

# Протокол IPv6

# План

- ▶ Причины перехода с IPv4 на IPv6
- ▶ Заголовок IPv6
- ▶ Адреса IPv6



## Причины перехода на IPv6

# Немого истории

- ▶ 1974 - начало разработки IP (TCP)
- ▶ 1981 - RFC 791 (IPv4)
- ▶ 1982-1984 - формирование Интернет на базе IPv4
- ▶ 1992 - появление WWW
- ▶ 1996 - начало разработки IPv6
- ▶ 1998 - RFC 2460 (IPv6)
- ▶ 2006 - RFC 4291 4294 адресация и работа узлов IPv6
- ▶ 2010 - 4G

# Предпосылки

- ▶ Нехватка адресов IPv4

IANA (Internet Assigned Numbers Authority)



RIR (Regional Internet Registry)



LIR (Local Internet Registries)

# RIR (Regional Internet Registry)

- ▶ Asia-Pacific Network Information Center (APNIC) - отвечает за Азию и Тихоокеанский регион
- ▶ African Network Information Center (AFRINIC) - для Африки и региона Индийского океана
- ▶ American Registry for Internet Numbers (ARIN) - отвечает за североамериканский регион
- ▶ Latin American and Caribbean Network Information Center (LACNIC) - отвечает за Латинскую Америку и Карибский регион
- ▶ Réseaux IP Européens Network Center (RIPE NCC) - для Европы, Центральной Азии и Ближнего Востока.

# Предпосылки

- ▶ Нехватка адресов IPv4

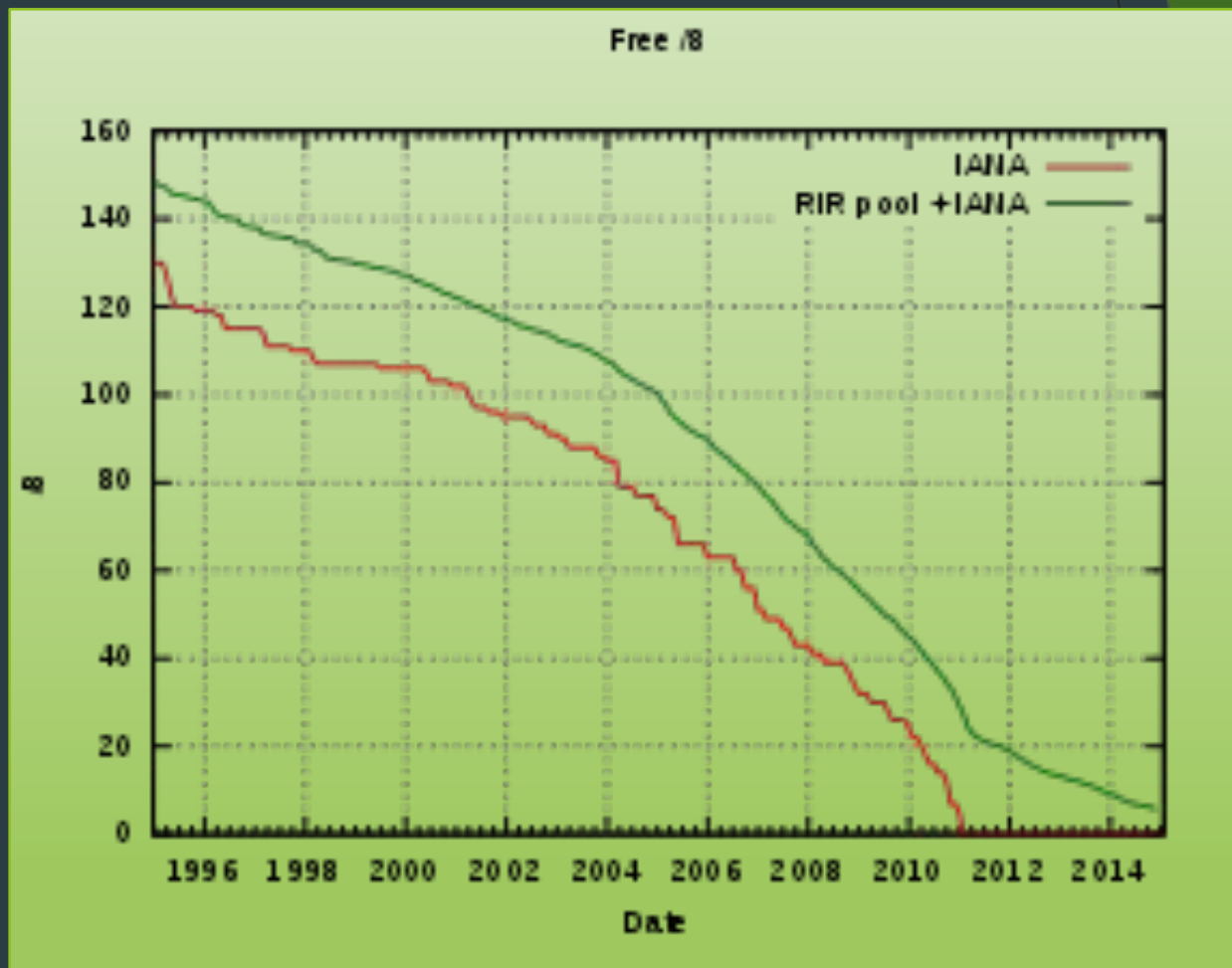
2011 последняя сеть /8 от IANA.

