

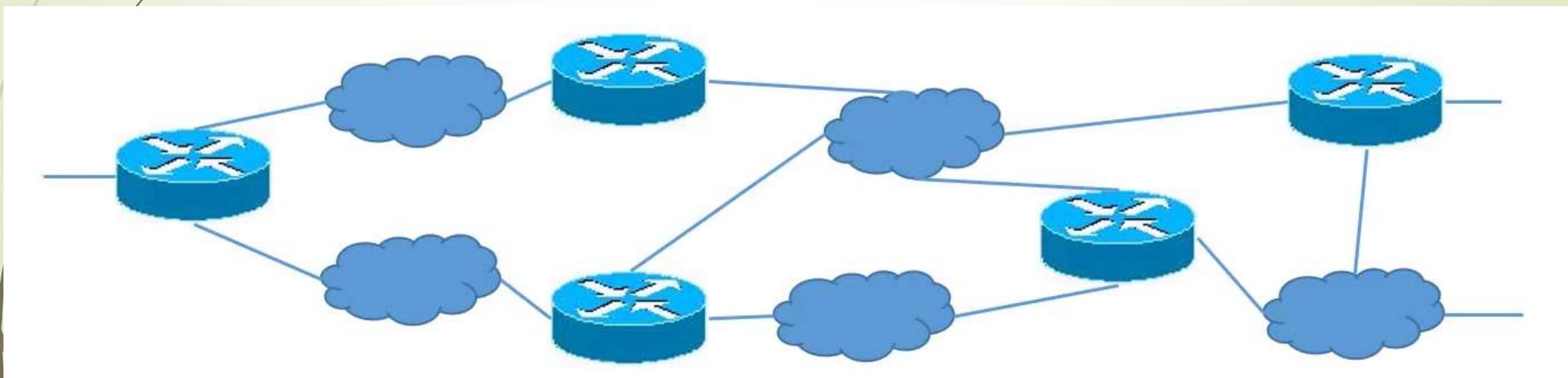


# МАРШРУТИЗАЦИЯ В IP-СЕТЯХ

Зайнуллина Эльвина, 09-331

# Что такое маршрутизация?

- ▶ Маршрутизация – это процесс выбора маршрута в любой сети.
- ▶ Маршрутизация – это процесс выбора наилучшего маршрута с использованием некоторых заранее установленных правил.





# Почему маршрутизация важна?

- ▶ Маршрутизация помогает минимизировать сбои сети, управляя трафиком данных, чтобы сеть могла использовать как можно больше своей пропускной способности без перегрузки.
- 



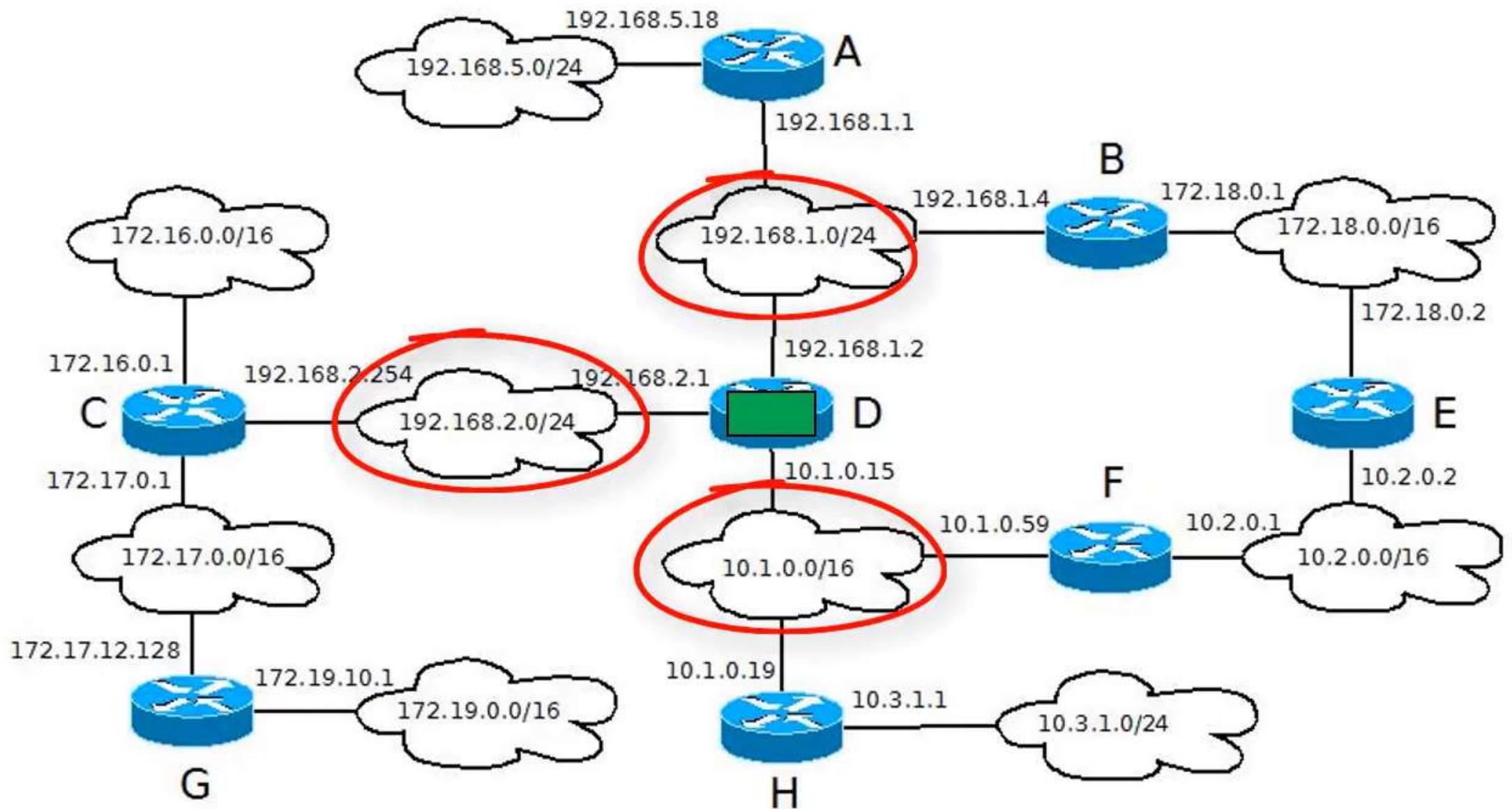
# Основные задачи маршрутизации

- ▶ Определение оптимального пути для передачи данных между сетями;
- ▶ Выбор наилучшего маршрута на основе текущих условий сети;
- ▶ Поддержание в актуальном состоянии таблиц маршрутизации.

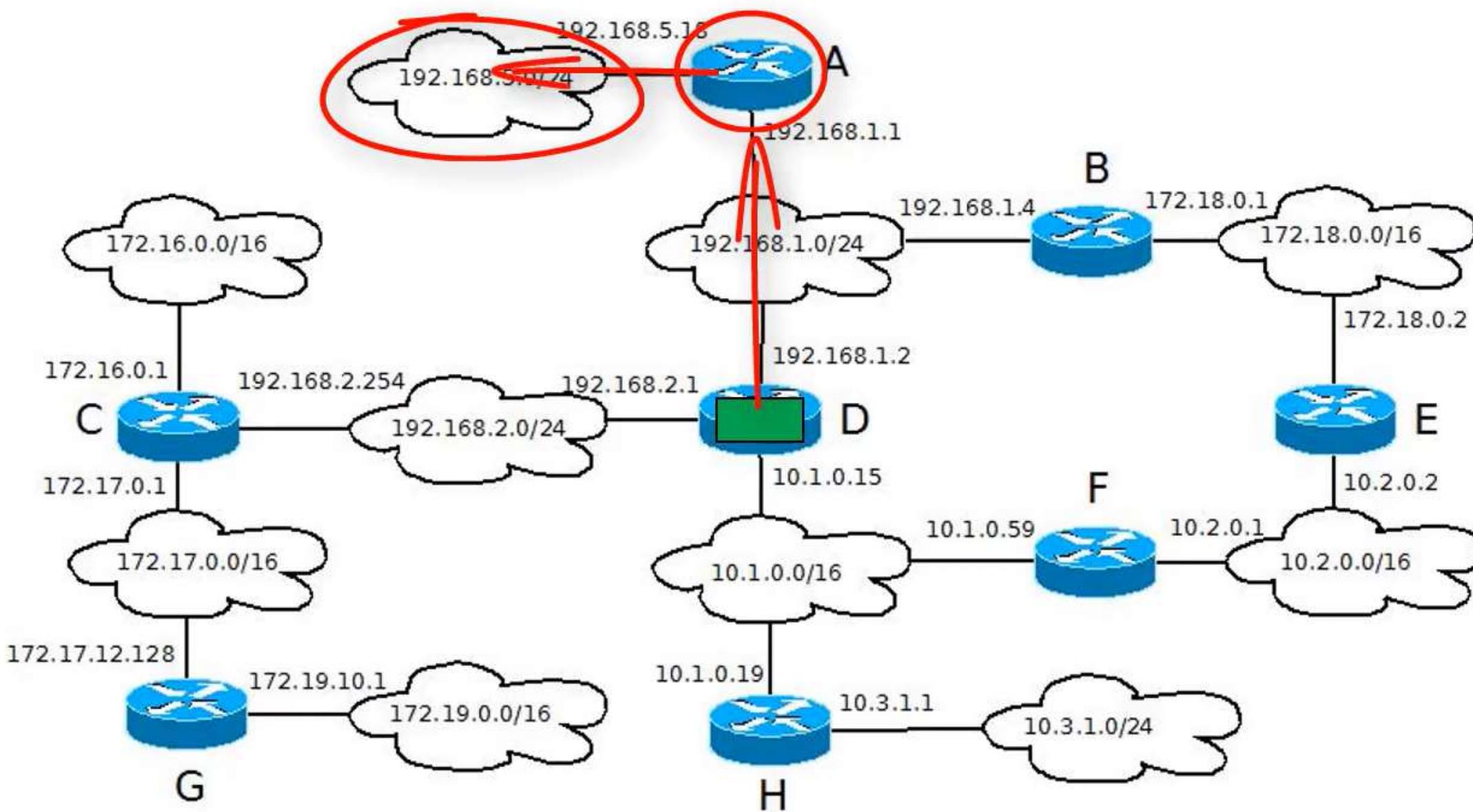
# Что такое маршрутизатор?



