

# OSPF

И ДРУГИЕ ПРОТОКОЛЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ  
МАРШРУТИЗАЦИИ

# Протоколы сетевого уровня

- ▶ **Маршрутизируемый** - это любой сетевой протокол, адрес сетевого уровня которого предоставляет достаточное количество информации для доставки пакета от одного сетевого узла другому на основе используемой схемы адресации.
- ▶ **Маршрутизации** - это протокол, который поддерживает маршрутизируемые протоколы и предоставляет механизмы обмена маршрутной информацией.

# Функции протоколов маршрутизации

- ▶ Получают информацию о маршрутах от других роутеров
- ▶ Передают информацию о маршрутах другим роутерам
- ▶ Если в одну и ту же сеть ведет более одного маршрута, выбирают один наиболее подходящий
- ▶ Если топология сети меняется, передают информацию об этих изменениях

# Автономная система

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



# Виды протоколов маршрутизации

- ▶ **IGP** – interior gateway protocols – протоколы для взаимодействия внутри одной автономной системы
- ▶ **EGP** – exterior gateway protocols – протоколы взаимодействия между разными автономными системами

# Виды протоколов маршрутизации

- ▶ Единственный используемый на сегодняшний день EGP – BGP – Border Gateway Protocol
- ▶ Наиболее распространенные IGP – IGRP, EIGRP, OSPF
  - ▶ (E)IGRP – являются проприетарными протоколами Cisco
  - ▶ OSPF – открытый стандарт, который больше всего распространен на данный момент

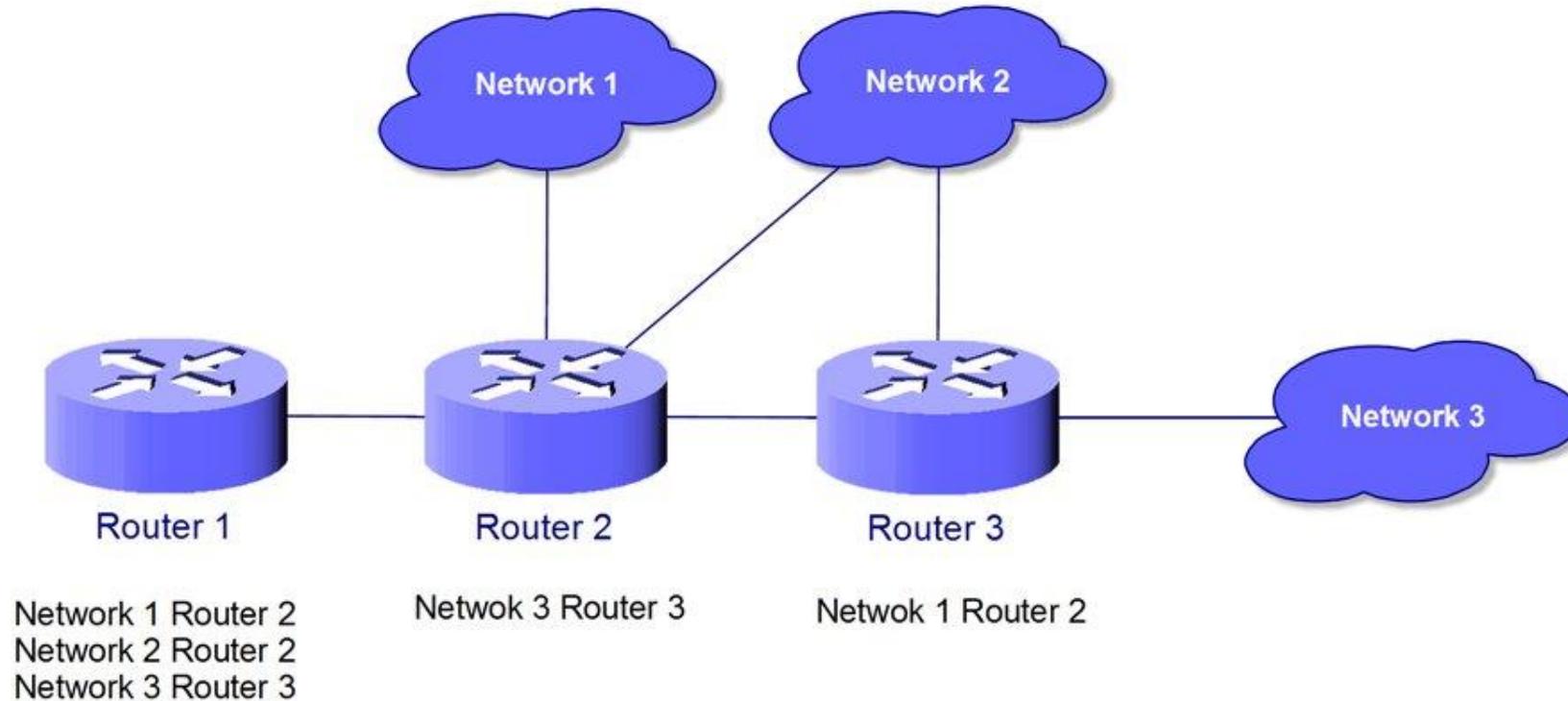
## Виды алгоритмов выбора лучшего маршрута