Начало исчерпания последней сети /8:

2011 - ARIN

2012 - RIPE NCC

Дальше по /22



# Владение адресами

- ▶ <https://www.ripe.net/manage-ips-and-asns/ipv4/ipv4-run-out>
- ▶ [https://myip.ms/browse/ip\\_ranges/1/ownerID/81658/ownerID\\_A/1](https://myip.ms/browse/ip_ranges/1/ownerID/81658/ownerID_A/1)



# Предпосылки

- ▶ Критика в адрес IPv4.
  - ▶ Контрольная сумма
  - ▶ Фрагментация IP
  - ▶ NAT
  - ▶ Наличие большего количества смежных протоколов
  - ▶ Проблемная маршрутизация
    - ▶ Аппаратная реализация маршрутизации не по RFC (fastpath или Cisco Express Forwarding )

# Предпосылки

- ▶ **Нехватка адресов IPv4,**
- ▶ накопившаяся критика в адрес IPv4,
- ▶ современные технологии требуют реализации слишком большого числа сессий, работающих в параллельно,
- ▶ 4G/LTE/5G, которая ориентирована исключительно на IPv6,
- ▶ развитие IoT,
- ▶ стремление восстановить end-to-end связанность
- ▶ стремление снизить анонимность в сети.

# Проблемы и препятствия

- ▶ Огромное количество сетей на IPv4
- ▶ Необходимость адаптации оборудования и системного ПО (done)
- ▶ некоторое снижение пропускной способности из-за увеличения размера заголовка (спорно).
- ▶ Необходимость адаптации сопутствующего ПО (системы управления и мониторинга)
- ▶ Необходимость адаптации систем безопасности (стандартные методы с ACL не работают).

<https://youtu.be/D4DiqH-XPJU>

# Цели

- ▶ Расширение адресации
- ▶ Восстановление end-to-end связанность
- ▶ Сокращение количества инфраструктурных технологий
- ▶ Упрощение формата заголовка
- ▶ Интеграция средств безопасности
- ▶ Улучшенная поддержка расширений и опций
- ▶ Возможность пометки потоков данных
- ▶ Идентификация и защита частных обменов
- ▶ Встроенная поддержка мобильных сетей (MIPv6)

# Сравнение IPv4 и IPv6

## IPv4

- $2^{32}$  ( $4 \times 10^9$ ) адресов - мало
  - Необходимость NAT
  - Коллизии между частными и публичными адресами
- Классовая маршрутизация – родовая травма
- Неоптимальный заголовок
- Много служебных протоколов
- Сложность настройки узлов
- Отсутствие доп.расширений
  - В частности, механизмов обеспечения безопасности
- Минимальный MTU – 576 байт

## IPv6

- $2^{128}$  ( $3 \times 10^{38}$ ) адресов
  - Связность «от края до края»
  - Единое пространство адресов
- Оптимизация заголовка и процедуры маршрутизации
  - Фрагментация на отправителе
  - Отсутствие широковещания
- Единый служебный протокол
  - Штатный механизм автоконфигурации узлов
- Механизм расширений
  - Обязательная поддержка Ipsec
- Минимальный MTU – 1280 байт

# RFC

- ▶ IPv6 RFC 8200 (заменяет RFC-1884)
- ▶ ICMP IPv6 RFC-4861 (заменяет RFC-1885)
- ▶ IPv6 по IPv4 RFC 5969
- ▶ и т.д.