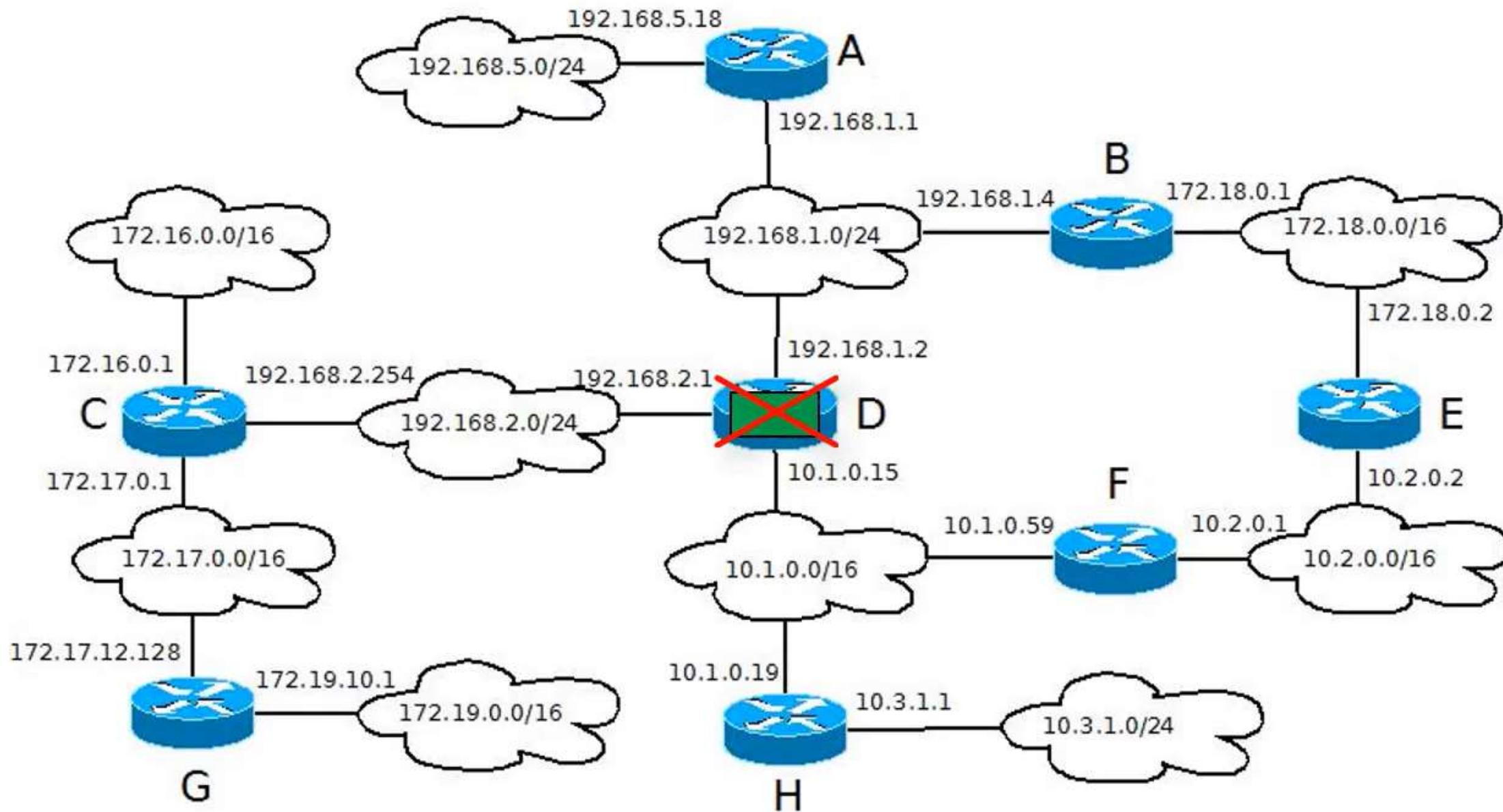
# 1. Сеть подключена к маршрутизатору



## 2. Сеть подключена к другому маршрутизатору

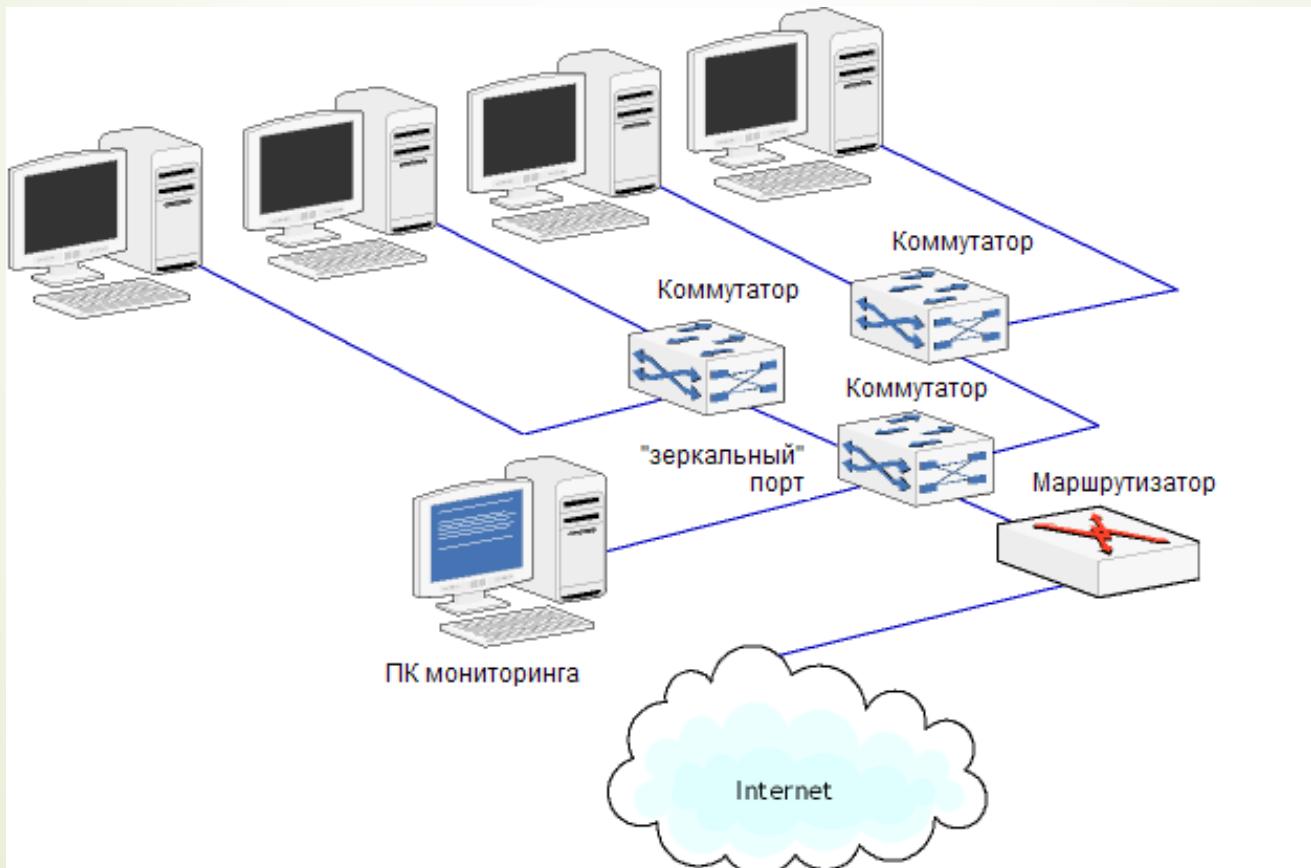


### 3. Пришел пакет для сети, маршрут не известен



# Что такое коммутатор?

- Коммутатор — это сетевое устройство, которое работает на канальном уровне и предназначено для соединения узлов (компьютеров, принтеров, серверов) в пределах одной локальной сети (LAN).



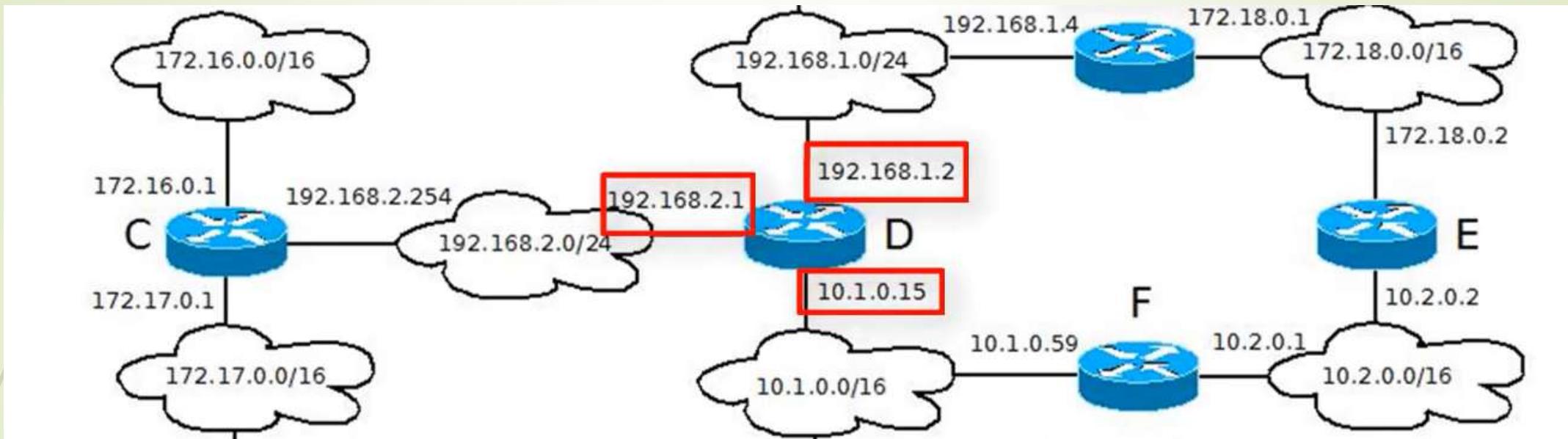
# Основные особенности

Маршрутизатор	Коммутатор
Используется для подключения локальной сети к Интернету	Используется в сети для подключения устройств.
В сети обычно имеется только один маршрутизатор	В сети может быть несколько коммутаторов, подключенных к одному маршрутизатору.
Подключается к модему через порт WAN	Имеет только порты LAN
Может иметь как проводное, так и беспроводное подключение.	Нет возможности беспроводного подключения.

# Как используются маршрутизаторы и коммутаторы?

Маршрутизатор	Коммутатор
Подключается к модему через порт WAN	Подключается к маршрутизатору
Также создает локальную сеть между подключенными устройствами	Используется в локальной сети для подключения устройств друг к другу и к маршрутизатору
Подключается к Интернету	Небезопасно для прямого подключения к Интернету.
Разделяет одно интернет-соединение на множество устройств	К одному маршрутизатору может быть подключено несколько коммутаторов
Подключает локальные устройства друг к другу и к Интернету	Соединяет между собой только локальные устройства

# Таблица маршрутизации и ее структура



Адрес	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика
192.168.1.0	255.255.255.0	Подсоединен	192.168.1.2	276
192.168.2.0	255.255.255.0	Подсоединен	192.168.2.1	276
10.1.0.0	255.255.0.0	Подсоединен	10.1.0.15	276
172.16.0.0	255.255.0.0	192.168.2.254	192.168.2.1	306
10.2.0.0	255.255.0.0	10.1.0.59	10.1.0.15	306

# Маршрут по умолчанию

Маршрутизатор должен знать обо всех существующих сетях

\* на практике невозможно

Маршрутизатор по умолчанию – это маршрутизатор, на который отправляются пакеты для неизвестных сетей.

Условное обозначение:

