

# План работы с профессором Филипповым В.А.

1. **10 декабря** в лекционные часы в аудитории 412 выполняем контрольную работу № 2. К/р выполняется по материалам лекций № 6 - № 10. Для успешного выполнения к/р необходимо самостоятельно изучить материалы лекций № 9 «Сетевые протоколы и интерфейсы прикладных программ» и № 10 «Установка сетевых плат и кабелей». Результаты выполнения к/р отправляете на проверку Филиппову В.А. по e-mail.
2. **До 20 декабря** необходимо курсовые работы отправить на проверку Филиппову В.А. по e-mail.
3. Результаты выполнения 8 тестов (по материалам лекций 1 и 2 модулей) отправить на проверку по e-mail Филиппову В.А. В настоящее время только три группы 3,5,6 выполнили это. Группы 1, 2, 4 ничего не прислали.
4. Оценка на экзамене формируется как среднее из оценок, полученных за курсовую работу, за 2 контрольных работы и за выполненные 8 тестов. При этом если средняя оценка по 5-ти бальной системе равна 4 и 5 (выше или равно 7 по 10 бальной системе), то экзамен автоматически сдается с этими оценками. Если средняя оценка ниже, то будет проводиться дополнительно очное собеседование (возможно со мной).

# Тема лекции: Протокол OSPF (Open Shortest Path First)

# Будут рассмотрены следующие темы:

- Характеристики протокола OSPF
- Базы данных OSPF
- Типы объявлений о состоянии канала
- Состояния маршрутизаторов OSPF
- Типы маршрутизаторов OSPF
- Работа протокола OSPF в различных каналах передачи данных
- Сети с несколькими областями
- Классы областей
- Виртуальные каналы
- Пакеты протокола OSPF

# Терминология протокола OSPF

**Объявление о состоянии канала** (link-state advertisement, LSA) — объявление описывает все каналы маршрутизатора, все интерфейсы и состояние каналов.

LSA содержит: IP-адрес, маску подсети, метрику, присвоенную каналу связи порта, статус канала связи

**Состояние канала (link state)** — состояние канала между двумя маршрутизаторами; обновления происходят при помощи пакетов LSA.

**Метрика (metric)** — условный показатель «стоимости» пересылки данных по каналу;

**Автономная система (autonomous system)** — группа маршрутизаторов, обменивающаяся маршрутизирующей информацией с помощью одного протокола маршрутизации.

**Зона (area)** — совокупность сетей и маршрутизаторов, имеющих один и тот же идентификатор зоны.

**Соседи (neighbours)** — два маршрутизатора, имеющие интерфейсы в общей сети.

**Состояние соседства (adjacency)** — взаимосвязь между определенными соседними маршрутизаторами установленная с целью обмена информацией маршрутизации.

**Hello-пакеты (hello packets)** — используются для поддержания соседских отношений.

**База данных соседей (neighbours database)** — список всех соседей.

**База данных состояния каналов (link state database, LSDB)** — список всех записей о состоянии каналов. Встречается также термин топологическая база данных (topological database), употребляется как синоним базы данных состояния каналов.

# Терминология протокола OSPF

**Идентификатор маршрутизатора (router ID, RID)** — уникальное 32-битовое число, которое уникально идентифицирует маршрутизатор в пределах одной автономной системы.

**Выделенный маршрутизатор (designated router, DR)** — управляет процессом рассылки LSA в сети. Каждый маршрутизатор сети устанавливает отношения соседства с DR. Информация об изменениях в сети отправляется DR, маршрутизатором обнаружившим это изменение, а DR отвечает за то, чтобы эта информация была отправлена остальным маршрутизаторам сети. Недостатком в схеме работы с DR маршрутизатором является то, что при выходе его из строя должен быть выбран новый DR. Новые отношения соседства должны быть сформированы и, пока базы данных маршрутизаторов не синхронизируются с базой данных нового DR, сеть будет недоступна для пересылки пакетов. Для устранения этого недостатка выбирается BDR.

**Резервный выделенный маршрутизатор (backup designated router, BDR).** Каждый маршрутизатор сети устанавливает отношения соседства не только с DR, но и BDR. DR и BDR также устанавливают отношения соседства и между собой. При выходе из строя DR, BDR становится DR и выполняет все его функции. Так как маршрутизаторы сети установили отношения соседства с BDR, то время недоступности сети минимизируется.

# Таймеры протокола

**HelloInterval** — Интервал времени в секундах по истечению которого маршрутизатор отправляет следующий hello-пакет с интерфейса. Для широковещательных сетей и сетей точка-точка значение по умолчанию, как правило, 10 секунд. Для нешироковещательных сетей со множественным доступом значение по умолчанию 30 секунд.

**RouterDeadInterval** — Интервал времени в секундах по истечению которого сосед будет считаться «мертвым». Этот интервал должен быть кратным значению HelloInterval. Как правило, RouterDeadInterval равен 4 интервалам отправки hello-пакетов, то есть 40 секунд.

**Wait Timer** — Интервал времени в секундах по истечению которого маршрутизатор выберет DR в сети. Его значение равно значению интервала RouterDeadInterval.

**RxmtInterval** — Интервал времени в секундах по истечению которого маршрутизатор повторно отправит пакет на который не получил подтверждения о получении (например, Database Description пакет или Link State Request пакеты). Это интервал называется также Retransmit interval. Значение интервала 5 секунд.

# Характеристики протокола OSPF (1988 год) (1 версия – RFC 1247, 2 версия – RFC 1247)

- Групповая рассылка
- Быстрая сходимость
- Бесклассовая маршрутизация
- Поддержка интегрированной метрики
- Качество обслуживания (Quality of Service – QoS)
- Аутентификация
- Использование маршрутов с одинаковой и различной стоимостью
- Домены маршрутизации (зоны, области)

# Групповая рассылка

OSPF поддерживает два групповых адреса:

- **224.0.0.5** – все маршрутизаторы OSPF. Маршрутизатор, на котором активизирован протокол OSPF, автоматически становится членом групповой рассылки
- **224.0.0.6** – назначенный (DR – Designated Router) и резервный (BDR – Backup Designated Router) маршрутизаторы



Быстрая сходимость  
обеспечивается:

- Инициированными сообщениями о корректировках
- Лавинной рассылкой сообщений

# Стоимость маршрута OSPF может включать одну или несколько метрик:

- Пропускная способность канала (используется по умолчанию)
- Надежность канала – характеризуется количеством потерянных датаграмм
- Нагрузка канала
- Задержка (мкс) – время, необходимое маршрутизатору OSPF для обработки, постановки в очередь и передачи датаграммы через интерфейс.

# Качество обслуживания

- Маршрутизаторы OSPF могут передавать датаграммы, основываясь на уровне обслуживания, который установлен администратором или приложением.
- Маршрутизатор OSPF сохраняет в МТ по одному маршруту с разным качеством обслуживания. Если существует маршрут с запрашиваемым качеством обслуживания, то датаграмма отправляется по этому маршруту, иначе – по маршруту с наименьшей стоимостью

# Аутентификация

- При включении режима аутентификации обмен пакетами могут осуществлять только маршрутизаторами OSPF, имеющими один и тот же пароль.
- Пересылка пароля может выполняться открытым текстом или в зашифрованном виде, в зависимости от выбора администратора.

