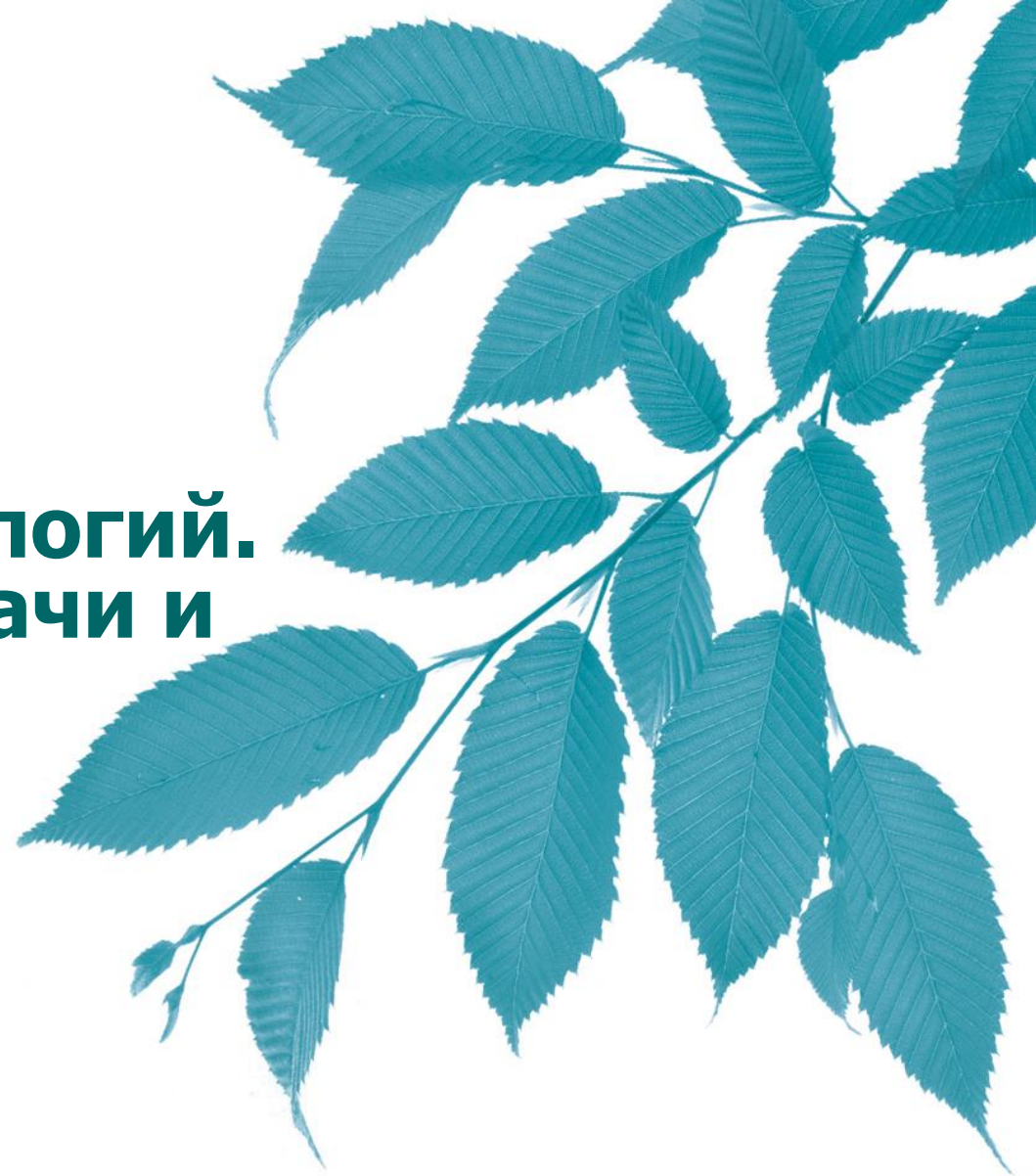


Основы сетевых технологий. Часть 1: Основы передачи и коммутации данных в компьютерных сетях

Сертификационный курс

Лекция 6

D-Link
Building Networks for People

D-Link

Лекция 6

Адресация сетевого уровня

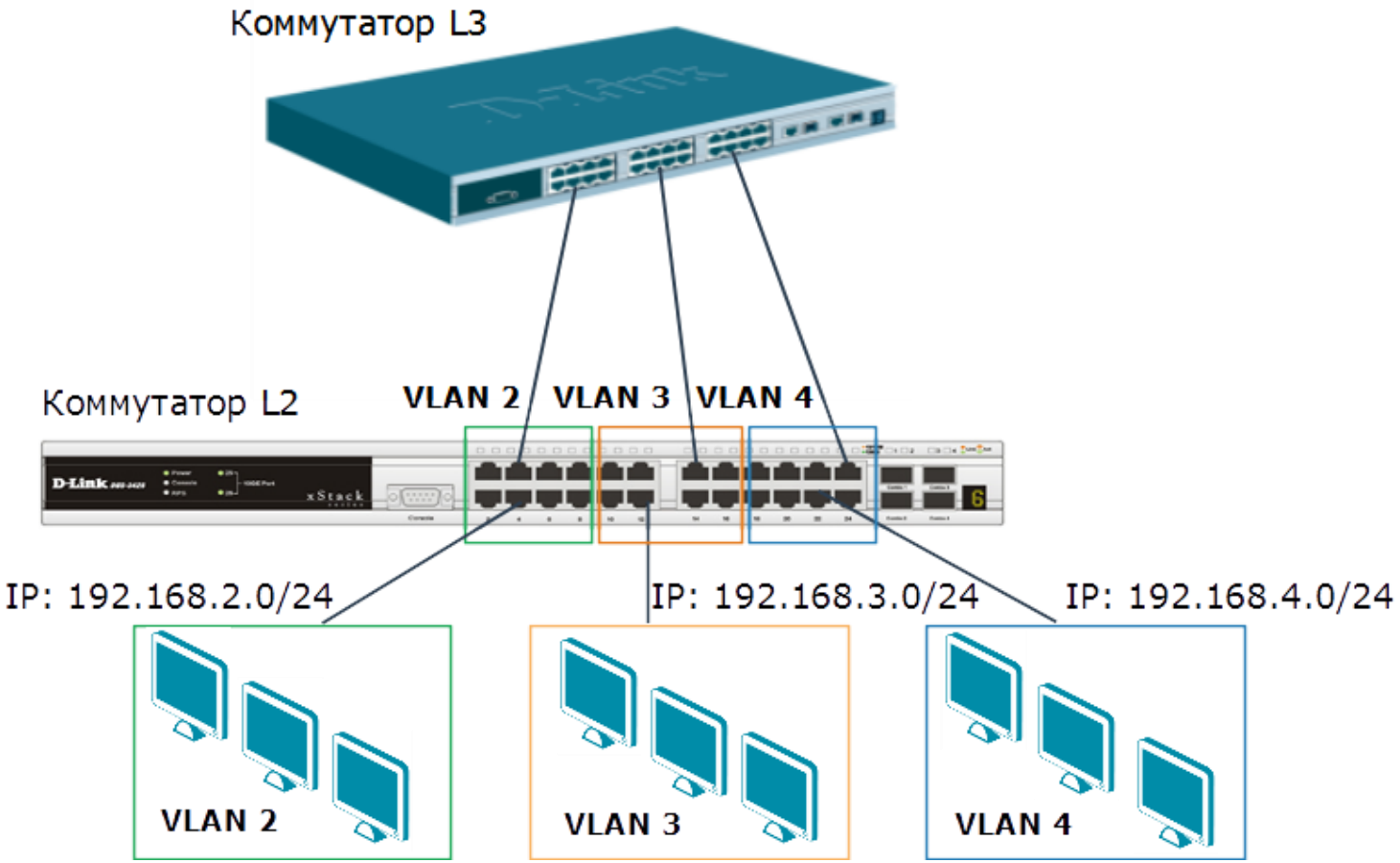
Лекция 6. Адресация сетевого уровня и маршрутизация

- Сетевой уровень
- Протокол IP версии 4
- Протокол IP версии 6

Адресация сетевого уровня

Сетевой уровень

- При построении сетей передачи данных возникает задача организации связи между различными сетями или подсетями, образующими составную сеть. Эта задача решается с помощью функций *сетевого уровня (network layer)* модели OSI.



Адресация сетевого уровня

Сетевой уровень

- Основным протоколом сетевого уровня является протокол **IP** (Internet Protocol), который позволяет передавать данные в сетях TCP/IP между узлами составной сети и выполняет четыре основные функции:
  - адресацию узлов;
  - инкапсуляцию данных;
  - фрагментацию и последующую сборку пакетов;
  - маршрутизацию.

- Протокол IP не гарантирует надёжной доставки пакета до адресата, эта функция выполняется протоколами более высокого уровня. Такой тип доставки данных называют *best-effort.*

Адресация сетевого уровня

В настоящее время существует две версии протокола IP:

- **IP версии 4 (IPv4):**
  - описан в RFC 791 (сентябрь 1981 года), заменившем RFC 760 (январь 1980 года);
  - использует 32-битные адреса, ограничивающие адресное пространство 4 294 967 296 (2^{32}) возможными уникальными адресами.

- **IP версии 6 (IPv6):**
  - описан в серии RFC, начиная с RFC 1883;
  - использует 128-битные адреса ($3{,}4 \cdot 10^{38}$ уникальных адресов).

Протокол IP версии 4

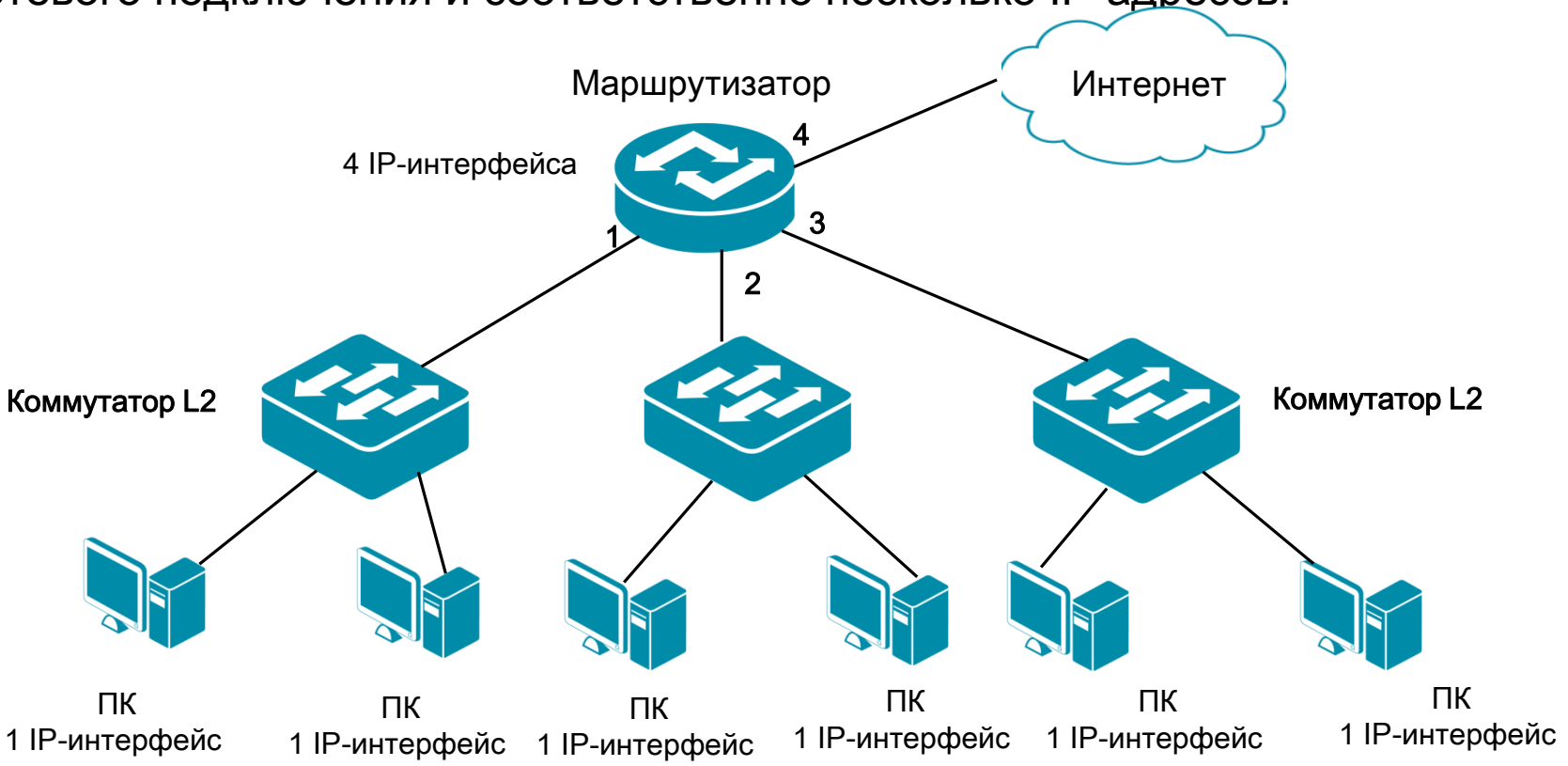
Формат пакета IPv4

- **Версия** *(Version)* — для IPv4 значение поля равно 4;
- **Длина заголовка** *(IHL, Internet Header Length)* – указывает на начало блока данных в пакете. Обычно значение для этого поля равно 5;
- **Тип сервиса** *(Type of Service)* – указывает приоритет пакета;
- **Общая длина** *(Total Length)* - общая длина пакета с учетом заголовка и поля данных;
- **Идентификатор пакета** *(Identification)* – используется для распознавания пакетов, образованных при фрагментации исходного пакета;
- **Флаги** *(Flags)* – содержит признаки, связанные с фрагментацией пакета;
- **Смещение фрагмента** *(Fragment Offset)* – значение, определяющее позицию фрагмента в потоке данных;
- **Время жизни** *(Time to Live)* – временной интервал, в течение которого пакет может перемещаться по сети маршрутизаторами;
- **Протокол** *(Protocol)* – указывает, какому протоколу верхнего уровня принадлежит информация, размещенная в поле данных пакета;
- **Контрольная сумма** *(Header Checksum)* – рассчитывается только по заголовку и позволят определить целостность пакета;
- **IP-адрес источника** *(Source IP Address)* и **IP-адрес назначения** *(Destination IP Address)* – указывают отправителя и получателя пакета;
- **Опции** *(Options)* – необязательное поле, используется при отладке сети.

