

---

# Введение в IPv6

---

“Живые встречи” 2013

---

# Зачем ?!

---

- Пространство IPv4 исчерпано
  - Рост количества кабельных сетей
  - Рост числа абонентов
  - Внедрение 4G
  - Датчики, сенсоры, “умные дома”
  - Бытовые приборы с доступом в Сеть
-

# Почему ?

---

**ISP:** исчерпание IPv4; рост абонентской базы, стоимость IPv4\*

**Корпорации:** приложения, присутствие в Сети, стоимость IPv4\*

**Абоненты:** а им все равно :)

\*В 2011 году Nortel продал Microsoft 666624 адреса за 7.5 млн \$ (\$11.25 за адрес)

---

# Адресация IPv6

---

# Адрес IPv6

---

Длина адреса - 128 бит

Разбит на 8 групп по 16 бит

HEX представление

Группы разделены символом “:”

По умолчанию 50% адреса - адрес сети, 50% - interface ID

Пример:

gggg:gggg:gggg:ssss:xxxx:xxxx:xxxx:xxxx

g - глобально маршрутизируемый префикс ( $n \leq 48$ )

s - ID подсети (64 - n)

---

# И как много ?

---

340,282,366,920,938,463,374,607,432,768,211,456

(340 триллионов триллионов триллионов)

примерно 3 миллиарда префиксов на каждого жителя планеты

IPv4 - 4,294,967,296

---

# Подробнее

---

→ Не чувствителен к регистру ( $2001:db8:12::/48 = 2001:DB8:12::/48$ )

→ Запишем покороче :)

$2001:0db8:0000:130F:0000:0000:087C:140B$

$2001:0db8:0:130F::87C:140B$

**Двойное двоеточие может быть применено только ОДИН раз**

→ CIDR

IPv4:  $192.168.0.0/24$

IPv6:  $2001:db8:12::/48$  или  $FE80::/10$

→ Старшие нули можно опустить

$2001:0db8:0012::/48 = 2001:db8:12::/48$

$2001:db80:1200::/48 \neq 2001:db8:12::/48$

---

# Адреса специального назначения

---

RFC5156 (<http://tools.ietf.org/html/rfc5156>)

::1 - Loopback (RFC 4291)

:: - Неизвестный адрес (RFC 4291)

Использование: DHCP Request, Duplicate Address Detection

**НЕ Default route!**

::/0 - Default route

2001:db8::/32 - Примеры и документация (RFC 3849)

---



# Типы адресов

---

- Unicast
- Multicast
- Anycast

RFC4291 “IP Version 6 Addressing Architecture”

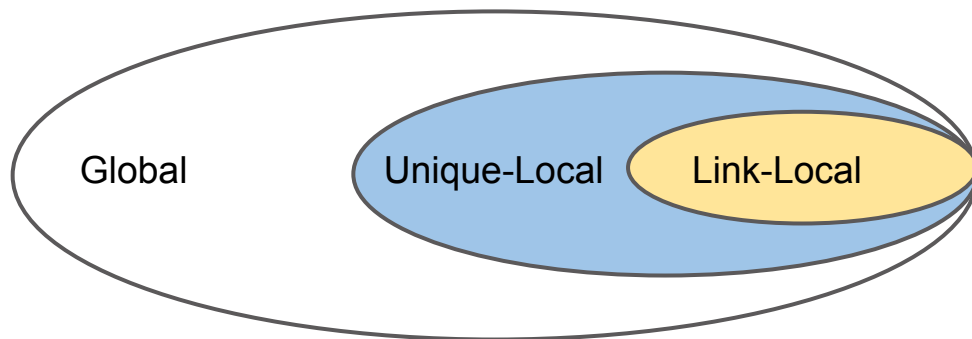
<http://tools.ietf.org/html/rfc4291>

---

# Области видимости

---

- Адреса назначаются интерфейсам
- Интерфейсу IPv6 могут быть назначены несколько адресов из разных областей видимости
- Области видимости адресов:
  - Link-Local
  - Unique-Local
  - Global



