

АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ

Autonomous Systems (AS)

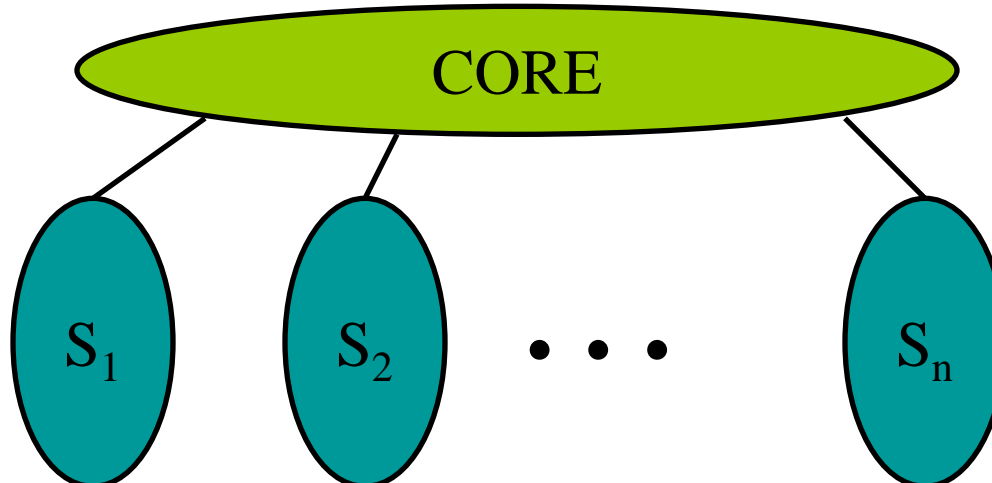
RFC 1930: Guidelines for creation, selection,
and registration of an Autonomous System

ASs + Core = Internet

- Интернет происходит от своей предшественницы - ARPANET
- Интернет изначально строилась как сеть передачи данных, объединяющая большое количество существующих систем
- С самого начала в ее структуре выделяли
 - магистральную сеть (core backbone network)
 - автономные системы (autonomous systems, AS) - сети, присоединенные к магистрали
- **Автономная система (AS) - это сеть находящаяся под единым административным управлением.** Например, сеть ПНИПУ, сеть ПНИУ, сеть ИМСС УрО РАН
 - Каждая AS использует собственные протоколы маршрутизации
 - ✓ значит внутри каждой AS своя политика маршрутизации
 - Все AS имеют уникальный (2^{16}) номер (AS8775 – ИМСС УрО РАН)
 - ✓ 2 байта отводится по номер AS
- **Магистральные** сети также являются автономными системами со своими номерами AS

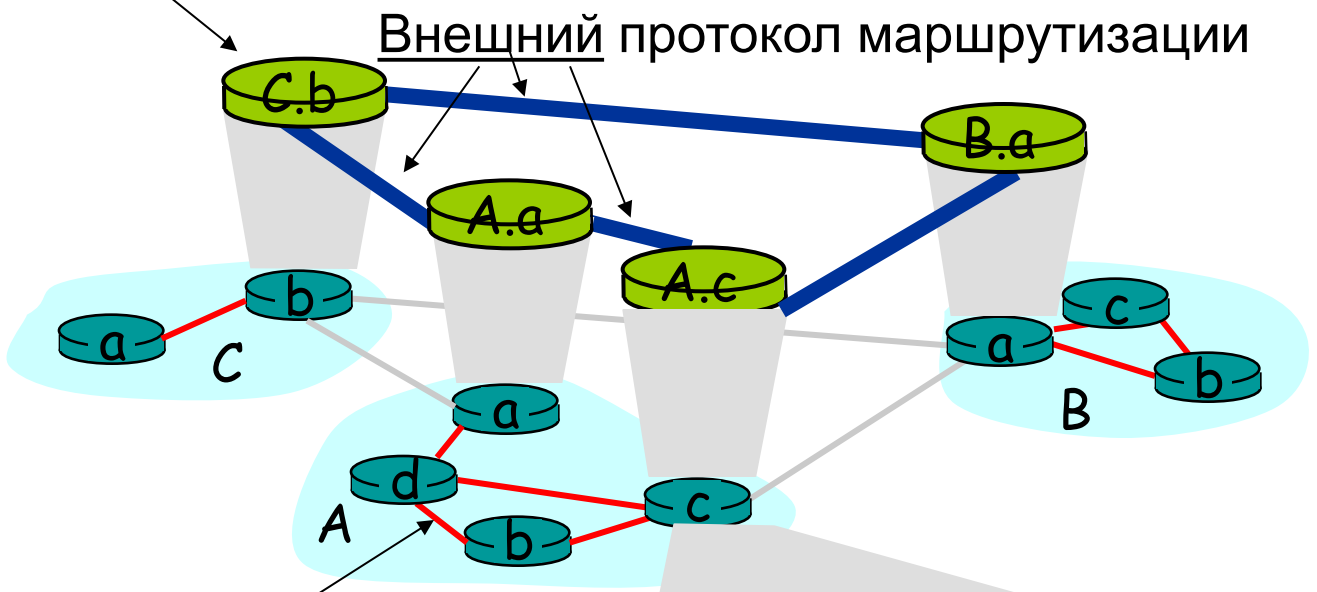
Core / магистраль / точка обмена трафиком

- Core / ядро / магистраль - набор роутеров, которые имеют непротиворечивую и полную информацию обо всех адресатах
- Роутеры в сетях S_1, \dots, S_n могут иметь "частичную информацию" (не полную информацию обо всех адресатах), тогда они указывают заданные по умолчанию маршруты на core
- Таким образом, отдаленные роутеры (пограничные роутеры в сетях $S_1, S_2 \dots$)
 - Поставляют Core информацию о своих сетях
 - Используют маршруты по умолчанию к Core
 - Частичная информация позволяет администраторам производить локальные изменения маршрутизации по месту нахождения независимо друг от друга



Маршрутизация внутри AS и между AS

Gateways – пограничный роутер в AS C



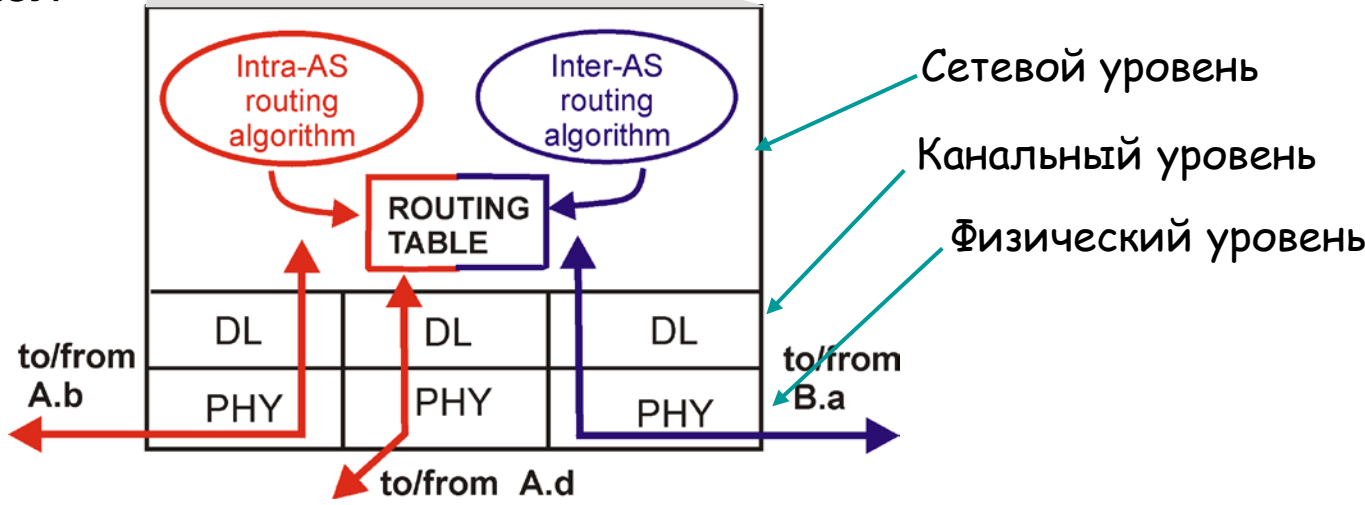
Внутренний протокол маршрутизации

inter-AS,
intra-AS
Маршрутизация в
Роутере A.c

A, B, C - Автономные системы (AS)

Gateways:

- Выполняет маршрутизацию между AS (**inter-AS**)
- Выполняет маршрутизацию внутри AS (**intra-AS**) между роутерами этой AS



Сетевой уровень

Канальный уровень

Физический уровень

ШЛЮЗЫ / РОУТЕРЫ:

● Внутренние шлюзы (interior gateways)

- используются для образования сетей и подсетей внутри AS

● Внешние шлюзы (exterior gateways)

- Используются для подключения AS друг к другу или к магистрале

ПРОТОКОЛЫ МАРШРУТИЗАЦИИ:

● Протоколы внутренних шлюзов (interior gateway protocol, IGP)

- используются внутри автономных систем (AS)
- будем далее по тексту называть внутренний протокол маршрутизации
- Внутри AS допустим любой внутренний протокол IGP (RIP, OSPF и т.д.)

