**IP-адресація**

**та суміжні питання адресації в Internet**

Зміст

[**IP-адресація в стеку протоколів TCP/IP**](#_1fob9te) **1**

[Розмір адреси](#_2et92p0) 2

[Версія адресації IPv4](#_3dy6vkm) 2

[Запис адрес IPv4 в десятковій точковій формі](#_4d34og8) 2

[Адресація на основі розділення IP-мереж на класи](#_17dp8vu) 3

[Адресація на основі масок IP-підмереж (безкласова адресація)](#_26in1rg) 4

[Спеціальні адреси](#_35nkun2) 7

[Версія адресації  IPv6](#_2jxsxqh) 7

[Запис адреси в IPv6](#_1y810tw) 7

[Прийняті особливості запису в IPv6](#_4i7ojhp) 8

[Структура адреси IPv6](#_3whwml4) 8

[Поточні особливості використання та розподілу адресного пулу IPv6](#_2bn6wsx) 9

[**Утиліти ОС, пов'язані з IP-адресацією**](#_1pxezwc) **9**

[ipconfig](#_147n2zr) 10

[ping](#_ihv636) 10

[tracert](#_41mghml) 12

[**Альтернативи адресації IPv6**](#_2grqrue) **14**

[Named Data Networking (NDN)](#_vx1227) 14

[Recursive InterNetwork Architecture (RINA)](#_3fwokq0) 14

[**Контрольні питання для самоперевірки**](#_2u6wntf) **14**

# IP-адресація в стеку протоколів TCP/IP

IP-адреса (**I**nternet **P**rotocol адреса) використовується 2-м рівнем стеку (профілю) TCP/IP. Відповідно, мережі з IP-адресацією називаються IP-мережами.  
Зокрема, Internet, базуючись на профілі TCP/IP, представляє собою з'єднання маршрутизаторами (роутерами) окремих IP-мереж (які більш точно треба називати *IP-підмережами*, або *первинні мережі*, або *приватні мережі*). IP-мережа повинна мати унікальну IP-адресу, а вузол (*хост*, *робоча станція* тощо) в такій мережі повинен мати адресу (номер) в мережі.  
Отже, IP-адреса є парою (*Адреса\_мережі, Адреса\_вузла\_в\_мережі*). Ще використовується термінологія для такої пари (*Префікс*, *Суфікс*), тобто *префікс* адреси є адресою мережі, а *суфікс*, відповідно, адресою вузла в мережі. Також адресація передбачає множину адрес спеціального призначення, інтерпретація котрих має особливості, зокрема, такі адреси "працюють" лише в первинній мережі та за межі її не повинні взагалі "виходити".

## Розмір адреси

З 1969 р. почала використовуватися 32-бітна адреса, яка з початку 1980-х років отримала позначення IPv4 і використовується досі. Коли Internet був у зародковому стані (приблизно до початку 1990-х, до появи Web та браузерів), 32-бітна адреса з більше ніж 4 мільярдами значень здавалася з нескінченим запасом адрес на багато десятиліть. Проте вже буквально через декілька років розвитку WWW та е-пошти, стало зрозуміло, що адрес вистачить до року 2010.

З 2000 р. почався поступовий перехід до 128-бітної адреси, позначення якої IPv6. Планується, що 2012 року всі провайдери 1-го рівня повністю перейдуть на IPv6. