



O T U S

Онлайн образование

otus.ru

• REC Проверить, идет ли запись

Меня хорошо видно && слышно?



IPv6 адресация



Андрей Рукин

Инженер ИТ

arukin@m-pr.tv



Правила вебинара



Активно участвуем



Задаем вопросы в чат



Вопросы вижу в чате,
могу ответить не сразу

Условные обозначения



Индивидуально



Время, необходимое
на активность



Пишем в чат



Говорим голосом

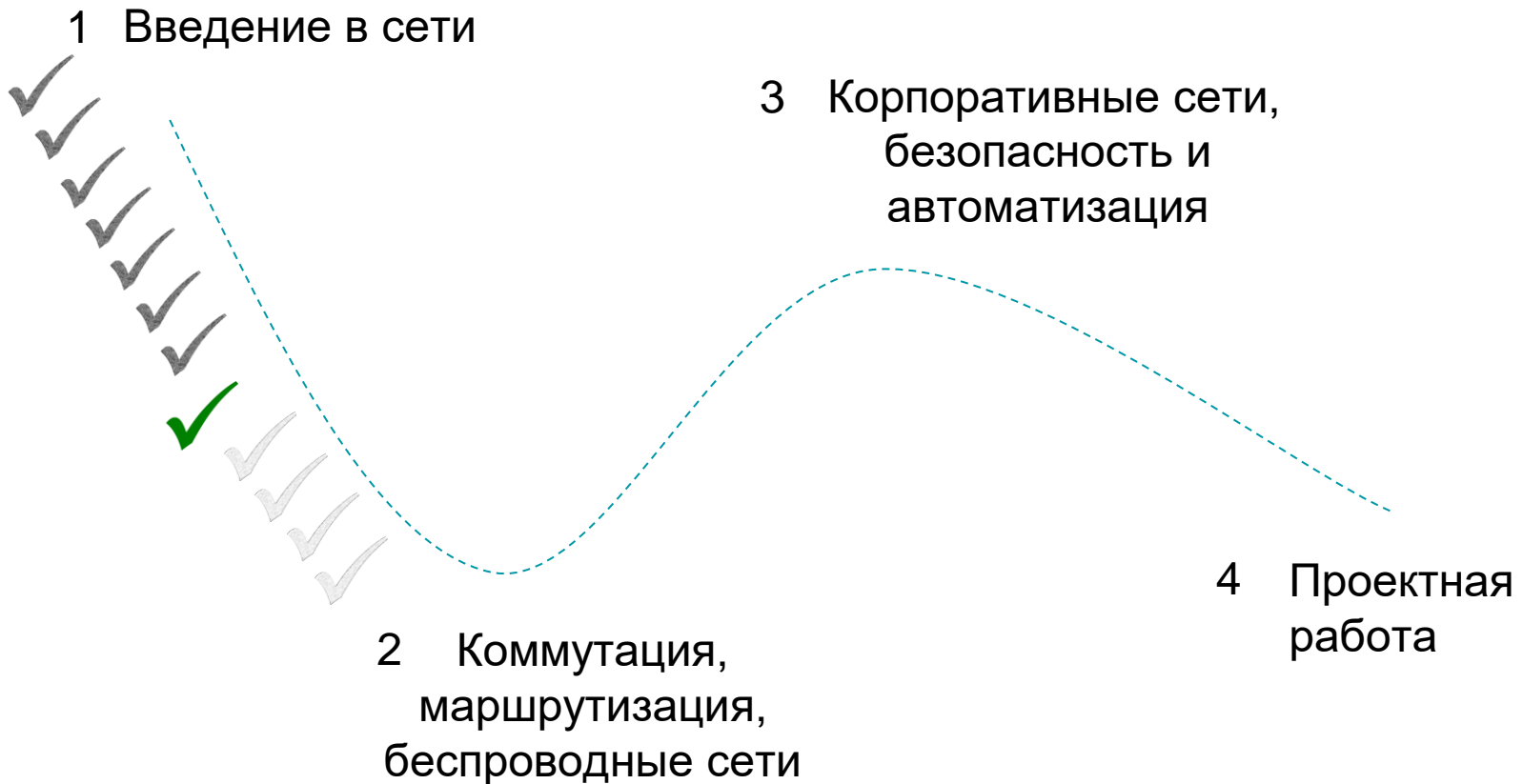


Документ

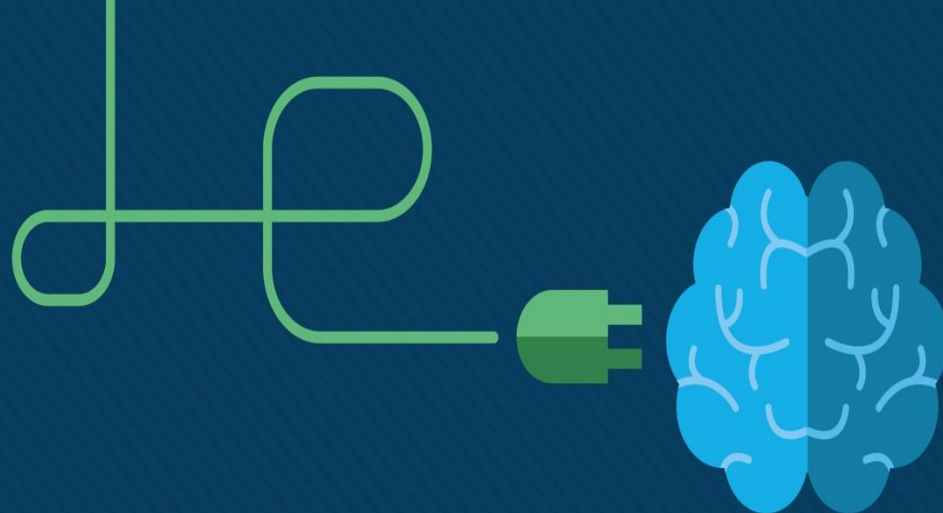


Ответьте себе или
задайте вопрос

Карта курса



IPv6 адресация



Модуль 12: Адресация IPv6

Введение в сетевые
технологии v7.0 (ITN)



12.1 Проблемы IPv4

Необходимость IPv6

- Адреса IPv4 заканчиваются. IPv6 является преемником IPv4. Имеет более крупное 128-битное адресное пространство.
- Разработка IPv6 также включала исправления ограничений IPv4 и другие улучшения.
- В связи с распространением Интернета ограниченным адресным пространством IPv4, проблемами с преобразованием сетевых адресов и проникновением Интернета в нашу жизнь пришло время для перехода на протокол IPv6.



Параллельное использование протоколов IPv4 и IPv6

Как IPv4, так и IPv6 будут сосуществовать в ближайшем будущем, и переход займет несколько лет.

Специалисты IETF создали различные протоколы и инструменты, которые позволяют сетевым администраторам постепенно переводить свои сети на протокол IPv6. Методы перехода можно разделить на 3 категории.