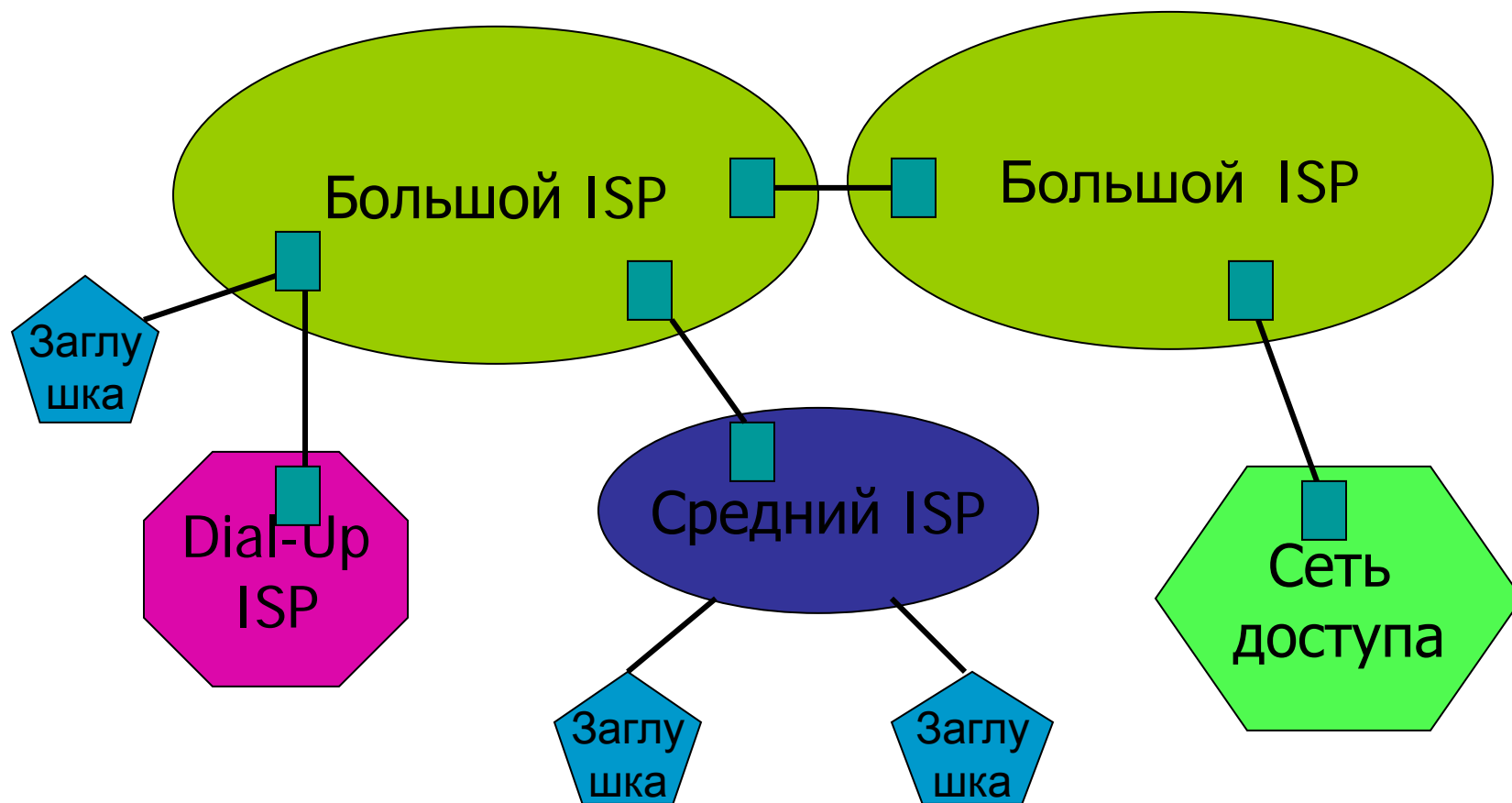
● Протоколы внешних шлюзов (exterior gateway protocol, EGP)

- Используются между AS
- Между AS работает, в настоящее время (2009), внешний протокол маршрутизации BGP-4

Зачем нужны AS ?

- **Смысл разделения Интернет на автономные системы (AS):**
 - Возможность реализации политик маршрутизации
 - Способность к расширению в больших масштабах (МАСШТАБИРОВАНИЕ)
 - Изменение протоколов маршрутизации внутри какой-либо AS никак не должно влиять на работу остальных AS
- **Деление Internet на AS способствует агрегированию маршрутов в магистральных и пограничных роутерах**
 - Внутренние роутеры строят достаточно подробные графы связей между собой, чтобы выбрать наиболее рациональный маршрут внутри AS
 - Однако детальная топология внутри AS не нужна другим AS
 - Это обстоятельство позволяет представить содержимое одной AS другой AS, как правило, одной строчкой таблицы маршрутизации
- **Пограничные роутеры представляют AS как единое целое для остальной части Интернета**
 - Пограничные маршрутизаторы обмениваются минимальной маршрутной информацией: адрес(а) IP-сети(ей) AS и внутреннее расстояние до этих сетей от данного пограничного роутера

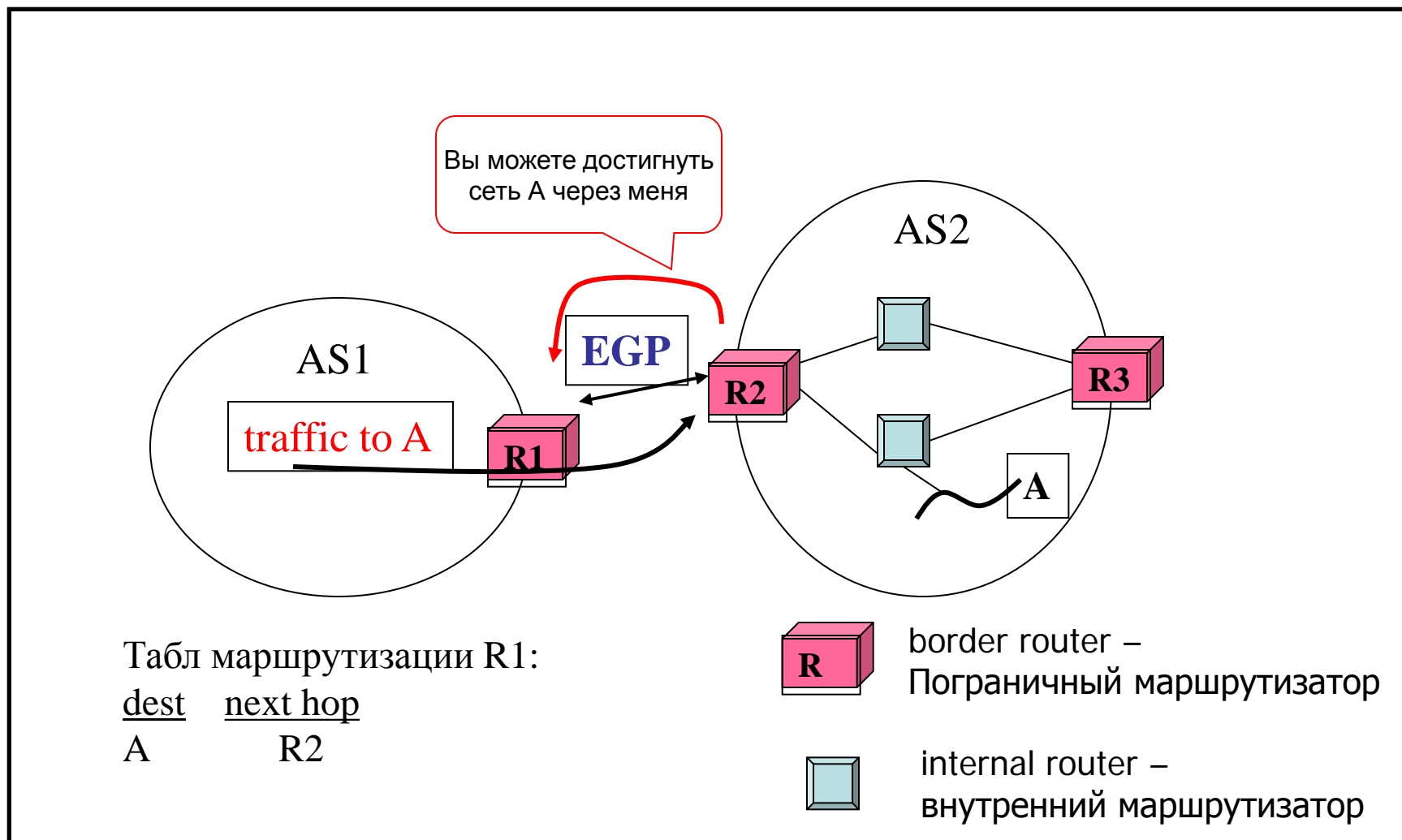
Сегодняшняя карта сети



Большое количество иных сетей

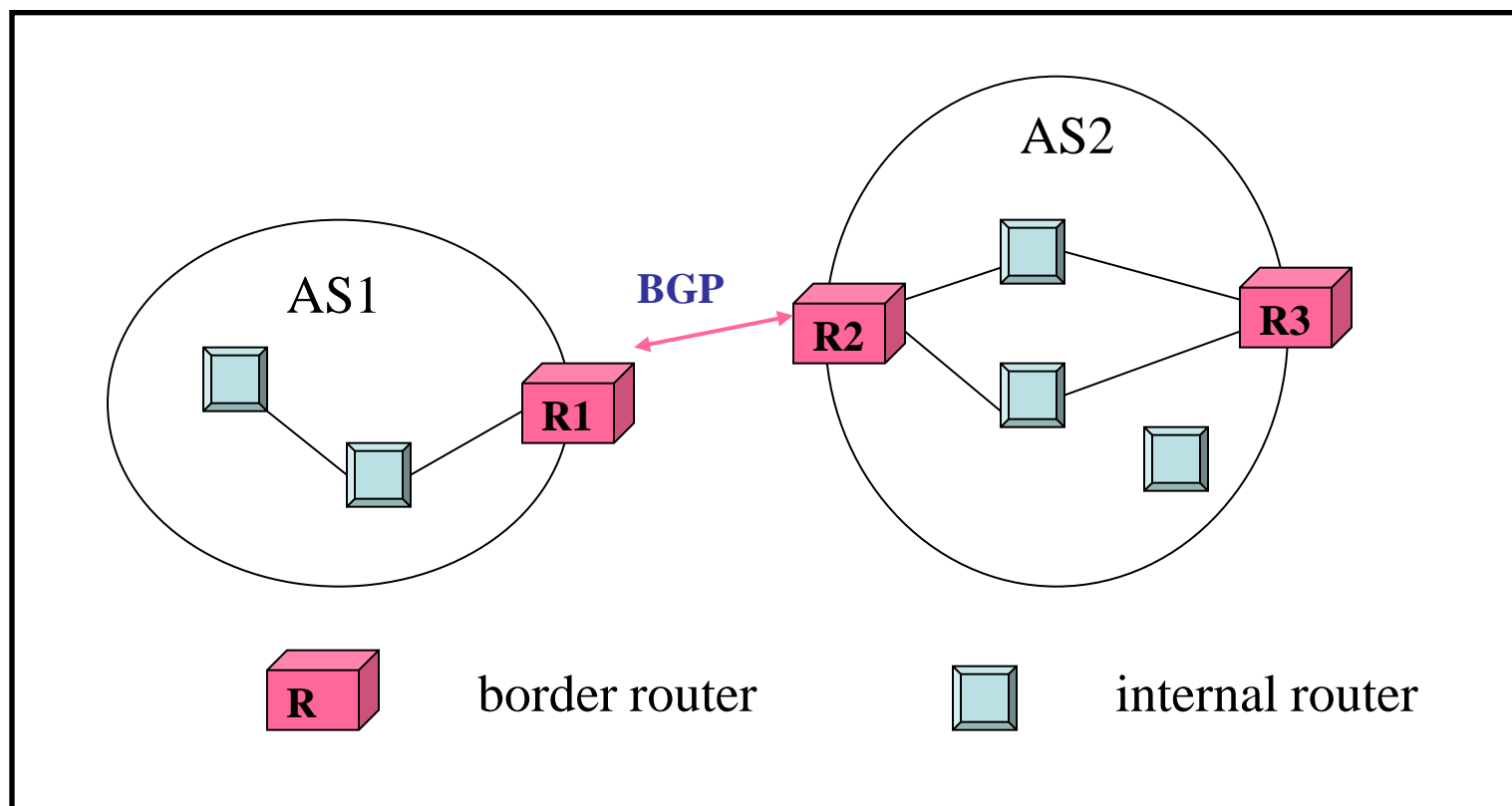
ISP (Internet Service Provider) — организация, предоставляющая пользователям доступ к сети Интернет и связанные с этим услуги

Цель EGP



Разделяемая информационная связность через ASes

Как формируется Inter-AS маршрутизация?



