

# Сеть и сетевые протоколы: IPv6



Ильмир  
Сахипов



## **Ильмир Сахипов**

Руководитель центра управлению сетью  
**АО “Уфанет”**

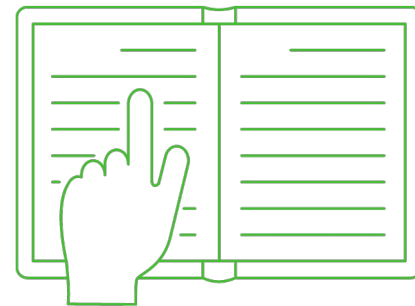
---

# Предисловие

**На этом занятии мы поговорим о том:**

- почему нужна замена IPv4;
- чем отличаются IPv4 и IPv6;
- из чего состоят и как записываются IPv6-адреса;
- как настраиваются и какие есть в Linux утилиты для работы с IPv6.

**По итогу занятия** вы получите представление об устройстве IPv6 и каким образом можно работать с ним в Linux.



---

# План занятия

1. [Предисловие](#)
2. [Для чего нужен IPv6?](#)
3. [IPv6: принципы работы](#)
4. [ICMPv6](#)
5. [IPv6 и NAT](#)
6. [DHCPv6](#)
7. [DNS в сетях IPv6](#)
8. [IPv6 в Linux](#)
9. [Безопасность](#)
10. [Итоги](#)
11. [Домашнее задание](#)



**Для чего нужен IPv6?**

# Зачем нужна замена IPv4?

- Недостаточное количество IP-адресов;
- IPv4 требует множество дополнительных технологий (VLSM, CIDR, NAT, DHCP) для работы.



---

# История протокола IP

1981	Опубликован <a href="#">RFC 791</a>
1980-е	IPv4 используется в <a href="#">ARPANET</a>
1990-е	Появление первых веб-сайтов и браузеров. Технологии получают широкое распространение
1994	Начало разработки IPv6
2011	<a href="#">IANA</a> выделила 5 последних блоков для региональных регистраторов
2019	Были распределены последние IP-адреса в Европе
2020	Использование IPv6 достигло 30 % всего трафика в мире

# Сравнение IPv4 и IPv6

IPv4	IPv6
2 <sup>32</sup> адресов	2 <sup>128</sup> адресов
NAT	NAT не нужен
DHCP	DHCP не нужен (автоконфигурирование)
ARP	NDP



# Заголовки IPv4 и IPv6

## IPv4 Header

Version	IHL	Type of Service	Total Length	
Identification			Flags	Fragment Offset
Time to Live	Protocol	Header Checksum		
Source Address				
Destination Address				
Options				Padding

- Поля которые перешли из IPv4 в IPv6 без изменений
- Поля убранные из IPv6
- Поля переименованные в IPv6
- Новое поле в IPv6

## IPv6 Header

Version	Traffic Class	Flow Label		
Payload Length			Next Header	Hop Limit
Source Address				
Destination Address				

---

# Преимущества IPv6 перед IPv4

- IPv6 обеспечивает более эффективную маршрутизацию, поскольку значительно уменьшает размер таблицы маршрутизации;
- у нового протокола формат заголовка проще, чем у IPv4;
- обработка пакетов более эффективна, поскольку заголовки пакетов оптимизированы;
- в протокол встроена технология Quality of Service (QoS), которая определяет чувствительные к задержке пакеты;
- более упрощенные задачи маршрутизаторов по сравнению с IPv4;
- IPv6 обеспечивает большую полезную нагрузку, чем IPv4.



# IPv6: принципы работы

# Структура IPv6 адреса



---

# Адреса в IPv6

- на одном узле может быть несколько интерфейсов;
- на одном интерфейсе может быть несколько адресов;
- адреса должны быть уникальными в пределах всей сети (Интернет).

# Нотация адреса IPv6

Размер адреса IPv6 – 128 бит:

- адрес записывается в шестнадцатеричном формате;
- 8 групп по 4 разряда, разделенные двоеточиями.

➡ 2001:0db8:11a3:09d7:0000:0000:07a0:065d

# Сокращение адресов IPv6

- если есть нули в начале, их можно не писать;
- вместо групп нулей можно писать нуль или два двоеточия (только один раз).