# Представление типов адресов

---

**Link-Local** - область видимости: L2 домен (FE80::/64)

FE80:0000:0000:0000:xxxx:xxxx:xxxx:xxxx

**Unique-Local** - область видимости: административный домен (FC00::/7)

FCgg:gggg:gggg:ssss:xxxx:xxxx:xxxx:xxxx

FDgg:gggg:gggg:ssss:xxxx:xxxx:xxxx:xxxx

Примерный “аналог” RFC1918

Согласно RFC4193 блок FC00::/8 зарезервирован для использования в будущем

**Global** - область видимости: Сеть (2000::/3)

2ggg:gggg:gggg:ssss:xxxx:xxxx:xxxx:xxxx

2ggg:gggg:gggg:ssss:xxxx:xxxx:xxxx:xxxx

---

# Распределение блоков Global

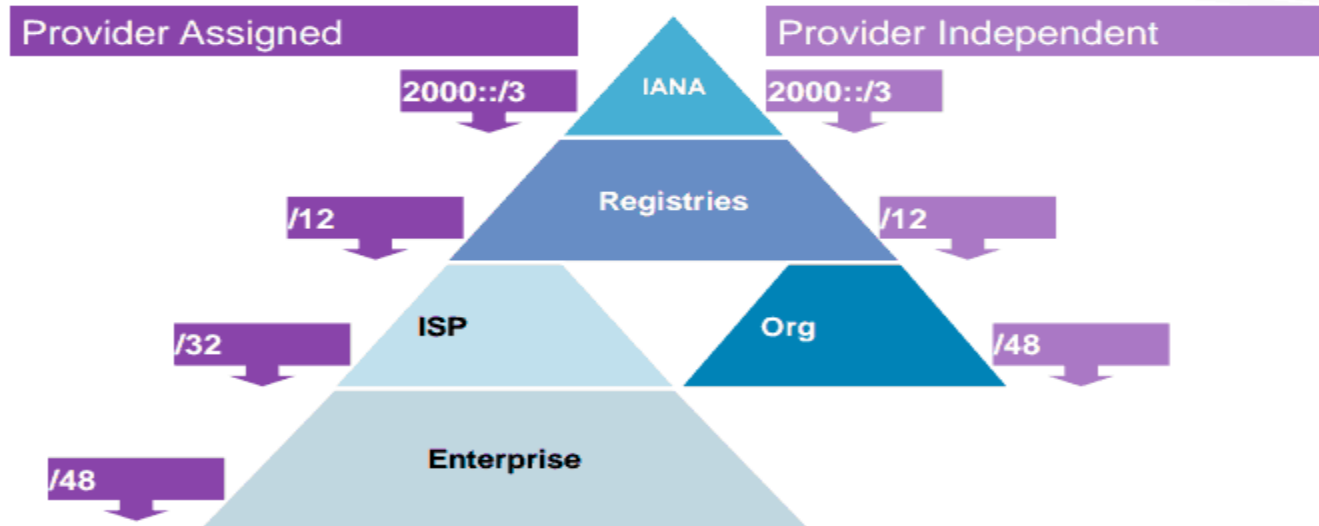
---

Блок адресов IPv6	Регистратор
2001::/16	Various
2400:0000::/12	APNIC
2600:0000::/12	ARIN
2800:0000::/12	LACNIC
2A00:0000::/12	RIPE NCC
2C00:0000::/12	AfriNIC

# Процесс распределения адресов

(Источник: CiscoLive365, BRKRST-1069)

