



**Тольяттинский Государственный Университет**

**Кафедра «Менеджмент организации»**

**Предмет «Сети ЭВМ и средства коммуникации»**

**Тема «Маршрутизация в сетях ТСР/IP»**

**Автор: студент группы УК-201 Вяцков А.А.**

**Руководитель: Сенько В.В.**

# 1й маршрутизатор в ARPANET

## Interface Message Processor

Bolt, Beranek and Newman, Inc., United States

Interface Message Processor (IMP) – первый роутер для ARPANET (предшественница Интернет). Внутри: миникомпьютер Honeywell 516 под управлением программы размером 6 000 слов (мониторинг сети, сбор статистики). Первый трафик в сети ARPANET пошёл между University of California (Лос-Анджелес) и Stanford Research Institute (Менло Парк, Калифорния) в 22:30 PST 29 октября 1969 г.

Скорость: ~0.5 млн.оп./с

Память: 12К

Стоимость: 82 200 \$



Команда разработчиков IMP  
1965 г.

# Маршрутизация

---

Маршрутизатор должен владеть следующей информацией:

- IP-адрес назначения
- IP-адрес соседнего маршрутизатора, 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

**Статическая маршрутизация** — данные вводятся сетевым администратором.

**Плюсы:** нет нагрузки на ЦП, не используется канал передачи данных, хорошая защита

**Минусы:** необходимо четкое понимание структуры сети, изменение настроек всех маршрутизаторов даже при добавлении одной сети, не применима в крупных сетях

**Динамическая маршрутизация** — информация поступает от соседних маршрутизаторов по протоколу динамической маршрутизации.

**Плюсы:** проще статической в эксплуатации

**Минусы:** существенное использование ЦП, использование части полосы канала передачи данных.

# Таблицы маршрутизации

Пример: таблица маршрутизации (Windows):

```
Y:\>route print
```

```
Active Routes:
```

Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
	0.0.0.0	0.0.0.0	172.20.175.254	172.20.175.3	10
	127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	127.0.0.1	1
	172.20.175.0	255.255.255.0	172.20.175.3	172.20.175.3	10
	172.20.175.3	255.255.255.255	127.0.0.1	127.0.0.1	10
	172.20.255.255	255.255.255.255	172.20.175.3	172.20.175.3	10
	224.0.0.0	240.0.0.0	172.20.175.3	172.20.175.3	10
	255.255.255.255	255.255.255.255	172.20.175.3	172.20.175.3	1

Default Gateway: 172.20.175.254

# Автономная система (AS)

- Система IP-сетей и маршрутизаторов, управляемых одним или несколькими операторами, имеющими единую политику маршрутизации с Интернет (RFC 1930).
- В настоящее время используются 16-битные номера AS (ASN) (предусмотрен переход на 32-битные).
- IANA (Internet Assigned Numbers Authority) выделяет блоки номеров AS региональным интернет-регистраторам (RIR):
  - √ ARIN (American Registry for Internet Numbers) – [www.arin.net](http://www.arin.net)
  - √ RIPE (Réseaux IP Européens) – [www.ripe.net](http://www.ripe.net)
  - √ APNIC (Asia-Pacific Network Information Centre) – [www.apnic.net](http://www.apnic.net)
  - √ LACNIC (Latin American and Caribbean Internet Addresses Registry) – [www.lacnic.net](http://www.lacnic.net)
  - √ AfriNIC (African Network Information Centre) – [www.afrinic.net](http://www.afrinic.net)

## 16-битные ASN:

0 и 65535 – резерв,  
23456 – AS\_TRANS,  
64512-65534 – private use

## 32-битные ASN (2007 г.):

0.0 – 0.65535: отобр. на ASN-16,  
2.0 – 2.1023: APNIC,  
3.0 – 3.1023: RIPE, ...

