

OSPF основные принципы

Протокол маршрутизации
Open Shortest Path First

Содержание

● Принципы OSPF

- Введение
- Алгоритм Dijkstra
- Принципы коммуникаций
- LSA Broadcast Handling
- Splitted область
- Широковещательные сети
- Полезные выводы

OSPF - Open Shortest Path First

● Дистанционно векторные протоколы (RIP) имеют несколько недостатков:

- медленная адаптация к сетевым изменениям !!!
- размер обновлений маршрутизации (routing update) пропорционален размеру сети !!!

Это привело к протоколам состояния связи

● OSPF важная реализация для IP

● основная идея: каждый маршрутизатор знает топологию всей сети, включая подсети и другие маршрутизаторы

- RFC 2328 (2178, 1583 - устаревшие)

OSPF база данных о топологии

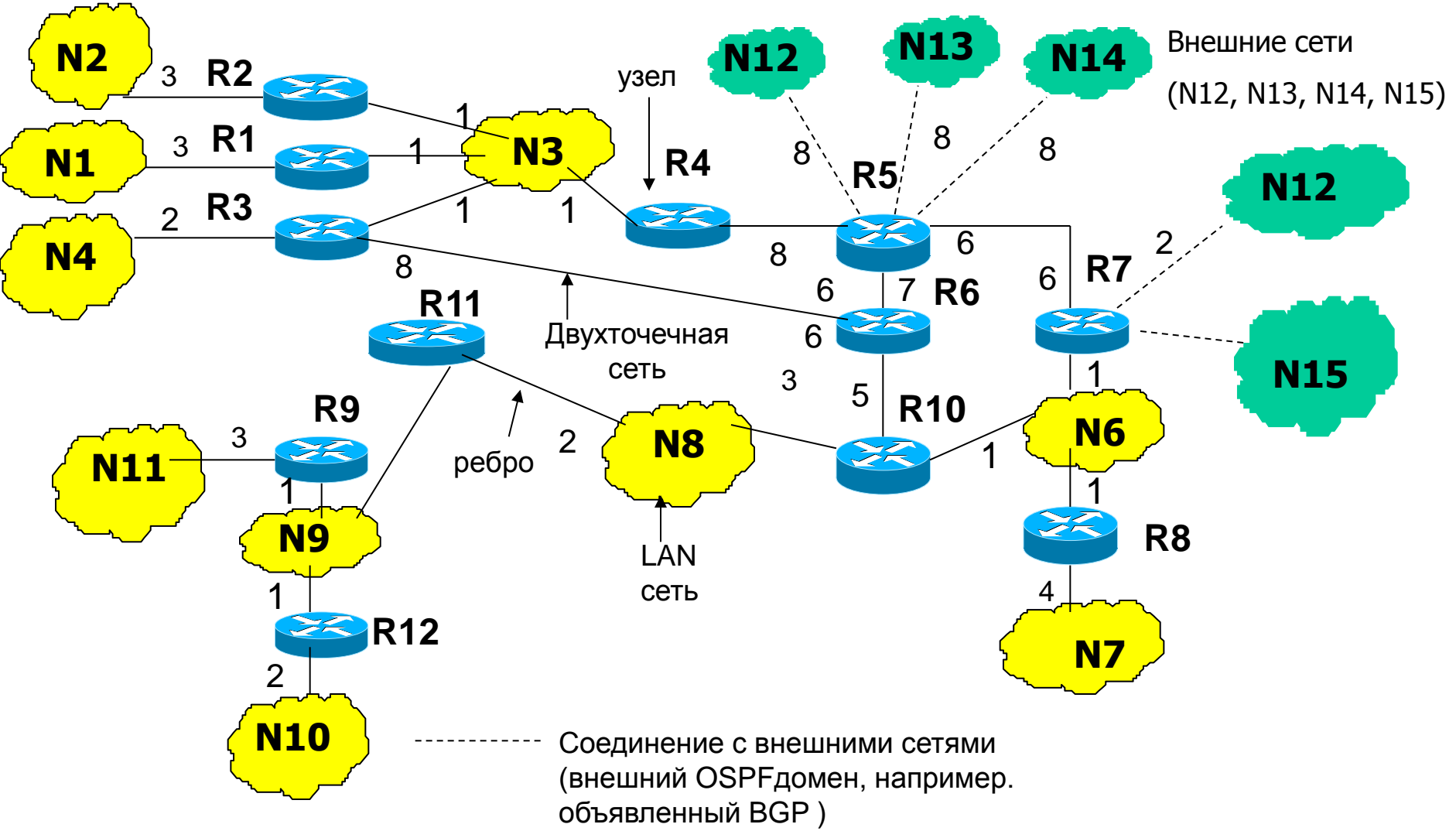
● Каждый роутер поддерживает топологическую базу данных

- походит на "сетевую карту"
- описывает всю сеть !!!
- замечание: RIP оперирует только с "указателями"

● база данных основана на графе, в котором

- каждый узел является роутером
- каждое ребро представляет собой подсеть
 - ✓ соединяющие маршрутизаторы
 - ✓ со стоимостью пути, назначенным ребрам графа
- каждый маршрутизатор считает себя корнем графа
 - ✓ для вычисления самых коротких путей ко всем подсетям

OSPF домен



OSPF принципы

- **По топологической базе данных роутер может вычислить наилучший путь к сети адресата**
 - применяя алгоритм Dijkstra's SPF (Shortest Path First)
 - ✓ Shortest Path First – предпочтительный выбор кратчайшего пути
- **Топологическая база данных описывает также все другие возможные пути**
 - в критических ситуациях (неисправности) маршрутизатор может самостоятельно **вычислить альтернативный путь**
- **не ожидает больше слухов от других роутеров**
 - которые были причиной нескольких проблем RIP !!!
 - потому что другие роутеры также полагаются на слухи

Самые короткие пути роутера R6

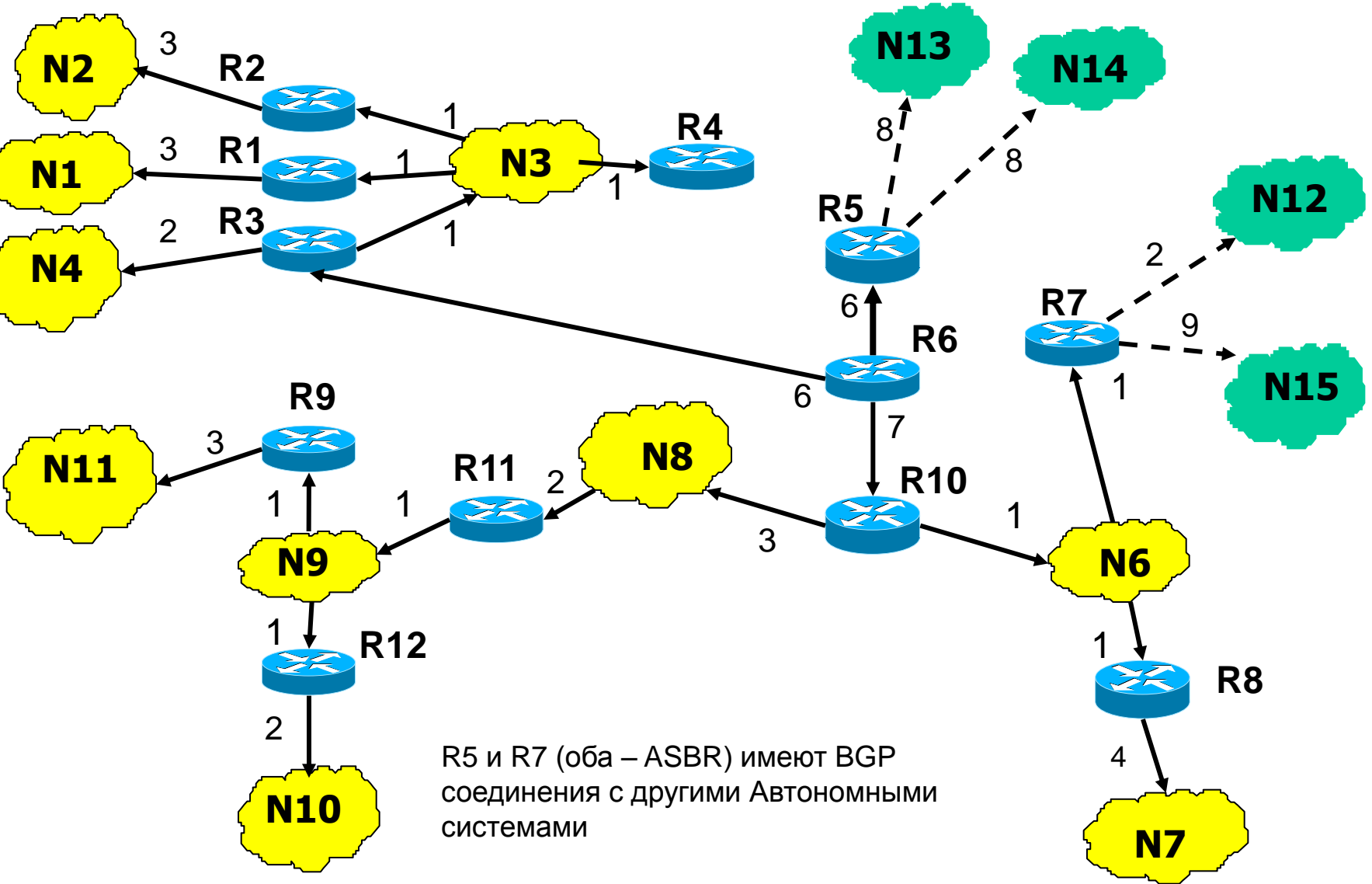


Таблица маршрутизации

- После вычисления самого кратчайшего пути, этот путь вводится в таблицы маршрутизации
- OSPF может квалифицировано делать различия между внутренними и внешними идентификаторами сети (net-IDs)
 - Пограничный маршрутизатор Автономной системы ASBR импортирует внешние идентификаторы сети (net-IDs)
 - Пути к ASBRs рассматриваются как пути к внутреннему адресату
 - Стоимость пути к внешним сетям могут быть рассчитаны (E1 метрика), суммируя:
 - ✓ внутренние стоимости к ASBR
 - ✓ и внешние стоимости (от ASBR до внешних сетей)

Таблица маршрутизации роутера R6

NET-ID	NEXT HOP	DISTANCE
N1	R3	10
N2	R3	10
N3	R3	7
N4	R3	8
N6	R10	8
N7	R10	12
N8	R10	10
N9	R10	11
N10	R10	13
N11	R10	14
R5	R5	6
R7	R10	8

N1....N11 – внутренние сети;
R5 и R7 - ASBRs

Таблица маршрутизации роутера R6

NET-ID	NEXT HOP	DISTANCE
N12	R10	10
N13	R5	14
N14	R5	14
N15	R10	17

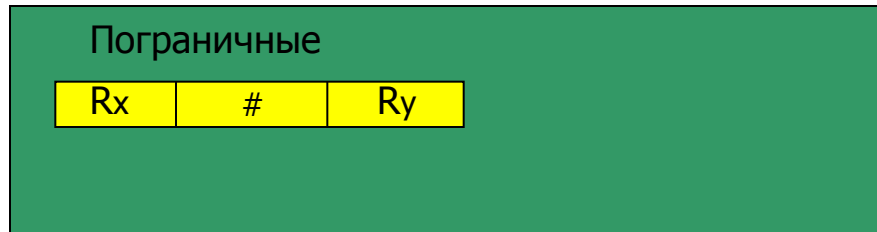
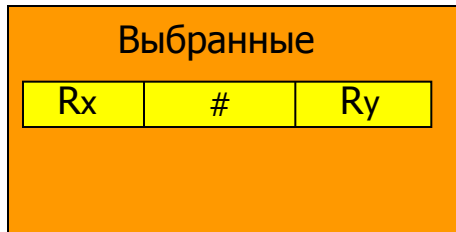
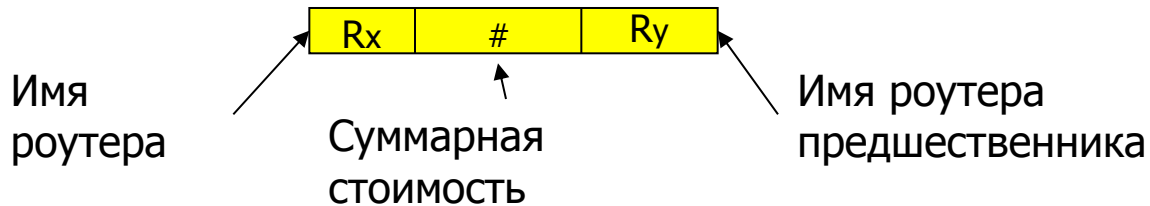
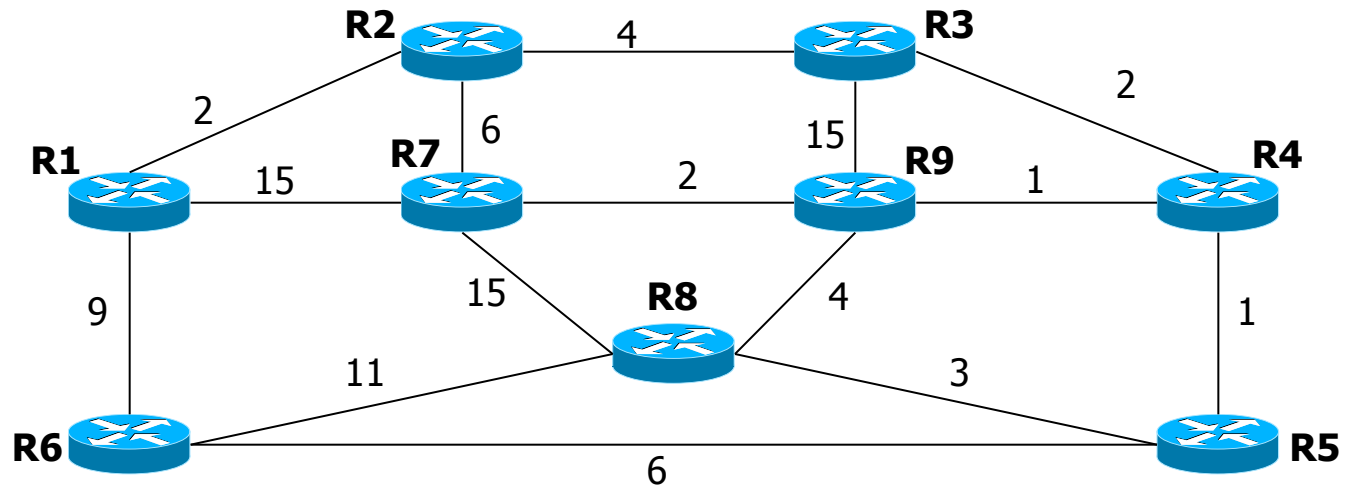
N12....N15 – внешние сети
предположение: ASBR R5 и R7 объявляют внешние сети
(которые были замечены, используя например BGP-4),
через тип 1 внешний линк (E1-метрика)

Содержание

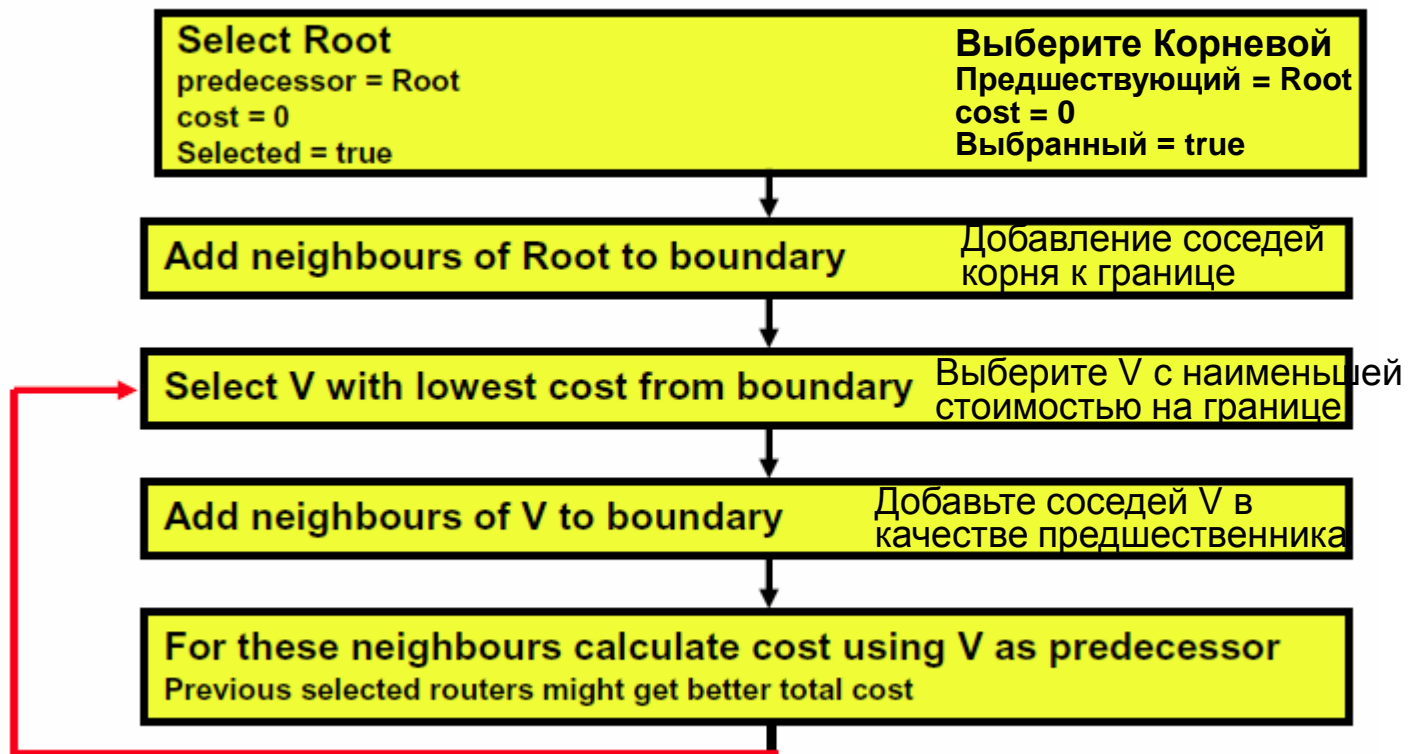
● Принципы OSPF

- Введение
- Алгоритм Dijkstra
- Принципы коммуникаций
- LSA Broadcast Handling
- Splitted область
- Широковещательные сети
- Полезные выводы

Графическая иллюстрация алгоритма

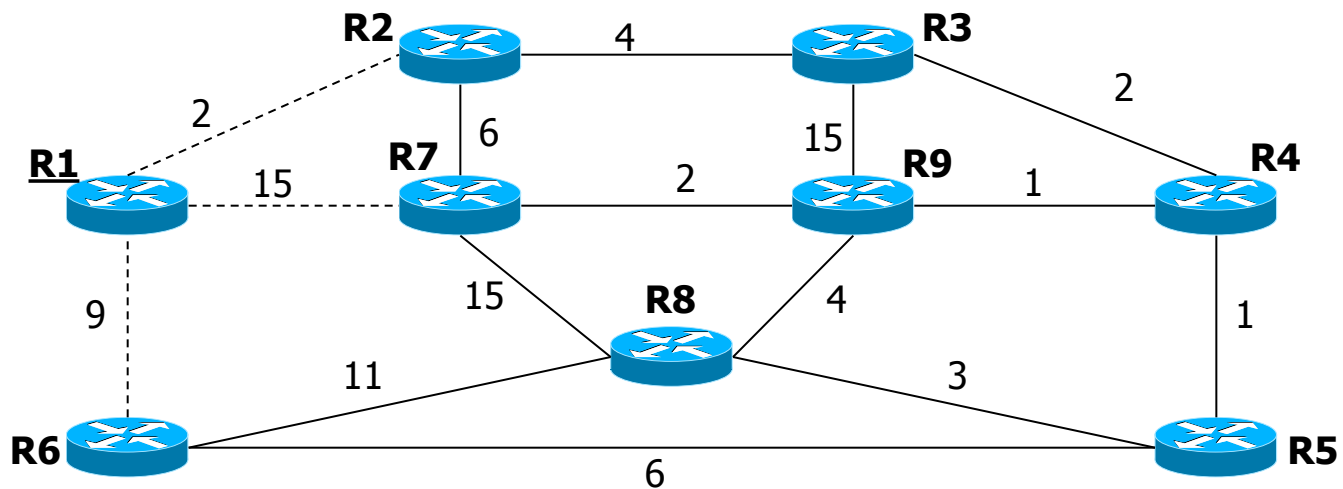


Алгоритм



Для этих соседей рассчитайте стоимость, используя V в качестве предшественника
Ранее выбранные маршрутизаторы могут иметь более высокую общую стоимость

Выберем корень (R1)



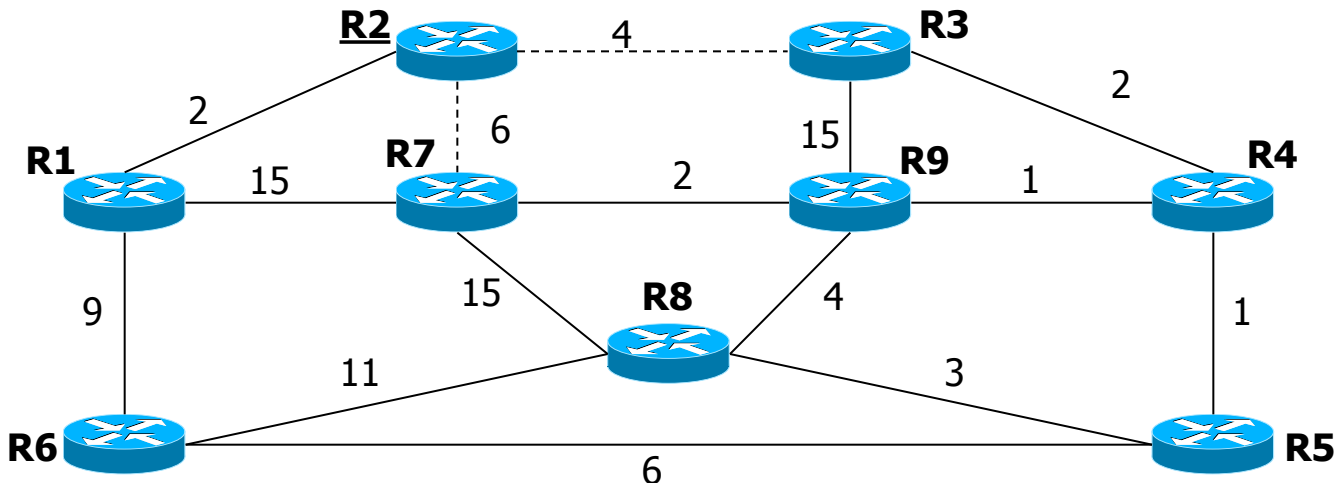
Выбранные

R1	0	R1
----	---	----

Пограничные

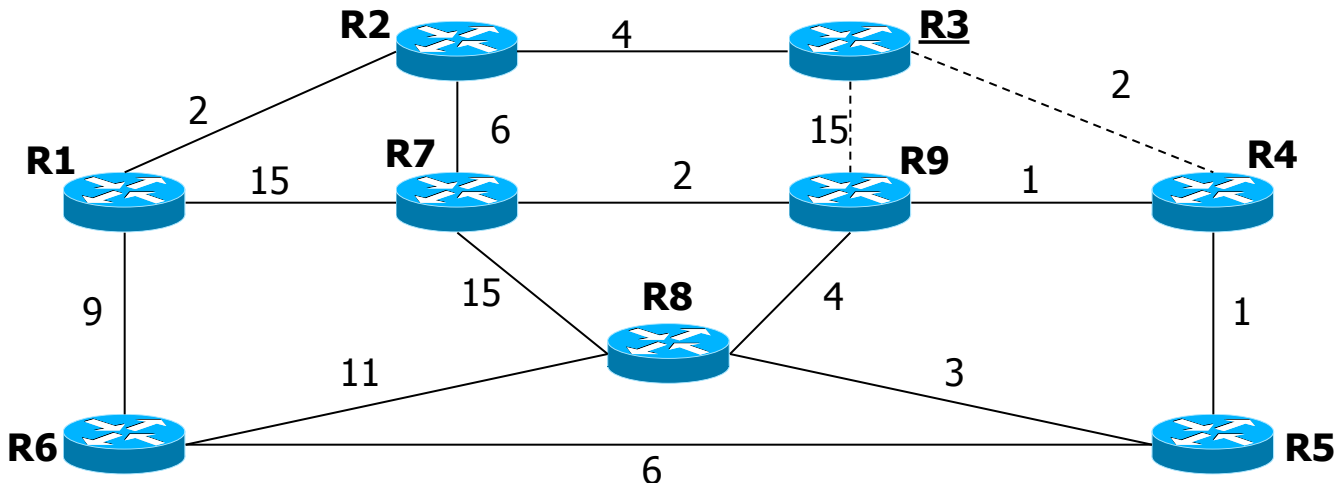
R2	2	R1	R6	9	R1	R7	15	R1
----	---	----	----	---	----	----	----	----