- 0.0.0.0, маска 0.0.0.0
- default

# Принцип самого длинного совпадения

Маршрутизатор принял пакет с адресом получателя

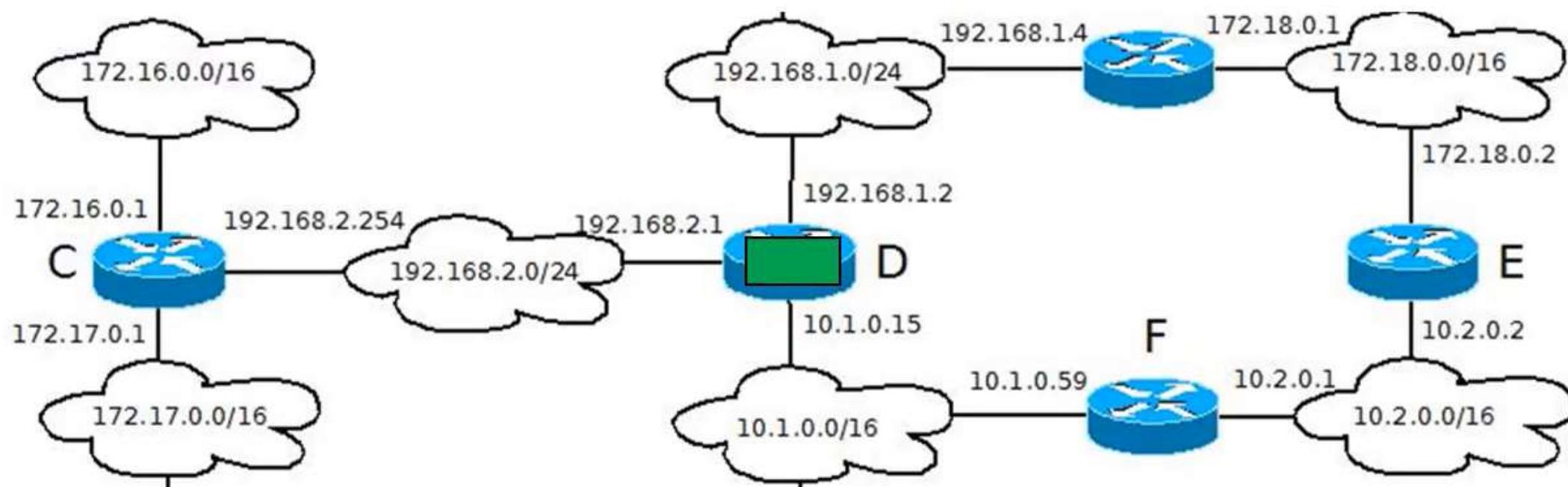
- 192.168.100.23

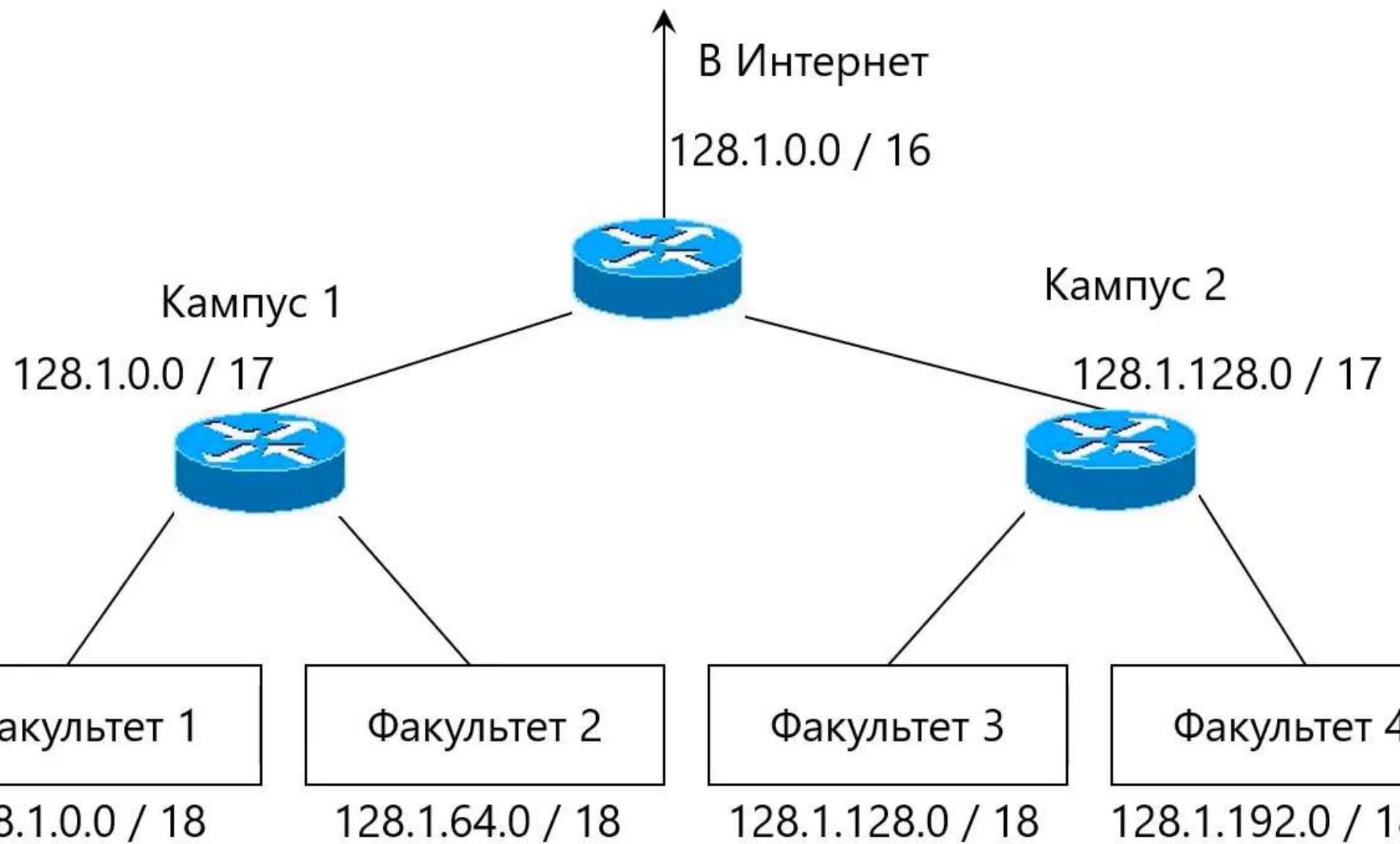
В таблице маршрутизации две записи:

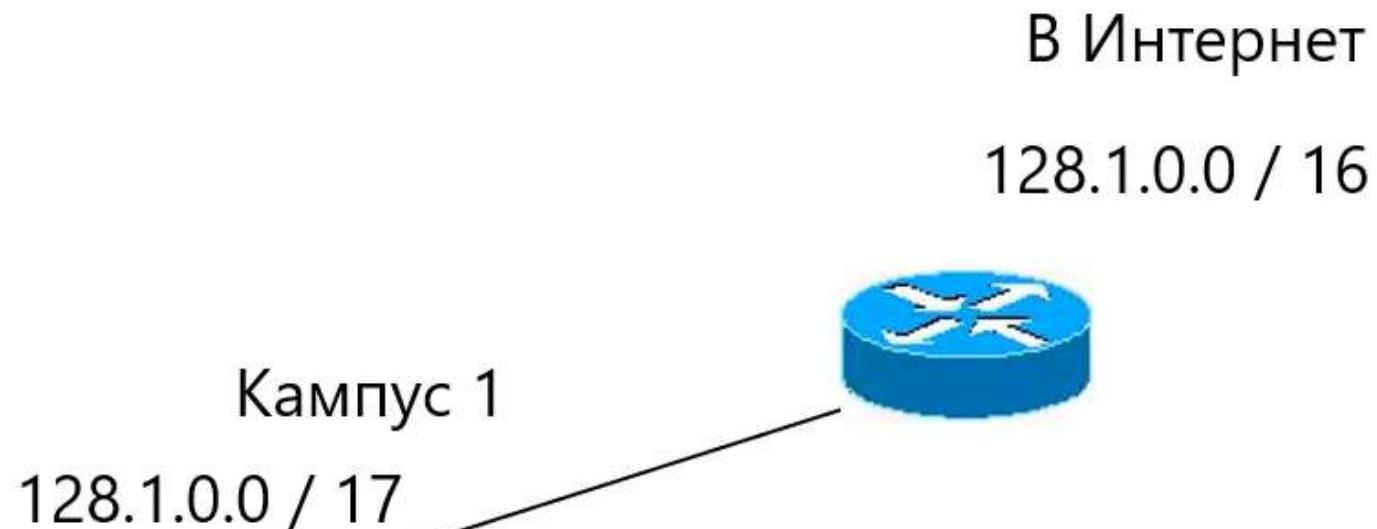
- 192.168.100.0/24
- 192.168.0.0/16

Какой маршрут выбрать?

Адрес	Маска	Шлюз	Интерфейс	Метрика
10.2.0.0	255.255.0.0	10.1.0.59	10.1.0.15	306
10.2.0.0	255.255.0.0	192.168.1.4	192.168.1.2	336







Сеть	Маршрутизатор
128.1.0.0/18	Факультет 1
128.1.64.0/18	Факультет 2
128.1.0.0/16	Университетский маршрутизатор
0.0.0.0/0	Университетский маршрутизатор

- 
- ▶ Выбирается подсеть с маской максимальной длины
  - ▶ Правила маршрутизации:
    - ▶ Поиск маршрута к хосту (маска/32)
    - ▶ Поиск маршрута к сети (с маской максимальной длины)
    - ▶ Маршрут по умолчанию (маска/0б подходит все)



► netstat -r

IPv4 таблица маршрута

Активные маршруты:

Сетевой адрес	Маска сети	Адрес шлюза	Интерфейс	Метрика
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.31.1	192.168.31.133	35
127.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1	331
127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	331
127.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	331
192.168.31.0	255.255.255.0	On-link	192.168.31.133	291
192.168.31.133	255.255.255.255	On-link	192.168.31.133	291
192.168.31.255	255.255.255.255	On-link	192.168.31.133	291
224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	127.0.0.1	331
224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	192.168.31.133	291
255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	331
255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.31.133	291

# Статическая маршрутизация

- Это маршрутизация, при которой все маршруты в таблице маршрутизации вручную задаются администратором.

Плюсы	Минусы
<b>Простота:</b> Легко понять и реализовать. Не требуются сложные протоколы.	<b>Негибкость:</b> Не адаптируется к изменениям в сети (обрыв кабеля, отказ маршрутизатора).
<b>Безопасность:</b> Полный контроль над тем, какой трафик куда направляется. Нет уязвимостей, связанных с протоколами.	<b>Ручной труд:</b> Добавление новых сетей или изменение топологии требует ручного изменения конфигурации на каждом маршрутизаторе.
<b>Низкие затраты:</b> Не расходуются ресурсы (CPU, память, полоса пропускания) на работу протоколов маршрутизации.	<b>Масштабируемость:</b> Крайне плохо масштабируется. В большой сети с постоянными изменениями поддержание актуальности статических маршрутов становится невыполнимой задачей.
<b>Предсказуемость:</b> Трафик всегда идет строго по заданным путям, что упрощает диагностику.	<b>Риск ошибок:</b> Высокая вероятность человеческой ошибки при конфигурации.

## Главный офис



Филиал 1



Филиал 2



Филиал 3

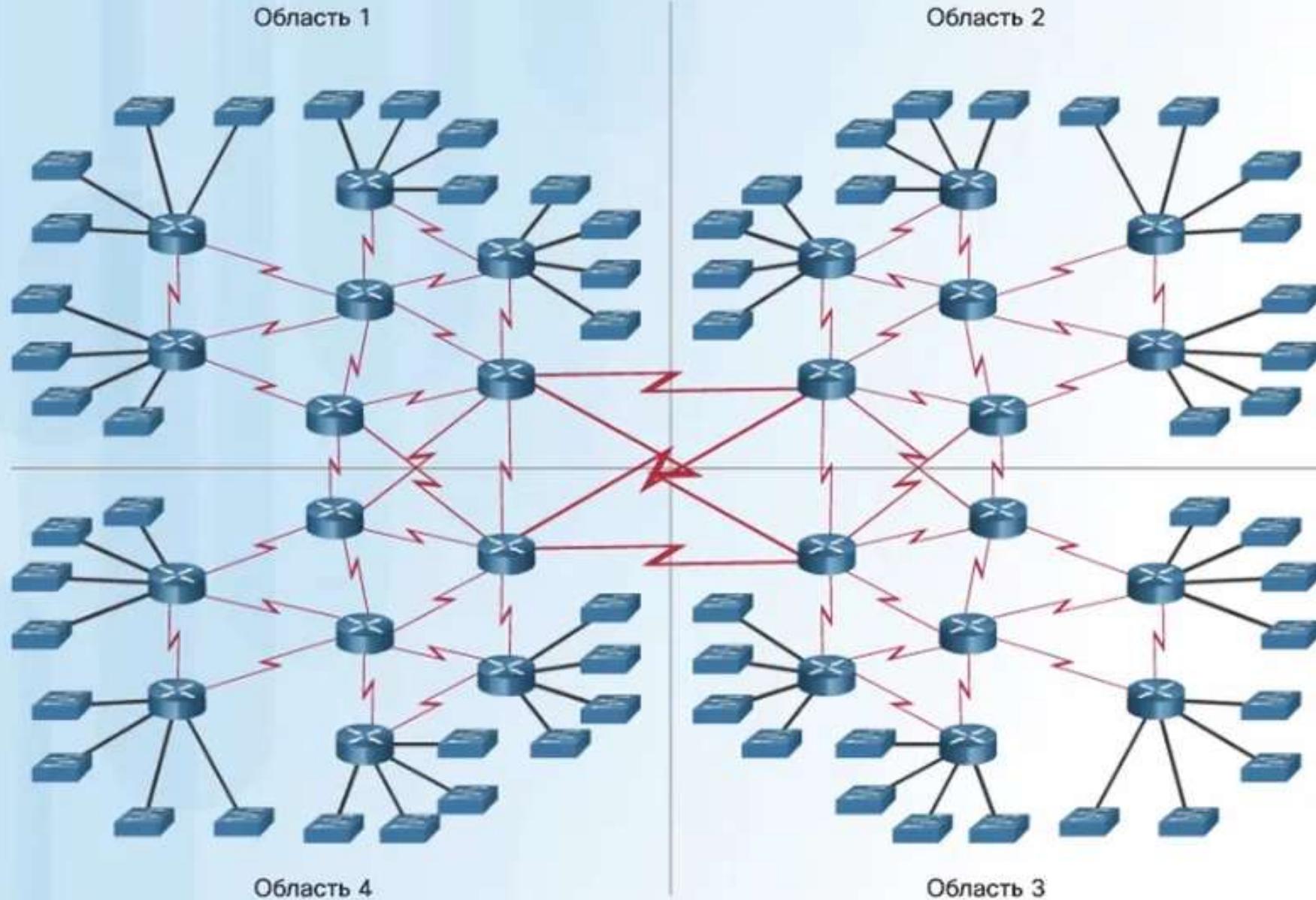


Филиал 4

# Динамическая маршрутизация

Плюсы	Минусы
<b>Адаптивность:</b> Автоматически перестраивает маршруты при изменении топологии сети (отказ канала, добавление нового маршрутизатора).	<b>Сложность:</b> Требует глубоких знаний для настройки и устранения неисправностей.
<b>Масштабируемость:</b> Идеально подходит для больших и сложных сетей, которые часто меняются.	<b>Нагрузка на оборудование:</b> Протоколы используют ресурсы CPU, памяти и полосу пропускания для обмена служебной информацией.
<b>Отказоустойчивость:</b> Обеспечивает автоматическое восстановление связи при сбоях за счет альтернативных путей.	<b>Безопасность:</b> Требует дополнительных мер для защиты от атак на протоколы маршрутизации (например, подделка маршрутной информации).
<b>Снижение ручного труда:</b> После начальной настройки система работает автономно.	<b>Непредсказуемость:</b> Трафик может пойти по неочевидному пути, что усложняет диагностику.