Понятие IP-адресации

Обзор адресации сетевого уровня

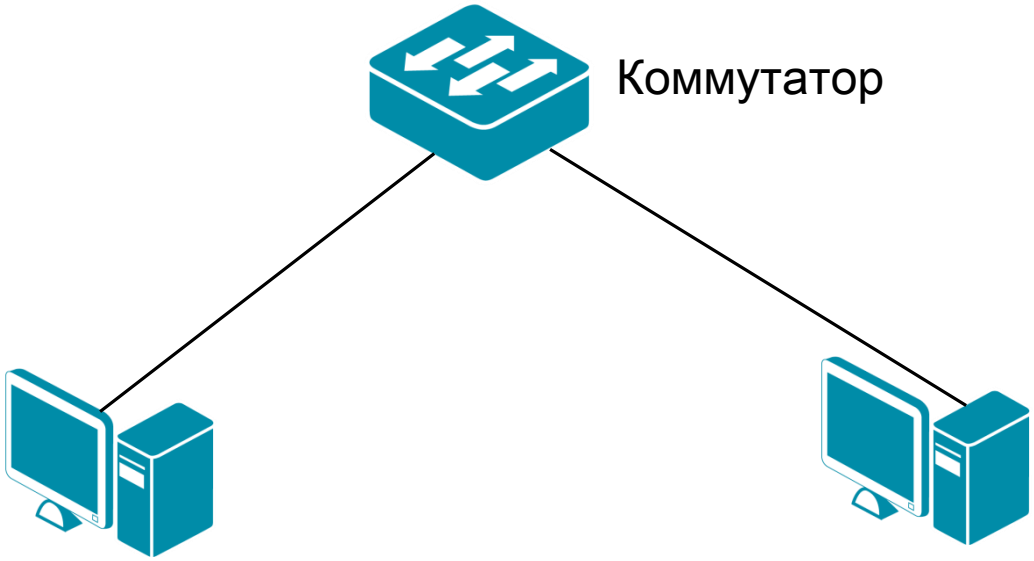
- Для того чтобы устройство могло участвовать в межсетевом взаимодействии с помощью протокола IP, ему должен быть присвоен уникальный IP-адрес, который позволяет однозначно идентифицировать интерфейс между устройством и сетью.
- IP-адрес не идентифицирует непосредственно устройство.
- Некоторые устройства, например, маршрутизаторы, могут иметь более одного сетевого подключения и соответственно несколько IP-адресов.



Понятие IP-адресации

Обзор адресации сетевого уровня

- Каждое устройство, которое выполняет передачу данных, имеет связанный с ним **физический адрес** (MAC-адрес) на канальном уровне и назначенный ему **логический адрес** (IP-адрес) на сетевом уровне, который иногда называют *адресом третьего уровня*.



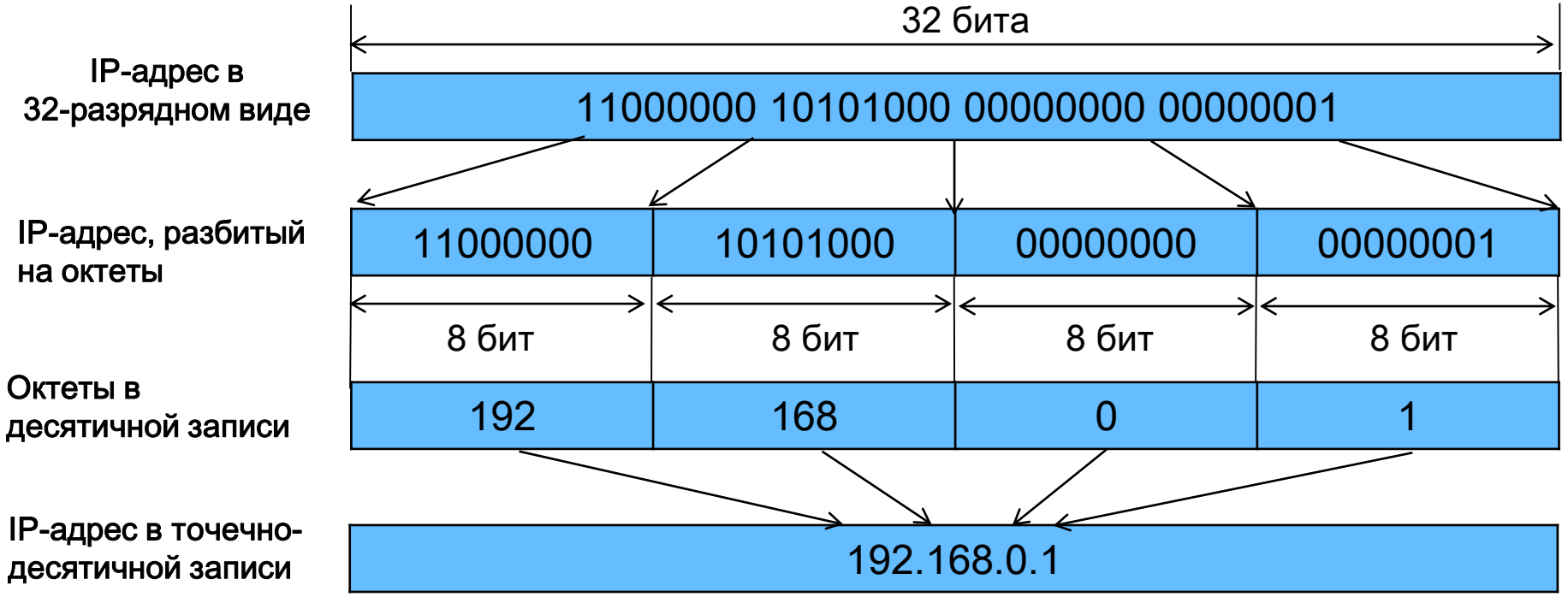
ПК 1:
Физический адрес: 11-A0-17-3D-BB-01
Логический адрес: 192.168.1.2

ПК 2:
Физический адрес: 11-A0-17-3D-BB-02
Логический адрес: 192.168.1.11

Представление и структура адреса IPv4

Представление IPv4-адреса

- Адрес IPv4 представляет собой 32-разрядное (4 байта) двоичное поле. Для удобства восприятия и запоминания этот адрес разделяют на 4 части по 8 бит (октеты), каждый октет переводят в десятичное число и при записи разделяют точками. Это представление адреса называется **десятично-точечной нотацией**.



Представление и структура адреса IPv4

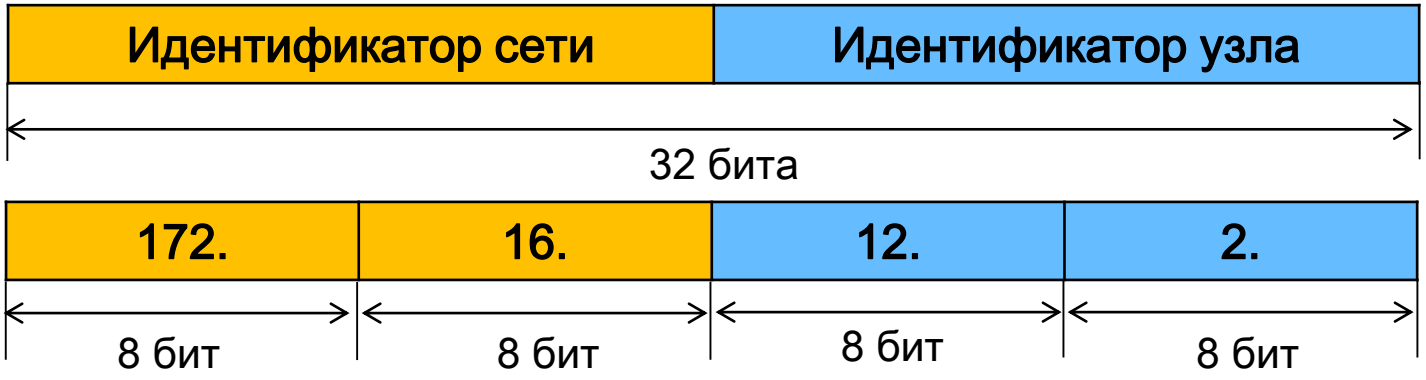
Преобразование октета из двоичного вида в десятичный:

Двоичное значение октета	Значение битов октета	Десятичное значение октета
00000000	0	0
10000000	128	128
11000000	128+64	192
11100000	128+64+32	224
11110000	128+64+32+16	240
11111000	128+64+32+16+8	248
11111100	128+64+32+16+8+4	252
11111110	128+64+32+16+8+4+2	254
11111111	128+64+32+16+8+4+2+1	255

Представление и структура адреса IPv4

Адрес IPv4

- IPv4-адрес структурирован и состоит из двух логических частей:
  - **Идентификатор сети** - Network Identifier (Net ID) – определяет конкретную сеть или сегмент сети, в которой находится узел и используется для маршрутизации.
  - **Идентификатор узла** - Host Identifier (Host ID) – используется для уникальной идентификации узла внутри сети или сегмента сети.

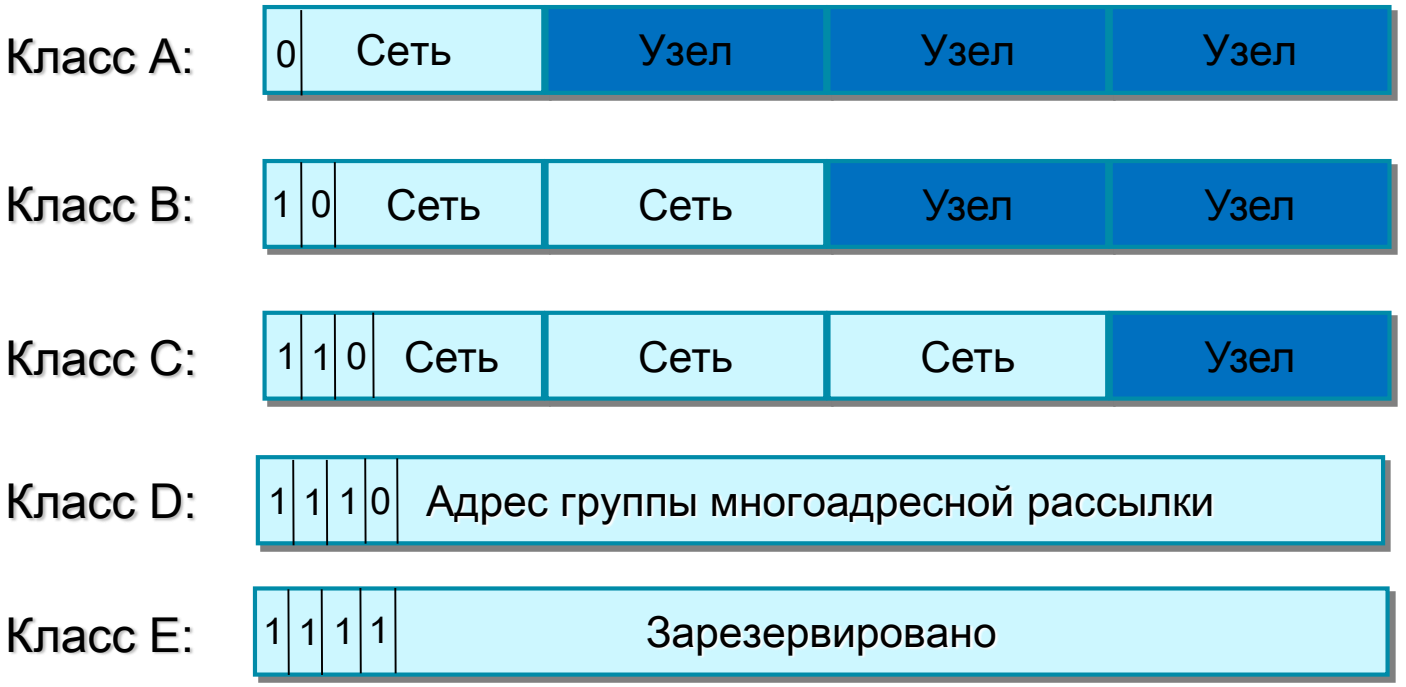


Классовая адресация IPv4

Задача: оптимизация адресов с точки зрения максимально эффективного использования IPv4-адресного пространства.

