

<http://kunegin.com/ref3/tcp/vvedenie.htm>

Стек протоколов ТСР/ІР включает в себя четыре уровня:

- Так как стек TCP/IP был разработан до появления модели взаимодействия открытых систем OSI, то, хотя он также имеет многоуровневую структуру, соответствие уровней стека TCP/IP уровням модели OSI достаточно условно (табл.2).

Табл.2. Соответствие уровней стека TCP/IP и модели OSI.

7	WWW, Gopher, WAIS	SNMP	FTP	Telnet	TFTP	SMTP	I
6							
5	TCP			UDP			II
4							
3	IP	ICMP	RIP	OSPF		ARP	III
2	не регламентируется: Ethernet, Gigabit Ethernet, Token Ring, PPP, FDDI, X.25, SLIP, frame relay ...						IV
1							
уровни OSI							уровни TCP/IP

Единицы данных протоколов стека TCP/IP

Каждый коммуникационный протокол оперирует с некоторой единицей передаваемых данных. Названия этих единиц иногда закрепляются стандартом, но чаще просто определяются традицией. В стеке TCP/IP за многие годы его эксплуатации образовалась устоявшаяся терминология в этой области (табл.3).

Табл.3. Единицы данных в стеке TCP/IP.

I	ПРИКЛАДНЫЕ ПРОТОКОЛЫ (поток)	
II	UDP (дейтаграмма)	TCP (сегмент)
III	IP (пакет или IP-дейтаграмма)	
IV	СЕТЕВЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ (кадр(фрейм))	

Потоком называют данные, поступающие от приложений на вход транспортного уровня TCP или UDP.

Протокол TCP нарезает из потока сегменты.

Единицу данных протокола UDP часто называют дейтаграммой (или датаграммой). Дейтаграмма - это общее название для единиц данных, которыми оперируют протоколы без установления соединений. К таким протоколам относится и протокол межсетевого взаимодействия IP.

Дейтаграмму протокола IP называют также пакетом.

В стеке TCP/IP принято называть кадрами (фреймами) единицы данных протоколов, на основе которых IP-пакеты переносятся через подсети составной сети. При этом не имеет значения, какое название используется для этой единицы данных в локальной технологии.

Структура связей протокольных модулей

Рассмотрим потоки данных, проходящие через стек. В случае использования протокола TCP, данные передаются между прикладным процессом и модулем TCP. Типичным прикладным процессом, использующим протокол TCP, является модуль FTP. Стек протоколов в этом случае будет FTP/TCP/IP/Ethernet. При использовании протокола UDP, данные передаются между прикладным процессом и модулем UDP. Например, SNMP пользуется транспортными услугами UDP. Его стек протоколов выглядит так: SNMP/UDP/IP/Ethernet.

Модули TCP, UDP и драйвер Ethernet являются мультиплексорами $n \times 1$. Действуя как мультиплексоры, они переключают несколько входов на один выход. Они также являются демultipлексорами $1 \times n$. Как демultipлексоры, они переключают один вход на один из многих выходов в соответствии с полем типа в заголовке протокольного блока данных. Другими словами, происходит следующее:

1. Когда Ethernet-кадр попадает в драйвер сетевого интерфейса Ethernet, он может быть направлен либо в модуль ARP, либо в модуль IP. На то, куда должен быть направлен Ethernet-кадр, указывает значение поля типа в заголовке кадра.
2. Если IP-пакет попадает в модуль IP, то содержащиеся в нем данные могут быть переданы либо модулю TCP, либо UDP, что определяется полем "протокол" в заголовке IP-пакета.

3. Если UDP-датаграмма попадает в модуль UDP, то на основании значения поля "порт" в заголовке датаграммы определяется прикладная программа, которой должно быть передано прикладное сообщение.
4. Если TCP-сообщение попадает в модуль TCP, то выбор прикладной программы, которой должно быть передано сообщение, осуществляется на основе значения поля "порт" в заголовке TCP-сообщения.

Мультиплексирование данных в обратную сторону осуществляется довольно просто, так как из каждого модуля существует только один путь вниз. Каждый протокольный модуль добавляет к пакету свой заголовок, на основании которого машина, принявшая пакет, выполняет демultipлексирование.

