

Тема 9. IP-адресація версії 6

IPv6 (Internet Protocol version 6) – нова версія IP-протоколу.

Розробка протоколу IPv6 почалася 1992 року, а з 2003 р. його підтримку забезпечують виробники більшості телекомунікаційного устаткування (корпоративного рівня). IPv6 – новий крок у розвитку Інтернету. Цей протокол розроблено з урахуванням вимог до Глобальної мережі, що постійно зростають.

Найбільш суттєва різниця між IPv4 та IPv6 полягає в тому, що раніше на інтернет-адресу виділяли 4 байти (32 біти), що відповідає стандартній на сьогодні чотириблоковій адресі IP, а протокол IPv6 виділяє на адресу 16 байт (128 бітів). Це відповідає 340 секстильйонам адрес ($3,4 \times 10^{38}$).

Наприкінці 1980-х стала очевидною нестача адресного простору Інтернет. На початку 1990-х, навіть після введення безкласової адресації, виявилось, що однієї економії та використання NAT буде замало, щоб запобігти вичерпання адресного простору, і необхідна зміна адресації. Крім того, накопичилась певна кількість пропозицій щодо усунення недоліків наявної моделі Інтернет. Наприкінці 1992 року IETF оголосила конкурс на створення протоколу Інтернет наступного покоління (IP Next Generation – IPng).

25 липня 1994 року IETF ствердила модель IPng з утворенням кількох робочих груп IPng. Оскільки версія 5 вже була раніше призначена експериментальному протоколу передачі мультимедійних потоків, новий протокол отримав версію 6.

8 червня 2011 року відбувся Міжнародний день IPv6 – захід з тестування готовності світової інтернет-спільноти до переходу з IPv4 на IPv6, в рамках якого компанії-учасники додали до своїх сайтів IPv6-записи на один день. Тестування пройшло вдало, накопичені дані будуть проаналізовані та враховані при наступному впровадженні протоколу і для підготовки рекомендацій.

Переведення на IPv6 почало виконуватись всередині Google з 2008 року. У специфікації стандарту мобільних мереж LTE вказана обов'язкова

підтримка IPv6. Проблемою для впровадження IPv6 є те, що не всі операційні системи, що зараз використовуються користувачами, повністю підтримують протокол IPv6.

9.1 Порівняння з IPv4

Розширення адресного простору скасовує необхідність використання NAT, оскільки на кожну людину припадає близько 3×10^8 унікальних адрес.

Принцип призначення хоста IPv6 адреси є ієрархічним. Мінімальний розмір підмережі – /64 (2^{64}). Молодша частина адреси (64 біти) використовується як унікальний ідентифікатор користувача, наступна частина визначає підмережу всередині оператора зв'язку, далі йде ідентифікатор самого оператора. Такий підхід значно спрощує маршрутизацію.

З IPv6 вилучено кілька функцій, що ускладнюють роботу маршрутизаторів:

- Маршрутизатори більше не розбивають (фрагментують) пакет на частини (розбиття пакета можливо тільки на боці передавача). Інформацію про фрагментацію пакетів перенесено з основного заголовка в розширені;
- Зникла контрольна сума. Оскільки каналні (Ethernet) та транспортні (TCP) протоколи також перевіряють коректність пакету, контрольна сума на рівні IP вважається зайвою.

Незважаючи на суттєве збільшення розміру адреси IPv6, завдяки цим покращенням основний заголовок пакета збільшився лише у 2 рази: з 20 до 40 байт.

- В надшвидкісних мережах можлива підтримка надвеликих пакетів (джамбограм) – до 4 гігабайт;
- З'явилися відмітки потоків та класи трафіку;
- З'явилась багатоадресна передача;
- Протокол IPsec з рекомендованого перетворився на обов'язковий.

9.2 Автоконфігурація та адресація

У момент ініціалізації мережевого інтерфейсу йому призначається локальна IPv6-адреса, з префіксом fe80::/10, у молодшій частині адреси розміщується ідентифікатор інтерфейсу. Ідентифікатором інтерфейсу часто слугує 64-бітний розширений унікальний ідентифікатор EUI-64, що найчастіше формується з MAC адреси. Локальна адреса дійсна тільки в межах мережевого сегменту канального рівня, і використовується, в основному, для обміну інформаційними ICMPv6 пакетами.

Для отримання інших адрес вузол може запросити інформацію про налаштування мережі у маршрутизаторів за допомогою ICMPv6 повідомлення. Цей запит відсилається на групову адресу маршрутизаторів. У відповідь маршрутизатори відсилають ICMPv6 повідомлення, що може містити інформацію про префікс мережі, адресу шлюзу, адреси рекурсивних серверів DNS, MTU та інших параметрів. Поєднуючи мережевий префікс та ідентифікатор інтерфейсу, вузол отримує нову адресу. Для захисту персональних даних ідентифікатор інтерфейсу може бути замінений на псевдовипадкове число.

Для більшого адміністративного контролю може бути використаний DHCPv6, що дозволяє адміністратору маршрутизатора призначати вузлам конкретні адреси.

Адреси IPv6 мають 128 біт. Дизайн адресного простору IPv6 реалізує зовсім іншу філософію дизайну, ніж в IPv4, в якій підмережа використовувалася для підвищення ефективності використання малого адресного простору. У IPv6 адресний простір вважається досить великим у передбачуваному майбутньому, а локальна підмережа завжди використовує 64 біти для частини що приймає адресу, позначену як ідентифікатор інтерфейсу, тоді як найважливіші 64 біти використовуються як префікс для маршрутизаторів.

