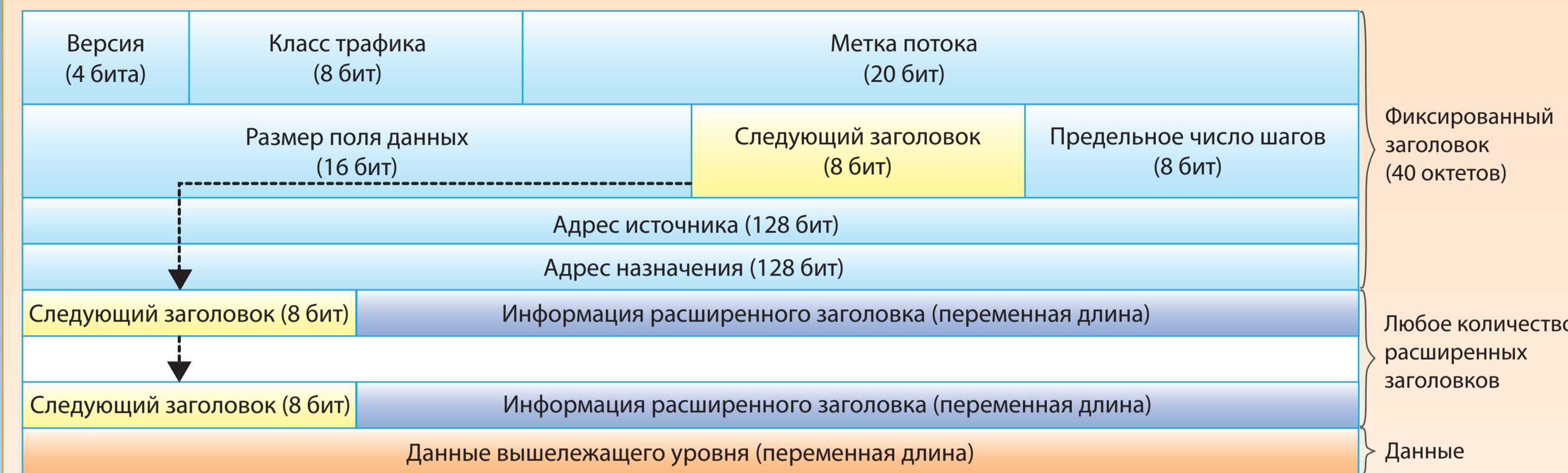


## Формат пакета



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

**Версия (Version):** значение пола 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)	

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)		

## 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:d, «X» - шестнадцатеричное значение 6 первых групп адреса, «d» - десятичное значение 4 последних групп адреса (стандартное представление адреса IPv4).