- **Двойной стек.** Устройства с двойным стеком одновременно работают с протокольными стеками IPv4 и IPv6.
- **Туннелирование.** Это способ передачи IPv6-пакета по IPv4-сети. Пакет IPv6 инкапсулируется внутри пакета IPv4.
- **Трансляция.** Преобразование сетевых адресов (NAT64) позволяет устройствам под управлением IPv6 обмениваться данными с устройствами IPv4 при помощи метода преобразования, аналогичного NAT для IPv4.

Примечание. Туннелирование и трансляция предназначены для перехода на собственный IPv6 и должны использоваться только там, где это необходимо. Конечная цель — это естественный обмен данными в формате IPv6 между источником и назначением.

12.2 Представление IPv6-адресов

Форматы адресации IPv6

- Длина IPv6-адресов составляет 128 бит, написанных в виде строки шестнадцатеричных значений.
- IPv6-адреса нечувствительны к регистру, их можно записывать как строчными, так и прописными буквами.
- Предпочтительный формат записи IPv6-адреса: x:x:x:x:x:x:x:x, где каждый «x» состоит из четырех шестнадцатеричных цифр.
- В IPv6-адресах сегмент из 16 бит или четырех шестнадцатеричных цифр неофициально называют гекстетом (хекстетом).
- Примеры записи IPv6-адресов в предпочтительном формате.

2001:0db8:0000:1111:0000:0000:0000:0200

001:0db8:0000:00a3:abcd:0000:0000:1234

Правило представления адресов IPv6 1 — Пропустить ведущий ноль

Первое правило для сокращения записи IPv6-адресов — пропуск всех начальных 0 (нулей) в шестнадцатеричной записи.

Примеры:

- 01AB можно представить как 1AB
- 09f0 может быть представлен как 9f0
- 0a00 может быть представлен как a00
- 00AB можно представить как AB

Это правило применяется только к начальным нулям, а НЕ к конечным, иначе адрес будет непонятен.

Тип	Формат
Предпочитаемый формат	2001:0db8:0000:1111:0000:0000:0000:0200
Опустить ведущие нули	2001:db8:0:1111:0:0:0:200

Правило представления адресов IPv6 2 — двойное двоеточие

Двойное двоеточие (::) может заменять все единичные, непрерывные строки из одного или нескольких 16-битных сегментов (гекстетов), которые состоят только из нулей.

Пример.

- 2001:db8:cafe:1:0:0:0:1 (ведущие 0 опущены) можно было бы представить как 2001:db8:cafe:1::1

Двойное двоеточие (::) может использоваться в адресе только один раз, иначе возникнет двусмысленность и данной записи будут соответствовать несколько возможных адресов.

Тип	Формат
Предпочитаемый формат	2001:0db8:0000:1111:0000:0000:0200
Сокращенный	2001:db8:0:1111::200

12.3 Типы адресов IPv6

Существует три типа IPv6-адресов:

Индивидуальные (одноадресные), групповые (многоадресные) и произвольные рассылки.

Существует три широкие категории адресов IPv6:

- Индивидуальная (одноадресная) рассылка, **unicast**: служит для однозначного определения интерфейса на устройстве под управлением протокола IPv6.
- Групповая (многоадресная) рассылка, **multicast**: используется для отправки одного IPv6-пакета на несколько адресов назначения.
- Произвольная рассылка, **anycast**: любой индивидуальный IPv6-адрес, который может быть назначен нескольким устройствам. Пакет, отправляемый на адрес произвольной рассылки, направляется к ближайшему устройству с этим адресом.

Примечание. Протокол IPv6 не использует адреса широковещательной рассылки. Однако есть групповой IPv6-адрес для всех узлов, который дает аналогичный результат.

Длина префикса IPv6-адреса

Как и IPv4, длина префикса представлена в виде косой черты и используется для указания сетевой части адреса IPv6.

Диапазон длины префикса может составлять от 0 до 128. Обычная длина префикса IPv6 для локальных сетей и большинства сетей других типов — /64, как показано на рисунке.



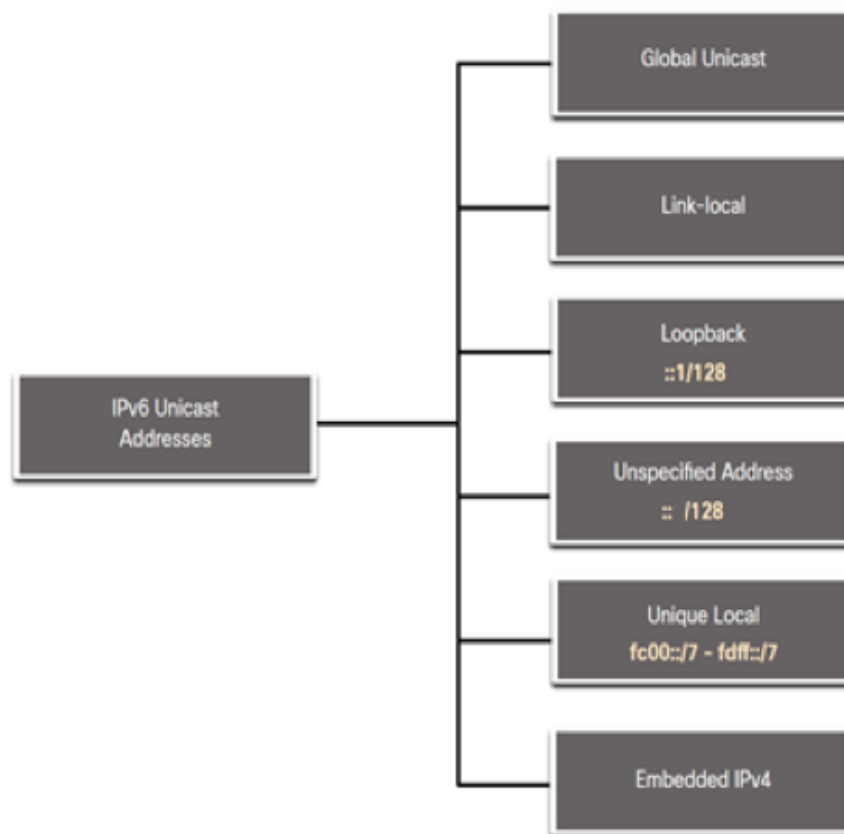
Настоятельно рекомендуется использовать 64-битный идентификатор интерфейса для большинства сетей.

Это связано с тем, что автоконфигурация адресов без учета (SLAAC) использует 64 бита для идентификатора интерфейса. Это также упрощает создание и управление подсетями.

Другие типы IPv6-адресов одноадресной рассылки

В отличие от устройств IPv4, имеющих только один адрес, адреса IPv6 обычно имеют два одноадресных адреса:

- **Глобальный индивидуальный адрес** аналогичен публичному IPv4-адресу. Эти адреса, к которым можно проложить маршрут по Интернету, являются уникальными по всему миру.
- **Локальный адрес канала (LLA)** используются для обмена данными с другими устройствами по одному локальному каналу. LLA не являются маршрутизируемыми и ограничиваются одним каналом.



