

Протоколы, сервисы и услуги в Интернет и IP-сетях

Тема № 8 Протокол ICMPv6

доц. каф. СС и ПД, к.т.н. С. С. Владимиров

2017 г.

Протокол ICMPv6

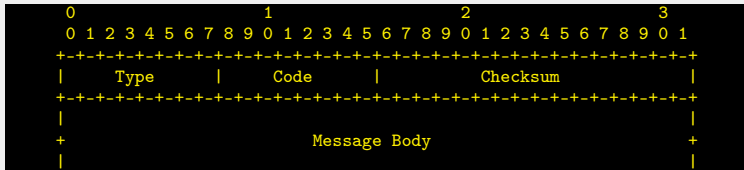
Реализация ICMP для IPv6. Неотъемлемая часть IPv6, отвечающая за сообщения об ошибках, диагностические функции (например, ping), поиск соседей, определение MTU и основа для расширения и реализации будущих аспектов управления межсетевым протоколом. Протокол был определен в RFC 1885 (декабрь 1995), который в 1998 был заменен на RFC 2463, а в 2006 на RFC 4443, который и используется по настоящее время.

ICMPv6 сообщения могут быть разделены на две категории:

- ▶ Сообщения об ошибках. У них старший бит всегда установлен в «0», то есть тип может принимать значения от 0 до 127.
- ▶ Информационные сообщения. Старший бит всегда установлен в «1», то есть тип может принимать значения от 128 до 255.

ICMPv6 сообщения инкапсулированы в пакеты IPv6, с полем Next Header установленным в 58.

Формат пакета ICMPv6



Type:Code

- 1 Destination Unreachable (RFC 4443)
 - 1:0 No route to destination — В таблице маршрутизации нет нужного маршрута
 - 1:1 Administratively Prohibited — Пакет попал под запрещающее правило в фильтре-файрволе
 - 1:2 Beyond the scope of source address — Пакет попал не на тот интерфейс
 - 1:3 Address unreachable — Не определяется link-layer адрес получателя
 - 1:4 Port unreachable — Получатель не «слушает» на этом порту
 - 1:5 Source address failed ingress/egress policy — С таким адресом источника сюда не пускают
 - 1:6 Reject route to destination — Пакет попал под действие запрещающего фильтра на роутере
- 2:0 Packet Too Big. Используется в Path MTU Discovery (RFC 4443)
- 3 Time Exceeded (RFC 4443)
 - 3:0 Time exceeded:Hop limit reached — После обработки пакета поле Hop Limit стало равным нулю.
 - 3:1 Fragmentation reassembly timeout — За 60 секунд не удалось собрать пакет из фрагментов
- 4 Parameter Problem (RFC 4443)
 - 4:0 Error in header — Ошибка в заголовке IPv6-пакета или ошибка в расширении заголовка
 - 4:1 Unknown next header — В поле Next Header обнаружена ошибка
 - 4:2 Unknown option — В заголовке просто что-то непонятное
- 127 Reserved for expansion of ICMPv6 error messages

Type:Code

- 128:0 Echo Request (RFC 4443)
- 129:0 Echo Reply (RFC 4443)
- 130:0 Multicast Listener Query (RFC 2710 и RFC 3810)
- 131:0 Version 1 Multicast Listener Report (RFC 2710)
- 132:0 Multicast Listener Done (RFC 2710)
- 133:0 Router Solicitation (RFC 4861)
- 134:0 Router Advertisement (RFC 4861)
- 135:0 Neighbor Solicitation (RFC 4861)
- 136:0 Neighbor Advertisement (RFC 4861)
- 137:0 Redirect (RFC 4861)
- 141:0 Inverse Neighbor Discovery Solicitation Message (RFC 3122)
- 142:0 Inverse Neighbor Discovery Advertisement Message (RFC 3122)
- 151:0 Multicast Router Advertisement (RFC 4286)
- 152:0 Multicast Router Solicitation (RFC 4286)
- 153:0 Multicast Router Termination (RFC 4286)
- 255:0 Reserved for expansion of ICMPv6 informational messages

Neighbor Discovery Protocol (NDP)

Протокол NDP

Протокол из набора Internet Protocol Suite, используемый совместно с IPv6. Отвечает за автонастройку адреса конечных точек сети, обнаружение других узлов на линии, обнаружение адреса других узлов на уровне канала связи, обнаружение конфликта адресов, поиск доступных путей и DNS-серверов, обнаружение подсетей и поддержку доступности информации о путях к другим активным соседним узлам. Определен в RFC 4861 (2007). Ранее был определен в RFC 1970 (1996) и RFC 2461 (1998). Устанавливает пять различных типов пакета ICMPv6 для выполнения функций IPv6, сходных с ARP, ICMP, Router Discovery и Router Redirect протоколов для IPv4.

