

Формат пакета



Фиксированный заголовок IPv6 состоит из 40 октетов. (RFC 2640)

Версия (Version): значение поля равно 6.

Класс трафика (Traffic Class): поле приоритета пакета, используемое узлами-отправителями и/или маршрутизаторами для идентификации пакетов, принадлежащих одному классу трафика и распознавания пакетов с разными приоритетами. Аналогично полю ToS в IPv4. Маркирует пакет IPv6 значением DSCP. (RFC 2474)

Метка потока (Flow Label): используется отправителем для обозначения потока пакетов, которые должны быть подвергнуты определенной обработке маршрутизаторами. (RFC 6437)

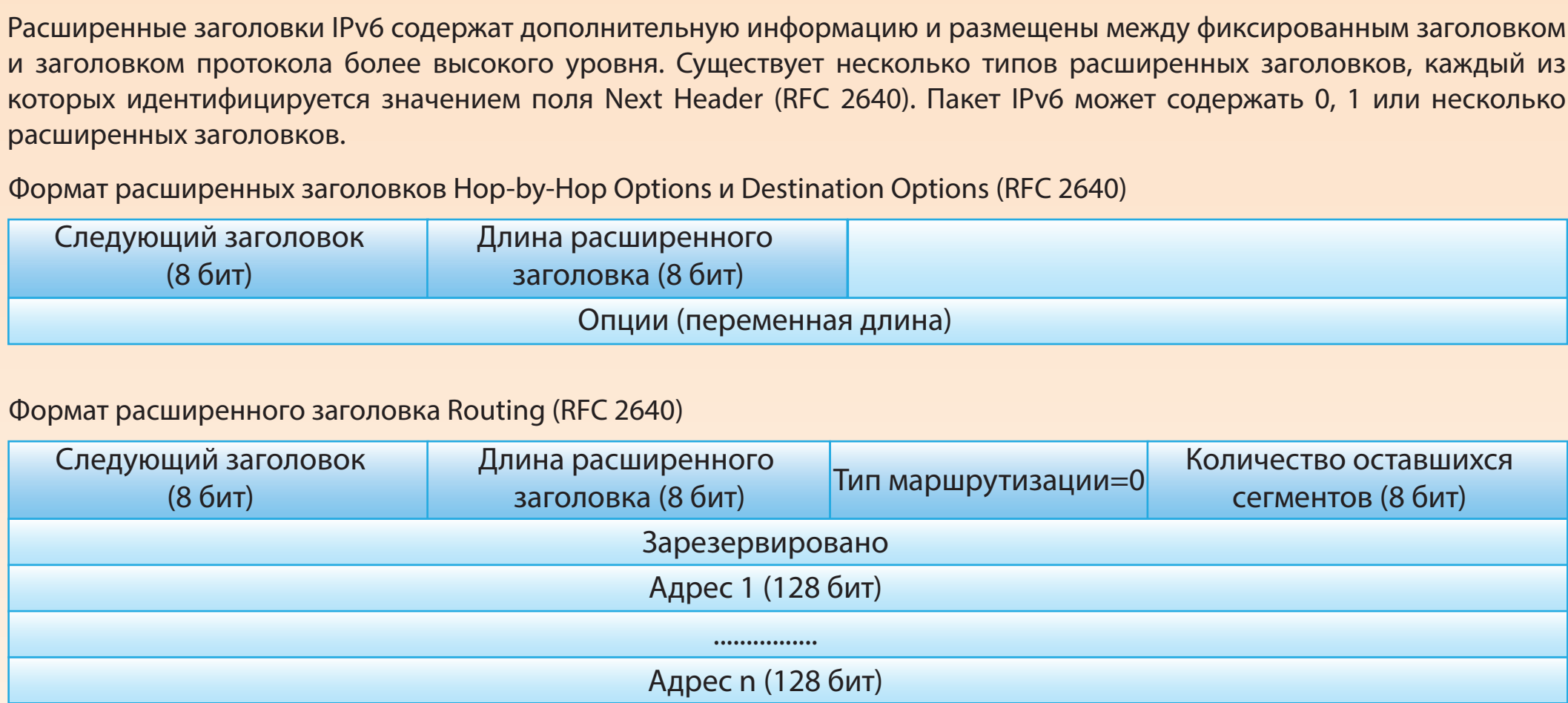
Размер поля данных (Payload Length): целое число, указывающее длину поля данных, идущего за заголовком пакета (с учетом расширенного заголовка).