- ▶ Distance-Vector
  - ▶ RIP, BGP, (E)IGRP
- ▶ Link-State
  - ▶ OSPF, IS-IS

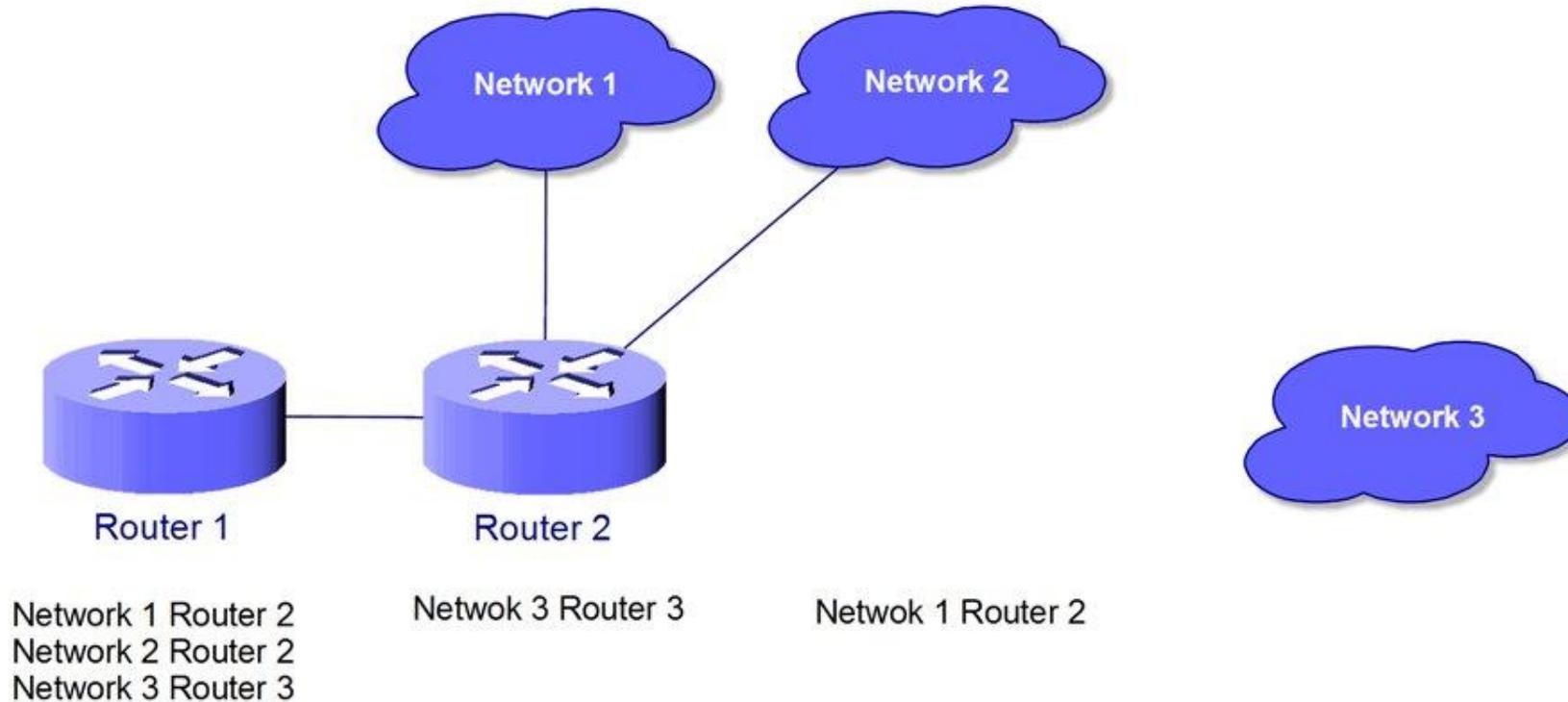
# Distance-Vector

- ▶ Разработаны в начале 1980-х годов
- ▶ Первые представители отличались медленной сходимостью (конвергентностью)
- ▶ Ключевое отличие от Link-State – передача информации о маршрутах доступных **соседним** роутерам

# Distance-Vector



# Split Horizon



# Link-State

- ▶ Разработаны в начале 1990-х годов
- ▶ Ключевое отличие от Distance-Vector – поддержание базы данных, которая описывает всю автономную систему
  - ▶ При каждом изменении сетевой топологии происходит пересчет всех маршрутов
  - ▶ Из-за этого требуют много ресурсов памяти и CPU

# Метрики

- ▶ Каждый маршрут распространяется с метриками
- ▶ Метрики – способ оценки маршрутов
- ▶ Если роутеру известно более одного маршрута в конечную цель, он использует алгоритм протокола динамической маршрутизации и метрики для выбора оптимального маршрута
- ▶ RIP: количество роутеров для сети назначения
- ▶ EIGRP: пропускная способность и задержка
- ▶ OSPF: пропускная способность

# Административная дистанция

- ▶ Один протокол маршрутизации поставляет в таблицу маршрутизации только один маршрут до конечной сети (или до 4-хб если их метрика одинакова)
- ▶ Но на роутере могут работать несколько разных протоколов динамической маршрутизации
- ▶ Кроме того могут быть заданы статические маршруты
- ▶ Каждому маршруту присваивается административная дистанция в зависимости от того, из какого источника он получен.
- ▶ Чем административная дистанция меньше, тем маршрут приоритетнее