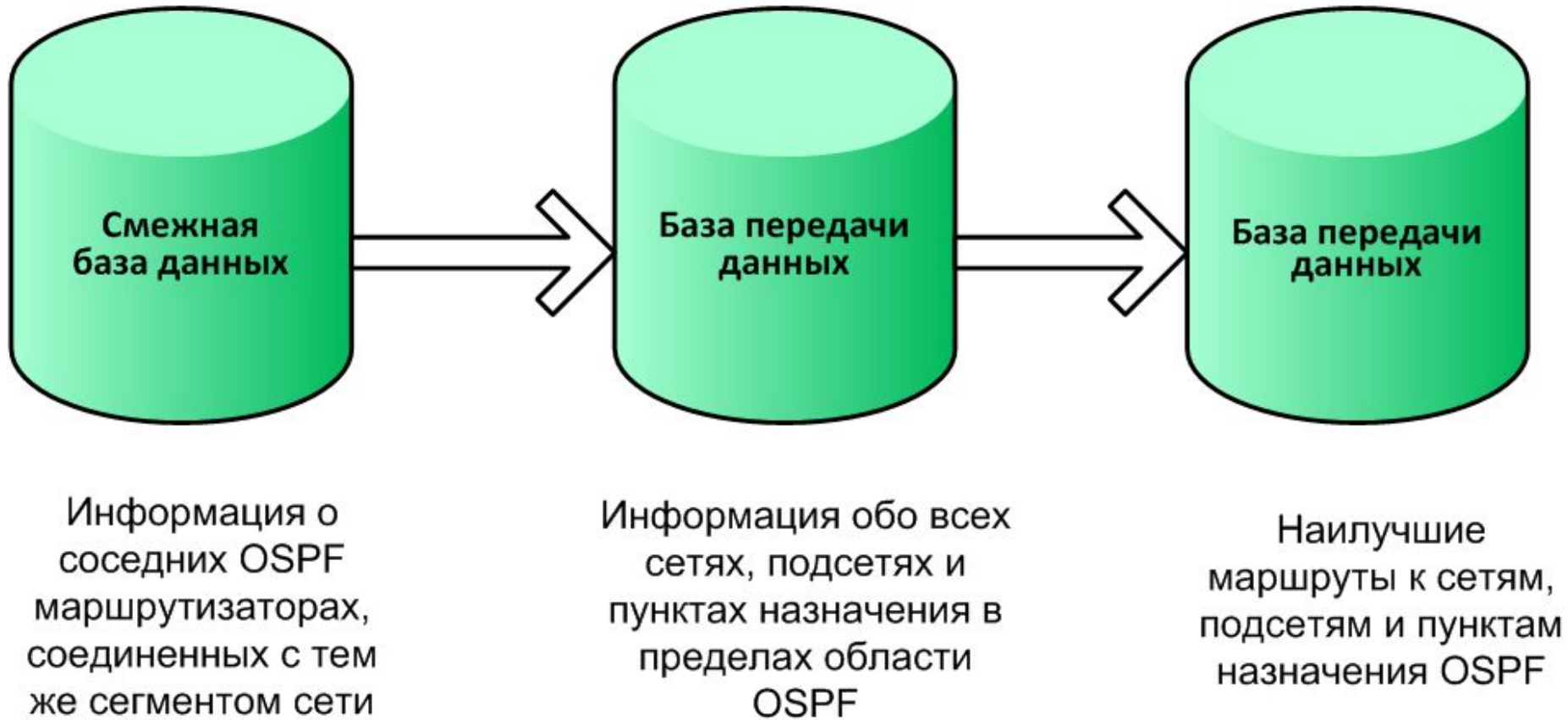
# Балансировка нагрузки

- Если имеются маршруты с одинаковой стоимостью, то маршрутизаторы OSPF могут использовать для передачи датаграммы эти маршруты, балансируя нагрузку.
- Маршрутизаторы OSPF помещают в таблицу все маршруты с одинаковой стоимостью.
- Балансировка трафика по двум каналам с равной стоимостью происходит автоматически.
- Балансировка трафика по двум каналам с разной стоимостью для протокола OSPF требует ручной настройки.

# Базы данных OSPF

- Смежная база данных (таблица соседей)
- База данных состояния каналов (топологическая карта сети)
- База передачи данных (таблица маршрутизации)

# Базы данных OSPF



# Пример таблицы OSPF маршрутизатора

```
Dynamips(3): R3, Console port
R3#sh ip ro
R3#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 172.16.1.1 to network 0.0.0.0

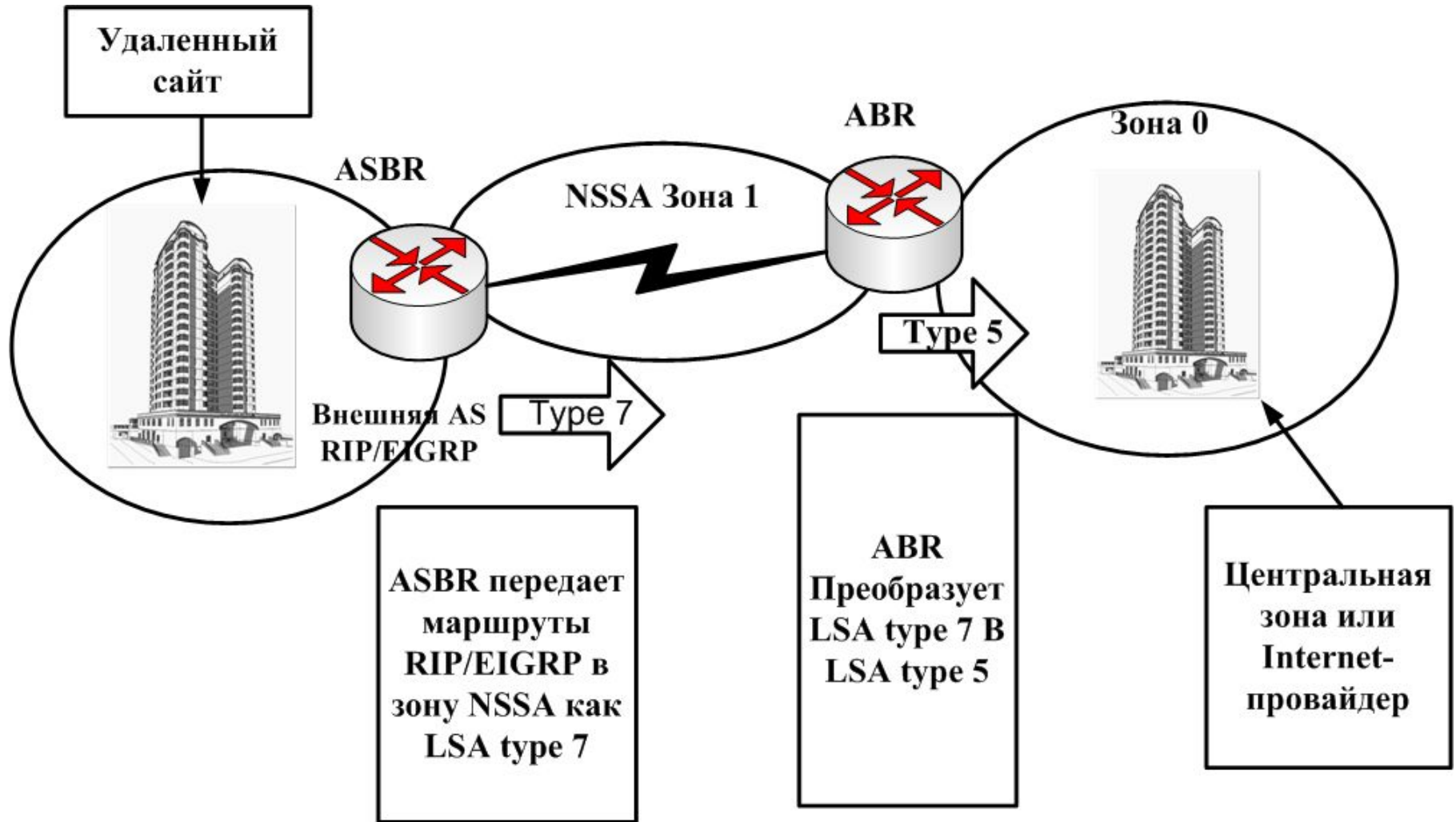
   172.16.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks
O IA   172.16.51.0/24 [110/20] via 172.16.1.2, 00:32:40, FastEthernet0/0 - 1
O      172.16.20.0/24 [110/74] via 172.16.10.6, 00:32:40, Serial10/0 - 2
C      172.16.10.4/30 is directly connected, Serial10/0
C      172.16.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O E2  11.0.0.0/8 [110/20] via 172.16.1.1, 00:32:40, FastEthernet0/0
O E2  12.0.0.0/8 [110/20] via 172.16.1.1, 00:32:40, FastEthernet0/0
O E2  13.0.0.0/8 [110/20] via 172.16.1.1, 00:32:42, FastEthernet0/0
      192.168.3.0/32 is subnetted, 1 subnets
C      192.168.3.1 is directly connected, Loopback0 - 4
O*E2  0.0.0.0/0 [110/1] via 172.16.1.1, 00:32:42, FastEthernet0/0 - 5
R3#
```



# Области OSPF

- **Стержневая зона или магистральная зона (backbone area)**
- **Стандартная зона (standard area)**
- **Тупиковая зона (stub area)**
- **Частично тупиковая область (Not-so-stubby area (NSSA))**
- **Полностью тупиковая зона (totally stubby area)**

