

IP-адресация

Чтобы успешно обмениваться данными в частной TCP/IP-сети или через Интернет, каждый сетевой узел должен обладать уникальным 32-битным IP-адресом. IP-адреса делятся на **общие** и **частные**. Первые уникальны в глобальном масштабе и используются для адресации в Интернете. Вторые ограничены диапазонами, которые обычно используются в частной сети, но не видны из Интернета.

Общие IP-адреса

Каждый IP-адрес в Интернете уникален. Для обеспечения такой уникальности адресов сетей в Интернете организация IANA (Internet Assigned Numbers Authority) разделила незанятую часть пространства IP-адресов и делегировала полномочия по их распределению региональным интернет-регистраторам, среди которых American Registry for Internet Numbers (ARIN), Asia-Pacific Network Information Center (APNIC), Latin American and Caribbean Network Information Center (LACNIC), African Network Information Center (AfrNIC) и Reseaux IP Europeens Network Coordination Center (RIPE NCC). Региональные регистраторы выделяют блоки адресов небольшому количеству крупных поставщиков интернет-услуг (ISP), которые затем выдают более мелкие блоки своим клиентам и менее крупным провайдерам.

Как правило интернет-провайдер выдает по одному общему IP-адресу на каждый напрямую подключенный к провайдеру компьютер. Этот IP-адрес может назначаться динамически в момент подключения компьютера к ISP или статически закрепляться за выделенной линией или модемным подключением.

Частные IP-адреса

Часть IP-адресов никогда не используется в Интернете. Они называются **частными** и используются для организации адресации в сетях, которые «не видны» в общей сети. Например, пользователю, объединяющему компьютеры в домашнюю TCP/IP сеть, не надо назначать общие IP-адреса каждому узлу – он использует частные адреса (табл. 1).

Табл. 1. Диапазоны частных адресов

Начальный адрес	Конечный адрес
10.0.0.0	10.255.255.255
172.16.0.0	172.31.255.255
192.168.0.0	192.168.255.255

Узлы с частными IP-адресами могут подключаться к Интернету через прокси-сервер или компьютер с серверной операционной системой, сконфигурированной в качестве NAT-сервера (Network Address Translation).

Структура IP-адреса

IP-адрес привычно представляется в форме четырех чисел, разделенных точкой, например, 192.168.100.22. Однако это лишь одна из форм IP-адреса, которая называется **десятично-точечной нотацией** и используется для удобства запоминания адреса. В компьютере применяется **двоичная нотация**, в которой все числа представлены только цифрами 1 и 0. Это «родная» форма IP-адреса.

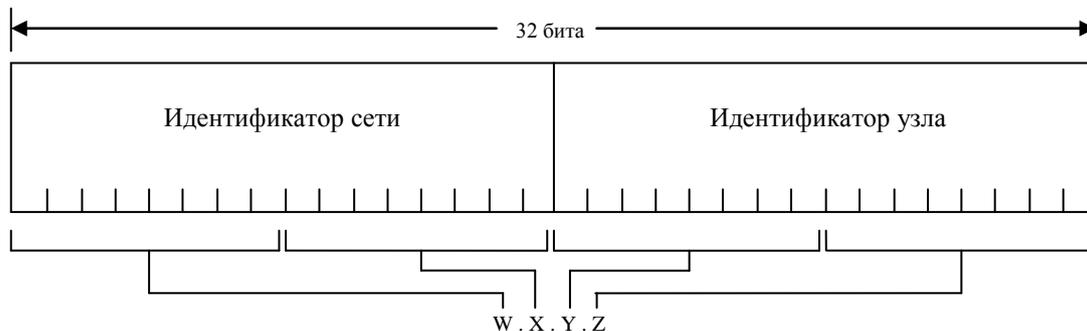
Идентификаторы сети и узла

Маршрутизаторы, переправляющие пакеты данных между TCP/IP-сетями не обязаны знать, какому именно узлу предназначен тот или иной IP-пакет. Вместо этого маршрутизатор считывает из IP-пакета только адрес сети, в которой находится узел – приемник пакета, а затем на основе своей таблицы маршрутизации определяет, каким образом доставить пакет в сеть, в которой расположен адресат. Точное местоположение узла определяется только после доставки пакета в нужный сегмент сети.

Такой механизм маршрутизации возможен благодаря делению IP-адреса на два компонента:

- **идентификатор сети** (network ID) – первая часть IP-адреса, представляющая конкретную сеть в более крупной TCP/IP-сети (например, в Интернете),
- **идентификатор узла** (host ID) – вторая часть IP-адреса, определяющая узел TCP/IP (рабочую станцию, сервер, маршрутизатор или любое другое TCP/IP-устройство).

