

1 Зарезервированные IP-адреса

Некоторые IP-адреса зарезервированы для специального применения, и администратор сети не вправе приписывать их узлам сети. Зарезервированные адреса перечислены в табл. 1-1

Табл. 1-1 Зарезервированные IP-адреса

Адрес	Назначение
Адрес сети, состоящий из нулей	Интерпретируется как "текущая сеть" или текущий сегмент.
Адрес сети, состоящий из единиц	Интерпретируется как "все сети". Вспомните примеры широковещательных сообщений, когда адрес получателя содержит только символы F. Шестнадцатеричное число, состоящее из символов F, эквивалентно двоичному числу, содержащему только единицы.
Сеть 127	Зарезервировано для кольцевых тестов. Обозначает локальный узел и используется, когда узел посылает тестовый пакет самому себе без создания дополнительного трафика.
Адрес узла, состоящий из нулей	Интерпретируется как "текущий узел"
Адрес узла, состоящий из единиц	Интерпретируется как "все узлы" определенной сети; например, адрес 128.2.255.255 описывает все узлы сети 128.2 (адрес класса B).
Нулевой IP-адрес	Используется маршрутизаторами Cisco для обозначения маршрута, выбранного по умолчанию.
IP-адрес, состоящий из единиц (или 255.255.255.255)	Широковещательный адрес (адрес сообщений, направляемых всем узлам текущей сети).

2 Сети класса A

В IP-адресе сетей класса A первый байт занимает адрес сети, а в трех последующих байтах размещается адрес узла. Формат IP-адреса сети класса A:

Сеть.Узел.Узел.Узел

Например, в IP-адресе 49.22.102.70 адрес сети равен 49, а адрес узла — 22.102.70. Каждая машина этой сети должна иметь адрес сети, равный 49.

Адрес сети класса A имеет длину 1 байт, причем его первый бит зарезервирован (см. таблицу 4.1). Это означает, что можно создать не более 128 сетей класса A. Почему? Потому что каждый из семи оставшихся битов может принимать значение 0 или 1, т. е. существует 2 или 128 различных комбинаций. Однако было решено, что нулевой адрес сети (0000 0000) резервируется для обозначения маршрута, выбранного по умолчанию (см. табл. 1-1). Поэтому фактическое число используемых адресов сетей класса A составляет $2^7 - 1 = 127$.

Вы можете определить это число самостоятельно по таблице преобразования двоичных чисел в десятичные. Начните со строки с двоичным нулем и спускайтесь по строкам вниз, обращая внимание на значение первого (самого левого) бита. Десятичное число в строке, где этот бит впервые становится 1, равно 127. Иначе говоря, номера сетей класса A выбираются из диапазона от 0 до 127. Однако из-за того что нулевой адрес зарезервирован, диапазон становится уже: от 1 до 127. В табл. 1-1 указано, что сеть с номером 127 также является особой. Таким образом, точное число сетей класса A равно 126.

Под адрес узла в IP-адресе сетей класса A отведено 3 байта (24 бита). В них можно разместить 2 или 16777216 различных двоичных комбинаций или адресов узлов. Поскольку адреса, состоящие только из нулей и только из единиц, зарезервированы, точное число узлов в сети класса A составляет $2^{24} - 2 = 16\,777\,214$.

3 Сети класса B

В IP-адресе сетей класса B первые два байта занимает адрес сети, а в двух последующих байтах размещается адрес узла. Формат IP-адреса сети класса B:

Сеть. Сеть.Узел.Узел

Например, в IP-адресе 172.16.30.56 адрес сети равен 172.16, а адрес узла — 30.56. Для адреса сети, состоящего из 16 бит, имеется 2 возможных комбинаций. Однако разработчики Интернета решили, что адрес сети класса B должен начинаться с комбинации 10. Поэтому свободными для формирования адреса остаются лишь 14 бит; это означает, что может существовать 2 или 16 384 сетей класса B.

По таблице преобразования двоичных чисел в десятичные, вы можете определить, что десятичные числа, которым соответствуют однобайтовые двоичные числа, начинающиеся с 10, лежат в диапазоне от 128 до 191. Таким образом, если адрес сети начинается с десятичного числа из этого диапазона, сеть относится к классу В.

Под адрес узла в IP-адресе сетей класса В отведено 2 байта. Поскольку адреса, состоящие только из нулей и только из единиц, зарезервированы, точное число узлов в сети класса В равно $2^{16} - 2 = 65\,534$.

4 Сети класса С

Первые три байта в IP-адресе сетей класса С занимает адрес сети, и всего один байт остается для адреса узла. Формат IP-адреса сети класса С:

Сеть.Сеть.Сеть.Узел

Например, в IP-адресе 192.168.100.102 адрес сети равен 192.168.100, а адрес узла — 102. Первые три бита адреса сети класса С занимает комбинация 110. Поэтому для формирования адреса остается лишь $2^4 - 3 = 2^1$ бит. Таким образом, может существовать 2^{21} или 2097152 сетей класса С.

Вновь обратившись к таблице преобразования двоичных чисел в десятичные, вы можете определить, что десятичные числа, которым соответствуют однобайтовые двоичные числа, начинающиеся со 110, лежат в диапазоне от 192 до 223. Таким образом, если адрес сети начинается с десятичного числа из этого диапазона, сеть относится к классу С.

Под адрес узла в IP-адресе сетей класса С отведен 1 байт. Следовательно, в каждой сети класса С может быть $2^8 - 2 = 254$ узла.

5 Дополнительные классы сетей

Еще одним классом сетей является класс D. Диапазон адресов этого класса (от 224.0.0.0 до 239.255.255.255) используется для групповой рассылки пакетов.

Существует также класс сетей E с диапазоном адресов от 240.0.0.0 до 255.255.255.255. Эти адреса зарезервированы для использования в будущем.

Если вы не хотите усложнять себе жизнь, не присваивайте узлам своей сети адреса из классов D и E.

6 Назначение адресов сетей

Если ваша сеть подключена к Интернету, вы должны обратиться в официальный комитет Интернета, распределяющий адреса сетей. Помощь в получении адреса оказывает Сетевой информационный центр (NIC). Дополнительная информация предоставляется по адресу:

Network Solutions InterNIC
Registration Services 505
Huntmar Park Drive Herndon,
VA 22070

Кроме того, можно получить помощь, послав письмо по электронному адресу hostmaster@internic.net. Если вашу сеть не предполагается подключать к Интернету, вы можете выбрать для нее любой адрес. В большинстве случаев вы теперь можете получить корректные IP-адреса у своего провайдера в Интернете. В Сетевом информационном центре советуют действовать именно так.

7 Подсети

Если в организации много компьютеров или они далеко отстоят друг от друга, имеет смысл разбить большую сеть на несколько более мелких и соединить их через маршрутизаторы. К достоинствам такого подхода относятся: Сокращенный сетевой трафик. Все ощутят снижение трафика любого типа. При этом сети остаются однотипными. Без маршрутизаторов трафик грозит почти полностью затормозить работу сети. А при их использовании большая часть трафика остается в локальной сети; через маршрутизатор будут передаваться лишь пакеты, предназначенные потребителям из других сетей.

- Оптимизация производительности сети. Это премия за сокращение сетевого трафика.
- Упрощенное управление. В группе небольших сетей, связанных друг с другом, гораздо легче выявить и решить возникающие проблемы, чем в одной большой сети.
- Упрощенный охват больших географических пространств. Связи глобальных сетей намного медленнее и более

дорогостоящие по сравнению со связями локальных сетей. Объединение многочисленных мелких сетей делает всю систему более эффективной.

Однако если организация с многочисленными сетями получает в Сетевом информационном центре только один сетевой адрес, возникают различные проблемы. Первые разработчики протокола IP брали в расчет значительно меньшую по объему Интернет, состоящую из десятка сетей и сотен хостов. В их схеме адресации для каждой физической сети предусматривался отдельный адрес.

Как вы можете себе представить, такая схема и непредвиденный рост Интернета привели к появлению некоторых проблем. Вот первая: один и тот же адрес присваивается нескольким физическим сетям. Однако организация может потребовать отдельный адрес для каждой физической сети. Если бы все подобные запросы удовлетворялись, проблема адресации была бы решена.

Следующая проблема относится к применению маршрутизаторов. Если бы каждый маршрутизатор в Интернете должен был знать о каждой существующей физической сети, таблицы маршрутизации невероятно разрослись бы. Для поддержки таких таблиц потребовались бы дополнительные расходы на администрирование и увеличение физических затрат на маршрутизаторы (время цикла процессора, память, дисковое пространство и т. д.).

Нежелательным последствием явился бы ужасающий рост сетевого трафика, поскольку маршрутизаторы обмениваются друг с другом информацией о маршрутизации.

Как же организовать подсети? Чтобы в единой сети IP выделить несколько более мелких логических подсетей, можно воспользоваться особенностью программной реализации TCP/IP. Хитрость состоит в том, что часть битов из адреса хоста в IP-адресе отводится под так называемый адрес подсети.

7.1 Выделение подсетей

Итак, схема IP-адресации, допускает выделение подсетей. Но прежде вам необходимо сформулировать текущие требования к сети и спланировать ее развитие в будущем. Для этого можно воспользоваться следующей анкетой:

1. Определите требуемое число сетевых идентификаторов: А. Один для каждой подсети В. Один для каждого соединения с глобальной сетью
2. Определите требуемое число идентификаторов хостов для подсети: А. Один для каждого TCP/IP хоста В. Один для каждого интерфейса маршрутизатора
3. С учетом предыдущих ответов, создайте:
 - А. Одну маску подсети для всей вашей сети
 - В. Единственный идентификатор подсети для каждого физического сегмента
 - С. Диапазон идентификаторов хостов для каждой подсети

Таким образом, организация, получившая единственный адрес сети, может присвоить различные адреса подсети отдельным физическим сетям. Каждая подсеть по-прежнему будет использовать общий адрес сети, но также получит дополнительный идентификатор, определяющий ее номер и называемый адресом подсети.

Такой подход разрешает несколько проблем адресации. Прежде всего, в ситуации, когда организация, которой выделен только один адрес сети, создает новые физические сети, можно не запрашивать новый адрес сети. Кроме того, поскольку при выделении подсетей можно сгруппировать вместе несколько физических сетей, в таблице маршрутизации станет меньше строк, что в свою очередь существенно сократит накладные расходы на пересылку данных по сети. И, наконец, комплексное использование приведенных выше соображений значительно повысит эффективность функционирования сети.

Предположим, что компания Асме Инс. имеет в Интернете единственный адрес сети 182.16. Эта компания объединяет несколько отделений, в состав каждого из которых входит несколько отделов. Поскольку администраторы сети произвели выделение подсетей, маршрутизаторы Асме используют адреса подсетей для пересылки пакетов, поступающих в сеть, в соответствующие внутренние подсети. Таким образом, из Интернета нельзя определить, насколько сложна структура сети Асме. Этот эффект называется *информационным сокрытием* структуры.