# OSPF

- ▶ OSPF – (Open Shortest Path First) – протокол динамической маршрутизации
- ▶ Создан IETF в 1988 году (то есть, является стандартным протоколом)
- ▶ OSPFv2 это текущая версия для IPv4 (описана в RFC 2328)
- ▶ IGP-протокол: используется для передачи информации между маршрутизаторами в пределах одной автономной системы (AS)
- ▶ Основан на технологии link-state (SPF)

# Характеристики OSPF



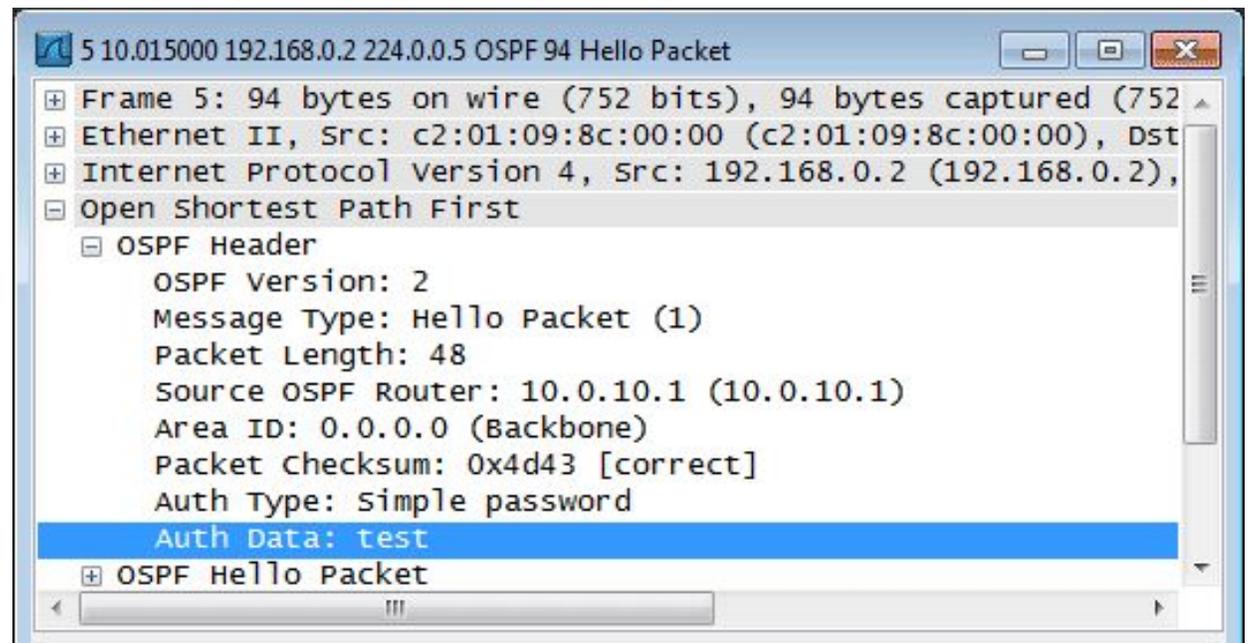
# Административная дистанция

Routing Protocol	Protocol Number	Port Number	Admin Distance
RIP	--	UDP 520	120
IGRP	9	--	100
EIGRP	88	--	90 Summary Routes – 5 Redistributed Routes – 170
OSPF	89	--	110
IS-IS	124	--	115
BGP	--	TCP 179	eBGP – 20 iBGP – 200

Протокол OSPF имеет административную дистанцию по умолчанию со значением 110

# OSPF

- ▶ OSPF инкапсулируется в IP
- ▶ Номер протокола 89
- ▶ Для передачи пакетов использует мультикаст адреса:
  - ▶ 224.0.0.5 все маршрутизаторы OSPF
  - ▶ 224.0.0.6 все DR



5 10.015000 192.168.0.2 224.0.0.5 OSPF 94 Hello Packet

- ⊕ Frame 5: 94 bytes on wire (752 bits), 94 bytes captured (752 bits) on interface 0
- ⊕ Ethernet II, Src: c2:01:09:8c:00:00 (c2:01:09:8c:00:00), Dst: 01:00:5e:00:00:05
- ⊕ Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.2 (192.168.0.2), Dst: 224.0.0.5
- ⊖ Open Shortest Path First
  - ⊖ OSPF Header
    - OSPF Version: 2
    - Message Type: Hello Packet (1)
    - Packet Length: 48
    - Source OSPF Router: 10.0.10.1 (10.0.10.1)
    - Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
    - Packet Checksum: 0x4d43 [correct]
    - Auth Type: simple password
    - Auth Data: test
  - ⊕ OSPF Hello Packet

