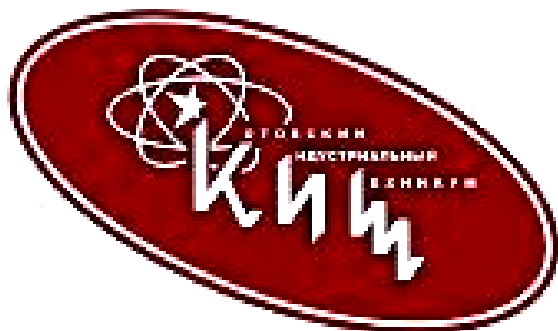


**Управление образования и науки Тамбовской области
Тамбовское областное государственное бюджетное профессиональное
образовательное учреждение
«Котовский индустриальный техникум»**



**Методическая разработка
по дисциплине «ЭОСИ»
IPv6-адресация**

Выполнил: Мухин А.С.

Котовск, 2018

IPv6-адресация

В отличие от IPv4-адресов, которые выражены в десятичном формате с разделительными точками, IPv6-адреса представлены с помощью шестнадцатеричных значений. Также шестнадцатеричная система исчисления используется для представления адреса управления доступом к среде передачи данных Ethernet (MAC).

Шестнадцатеричная нумерация

Шестнадцатеричная система исчисления («Hex») — это удобный способ представления двоичных значений. Так же, как в десятичной системе основанием является 10, в двоичной системе основанием является 2, основание шестнадцатеричной системы исчисления — 16.

Система с основанием 16 использует цифры от 0 до 9 и буквы от A до F. На рис. 1 показаны эквиваленты значений десятичной, двоичной и шестнадцатеричной систем. Это 16 уникальных комбинаций из четырёх битов, от 0000 до 1111. Шестнадцатеричная система исчисления очень удобна в использовании, поскольку любые четыре бита могут быть представлены одним шестнадцатеричным значением.

Представление шестнадцатеричных значений		
Шестнадцатеричное	Десятичное	Двоичное
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
A	10	1010
B	11	1011
C	12	1100
D	13	1101
E	14	1110
F	15	1111

Рис.1

Общие сведения о байтах

Если 8 бит (байт) — это общепринятая бинарная группа, двоичный код 00000000—11111111 может быть представлен в шестнадцатеричной системе исчисления в качестве диапазона 00–FF. Для завершения 8-битного представления можно просмотреть ведущие нули. Например, двоичное значение 0000 1010 показано в шестнадцатеричной системе как 0A.

Представление шестнадцатеричных значений

Примечание. Важно отличать шестнадцатеричные значения от десятичных в отношении символов от 0 до 9.

Шестнадцатеричное значение обычно представлено в тексте значением, которое располагается после 0x (например, 0x73) или подстрочного индекса 16. В остальных, более редких случаях, за ним может располагаться H (например, 73H). Однако, поскольку подстрочный текст не распознаётся в командной строке или средах программирования, перед техническим представлением шестнадцатеричных значений стоит «0x» (нулевой X). Так, приведённые выше примеры будут отображаться как 0x0A и 0x73 соответственно.

Шестнадцатеричные преобразования

Числовые преобразования между десятичными и шестнадцатеричными значениями не вызывают затруднений, однако быстрое деление или умножение на 16 не всегда удобно. Обладая определённым опытом, можно распознать шаблоны двоичных разрядов, совпадающих с десятичными и шестнадцатеричными значениями. На рис. 2 такие шаблоны показаны для выбранных 8-битных значений.

Шестнадцатеричные преобразования двоичных октетов		
Шестнадцатеричное	Десятичное	Двоичное
00	0	0000 0000
01	1	0000 0001
02	2	0000 0010
03	3	0000 0011
04	4	0000 0100
05	5	0000 0101
06	6	0000 0110
07	7	0000 0111
08	8	0000 1000
0A	10	0000 1010
0F	15	0000 1111
10	16	0001 0000
20	32	0010 0000
40	64	0100 0000
80	128	1000 0000
C0	192	1100 0000
CA	202	1100 1010
F0	240	1111 0000
FF	255	1111 1111

Рис.2

Длина IPv6-адресов составляет 128 бит, написанных в виде строки шестнадцатеричных значений. Каждые 4 бита представлены одной шестнадцатеричной цифрой, причём общее количество шестнадцатеричных значений равно 32. IPv6-адреса не чувствительны к регистру, их можно записывать как строчными, так и прописными буквами.