<http://www.iana.org/assignments/as-numbers>

# Автономная система (AS)

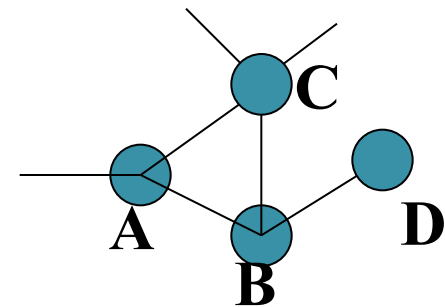
## Типы AS

**Транзитная (transit AS)** – пропускает через себя транзитный трафик сетей, подключенных к ней (на рис.: A, B).

**Многоинтерфейсная (multihomed AS)** – имеет соединения с более чем одним Интернет-провайдером, не разрешает транзитный трафик (на рис.: C).

**Ограниченная (stub AS)** – имеет единственное подключение к одной внешней автономной системе (на рис.: D).

Stub AS расценивается как бесполезное использование номера AS, так как сеть размещается полностью под одним Интернет-провайдером и, следовательно, не нуждается в уникальной идентификации.



# Протоколы маршрутизации

---

- **Interior Routing Protocols (внутри AS)**

- ❖ RIP, RIP2 (Routing Information Protocol) – протокол маршрутной информации
- ❖ IS-IS (Intermediate System to Intermediate System) - промежуточные системы для промежуточной системы
- ❖ IGRP (Interior Gateway Routing Protocol) - внутренний протокол маршрутизации ворот
- ❖ OSPF (Open Shortest Path First) – сначала открыть кратчайший путь

- **Exterior Routing Protocols (между AS) – внешние протоколы маршрутизации**

- ❖ EGP (Exterior Gateway Protocol) – протокол внешней маршрутизации
- ❖ BGP (Border Gateway Protocol) - протокол пограничной маршрутизации

# Динамическая маршрутизация

Различают следующие классы протоколов динамической маршрутизации:

**Протоколы вектора расстояния (Distance vector)** — используют для поиска наилучшего пути расстояние до удаленной сети. Каждое перенаправление пакета маршрутизатором называется участком (hop). Наилучшим считается путь к удаленной сети с наименьшим количеством участков. Вектор определяет направление к удаленной сети.

Преимущества: требуют меньше вычислительных ресурсов.

Примеры: RIP, IGRP.

**Протоколы состояния связи (Link state)** — обычно называется "первый - кратчайший путь" (SPF). Каждый маршрутизатор создает три отдельные таблицы. Одна из них отслеживает непосредственно подключенных соседей, вторая — определяет топологию всей объединенной сети, а третья является таблицей маршрутизации. Устройство, действующее по протоколу типа состояния связи, имеет больше сведений об объединенной сети, чем любой протокол вектора расстояния.

Особенности: требуют больше вычислительных ресурсов, больше время конвергенции и восстановления при сбое.

Примеры: OSPF, IS-IS.



# Routing Information Protocol

RFC 1058

✓ Пакет RIP содержит:

- команда: запрос или ответ,
- Address Family Identifier (AFI): IP – код 2,
- IP-адрес (маска сети не передаётся – классовый протокол),
- метрика: количество участков (hops), max=16 (бесконечность).

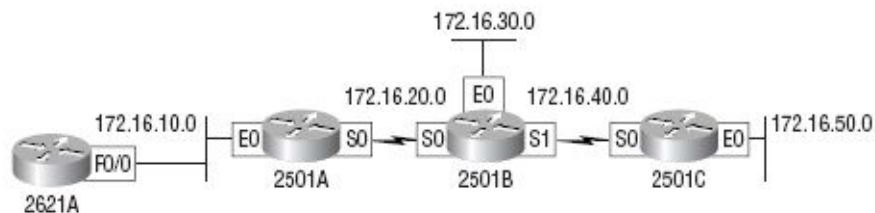
✓ Рассылка маршрутной информации происходит через UDP-порт 520, поддержка р2р и broadcast-каналов (по умолчанию).

✓ RIP-пакеты содержат до 25 маршрутов, рассылаются через 30 с, если обновления не последовало за 180 с, то метрика увеличивается до 16, через 240с маршрут удаляется.