Решение: использование классовой модели IP-адресации.

- Все пространство IP-адресов делится на 5 классов в зависимости от значения первых четырех бит IPv4-адреса.
- Классам присвоены имена от A до E.



Классовая адресация IPv4

Классовая адресация IPv4

- Согласно классовой модели адресации, существует определенное количество сетей каждого класса и в сети каждого класса может быть адресовано только определенное количество сетевых узлов.

Класс адреса	Диапазон адресов	Доступное количество сетей	Доступное количество узлов
Класс A	1.0.0.0 – 126.0.0.0	126	16 777 214
Класс B	128.0.0.0 – 191.255.0.0	16 384	65 532
Класс C	192.0.0.0 – 223.255.255.0	2 097 152	254
Класс D	224.0.0.0 – 239.255.255.254	Multicast	-
Класс E	240.0.0.0 – 254.255.255.255	Зарезервировано	-

Частные и публичные адреса IPv4

Частные и публичные адреса IPv4

- **Публичные (public) IP-адреса** – уникальные адреса, которые не должны повторяться в глобальной сети.
- **Частные (private) IP-адреса** – используются в локальных сетях и не маршрутизируются в глобальную сеть.

- Публичные адреса находятся в пределах от 1.0.0.1 до 223.255.255.254 за исключением частных адресов IPv4.

- Адресное пространство частных IPv4-адресов состоит из 3 блоков:
  - 10.0.0.0 – 10.255.255.255 (класс A);
  - 172.16.0.0 – 172.31.255.255 (класс B);
  - 192.168.0.0 – 192.168.255.255 (класс C).

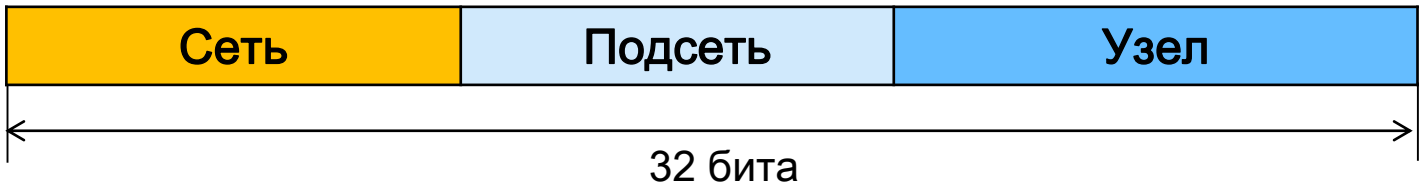
Частные и публичные адреса IPv4

Специальные IPv4-адреса

Идентификатор сети	Идентификатор узла	Описание
Все «0»	Все «0»	0.0.0.0 – адрес узла, сгенерировавшего пакет. Используется устройством для ссылки на самого себя, если оно не знает свой IPv4-адрес. Используется, например, когда устройство пытается получить IPv4-адрес с помощью протокола DHCP
Все «0»	Идентификатор узла	Узел назначения принадлежит той же сети, что и узел-отправитель, например, 0.0.0.25
Идентификатор сети	Все «0»	Адрес сети IPv4, например 175.11.0.0
Идентификатор сети	Все «1»	Ограниченный широковещательный адрес (в пределах данной IP-сети), например 192.168.100.255
Все «1»	Все «1»	255.255.255.255 – «глобальный» широковещательный адрес
127.0.0.1		Адрес интерфейса обратной петли (loopback), предназначен для тестирования оборудования без реальной отправки пакета

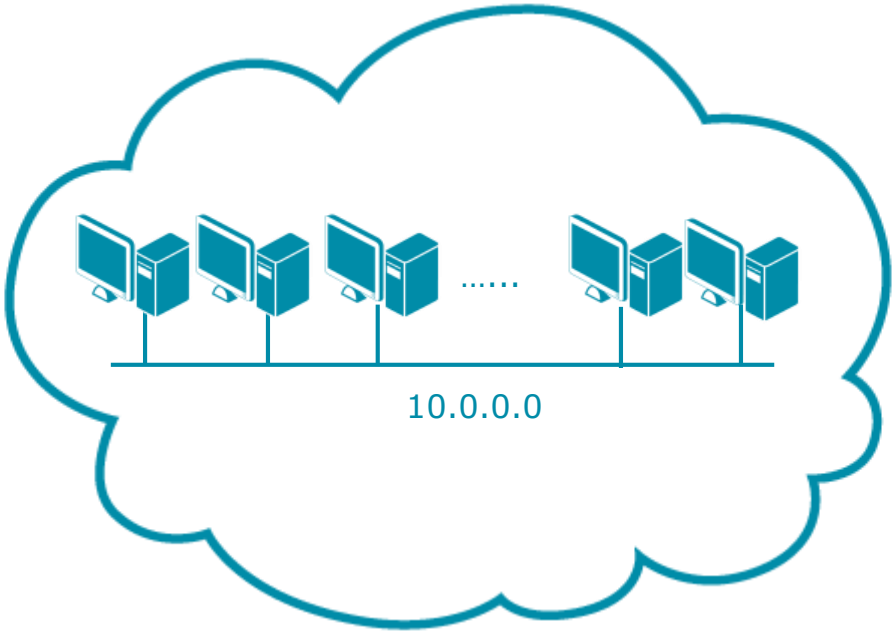
Формирование подсетей

- Изначально IPv4-адрес имел два уровня иерархии: идентификатор сети и идентификатор узла.
- Каждой организации выдавался IPv4-адрес из нужного диапазона (A, B и C) в зависимости от текущего числа компьютеров и его планируемого увеличения.
- Для более эффективного использования адресного пространства были внесены изменения в существующую классовую систему адресации. В RFC 950 была описана процедура разбиения сетей на подсети, и в структуру IPv4-адреса был добавлен еще один уровень – *подсеть* (subnetwork).

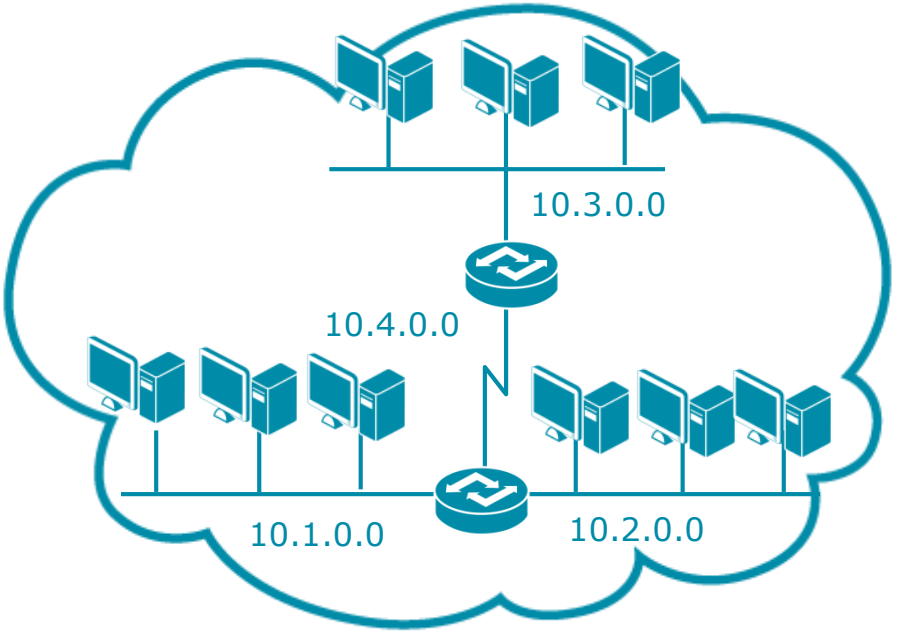


Формирование подсетей

- Разбиение одной крупной сети на несколько мелких позволяет:
  - лучше соответствовать физической структуре сети;
  - рационально использовать адресное пространство (т.е. для каждого сегмента сети не требуется выделять целиком блок IP-адресов класса A, B или C, а только его часть);
  - упростить маршрутизацию;
  - повысить безопасность и управляемость сети (за счет уменьшения размеров сегментов и изоляции трафика сегментов друг друга).



Адресное пространство класса A
без разбиения на подсети

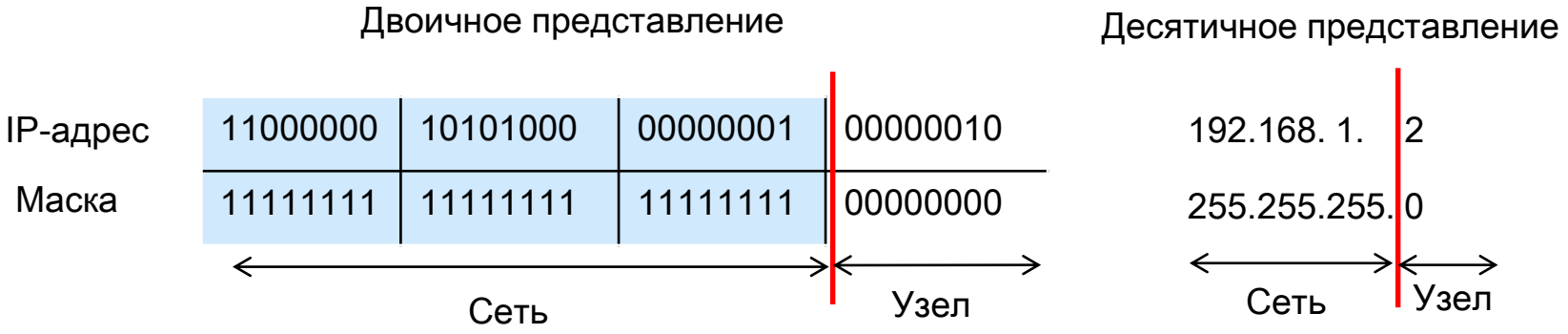


Адресное пространство класса A
после разбиения на подсети

Формирование подсетей

Маска подсети

- С появлением трехуровневой иерархии IPv4-адреса потребовались дополнительные методы, которые позволяли бы определить, какая часть адреса указывает на идентификатор сети, а какая – на идентификатор узла. Было предложено использовать *маску подсети.*
- **Маска подсети** (subnet mask) – это 32-битное число, двоичная запись которого содержит непрерывную последовательность единиц в тех разрядах, которые определяют идентификатор подсети и непрерывную последовательность нулей в тех разрядах, которые определяют идентификатор узла.
- Маска подсети записывается в десятично-точечной нотации аналогично IPv4-адресу.



Формирование подсетей

Маска подсети

- Чтобы получить адрес сети, зная IPv4-адрес и маску подсети, необходимо применить к ним операцию *логическое «И».* Другими словами, в тех позициях IPv4-адреса, в которых в маске подсети стоят двоичные 1, находится идентификатор сети, а где двоичные 0 – идентификатор узла.

IP-адрес	11000000	10101000	00000001	00000010	192.168. 1. 2
Маска	11111111	11111111	11111111	00000000	& 255.255.255. 0
Адрес сети	11000000	10101000	00000001	00000000	= 192.168.1.0

Во избежание проблем с адресацией и маршрутизацией все компьютеры стека TCP/IP в одном сегменте сети должны использовать одну и ту же маску подсети.

Формирование подсетей

Маски подсети для стандартных классов сетей

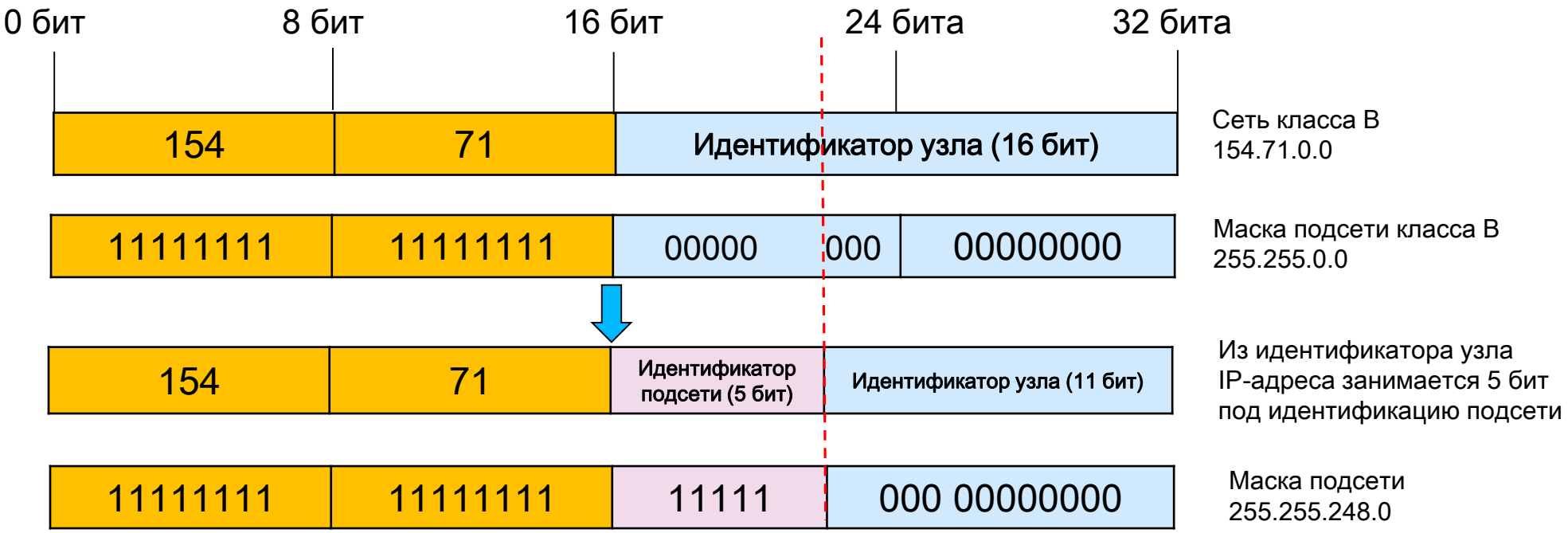
- Для сетей класса A, B и C определены фиксированные маски подсети, которые жестко определяют количество возможных IPv4-адресов и механизм маршрутизации.