Следующий заголовок (Next Header): определяет тип расширенного заголовка IPv6, который идет за фиксированным или протокол верхнего уровня. Когда в пакете используется больше одного расширенного заголовка, рекомендуется, чтобы они располагались в следующем порядке:

| Расширенный заголовок | Тип |
|---|------------------------------------|
| Hop-by-Hop Options | 0 |
| Destination Options (с опциями маршрутизации) | 60 |
| Routing | 43 |
| Fragment | 44 |
| Authentication (AH) | 51 |
| Encapsulation Security Payload (ESP) | 50 |
| Destination Options | 60 |
| Mobility | 135 |
| Нет следующего заголовка | 59 |
| Заголовок вышележащего уровня | TCP (6) UDP (17) ICMPv6 (58) |

Предельное число шагов (Hop Limit): уменьшается на 1 каждым узлом, через который передается пакет. При значении равном 0, пакет отбрасывается.

Расширенные заголовки



Расширенные заголовки IPv6 содержат дополнительную информацию и размещены между фиксированным заголовком и заголовком протокола более высокого уровня. Существует несколько типов расширенных заголовков, каждый из которых идентифицируется значением поля Next Header (RFC 2640). Пакет IPv6 может содержать 0, 1 или несколько расширенных заголовков.

Формат расширенных заголовков Hop-by-Hop Options и Destination Options (RFC 2640)

| Следующий заголовок (8 бит) | Длина расширенного заголовка (8 бит) | Опции (переменная длина) |
|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Зарезервировано | | |
| Адрес 1 (128 бит) | | |
| | | |
| Адрес n (128 бит) | | |

Формат расширенного заголовка Routing (RFC 2640)

| Следующий заголовок (8 бит) | Длина расширенного заголовка (8 бит) | Тип маршрутизации=0 | Количество оставшихся сегментов (8 бит) |
|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------|---|
| Зарезервировано | | | |
| Адрес 1 (128 бит) | | | |
| | | | |
| Адрес n (128 бит) | | | |

Формат расширенного заголовка Fragment (RFC 2640)

| Следующий заголовок (8 бит) | Зарезервировано | Смещение фрагмента (13 бит) | Зарезервировано (2 бита) | Флаг (1 бит) |
|-----------------------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------|--------------|
| Идентификация (32 бита) | | | | |

Формат расширенного заголовка Encapsulation Security Payload (RFC 2406)

| Индекс параметров безопасности (SPI) (32 бита) | Порядковый номер (32 бита) | Нагрузка (переменная длина) | Заполнение (переменная длина) | Длина заполнения (8 бит) |
|--|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Следующий заголовок (8 бит) | | | | |
| Значение проверки целостности (ICV) (переменная длина) | | | | |

Формат расширенного заголовка Authentication (RFC 2402)

