

Адресация в IPv6

- Адресное пространство IPv6
- Нотация адреса IPv6
- IPv6 address prefixes
- Одноадресные (Unicast) адреса
- Многоадресные (Multicast) адреса
- Групповые (Anycast) адреса
- IPv6 interface identifiers

Адресное пространство IPv6

- 128-битный формат адреса
 - 2^{128} возможных адресов
 - 340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456 адресов (3.4×10^{38})
- 6.6×10^{23} адресов на каждый квадратный метр поверхности Земли
- 128 битный формат был выбран для обеспечения гибкости при создании многоуровневых, иерархических, маршрутизируемых систем

Нотация адреса IPv6

- IPv6 адрес в двоичной записи

```
0010000000000001000011011011100000000000000000000010111100111011  
000000101010101000000000111111111111110001010001001110001011010
```

Нотация адреса IPv6 (2)

- IPv6 адрес в двоичной записи

```
0010000000000001000011011011100000000000000000000010111100111011  
000000101010101010000000001111111111111110001010001001110001011010
```

- С разделением по 16 бит

```
0010000000000001 0000110110111000 0000000000000000 0010111100111011  
0000001010101010 0000000011111111 111111000101000 1001110001011010
```

Нотация адреса IPv6 (3)

- IPv6 адрес в двоичной записи

```
0010000000000001000011011011100000000000000000000010111100111011  
00000010101010101000000000111111111111110001010001001110001011010
```

- С разделением по 16 бит

```
0010000000000001 0000110110111000 0000000000000000 0010111100111011  
0000001010101010 0000000011111111 111111000101000 1001110001011010
```

- Каждый 16-битный блок записывается в HEX и разделяется двоеточиями
 - 2001:0DB8:0000:2F3B:02AA:00FF:FE28:9C5A

Нотация адреса IPv6 (4)

- IPv6 адрес в двоичной записи

```
0010000000000001000011011011100000000000000000000010111100111011  
000000101010101010000000001111111111111110001010001001110001011010
```

- С разделением по 16 бит

```
0010000000000001 0000110110111000 0000000000000000 0010111100111011  
0000001010101010 0000000011111111 111111000101000 1001110001011010
```

- Каждый 16-битный блок записывается в HEX и разделяется двоеточиями

- 2001:0DB8:0000:2F3B:02AA:00FF:FE28:9C5A

- Сокращаем каждый блок на впереди стоящие нули

- 2001:DB8:0:2F3B:2AA:FF:FE28:9C5A

Сокращение нулей

- Типичный IPv6 адрес содержит большие последовательности нулей
- Единая 16-битная последовательность нулей может быть сокращена до “::”

Сокращение нулей (2)

- Типичный IPv6 адрес содержит большие последовательности нулей
- 16-битные последовательности нулей могут быть сокращены до “::”
- Примеры
 - FE80:0:0:0:2AA:FF:FE9A:4CA2 записывается как FE80::2AA:FF:FE9A:4CA2
 - FF02:0:0:0:0:0:0:2 сокращается до FF02::2

Сокращение нулей (3)

- Типичный IPv6 адрес содержит большие последовательности нулей
- 16-битные последовательности нулей могут быть сокращены до “::”
- Примеры
 - FE80:0:0:0:2AA:FF:FE9A:4CA2 записывается как FE80::2AA:FF:FE9A:4CA2
 - FF02:0:0:0:0:0:0:2 сокращается до FF02::2
- Нельзя использовать сокращение нулей для включения лишь части 16-битного блока
 - FF02:30:0:0:0:0:0:5 записывается не как FF02:3::5, а FF02:30::5

IPv6 в URL. Примеры

- `HTTP://[2001:0f68:0000:0000:0000:0000:1986:69af]/`
- `HTTP://[2001:0f68:0000:0000:0000:0000:1986:69af]:80/`

Дополнительную информацию можно найти в "RFC 2732 - Format for Literal IPv6 Addresses in URL's " и "RFC 3986 - Uniform Resource Identifier (URI): Generic Syntax".

Адресные префиксы

- Используйте нотацию *Адрес/префикс*
 - Бесклассовая адресация CIDR
- Примеры
 - 2001:DB8:0:2F3B::/64 – префикс подсети или сегмента сети
 - 2001:DB8::/48 – адресный префикс для групповой маршрутизации
 - FF00::/8 – адресный префикс для диапазона IPv6 адресов

Адресные префиксы (2)

- Используйте нотацию *Адрес/префикс*
 - Бесклассовая адресация CIDR
- Примеры
 - 2001:DB8:0:2F3B::/64 – префикс подсети или сегмента сети
 - 2001:DB8::/48 – адресный префикс для групповой маршрутизации
 - FF00::/8 – адресный префикс для диапазона IPv6 адресов
- ::/0 – маршрут по умолчанию (default route)