Информационное сокрытие структуры удобно и для маршрутизаторов. Если бы выделение подсетей не было произведено, каждый маршрутизатор должен был бы знать адреса всех машин сети Асме, что привело бы к дополнительным накладным расходам и к снижению производительности маршрутизации. При наличии схемы с подсетями, снимающей необходимость учета всех адресов, для маршрутизаторов компании достаточно двух видов информации:

- Адреса всех машин подсети, к которой подключен маршрутизатор
- Адреса других подсетей

Выделение подсетей реализуется за счет присвоения некоторого адреса подсети каждой машине заданной физической сети. Например, на рис. 7-1 каждая машина подсети 4 имеет адрес подсети, равный 4.

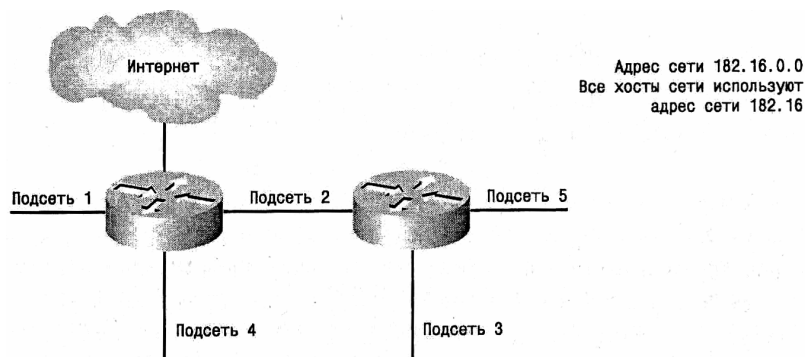
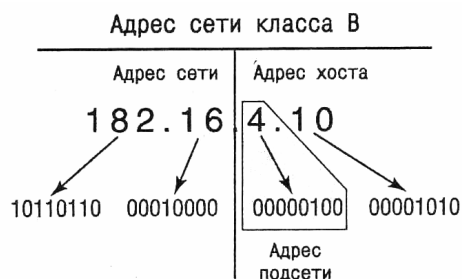


Рис. 7-1

Теперь рассмотрим, как адрес подсети размещается в IP-адресе. Часть IP-адреса, содержащую адрес сети, изменять нельзя, поскольку все машины сети используют его совместно. Например, все машины сети Асте имеют адрес сети, равный 182.16. Поэтому изменять можно только вторую часть IP-адреса. В схеме адресации с подсетями часть адреса хоста рассматривается как адрес подсети. На рис. 7-2 показано, как в IP-адрес может быть встроен адрес подсети.



Адрес подсети может быть встроен в IP-адрес только в части, относящейся к адресу хоста

Рис. 7-2

Поскольку сеть Асте относится к классу В, в первых двух байтах IP-адреса содержится адрес сети, совместно используемый всеми машинами сети, независимо от того, к каким подсетям они принадлежат. Адрес каждой машины подсети 4 должен иметь в третьем байте число 0000 0100. Четвертый байт (адрес хоста) содержит уникальное число, идентифицирующее конкретный хост. Таким образом, в состав IP-адреса входят три поля: адрес сети, адрес подсети и адрес хоста.

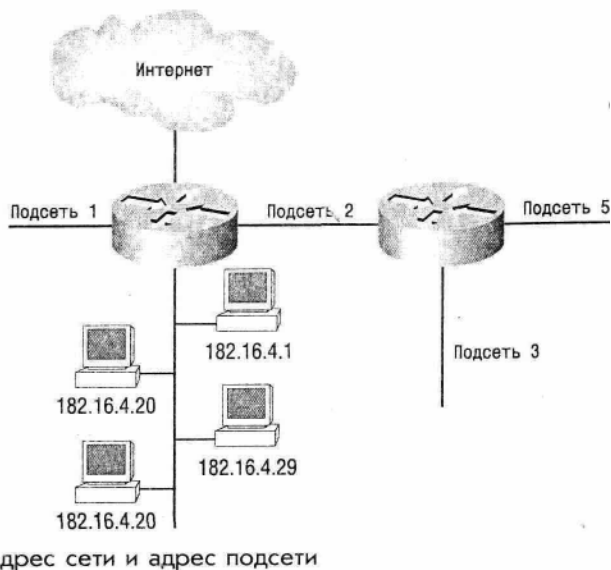


Рис. 7-3

На рис. 7-3 показано, как используются адреса сети и подсети. Этот подход применим к любой подсети, выделенной в составе сети.

7.2 Маски подсетей

При применении схемы адресации с подсетями каждая машина сети должна знать, какая часть адреса хоста занята адресом подсети. Для этого на каждой машине создается маска подсети.

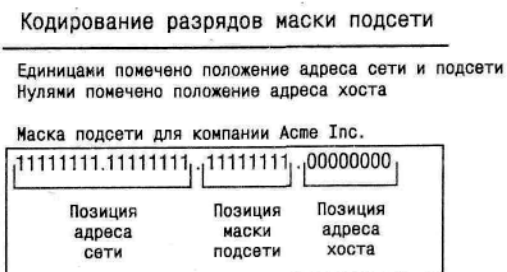


Рис. 4.5. Маска подсети

Администратор сети создает 32-битовую маску подсети, состоящую из 0 и 1. Единицы в маске подсети помечают позиции, относящиеся к адресам сети и подсети. Нули заносятся в позиции, отведенные под адрес хоста. Эта идея проиллюстрирована на рис. 4.5.

