

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет инфокоммуникаций

Кафедра защиты информации

Е.С. Белоусова

КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

IPv4 и IPv6 АДРЕСАЦИЯ

ПРАКТИКУМ

Минск БГУИР 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1 КОНВЕРТАЦИЯ IPV4-АДРЕСОВ.....	5
1.1 Теоретическая часть	5
1.2 Практическое задание	7
1.3 Содержание отчета	9
1.4 Контрольные вопросы.....	10
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2 СЕТЕВАЯ И УЗЛОВАЯ ЧАСТЬ IPV4-АДРЕСА.....	11
2.1 Теоретическая часть	11
2.2 Практическое задание	20
2.3 Содержание отчета	23
2.4 Контрольные вопросы.....	23
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3 РАЗБИЕНИЕ СЕТЕЙ IPV4 НА ПОДСЕТИ.....	24
3.1 Теоретическая часть	24
3.2 Практическое задание	29
3.3 Содержание отчета	32
3.4 Контрольные вопросы.....	33
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4 АДРЕСАЦИЯ VLSM.....	34
4.1 Теоретическая часть	34
4.2 Практическое задание	39
4.3 Содержание отчета	41
4.4 Контрольные вопросы.....	42
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5 ПРЕДСТАВЛЕНИЕ IPV6-АДРЕСОВ	43
5.1 Теоретическая часть	43
5.2 Практическое задание	50
5.3 Содержание отчета	52
5.4 Контрольные вопросы.....	52
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6 РАЗБИЕНИЕ IPV6-СЕТИ НА ПОДСЕТИ	53
6.1 Теоретическая часть	53

6.2 Практическое задание	54
6.3 Содержание отчета	57
6.4 Контрольные вопросы.....	57
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7 РАСЧЕТ СУММАРНЫХ IPV4- И IPV6- МАРШРУТОВ.....	58
7.1 Теоретическая часть.....	58
7.2 Практическое задание	60
7.3 Содержание отчета	65
7.4 Контрольные вопросы.....	65

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ IPV6-АДРЕСОВ

Цель: изучить формат IPv6-адреса и его типы, научиться использовать процесс EUI-64 для создания локальных и глобальных IPv6-адресов.

5.1 Теоретическая часть

Протокол IPv6 использует для адресации 128 битов вместо 32-х битов в IPv4. В стандарте IPv6 используется шестнадцатеричная запись числа для представления 128-битовых адресов. В отличие от IPv4-адресов, которые выражены в десятичном формате с разделительными точками, IPv6-адреса представлены с помощью шестнадцатеричных значений.

Если в десятичной системе основанием является 10, в двоичной системе основанием является 2, то основание шестнадцатеричной системы исчисления – 16. Система с основанием 16 использует цифры от 0 до 9 и буквы от A до F, где $A_{16} \rightarrow 1010_2 \rightarrow 10_{10}$, $F_{16} \rightarrow 1111_2 \rightarrow 15_{10}$. Шестнадцатеричное значение обычно представлено в тексте значением с подстрочным индексом 16, как представлено выше. Однако, поскольку подстрочный текст не распознаётся в командной строке или средах программирования, перед техническим представлением шестнадцатеричных значений стоит «0x» (нулевой X), для представленных выше примеров 0x0A, 0x0F. Также возможен вариант обозначения шестнадцатеричной СС с помощью буквы H (например, 0AH). Это необходимо для отличия шестнадцатеричной СС от десятичной. Если есть значение 75 без обозначений, скорее всего имеется ввиду десятичное выражение, если 0x75 или 75H, то данные значения представлены в шестнадцатеричной СС. Перевод из шестнадцатеричной СС в десятичную или двоичную осуществляется на основе знаний таблицы 5.1. Например значения $0xBC \rightarrow 10111100_2 \rightarrow 188_{10}$.

Таблица 5.1 – Представление шестнадцатеричных значений в десятичной и двоичной системах исчисления

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

Продолжение таблицы 5.1

Шестнадцатеричное	Десятичное	Двоичное
8	8	1000
9	9	1001
A	10	1010
B	11	1011
C	12	1100
D	13	1101
E	14	1110
F	15	1111

Шестнадцатеричная система исчисления очень удобна в использовании, поскольку любые четыре бита могут быть представлены одним шестнадцатеричным значением. Например, 8 бит или 1 байт представить в виде двоичного кода 11111111, то в шестнадцатеричной системе исчисления данный код будет равен 0xFF. Для завершения 8-битного представления значения 1010 дополняют нули (00001010), которое в шестнадцатеричной системе представляется как 0x0A.