Типы IPv6 адресов

- Одноадресный (Unicast)
 - Идентификатор одиночного интерфейса
 - Доставляется одиночному интерфейсу
- Многоадресный (Multicast)
 - Идентификатор набора интерфейсов
 - Доставляется всем интерфейсам из набора
- Групповой (Anycast)
 - Идентификатор набора интерфейсов
 - Доставляется одному из интерфейсов
- Нет широковещательных адресов (broadcast addresses)

Одноадресные (Unicast) адреса

- Глобальные адреса (global addresses)
- Link-local адрес
- Site-local адрес
- Unique local адреса

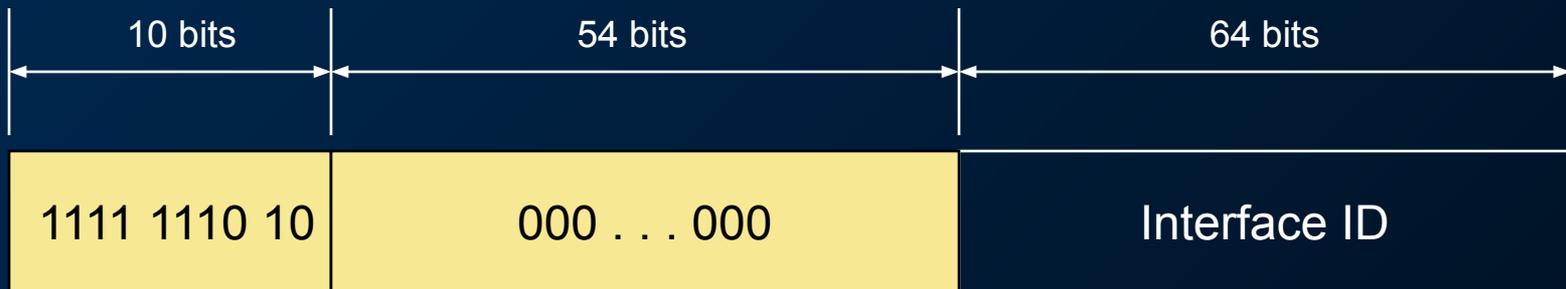
Глобальные адреса

- Область определения – весь IPv6-интернет
 - Эквивалент public адресам в IPv4
- Определены in RFC 3587
- Структура
 - Global Routing Prefix (префикс подписчика)
 - ID субсети
 - Интерфейс ID



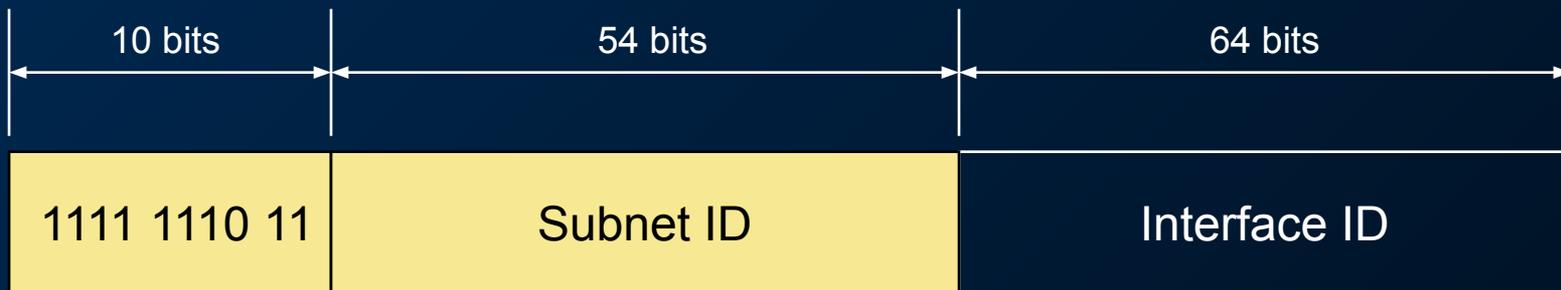
Link-local адреса

- Область определения – одиночный канал
 - Эквивалент APIPA адресации в IPv4 (Automatic Private IP Addressing)
- Префикс FE80::/64
- Использование
 - Одиночная подсеть, автоконфигурирование
 - Процесс Neighbor Discovery