Ідентифікатор унікальний лише в підмережі, до якої підключений хост. IPv6 має механізм автоматичного виявлення адреси, так що адресу автоконфігурації завжди створює унікальну передачу.

Введення поля «Відмітка потоку» в протоколі IPv6 дозволяє значно спростити процедуру маршрутизації однорідного потоку пакетів. Потік – це послідовність пакетів, що надсилаються відправником певному адресату. При цьому припускається, що всі пакети даного потоку мають бути оброблені певним чином. Характер даної обробки задається додатковими заголовками.

Припускається існування декількох потоків між відправником та отримувачем. Відмітка потоку призначається вузлом-відправником шляхом генерації псевдовипадкового 20-бітного числа. Всі пакети одного потоку мають містити однакові заголовки, що оброблюються маршрутизатором.

При отриманні першого пакета з відміткою потоку маршрутизатор аналізує додаткові заголовки, виконує певні операції відповідно до цих заголовків та запам'ятовує результати обробки (адресу наступного вузла, опції заголовку переходів, переміщення адрес у заголовку маршрутизації тощо) в локальному кеші. Ключем для такого запису є комбінація адреси відправника та відмітки потоку. Наступні пакети з тією самою комбінацією адреси відправника та відмітки потоку обробляються із врахуванням інформації кешу без детального аналізу усіх полів заголовка.

Час життя запису у кеші становить не більше 6 секунд, навіть якщо пакети цього потоку продовжують надходити. Після видалення запису з кешу при отриманні наступного пакета потоку, пакет обробляється у звичайному режимі і для нього відбувається формування нового запису в кеші. Слід зауважити, що вказаний час життя потоку може бути явно заданий вузлом відправником за допомогою протоколу керування або опцій заголовку переходів, і може перевищувати 6 секунд.

IPv6 адреси представляються як вісім груп по чотири шістнадцяткові цифри, розділених двокрапками. Приклад адреси:

2001:0db8:11a3:09d7:1f34:8a2e:07a0:765d

Якщо одна чи більше груп підряд дорівнюють 0000, то вони можуть скорочено записуватись як подвійна двокрапка (::). Наприклад, **2001:0db8:0000:0000:0000:0000:ae21:ad12** може бути скорочена до

2001:db8::ae21:ad12, 0000:0000:0000:0000:0000:0000:ae21:ad12 – до **::ae21:ad12**.

Скорочення не дозволяється у випадку, коли адреса містить 2 окремі нульові групи через виникнення невизначеності.

При використанні IPv6-адреси в URL необхідно брати адресу в квадратні дужки:

http://[2001:0db8:11a3:09d7:1f34:8a2e:07a0:765d]/

Якщо потрібно вказати порт, то він пишеться після дужок:

http://[2001:0db8:11a3:09d7:1f34:8a2e:07a0:765d]:8080/

Заголовок пакета:

| Зміщення в байтах | | 0 | | 1 | | 2 | | 3 | |
|-------------------|-----------------|---------------------|---------------|--------|------------|-------------|---------|-----------|---------|
| | Відступ в бітах | 1 – 3 | 4 – 7 | 8 – 11 | 12 – 15 | 16 – 19 | 20 – 23 | 24 – 27 | 28 – 31 |
| 0 | 0 | Version | Traffic Class | | Flow Label | | | | |
| 4 | 32 | Payload Length | | | | Next Header | | Hop Limit | |
| 8 | 64 | Source Address | | | | | | | |
| C | 96 | | | | | | | | |
| 10 | 128 | | | | | | | | |
| 14 | 160 | | | | | | | | |
| 18 | 192 | Destination Address | | | | | | | |
| 1C | 224 | | | | | | | | |
| 20 | 256 | | | | | | | | |
| 24 | 288 | | | | | | | | |

Опис полів:

- Version: версія протоколу; для IPv6 це значення дорівнює – 0110.
- Traffic Class: пріоритет пакету (8 біт). Це поле містить два параметри. Старші 6 бітів використовуються DSCP для класифікації пакетів. Решта два біти використовуються ECN для контролю перевантаження.
- Flow Label: відмітка потоку.
- Payload Length: розмір пакета. Максимальний розмір, що визначається розміром поля – 64 Кб. Для пакетів більшого розміру використовується Jumbo Payload.
- Next Header: вказує тип розширеного заголовка, що розміщений одразу за основним.

- Hop Limit: аналог поля Time to Live в IPv4.
- Source Address і Destination Address: адреси відправника та отримувача відповідно.

Як і випадку з IPv4, частина адрес IPv6 є зарезервованими. Перелік таких адрес наведено в табл. 9.1.

Таблиця 9.1 – Зарезервовані адреси IPv6

| IPv6 адреса | Довжина префікса (біт) | Опис | Примітки |
|--------------------|------------------------|-------------------------------------|--|
| :: | 128 | – | аналог 0.0.0.0 в IPv4 |
| ::1 | 128 | loopback адреса | аналог 127.0.0.1 в IPv4 |
| ::xx.xx.xx.xx | 96 | вбудований IPv4 | IPv4-сумісний з IPv6 адресою. Застарілий, не використовується. |
| ::ffff:xx.xx.xx.xx | 96 | адреса IPv6, що відображена на IPv4 | останні 32 біти – адреса IPv4. Для хостів, що не підтримують IPv6. |
| 2001:db8:: | 32 | документування | Зарезервовано для прикладів в документації |
| fe80:: – febf:: | 10 | link-local | аналог 169.254.0.0/16 в IPv4 |
| fec0:: – feff:: | 10 | site-local | відмічений як застарілий |
| fc00:: | 7 | Unique Local Unicast | прийшов на заміну Site-Local |
| ffxx:: | 8 | multicast | |