

## Адресация в сетях IP. Форматы адресов и их преобразование.

### Типы адресов: физический (MAC-адрес), сетевой (IP-адрес) и символьный (DNS-имя)

Каждый компьютер в сети TCP/IP имеет адреса трех уровней:

- Локальный адрес узла, определяемый технологией, с помощью которой построена отдельная сеть, в которую входит данный узел. Для узлов, входящих в локальные сети - это MAC-адрес сетевого адаптера или порта маршрутизатора, например, 11-A0-17-3D-BC-01. Эти адреса назначаются производителями оборудования и являются уникальными адресами, так как управляются централизованно. Для всех существующих технологий локальных сетей MAC-адрес имеет формат 6 байтов: старшие 3 байта - идентификатор фирмы производителя, а младшие 3 байта назначаются уникальным образом самим производителем. Для узлов, входящих в глобальные сети, такие как X.25 или frame relay, локальный адрес назначается администратором глобальной сети.

- IP-адрес, состоящий из 4 байт, например, 109.26.17.100. Этот адрес используется на сетевом уровне. Он 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 NIC(Network Information Center), если сеть должна работать как составная часть Internet. Обычно провайдеры услуг Internet получают диапазоны адресов у подразделений INIC, а затем распределяют их между своими абонентами.

Номер узла в протоколе IP назначается независимо от локального адреса узла. Деление IP-адреса на поле номера сети и номера узла - гибкое, и граница между этими полями может устанавливаться весьма произвольно. Узел может входить в несколько IP-сетей. В этом случае узел должен иметь несколько IP-адресов, по числу сетевых связей. Таким образом IP-адрес характеризует не отдельный компьютер или маршрутизатор, а одно сетевое соединение.

- Символьный идентификатор-имя, например, SERV1.IBM.COM. Этот адрес назначается администратором и состоит из нескольких частей, например, имени машины, имени организации, имени домена. Такой адрес, называемый также DNS-именем, используется на прикладном уровне, например, в протоколах FTP или telnet.

### Три основных класса 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,  
10000000 00001010 00000010 00011110 - двоичная форма представления этого же адреса.

В таблице 4 представлена структура IP-адреса.

Табл.4. Структура IP-адреса.

Класс А	0	N сети	N узла
Класс В	1 0	N сети	N узла
Класс С	1 1 0	N сети	N узла
Класс D	1 1 1 0		адрес группы multicast
Класс E	1 1 1 1 0		зарезервирован

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 битов 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.) В сетях класса А количество узлов должно быть больше 216, но не превышать 224.

- Если первые два бита адреса равны 10, то сеть относится к классу В и является сетью средних размеров с числом узлов 28 - 216. В сетях класса В под адрес сети и под адрес узла отводится по 16 битов, то есть по 2 байта.

- Если адрес начинается с последовательности 110, то это сеть класса С с числом узлов не больше 28. Под адрес сети отводится 24 бита, а под адрес узла - 8 битов.

- 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 адрес класса Е, он зарезервирован для будущих применений.

В следующей таблице приведены диапазоны номеров сетей, соответствующих каждому классу сетей.

Табл.5. Диапазоны номеров в классах А-Е.

Класс	Наименьший адрес	Наибольший адрес
А	01.0.0.0	126.0.0.0
В	128.0.0.0	191.255.0.0
С	192.0.1.0	223.255.255.0
Д	224.0.0.0	239.255.255.255
Е	240.0.0.0	247.255.255.255

### **Отображение физических адресов на IP-адреса и обратно: протоколы ARP и RARP (Преобразование)**

В протоколе IP-адрес узла, то есть адрес компьютера или порта маршрутизатора, назначается произвольно администратором сети и прямо не связан с его локальным адресом. Подход, используемый в IP, удобно использовать в крупных сетях и по причине его независимости от формата локального адреса, и по причине стабильности, так как в противном случае, при смене на компьютере сетевого адаптера это изменение должны бы были учитывать все адресаты всемирной сети Internet (в том случае, конечно, если сеть подключена к Internet'у).

