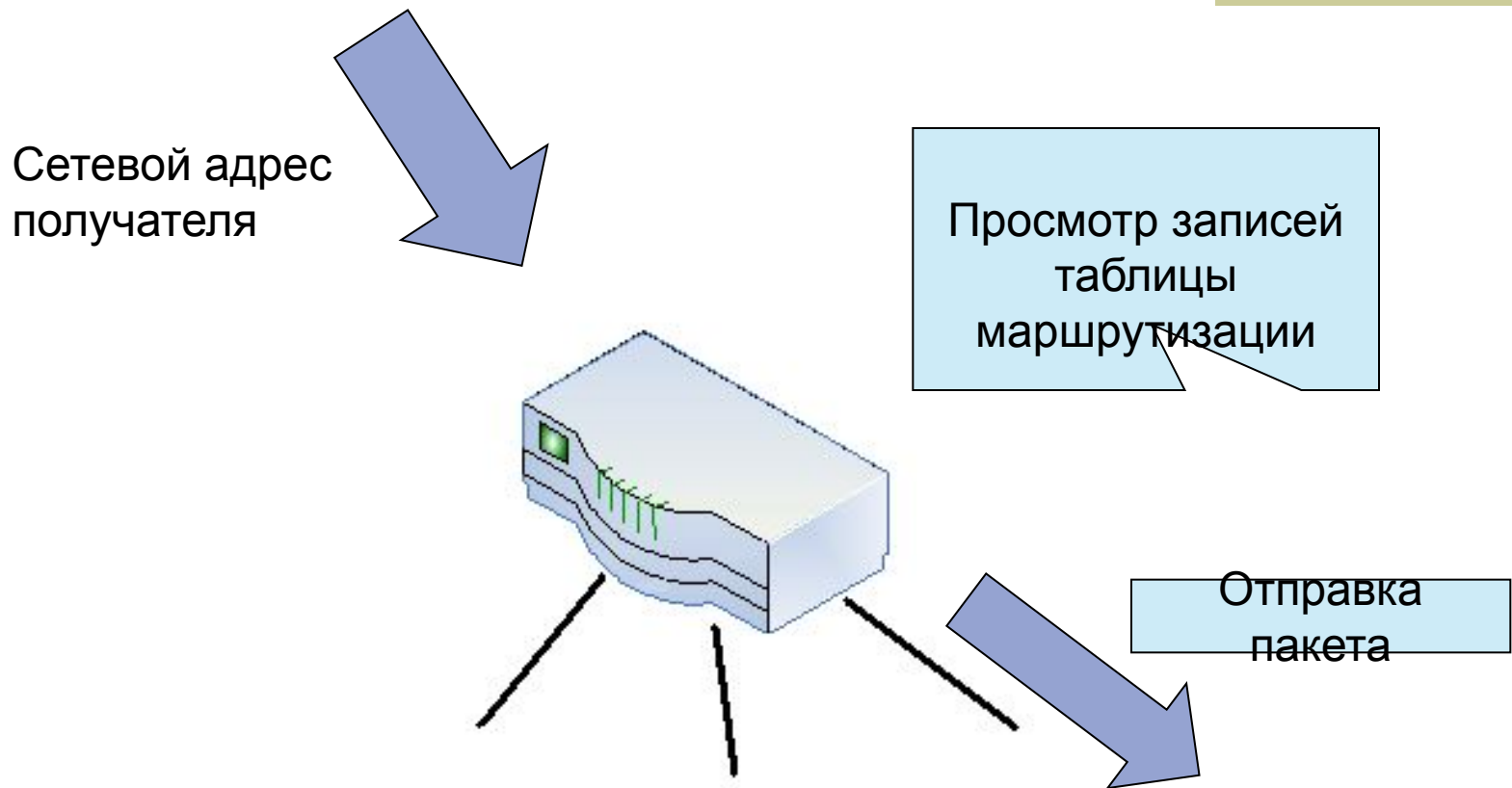
Подходы к выбору маршрута

- **Одношаговый** (каждый маршрутизатор и конечный узел принимает участие в выборе только одного шага передачи дейтаграммы)
 - Распределение задачи выбора маршрута
 - Снимает ограничение на максимальное количество маршрутизаторов в пути следования пакета
 - Протокол IP
- **От источника** (путь передачи сообщения начинает вычисляться в момент отправки; чтобы любой узел сети мог определить путь пересылки сообщения к точке назначения, он должен обладать полной информацией о состоянии сети)
 - Снижает накладные расходы на обмен сообщениями
 - протокол PNNI в сетях ATM

Источники записей в таблице маршрутизации

- Записи о непосредственно подключенных сетях и маршрутизаторах по-умолчанию.
- Адреса особого назначения (например 127.0.0.1 или адреса группы multicast).
- Записи, введенные в таблицу принудительно. (например, с помощью route).
- Протоколы маршрутизации RIP и OSPF.

Маршрутизатор как устройство доставки пакета



Выходные физические порты маршрутизатора

Выбор выходного порта осуществляется протоколом маршрутизации на основе алгоритма маршрутизации.



Алгоритмы маршрутизации



Основные требования к алгоритмам маршрутизации

- Оптимальность выбора маршрута
- Экономичность реализации
- Устойчивость
- Быстрая сходимость
- Гибкость реализации

Оптимальность



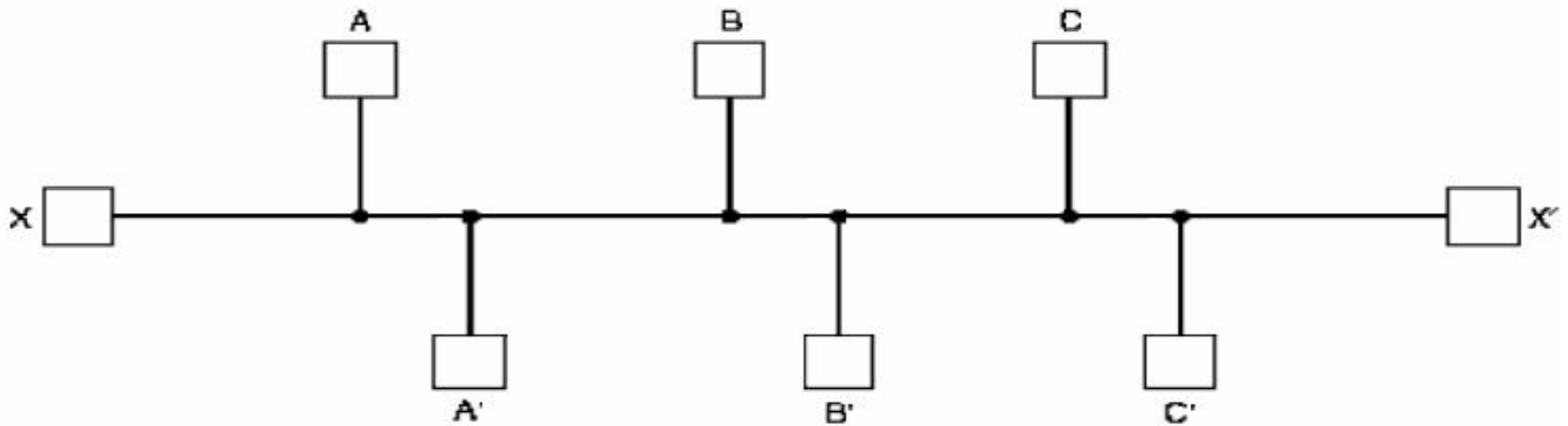
- Оптимальность, вероятно, является самой общей целью разработки. Она характеризует способность алгоритма маршрутизации выбирать "наилучший" маршрут. Наилучший маршрут зависит от показателей и от "веса" этих показателей, используемых при проведении расчета.

Возможные метрики критерия ОПТИМАЛЬНОСТИ

- **Длина маршрута**
(количество пересылок пакета или цена на каждый канал связи)
- **Надежность маршрута**
(надежность, например, отказоустойчивость каналов передачи)
- **Ширина полосы пропускания**
(мощность трафика каналов передачи)
- **Задержка при передаче пакетов**
(задержка-отрезов времени,необходимый для передвижения пакета от источника до получателя через объединенную сеть. Эта метрика сочетает в себе почти все другие метрики и является наиболее общим показателем стоимости пути)



Конфликт между оптимальностью и справедливостью маршрута



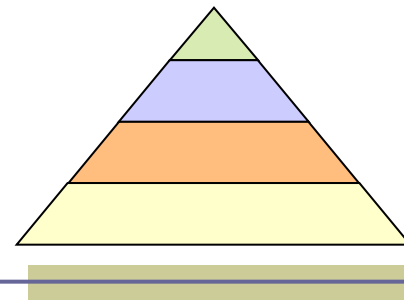
Необходим компромисс между справедливым выделением трафика всем станциям и оптимальным использованием канала в глобальной сети.

Экономичность реализации



- Алгоритм маршрутизации должен эффективно обеспечивать свои функциональные возможности, с минимальными затратами программного обеспечения и коэффициентом использования. Особенно важна эффективность в том случае, когда программа, реализующая алгоритм маршрутизации, должна работать в компьютере с ограниченными физическими ресурсами.