Протокол IPv6 позволяет использовать 16 млрд. IP-адресов. Эта версия протокола IP должна обеспечить необходимое количество адресов как на текущий момент, так и в будущем. 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.

Формат для записи IPv6-адреса представлен на рисунке 5.1. и выражается в записи шестнадцатеричных чисел через двоеточие, которые ограничивают сегменты из 16 бит или четырёх шестнадцатеричных значений (гекстеты).

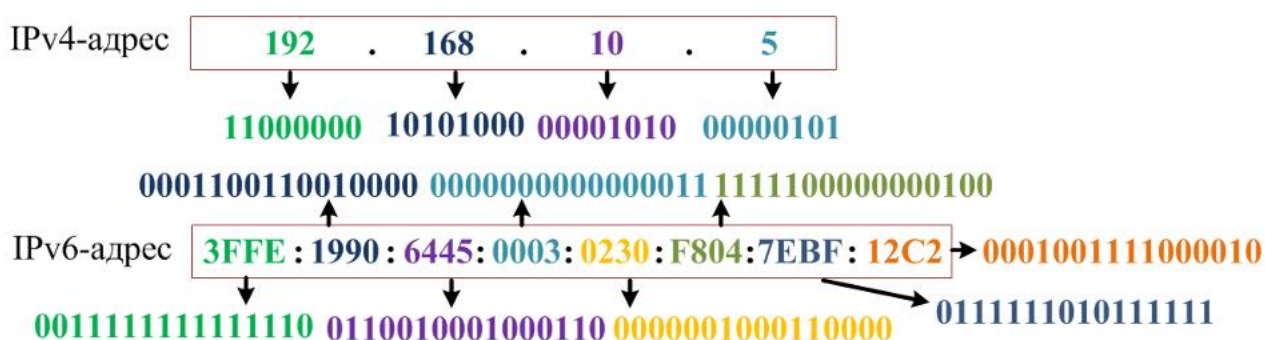


Рисунок 5.1 – Представление IPv4 и IPv6-адресов

Для сокращения записи IPv6-адреса используются следующие правила:
 1 сокращение ведущих нулей – в IPv6-адресе не учитываются первые нули, например значение 0x0200 можно записать в виде 0x200 (рисунок 5.2);

2 пропуск нулевых блоков – использование двойного двоеточия «::» позволяет сокращать гекстеты, состоящие из нулей, может использоваться в адресе только один раз (рисунок 5.2).

IPv6-адрес	FF02 : 0000 : 0000 : 0000 : 0000 : 0001 : FF00 : 0200
Без ведущих нулей	FF02 : 0: 0: 0: 0: 1: FF00 : 200
Пропуск нулевых блоков	FF02 :: 1: FF00 : 200

Рисунок 5.2 – Пример применения правил для представления сжатого формата IPv6-адреса

Выделяют три типа IPv6-адресов:

– индивидуальный служит для определения интерфейса на устройстве под управлением протокола IPv6, т. е. 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.

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

Протокол IPv6 использует префикс для обозначения части префикса адреса. IPv6 не использует для маски подсети десятичное представление с разделительными точками. Диапазон длины префикса может составлять от 0 до 128. Традиционная длина IPv6-префикса для локальных и других типов сетей является /64 (рисунок 5.3). Это означает, что длина префикса, или сетевая часть адреса, составляет 64 бита, а оставшиеся 64 бита остаются для узловой части адреса.