Класс сети	Маска подсети	Количество бит идентификатора
Класс A	255.0.0.0	8
Класс B	255.255.0.0	16
Класс C	255.255.255.0	24

Формирование подсетей

Планирование подсетей

- При использовании масок подсети сети можно разделять на меньшие по размеру подсети путем расширения сетевой части адреса и уменьшения узловой части.
- Для вычисления **количества подсетей** существует формула 2^s, где s – количество бит, занятых под идентификатор сети из части, отведенной под идентификатор узла.
- **Количество узлов** в каждой подсети вычисляется по формуле 2^n-2, где n – количество бит, оставшихся в части, идентифицирующей узел, а два адреса – адрес подсети и широковещательный адрес – в каждой полученной подсети зарезервированы.



Формирование подсетей

Пример планирования подсетей

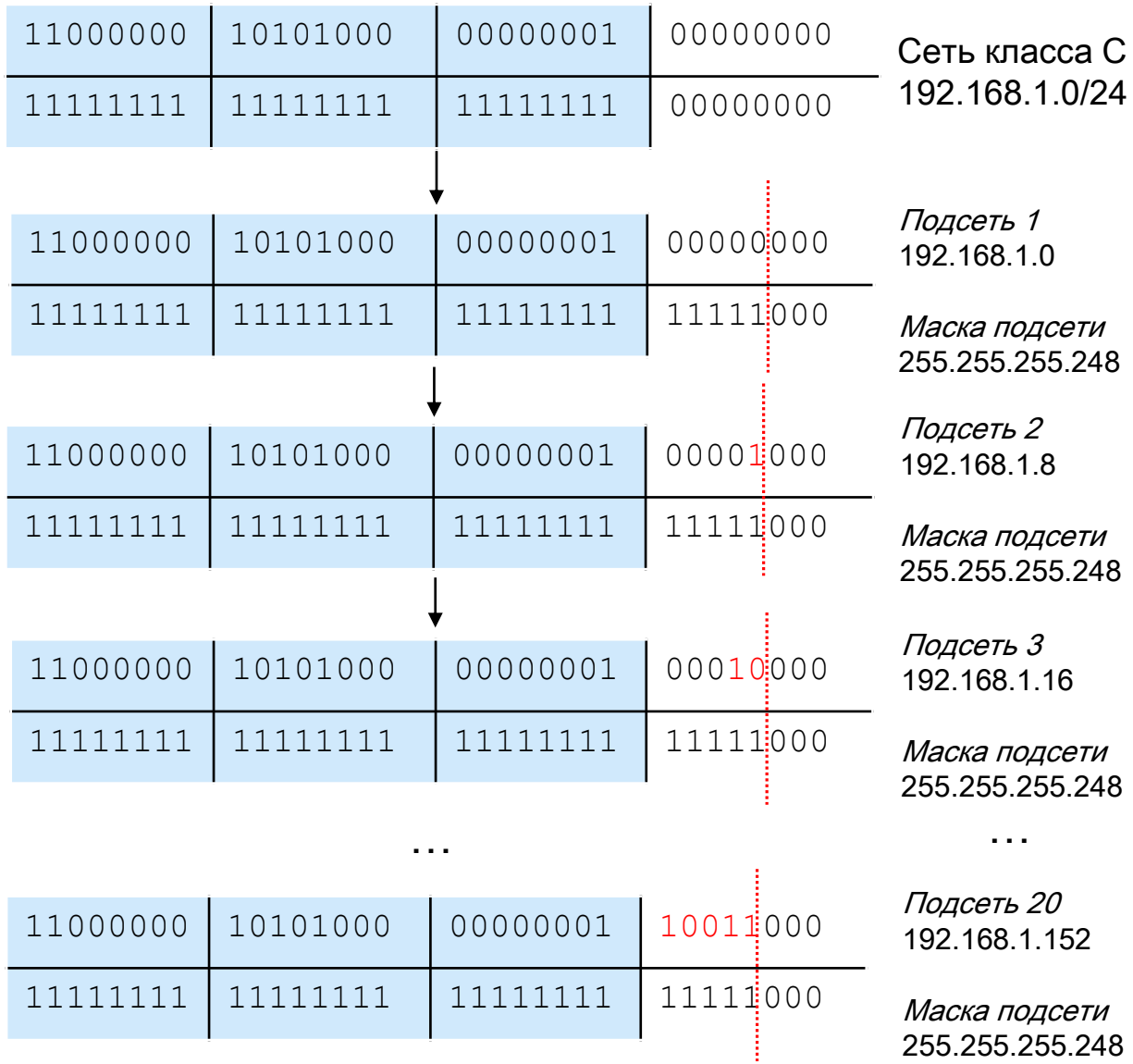
Задача: разбить сеть 192.168.1.0 на 20 подсетей по 6 компьютеров в каждой.

Решение:

1. **Определить, к какому классу относится IPv4-адрес.** 192.168.1.0 – это класс C, стандартная маска подсети класса C – 255.255.255.0;
2. **Определить количество бит, занимаемых для формирования 20 подсетей.** Поскольку найти число, при котором степень 2 будет равна 20 невозможно, выбираем ближайшее большее число $2^5 = 32$. Таким образом, количество бит подсети = 5, количество бит для идентификации узлов в подсети = 3.

Формирование подсетей

Пример планирования подсетей



Маски подсети переменной длины (VLSM)

- Технология VLSM (Variable Length Subnet Mask, маска подсети переменной длины) позволяет организации использовать более одной маски подсети внутри того же самого адресного пространства и делить сеть на подсети разных размеров.
- Была создана в 1987 году и определена в RFC 1009.
- Маска VLSM позволяет разбить сеть на подсети, а потом подсеть разбить еще на подсети с различными масками подсети.

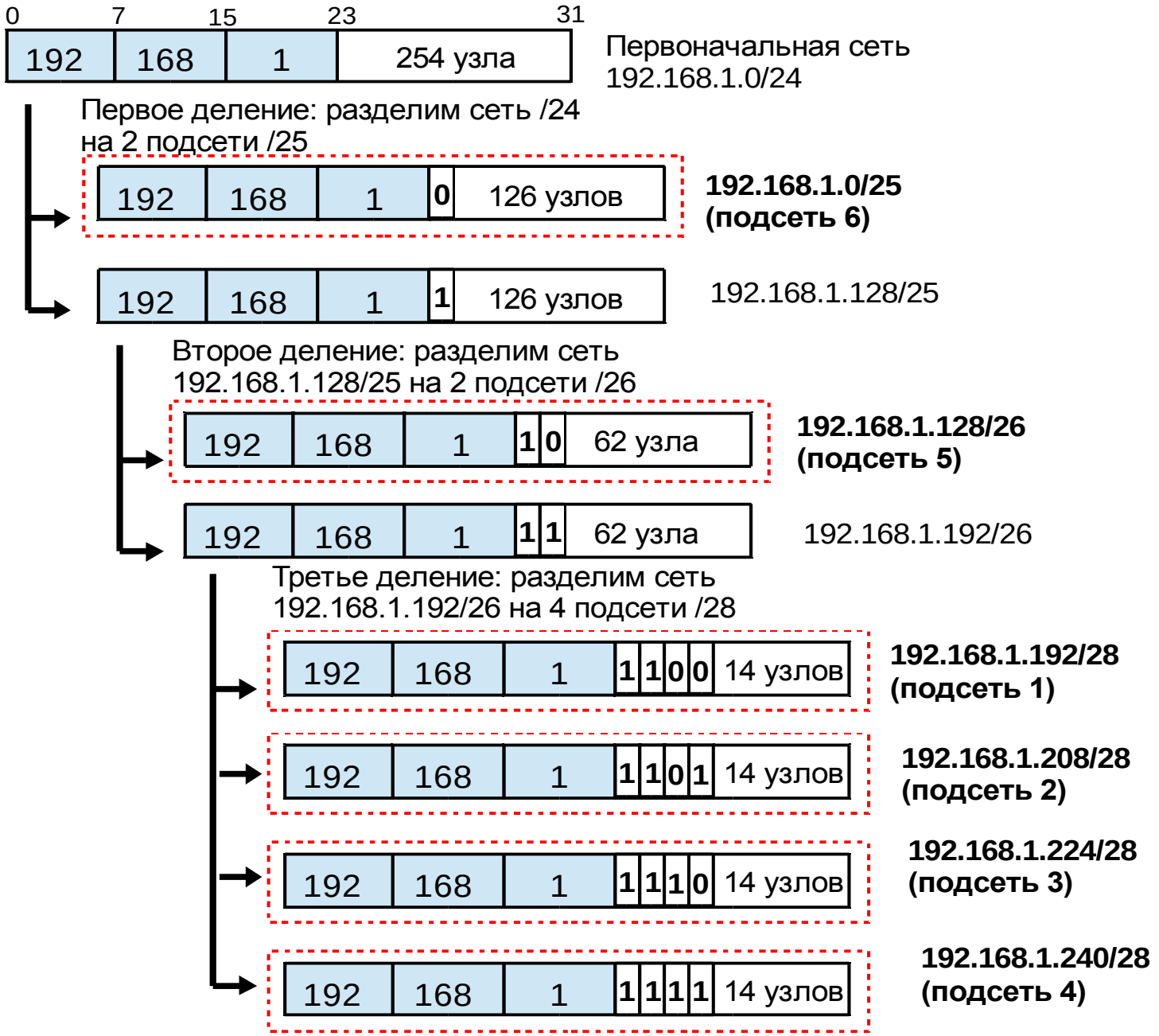
- Вместо маски подсети в VLSM используется нотация «IP-адрес/длина префикса», аналогичная нотации бесклассовой адресации. Число после «/» означает количество единичных разрядов в маске подсети.
- Например, адрес 192.168.1.8 с маской подсети 255.255.255.248 может быть записан 192.168.1.8/29

Маски подсети переменной длины (VLSM)

Задача: организации выделена сеть класса C 192.168.1.0/24. Требуется разделить ее на 6 подсетей. В подсетях 1, 2, 3 и 4 должно быть 10 узлов, в 5-й подсети – 50, в 6-й подсети – 100.

- Теоретически для сети 192.168.1.0/24 допустимое количество узлов равно 254, и разбить такую сеть на подсети с требуемым количеством узлов без использования VLSM невозможно.

Маски подсети переменной длины (VLSM)



Бесклассовая адресация IPv4

- Классовая модель адресации оказалась нерациональной с точки зрения эффективного использования адресного пространства.
- Разбиение сетей на подсети также не помогло повысить эффективность использования адресного пространства, т.к. оно применялось внутри «классовых» адресных блоков, и также не смогло решить проблему экспоненциального увеличения размера таблиц маршрутизации.
- Решение проблемы было найдено в отказе от классовой схемы адресации и использовании бесклассовой модели.
- Бесклассовая модель адресации получила название **бесклассовой междоменной маршрутизации** (Classless Inter Domain Routing, CIDR).

- В **бесклассовой модели IPv4-адресации**:
  - исключается понятие классов;
  - применяется концепция VLSM.

- Для того чтобы провести границу между номером сети и номером узла CIDR использует маску подсети.
- Однако CIDR вместо привычной 32-х разрядной двоичной маски подсети использует слэш-нотацию (slash notation), которую также называют CIDR-нотацией (CIDR notation).
- Это метод записи с помощью косой черты «/». Количество битов, отведенных под идентификатор сети (network ID), которое называется длиной префикса, записывается после «/», следующей за IP-адресом - «IP-адрес/длина префикса».