Примечание об уникальном локальном адресе

Уникальные локальные IPv6-адреса имеют некоторые общие особенности с частными адресами RFC 1918 для IPv4, но при этом между ними имеются и значительные различия.

- Уникальные локальные адреса используются для локальной адресации в пределах узла или между ограниченным количеством узлов.
- Уникальные локальные адреса могут использоваться для устройств, которым никогда не понадобится использование других сетей или получение из них данных.
- Уникальные локальные адреса не маршрутизируются глобально и не преобразуются в глобальный адрес IPv6.

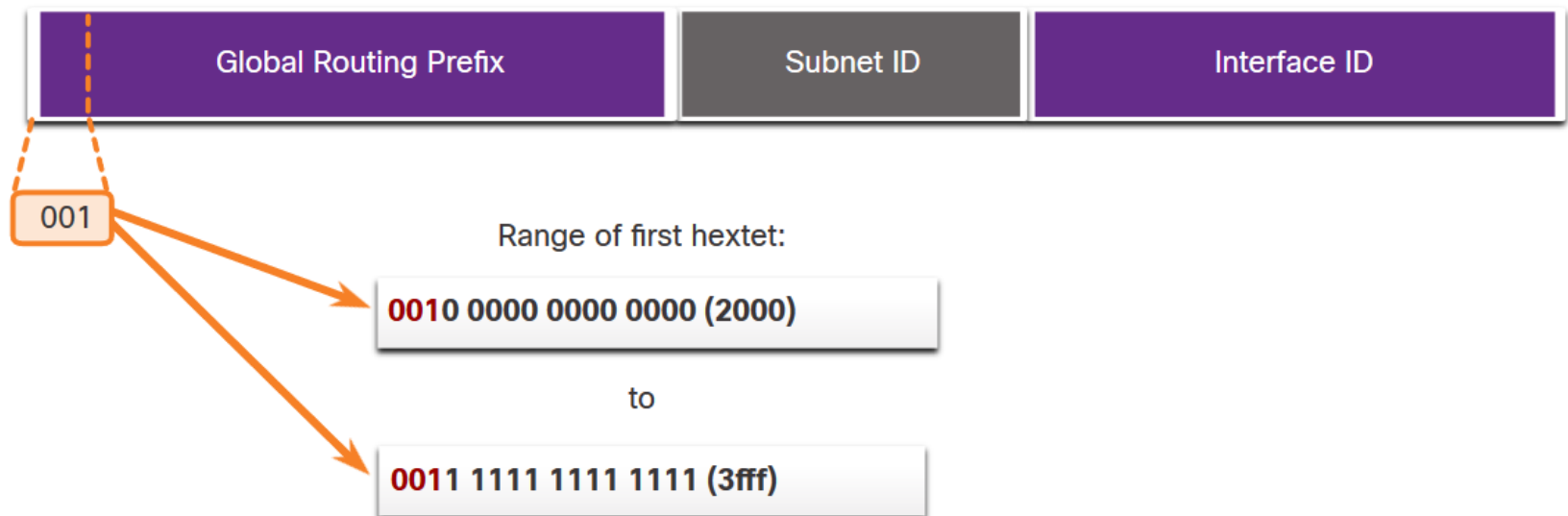
Многие сайты используют частные адреса RFC 1918, чтобы обеспечить безопасность или защитить сеть от потенциальных угроз. Это никогда не предназначалось для использования ULAs.

Типы адресов IPv6

IPv6 GUA

Глобальные индивидуальные IPv6-адреса (GUA) уникальны по всему миру и доступны для маршрутизации через Интернет IPv6.

- В настоящее время назначаются только глобальные индивидуальные адреса с первыми тремя битами 001 или 2000::/3.
- Доступные в настоящее время GUAs начинаются с десятичной 2 или 3 (это всего 1/8 от общего доступного адресного пространства IPv6).



IPv6 Структура GUA

Префикс глобальной маршрутизации

- Префикс глобальной маршрутизации — это префиксальная или сетевая часть адреса, назначаемая интернет-провайдером заказчику или узлу. Префикс глобальной маршрутизации зависит от политик поставщика услуг Интернета.

Идентификатор подсети

- Поле Идентификатор подсети — это область между префиксом глобальной маршрутизации и идентификатором интерфейса. Идентификатор подсети используется организациями для обозначения подсетей на своем сайте.

Идентификатор интерфейса

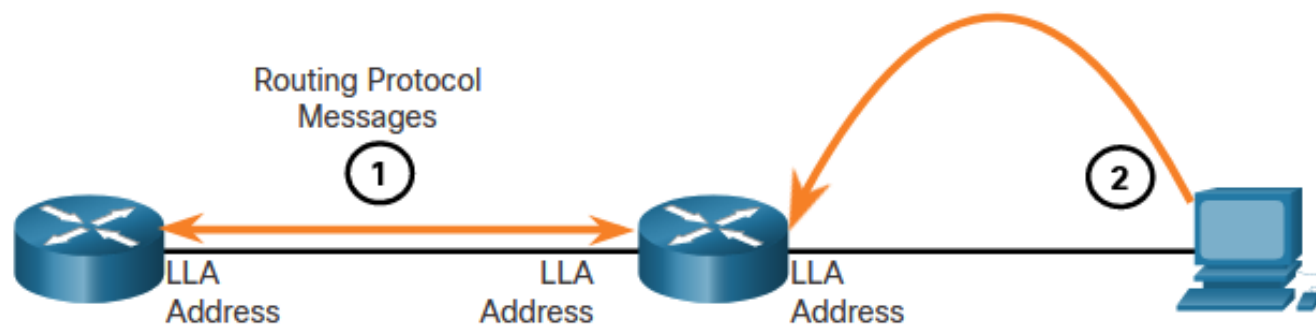
- Идентификатор IPv6-интерфейса эквивалентен узловой части IPv4-адреса. Настоятельно рекомендуется использовать в большинстве случаев / 64 подсети, что создает 64-битный идентификатор интерфейса.

Примечание. В отличие от IPv4, при использовании протокола IPv6 устройству можно назначить адрес узла, состоящий из одних 0 или из одних 1. Можно также использовать адрес из одних 0, но он зарезервирован в качестве адреса произвольной рассылки маршрутизатора подсети, и его следует назначать только маршрутизаторам.

Типы адресов IPv6 LLA

Локальный IPv6-адрес канала позволяет устройству обмениваться данными с другими устройствами с включенным протоколом IPv6 в том же канале (подсети) и только в нем.

- Пакеты с исходным или конечным LLA не могут быть маршрутизированы.
- Каждый сетевой интерфейс с поддержкой IPv6 должен иметь LLA.
- Если локальный адрес канала не настроен вручную на интерфейсе, устройство автоматически создает его самостоятельно, не обращаясь к DHCP-серверу.
- IPv6 LLA находятся в диапазоне fe80::/10.



1. Routers use the LLA of neighbor routers to send routing updates.
2. Hosts use the LLA of a local router as the default-gateway.