Полный адрес IPv6:

- 2a02:~~06b8:0800:0801:0800:0800~~:feed:a11

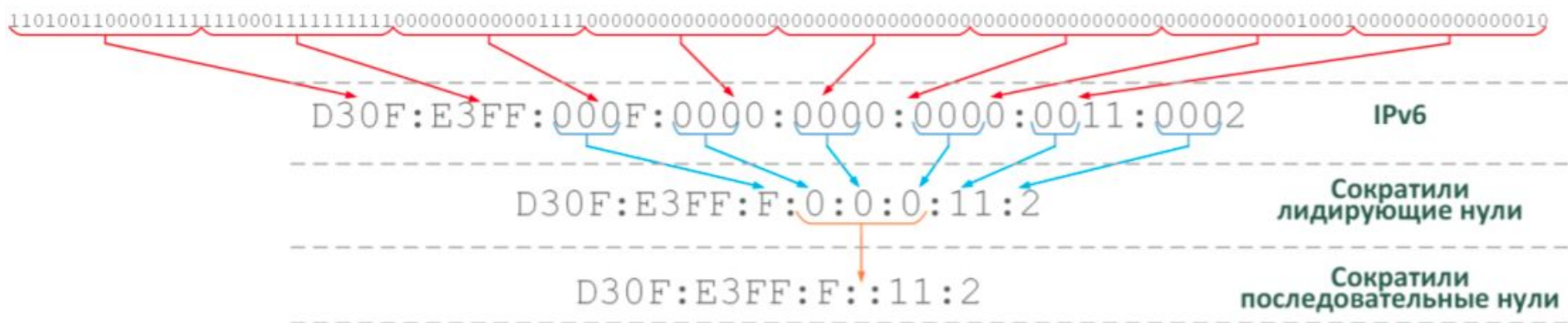
Удаление ведущих нулей:

- 2a02:6b8:0:1:0:0:feed:a11

Префикс IPv6:

- 2a02:6b8:0892:ac61:~~0000:0000:0000:0000~~/64
- 2a02:6b8:0892:ac61::/64

# Сокращение адресов IPv6





# Маска адреса IPv6

Как и в IPv4 адрес делится на две части:

- **Network ID** – общий для всех узлов в канальной среде;
- **Interface ID** – идентификатор узла в канале.

Стандартная (ожидаемая) маска для хостов – /64, формат записи префиксный.

➡ 2001:0db8:11a3:09d7:0000:0000:07a0:065d/64

➡ https://[2001:0db8:11a3:09d7:0000:0000:07a0:065d]:8080

# Способы назначения IP-адресов

IPv4	IPv6
Вручную	Вручную
DHCP	DHCPv6
	Stateless Address Auto Configuration (SLAAC, RFC 4862)

---

# SLAAC

**SLAAC** (Stateless Address Autoconfiguration, автонастройка адреса без сохранения состояния) – это механизм автоконфигурации узла, который используется для автоматического получения IP адреса и сетевого префикса узлом, без использования **DHCPv6**-сервера, или совместно с ним.

SLAAC основан на новых возможностях **ICMPv6**.

# SLAAC

Только SLAAC	Маршрутизатор выдаёт подсеть, префикс и адрес шлюза. Другую информацию устройства не получают.
SLAAC и DHCPv6	Маршрутизатор выдаёт подсеть, префикс и адрес шлюза, а отдельный DHCPv6-сервер выдаёт дополнительную информацию: опции, маршруты, адреса DNS-серверов и т.д.
Только DHCPv6	Устройство не использует RA от маршрутизатора, а обращается к DHCPv6-серверу, который предоставляет всю необходимую информацию, включая адрес, шлюз, префикс, DNS-сервера и т.д.