Предпочтительный формат

Как показано на рис. 3, предпочтительный формат для записи IPv6-адреса: x: x: x: x: x: x: x: x, где каждый «x» состоит из четырёх шестнадцатеричных значений. Октеды — это термин, который используется для обозначения 8 бит IPv4-адреса. В IPv6 шестнадцатеричное число — это термин, используемый для обозначения сегмента из 16 бит или четырёх шестнадцатеричных значений. Каждый «x» — это одно шестнадцатеричное число, 16 бит или 4 шестнадцатеричных цифр.

Хекстеты

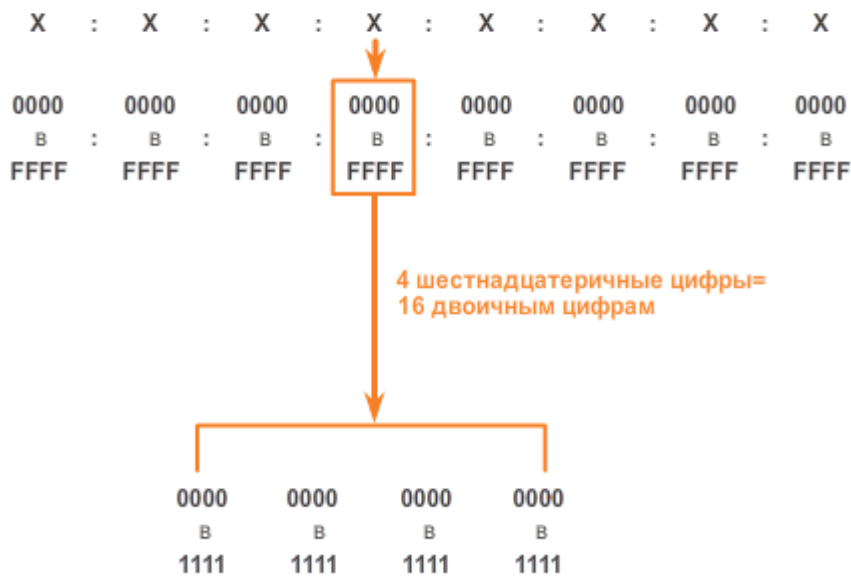


Рис. 3

В предпочтительном формате IPv6-адрес записан с помощью 32 шестнадцатеричных цифр. Тем не менее, это не самый оптимальный способ представления IPv6-адреса. Ниже мы увидим два правила, которые помогут сократить количество цифр, необходимых для представления IPv6-адреса.

На рис. 4 показаны примеры IPv6-адресов в предпочтительном формате.

```

2001 : 0DB8 : 0000 : 1111 : 0000 : 0000 : 0000 : 0200
-----
2001 : 0DB8 : 0000 : 00A3 : ABCD : 0000 : 0000 : 1234
-----
2001 : 0DB8 : 000A : 0001 : 0000 : 0000 : 0000 : 0100
-----
2001 : 0DB8 : AAAA : 0001 : 0000 : 0000 : 0000 : 0200
-----
FE80 : 0000 : 0000 : 0000 : 0123 : 4567 : 89AB : CDEF
-----
FE80 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0001
-----
FF02 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0001
-----
FF02 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0001 : FF00 : 0200
-----
0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0001
-----
0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000
  
```

Рис. 4

Первое правило для сокращения записи IPv6-адресов — пропуск всех ведущих 0 (нулей) в шестнадцатеричной записи. Например:

- 01AB можно представить как 1AB

- 09F0 можно представить как 9F0
- 0A00 можно представить как A00
- 00AB можно представить как AB

Это правило применяется только к ведущим нулям, а НЕ к последующим, иначе адрес будет записан неясно. Например, шестнадцатеричное число «ABC» может быть представлено как «0ABC» или «ABC0».

