

Адресация узлов сети

1. Требования к схеме адресации узлов в сети.

К адресу узла сети и схеме его назначения можно предъявить несколько требований:

- адрес должен уникально идентифицировать компьютер в сети любого масштаба;
- схема назначения адресов должна сводить к минимуму ручной труд администратора и вероятность дублирования адресов;
- адрес должен иметь иерархическую структуру, удобную для построения больших сетей. Эту проблему хорошо иллюстрируют международные почтовые адреса, которые позволяют почтовой службе, организующей доставку писем между странами, пользоваться только названием страны адресата и не учитывать название его города, а тем более улицы. В больших сетях, состоящих из многих тысяч узлов, отсутствие иерархии адреса может привести к большим издержкам – конечным узлам и коммуникационному оборудованию придется оперировать с таблицами адресов, состоящими из тысяч записей;
- адрес должен быть удобен для пользователей сети, а это значит, что он должен иметь символьное представление например, Servers или www.academy.lv;
- адрес должен иметь по возможности компактное представление, чтобы не перегружать память коммуникационной аппаратуры – сетевых адаптеров, маршрутизаторов и т. п.

Нетрудно заметить, что эти требования противоречивы – например, адрес, имеющий иерархическую структуру, скорее всего, будет менее компактным, чем неиерархический (такой адрес часто называют «плоскими, то есть не имеющим структуры»). Символьный же адрес потребует больше памяти, чем адрес-число.

Так как все перечисленные требования трудно совместить в рамках какой-либо одной схемы адресации, то на практике обычно используется сразу несколько схем, так что компьютер одновременно имеет несколько адресов-имен. Каждый адрес используется в той ситуации, когда соответствующий вид адресации наиболее удобен. А чтобы не возникало путаницы, и компьютер всегда однозначно определялся своим адресом, используются специальные вспомогательные протоколы, которые по адресу одного типа могут определить адреса других типов.

2. Схемы адресации узлов и служба разрешения имен.

Наибольшее распространение получили три схемы адресации узлов:

2.1. Аппаратные (hardware) адреса.

Эти адреса предназначены для сети небольшого или среднего размера, поэтому они не имеют иерархической структуры. Типичным представителем адреса такого типа является адрес сетевого адаптера локальной сети. Такой адрес обычно используется только аппаратурой, поэтому его стараются сделать по возможности компактным и записывают в виде двоичного или шестнадцатеричного значения, например 0081005e24a8. При задании аппаратных адресов обычно не требуется выполнение ручной работы, так как они либо встраиваются в аппаратуру компанией-изготовителем, либо генерируются автоматически при каждом новом запуске оборудования, причем уникальность адреса в пределах сети обеспечивает оборудование. Помимо отсутствия иерархии, использование аппаратных адресов связано еще с одним недостатком – при замене аппаратуры, например, сетевого адаптера, изменяется и адрес компьютера. Более того, при установке нескольких сетевых адаптеров у компьютера появляется несколько адресов, что не очень удобно для пользователей сети;

2.2. Символьные адреса или имена.

Эти адреса предназначены для запоминания людьми и поэтому обычно несут смысловую нагрузку. Символьные адреса легко использовать как в небольших, так и в крупных сетях. Для работы в больших сетях символьное имя может иметь сложную иерархическую структуру, например ftp-arch1.ucl.ac.uk. Этот адрес говорит о том, что данный компьютер поддерживает ftp-архив в сети одного из колледжей Лондонского университета (University College London – ucl) и эта сеть относится к академической ветви (ac) Internet Великобритании (United Kingdom – uk). При работе в пределах сети Лондонского университета такое длинное символьное имя явно избыточно и вместо него удобно пользоваться кратким символьным именем, на роль которого хорошо подходит самая младшая составляющего полного имени, то есть имя ftp-arch 1.

2.3. Числовые составные адреса.

Символьные имена удобны для людей, но из-за переменного формата и потенциально большой длины их передача по сети не очень экономична. Поэтому во многих случаях для работы в больших сетях в качестве адресов узлов используют числовые составные адреса фиксированного и компактного форматов. Типичными представителями адресов этого типа являются IP- и IPX-адреса. В них поддерживается двухуровневая иерархия, адрес делится на старшую часть – номер сети и младшую – номер узла. Такое деление позволяет передавать сообщения между сетями только на основании номера сети, а номер узла используется только после доставки сообщения в нужную сеть; точно так же, как название улицы используется почтальоном только после того, как письмо доставлено в нужный город.

В последнее время, чтобы сделать маршрутизацию в крупных сетях более эффективной, предлагаются более сложные варианты числовой адресации, в соответствии с которыми адрес имеет три и более составляющих. Такой подход, в частности, реализован в новой версии протокола IPv6, предназначенного для работы в сети Internet. В современных сетях для адресации узлов применяются, как правило, одновременно все три приведенные выше схемы. Пользователи адресуют компьютеры символьными именами, которые автоматически заменяются в сообщениях, передаваемых по сети, на числовые номера. С помощью этих числовых номеров сообщения передаются из одной сети в другую, а после доставки сообщения в сеть назначения вместо числового номера используется аппаратный адрес компьютера. Сегодня такая схема характерна даже для небольших автономных сетей, где, казалось бы, она явно избыточна – это делается для того, чтобы при включении этой сети в большую сеть не нужно было менять состав операционной системы.