Выберите роутер с самой низкой стоимостью пути к нему (R2), вычислите стоимость для соседей R3, R7



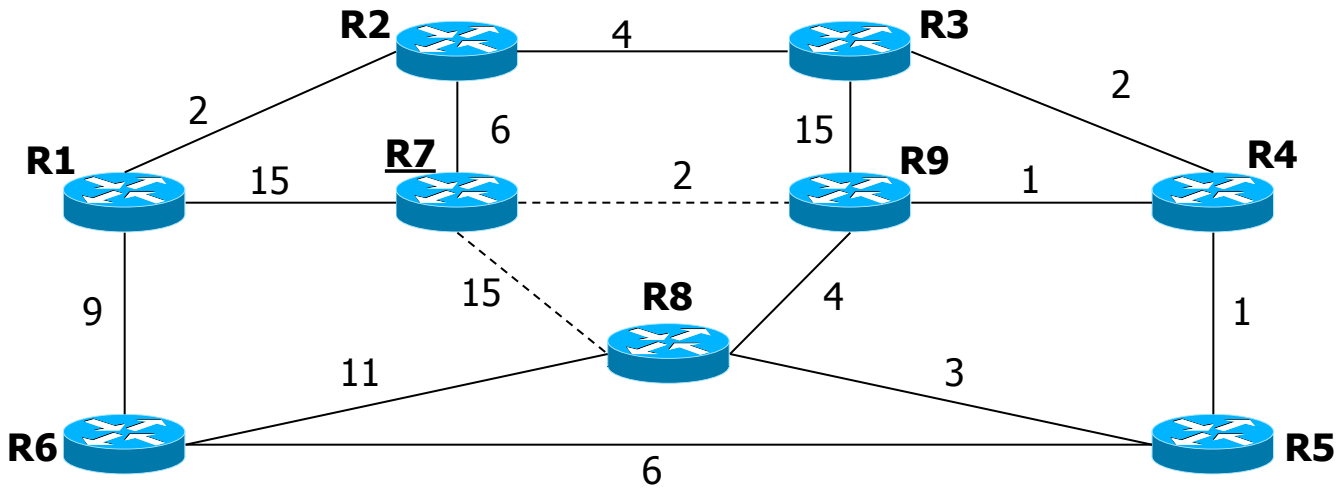
Выбранные			Пограничные								
R1	0	R1	R2	2	R1	R6	9	R1	R7	15	R1
R2	2	R1	R6	9	R1	R7	8	R2	R3	6	R2

Выберите роутер с самой низкой стоимостью пути к нему (R3), вычислите стоимость для соседей R4, R9



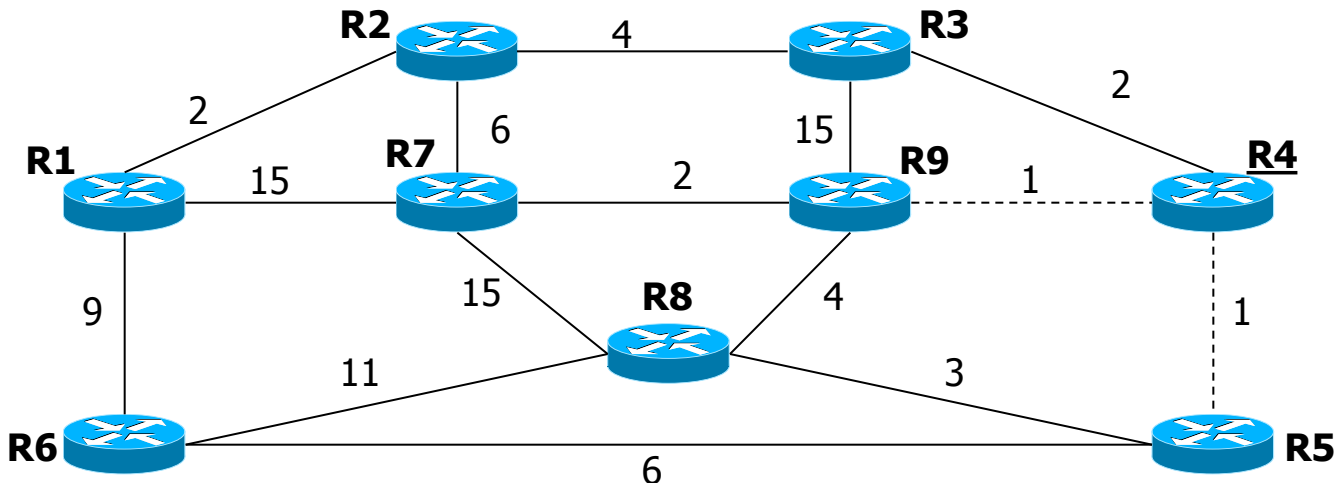
Выбранные			Пограничные											
R1	0	R1	R2	2	R1	R6	9	R1	R7	15	R1			
R2	2	R1	R6	9	R1	R7	8	R2	R3	6	R2			
R3	6	R2	R6	9	R1	R7	8	R2	R9	21	R3	R4	8	R3

Выберите один роутер с самой низкой стоимостью пути к нему (R7), вычислите стоимость для соседей R8, R9



Выбранные			Пограничные											
R1	0	R1	R2	2	R1	R6	9	R1	R7	15	R1			
R2	2	R1	R6	9	R1	R7	8	R2	R3	6	R2			
R3	6	R2	R6	9	R1	R7	8	R2	R9	21	R3	R4	8	R3
R7	8	R2	R6	9	R1	R4	8	R3	R9	10	R7	R8	23	R7

Выберите роутер с самой низкой стоимостью пути к нему (R4), вычислите стоимость для соседей R9, R5



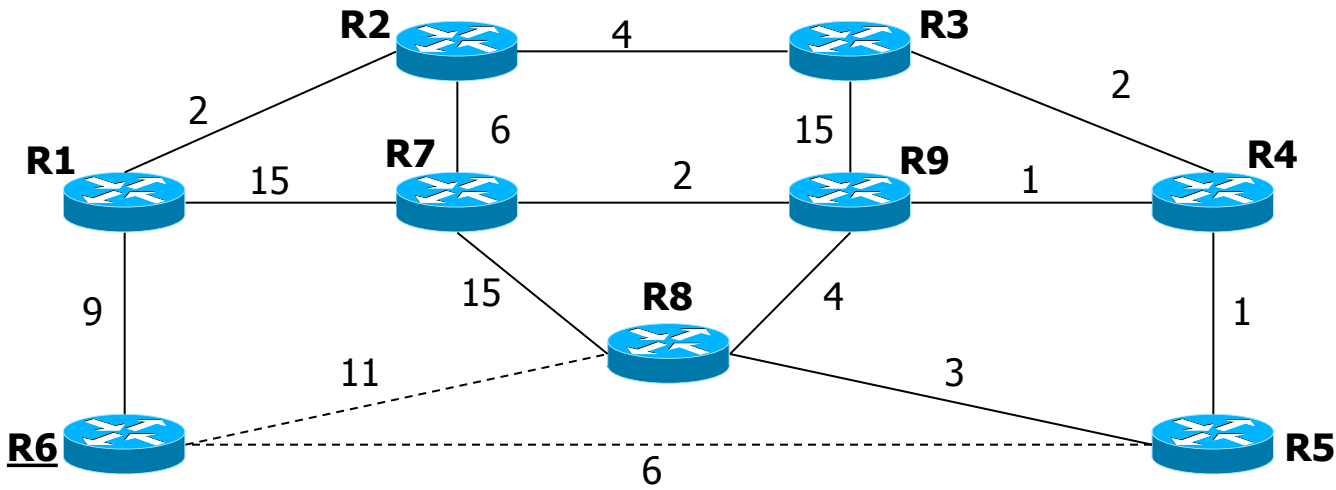
Выбранные

R1	0	R1
R2	2	R1
R3	6	R2
R7	8	R2
R4	8	R3

Пограничные

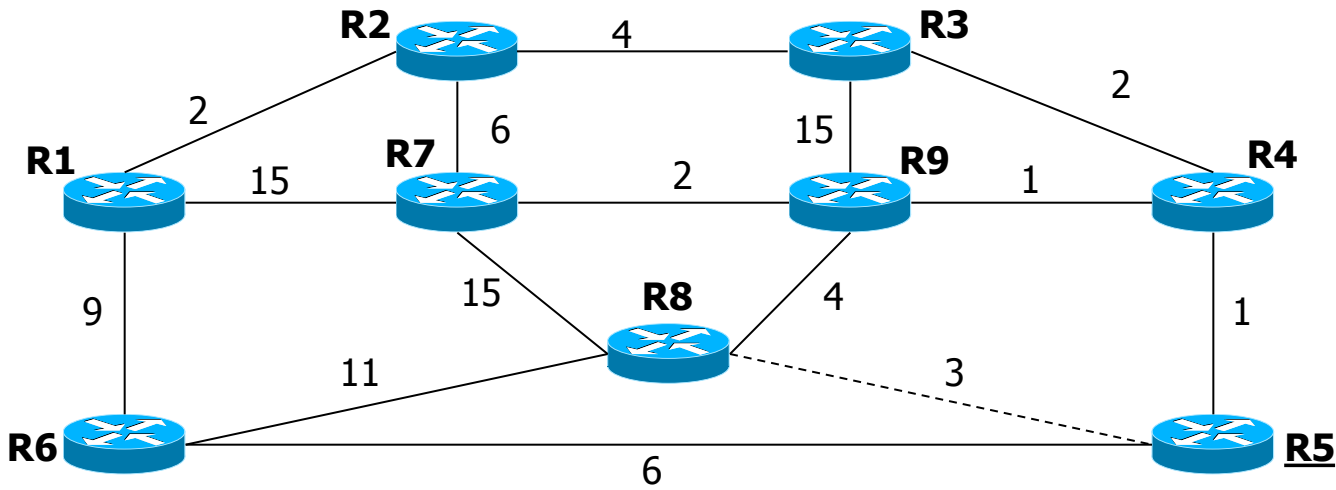
R2	2	R1	R6	9	R1	R7	15	R1			
R6	9	R1	R7	8	R2	R3	6	R2			
R6	9	R1	R7	8	R2	R9	21	R3	R4	8	R3
R6	9	R1	R4	8	R3	R9	10	R7	R8	23	R7
R6	9	R1	R8	23	R7	R9	9	R4	R5	9	R4

Выберите один роутер с самой низкой стоимостью пути к нему (R6), вычислите стоимость для соседей R5 и R8



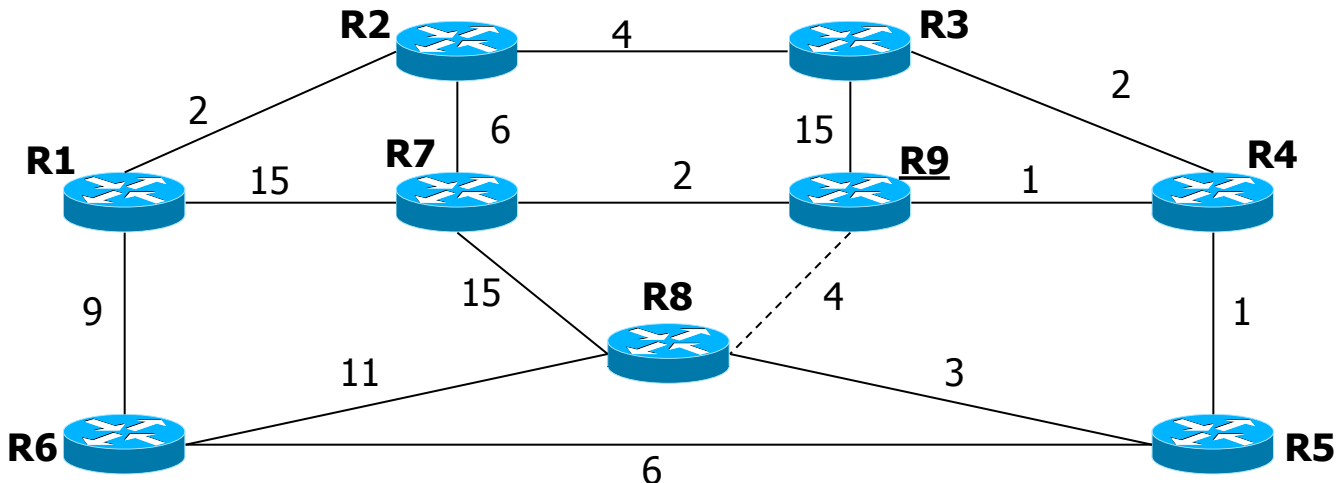
Выбранные			Пограничные											
R1	0	R1	R2	2	R1	R6	9	R1	R7	15	R1			
R2	2	R1	R6	9	R1	R7	8	R2	R3	6	R2			
R3	6	R2	R6	9	R1	R7	8	R2	R9	21	R3	R4	8	R3
R7	8	R2	R6	9	R1	R4	8	R3	R9	10	R7	R8	23	R7
R4	8	R3	R6	9	R1	R8	23	R7	R9	9	R4	R5	9	R4
R6	9	R1	R9	9	R4	R8	20	R6	R5	9	R4			

Выберите один роутер с самой низкой стоимостью пути к нему (R5), вычислите стоимость для соседа R8



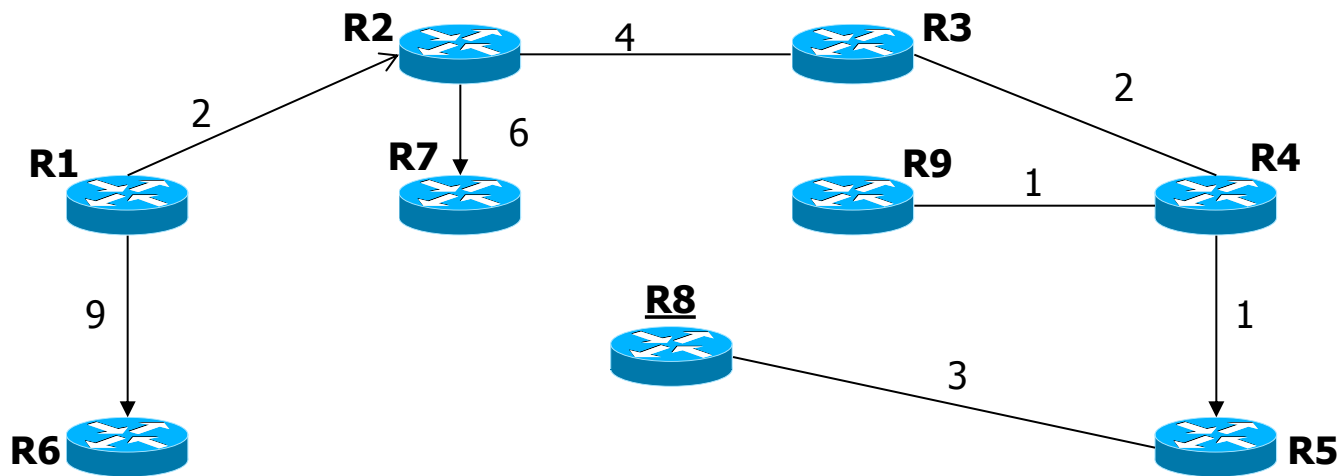
Выбранные			Пограничные											
R1	0	R1	R2	2	R1	R6	9	R1	R7	15	R1			
R2	2	R1	R6	9	R1	R7	8	R2	R3	6	R2			
R3	6	R2	R6	9	R1	R7	8	R2	R9	21	R3	R4	8	R3
R7	8	R2	R6	9	R1	R4	8	R3	R9	10	R7	R8	23	R7
R4	8	R3	R6	9	R1	R8	23	R7	R9	9	R4	R5	9	R4
R6	9	R1	R9	9	R4	R8	20	R6	R5	9	R4			
R5	9	R4	R9	9	R4	R8	12	R5						

Выберите роутер с самой низкой стоимостью пути к нему (R9), вычислите стоимость для соседа R8



Выбранные			Пограничные											
R1	0	R1	R2	2	R1	R6	9	R1	R7	15	R1			
R2	2	R1	R6	9	R1	R7	8	R2	R3	6	R2			
R3	6	R2	R6	9	R1	R7	8	R2	R9	21	R3	R4	8	R3
R7	8	R2	R6	9	R1	R4	8	R3	R9	10	R7	R8	23	R7
R4	8	R3	R6	9	R1	R8	23	R7	R9	9	R4	R5	9	R4
R6	9	R1	R9	9	R4	R8	20	R6	R5	9	R4			
R5	9	R4	R9	9	R4	R8	12	R5						
R9	9	R4	R8	12	R5									

Выбираем последний роутер из списка (R8), алгоритм закончился, найдены все короткие пути



Выбранные			Пограничные											
R1	0	R1	R2	2	R1	R6	9	R1	R7	15	R1			
R2	2	R1	R6	9	R1	R7	8	R2	R3	6	R2			
R3	6	R2	R6	9	R1	R7	8	R2	R9	21	R3	R4	8	R3
R7	8	R2	R6	9	R1	R4	8	R3	R9	10	R7	R8	23	R7
R4	8	R3	R6	9	R1	R8	23	R7	R9	9	R4	R5	9	R4
R6	9	R1	R9	9	R4	R8	20	R6	R5	9	R4			
R5	9	R4	R9	9	R4	R8	12	R5						
R9	9	R4	R8	12	R5									
R8	12	R5												

Содержание

● Принципы OSPF

- Введение
- Алгоритм Dijkstra
- Принципы коммуникаций
- LSA Broadcast Handling
- Splitted область
- Широковещательные сети
- Полезные выводы

Создание базы данных о топологии

- До сих пор в рассуждениях использовалась априорно существующая непротиворечивая база данных в каждом роутере
- Которая фактически является топологической базой данных так называемых состояний связи
- Состояние связи (link state) это соседские отношения между двумя роутерами
 - состояние связи создаётся этими двумя роутерами
 - другие роутеры уведомляются о состоянии связи через широковещательный механизм ("новости трафика")
 - состояние связи проверяется непрерывно

Как используются состояния связи?

- **Смежные маршрутизаторы объявляют себя соседями, настраивая состояние связи**
 - состояние связи может быть проверено “hello-сообщениями”
- **Каждое изменение состояния связи передается на все роутеры домена OSPF, используя сообщения “объявлений состояния связи” (LSAs - Link State Advertisements)**
 - используя широковещательный механизм
 - LSAs намного короче таблицы маршрутизации
 - ✓ поскольку LSAs содержат только фактические изменения
 - ✓ именно поэтому дистанционно-векторные протоколы намного медленнее
 - Целая топология карты полагается на LSAs

OSPF принципы коммуникаций (1)

- **OSPF-сообщения передаются в IP-пакетах**
 - IP-поле “тип протокола” = 89
- **Роутер посылает hello-сообщения всем прямо доступным роутерам**
 - чтобы определить соседей (neighbourhood)
 - автоматически в широковещательных сетях и соединениях “точка-точка”, используя групповой адрес IP 224.0.0.5 (все маршрутизаторы OSPF)
 - ✓ Вспомним, групповые IP-адреса соответствуют групповым MAC-адресам
 - ✓ Групповому IP-адресу 224.0.0.5 соответствует MAC-адрес 010005E 0000005
 - ✓ Групповому IP-адресу 224.0.0.6 соответствует MAC-адрес 010005E 0000006
 - или требуется конфигурирование соседских отношений роутеров в не широковещательных сетях (например, X25, FR, ATM)
- **Роутер принимает hello-сообщения от других маршрутизаторов**

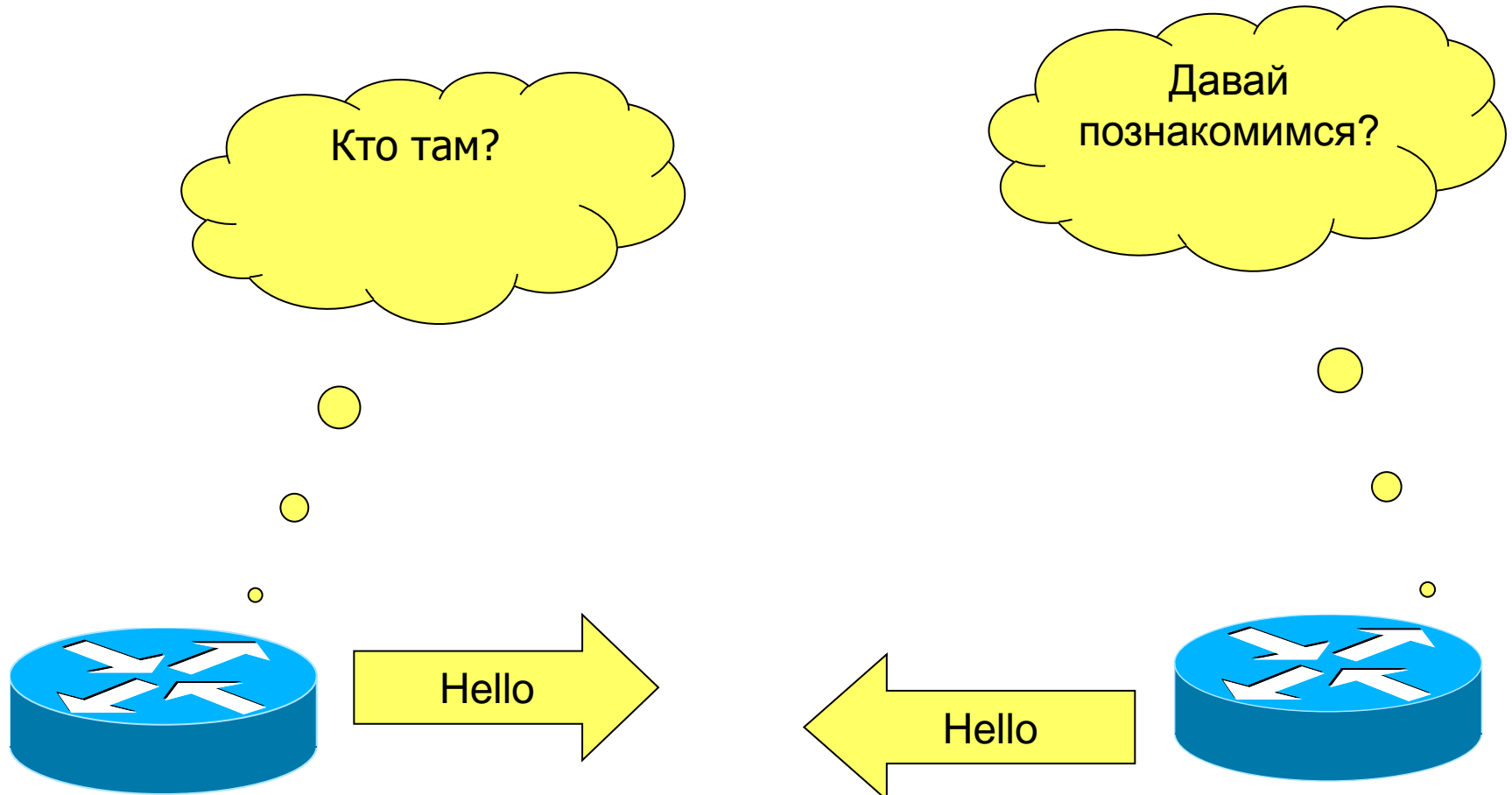
OSPF принципы коммуникаций (2)