• Два типа маршрутизаторов

1. Пограничный маршрутизатор (фронтальный) [Border router (Edge)]
2. Внутренний маршрутизатор (центральный) [Internal router (Core)]

• Два пограничных маршрутизатора различных AS имеют BGP-сессии

Intra-AS в сравнении с Inter-AS

● Автономная система (AS) - домен маршрутизации

● В пределах AS :

- Может выполняться протокол маршрутизации link-state / "состояние связи"
- Доверие к другим маршрутизаторам
- Масштаб сети относительно мал

● Между AS:

- Отсутствие информации о топологии сети другой AS
- Предполагается пересечение границ
- Протокол маршрутизации "состояния связей" (LSA) не масштабируем до размеров Интернет
- Протокол маршрутизации базируется на распространении / размножении маршрута

● Масштабироваться до размера глобального Internet

- Фокус на *достижимости*, а не оптимальности
- использование технологии *агрегации адресов* для уменьшения размеров таблиц маршрутизации и связанного с ним трафика управления
- В то же самое время, это должно обеспечить *гибкости топологической структуре* (eg: не ограничится деревьями и т.д)

● Позволить политики маршрутизации между AS

- Политика обращается к *произвольному предпочтению среди меню располагаемых маршрутов* (основанный на *атрибутах* маршрутов)
- *Полностью распределенная маршрутизация* (в противоположность сигнализируемой технологии) - единственная возможность
- *Удовлетворение* возникающих потребностей в более новой политики

Автономные системы Autonomous Systems (AS)

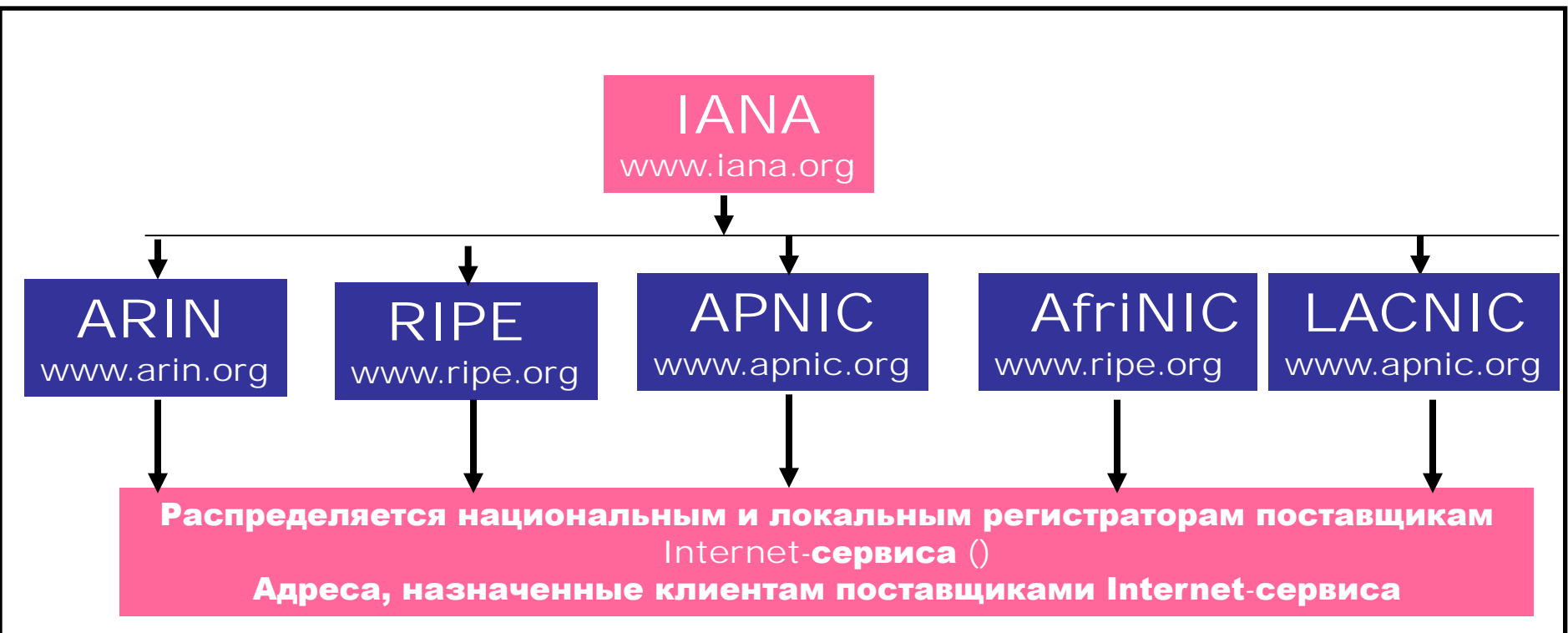
- **Internet - не одна сеть**
 - Коллекция сетей, которые контролируют различные администраторы
- **Автономная система (AS) - сеть под единственным административным управлением**
- **AS - имеет IP-префикс**
- **Каждая AS имеет уникальный AS номер**
- **Каждая AS должна иметь коннективность с inter-network (международной сетью), образуя единственную виртуальную глобальную сеть**
 - Нуждается в общем протоколе для связи

Autonomous Systems (ASes)

- Согласно **RFC 1930** (Guidelines for creation, selection, and registration of an Autonomous System):
 - *“AS представляет собой группу из одного или нескольких префиксов IP, работающих у одного или нескольких сетевых операторов, которые имеют единую (SINGLE) и четко определенную (CLEARLY DEFINED) политику маршрутизации. Политика маршрутизации (routing policy) в данном случае понимается как набор решений о пересылке (routing decisions), принимаемых в современной сети Internet. Эта политика представляет собой обмен маршрутной информацией, которая является субъектом политики маршрутизации, между AS”*
 - Касательно квалификации сетевого администрирования из RFC 1930 следует, что *“Администрирование автономной системы видно в других автономных системах, должно иметь единственную когерентную внутреннюю схему маршрутов связи и представлять непротиворечивое изображение того, какие сети являются доступными”*
- **Выводы.** В сети передачи данных Интернет заложена ПОЛИТИКА (*люблю / не люблю, дам /не дам и т.д.*), суть которой рассмотрим далее в “пиринговых отношениях”

Internet регистратуры

Internet регистратуры занимаются распределением и выдачей IP-адресов, AS номеров, обратных доменных зон **и т.д.**

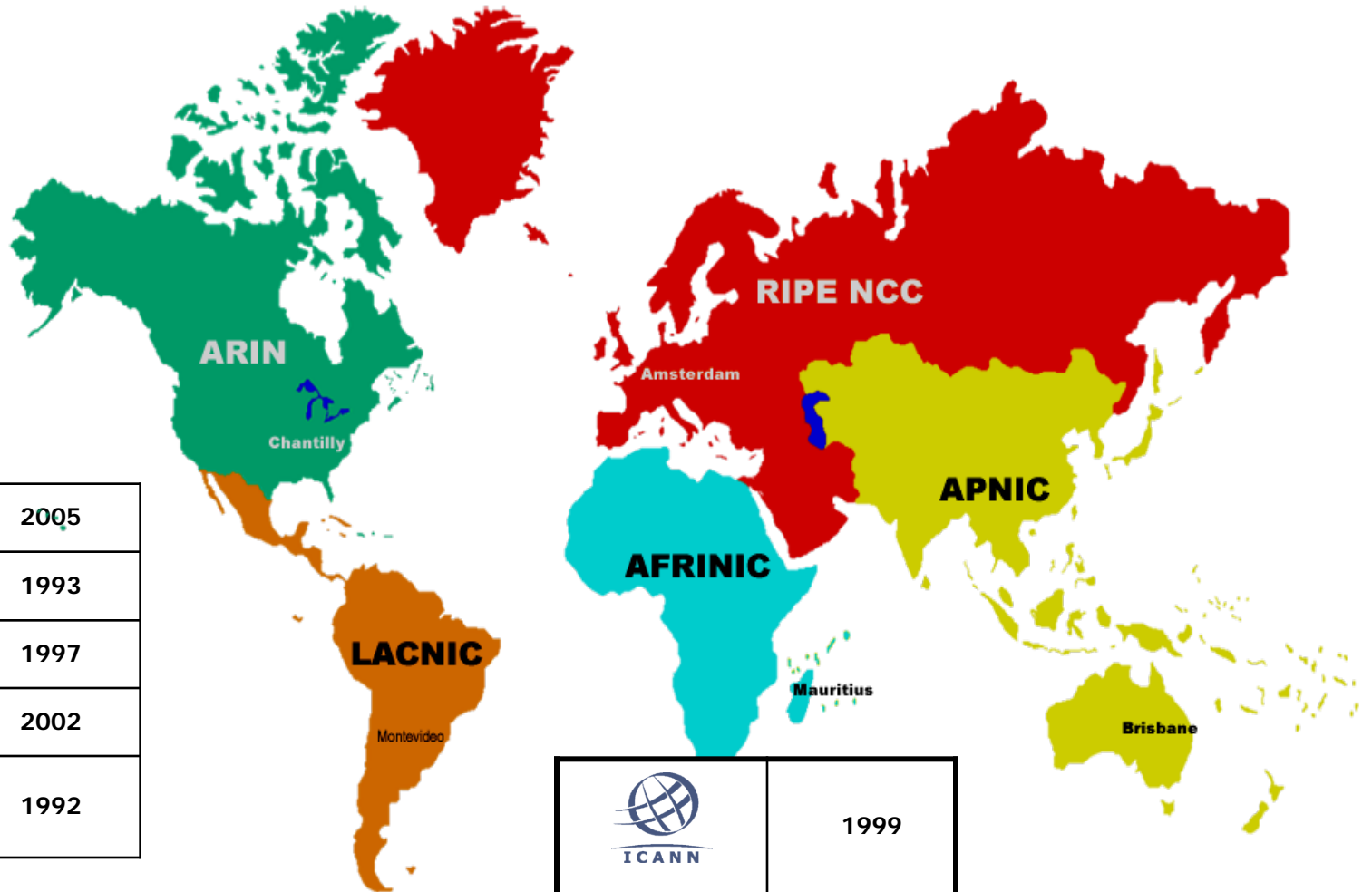







RFC 2050 – Принципы распределения IP регистратурами Internet

RFC 1918 - Распределение адресов для Частных Internet

RFC 1518 - Архитектура для IP-адреса CIDR

Региональные Интернет регистратуры



	Afrinic	2005
	APNIC	1993
	ARIN American Registry for Internet Numbers	1997
	LACNIC	2002
	Ripe NCC	1992