На рис. 5 примеры того, как пропуск ведущих нулей способствует сокращению размера IPv6-адреса. Для каждого примера показан предпочтительный формат. Обратите внимание, как во многих примерах пропуск ведущих нулей приводит к уменьшенному представлению адреса.

Предпочтительно	2001:0DB8:0000:1111:0000:0000:0000:0200
Без ведущих нулей	2001: DB8: 0:1111: 0: 0: 0: 200

Предпочтительно	FE80:0000:0000:0000:0123:4567:89AB:CDEF
Без ведущих нулей	FE80: 0: 0: 0: 123:4567:89AB:CDEF

Предпочтительно	0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000
Без ведущих нулей	0: 0: 0: 0: 0: 0: 0: 0

Рис. 5

Второе правило для сокращения записи адресов IPv6 заключается в том, что двойное двоеточие (::) может заменить любую единую, смежную строку одного или нескольких 16-битных сегментов (хекстетов), состоящих из нулей.

Двойное двоеточие (::) может использоваться в адресе только один раз, в противном случае в результате может возникнуть несколько адресов. Сочетание этого правила с методом пропуска нулей помогает значительно сократить запись IPv6-адреса. Это называется сжатым форматом.

Неверный адрес:

- 2001:0DB8::ABCD::1234

Возможные расширения неоднозначно записанных сжатых адресов:

- 2001:0DB8::ABCD:0000:0000:1234
- 2001:0DB8::ABCD:0000:0000:0000:1234

- 2001:0DB8:0000:ABCD::1234
- 2001:0DB8:0000:0000:ABCD::1234

На рис. 6 показаны примеры того, как использование двойного двоеточия способствует сокращению размера IPv6-адреса.

Предпочтительно	2001:0DB8:0000:1111:0000:0000:0000:0200
Без ведущих нулей	2001:DB8:0:1111:0:0:0:200
Сжатый	2001:DB8:0:1111::200

Предпочтительно	FF02:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001
Без ведущих нулей	FF02:0:0:0:0:0:0:1
Сжатый	FF02::1

Предпочтительно	0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000
Без ведущих нулей	0:0:0:0:0:0:0:0
Сжатый	::

Рис. 6

Существует три типа IPv6-адресов.

- **Индивидуальный:** служит для определения интерфейса на устройстве под управлением протокола IPv6. Как показано на рисунке, IPv6-адрес источника должен быть индивидуальным.
- **Групповой:** используется для отправки IPv6-пакетов по нескольким адресам назначения.
- **Произвольный:** любой индивидуальный IPv6-адрес, который может быть назначен нескольким устройствам. Пакет, отправляемый на адрес произвольной рассылки, направляется к ближайшему устройству с этим адресом. Произвольные адреса не рассматриваются в данном курсе.

В отличие от протокола IPv4, IPv6 не использует адрес широковещательной рассылки. Однако есть групповой IPv6-адрес для всех узлов, который даёт аналогичный результат.

Префикс, или сетевая часть адреса IPv4, может быть обозначен маской подсети в десятичном формате с разделительными точками или длиной префикса (запись с

наклонной чертой). Например, IP-адрес 192.168.1.10 с маской подсети в десятичном формате с разделительными точками 255.255.255.0 эквивалентен записи 192.168.1.10/24.

Протокол IPv6 использует длину префикса для обозначения части префикса адреса. IPv6 не использует для маски подсети десятичное представление с разделительными точками. Длина префикса обозначает сетевую часть IPv6-адреса с помощью адреса или длины IPv6-префикса.

Диапазон длины префикса может составлять от 0 до 128. Традиционная длина IPv6-префикса для локальных и других типов сетей — /64. Это означает, что длина префикса, или сетевая часть адреса, составляет 64 бита, а оставшиеся 64 бита остаются для идентификатора интерфейса (узловой части) адреса рис. 7.