# Основные сущности

- ▶ **Узел** - оборудование, использующее IPv6.
- ▶ **Маршрутизатор** - узел, который переадресует пакеты IPv6, которые не адресованы ему непосредственно.
- ▶ **Канал** - средство коммуникации или среда, через которую узлы могут взаимодействовать друг с другом на связном уровне, т.е., уровень непосредственно под IPv6. Примерами могут служить Ethernet; PPP; X.25, Frame Relay, или ATM; а также Интернет "туннели", такие как туннели поверх IPv4 или IPv6.
- ▶ **Соседи** - узлы, подключенные к общему каналу.
- ▶ **Интерфейс** - средство подключения узла к каналу.
- ▶ **Адрес** - идентификатор IPv6-уровня для интерфейса или набора интерфейсов.
- ▶ **Пакет** - заголовок и поле данных IPv6.
- ▶ **MTU канала** - максимальный размер пакета в канале
- ▶ **MTU пути** - минимальный MTU канала для пути от узла источника до получателя.



Заголовок IPv6



# Формат заголовка



# Формат заголовка

**Версия:** поле, содержащее 4-битное двоичное значение, которое определяет версию IP-пакета. Для пакетов IPv6 в этом поле всегда указано значение 0110.

**Класс трафика:** 8-битное поле, соответствующее полю «Дифференцированные сервисы (DS)» в заголовке IPv4. Оно также содержит 6-битное значение точки кода дифференцированных сервисов (DSCP), которое используется для классификации пакетов, а также 2-битное значение явного уведомления о перегрузке (ECN), используемое для управления перегрузками трафика.

**Метка потока:** 20-битное поле, предоставляющее специальную службу для приложений реального времени. Используя это поле, маршрутизаторам и коммутаторам передается информация о необходимости поддерживать один и тот же путь для потока пакетов, что поможет избежать их переупорядочивания.

**Длина полезной нагрузки:** 16-битное поле, соответствующее полю «Общая длина» в заголовке IPv4. Оно определяет размер всего пакета (фрагмента), включая заголовок и дополнительные расширения.

# Формат заголовка

**Следующий заголовок:** 8-битное поле, соответствующее полю «Протокол» в заголовке IPv4. Оно указывает тип полезной нагрузки данных, которые переносит пакет, что позволяет сетевому уровню пересылать данные на соответствующий протокол более высокого уровня. Это поле также используется в тех случаях, когда в пакет IPv6 добавляются дополнительные заголовки расширений.

**Предел перехода:** 8-битное поле, заменяющее поле «Время существования» (TTL) в IPv4. Это значение уменьшается на единицу каждым маршрутизатором, пересылающим пакет. Когда счетчик достигает 0, пакет отбрасывается, и на отправляющий узел пересылается сообщение ICMPv6, которое означает, что пакет не достиг своего назначения.

**Адрес источника** — 128-битовое поле, определяющее IPv6-адрес принимающего узла.

**Адрес назначения:** 128-битное поле, определяющее IPv6-адрес принимающего узла.



Адреса IPv6

# Адреса IPv6

## ► Формат

В протоколе IPv6 размер адреса составляет 128 бит. Предпочтительным является следующее представление адреса IPv6: x:x:x:x:x:x:x:x, где каждая буква x - это шестнадцатиричные значения шести 16-битных элементов адреса.

Диапазон адресов IPv6 составляет от

0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000

до

ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff

# Адреса IPv6

2001:0DB8:00AF:ABCD:0000:0000:0000:0034

▶ Правила сокращения при записи:

- ▶ Убираем ведущие нули:

2001:DB8:AF:ABCD:0000:0000:0000:34

- ▶ Убираем длинные последовательности нулей:

2001:DB8:AF:ABCD::34

# Типы адресов

- ▶ Unicast адреса идентифицируют только один сетевой интерфейс. Протокол IPv6 доставляет пакеты, отправленные на такой адрес, на конкретный интерфейс.
- ▶ Anycast адреса назначаются группе интерфейсов, обычно принадлежащих различным узлам. Пакет, отправленный на такой адрес, доставляется на один из интерфейсов данной группы, как правило наиболее близкий к отправителю с точки зрения протокола маршрутизации.
- ▶ Multicast адрес также используется группой узлов, но пакет, отправленный на такой адрес, будет доставлен каждому узлу в группе.
- ▶ Бродкаста нет