Вопросы?



Ставим "+",
если вопросы есть



Ставим "-",
если вопросов нет

12.4 Статическая конфигурация GUA и LLA

Статическая конфигурация GUA на маршрутизаторе

Большинство команд конфигурирования и проверки IPv6-сети в операционной системе Cisco IOS похожи на свои аналоги для IPv4-сети. Во многих случаях единственное отличие между ними — использование в командах **ipv6** вместо **ip**.

- Команда для настройки GUA IPv6 на интерфейсе:

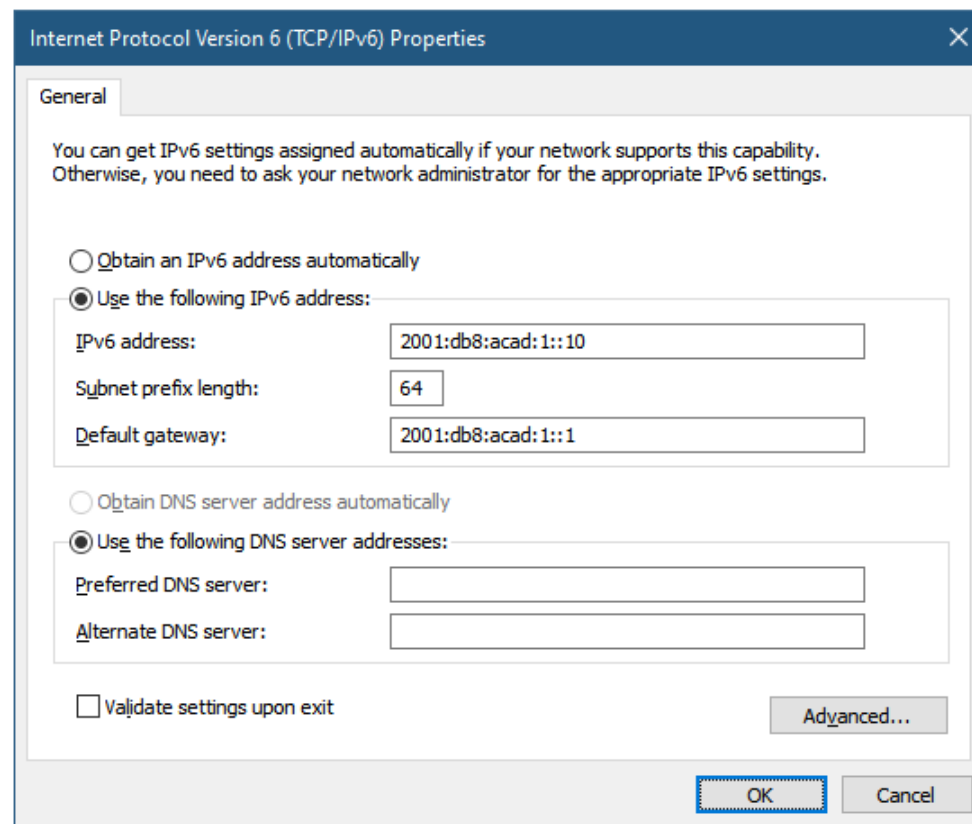
IPv6 адрес *ipv6-адрес/prefix-length*.

- В примере показаны команды для настройки GUA на интерфейсе G0/0/0 на R1:

```
R1(config)# interface gigabitethernet 0/0/0
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:1::1/64
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# exit
```

Статическая конфигурация GUA на узле Windows

- Ручная настройка IPv6-адреса на узле аналогична настройке IPv4-адреса.
- В качестве шлюза по умолчанию можно использовать GUA или LLA интерфейса маршрутизатора. Наилучшей практикой является использование LLA.



Если используется DHCPv6 или SLAAC, локальный адрес канала локального маршрутизатора автоматически указывается как адрес шлюза по умолчанию.

Статическая конфигурация GUA локального одноадресного адреса

Ручная настройка локального адреса канала позволяет создавать адрес, который легче узнать и запомнить.

- **LLA можно настроить вручную с помощью параметра: link-local**
- В примере показаны команды для настройки LLA на интерфейсе G0/0/0 на R1

```
R1(config)# interface gigabitethernet 0/0/0
R1(config-if)# ipv6 address fe80::1:1 link-local
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# exit
```

Примечание. Один и тот же LLA может быть настроен для каждого канала, если он уникальна для этого канала. Обычная практика заключается в создании различных LLA на каждом интерфейсе маршрутизатора, чтобы упростить идентификацию маршрутизатора и конкретного интерфейса.

12.5 Динамическая адресация для GUAs IPv6

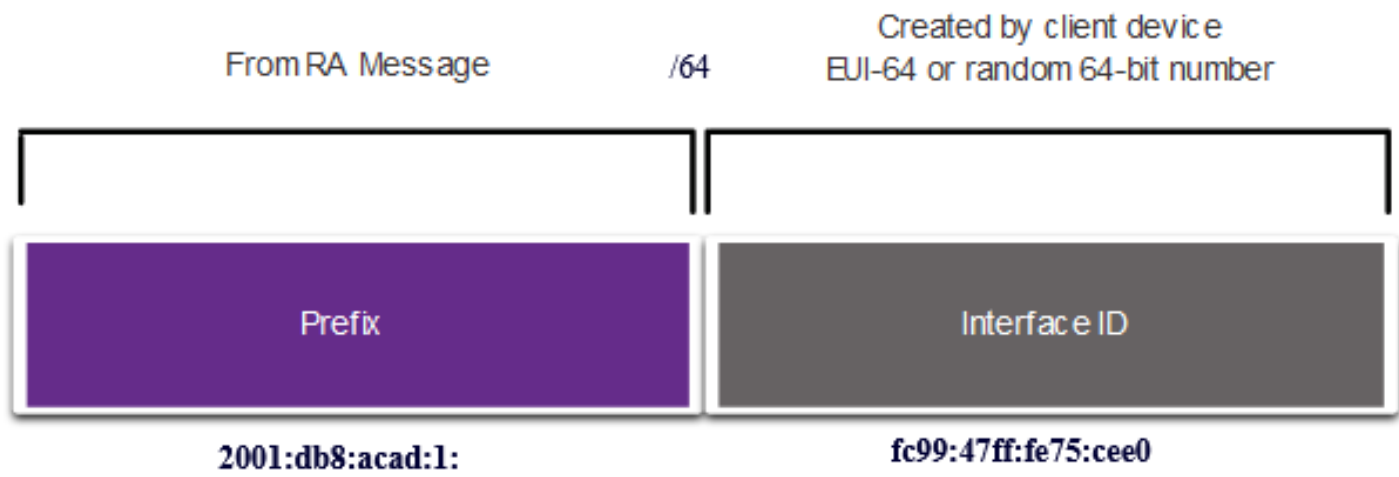
Сообщения RS и RA

Устройства получают адреса GUA динамически через сообщения протокола ICMPv6.