# SLAAC

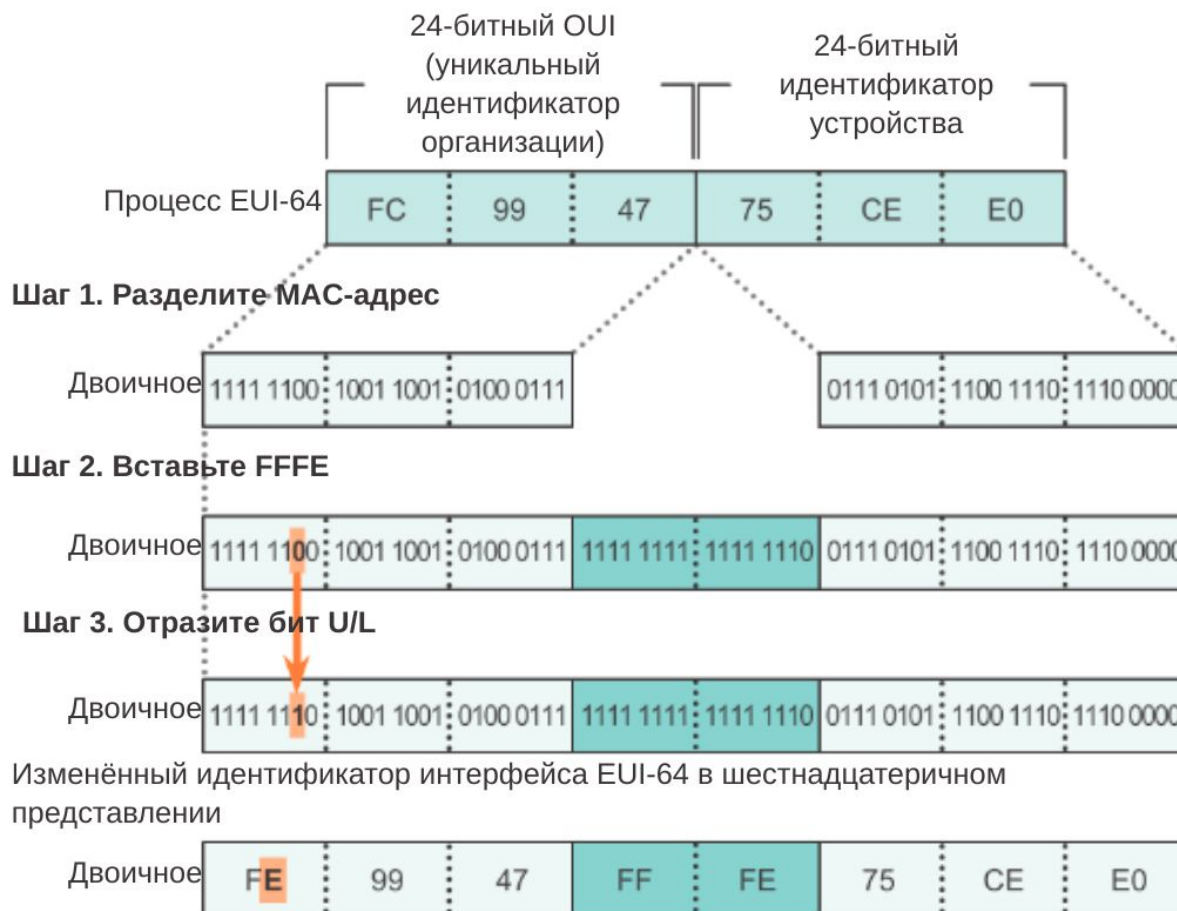
**Механизм EUI-64** (Extended Unique Identifier) позволяет хосту в IPv6 самостоятельно генерировать себе идентификатор интерфейса – то есть вторую половину IPv6 адреса.

**Порядок работы EUI-64:**

- MAC адрес делится на две части по 24 бита каждая;
- между этими частями вставляются шестнадцатеричные цифры **FFFE**;
- седьмой по порядку бит полученного адреса меняется на противоположный (1 – на 0, 0 – на единицу).

# SLAAC

## Процесс расширенного уникального идентификатора EUI-64 (процесс EUI-64)



---

# Виды трафика в IP

- **Unicast** – одноадресная передача между двумя конечными узлами;
- **Multicast** – используется, когда нужно передать какую-то информацию не всем узлам а какой-то определенной группе, при этом узлы группы могут находиться в разных канальных средах;
- **Anycast** – передача единственному узлу из группы когда есть варианты прохождения запроса; задача выбрать ближайший;
- **Broadcast** – многоадресная передача группе адресатов; ограничена канальной средой.