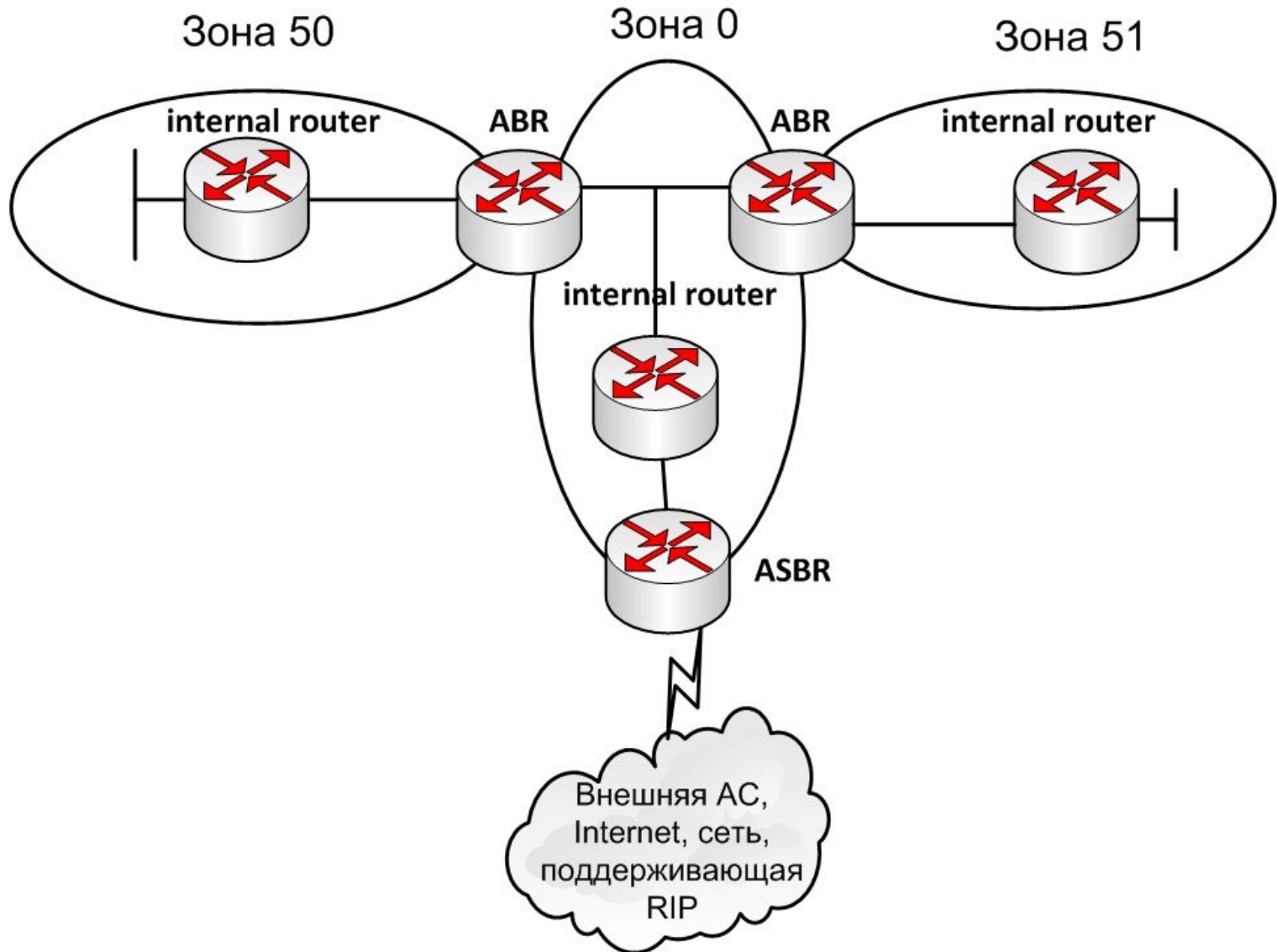
# Частично тупиковая область (Not-so-stubby area (NSSA))



# Типы маршрутизаторов

- **Внутренний маршрутизатор (internal router)** — маршрутизатор, все интерфейсы которого принадлежат одной зоне. У таких маршрутизаторов только одна база данных состояния каналов.
- **Пограничный маршрутизатор (area border router, ABR)** — соединяет одну или больше зон с магистральной зоной и выполняет функции шлюза для межзонального трафика. У пограничного маршрутизатора всегда хотя бы один интерфейс принадлежит магистральной зоне. Для каждой присоединенной зоны маршрутизатор поддерживает отдельную базу данных состояния каналов.
- **Магистральный маршрутизатор (backbone router)** — маршрутизатор, у которого всегда хотя бы один интерфейс принадлежит магистральной зоне. Определение похоже на пограничный маршрутизатор, однако магистральный маршрутизатор не всегда является пограничным. Внутренний маршрутизатор интерфейсы которого принадлежат нулевой зоне, также является магистральным.
- **Пограничный маршрутизатор автономной системы (AS boundary router, ASBR)** — обменивается информацией с маршрутизаторами, принадлежащими другим автономным системам или не-OSPF маршрутизаторами. Пограничный маршрутизатор автономной системы может находиться в любом месте автономной системы и быть внутренним, пограничным или

# Типы маршрутизаторов



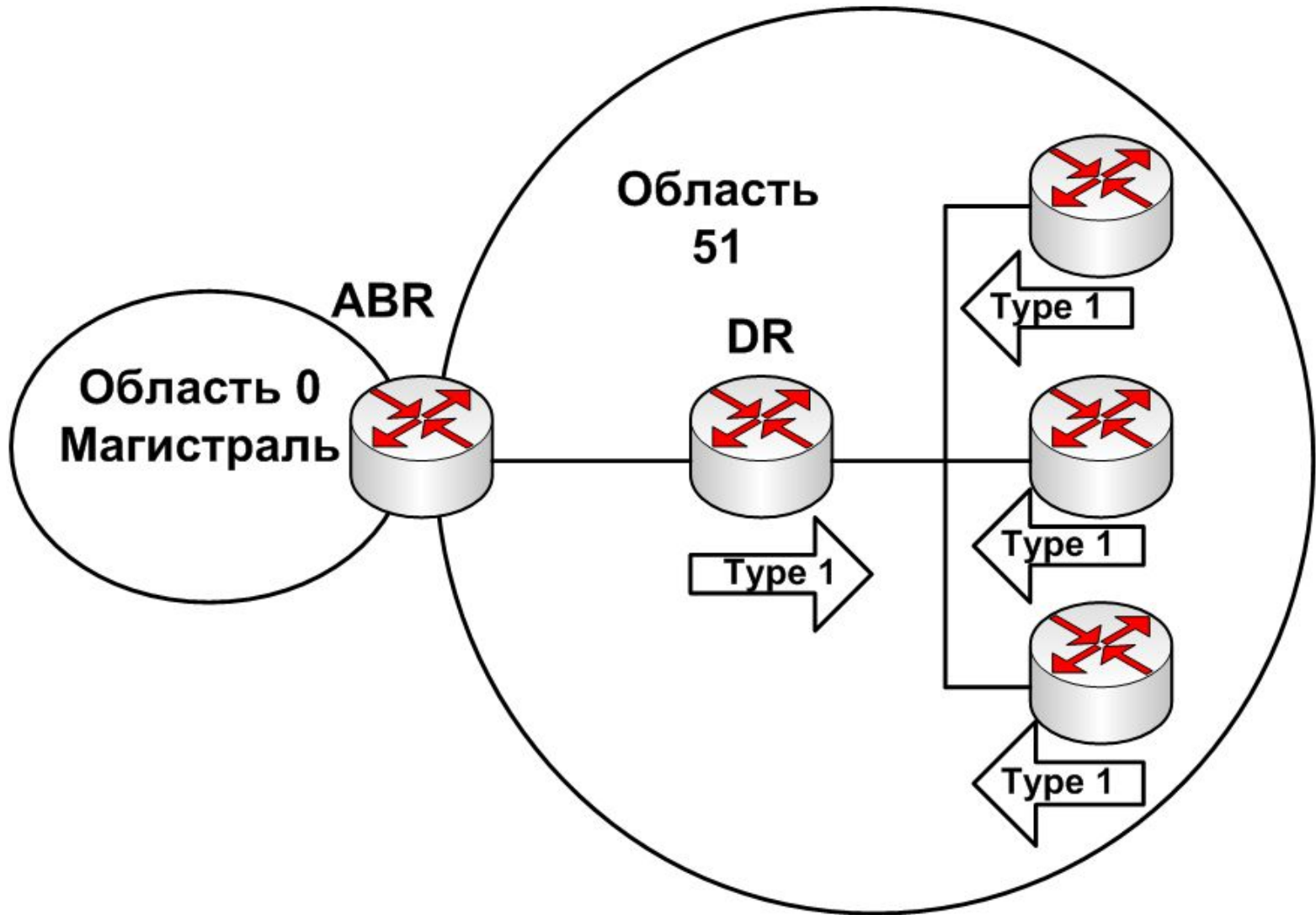
# **Группы объявлений о состоянии канала (LSA)**

- **Внутризональные объявления (intra-area)**
- **Межзональные объявления (inter-area)**
- **Внешние объявления (external)**

# Внутризональные объявления

Тип LSA	Наименование пакета	Описание
1	Канал маршрутизатора (router link)	Описывает сеть прямого соединения с маршрутизатором и состояние интерфейсов
2	Канал сети (network link)	Идентифицирует все маршрутизаторы локальной сети