### Неопределенный адрес IPv6 (Unspecified)

Адрес	Длина
0:0:0:0:0:0:0:0	128

### Адрес обратной петли IPv6 (Loopback)

Адрес	Длина
0:0:0:0:0:0:0:1	128

### Уникальный локальный адрес канала IPv6 (Link-Local Unicast)

Адрес	Длина	Interface ID
1111 1110 10 ..:ffff:192.0.2.47	0	64

### Уникальный локальный адрес IPv6 (Unique Local Unicast, ULA)

Адрес	Длина	Global ID	Subnet ID	Interface ID
1111 11 ..L ..	7	40	16	64

### Уникальный глобальный адрес IPv6 (Global Unicast)

Адрес	Длина	Global routing prefix	Subnet ID	Interface ID
001 ..	3	45	16	64

### Уникальный совместимый с IPv4 адрес IPv6 (IPv4-Compatible IPv6)

Адрес IPv4	Длина	Адрес IPv6
0000 ..:0000 ..0000 ..	80	32

### Уникальный преобразованный из IPv4 адрес IPv6 (IPv4-Mapped IPv6)

Адрес IPv4	Длина	Адрес IPv6
0000 ..:0000 ..FFFF ..	80	32

### Уникальный адрес IPv6 6to4

Адрес IPv4	SLA ID	Interface ID
0001 0000 0000 0001 ..	16	64

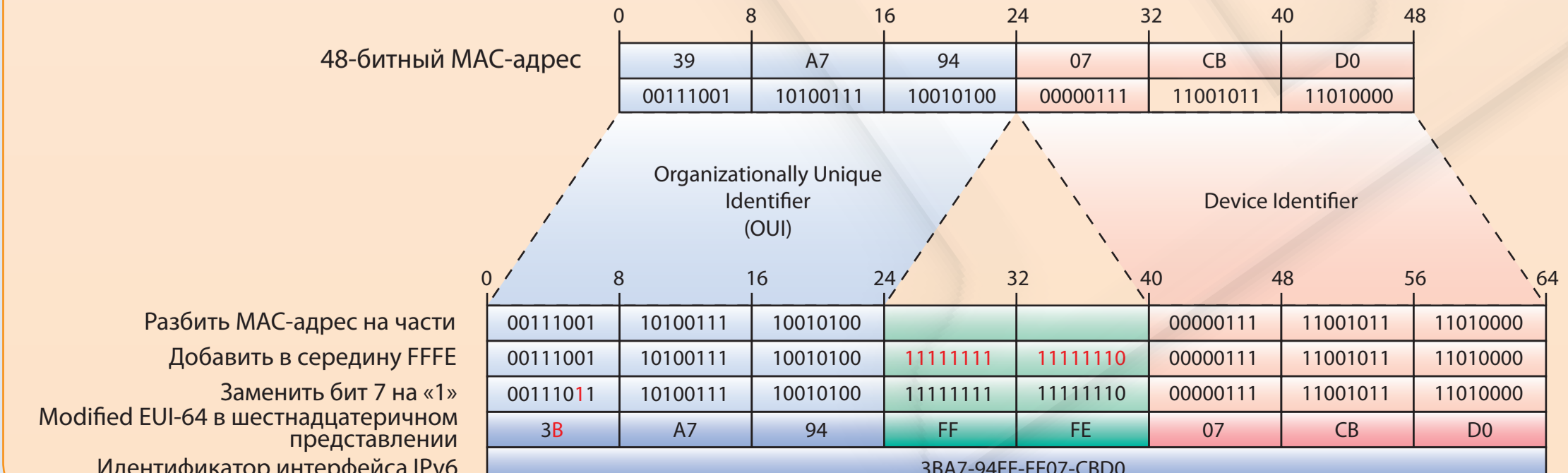
### Групповой адрес IPv6 (Multicast)

Адрес	флгс	scop	Group ID
1111 1111 ..	8	4	112

### Альтернативный адрес IPv6 (Anycast)

Subnet prefix	n
0	128-n

### Преобразование MAC-адреса в идентификатор интерфейса



Префикс / Идентификатор интерфейса

XXXX : XXXX : XXXX : XXXX : XXXX : XXXX

### Типы адресов IPv6

Префикс	Описание	Аналог в IPv4
::/128	<b>Unspecified</b> Никогда не назначается узлу, обозначает отсутствие адреса (RFC 4291).	0.0.0.0
::1/128	<b>Loopback</b> Используется узлом для отправки самому себе дейтаграммам IPv6 (RFC 4291).	127.0.0.1
::ffff:96	<b>IPv4-Mapped IPv6</b> Используется для встройки адреса IPv4 в адрес IPv6 (RFC 4038).	Нет аналога.
fc00::/7	<b>Unique Local Unicast (ULA)</b> 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	<b>Link-Local Unicast</b> 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	<b>Teredo</b> Позволяет туннелировать IPv6 через IPv4 NAT (RFC 4380).	Нет аналога.
2001:0000:4136:e378:8000:63bf:3fff:fdd2	<b>Benchmarking</b> Зарезервированы для использования в документации (RFC 5180).	198.18.0.0/15
2001:0002::/48	<b>Orchid</b> Используются в качестве идентификаторов и не маршрутизируются (RFC 4843).	Нет аналога.
2001:0010::/28	<b>6to4</b> 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.
2002::/16	<b>Documentation</b> Используется в примерах и документации (RFC 3849).	192.0.2.0/24, 198.51.100.0/24, 203.0.113.0/24
2001:db8::/32	<b>Global Unicast</b> Используется для идентификации узлов в глобальной сети, глобально маршрутизируемые.	Аналогичны публичным адресам IPv4.
2000::/3	<b>Multicast</b> Используется для идентификации групп многоадресной рассылки.	224.0.0.0/4