- Сообщения Router Solicitation (RS) отправляются хост-устройствами для обнаружения маршрутизаторов IPv6
- Сообщения Router Advertisement (RA) отправляются маршрутизаторами для информирования хостов о том, как получить GUA IPv6, и предоставления полезной информации о сети, такой как:
 - Длину префикса и префикс сети
 - Адрес шлюза по умолчанию
 - DNS-адреса и доменное имя
- RA может предоставить три метода настройки GUA IPv6:
 - SLAAC
 - SLAAC и DHCPv6 без сохранения состояний.
 - Динамический DHCPv6 с сохранением состояний (без SLAAC)

Способ 1: SLAAC

- SLAAC позволяет устройству настраивать GUA без служб DHCPv6.
- Устройства получают необходимую информацию для настройки GUA из сообщений ICMPv6 RA локального маршрутизатора.
- Префикс предоставляется RA, и устройство использует либо EUI-64, либо метод случайной генерации для создания идентификатора интерфейса.

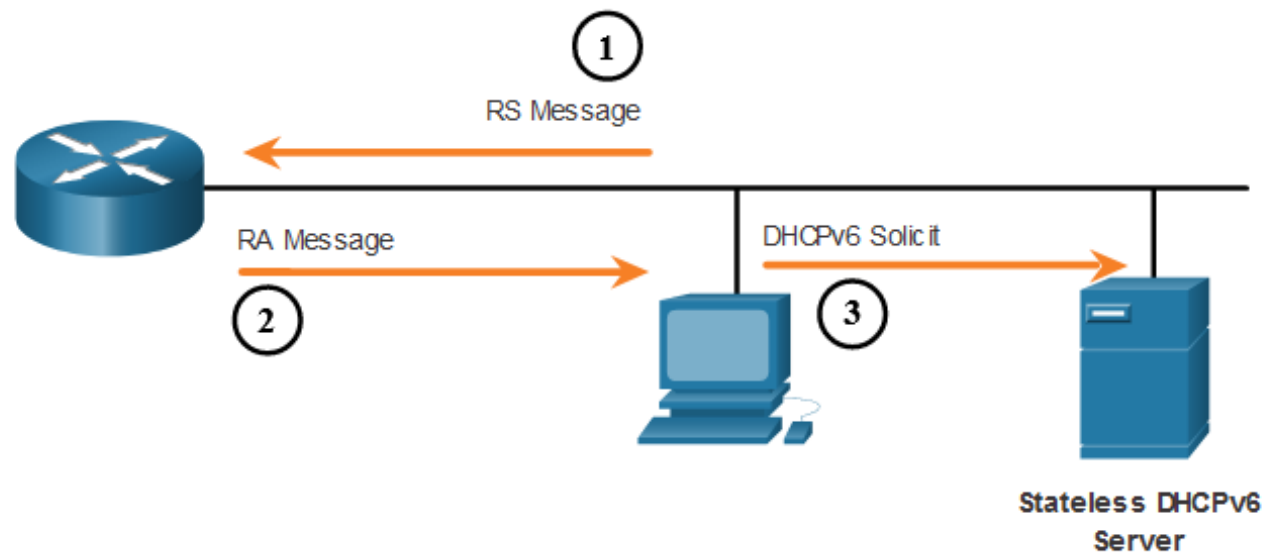


Способ 2: SLAAC и DHCP без сохранения состояния

RA может поручить устройству использовать как SLAAC, так и DHCPv6 без сохранения состояния.

Сообщение RA предполагает, что устройства используют следующее:

- SLAAC для создания собственного IPv6 GUA
- Локальный адрес канала маршрутизатора, IPv6-адрес источника RA, в качестве адреса шлюза по умолчанию
- DHCPv6-сервер, не сохраняющий состояния адресов, для получения другой информации, такой как адрес DNS-сервера и имя домена.



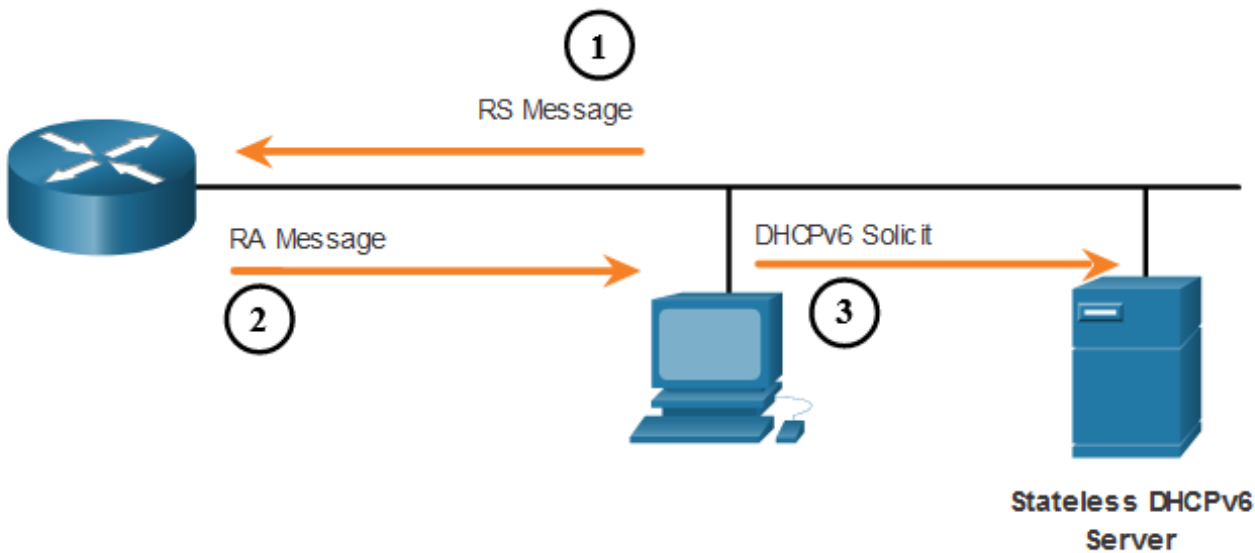
Способ 3: протокол DHCPv6 с учетом состояния

RA может поручить устройству использовать только DHCPv6 с сохранением состояния.

DHCPv6-сервер с сохранением состояния адресов аналогичен DHCP-серверу в системе IPv4. Устройство может автоматически получать GUA, длину префикса и адреса DNS-серверов от сервера DHCPv6 с сохранением состояния.