✓ Балансировка трафика типа round-robin при наличии маршрутов (до 6) с одинаковой метрикой.

✓ Нет аутентификации.

# RIP в действии...



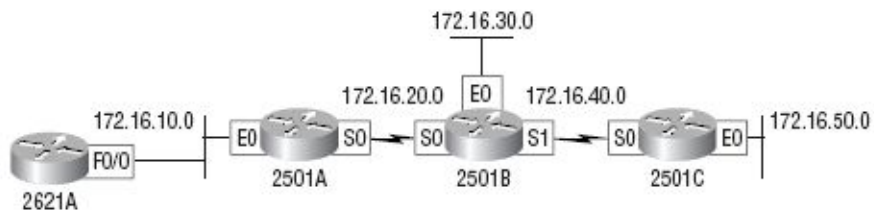
Routing Table		
172.16.10.0	F0/0	0

Routing Table		
172.16.10.0	E0	0
172.16.20.0	S0	0

Routing Table		
172.16.20.0	S0	0
172.16.30.0	E0	0
172.16.40.0	S1	0

Routing Table		
172.16.40.0	S0	0
172.16.50.0	E0	0

Начальное состояние таблиц маршрутизации на RIP роутерах – есть записи только о присоединенных подсетях.



Routing Table		
172.16.10.0	F0/0	0
172.16.20.0	F0/0	1
172.16.30.0	F0/0	2
172.16.40.0	F0/0	2
172.16.50.0	F0/0	3

Routing Table		
172.16.10.0	E0	0
172.16.20.0	S0	0
172.16.30.0	S0	1
172.16.40.0	S0	1
172.16.50.0	S0	2

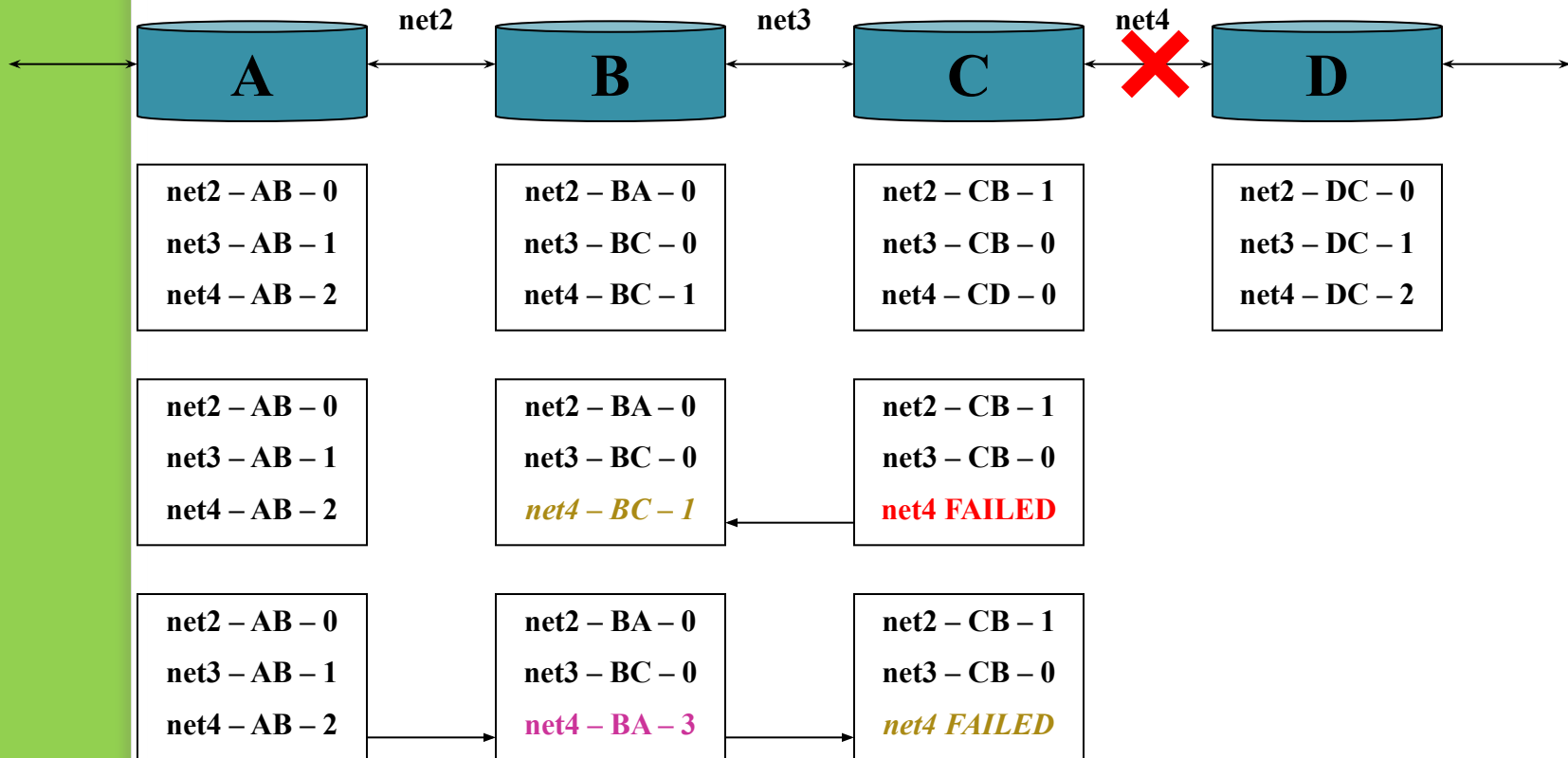
Routing Table		
172.16.20.0	S0	0
172.16.30.0	E0	0
172.16.40.0	S1	0
172.16.10.0	S0	1
172.16.50.0	S1	1