Устойчивость



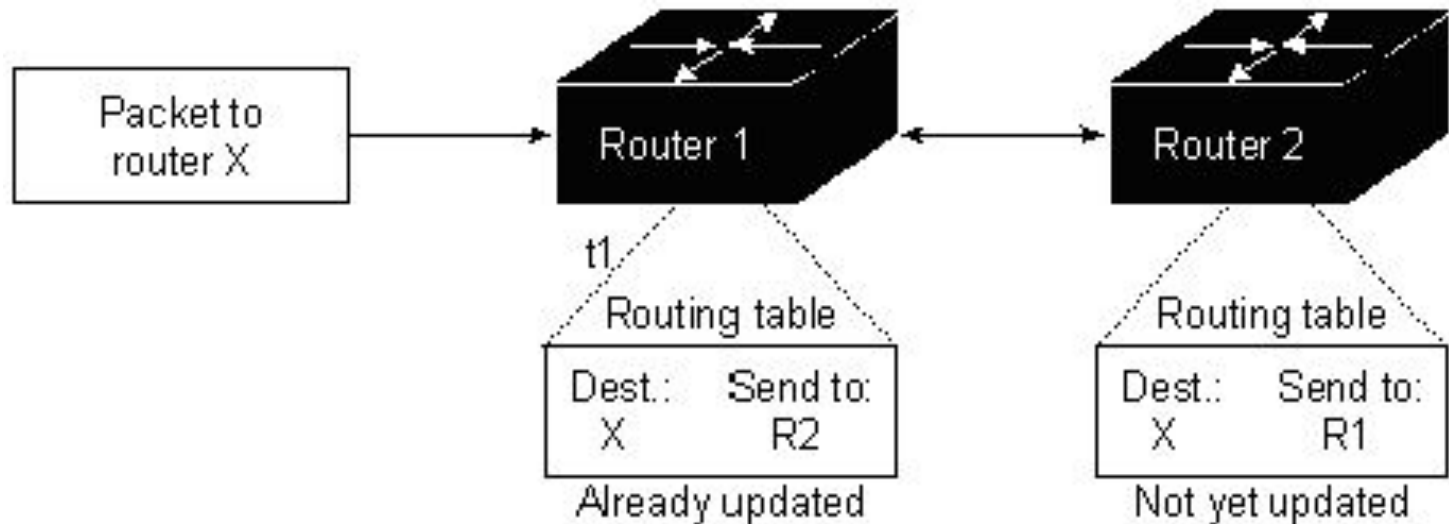
- Алгоритмы маршрутизации должны обладать устойчивостью. Другими словами, они должны четко функционировать в случае неординарных или непредвиденных обстоятельств, таких как отказы аппаратуры, условия высокой нагрузки и некорректные реализации. Т.к. маршрутизаторы расположены в узловых точках сети, их отказ может вызвать значительные проблемы.
- Часто наилучшими алгоритмами маршрутизации оказываются те, которые выдержали испытание временем и доказали свою надежность в различных условиях работы сети.

Сходимость



- Это процесс согласования между маршрутизаторами информации о топологии сети
- Это процесс соглашения между всеми маршрутизаторами по оптимальным маршрутам
- Когда какое-нибудь событие в сети приводит к тому, что маршруты или отвергаются, или становятся недоступными, маршрутизаторы рассылают сообщения об обновлении маршрутизации. Сообщения об обновлении маршрутизации пронизывают сети, стимулируя пересчет оптимальных путей и, в конечном итоге, вынуждая все маршрутизаторы прийти к соглашению по этим маршрутам
- Алгоритмы маршрутизации, которые сходятся медленно, могут привести к образованию петель маршрутизации или выходам из строя сети.

Пример сети с петлей маршрутизации



Пакет будет продолжать передаваться от R1 к R2 , пока маршрутизатор R2 не получит корректировку маршрутизации, или пока число коммутаций данного пакета не превысит допустимого максимального числа.

Алгоритмы маршрутизации

- Статические и динамические

Статическая маршрутизация

- В таких алгоритмах все записи в таблице маршрутизации являются **фиксированными**.
- **Администратор** сети руками прописывает таблицу маршрутизации.
- Таблица, как правило, создаётся в процессе загрузки, в дальнейшем она используется без изменений до тех пор, пока её содержимое не будет отредактировано вручную.
- Различают одномаршрутные и многомаршрутные таблицы.
 - Алгоритм статической маршрутизации приемлем только в небольших сетях с простой топологией.
 - Может быть эффективно использован для работы на магистралях крупных сетей.

Динамические алгоритмы

- Динамические алгоритмы маршрутизации подстраиваются к изменяющимся обстоятельствам сети в масштабе реального времени. Они выполняют это путем анализа поступающих сообщений об обновлении маршрутизации.
- Динамические алгоритмы различаются по способу получения информации о состоянии сети, времени изменения маршрутов и используемым показателям оценки маршрута.

Динамическая маршрутизация

сложный процесс, включающий:

- **Формирование маршрутов**, осуществляемое с помощью алгоритмов маршрутизации путём составления в каждом узле коммутации таблиц маршрутов пакетов
- **Реализацию маршрутов**, представляющую собой процесс управления пакетами при движении их по подсети связи до требуемого места назначения, осуществляемую с помощью специальных протоколов сетевого уровня
- **Контроль состояния сети**, в том числе анализ топологии сети, структуры потоков и задержек в узлах коммутации
- **Передачу информации** о состоянии сети, используемую для корректировки таблиц маршрутов
- **Корректировку** самих маршрутов

Виды динамической маршрутизации

(в зависимости от стратегии корректировки маршрутов)

- **Централизованная** (каждый узел сети подготавливает и в определенный момент передаёт менеджеру сети информацию о своей загрузке. На основании этой информации менеджер составляет глобальную картину состояния сети, используемую для определения наилучших маршрутов следования)
- **Распределенная** (каждый узел коммутации сам формирует свою таблицу маршрутов, используя для этого информацию, получаемую от всех узлов, находящихся на возможных путях к получателю. Узлы обмениваются информацией о своем состоянии, временных задержках и очередях пакетов)
- **Локальная** (Узел коммутации практически сам выбирает маршруты передачи пакетов, не получая информации от других узлов. Таблицы маршрутов загружаются заранее, централизованным способом)

Алгоритмы маршрутизации

- Статические или динамические
- Одномаршрутные или многомаршрутные

Одномаршрутные или многомаршрутные алгоритмы

- **Одномаршрутные** алгоритмы определяют только один маршрут. Он не всегда оказывается оптимальным.
- **Многомаршрутные** алгоритмы предлагают несколько маршрутов к одному и тому же получателю. Преимущества многомаршрутных алгоритмов очевидны – они могут обеспечить значительно большую пропускную способность и надежность, так как делают возможной мультиплексную передачу трафика по многочисленным линиям.



Алгоритмы маршрутизации

- Статические или динамические
- Одномаршрутные или многомаршрутные
- Одноуровневые или иерархические

Одноуровневые или иерархические алгоритмы

- Алгоритмы маршрутизации могут работать в сетях с одноуровневой или иерархической архитектурой.
- В одноуровневой сети все её фрагменты имеют **одинаковый приоритет**, что, как правило, обусловлено схожестью их функционального назначения.
- Иерархическая сеть содержит подсети (фрагменты сети). В таких сетях одни маршрутизаторы служат для связи внутри фрагментов сети, другие – для передачи пакетов между фрагментами.
- Иерархическая структура позволяет значительно упростить процесс управления сетью, облегчает изоляцию сегментов.

Алгоритмы маршрутизации

- Статические или динамические
- Одномаршрутные или многомаршрутные
- Одноуровневые или иерархические
- Внутридоменные или междоменные

Понятие домена



- Любой путь по иерархическому дереву "сверху вниз" называют доменом (domain). Элементы пути при этом разделяются точками.
- Если домен входит в другой домен как его составная часть то его называют поддоменом (subdomain).
- Полный путь от корня до узла дерева называют полным доменным именем (FQDN).
- Пример: images.mail.yandex.ru. - полное доменное имя; images.mail, mail.yandex.ru, yandex.ru - поддомены, images - имя узла и тоже домен.
- В Интернете домены распределяются организациями, которым InterNIC делегировал свои права по управлению доменами.

Внутридоменные или междоменные алгоритмы

- Пусть домен-это область маршрутизации, в которой работает один или несколько протоколов маршрутизации.
- Некоторые алгоритмы маршрутизации действуют только в пределах своих доменов; другие – как в пределах своих доменов, так и в смежных с ними.
- Междоменная маршрутизация применяется , если необходимо обеспечить связь между доменами с разными протоколами.