- каждые два “знакомых” маршрутизатора посылают друг другу “сообщения описание базы” (database description messages), описывающие их топологические базы данных
- неизвестные или старые записи модифицируются через “запрос состояния связи” (request LSA) и сообщения “обновление состояния связи” (update LSA)
 - которые синхронизируют их базы данных о топологии сети
- после успешной синхронизации оба роутера объявляют их своим соседям через “router LSAs” (используются update LSA)
 - распространяемые далее во всю сеть

OSPF принципы коммуникаций (3)

- периодически, каждый роутер проверяет свои состояния связи со смежными соседями, используя hello-сообщения
- с этого времени только изменения линии связи выдаются всем остальным
 - используется update-сообщения о состоянии связи (LSA широковещательный механизм)
- если соседские отношения неизменны, периодические hello-сообщения представляют единственные накладные расходы маршрутизации
 - замечание: дополнительно все состояния связи освежаются (регенерируются) каждые 30 минут посредством механизма широковещания LSA

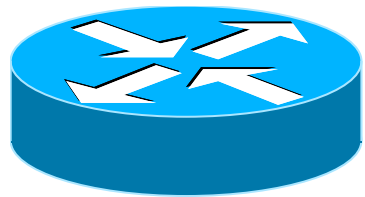
OSPF Communications Summary 1



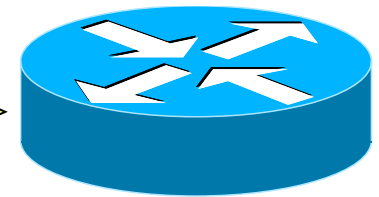
OSPF Communications Summary 2

Вот моя база
данных
ТОПОЛОГИИ

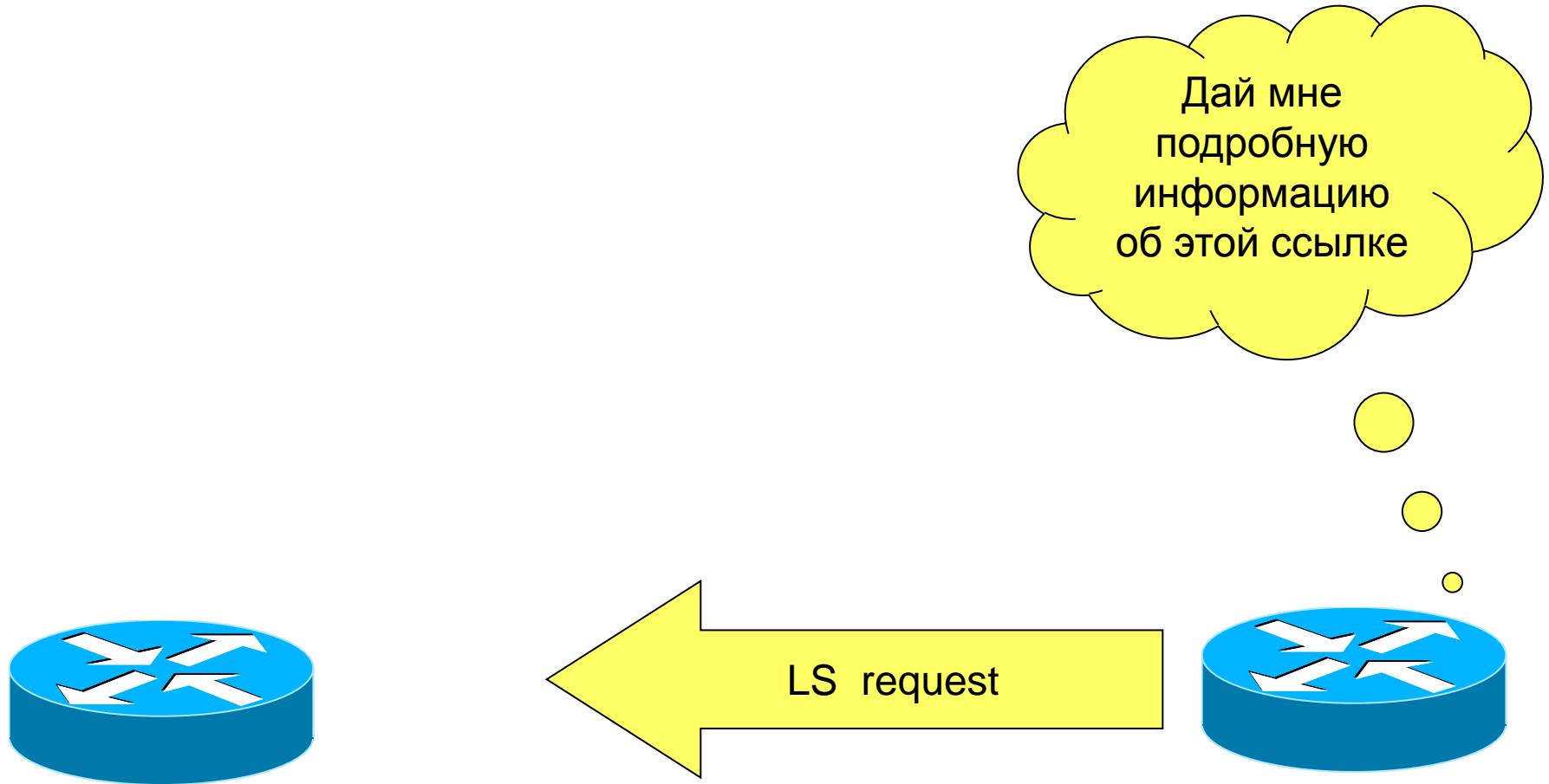
Однако, есть
(пропущенные)
ссылки, о
которых я не
знал



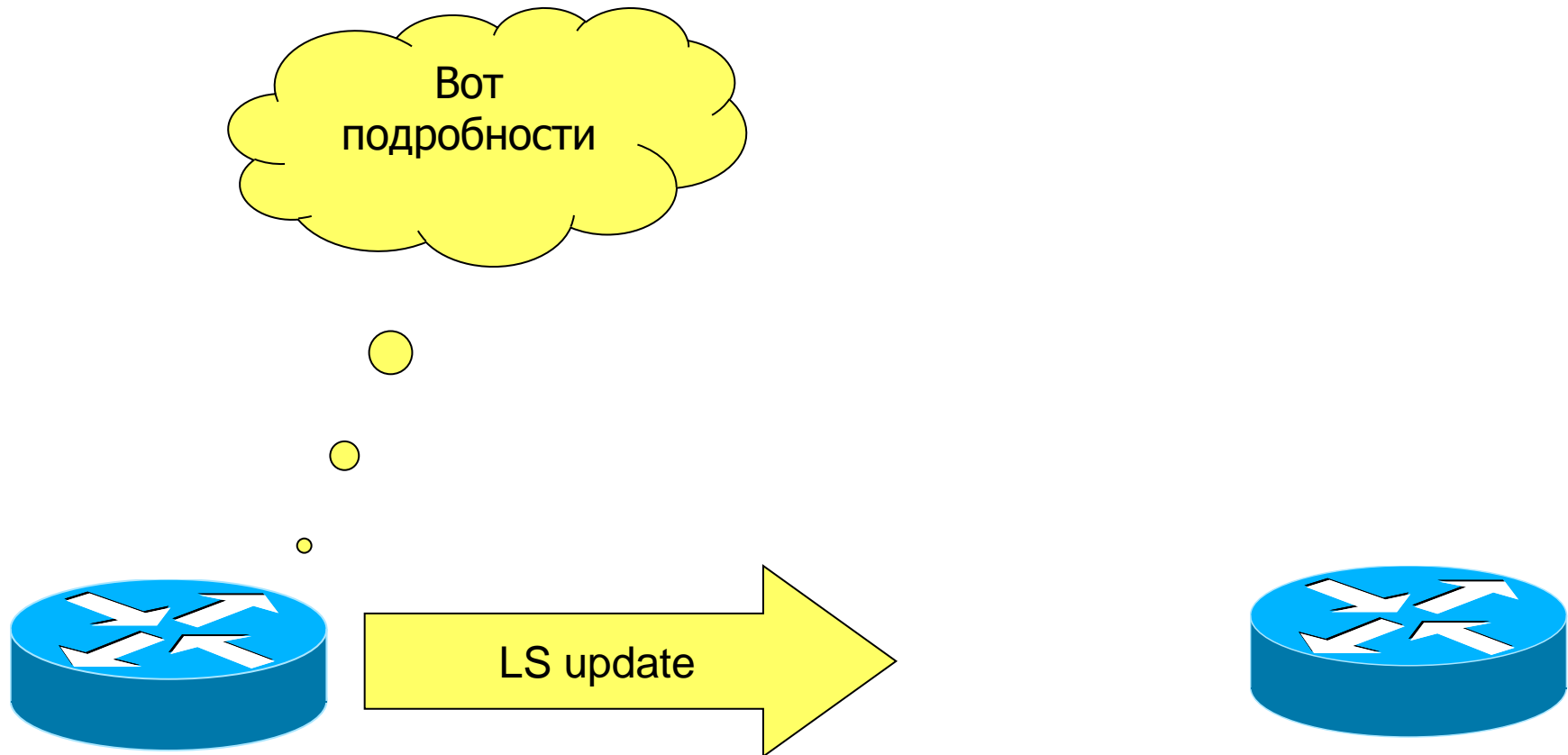
Сообщение "описание базы данных"