# Зоны OSPF

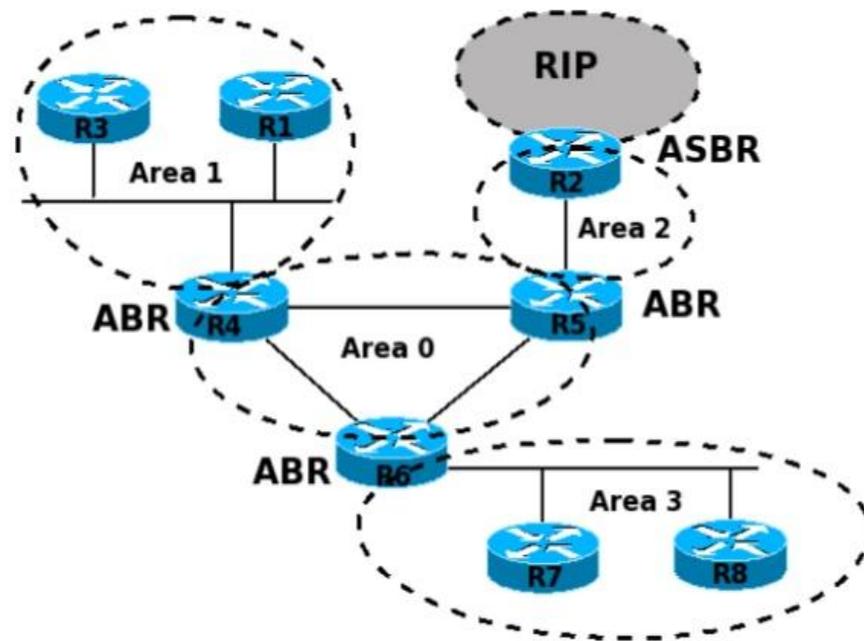
**Зона (area)** — совокупность сетей и маршрутизаторов, имеющих один и тот же идентификатор зоны

**Магистральная зона** (нулевая зона или зона 0.0.0.0) формирует ядро сети OSPF. Все остальные зоны соединены с ней, и межзональная маршрутизация происходит через маршрутизатор, соединенный с магистральной зоной.

**Пограничный маршрутизатор (area border router, ABR)** — соединяет одну или больше зон с магистральной зоной и выполняет функции шлюза для межзонального трафика.

**Пограничный маршрутизатор автономной системы (AS boundary router, ASBR)** — обменивается информацией с маршрутизаторами, принадлежащими другим автономным системам или не-OSPF маршрутизаторами.

Типы зон OSPF



# OSPF

- ▶ **Идентификатор маршрутизатора (router ID, RID)** — уникальное 32-битовое число, которое уникально идентифицирует маршрутизатор в пределах одной автономной системы
- ▶ **Объявление о состоянии канала (link-state advertisement, LSA)** — единица данных, которая описывает локальное состояние маршрутизатора или сети.
- ▶ **База данных состояния каналов (link state database, LSDB)** — список всех записей о состоянии каналов (LSA).

# Соседи OSPF

- ▶ **Соседи (neighbours)** — два маршрутизатора, интерфейсы которых находятся в одном широковещательном сегменте (и на которых включен OSPF на этих интерфейсах)
- ▶ **Отношения соседства (adjacency)** — взаимосвязь между соседними маршрутизаторами, установленная с целью синхронизации информации
- ▶ **Hello-протокол (hello protocol)** — протокол, использующийся для установки и поддержания соседских отношений

# Базы данных OSPF

- ▶ **База данных смежности (таблица соседних устройств)** — создаёт таблицу соседних устройств.
- ▶ **База данных о состоянии каналов (LSDB) (таблица топологии)** — создаёт таблицу топологии.
- ▶ **База данных пересылки (таблица маршрутизации)** — создаёт таблицу маршрутизации.

# Пакеты OSPF

- ▶ **Hello** — пакеты, которые используются для обнаружения соседей, установки отношений соседства и мониторинга их доступности (keepalive)
- ▶ **DBD** — пакеты, которые описывают содержание LSDB
- ▶ **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
- ▶ **LSAck** — пакеты, с помощью которых подтверждается получение других пакетов

# Принцип работы OSPF

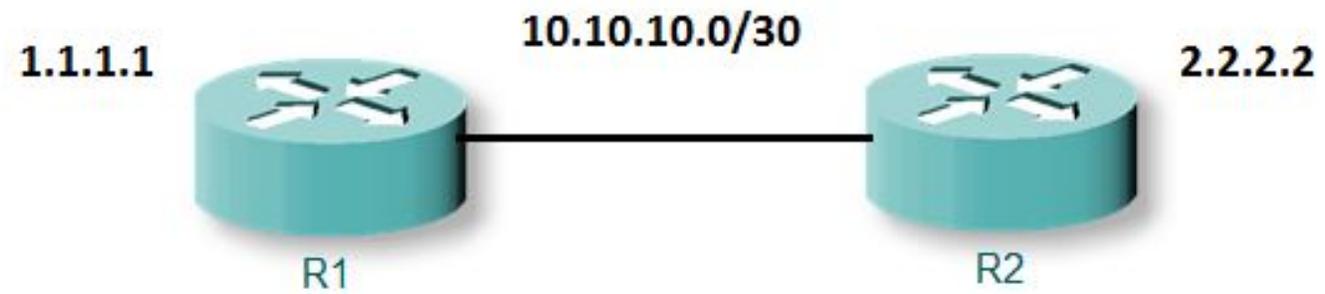
- ▶ Для установления отношений смежности:
  - 1) в OSPF должны быть настроены одинаковые:
    - ▶ **Hello Interval** (частота отправки сообщений Hello – «Хэй, я жив!!!»)
    - ▶ **Dead Interval** (период времени, по прохождению которого, сосед считается недоступным, если не было Hello)
    - ▶ **Номера зон (Area ID)**
    - ▶ **MTU**
  - 2) Интерфейсы, подключенные друг к другу, должны быть в **одной подсети**,
  - 3) У каждого маршрутизатора, участвующего в процессе OSPF есть свой **уникальный** идентификатор — **Router ID**.