Routing Table		
172.16.40.0	S0	0
172.16.50.0	E0	0
172.16.10.0	S0	2
172.16.20.0	S0	1
172.16.30.0	S0	1

Состояние после распространения маршрутной информации.

# Проблемы RIP

Медленная конвергенция →  
 несогласованность таблиц маршрутизации →  
 возникновение **петель маршрутизации** (routing loop).



# Проблемы RIP и их решение

---

Рассмотренная выше проблема с петлей маршрутизации часто называется **счетом до бесконечности (counting to infinity)** и связана с распространением в сети "слухов" о некорректных путях. Без внешнего воздействия на этот процесс счетчик хопов в пакете будет увеличиваться до бесконечности за счет добавления единицы при проходе пакета через любой маршрутизатор. Решить проблему позволит ограничение максимального значения в счетчике участков. Протокол вектора расстояния (RIP) предполагает счет участков до 15, поэтому любой путь с количеством участков 16 считается ошибочным (недостижимым).

Другим решением проблемы петель маршрутизации является **деление горизонта (split horizon)**. Этот процесс устраняет некорректную информацию о маршрутизации за счет установки правила, согласно которому информация о маршрутизации не может передаваться в обратном направлении относительно направления, по которому она была получена. Деление горизонта не позволит маршрутизатору А послать обновление сведений обратно в маршрутизатор В, если они были получены от маршрутизатора В.