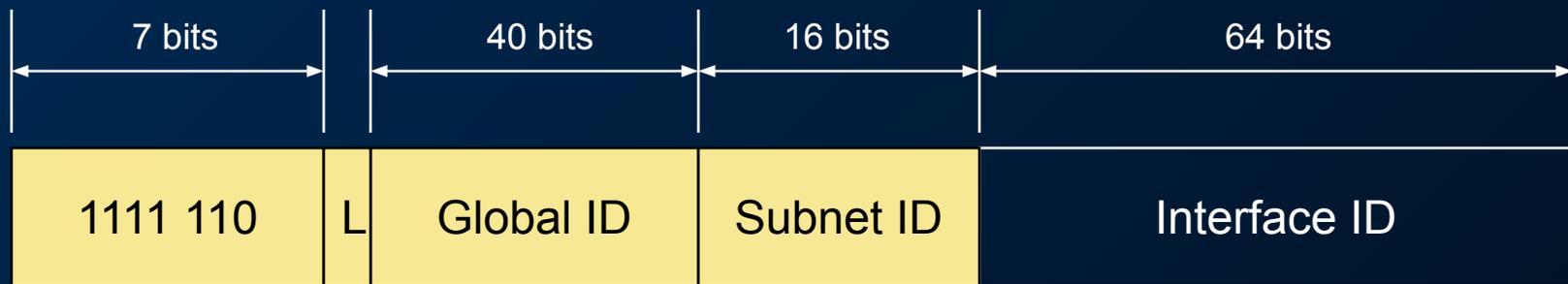
Site-local адреса

- Определены для одиночного сайта
 - Эквивалент private адресам в IPv4
- Префикс FEC0::/10
- Используется для интрасетей компаний, не подключённых к IPv6-Интернету
- Со временем устарел, но поддерживается многими ОС



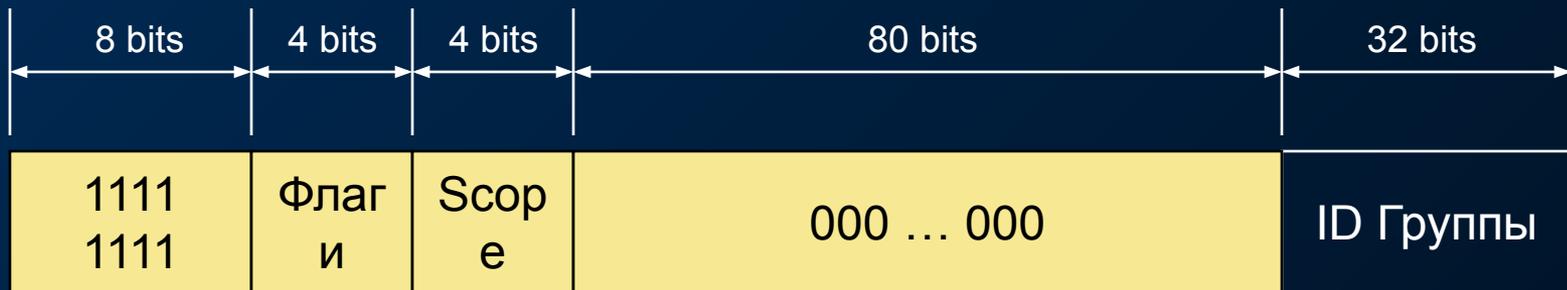
Unique local адреса

- Приватный для организации и уникальный среди сайтов организаций
- Префикс FD00::/8
- Пришёл на смену Site-Local
- Глобальная область определения

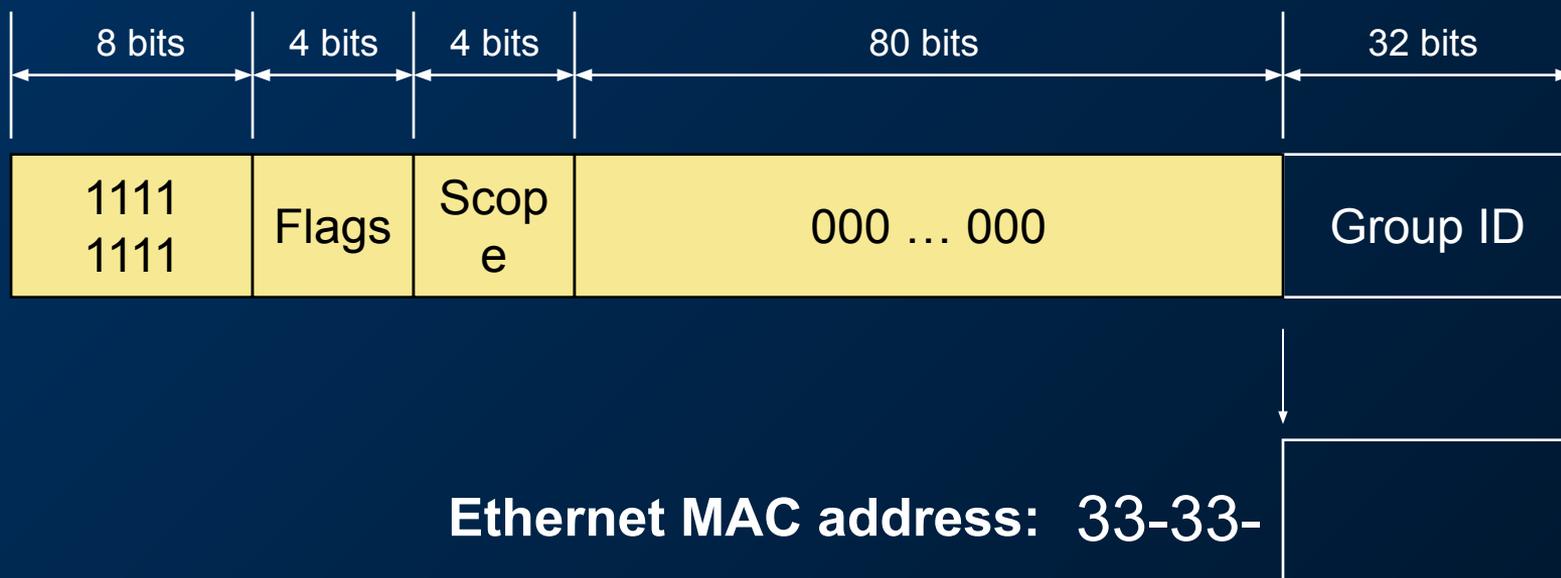


Multicast адреса

- Флаги
- Score
- Резервированные multicast адреса
 - FF02::1 (все узлы в пределах группы)
 - FF02::2 (все маршрутизаторы в пределах области)