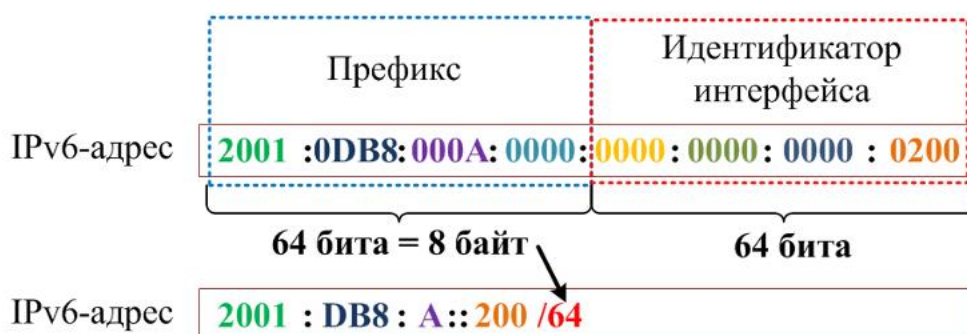


Рисунок 5.3 – Запись IPv6-адреса с префиксом

Существуют следующие типы индивидуальных IPv6-адресов:

– глобальный индивидуальный адрес;

- локальный адрес канала;
- логический интерфейс loopback;
- неопределённый адрес;
- уникальный локальный адрес;
- встроенный IPv4.

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. Глобальные индивидуальные адреса обозначаются первыми тремя битами 001 или 2000::/3. Адрес 2001:0DB8::/32 был зарезервирован для документации, в том числе для использования в примерах. На рисунке 5.4 представлено, что у IPv6-адреса префикс глобальной маршрутизации представлен в виде первых трех гекстетов (2001:0DB8:ACAD), четвертый гекстет обозначает адрес подсети. Так как префикс глобальной маршрутизации /48, префикс подсети /16, то общий префикс составляет /64.

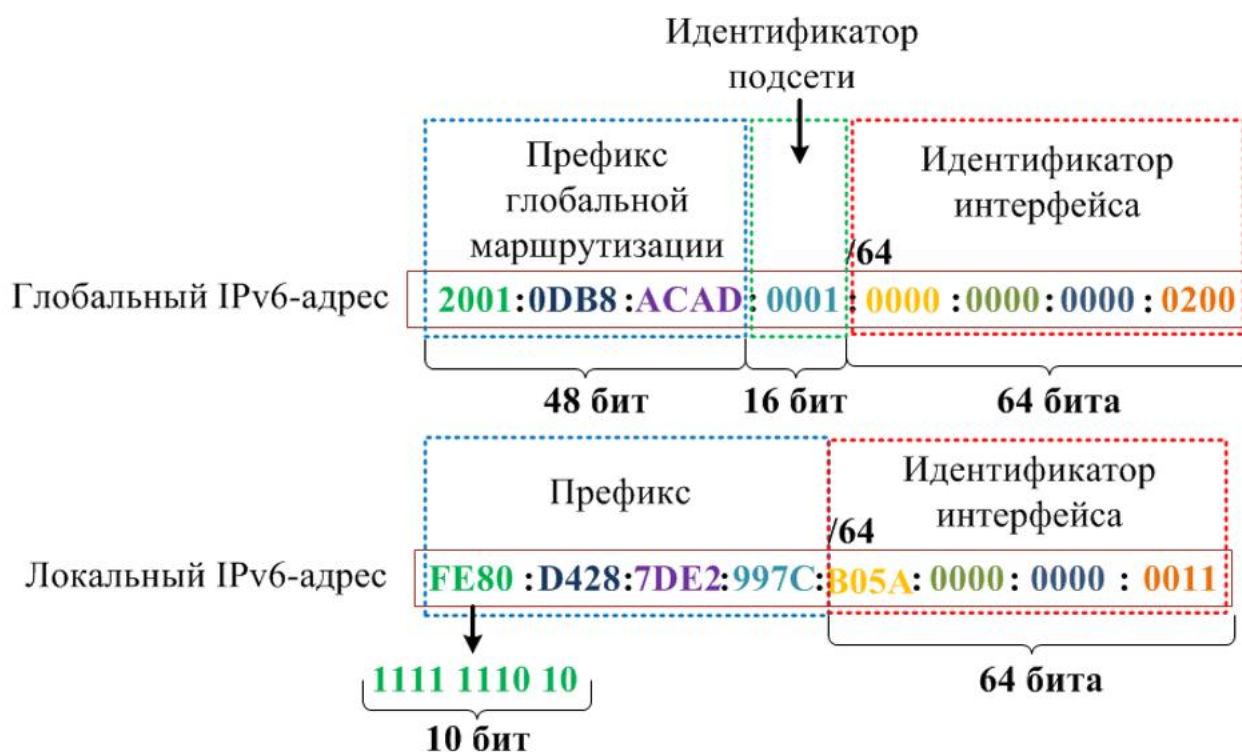


Рисунок 5.4 – Представление глобальных и локальных IPv6-адресов

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.