# Проблемы RIP и их решение

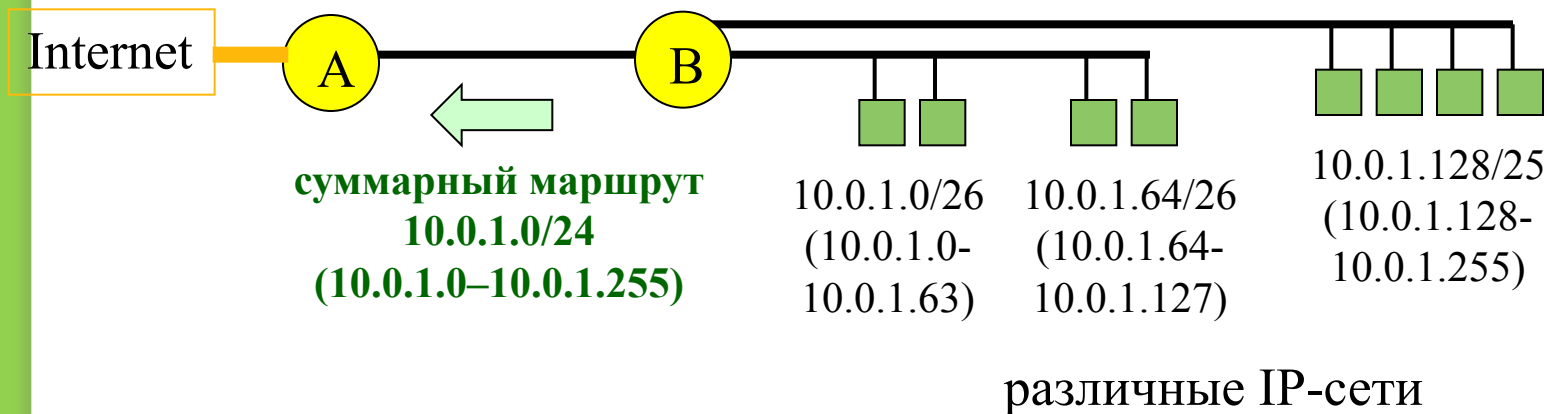
Еще одним вариантом избежать несогласованности обновлений является **порча путей (route poisoning)**. Например, когда отказывает сеть 4, роутер С сознательно инициирует порчу путей за счет вноса в таблицу записей для сети 4 со значением 16, т.е. устанавливает для этой сети состояние недостижимости (infinite). За счет такого искажения пути к сети 4 роутер В перестает воспринимать некорректные обновления информации о путях в сеть 4. Когда роутер В получает сообщение о порче пути от С, то возвращает ему специальное обновление, называемое "отравленный реверс" (poison reverse). Это гарантирует, что все роутеры в его сегменте получили информацию о порче пути к удаленной сети. Порча путей совместно с **удержанием (hold down)** позволяет уменьшить время конвергенции.

**Удержание (hold down)** предотвращает регулярные обновления о восстановлении пути, который был некоторое время недоступным, а также не допускает слишком быстрое изменение за счет установки определенного времени ожидания перед началом рассылки информации о восстановленном пути, либо стабилизации работы некоторой сети. Подобная задержка не позволяет слишком быстро начать изменение сведений о наилучших путях. Роутерам предписывается ограничить на определенный период времени рассылку любых изменений, которые могут воздействовать на переключение состояния недавно удаленных путей. Это предотвращает преждевременное изменение таблиц маршрутизации за счет сведений о временно неработоспособных маршрутизаторах. В процессе удержания используются **триггерные обновления**. Они сбрасывают счетчики удержания для уведомления соседнего роутера об изменениях в сети. В отличие от обновлений от соседнего роутера триггерные обновления инициируют создание новой таблицы маршрутизации, которая немедленно рассылается всем соседним устройствам.

# RIPv2 (RIP II)

## Особенности:

- ❖ поддержка VLSM (маска передается в резервированном поле RIP-пакета)
- ❖ возможна аутентификация MD5 или clear-text
- ❖ поддержка групповой рассылки (multicast 224.0.0.9)
- ❖ поддержка агрегации маршрутов



# Open Shortest Path First

---

RFC 2328

Протокол состояния канала связи (link-state): другим роутерам той же иерархии каждые 30 мин. рассылаются объявления о состоянии канала связи (Links State Advertisement – LSA), которые описывают состояние всех своих интерфейсов, метрики и другие параметры. Роутеры накапливают эту информацию и используют в алгоритме Дейкстры (Dijkstra) для расчёта кратчайшего пути до каждого узла.