	ICANN	1999
	NRO	2003

AS нумерация (ASNs)

Значение из 16 бит

Диапазон «64512 – 65535» - “private”

- Genuity: 1
- MIT: 3
- Harvard: 11
- UC San Diego: 7377
- AT&T: 7018, 6341, 5074, ...
- UUNET: 701, 702, 284, 12199, ...
- Sprint: 1239, 1240, 6211, 6242, ...
- **ИМСС 8775**, RBNET – 5568, **ПГТУ - , ПГУ - ...**

AS представляют модули политики маршрутизации

• Нет одинаковых AS

- Многие учреждения имеют несколько AS
- Некоторые учреждения не имеют собственного номера AS
- Владелец (собственник) AS точно определяется (Whois)

• Нет одинаковых блоков IP-адресов (префикс)

- Многие учреждения имеют несколько (не смежных) префиксов
- Некоторые учреждения - маленькие части большего адресного блока
- Владелец (собственник) префикса точно определяется (Whois)

• Нет одинаковых доменных имен (att.com)

- Некоторые сайты можно разместить (hosted) в других институтах
- Некоторые учреждения имеют несколько доменных имен (att.net)

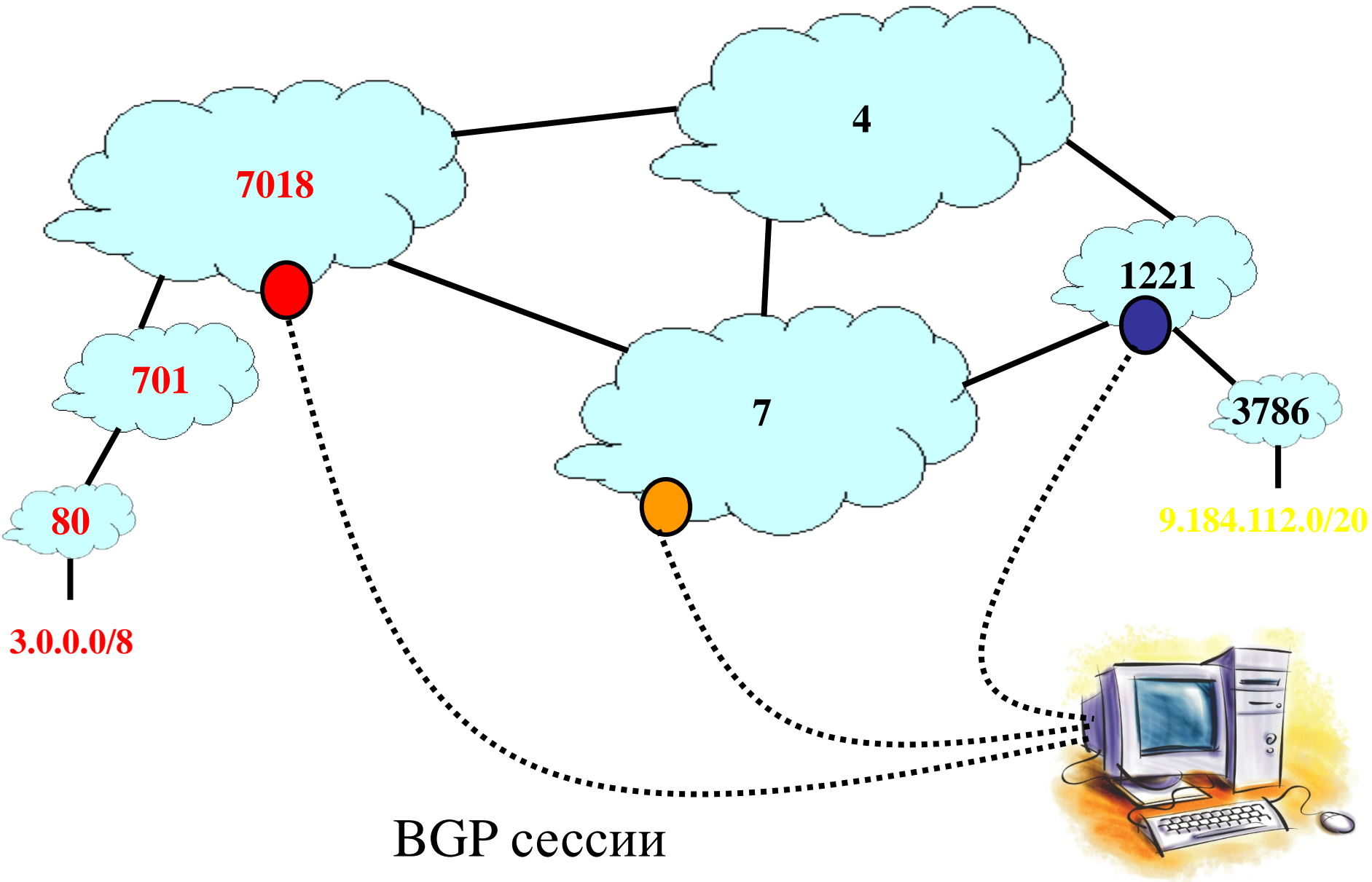
Характеристика AS-графа

● Структура AS-графа

- Высокая изменчивость: степень числа узлов ("степенной закон")
- Только несколько очень высоко-связанных AS
- Много AS имеют несколько подключений