# Принцип работы OSPF

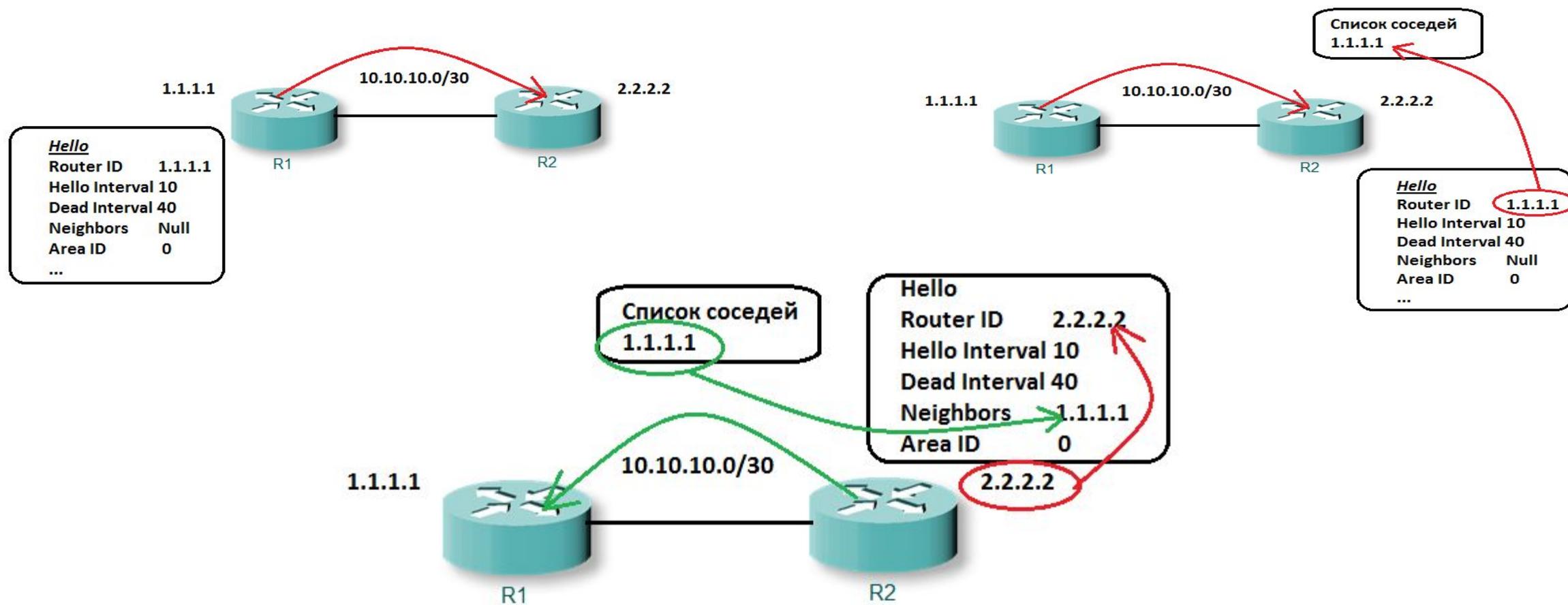
- ▶ При первом подключении маршрутизатора OSPF к сети он пытается:
  - ▶ установить отношения смежности с соседними узлами;
  - ▶ осуществить обмен данными маршрутизации;
  - ▶ рассчитать оптимальные пути;
  - ▶ достичь состояния сходимости.