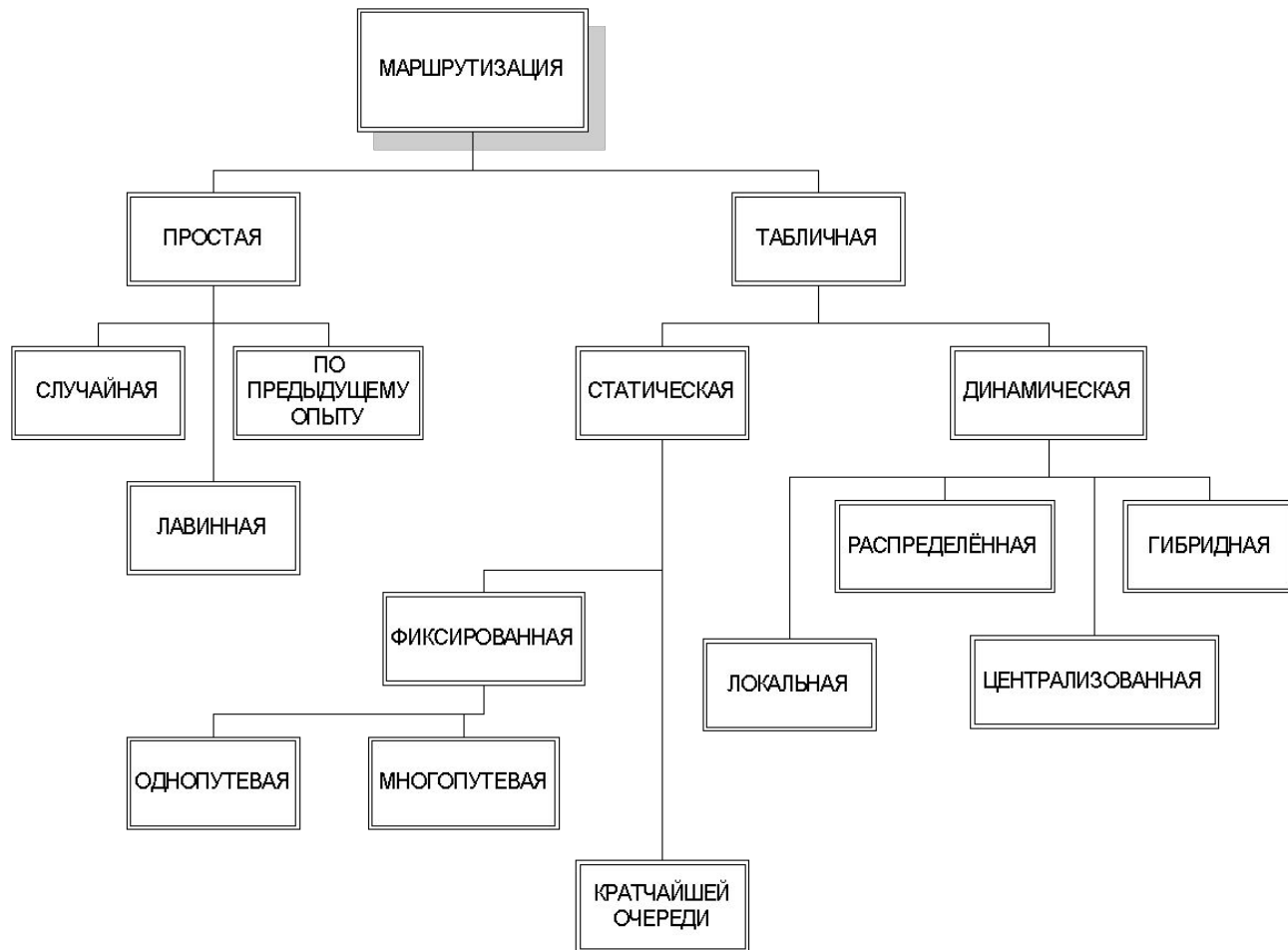
Алгоритмы маршрутизации

- Статические или динамические
- Одномаршрутные или многомаршрутные
- Одноуровневые или иерархические
- Внутридоменные или междоменные
- С интеллектом в главной ВМ или в маршрутизаторе

Алгоритмы с интеллектом в главной ВМ или в маршрутизаторе

- Некоторые алгоритмы маршрутизации предполагают, что **конечный узел** источника определяет весь маршрут. Обычно это называют маршрутизацией от источника.
- Другие алгоритмы предполагают, что главные вычислительные машины ничего не знают о маршрутах. При использовании этих алгоритмов **маршрутизаторы** определяют маршрут через объединенную сеть, базируясь на своих собственных расчетах. В первой системе, рассмотренной выше, интеллект маршрутизации находится в главной вычислительной машине. В системе, рассмотренной во втором случае, интеллектом маршрутизации наделены маршрутизаторы.

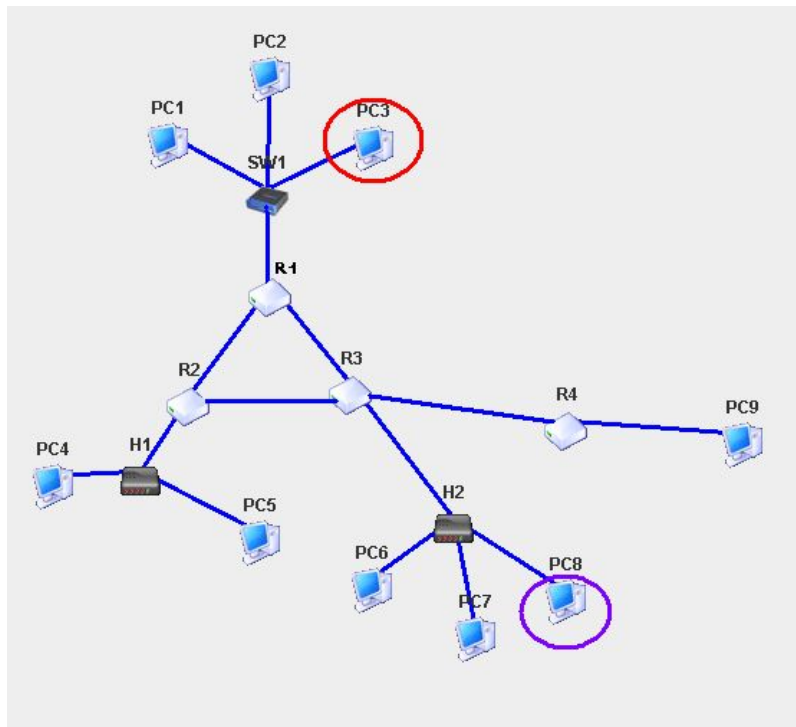
Общая иерархия алгоритмов маршрутизации



Простые алгоритмы маршрутизации

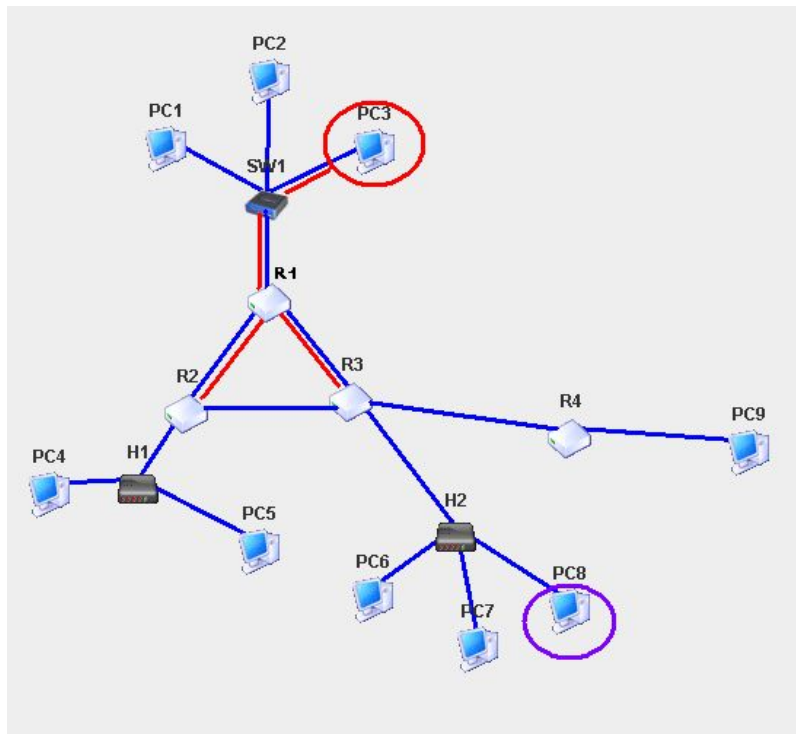
- **Случайная маршрутизация**
(дейтаграммы передаются **в любом** случайном направлении, кроме исходного)
- **Лавинная маршрутизация**
(дейтаграммы передаются **во всех** направлениях, кроме исходного)
- **Маршрутизация по предыдущему опыту**
(таблица маршрутизации составляется на основании данных, содержащихся в проходящих через маршрутизатор дейтаграммах)

Пример отправки пакета по методу лавинной маршрутизации



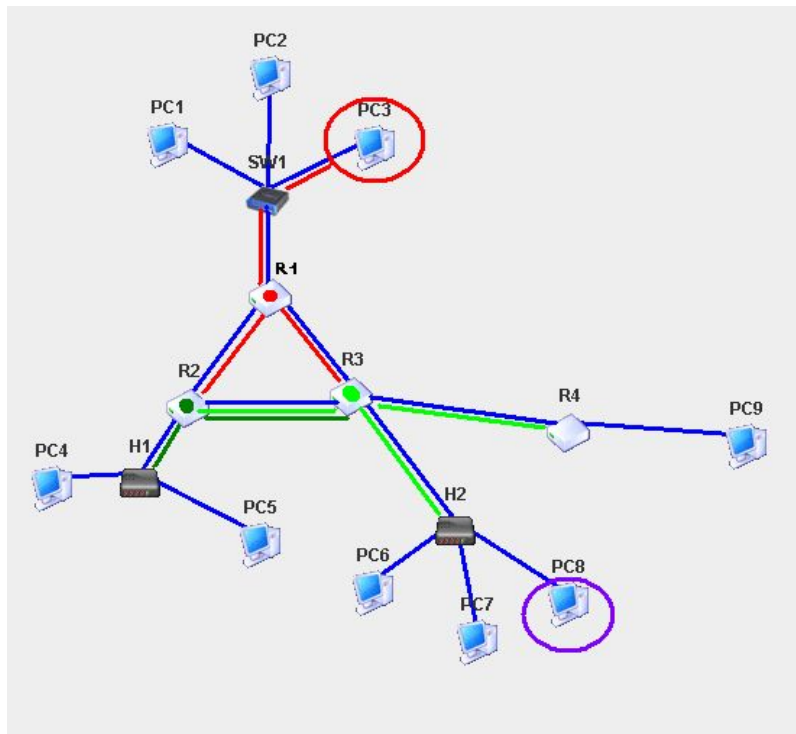
- Пусть в сети с заданной топологией необходимо послать пакет от PC1 до PC2.