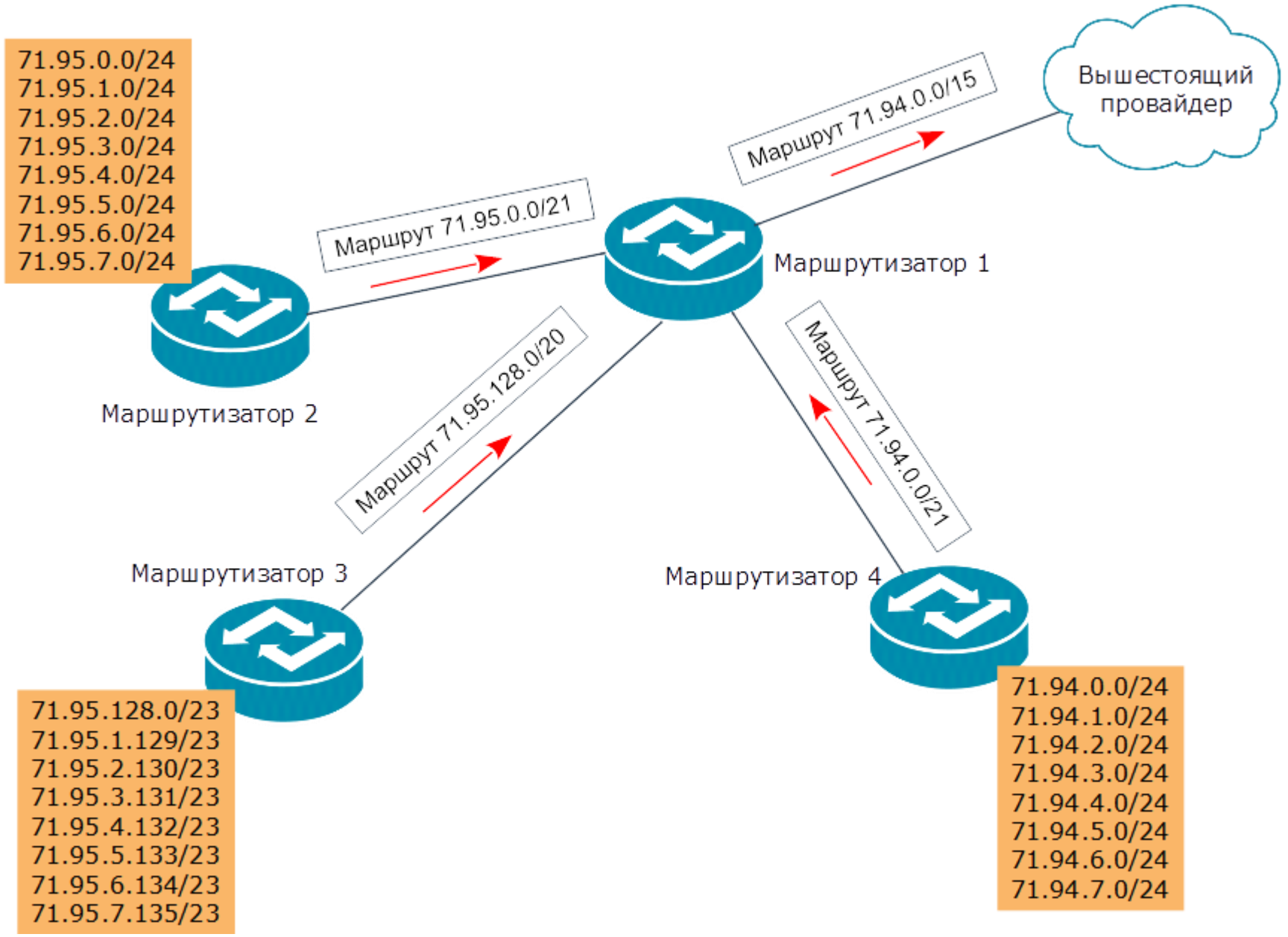
Общие функции классовой и бесклассовой адресации

- Существует несколько аспектов адресации, которые были определены в рамках классовой схемы и перешли без изменения в CIDR:
  - блоки частных IP-адресов;
  - IP-адреса специального назначения;
  - адреса интерфейса обратной петли (loopback).

Выделение адресов

- IANA (Internet Assigned Numbers Authority) - агентство по выделению имен и уникальных параметров протоколов Интернет.
- Первоначальная схема IP-адресации была основана на классах, поэтому IANA назначала организациям блоки адресов класса A, B и C.
- С появлением CIDR IANA стала делить адресное пространство на большие блоки, которые распределяет среди пяти региональных Интернет-реестров (Regional Internet Registries, RIR):
  - AFRINIC (Африка), APNIC (Азия/Тихоокеанский регион),
  - ARIN (Канада, США и некоторые Карибские острова),
  - LACNIC (Латинская Америка и некоторые Карибские острова)
  - RIPE NCC (Европа, Ближний Восток и Центральная Азия).
- Региональные Интернет-реестры далее делят выделенные блоки адресов и выделяют их национальным Интернет-реестрам (National Internet Registries, NIR), локальным Интернет-реестрам (Local Internet Registries, LIR) и/или организациям, таким как провайдеры Интернет.

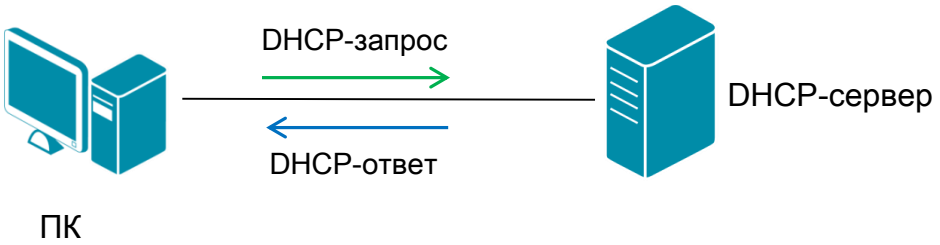
Агрегирование маршрутов и суперсети



Способы конфигурации адреса IPv4

- **Статическая настройка:**
  - IP-адрес называют статическим (постоянным, неизменяемым), если он назначается пользователем в настройках устройства.
  - администратор вручную вводит IP-адрес, маску посети и адрес шлюза по умолчанию.

- **Динамическая настройка:**
  - IP-адрес называют динамическим (непостоянным, изменяемым), если он назначается автоматически при подключении устройства к сети и используется в течение ограниченного промежутка времени, указанного в сервисе назначавшем IP-адрес (DHCP).



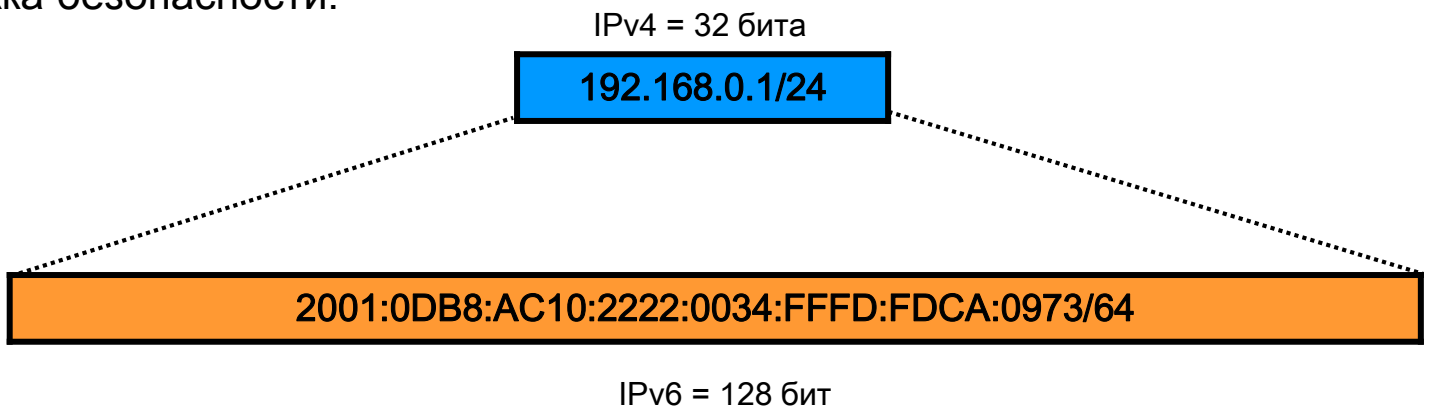
Протокол IP версии 6

Протокол IPv6

- **Протокол IPv6 –** это новая версия протокола IP, которая разработана в качестве приемника IPv4 и призвана решить проблему исчерпания адресного пространства.

Основным отличием протокола IPv6 от IPv4 является:

- большее адресное пространство;
- иерархическое назначение индивидуальных адресов;
- расширена поддержка групповых адресов;
- автоконфигурация;
- новый формат дейтаграммы;
- поддержка качества обслуживания (QoS);
- поддержка безопасности.

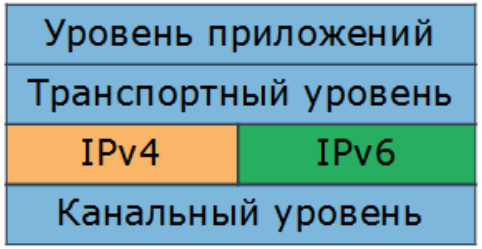


Протокол IP версии 6

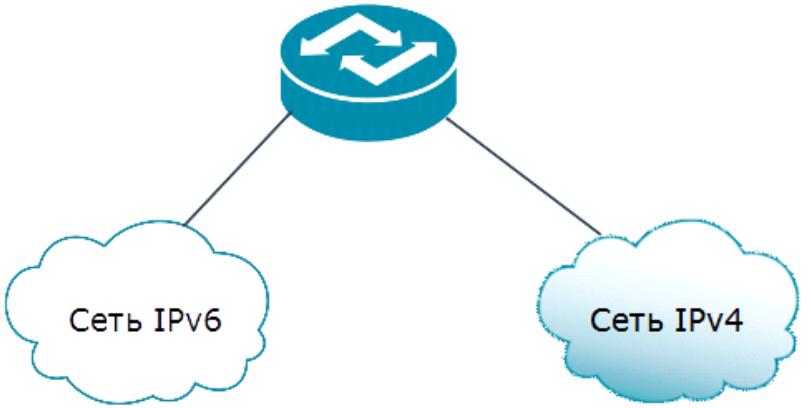
Методы перехода с протокола IPv4 на IPv6:

- Использование устройств «Dual Stack» (двойной стек);
- Трансляция IPv4/IPv6;
- Туннелирование IPv6 поверх IPv4.

Двойной стек



Трансляция IPv4/IPv6



Туннелирование IPv6 поверх IPv4

Формат заголовка IPv6

Фиксированный заголовок состоит из 40 байт и имеет следующий формат:

- **Версия** (Version) — для IPv6 значение поля равно 6;
- **Класс трафика** (Traffic Class) – поле приоритета пакета;
- **Метка потока** (Flow Label) – используется отправителем для обозначения последовательности пакетов, которые должны быть подвергнуты определенной обработке маршрутизаторами;
- **Размер поля данных** (Payload Length) - число, указывающее длину поля данных, идущего за заголовком пакета (с учетом расширенного заголовка);
- **Следующий заголовок** (Next Header) – задает тип расширенного заголовка IPv6, который следует за фиксированным;
- **Предельное число шагов** (Hop Limit) – уменьшается на 1 каждым маршрутизатором, через который передается пакет. При значении, равном 0, пакет отбрасывается;
- **Адрес источника** (Source Address) – 128-битный адрес отправителя пакета;
- **Адрес назначения** (Destination Address) – 128-битный адрес получателя пакета.

Формат заголовка IPv6

Расширенные заголовки IPv6

- Используются для поддержки механизмов безопасности, фрагментации, сетевого управления и расположены между фиксированным заголовком и заголовком протокола более высокого уровня.
- Пакет IPv6 может содержать 0, 1 или несколько расширенных заголовков, каждый из которых идентифицируется значением поля Next Header предшествующего заголовка.

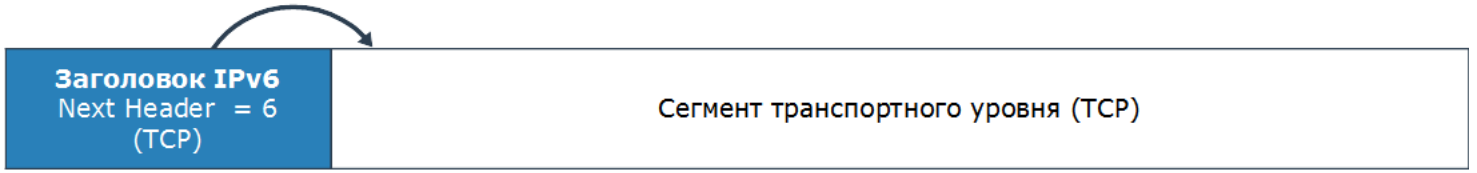
Расширенный заголовок	Тип	Описание
Hop-by-Hop Options	0	Параметры которые должны быть обработаны каждым транзитным узлом
Routing	43	Позволяет отправителю определять список узлов, которые пакет должен пройти
Fragment	44	Содержит информацию по фрагментации пакета
Encapsulating Security Payload (ESP)	50	Обеспечивает шифрование данных с помощью IPSec
Destination Options	60	Определяет произвольный набор опций, которые должны быть обработаны получателем пакета
Authentication Header (AH)	51	Содержит информацию для проверки подлинности зашифрованных данных при использовании IPSec
TCP UDP ICMPv6	6 17 58	Заголовок вышележащего уровня