На рис. 1 показано разбиение IP-адреса (131.107.16.200) на идентификаторы сети (первые два октета – 131.107) и узла (последние два октета – 16.200).



Пример: 131.107.16.200

Рис. 1. Идентификаторы сети и узла

Идентификаторы сетям и узлам назначают по определенным правилам:

- нельзя присваивать всем битам идентификаторов сети и узла значение 1, поскольку такие адреса считаются широковещательными,
- нельзя присваивать всем битам идентификаторов сети и узла значение 0, поскольку такой адрес интерпретируется как «только эта сеть»,
- идентификатор узла должен быть уникален в пределах локальной сети.

Классы IP-адресов

Класс IP-адреса определяется по значению первого октета и показывает, какие из 32 битов представляют идентификатор сети по умолчанию. Класс IP-адреса также определяет максимально возможное количество узлов в сети. Определено пять классов адресов, из которых для адресации TCP/IP-узлов используются только классы А, В и С.

В табл. 2 октеты IP-адреса обозначаются как w.x.y.z. В ней показано:

- как значение первого октета (w) определяет класс IP-адреса,
- как октеты адреса подразделяются на идентификаторы сети и узла,
- максимальное число сетей и узлов в сети данного класса.

Табл. 2. Классы IP-адресов

Класс	Значение w	Значения первых битов	Идентификатор сети	Идентификатор узла	Количество сетей в классе	Количество узлов в сети (по умолчанию)
A	1-126	0	w	x.y.z	126	16777214
B	128-191	10	w.x	y.z	16384	65534
C	192-223	110	w.x.y	z	2097152	254
D	224-239	1110	Зарезервирован для многоадресной рассылки	Нет	Нет	Нет
E	240-254	1111	Зарезервирован для экспериментального использования	Нет	Нет	Нет

Маска подсети

Еще один необходимый для нормальной работы TCP/IP параметр – **маска подсети** (subnet mask), которая служит для определения, в какой сети находится приемник пакета – локальной или внешней. Маска подсети – это 32-битный адрес, представляющий собой последовательность битов со значением 1, который используется для выделения, или **маскировки**, идентификатора сети адреса назначения пакета и отделения идентификаторов сети и узла. Каждому узлу сети TCP/IP нужна маска подсети (если сеть не разбита на подсети, т.е. состоит из одной подсети) или маска по умолчанию (в случае разбиения сети на подсети).

Например, такое 32-битное число представляет маску подсети по умолчанию для узлов с адресами класса В (например, 172.20.16.200):

11111111 11111111 00000000 00000000 (255.255.0.0)

Когда TCP/IP-узел с адресом 172.20.16.200 отправляет пакет по адресу 172.21.17.201, он сначала выполняет побитовую операцию «И» по отношению к локальному адресу и маске подсети. Поскольку эта логическая операция в результате дает 0 во всех битах кроме тех, в которых в обоих операндах стояли 1, то

$$172.20.16.200 \text{ И } 255.255.0.0 = 172.20.0.0$$

Затем узел повторяет эту операцию, но вместо адреса отправителя подставляет адрес получателя. В результате получается 172.21.0.0. Затем TCP/IP сравнивает результаты этих операций. Если они совпадают, получатель расположен в этой же подсети. Иначе приемник и получатель расположены в разных подсетях.

Длина префикса сети в маске подсети

Поскольку биты идентификатора сети всегда идут последовательно и начинаются с самого левого, самый простой способ показать маску подсети – это указать количество битов идентификатора сети в виде **префикса сети**. Таким образом, маска подсети выражается в виде «IP-адрес/префикс сети». Например, IP-адрес 131.107.16.200 и маску подсети 255.255.0.0 можно записать в виде 131.107.16.200/16. Число 16 после слеша обозначает количество единичных битов в маске подсети. Точно так же, /24 обозначает маску подсети 255.255.255.0 для адреса класса C, например 206.73.118.23/24.

Нотация с префиксом сети также известна как **бесклассовая междоменная маршрутизация** (Classless Interdomain Routing, CIDR).

Основной шлюз

Связь между TCP/IP-узлами разных сетей как правило выполняется через маршрутизаторы. **Маршрутизатор** – это устройство с несколькими интерфейсами, подключенными к разным сетям, а **маршрутизация** – процесс приема IP-пакетов на одном интерфейсе и пересылка их на другой интерфейс в направлении адресата. С точки зрения узла сети TCP/IP, **основной шлюз** – это IP-адрес маршрутизатора, сконфигурированного на пересылку IP-трафика в другие сети.