### Диапазон групповых адресов (поле scop)

1	Interface-Local
2	Link-Local
5	Site-Local
8	Organization
E	Global

### Хорошо известные групповые адреса (поле flgs=0)

FF01:0:0:0:0:0:1	All Nodes (диапазон 1)	FF02:0:0:0:0:0:D	All PIM Routers (диапазон 2)
FF01:0:0:0:0:0:2	All Routers (диапазон 1)	FF02:0:0:0:0:0:E	RSVP-ENCAPSULATION (диапазон 2)
FF02:0:0:0:0:0:1	All Nodes (диапазон 2)	FF02:0:0:0:0:1:2	All-dhcp-agents (диапазон 2)
FF02:0:0:0:0:0:2	All Routers (диапазон 2)	FF02:0:0:0:1:FFXX:XXXX	Адрес Solicited-Node (диапазон 2)
FF02:0:0:0:0:0:4	DVMRP Routers (диапазон 2)	FF05:0:0:0:0:0:2	All Routers (диапазон 5)
FF02:0:0:0:0:0:5	OSPFv2 (диапазон 2)	FF05:0:0:0:0:1:3	All-dhcp-servers (диапазон 5)
FF02:0:0:0:0:0:6	OSPFv3 Designated Routers (диапазон 2)	FF05:0:0:0:0:0:14	All-dhcp-relays (диапазон 5)
FF02:0:0:0:0:0:9	RIP Routers (диапазон 2)	FF0X:0:0:0:0:0:101	Network Time Protocol (NTP) (все диапазоны)

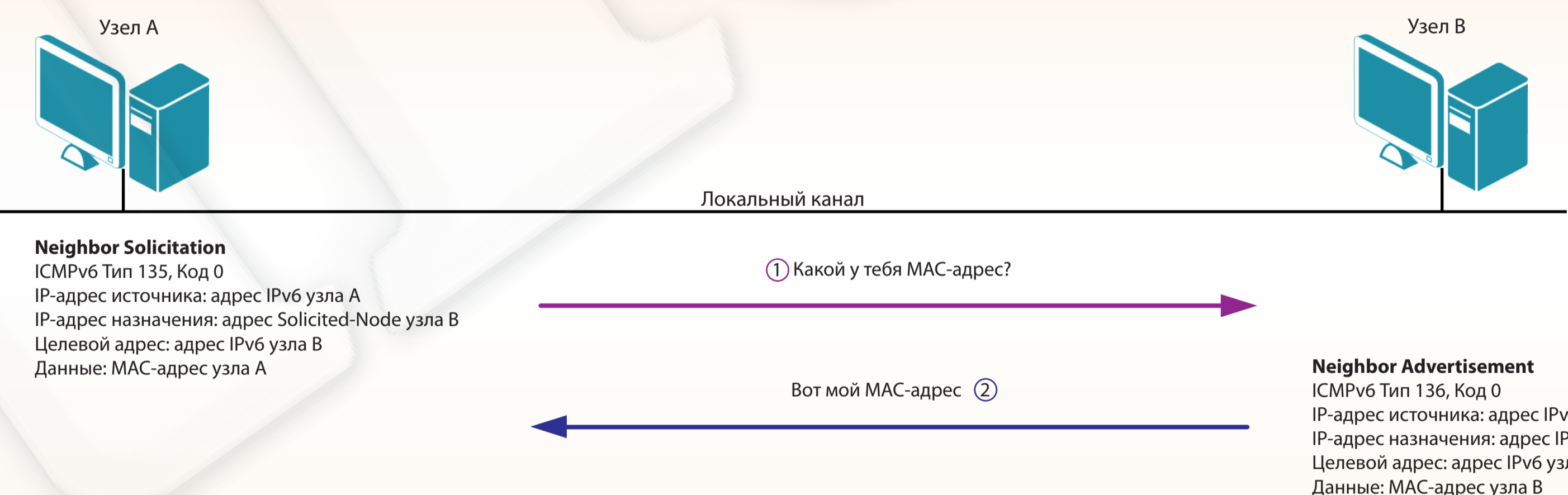
## Протокол ICMPv6

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»)			