2.4. Поиск соответствия между адресами различных типов.

Проблема установления соответствия между адресами различных типов, которой занимается служба разрешения имен, может решаться как полностью централизованными, так и распределенными средствами. В случае централизованного подхода в сети выделяется один компьютер (сервер имен), в котором хранится таблица соответствия друг другу имен различных типов, например символьных имен и числовых номеров. Все остальные компьютеры обращаются к серверу имен, чтобы по символьному имени найти числовой номер компьютера, с которым необходимо обменяться данными.

При другом, распределенном подходе, каждый компьютер сам решает задачу установления соответствия между именами. Например, если пользователь указал для узла назначения числовой номер, то перед началом передачи данных компьютер-отправитель посылает всем компьютерам сети сообщение (такое сообщение называется широковещательным) с просьбой опознать это числовое имя. Все компьютеры, получив это сообщение, сравнивают заданный номер со своим собственным. Тот компьютер, у которого обнаружилось совпадение, посылает ответ, содержащий его аппаратный адрес, после чего становится возможным отправка сообщений по локальной сети.

Распределенный подход хорош тем, что не предполагает выделения специального компьютера, который к тому же часто требует ручного задания таблицы соответствия имен. Недостатком распределенного подхода является необходимость широковещательных сообщений – такие сообщения перегружают сеть, так как они требуют обязательной обработки всеми узлами, а не только узлом назначения. Поэтому распределенный подход используется только в небольших локальных сетях. В крупных сетях распространение широковещательных сообщений по всем ее сегментам становится практически нереальным, поэтому для них характерен централизованный подход. Наиболее известной службой централизованного разрешения адресов является система доменных имён (Domain Name System, DNS) сети Интернет.

3. Принципы адресации узлов сети.

Рассмотрим принципы адресации узлов сети, точнее, адресации их сетевых интерфейсов.

Один компьютер может иметь несколько сетевых интерфейсов. Например, для создания полностью связной структуры из N компьютеров необходимо, чтобы у каждого из них имелся, N - 1 интерфейс.

Классификация адресов.

По количеству адресуемых интерфейсов адреса можно классифицировать следующим образом:

- уникальный адрес (unicast) используется для идентификации отдельных интерфейсов;
- групповой адрес (multicast) идентифицирует сразу несколько интерфейсов, поэтому данные, помеченные групповым адресом, доставляются каждому из узлов, входящих в группу;
- данные, направленные по широковещательному адресу (broadcast), должны быть доставлены всем узлам сети;
- адрес произвольной рассылки (anycast), определенный в новой версии протокола IPv6, так же, как и групповой адрес, задает группу адресов, однако данные, посланные по этому адресу, должны быть доставлены не всем адресам данной группы, а любому из них.

Адресное пространство

Множество всех адресов, которые являются допустимыми в рамках некоторой схемы адресации, называется адресным пространством.

Адресное пространство может иметь

- плоскую (линейную) организацию (рис. 1),
- иерархическую организацию (рис. 2).

При плоской организации множество адресов никак не структурировано.

Примером плоского числового адреса является MAC-адрес, предназначенный для однозначной идентификации сетевых интерфейсов в локальных сетях. Такой адрес обычно используется только аппаратурой, поэтому его стараются сделать по возможности компактным и записывают в виде двоичного или шестнадцатеричного числа, например 0081005e24a8.

При задании MAC-адресов не требуется выполнение ручной работы, так как они обычно встраиваются в аппаратуру компанией-изготовителем, поэтому их называют

также аппаратными адресами (hardware address).

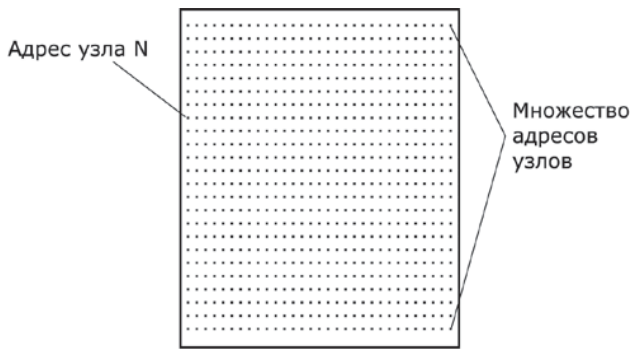


Рис. 1. Плоская организация адресного пространства

Использование плоских адресов является жестким решением – при замене аппаратуры, например сетевого адаптера, изменяется и адрес сетевого интерфейса компьютера.

При иерархической организации адресное пространство структурируется в виде вложенных друг в друга подгрупп, которые, последовательно сужая адресуемую область, в конце концов, определяют отдельный сетевой интерфейс.