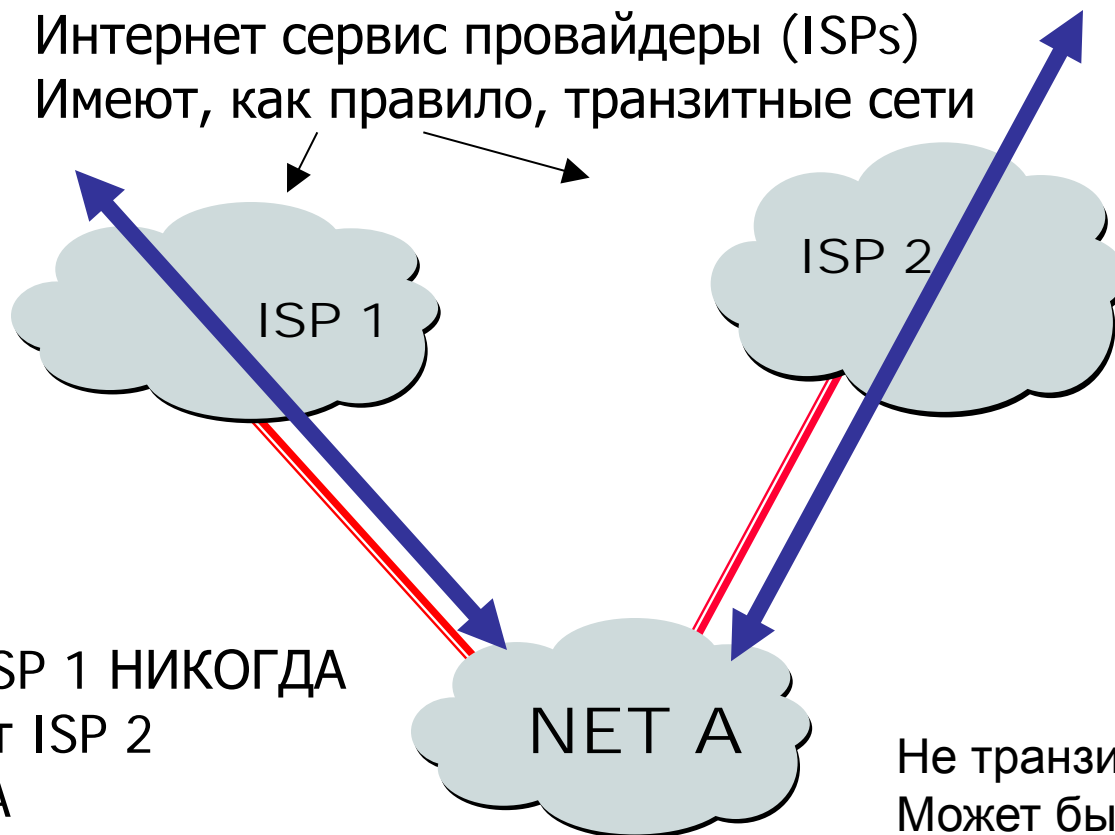


Откуда получают BGP-маршруты: Public Servers



Типы AS: не транзитные и транзитные

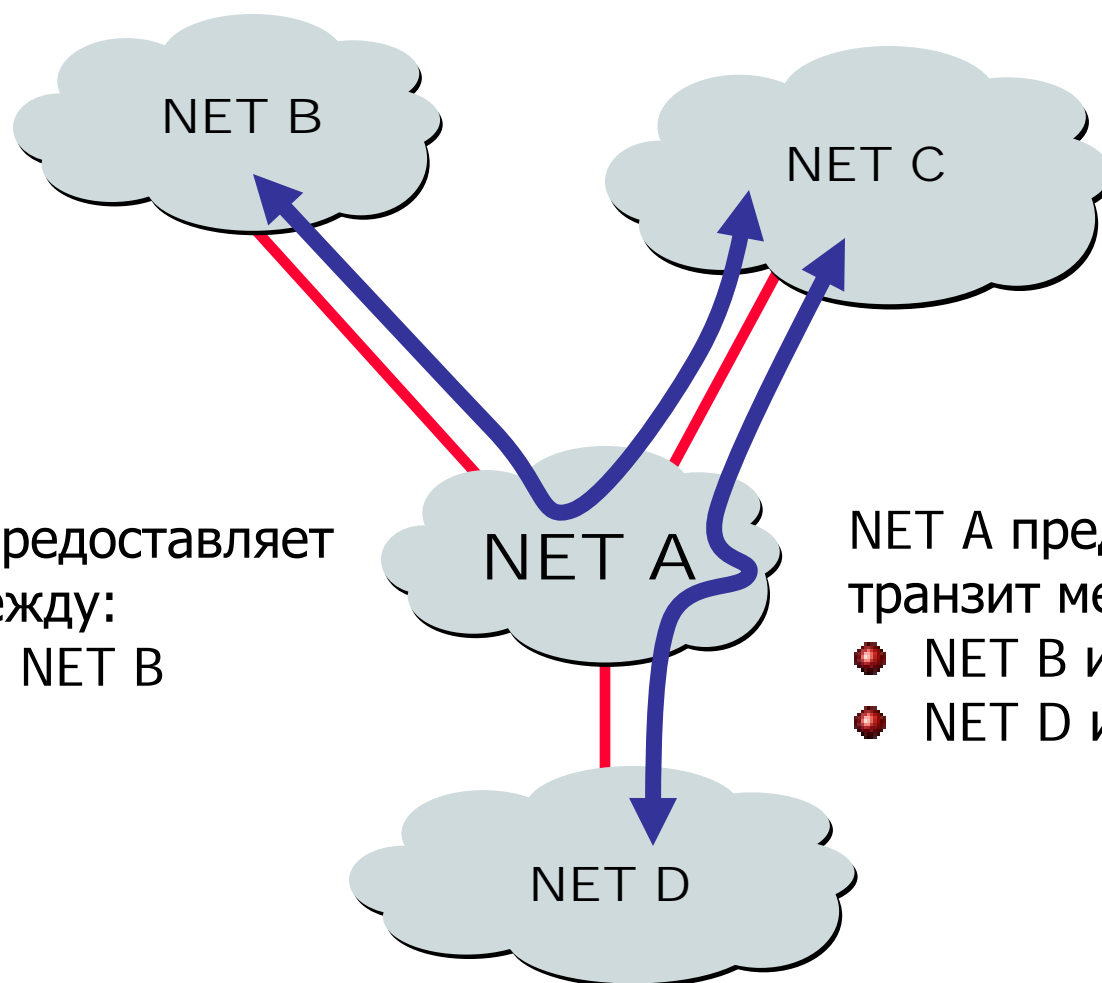
Интернет сервис провайдеры (ISPs)
Имеют, как правило, транзитные сети



Трафик от ISP 1 НИКОГДА
не достигнет ISP 2
через NET A

Не транзитная AS
Может быть корпоративный
или сеть университетского
Городка (комплекса зданий).

Транзит селективный / выборочный



NET A не предоставляет транзит между:

• NET D и NET B

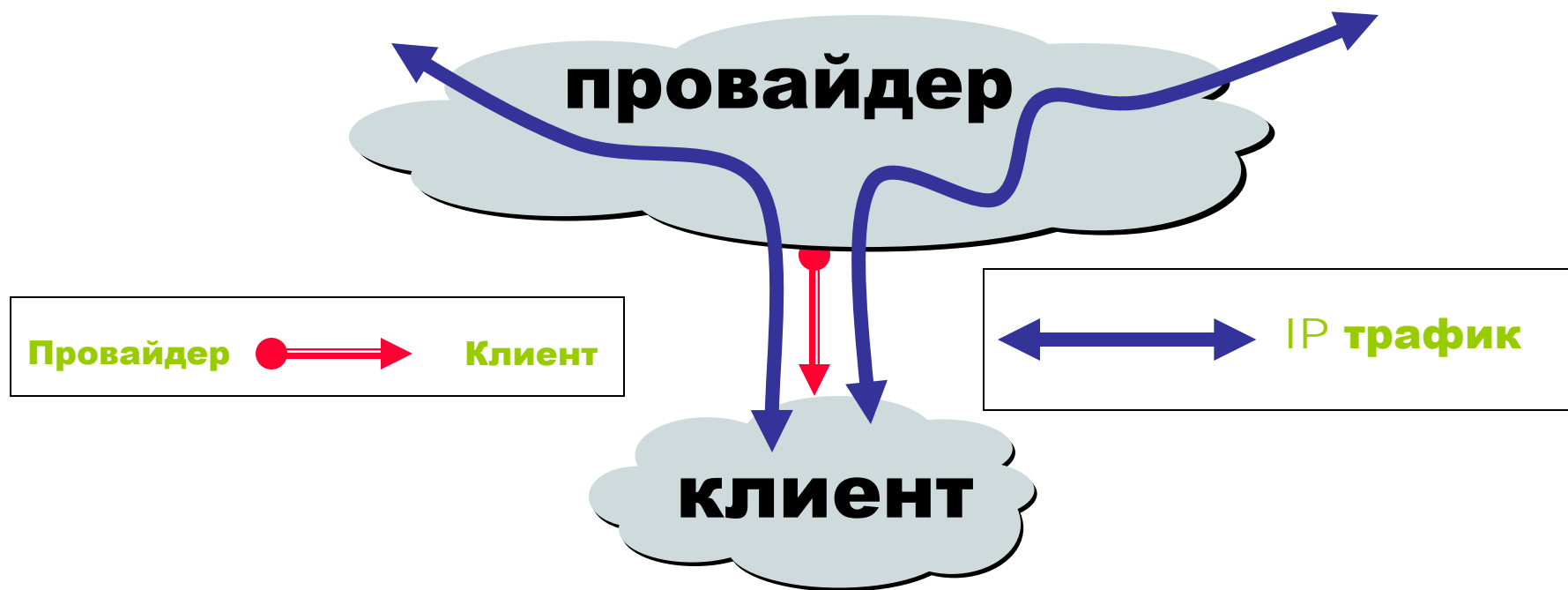
NET A предоставляет транзит между:

• NET B и NET

• NET D и NET C

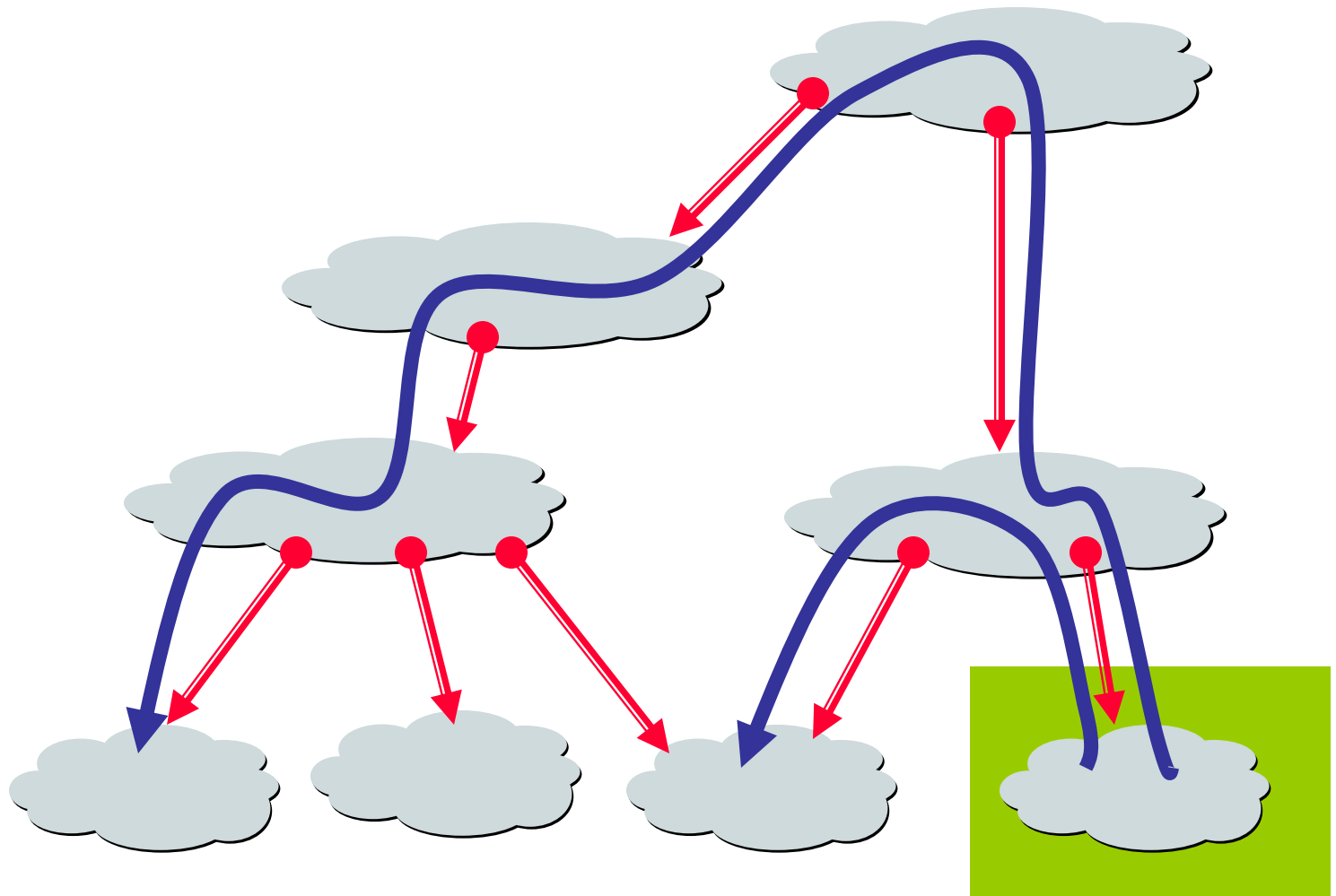
Большинство транзитных AS предоставляют только выборочный транзит: на коммерческой основе

Клиент и провайдер



Клиент платит провайдеру за доступ в Интернет

Иерархия клиент-провайдер [Customer-Provider Hierarchy]