## PI and PA Allocation Process



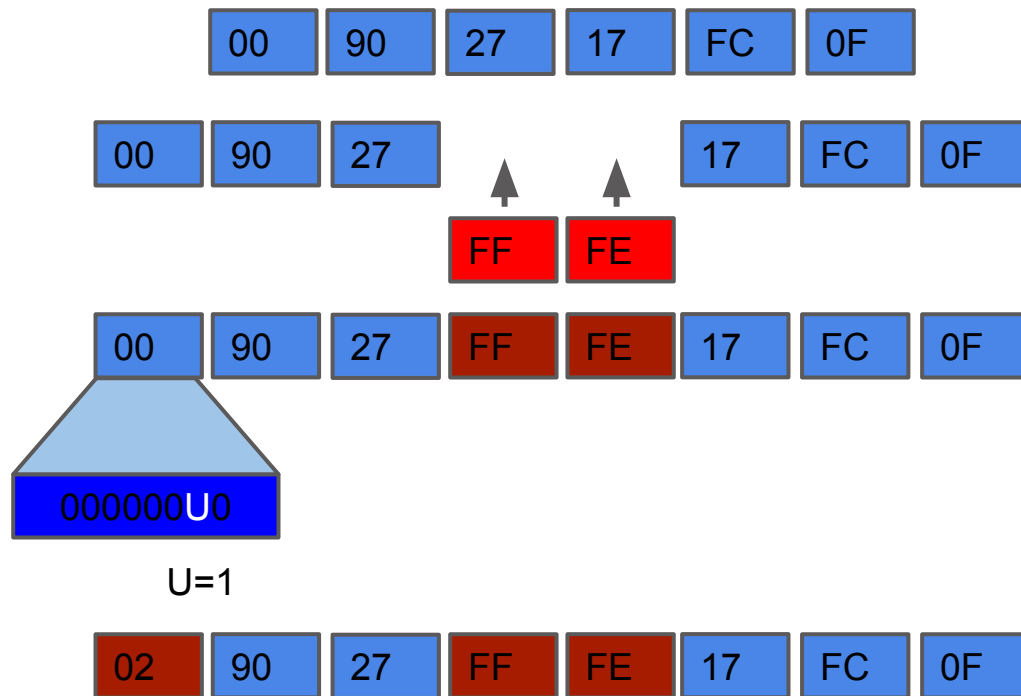
# Interface ID

---

- Может быть назначен:
    - Автоматически сконфигурирован из EUI-64 из расширением MAC-адреса
    - Автоматически сгенерирован в виде псевдо-случайного числа
    - DHCP
    - Вручную
-

# EUI-64 (пример)

---



# Link-Local Address

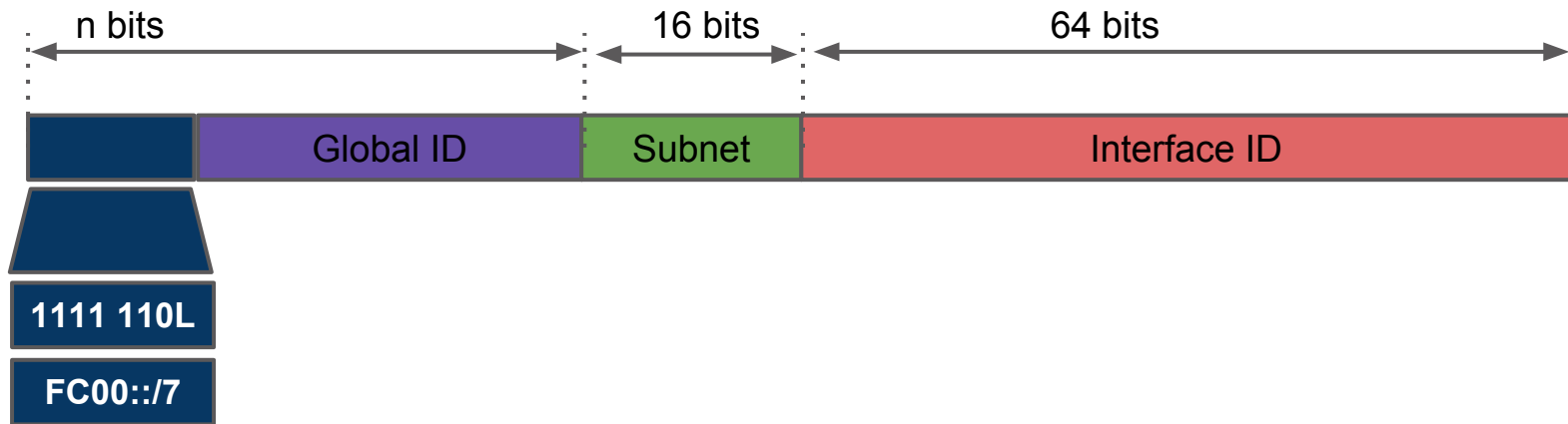
---

- Первые 10 бит - 1111 1110 10 = FE80::/10
  - Предназначен для взаимодействия двух устройств IPv6
  - Назначается автоматически (EUI-64)
  - Применяется для вычисления next-hop в протоколах маршрутизации
  - Оставшиеся 54 бита сетевой части - нули или назначаются вручную
-



