

Адресация в IP-сетях

Типы адресов стека TCP/IP

В стеке TCP/IP используются три типа адресов: локальные (называемые также аппаратными), IP-адреса и символьные доменные имена.

Локальные адреса.

В терминологии TCP/IP под локальным адресом понимается такой тип адреса, который используется средствами базовой технологии для доставки данных в пределах подсети, являющейся элементом составной интерсети. В разных подсетях допустимы разные сетевые технологии, разные стеки протоколов, поэтому при создании стека TCP/IP предполагалось наличие разных типов локальных адресов. Если подсетью интерсети является локальная сеть, то локальный адрес — это MAC-адрес. MAC-адрес назначается сетевым адаптерам и сетевым интерфейсам маршрутизаторов. MAC-адреса назначаются производителями оборудования и являются уникальными, так как управляются централизованно. Для всех существующих технологий локальных сетей MAC-адрес имеет формат 6 байт, например 11-A0-17-3D-BC-01. Однако протокол IP может работать и над протоколами более высокого уровня, например над протоколом IPX или X.25. В этом случае локальными адресами для протокола IP соответственно будут адреса IPX и X.25. Следует учесть, что компьютер в локальной сети может иметь несколько локальных адресов даже при одном сетевом адаптере. Некоторые сетевые устройства не имеют локальных адресов. Например, к таким устройствам относятся глобальные порты маршрутизаторов, предназначенные для соединений типа «точка-точка».

IP-адреса.

IP-адреса представляют собой основной тип адресов, на основании которых сетевой уровень передает пакеты между сетями. Эти адреса состоят из 4 байт, например 109.26.17.100. IP-адрес назначается администратором во время конфигурирования компьютеров и маршрутизаторов. IP-адрес состоит из двух частей: номера сети и номера узла. Номер сети может быть выбран

администратором произвольно, либо назначен по рекомендации специального подразделения Internet, если сеть должна работать как составная часть Internet. Обычно поставщики услуг Internet получают диапазоны адресов у подразделений InterNIC, а затем распределяют их между своими абонентами. Номер узла в протоколе IP назначается независимо от локального адреса узла. Маршрутизатор по определению входит сразу в несколько сетей. Поэтому каждый порт маршрутизатора имеет собственный IP-адрес. Конечный узел также может входить в несколько IP-сетей. В этом случае компьютер должен иметь несколько IP-адресов, по числу сетевых связей. Таким образом, IP-адрес характеризует не отдельный компьютер или маршрутизатор, а одно сетевое соединение.

Символьные доменные имена.

Символьные имена в IP-сетях называются доменными и строятся по иерархическому признаку. Составляющие полного символьного имени в IP-сетях разделяются точкой и перечисляются в следующем порядке: сначала простое имя конечного узла, затем имя группы узлов (например, имя организации), затем имя более крупной группы (поддомена) и так до имени домена самого высокого уровня (например, домена объединяющего организации по географическому принципу: RU — Россия, UK — Великобритания, SU — США). Примеров доменного имени может служить имя base2.sales.zil.ru. Между доменным именем и IP-адресом узла нет никакого алгоритмического соответствия, поэтому необходимо использовать какие-то дополнительные таблицы или службы, чтобы узел сети однозначно определялся как по доменному имени, так и по IP-адресу. В сетях TCP/IP используется специальная распределенная служба Domain Name System (DNS), которая устанавливает это соответствие на основании создаваемых администраторами сети таблиц соответствия. Поэтому доменные имена называют также DNS-именами.

Классы IP-адресов

IP-адрес имеет длину 4 байта и обычно записывается в виде четырех чисел, представляющих значения каждого байта в десятичной форме и разделенных точками, например, 128.10.2.30 — традиционная десятичная форма представления адреса, а 10000000.00001010.00000010.00011110 - двоичная форма представления этого же адреса.

Адрес состоит из двух логических частей — номера сети и номера узла в сети. Какая часть адреса относится к номеру сети, а какая — к номеру узла, определяется значениями первых бит адреса. Значения этих бит являются также признаками того, к какому классу относится тот или иной IP-адрес.

На рис. 1 показана структура IP-адреса разных классов.



Рис.1. Структура IP-адреса

Если адрес начинается с 0, то сеть относят к классу А и номер сети занимает один байт, остальные 3 байта интерпретируются как номер узла в сети.

Сети класса А имеют номера в диапазоне от 1 до 126. (Номер 0 не используется, а номер 127 зарезервирован для специальных целей, о чем будет сказано ниже.) Сетей класса А немного, зато количество узлов в них может достигать 2^{24} , то есть 16 777 216 узлов.

Если первые два бита адреса равны 10, то сеть относится к классу В. В сетях класса В под номер сети и под номер узла отводится по 16 бит, то есть

по 2 байта. Таким образом, сеть класса В является сетью средних размеров с максимальным числом узлов 2^{16} , что составляет 65 536 узлов.