В сообщении RA предлагается использовать следующие устройства :

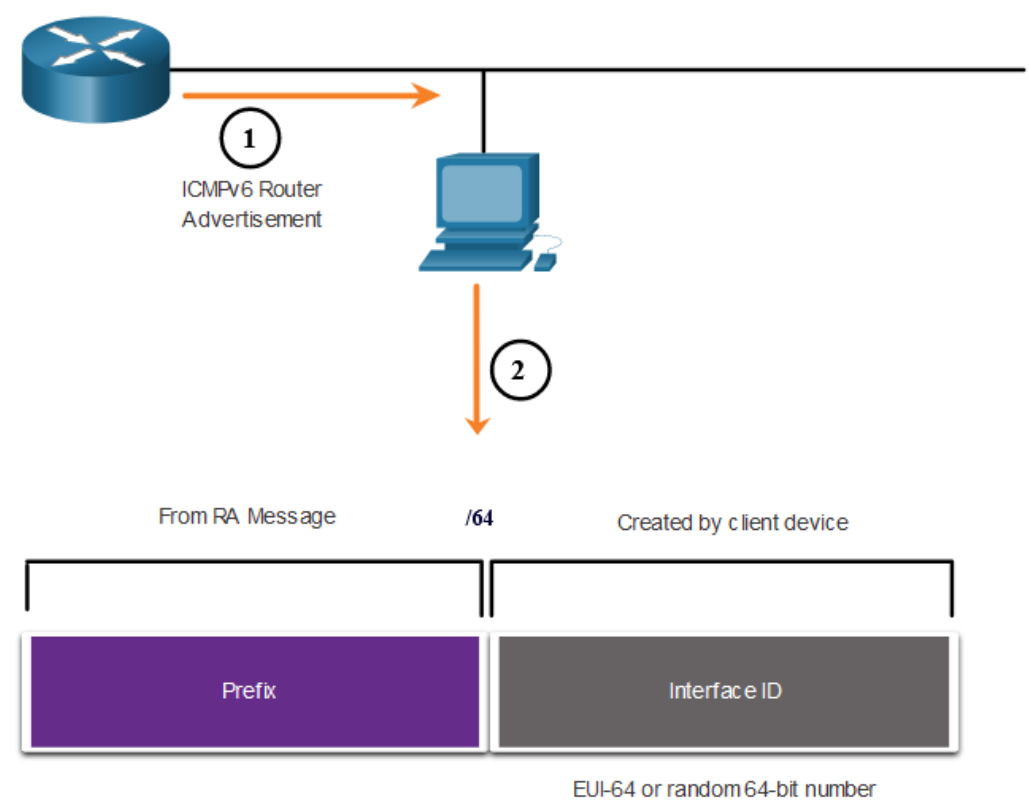
- Локальный адрес канала маршрутизатора, IPv6-адрес источника RA, в качестве адреса шлюза по умолчанию
- DHCPv6-сервер с сохранением состояния адресов для получения глобального индивидуального адреса, адрес DNS-сервера, имя домена и прочую необходимую информацию.



Динамическая адресация для процесса GUAs IPv6

Процесс EUI-64 и случайно сгенерированный идентификатор интерфейса

- Если сообщение RA имеет тип SLAAC либо SLAAC + DHCPv6 сервер без сохранения состояния адресов, клиент должен генерировать собственный идентификатор интерфейса.
- Идентификатор интерфейса может быть создан с помощью EUI-64 или представлять собой случайно созданное 64-битное число.



Процесс EUI-64

Организация IEEE разработала расширенный уникальный идентификатор (Extended Unique Identifier, EUI) или измененный процесс EUI-64.

- 16-битное значение fffe (в шестнадцатеричном формате) вставляется в середину 48-битного MAC-адреса Ethernet клиента.
- 7-й бит MAC-адреса клиента обращен с двоичного 0 на 1.
- Пример.

48-битный MAC	fc:99:47:75:ce:e0
Идентификатор интерфейса EUI-64	fe:99:47:ff:fe:75:ce:e0

Случайно сгенерированные идентификаторы интерфейса

В зависимости от операционной системы устройство может использовать случайно сгенерированный идентификатор интерфейса вместо MAC-адресов и EUI-64.

Например, начиная с Windows Vista в операционных системах Windows используется случайно сгенерированный идентификатор интерфейса вместо созданного через EUI-64.

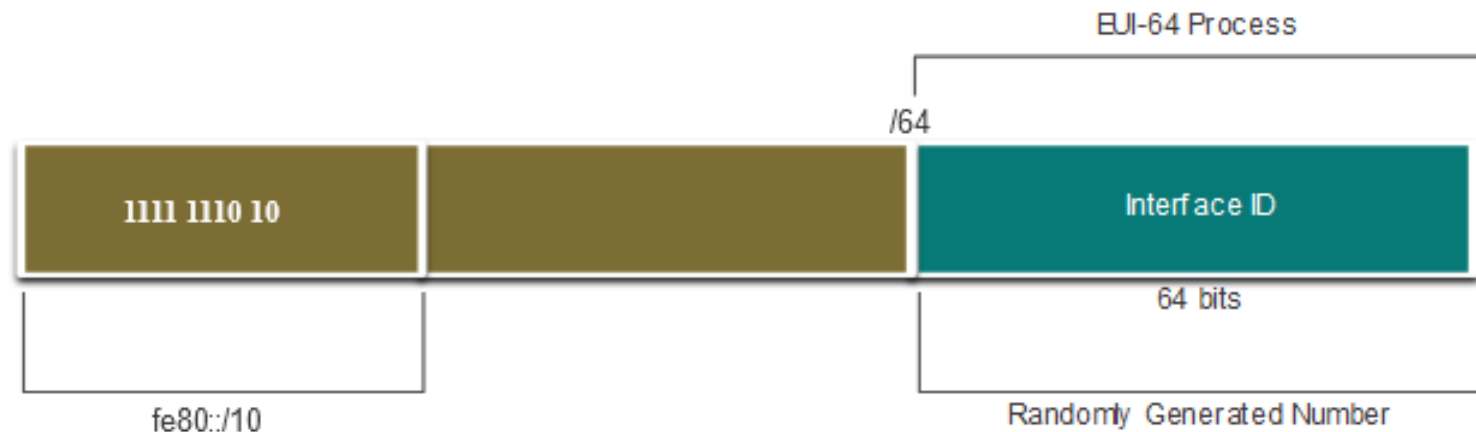
```
C:\> ipconfig
Настройка протокола IP для Windows
Подключение Ethernet-адаптера по локальной сети:
Connection-specific DNS Suffix . :
IPv6 Address. . . . . : 2001:db8:acad:1:50a5:8a35:a5bb:66e1
Link-local IPv6-адрес. . . . . : fe80::50a5:8a35:a5bb:66e1
Шлюз по умолчанию . . . . . : fe80::1
C:\>
```

Примечание. Чтобы обеспечить уникальный индивидуальный IPv6-адрес клиент может использовать процесс обнаружения дублирующихся адресов (Duplicate Address Detection, DAD). Это аналогично ARP-запросу собственного адреса. Отсутствие ответного сообщения означает, что адрес уникален.

12.6 Динамическая адресация для IPv6 LLAs

Динамические LLA

- Все интерфейсы IPv6 должны иметь протокол LLA IPv6.
- Как и IPv6 GUAs, LLA можно настроить динамически.
- Как показано на рисунке, локальный адрес канала динамически создается с помощью префикса FE80::/10 и полученного с помощью процесса EUI-64 или случайно сгенерированного 64-битного идентификатора интерфейса.