В примере первые два байта маски подсети заполнены единицами, поскольку адрес сети Асме относится к классу В (формат Сеть.Сеть.Узел.Узел). Третий байт, обычно относящийся к адресу хоста, теперь представляет собой адрес подсети. Поэтому все его биты заполнены единицами. И только в четвертом байте хранится уникальный адрес хоста.

Маска подсети может быть также представлена в десятичном формате. Двоичная комбинация 11111111 соответствует десятичному числу 255 (см. таблицу преобразования двоичных чисел в десятичные). Таким образом, маску подсети нашего примера можно отобразить двумя способами (см. рис. 4.6).

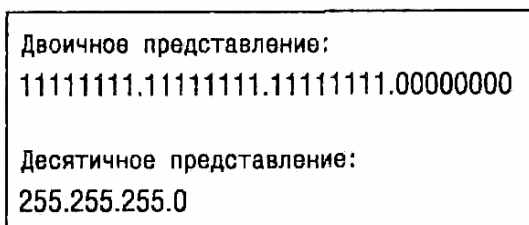


Рис. 4.6. Представления маски подсети

Совсем необязательно, чтобы в состав сети входили подсети, т. е. маска подсети может и не использоваться. В подобных случаях говорят, что существует маска подсети, принятая по умолчанию. Маски, принятые по умолчанию для различных классов сетей (см. табл. 7-1), изменять нельзя. Иначе говоря, применять в качестве маски подсети маску 255.0.0.0 не разрешается. Хост, которому вы попытаетесь присвоить такую маску, посчитает ее некорректной и не позволит завершить данную операцию. Для сетей класса А нельзя изменять первый байт маски подсети, поэтому она должна начинаться с числа 255. Кроме того, недопустима маска 255.255.255.255, поскольку эта конфигурация обозначает широковещательный адрес. Маска подсети для сетей класса В должна начинаться с 255.255, а для сетей класса С — с 255.255.255.

Табл. 7-1 Маски подсетей, принятые по умолчанию

Маски подсетей, принятые по умолчанию		
Класс сети	Формат адреса	Маска подсети
А	Сеть.Узел.Узел.Узел	255.0.0.0
В	Сеть. Сеть.Узел. Узел	255.255.0.0
С	Сеть. Сеть. Сеть. Узел	255.255.255.0

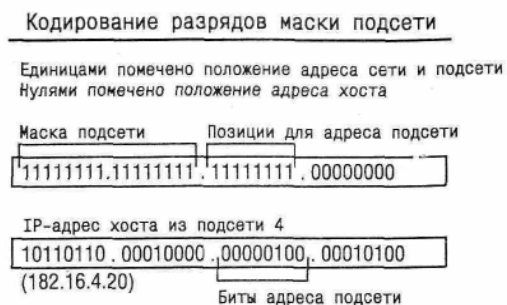


Рис. 4.7. Просмотр IP-адреса с помощью маски подсети

После того как администратор сети создаст маску подсети для каждой машины, программное обеспечение протокола IP будет просматривать IP-адреса, используя маску подсети для определения адреса подсети. Соответствующая операция представлена на рис. 4.7.

В этом примере по маске подсети программно определяется, что третий байт IP-адреса больше не относится к адресу хоста, а занят адресом подсети, равным 0000100.

Если для размещения адреса подсети использовать третий байт IP-адреса класса В, то задание и определение адреса подсети становится легким делом. Например, если в сети Acme Inc. необходимо определить подсеть 12, в третий байт адресов всех машин этой подсети следует вставить 0000 1100.

При использовании всего третьего байта IP-адреса класса В для адреса подсети можно создать довольно много подсетей. Действительно, так как байт состоит из восьми битов, можно определить $2^8 = 256$ различных адресов. Однако поскольку адрес не может состоять только из единиц или нулей, число возможных подсетей уменьшается до 254. Таким образом, в сети Acme Inc. можно выделить до 254 подсетей, каждая из которых будет содержать до 254 хостов.

Хотя в официальной спецификации протокола IP (см. документы RFC) применение нулевого адреса подсети ограничено, в некоторых программных продуктах такой адрес все же допустим. Например, добавление специальных команд для маршрутизатора Cisco позволяет вводить подсети с нулевым адресом, увеличивая число возможных подсетей до 255. Однако по умолчанию такое изменение невозможно.

Осторожно!

Использование нулевого адреса подсети увеличивает число возможных подсетей на 1. Однако этот адрес не следует применять, если не все программное обеспечение допускает такое расширение.

Приведем формулы для подсчета максимального числа подсетей и хостов в подсети:

$$2^{(\text{число помеченных битов в маске подсети})} - 2 = \text{максимальное число подсетей}$$

$$2^{(\text{число непомеченных битов в маске подсети})} - 2 = \text{максимальное число хостов в подсети}$$

Помеченными считаются биты с единичным значением, а непомеченными — нулевые биты. На рис. 4.8 приведен пример применения этих формул.

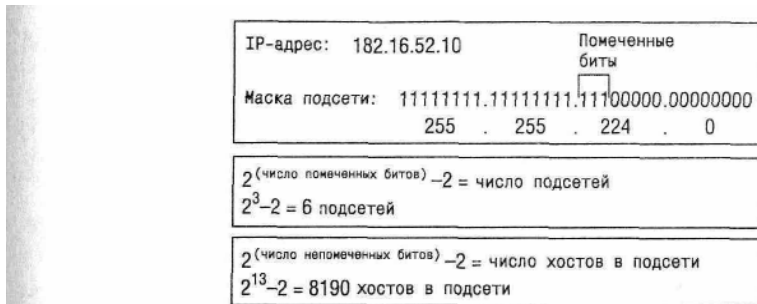


Рис. 4.8. Формулы для подсчета числа подсетей и хостов

Таким образом, если число помеченных битов равно 3, согласно приведенным формулам можно создать до шести подсетей. Для адресации хостов остается 5 бит в третьем байте и 8 бит в четвертом. При 13-битовых адресах к подсети можно подключить до $2^{13} - 2 = 8190$ хостов.

