DHCP (англ. Dynamic Host Configuration Protocol — протокол динамической конфигурации узла) — это сетевой протокол, позволяющий компьютерам автоматически получать IP-адрес и другие параметры, необходимые для работы в сети TCP/IP. Данный протокол работает по модели «клиент-сервер». Для автоматической конфигурации компьютер-клиент на этапе конфигурации сетевого устройства обращается к так называемому серверу DHCP, и получает от него нужные параметры. Сетевой администратор может задать диапазон адресов, распределяемых сервером среди компьютеров. Это позволяет избежать ручной настройки компьютеров сети и уменьшает количество ошибок. Протокол DHCP используется в большинстве крупных (и не очень) сетей TCP/IP.

Работа протокола DHCP базируется на классической схеме клиент-сервер. В роли клиентов выступают компьютеры сети, стремящиеся получить IP-адреса в так называемую аренду (lease), а DHCP-серверы выполняют функции диспетчеров, которые выдают адреса, контролируют их использование и сообщают клиентам требуемые параметры конфигурации. Сервер поддерживает пул свободных адресов и, кроме того, ведет собственную регистрационную базу данных. Взаимодействие DHCP-серверов со станциями-клиентами осуществляется путем обмена сообщениями.

Стандарт протокола DHCP был принят в октябре 1993 года. Действующая версия протокола (март 1997 года) описана в RFC 2131. Новая версия DHCP, предназначенная для использования в среде IPv6, носит название DHCPv6 и определена в RFC 3315 (июль 2003 года).

DHCP появился не на пустом месте - различные схемы управления IP-адресами в сетевой среде предлагались и раньше (см. врезку <Распределение IP-адресов...>). Однако эти схемы имеют по крайней мере один из двух недостатков - не допускают динамического назначения IP-адресов либо позволяют передавать от сервера на станцию-клиент лишь небольшое число параметров конфигурации.

При разработке протокола DHCP преследовалась цель устранить оба ограничения. Требовался механизм, который позволил бы ликвидировать стадию ручного конфигурирования компьютеров, поддерживал многосегментные сети, не требуя наличия DHCP-сервера в каждой подсети, не конфликтовал с существующими сетевыми протоколами и компьютерами, имеющими статичную конфигурацию, был способен взаимодействовать с ретранслирующими агентами протокола BOOTP и обслуживать BOOTP-клиентов, наконец, допускал управление передаваемыми параметрами конфигурации. BOOTP протокол, позволяющий бездисковым клиентам во время старта конфигурировать установки TCP/IP. Что касается более узких задач, то DHCP должен был обеспечивать уникальность сетевых адресов, используемых разными компьютерами сети в данный момент, сохранение прежней конфигурации клиентской станции после перезагрузки клиента или сервера, автоматическое присвоение параметров конфигурации вновь подключенным машинам.

Упомянутое выше требование поддержки базовых элементов протокола BOOTP возникло не случайно. DHCP разрабатывался как непосредственное расширение BOOTP и именно в таком качестве воспринимается BOOTP-клиентами. Этому обстоятельству в первую очередь способствует формат сообщений DHCP, во многом совпадающий с форматом, который применяется протоколом-предшественником и определен в документе RFC 951.

Сравнивая протоколы BOOTP и DHCP, нельзя не отметить появления в DHCP новых услуг. Во-первых, в этом протоколе предусмотрен механизм автоматической выдачи IP-адресов во временное пользование с возможностью их последующего присвоения новым клиентам. Во-вторых, клиент может получить от сервера все параметры конфигурации, которые ему необходимы для успешного функционирования в IP-сети.

Указанные отличия потребовали частичного расширения формата сообщений. Так, в нем появилось отдельное поле идентификатора клиента, сделана более прозрачной интерпретация адреса сервера (поле siaddr), переменный размер получило поле options, используемое, в частности, для передачи параметров конфигурации (его длина обычно находится в диапазоне 312-576 байт, хотя возможно и дополнительное расширение этого поля за счет полей sname и file).

В роли транспортного протокола для обмена DHCP-сообщениями выступает UDP. При отправке сообщения с клиента на сервер используется 67-й порт DHCP-сервера, при передаче в обратном направлении - 68-й. Эти номера портов, как и схожая структура сообщений, обеспечивают обратную совместимость DHCP с BOOTP. Конкретные процедуры взаимодействия клиентов и серверов BOOTP и DHCP регламентирует документ RFC 1542.

