***Лекция 14.***

**Сравнение методов адресации IPv4 и IPv6, оценка протоколов IPv4 и IPv6, увеличение использования IPv6 в современных компьютерных сетях и сокращение использования IPv4**

***План:***

***1. Сравнение методов адресации IPv4 и IPv6***

***2.*** ***Сравнение IPv4 и IPv6***

***3.*** ***Использование IPv6 в современных компьютерных сетях***

***Ключевые слова:*** *числовые методы адресации, буквенно-числовые методы адресации, адресное пространство, линейная организация, иерархическая организация,* *аппаратный адрес, маска переменной длины, больший пул адресов, арендуемый адрес, совместимость, гибридная среда, NAT*

**Сравнение методов адресации IPv4 и IPv6**

Проблемой, которую нужно учитывать при объединении трех и более компьютеров, является проблема их адресации, точнее адресации их сетевых интерфейсов.

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

По количеству адресуемых интерфейсов адреса можно классифицировать следующим образом:

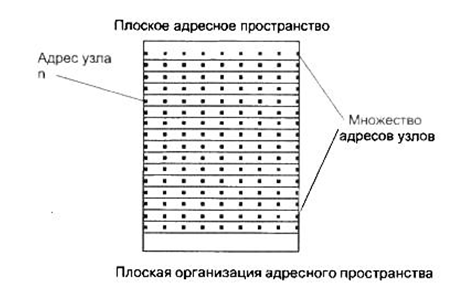
* уникальный адрес (unicast) используется для идентификации отдельных файлов;
* групповой адрес  (multicast)   идентифицирует   сразу   несколько интерфейсов, поэтому данные, помеченные групповым   адресом, доставляются   каждому   из узлов, входящих в группу;
* данные, направленные по широковещательному  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.

Адреса могут быть числовыми (например, 129.26.255.255 или 81.1a.ff.ff) и   символьными.

В IPv4 применяются *числовые методы адресации*, а в и IPv6 — *буквенно-числовые*.

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

Адресное пространство может иметь плоскую (линейную) организацию или иерархическую организацию.





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.

В показанной на рисунке трехуровневой структуре адресного пространства адрес конечного узла задается тремя составляющими: идентификатором группы (К), 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 К), затем для дальнейшей локализации адресата задействовать следующую по старшинству часть (L) и, в конечном счете, — младшую часть (n).

Типичными представителями иерархических числовых адресов являются IP-адреса.

При *плоской организации* множество адресов никак не структурировано. Примером плоского числового адреса является МАС-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 0081005е24а8.

При задании МАС-адресов не требуется выполнение ручной работы, так как они обычно встраиваются в аппаратуру компанией-изготовителем, поэтому их называют также *аппаратными адресами* *(hardware address)*. Использование плоских адресов является жестким решением — при замене аппаратуры, например сетевого адаптера, изменяется и адрес сетевого интерфейса компьютера.

**Сравнение IPv4 и IPv6**

Основное внешнее отличие четвертой и шестой версии протокола — структура IP-адреса. IPv4 использует четыре однобайтовых десятичных числа, разделенных точкой (172.268.0.1). IPv6 — шестнадцатеричные числа, разделенные двоеточиями (fe70 : d5a9: 4521: d1d7: d8f4b11). Кроме того:

* В IPv4 применяются *числовые методы адресации*, в и IPv6 — *буквенно-числовые*.
* Длина адреса IPv4 составляет 32 бита, у IPv6 — 128 бит.
* IPv4 и IPv6 предлагают поля с 12 и 8 заголовками соответственно.
* Широковещательные каналы поддерживаются только в IPv4. IPv6 поддерживает многоадресные группы.
* Поле контрольной суммы присутствует в IPv4, но не в IPv6.
* Концепция сетевых масок переменной длины применима только к IPv4.
* Для определения MAC-адресов четвертая версия использует ARP, а IPv6 использует NDP.
* IPv4 поддерживает ручную настройку и настройку адреса DHCP, в IPv6 поддерживается автоматическая настройка адреса и настройка адреса с перенумерацией.
* IPv4 может генерировать до 4,29 млрд адресного массива, тогда как IPv6 — до 79 228 162 514 264 337 593 543 950 336 октиллионов.
* В IPv4 используются уникальные публичные и «частные» адреса для трафика, в IPv6 — глобально уникальные unicast-адреса и локальные адреса (FD00::/8).