Рис. 7

Индивидуальный адрес служит для определения интерфейса устройства под управлением протокола IPv6. Пакет, который отправляется на индивидуальный адрес, будет получен интерфейсом, присвоенным для этого адреса. Как и в случае с протоколом IPv4, IPv6-адрес должен быть индивидуальным. IPv6-адрес назначения может быть как индивидуальным, так и групповым.

Существует шесть типов индивидуальных IPv6-адресов рис. 8:

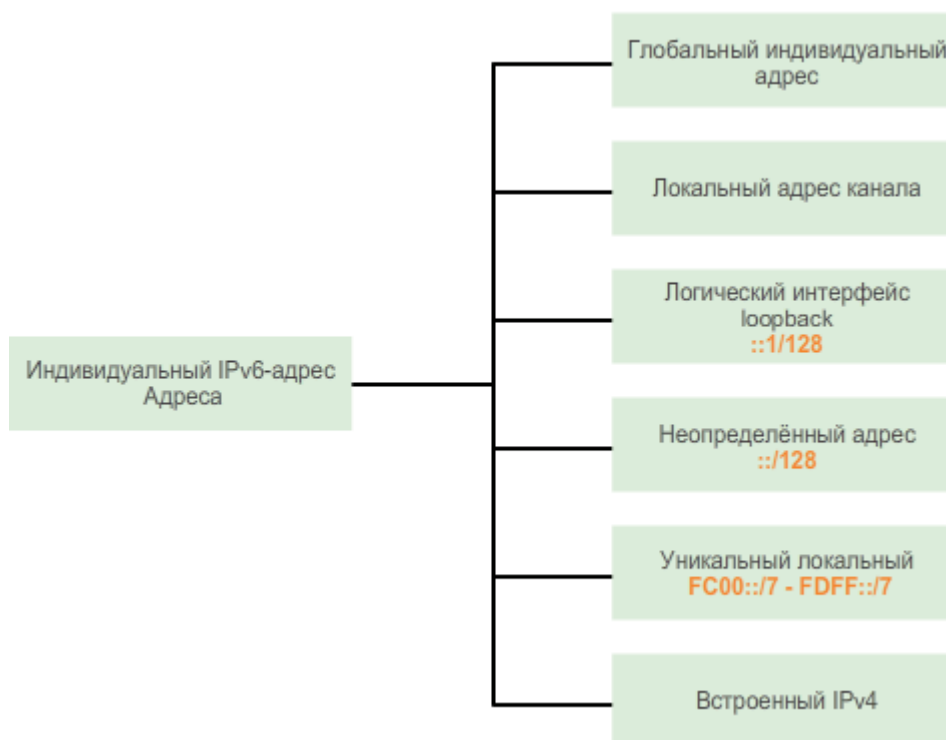


Рис. 8

Глобальный индивидуальный адрес

Глобальный индивидуальный адрес мало чем отличается от публичного IPv4-адреса. Эти адреса, к которым можно проложить маршрут по Интернету, являются уникальными по всему миру. Глобальные индивидуальные адреса могут быть настроены статически или присвоены динамически. В динамическом назначении IPv6-адреса устройством имеются некоторые важные отличия по сравнению с динамическим назначением IPv4-адреса.

Локальный адрес канала

Локальные адреса канала используются для обмена данными с другими устройствами по одному локальному каналу. В протоколе IPv6 термин «канал» означает подсеть. Локальные адреса каналов ограничены одним каналом. Они должны быть уникальны только в рамках этого канала, поскольку вне канала к ним нельзя проложить маршрут. Другими словами, маршрутизаторы не смогут пересылать пакеты, имея локальный адрес канала источника или назначения.

Логический интерфейс looback

Looback-адрес используется узлом для отправки пакета самому себе и не может быть назначен физическому интерфейсу. Как и на looback-адрес IPv4, для проверки настроек TCP/IP на локальном узле можно послать эхо-запрос на looback-адрес IPv6. Looback-адрес IPv6 состоит из нулей, за исключением последнего бита, который выглядит как ::1/128 или просто ::1 в сжатом формате.