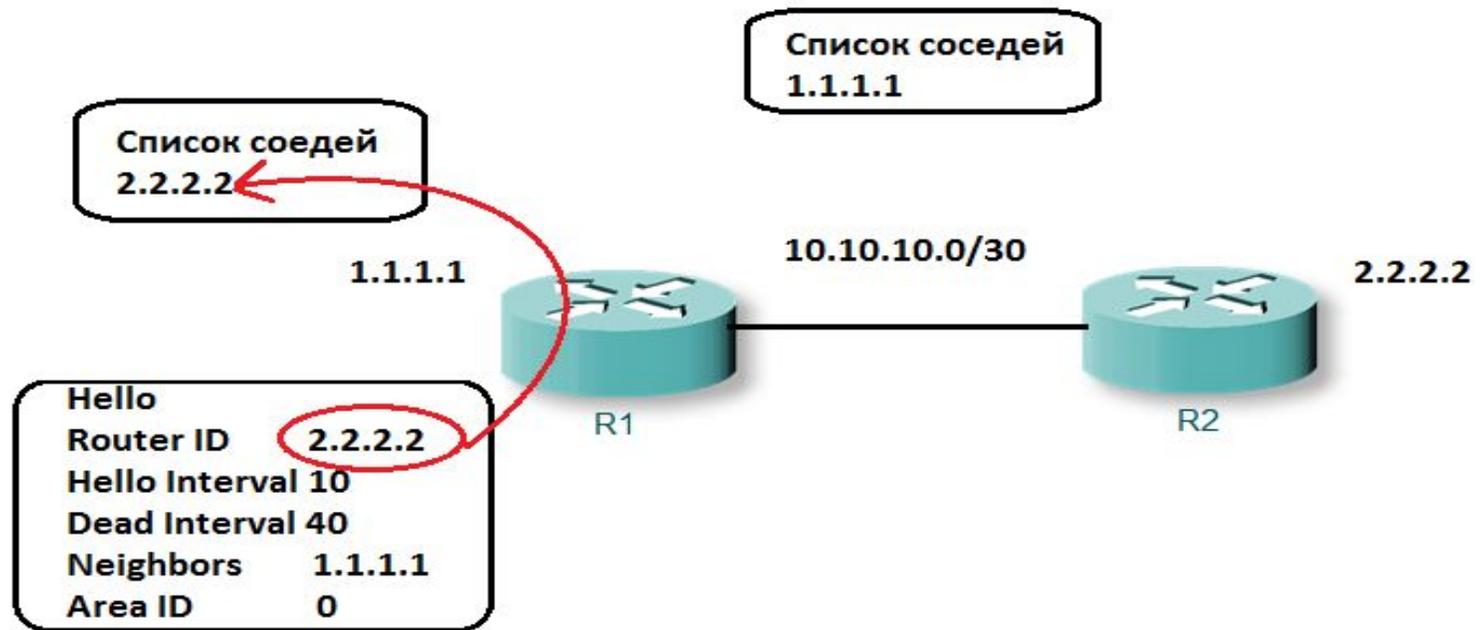
# DOWN



# INIT



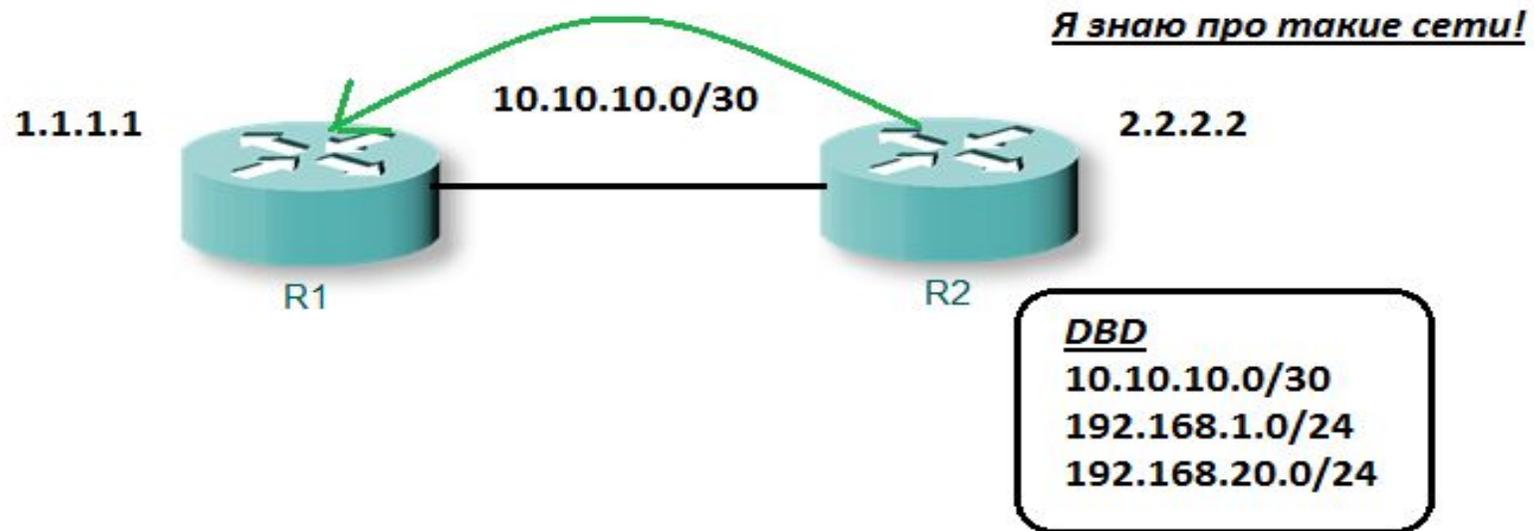
# TWO-WAY



# EXSTART

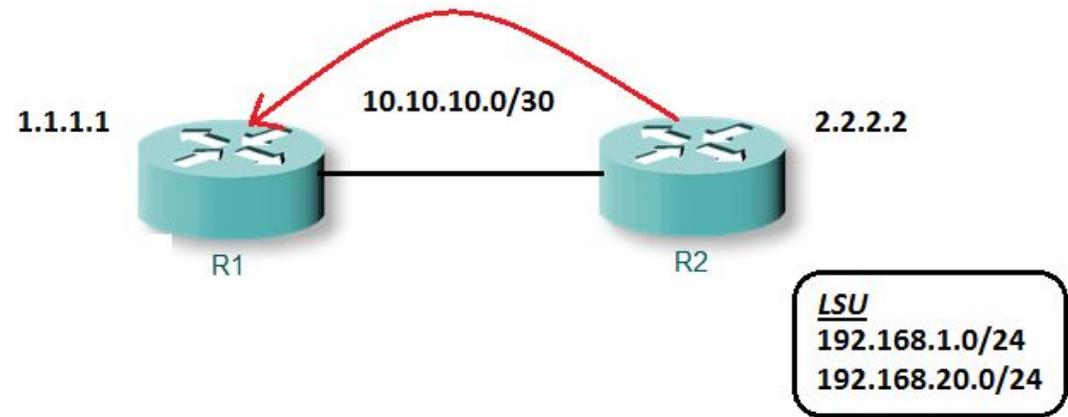
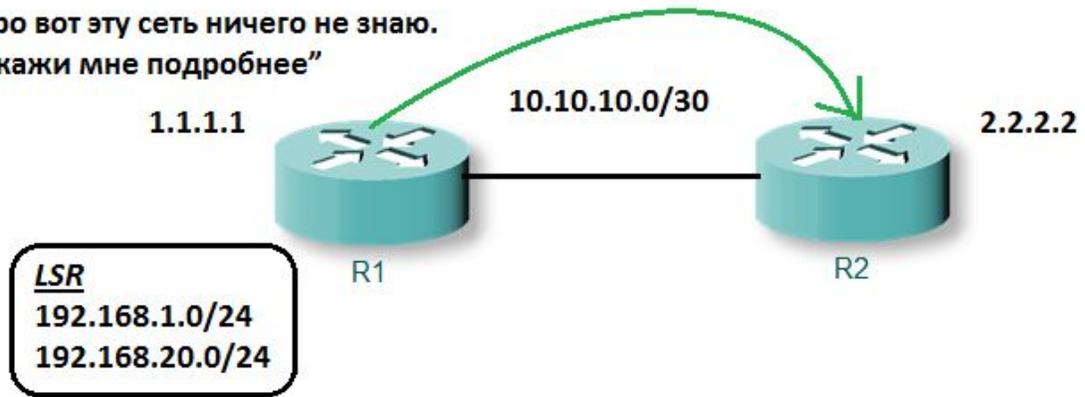
- ▶ **Exstart** — маршрутизаторы определяют Master/Slave отношения на основании Router ID.
- ▶ Маршрутизатор с высшим RID становится Master-маршрутизатором, который определяет DD (database description) Sequence number, а также первым начинает обмен DD-пакетами