Пример посылки пакета по методу лавинной маршрутизации



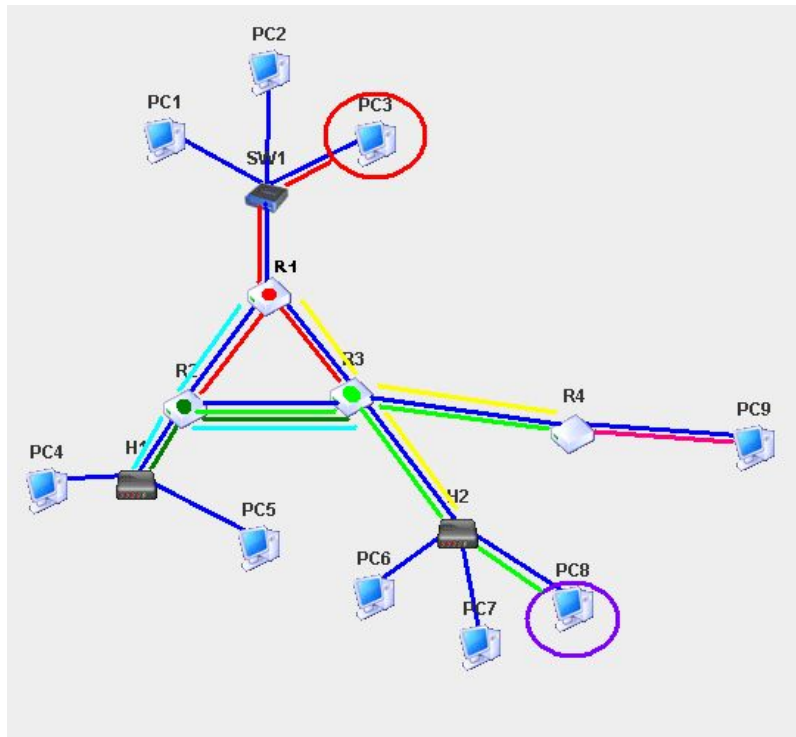
- Шаг 1
- PC1 посылает пакет PC2. Он попадает на маршрутизатор R1, который рассылает этот пакет по всем имеющимся у него связям, кроме той, по которой был получен пакет-маршрутизаторам R2 и R3.

Пример отправки пакета по методу лавинной маршрутизации



- Шаг 2
- Маршрутизаторы R2 и R3 также рассылают пакет по имеющимся у них связям, кроме тех, по которым был получен пакет от R1.

Пример отправки пакета по методу лавинной маршрутизации



- Шаг 3
- Исходный пакет через H2 попадает к компьютеру-получателю. А в это время маршрутизатор R4 посылает пакет дальше к PC8. R3 (только что получивший пакет от R2) дальше рассылает пакет, то же делает и R3.
- Таким образом, искомым получателем уже давно получил требуемый пакет, а его копии все еще бродят по сети.

Лавинная маршрутизация

- В связи с этим возникают следующие

Способы ограничения тиражируемых пакетов

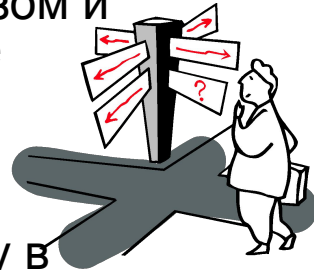
- Помещение в заголовок пакета счетчика преодоленных им транзитных участков, уменьшающийся при прохождении каждого следующего узла. Если счетчик равен нулю – пакет удаляется.
- Учет проходящих через маршрутизатор пакетов (список маршрутизаторов-источников), фактически, удаление пакета при повторном прохождении его через один и тот же узел.

Применение лавинного метода

- Несмотря на свою непрактичность, алгоритм находит применение в:
 - военных приложениях
 - распределенных базах данных
 - эталонных тестированиях других алгоритмов выбора маршрута

Маршрутизация по предыдущему опыту

- Пакеты дополнительно снабжаются **счетчиком пройденных узлов**, на основании содержимого которого формируется адрес следующего узла на пути следования пакета к получателю.
- Таким образом, на начальном этапе маршрутизации путь следования пакетов может определяться случайным образом и способом лавинного заполнения пакетов, а затем, по мере прохождения следующих пакетов, **путь их следования корректируется**.
- После прохождения первого пакета по какому-то маршруту в каждом узле коммутации **сохраняется** информация об адресе отправителя, получателя, предыдущем узле и числе пройденных узлов.
- При поступлении пакета с теми же значениями адресов отправителя и получателя, но с меньшим значением счетчика пройденных узлов, осуществляется **корректировка** маршрута в узлах коммутации.





Протоколы маршрутизации



Протоколы маршрутизации

- Определение маршрута передачи данных происходит программно. Соответствующие программные средства носят название **протоколов**.
- Протоколы зависят от алгоритма маршрутизации, который они используют, и от операционной среды, в которой они функционируют.
- протоколы маршрутизации, обменивающиеся информацией о сети:
 - Routing Information Protocol (RIP)
 - Open Shortest Path First (OSPF)
 - Integrated Intermediate System to Intermediate System (IS-IS)
 - Exterior Gateway Protocol (EGP)
 - Border Gateway Protocol (BGP)

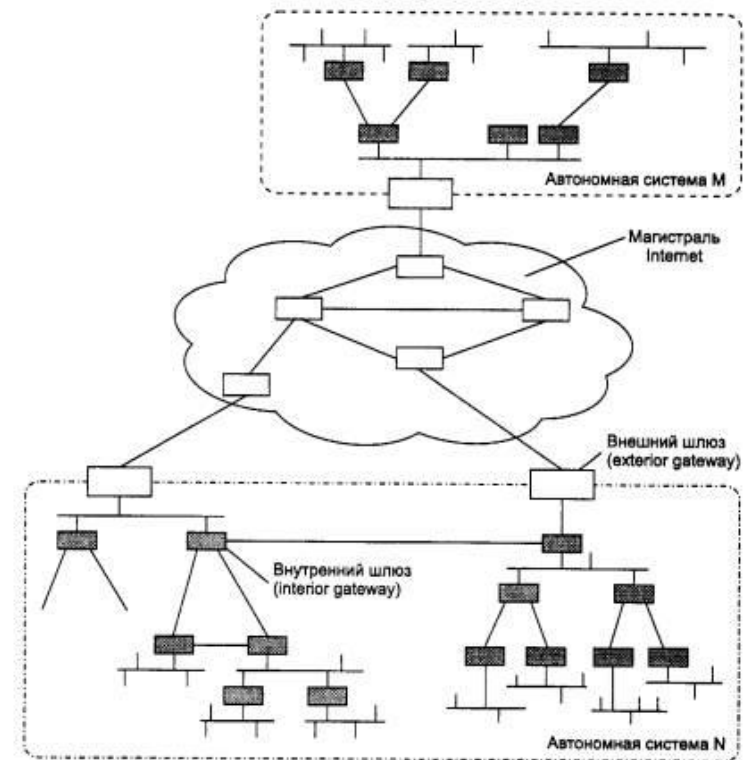
Типы протоколов

Классификация протоколов на основе типа реализуемого алгоритма определения оптимального маршрута:

- протоколы вектора расстояний
 - RIP IP, RIP IPX, AppleTalk RTMP, Cisco IGRP
- протоколы состояния канала
 - OSPF, IS-IS, Novell NLSP, Cisco EIGRP
- протоколы политики маршрутизации
 - BGP , EGP
- протоколы на статических алгоритмов
 - LAT(Local Area Transport), протокол подключения терминала и NetBIOS. Обычно с этими протоколами работают мосты

Внутренние и внешние протоколы маршрутизации Internet

- В структуре сети Internet изначально выделяют магистральную сеть (*core backbone network*) и автономные системы (*AS – autonomous systems*).
- Шлюзы (маршрутизаторы), используемые для образования сетей и подсетей внутри автономной системы, называют внутренними (*interior gateways*), а шлюзы, с помощью которых автономные системы подсоединяются к магистрали сети – внешними (*exterior gateways*).
- Протоколы маршрутизации внутри автономных систем называются протоколами внутренних шлюзов (*interior gateway protocol, IGP*), а протоколы, определяющие обмен маршрутной информацией между внешними шлюзами и шлюзами магистральной сети – протоколами внешних шлюзов (*exterior gateway protocol, EGP и border gateway protocol, BGP*)



Протокол RIP

<протокол вектора расстояний>

Протокол RIP

- Протокол RIP впервые появился в 1982 году как часть протокола TCP/IP для UNIX. Он был одним из первых протоколов обмена маршрутной информацией между маршрутизаторами в IP-сетях.
- Протокол RIP стал стандартным протоколом маршрутизации внутри отдельной автономной системы (АС), хотя он существенно ограничивает размер автономной системы. Это связано с тем, что протокол RIP не поддерживает длинные пути, которые содержат более 15 переходов.
- Протокол RIP использует алгоритм длины вектора.
- Суть алгоритма в том, что каждый маршрутизатор может вычислить **самый короткий маршрут** и соответствующее расстояние до каждой сети.
- Каждый маршрутизатор выбирает ближайший соседний маршрутизатор, который расположен на этом самом коротком пути до получателя.
- Самый короткий маршрут вычисляется по уравнению динамического программирования **Форда-Беллмана**, где в качестве критерия минимизации выбирается стоимость маршрута.
- Стоимость вычисляется по информации, имеющейся в таблицах маршрутизации всех соседних маршрутизаторов (маршрутизаторы регулярно обмениваются между собой таблицами маршрутизации)
- Протокол RIP использует в качестве метрики маршрута **количество переходов** (фактически, число маршрутизаторов), которые должна миновать дейтаграмма, прежде чем достигнет получателя.