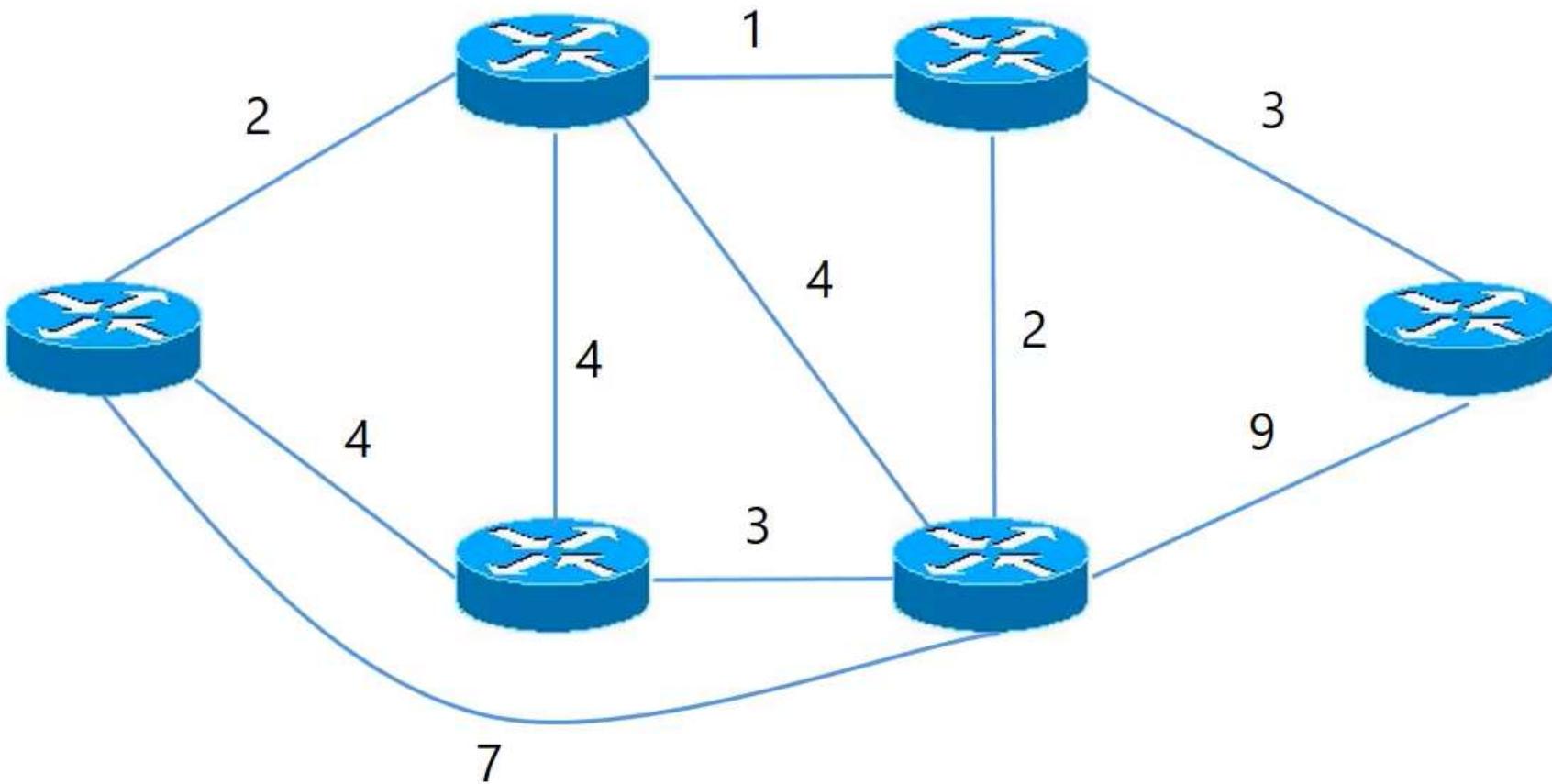
## Сценарий динамической маршрутизации



# Сравнение

Критерий	Статическая маршрутизация	Динамическая маршрутизация
Управление	Ручное	Автоматическое
Адаптивность	Низкая	Высокая
Масштабируемость	Низкая	Высокая
Затраты ресурсов	Низкие	Высокие
Сложность	Низкая	Высокая
Безопасность	Высокая	Средняя
Предсказуемость	Высокая	Переменная

# Протоколы маршрутизации





# Алгоритмы DVA (Дистанционно-Векторные)

- ▶ Основная идея: Рассказать своим непосредственным соседям всю свою таблицу маршрутизации.
- ▶ Принцип работы:
  1. Каждый маршрутизатор начинает со знания только о непосредственно подключенных сетях.
  2. Периодически (например, раз в 30 секунд) каждый маршрутизатор рассыпает свою полную таблицу маршрутизации всем своим непосредственным соседям.
  3. Получив обновление, маршрутизатор:
    - ▶ Проверяет, нет ли в нем информации о новых сетях.
    - ▶ Проверяет, не найден ли лучший путь (с меньшей метрикой) до уже известных сетей.
    - ▶ При изменении топологии сети информация распространяется по сети от соседа к соседу.

# Алгоритм Беллмана-Форда

**Находит кратчайшие пути от одной вершины до всех остальных в графе, где рёбра могут иметь отрицательный вес. И заодно обнаруживает циклы с отрицательным весом.**

Инициализация:

1. Ставим расстояние до стартовой вершины = 0, до всех остальных = бесконечность.

Расслабление рёбер:

Повторяем  $|V| - 1$  раз (где  $|V|$  — число вершин):

2. Для каждого ребра  $u \rightarrow v$  проверяем:

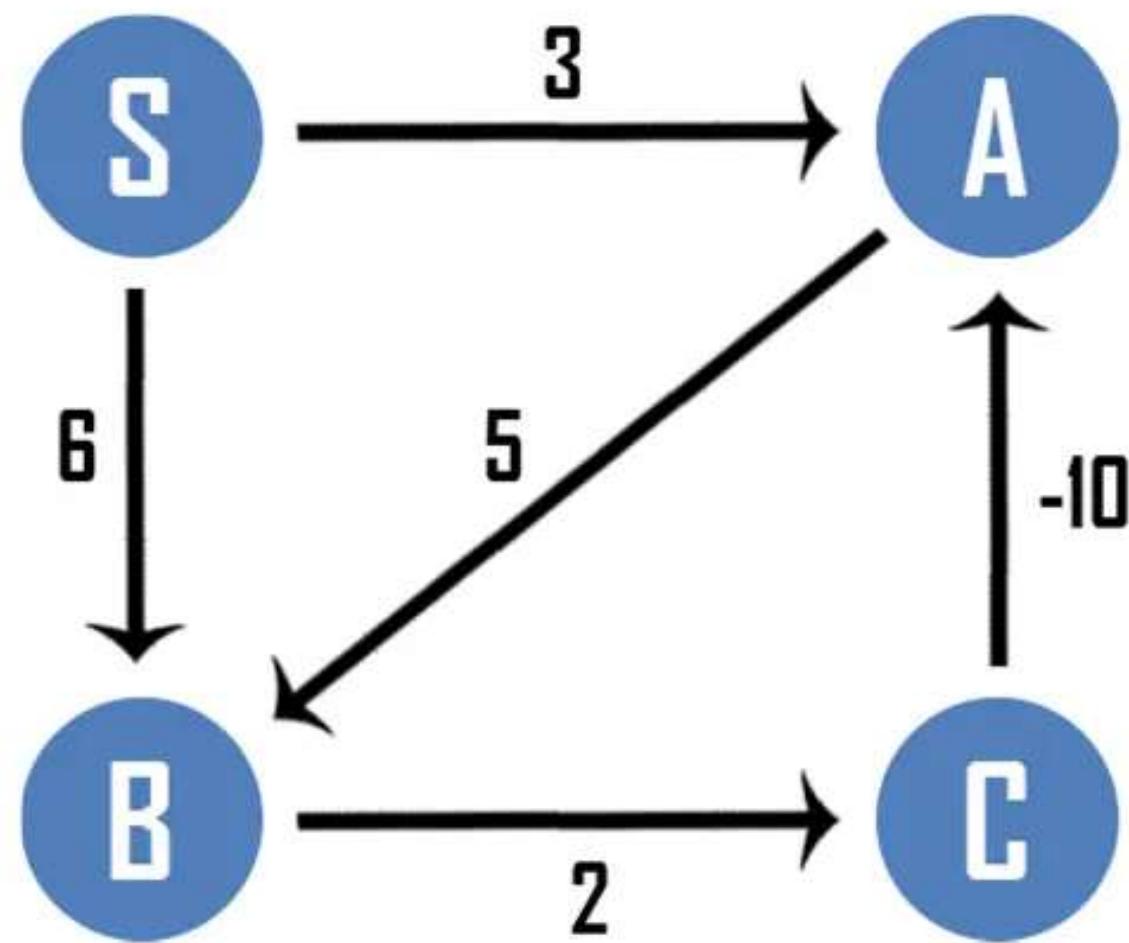
Если  $\text{расстояние}[v] > \text{расстояние}[u] + \text{вес ребра}$ , то обновляем  $\text{расстояние}[v]$ .