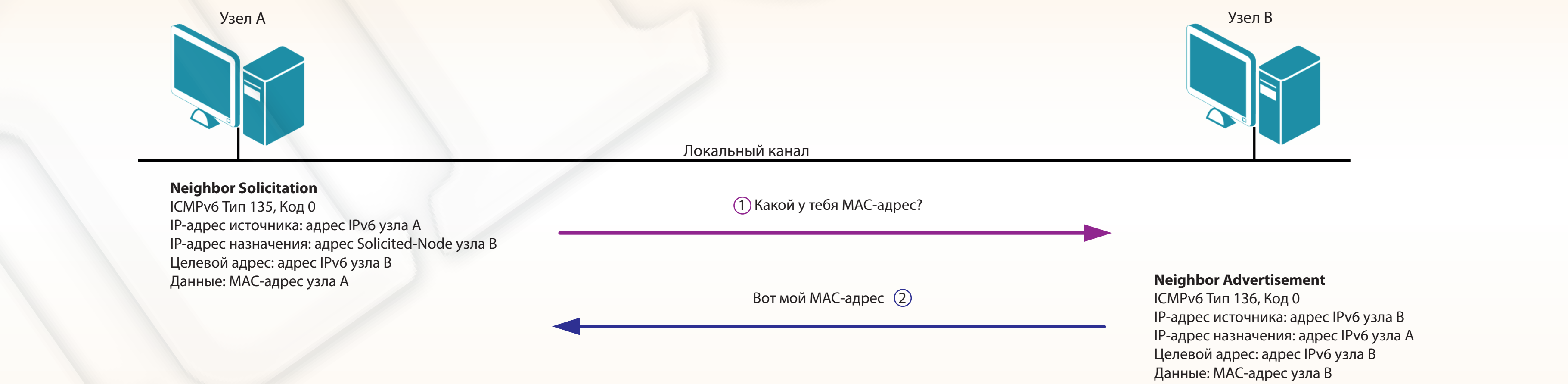
| Следующий заголовок (8 бит) | Длина нагрузки (8 бит) | Зарезервировано (16 бит) |
|--|------------------------|--------------------------|
| Индекс параметров безопасности (SPI) (32 бита) | | |
| Порядковый номер (32 бита) | | |
| Данные аутентификации (переменная длина) | | |

Протокол ICMPv6

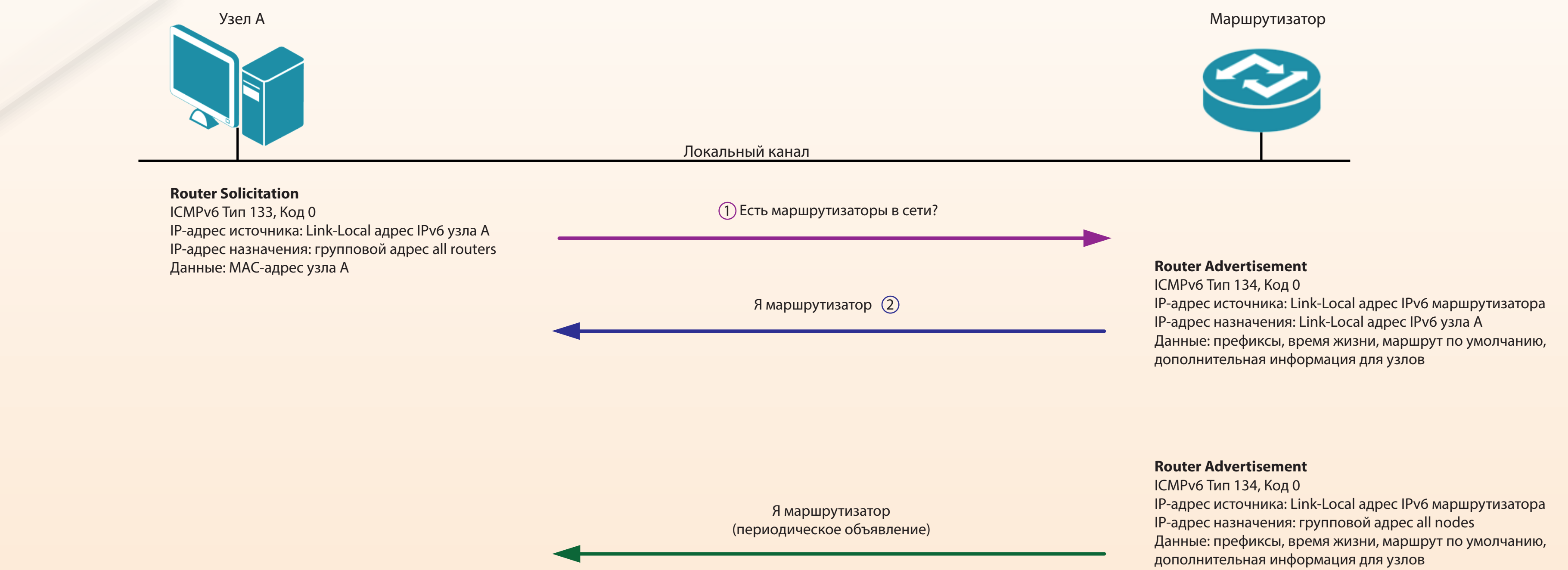
| Тип (8 бит) | Код (8 бит) | Контрольная сумма (16 бит) | Тип (Type): определяет тип сообщения ICMP. Код (Code): определяет подтип сообщения внутри ICMP-сообщения каждого типа. Контрольная сумма (Checksum): используется для определения повреждения данных. |
|--|-------------|----------------------------|--|
| Данные (зависит от значений полей «Тип» и «Код») | | | |
| Класс сообщения | Значение | Название сообщения | Описание типа сообщения |
| Сообщения об ошибках ICMPv6 | 1 | Destination Unreachable | Указывает, что пакет не может быть доставлен адресату. Код сообщения указывает причину ошибки. |
| | 2 | Packet Too Big | Отправляется, когда пакет не может быть передан, так как слишком большой для MTU следующего маршрутизатора на пути следования. Это сообщение требуется только в IPv6, так как в IPv4 маршрутизатор может фрагментировать большие пакеты. |
| | 3 | Time Exceeded | Отправляется, когда пакет отбрасывается по причине достижения его полем Hop Limit значения 0. |
| | 4 | Parameter Problem | Указывает, что при доставке существуют проблемы с параметрами пакета. |
| Информационные сообщения ICMPv6 | 128 | Echo Request | Отправляется устройством при тестировании соединения с другим устройством в сети. |
| | 129 | Echo Reply | Отправляется в ответ на сообщение Echo (Request). |
| | 133 | Router Solicitation | Запрос маршрутизатора на отправку Router Advertisement. |
| | 134 | Router Advertisement | Используется маршрутизаторами для объявления о своем существовании и возможностях. |
| | 135 | Neighbor Solicitation | Отправляется устройством при запросе адреса канального уровня другого устройства. |
| | 136 | Neighbor Advertisement | Объявление информации об узле другим устройствам сети. |
| | 137 | Redirect | Перенаправление передачи от узла ближайшему соседу в сети или маршрутизатору. |