Протокол маршрутизации RIP (протокол вектора расстояний)

Формат таблицы маршрутизации протокола RIP

| IP-адрес целевой сети | Количество переходов до целевой сети | Адрес первого маршрутизатора на пути к целевой сети | Идентификатор соседнего маршрутизатора, который является источником этой информации | Таймер обновления таблицы маршрутизации |
|-----------------------|--------------------------------------|---|---|---|
|-----------------------|--------------------------------------|---|---|---|

Первым двум полям записи мы обязаны появлению термина **вектор состояния**, так как место назначения пакета – это направление вектора, а метрика – его длина.

Периодически (раз в 30 сек) каждый маршрутизатор посылает широковещательно копию своей маршрутной таблицы всем соседям-маршрутизаторам, с которыми связан непосредственно.

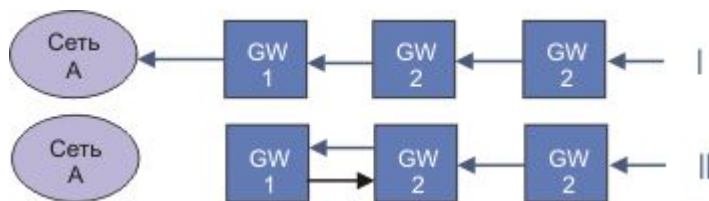
Маршрутизатор-получатель просматривает таблицу. Если в таблице присутствует новый путь или сообщение о более коротком маршруте, или произошли изменения длин пути, эти изменения фиксируются получателем в своей маршрутной таблице.

Типы ошибок

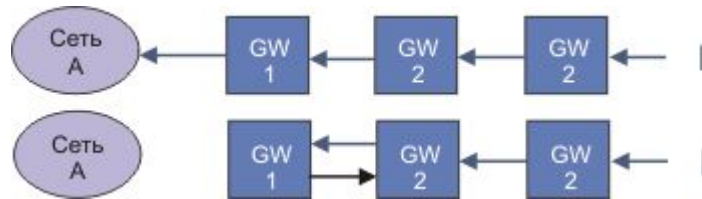
- Протокол RIP должен быть способен обрабатывать три типа ошибок:
 - **Циклические маршруты**. Так как в протоколе нет механизмов выявления замкнутых маршрутов, необходимо либо слепо верить партнерам, либо принимать меры для блокировки такой возможности.
 - Для подавления **нестабильностей RIP** должен использовать малое значение максимально возможного числа шагов (<16).
 - **Медленное распространение** маршрутной информации по сети создает проблемы при динамичном изменении маршрутной ситуации (система не поспевает за изменениями). Малое предельное значение метрики улучшает сходимость, но не устраняет проблему.

Петля маршрутизации

- Несоответствие маршрутной таблицы реальной ситуации типично не только для RIP, но характерно для всех протоколов, базирующихся на векторе расстояния, где информационные сообщения актуализации несут в себе только пары кодов: адрес места назначения и расстояние до него. Пояснение проблемы дано на рисунке ниже.



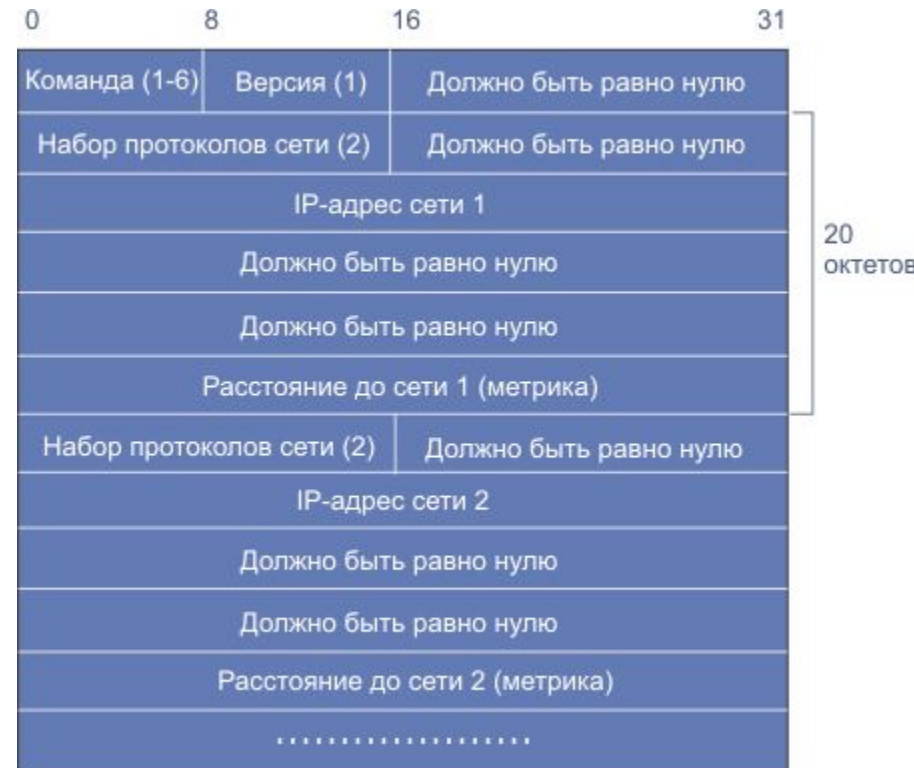
- На верхней части рисунка показана ситуация, когда маршрутизаторы указывают маршрут до сети в соответствии со стрелками. На нижней части связь на участке GW1 <Сеть а> оборвана, а GW2 по-прежнему продолжает оповещать о ее доступности с числом шагов, равным 2. При этом GW1, восприняв эту информацию (если GW2 успел передать свою маршрутную информацию раньше GW1), может перенаправить пакеты, адресованные сети **А**, на GW2, а в своей маршрутной таблице будет характеризовать путь до сети А метрикой 3. При этом формируется замкнутая петля маршрутов. Последующая ширококовещательная передача маршрутных данных GW1 и GW2 не решит эту проблему быстро. Так после очередного обмена путь от gw2 до сети А будет характеризоваться метрикой 5. Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока метрика не станет равной 16, а это займет слишком много циклов обмена маршрутной информацией.



- Проблема может быть решена следующим образом.
- Маршрутизатор запоминает, через какой интерфейс получена маршрутная информация, и через этот интерфейс эту информацию уже не передает.
- В рассмотренном выше примере GW2 не станет посылать информацию о пути к сети А маршрутизатору GW1, от которого он получил эти данные. В этом случае в маршрутной таблице GW1 путь до А исчезнет сразу. Остальные маршрутизаторы узнают о недостижимости сети А через несколько циклов. Существуют и другие пути преодоления медленных переходных процессов. Если производится оповещение о коротком пути, все узлы-получатели воспринимают эти данные немедленно. Если же маршрутизатор закрывает какой-то путь, его отмена фиксируется остальными лишь по тайм-ауту.
- Универсальным методом исключения ошибок при маршрутизации является использование достаточно большой выдержки, перед тем как использовать информацию об изменении маршрутов. В этом случае к моменту изменения маршрута эта информация станет доступной всем участникам процесса маршрутизации. Но все перечисленные методы и некоторые другие известные алгоритмы, решая одну проблему, часто вносят другие.
- Многие из этих методов могут при определенных условиях вызвать лавину широковещательных сообщений, что также дезорганизует сеть. Именно малая скорость установления маршрутов в RIP (и других протоколах, ориентированных на вектор расстояния) и является причиной их постепенного вытеснения другими протоколами.

Формат сообщения RIP

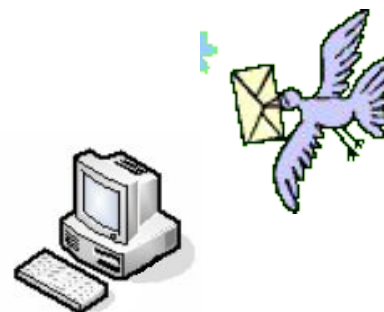
- Поле **Команда** может иметь значения:
 - 1-запрос на получение частичной или полной маршрутной информации
 - 2-отклик, содержащий информацию о расстояниях из маршрутной таблицы отправителя
 - 3-включение режима трассировки (устарело)
 - 4-выключение режима трассировки (устарело)
 - 5-6 зарезервированы для внутренних целей Sun Microsystems
- Поле **Версия** для RIP равно 1.
- Поле **Набор протоколов сети** определяет набор протоколов, которые используются в соответствующей сети (для Интернет это поле имеет значение 2).
- Поле **Расстояние до сети** содержит целое число шагов (от 1 до 15) до данной сети. В одном сообщении может присутствовать информация о 25 маршрутах.
- При реализации RIP можно выделить следующие режимы:
 - **Инициализация**, определение всех "живых" интерфейсов путем посылки запросов, получение таблиц маршрутизации от других маршрутизаторов. Часто используются широковещательные запросы.
 - **Получен запрос**. В зависимости от типа запроса высылается адресату полная таблица маршрутизации, или проводится индивидуальная обработка.
 - **Получен отклик**. Проводится коррекция таблицы маршрутизации (удаление, исправление, добавление).