3. Проверка на отрицательные циклы:

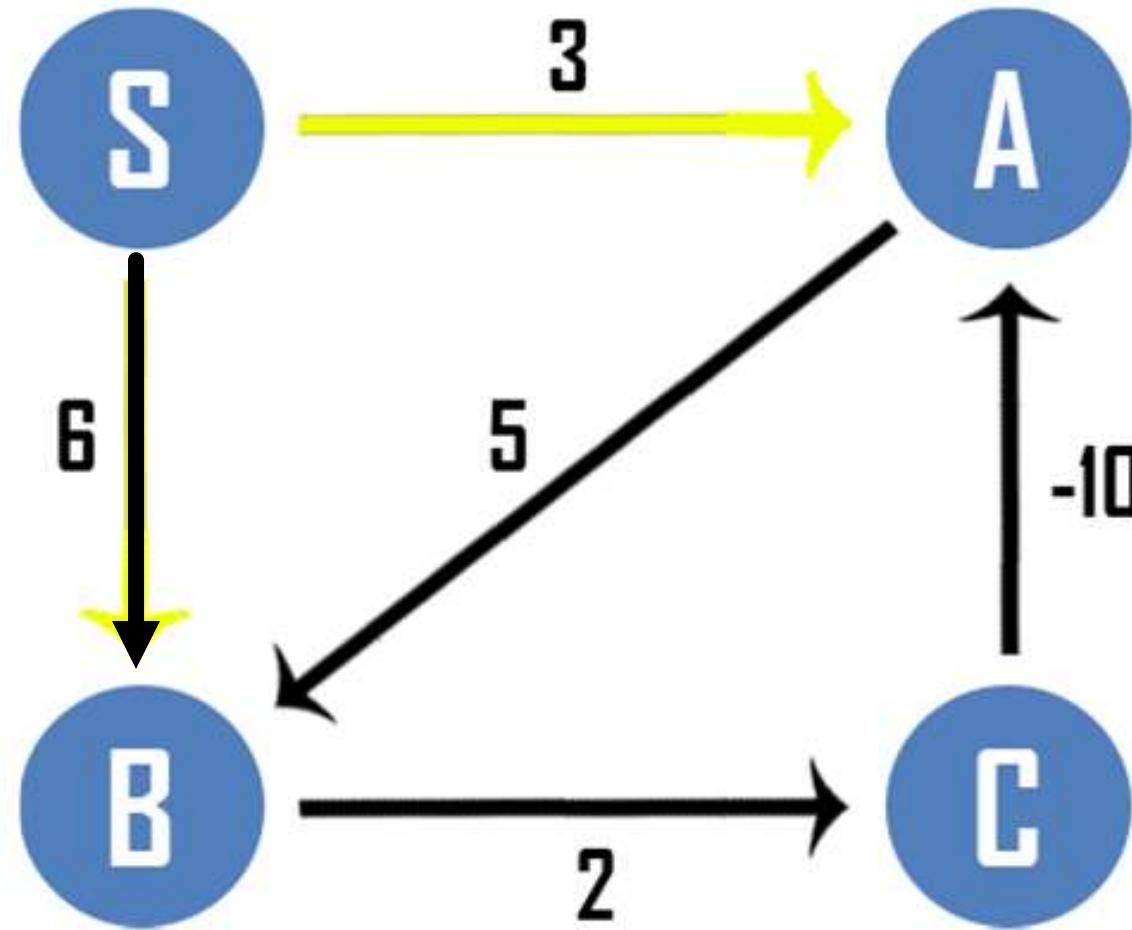
Ещё раз проходим по всем рёбрам.

Если снова находим более короткий путь — значит, есть цикл с отрицательным весом.

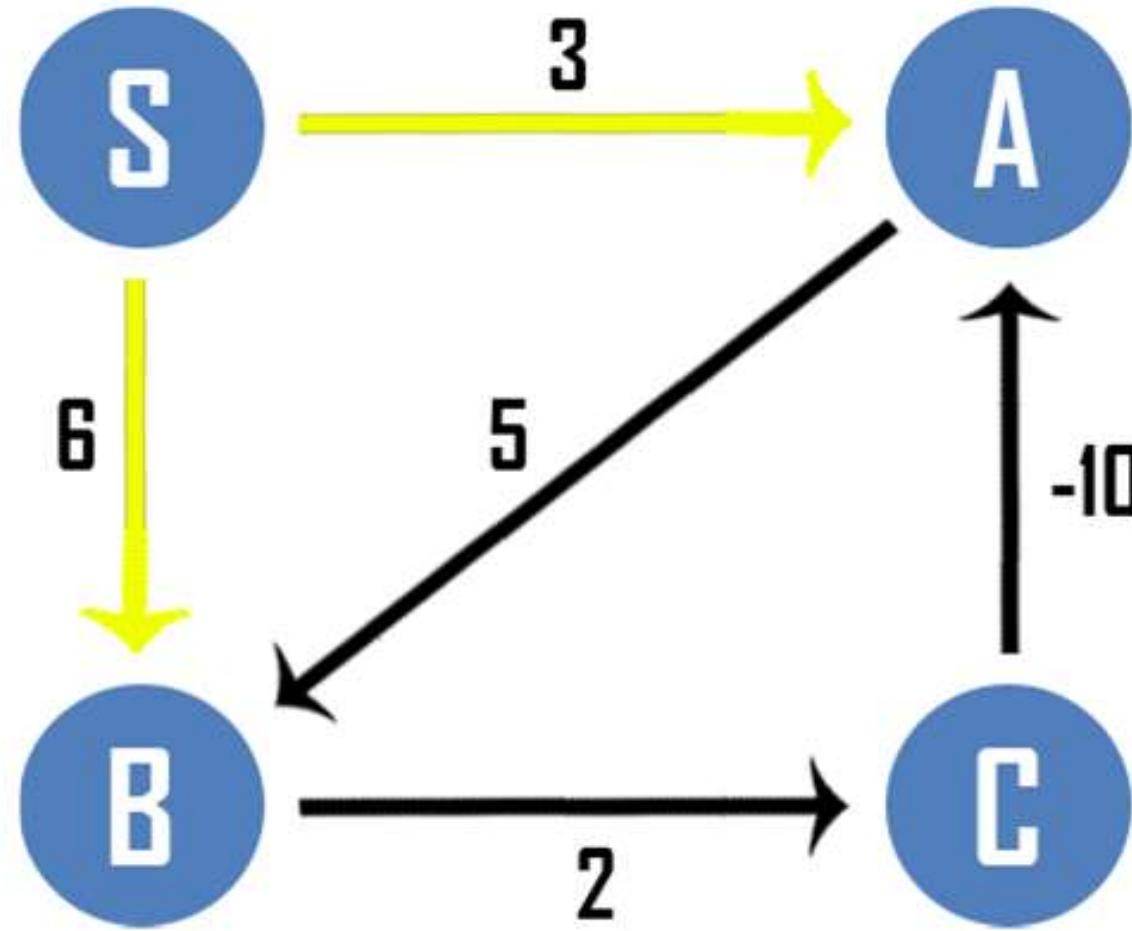
EDGE	A-B	B-C	C-A	S-A	S-B
WEIGHT	5	2	-10	3	6



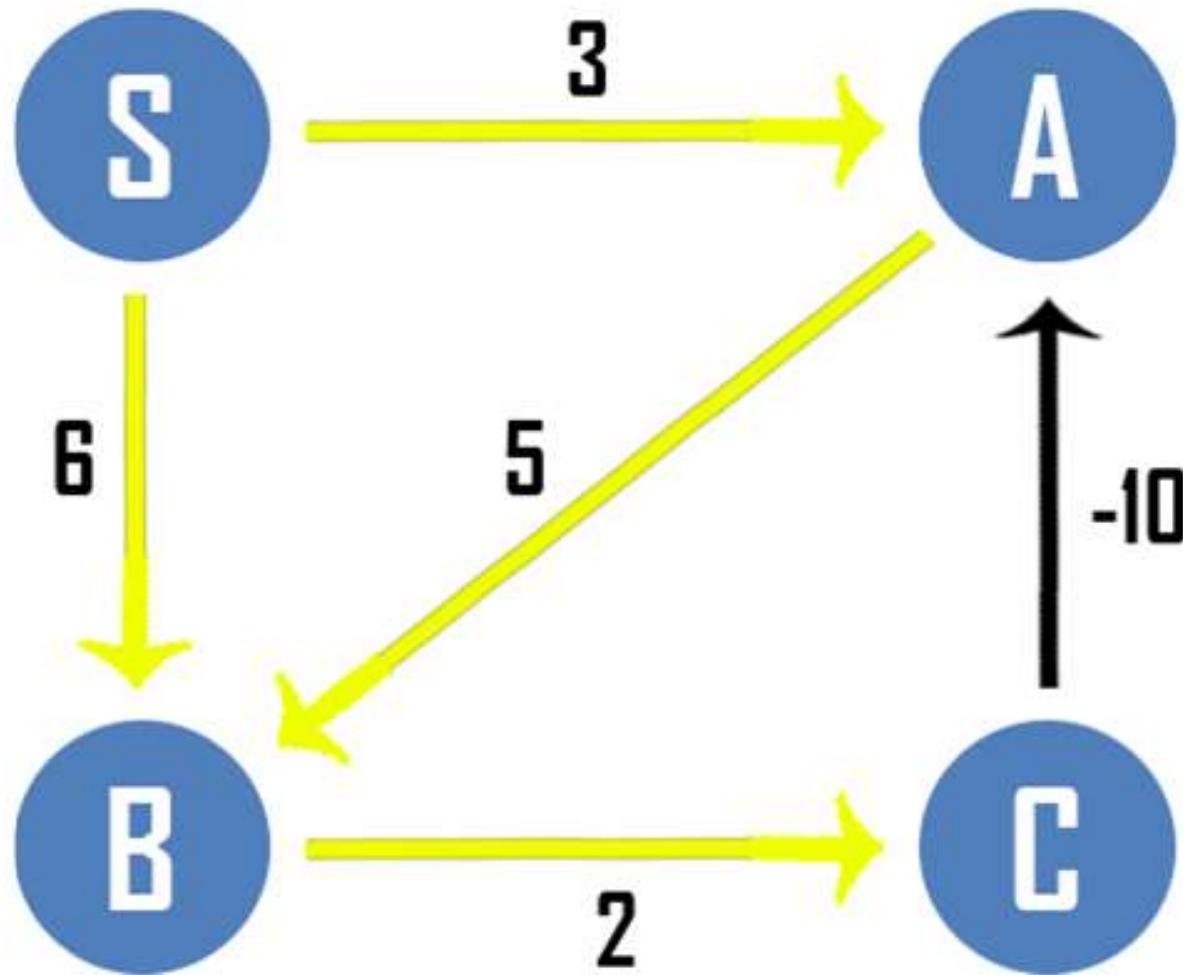
	S	A	B	C
D	0	$\infty$	$\infty$	$\infty$
π	-	-	-	-



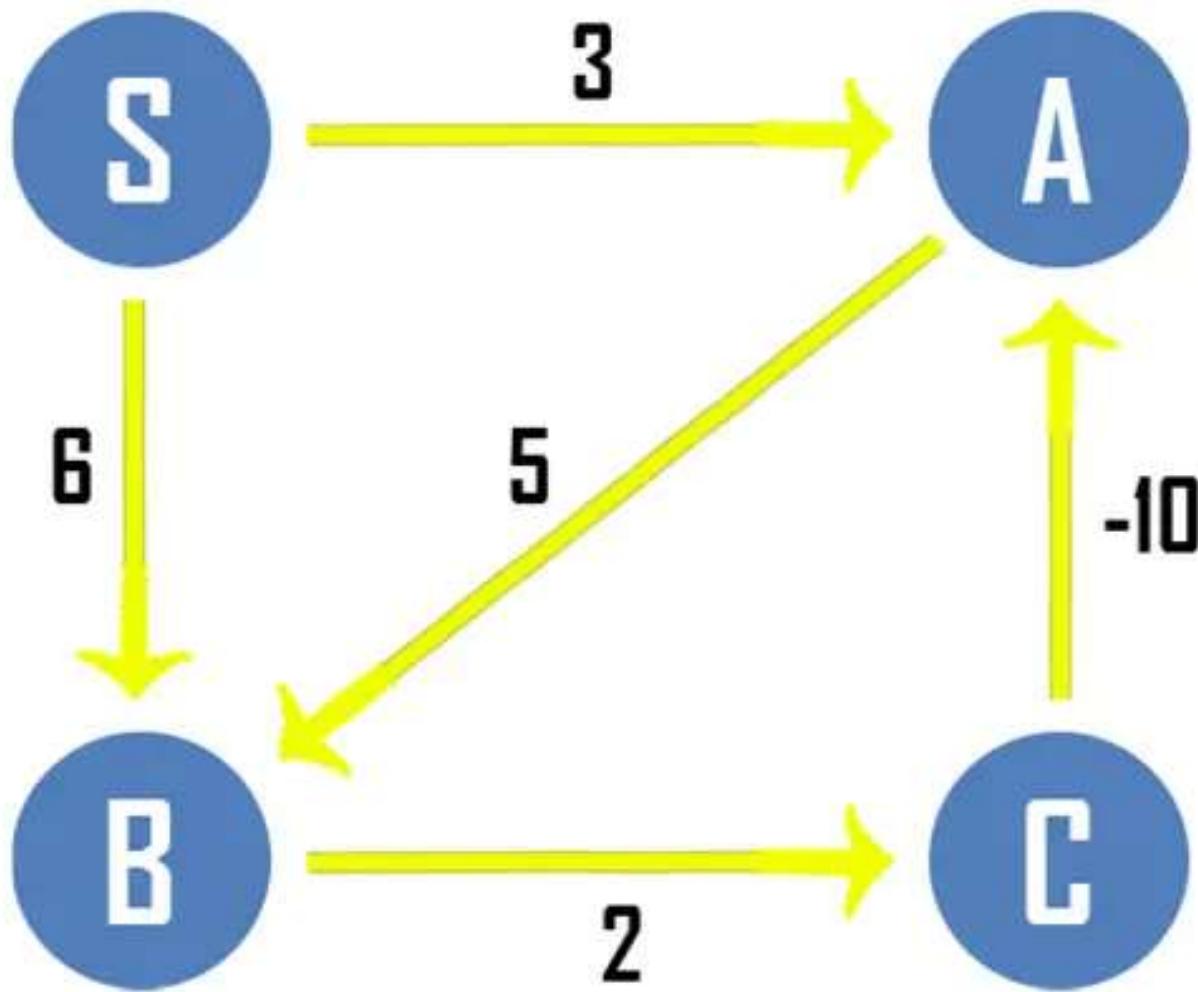
ITERATION 1	S	A	B	C
D	0	3	$\infty$	$\infty$
$\Pi$	-	S	-	-