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 10. Первый гекстет имеет диапазон от 1111 1110 1000 0000 (FE80) до 1111 1110 1011 1111 (FEBF).

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

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.

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. Уникальные локальные адреса находятся в диапазоне от FC00::/7 до FDFF::/7.

Последними из рассматриваемых типов индивидуальных адресов являются встроенные IPv4-адреса. Использование этих адресов способствует переходу с протокола IPv4 на IPv6.

Процесс EUI-64 – процесс, использующий 48-битный MAC-адрес клиента и в середине этого адреса размещается 16 бит для создания 64-битного идентификатора интерфейса в IPv6-адресе. MAC-адрес представляется в шестнадцатеричном формате и состоит из двух частей:

- уникальный идентификатор организации (OUI) – 24-битный код поставщика, назначенный IEEE;

- идентификатор устройства – уникальное 24-битное значение с общим уникальным идентификатором организации (OUI).

Идентификатор интерфейса в формате EUI-64 представлен в двоичном формате и состоит из трёх частей:

- 24-битный OUI на основе MAC-адреса, в котором седьмой бит является обратным, т. е. если седьмой бит имеет значение 0, то он становится 1, и наоборот;

- 16-битное значение FFFE;
 - 24-битный идентификатор устройства на основе MAC-адреса клиента.
- Процесс EUI-64 состоит из следующих шагов (рисунок 5.4):
- 1 разделение MAC-адреса на часть OUI и идентификатор устройства;
 - 2 вставка шестнадцатеричного значения FFFE в двоичном формате;
 - 3 преобразование седьмого бита OUI в обратное значение;
 - 4 добавление префикса локального адреса.