Формат заголовка IPv6

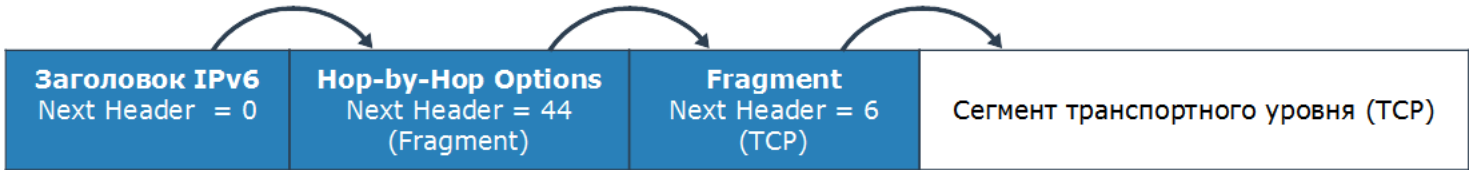
Расширенные заголовки IPv6

```
⊞ 0110 .... = Version: 6
⊞ .... 0000 0000 .... .... .... .... .... = Traffic class: 0x00000000
  .... .... .... 0000 0000 0000 0000 0000 = Flowlabel: 0x00000000
  Payload length: 32
  Next header: ICMPv6 (58)
  Hop limit: 255
  Source: 2001:db8:aaaa:1:b4f0:9073:828f:c53b (2001:db8:aaaa:1:b4f0:9073:828f:c53b)
  Destination: ff02::1:ff31:8800 (ff02::1:ff31:8800)
  [Source GeoIP: Unknown]
  [Destination GeoIP: Unknown]
⊟ Internet Control Message Protocol v6
  Type: Neighbor Solicitation (135)
  Code: 0
  Checksum: 0x6eb9 [correct]
  Reserved: 00000000
  Target Address: fe80::222:b0ff:fe31:8800 (fe80::222:b0ff:fe31:8800)
⊞ ICMPv6 Option (Source link-layer address : 08:00:27:3f:b6:0b)
```

IPv6-пакет без расширенных заголовков



IPv6-пакет с расширенными заголовками

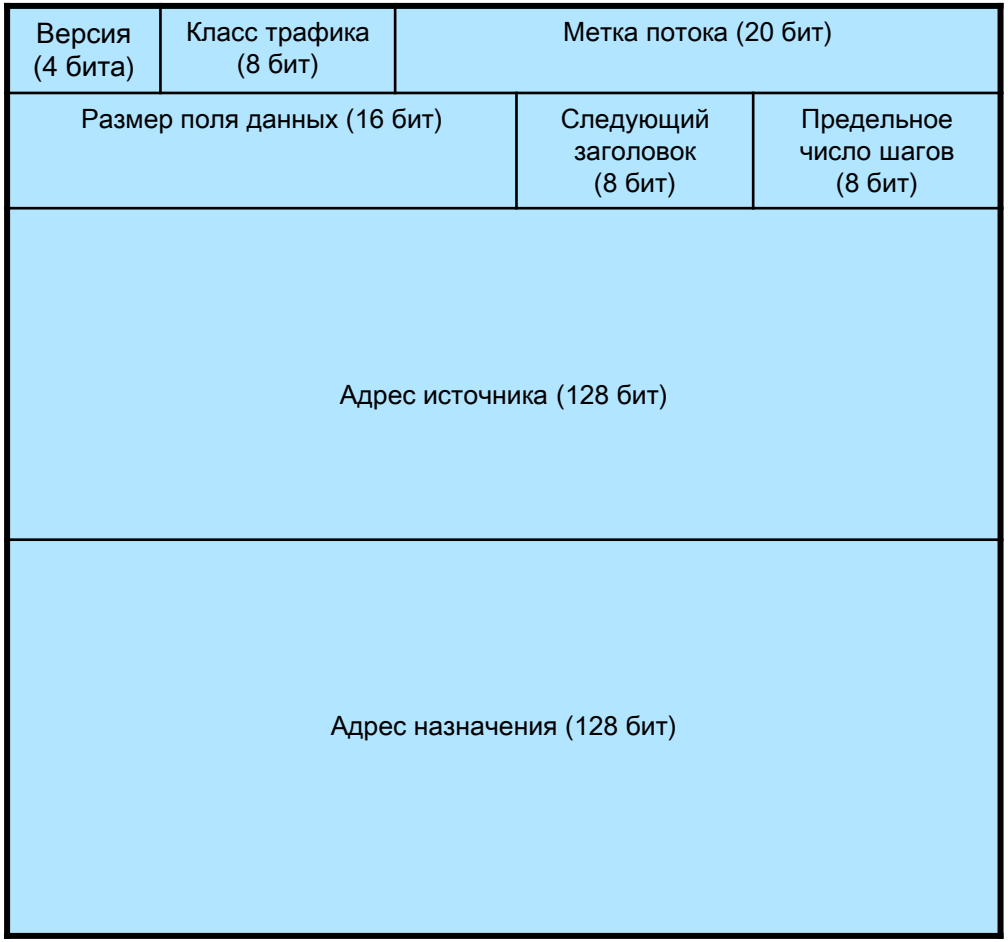


Формат заголовка IPv6

Сравнение форматов пакетов IPv4 и IPv6

Заголовок IPv4 (20 байт)

Заголовок IPv6 (40 байт)



Представление и структура адреса IPv6

Представление адреса IPv6

- Адрес IPv6 имеет длину 128 бит и записывается как восемь групп по четыре шестнадцатеричные цифры, разделенные двоеточием. Например,

2001:0DB8:AC10:FE01:0018:8BFF:FED8:E3E0

- Существует несколько способов, которые позволяют сократить запись IPv6-адреса:

- нули в начале группы можно заменить одним;
- одна или несколько идущих подряд групп, состоящих из нулей, может быть заменена знаком «::»;

0001:0123:0000:0000:0000:ABCD:0000:0001

0001:0123:0:0:0:ABCD:0:1

1:123::ABCD:0:1

- конечные нули в группе должны присутствовать.

2001:1000:0000:0000:0000:ABCD:0000:0001

2001:1000::ABCD:0:1

Представление и структура адреса IPv6

Представление адреса IPv6

- Альтернативной формой записи адреса, которая удобна для использования в смешанной среде с узлами IPv4 и IPv6, является запись вида

x:x:x:x:x:x:d.d.d.d

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

0:0:0:0:0:0:13.1.68.3 или ::13.1.68

0:0:0:0:0:FFFF:129.144.52.38 или ::FFFF:129.144.52.38

Представление и структура адреса IPv6

Структура адреса IPv6

IPv6-адрес состоит из двух логических частей:

- **Префикс** (Prefix) – часть адреса, отведенная под идентификатор сети/подсети.
- **Длина префикса** (Prefix length) - количество битов, отведенных под идентификатор сети.
- **Идентификатор интерфейса** (Interface ID) – часть адреса, идентифицирующая интерфейс. Он должен быть уникальным внутри сети/подсети.
- Представление префикса адреса IPv6 аналогично записи префикса адреса IPv4 в нотации CIDR.

адрес IPv6/длина префикса

Пример записи префикса 12AB00000000CD3 (аналогично записи номера сети/подсети в IPv4):

12AB:0000:0000:CD30:0000:0000:0000:0000/60

или

12AB::CD30:0:0:0:0/60

или

12AB:0:0:CD30::/60

Типы адресов IPv6

Типы IPv6-адресов

Адресное пространство протокола IPv6 разделено на три типа адресов:

- **Индивидуальные адреса** (unicast) идентифицируют один интерфейс устройства. Пакете, отправленные на этот адрес, доставляются только на этот интерфейс;
- **Групповые адреса** (multicast) идентифицируют группу адресов. Пакеты, посылаемые на этот адрес, доставляются всем интерфейсам – участникам группы;
- **Альтернативные адреса** (anycast) позволяют адресовать группу интерфейсов (обычно принадлежащих разным узлам). Однако в отличие от групповых адресов, пакеты, передаваемые на альтернативный адрес, доставляются на один из интерфейсов (обычно «ближайший» интерфейс, согласно метрике маршрутизации), определяемых этим адресом.

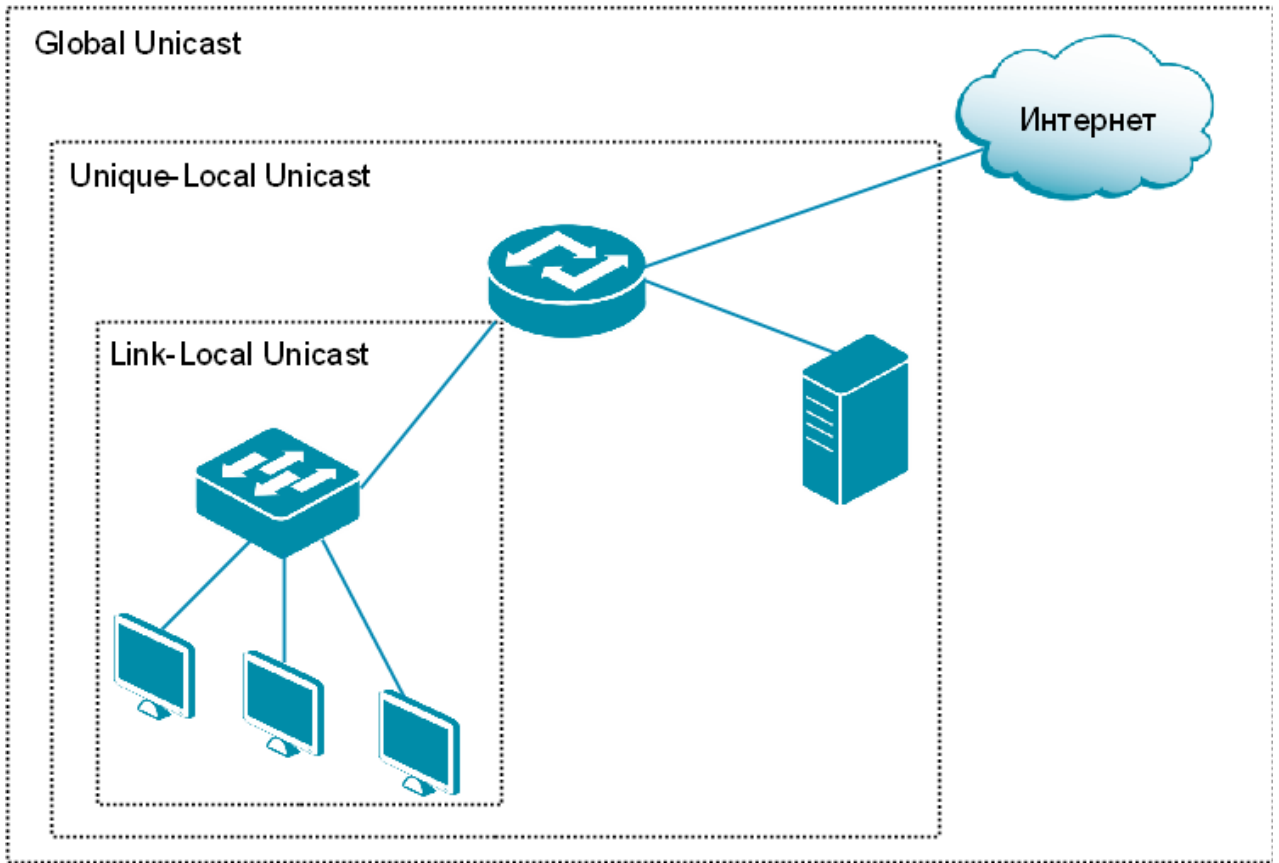
- *Широковещательные адреса* (broadcast), которые используются в IPv4, в IPv6 отсутствуют, что способствует уменьшению сетевого трафика и снижению нагрузки на большинство систем. Широковещательные адреса заменены групповыми.

Индивидуальные адреса

Существует несколько типов индивидуальных IPv6-адресов:

- **Global Unicast**;
- **Unique-Local Unicast**;
- **Link-Local Unicast**.

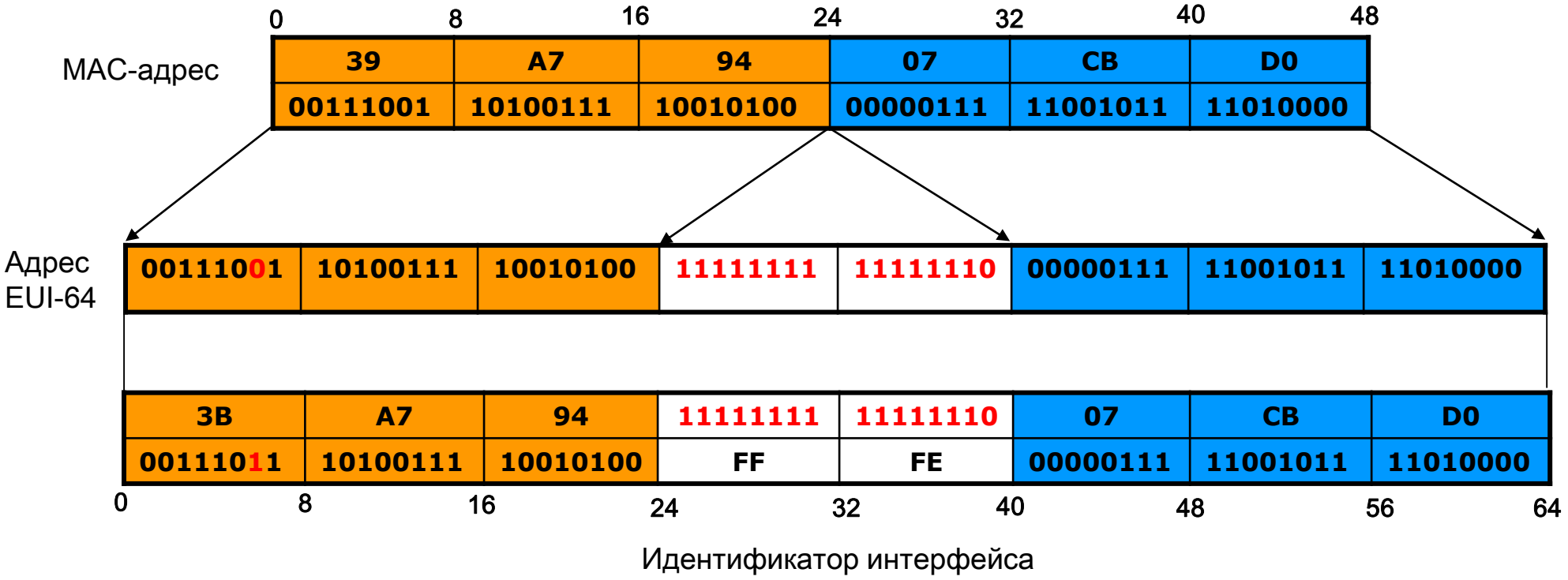
- Интерфейс всегда имеет адреса Link-Local, Unique-Local и Global.
- Для каждого типа индивидуальных адресов определен свой диапазон:



Идентификатор интерфейса

Формирование идентификатора интерфейса из MAC-адреса

- MAC-адрес состоит из 48-бит, для идентификатора необходимо 64 бита, поэтому требуется расширение MAC-адреса преобразованием его в адрес Modified EUI-64:
  1. MAC-адрес делится не две части по 24 бита;
  2. Между ними вставляется блок битов FFEF;
  3. Бит «universal/local» (7 бит слева) изменяется с 0 на 1 (бит, определяющий является ли MAC-адрес универсальным или локально администрируемым).