При возврате к применению полного байта адреса узла в качестве адреса подсети (маска 255.255.255.0) возможное количество узлов в каждой подсети сократится. Без выделения подсетей адрес класса В может иметь 65534 различных значений, которые разрешается использовать в качестве адреса узлов.

Если адрес подсети занимает полный байт адреса узла, остается только один байт для адресов хостов, т. е. в подсети можно разместить до 254 хостов. Когда в какой-нибудь подсети потребуется увеличить это число, возникнут затруднения. Для их разрешения вам придется либо укоротить поле адреса подсети в маске и тем самым увеличить длину адреса хоста, либо добавить вторичный IP-адрес к интерфейсу маршрутизатора, что также позволит увеличить число хостов в подсети. Однако побочным эффектом такого решения будет уменьшение количества образуемых подсетей.

На рис. 4.9 приведен пример использования более коротких адресов подсетей. Нашей компании необходимо образовать 14 подсетей, поэтому нет смысла отводить под адрес подсети весь третий байт IP-адреса. Для создания 14-ти различных адресов подсетей достаточно занять только 4 бита адреса хоста ($2^4 - 2 = 14$). При этом в оставшихся 12-ти битах адреса хоста можно разместить $2^{12} - 2 = 4094$ различных адресов. Таким образом, в сети Асте выделяется 14 подсетей, к каждой Из которых можно подключить до 4094 хостов.

Аспе, Инс.

Адрес сети: **132.8** (класс В: сеть.сеть.хост.хост)

Пример IP-адреса: **1000 0100.0000 1000.0001 0010.0011 1100**

Десятичное представление: **182 . 16 . 18 . 60**

Кодирование разрядов маски подсети

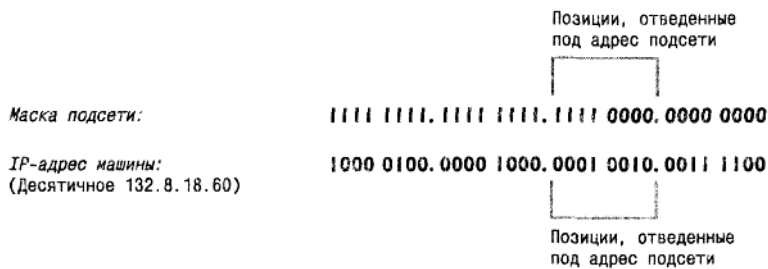
Единицами помечено положение адреса сети и подсети
Нулями помечено положение адреса хоста

Маска подсети:

Двоичное представление: **1111 1111.1111 1111.1111 0000.0000 0000**

Десятичное представление: **255 . 255 . 240 . 0**

(Десятичное число 240 равно двоичному числу 1111 0000, см. таблицу в Приложении D)



Преобразование адреса подсети из двоичного в десятичное представление

Позиции маски подсети:	1	1	1	1	0	0	0	0
	↓	↓	↓	↓				
Значения:	128	64	32	16	8	4	2	1
Третий байт IP-адреса:	0	0	0	1	0	0	1	0
Десятичный эквивалент:								0 + 16 = 16
Адрес подсети в IP-адресе:								16

Рис. 4.9. Использование четырехбитовых адресов подсетей

7.2.1 Маски подсетей для сетей класса С

Как известно, в IP-адресе сети класса С адрес сети занимает три первых байта (24 бит). Поэтому для адресации хостов остается только 8 бит. Если необходимо создать подсети, наш выбор будет ограничен из-за малого числа доступных битов.

Кроме того, при разбиении сети на подсети, более мелкие, чем это определено маской подсети, выбранной по умолчанию, у вас могут возникнуть затруднения при определении маски, номера сети, широковещательного адреса и адреса маршрутизатора. В табл. 7-2 показано, как в сети класса С выделить одну, две, четыре или восемь более мелких подсетей, а также составить маски подсетей, номера сетей, широковещательные адреса и адреса маршрутизаторов. Первые три байта обозначены как "x.y.z."

Табл. 7-2 Выделение подсетей в сети класса С

Желание число подсетей	Маска подсети	Номер сети	Адрес маршрутизатора	Широковещательный адрес	Оставшееся число IP-адресов
1	255.255.255.0	x.y.z.0	x.y.z.1	x.y.z.255	253
2	255.255.255.128	x.y.z.0 x.y.z.128	x.y.z.1 x.y.z.129	x.y.z.127 x.y.z.255	125 125
4	255.255.255.192	x.y.z.0 x.y.z.64 x.y.z.128 x.y.z.192	x.y.z.1 x.y.z.65 x.y.z.129 x.y.z.193	x.y.z.63 x.y.z.127 x.y.z.191 x.y.z.255	61 61 61 61
8	255.255.255.224	x.y.z.0 x.y.z.32 x.y.z.64 x.y.z.96 x.y.z.128 x.y.z.160 x.y.z.192 x.y.z.224	x.y.z.1 x.y.z.33 x.y.z.65 x.y.z.97 x.y.z.129 x.y.z.161 x.y.z.193 x.y.z.225	x.y.z.31 x.y.z.63 x.y.z.95 x.y.z.127 x.y.z.159 x.y.z.191 x.y.z.223 x.y.z.255	29 29 29 29 29 29 29 29

Теперь вернемся немного назад и рассмотрим, как выделяются подсети в сетях разных классов. Начнем с сетей класса С, поскольку для них под адрес хоста отведено только 8 бит, и наши вычисления будут проще.