DHCP является расширением протокола BOOTP, использовавшегося ранее для обеспечения бездисковых рабочих станций IP-адресами при их загрузке. DHCP сохраняет обратную совместимость с BOOTP.

**Устройство протокола**

Протокол DHCP является клиент-серверным, то есть в его работе участвуют клиент DHCP и сервер DHCP. Передача данных производится при помощи протокола UDP, при этом сервер принимает сообщения от клиентов на порт 67 и отправляет сообщения клиентам на порт 68.

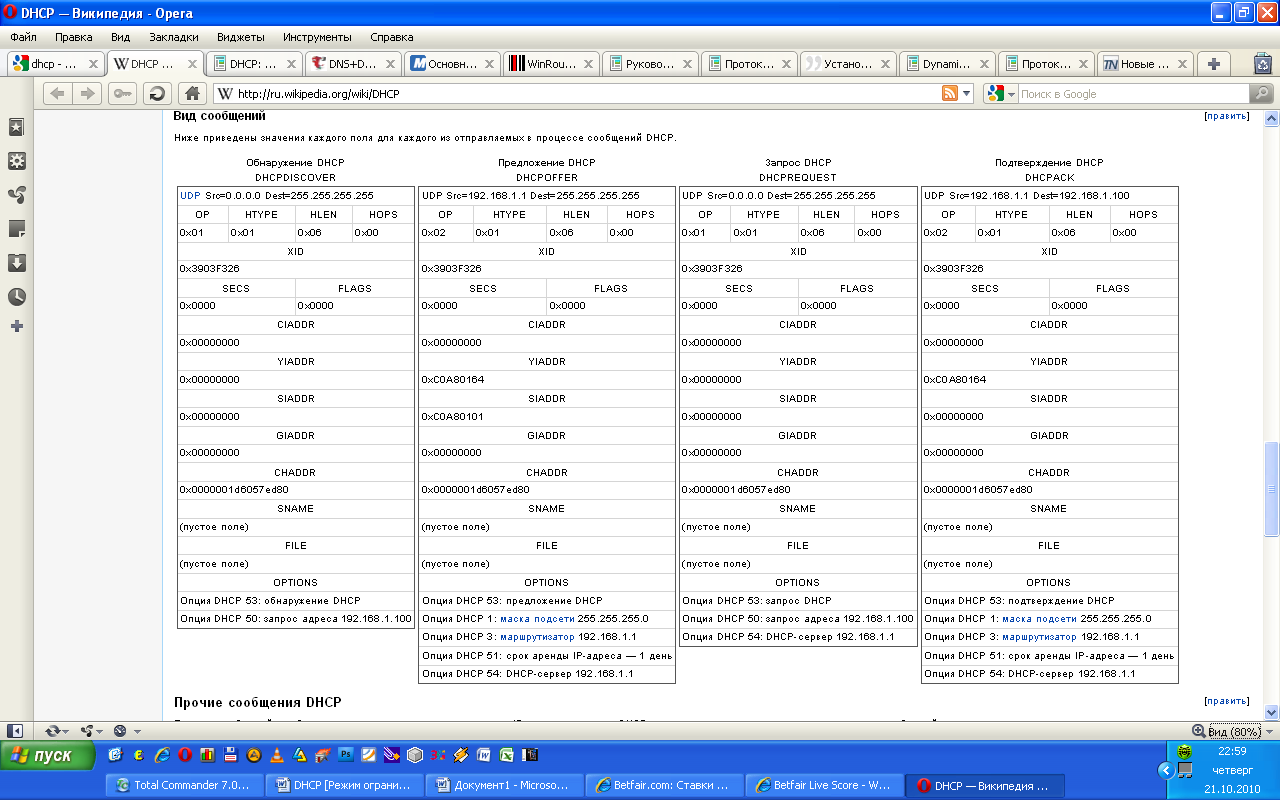
**Структура сообщений DHCP**

Все сообщения протокола DHCP разбиваются на поля, каждое из которых содержит определённую информацию. Все поля, кроме последнего (поля опций DHCP), имеют фиксированную длину.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Поле | Описание | Длина (в байтах) |
| op | Тип сообщения. Может принимать два значения: BOOTREQUEST (1, запрос от клиента к серверу) и BOOTREPLY (2, ответ от сервера к клиенту). | 1 |
| htype | Тип аппаратного адреса. Допустимые значения этого поля определены в RFC «Assigned Numbers». Например, для MAC-адреса Ethernet 10 Мбит/с это поле принимает значение 1. | 1 |
| hlen | Длина аппаратного адреса в байтах. Для MAC-адреса Ethernet — 6. | 1 |
| hops | Количество промежуточных маршрутизаторов (так называемых агентов ретрансляции DHCP), через которые прошло сообщение. Клиент устанавливает это поле в 0. | 1 |
| xid | Уникальный идентификатор транзакции, генерируемый клиентом в начале процесса получения адреса. | 4 |
| secs | Время в секундах с момента начала процесса получения адреса. Может не использоваться (в этом случае оно устанавливается в 0). | 2 |
| flags | Поле для флагов — специальных параметров протокола DHCP. | 2 |
| ciaddr | IP-адрес клиента. Заполняется только в том случае, если клиент уже имеет собственный IP-адрес и способен отвечать на запросы ARP (это возможно, если клиент выполняет процедуру обновления адреса по истечении срока аренды). | 4 |
| yiaddr | 'your' (client) IP address (RFC 2131) | 4 |
| siaddr | IP-адрес сервера. Возвращается в предложении DHCP (см. ниже). | 4 |
| giaddr | IP-адрес агента ретрансляции, если таковой участвовал в процессе доставки сообщения DHCP до сервера. | 4 |
| chaddr | Аппаратный адрес (обычно MAC-адрес) клиента. | 16 |
| sname | Необязательное имя сервера в виде нуль-терминированной строки. | 64 |
| file | Необязательное имя файла на сервере, используемое бездисковыми рабочими станциями при удалённой загрузке. Как и sname, представлено в виде нуль-терминированной строки. | 128 |