Таблица сравнения протоколов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Описание** | **IPv4** | **IPv6** |
| **Протокол преобразования адресов (ARP)** | ARP применяется в протоколе IPv4 для определения физического адреса, например, адреса MAC или адреса канала связи, связанного с адресом IPv4. | В IPv6 эти функции являются встроенными. Они реализованы в алгоритмах автоматической настройки адресов и поиска соседей, в которых применяется протокол ICMPv6. В связи с этим протокол ARP6 не был разработан. |
| **Протокол динамической настройки хостов (DHCP)** | DHCP применяется для динамического получения IP-адреса и другой информации о конфигурации. IBM i поддерживает сервер DHCP для IPv4. | Реализация DHCP IBM i не поддерживает IPv6. Однако, может быть использована реализация [Сервера DHCP ISC](https://www.ibm.com/docs/ru/ssw_ibm_i_73/rzakg/rzakguseiscdhcp4.htm). |
| **Протокол передачи файлов (FTP)** | FTP служит для приема и отправки файлов по сети. | Та же самая поддержка для IPv6. |
| **Протокол управляющих сообщений Internet (ICMP)** | Применяется в протоколе IPv4 для обмена информацией о сети. | В протоколе IPv6 применяется для тех же целей. Однако Протокол управляющих сообщений Internet версии 6 (ICMPv6) поддерживает ряд новых атрибутов. |
| **Протокол Internet для управления группами (IGMP)** | IGMP применяется маршрутизаторами IPv4 для поиска хостов, которым должны доставляться данные многоцелевой рассылки. | IGMP заменен на протокол MLD для IPv6. MLD протокол выполняет те же функции, что и протокол IGMP в IPv4. |
| **Протокол L2TP** | Протокол L2TP можно рассматривать как виртуальный протокол PPP. | Та же самая поддержка для IPv6. |
| **Протокол кратчайшего пути (OSPF)** | OSPF - это протокол маршрутизатора, который в больших сетях автономных систем более предпочтителен, чем RIP. | Та же самая поддержка для IPv6. |
| **Двухточечный протокол (PPP)** | PPP позволяет устанавливать коммутируемые соединения с помощью различных модемов и линий связи. | Та же самая поддержка для IPv6. |
| **Протокол информации о маршрутизации (RIP)** | RIP - протокол маршрутизации. | В настоящее время протокол RIP не поддерживает IPv6. |
| **Простой протокол управления сетью (SNMP)** | Протокол SNMP служит для управления системами. | Та же самая поддержка для IPv6. |
| **Протокол Telnet** | Telnet позволяет работать с удаленной системой. | Та же самая поддержка для IPv6. |

**Использование IPv6 в современных компьютерных сетях**

В Интернете заканчиваются адреса IPv4. Это было неизбежно, учитывая, насколько широко распространились сети и сетевые устройства. Даже в локальной сети пользователям приходится использовать подсети просто потому, что устройства, например, в корпоративной сети, могли занять все адреса 192.68.1.#. Для этого был разработан IPv6, который предлагает больший пул адресов для использования.

Однако появляется другая проблема: перейти на IPv6 и оптимизировать работу с новым протоколом не так просто. У пользователя могут быть сотни устройств и множество локаций.

Вдобавок всегда есть DNS, который необходимо обновить. Да и запомнить, 192.168.1.1 намного проще, чем 0: 0: 0: 0: 0: ffff: c0a8: 101.

Переход на новый протокол затягивается. Причина проста: высокая стоимость. Чтобы обновить все серверы, маршрутизаторы и коммутаторы, которые всё это время работали лишь с IPv4, потребуется много времени и денег.

Также нельзя не упомянуть и повсеместную практику провайдеров назначать пользователям динамический адрес, меняющийся при подключении к другой сети.

В таком случае после отключения от Интернета устройства освобождают адрес, в результате чего он становится доступен другим устройствам (по сути мы не владеете адресом, а лишь арендуем адрес).

Всё это в целом замедляет долгожданный и повсеместный переход с IPv4 на IPv6.

Но это не значит, что IPv6 плохо распространяется. Сегодня он применяется параллельно с IPv4.

По данным Google, порядка 14 % его пользователей уже используют IPv6.

А если верить заявлением американского провайдера Comcast, уже в 2018 году в США около половины пользователей уже перешли на IPv6.

IPv6 не имеет обратной совместимости с IPv4. Из-за этого многие администраторы избегают нового протокола. Что делать?

Во-первых, нужно переместить устройства в гибридную среду, в которой сосуществуют IPv4 и IPv6. Для многих переход на IPv6 начался много лет назад. Большинство аналитиков предсказывали, что на это уйдут годы, но гибридные модели дают даже больше времени, поскольку пользователи будут запускать свои сети с использованием обоих типов адресов.

Поскольку структуры адресов сильно отличаются друг от друга, а IPv6 использует другую архитектуру пакетов данных, устройства IPv4 и устройства IPv6 не могут взаимодействовать без использования шлюза.

Наиболее популярные гибридные стратегии совместного использования включают туннелирование, при котором трафик IPv6 инкапсулируется в заголовок IPv4. Хотя это приводит к дополнительным накладным расходам, двойному стеку, который осложняет работу сети и требует дополнительных ресурсов.

Многие производители маршрутизаторов и коммутаторов разрабатывают устройства , которые помогают с переходом на IPv6. Поэтому когда больше не нужно подключаться к службам, которые все еще используют IPv4, можно перейти от гибридной среды к сети, полностью оборудованной для IPv6.

В комфортном переходе на IPv6 может помочь механизм NAT (Network Address Translation — трансляция сетевых адресов и портов), который применяется в IP-протоколах и позволяет заменять локальный IP-адрес на публичный. Исчерпание IPv4 увеличивает затраты поставщика услуг, тогда как инвестиции в NAT снизят затраты.

**Контрольные вопросы:**

1. Как можно классифицировать адреса по количеству адресуемых интерфейсов?
2. Что такое числовые и буквенно-числовые методы адресации?
3. Понятие адресного пространства.
4. Что такое иерархическая организация адресного пространства?
5. Что такое плоская организация адресного пространства?
6. Сравнение IPv4 и IPv6.
7. Сколько адресов могут генерировать каждый из IPv4 и IPv6?
8. Основная причина перехода на IPv6.
9. Проблемы перехода на IPv6.
10. Понятие гибридной модели. Механизм NAT.