Если адрес начинается с последовательности 110, то это сеть класса С. В этом случае под номер сети отводится 24 бита, а под номер узла — 8 бит. Сети этого класса наиболее распространены, число узлов в них ограничено 2^8 , то есть 256 узлами.

Если адрес начинается с последовательности 1110, то он является адресом класса D и обозначает особый, групповой адрес — multicast. Если в пакете в качестве адреса назначения указан адрес класса D, то такой пакет должны получить все узлы, которым присвоен данный адрес.

Если адрес начинается с последовательности 11110, то это значит, что данный адрес относится к классу E. Адреса этого класса зарезервированы для будущих применений.

В таблице 1 приведены диапазоны номеров сетей и максимальное число узлов, соответствующих каждому классу сетей.

Таблица 1. Характеристики адресов разного класса

Класс	Первые биты	Наименьший номер сети	Наибольший номер сети	Максимальное число узлов в сети
A	0	1.0.0.0	126.0.0.0	2^{24}
B	10	128.0.0.0	191.255.0.0	2^{16}
C	110	192.0.1.0	223.255.255.0	2^8
D	1110	224.0.0.0	239.255.255.255	Multicast
E	11110	240.0.0.0	247.255.255.255	Зарезервирован

Большие сети получают адреса класса А, средние — класса В, а маленькие класса С.

Особые IP-адреса

В протоколе IP существует несколько соглашений об особой интерпретации IP-адресов.

- Если весь IP-адрес состоит только из двоичных нулей, то он обозначает адрес того узла, который сгенерировал этот пакет; этот режим используется только в некоторых сообщениях ICMP;

- Если в поле номера сети стоят только нули, то по умолчанию считается, что узел назначения принадлежит той же самой сети, что и узел, который отправил пакет.

- Если все двоичные разряды IP-адреса равны 1, то пакет с таким адресом назначения должен рассылаться всем узлам, находящимся в той же сети, что и источник этого пакета. Такая рассылка называется ограниченным широковещательным сообщением (limited broadcast).

- Если в поле номера узла назначения стоят только единицы, то пакет, имеющий такой адрес, рассылается всем узлам сети с заданным номером сети. Например, пакет с адресом 192.190.21.255 доставляется всем узлам сети 192.190.21.0. Такая рассылка называется широковещательным сообщением (broadcast).

При адресации необходимо учитывать те ограничения, которые вносятся особым назначением некоторых IP-адресов. Так, ни номер сети, ни номер узла не может состоять только из одних двоичных единиц или только из одних двоичных нулей. Отсюда следует, что максимальное количество узлов, приведенное в таблице для сетей каждого класса, на практике должно быть уменьшено на 2. Например, в сетях класса C под номер узла отводится 8 бит, которые позволяют задавать 256 номеров: от 0 до 255. Однако на практике максимальное число узлов в сети класса C не может превышать 254, так как адреса 0 и 255 имеют специальное назначение. Из этих же соображений следует, что конечный узел не может иметь адрес типа 98.255.255.255, поскольку номер узла в этом адресе класса A состоит из одних двоичных единиц.

Особый смысл имеет IP-адрес, первый октет которого равен 127. Он используется для тестирования программ и взаимодействия процессов в пределах одной машины. Когда программа посылает данные по IP-адресу 127.0.0.1, то образуется как бы «петля». Данные не передаются по сети, а возвращаются модулям верхнего уровня как только что принятые. Поэтому в IP-сети запрещается присваивать машинам IP-адреса, начинающиеся со 127. Этот адрес имеет название `loopback`. Можно отнести адрес 127.0.0.0 к внутренней сети модуля маршрутизации узла, а адрес 127.0.0.1 — к адресу этого модуля на внутренней сети. На самом деле любой адрес сети 127.0.0.0 служит для обозначения своего модуля маршрутизации, а не только 127.0.0.1, например 127.0.0.3.

В протоколе IP нет понятия широковещательности в том смысле, в котором оно используется в протоколах канального уровня локальных сетей, когда данные должны быть доставлены абсолютно всем узлам. Как ограниченный широковещательный IP-адрес, так и широковещательный IP-адрес имеют пределы распространения в интересах — они ограничены либо сетью, к которой принадлежит узел-источник пакета, либо сетью, номер которой указан в адресе назначения. Поэтому деление сети с помощью маршрутизаторов на части локализует широковещательный шторм пределами одной из составляющих общую сеть частей просто потому, что нет способа адресовать пакет одновременно всем узлам всех сетей составной сети.