| options | Поле опций DHCP. Здесь указываются различные дополнительные параметры конфигурации. В начале этого поля указываются четыре особых байта со значениями 99, 130, 83, 99 («волшебные числа»), позволяющие серверу определить наличие этого поля. | переменная |

**Вид сообщений**

Отправляемых в процессе сообщений DHCP.Обнаружение DHCP



**Распределение IP-адресов**

Протокол DHCP поддерживает три механизма выделения адресов: автоматический, динамический и ручной.

Ручное распределение. При этом способе сетевой администратор сопоставляет аппаратному адресу (обычно MAC-адресу) каждого клиентского компьютера определённый IP-адрес. Фактически, данный способ распределения адресов отличается от ручной настройки каждого компьютера лишь тем, что сведения об адресах хранятся централизованно (на сервере DHCP), и потому их проще изменять при необходимости.

Автоматическое распределение. При данном способе каждому компьютеру на постоянное использование выделяется произвольный свободный IP-адрес из определённого администратором диапазона.

Динамическое распределение. Этот способ аналогичен автоматическому распределению, за исключением того, что адрес выдаётся компьютеру не на постоянное пользование, а на определённый срок. Это называется арендой адреса. По истечении срока аренды IP-адрес вновь считается свободным, и клиент обязан запросить новый (он, впрочем, может оказаться тем же самым).

Некоторые реализации службы DHCP способны автоматически обновлять записи DNS, соответствующие клиентским компьютерам, при выделении им новых адресов. Это производится при помощи протокола обновления DNS, описанного в RFC 2136.

Выдача адреса в аренду производится по запросу клиента. DHCP-сервер (или группа серверов) гарантирует, что выделенный адрес до истечения срока его аренды не будет выдан другому клиенту; при повторных обращениях сервер старается предложить клиенту адрес, которым тот пользовался ранее. Со своей стороны, клиент может запросить пролонгацию срока аренды адреса либо, наоборот, досрочно отказаться от него. Протоколом предусмотрена также выдача IP-адреса в неограниченное пользование. При острой нехватке адресов сервер может сократить срок аренды адреса по сравнению с запрошенным.

Выдача нового адреса. Последовательность событий в этом случае такова (рис. 2).

Рассмотрим пример процесса получения IP-адреса клиентом от сервера DHCP. Предположим, клиент ещё не имеет собственного IP-адреса, но ему известен его предыдущий адрес — 192.168.1.100.