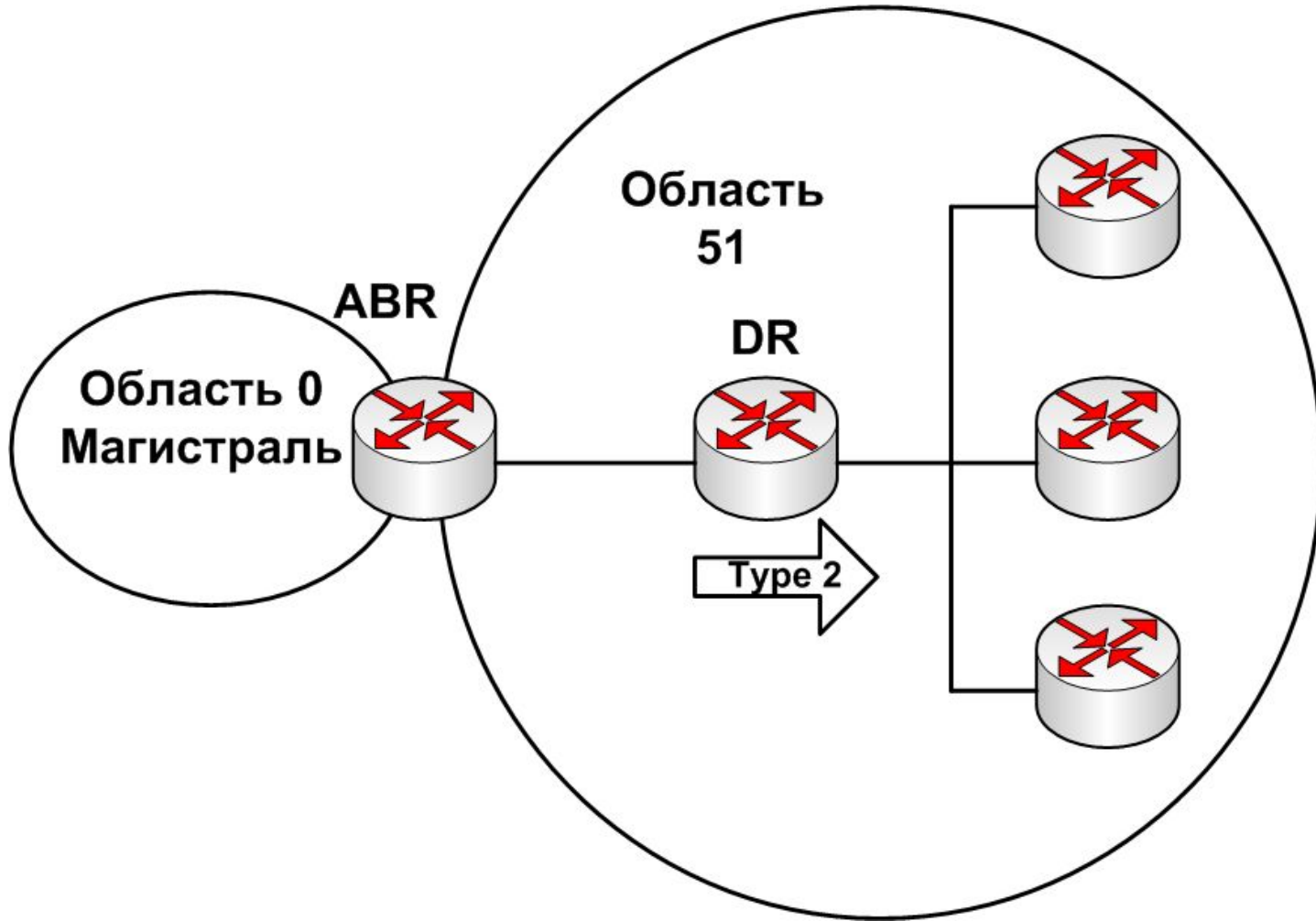
# Объявление о состоянии канала LSA type 1



Объявление канала маршрутизатора: “O” (OSPF):

Все маршрутизаторы посылают объявления LSA type 1 внутри зоны по групповому адресу 224.0.0.5

# Объявление о состоянии канала LSA type 2



Объявление сети: “O” (OSPF):

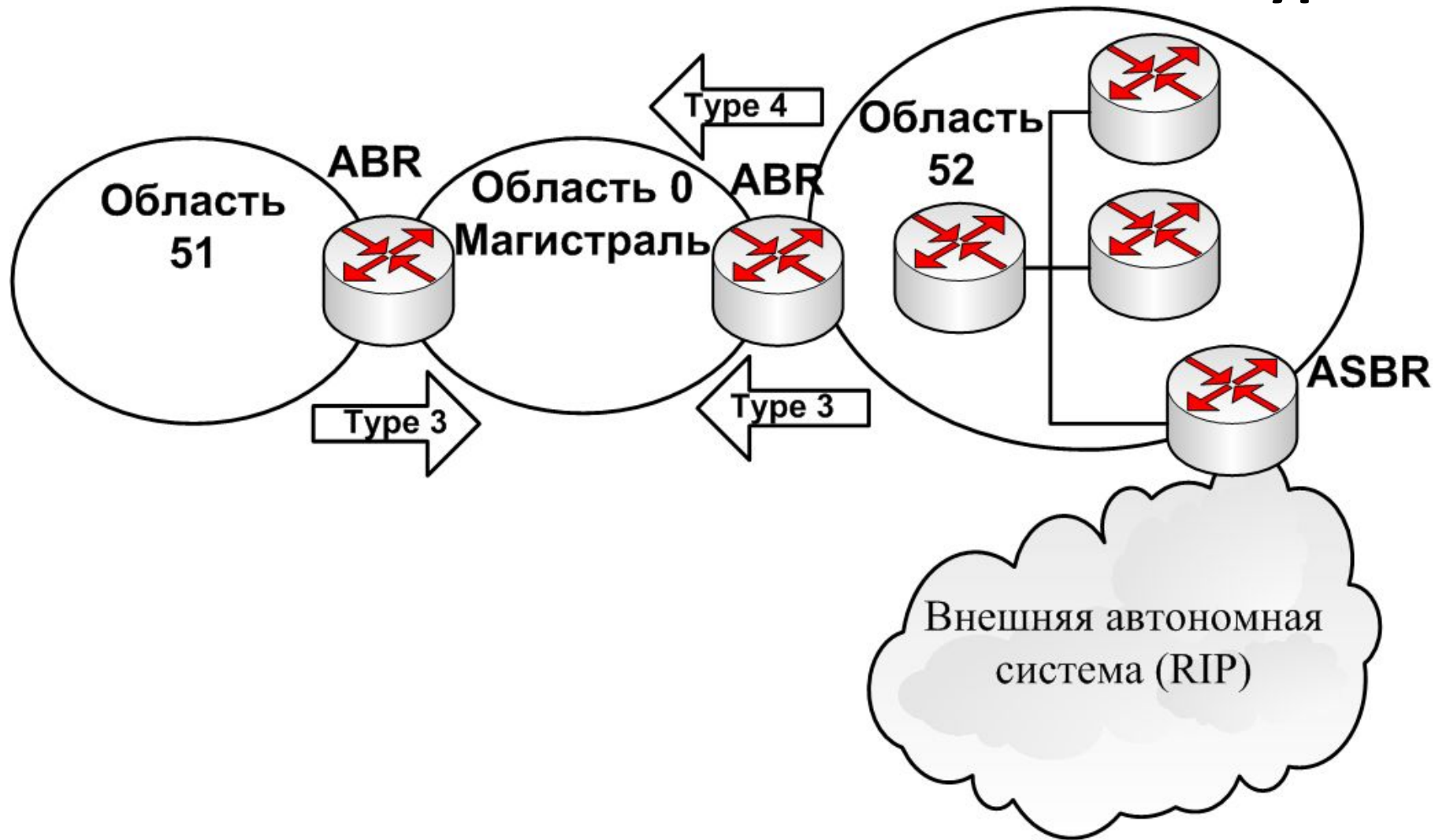
Только маршрутизаторы DR посылают объявления LSA type 2 внутри зоны всем маршрутизаторам одного и того же сегмента по групповому адресу 224.0.0.6



# Межзональные объявления

Тип LSA	Наименование пакета	Описание
3	Суммарное объявление канала	Суммирует подзоны с маршрутами, ведущими в сеть за пределы зоны
4	Суммарное объявление о канале	Суммирует маршруты к внешним сетям, не поддерживающим OSPF и расположенным вне автономной системы

# Объявление о состоянии канала LSA type 3



Итоговые объявления: “IA” (Inter-Area):

Type 3: рассылаются маршрутизаторами ABR в стречневую зону 0; суммируют информацию о локальных областях

Type 4: используют для идентификации маршрутов к маршрутизаторам ASBR

# Внешние объявления

Тип LSA	Наименование пакета	Описание
5	Внешний канал AS	Описывает маршрут к пункту назначения, расположенному в другой AS
7	Внешний канал AS	Передаёт маршрутную информацию через частично тупиковую зону NSSA