# Unique-Local Address (RFC4193)

---



- Как RFC1918 - не должен маршрутизироваться в Сеть
- Применение: локальное взаимодействие, Inter-site VPN
- FC00::/7 зарезервирован, FD00::/7 может быть использован.
- Global ID генерируется с использованием SHA-1 (младшие 40 бит - EUI-64 + время)

# Адрес мультикаст IPv6 (RFC4291)

---

- Имеет префикс FF00::/8
  - Второй октет используется под флаги
  - Третий октет - указание области видимости
  - Оставшиеся 112 бит имеют различный формат (обычно Interface ID)
-

# Примеры адресов multicast

---

Адрес	Видимость	Назначение
FF01::1	Node-Local	All Nodes
FF01::2	Node-Local	All Routers
FF02::1	Link-Local	All Nodes
FF02::2	Link-Local	All Routers
FF02::5	Link-Local	OSPFv3 Routers
FF02::6	Link-Local	OSPFv3 DR Routers
FF02::1:FFxx:xxxx	Link-Local	Ответ на discovery

# Заголовки пакета IPv6

(Источник: CiscoLive365, BRKRST-1069)

## IPv4 and IPv6 Header Comparison

IPv4 Header

Version	IHL	Type of Service	Total Length	
Identification			Flags	Fragment Offset
Time to Live		Protocol	Header Checksum	
Source Address				
Destination Address				
Options				Padding

IPv6 Header

Version	Traffic Class	Flow Label		
Payload Length			Next Header	Hop Limit
Source Address				
Destination Address				

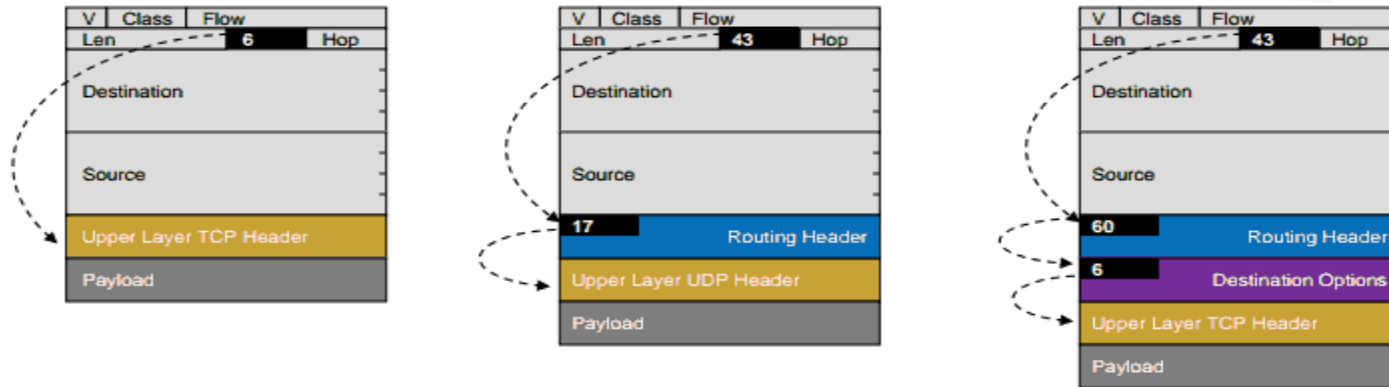
### Legend

- Field's Name Kept from IPv4 to IPv6
- Fields Not Kept in IPv6
- Name and Position Changed in IPv6
- New Field in IPv6

# Расширенные заголовки IPv6

(Источник: CiscoLive365, BRKRST-1069)

## Extension Headers



- Extension Headers Are Daisy Chained

# Порядок следования расширенных заголовков

(Источник: CiscoLive365, BRKRST-1069)

## Extension Header Order

- Extension headers must be in the following sequence

Order	Header Type	Header Code
1	Basic IPv6 Header	-
2	Hop-by-Hop Options	0
3	Dest Options (with Routing options)	60
4	Routing Header	43
5	Fragment Header	44
6	Authentication Header	51
7	ESP Header	50
8	Destination Options	60
9	Mobility Header	135
-	No Next Header	59
Upper Layer	TCP	6
Upper Layer	UDP	17
Upper Layer	ICMPv6	58

