

АДРЕСАЦИЯ В ПРОТОКОЛАХ IPv6

Рассматриваются необходимость и принципы перехода на новую адресацию в протоколах IPv6. Отмечаются особенности использования адресов типа *unicast*, *multicast* и *anycast* в IPv6. Указывается на важность использования механизмов DNS.

Обычно, когда речь заходит о необходимости внедрения в практику протоколов нового поколения IPv6, прежде всего в качестве основной причины перехода на новые протоколы упоминают проблему нехватки адресов в адресном пространстве протоколов IPv4. В этом есть большая доля истины, хотя следует заметить, что на самом деле проблема нехватки адресов не настолько остра, как кажется на первый взгляд. Куда острее стоит проблема сложности обработки маршрутов в сетях на основе IPv4.

Отведенное в протоколах IPv4 под адрес пространство, равное 32 битам, позволяет задать максимально 2^{32} адресов. На самом деле это пространство еще более ограничено и немногим превышает величину 2^{24} . Вместе с тем, острота проблемы несколько снижается из-за использования маскирования в адресах.

В протоколах IPv6 под адрес отводится поле в 128 бит, т.е. в четыре раза больше, чем в IPv4. Для большей наглядности приведем оценку из [1], согласно которой по самым осторожным подсчетам в пересчете на 1 м² земной поверхности с введением IPv6 будет приходиться 1564 адреса.

Отметим, что сейчас назначение сетевых адресов сводится к двум функциям: идентификации и локализации.

– *Идентификация* позволяет пользователю, подключившемуся к сети, распознать своего корреспондента. Естественно, это кроме прочего позволяет убедиться в оригинальности полученных пакетов. Минимальная длительность жизни идентификатора равна длительности TCP соединения.

– *Локализация* позволяет пользователю найти посредника, который будет передавать пакеты. Длительность жизни функции локализации достаточно велика. Она меняется лишь при переустановке параметров IP или при реорганизации сайта. В общем, локализация состоит из двух частей: *глобальная локализация*, ведущая к идентификации сети, и *локальная*, направленная на распознавание соседних по сети машин.

В протоколах IPv4 понятия идентификация и локализация смешаны в едином понятии IP-адрес. Естественно, при изменении IP-адреса будут изменяться оба параметра.

В протоколах IPv6 предлагается разделить эти две функции, облегчая тем самым решение задач мобильности, мультикаст и т. п. К сожалению, на сегодняшний день эта задача находится в стадии проработки и пока что не решена на уровне протоколов IPv6.

С другой стороны, говоря об идентификации, следует четко понимать, что именно идентифицируется – машина или интерфейс. В случае простой машины с одним интерфейсом такой проблемы не возникает. Поэтому для однозначности здесь и в дальнейшем (кстати, как и в IPv4) адрес будем ассоциировать с интерфейсом.

Прежде чем начать рассмотрение особенностей представления и обработки адресов в IPv6, отметим, что разработка протоколов нового поколения основывалась на базовом принципе: максимально использовать в новом протоколе механизмы, которые применялись в IPv4, внося в них минимальные изменения [1].

Структуризация и агрегация адресов

Выше мы уже упоминали о проблеме сложности обработки маршрутов в сетях на основе IPv4. Эта проблема связана с чрезмерным и неконтролируемым разрастанием таблиц маршрутов в сетях. А это, в свою очередь, зависит от

плохой агрегации адресов. Очевидно, что адреса в IPv4 слишком коротки для организации хорошей структуризации.

Для обеспечения хорошей агрегации адресов необходимо структурировать Интернет на различных уровнях. Первым уровнем является сайт; следующим – так называемые провайдеры (поставщики) Интернет – услуг; на самом высоком уровне находятся очень крупные провайдеры, играющие роль межконтинентальных передающих звеньев. Естественно, сами провайдеры могут быть также структурированы, поскольку они зачастую перекупают услуги один у другого, становясь при этом клиентами других провайдеров.

Итак, можно различить разные концептуальные уровни адресации: для крупных провайдеров, для поставщиков услуг, для конечного разделения сайтов. Этим различным уровням соответствуют различные политики в плане адресации, маршрутизации и агрегации. Размер адреса в IPv6 позволяет легко определить эти уровни, присваивая каждому из них определенное количество бит.

Время жизни адресов

Напомним, что IP-адреса предоставляются пользователю в общем случае на вполне определенное время. По умолчанию, это время равно 60 часам. Но при необходимости этот параметр может быть либо уменьшен, либо увеличен вплоть до бесконечности. Например, в одном из исследовательских центров Франции новому пользователю Интернета системный администратор выдает временный адрес, под которым пользователь в течение часа обязан войти в Интернет и затем поменять этот адрес на свой постоянный. В противном случае через 60 минут неиспользованный временный адрес аннулируется. Вновь полученный адрес также выделяется данному пользователю на время, определенное условиями его контракта на работу.