1. Клиент посылает в собственную физическую подсеть широковещательное сообщение DHCPDISCOVER, в котором могут указываться устраивающие клиента IP-адрес и срок его аренды.

при этом в качестве IP-адреса источника указывается 0.0.0.0 (так как компьютер ещё не имеет собственного IP-адреса), а в качестве адреса назначения — широковещательный адрес 255.255.255.255.

Если в данной подсети DHCP-сервер отсутствует, сообщение будет передано в другие подсети ретранслирующими агентами протокола BOOTP (они же вернут клиенту ответные сообщения сервера).

Клиент заполняет несколько полей сообщения начальными значениями:

В поле xid помещается уникальный идентификатор транзакции, который позволяет отличать данный процесс получения IP-адреса от других, протекающих в то же время.

В поле chaddr помещается аппаратный адрес (MAC-адрес) клиента.

В поле опций указывается последний известный клиенту IP-адрес. В данном примере это 192.168.1.100. Это необязательно и может быть проигнорировано сервером.

2. Любой из DHCP-серверов может ответить на поступившее сообщение DHCPDISCOVER сообщением DHCPOFFER, включив в него доступный IP-адрес (yiaddr) и, если требуется, параметры конфигурации клиента. На этой стадии сервер не обязан резервировать указанный адрес. В принципе, он имеет право предложить его другому клиенту, также отправившему запрос DHCPDISCOVER. Тем не менее спецификации RFC 2131 рекомендуют серверу без необходимости не применять подобную тактику, а кроме того, убедиться (например, выдав эхо-запрос ICMP) в том, что предложенный адрес в текущий момент не используется каким-либо из компьютеров сети.

3. Клиент не обязан реагировать на первое же поступившее предложение. Допускается, чтобы он дождался откликов от нескольких серверов и, остановившись на одном из предложений, отправил в сеть широковещательное сообщение DHCPREQUEST. В нем содержатся идентификатор выбранного сервера и, возможно, желательные значения запрашиваемых параметров конфигурации.

Не исключено, что клиента не устроит ни одно из серверных предложений. Тогда вместо DHCPREQUEST он снова выдаст в сеть запрос DHCPDISCOVER, а серверы так и не узнают, что их предложения отклонены. Именно по этой причине сервер не обязан резервировать помещенный в DHCPOFFER адрес.

Если в процессе ожидания серверных откликов на DHCPDISCOVER достигнут тайм-аут, клиент выдает данное сообщение повторно.

4. Присутствующий в сообщении DHCPREQUEST идентификатор позволяет соответствующему DHCP-серверу убедиться в том, что клиент принял именно его предложение. В ответ сервер отправляет подтверждение DHCPACK, содержащее значения требуемых параметров конфигурации, и производит соответствующую запись в базу данных.

Если к моменту поступления сообщения DHCPREQUEST предложенный адрес уже <ушел> к другому клиенту (например, первая станция слишком долго <размышляла> над поступившими предложениями), сервер отвечает сообщением DHCPNACK.

5. Получив сообщение DHCPACK, клиент обязан убедиться в уникальности IP-адреса (средствами протокола ARP) и зафиксировать суммарный срок его аренды. Последний рассчитывается как время, прошедшее между отправкой сообщения DHCPREQUEST и приемом ответного сообщения DHCPACK, плюс срок аренды, указанный в DHCPACK.

Обнаружив, что адрес уже используется другой станцией, клиент обязан отправить серверу сообщение DHCPDECLINE и не ранее чем через 10 с начать всю процедуру снова. Процесс конфигурирования возобновляется и при получении серверного сообщения DHCPNACK.

При достижении тайм-аута в процессе ожидания серверных откликов на сообщение DHCPREQUEST клиент выдает его повторно.

6. Для досрочного прекращения аренды адреса клиент отправляет серверу сообщение DHCPRELEASE.

Приведенная последовательность действий заметно упрощается, если станция-клиент желает повторно работать с IP-адресом, который когда-то уже был ей выделен. В этом случае первым отправляемым сообщением является DHCPREQUEST, в котором клиент указывает прежде использовавшийся адрес. В ответ он может получить сообщение DHCPACK или DHCPNACK (если адрес занят либо клиентский запрос является некорректным, например из-за перемещения клиента в другую подсеть). Обязанность проверить уникальность IP-адреса опять-таки возлагается на клиента.