Локальный адрес используется в протоколе IP только в пределах локальной сети при обмене данными между маршрутизатором и узлом этой сети. Маршрутизатор, получив пакет для узла одной из сетей, непосредственно подключенных к его портам, должен для передачи пакета сформировать кадр в соответствии с требованиями принятой в этой сети технологии и указать в нем локальный адрес узла, например его MAC-адрес. В пришедшем пакете этот адрес не указан, поэтому перед маршрутизатором встает задача поиска его по известному IP-адресу, который указан в пакете в качестве адреса назначения. С аналогичной задачей сталкивается и конечный узел, когда он хочет отправить пакет в удаленную сеть через маршрутизатор, подключенный к той же локальной сети, что и данный узел.

Для определения локального адреса по IP-адресу используется протокол разрешения адреса ARP. Протокол ARP работает различным образом в зависимости от того, какой протокол

канального уровня работает в данной сети - протокол локальной сети (Ethernet, Token Ring, FDDI) с возможностью широковещательного доступа одновременно ко всем узлам сети, или же протокол глобальной сети (X.25, frame relay), как правило не поддерживающий широковещательный доступ. Существует также протокол, решающий обратную задачу - нахождение IP-адреса по известному локальному адресу. Он называется реверсивный ARP - RARP и используется при старте бездисковых станций, не знающих в начальный момент своего IP-адреса, но знающих адрес своего сетевого адаптера.

Теперь рассмотрим работу протокола ARP по определению, например, Ethernet-адреса по IP-адресу.

Преобразование адресов выполняется путем поиска в таблице. Эта таблица, называемая ARP-таблицей, хранится в памяти и содержит строки для каждого узла сети. В двух столбцах содержатся IP- и Ethernet-адреса. Если требуется преобразовать IP-адрес в Ethernet-адрес, то ищется запись с соответствующим IP-адресом. Ниже приведен пример упрощенной ARP-таблицы.

Табл.6. Пример ARP-таблицы.

IP-адрес	Ethernet-адрес
223.1.2.1	08:00:39:00:2F:C3
223.1.2.3	08:00:5A:21:A7:22
223.1.2.4	08:00:10:99:AC:54

Принято все байты 4-байтного IP-адреса записывать десятичными числами, разделенными точками. При записи 6-байтного Ethernet-адреса каждый байт указывается в 16-ричной системе и отделяется двоеточием.

ARP-таблица необходима потому, что IP-адреса и Ethernet-адреса выбираются независимо, и нет какого-либо алгоритма для преобразования одного в другой. IP-адрес выбирает менеджер сети с учетом положения машины в сети internet. Если машину перемещают в другую часть сети internet, то ее IP-адрес должен быть изменен. Ethernet-адрес выбирает производитель сетевого интерфейсного оборудования из выделенного для него по лицензии адресного пространства. Когда у машины заменяется плата сетевого адаптера, то меняется и ее Ethernet-адрес.

В ходе обычной работы сетевая программа, такая как TELNET, отправляет прикладное сообщение, пользуясь транспортными услугами TCP. Модуль TCP посылает соответствующее транспортное сообщение через модуль IP. В результате составляется IP-пакет, который должен быть передан драйверу Ethernet. IP-адрес места назначения известен прикладной программе, модулю TCP и модулю IP. Необходимо на его основе найти Ethernet-адрес места назначения. Для определения искомого Ethernet-адреса используется ARP-таблица.

В локальных сетях ARP-таблица заполняется автоматически модулем ARP, по мере необходимости. Когда с помощью существующей ARP-таблицы не удастся преобразовать IP-адрес, то происходит следующее:

1. По сети передается широковещательный ARP-запрос для поиска в сети узла с заданным IP-адресом.
2. Исходящий IP-пакет ставится в очередь.

Узел, которому нужно выполнить отображение IP-адреса на локальный адрес, формирует ARP-запрос, вкладывает его в кадр протокола канального уровня, указывая в нем известный IP-адрес, и рассылает запрос широковещательно. Все узлы локальной сети получают ARP-запрос и сравнивают указанный там IP-адрес с собственным. В случае их совпадения узел формирует ARP-ответ, в котором указывает свой IP-адрес и свой локальный адрес и отправляет его уже направленно, так как в ARP-запросе отправитель указывает свой локальный адрес. ARP-запросы и ответы используют один и тот же формат пакета. Так как локальные адреса могут в различных типах сетей иметь различную длину, то формат пакета протокола ARP зависит от типа сети. В таблице 7 представлен формат пакета протокола ARP для передачи по сети Ethernet.