Некоторый интерфейс может иметь несколько адресов, которые могут находиться в различных состояниях. Не рекомендуется внезапно изменять адрес интерфейса, поскольку он является идентификатором связи и все, действующие в данный момент соединения, будут разорваны. Чтобы этого не произошло, запускается так называемый механизм "отторжения" адреса, который позволяет постепенно вывести заданный адрес из употребления, переводя его сначала в состояние, при котором приложения, начавшие работу с данным адресом, будут продолжать ее до своего завершения. Новые приложения при этом не имеют доступа к адресу. После завершения работы приложений адрес переходит в состояние "недопустимый".

Представление адреса в IPv6

Адресное слово в IPv6 имеет длину 128 бит и разбито на 8 слов по 16 бит каждое, записанное в шестнадцатеричной системе и отделенное знаком ":". Например:

```
FEDC:AC76:0000:0000:AB38:38F2:320D
```

Нулевое слово в адресе может быть представлено одним символом "0":

```
FEDC:AC76:0:0:AB38:38F2:320D
```

Последовательно идущие нулевые слова могут быть опущены и заменены символом "::":

```
FEDC:AC76::AB38:38F2:320D
```

Для того чтобы избежать неоднозначности, сокращение типа ":::" может быть использовано в каждом адресе только однажды.

Некоторые адреса характеризуются наличием в них префикса. При этом его структура будет следующей:

IPv6-адрес/длина префикса в бит

Например, префикс **0::/8** зарезервирован для специальных адресов, таких как *unspecified address* (значение адреса равно ::, т. е. нулевой адрес), *loopback address* (**::1** – эквивалент адреса **127.0.0.1** в IPv4) и для других адресов.

Анализ распределения адресов показывает, что на сегодня более 70% адресов еще не зарезервированы, что говорит о хороших перспективах в этой области.

Типы адресов

Различают три типа IPv6-адресов: *unicast*, *multicast* и *anycast*. Охарактеризуем кратко каждый из них.

1. **Unicast** представляет собой наиболее простой тип адреса [2]. Он однозначно задает один-единственный интерфейс.

В процессе разработки протоколов IPv6 был предложен целый ряд так называемых *планов адресации* и, в частности, для типа *unicast*: Geographic-Based Unicast Address; Provider-Based Unicast Address; Global, Site End-System; Aggregatable Global Unicast Address Format. Однако только последний план адресации выдержал критику и является в настоящее время общепризнанным. Все остальные были забракованы по тем или иным причинам.

Структура агрегированного адреса (*Aggregatable Global Unicast Address Format*) приведена на рис.1.

В целом сохранена структура классического IP-адреса, имеющего префикс, идентифицирующий сеть, и локальную идентифицирующую часть.

TLA (*Top Level Aggregator*) – представляют собой крупные международные операторы (провайдеры).

NLA (*Next Level Aggregator*) – промежуточные операторы, обменивающиеся своими связями с TLA в точках связи.

SLA (*Site Level Aggregator*) – администратор сети, осуществляющий иерархизацию своего плана адресов.

2. Адрес типа **multicast** задает группу интерфейсов, которые могут принадлежать различным узлам, подключенным к Интернету в различных точках мира. Пакет, адресованный *multicast*, будет разослан всем интерфейсам, входящим в заданную группу [3]. Следует отметить, что этот тип адресации заменил адресацию типа *broadcast*, использующуюся в IPv4.

На рис. 2 приведена структура *multicast*-адреса.

Поле *flags* представляет собой слово из 4 бит. Первые три из них зарезервированы и при инициализации должны быть установлены в ноль. Последний бит, называемый *T*, может принимать два значения: 0 – свидетельствует о том, что данный адрес является *постоянным*, 1 – *временным*. Постоянный адрес является действительным независимо от своего уровня распространения. Временный – действителен лишь в рамках своего уровня распространения.

Следующее слово *scope* указывает на уровень распространения адреса. При этом оно может принимать следующие значения:

- 0 – зарезервирован;
- 1 – узел (*node-local scope*);
- 2 – связь (*link-local scope*);
- 5 – сайт (*site-local scope*);
- 8 – организация (*organization-local scope*);
- E – глобальный (*global scope*);
- F – зарезервирован.

Суть уровня распространения адреса заключается в гарантии, что пакеты будут распространяться лишь в определенной зоне. Например, при видеоконференции не должно быть утечки пакетов в мировую сеть.