# Типы адресов (исключения)

- ▶ Одиночный адрес может приписываться нескольким физическим интерфейсам, если приложение рассматривает эти несколько интерфейсов как единое целое при представлении его на уровне Интернет.
- ▶ Маршрутизаторы могут иметь нумерованные интерфейсы (например, интерфейсу не присваивается никакого IPv6 адреса) для соединений точка-точка, чтобы исключить необходимость вручную конфигурировать и объявлять (advertise) эти адреса. Адреса не нужны для соединений точка-точка маршрутизаторов, если эти интерфейсы не используются в качестве точки отправления или назначения при посылке IPv6 дейтограмм.



# Логические части адреса IPv6

Вместо масок сетей - префиксы от 0 до 128 (стандартно - 64)



# Префиксы адреса

Длина префикса кратна 16:

- Адрес: 2a02:06b8:0892:ad61:59a2:3149:c5a0:67a4/64
- Префикс: 2a02:06b8:0892:ad61:0000:0000:0000:0000

Длина префикса кратна 4:

- Адрес: 2a02:06b8:0892:ad61:59a2:3149:c5a0:67a4/52
- Префикс: 2a02:06b8:0892:a000:0000:0000:0000:0000

Длина префикса не кратна 4:

- Адрес: 2a02:6b8:0892:ad61:59a2:3149:c5a0:67a4/54
- Префикс: 2a02:6b8:0892:ac00:0000:0000:0000:0000

# Виды адресов

- ▶ **Global unicast адрес**  
Аналог адреса белого адреса IPv4. Глобальные индивидуальные адреса могут быть настроены статически или присвоены динамически. Начинается с 2 или с 3. От 2000 до 3FFF. Из этой группы отдельно выделяется сеть 2001:0DB8::/32
- ▶ **Link-local**  
Local IPv6-адрес канала позволяет устройству обмениваться данными с другими устройствами под управлением IPv6 по одному и тому же каналу и только по данному каналу (подсети). Не является аналогом «серого» IPv4. Локальные IPv6-адреса канала находятся в диапазоне FE80::/10. /10

# Виды адресов

- ▶ **Loopback**  
Loopback-адрес используется узлом для отправки пакета самому себе и не может быть назначен физическому интерфейсу. Как и на loopback-адрес IPv4, для проверки настроек TCP/IP на локальном узле можно послать эхо-запрос на loopback-адрес IPv6. Loopback-адрес IPv6 - `::1/128` или просто `::1`.
- ▶ **Unspecified address**  
Неопределённый адрес состоит из нулей и в сжатом формате представлен как `::/128` или просто `::`. Он не может быть назначен интерфейсу и используется только в качестве адреса источника в IPv6-пакете. Неопределённый адрес используется в качестве адреса источника, когда устройству еще не назначен постоянный IPv6-адрес.

# Виды адресов

- ▶ **Unique local**

Unique local — IPv6-адреса имеют некоторые общие особенности с «серыми» адресами IPv4, но имеют и значительные отличия. Находятся в диапазоне от FC00::

- ▶ **IPv4 embedded**

Использование этих адресов способствует переходу с протокола IPv4 на IPv6.

- ▶ **Multicast**

Для рассылок внутри группы. Начинаются с FF.

# Структура адреса

## Global unicast адрес

Префикс глобальной маршрутизации	Ид. подсети	Идентификатор интерфейса
48 бит	16 бит	64 бита
Префикс сети		Идентификатор интерфейса