# Фрагментация пакетов в IPv6

---

- Пакет состоит из двух частей:
  - Нефрагментируемая
    - Заголовок IPv6 + любые заголовки, которые обрабатываются в процессе маршрутизации
    - Копируются в каждый фрагмент
  - Фрагментируемая
    - Любые заголовки, которые обрабатываются конечным узлом
    - Делится на части с размером, кратным 8 байтам

Заголовок фрагмента определяется в RFC2460, раздел 4.5

Минимальный MTU - 1280 байтов

---

# Path MTU Discovery (RFC1981)

---

Минимальный MTU на всем пути следования пакета

PMTUD выполняется оконечными узлами

Выполняется в случае, если размер пакета > 1280 байтов

В случае, если MTU линка недостаточно, отправителю посылается ICMP “packet too big”

ICMP-сообщение содержит рекомендуемое значение MTU

Значение кешируется для повторного использования

---



# ICMPv6 (RFC 2463)

---

Объединяет в себе ICMPv4, IGMP и ARP

Типы сообщений схожи с ICMPv4

- Destination unreachable (type 1)

- Packet too big (type 2)

- Time exceeded (type 3)

- Parameter problem (type 4)

- Echo request/Echo reply (type 128 & 129)

---

# ICMPv6 Neighbor Discovery (RFC4861)

---

- Замена ARP, ICMP redirect, ICMP router discovery
  - Используется оконечным устройством для поиска маршрутизатора и автонастройки адреса
  - Duplicate Address Detection (DAD)
-

# Stateless Address Autoconfiguration (RFC 4862)

---

Применяется для автоматического назначения адреса (“сам себе”, “plug and play”)

- формируется link-local адрес
  - выполняется процедура DAD
  - выполняется процедура RS
  - в ответе маршрутизатора RA хост получает префикс и адрес default gateway
  - формируется global адрес
-

# IPv6 DNS & DHCP

---

# DNS

---

## Документы:

RFC3596: DNS Extensions to Support IP Version 6

RFC3363: Representing Internet Protocol Version 6 Addresses in Domain Name system (DNS)

RFC3364: Tradeoffs in Domain Name System (DNS) Support for Internet Protocol version 6 (IPv6)

---

# IPv6 и записи DNS

---

Назначение	IPv4	IPv6
Имя в адрес	<b>A Record</b> <a href="#">www.abc.test</a> IN A 192.168.100.100	<b>AAAA Record</b> <a href="#">www.abc.test</a> IN AAAA 2001:db8:C18:1::2
Адрес в имя	<b>PTR Record</b> 100.100.168.192.in-addr.arpa. IN PTR www.abc.test.	<b>PTR Record</b> 2.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.0.1.0.0.0.8.1.c.0.8.b.d.0.1.0.0.2.ip6.arpa. IN PTR www.abc.test.

# Способы назначения адреса

---

- Ручное назначение адреса
  - Stateless Address Autoconfiguration (SLAAC RFC 4862)
  - Stateful DHCPv6 (RFC 3315)
  - DHCPv6-PD (RFC 3633)
  - Stateless DHCPv6 (RFC 3736)
-

# DHCPv6

---

- Модернизированный DHCPv4
- Поддержка IPv6
- Процесс схож с DHCPv4 с учетом специфики IPv6 (ND, RS&RA)
- Используется multicast

FF02::1:2 = All DHCP Agents (сервер или relay, область link-local)

FF05::1:3 = All DHCP Servers (область site-local)

Сообщения DHCP: 546/UDP - клиенты; 547/UDP - сервер и/или relay

---



# Сравнение DHCPv4 и DHCPv6

---

Сообщения DHCP	IPv4	IPv6
Тип	Broadcast, Unicast	Multicast, Unicast
Client -> Server (1)	DISCOVER	SOLICIT
Server -> Client (2)	OFFER	ADVERTISE
Client -> Server (3)	REQUEST	REQUEST
Server -> Client (4)	ASK	REPLY

# RA в случае Stateful DHCPv6

---

Пакет RA содержит флаги, регулирующие опции назначения адреса.

Флаг	Значение
A bit (Address config flag)	0 - Не использовать SLAAC
M bit (Managed address configuration flag)	1 - Использовать DHCPv6 для получения адреса IPv6
O bit (Other configuration flag)	1 - Использовать DHCPv6 для получения дополнительной информации (DNS, NTP)

# RA в случае Stateless DHCPv6

---

Пакет RA содержит флаги, регулирующие опции назначения адреса.