Выбор адреса DHCP-сервером. Если на момент получения запроса DHCPDISCOVER сервер не располагает свободными IP-адресами, он может направить уведомление о возникшей проблеме администратору. В противном случае при выборе адреса обычно применяется следующий алгоритм. Клиенту выделяется адрес, записанный за ним в данный момент. Если это невозможно, сервер предложит адрес, которым пользовался клиент до окончания срока последней аренды (при условии, что данный адрес свободен), либо адрес, запрошенный самим клиентом при помощи соответствующей опции (опять же, если адрес не занят). Наконец, в том случае, когда все предыдущие варианты не проходят, новый адрес выбирается из пула доступных адресов с учетом подсети, из которой поступил клиентский запрос.

Заметим, что исходя из определенной сетевым администратором политики сервер может выдать клиенту адрес, отличающийся от запрошенного (даже при доступности последнего), вообще отказать в предоставлении адреса или предложить адрес, относящийся к другой подсети. Более того, DHCP-сервер вообще не обязан реагировать на каждый поступивший запрос DHCPDISCOVER. Это предоставляет администратору возможность контролировать доступ к сети, например разрешив серверу отвечать только тем клиентам, которые предварительно зарегистрировались с помощью специальной процедуры.

**Истечение срока аренды.** По мере того как срок аренды подходит к концу, клиент может завершить работу с данным адресом, отправив на DHCP-сервер сообщение DHCPRELEASE, либо заблаговременно запросить продление срока аренды. В первом случае возвращение в сеть потребует выполнения всей процедуры инициализации заново. Во втором - станция продолжит функционировать в сети без видимого замедления работы пользовательских приложений.

При пролонгировании аренды клиент проходит два состояния - обновления адреса (RENEWING) и обновления конфигурации (REBINDING). Первое наступает примерно на половине срока аренды адреса (так называемый момент T1), второе - по истечении приблизительно 7/8 полного времени аренды (момент T2); для рассинхронизации процессов реконфигурирования разных клиентов значения этих временных меток рандомизируются с помощью случайной добавки.

В момент T1 клиент оправляет DHCP-серверу, выдавшему адрес, сообщение DHCPREQUEST с просьбой продлить срок аренды. Получив положительный ответ (DHCPACK), клиент пересчитывает срок аренды и продолжает работу в обычном режиме. Клиент ожидает прихода ответа от сервера в течение (T2 - t)/2 с (при условии, что это значение не меньше 60 с), где t - время отсылки последнего сообщения DHCPREQUEST, после чего отправляет данное сообщение повторно.

Если ответ от сервера не поступил к моменту T2, клиент переходит в состояние REBINDING и передает уже широковещательное сообщение DHCPREQUEST со своим текущим сетевым адресом. В этом случае моменты повторных выдач запросов DHCPREQUEST рассчитываются аналогично предыдущему случаю, только вместо T2 фигурирует время окончания срока аренды.

Не исключено, однако, что ответ DHCPACK не придет до окончания срока аренды. Тогда клиент обязан немедленно прекратить выполнение любых сетевых операций и заново начать процесс инициализации. Если запоздавший ответ DHCPACK все-таки поступит, клиенту рекомендуется сразу же возобновить работу под прежним адресом.

**Параметры конфигурации**

Хранение параметров сетевой конфигурации станций-клиентов является второй услугой, предоставляемой DHCP-сервером. В создаваемой базе данных на каждого клиента заводится отдельная запись с уникальным ключом-идентификатором и строкой конфигурационных параметров.

Роль идентификатора может играть пара <номер подсети IP, аппаратный адрес>, которая позволит использовать аппаратный адрес сразу в нескольких подсетях, либо пара <номер подсети IP, имя хост-компьютера>, позволяющая серверу взаимодействовать с клиентом, перемещенным в другую подсеть.

Что касается собственно параметров конфигурации, то их набор, поддерживаемый протоколом DHCP, определен в спецификациях RFC 1122, 1123, 1196 и 1256. В него входят выданный адрес, срок его аренды, назначавшиеся ранее адреса, а также максимальный размер реассемблируемого пакета, перечень фильтров для нелокальной маршрутизации от источника, адрес, используемый в широковещательных пакетах, параметры статических маршрутов и т.д. Впрочем, из всей совокупности допустимых параметров (а их более 30) в процессе инициализации могут передаваться только те, которые действительно необходимы для работы клиента либо определяются спецификой конкретной подсети.