Пытаясь передать информацию другому узлу IP-сети, компьютер определяет тип узла (локальный или удаленный) по маске подсети. Если узел-получатель расположен в локальном сегменте сети, пакет направляется в локальную сеть по методу широковещания. В противном случае компьютер пересылает пакет в основной шлюз, определенный в параметрах TCP/IP. Обязанность дальнейшей пересылки пакета в нужную сеть возлагается на маршрутизатор, адрес которого указан в качестве основного шлюза.

Разбиение IP-сетей на подсети и создание надсетей

Маски подсети позволяют настраивать адресное пространство в соответствии с требованиями к сети. Разбиение на подсети позволяет организовать иерархическую структуру сетей, а надсети и CIDR позволяют объединить разные сети в едином адресном пространстве.

Разбиение на подсети

Маски подсети помогают определить, как IP-адрес разбивается на идентификаторы сети и узла. В адресах классов А, В и С применяются стандартные маски подсети, занимающие соответственно первые 8, 16 и 24 бита 32-битового адреса. Подсетью называется логическая сеть, определяемая маской подсети.

Стандартные маски годятся для сетей, которые не предполагается разбивать. Например, в сети из 100 компьютеров, соединенных с помощью карт гигабитного Ethernet, кабелей и коммутаторов, все узлы могут обмениваться информацией по локальной сети. Сеть не нуждается в маршрутизаторах для защиты от чрезмерного широковещания или для связи с узлами, расположенных в отдельных физических сегментах. В таком простом случае вполне достаточно идентификатора сети класса С.

Механизм разбиения на подсети

Разбиение на подсети (subnetting) – это логическое разделение адресного пространства сети путем установки в 1 дополнительных битов маски подсети. Такое расширение позволяет создавать многие подсети в адресном пространстве сети.

Например, если маска подсети по умолчанию 255.255.0.0 используется для узлов сети класса В 131.107.0.0, IP-адреса 131.107.1.11 и 131.107.2.11 находятся в одной подсети и поддерживают взаимодействие посредством широковещания. Но если расширить маску подсети до 255.255.255.0, то эти адреса окажутся в разных подсетях и для обмена данными соответствующим узлам придется пересылать пакеты на основной шлюз, который перенаправит дейтаграммы в нужную подсеть. Внешние по отношению к сети узлы по-прежнему используют маску по умолчанию для взаимодействия с узлами внутри сети.

Преимущества разбиения на подсети

Разбиение на подсети часто используют для обеспечения соответствия физической и логической топологии сети или для ограничения широковещательного трафика. Другие несомненные преимущества: более высокий уровень защиты (благодаря ограничению неавторизованного трафика маршрутизаторами) и упрощение администрирования (благодаря передаче управления подсетями другим отделам или администраторам).

Определение максимального количества узлов в сети

Зная сетевой адрес, определить максимальное количество узлов в сети просто: надо возвести 2 в степень, равную количеству битов в идентификаторе узла и вычесть 2. Например, в сетевом адресе 192.168.0.0/24 под идентификатор узла отведено 8 бит, поэтому возможное максимальное количество узлов $2^8 - 2 = 254$.

Значение 2^x показывает общее количество комбинаций значений битов двоичного числа x , включая комбинации из одних нулей и одних единиц. Однако узлам нельзя назначать адреса, состоящие из одних только нулей или единиц, поскольку они зарезервированы для других целей. Идентификатор узла, состоящий из одних нулей, на самом деле определяет сеть без указания конкретного узла. Идентификатор узла из одних единиц зарезервирован в протоколе IP для широковещания (передачи сообщения всем узлам сети). При подсчете максимального количества узлов в сети эти варианты надо исключить из рассмотрения (т.е. вычесть из него 2).

Определение диапазонов адресов подсети

Десятично-точечная форма маски подсети позволяет определить диапазоны IP-адресов в каждой подсети простым вычитанием из 256 числа в соответствующем октете маски. Например, в сети класса C с адресом 207.209.68.0 с маской подсети 255.255.255.192 вычитание 192 из 256 даст 64. Таким образом, новый диапазон начинается после каждого 64 адреса: 207.209.68.0 – 207.209.68.63, 207.209.68.64 – 207.209.68.127 и т.д. В сети класса B 131.107.0.0 с маской подсети 255.255.240.0 вычитание 240 из 256 дает 16. Следовательно, диапазоны адресов подсетей группируются по 16 в третьем октете, а четвертый октет принимает значения из диапазона 0 – 255: 131.107.0.0 – 131.107.15.255, 131.107.16.0 – 131.107.31.255 и т.д.