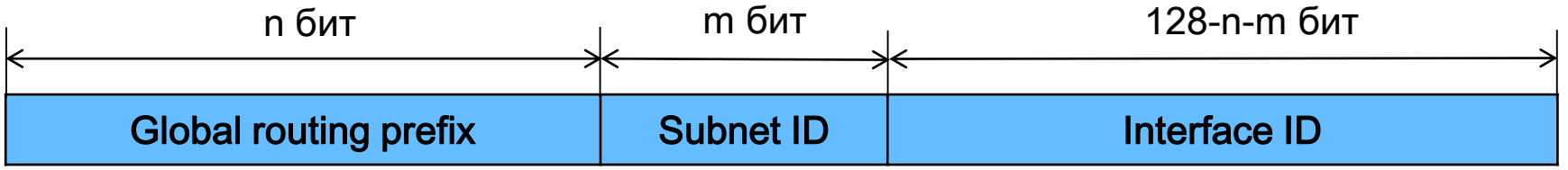
слайд анимирован

Глобальные индивидуальные адреса IPv6

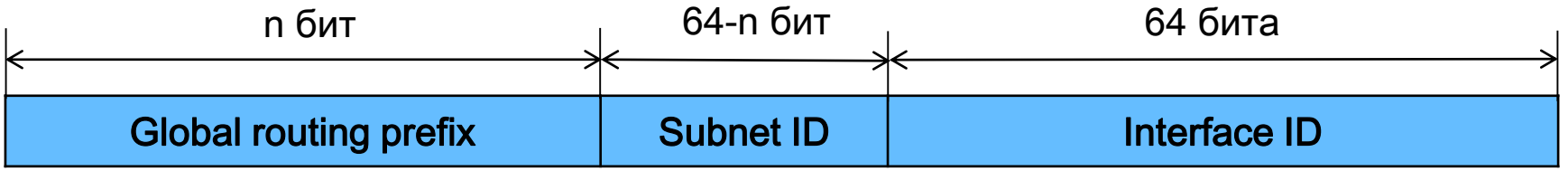
Адреса Global Unicast:

- используются для идентификации устройств в глобальной сети и являются аналогом публичных IPv4-адресов;
- выдаются IANA (Internet Assigned Numbers Authority) региональным регистраторам;
- в настоящее время назначаются с префикса 2000::/3.

- Общий формат адреса IPv6 Global Unicast:



- Формат адреса IPv6 Global Unicast с идентификатором интерфейса длиной 64 бита:



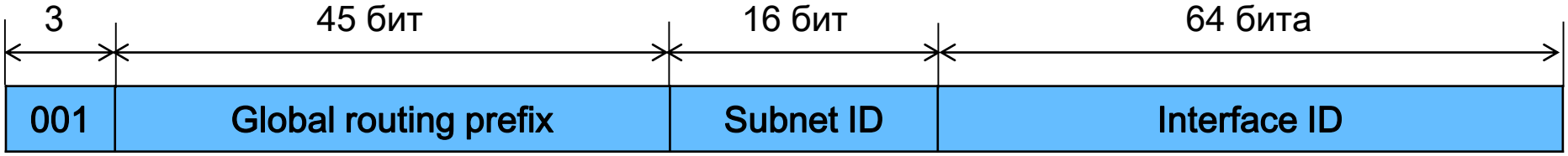
- **Global routing prefix** – глобальный адрес, назначенный сети;
- **Subnet ID** – идентификатор подсети внутри сети;
- **Interface ID** – идентификатор интерфейса.

Глобальные индивидуальные адреса IPv6

Адреса Global Unicast:

- используются для идентификации устройств в глобальной сети и являются аналогом публичных IPv4-адресов;
- выдаются IANA (Internet Assigned Numbers Authority) региональным регистраторам;
- в настоящее время назначаются с префикса 2000::/3.

- Формат адреса IPv6 Global Unicast с идентификатором интерфейса длиной 64 бита и префиксом 2000::/3:



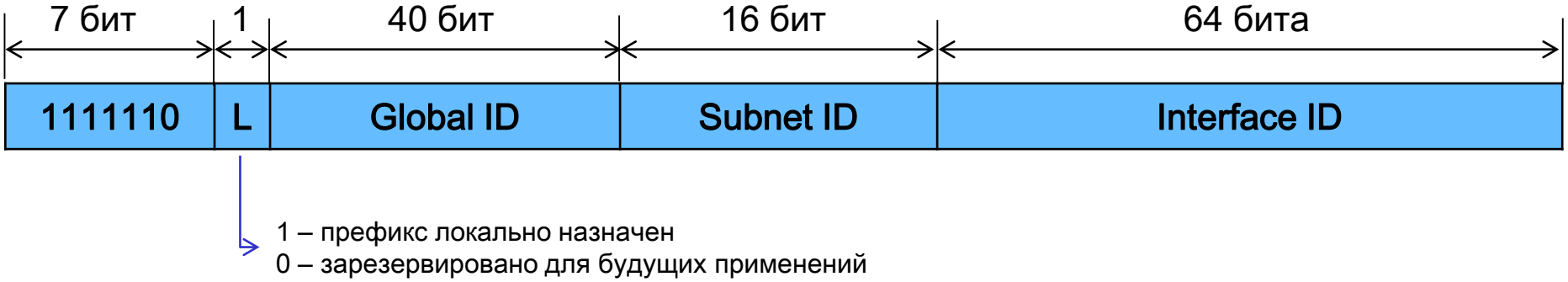
- Формат адреса IPv4-mapped IPv6:

Локально-используемые индивидуальные адреса IPv6

Адреса Unique-Local Unicast:

- являются глобально уникальными и предназначены для адресации узлов внутри локальной сети;
- эквивалентны частным IPv4-адресам, однако в отличие от них являются уникальными в рамках глобальной сети;
- начинаются с префикса FC00::/7.

- Общий формат Unique-Local Unicast IPv6-адреса следующий:



- Бит L разбивает префикс FC00::/7 на два поддиапазона:
  - FD00::/8 – локально назначенный уникальный адрес;
  - FC00::/8 – зарезервирован для будущих применений.

- **Global ID** – глобальный идентификатор, который определяет организацию (назначается с помощью псевдослучайного алгоритма);
- **Subnet ID** – идентификатор подсети внутри сети;
- **Interface ID** – идентификатор интерфейса.

Алгоритм для генерации уникального локального адреса можно найти в сети Интернет
https://www.ultratools.com/tools/rangeGenerator

Локально-используемые индивидуальные адреса IPv6

Адреса Link-Local Unicast:

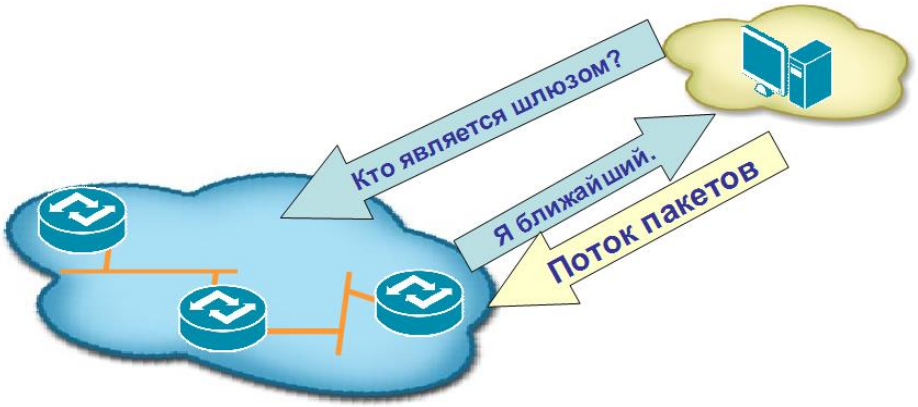
- предназначены для взаимодействия внутри сегмента сети или по каналу связи «точка-точка»;
- используются только в пределах канала связи;
- маршрутизаторы не передают Link-Local Unicast-пакеты через другие каналы связи;
- автоматически назначаются узлы независимо от наличия в сети маршрутизатора или DHCPv6-сервера;
- начинаются с префикса FE80::/10.

- Общий формат Link-Local Unicast IPv6-адреса следующий:

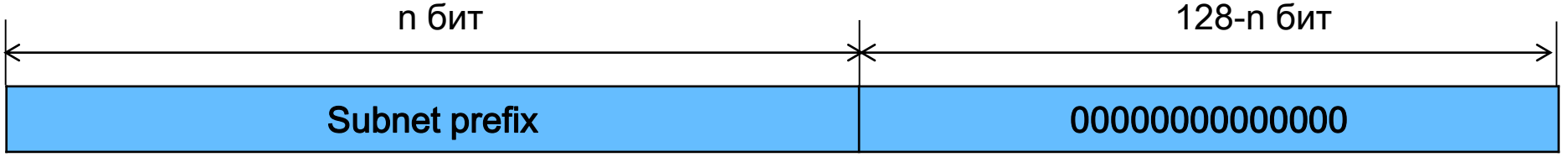
- **Interface ID** – идентификатор интерфейса.

Альтернативные адреса

- Альтернативный адрес IPv6 назначается нескольким интерфейсам. При этом пакет, отправленный на этот адрес, направляется на «ближайший» (имеющий минимальную метрику маршрутизации) интерфейс.



- Формат альтернативного адреса следующий:



- Альтернативный адрес:

•входит в адресное пространство индивидуальных адресов;

•не может использоваться в качестве адреса отправителя пакета;

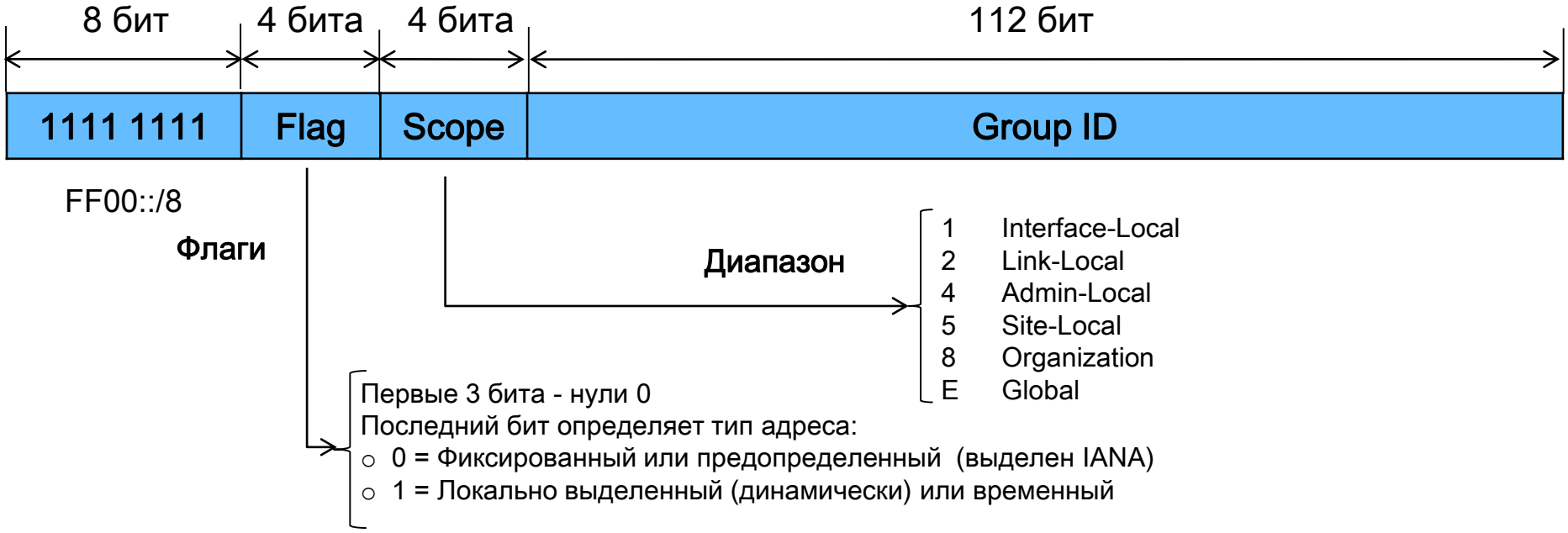
•назначается только маршрутизаторам и может применяется для идентификации группы маршрутизаторов, принадлежащих интернет-провайдеру.