Предположим, что необходимо разбить сеть класса С 192.168.100.x на две подсети. Как видно из таблицы, для каждой подсети следует выбрать маску 255.255.255.128. Первая подсеть будет иметь номер сети 192.168.100.0, адрес маршрутизатора 192.168.100.1 и широковещательный адрес 192.168.100.127. Кроме того, вы получите 125 различных IP-адресов в диапазоне от 192.168.100.2 до 192.168.100.126. Вторая подсеть будет иметь номер сети 192.168.100.255.

Возможно, вас удивят номера подсетей, указанные в табл. 7-2. Действительно, если применять формулу $2^x - 2$, номер сети, равный 128, является бессмысленным. Вспомним, что согласно документам RFC подсеть 0 определять не рекомендуется; однако, используя нулевую подсеть, вы можете работать с маской подсети 128. Для этого под адрес подсети отводится 1 бит, и возможно создание $2^1 - 2 = 0$ подсетей. И все же, введя в ваших маршрутизаторах Cisco команду `ip subnet-zero`, вы сможете присвоить хостам в подсети 0 адреса от 1 до 127, а в подсети 128 — адреса от 129 до 254, как и показано в табл. 7-2. Такой подход позволяет несколько расширить число допустимых адресов. Если же следовать RFC, вы сможете воспользоваться в лучшем случае только маской подсети 192 (двухбитовые адреса подсетей). Это даст вам $2 - 2 = 0$ подсетей.

Чтобы понять, какие номера подсетей являются корректными, применяют следующую формулу: 256 — маска подсети. В нашем примере: $256 - 192 = 64$, т. е. первая подсеть имеет номер 64. Будем добавлять это значение к номеру первой подсети до тех пор, пока не достигнем номера подсети в маске. Так, $64 + 64 = 128$, и ваша вторая подсеть имеет номер 128. Затем $128 + 64 = 192$. Поскольку 192 — маска подсети, нельзя использовать подсеть с таким номером. Значит, вы имеете две корректные подсети с номерами 64 и 128. Теперь выясним, какие хосты можно подключить к этим подсетям.

Номера из диапазона, границы которого совпадают с номерами подсетей, являются корректными адресами хостов. В нашем примере корректными номерами хостов для сети класса С с маской подсети 192 являются:

Подсеть 64 65 — 126, т. е. возможно подключение до 62 хостов. Что произойдет, если рассматривать 127 в качестве корректного номера хоста? В этом случае все биты адреса хоста равны 1, что недопустимо, поскольку такая конфигурация используется в качестве широковещательного адреса в подсети.

Подсеть 128 129 — 190. А что можно сказать о номерах из диапазона 191 — 254? Маска подсети равна 192, это значение использовать запрещено; 191 является широковещательным адресом в подсети, поскольку состоит только из единиц. Номера, превышающие 192, для этой подсети являются некорректными.

Как можно заметить, мы потеряли 130 драгоценных адресов. Если в сети класса С необходимо выделить только две подсети, выбор подсети 128 является лучшим решением, хотя это и трудно проверить.

Теперь рассмотрим ситуацию, когда в сети класса С необходимо выделить четыре подсети. Применим формулу $2^{(\text{число_помеченных_битов})-2}$. Для создания $2^3 - 2 = 6$ подсетей необходимо отвести под адрес подсети 3 бита. Какие номера подсетей и номера хостов в них являются корректными? Маска подсети имеет вид 11100000 (или 224) и должна быть одинаковой на всех рабочих станциях.

Внимание!

Если некоторая рабочая станция имеет некорректную маску, маршрутизатор может неправильно идентифицировать подсеть, в которой находится эта станция. В таком случае маршрутизатор не будет распространять пакеты, предназначенные этой станции. Кроме того, если маска некорректно определена в файле конфигурации станции, рабочие станции, просматривающие маску в файле, будут посылать пакеты в шлюз, выбранный по умолчанию.

Таблица 4.5 Для определения корректных номеров подсетей вычисляем: $256 - 224 = 32$. Номер первой подсети равен 32. Остальные подсети будут иметь номера 64, 96, 128, 160, 192. Корректные номера хостов расположены между номерами подсетей (см. таблицу 4.5). Исключение составляют номера, состоящие только из единиц.

Корректные номера хостов при маске подсети 255.255.255.224

Подсеть	Хосты
32	33 — 62
64	65 — 94
96	97 — 126
128	129 — 158
160	161 — 190
192	193 — 222

Добавим еще один бит к полю адреса подсети. Маска подсети станет равной 240 (11110000). В этом случае можно создать $2 - 2 = 14$ подсетей. Для адреса хоста также остается четыре бита, поэтому к каждой подсети можно подключить до 14 хостов. Как нетрудно заметить, число хостов в подсети довольно быстро уменьшается, при более мелком разбиении сети класса С. Определим корректные номера подсетей и хостов в подсетях: $256 - 240 = 16$. Корректные номера хостов, как и раньше, берутся из диапазона между номерами подсетей (см. таблицу 4.6). Исключение составляют номера, состоящие только из единиц.

Повторим наши действия для сетей класса В.