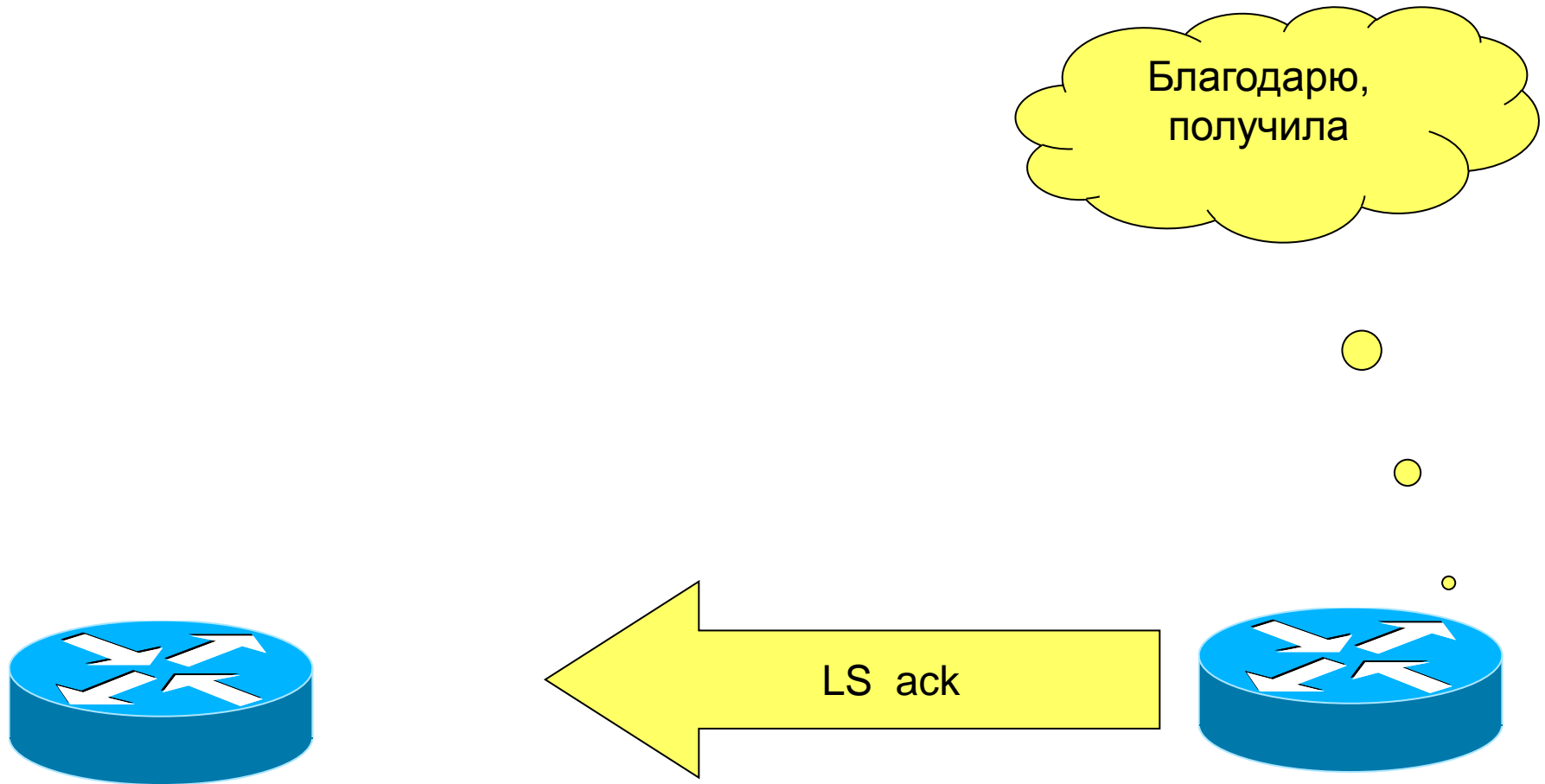
OSPF Communications Summary 3



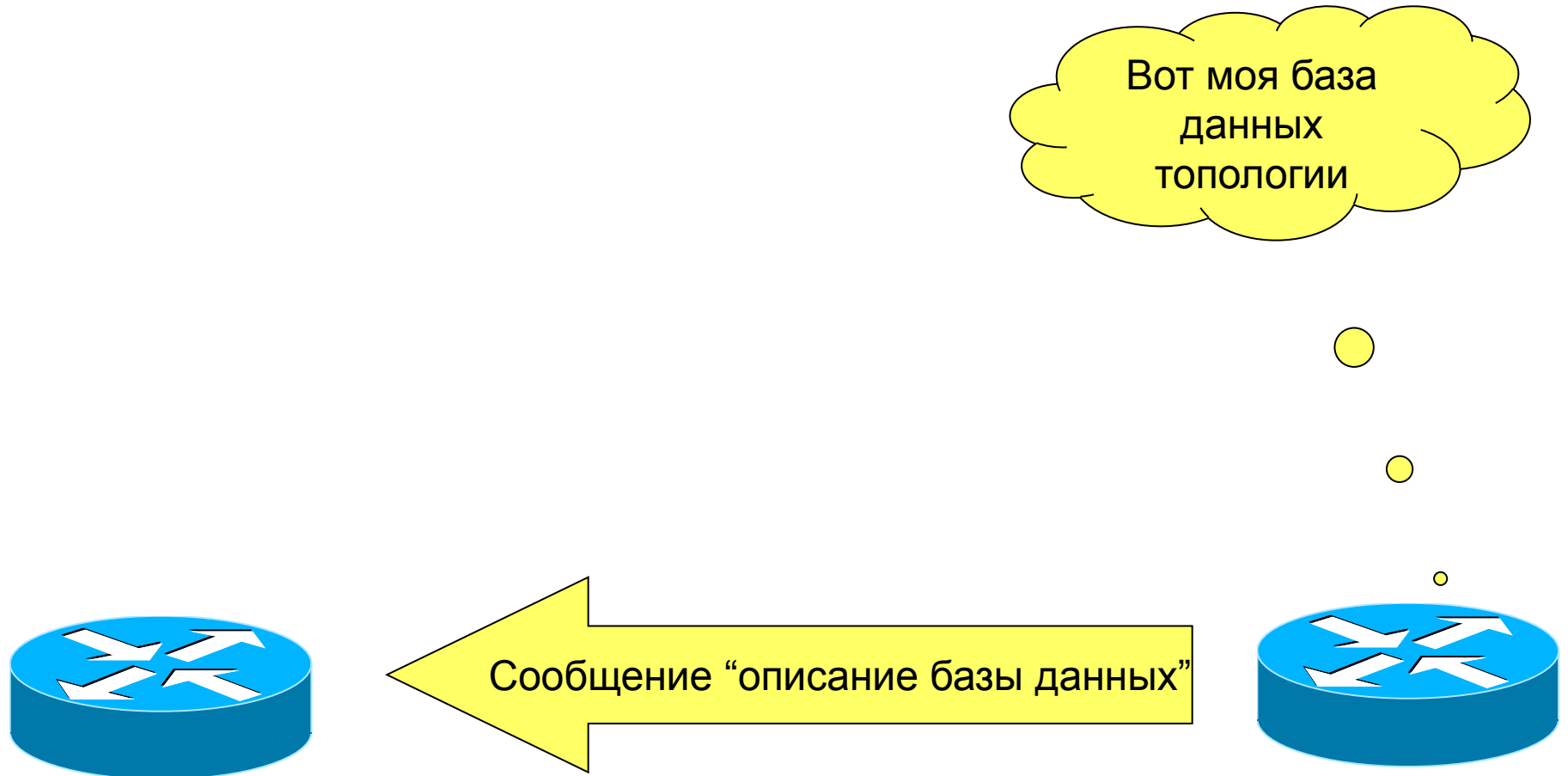
OSPF Communications Summary 4



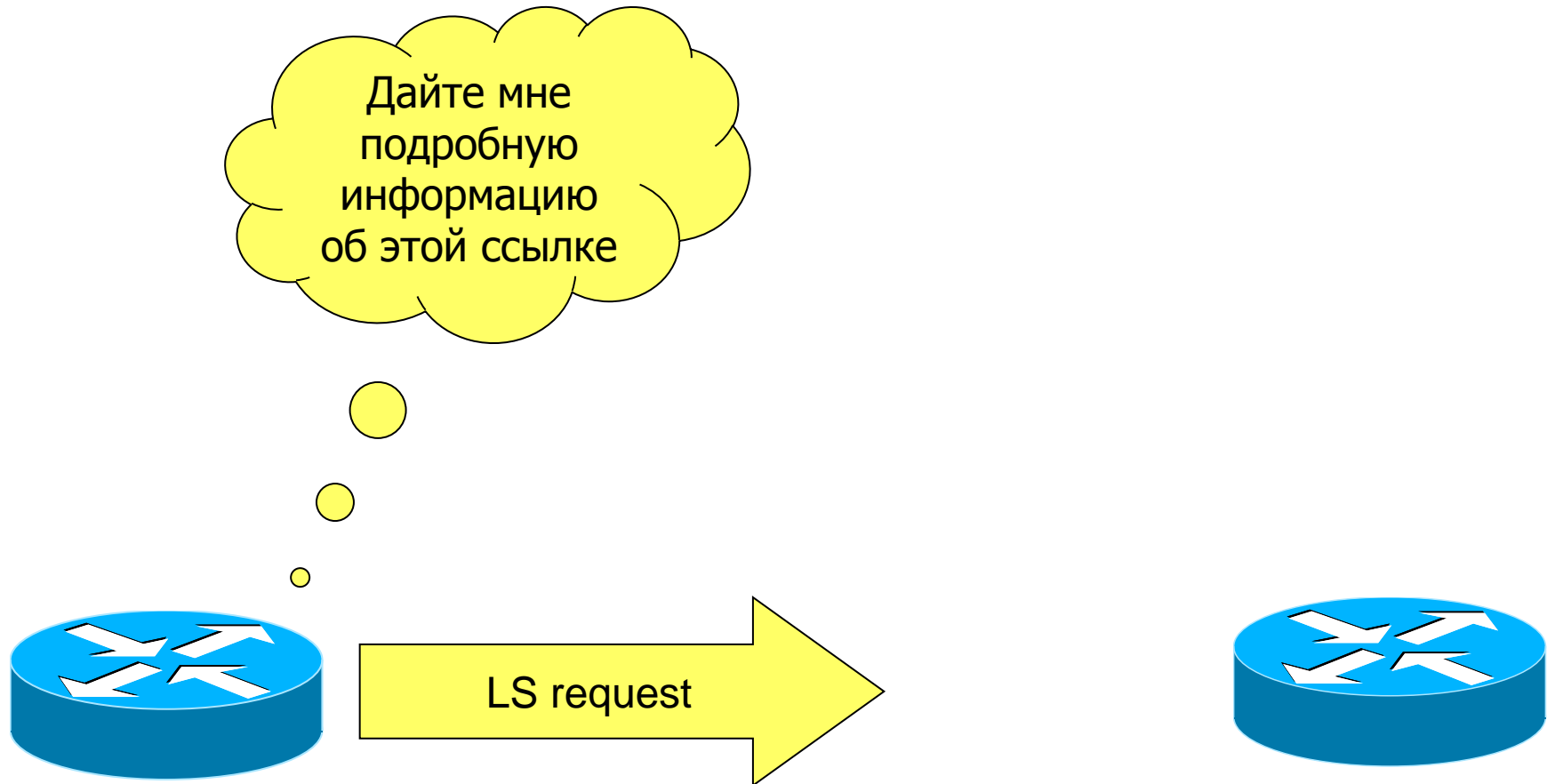
OSPF Communications Summary 5



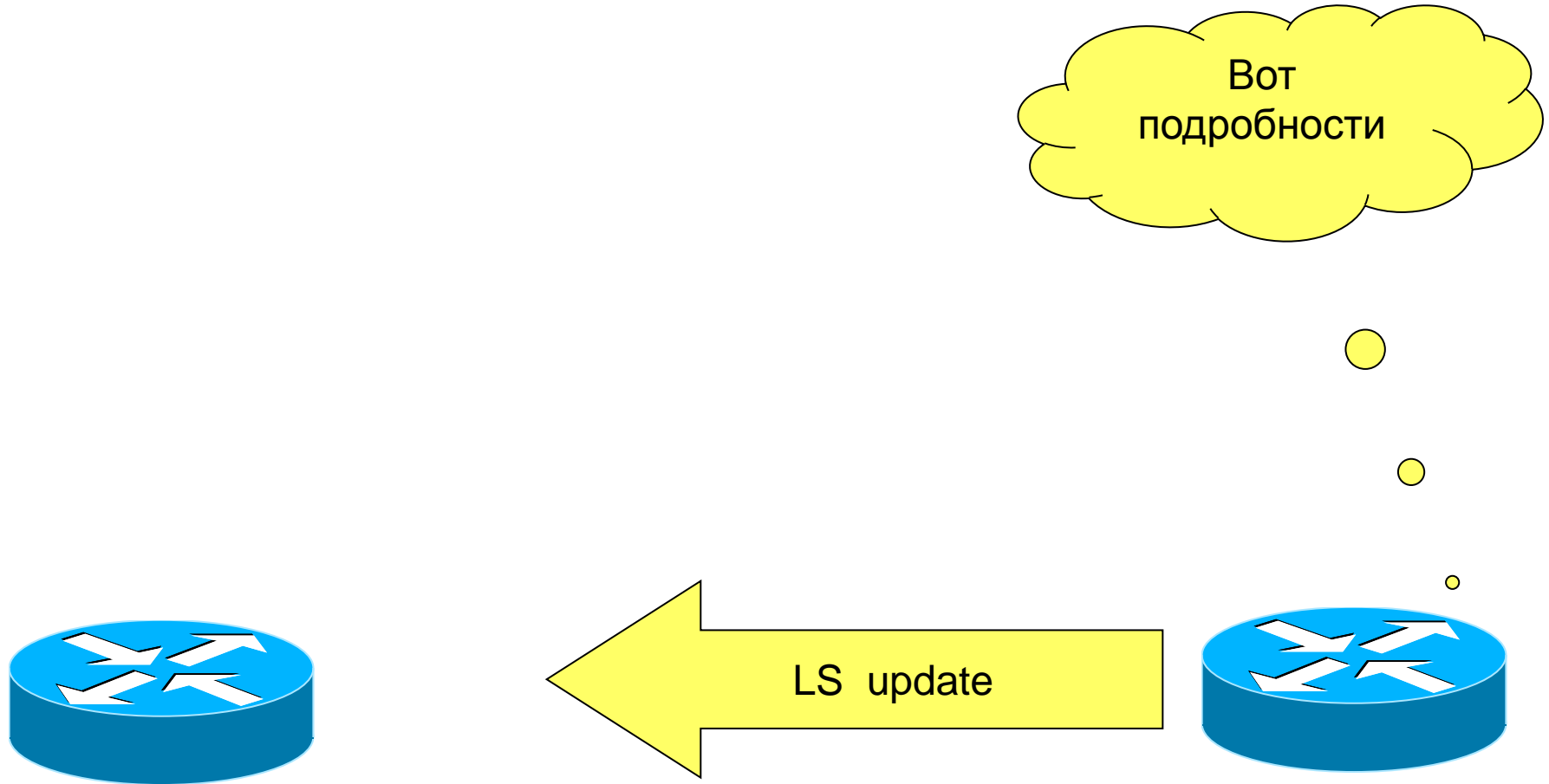
OSPF Communications Summary 6



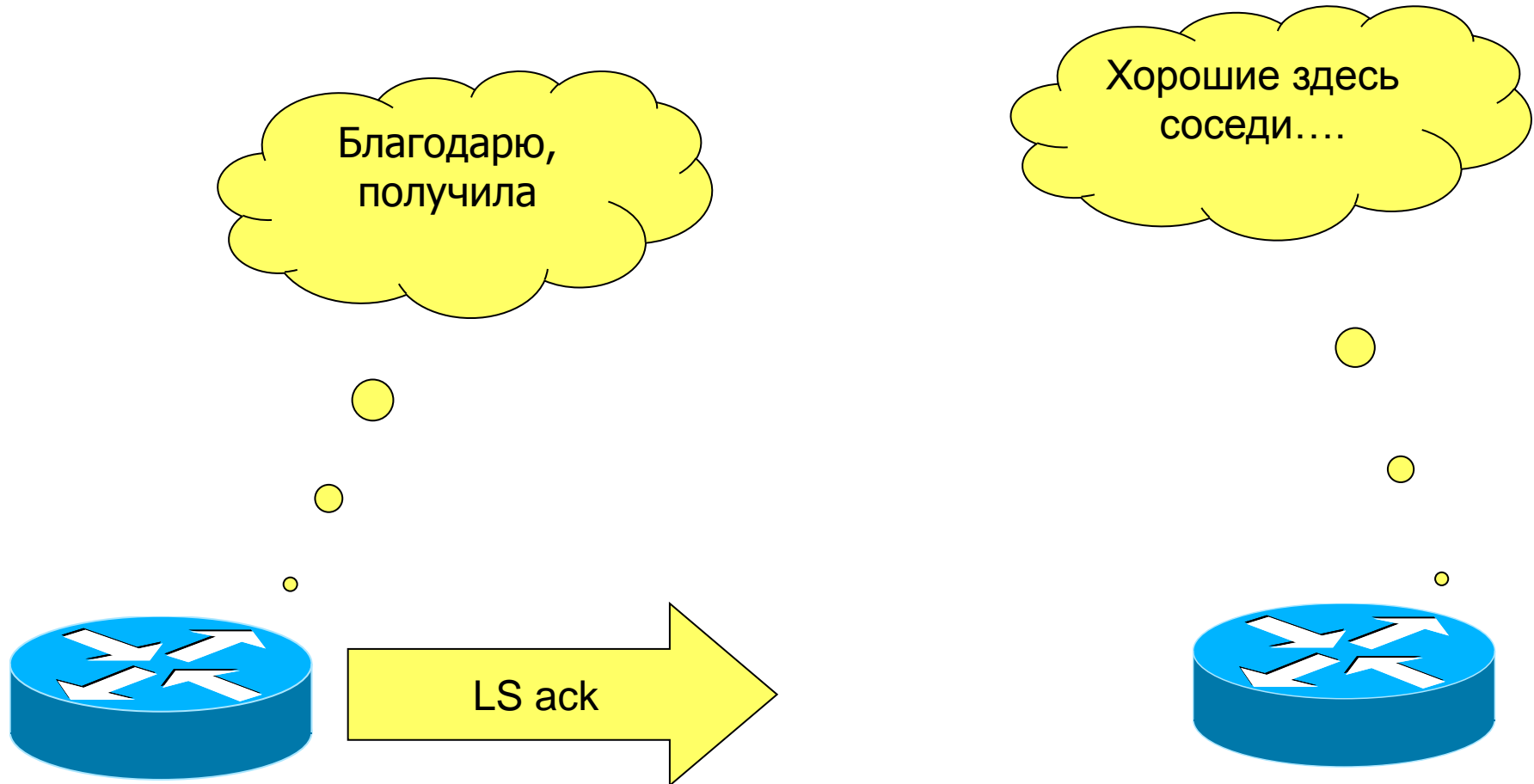
OSPF Communications Summary 7



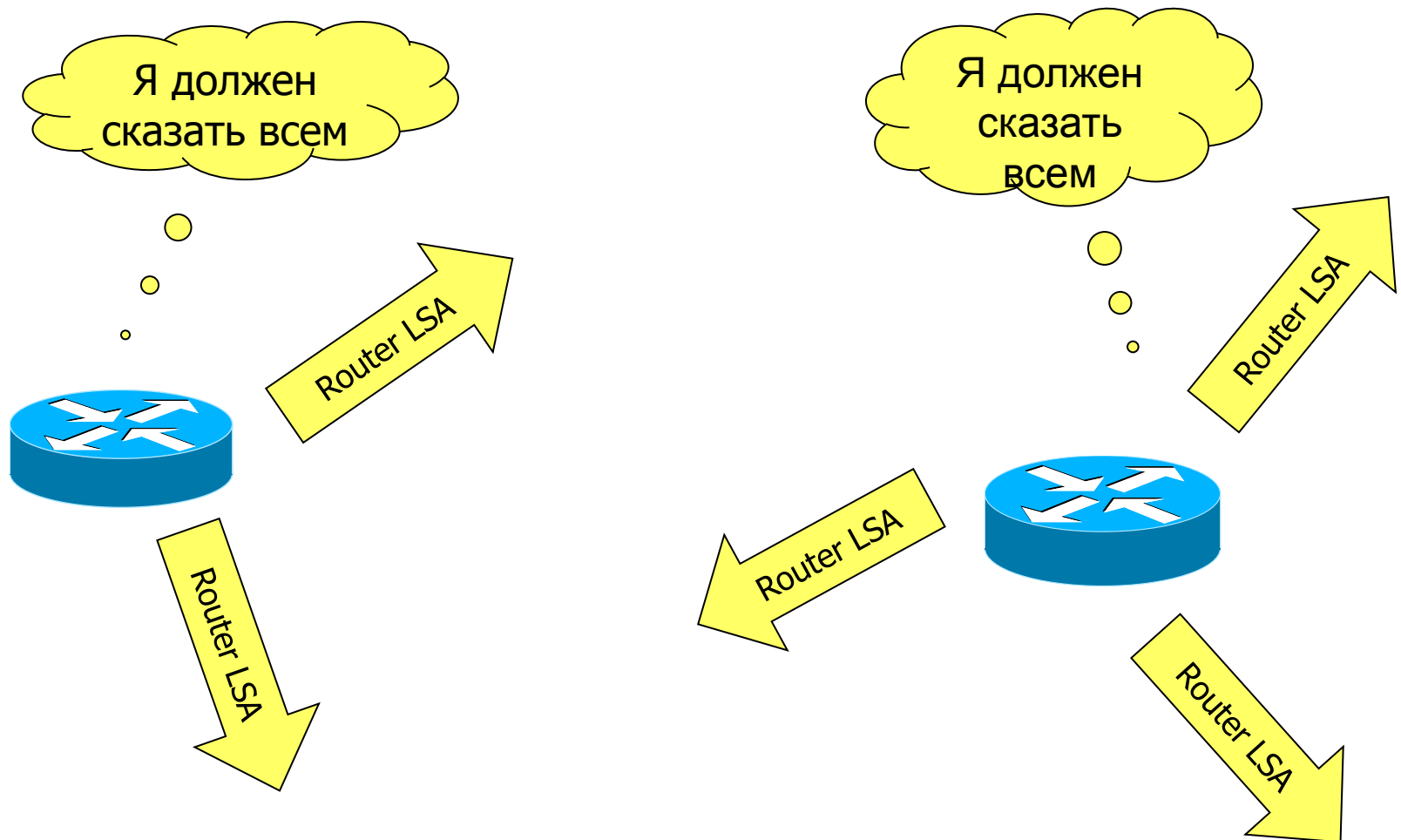
OSPF Communications Summary 8



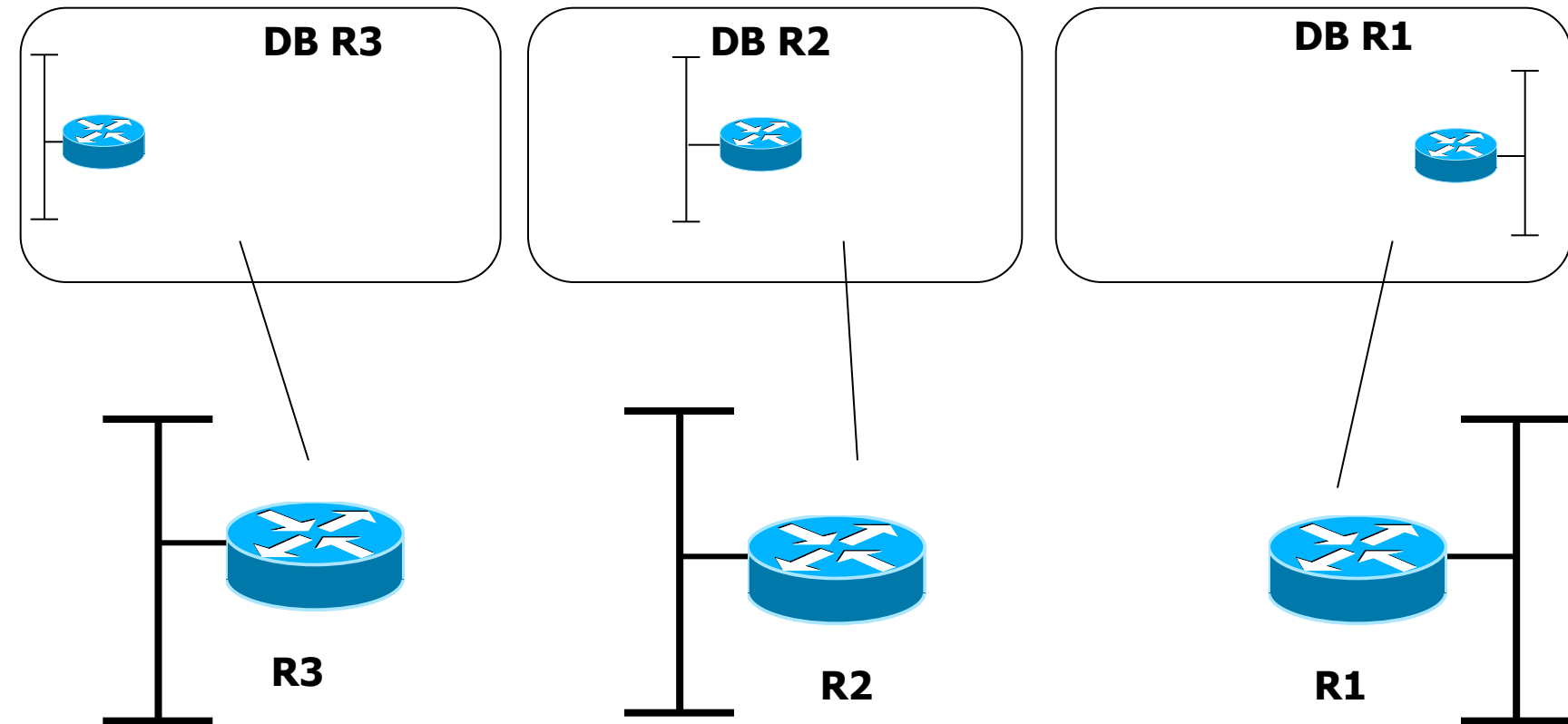
OSPF Communications Summary 9



OSPF Communications Summary 10

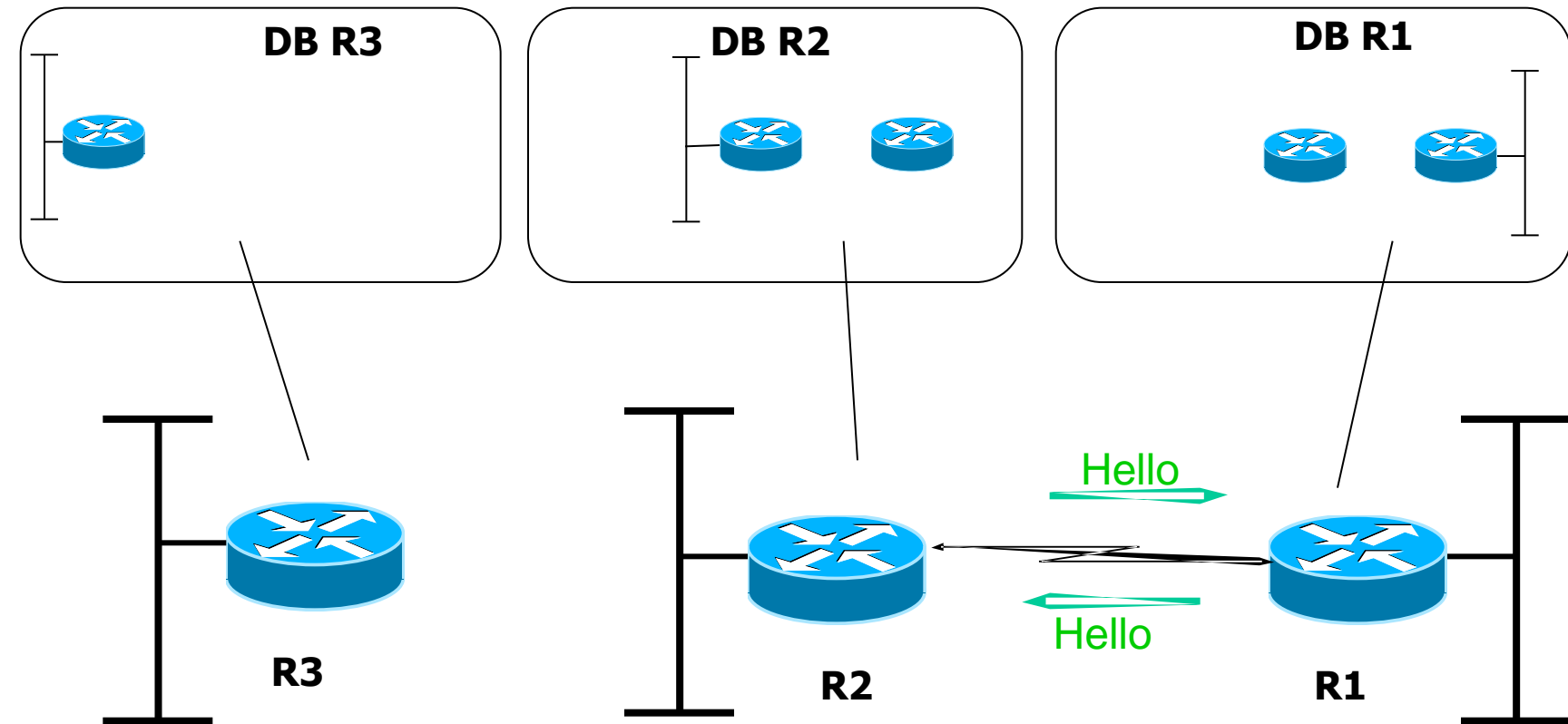


OSPF Start-up



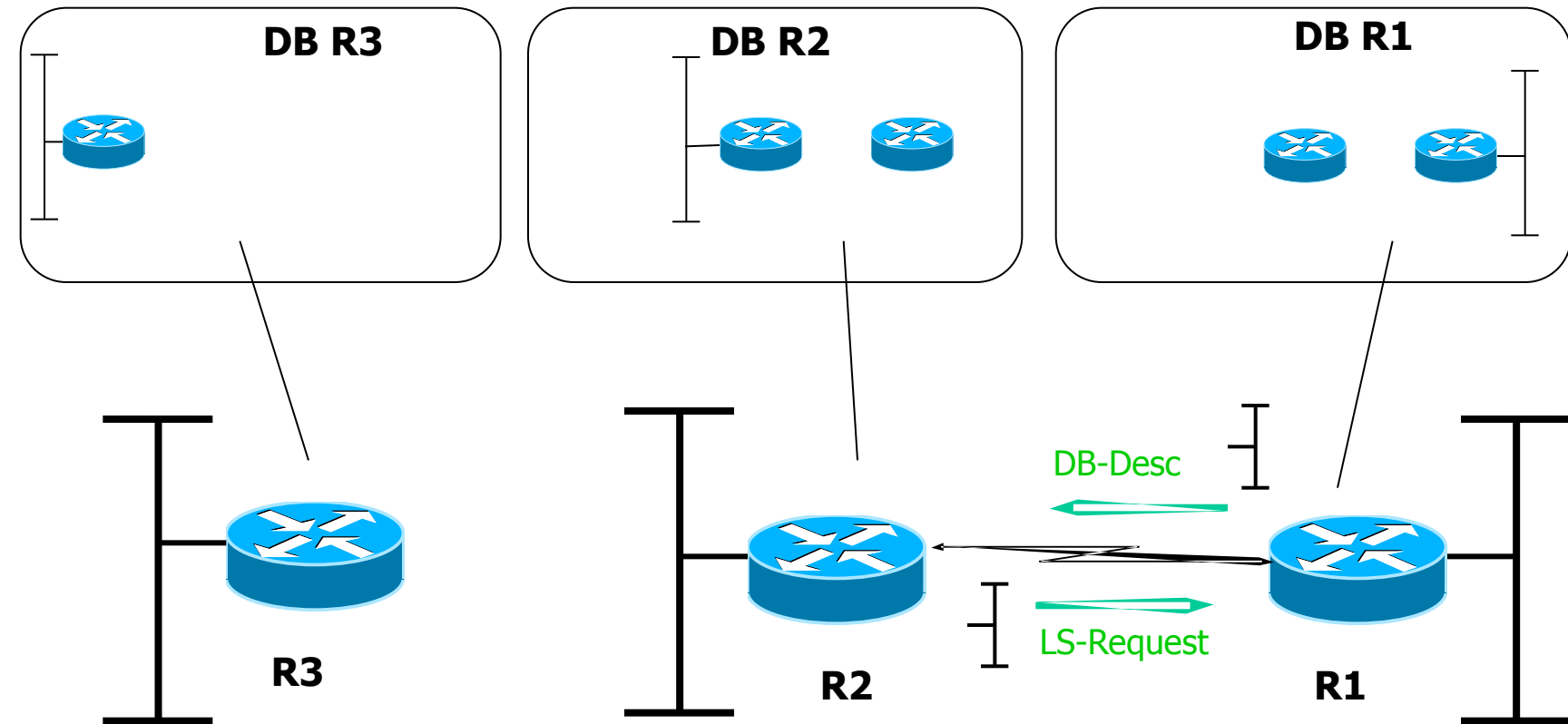
Стартовая позиция: все роутеры инициализированы, нет соединения между R1-R2 и R2-R3

OSPF Hello R1 - R2



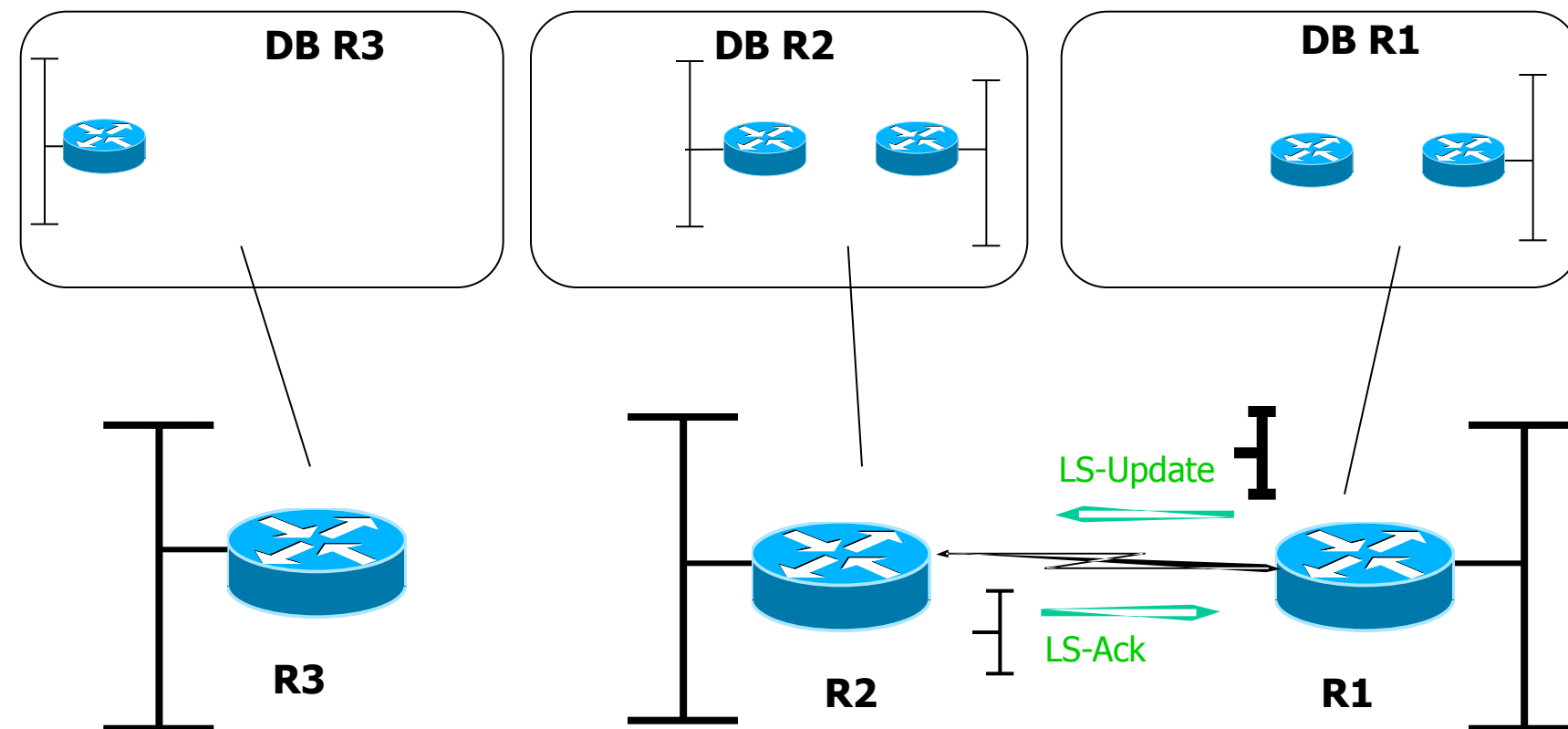
Активация линков между R1 и R2: для активации используются Hello-сообщения