Схема взаимозависимости протоколов семейства TCP/IP

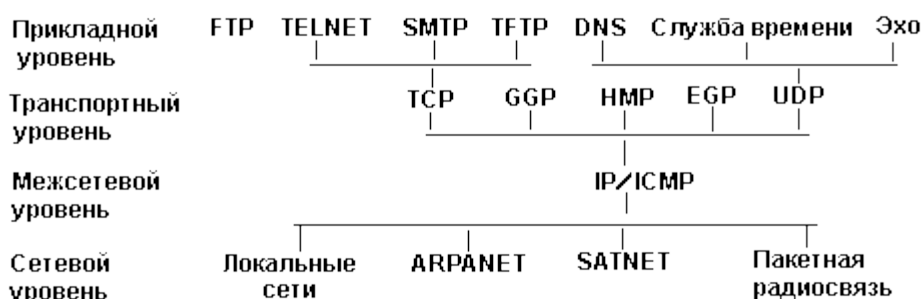


Рис.1. Структура взаимосвязей протоколов семейства TCP/IP

Адресация в IP-сетях

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

B	128.0.0.0	191.255.0.0
C	192.0.1.0	223.255.255.0
D	224.0.0.0	239.255.255.255
E	240.0.0.0	247.255.255.255

Соглашения о специальных адресах: broadcast, multicast, loopback

В протоколе IP существует несколько соглашений об особой интерпретации некоторых IP-адресов:

- если IP-адрес состоит только из двоичных нулей,

0 0 0 0 0

- то он обозначает адрес того узла, который сгенерировал этот пакет;
- если в поле номера сети стоят 0,

0 0 0 0 0	Номер узла
-----------------	------------

- то по умолчанию считается, что этот узел принадлежит той же самой сети, что и узел, который отправил пакет;
- если все двоичные разряды IP-адреса равны 1,

1 1 1 1 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 адреса назначения стоят сплошные 1,

Номер сети	1 1 1 1 1
------------	-----------------

- то пакет, имеющий такой адрес рассылается всем узлам сети с заданным номером. Такая рассылка называется широковещательным сообщением (*broadcast*);
- адрес 127.0.0.1 зарезервирован для организации обратной связи при тестировании работы программного обеспечения узла без реальной отправки пакета по сети. Этот адрес имеет название *loopback*.

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. Такие сообщения в отличие от широковещательных называются

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

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 интерсети - 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.

Отображение физических адресов на IP-адреса и обратно: протоколы ARP и RARP

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.

Отображение символьных адресов на IP-адреса: служба DNS

DNS (Domain Name System) - это распределенная база данных, поддерживающая иерархическую систему имен для идентификации узлов в сети Internet. Служба DNS предназначена для автоматического поиска IP-адреса по известному символьному имени узла. DNS требует статической конфигурации своих таблиц, отображающих имена компьютеров в IP-адрес.

Протокол DNS является служебным протоколом прикладного уровня. Этот протокол несимметричен - в нем определены DNS-серверы и DNS-клиенты. DNS-серверы хранят часть распределенной базы данных о соответствии символьных имен и IP-адресов. Эта база данных распределена по административным доменам сети Internet. Клиенты сервера DNS знают IP-адрес сервера DNS своего административного домена и по протоколу IP передают запрос, в котором сообщают известное символьное имя и просят вернуть соответствующий ему IP-адрес.

Если данные о запрошенном соответствии хранятся в базе данного DNS-сервера, то он сразу посылает ответ клиенту, если же нет - то он посылает запрос DNS-серверу другого домена, который может сам обработать запрос, либо передать его другому DNS-серверу. Все DNS-серверы соединены иерархически, в соответствии с иерархией доменов сети Internet. Клиент опрашивает эти серверы имен, пока не найдет нужные

отображения. Этот процесс ускоряется из-за того, что серверы имен постоянно кэшируют информацию, предоставляемую по запросам. Клиентские компьютеры могут использовать в своей работе IP-адреса нескольких DNS-серверов, для повышения надежности своей работы.

База данных DNS имеет структуру дерева, называемого доменным пространством имен, в котором каждый домен (узел дерева) имеет имя и может содержать поддомены. Имя домена идентифицирует его положение в этой базе данных по отношению к родительскому домену, причем точки в имени отделяют части, соответствующие узлам домена.

Корень базы данных DNS управляется центром INIC (Internet Network Information Center). Домены верхнего уровня назначаются для каждой страны, а также на организационной основе. Для обозначения стран используются трехбуквенные и двухбуквенные аббревиатуры, а для различных типов организаций используются следующие аббревиатуры:

- com - коммерческие организации (например, microsoft.com);
- edu - образовательные (например, mit.edu);
- gov - правительственные организации (например, nsf.gov);
- org - некоммерческие организации (например, fidonet.org);
- net - организации, поддерживающие сети (например, nsf.net).

Каждый домен DNS администрируется отдельной организацией, которая обычно разбивает свой домен на поддомены и передает функции администрирования этих поддоменов другим организациям. Каждый домен имеет уникальное имя, а каждый из поддоменов имеет уникальное имя внутри своего домена. Имя домена может содержать до 63 символов. Каждый хост в сети Internet однозначно определяется своим полным доменным именем - FQDN (fully qualified domain name), которое включает имена всех доменов по направлению от хоста к корню. Пример полного DNS-имени :

citint.dol.ru.