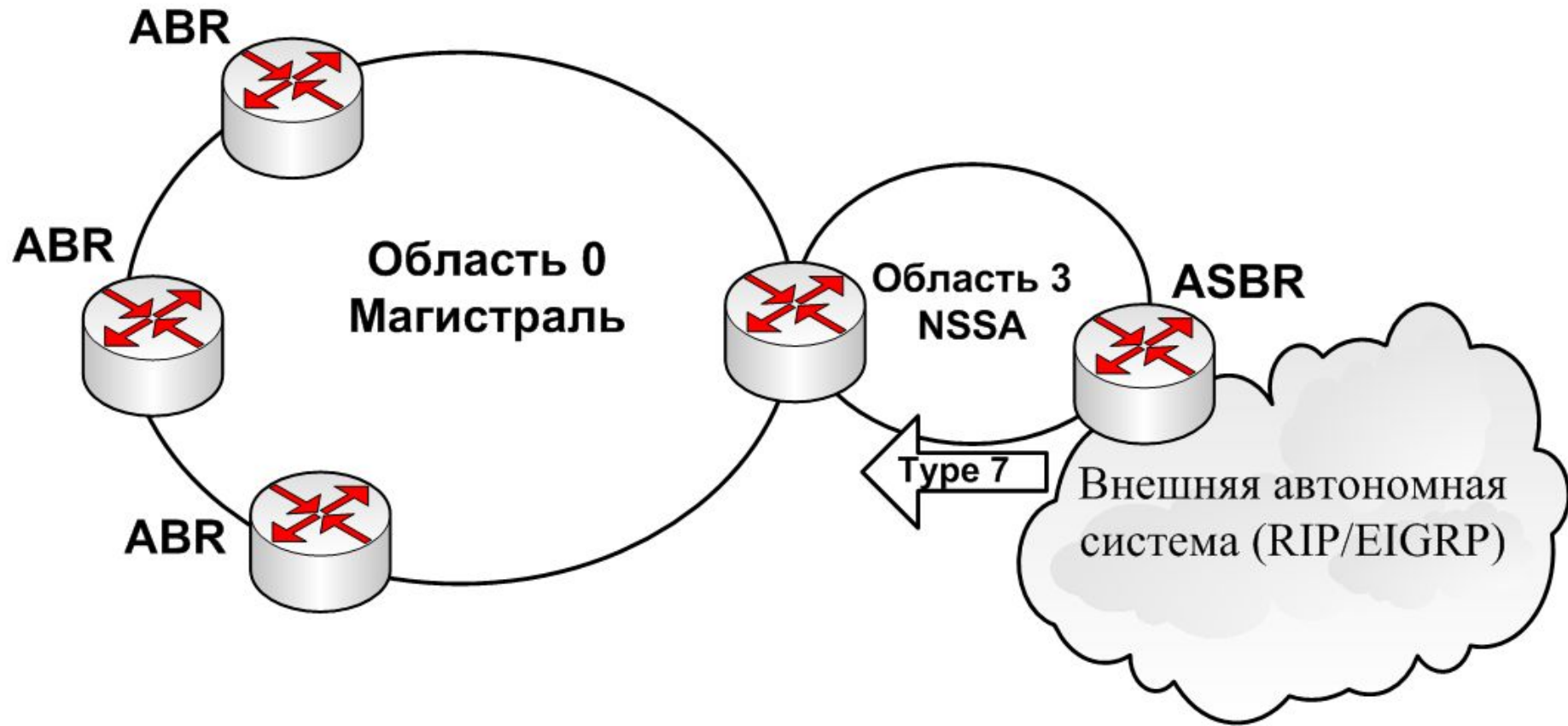
# Объявление о состоянии канала LSA type 5



Внешние объявления LSA: “E1 и E2” :

Рассылаются маршрутизаторами ASBR и используются для идентификации маршрутов к внешним автономным сетям, не поддерживающих OSPF

# Объявление о состоянии канала LSA type 7



Внешние объявления LSA: “E1 и E2” :

Рассылаются маршрутизаторами ASBR только внутри NSSA с информацией о маршрутах внешних AS

# Состояние маршрутизаторов OSPF

- **Нерабочее (Down)**
- **Инициализация (Init)**
- **Двусторонний обмен данными (Two-Way)**
- **Выборы DR и BDR (Exstart)**
- **Обмен (Exchange)**
- **Загрузка (Loading)**
- **Полная готовность (Full)**

# Состояние маршрутизаторов OSPF:

- **Нерабочее (Down)**
- **Полная готовность (Full)**

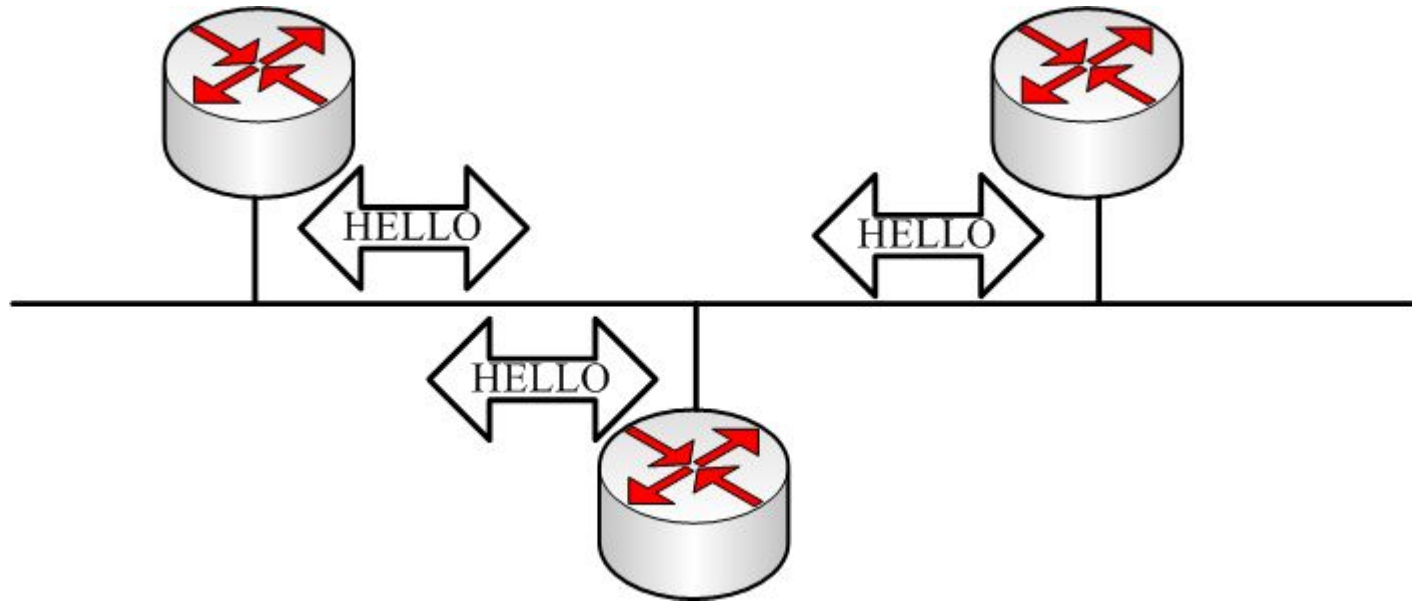
## **Нерабочее состояние:**

- протокол OSPF не поддерживается данным маршрутизатором;
- интерфейс маршрутизатора не функционирует нормально.

## **Полная готовность:**

- построена таблица маршрутизации;
- маршрутизатор может активизировать процесс передачи пакетов.

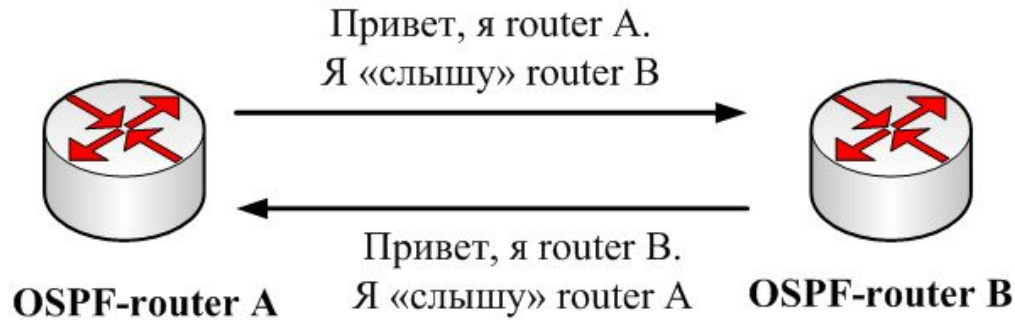
# Инициализация (Init)