Адрес активного узла (solicited-node)



- Используется для разрешения адресов, эффективней, чем ARP в IPv4
- Пример
 - Для FE80::2AA:FF:FE28:9C5A, соответствующий адрес активного узла FF02::1:FF28:9C5A

Эквиваленты в IPv4 и IPv6 адресации

IPv4 адресация	IPv6 адресация
Классы адресов	Не применяется
Multicast адреса (224.0.0.0/4)	IPv6 multicast адреса (FF00::/8)
Broadcast адреса	Не применяется
Маршрут по умолчанию 0.0.0.0	Маршрут по умолчанию ::
Loopback адрес 127.0.0.1	Loopback адрес ::1
Public IP адреса	Global адреса
Private IP адреса	Site-local адреса (FE00::/10)
APIPA адреса (169.254.0.0/16)	Link-local адреса (FE80::/64)
Нотация: десятичная с точками	Нотация: шестнадцатеричная с “:”
Маски: десятичная с точками или /длина	Нотация только Адрес/префикс
DNS forward: тип записи A	Тип записи AAAA
DNS reverse: Доменная зона IN-ADDR.ARPA	Доменная зона IP6.ARPA

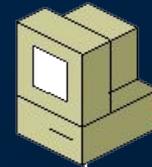
Router discovery

- ЭВМ используют router discovery, чтобы определить
 - Множество маршрутизаторов локального канала
 - Значение по умолчанию поля Hop Limit
 - Таймер повторной передачи
 - Префиксы подсети для канала
 - MTU канала
 - Специфические маршрутизаторы

Router discovery. Пример

Часть 1

Комп А

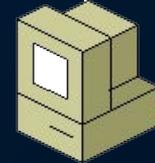


MAC: 00-AA-00-11-11-11
IP: FE80::2AA:FF:FE11:1111



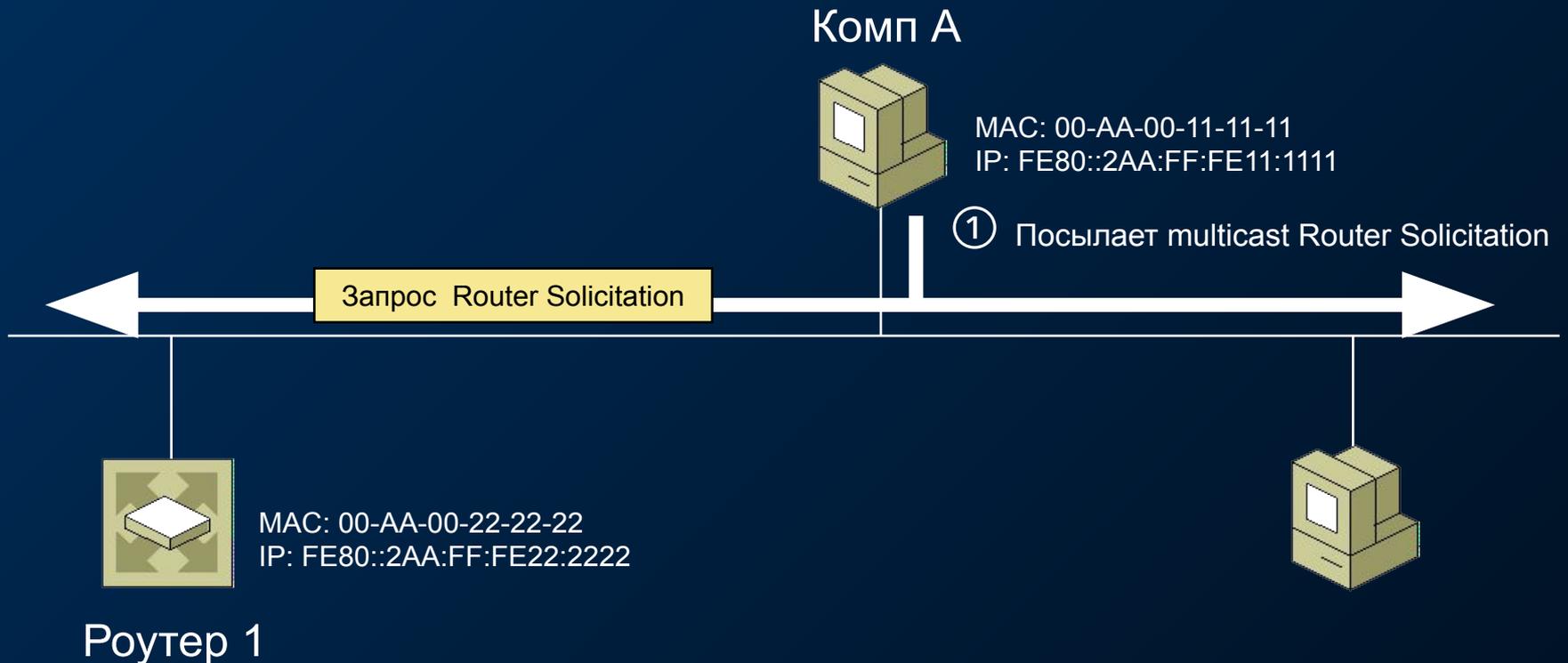
MAC: 00-AA-00-22-22-22
IP: FE80::2AA:FF:FE22:2222