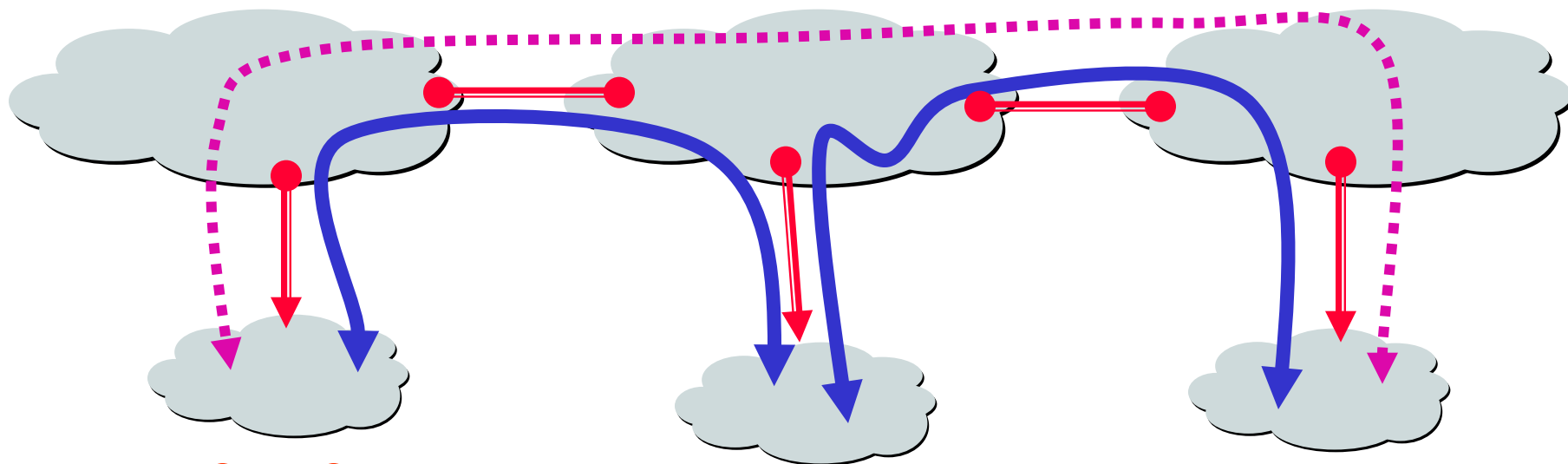


Провайдер  Клиент

 IP трафик

Пиринговые отношения

Пиринг (англ. *peering*) — соглашение интернет-операторов об обмене трафиком между своими сетями, а также техническое взаимодействие, реализующее данное соглашение: соединение сетей и обмен информацией о сетевых маршрутах по протоколу BGP.



peer peer
provider customer

Peer обеспечивает транзит между их соответствующими клиентами

Peer не обеспечивает транзит между Peer

Peer (часто) не заменяют \$\$\$



трафик разрешенный



Трафик не разрешенный

Междоменная экономическая политика свободная от взаиморасчетов

● Эксплуатационные требования к пиринговым сетям

- Выход из строя одного узла не приводит к потере трафика
- Единственный номер AS
- Укомплектованность центра эксплуатации сети

● Базовая емкость

- Не менее 10 Гбит/с между 8 или больше городами
- Минимальное быстродействие пиринговых каналов - 622 Мбит/с

● Пиринг локализации (в США)

- Не менее четырех
- Размещенных в: округ Колумбия (1), середина страны (2), участок "Залив" - Bay area (3), и Нью Йорк Сити или Атланты (4)

AOL требования к маршрутизации

● **Непротиворечивые объявления**

- Все клиенты маршрутизируются
- Со всеми точками пиринга
- С той же самой длиной AS-path

● **Блок адресов**

- Агрегация маршрутов в максимально возможной степени
- Блоки адресов не меньше чем /24
- Адресные блоки зарегистрированы (например, в RIPE)

● **Нет маршрутизации по умолчанию (в точку пиринга)**

- Трафик посылается только по назначению, объявленному службой America Online (AOL)

Пиринговые войны

Пирится (Peer)

- Уменьшает транзитные затраты в восходящем потоке данных
- Может увеличить end-to-end параметры (рабочие характеристики)
- Может быть единственным способом подключения ваших клиентов к некоторой части Internet ("Уровень 1")

Не пирится (Don't Peer)

- Вы предпочитаете быстрее иметь клиентов
- Peers – являются вашими конкурентами
- Peering зависимости необходимо периодически пересматривать

Пиринговая (Peering) борьба - безусловно самая спорная проблема в мире поставщиков Internet-сервиса!

Пиринговые (Peering) договоры являются часто конфиденциальными

Состояние связей

(Link State)

- Информация о топологии затопляет (flooded) домен маршрутизации
- Лучший end-to-end путь вычисляется локально в каждом маршрутизаторе
- Лучший end-to-end путь определяет следующий next-hops
- Основан на минимизации некоторого понятия расстояния
- Работает только если политика разделяется всеми и однородна
- Примеры: OSPF, IS-IS

Векторные (Vectoring)

- Каждый маршрутизатор знает немного о топологии сети
- Каждым маршрутизатор выбирает только лучший next-hops для каждой destination-сети
- Лучший end-to-end путь является результатом композиции всех выбранных next-hop
- Не требует никакого понятия расстояния
- Не требует однородной политики во всех маршрутизаторах
- Примеры: RIP, BGP

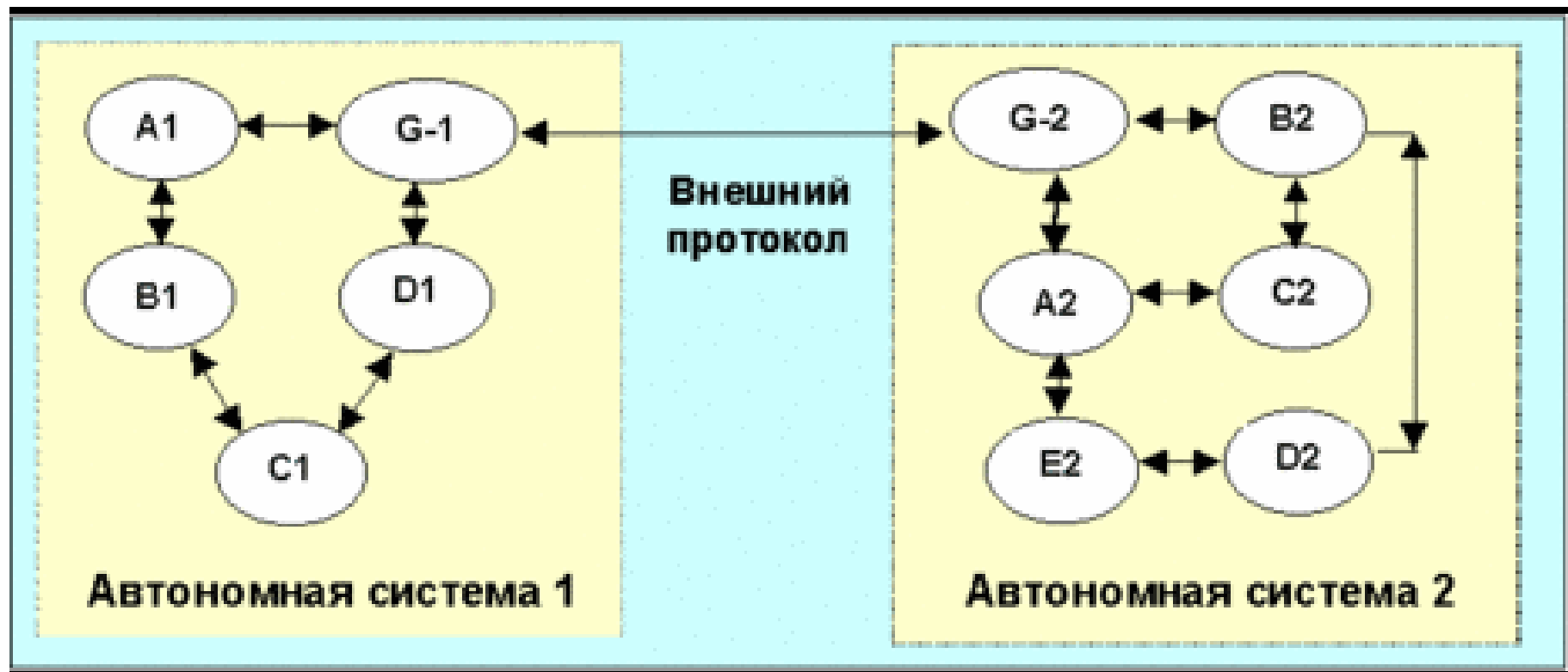
Описание маршрутной политики в региональных регистратурах, например, RIPE NCC

Маршрутная политика (RFC 1930)

- **Существует два акта маршрутной политики:**
 - оповещение (announce)
 - восприятие (accept).
- **Эти акты определяют взаимодействие с ближайшими соседями**
- **Совокупность маршрутной информации внутри AS описывает граф сети**
- **В пределах одной автономной системы (AS)**
 - работает один или несколько внутренних протоколов маршрутизации (IGP)
 - Имеет один или несколько сетевых префикса
 - обмен маршрутной информацией между автономными системами происходит в соответствии с внешним протоколом маршрутизации (EGP)

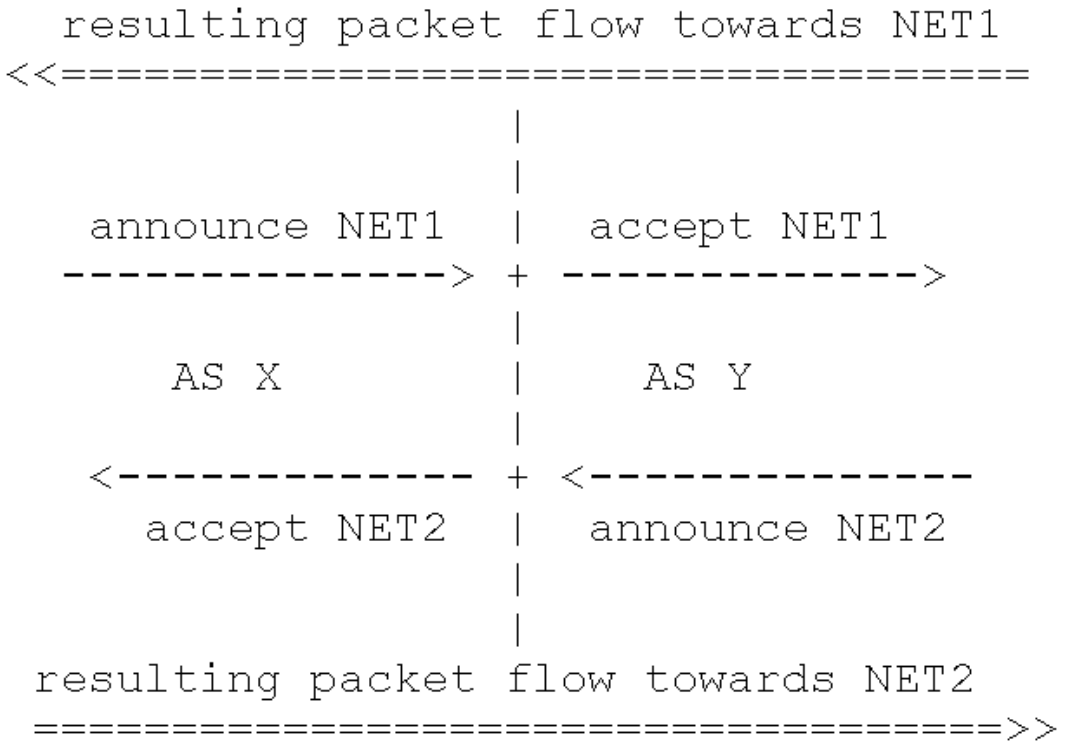
Внутренние и внешние роутеры и протоколы