NDP используется в процессах:

- ▶ определение link-layer адресов (включая проверку на занятость адреса)
- ▶ обнаружение роутера
- ▶ определение недостижимости хостов
- ▶ перенаправление трафика (определение оптимального next-hop)

Сообщения NDP

133:0 Router Solicitation — Запрос на доступность маршрутизаторов

134:0 Router Advertisement — Ответ маршрутизатора

135:0 Neighbor Solicitation — Запрос доступных соседей

136:0 Neighbor Advertisement — Ответ соседа

137:0 Redirect — Перенаправление

Поскольку эти сообщения не должны покидать local-link, у них устанавливается Hop-limit равным 255. Если обнаруживается NDP-пакет с другим значением этого параметра, то он должен быть уничтожен. Роутеры не пересылают такие пакеты.

Таблицы протокола NDP, хранящиеся на хосте

1. Neighbor cache — кэш с информацией о соседях в пределах общего линка: IP-адреса, соответствующие им link-layer адреса, индикатор доступности
2. Destination cache — кэш с информацией о адресах, служащих шлюзом для достижения получателей. Содержит информацию: адрес получателя, соответствующий ему next-hop адрес, значение MTU для данного получателя
3. Prefix list — список префиксов — список префиксов для данного линка. Составляется из RA.
4. Default router list IP addresses — список адресов, которые могут служить шлюзом по умолчанию. Составлен из RA.

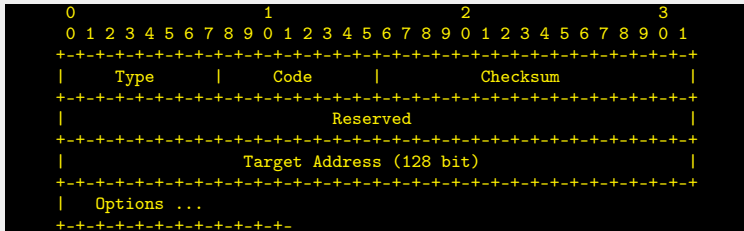
Процедура разрешения адресов

«Разрешение» адресов, то есть получение канального (MAC, link-layer) адреса по сетевому IPv6-адресу производится путем обмена сообщениями Neighbor Solicitation и Neighbor Advertisement (NS-NA). Neighbor Solicitation отправляется на multicast адрес, получатель обновляет свою таблицу соседей, и отвечает unicast пакетом Neighbor Advertisement. Отправитель добавляет данные в свою таблицу соседей (Neighbor cache).

Протокол NDP. Neighbor Solicitation

Neighbor Solicitation

Запрос link-layer address целевого узла и сообщение ему своего link-layer address. Отправляется либо как multicast (при получении адреса), либо как unicast (при верификации).



IPv6 заголовок

- Source Address — Адрес интерфейса, с которого отправлено сообщение, или неопределенный адрес (::/128)
- Destination Address — Solicited-node multicast адрес, соответствующий целевому узлу, или unicast адрес целевого узла
- Hop Limit — 255

ICMP заголовок

Type	— 135
Code	— 0
Reserved	— Неиспользуемое поле. Оно <i>должно</i> быть проинициализировано нулями отправителем и <i>должно</i> игнорироваться получателем
Target Address	— IPv6-адрес целевого узла. <i>Не должен</i> быть multicast-адресом.

Опции

Source link-layer address — Канальный (link-layer) адрес отправителя. Опция *не должна* использоваться, если IPv6-адрес источника является неопределенным. Если же адрес есть, то опция *должна* использоваться при multicast-рассылке запроса и *рекомендуется* к использованию при unicast-отправке запроса.

Протокол NDP. Neighbor Advertisement

Neighbor Advertisement

Посылается в ответ на NS или для быстрого оповещения о смене адреса (unsolicited NA).