Операции IPv6

Обнаружение соседей (Neighbor Discovery) — функции протокола Neighbor Discovery Protocol (разрешение адресов, определение недоступности соседа, определение дублирования адресов), позволяющие узлам получать информацию друг о друге. Для выполнения этих функций используются сообщения ICMPv6 Neighbor Solicitation (NS) и Neighbor Advertisement (NA).



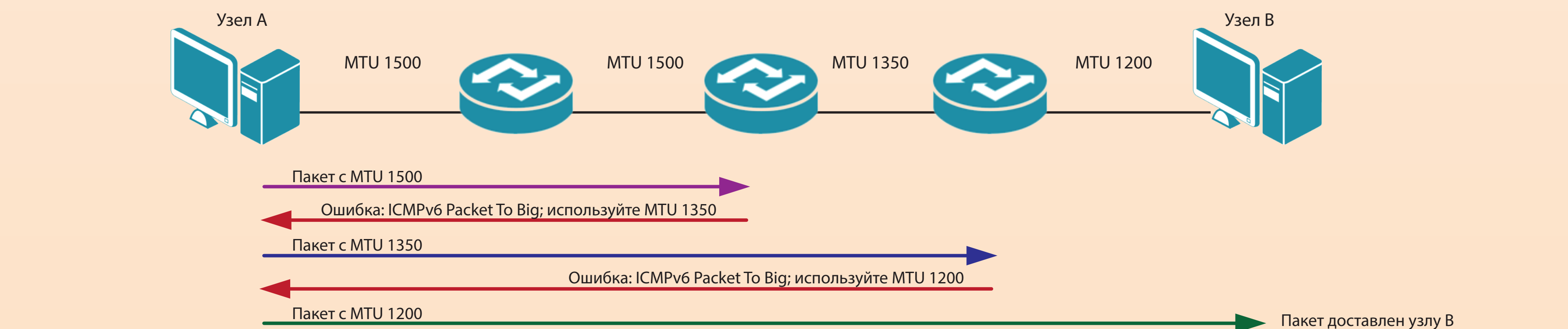
Обнаружение маршрутизатора (Router Discovery) — функция протокола Neighbor Discovery Protocol, позволяющая узлам локальной сети обнаруживать соседние маршрутизаторы и получать от них сетевые параметры, необходимые для автоконфигурации. Для выполнения этих функций используются сообщения ICMPv6 Router Advertisement (RA) и Router Solicitation (RS).