Префикс глобальной маршрутизации выдается IANA

Пример адреса: 2001:DB8:AF:ABCD::34

# Примеры структуры адреса

**2001:0DB8:0234:AB00:0123:4567:8901:ABCD**

**2** Global Unicast  
Address Indicator

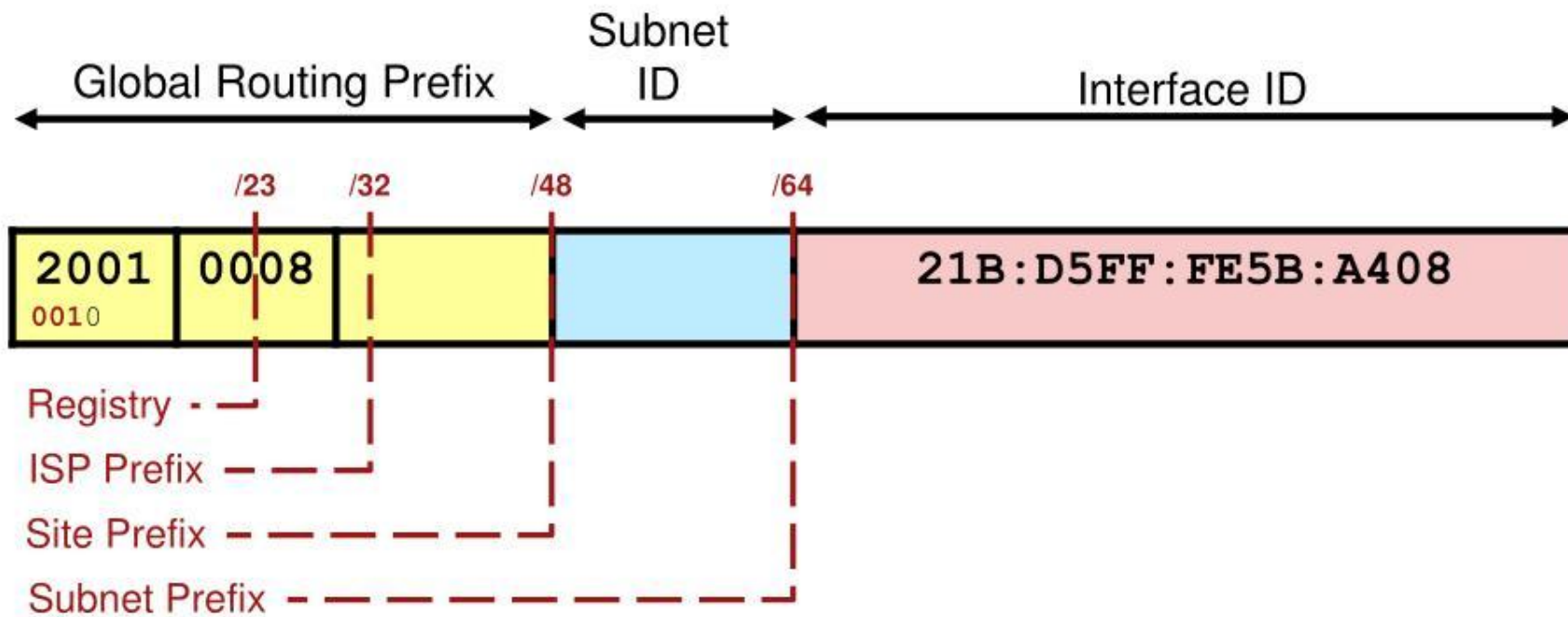
**001** Region

**0DB8** Local Internet Registry (LIR)  
or Internet Service Provider (ISP)

**0234** Customer

**AB00** Subnet

**0123:4567:8901:ABCD**  
The 64-bit Extended Unique Identifier  
(EUI-64™)





# Структура адреса

## Unique local

FD	Префикс глобальной маршрутизации	Ид. подсети	Идентификатор интерфейса
8 бит	40 бит	16 бит	64 бита
Префикс сети			Идентификатор интерфейса

Определяется по RFC 4193

Для работы в LAN. В интернете не работают.

Пример адреса: fde8:86a5:fe80:1:5922:49:50:6767

Fc00::/8 - управляется IANA (не работает)