- ЭВМ (или узлы) A1, B1, C1, D1 и роутер G-1 составляют одну автономную систему (AS1)
- На A2, B2, C2, D2, E2 и роутере G-2 построена AS2



Маршрутная политика (RFC-интерпретация)

- **ASX и ASY обмениваются маршрутной информацией. ASX знает, как можно достичь сети Net1, которая может и не принадлежать ASX. Аналогично ASY знает, как послать пакет для сети Net2.**
- net1 ASX <-----> ASY Net2

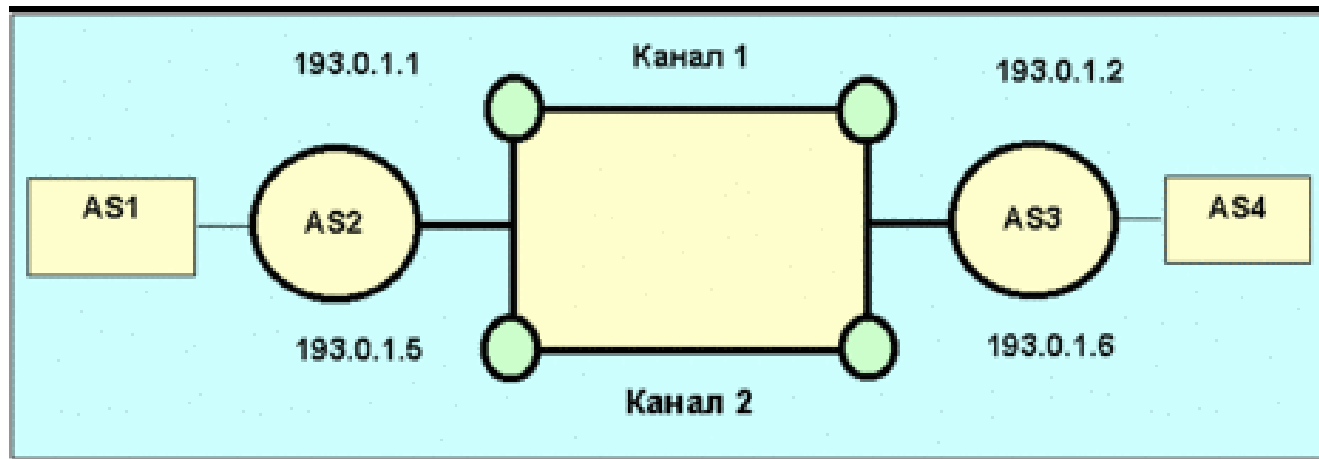


Маршрутная политика

- **Для того чтобы пакеты попали из Net1 в Net2 через ASX и ASY**
 - ASX анонсирует сеть Net1 ASY, используя внешний протокол маршрутизации
 - ASY воспринимает эту информацию
- **Предмет маршрутной политики - решение ASX послать маршрутную информацию ASY и решение ASY эту информацию принять**
- **Не существует никаких правил, которые бы вынуждали ASX и ASY к принятию таких решений**
 - Решение об использовании маршрутной информации, поступающей извне находятся в руках администратора AS, являются его политической волей и им конфигурируется.

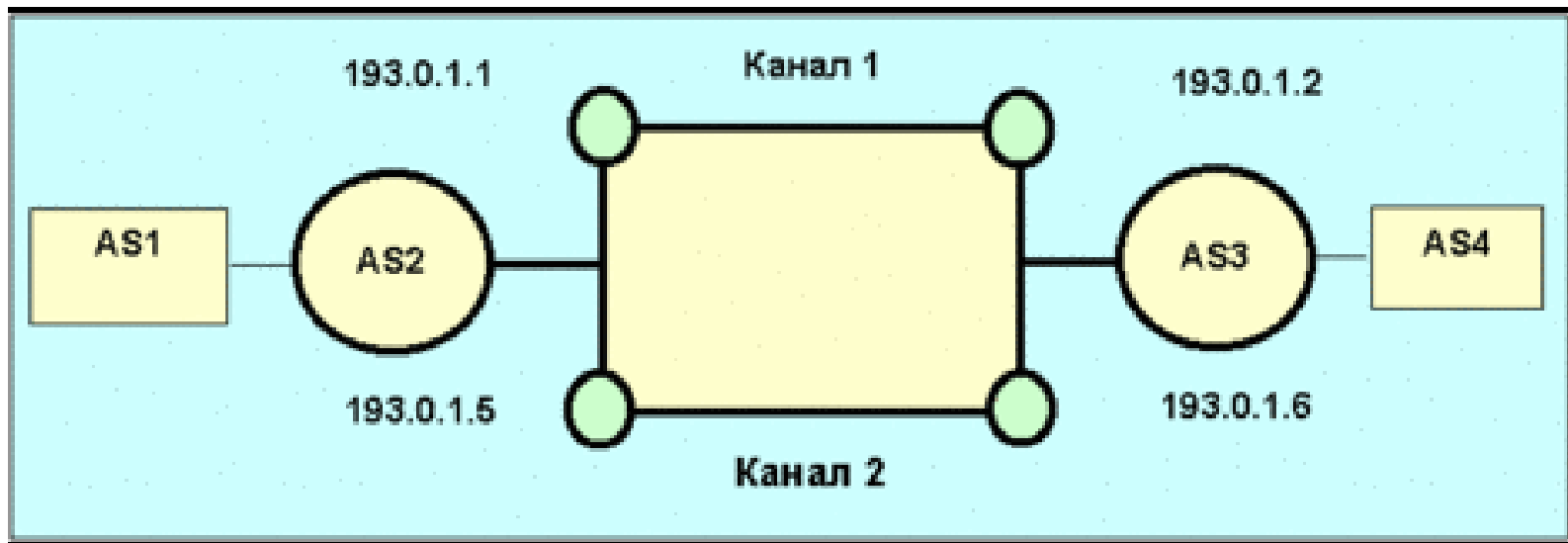
Маршрутная политика

- Протоколы маршрутизации используют при работе с пакетами только адрес места назначения
- Если пакеты с одним и тем же адресом места назначения попали в общий маршрутизатор, AS или канал связи, они обречены далее двигаться вместе
- Особый случай составляет топология, при которой две AS имеют много возможных маршрутов связи с различными политиками маршрутизации.



Пример маршрутной политики

- Под каналом в данном случае подразумевается любая коммуникационная среда - Ethernet, FDDI и т.д.
- Пример политики для AS2
 - Использование Канала 2 для обмена с AS4
 - Использование Канала 1 для связи с AS3 и в качестве резервного маршрута (back-up) к AS4 в случае выхода из строя канала 2



Пример описания маршрутной политики

aut-num: AS2 (номер AS, целое число в интервале 1-65535)

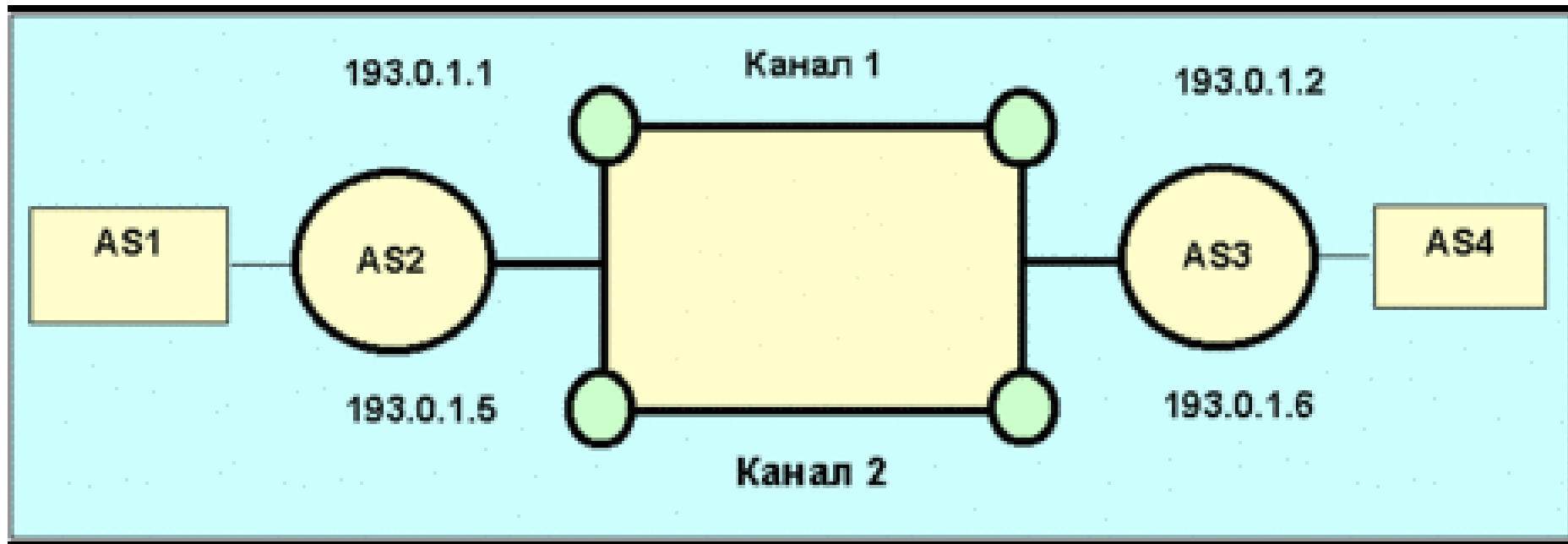
as-in: from AS3 10 accept AS3 AS4 (восприятие маршрутов от AS-соседей)

as-out: to AS3 announce AS1 AS2 (анонсирование маршрутов AS-соседям)

interas-in: from AS3 193.0.1.1/32 193.0.1.2/32 (pref=5) accept AS3 (канал 1)

interas-in: from AS3 193.0.1.1/32 193.0.1.2/32 (pref=15) accept AS4 (канал 1)

interas-in: from AS3 193.0.1.5/32 193.0.1.6/32 (pref=10) accept AS4 (канал 2)