Редукция объема передаваемых сведений о конфигурации достигается двумя способами. Во-первых, для большей части параметров в упомянутых выше документах RFC определены значения, принимаемые по умолчанию. Клиент будет использовать их, если в сообщении, поступившем от сервера, какие-то параметры опущены. Во-вторых, отправляя сообщение DHCPDISCOVER или DHCPREQUEST, клиентская станция может явно указать в нем параметры, значения которых она хотела бы получить.

Очевидно, что в обоих случаях передача параметров конфигурации осуществляется в ходе основной процедуры выделения IP-адреса. Возможен, однако, случай, когда клиент уже имеет IP-адрес (например, он был задан вручную). Тогда он может выдать сообщение DHCPINFORM\*, содержащее уже имеющийся адрес и запрос об отдельных параметрах конфигурации. Получив это сообщение, DHCP-сервер проверяет правильность адреса клиента (но не наличие аренды) и направляет ему сообщение DHCPACK с требуемыми параметрами конфигурации.

Отметим одно логическое противоречие, с которым связано применение протокола DHCP. Алгоритм выделения IP-адреса компьютеру сети предполагает, что установленное на нем программное обеспечение TCP/IP в состоянии воспринимать адресованные ему посредством <аппаратного> адреса IP-пакеты и транслировать их на IP-уровень еще до того, как станция получит свой IP-адрес, а сами средства TCP/IP будут полностью сконфигурированы. Такая возможность, очевидно, существует не всегда. Для работы с клиентами, не способными корректно обрабатывать одноадресные IP-дейтаграммы, используется поле flags. Такие клиенты должны установить первый бит данного поля в единичное значение, тем самым указав серверу на необходимость отправки в соответствующую подсеть только широковещательных сообщений.

**Недостатки DHCP**

Освобождая сетевых администраторов от множества рутинных операций, DHCP оставляет нерешенными ряд проблем, которые рано или поздно могут возникнуть в реальной сетевой среде.

К недостаткам этого протокола прежде всего следует отнести крайне низкий уровень информационной безопасности, что обусловлено непосредственным использованием протоколов UDP и IP. В настоящее время не существует практически никакой защиты от появления в сети несанкционированных DHCP-серверов, способных рассылать клиентам ошибочную или потенциально опасную информацию - некорректные или уже задействованные IP-адреса, неверные сведения о маршрутизации и т.д. И наоборот, клиенты, запущенные с неблаговидными целями, могут извлекать конфигурационные сведения, предназначенные для <законных> компьютеров сети, и тем самым оттягивать на себя значительную часть имеющихся ресурсов. Понятно, что возможности административного ограничения доступа, о которых говорилось выше, не способны закрыть эту брешь в системе информационной безопасности.

По мнению некоторых экспертов, в настоящее время DHCP недостаточно отказоустойчив. Протоколу явно недостает механизма активного уведомления клиентов об экстремальных ситуациях (например, о систематической нехватке адресов) и серверного подтверждения об освобождении адреса, иногда в сети наблюдаются всплески числа запросов на повторное использование адресов и т.д. Впрочем, работа над протоколом еще не завершена, и не исключено, что некоторые недостатки будут устранены в последующих редакциях.

**Опции DHCP**

Помимо IP-адреса, DHCP также может сообщать клиенту дополнительные параметры, необходимые для нормальной работы в сети. Эти параметры называются опциями DHCP. Список стандартных опций можно найти в RFC 2132.

Некоторыми из наиболее часто используемых опций являются:

IP-адрес маршрутизатора по умолчанию;

маска подсети;

адреса серверов DNS;

имя домена DNS.

Некоторые поставщики программного обеспечения могут определять собственные, дополнительные опции DHCP.

**Информация DHCP**

Сообщение информации DHCP (DHCPINFORM) предназначено для определения дополнительных параметров TCP/IP (например, адреса маршрутизатора по умолчанию, DNS-серверов и т. п.) теми клиентами, которым не нужен динамический IP-адрес (то есть адрес которых настроен вручную). Серверы отвечают на такой запрос сообщением подтверждения (DHCPACK) без выделения IP-адреса.