# Типы адресов IPv6

- **Global Unicast** – аналог «белых» IP адресов для работы в интернете;

Пример: 2000::/3

- **Unique Local Unicast** – локальные адреса, которые не должны попадать в интернет (при этом должны быть уникальны в пределах всего интернета);

Пример: fc00::/7

- ...



# Типы адресов IPv6

- ...
- **Link Local Unicast** – адреса, доступные в пределах одной канальной среды;  
Пример: fe80::/10
- **Multicast**  
Пример: ff00::/8
- **Специальные адреса**  
Пример: ::1/128, :::/128, ...

# Структура глобального IPv6 адреса

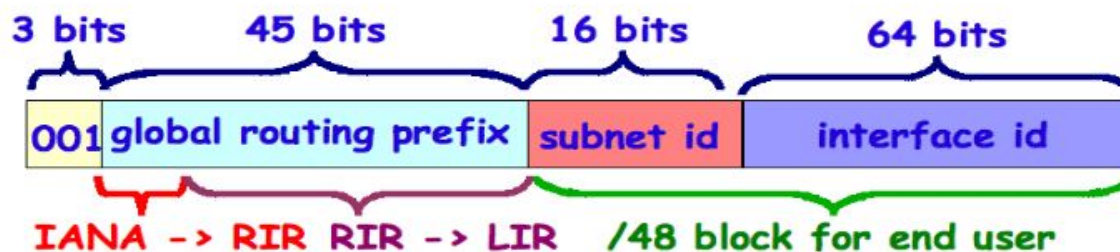


2a02:06b8:0000:0001:0000:0000:feed:a11

# Структура IPv6-адреса

## Global Unicast

Address Type	Binary prefix	Prefix
unspecified	000...0 (128 bits)	::/128
loopback	0000...01 (128 bits)	::1/128
Ipv4-mapped	000...0111111111111111(96 bits)	::FFFF/96
ULA	1111 110	FC00::/7
Assigned to RIRs	001	2000::/3
Global unicast	all other addresses	



13

# Структура локального IPv6 адреса



fe80:0000:0000:0000:59a2:3149:c5a0:67a4

---

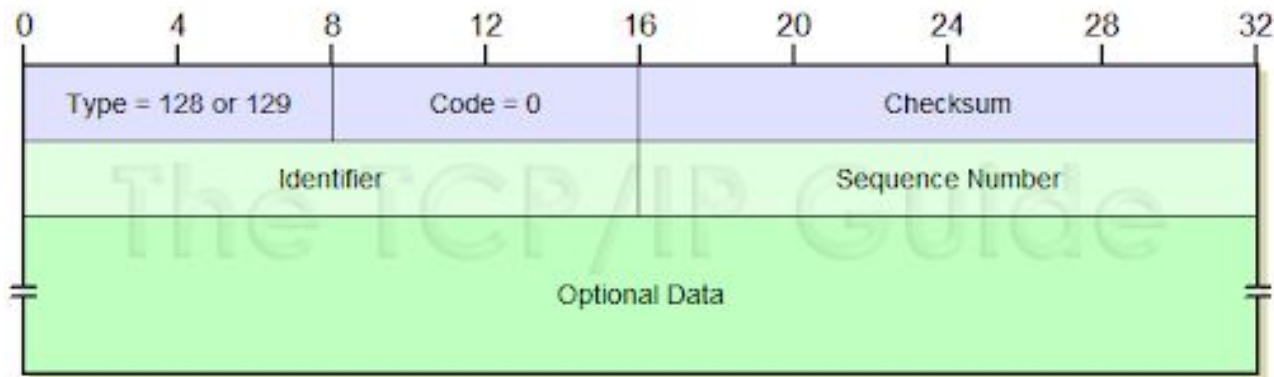
# IPv6 и другие протоколы

## ICMPv6

# Задачи и структура пакетов ICMPv6

## Задачи, которые решает ICMP:

- Оповещение об ошибках;
- Обнаружение канальных адресов соседей (вместо ARP);
- Базовая автонастройка хостов;
- Управление мультикастом.