Флаг	Значение
A bit (Address config flag)	1 - Использовать SLAAC
On-link Prefix	2001:db8:face::/64
M bit (Managed address configuration flag)	0 - не использовать DHCPv6 для получения адреса IPv6
O bit (Other configuration flag)	1 - Использовать DHCPv6 для получения дополнительной информации (DNS, NTP)

# Маршрутизация IPv6

---

# Маршрутизация IPv6

---

- Статическая
  - Динамическая
    - RIPng
    - OSPFv3
    - ISIS
    - MP-BGP
-

# Обзор OSPFv3

---

- RFC 5340 “OSPF for IPv6”
  - OSPFv2 “с расширениями” :)
  - Работает только с префиксами IPv6
  - Работает по IPv6
-

# Особенности OSPFv3

---

- Использует link-local адреса для установления соседства
  - Два новых LSA:
    - Link-LSA (LSA Type 0x2008)
    - Intra-Area-Prefix-LSA (LSA Type 0x2009) - в OSPFv2 Router-LSA и Network-LSA
  - Два переименованных LSA:
    - Type-3 - “Inter-Area-Prefix-LSAs”
    - Type-4 - “Inter-Area-Router-LSAs”
  - Multicast адреса:
    - FF02::5 – Все SPF маршрутизаторы в пространстве link local (224.0.0.5 в OSPFv2)
    - FF02::6 – Все DR в пространстве link local (224.0.0.6 в OSPFv2)
-

# Особенности OSPFv3

---

- Размеры Router ID, Area ID и Link State ID - 32 bits
  - DR и BDR идентифицируются по Router ID, а не по IP адресу
  - Использует расширенные заголовки IPv6 AH & ESP вместо собственных механизмов безопасности OSPFv2
-



# Расширения BGP для IPv6 (MP-BGP)

---

RFC4760 “Multiprotocol Extensions for BGP-4”

- Опциональные нетранзитивные атрибуты:
  - MP\_REACH\_NLRI
  - MP\_UNREACH\_NLRI
- Протоколонезависимые атрибуты:
  - NEXT\_HOP
  - NLRI

# Расширения BGP для IPv6 (MP-BGP)

---

- Транспорт - TCP (порт 179) IPv4/IPv6
  - Router ID
    - 32 bits (даже если не используется IPv4)
    - Не является адресом IPv4 (0.0.0.5 - корректный RID)
  - В NEXT\_HOP передается глобальный адрес IPv6
  - Может использоваться link-local в качестве next hop
-

# Развертывание IPv6

---

- Dual Stack
  - Туннелирование поверх IPv4 или MPLS
  - Чистый IPv6
  - 6to4
-

# Dual Stack

---

- Работают 2 стека протоколов одновременно
  - Выбор стека в зависимости от ответов DNS и/или предпочтений приложения
  - Не требует dual stack на ядре сети
-

# Туннелирование

---

## Инкапсуляция IPv6 в IPv4

- Ручное управление туннелями
  - RFC2893 “Transition Mechanisms for IPv6 Hosts and Routers”
  - RFC2473 “Generic Packet Tunneling in IPv6 Specification”
- Полуавтоматические туннели
  - RFC3053 “IPv6 Tunnel Broker”

# Туннелирование

---

RFC3056 “Connection of IPv6 Domains via IPv4 Clouds”

RFC5214 “Intra-Site Automatic Tunnel Addressing Protocol (ISATAP)”

RFC5969 “IPv6 Rapid Deployment on IPv4 Infrastructures (6rd) - Protocol Specification”

LISP (IETF Working Group)

Справочная информация:

RFC7059 “A Comparison of IPv6-over-IPv4 Tunnel Mechanisms”

---

# Ручное управление туннелями

---

- Статический P2P туннель
- Тип протокола - 41
- NAT
- IPv6 префикс на туннельном интерфейсе

Та же история с GRE

---

# ISATAP

---

- Туннель от dual stack host до IPv6 шлюза
- Область применения - корпоративные и академические сети
- Виртуальный линк IPv6 поверх IPv4
- NAT
- Используется IPv6 адрес специального формата

Unicast Prefix: 0000:5efe:c0a8:0201

ISATAP ID

IPv4 адрес хоста

---