Характерно, что пакет IPv6 не может иметь в качестве адреса источника сообщения *multicast*-адрес.

Заметим также, что есть еще несколько разновидностей *multicast*-адресов, рассмотрение которых не представляет особого интереса и не входит в задачи данной публикации.

3. Последний тип адресации **anycast** является новым для IP-адресов. Его суть заключается в том, что в нем, так же как и в *multicast*, задается группа

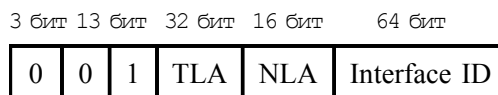


Рис. 1. Структура агрегированного *unicast* - адреса

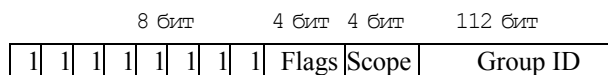


Рис. 2. Структура *multicast*-адреса

интерфейсов, но пакет будет доставлен только одному из них, например, "ближайшему" с точки зрения метрики маршрутизации. При этом если несколько интерфейсов отвечают этому требованию в равной мере, то выбран будет только один из них для работы в течение данной сессии.

В качестве примера использования адресов типа *anycast* приведем случай, когда некоторый программный продукт может быть загружен из Интернета с целого ряда FTP-серверов на выбор. При этом если пользователю протокола IPv4 нужно выбрать из предлагаемого списка стран-поставщиков данного программного продукта ближайшую, то в случае IPv6 эту задачу сможет решить сам маршрутизатор без участия пользователя. Для этого требуется указать в качестве адреса назначения адрес типа *anycast*, который предусматривает выбор одного ближайшего FTP-сервера.

Обращает на себя внимание кажущаяся простота данного типа адресации. Однако здесь можно говорить только о простоте идеи *anycast*. На самом деле на сегодняшний день еще не найдено удовлетворительного решения, реализующего данный тип адресации. Положение усугубляется еще и тем, что пока нет опыта практической реализации (обкатки) *anycast* в таком широком масштабе, как это имело место с *multicast* в рамках проекта *Mbone*.

Адрес *anycast* имеет формат, идентичный формату *unicast*, приведенному на рис. 1.

Отметим также что, как и в случае *multicast*, пакет IPv6 не может иметь в качестве адреса источника сообщения *anycast*-адрес.

Сервер имен

Одним из вопросов, тесно связанных с понятием адресации, является проблема преобразования "имя-адрес". Как известно, принято, чтобы адрес в Интернете задавался не числом, а именем. При этом система сама производит преобразование имени в число. В этом плане в IPv6 сервер имен играет важную роль. Автоматическая конфигурация сама связывает IPv6-адрес с MAC-адресом машины. Если меняется Ethernet-карта машины, IP-адрес также модифицируется. Следовательно, для автоматической конфигурации необходимо, чтобы регистрация оборудования в DNS (*Domain Name Service*) также осуществлялась автоматически.

В связи со сказанным выше становится очевидным, что механизм реализации соответствия имя – адрес является фундаментальным в IPv6. При этом, как отмечалось, за основу взяты механизмы, используемые в IPv4, с минимально возможным количеством изменений. Таким образом, соответствие между именем и адресом в IPv6 базируется, как и в IPv4, на файлах (*/etc/host*), на DNS и на NIS/NIS+.

Поскольку рамки данной публикации не позволяют подробно проанализировать решение в IPv6 данной проблемы, мы отсылаем всех интересующихся этими вопросами к [4].

Список литературы: 1. *Hinden R., Deering S.* IP version 6 Addressing Architecture – Internet-Draft, Jan. 1998. 2. *Hinden R., O'Dell M., Deering S.* An IPv6 Aggregatable Global Unicast Address Format – Internet-Draft, Mar. 1998. 3. *Hinden R., Deering S.* IPv6 Multicast Address Assignments – Internet-Draft, Jul. 1997. 4. *Albitz P., Liu C.* DNS and BIND. 3rd Edition. O'Reilly and Associates. September 1998.

Поступила в редколлегию

Немченко Владимир Петрович, канд. техн. наук, профессор ХТУРЭ. Научные интересы: техническая диагностика, сетевые технологии. Адрес: Украина, 61166 Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-94-17.

Md. Enamul Kabir, Lecturer, School of Communication, Independent University, Bangladesh Baridhara, Dhaka. Выпускник ХТУРЭ 1996 г. Научные интересы: сетевые технологии.

Md. Humayun Kabir, Lecturer, Institute of Business Studies, Darul Ihsan University, Dhanmondi, Dhaka. Научные интересы: использование сетевых технологий в бизнесе.