# EXCHANGE



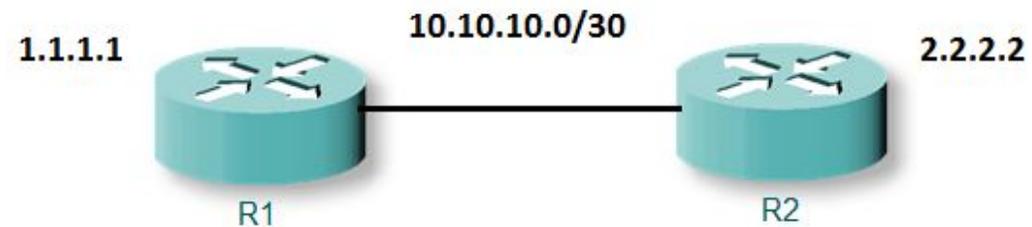
# LOADING

“Я про вот эту сеть ничего не знаю.  
Расскажи мне подробнее”



# FULL

**Full** — Когда маршрутизатор получил всю информацию и LSDB на обоих маршрутизаторах синхронизирована, оба маршрутизатора переходят в состояние fully adjacent (FULL)



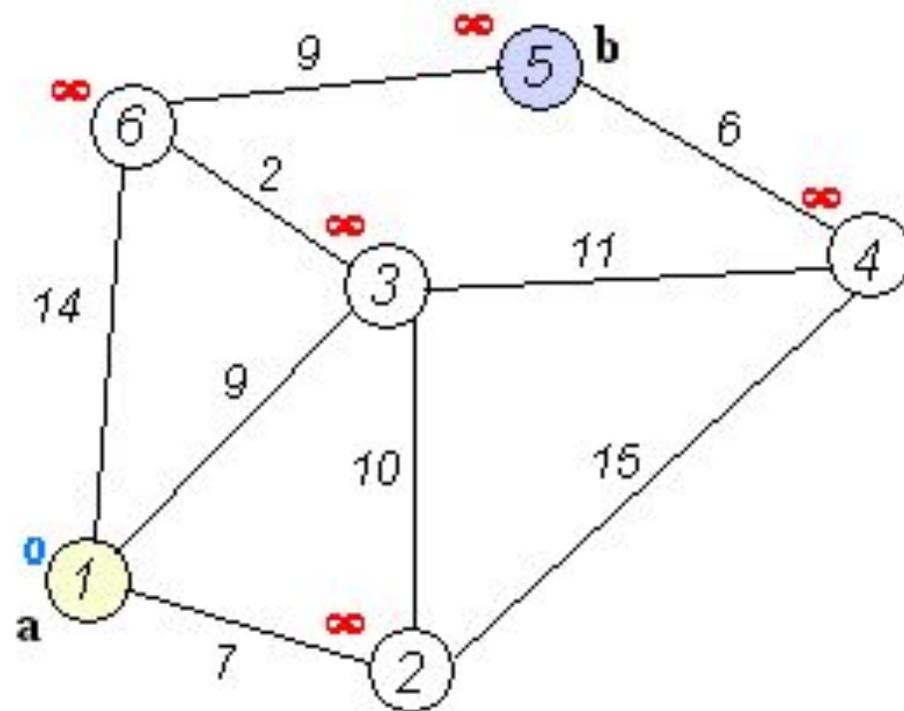
# Алгоритм

- ▶ OSPF базируется на алгоритме SPF. Алгоритм SPF иногда называют алгоритмом *Dijkstra*
- ▶ Алгоритм поиска кратчайшего пути создаёт дерево кратчайших путей SPF путём размещения каждого маршрутизатора в корне дерева и расчёта кратчайших путей к каждому из узлов.
- ▶ После этого дерево кратчайших путей SPF используется для расчёта оптимальных маршрутов.
- ▶ Протокол OSPF вносит оптимальные маршруты в базу данных пересылки, которая применяется для создания таблицы маршрутизации.