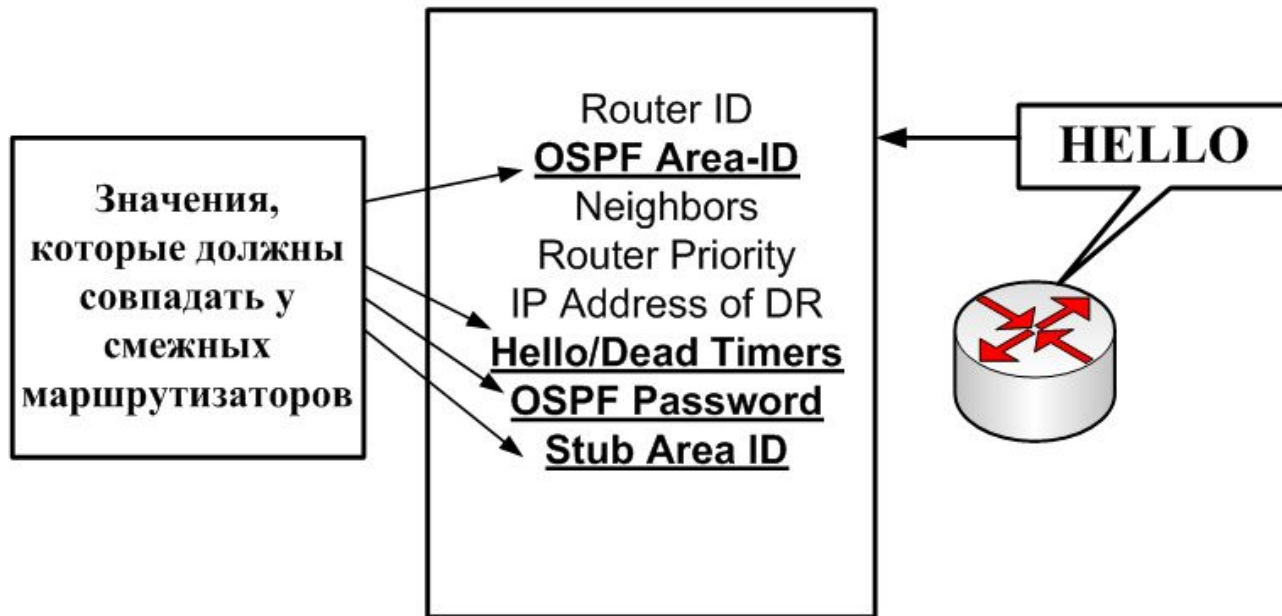
Маршрутизаторы посылают в сеть *пакеты приветствия (hello packets)*, в которых представляет себя и свои параметры всем остальным маршрутизаторам.



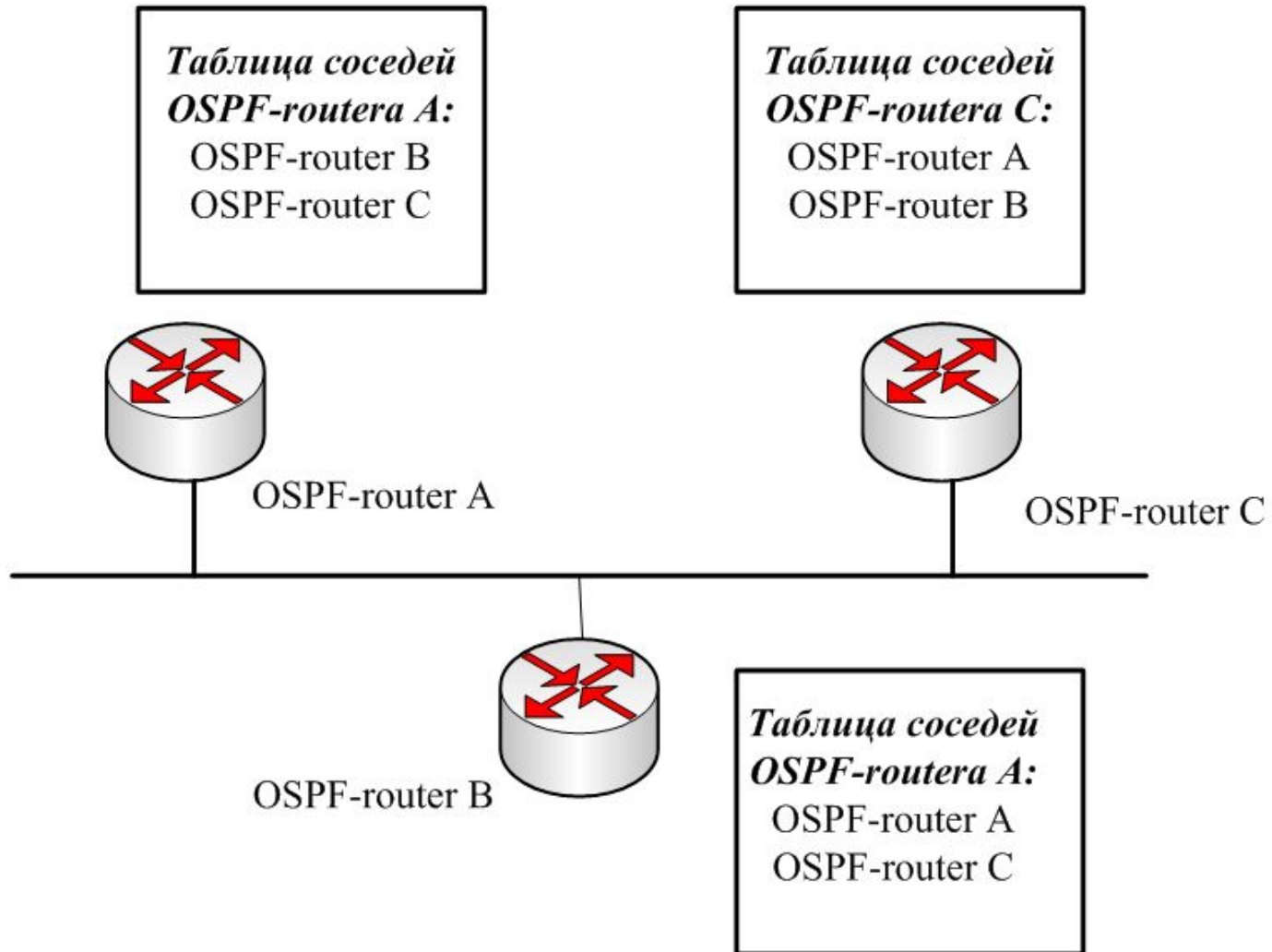
# Двусторонний обмен данными (Two-Way)



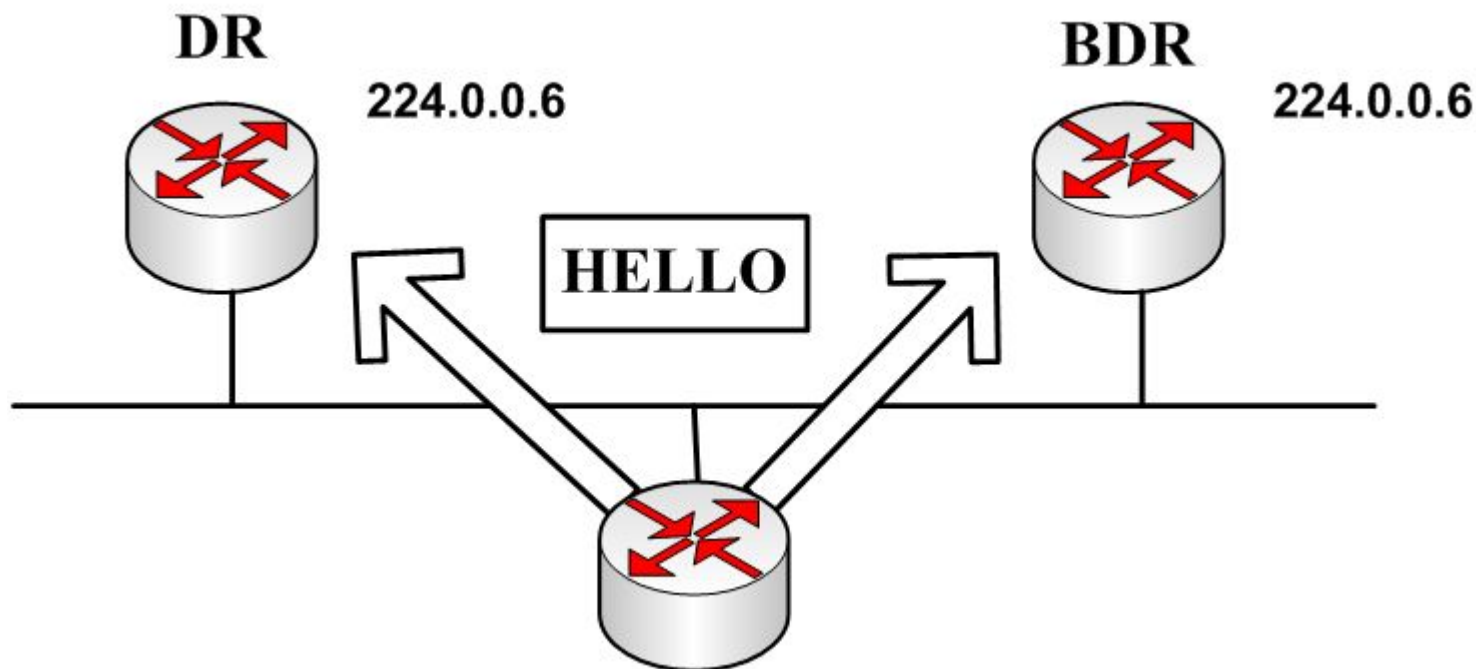
*Состояние двухстороннего сообщения OSPF-маршрутизаторов*