**Реализации**

Компания Microsoft впервые включила сервер DHCP в поставку серверной версии Windows NT 3.5, выпущенной в 1994 году. Начиная с Windows 2000 Server реализация DHCP-сервера от Microsoft позволяет динамически обновлять записи DNS, что используется в Active Directory.

Internet Systems Consortium выпустил первую версию ISC DHCP Server (для Unix-подобных систем) 6 декабря 1997 года. 22 июня 1999 года вышла версия 2.0, более точно соответствующая стандарту.

Компания Cisco включила сервер DHCP в Cisco IOS 12.0 в феврале 1999 года. Sun добавила DHCP-сервер в Solaris 8 в июле 2001 года.

Тем не менее, как частенько бывает в сетевой индустрии, механизмы DHCP уже реализованы в продуктах ряда производителей. К счастью, любые изменения в алгоритмах его работы легко учесть на программном уровне, так что, приобретая серверное или клиентское программное обеспечение определенной компании, можно не опасаться заточения в неприступную крепость патентованных решений. Скорее, следует обратить внимание на то, насколько удачно конкретная реализация DHCP вписывается в имеющуюся вычислительную среду и взаимодействует с другими сетевыми службами, в частности с DNS. Публикуемые в этом номере результаты сравнительных испытаний DNS- и DHCP-серверов (см. статью <Игра в имена>) способны стать неплохим подспорьем для пользователя.

**Распределение IP-адресов: возможны варианты**

BOOTP, DRARP, TFTP, ICMP, NIP - вероятно, это еще не полный перечень протоколов, в той или иной мере претендующих на решение задачи управления IP-адресами и конфигурацией в сетевой среде. Не исключено, что после стандартизации DHCP довольно быстро вытеснит их со сцены, однако на сегодняшний день многие из названных протоколов нередко упоминаются в литературе и используются в готовых продуктах.

Подобно DHCP, протокол Bootstrap Protocol (BOOTP) сегодня также имеет статус предварительного стандарта и рекомендован к применению консорциумом IETF. Именно его следует считать непосредственным предшественником DHCP. Появившиеся в 1993 г. дополнения расширили перечень конфигурационных параметров, охватываемых протоколом BOOTP. Более того, к настоящему времени даже предложена модификация BOOTP, поддерживающая динамическое назначение IP-адресов.

Протокол Reverse Address Resolution Protocol (RARP), впервые описанный в июне 1984 г. (RFC 903), используется компанией Sun Microsystems и рядом других производителей, в частности, для запуска бездисковых рабочих станций. Основной принцип его работы сводится к тому, что клиент должен самостоятельно отыскать свой IP-адрес, а не принять адрес, выделенный сервером. Сравнительно недавно появился динамический вариант этого протокола (Dynamic RARP, DRARP), реализующий алгоритм автоматического присвоения IP-адресов. Стоит отметить, что изначальный вариант RARP не поддерживает передачу клиенту каких-либо параметров конфигурации (кроме IP-адреса), в том числе применяемых при маршрутизации. В результате один сервер RARP способен обслуживать только одну локальную сеть.

Упрощенный вариант FTP - протокол Trivial File Transfer Protocol (TFTP) - увидел свет около 20 лет назад, его вторая версия описана в документе RFC 783. Фактически TFTP предоставляет транспортный механизм для передачи с сервера загрузочного образа клиентской системы.

Протокол Internet Control Message Protocol (ICMP) сегодня также можно отнести к поколению ветеранов Всемирной сети. Он позволяет информировать компьютеры о наличии в сети дополнительных маршрутизаторов (имеется специальный механизм для обнаружения этих устройств), предусматривает специальные типы сообщений для передачи маски подсети и других служебных сведений.

Наконец, протокол Network Information Protocol (NIP) был разработан в конце 80-х гг. сотрудниками Массачусетского технологического института в качестве распределенного механизма для динамического присвоения IP-адресов в сетях Ethernet.

Отметим еще спецификации RFC 1122 и 1123, которые используются рядом протоколов (в том числе DHCP). Они содержат требования к процедуре изменения конфигурации компьютеров сети и, кроме того, предлагают сценарий первоначального конфигурирования бездисковых станций.