Таблица 4.6

Корректные номера хостов при маске подсети 240

Подсеть	Хосты
16	17 — 30
32	33 — 46
48	49 — 62
64	65 — 78
80	81 — 94
96	97 — 110
112	113 — 126
128	129 — 142
144	145 — 158
160	161 — 174
176	177 — 190
192	193 — 206
208	209 — 222
224	225 — 238

7.2.2 Маски подсетей для сетей класса В

Как вы уже знаете, адреса хостов сетей класса В имеют длину 16 бит, поэтому у нас больше свободы при выборе масок подсети. Мы вновь начнем с одного (самого левого) бита и постепенно будем увеличивать Длину маски. Адрес сети класса В имеет вид:

x.y.0.0,

маска подсети по умолчанию равна

255.255.0.0.

Используя эту маску, мы получаем сеть с 65534 хостами. Двоичное представление маски, выбранной по умолчанию:

11111111.11111111.00000000.00000000

Здесь единицами помечены позиции адреса сети, а нулями — позиции адреса хоста. При создании маски подсети под адрес подсети выделяются левые непомяченные биты адреса хоста.

При использовании только одного бита мы получим маску 255.255.128.0. Можно не обращать внимание на сокращение адреса хоста, поскольку оно незначительно; так что при маске подсети 128 нет смысла выполнять на маршрутизаторе команду ip subnet-zero. Первая маска, которую мы рассмотрим подробнее, имеет вид 255.255.192.0 (или 11111111.11111111.11000000.00000000).

Таблица 4.7

Корректные номера хостов при маске подсети 192

Подсеть	Хосты
64	От x.y.64.1 до x.y.127.254
128	От x.y.128.1 до x.y.191.254

IP-адрес разбит на три части: адрес сети, адрес подсети и адрес хоста. При маске подсети 192, как и в предыдущем разделе, мы получаем $2 - 2 = 2$ подсети, однако они могут содержать значительно больше хостов. Корректными номерами подсетей являются $256 - 192 = 64$ и 128. Под адрес хоста остается 14 бит (нулевая часть маски), т. е. к каждой подсети можно подключить до $2^{14} - 2 = 16382$ хостов (см. таблицу 4.7).

Таблица 4.8 Добавим еще один бит к маске подсети и получим 255.255.224.0 (или

Корректные номера хостов при маске подсети 224

11111111.11111111.11100000.00000000). При такой маске в сети можно создать $2^6 = 6$ подсетей. Корректными номерами подсетей являются $256 - 224 = 32, 64, 96, 128, 160$ и 192 . Корректные номера хостов подсетей перечислены в таблице 4.8.

Подсеть	Хосты
32	От х.у.32.1 до х.у.63.254
64	От х.у.64.1 до х.у.95.254
96	От х.у.96.1 до х.у.127.254
128	От х.у.128.1 до х.у.159.254
160	От х.у.160.1 до х.у.191.254
192	От х.у.192.1 до х.у.223.254

Таким образом, используя маску подсети 255.255.224.0, мы получаем шесть подсетей, в каждой из которых может быть до 8190 хостов.

Добавим еще несколько битов к маске. При маске длиной 9 бит можно создать $2^7 - 2 = 510$ подсетей. Так как для адреса хоста остается только 7 бит, в каждой подсети можно разместить $2^7 - 2 = 126$ хостов. 9-битовая маска имеет вид: 11111111.11111111.11111111.10000000 или 255.255.255.128.

При 14-битовой маске можно создать $2^{14} - 2 = 16\,382$ подсети, каждая из которых будет содержать до $2^2 - 2 = 2$ хостов. Вид 14-битовой маски: 11111111.11111111.11111111.11111100 или 255.255.255.252. Зачем нужна такая маска? Часто приходится слышать: "Для вашей сети класса В лучше всего подходит маска 255.255.255.0". В этом случае в сети можно создать 254 подсети с 254 хостами в каждой из них. Но удобна ли такая схема, если в вашей сети много соединений с глобальной сетью? Обычно у вас имеются прямые соединения с каждым сайтом. Любое из этих соединений должно оканчиваться в чужой подсети или сети. Но сколько хостов будет подключено к таким подсетям? Только два: по одному на каждом порте маршрутизатора. Если вы будете использовать предложенную выше маску (255.255.255.0), вы потеряете по 252 адреса хостов в каждой подсети. Применение маски 255.255.255.252 позволяет экономно создать подсети с двумя хостами. Однако так можно поступить, если на маршрутизаторах выполняется протокол EIGRP или OSPF. Эти протоколы маршрутизации допускают применение так называемых масок подсетей переменной длины. Следовательно, вы можете использовать маску 255.255.255.252 в интерфейсе с глобальной сетью и маску 255.255.255.0 в интерфейсах маршрутизатора локальной сети. Такая возможность определяется свойствами протоколов маршрутизации, в соответствии с которыми маршрутизаторы постоянно обмениваются информацией о масках подсетей. Важно помнить, что протоколы маршрутизации RIP и IGRP подобным свойством не обладают. Подробно упомянутые протоколы рассматриваются позже. Теперь разберем выделение подсетей в сетях класса А.

7.2.3 Маски подсетей для сетей класса А

Сети класса А имеют гигантское число адресов, которые можно использовать при создании подсетей. Выбранная по умолчанию маска подсети для сети класса А имеет вид 255.0.0.0. Для размещения номера подсети можно использовать до 32 бит.

Применяя маску 11111111.11111111.00000000.00000000 (или 255.255.0.0), мы отводим 8 бит для адреса подсети и можем образовать $2^8 - 2 = 254$ подсети! На адрес хоста остается 16 бит, т. е. в подсети может быть до $2^{16} - 2 = 65\,534$ хостов. Это очень большое число. Корректные номера хостов перечислены в табл. 7-3.