Табл.7. Формат пакета протокола ARP.

0 8 16 31	Тип сети	Тип протокола
Длина локального адреса	Длина сетевого адреса	Операция
Локальный адрес отправителя (байты 0 - 3)		
Локальный адрес отправителя (байты 4 - 5)		IP-адрес отправителя (байты 0-1)
IP-адрес отправителя (байты 2-3)		Искомый локальный адрес (байты 0 - 1)
Искомый локальный адрес (байты 2-5)		
Искомый IP-адрес (байты 0 - 3)		

В поле типа сети для сетей Ethernet указывается значение 1. Поле типа протокола позволяет использовать пакеты ARP не только для протокола IP, но и для других сетевых протоколов. Для IP значение этого поля равно 080016.

Длина локального адреса для протокола Ethernet равна 6 байтам, а длина IP-адреса - 4 байтам. В поле операции для ARP-запросов указывается значение 1 для протокола ARP и 2 для протокола RARP.

Узел, отправляющий ARP-запрос, заполняет в пакете все поля, кроме поля искомого локального адреса (для RARP-запроса не указывается искомый IP-адрес). Значение этого поля заполняется узлом, опознавшим свой IP-адрес.

Итак, машина, сделавшая ARP-запрос, получает ARP-ответ. Драйвер этой машины проверяет поле типа в Ethernet-кадре и передает ARP-пакет модулю ARP. Модуль ARP анализирует ARP-пакет и добавляет запись в свою ARP-таблицу. Новая запись в ARP-таблице появляется автоматически, спустя несколько миллисекунд после того, как она потребовалась. Как вы помните, ранее на шаге 2 исходящий IP-пакет был поставлен в очередь. Теперь с использованием обновленной ARP-таблицы выполняется преобразование IP-адреса в Ethernet-адрес, после чего Ethernet-кадр передается по сети. Полностью порядок преобразования адресов выглядит так:

1. По сети передается широковещательный ARP-запрос.
2. Исходящий IP-пакет ставится в очередь.
3. Возвращается ARP-ответ, содержащий информацию о соответствии IP- и Ethernet-адресов. Эта информация заносится в ARP-таблицу.
4. Для преобразования IP-адреса в Ethernet-адрес у IP-пакета, поставленного в очередь, используется ARP-таблица.
5. Ethernet-кадр передается по сети Ethernet.

Короче говоря, если с помощью ARP-таблицы не удастся сразу осуществить преобразование адресов, то IP-пакет ставится в очередь, а необходимая для преобразования информация получается с помощью запросов и ответов протокола ARP, после чего IP-пакет передается по назначению.

Если в сети нет машины с искомым IP-адресом, то ARP-ответа не будет и не будет записи в ARP-таблице. Протокол IP будет уничтожать IP-пакеты, направляемые по этому адресу.

В глобальных сетях администратору сети чаще всего приходится вручную формировать ARP-таблицы, в которых он задает, например, соответствие IP-адреса адресу узла сети X.25, который имеет смысл локального адреса. В последнее время наметилась тенденция автоматизации работы протокола ARP и в глобальных сетях. Для этой цели среди всех маршрутизаторов, подключенных к какой-либо глобальной сети, выделяется специальный маршрутизатор, который ведет ARP-таблицу для всех остальных узлов и маршрутизаторов этой сети. При таком централизованном подходе для всех узлов и маршрутизаторов вручную нужно задать только IP-адрес и локальный адрес выделенного маршрутизатора. Затем каждый узел и маршрутизатор регистрирует свои адреса в выделенном маршрутизаторе, а при необходимости установления соответствия между IP-адресом и локальным адресом узел обращается к выделенному маршрутизатору с запросом и автоматически получает ответ без участия администратора.