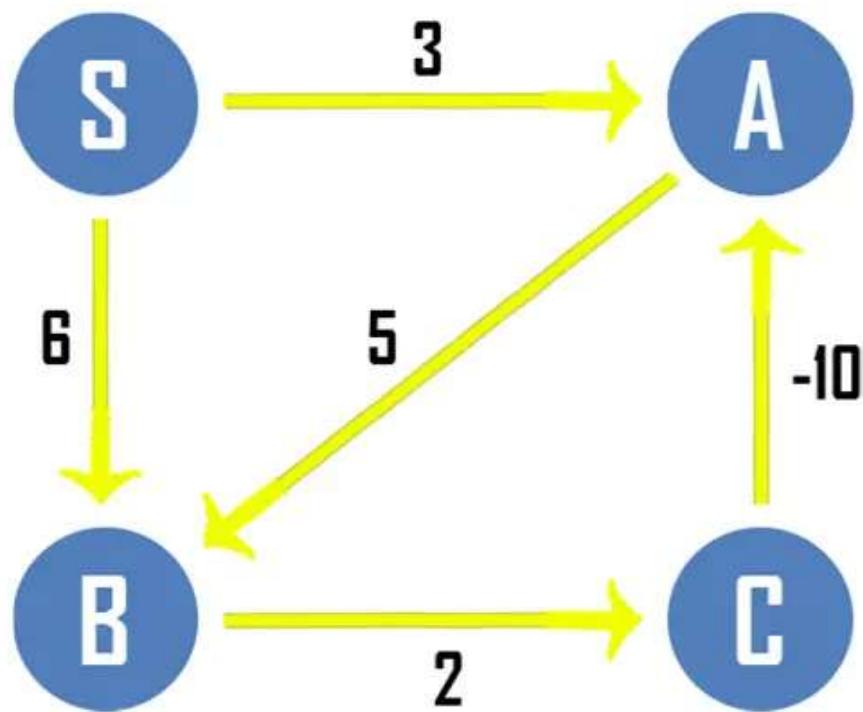
ITERATION 1	S	A	B	C
D	0	3	6	$\infty$
I	-	S	S	-



ITERATION 2	S	A	B	C
D	0	3	6	8
$\Pi$	-	S	S	B



ITERATION 2	S	A	B	C
D	0	-2	6	8
$\Pi$	-	C	S	B



ITERATION 3	S	A	B	C
D	0	-2	3	8
$\Pi$	-	C	A	B

ITERATION 3	S	A	B	C
D	0	-2	3	5
$\Pi$	-	C	A	B

ITERATION 3	S	A	B	C
D	0	-5	3	5
$\Pi$	-	C	A	B

# Плюсы и минусы

## ► Плюсы:

1. Работает с отрицательными весами
2. Обнаружение отрицательных циклов
3. Эффективность для разреженных графов

## Минусы

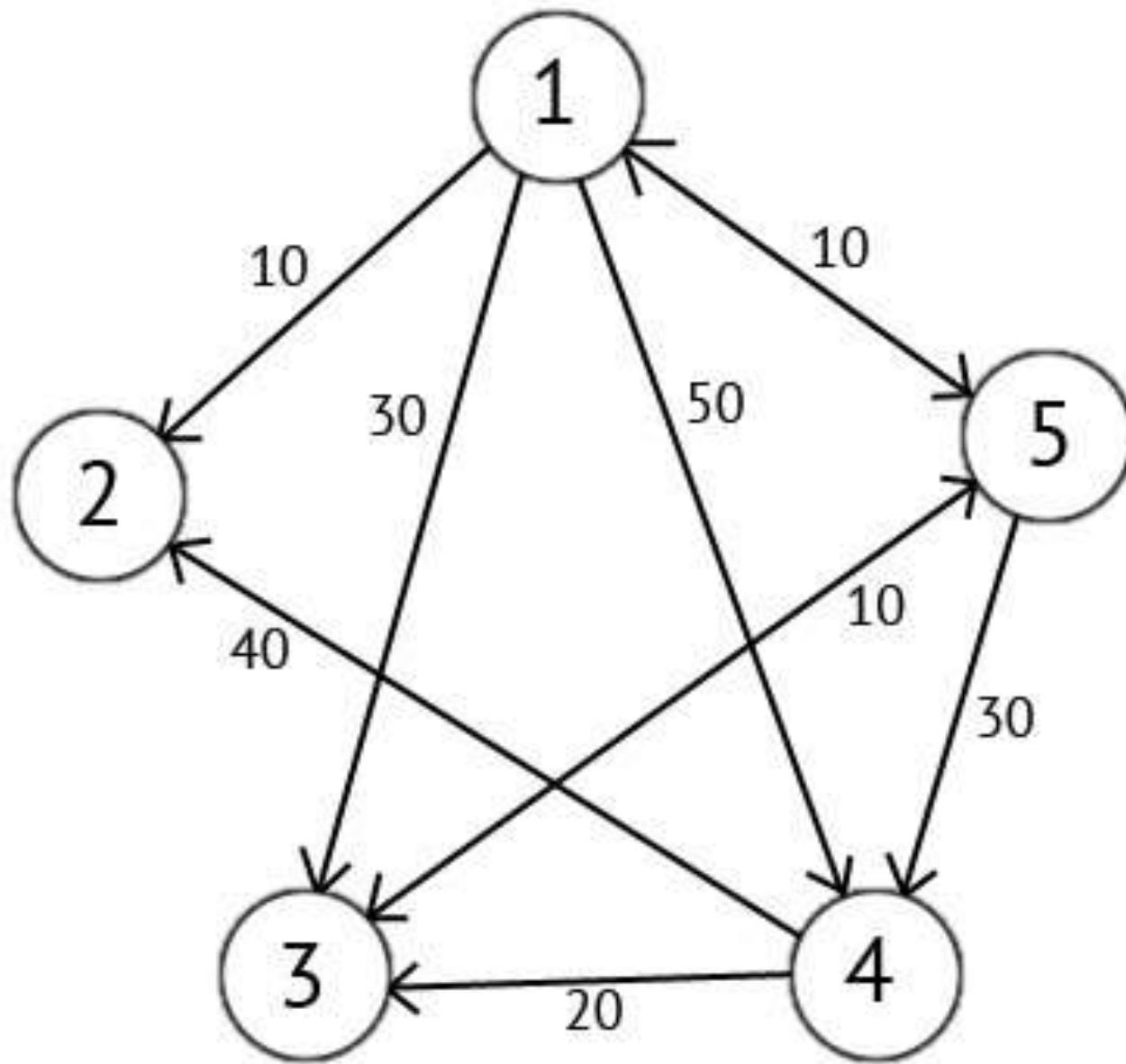
1. Низкая скорость
2. Более высокая сложность
3. Требования к памяти

# Алгоритмы LSA (Состояния связей)

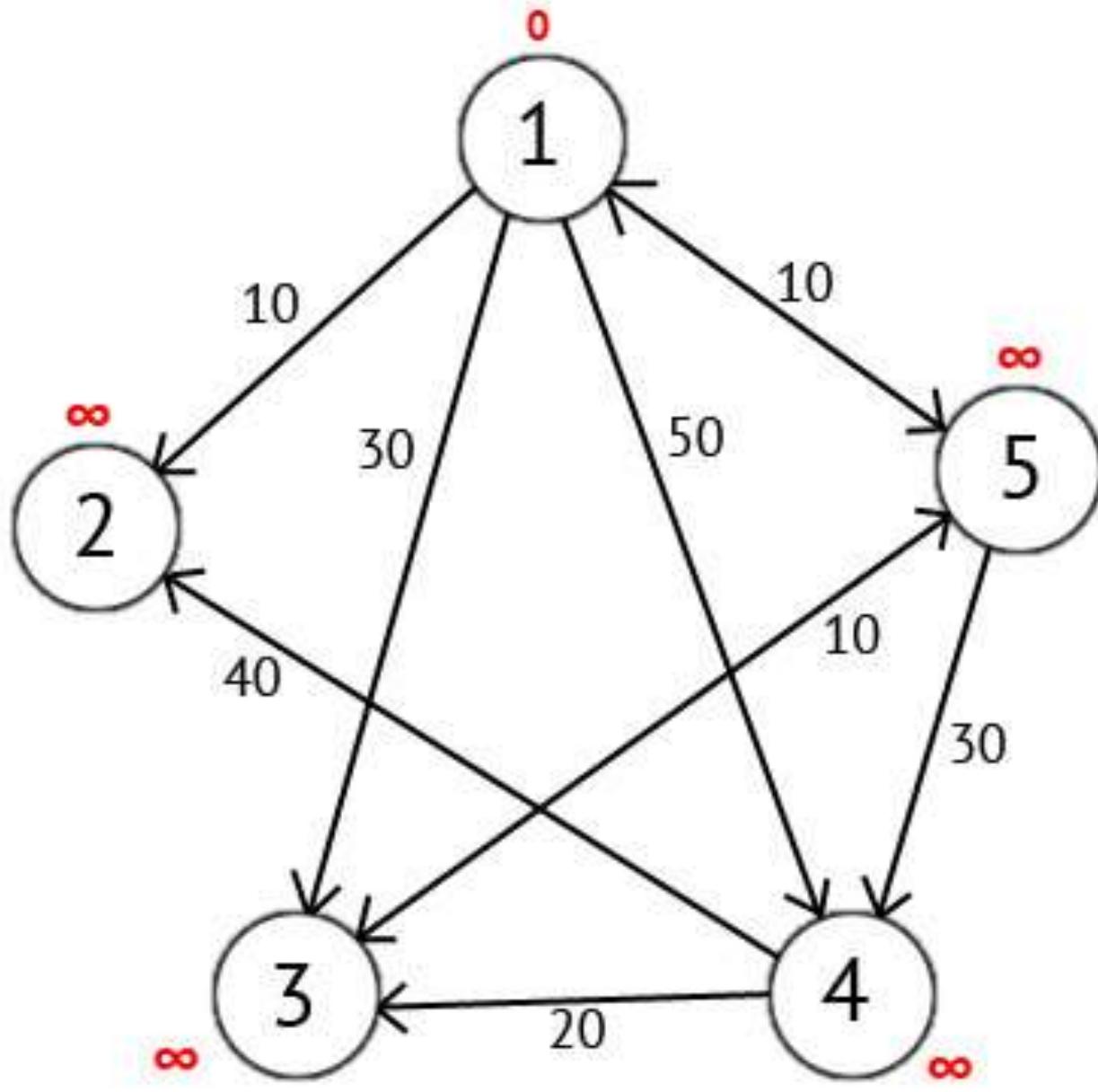
- ▶ Основная идея: Узнать, кто твои соседи, составить полную карту сети и сам, по этой карте, рассчитай кратчайшие пути до всех сетей.
- ▶ Принцип работы:
  1. Обнаружение соседей: маршрутизаторы с помощью приветственных сообщений (Hello) обнаруживают своих непосредственных соседей.
  2. Рассылка LSA: каждый маршрутизатор рассыпает по всей сети специальное сообщение, в котором описывает только состояние своих собственных каналов: кому подключен и какая «стоимость» канала.
  3. Построение топологий: Каждый маршрутизатор собирает полученные LSA в специальную базу данных (LSDB). В результате у каждого формируется идентичная и полная карта всей сети.
  4. Расчет путей: Каждый маршрутизатор самостоятельно, используя один алгоритм, на основе этой карты вычисляет кратчайшие пути до всех сетей и строит свою таблицу маршрутизации.