# Двусторонний обмен данными (Two-Way)



# Выборы DR и BDR (Exstart)



## Функция DR и BDR:

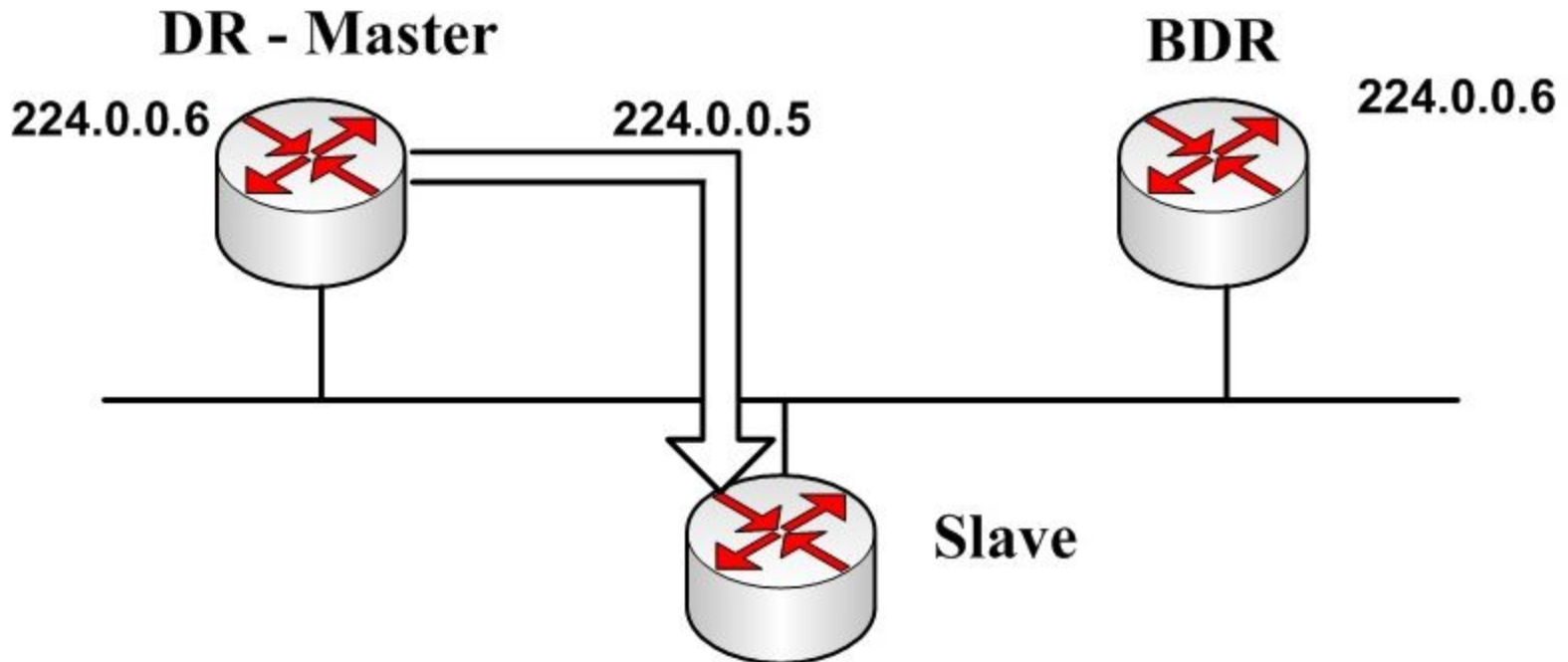
- Сбор всех объявлений о маршрутах от локальных маршрутизаторах.
- Создание базы данных состояния каналов (Link State database)
- Распространения этой информации между всеми маршрутизаторами данного сегмента (только DR)

## DR и BDR выбираются по:

- ID приоритету
- ID маршрутизатору

# Обмен (Exchange)

## Состояние обмена



*В каждом маршрутизаторе формируется полная топологическая карта сети зоны*

# Загрузка (Loading)

Маршрутизатор проходит этот этап, если он получил противоречивую информацию в процессе обмена с DR.

Маршрутизатор посылает сообщение *LSR* с перечислением тех сетей, по которым он хочет получить дополнительную информацию. Пока маршрутизатор находится в ожидании ответа в виде *LSU* сообщений, он пребывает в состоянии *Loading*

*Примечание:*

*LSR* — пакеты, с помощью которых запрашивается полная информация об *LSA*, которых недостает в *LSDB* локального маршрутизатора

*LSU* — пакеты, которые передают полную информацию, которая содержится в *LSA*

# Полная готовность (Full)

В этом состоянии маршрутизатор создает таблицу маршрутизации на основании топологической карты сети.

# Полная готовность (Full)

В этом состоянии маршрутизатор создает таблицу маршрутизации на основании топологической карты сети.

**После того как маршрутизатор достиг состояния *full*, он может находиться в одном следующих состояний:**

- Обмен (Exchange)**
- Загрузка (Loading)**
- Полная готовность (Full)**

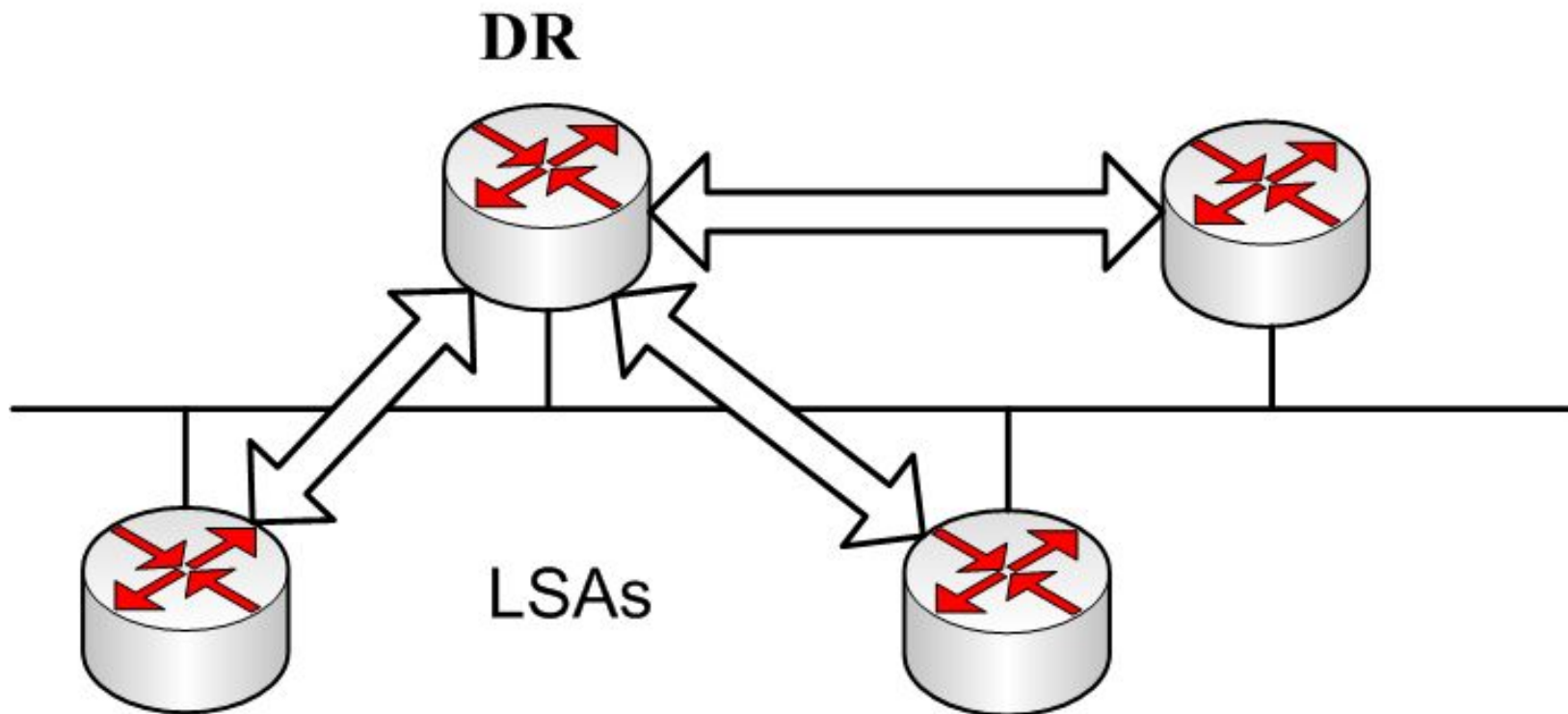


# **Работа протокола OSPF в различных сетевых средах**

## **Типы сетей, поддерживаемые протоколом OSPF:**

- Широковещательные сети со множественным доступом (broadcast): Ethernet , Token Ring, FDDI
- Точка-точка (point-to-point): Туннели, T1, E1, PPP, HDLC, P-to-P
- Нешироковещательные сети со множественным доступом (Non Broadcast Multiple Access, NBMA): Frame-Relay, ATM, X.25