Обновление RIP-таблицы маршрутизации

Когда сообщения об обновлении маршрута приходят на маршрутизатор, он обновляет свою таблицу маршрутизации в соответствии со следующими правилами:

- Если новое количество переходов меньше, чем текущее (для конкретной записи), маршрутизатор примет новый маршрут.
- Если передающий маршрутизатор является источником информации для существующей записи, то принявший сообщение маршрутизатор будет использовать новое значение количества переходов, даже если оно больше, чем старое.



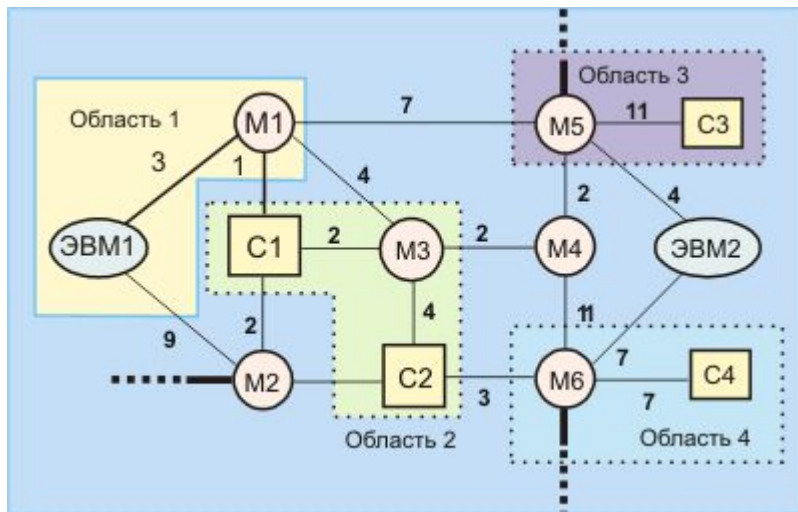
Протокол OSPF

<протокол состояния каналов>

Протокол OSPF

- Протокол OSPF (Open Shortest Path First) принят в 1991 году. Он ориентирован на применение в больших распределенных сетях.
- OSPF вычисляет маршруты в сетях IP, работая совместно с другими протоколами обмена маршрутной информацией.
- Протокол основан на алгоритме состояния канала.
- Суть этого алгоритма состоит в том, что он должен вычислить **кратчайший путь**. При этом “кратчайший” не означает, что путь физически короче.
- Маршрутизатор отправляет запросы всем соседним маршрутизаторам, находящимся с ним в одном домене маршрутизации, для выявления состояния каналов до них и далее от них.
- Состояние канала характеризуется несколькими параметрами – **метриками**.
- Обобщив полученные сведения, этот маршрутизатор сообщает их всем соседям.
- Далее маршрутизатор строит кратчайший путь.
- По совокупности информации (полученной и вычисленной) создается таблица маршрутизации.

Области OSPF



Пример выделения областей при OSPF маршрутизации в автономной системе

(M - маршрутизаторы; с - сети).

Маршрутизаторы M4 и M2 выполняют функции опорной сети для других областей. В выделенных областях может быть любое число маршрутизаторов. Более толстыми линиями выделены связи с другими автономными системами.

- Протокол OSPF вводит понятие области маршрутизации.
- Большая сеть как бы разбивается на несколько областей с независимой маршрутизацией.
- Маршрутизаторы внутри одной области не обмениваются информацией с маршрутизаторами другой области
- Это сокращает объем служебной информации и размер баз данных маршрутизаторов.
- Области OSPF связываются друг с другом с помощью специально выделенных маршрутизаторов, которые должны содержать базу данных с информацией об обеих областях. Они работают как фильтры сообщений маршрутизации, не выпуская их из области

Формат сообщения OSPF

- Поле **Версия** определяет версию протокола (= 2).
- Поле **Тип** идентифицирует функцию сообщения как:
 - 1- Hello (используется для проверки доступности маршрутизатора)
 - 2-описание базы данных (топология сети)
 - 3-запрос состояния канала
 - 4-изменение состояния канала
 - 5-подтверждение получения сообщения о статусе канала
- Поле **Длина пакета** определяет длину блока в октетах, включая заголовок.
- **Идентификатор области** - 32-битный код, идентифицирующий область, которой данный пакет принадлежит. Все OSPF-пакеты ассоциируются с той или иной областью. Большинство из них не преодолевает более одного шага. Пакеты, путешествующие по виртуальным каналам, помечаются идентификатором опорной области (backbone) 0.0.0.0.
- Поле **Контрольная сумма** содержит контрольную сумму IP-пакета, включая поле **типа идентификации**. Контрольное суммирование производится по модулю 1.
- Поле **Тип идентификации** может принимать значения 0 при отсутствии контроля доступа, и 1 при наличии контроля. В дальнейшем функции поля будут расширены.



HELLO-сообщения

- Важную функцию в OSPF-сообщениях выполняет одно-октетное поле *опции*, оно присутствует в сообщениях типа Hello, объявление состояния канала и описание базы данных. Особую роль в этом поле играют младшие биты E и T:



Формат поля *опции*

- Бит E характеризует возможность внешней маршрутизации и имеет значение только в сообщениях типа Hello, в остальных сообщениях этот бит должен быть обнулен. Если E=0, то данный маршрутизатор не будет посылать или принимать маршрутную информацию от внешних автономных систем. Бит T определяет сервисные возможности маршрутизатора (TOS). Если T=0, это означает, что маршрутизатор поддерживает только один вид услуг (TOS=0) и он не пригоден для маршрутизации с учетом вида услуг. Такие маршрутизаторы, как правило, не используются для транзитного трафика.
- Протокол OSPF использует сообщение типа Hello для обмена данными между соседними маршрутизаторами. Структура пакетов этого типа изображена на рисунке справа.

Hello- широковещательные сообщения для получения статусной информации.

224.0.0.5 для всех маршрутизаторов

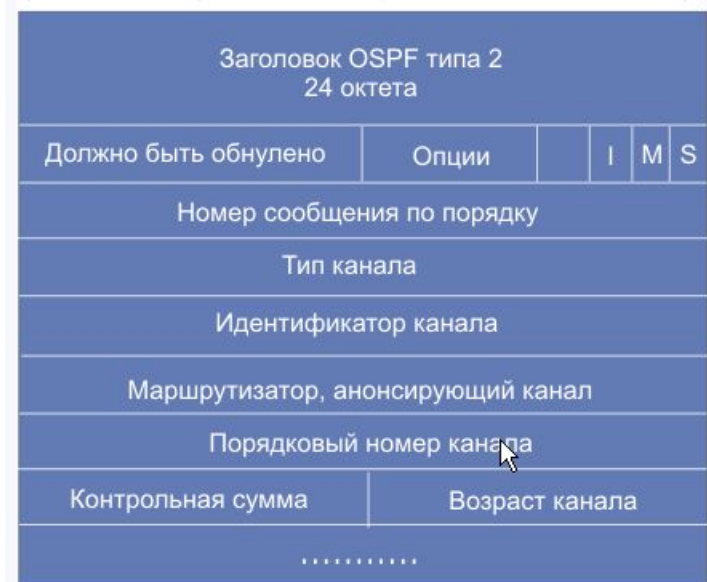
224.0.0.6 для выделенного маршрутизатора



В заголовке OSPF-пакета поле тип=1 указывает на то, что это HELLO-сообщение

Обмен сообщениями

- Маршрутизаторы обмениваются сообщениями из баз данных OSPF, чтобы инициализировать, а в дальнейшем актуализовать свои базы данных, характеризующие топологию сети. Обмен происходит в режиме клиент-сервер. Клиент подтверждает получение каждого сообщения. Формат пересылки записей из базы данных представлен на рисунке.
- Поля, начиная с **Тип канала**, повторяются для каждого описания канала. Так как размер базы данных может быть велик, её содержимое может пересылаться по частям. Для реализации этого используются биты I и M. Бит **I** устанавливается в 1 в стартовом сообщении, а бит **M** принимает единичное состояние для сообщения, которые являются продолжением. Бит **S** определяет то, кем послано сообщение (S=1 для сервера, S=0 для клиента, этот бит иногда имеет имя MS).
- Поле **Номер сообщения по порядку** служит для контроля пропущенных блоков. Первое сообщение содержит в этом поле случайное целое число M, последующее M+1, M+2, ... M+L.



В заголовке OSPF-пакета поле тип=2 говорит, что это описание маршрутной базы данных. Выделенный блок полей пакета повторяется по числу описываемых каналов. Эта область является заголовком описания состояния канала.