Пример описания маршрутной политики

aut-num: AS3

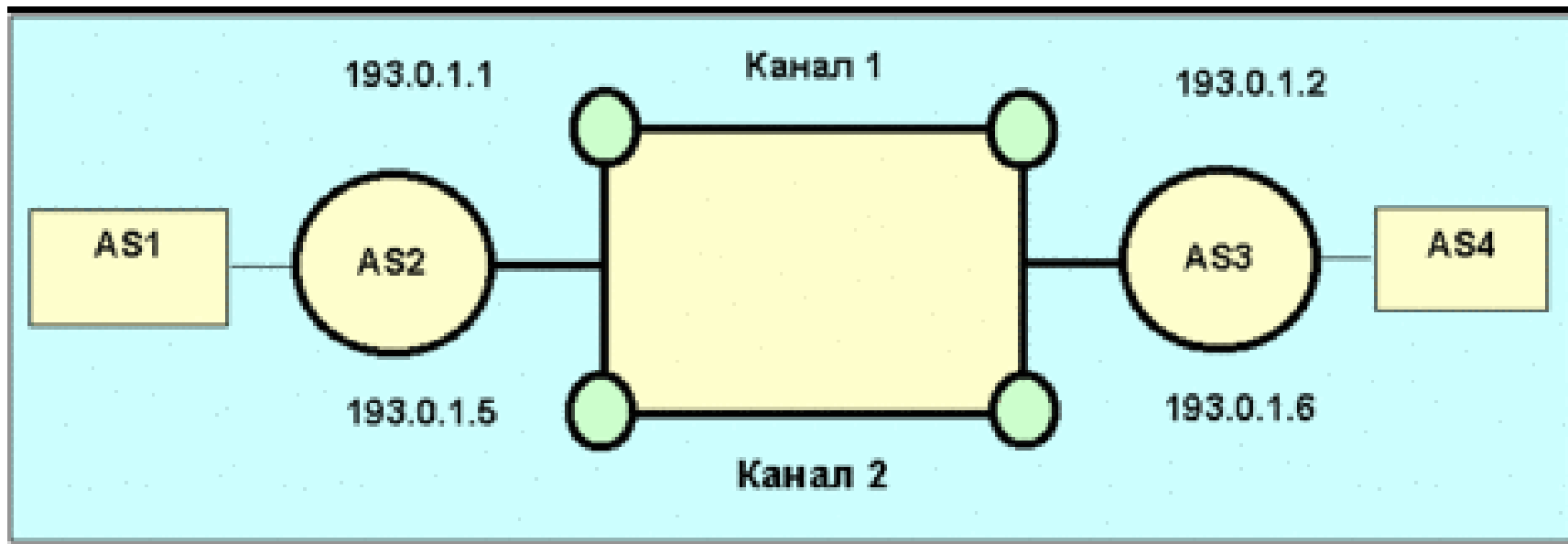
as-in: from AS2 10 accept AS1 A2

as-out: to AS2 announce AS3 AS4

interas-out: to AS2 193.0.1.2/32 193.0.1.1/32 (metric-out=5) announce AS3 (кан 1)

interas-out: to AS2 193.0.1.2/32 193.0.1.1/32 (metric-out=15) announce AS4 (кан 1)

interas-out: to AS2 193.0.1.6/32 193.0.1.5/32 (metric-out=10) announce AS4 (кан 2)



Пояснения: aut-num, as-in

- **aut-num: AS2** - объявление номера автономной системы

формат описания:

AS<целое положительное число в интервале 1-65535>)

- **as-in: from AS3 10 accept AS3 AS4** -

описание воспринимаемой маршрутной информации от других AS

Формат описания:

from <aut-num> <cost> accept <выражение маршрутной политики>
, где

- **ключевые слова from** (от) и **accept** (воспринимает) могут отсутствовать
- **<aut-num>** - относится к AS-соседям;
- **<cost>** - положительное целое число, характеризующее относительную ценность маршрутов, чем меньше cost, тем предпочтительнее маршрут
- **<выражение маршрутной политики>** - следующий слайд

Пояснение <выражение маршрутной политики>

● <выражение маршрутной политики> может иметь следующие форматы:

- Список из одного или нескольких чисел AS, AS-макро или список маршрутов
- Список ключевых слов. В настоящее время определено ключевое слово ANY, которое говорит о том, что речь может идти о любых соседних AS
- Логическое выражение, включающее в себя объекты типа 1 или 2, объединенные операторами AND, OR, NOT, которые в данном случае, строго говоря, не являются Булевыми.
 - ✓ Приоритеты операторов распределены в следующем порядке: для оператора () слева направо; для NOT - справа на лево; для AND и OR - слева направо
 - ✓ В отсутствии логических операторов элементы списка (AS, AS-макро, объединения и списки маршрутов) предполагаются объединенными оператором OR

Пояснения: as-out

- **as-out: to AS3 announce AS1 AS2** - описание сформированной маршрутной информации, рассылаемой другим AS-партнерам

Формат описания:

to <aut-num> announce <выражение маршрутной политики>

- ключевые слова to {указатель адресата} и announce {указатель списка доступных AS} могут отсутствовать
- <aut-num> - относится к AS-соседям
- <выражение маршрутной политики> аналогично формату в as-in:

Локальные предпочтения: interas-in

- **interas-in: from AS3 193.0.1.1/32 193.0.1.2/32 (pref= 5) accept AS3** - описывает локальные предпочтения для соединений с другими AS

Формат описания:

from <aut-num> <местный-rid> <соседний-rid> <предпочтение>
accept <выражение маршрутной политики>

- **<местный-rid>** - (идентификатор местного роутера) содержит IP-адрес пограничного роутера, политика которого описывается
- **<соседний-rid>** содержит IP-адрес соседнего роутера, от которого воспринимается маршрутная информация, описанная в <выражении маршрутной политики>
 - ✓ IP-адреса имеют префиксный формат, согласно CIDR
- **<предпочтение>** описывается, как <pref-type> = <значение>
 - ✓ ключевое слово <pref-type> должно обязательно присутствовать
 - ✓ <значение>

Локальные предпочтения: interas-in

- **<значение>** может принимать один из следующих видов:
 - <стоимость> - положительное число, служащее выражением относительной ценности исследуемых маршрутов.
 - Чем меньше <стоимость> - тем предпочтительнее маршрут
 - <стоимость> имеет смысл при сравнении атрибутов interas-in и совершенно не применима для сравнения с атрибутами as-in.
- **Любой маршрут, описанный в interas-in и неупомянутый в AS-IN, предполагается отвергнутым**

Локальные предпочтения: interas-out

• interas-out для AS3:

aut-num: AS3

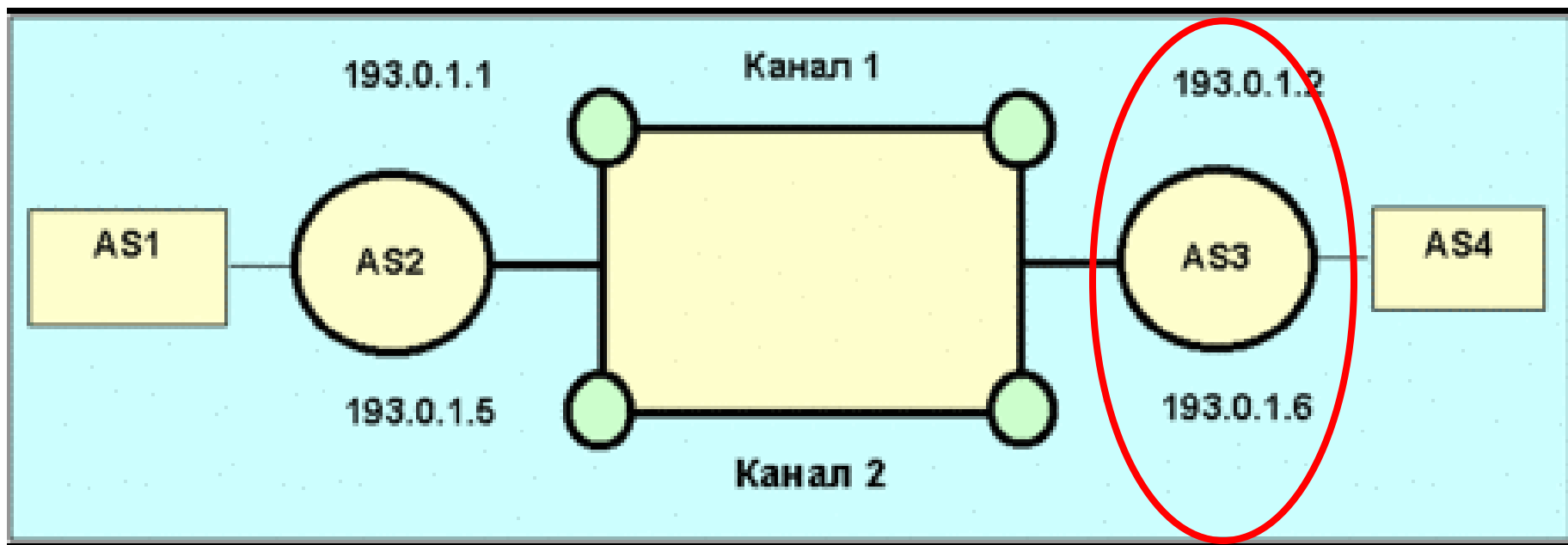
as-in: from AS2 10 accept AS1 A2

as-out: to AS2 announce AS3 AS4

interas-out: to AS2 193.0.1.2/32 193.0.1.1/32 (metric-out=5) announce AS3

interas-out: to AS2 193.0.1.2/32 193.0.1.1/32 (metric-out=15) announce AS4

interas-out: to AS2 193.0.1.6/32 193.0.1.5/32 (metric-out=10) announce AS4



Формат interas-out

- **interas-out: to aut-num < местный-rid> < соседний-rid> [**<метрика>**] announce <выражение маршрутной политики>**
 - **Ключевые слова IN** и **announce** могут отсутствовать
 - Остальные фрагменты идентичны interas-in
 - < метрика> - необязательный параметр и описывается как:
 - (<metric-type> = <величина>), наличие скобок "()" и ключевого слова <metric-type> (тип метрики) обязательно.
 - В настоящее время поддерживается только один тип метрики "metric-out"
 - Параметр <величина> может иметь следующий вид:
 - **<num-metric>** - метрика для оценки выходных маршрутов, чем меньше число, тем предпочтительнее маршрут. Именно эта оценка маршрута передается соседним маршрутизаторам. IGP - этот тип метрики указывает на то, что она отражает оценку внутренних маршрутов AS. Следует избегать использования <num-metric> и IGP для одних и тех же точек назначения