Динамическая адресация для LLAs IPv6

Динамические LLA в Windows

Операционные системы, такие как Windows, обычно используют один и тот же метод как для создаваемого SLAAC GUA, так и для динамически назначаемого LLA.

Идентификатор интерфейса, сгенерированный EUI-64

```
C:\> ipconfig
Настройка протокола IP для Windows
Подключение Ethernet-адаптера по локальной сети:
Connection-specific DNS Suffix . :
IPv6 Address. . . . . : 2001:db8:acad:1:fc 99:47ff:fe75:cee0
Link-local IPv6-адрес. . . . . : fe80::fc99:47ff:fe75:cee0
Шлюз по умолчанию . . . . . : fe80::1
C:\>
```

Случайным образом сгенерированный 64-битный идентификатор интерфейса

```
C:\> ipconfig
Windows IP Configuration
Ethernet adapter Local Area Connection:
    Connection-specific DNS Suffix . :
    IPv6 Address. . . . . : 2001:db8:acad:1:50a5:8a35:a5bb:66e1
    Link-local IPv6-адрес. . . . . : fe80::50a5:8a35:a5bb:66e1
    Шлюз по умолчанию . . . . . : fe80::1
C:\>
```

Динамические LLA на маршрутизаторах Cisco

Маршрутизаторы Cisco автоматически создают локальный IPv6-адрес канала после назначения интерфейсу глобального индивидуального адреса. По умолчанию маршрутизаторы Cisco IOS используют процесс EUI-64 для создания идентификатора интерфейса для всех локальных адресов канала в IPv6-интерфейсах.

Ниже приведен пример LLA, динамически настроенного на интерфейсе G0/0/0

R1:

```
R1# show interface gigabitEthernet 0/0/0
GigabitEthernet0/0/0 is up, line protocol is up
Hardware is ISR4221-2x1GE, address is 7079.b392.3640 (bia 7079.b392.3640)
<Данные опущены>
R1# show ipv6 interface brief
GigabitEthernet0/0/0 [up/up]
FE80::7279:B3FF:FE92:3640
2001:DB8:ACAD:1::1
```

Проверка конфигурации адреса IPv6

Маршрутизаторы Cisco автоматически создают локальный IPv6-адрес канала после назначения интерфейсу глобального индивидуального адреса. По умолчанию маршрутизаторы Cisco IOS используют процесс EUI-64 для создания идентификатора интерфейса для всех локальных адресов канала в IPv6-интерфейсах.

Ниже приведен пример LLA, динамически настроенного на интерфейсе G0/0/0 R1:

```
R1# show interface gigabitEthernet 0/0/0
GigabitEthernet0/0/0 is up, line protocol is up
Hardware is ISR4221-2x1GE, address is 7079.b392.3640 (bia 7079.b392.3640)
<Данные опущены>
R1# show ipv6 interface brief
GigabitEthernet0/0/0 [up/up]
FE80::7279:B3FF:FE92:3640
2001:DB8:ACAD:1::1
```


Вопросы?



Ставим "+",
если вопросы есть



Ставим "-",
если вопросов нет

12.7 Адреса многоадресной рассылки IPv6

Присвоенные групповые IPv6-адреса

Групповые адреса IPv6 имеют префикс FF00::/8 Существует два типа групповых IPv6-адресов:

- Известные многоадресные адреса
- Групповой адрес запрашиваемого узла

Примечание. Групповые адреса могут быть только адресами назначения, а не адресами источника.

Известные IPv6 адреса многоадресной рассылки

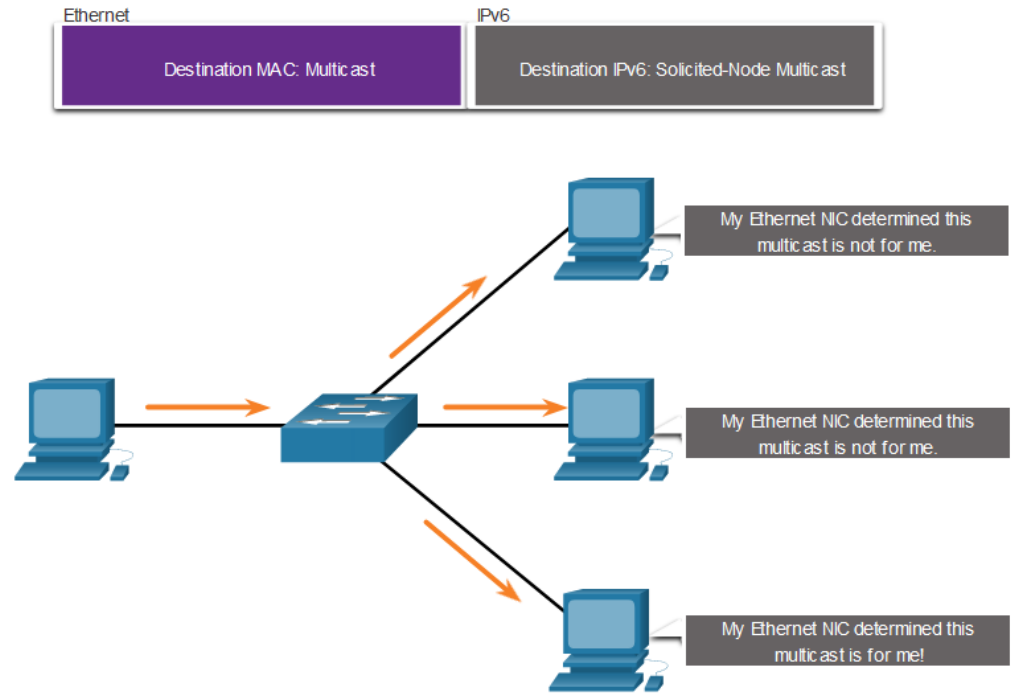
Присвоенные групповые адреса зарезервированы для заданных групп устройств.

Есть две распространенные группы присвоенных групповых IPv6-адресов:

- **Группа многоадресной рассылки для всех узлов FF02::1.** Это группа многоадресной рассылки, в которую включены все устройства под управлением протокола IPv6. Пакет, отправленный этой группе, принимается и обрабатывается всеми IPv6-интерфейсами в канале или сети.
- **Группа многоадресной рассылки для всех маршрутизаторов FF02::2.** Это группа многоадресной рассылки, в которую включены все IPv6-маршрутизаторы. Маршрутизатор становится частью этой группы, когда переходит под управление протоколом IPv6 с помощью **команды глобального конфигурирования** *ipv6 unicast-routing*.

Групповые адреса IPv6 запрашиваемых узлов

- Групповой адрес запрашиваемых узлов аналогичен групповому адресу для всех узлов.
- Преимущество группового адреса запрашиваемых узлов заключается в том, что он соответствует специальному адресу многоадресной рассылки Ethernet.
- Это позволяет сетевой плате Ethernet отфильтровывать кадр, анализируя MAC-адрес назначения без его отправки в IPv6-процесс, чтобы убедиться, что устройство действительно является узлом назначения IPv6-пакета.