---

# Типы и коды ICMPv6 сообщений.

## Сообщения об ошибках 0-127:

- 1: Destination Unreachable;
- 2: Packet Too Big;
- 3: Time Exceeded;
- 4: Parameter Problem.

## Информационный и сервисные сообщения 128-255:

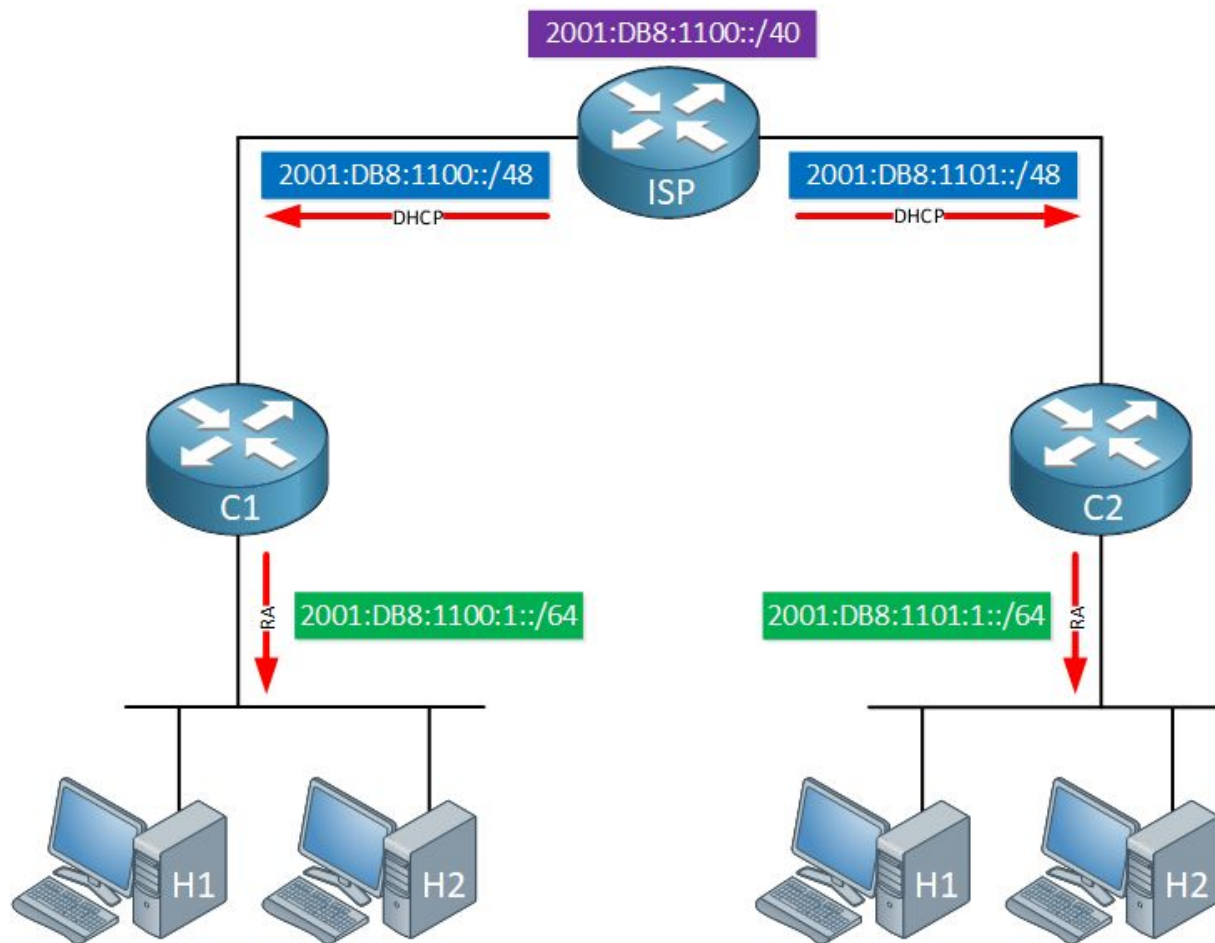
- 128: Echo Request;
- 129: Echo Reply.