- отсутствие ограничений на размер сети, иерархическая структура сети
- несколько маршрутов в сторону одного узла → балансировка трафика типа round-robin
- аутентификация
- поддержка внеклассовых сетей (VLSM) и агрегации маршрутов
- передача обновлений маршрутов с использованием групповых адресов (multicast 224.0.0.5 и 224.0.0.6)
- работа поверх IP (не UDP/TCP)
- поддержка маршрутизации с учётом TOS (type-of-service)

# Дистанционно-векторная маршрутизация

В дистанционно-векторных алгоритмах (DVA) каждый маршрутизатор периодически и широковещательно рассылает по сети вектор, компонентами которого являются расстояния (измеренные в той или иной метрике) от данного маршрутизатора до всех известных ему сетей. Пакеты протоколов маршрутизации обычно называют объявлениями о расстояниях, так как с их помощью маршрутизатор объявляет остальным маршрутизаторам известные ему сведения о конфигурации сети.

Получив от некоторого соседа вектор расстояний (дистанций) до известных тому сетей, маршрутизатор наращивает компоненты вектора на величину расстояния от себя до данного соседа. Кроме того, он дополняет вектор информацией об известных ему самому других сетях, о которых он узнал непосредственно (если они подключены к его портам) или из аналогичных объявлений других маршрутизаторов. Обновленное значение вектора маршрутизатор рассылает своим соседям. В конце концов, каждый маршрутизатор узнает через соседние маршрутизаторы информацию обо всех имеющихся в составной сети сетях и о расстояниях до них.

Затем он выбирает из нескольких альтернативных маршрутов к каждой сети тот маршрут, который обладает наименьшим значением метрики. Маршрутизатор, передавший информацию о данном маршруте, отмечается в таблице маршрутизации как следующий (next hop).

Дистанционно-векторные алгоритмы хорошо работают только в небольших сетях. В больших сетях они периодически засоряют линии связи интенсивным трафиком, к тому же изменения конфигурации не всегда корректно могут обрабатываться алгоритмом этого типа, так как маршрутизаторы не имеют точного представления о топологии связей в сети, а располагают только косвенной информацией — вектором расстояний.



## «Дружественные соседи»

### **LSA - Link State Advertisement**

LSA - оповещающее сообщение, посылается роутером на активный интерфейс. Содержит всю информацию о вызванном изменении роутинга.

Если LSA принес изменения, то они вносятся в топологическую базу, по SPF-алгоритму перестраивается таблица роутинга и LSA рассылается дальше.

Иначе LSA дальше не рассылается.

Посланный пакет распространяется далее всеми роутерами (если в этом есть необходимость)

Посылается только при изменении состояния линка

А так же посылается каждые 30 минут. (На всякий случай)

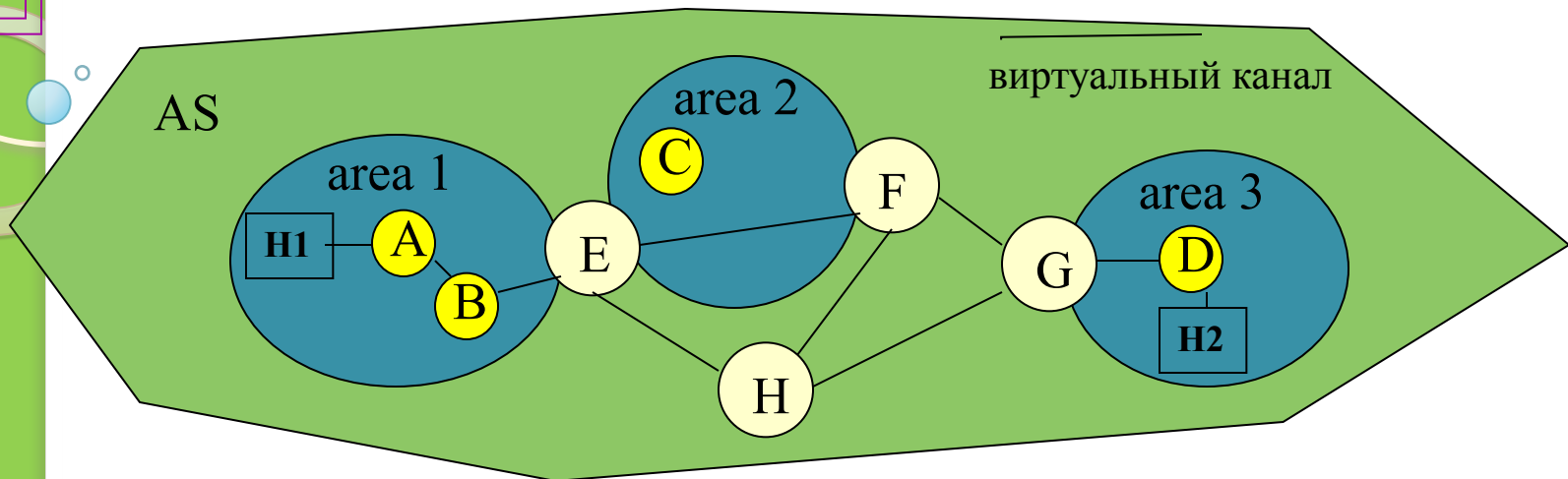
### **Выделенные DR роутеры в Multiaccess-сети**