Табл. 7-3 Корректные номера хостов для сети класса А

Подсеть	Хосты
1	От х.1.0.1 до х.1.255.254
2	От х.2.0.1 до х.2.255.254
3	От х.3.0.1 до х.3.255.254
и т. д. до...	
252	От х.252.0.1 до х.252.255.254
253	От х.253.0.1 до х.253.255.254
254	От х.254.0.1 до х.254.255.254
0.16	От х.0.16.1 до х.0.31.254
0.32	От х.0.32.1 до х.0.47.254
0.48	От х.0.48.1 до х.0.63.254
и т. д. до...	
0.192	От х.0.192.1 до х.0.207.254
0.208	От х.0.208.1 до х.0.223.254
0.224	От х.0.224.1 до х.0.239.254
0.240	От х.0.240.1 до х.0.255.254
Повтор для каждого значения второго октета:	
1.0	От х.1.0.1 до х.1.15.254
1.16	От х.1.16.1 до х.1.31.254
1.32	От х.1.32.1 до х.1.47.254

Подсеть	Хосты
1.48	От х.1.48.1 до х.1.63.254
Продолжать таким же образом до...	
255.192	От х.255.192.1 до х.255.207.254
255.208	От х.255.208.1 до х.255.223.254
255.224	От х.255.224.1 до х.255.239.254

Если отвести для номера подсети и для адреса хоста по 12 бит, маска примет вид 11111111.11111111.11110000.00000000 (или 255.255.240.0). В каждой подсети может быть до $2^{12} = 4094$ хостов. Однако корректные номера хостов перечислить довольно сложно.

Второй октет должен принимать значение из диапазона от 0 до 255. Но значение третьего октета необходимо определить точнее. Поскольку третьему октету соответствует маска 240, номер первой подсети равен $256 - 240 = 16$, номер второй подсети — 32 и т. д. Число возможных подсетей и хостов для допустимых масок представлено в табл. 7-4.

Табл. 7-4 Допустимые маски подсети для сети класса А

Допустимые маски подсети для сети класса А

Таблица 4.10

Маска подсети	Длина [в битах] маски подсети	Число подсетей	Число хостов в подсети
255.255.255.252	30	4194302	2
255.255.255.248	29	2097150	6
255.255.255.240	28	1048574	14
255.255.255.224	27	524286	30
255.255.255.192	26	262142	62
255.255.255.128	25	131070	126
255.255.255.0	24	65534	254
255.255.254.0	23	32766	510
255.255.252.0	22	16382	1022
255.255.248.0	21	8190	2046
255.255.240.0	20	4094	4094
255.255.224.0	19	2046	8190
255.255.192.0	18	1022	16382
255.255.128.0	17	510	32766
255.255.0.0	16	254	65534
255.254.0.0	15	126	131070
255.252.0.0	14	62	262142
255.248.0.0	13	30	524286
255.240.0.0	12	14	1048574
255.224.0.0	11	6	2097150
255.192.0.0	10	2	4194302

Подсети х.0.0 и х.255.240 не являются корректными, поскольку это, соответственно, нулевые и широковещательные адреса.

Можно ли упростить процедуру выделения подсетей?

Теперь, когда мы разобрали процедуру выделения подсетей для сетей классов А, В и С, вам, вероятно, может показаться, что существует и более простая процедура. Возможно. Все учатся по-разному, поэтому мы приведем и другую процедуру выделения подсетей, а вы самостоятельно решите, какая из них проще.

В табл. 7-4 представлены различные маски подсетей, допустимые для сетей класса А. Эта таблица начинается с 30-битовой, наиболее длинной маски.

Внимание!

Напомним, что биты выбранной по умолчанию маски учитываются при подсчете длины адреса подсети. Поэтому, даже если маска имеет вид 255.255.255.0, реально под адрес подсети сети класса А отводится 16 бит.

При 30-битовой маске можно выделить 4 194 302 подсети, в каждой из которых будет размещаться по 2 хоста. Эту

маску (255.255.255.252) удобно использовать для соединений с глобальной сетью (мы уже рассматривали эту ситуацию при выделении подсетей в сетях класса В).

В табл. 7-5 перечислены различные маски подсетей, допустимые для сетей класса В. Нетрудно заметить, что число хостов в подсети увеличивается по мере сокращения размера маски подсети, и наоборот.

Табл. 7-5 Допустимые маски подсетей для сети класса В

Маска подсети	Длина [в битах] маски подсети	Число подсетей	Число хостов в подсети
255.255.255.252	30	16382	2
255.255.255.248	29	8190	6
255.255.255.240	28	4094	14
255.255.255.224	27	2046	30
255.255.255.192	26	1022	62
255.255.255.128	25	510	126
255.255.255.0	24	254	254
255.255.254.0	23	126	510
255.255.252.0	22	62	1022
255.255.248.0	21	30	2046
255.255.240.0	20	14	4094
255.255.224.0	19	6	8190
255.255.192.0	18	2	16382

В табл. 7-6 приведены различные маски подсетей, допустимые для сети класса С.

Табл. 7-6 Допустимые маски подсетей для сети класса С

Маска подсети	Длина (в битах) маски подсети	Число подсетей	число хостов подсети
255.255.255.252	30	62	2
255.255.255.248	29	30	6
255.255.255.240	28	14	14
255.255.255.224	27	6	30
255.255.255.192	26	2	62