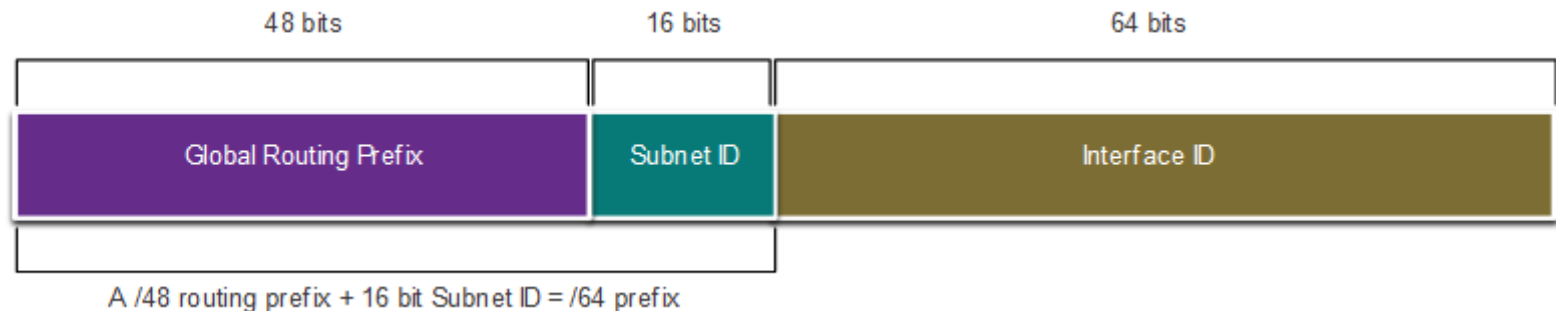


12.8 Разделение сети IPv6 на подсети

Разделение на подсети с использованием идентификатора подсети

IPv6 был разработан с учетом создания подсетей.

- Для создания подсетей используется отдельное поле ID подсети в GUA IPv6.
- Поле ID подсети — это область между префиксом глобальной маршрутизации и идентификатором интерфейса.




Пример подсети IPv6 сети подсетей IPv6

Учитывая глобальный префикс маршрутизации 2001:db8:acad: :/48 с 16-битным идентификатором подсети.

- Разрешает 65 536 /64 подсети
- Обратите внимание, что префикс глобальной маршрутизации является одинаковым для всех подсетей.
- Для каждой подсети увеличивается только гекстет идентификатора подсети в шестнадцатеричном формате.

Increment subnet ID to create 65,536 subnets



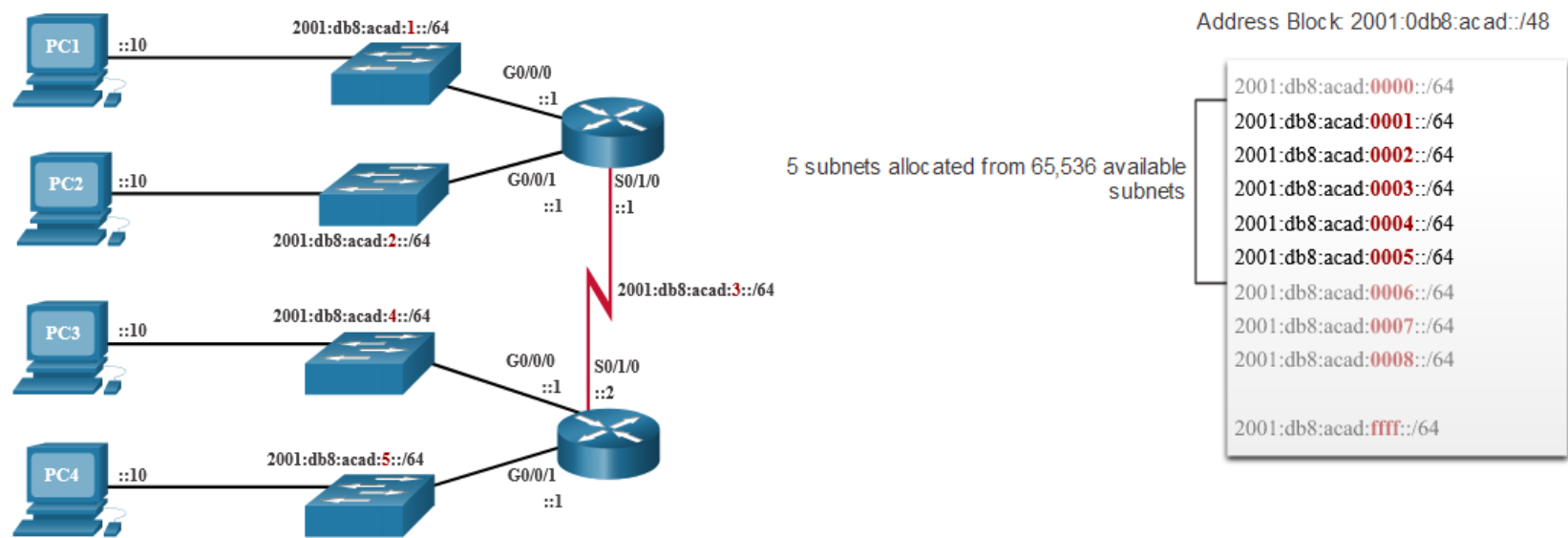
```
2001:db8:acad:0000::/64
2001:db8:acad:0001::/64
2001:db8:acad:0002::/64
2001:db8:acad:0003::/64
2001:db8:acad:0004::/64
2001:db8:acad:0005::/64
2001:db8:acad:0006::/64
2001:db8:acad:0007::/64
2001:db8:acad:0008::/64
2001:db8:acad:0009::/64
2001:db8:acad:000a::/64
2001:db8:acad:000b::/64
2001:db8:acad:000c::/64
Subnets 13 – 65,534 not shown
2001:db8:acad:ffff::/64
```


Разделение на подсети IPv6-сети

Распределение подсети IPv6

Как показано на рисунке, в примере топологии потребуются подсети для каждой локальной сети (LAN), а также для канала сети WAN между маршрутизаторами R1 и R2.

Были выделены пять подсетей IPv6 с полем ID подсети 0001 по 0005. Каждая подсеть /64 предоставит гораздо больше адресов, чем может когда-либо понадобиться.



Маршрутизатор, сконфигурированный с подсетями IPv6

Аналогично настройке IPv4, на рисунке 4 показано, что каждый интерфейс маршрутизатора был настроен как находящийся в другой IPv6-подсети.

```
R1(config)# interface gigabitethernet 0/0/0
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:1::1/64
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# exit
R1(config)# interface gigabitethernet 0/0/1
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:2::1/64
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# exit
R1(config)# interface serial 0/1/0
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:2::1/64
R1(config-if)# no shutdown
```

Вопросы?



Ставим "+",
если вопросы есть



Ставим "-",
если вопросов нет

Заполните, пожалуйста,
опрос о занятии

Спасибо за внимание!