Роутер 1



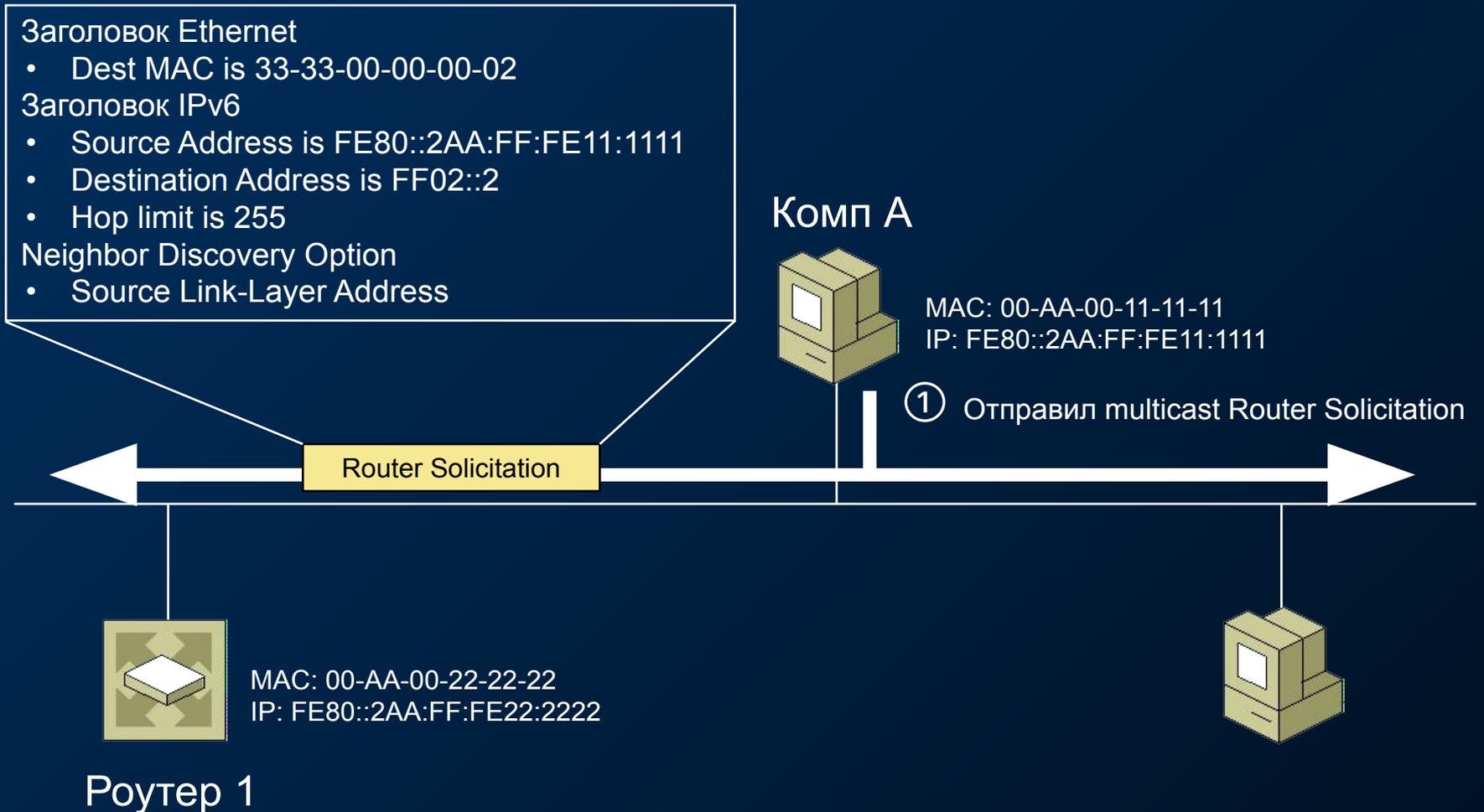
Router discovery. Пример (2)