IPv6 заголовок

- Source Address — Адрес интерфейса, с которого отправлен ответ
- Destination Address — Для solicited NA указывается значение из поля Source Address соответствующего запроса, либо, если в запросе был задан неопределенный адрес, указывается All-nodes multicast. Для unsolicited NA указывается All-nodes multicast.
- Hop Limit — 255

Протокол NDP. Neighbor Advertisement

ICMP заголовок

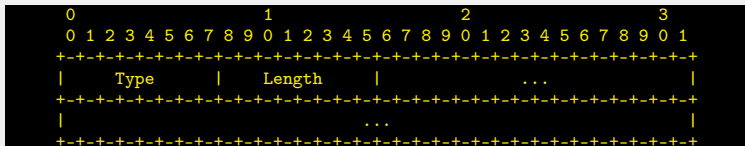
Type	— 136
Code	— 0
Router flag	— Установлен в 1, если отправителем является роутер. У хоста установлен в 0.
Solicited flag	— Установлен в 1, если это ответ на запрос NA. Используется как индикатор достижимости.
Override flag	— Если установлен в 1, то следует переписать link-layer адрес на тот, что в пакете.
Target Address	— Для solicited NA указывается то же значение, что и в поле Target Address NS-запроса. Для unsolicited NA указывается адрес узла, чей канальный адрес меняется. Не должен быть multicast-адресом.

Опции

Target link-layer address	— Канальный (link-layer) адрес цели, т. е. отправителя NA. Опция должна использоваться в ответе на multicast-запрос. Если NA отправляется в ответ на unicast-запрос, то опцию рекомендуется использовать.
---------------------------	---

Формат опций

Размер блока опций должен быть кратен 64 бит (8 октетов).



Type

8-битный идентификатор типа опции.

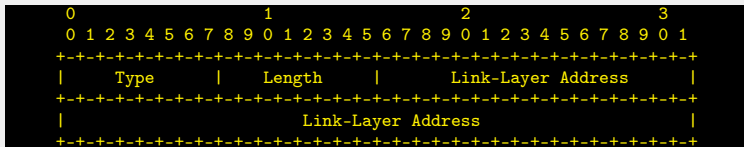
- ▶ Source Link-Layer Address — 1
- ▶ Target Link-Layer Address — 2
- ▶ Prefix Information — 3
- ▶ Redirected Header — 4
- ▶ MTU — 5

Length

Длина опции, включая поля Type и Length в словах по 8 октетов. **Не должна** равняться 0. Узлы **должны** молча отбрасывать NDP-пакеты, содержащие опцию с нулевым значением в поле Length.

Протокол NDP. Опция Source/Target Link-Layer Address

Формат опции



Type

- ▶ Source Link-Layer Address — 1
- ▶ Target Link-Layer Address — 2

Length

Длина опции, включая поля Type и Length в словах по 8 октетов. В случае использования адресов EUI-48 (MAC-адресов) значение поля равняется 1.

Link-Layer Address

Поле переменной длины, в которое записывается адрес канального уровня. Для адреса EUI-48 (MAC-адреса) имеет длину 6 байт.

Протокол NDP. Проверка достижимости узла

Neighbor Unreachability Detection. Проверка достижимости узла

Узел считается достижимым, если есть подтверждение того, что пакет отправленный к нему, был им получен. Поскольку между узлами могут быть другие (транзитные) узлы, недостижимость может быть связана с проблемами на транзитном оборудовании. По этой причине под достижимостью понимается только достижимость на первом хопе. Один из путей проверки достижимости — обмен NS-NA. Полученные unsolicited NA и RA не считаются индикаторами достижимости.

Если А отправил NS к В, а тот ответил NA к А, то А считает В достижимым, но не наоборот. Для того, чтобы В считал А достижимым, он должен отправить NS к А и получить от А NA в ответ. Другой метод получения информации о достижимости — это информация от протоколов верхнего уровня, например от TCP.

Состояния Neighbor cache

- Incomplete — Запрос отправлен, но link-layer адрес еще не получен.
- Reachable — Получено подтверждение от соседа.
- Stale — Истекло время, в течение которого сосед считался достижимым, или получено unsolicited NA.
- Delay — Ожидается подтверждение от протокола верхнего уровня, как правило в течение 5 сек. При неполучении — переход в состояние Probe.
- Probe — Отправлен NS для соседей в состоянии Delay или Stale.
- No entry exists — Нет такой записи.