OSPF база данных Description R1 -> R2



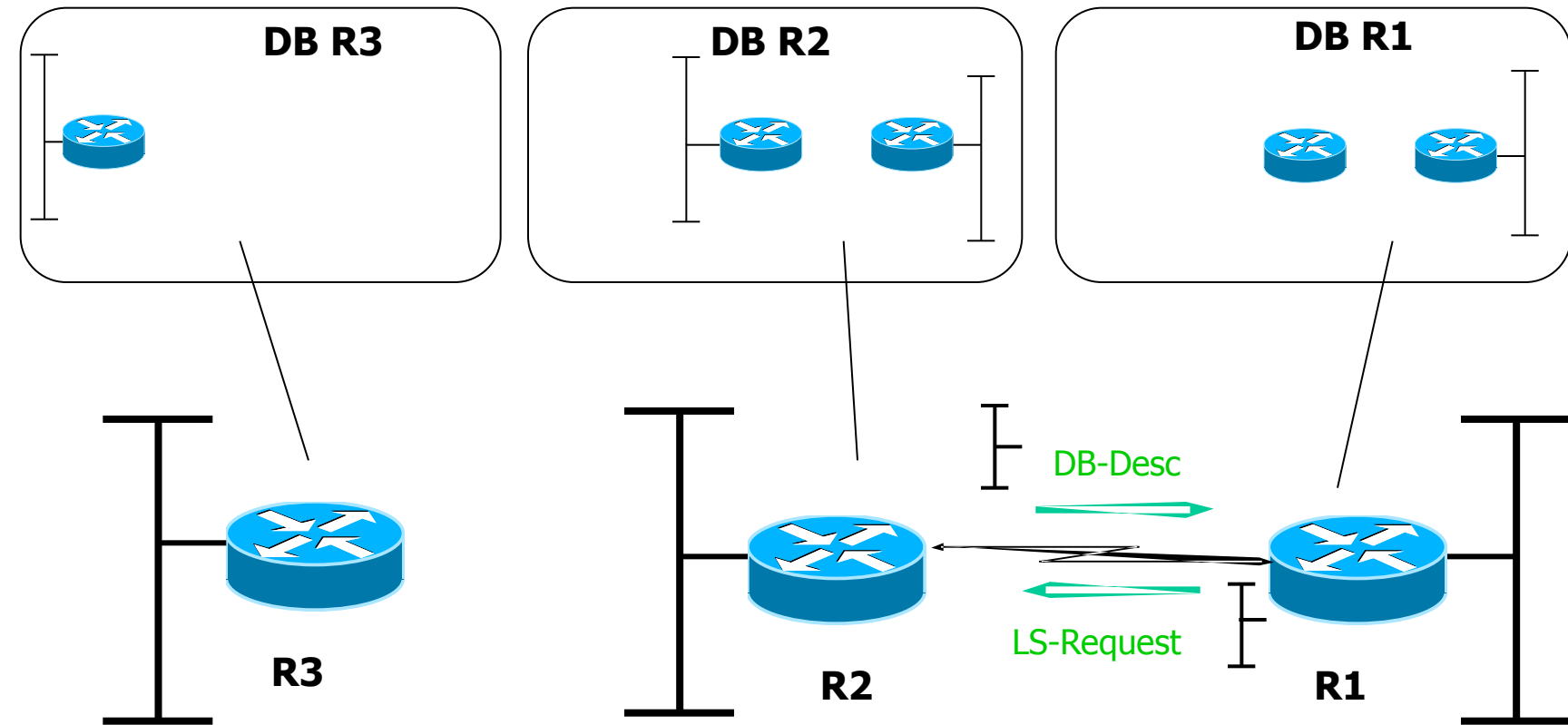
Синхронизация базы данных:
R1 (мастер) посылает базы данных,
R2 (ведомый) посылает Link-State Request

OSPF база данных Update R1 -> R2



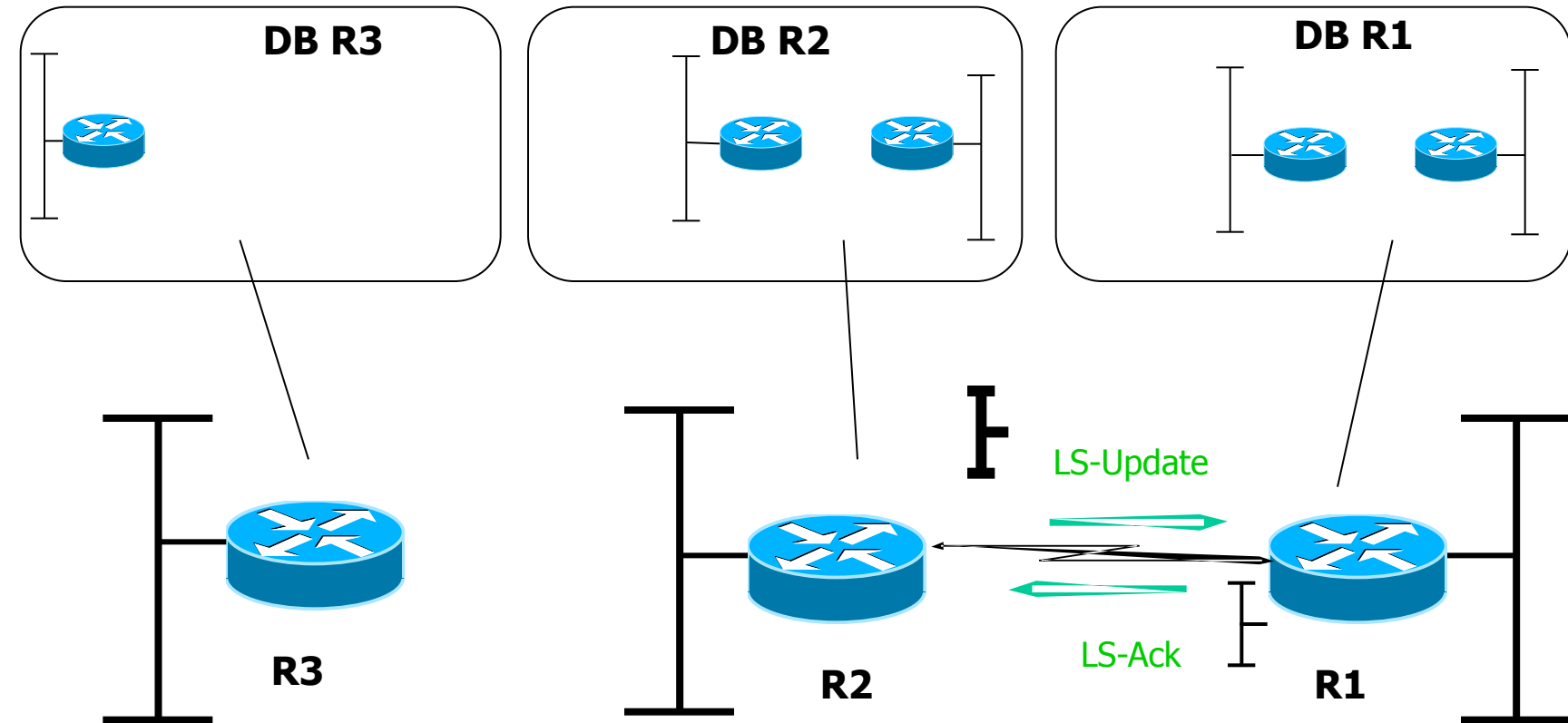
Синхронизация базы данных:
R1 (мастер) посылает Link-State Update,
R2 (ведомый) посылает Link-State Acknowledgement

OSPF база данных Description R1 -> R2



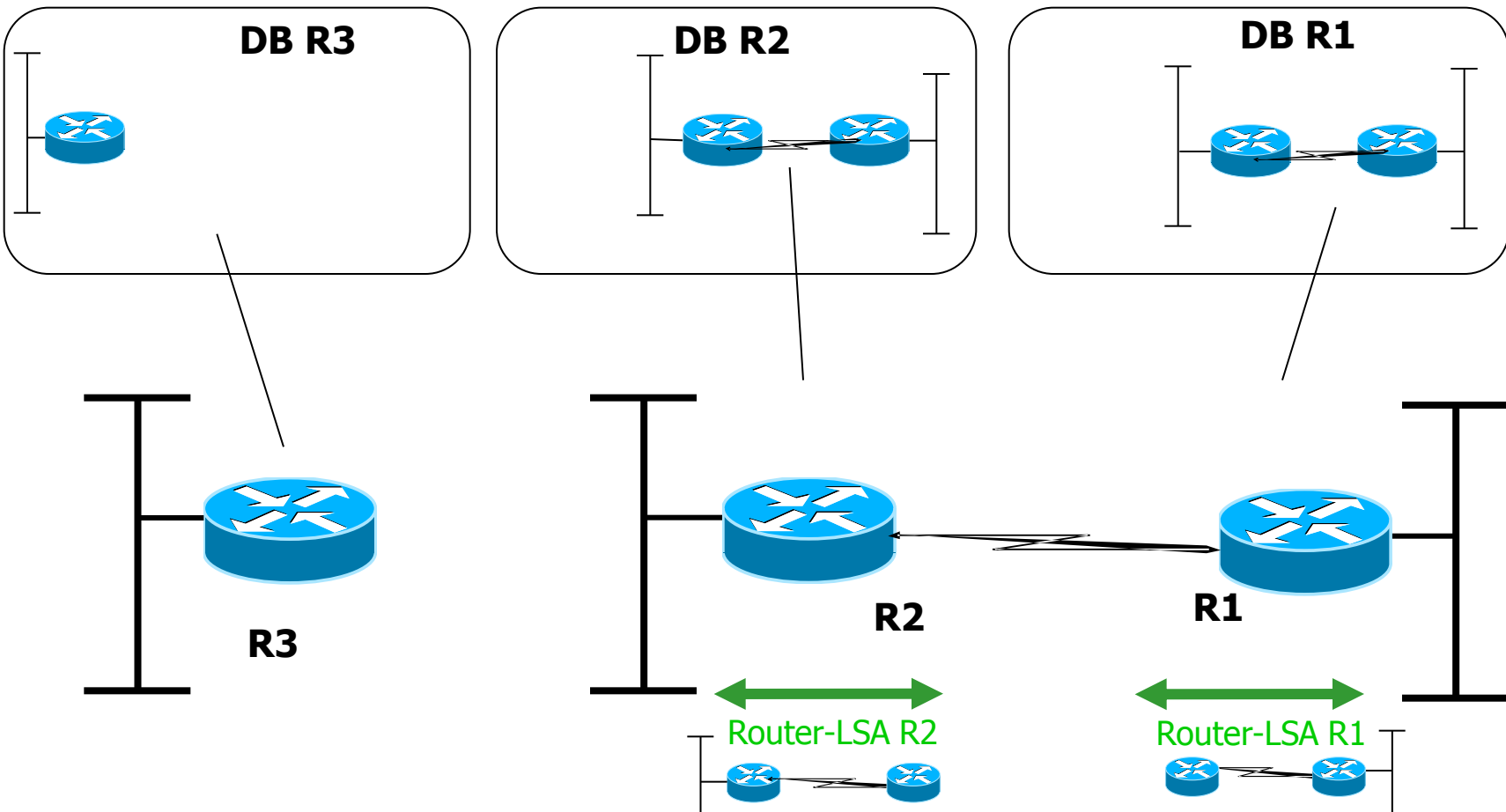
Синхронизация базы данных:
R2 (мастер) посылает Database-Description,
R1 (ведомый) посылает Link-State Request

OSPF база данных Update R2 -> R1



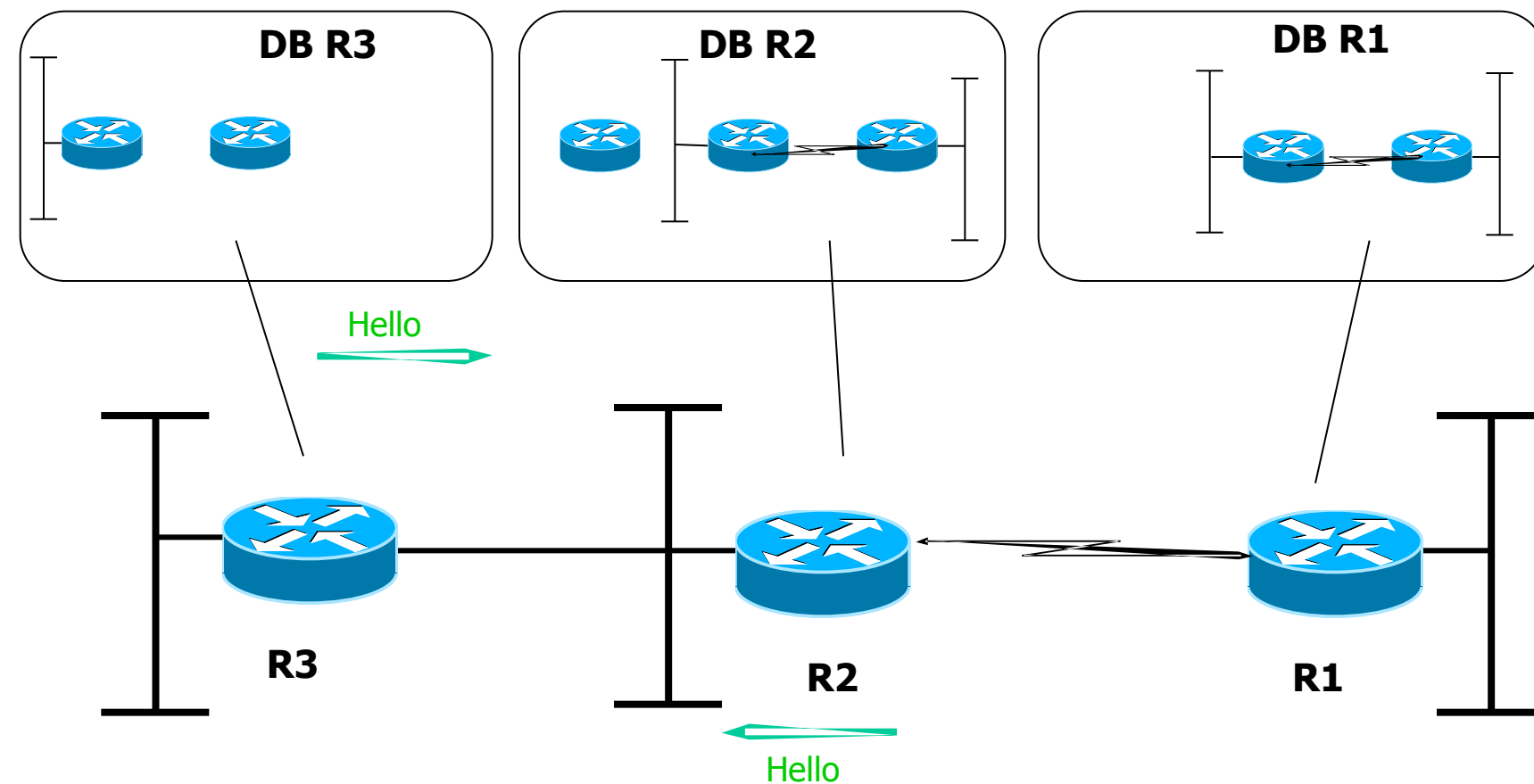
Синхронизация базы данных:
R2 (мастер) посылает Link-State Update,
R1 (ведомый) посылает Link-State Acknowledgement

OSPF Router LSA Emission



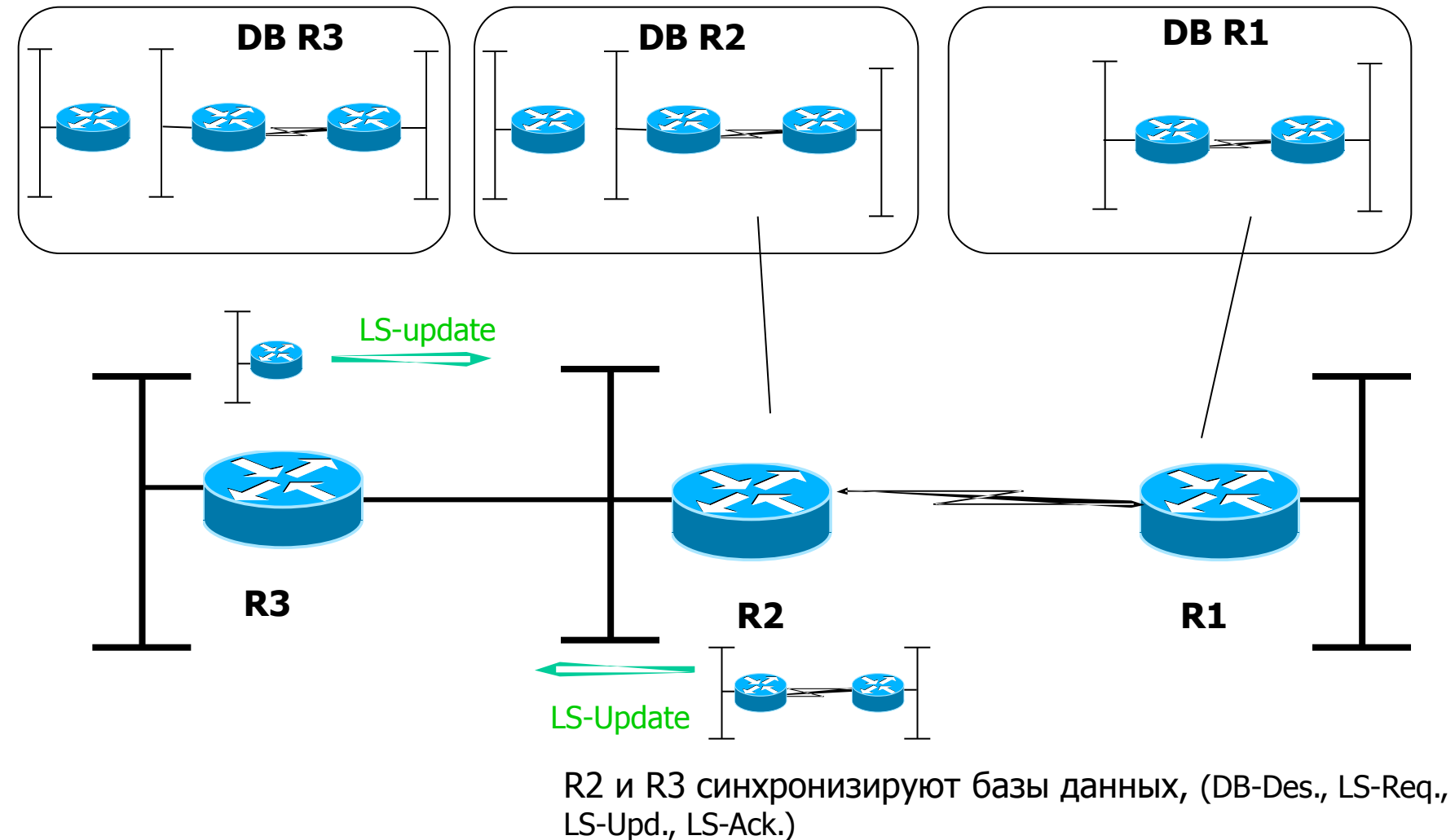
R1 и R2 полностью синхронизировали свои базы данных и уведомляют другие узлы об этом линке