Обмен сообщениями

- Поле **Тип канала** может принимать значения:
 - 1-описание каналов маршрутизатора, то есть состояния его интерфейсов
 - 2-описание сетевых каналов. Это перечень маршрутизаторов непосредственно связанных с сетью.
 - 3-4-Сводное описание каналов, куда входят маршруты между отдельными областями сети. Эта информация поступает от пограничных маршрутизаторов этих зон. Тип 3 приписан маршрутам, ведущим к сетям, а тип 4 характеризует маршруты, ведущие к пограничным маршрутизаторам автономной системы.
 - 5-описание внешних связей автономных систем
- Поле **Идентификатор канала** определяет его характер, в зависимости от этого идентификатором может быть IP-адрес маршрутизатора или сети.
- **Маршрутизатор, рекламирующий канал** определяет адрес этого маршрутизатора.
- Поле **Порядковый номер канала** позволяет маршрутизатору контролировать порядок прихода сообщений и их потерю.
- Поле **Возраст канала** определяет время в секундах с момента установления связи.



В заголовке OSPF-пакета поле тип=2 говорит, что это описание маршрутной базы данных. Выделенный блок полей пакета повторяется по числу описываемых каналов. Эта область является заголовком описания состояния канала.

Обмен сообщениями

- Сообщения об изменениях маршрутов могут быть вызваны следующими причинами:
 1. Возраст маршрута достиг предельного значения (Isrefreshtime).
 2. Изменилось состояние интерфейса.
 3. Произошли изменения в маршрутизаторе сети.
 4. Произошло изменение состояния одного из соседних маршрутизаторов.
 5. Изменилось состояние одного из внутренних маршрутов (появление нового, исчезновение старого и т.д.)
 6. Изменение состояния межзонного маршрута.
 7. Появление нового маршрутизатора, подключенного к сети.
 8. Вариация виртуального маршрута одним из маршрутизаторов.
 9. Возникли изменения одного из внешних маршрутов.
 10. Маршрутизатор перестал быть пограничным для данной автономной системы (например, перезагрузился).

Маршрутная таблица OSPF содержит в себе

- IP-адрес места назначения и маску
- тип места назначения (сеть, граничный маршрутизатор и т. д.)
- тип функции (возможен набор маршрутизаторов для каждой из функций TOS)
- область (описывает область, связь с которой ведет к цели, возможно несколько записей данного типа, если области действия граничных маршрутизаторов перекрываются)
- тип пути (характеризует путь как внутренний, межобластной или внешний, ведущий к AS)
- цена маршрута до цели
- очередной маршрутизатор, куда следует послать дейтаграмму
- объявляющий маршрутизатор (используется для межобластных обменов и для связей автономных систем друг с другом)

Характеристика OSPF-протокола

■ Преимущества OSPF:

- Для каждого адреса может быть несколько маршрутных таблиц, по одной на каждый вид IP-операции (TOS).
- Каждому интерфейсу присваивается безразмерная цена, учитывающая пропускную способность, время транспортировки сообщения. Для каждой IP-операции может быть присвоена своя цена (коэффициент качества).
- При существовании эквивалентных маршрутов OSPF распределяет поток равномерно по этим маршрутам.
- Поддерживается адресация подсетей (разные маски для разных маршрутов).
- При связи точка-точка не требуется IP-адрес для каждого из концов. (Экономия адресов!)
- Применение мультикастинга вместо широковещательных сообщений снижает загрузку не вовлеченных сегментов.
- Обладает большой сходимостью, поэтому предотвращает возникновение петель маршрутизации
- Протокол поддерживает области маршрутизации. Это позволяет администраторам разделять автономную систему на отдельные части с изоляцией сетевого трафика и маршрутизации
- Процесс аутентификации при обмене информацией между маршрутизаторами

■ Недостатки:

- Трудно получить информацию о предпочтительности каналов для узлов, поддерживающих другие протоколы, или со статической маршрутизацией.
- OSPF является лишь внутренним протоколом.

Протокол BGP

<протокол политики маршрутизации>

BGP

- BGP отличается от RIP и OSPF тем, что использует TCP в качестве транспортного протокола. Две системы, использующие BGP, связываются друг с другом и пересылают посредством TCP полные таблицы маршрутизации. В дальнейшем обмен идет только в случае каких-то изменений. ЭВМ, использующая BGP, не обязательно является маршрутизатором. Сообщения обрабатываются только после того, как они полностью получены.
- BGP является протоколом, ориентирующимся на вектор расстояния. BGP регулярно (каждые 30сек) посылает соседям TCP-сообщения, подтверждающие, что узел жив (это не тоже самое что "Keepalive" функция в TCP).
- Если два BGP-маршрутизатора попытаются установить связь друг с другом одновременно, такие две связи могут быть установлены. Такая ситуация называется столкновением, одна из связей должна быть ликвидирована.

Другие протоколы

- **ES-IS (End system to Intermediate system protocol)**
 - Протокол OSI, при котором конечная система анонсирует сама себя системе-посреднику (intermediate system).
 - **IS-IS: Intermediate System to Intermediate System protocol**
 - Протокол OSI, с помощью которого промежуточные системы (intermediate systems) обмениваются информацией о маршрутизации.
- DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol)**

Групповой протокол маршрутизации, базирующийся на RIP IP (RFC 1075). В настоящее время наибольший объем группового трафика передается с помощью данного протокола. Однако, в силу заложенных в него ограничений он не применим как базовый протокол в больших распределенных сетях.

Другие протоколы

- **MOSPF (Multicast Open Shortest Path First)**
Групповой протокол маршрутизации, базирующийся на OSPF (RFC 1584). Позволяет использовать маршрутизатору свою базу данных состояния канала для построения деревьев доставки и последующей маршрутизации группового трафика. В настоящее время является наиболее оптимальным протоколом передачи группового трафика в больших распределенных сети.
- **PIM (Protocol Independent Multicast)**
Групповой протокол маршрутизации. При своей работе требует применения одного из протоколов маршрутизации, относящегося или к классу IGP (RIP, OSPF и т.д.), или к EGP. Протокол поддерживает два режима для различных сред: PIM DM и PIM SM. Является конкурентом протоколу MOSPF в больших распределенных сетях. Однако, он довольно сложен в применении и, кроме того, находится пока на стадии доработки.



Маршрутизатор



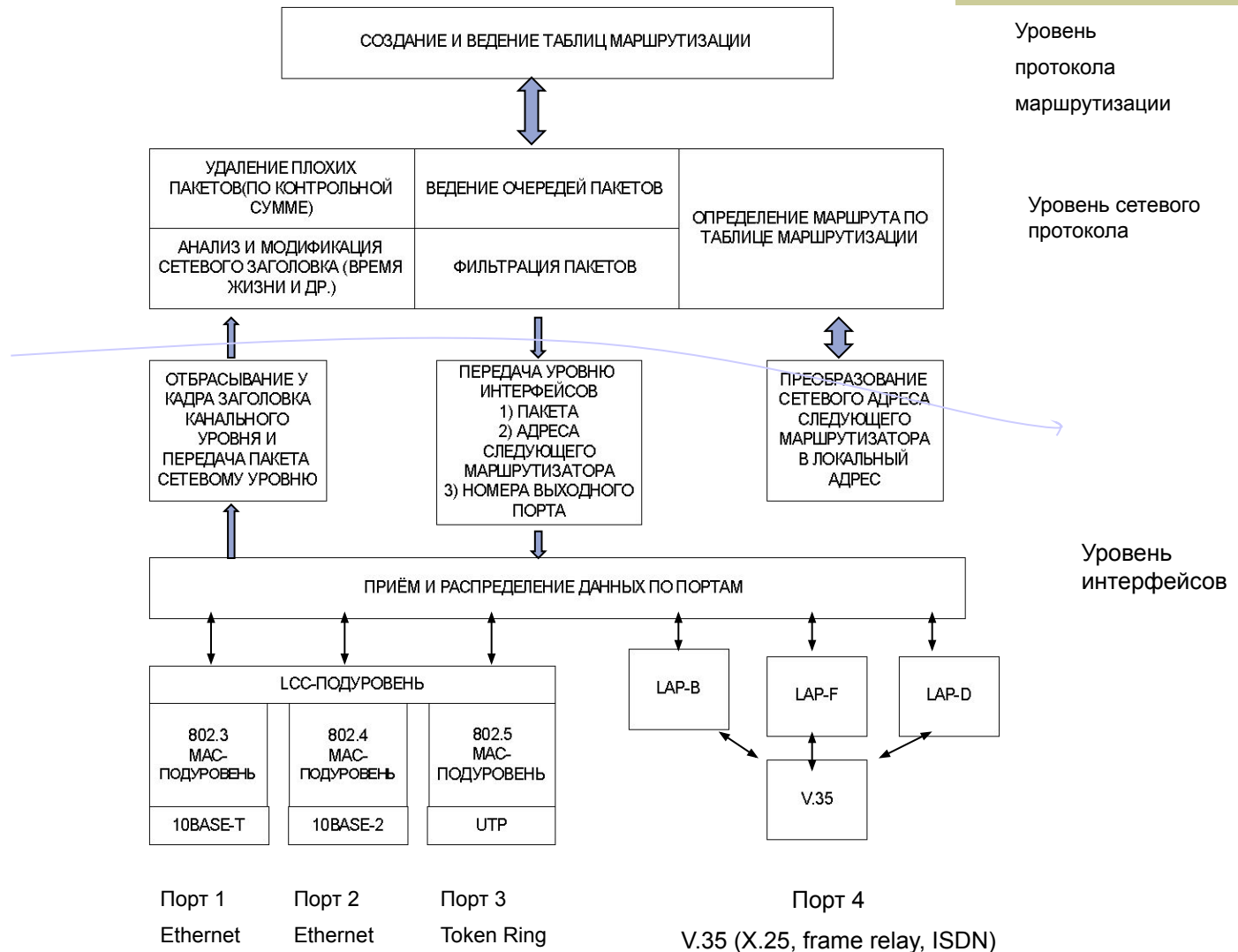
Маршрутизаторы

- **Маршрутизатор** – это устройство сетевого уровня на эталонной модели OSI, использующее одну и более метрик для определения оптимального пути передачи сетевого трафика на основании информации сетевого уровня.
- **Функции маршрутизатора:**
 - Чтение заголовков пакетов сетевых протоколов
 - Построение таблицы маршрутизации
 - Определение на её основе маршрута
 - Буферизация
 - Фрагментация
 - Фильтрация поступающих пакетов
 - Поддержка сетевых интерфейсов