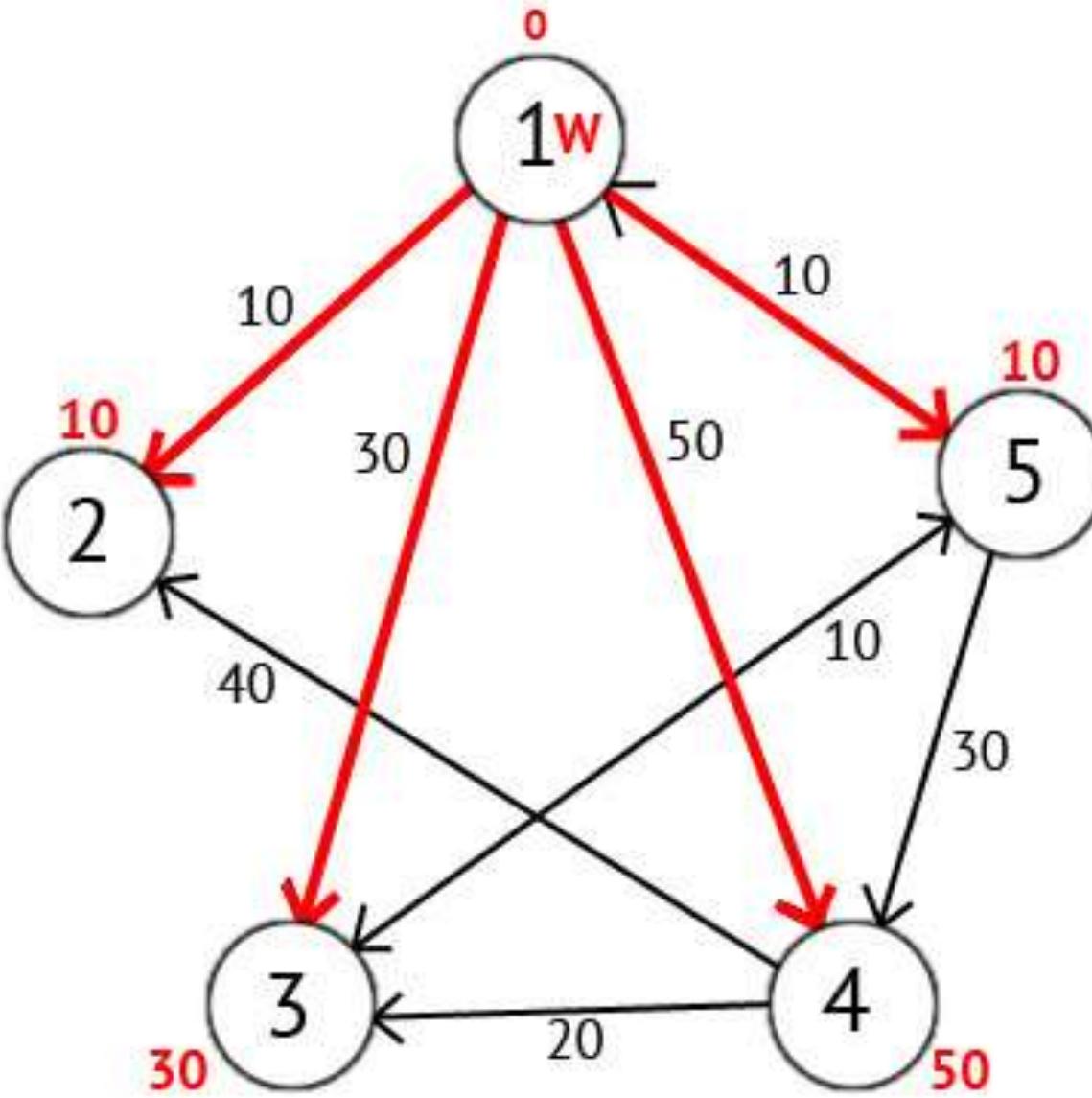
# Алгоритм Дейкстры

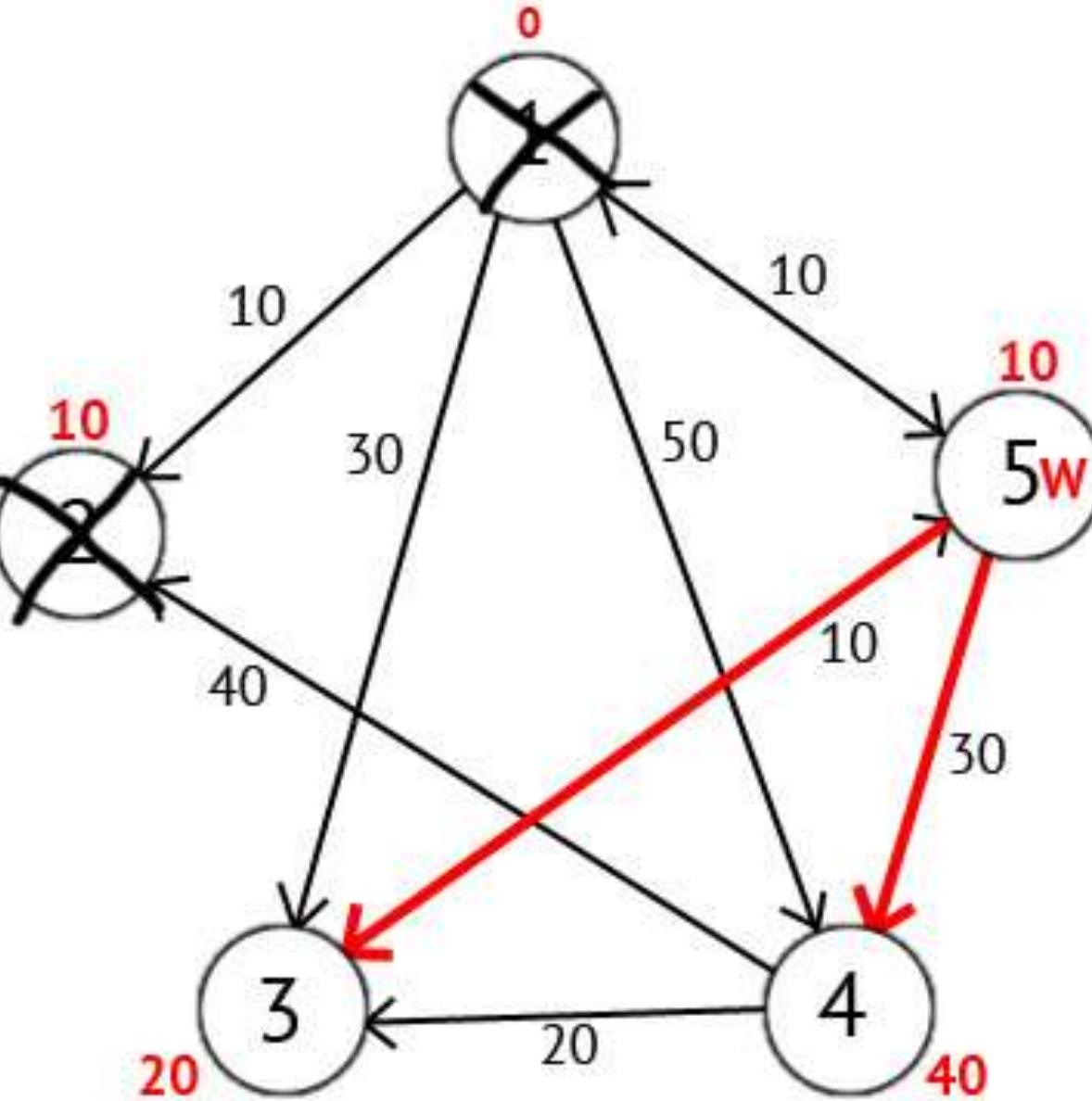
- ▶ Суть алгоритма: нахождение кратчайших путей от одной начальной вершины (маршрутизаторы) ко всем остальным во взвешенной графе.
- ▶ Процесс:
  1. Алгоритм помечает дистанцию до всех вершин как «бесконечность», кроме начальной (0).
  2. На каждом шаге выбирается не посещенная вершина с наименьшей текущей дистанцией.
  3. Для этой вершины просматриваются все ее соседи, и дистанции до них пересчитываются
  4. Шаги 2-3 повторяются, пока не будут обработаны все вершины.