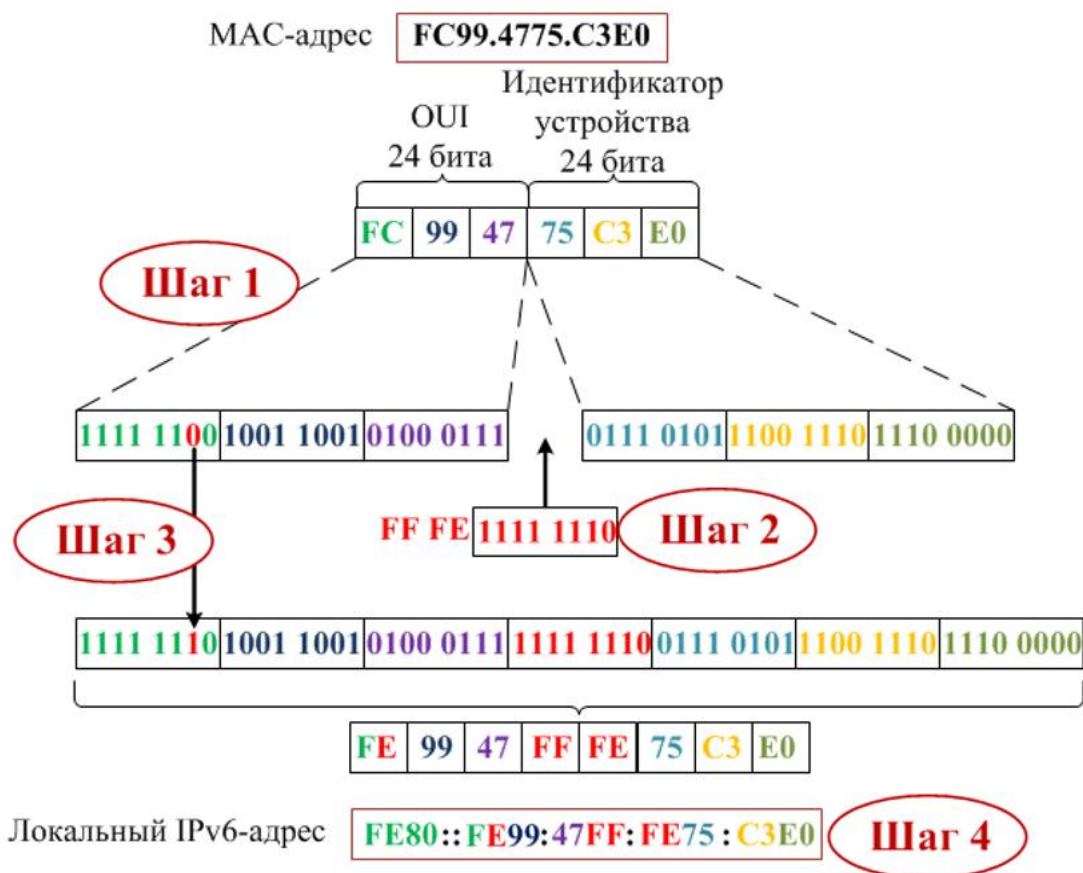


Рисунок 5.4 – Процесс EUI-64

Групповой адрес используется для отправки одного пакета по одному или нескольким назначениям (группе мультивещания). Групповые IPv6-адреса имеют префикс FF00::/8. Групповые адреса могут быть только адресами назначения, а не адресами источника.

Существует два типа групповых IPv6-адресов:

- присвоенный групповой адрес;
- групповой адрес запрошенного узла.

Присвоенный групповой адрес – это один адрес, используемый для осуществления связи с группой устройств, работающих на одном протоколе или сервисе. Присвоенные групповые адреса зарезервированы для заданных групп устройств.

Существует две распространённые группы присвоенных групповых IPv6-адресов:

- группа мультивещания для всех узлов;
- группа мультивещания для всех маршрутизаторов.

Группа мультивещания для всех узлов FF02::1. Это группа мультивещания, к которой подключены все устройства под управлением протокола IPv6. Пакет, отправленный этой группе, получается и обрабатывается всеми IPv6-интерфейсами в канале или сети. Эта группа адресов работает так же, как широковещательный адрес в протоколе IPv4.

Группа мультивещания для всех маршрутизаторов FF02::2. Это группа мультивещания, к которой подключены все IPv6-маршрутизаторы. Маршрутизатор становится частью этой группы, когда переходит под управление протоколом IPv6 с помощью команды глобальной конфигурации `ipv6 unicast-routing`. Пакет, отправленный этой группе, получается и обрабатывается всеми IPv6-маршрутизаторами в канале или сети.

Устройства под управлением протокола IPv6 отправляют сообщения с запросом маршрутизатора групповому адресу для всех маршрутизаторов. Такие сообщения запрашивают у IPv6-маршрутизатора объявление маршрутизатора, чтобы помочь устройству в процессе адресной конфигурации.

Групповой адрес запрашиваемого узла – это адрес, который соответствует только 24 битам глобального индивидуального IPv6-адреса устройства. Обработать эти пакеты должны только те устройства, которые имеют аналогичные 24 бита в наименее значащей, крайней правой части идентификатора интерфейса.

Групповой IPv6-адрес запрашиваемого узла создаётся автоматически при назначении глобального индивидуального адреса или локального адреса канала. Групповой IPv6-адрес запрашиваемого узла создаётся посредством объединения специального префикса FF02:0:0:0:1:FF00::/104 с крайними правыми 24 битами его индивидуального адреса (рисунок 5.5).