# IPv6 и NAT



# Prefix delegation





# DHCPv6

# Режимы работы DHCP сервера

DHCP может использоваться как для получения IP адресов, так и для получения только опций, т.к. IPv6 клиенты способны автоконфигурировать сетевой интерфейс.

Используются порты: 546 (клиент) и 547 (сервер).

Вместо широковещательной рассылки используется мультикаст:

## Link-Local:

FF02::1 – в эту группу входят все устройства в локальной сети.

FF02::2 – в эту группу входят все маршрутизаторы.

FF02::1:2 – в эту группу входят все DHCPv6-сервера и агенты.

## Site-Local:

FF05::1:3 – в эту группу входят все DHCPv6-сервера и агенты.

# Режимы работы DHCP сервера

**Stateful DHCPv6** – режим с сохранением состояния клиентов.

Сервер выдает адреса и другие настройки, определяет срок аренды, ведет базу выданных адресов.

**Stateless DHCPv6** – режим без сохранения состояния клиентов. У клиента уже есть IP адрес, сервер отдает только дополнительные настройки.

	IPv4	IPv6
1	Discover	Solicit
2	Offer	Advertise
3	Request	Request
4	Ack	Reply



# DNS в сетях IPv6

# Способы преобразования DNS имен

Для преобразования IPv6 адресов по прежнему может использоваться файл [hosts](#).

Для разрешения имен в IPv6 через DNS-сервер используется запись типа «[AAAA](#)».

Описание работы DNS-сервера с IPv6 приведены в [RFC 4472](#).

Рекомендуется настраивать DNS-сервер на работу и с IPv4 и с IPv6 на порту [53 UDP](#).

```
curl -g http://[2a00:1450:4010:c09::71]:8080
```

```
nslookup ipv6.google.com
```

```
dig -x 2a00:1450:4010:c09::71
```

## Dual stack и IPv6-IPv4 туннель

- **Dual stack** – это компьютерные системы, способные работать одновременно с IPv4 и IPv6 на одном сетевом интерфейсе.

IPv6 является предпочтительным для таких систем (если он доступен);

- **IPv6-IPv4 туннель** – это технология, позволяющая инкапсулировать IPv6 трафик в пакеты IPv4.

Это может быть использовано если ваш ISP не поддерживает IPv6 (необходим «белый» IPv4 адрес).

➡ Обе технологии являются переходными.



# IPv6 в Linux



# Утилиты

- **ping6** – утилита для отправки ICMP запросов версии 6;
- **ip -6** – получение настроек и настройка IPv6.

## Примеры:

- `ping6 -c4 ::1`
- `ping6 -c4 -I eth1 ff02::1`
- `ip -6 neigh show`
- `ip -6 addr show`
- `ssh vagrant@fe80::9a1f:cdd7:faf8:c92b%eth1`
- `netstat -A inet6 -rn`
- `traceroute6 google.com`
- `dig google.com AAAA`



# Безопасность

---

# Векторы атак

- сканирование подсети может затянуться на годы, но вместо сканирования атака может быть произведена на [Neighbor Discovery](#);
- порты на IPv6 должны защищаться так же как в IPv4, либо же стоит отключить их;
- NAT не делает IPv4 безопаснее, а его отсутствие не делает IPv6 более небезопасным;
- IPv6 также подвержен [DOS](#) атакам, но за счет отсутствия широковещания проявляет себя лучше при [DDOS](#) типа [smurf](#).



# Итоги

---

# Итоги

Сегодня мы рассмотрели:

- протокол IPv6;
- отличия IPv6 от IPv4 и для чего нужен переход на новый протокол;
- какие возможности для работы с IPv6 есть в Linux.

.





# Домашнее задание

---

# Домашнее задание

Давайте посмотрим ваше [домашнее задание](#).

- Вопросы по домашней работе задавайте **в чате** мессенджера.
- Задачи можно сдавать **по частям**.
- Зачёт по домашней работе проставляется после того, как **приняты все задачи**.

**Задавайте вопросы и  
пишите отзыв о лекции!**

**Ильмир Сахипов**