# Широковещательные сети со множественным доступом (**broadcast**): *Ethernet*, *Token Ring*, *FDDI*

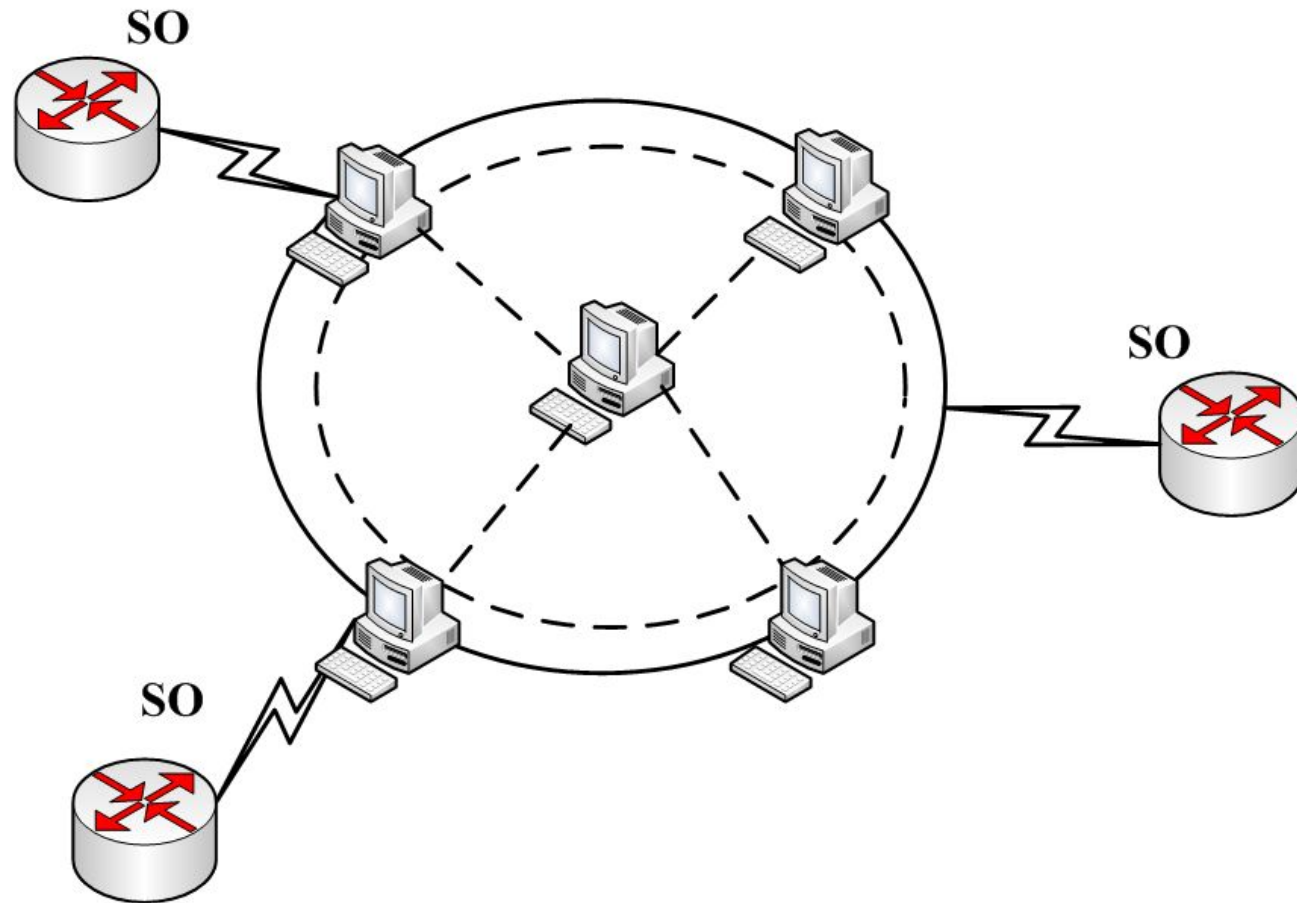


# Точка-точка (point-to-point): туннели, T1, E1, PPP, HDLC, P-to-P



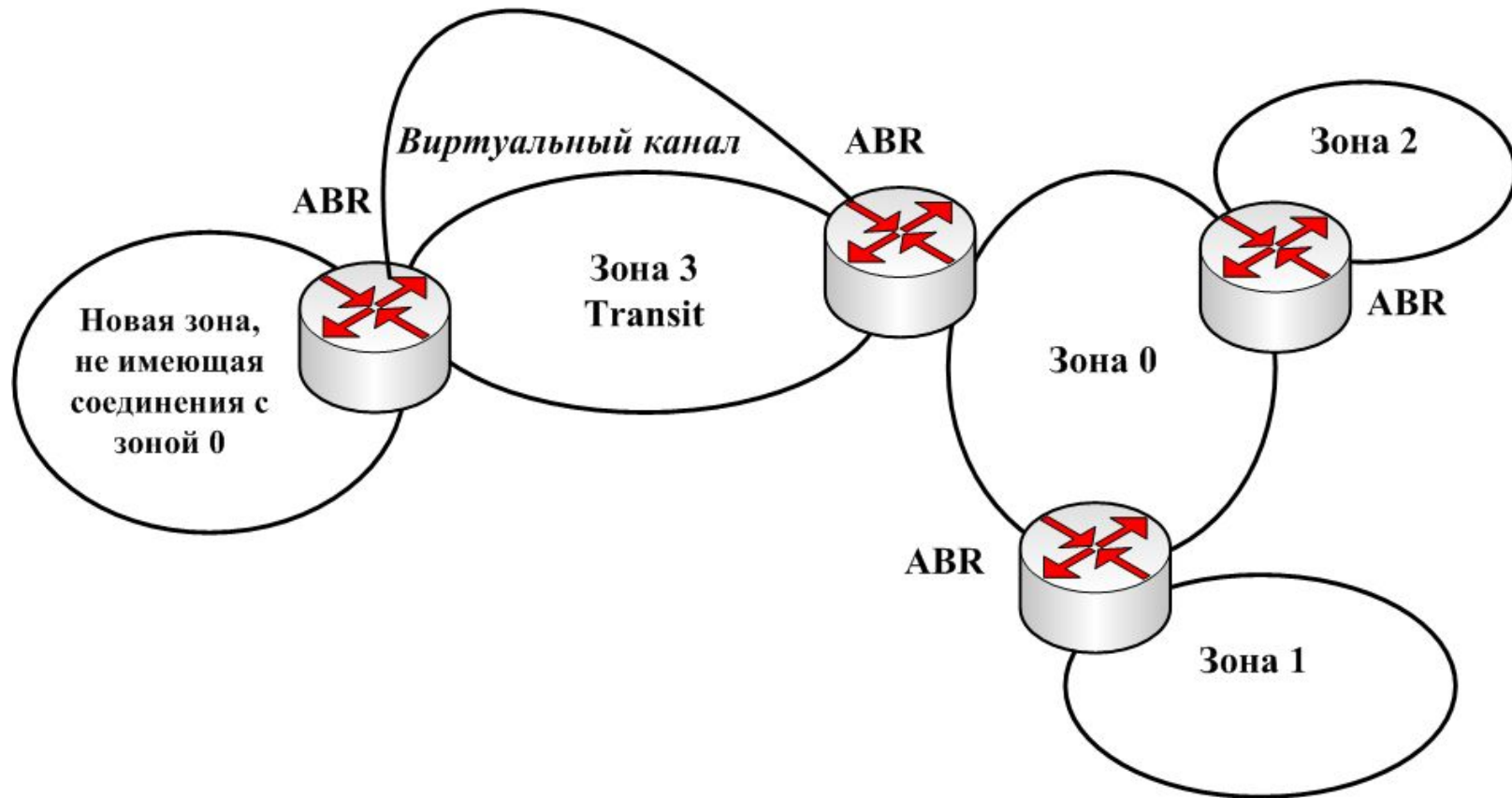
При соединении «точка-точка» не требуется выбора DR и BDR. Настраивать интерфейсы маршрутизаторов надо в ручную.

# Нешироковещательные сети со множественным доступом (*Non Broadcast Multiple Access, NBMA*)



Коммутируемые сети не поддерживают шировещательный трафик. Требуется ручная настройка маршрутизаторов с введением IP-адресов всех других маршрутизаторов для установления смежных отношений, выбора DR/BDR и обмена маршрутной информацией.

# Виртуальные каналы



# Виртуальные каналы