Часть 1



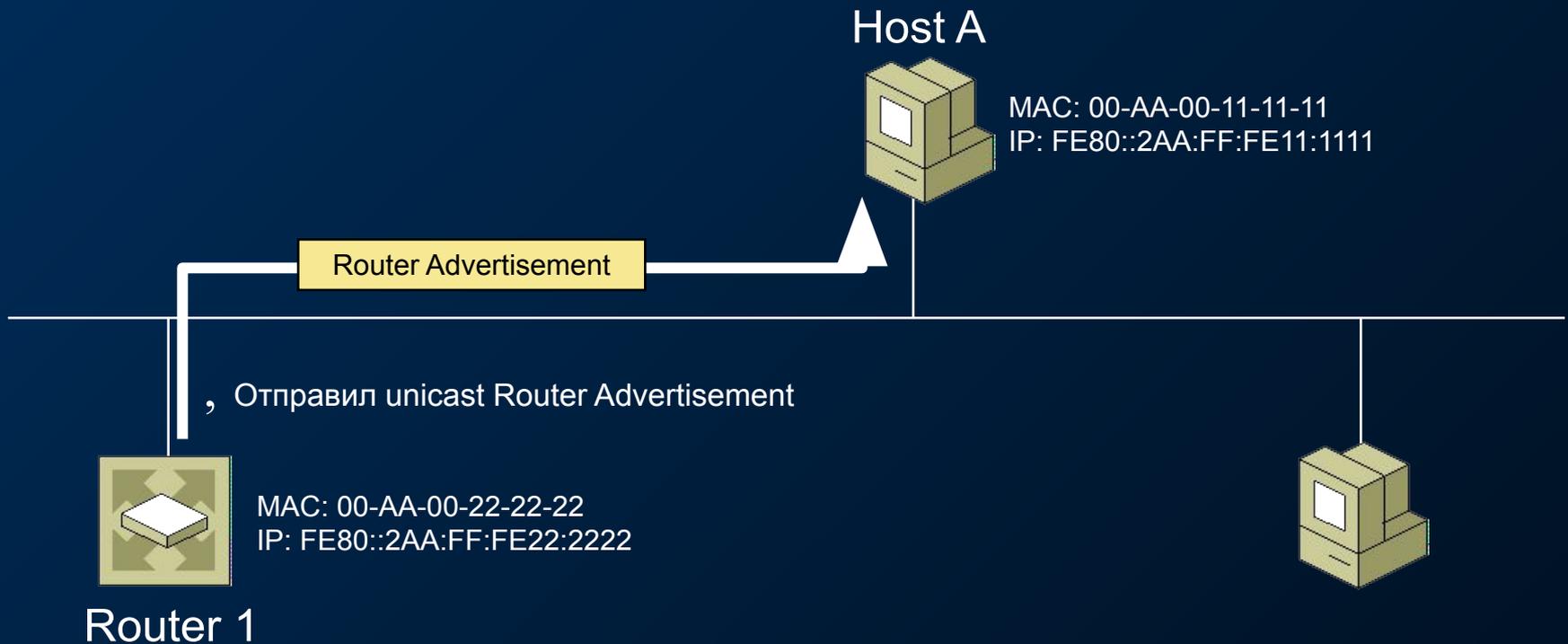
Router discovery. Пример (3)

Часть 1



Router discovery. Пример (4)

Часть 2



Router discovery. Пример (5)

Часть 2

Ethernet Header

- Dest MAC is 00-AA-00-11-11-11

IPv6 Header

- Source Address is FE80::2AA:FF:FE22:2222
- Destination Address is FE80::2AA:FF:FE11:1111
- Hop limit is 255

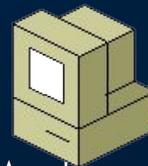
Router Advertisement Header

- Cur Hop Limit, Flags, Router/Reachable/Retrans

Neighbor Discovery Options

- **Source Link-Layer Address**
- MTU
- Prefix Information

Host A



MAC: 00-AA-00-11-11-11
IP: FE80::2AA:FF:FE11:1111

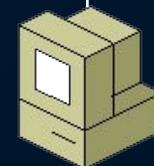
Router Advertisement

, Send unicast Router Advertisement



MAC: 00-AA-00-22-22-22
IP: FE80::2AA:FF:FE22:2222

Router 1



Эквиваленты в IPv4 и IPv6

IPv4 Neighbor Function	IPv6 Neighbor Function
ARP Request message	Neighbor Solicitation message
ARP Reply message	Neighbor Advertisement message
ARP cache	Neighbor cache
Gratuitous ARP	Duplicate Address Detection
Router Solicitation message (optional)	Router Solicitation message (required)
Router Advertisement message (optional)	Router Advertisement message (required)
Redirect message	Redirect message

IPv6. Переходные механизмы

- Двойной стек
- Туннели
- Автоматическое туннелирование (6to4, ISAP)
- Настраиваемое туннелирование
- Прокси и трансляция (похоже на NAT)

IPv6 и операционные системы

<i>Operating system</i>	<i>DHCPv6</i>	<i>6to4</i>	<i>Configured tunnels</i>	<i>PPPo6 PPPoE</i>
AIX	yes	yes	yes	yes
Cisco IOS	yes	yes	yes	yes
FreeBSD	addon	yes	yes	yes
HP-UX 11i	yes	yes	yes	yes
Linux	addon	yes	yes	yes
Mac OS X	no	yes	yes	yes
NetBSD	addon	yes	yes	?
OpenBSD	addon	no	yes	?
Solaris	yes	yes	yes	yes
Windows XP	addon	yes	yes	no
Windows Vista	yes	yes	yes	yes
Windows 7	yes	yes	?	?