# Алгоритм *Dijkstra*

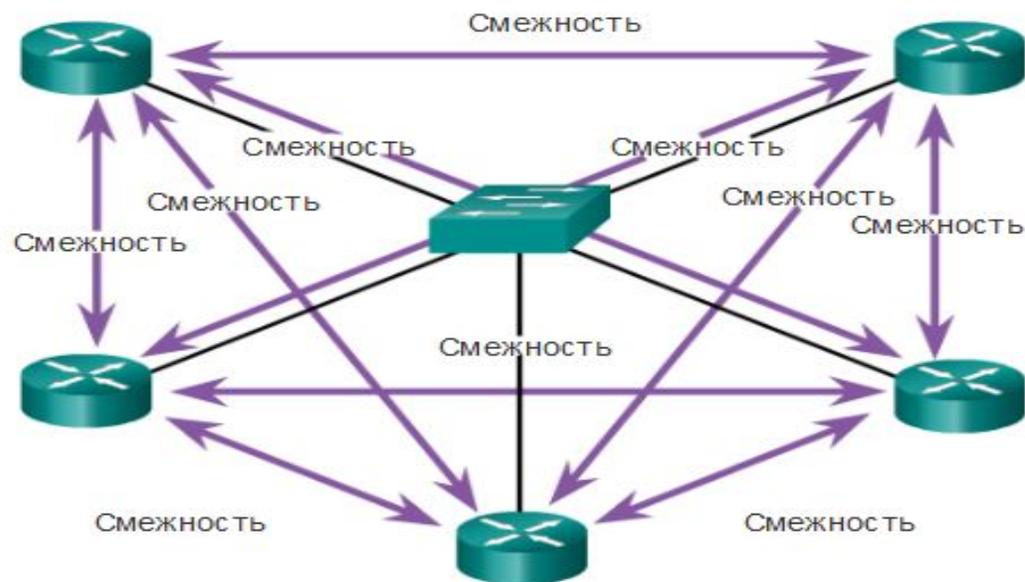
**Алгоритм Дейкстры** (*Dijkstra's algorithm*) — алгоритм на графах, изобретённый нидерландским учёным Эдсгером Дейкстрой в 1959 году.

Находит кратчайшие пути от одной из вершин графа до всех остальных. Алгоритм работает только для графов без рёбер отрицательного веса



# Установка смежности

Установка большого количества отношений смежности приводит к возникновению чрезмерного количества пакетов LSA, которыми маршрутизаторы обмениваются в пределах одной сети.



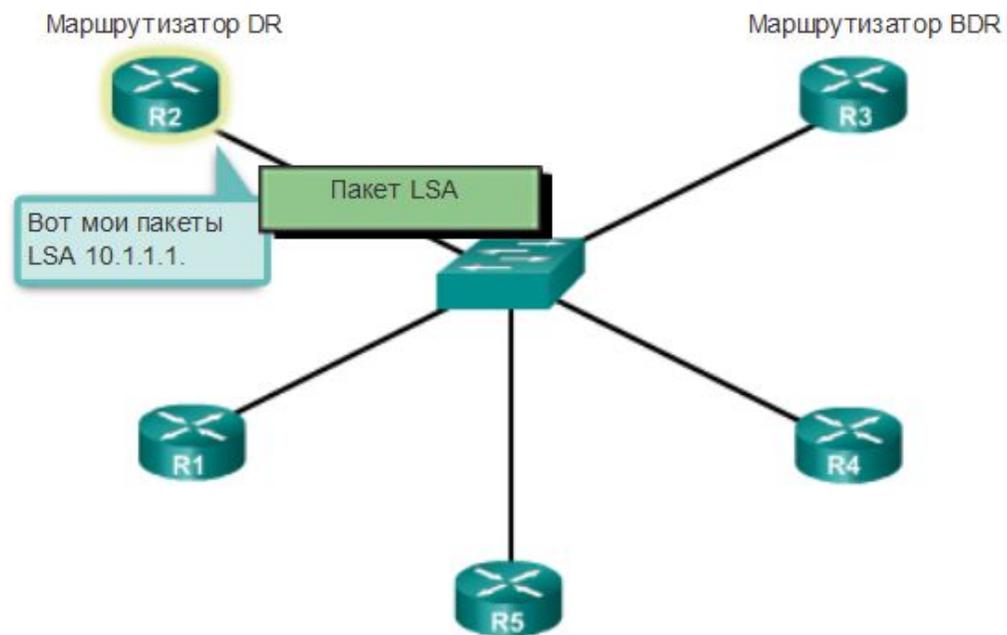
# Выделенный и резервный маршрутизаторы

## Выделенный маршрутизатор

(designated router, DR) — управляет процессом рассылки LSA в сети. Информация об изменениях в сети отправляется DR, маршрутизатором обнаружившим это изменение, а DR отвечает за то, чтобы эта информация была отправлена остальным маршрутизаторам сети.

## Резервный выделенный маршрутизатор

(backup designated router, BDR) — при выходе из строя DR, BDR становится DR и выполняет все его функции.



# Метрика OSPF

- ▶ OSPF использует метрику, которая называется стоимостью (cost).
- ▶  $cost = reference\ bandwidth / link\ bandwidth$ 
  - ▶ Заданная пропускная способность (reference bandwidth ) равна по умолчанию  $10^8$  (100000000).
  - ▶ **Стоимость** = 100 000 000 бит/с / пропускная способность интерфейса (reference bandwidth ) (бит/с)