Fd00::/8 - используете. Генерация по алгоритму. Сети по /48

# Структура адреса

## Link-local

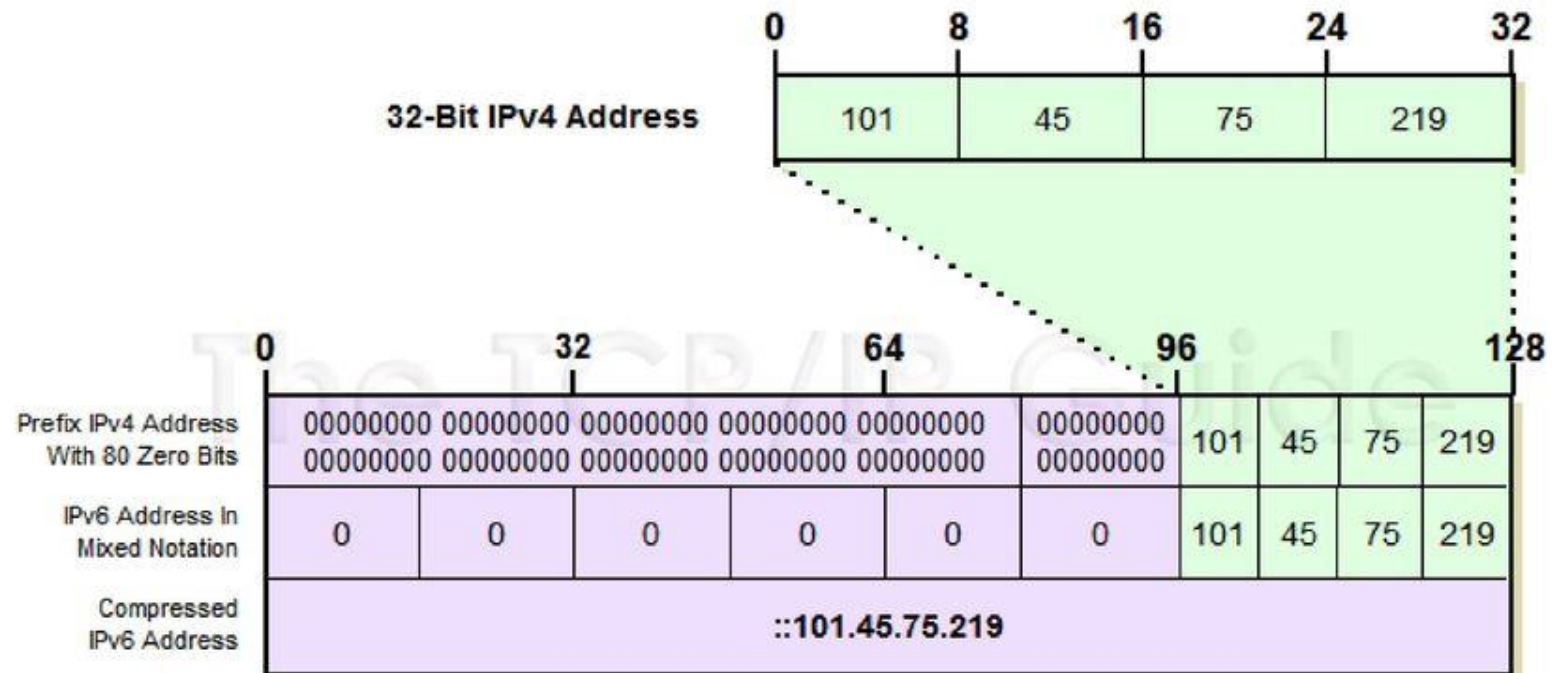
Fe80	Ид. подсети	Идентификатор интерфейса
16 бит	48 бит	64 бита
Префикс сети		Идентификатор интерфейса

Служебный, конфигурационный.

Уникален в канале.

Пример адреса: fe80::59e1:d46b:1bb:5169

# IPv4 embedded



# Особые адреса

::/128 – текущий хост

::/0 – маршрут по умолчанию

::1/128 – обратная петля (loopback)

ff02::1 – все узлы в канале связи

ff02::2 – все маршрутизаторы в канале связи

# Статистика IPv6 от Google

- ▶ <https://www.google.com/intl/gr/ipv6/statistics.html>

# Конфигурирование узла IPv6

- ▶ Включение узла
- ▶ Выбор узлом адреса из Link-local
- ▶ Рассылка на ff01:0:0:0:0:0:0:1 (все узлы) запроса на возражение
- ▶ Рассылка на ff01:0:0:0:0:0:0:2 (все роутеры) запроса на конфигурацию
- ▶ Получение от ближайшего роутера данных:

адрес,  
длину префикса,  
MTU,  
DNS.

# Фрагментация в IPv6

- ▶ Нет фрагментации, когда маршрутизатор не может передать пакет из-за нехватки места в MTU - он сбрасывает пакет и сообщает отправителю о необходимости снизить MTU.