Неопределённый адрес

Неопределённый адрес состоит из нулей и в сжатом формате представлен как ::/128 или просто ::. Он не может быть назначен интерфейсу и используется только в качестве адреса источника в IPv6-пакете. Неопределённый адрес используется в качестве адреса источника, когда устройству еще не назначен постоянный IPv6-адрес или когда источник пакета не относится к месту назначения.

Уникальный локальный адрес

Уникальные локальные IPv6-адреса имеют некоторые общие особенности с частными адресами RFC 1918 для IPv4, но при этом между ними имеются и значительные различия. Уникальные локальные адреса используются для локальной адресации в пределах узла или между ограниченным количеством узлов. Эти адреса не следует маршрутизировать в глобальном протоколе IPv6. Уникальные локальные адреса находятся в диапазоне от FC00::/7 до FDFE::/7.

В случае с IPv4 частные адреса объединены с преобразованием сетевых портов и адресов (NAT/PAT) для обеспечения преобразования адресов из частных в публичные. Это делается из-за недостатка адресного пространства IPv4. На многих сайтах также используют частный характер адресов RFC 1918, чтобы обеспечить безопасность или защитить сеть от потенциальных угроз. Однако такая мера никогда не была целью использования данных технологий, и организация IETF всегда рекомендовала предпринимать правильные меры предосторожности при работе маршрутизатора в Интернете. Хотя протокол IPv6 обеспечивает особую адресацию для сайтов, он не предназначен для того, чтобы скрывать внутренние устройства под управлением IPv6 от Интернета IPv6. IETF рекомендует ограничивать доступ к устройствам с помощью наилучших мер безопасности.

Примечание. Исходная спецификация IPv6 определяет локальные адреса для тех же целей с помощью диапазона префикса FEC0::/10. В спецификации были обнаружены некоторые неточности, и локальные адреса сайтов были запрещены IETF в пользу уникальных локальных адресов.

Встроенный IPv4

Последними из рассматриваемых типов индивидуальных адресов являются встроенные IPv4-адреса. Использование этих адресов способствует переходу с протокола IPv4 на IPv6. Встроенные IPv4-адреса не рассматриваются в этом курсе.

Локальный IPv6-адрес канала позволяет устройству обмениваться данными с другими устройствами под управлением IPv6 по одному и тому же каналу и только по данному каналу (подсети). Пакеты с локальным адресом канала источника или назначения не могут быть направлены за пределы того канала, в котором пакет создаётся.

В отличие от локальных IPv4-адресов канала, локальные адреса канала IPv6 играют важную роль в различных аспектах сети. Глобальный индивидуальный адрес не обязателен. Однако для содержания локального адреса канала необходим сетевой интерфейс под управлением протокола IPv6.

Если локальный адрес канала не настроен вручную на интерфейсе, устройство автоматически создаёт собственный адрес, не обращаясь к DHCP-серверу. Узлы под управлением IPv6 создают локальный IPv6-адрес канала даже в том случае, если устройству не был назначен глобальный IPv6-адрес. Это позволяет устройствам под управлением IPv6 обмениваться данными с другими устройствами под управлением IPv6 в одной подсети, в том числе со шлюзом по умолчанию (маршрутизатором).

Локальные IPv6-адреса канала находятся в диапазоне FE80::/10. /10 указывает на то, что первые 10 бит — 1111 1110 10xx xxxx. Первый хекстет имеет диапазон от 1111 1110 1000 0000 (FE80) до 1111 1110 1011 1111 (FEBF).

Локальные IPv6-адреса также используются IPv6-протоколами маршрутизации для обмена сообщениями, а также в качестве следующего адреса пересылки в IPv6-таблице маршрутизации. Локальные адреса каналов будут рассмотрены подробнее в следующем курсе.

Примечание. Как правило, в качестве шлюза по умолчанию для других устройств в канале используется локальный адрес маршрутизатора, а не глобальный индивидуальный адрес.