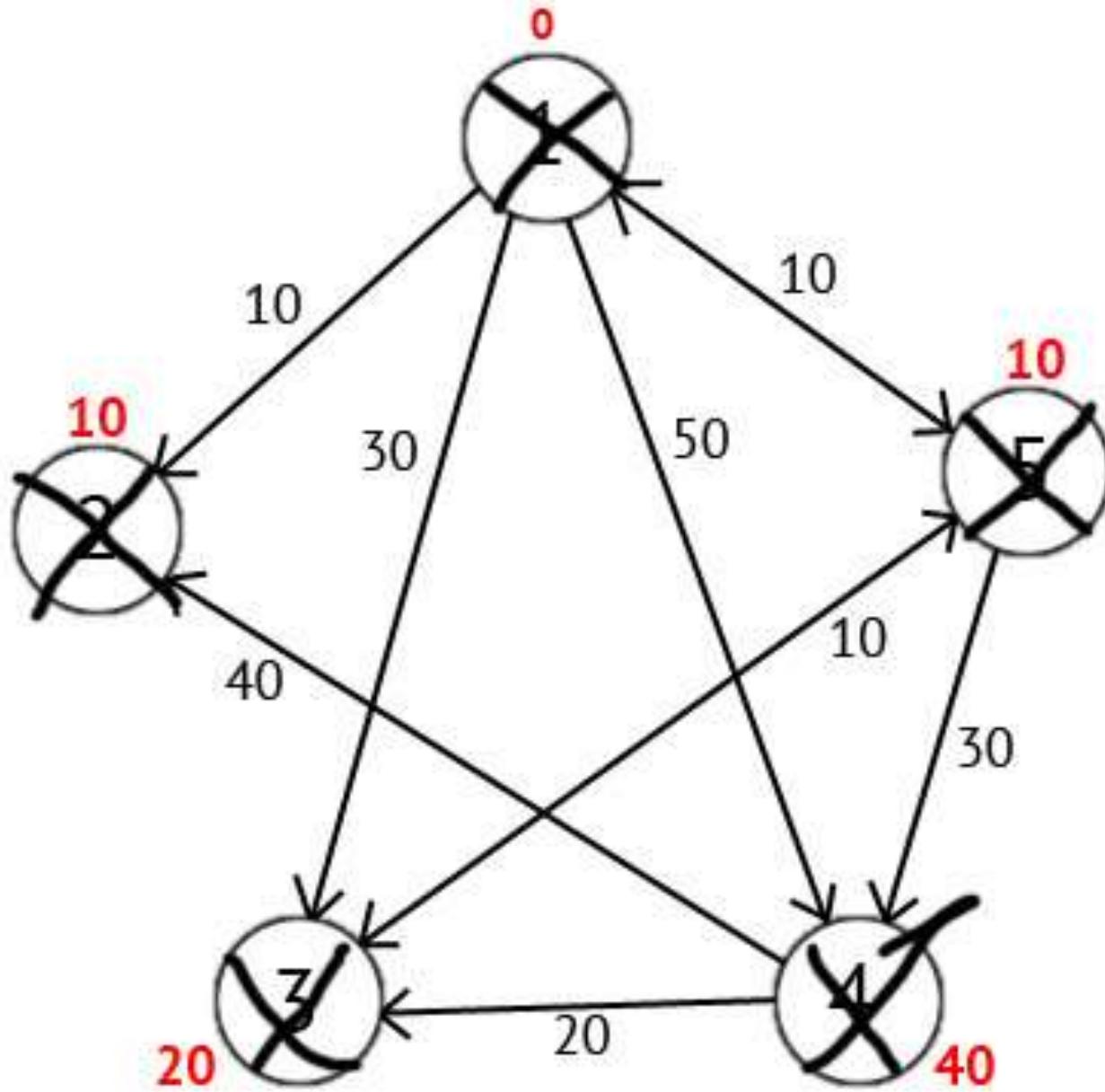


	1	2	3	4	5
1		10	30	50	10
2					
3					10
4		40	20		
5	10		10	30	









# Плюсы и минусы алгоритма Дейкстры

## ► Плюсы:

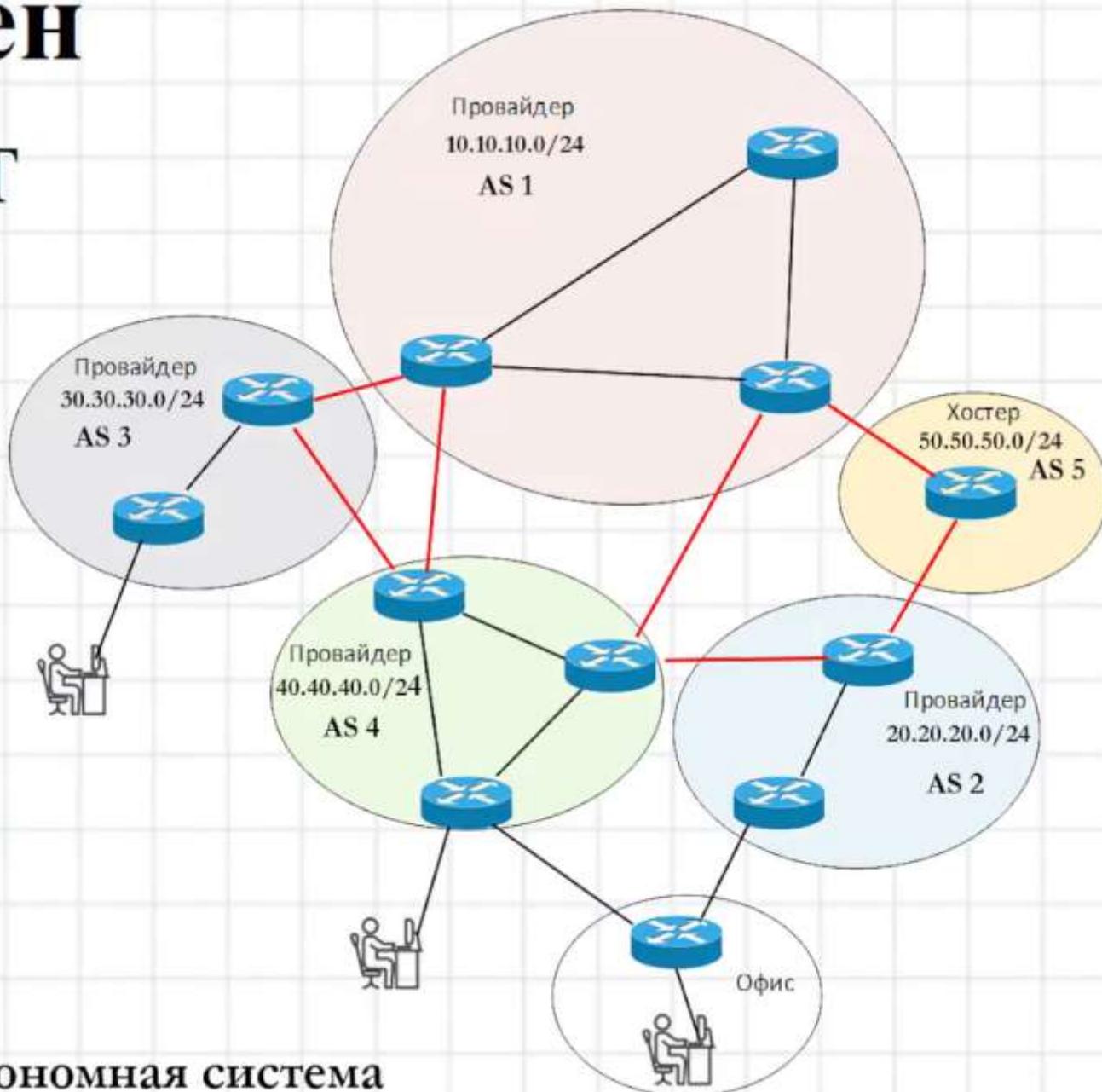
- 1.** Высокая скорость
- 2.** Оптимальная сложность
- 3.** Эффективность для плотных графов
- 4.** Детерминированность
- 5.** Простота реализации

## ► Минусы:

- 1.** Не работает с отрицательными весами
- 2.** Не обнаруживает отрицательные циклы
- 3.** Требование неотрицательных весов
- 4.** Менее универсален

# Как устроен интернет

» Internet  
Assigned  
Numbers  
Authority  
(IANA)



# Типы автономных систем

- ▶ 1. Транзитные системы
- ▶ 2. Региональные системы
- ▶ 3. Корпоративные системы

# Протоколы динамической маршрутизации



**IGP**

(Interior Gateway Protocol)

**EGP**

(Exterior Gateway Protocol)

**OSPF**

**ISIS**

**EIGRP**

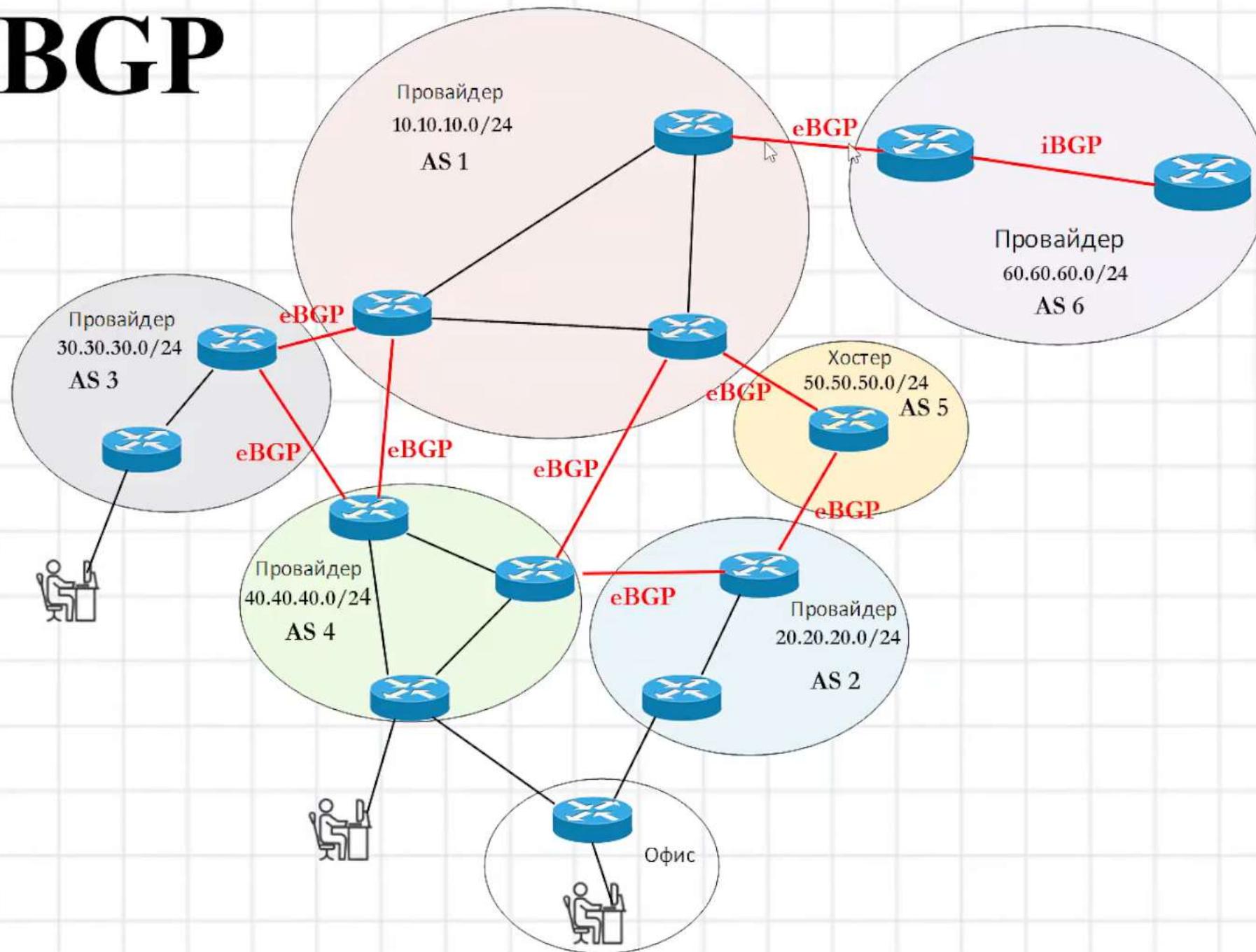
**RIP**

...

**BGP**

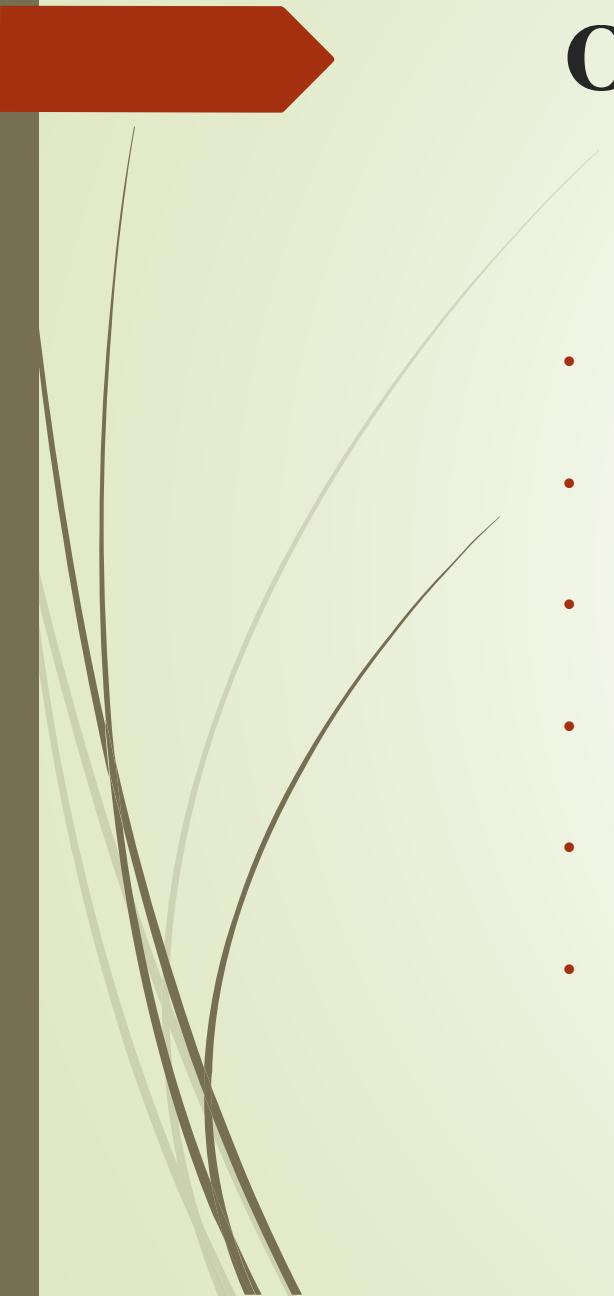
# eBGP и iBGP

- » eBGP  
(external BGP)  
используется  
между AS
- » iBGP  
(internal BGP)  
используется  
внутри AS



# Протокол RIP

- ▶ RIP (Routing Information Protocol — *протокол маршрутной информации*) является внутренним протоколом маршрутизации дистанционно-векторного типа. Будучи простым в реализации он в основном использовался в небольших сетях, хотя сейчас он уже сильно устарел и редко используется в более менее современных компаниях.



# Основные характеристики

- **Тип протокола:** Дистанционно-векторный (Distance-Vector)
- **Метрика:** Количество хопов (переходов между маршрутизаторами)
- **Максимальное количество хопов:** 15
- **Неподходящий маршрут:** 16 хопов (считается бесконечностью)
- **Порт:** UDP 520
- **Версии:** RIPv1, RIPv2, RIPng (для IPv6)

# Создание минимальной таблицы

Номер сети	Адрес следующего маршрутизатора	Порт	Расстояние
201.36.14.0	201.36.14.3	1	1
132.11.0.0	132.11.0.7	2	1
194.27.18.0	194.27.18.1	3	1

# Протокол OSPF

- ▶ OSPF (Open Shortest Path First — «первый выбор кратчайшего маршрута») является современным внутренним протоколом маршрутизации состояния каналов (Link-State). В отличие от RIP, он предназначен для работы в средних и крупных корпоративных сетях и является одним из самых распространенных протоколов на сегодняшний день.

# Архитектура маршрутизаторов