Выбор пути маршрутизатором

- Когда маршрутизатор получает пакет, он считывает адрес назначения и определяет по какому маршруту отправить пакет.
- Выбор маршрута зависит от:
 - применяемой системы измерения длины маршрута(его метрики)
 - маршрутизируемого протокола высокого уровня
 - топологии сети

Структура маршрутизатора



Функции маршрутизатора на уровне интерфейса

- **Обеспечивание физического интерфейса со СПД:**
 - согласование уровней электрических сигналов
 - линейное и логическое кодирование
 - оснащение определённым типом разъёма
- **Физический интерфейс** – комбинация портов для подсоединения ЛВС и ГВС. С каждым интерфейсом неразрывно связан определённый протокол канального уровня – например, Ethernet, Token Ring, FDDI.
- Разница между интерфейсами ЛВС и ГВС объясняется тем, что технологии локальных сетей работают по собственным стандартам физического уровня, поэтому интерфейс для ЛВС есть сочетание физического и канального уровней.
- **Интерфейсы маршрутизатора** выполняют полный набор функций физического и канального уровней по передаче кадра, включая получение доступа к среде (если это необходимо), формирование битовых сигналов, прием кадра, подсчет его контрольной суммы и передачу поля данных кадра верхнему уровню, в случае если контрольная сумма имеет корректное значение.

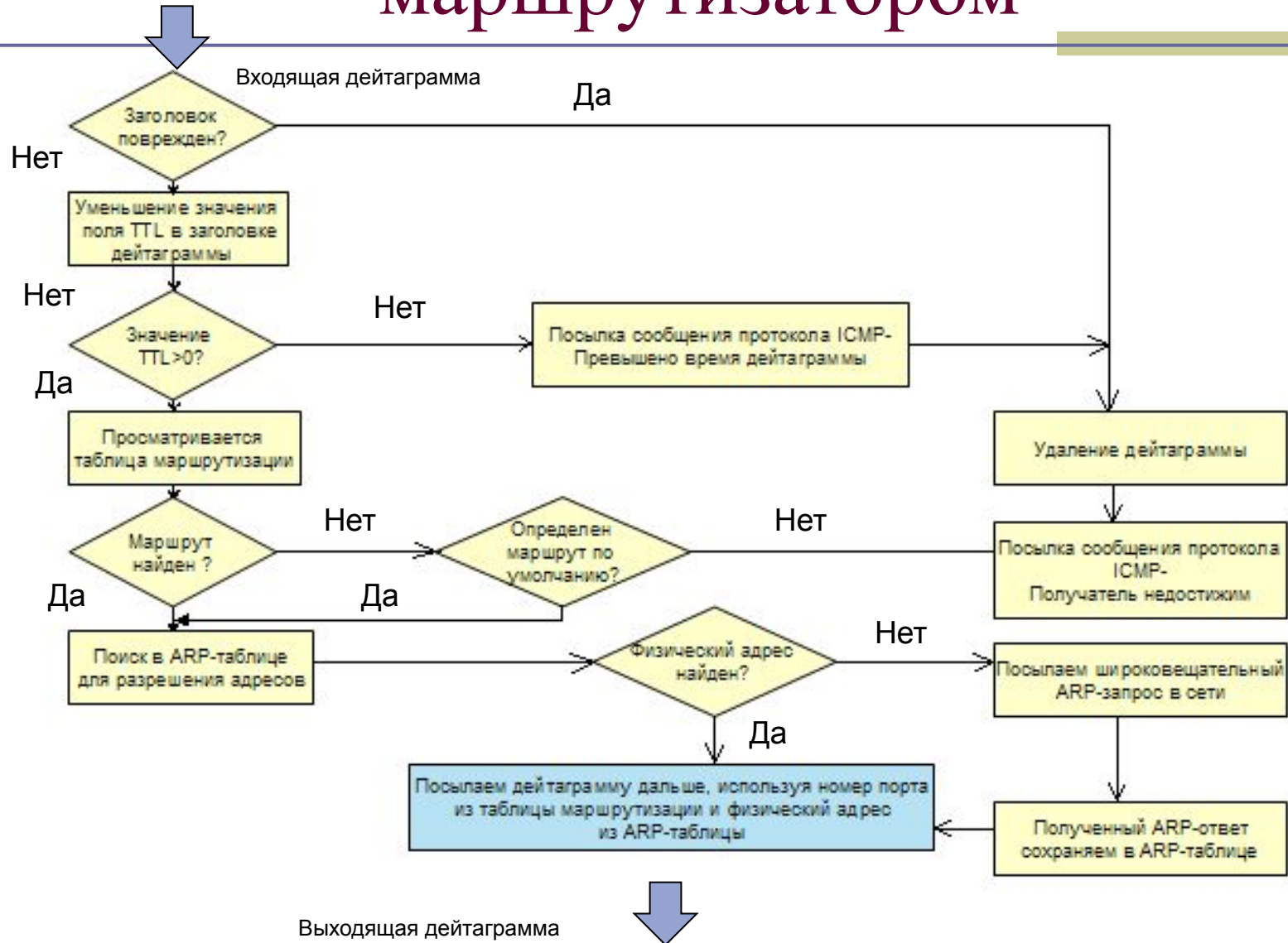
Функции маршрутизатора на уровне сетевого протокола

- Сетевой протокол извлекает из пакета заголовки сетевого уровня и анализирует содержимое его полей:
 - проверка контрольной суммы
 - проверка времени жизни пакета
- **На сетевом уровне выполняется** фильтрация трафика. Маршрутизаторы, ПО которых содержит модуль сетевого протокола, способны производить разбор и анализ отдельных полей пакета. Они оснащаются развитыми средствами пользовательского интерфейса, которые позволяют администратору без особых усилий задавать сложные правила фильтрации.
- Организация **очереди** пакетов
- Определение **маршрута** пакета
- С сетевого уровня пакет, локальный адрес следующего маршрутизатора и номер порта маршрутизатора передаются канальному уровню. На основании указанного номера порта осуществляется коммутация с одним из интерфейсов маршрутизатора, средствами которого выполняется упаковка пакета в кадр соответствующего формата.

Функции маршрутизатора на уровне протоколов маршрутизации

- Построением и поддержкой таблицы маршрутизации занимаются протоколы маршрутизации.
- На основании этих протоколов маршрутизаторы обмениваются информацией о топологии сети, а затем анализируют полученные сведения, определяя наилучшие по тем или иным критериям маршруты. Результаты анализа и составляют содержимое таблиц маршрутизации.

Алгоритм обработки IP-дейтаграмм маршрутизатором



Классы маршрутизаторов

| Класс | Сеть применения | Порты | Поддерживаемые протоколы | Внешнее исполнение |
|----------------|---|---|---|---|
| Верхний | Объединение сетей предприятий | до 50 для глобальных и локальных сетей | всевозможные известные протоколы | Специальные устройства |
| Средний | Объединения масштаба предприятия | 2-3 порта ЛВС 4-8 ГВС | Наиболее распространенные протоколы маршрутизации и транспортные протоколы | Специальные устройства или сервера |
| Нижний | Локальные сети подразделений предприятия | 1 порт ЛВС 2 порта ГВС | Протоколы, рассчитанные на низкоскоростные выделенные линии или коммутируемые соединения | Рабочие станции или сервера |

Виды архитектуры маршрутизаторов

- Однопроцессорная
- Усиленная однопроцессорная
- Симметричная многопроцессорная

Однопроцессорная архитектура

Центральный процессор маршрутизатора:

- фильтрует и передает пакеты
- обновляет таблицы маршрутизации
- выделяет служебные пакеты
- формирует управляющие пакеты
- работает с протоколом SNMP

Маршрутизатор становится узким местом сети.

Усиленная однопроцессорная архитектура

При такой архитектуре маршрутизатор состоит из:

- центрального процессора
- периферийных процессоров

Это позволяет, в значительной мере, разгрузить маршрутизатор, но производительность его остается все ещё низка.

Симметричная многопроцессорная архитектура

Маршрутизатор состоит из:

- **модулей**, содержащих свой процессор, который выполняет все задачи маршрутизации и имеет свою копию таблицы маршрутизации

Данная архитектура позволяет достичь теоретически неограниченной производительности маршрутизаторов.

Благодарим за
внимание!

СПбГЭТУ “ЛЭТИ” им.Ленина,
2006 г.