Настройка IPv6 в Windows XP

Команда	Действие
<code>ipv6 /?</code>	получение помощи (help)
<code>ipv6 install</code>	устанавливает поддержку IPv6
<code>ipv6 uninstall</code>	отключает поддержку IPv6
<code>ipconfig</code>	просмотр сетевых настроек
<code>ipv6 if</code>	просмотр IPv6-сетевых настроек
<code>ipv6 add <индекс/название интерфейса>/<ipv6-адрес></code>	добавление IPv6-адреса
<code>ipv6 rt</code>	просмотр IPv6-таблицы маршрутизации
<code>ipv6 rtu <префикс сети> <индекс/название интерфейса>/<ipv6-адрес маршрутизатора></code>	добавление маршрута

Настройка IPv6 в Linux (1)

Просмотр IPv6 адреса

```
# /sbin/ip -6 addr show dev <interface>
```

```
# /sbin/ip -6 addr show dev eth0 2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP>; mtu 1500  
qdisc pfifo_fast qlen 100  
inet6 fe80::210:a4ff:fee3:9566/10 scope link  
inet6 2001:0db8:0:f101::1/64 scope global  
inet6 fec0:0:0:f101::1/64 scope site
```

Просмотр IPv6 адреса

```
# /sbin/ifconfig <interface>
```

```
# /sbin/ifconfig eth0 |grep "inet6 addr:"  
inet6 addr: fe80::210:a4ff:fee3:9566/10 Scope:Link  
inet6 addr: 2001:0db8:0:f101::1/64 Scope:Global  
inet6 addr: fec0:0:0:f101::1/64 Scope:Site
```

Настройка IPv6 в Linux (2)

Добавление IPv6 адреса

```
# /sbin/ip -6 addr add <ipv6address>/<prefixlength> dev <interface>  
# /sbin/ip -6 addr add 2001:0db8:0:f101::1/64 dev eth0  
# /sbin/ifconfig <interface> inet6 add <ipv6address>/<prefixlength>  
# /sbin/ifconfig eth0 inet6 add 2001:0db8:0:f101::1/64
```

Удаление IPv6 адреса

```
# /sbin/ip -6 addr del <ipv6address>/<prefixlength> dev <interface>  
# /sbin/ip -6 addr del 2001:0db8:0:f101::1/64 dev eth0  
# /sbin/ifconfig <interface> inet6 del <ipv6address>/<prefixlength>  
# /sbin/ifconfig eth0 inet6 del 2001:0db8:0:f101::1/64
```

Настройка IPv6 в Linux (3)

Добавление IPv6 маршрутов через шлюз

```
# /sbin/ip -6 route add <ipv6network>/<prefixlength> via  
<ipv6address> [dev <device>]
```

```
# /sbin/ip -6 route add 2000::/3 via 2001:0db8:0:f101::1
```

```
# /sbin/route -A inet6 add <ipv6network>/<prefixlength> gw  
<ipv6address> [dev <device>]
```

```
# /sbin/route -A inet6 add 2000::/3 gw 2001:0db8:0:f101::1
```

Настройка IPv6 в Linux (4)