OSPF Hello R2 - R3

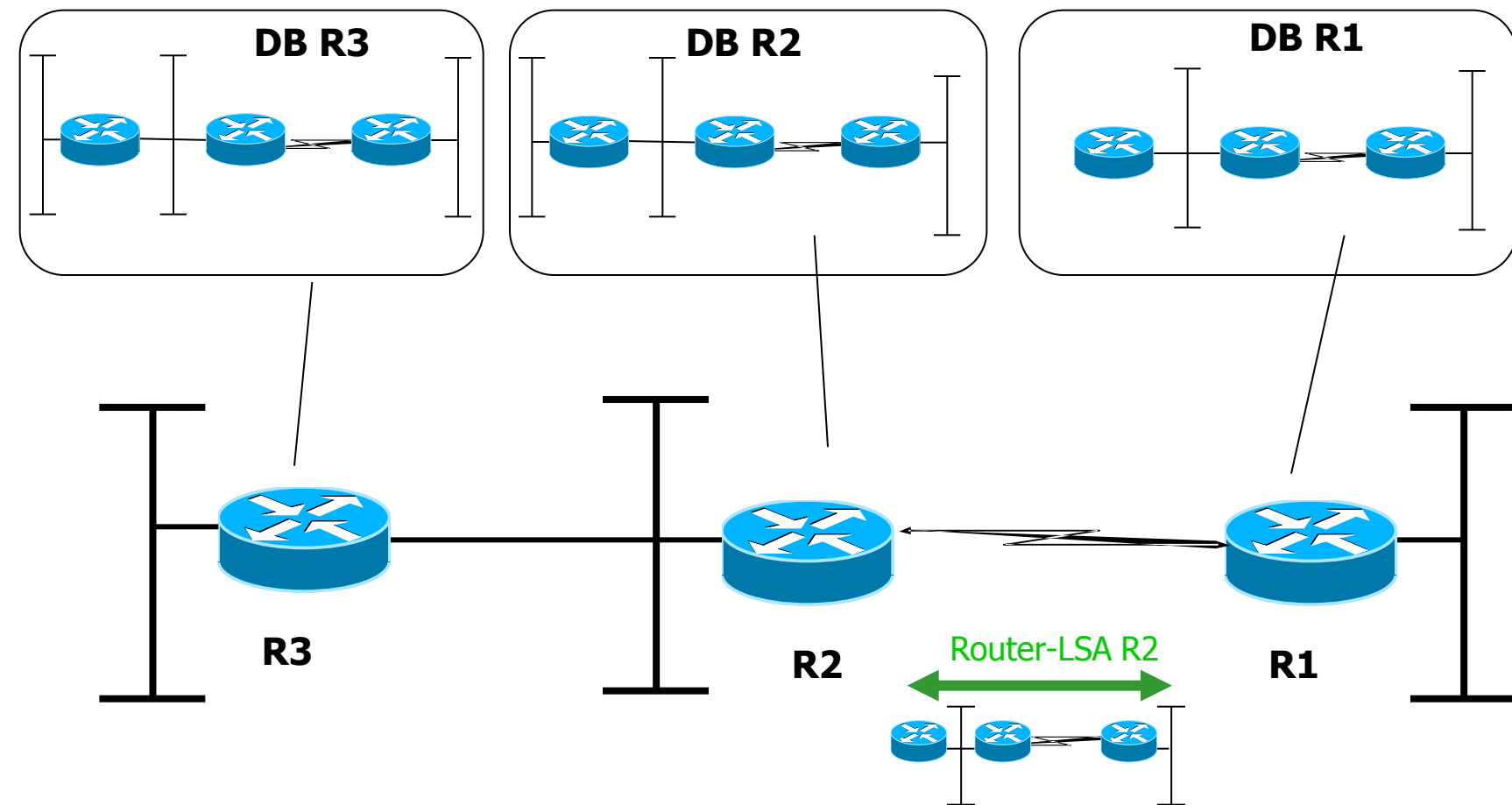


Активация линков между R2-R3: для активации используются Hello-сообщения

OSPF Database Update

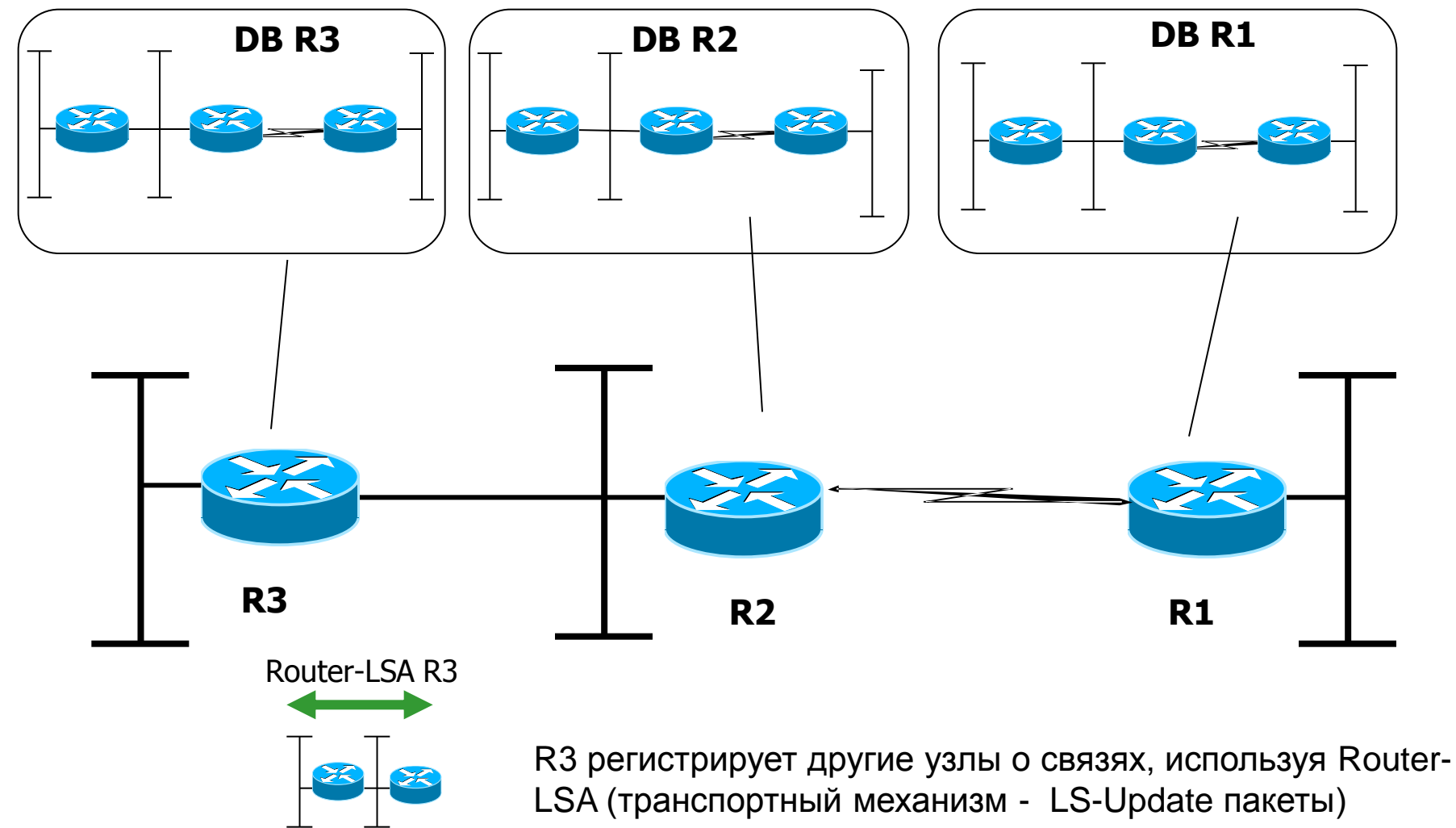


OSPF Router LSA Emission R2

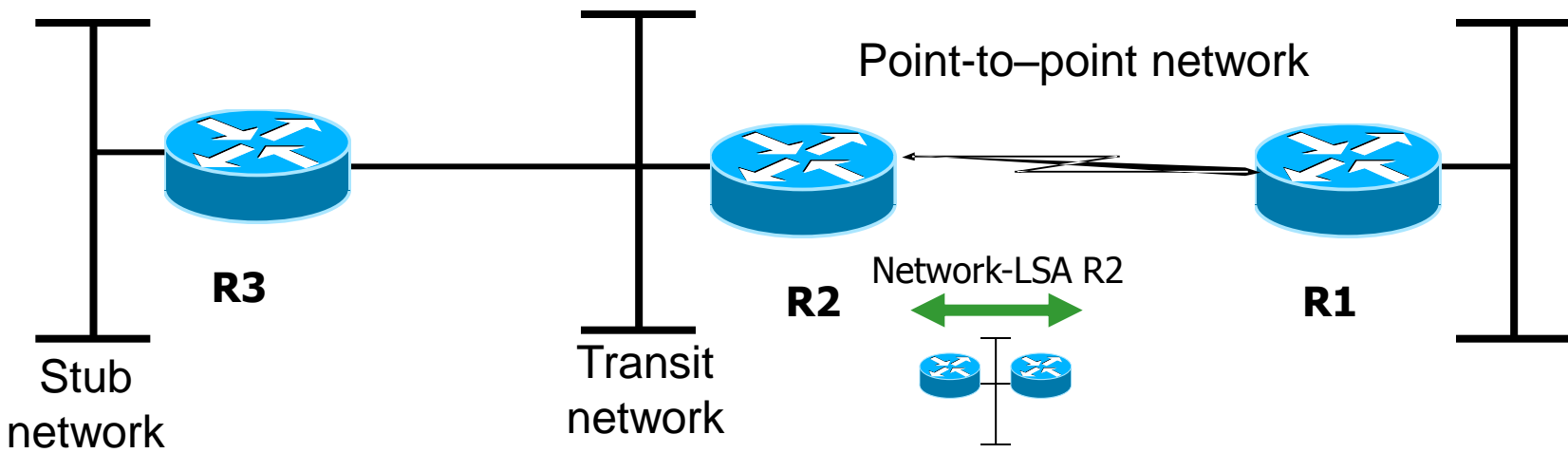
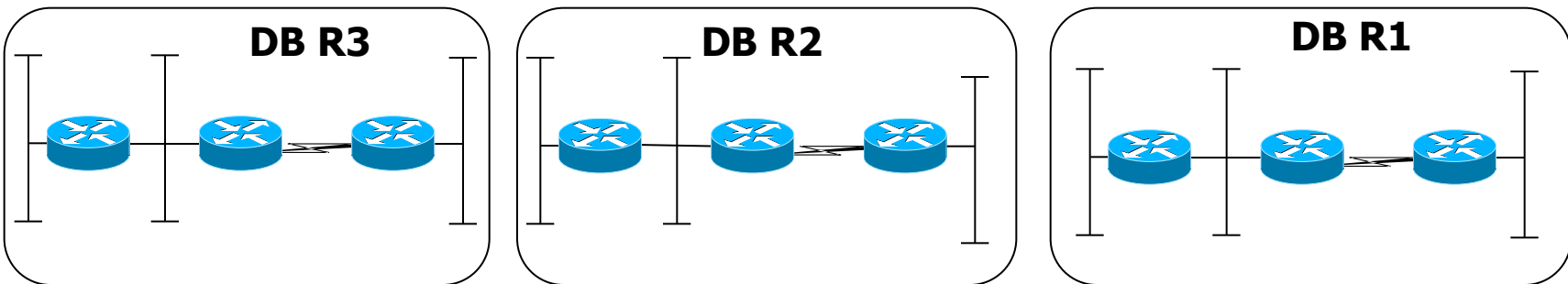


R2 регистрирует другие узлы и связи, используя Router-LSA (транспортный механизм - LS-Update пакеты)

OSPF Router LSA Emission R3



OSPF Network LSA R2



Назначенный роутер R2 регистрирует другие узлы о сети множественного доступа, используя Network-LSA (транспортный механизм - LS-Update пакеты)

Содержание

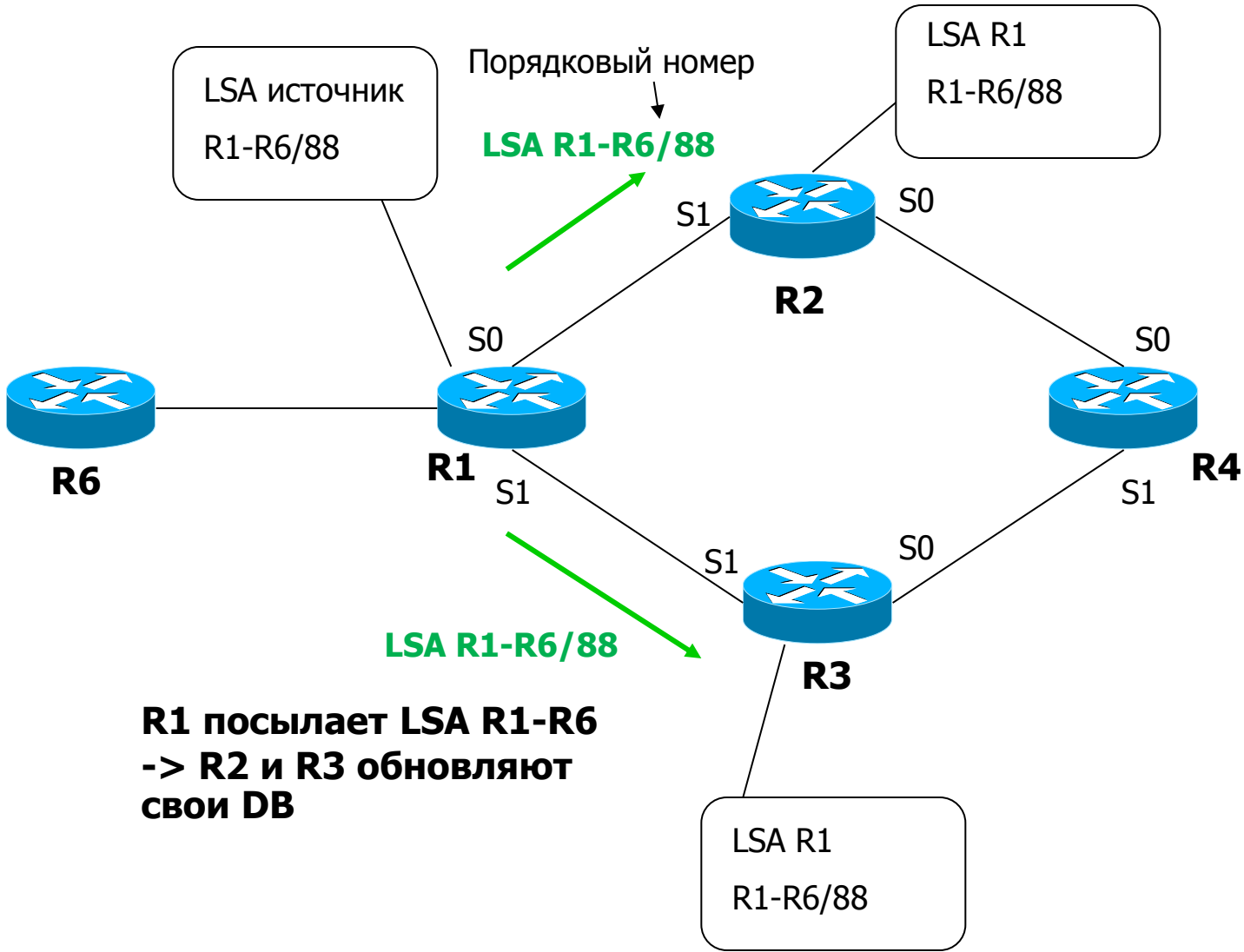
● Принципы OSPF

- Введение
- Алгоритм Dijkstra
- Принципы коммуникаций
- LSA Broadcast Handling
- Splitted область
- Широковещательные сети
- Полезные выводы

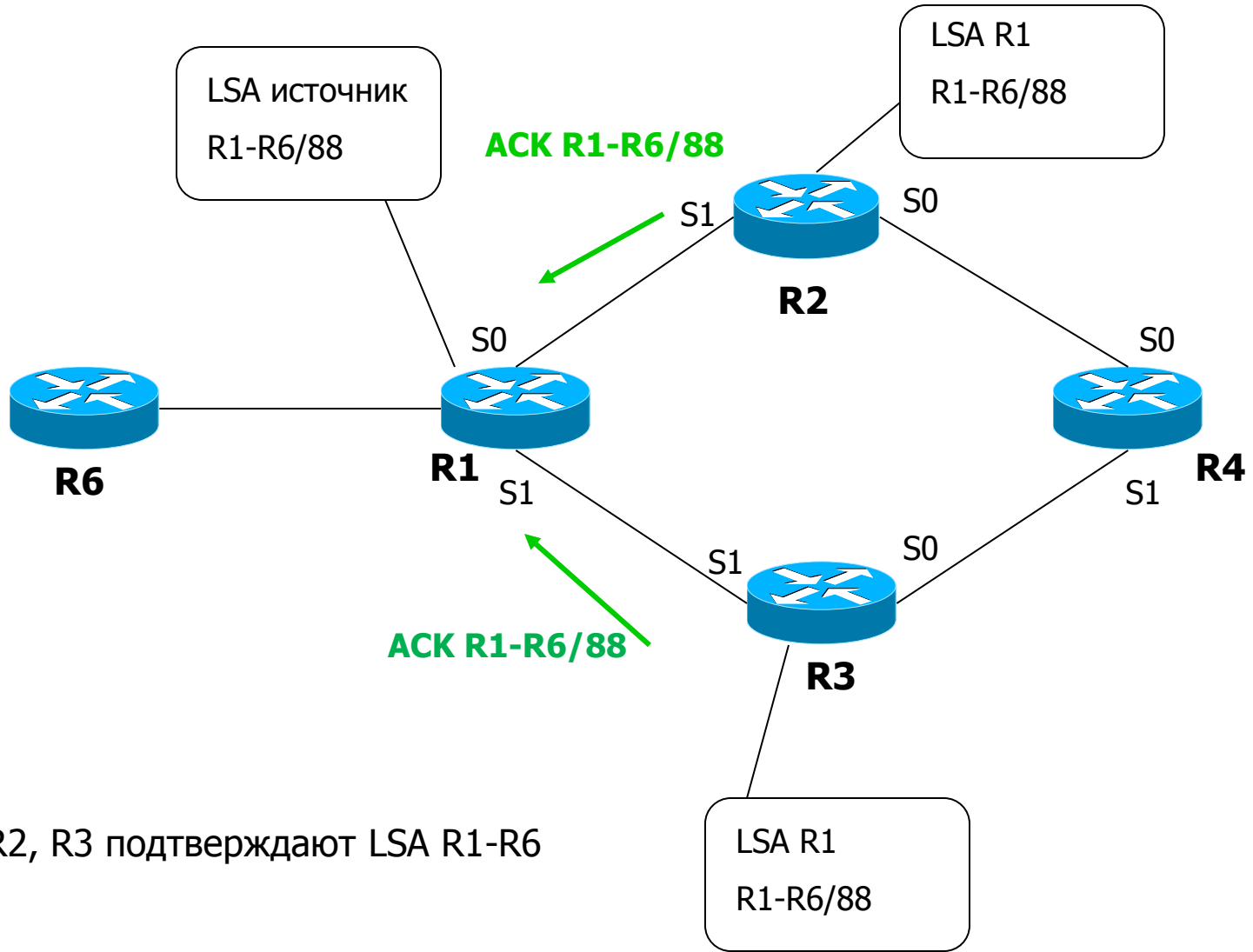
LSA широковещательный механизм

- **LSA должен надежно достигать всех роутеров в пределах области (домен)**
 - от этого зависит последовательность базы данных топологии
 - каждое LS-update подтверждается (используя LS-ack) соседним роутером
 - если LS-ack отсутствует, LS-update повторяется (по таймеру)
 - если сбой после нескольких попыток LS-ack отношение смежности очищено
 - Достигается надежное распространение LSAs

LSA Broad 1

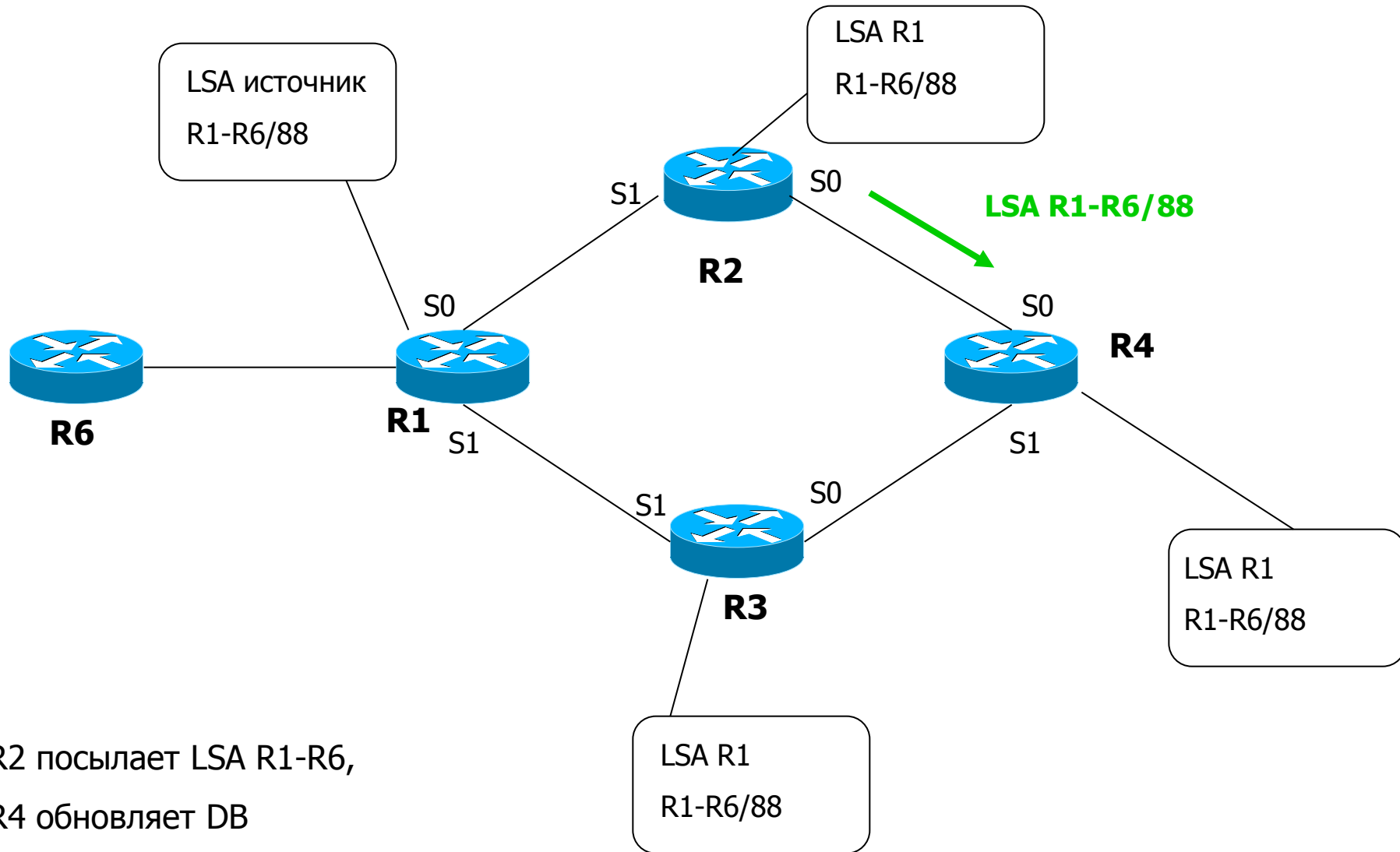


LSA Broad 2

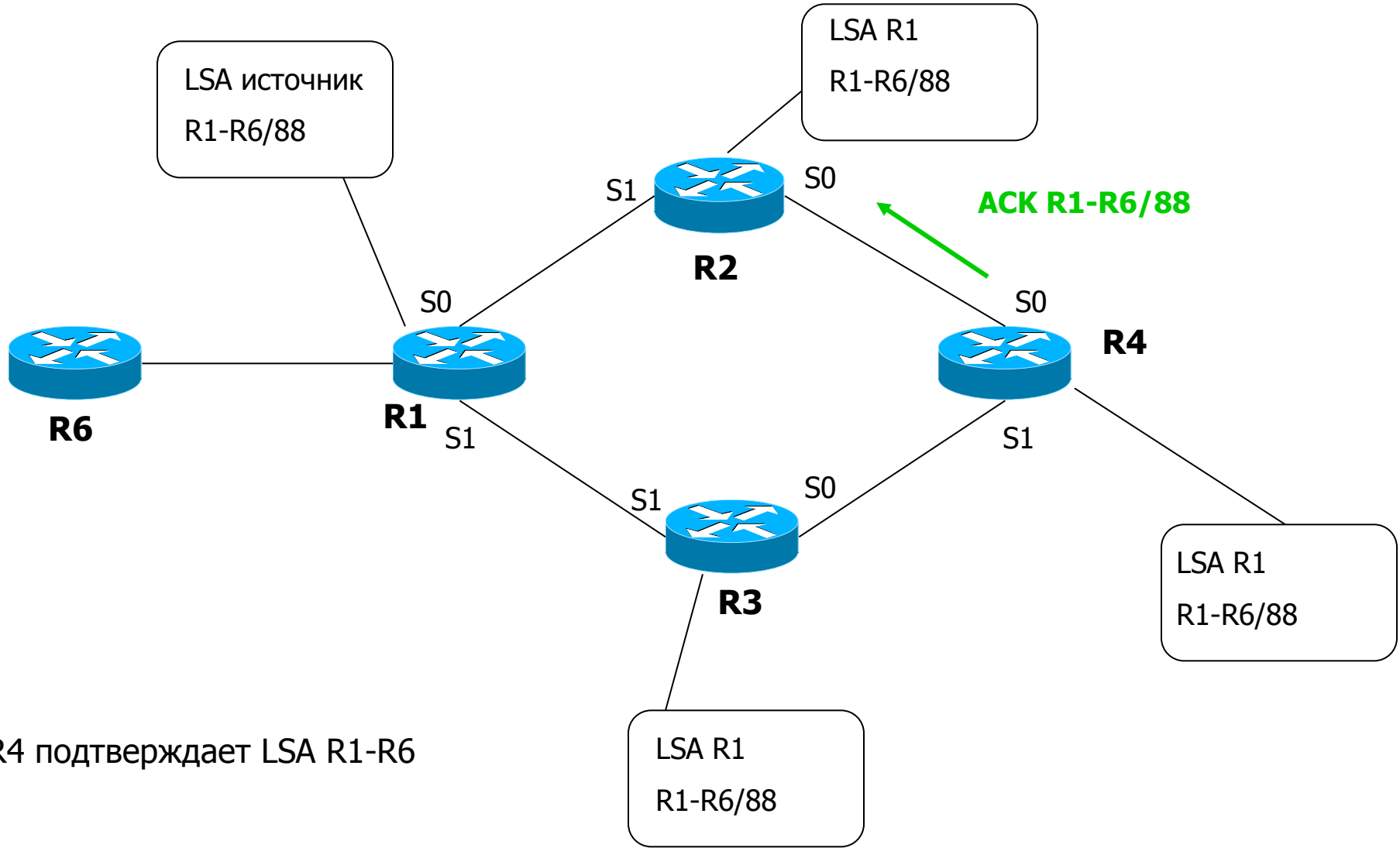


R2, R3 подтверждают LSA R1-R6

LSA Broad 3

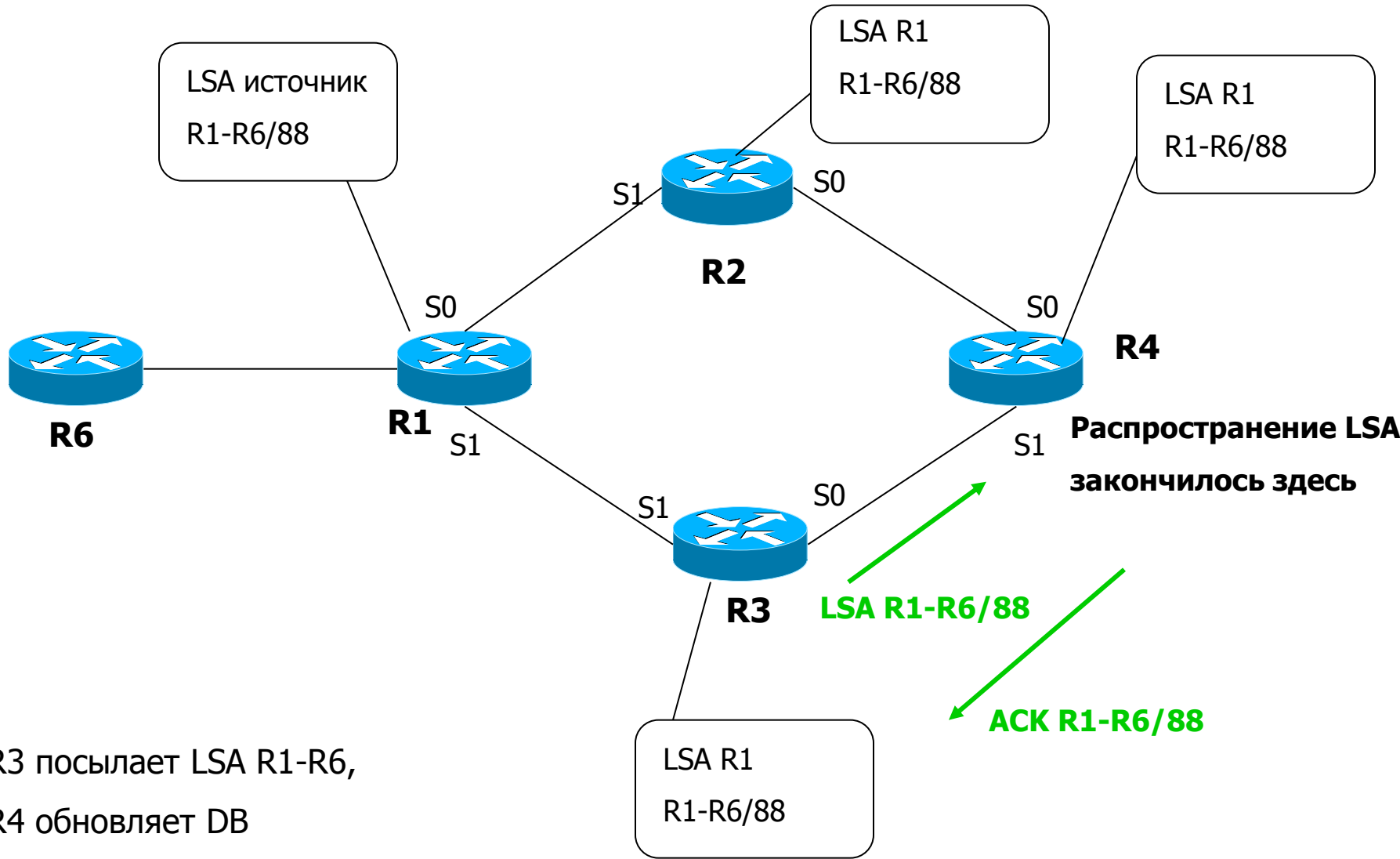


LSA Broad 4



R4 подтверждает LSA R1-R6

LSA Broad 5



R3 посылает LSA R1-R6,
R4 обновляет DB

LSA использование

- **Дополнительно, состояния связи повторяются каждые 30 минут, чтобы обновить базу данных**

- состояние связи становится устаревшим после 60 минут и удаляется из базы данных

- **Причины:**

- автоматическое исправление незамеченных ошибок топологии (например, это случилось во время распространения или неисправности внутренней памяти некоторого роутера)
- объединение двух отдельных частей участков OSPF (здесь OSPF также гарантирует согласованность базы данных без вмешательства администратора)

Чем уникален LSA?