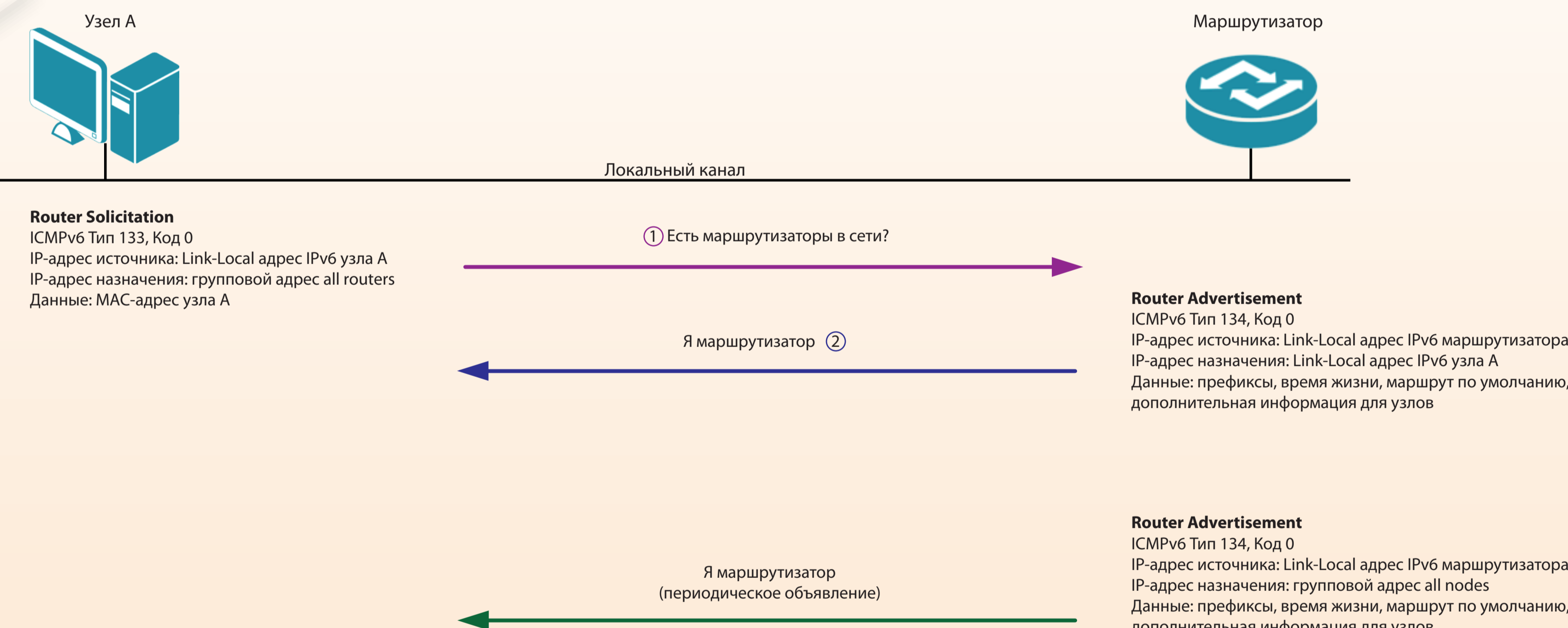
Класс сообщения	Значение	Тип	Название сообщения	Описание типа сообщения
Сообщения об ошибках ICMPv6	1		Destination Unreachable	Указывает, что пакет не может быть доставлен адресату. Код сообщения указывает причину ошибки.
	2		Packet Too Big	Отправляется, когда пакет не может быть передан, так как слишком 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 отсутствии 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.