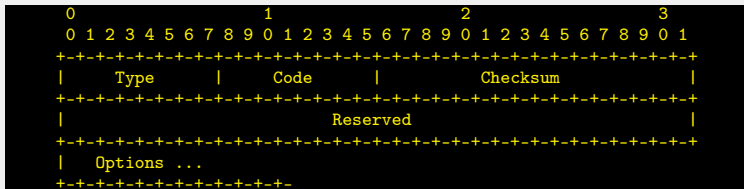
Duplicate address detection. Проверка дублирования адресов

Хост отправляет NS со своим предполагаемым адресом в качестве адреса получателя и слушает ответ. Если услышит NA — то адрес занят. После такого события требуется конфигурирование адреса вручную.

Протокол NDP. Router Solicitation

Router Solicitation

Сообщение отправляется хостом для нахождения роутера. Отправка такого сообщения позволяет получить информацию о роутерах, не дожидаясь прихода RA. В IPv6-заголовке такого сообщения в качестве источника указывается неопределенный адрес (::/128), или link-local адрес хоста. Адрес получателя устанавливается **FF02::2** (All-routers multicast), hop-limit задается равным 255.



ICMP заголовок

Type — 133

Code — 0

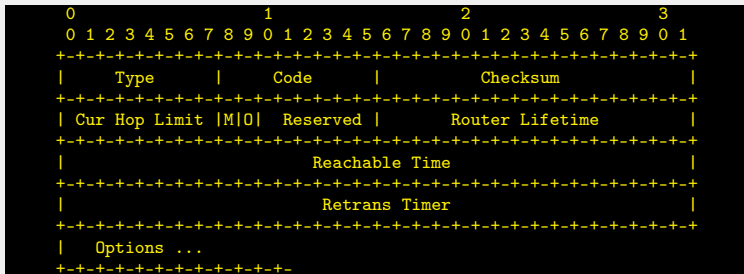
Опции

Source link-layer address — Канальный (link-layer) адрес отправителя. **Не должен** использоваться, если IPv6-адрес источника неопределен. В ином случае, для технологий, имеющих адресацию канального уровня, опцию **рекомендуется** использовать.

Протокол NDP. Router Advertisement

Router Advertisement

Роутер отправляет такое сообщение по своей инициативе через заданный интервал плюс-минус случайная величина, или в ответ на RS, при этом ответ следует с произвольной задержкой, чтобы несколько роутеров не ответили одновременно.



IPv6 заголовок

- Source Address — Адрес интерфейса, с которого отправлено сообщение.
- Destination Address — Адрес источника из соответствующего сообщения Router Solicitation или All-nodes multicast (**FF02::1**).
- Hop Limit — 255

Протокол NDP. Router Advertisement

ICMP заголовок

Type	— 134
Code	— 0
M	— «Managed address configuration» flag. Если установлен в 1, то хост должен использовать DHCP-сервер для получения адреса. При установленном флаге M следующий флаг O не обязателен и может игнорироваться, поскольку DHCP-сервер и так вернет всю необходимую информацию.
O	— «Other configuration» flag. Если установлен в 1, то хост должен использовать DHCP-сервер для получения дополнительных параметров, например адреса DNS-сервера. Если же не установлены ни флаг M, ни флаг O, то это означает, что DHCP-сервер в данной сети не используется.
Router Lifetime	— Время, в течение которого данный роутер может быть маршрутизатором по умолчанию. От нуля до 65535 секунд. Значение 0 запрещает использование роутера в качестве маршрутизатора по умолчанию.
Reachable time	— Время в миллисекундах, в течение которого хост считает этот роутер достижимым (32 бита). 0 означает, что роутер не устанавливает этот параметр.
Retransmission timer	— Интервал в миллисекундах между NS-сообщениями (32 бита). Используется для проверки достижимости хостов.

Опции

Source link-layer address	— Канальный (link-layer) адрес отправителя RA.
MTU	— Maximum transmission unit. Рекомендуется к использованию в сетях, где возможны различные MTU, т. е. передача IPv6 поверх различных технологий канального уровня. В иных случаях может использоваться.
Prefix Information	— Содержит префиксы, которые можно использовать для автоконфигурации. Рекомендуется передавать все префиксы, прописанные на маршрутизаторе.

- ▶ Материалы с сайта <https://wikipedia.org/>
- ▶ RFC 4443. Internet Control Message Protocol (ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification
- ▶ RFC 4861. Neighbor Discovery for IP version 6 (IPv6)