Уже упоминавшаяся форма группового IP-адреса — `multicast` — означает, что данный пакет должен быть доставлен сразу нескольким узлам, которые образуют группу с номером, указанным в поле адреса. Узлы сами идентифицируют себя, то есть определяют, к какой из групп они относятся. Один и тот же узел может входить в несколько групп. Члены какой-либо группы `multicast` не обязательно должны принадлежать одной сети. В общем случае они могут распределяться по совершенно различным сетям, находящимся друг от друга на произвольном количестве хопов. Групповой

адрес не делится на поля номера сети и узла и обрабатывается маршрутизатором особым образом.

Основное назначение multicast-адресов — распространение информации по схеме «один-ко-многим». Хост, который хочет передавать одну и ту же информацию многим абонентам, с помощью специального протокола IGMP (Internet Group Management Protocol) сообщает о создании в сети новой мультивещательной группы с определенным адресом. Маршрутизаторы, поддерживающие мультивещательность, распространяют информацию о создании новой группы в сетях, подключенных к портам этого маршрутизатора. Хосты, которые хотят присоединиться к вновь создаваемой мультивещательной группе, сообщают об этом своим локальным маршрутизаторам и те передают эту информацию хосту, инициатору создания новой группы.

Чтобы маршрутизаторы могли автоматически распространять пакеты с адресом multicast по составной сети, необходимо использовать в конечных маршрутизаторах модифицированные протоколы обмена маршрутной информацией, такие как, например, MOSPF (Multicast OSPF, аналог OSPF).

Групповая адресация предназначена для экономичного распространения в Internet или большой корпоративной сети аудио- или видеопрограмм, предназначенных сразу большой аудитории слушателей или зрителей. Если такие средства найдут широкое применение (сейчас они представляют в основном небольшие экспериментальные островки в общем Internet), то Internet сможет создать серьезную конкуренцию радио и телевидению.

Использование масок в IP-адресации

Традиционная схема деления IP-адреса на номер сети и номер узла основана на понятии класса, который определяется значениями нескольких первых бит адреса. Именно потому, что первый байт адреса 185.23.44.206 попадает в диапазон 128-191, мы можем сказать, что этот адрес относится к

классу В, а значит, номером сети являются первые два байта, дополненные двумя нулевыми байтами — 185.23.0.0, а номером узла — 0.0.44.206.

А что если использовать какой-либо другой признак, с помощью которого можно было бы более гибко устанавливать границу между номером сети и номером узла? В качестве такого признака сейчас получили широкое распространение маски. Маска — это число, которое используется в паре с IP-адресом; двоичная запись маски содержит единицы в тех разрядах, которые должны в IP-адресе интерпретироваться как номер сети. Поскольку номер сети является цельной частью адреса, единицы в маске также должны представлять непрерывную последовательность.

Для стандартных классов сетей маски имеют следующие значения:

- Класс А - 11111111. 00000000. 00000000. 00000000 (255.0.0.0);
- Класс В-11111111.11111111.00000000. 00000000 (255.255.0.0);
- Класс С-11111111.11111111.11111111.00000000 (255.255.255.0).

ПРИМЕЧАНИЕ: Для записи масок используются и другие форматы, например, удобно интерпретировать значение маски, записанной в шестнадцатеричном коде: FF.FF.OO.OO — маска для адресов класса В. Часто встречается и такое обозначение 185.23.44.206/16 - эта запись говорит о том, что маска для этого адреса содержит 16 единиц или что в указанном IP-адресе под номер сети отведено 16 двоичных разрядов.

Снабжая каждый IP-адрес маской, можно отказаться от понятий классов адресов и сделать более гибкой систему адресации. Например, если рассмотренный выше адрес 185.23.44.206 ассоциировать с маской 255.255.255.0, то номером сети будет 185.23.44.0, а не 185.23.0.0, как это определено системой классов.

В масках количество единиц в последовательности, определяющей границу номера сети, не обязательно должно быть кратным 8, чтобы повторять деление адреса на байты. 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 - 10000001. 01000000. 10000110. 00000101

Маска 255.255.128.0- 11111111.11111111. 10000000.00000000

Если игнорировать маску, то в соответствии с системой классов адрес 129.64.134.5 относится к классу В, а значит, номером сети являются первые 2 байта — 129.64.0.0, а номером узла — 0.0.134.5.

Если же использовать для определения границы номера сети маску, то 17 последовательных единиц в маске, «наложенные» на IP-адрес, определяют в качестве номера сети в двоичном выражении число:

10000001. 01000000. 10000000. 00000000 или в десятичной форме записи — номер сети 129.64.128.0, а номер узла 0.0.6.5.

Механизм масок широко распространен в IP-маршрутизации, причем маски могут использоваться для самых разных целей. С их помощью администратор может структурировать свою сеть, не требуя от поставщика услуг дополнительных номеров сетей. На основе этого же механизма поставщики услуг могут объединять адресные пространства нескольких сетей путем введения так называемых «префиксов» с целью уменьшения объема таблиц маршрутизации и повышения за счет этого производительности маршрутизаторов.