Рассылать в multicast-сети LSA-сообщения от каждого к каждому - слишком дорогое удовольствие. "Соседи" все свои LSA шлют только выделенному Designed Router'y(DR). DR рассылает аккумулялированные LSA всем "соседям".

DR выбирается по протоколу Hello. Hello использует сетевые multicast сообщения по 224.0.0.5.

Выбирается так же Backup Designate Routera (BDR) - запасной. Он автоматически заменит DR если от того не придет ни одного LSA дольше определенного времени. Став DR он проиницирует выборы нового BDR.

# OSPF: иерархия



- ❖ AS может быть поделена на области (в каждой области у всех роутеров одинаковая БД топологии).
- ❖ E, F, G – пограничные роутеры области (Area Border Routers).
- ❖ E, F, G, H составляют магистраль (backbone).
- ❖ Роутер А знает только о роутерах В и Е.
- ❖ Два типа маршрутизации OSPF: внутриобластная и межобластная.
- ❖ Магистральная топология не видна для внутриобластных роутеров, а особенности топологии областей скрыты от магистральных роутеров.

# OSPF: выделенный роутер

---

В широковещательной (multiaccess) сети несколько маршрутизаторов могут быть подключены к одному сегменту сети (соседи). В этом случае производится процедура выбора **выделенного маршрутизатора** (DR – Designated Router) и **резервного выделенного маршрутизатора** (BDR – Backup Designated Router). На DR возлагаются функции общения с маршрутизаторами других областей, остальные маршрутизаторы в данном сегменте получают информацию от DR. Таким образом решается проблема формирования связей между всеми маршрутизаторами – которая могла бы привести к возникновению большого количества ненужных связей. В случае отказа DR – BDR становится на его место и производятся выборы нового BDR.

# OSPF: принципы

- ❖ Каждый роутер рассылает информацию о своем состоянии (используемые интерфейсы, доступные соседи) внутри области или по магистрали.
- ❖ Из БД топологии каждый роутер строит дерево кратчайших путей, считая себя вершиной этого дерева (пути до каждого назначения внутри AS). Формируется таблица кратчайших путей → таблица маршрутизации.
- ❖ Поля пакета OSPF:
  - Тип (hello, database description, link-state request and response, link-state acknowledgement),
  - Router ID – уникальное 32-битное число, идентифицирующее роутер в пределах AS,
  - Source area ID (0.0.0.0 – для магистрали),
  - данные.

# Сравнение RIP и OSPF

В отличие от протокола маршрутизации RIP, который для сравнения маршрутов может использовать только их длину, выраженную в числе переходов, протокол маршрутизации OSPF использует для этой – же цели специальный критерий, который называется метрика. Метрика маршрута в протоколе OSPF формируется по специальному алгоритму и учитывает следующие параметры:

- пропускная способность канала
- величина задержки распространения сигнала в канале
- надежность канала
- загруженность канала
- размер максимального блока данных, который может быть передан через данный канал

Использование такой метрики позволяет более объективно оценивать маршруты и, при наличии выбора, принимать эффективное и целесообразное решение.

# Преимущества и недостатки OSPF

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