Групповые адреса

Групповые адреса IPv6:

- идентифицируют группу интерфейсов, участвующую в получении одного и того же контента (например, видео);
- начинаются с префикса FF00::/8.

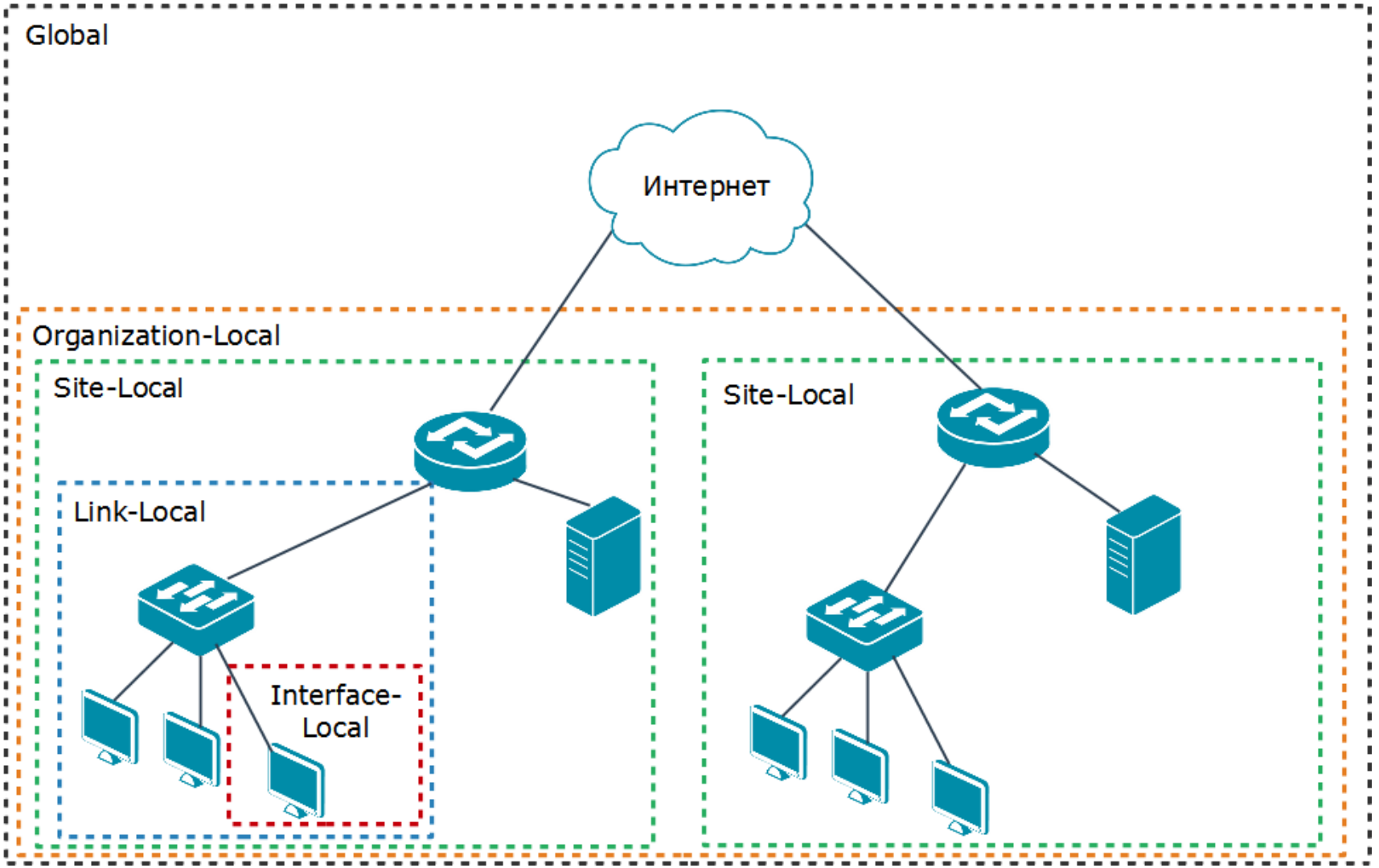
- Общий формат группового IPv6-адреса следующий:



Групповые адреса

Групповые IPv6-адреса

- Поле **Scope** определяет область действия данного группового адреса, т. е. показывает, как далеко друг от друга могут находится члены одной многоадресной группы.



Групповые адреса

Групповые IPv6-адреса

- Функцию широковещательных адресов в протоколе IPv6 выполняют специальные групповые адреса, которые не назначаются многоадресным группам:
  - **FF01::1** – идентифицирует группу, включающую в себя все IPv6-узлы в пределах диапазона Interface-Local;
  - **FF02::1** – идентифицирует группу, включающую в себя все IPv6-узлы в пределах диапазона Link-Local;
  - **FF01::2** – идентифицирует группу всех IPv6-маршрутизаторов в пределах диапазона Interface-Local;
  - **FF02::2** – идентифицирует группу всех IPv6-маршрутизаторов в пределах диапазона Link-Local;
  - **FF05::2** – идентифицирует группу всех IPv6-маршрутизаторов в пределах диапазона Site-Local.

Групповые адреса

Специальный групповой адрес Solicited-Node:

- используется в процессе разрешения IPv6-адресов для сегмента сети;
- присваивается каждому интерфейсу вместе с индивидуальными адресами;
- используется только на канале связи или в сегментах сети.

- **Генерация адреса:**

младшие 24 бита поля Interface ID индивидуального или альтернативного адреса
+
префикс FF02:0:0:0:0:1:FF00::/104

Пример:

Адрес IPv6:	FE80::0202:B3FF:FE1E:8329
Префикс Solicited-Node:	FF02:0000:0000:0000:0000:0001:FF00:0000
Групповой адрес Solicited-Node:	FF02:0000:0000:0000:0000:0001:FF1E:8329 или FF02::1:FF1E:8329

Способы конфигурации адреса IPv6

- **Автоматическая конфигурация:**
  - Stateless autoconfiguration;
  - Stateful autoconfiguration;
- **Статическая конфигурация.**

Адресация сетевого уровня

Автоматическая конфигурация IPv6-адреса

- В отличие от протокола IPv4, где настройка параметров узла проводилась либо вручную, либо с помощью протокола DHCP, в протоколе IPv6 узел может практически самостоятельно сконфигурировать параметры своих интерфейсов.

- В протоколе IPv6 определены два механизма автоконфигурации:
  - **Stateless autoconfiguration:**
    - описан в RFC 4862;
    - позволяет узлам генерировать свой собственный адрес на основе комбинации доступной информации, объявляемой маршрутизаторами. Маршрутизаторы объявляют префиксы, идентифицирующие подсеть (или подсети), а узлы самостоятельно генерируют идентификаторы интерфейсов. При отсутствии маршрутизаторов узлы могут автоматически генерировать Link-Local Unicast IPv6-адрес.
  - **Stateful autoconfiguration:**
    - описан в RFC 3315;
    - позволяет узлам получать адрес интерфейса и/или конфигурационные параметры с помощью протокола DHCPv6.

- Механизмы автоконфигурации stateless и stateful могут дополнять друг друга и использоваться совместно.

Адресация сетевого уровня

Stateless autoconfiguration

- Рассмотрим последовательность действий, которые выполняются в процессе автоконфигурации узла:

Шаг 1. Генерация Link-Local Unicast-адреса с префиксом FE80::/10;

Шаг 2. Тестирование адреса на уникальность. Узел проверяет используется ли уже такой адрес а локальном сегменте. Для этого он отправляет сообщение *Neighbor Solicitation* протокола Neighbor Discovery Protocol (NDP). Если в ответ на него получено сообщение *Neighbor Advertisement*, значит этот адрес уже используется другим узлом. В этом случае процесс автоконфигурации завершается и требуется ручная настройка;

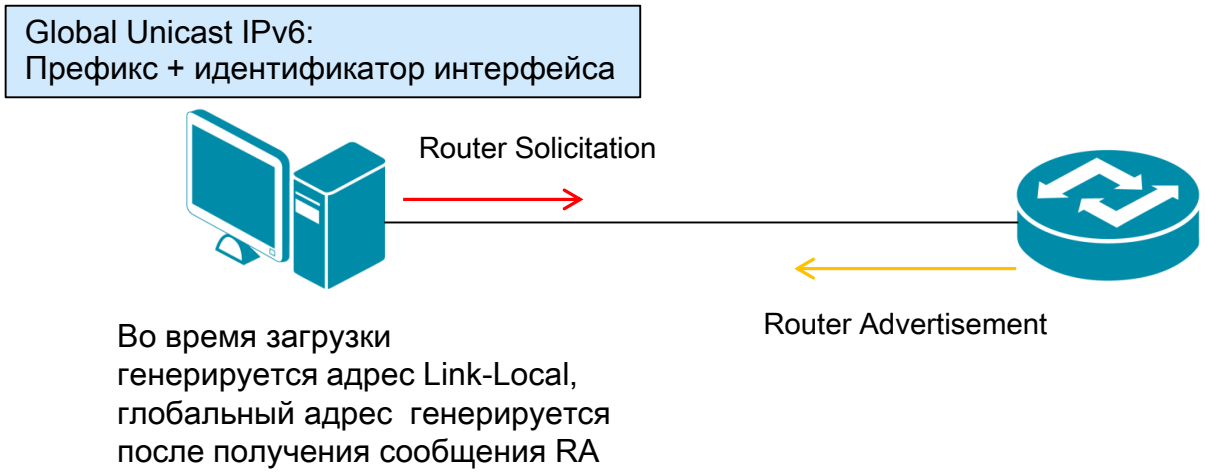
Шаг 3. Присвоение адреса Link-Local Unicast. Если тест на уникальность пройден успешно, узел присваивает сгенерированный на шаге 1 IPv6-адрес;

Шаг 4. Обнаружение маршрутизатора. После присвоения интерфейсу Link-Local-адреса узел отправляет сообщение *Router Solicitation* (RS) протокола NDP. Если в сети имеются маршрутизаторы, они отвечают сообщением *Router Advertisement* (RA) и сообщают узлам, каким образом продолжать процесс автоконфигурации;

Stateless autoconfiguration

Шаг 5. Генерация Global Unicast-адреса.

- В случае *Stateless autoconfiguration* Global Unicast-адреса состоит из префикса, предоставленного маршрутизатором и идентификатора интерфейса, созданного на шаге 1.



- В случае *Stateful autoconfiguration* узел отправляет запрос к DHCPv6-серверу об аренде IPv6-адреса/длины префикса и других сетевых параметров. Главное отличие протокола DHCPv6 от DHCPv4 заключается в том, что DHCPv6-сервер не рассылает DHCPv6-клиентам информацию о шлюзе по умолчанию.

слайд анимирован

Статическая конфигурация IPv6-адреса

- В протоколе IPv6, так же как и в протоколе IPv4, существует возможность ручной настройки на интерфейсе IPv6-адреса, шлюза по умолчанию, длины префикса.

- Ручная настройка обычно используется для конфигурации интерфейсов маршрутизаторов или других сетевых устройств.
- Ручная настройка для конфигурации интерфейсов узлов может использоваться:
  - если в сети нет маршрутизаторов, которые рассылают объявления с информацией, требуемой для автоматической конфигурации;
  - в случае обнаружения дублирования адресов при автоматической конфигурации узлов.

Планирование подсетей IPv6

Задача:

- Организация планирует использовать в своей сети Unique-Local Unicast-адреса и хочет разбить сеть на 5 подсетей.

Решение:

1. Формируется префикс сети. Unique-Local Unicast-адреса начинаются с префикса FD00::/8;
2. С помощью генератора локальных адресов IPv6 получаем Global ID (40 бит), например 895a473947.
3. Назначаем 5 номеров подсети (Subnet ID) разрядностью 16 бит. Можно также воспользоваться генератором для получения номера подсети.

Планирование подсетей IPv6

Prefix/L	Global ID	Subnet ID	Объединенный префикс подсети	Диапазоны IP-адресов
fd	895a473947	0710	fd89:5a47:3947:0710::/64	fd89:5a47:3947:710:0:0:0:0 – fd89:5a47:3947:710:ffff:ffff:ffff:ffff
		0711	fd89:5a47:3947:0711::/64	fd89:5a47:3947:711:0:0:0:0 – fd89:5a47:3947:711:ffff:ffff:ffff:ffff
		0712	fd89:5a47:3947:0712::/64	fd89:5a47:3947:712:0:0:0:0 – fd89:5a47:3947:712:ffff:ffff:ffff:ffff
		0713	fd89:5a47:3947:0713::/64	fd89:5a47:3947:713:0:0:0:0 – fd89:5a47:3947:713:ffff:ffff:ffff:ffff
		0714	fd89:5a47:3947:0714::/64	fd89:5a47:3947:714:0:0:0:0 – fd89:5a47:3947:714:ffff:ffff:ffff:ffff

Спасибо за внимание!

D-Link®
Building Networks for People