Stateful autoconfiguration - узлы получают IP-адрес интерфейса и/или конфигурационную информацию и параметры от сервера с помощью протокола DHCPv6.

Stateless autoconfiguration - позволяет узлам генерировать свой собственный адрес на основе комбинации локально доступной информации и информации, объявляемой маршрутизаторами в сообщениях Router Advertisement. Маршрутизаторы объявляют префиксы, а узлы генерируют идентификаторы интерфейсов. В отсутствие маршрутизатора узлы могут автоматически генерировать Link-Local IPv6-адрес из префикса fe80::/10 и идентификатора интерфейса (RFC 2462).

Обнаружение MTU пути (Path MTU Discovery) — функция, которая позволяет узлам динамически исследовать MTU каналов связи на пути передачи пакетов и регулировать их размер (RFC 1981). Когда пакет не может быть передан, так как слишком большой для MTU следующего маршрутизатора на пути следования, маршрутизатор отбрасывает пакет и отправляет узлу-источнику сообщение ICMPv6 Packet Too Big, содержащее MTU соответствующего интерфейса. При получении этого сообщения узел-источник уменьшает размер пакета до требуемого и выполняет его повторную передачу.

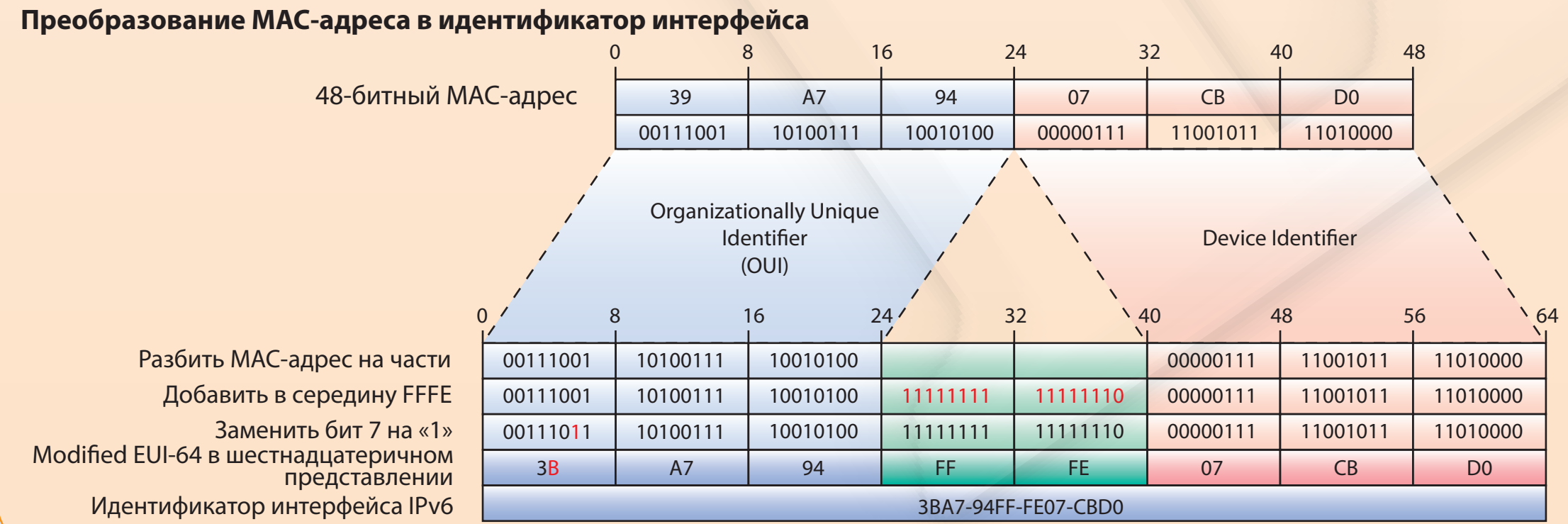


Адресация IPv6

Адрес IPv6 имеет длину 128 бит и отображается как восемь групп по четыре шестнадцатеричные цифры, разделенные знаком «:».

- Для сокращения записи адреса ведущие нули могут быть заменены одним 0, например адрес 0001:0123:0000:0000:0000:ABCD:0000:0001 сокращается до 0001:0123:0:0:ABCD:0:1; дополнительно одна или несколько подряд идущих групп, состоящих из нулей, может быть заменена знаком «:»; 1:123:ABCD:0:1.
- Альтернативная форма адреса IPv6 для использования в смешанной среде с узлами IPv4: XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:d:d:d, «X» - шестнадцатеричное значение 6 первых групп адреса, «d» - десятичное значение 4 последних групп адреса (стандартное представление адреса IPv4).

| Неопределенный адрес IPv6 (Unspecified) | | | |
|--|--|-----------------------|--------------|
| 0:0:0:0:0:0:0:0 | | | |
| 128 | | | |
| Адрес обратной петли IPv6 (Loopback) | | | |
| 0:0:0:0:0:0:0:1 | | | |
| 128 | | | |
| Уникальный локальный адрес канала IPv6 (Link-Local Unicast) | | | |
| 1111 1110 10 | | 0 | Interface ID |
| 10 | | 54 | 64 |
| Уникальный локальный адрес IPv6 (Unique Local Unicast, ULA) | | | |
| 1111 11 | | L | Global ID |
| 7 | | 1 | 40 |
| | | Subnet ID | 16 |
| | | | Interface ID |
| | | | 64 |
| Уникальный глобальный адрес IPv6 (Global Unicast) | | | |
| 001 | | Global routing prefix | |
| 3 | | 45 | Subnet ID |
| | | | 16 |
| | | | Interface ID |
| | | | 64 |
| Уникальный совместимый с IPv4 адрес IPv6 (IPv4-Compatible IPv6) | | | |
| 0000.....0000 | | 0000 | Адрес IPv4 |
| 80 | | 16 | 32 |
| Уникальный преобразованный из IPv4 адрес IPv6 (IPv4-Mapped IPv6) | | | |
| 0000.....0000 | | FFFF | Адрес IPv4 |
| 80 | | 16 | 32 |
| Уникальный адрес IPv6 6to4 | | | |
| 0001 0000 0000 0001 | | Адрес IPv4 | |
| 16 | | 32 | SLA ID |
| | | | 16 |
| | | | Interface ID |
| | | | 64 |
| Групповой адрес IPv6 (Multicast) | | | |
| 1111 1111 | | flgs | scop |
| 8 | | 4 | 4 |
| | | Group ID | |
| | | 112 | |
| Альтернативный адрес IPv6 (Anycast) | | | |
| Subnet prefix | | 0 | |
| n | | 128-n | |