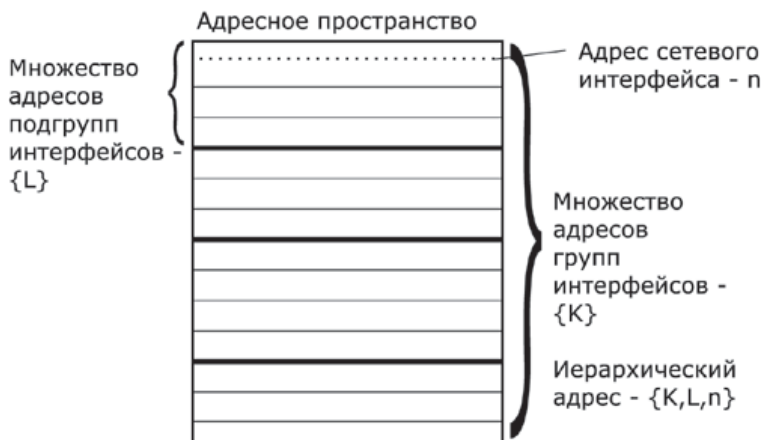


Рис. 2. Иерархическая организация адресного пространства

В показанной на рис. 2 трехуровневой структуре адресного пространства адрес конечного узла задается тремя составляющими: идентификатором группы (K), в которую входит данный узел, идентификатором подгруппы (L) и, наконец, идентификатором узла (n), однозначно определяющим его в подгруппе.

Иерархическая адресация во многих случаях оказывается более рациональной, чем плоская.

В больших сетях, состоящих из многих тысяч узлов, использование плоских адресов приводит к большим издержкам – конечным узлам и коммуникационному оборудованию приходится оперировать таблицами адресов, состоящими из тысяч

записей. В противоположность этому иерархическая система адресации позволяет при перемещении данных до определенного момента пользоваться только старшей составляющей адреса (например, идентификатором группы K), затем для дальнейшей локализации адресата задействовать следующую по старшинству часть (L) и в конечном счете – младшую часть (n).

Типичными представителями иерархических числовых адресов являются сетевые IP и IPX-адреса. В них поддерживается двухуровневая иерархия, адрес делится на старшую часть – номер сети и младшую – номер узла. Такое деление позволяет передавать сообщения между сетями только на основании номера сети, а номер узла требуется уже после доставки сообщения в нужную сеть; точно так же, как название улицы используется почтальоном только после того, как письмо доставлено в нужный город.

На практике обычно применяют сразу несколько схем адресации, так что сетевой интерфейс компьютера может одновременно иметь несколько адресов-имен. Каждый адрес задействуется в той ситуации, когда соответствующий вид адресации наиболее удобен. А для преобразования адресов из одного вида в другой используются специальные вспомогательные протоколы, которые называют протоколами разрешения адресов.

Пользователи адресуют компьютеры иерархическими символьными именами, которые автоматически заменяются в сообщениях, передаваемых по сети, иерархическими числовыми адресами. С помощью этих числовых адресов сообщения доставляются из одной сети в другую, а после доставки сообщения в сеть назначения вместо иерархического числового адреса используется плоский аппаратный адрес компьютера.

Проблема установления соответствия между адресами различных типов может решаться как централизованными, так и распределенными средствами.

При централизованном подходе в сети выделяется один или несколько компьютеров (серверов имен), в которых хранится таблица соответствия имен различных типов, например символьных имен и числовых адресов. Все остальные компьютеры обращаются к серверу имен с запросами, чтобы по символьному имени найти числовой номер необходимого компьютера.

При распределенном подходе каждый компьютер сам хранит все назначенные ему адреса разного типа. Тогда компьютер, которому необходимо определить по известному иерархическому числовому адресу некоторого компьютера его плоский аппаратный адрес, посылает в сеть широковещательный запрос. Все компьютеры сети сравнивают содержащийся в запросе адрес с собственным. Тот компьютер, у которого обнаружилось совпадение, посылает ответ, содержащий искомый аппаратный адрес.

Такая схема использована в протоколе разрешения адресов (Address Resolution Protocol, ARP) стека TCP/IP.

Достоинство распределенного подхода состоит в том, что он позволяет

отказаться от выделения специального компьютера в качестве сервера имен, который, к тому же, часто требует ручного задания таблицы соответствия адресов.

Недостатком распределенного подхода является необходимость широковещательных сообщений, перегружающих сеть. Именно поэтому распределенный подход используется в небольших сетях, а централизованный – в больших.

До сих пор мы говорили об адресах сетевых интерфейсов, компьютеров и коммуникационных устройств, однако конечной целью данных, пересылаемых по сети, являются не сетевые интерфейсы или компьютеры, а выполняемые на этих устройствах программы – процессы. Поэтому в адресе назначения наряду с информацией, идентифицирующей интерфейс устройства, должен указываться адрес процесса, которому предназначены посылаемые по сети данные.

Очевидно, что в этом случае достаточно обеспечить уникальность адреса процесса в пределах компьютера.

Примером адресов процессов являются номера портов TCP и UDP, используемые в стеке TCP/IP.