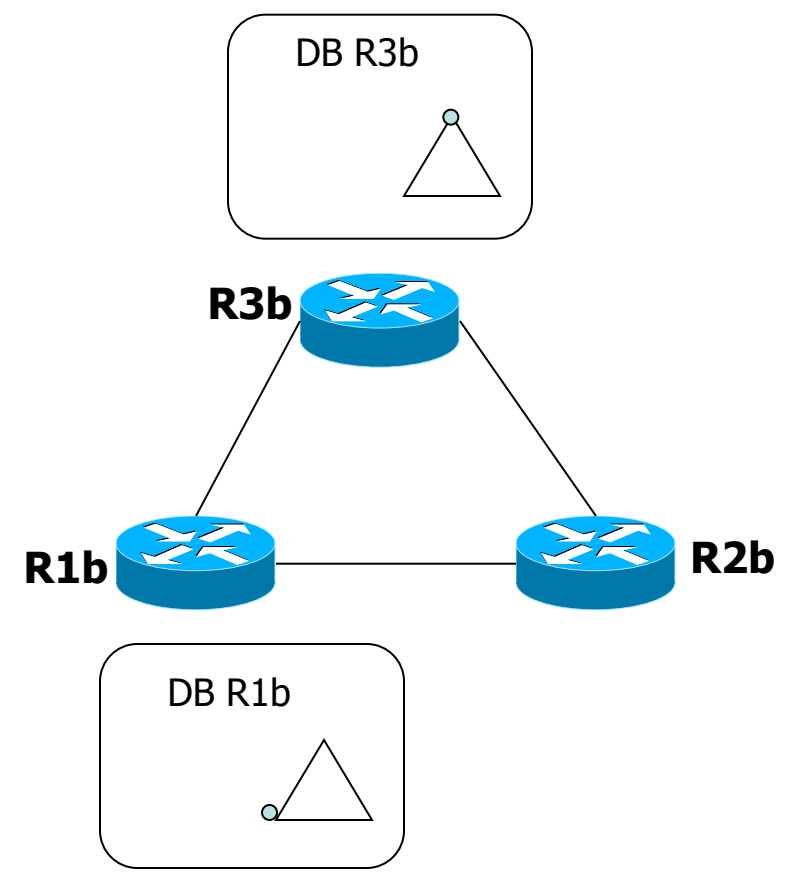
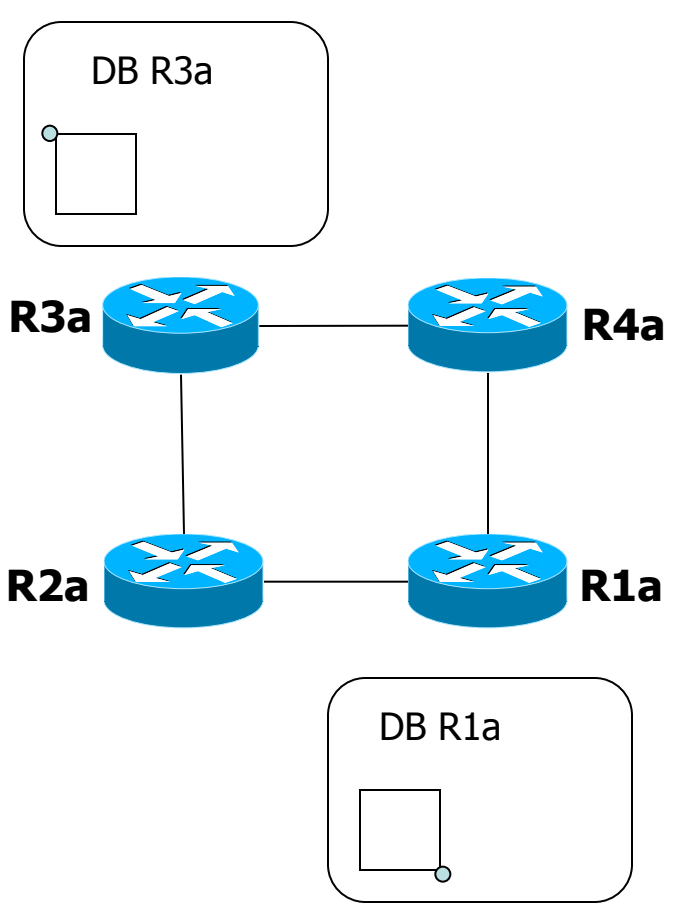
- **Каждый роутер – узел в графе (link state базы данных топологии)**
 - идентифицирован в соответствии с уникальным Router-ID
 - замечание: автоматически выбирается на Cisco роутерах
 - ✓ самый высокий IP-адрес всех петлевых интерфейсов
- **Следовательно, каждое соединение между LS и двумя роутерами**
 - может быть идентифицировано комбинацией соответствующих Router-IDs
 - замечание:
 - ✓ если будет несколько параллельных физических соединений, то Port-ID будет действовать по схеме разрешения конфликтов

Содержание

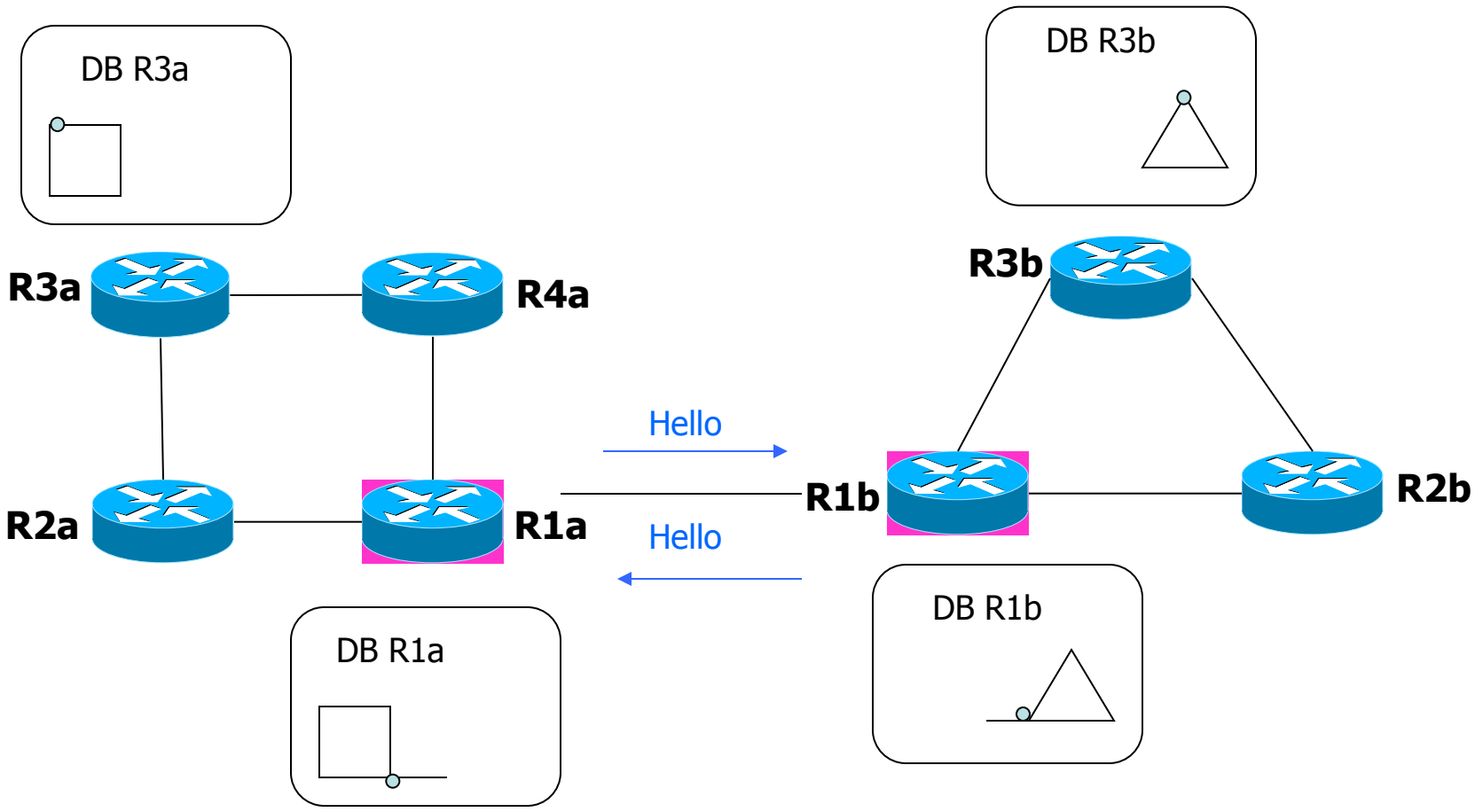
● Принципы OSPF

- Введение
- Алгоритм Dijkstra
- Принципы коммуникаций
- LSA Broadcast Handling
- Splitted область
- Широковещательные сети
- Полезные выводы

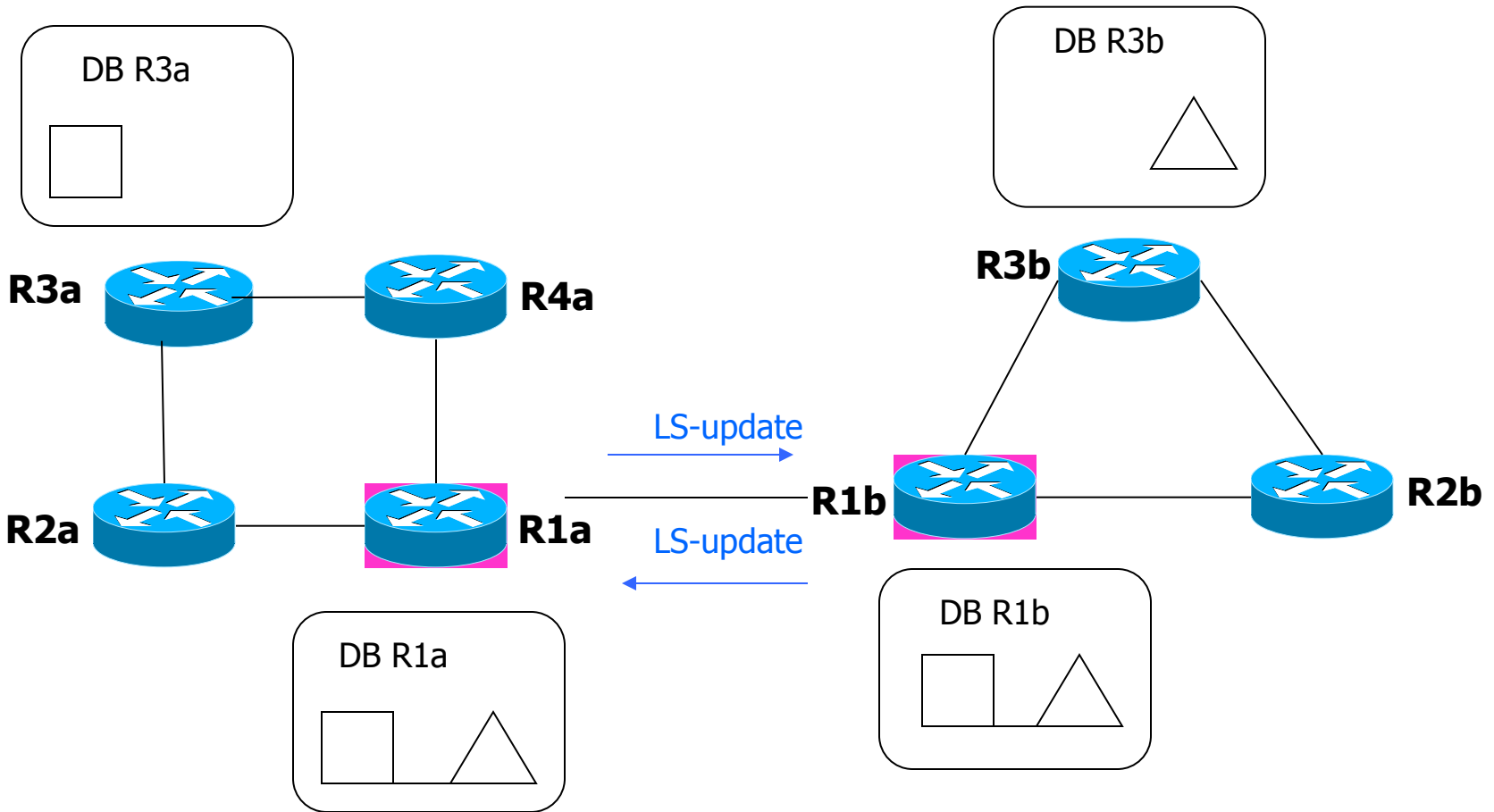
Изначально: две отдельные части



Hello R1a <-> R1b

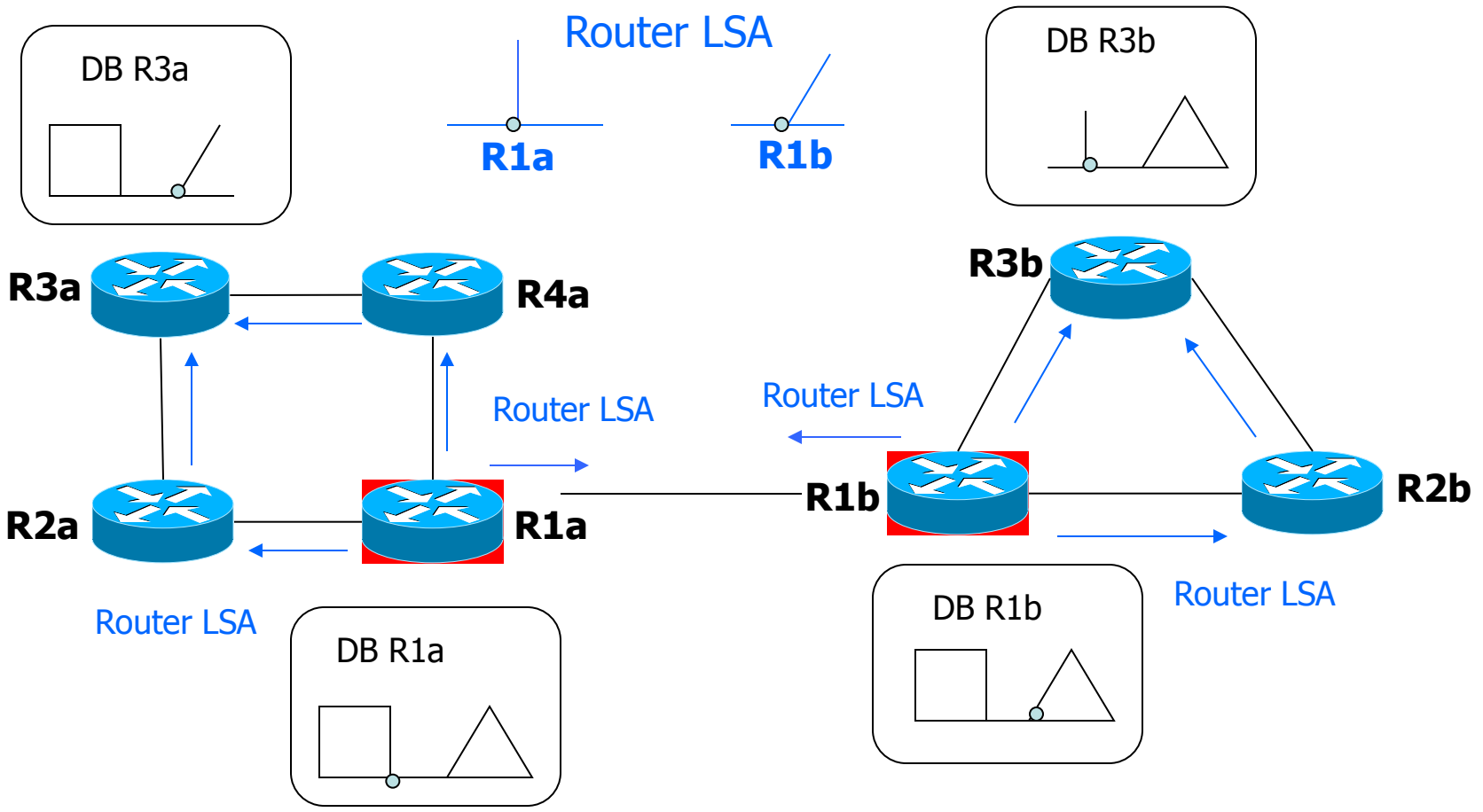


Синхронизация базы данных R1a <-> R1b



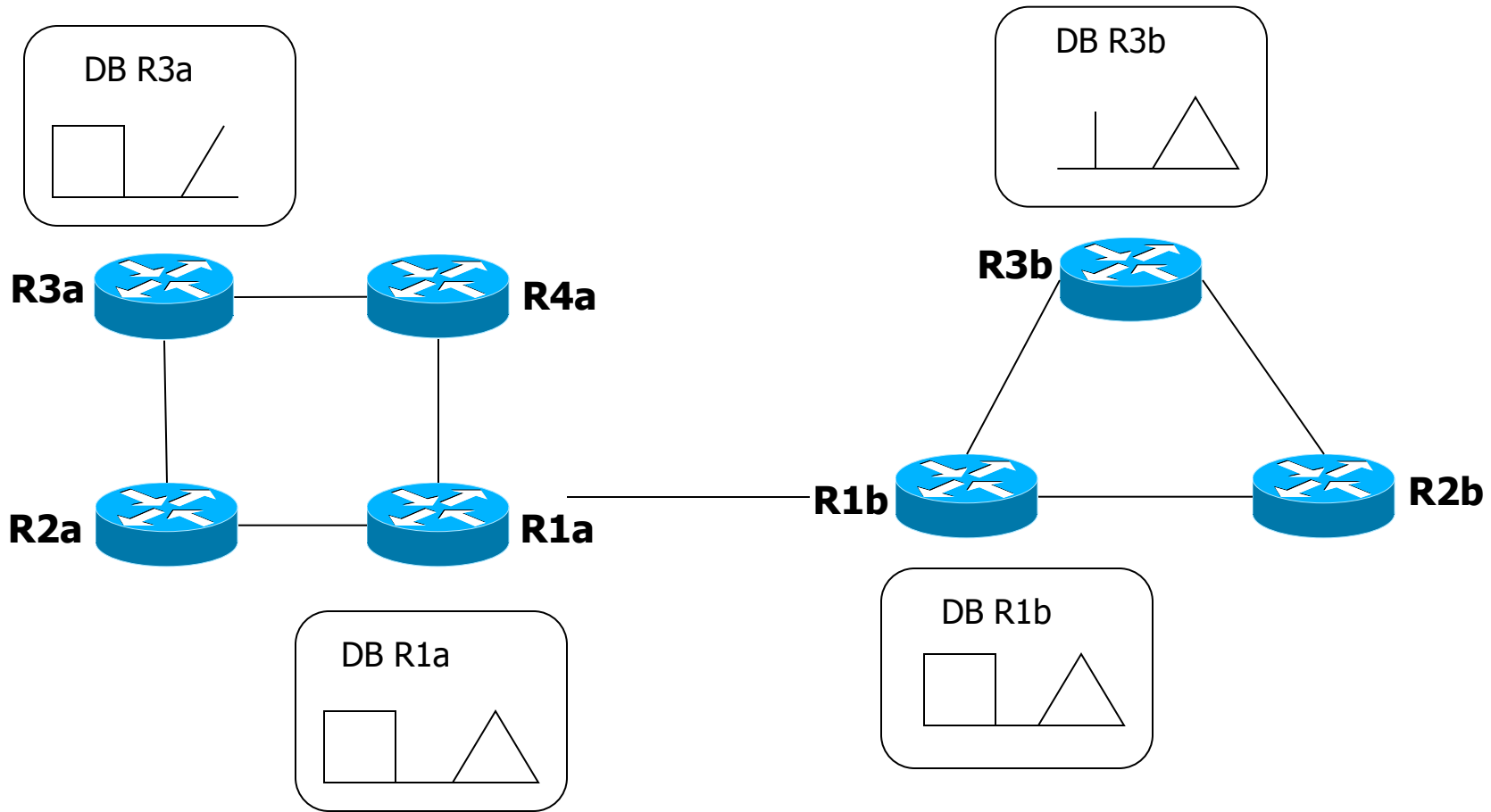
LS-updates описывают топологию домена

Router LSA Broadcast

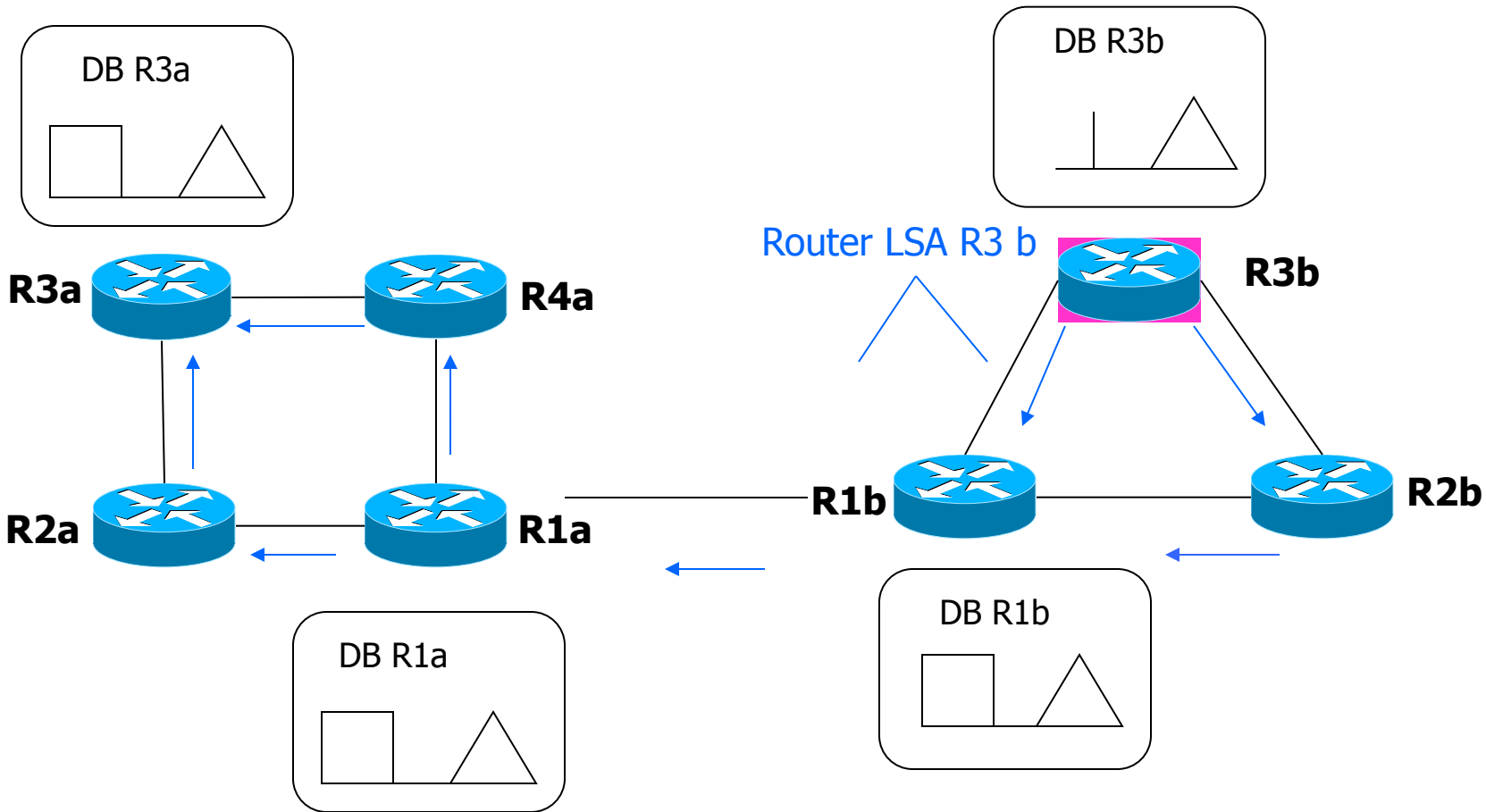


Router-LSAs описывают только локальные линки !!!