| Префикс | Описание | Аналог в IPv4 |
|--|---|---|
| ::/128 | Unspecified Никогда не назначается узлу, обозначает отсутствие адреса (RFC 4291). | 0.0.0.0 |
| ::1/128 | Loopback Используется узлом для отправки самому себе дейтаграмм IPv6 (RFC 4291). | 127.0.0.1 |
| ::ffff:96 Пример: ::ffff:192.0.2.47 | IPv4-Mapped IPv6 Используется для внедрения адреса IPv4 в адрес IPv6 (RFC 4038). | Нет аналога. |
| fc00::/7 Пример: fd8b:f53b:82e4::53 | Unique Local Unicast (ULA) Предназначены для адресации внутри домашней сети или сети организации, не маршрутизируются через Интернет (RFC 4193). | Частные адреса IPv4: 10.0.0.0/8 172.16.0.0/12 192.168.0.0/16 |
| fe80::/10 Пример: fe80::200:5ae:fea0:20a2 | Link-Local Unicast Предназначены для коммуникаций в пределах одного сегмента сети или линии связи «точка-точка». Имеют значение только в пределах данной линии связи, не маршрутизируются (RFC 4291). | 169.254.0.0/16 |
| 2001:0000::/32 Пример: 2001:0000:4136:e378:8000:63bf:3fff:fd02 | Teredo Позволяет туннелировать IPv6 через IPv4 NAT (RFC 4380). | Нет аналога. |
| 2001:0002::/48 Пример: 2001:0002:6c::430 | Benchmarking Зарезервированы для использования в документации (RFC 5180). | 198.18.0.0/15 |
| 2001:0010::/28 Пример: 2001:10:240:aba:: | Orchid Используются в качестве идентификаторов и не маршрутизируются (RFC 4843). | Нет аналога. |
| 2002::/16 Пример: 2002:cb0a:3cdd:1::1 | 6to4 Служит для автоматического туннелирования IPv6-to-IPv4 для организации взаимодействия сетей IPv6 через сети IPv4. Публичный адрес IPv4 шлюза 6to4 используется для создания уникального префикса /48 путем добавления адреса IPv4 к 2002::/16 (RFC 3056). | Нет аналога. |
| 2001:db8::/32 Пример: 2001:db8:8::2 | Documentation Используется в примерах и документации (RFC 3849). | 192.0.2.0/24 198.51.100.0/24 203.0.113.0/24 |
| 2000::/3 Пример: ff00::/8 | Global Unicast Используются для идентификации узлов в глобальной сети, глобально маршрутизируемые. | Аналогичны публичным адресам IPv4. |
| ff00::/8 Пример: ff01:0:0:0:0:0:0:2 | Multicast Используются для идентификации групп многоадресной рассылки. | 224.0.0.0/4 |

| Диапазон групповых адресов (поле scop) | Хорошо известные групповые адреса (поле flgs=0) |
|--|---|
| 1 Interface-Local | FF01:0:0:0:0:0:1 All Nodes (диапазон 1) |
| 2 Link-Local | FF02:0:0:0:0:0:2 All Routers (диапазон 1) |
| 5 Site-Local | FF02:0:0:0:0:0:5 All Nodes (диапазон 2) |
| 8 Organization | FF02:0:0:0:0:0:8 All Routers (диапазон 2) |
| E Global | FF02:0:0:0:0:0:9 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:2 All PIM Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:5 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:8 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:13 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:14 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:15 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:16 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:17 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:18 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:19 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:20 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:21 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:22 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:23 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:24 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:25 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:26 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:27 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:28 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:29 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:30 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:31 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:32 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:33 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:34 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:35 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:36 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:37 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:38 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:39 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:40 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:41 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:42 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:43 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:44 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:45 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:46 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:47 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:48 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:49 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:50 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:51 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:52 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:53 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:54 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:55 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:56 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:57 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:58 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:59 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:60 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:61 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:62 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:63 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:64 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:65 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:66 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:67 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:68 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:69 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:70 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:71 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:72 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:73 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:74 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:75 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:76 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:77 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:78 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:79 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:80 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:81 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:82 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:83 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:84 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:85 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:86 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:87 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:88 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:89 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:90 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:91 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:92 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:93 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:94 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:95 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:96 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:97 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:98 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:99 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:100 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:101 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:102 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:103 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:104 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:105 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:106 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:107 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:108 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:109 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:110 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:111 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:112 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:113 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:114 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:115 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:116 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:117 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:118 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:119 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:120 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:121 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:122 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:123 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:124 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:125 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:126 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:127 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:128 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:129 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:130 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:131 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:132 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:133 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:134 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:135 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:136 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:137 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:138 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:139 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:140 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:141 All Routers (диапазон 2) |
| | FF05:0:0:0:0:0:142 All Routers |