Добавление IPv6 маршрутов через интерфейс

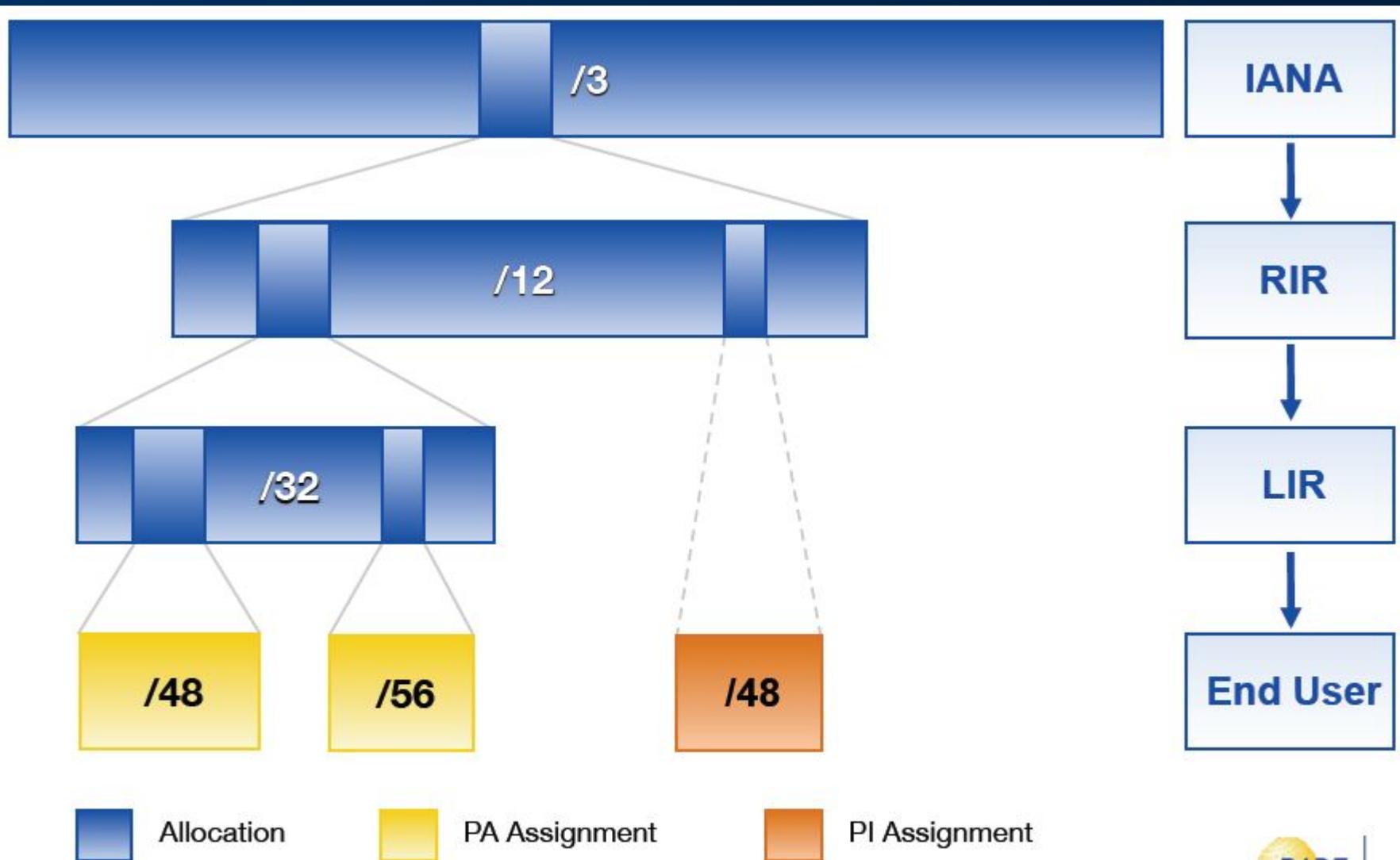
```
# /sbin/ip -6 route add <ipv6network>/<prefixlength> dev  
<device> metric 1
```

```
# /sbin/ip -6 route add 2000::/3 dev eth0 metric 1
```

```
# /sbin/route -A inet6 add <ipv6network>/<prefixlength>  
dev <device>
```

```
# /sbin/route -A inet6 add 2000::/3 dev eth0
```

Распределение адресов (1)



Распределение адресов (1)

- Организация должна
 - Быть локальным регистратором (LIR)
 - Иметь возможность делать отчисление в течение 2-х лет
- Минимальный размер блока для резервирования /32
- Примерная стоимость
1.300-5.500 евро в год
(<http://www.ripe.net/ripe/docs/charging2009.html>)

Сценарии перехода на IPv6 (1)

- **Не делать ничего**
 - Никаких проблем в течение ближайших 1,5 лет
 - Ваши сервисы будут недоступны для некоторых людей
 - Никаких дополнительных расходов
 - Большие расходы в случае быстрого внедрения IPv6
 - Планирование перехода в короткие сроки означает, что что-то может пойти не так

Сценарии перехода на IPv6 (2)

- **Совершить переход прямо сейчас**
 - Замена всего оборудования
 - Значительное вложение денег в ресурсы и время
 - Обратной дороги нет
 - Большие расходы в случае быстрого внедрения IPv6
 - Планирование перехода в короткие сроки означает, что что-то может пойти не так

Сценарии перехода на IPv6 (3)

- Действовать сейчас. Поэтапный подход
 - Проверить (протестировать) существующее оборудование и программы
 - Спланировать каждый шаг и этап
 - Значительные инвестиции растянуты во времени
 - Никаких серьёзных проблем после 1,5-2 лет
 - Ваши сервисы работают «на новых рельсах»
 - Готовиться к «отключению» IPv4

The End!

Край

Y Diwedd

النهاية

Соңы

ჟღერჟ

Fí

Finis

Ende

Finvezh

Liðugt

Кінець

Konec

Kraj

Ěnn

Fund

پایان

Lõpp

Vége

Son

Kraj

An Críoch

הסוף

Fine

Endir

Sfârșit

Fin

Τέλος

Einde

Конец

Slut

Slutt

დასასრული

Pabaiga

Fim

Amaia

Loppu

Tmíem

Koniec