Непоследовательные базы данных !

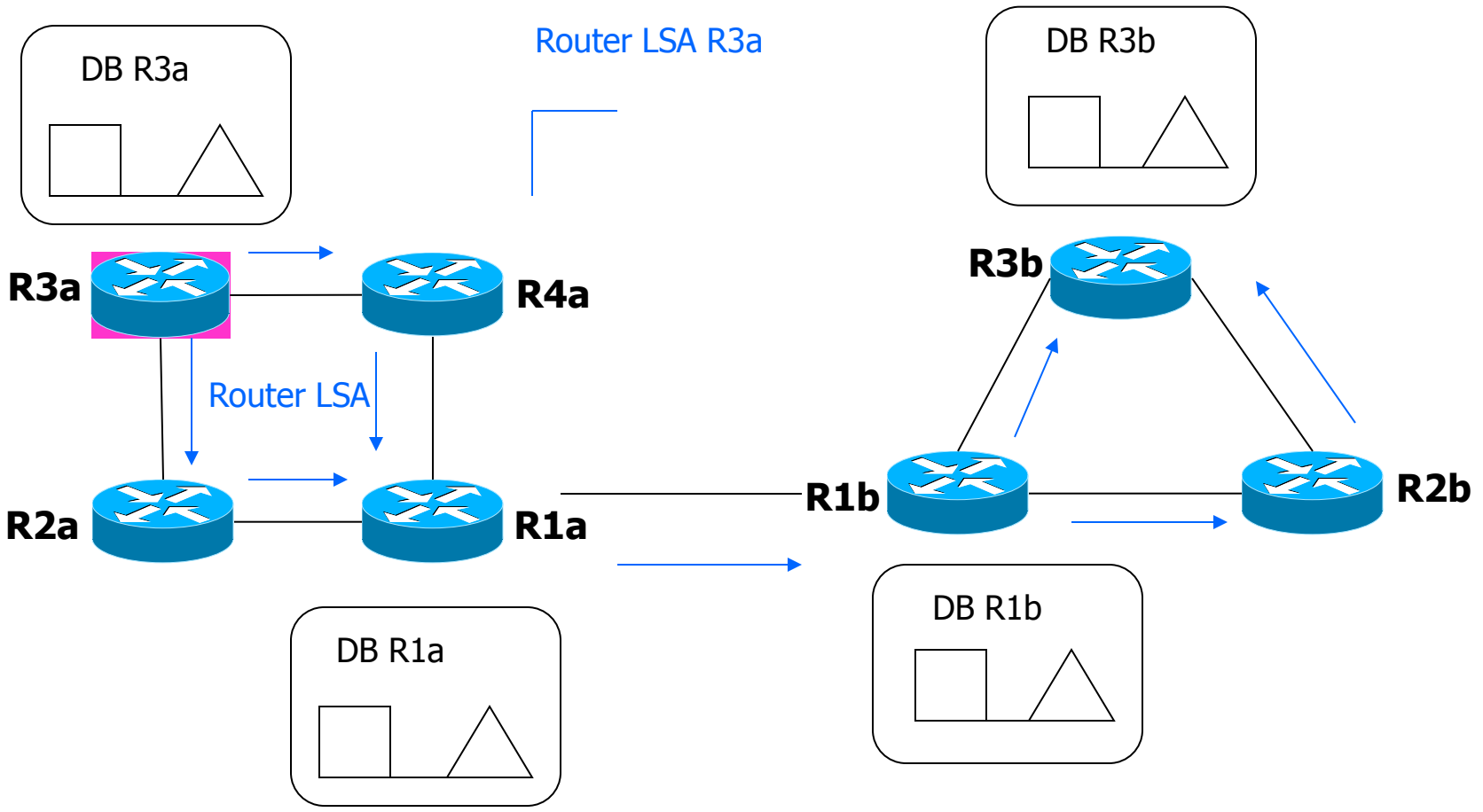


R3b: Router LSA Broadcast (регенерация)



**Router-LSA описывает
соединение R3b-R1b,
соединение R3b-R2b**

R3a: Router LSA Broadcast (Refresh)



Router-LSA описывает link R3a-R4a, link R3a-R2a

Усовершенствование

● До сих пор кажется

- что объединение разбитых областей домена OSPF займет много времени (регенерация как минимум 30 минут)

● Ситуация может улучшиться в следующем случае

- вызывая синхронизацию базы данных между любыми двумя роутерами в сети
 - всякий раз, когда роутеру сообщает Router-LSA о небольшом количестве изменений в сети, этот роутер дополнительно делает синхронизацию базы данных с роутером, от которого был принят Router-LSA
 - пакеты “описания базы данных” помогут уменьшить трафик до необходимого минимума
- ✓ Внимание: избегая единственной точки отказа, не торопитесь разбивать на области среду OSPF

Содержание

● Принципы OSPF

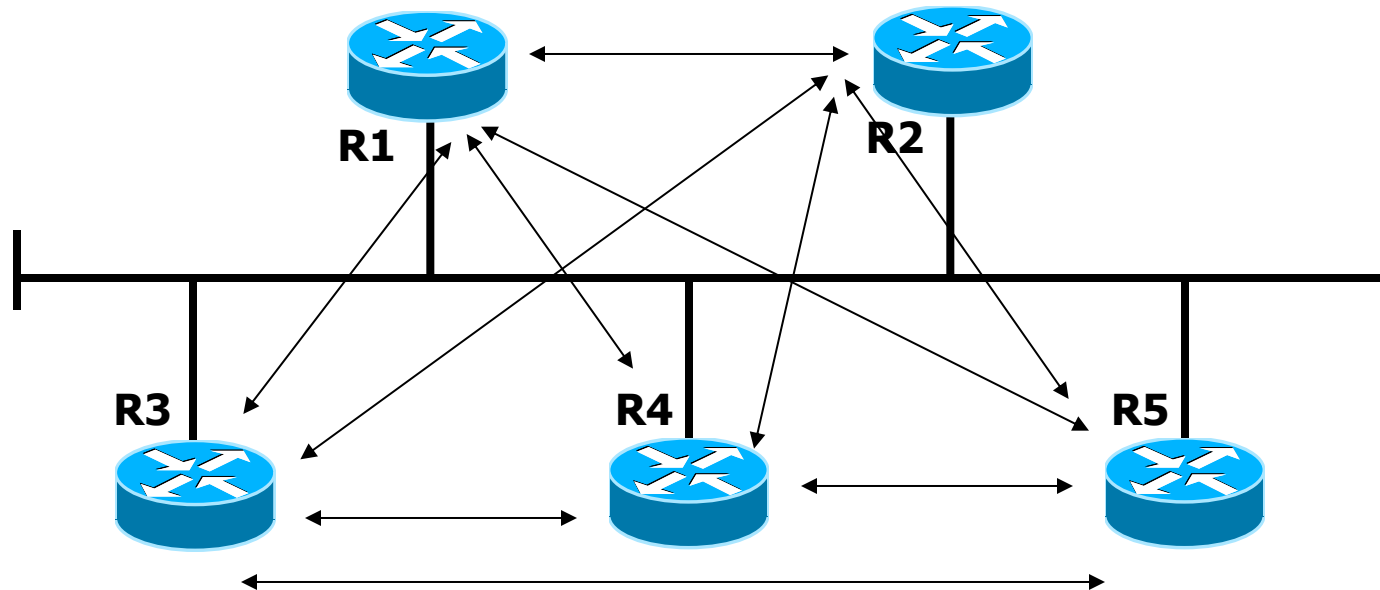
- Введение
- Алгоритм Dijkstra
- Принципы коммуникаций
- LSA Broadcast Handling
- Splitted область
- Широковещательные сети
- Полезные выводы

OSPF широковещательные сети

- **базовое понятие состояния связи (link state)**
 - отношения точка-точка
- **подходит лучше всего для**
 - двухточечной сети, которой являются последовательные каналы
- **это создает проблему в сетях множественного доступа на разделяемых средах**
 - например, с LAN или с сетями, работающими в NBMA-режиме, как X.25, Frame Relay, ATM
 - hello, “описание базы данных” и updates LSA между роутерами могут вызвать огромный сетевой трафик и загрузку центрального процессора

Широковещательная сеть

Отношения каждый с каждым



↔ Router-Router соседские отношения

OSPF широковещательные сети

- **если несколько роутеров совместно используют сеть множественного доступа**
 - “каждый с каждым” масштабируется плохо -> проблема $N*(N-1)/2$
 - информация обо всех возможных соседских отношениях представляется избыточной
 - чтобы решить проблему, введено понятие виртуального (сетевое) узла (или виртуальный маршрутизатор)
- **для виртуального узла требуется только**
 - поддерживать с другими узлами $N-1$ двухточечных соединений
 - нет необходимости в “каждый с каждым”
- **в OSPF виртуальный узел называется**
 - Designated Router (DR) - назначенный роутер

OSPF широковещательные сети

❶ в случае отказа Designated Router

- был бы единственной точкой отказа

❷ поэтому

- Используется резервный назначенный роутер (Backup Designated Router (BR))

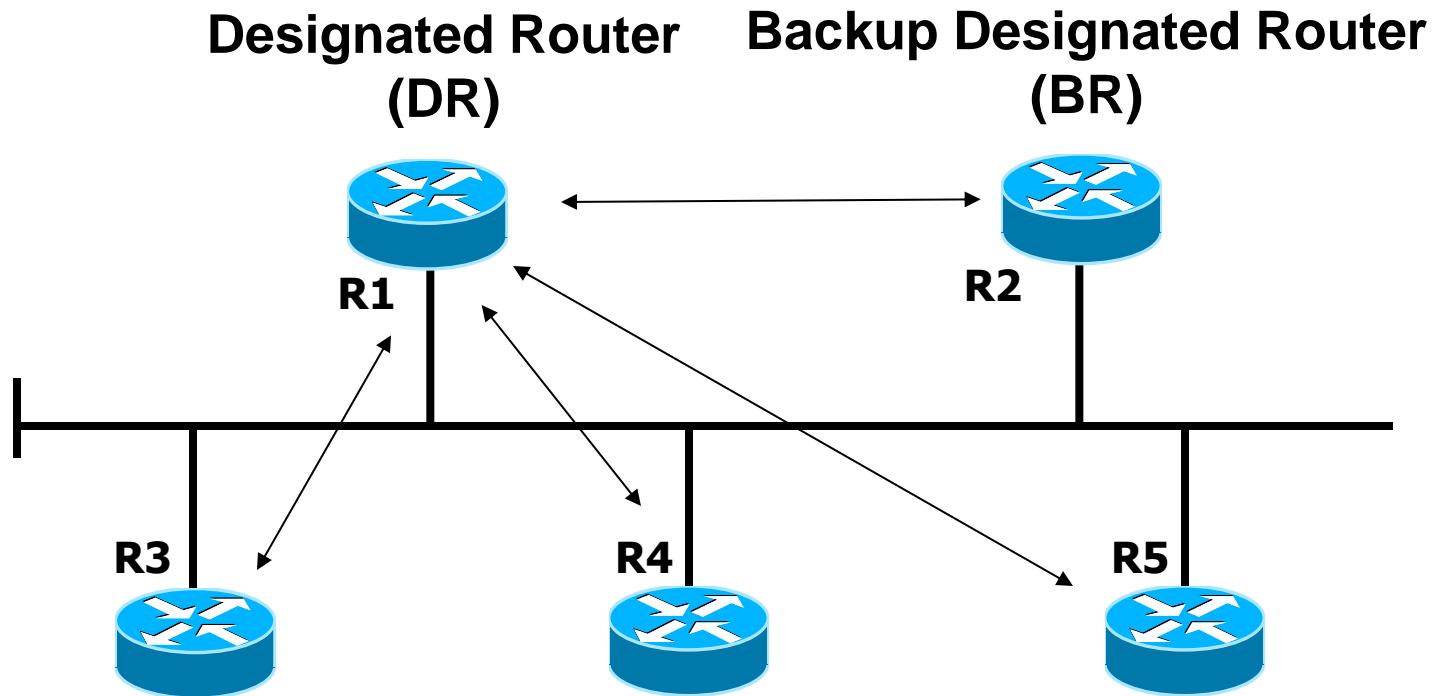
❸ DR и BR

- избраны обмениваться hello-сообщениями при запуске

❹ **Внимание!!!**

- это понятие влияет на обмен маршрутной информацией среди роутеров
- нет влияния на IP передачу (forwarding), которое основано на таблицах маршрутизации

Designated и Backup Router



↔ Router-Router соседские отношения

Designated Router и Network LSA

● Назначенный роутер (DR) отвечает

- за поддержания соседских отношений через виртуальные point-to-point соединения, используя уже известный механизм
 - ✓ DB-Description, LS-Request, LS-Update, LS-Acknowledgement, Hello

● Router-LSA неявно описывает

- виртуальные point-to-point соединения, определяя такую сеть как транзитную
- замечание: Stub-сеть это сеть LAN, за которой нет OSPF роутера

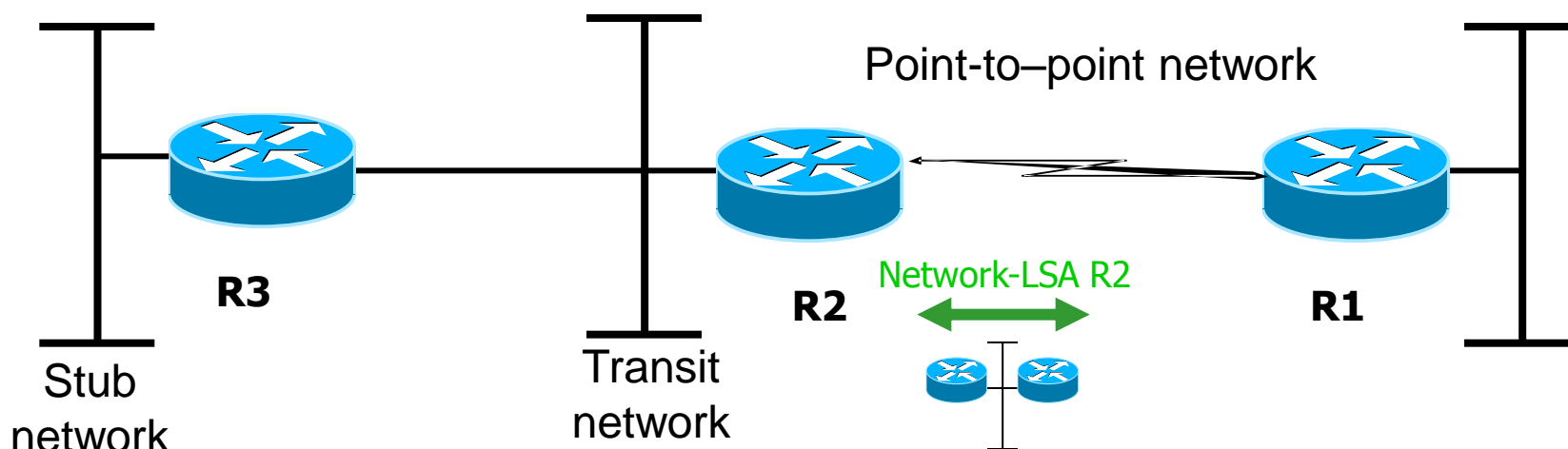
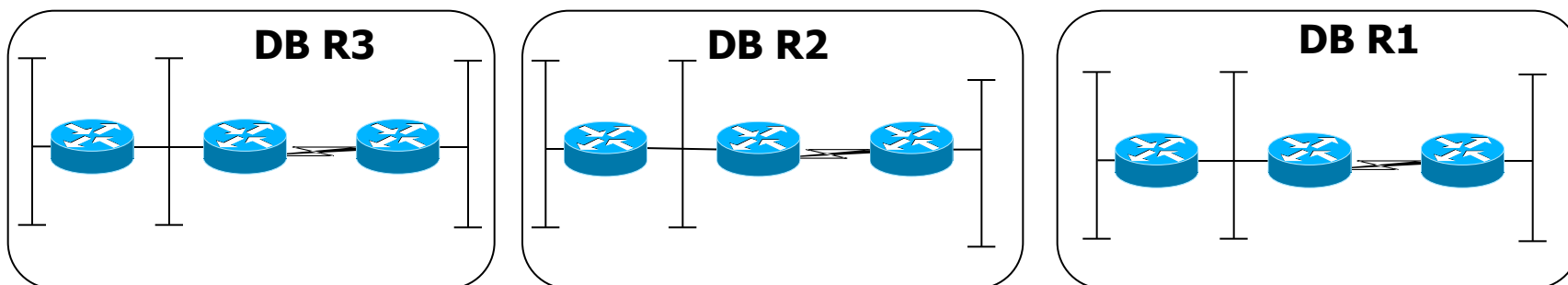
● Необходимо информировать о такой ситуации всем другим роутерам домена

- DR дополнительно отвечает за “испускание” (emitting) Network LSAs

● Network-LSA описывает

- какие роутеры являются участниками передачи в широковещательных сетях

OSPF Network-LSA R2



Назначенный роутер R2 регистрирует другие узлы о сети множественного доступа, используя Network-LSA (транспортный механизм - LS-Update пакеты)

DR и Backup Router

- Назначенный и резервный роутеры определяются согласно полю приоритета роутера в Hello-сообщении
- при отказе DR, резервный роутер (BR) продолжает обслуживание
- BR слушает (listens) трафик на виртуальном point-to-point соединении
 - используются групповые адреса
- BR принимает, а DR отказывает после пропадания Acknowledge-сообщений
 - замечание: каждое сообщение LS-Update требует сообщение LS-Acknowledgement

OSPF групповой адрес

- **OSPF использует выделенные IP групповые адреса для того, чтобы обмениваться сообщениями**
 - 224.0.0.5 (“все OSPF роутеры”)
 - 224.0.0.6 (“все Designated Routers – все назначенные роутеры”)
- **224.0.0.5 – адрес назначения используется**
 - всеми маршрутизаторами для Hello-сообщений
 - ✓ DR и BR определяются при запуске
 - ✓ супервизорное состояние связи
 - Роутером DR для сообщений ко всем роутерам non-DR
 - ✓ LS-Update, LS-Acknowledgement
- **224.0.0.6 – адрес назначения используется**
 - всеми non-DR роутерами для сообщений
 - ✓ LS-Update, LS-Request, LS-Acknowledgement и сообщения описания базы данных (LS-DB-Des)

Содержание

● Принципы OSPF

- Введение
- Алгоритм Dijkstra
- Принципы коммуникаций
- LSA Broadcast Handling
- Splitted область
- Широковещательные сети
- Полезные выводы

Distance-Vector против Link-State

• Дистанционно-векторный:

- каждый маршрутизатор уведомляет прямо связанные маршрутизаторы обо всех доступных маршрутах
- использует широковещательные сообщения
- поддерживает свою таблицу маршрутизации согласно информации от соседних маршрутизаторов

• Состояние связи:

- каждый маршрутизатор уведомляет все маршрутизаторы о прямо подключенных каналах связи
- используется механизм заливки (flooding) (LSA)
- оптимальные пути вычисляются всякий раз, когда получен новый LSA

OSPF полезные выводы (1)

- **сетевая нагрузка значительно меньше, чем у дистанционно-векторных протоколов**
 - короткие hello-сообщения между смежными маршрутизаторами против периодической эмиссии целой таблицы маршрутизации
- **даже update-сообщения после модификации топологии меньше таблицы маршрутизации протоколов вектора расстояния**
 - LSAs только описывают местные связи, за которые маршрутизатор является ответственным -> возрастающие updates (модификации)!!!
- **массивная сетевая загрузка**
 - происходит только при объединении больших разделенных сетевых частей OSPF области (много синхронизаций базы данных)

OSPF полезные выводы (2)

● SPF-методы имеют преимущества и несколько особенностей:

- каждый маршрутизатор поддерживает законченную карту топологии полной сети и вычисляет самостоятельно её желательные пути (фактически основанные на оригинале LSA сообщения)
- эта местная особенность к вычислению маршрута предоставляет быструю сходимость
- LSA не изменяется промежуточными роутерами сети
- размер LSAs зависит от числа прямых связей роутера с другими роутерами, а не от числа подсетей!

OSPF полезные выводы (3)

- **в процессе конфигурации роутера, каждому физическому порту назначается стоимость**
 - зависит от ToS (Type of Service)
 - каждому ToS может быть назначена собственная карта топологии (8 возможных комбинаций)
 - поле ToS IP анализируется при передаче пакета
 - замечание: поддержка ToS исчезла в RFC 2328, определяющего лучший путь
- **выбор лучшего пути для каждого ToS основано на стоимости сегментов в этом пути (RIP использует только hop)**
- **автоматически допускается балансировка нагрузки по путям с одинаковой стоимостью**

OSPF полезные выводы (4)

- маски подсетей переменной длины (VLSM) могут быть использованы в маршрутах (в противоположность RIPv1)
- внешние маршруты отмечены явно, чтобы быть замеченным в целом домене
- OSPF сообщения должны быть аутентифицированы для безопасности update информации
- OSPF маршрутизация сообщений использует групповые IP-адреса: снижается нагрузка
- двухточечные подключения не нуждаются в собственном IP-адресе: экономия использования адресного пространства

OSPF в больших сетях

- **Понятие области OSPF может использоваться**
 - на втором уровне иерархии, чтобы уменьшить
 - ✓ CPU время для SPF вычислений
 - ✓ объем и конфигурацию памяти для хранения базы данных топологии
 - одна backbone область
 - несколько не backbone областей
 - ✓ не backbone область с backbone областью может быть связана только пограничным роутером области
 - суммирование (summarization) пограничными роутерами области,
 - ✓ Агрегирует (объединяет) маршруты для уменьшения размера таблицы маршрутизации
 - ✓ Суммирование означает, что некоторая совокупность сетей в области может быть в итоге получена как одна сеть