Глобальные индивидуальные IPv6-адреса уникальны по всему миру и доступны для маршрутизации через Интернет IPv6. Эти адреса эквивалентны публичным IPv4-адресам. Ассоциация по присвоению имен и номеров Интернета (ICANN), оператор Администрации адресного пространства Интернет (IANA), выделяет блоки IPv6-адресов пяти региональным интернет-регистраторам (RIR). В настоящее время назначаются только глобальные индивидуальные адреса с первыми тремя битами 001 или 2000::/3. Это лишь 1/8 от всего доступного адресного пространства IPv6, за исключением очень незначительного количества других типов адресов индивидуальных и групповых адресов.

Примечание. Адрес 2001:0DB8::/32 был зарезервирован для документации, в том числе для использования в примерах.

На рис. 9 показаны структура и диапазон глобальных индивидуальных адресов.

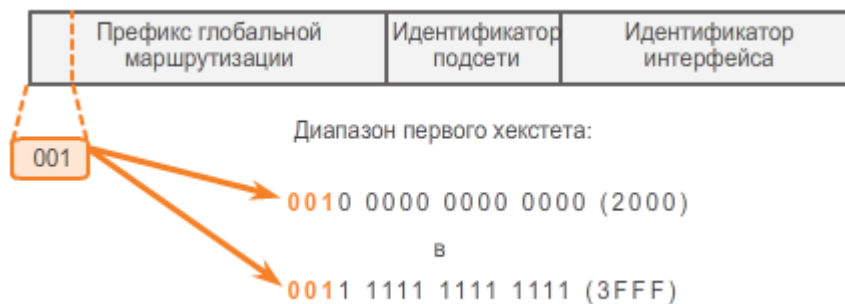


Рис. 9

Глобальный индивидуальный адрес состоит из трёх частей:

- Префикс глобальной маршрутизации
- Идентификатор подсети
- Идентификатор интерфейса

Префикс глобальной маршрутизации

Префикс глобальной маршрутизации — это префиксальная или сетевая часть адреса, назначаемая интернет-провайдером заказчику или узлу. В настоящее время /48 является префиксом глобальной маршрутизации, который в настоящее время интернет-регистраторы назначают своим заказчикам — корпоративным сетям и индивидуальным пользователям. Этого адресного пространства более чем достаточно для большинства заказчиков.

На рис. 10 показана структура глобальных индивидуальных адресов, использующих префикс глобальной маршрутизации /48. Префиксы /48 — наиболее распространённые назначаемые префиксы глобальной маршрутизации.



Рис. 10

Например, IPv6-адрес 2001:0DB8:ACAD::/48 обладает префиксом, который обозначает, что первые 48 бит (3 хекстета) (2001:0DB8:ACAD) — это префиксальная или сетевая часть адреса. Двойное двоеточие (::) перед длиной префикса /48 означает, что остальные адреса состоят из нулей.

Идентификатор подсети

Идентификатор подсети используется организациями для обозначения подсетей в каждом узле.

Идентификатор интерфейса

Идентификатор IPv6-интерфейса эквивалентен узловой части адреса IPv4-адреса. Термин «идентификатор интерфейса» используется в том случае, когда один узел может иметь несколько интерфейсов, каждый из которых обладает одним или более IPv6-адресами.

Примечание. В отличие от IPv4, при использовании протокола IPv6 устройству можно назначить адрес узла, состоящий из одних 0 или из одних 1. Адрес из одних 1 можно использовать по той причине, что в протоколе IPv6 не используются широковещательные адреса. Можно также использовать адрес из одних 0, но он зарезервирован в качестве адреса произвольной рассылки Subnet-Router, и его следует назначать только маршрутизаторам.

Чтобы без труда прочитать большинство IPv6-адресов, нужно подсчитать количество хекстетов. Как показано на рис. 11, в глобальном индивидуальном адресе первые четыре хекстета отображают сетевую часть адреса, причём четвертый хекстет обозначает идентификатор подсети. Остальные четыре хекстета используются для идентификатора интерфейса.



Рис. 11