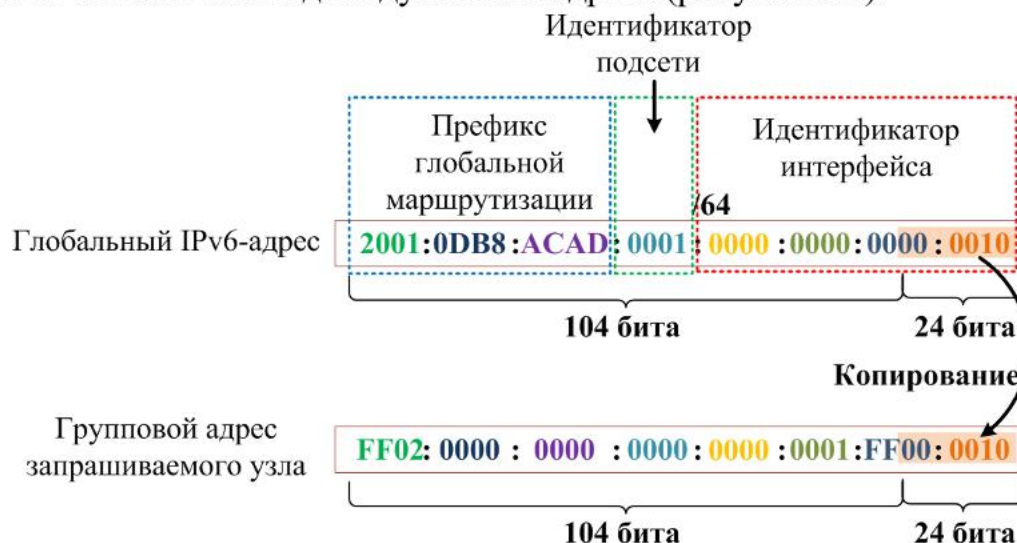


Рисунок 5.5 – Преобразование глобального IPv6-адреса в групповой адрес запрашиваемого узла

Групповой адрес запрашиваемого узла состоит из 2 частей:

– групповой префикс FF02:0:0:0:0:1:FF00::/104: – первые 104 бита группового адреса запрашиваемого узла;

– 24 бита группового адреса запрашиваемого узла – копия 24 битов из крайних правых битов глобального индивидуального адреса или локального адреса канала устройства.

5.2 Практическое задание

В данной практической работе необходимо выполнить представленные ниже задания.

1. Осуществить преобразование десятичных чисел в шестнадцатеричные и шестнадцатеричных в двоичные. В соответствии с первой цифрой шифра из таблицы 5.2 выбрать десятичные числа и осуществить их преобразование в двоичную СС. Результаты перевода представить в виде таблицы 5.3.

Таблица 5.2 – Шестнадцатеричные числа для перевода в двоичную СС

Номер первой цифры шифра	Шестнадцатеричные числа для перевода в двоичную СС
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

Таблица 5.3 – Представление результатов перевода из одной СС в другую

Шестнадцатеричное число	Результат перевода в двоичную СС

2. Осуществить преобразование двоичных чисел в шестнадцатеричные. В соответствии со второй цифрой шифра из таблицы 5.4 выбрать двоичные числа и осуществить их преобразование в шестнадцатеричную СС. Результаты перевода представить в виде таблицы 5.3.

Таблица 5.4 – Двоичные числа для перевода в шестнадцатеричную СС

Номер второй цифры шифра	Двоичные числа для перевода в шестнадцатеричную СС
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

3. Определение типа IPv6-адреса. В соответствии с третьей цифрой шифра из таблицы 5.5 выбрать IPv6-адреса и определить их тип. В таблице 5.6 записать IPv6-адреса в сокращенном формате в ячейку, соответствующую типу.

Таблица 5.5 – IP-адреса для определения типа

Номер третьей цифры шифра	IP-адреса
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

Таблица 5.6 – Результаты определения типа IPv6-адреса

Тип адреса	IP-адрес

4. Определить IPv6-адрес посредством процесса EUI-64. Из таблицы 5.7 выбрать MAC-адреса в соответствии со второй цифрой шифра и рассчитать для них глобальные и локальные IPv6-адреса. Для полученных IPv6-адресов рассчитать групповой адрес запрашиваемого узла. Результаты расчета представить в виде таблицы 5.8.

Таблица 5.7 – MAC-адреса для расчета IPv6-адреса

Номер второй цифры шифра	MAC-адреса
0	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

Таблица 5.8 – Результаты расчета IPv6-адреса посредством процесса EUI-64

MAC-адрес			
Глобальный IPv6-адрес			
Локальный IPv6-адрес			
Групповой адрес запрашиваемого узла			

5.3 Содержание отчета

1. Цель работы, исходные данные из таблиц 5.2, 5.4, 5.5, 5.7.
2. Результаты произведенных расчетов (заполненные таблицы 5.3, 5.6, 5.8).
3. Вывод по работе.
4. Ответы на контрольные вопросы.

5.4 Контрольные вопросы

1. Структура IPv6-адреса.
2. Шестнадцатеричная система исчисления.
3. Правила сокращения IPv6-адреса.
4. Типы IPv6-адресов.
5. Назначение префикса IPv6-адресов.
6. Типы индивидуальных IPv6-адресов.
7. Отличия локального и глобального IPv6-адресов.
8. Процесс EUI-64.
9. Типы групповых IPv6-адресов.
10. Группы присвоенных групповых IPv6-адресов и их отличия.