Таблицы маршрутизации

Маршрутизаторы считывают адреса назначения пакетов и переправляют пакеты в соответствии с информацией, хранящейся в таблицах маршрутизации.

Отдельные записи таблицы маршрутизации называются **маршрутами** (routes) – они содержат ссылки на сети и узлы-адресаты. Существуют три типа маршрутов:

- **Маршрут узла** (host route) – определяет ссылку на определенный узел или широковещательный адрес. В таблицах маршрутизации IP такие маршруты обозначаются маской подсети 255.255.255.255.

- **Маршрут сети** (network route) – определяет маршрут к определенной сети, а соответствующее поле в таблицах IP-маршрутизации может содержать любую маску подсети из диапазона 0.0.0.0 – 255.255.255.255.

- **Маршрут по умолчанию** (default route) – один маршрут, по которому «уходят» все пакеты, чей адрес назначения не совпадает ни с одним адресом таблицы маршрутизации. В таблицах IP-маршрутизации такому маршруту соответствует адрес 0.0.0.0 и маска подсети 0.0.0.0.

Чтение таблицы IP-маршрутизации

Маршрутизаторы используют таблицы маршрутизации для определения, куда отправлять пакеты. Приняв IP-пакет, маршрутизатор считывает адрес назначения и сравнивает его с записями таблицы маршрутизации, чтобы определить, какой интерфейс использовать для пересылки пакета и на какой шлюз.

Каждая запись таблицы маршрутизации содержит 5 полей.

Столбец **Сетевой адрес (Network Destination)** содержит информацию, с которой маршрутизатор сравнивает адрес назначения каждого полученного IP-пакета. Несколько значений этого поля совпадают в большинстве таблиц маршрутизации. Например, 0.0.0.0 представляет маршрут по умолчанию – он используется, когда не удастся найти соответствия в других записях. Значение 127.0.0.0 указывает на **адрес замыкания на себя** (loopback address), то есть на локальную машину. Кроме того, каждая из записей со значением 224.0.0.0 в этом поле относится к отдельному многоадресному маршруту. Записи со значением последнего октета 255 представляют широковещательный адрес. Такие адреса содержат конкретные адреса подсети, в которой должно выполняться широковещание, например, 192.168.1.255, и зарезервированный широковещательный адрес 255.255.255.255, общий для всех сетей и маршрутизаторов.

Значение поля **Маска сети (Netmask)** определяет, какая часть адреса назначения сравнивается со значениями поля **Сетевой адрес**. Эта информация важна, так как определяет маршрут или строку таблицы, которая применяется для перенаправления пакета.

Поле **Адрес шлюза (Gateway)** определяет следующий адрес, или **переход** (hop), по которому направляется пакет.

После выбора маршрута (записи таблицы) значение поля **Интерфейс (Interface)** определяет, на который из интерфейсов локальной сети перенаправить пакет.

Поле **Метрика (Metric)** указывает на стоимость маршрута. Если IP-пакету соответствуют несколько маршрутов (записей), метрика определяет, какой из них выбрать. Чем меньше метрика, тем предпочтительнее маршрут.

Адресация в стеке протоколов TCP/IP

Формат IP-адреса

Наиболее распространенной формой представления IP-адреса в сети является запись в виде четырех чисел, представляющих значения каждого байта в десятичной форме и разделенных точками, например:

128.10.2.30

Этот же адрес может быть представлен в двоичном формате:

10000000 00001010 00000010 00011110

А также в шестнадцатеричном формате:

80.0A.02.1D

Использование масок при IP-адресации

Снабжая каждый IP-адрес маской, можно отказаться от понятий классов адресов и сделать более гибкой систему адресации.

Пусть, например, для IP-адреса 129.64.134.5 указана маска 255.255.128.0, то есть в двоичном виде IP-адрес 129.64.134.5 – это:

10000001.01000000.10000110.00000101

а маска 255.255.128.0 в двоичном виде выглядит так:

11111111.11111111.10000000.00000000

Если игнорировать маску и интерпретировать адрес 129.64.134.5 на основе классов, то номером сети является 129.64.0.0, а номером узла – 0.0.134.5 (поскольку адрес относится к классу B).

Если же использовать маску, то 17 последовательных двоичных единиц в маске 255.255.128.0, «наложенные» на IP-адрес 129.64.134.5, делят его на две части, номер сети:

10000001.01000000.1

и номер узла:

0000110.00000101

В десятичной форме записи номера сети и узла, дополненные нулями до 32 бит, выглядят соответственно как 129.64.128.0 и 0.0.6.5.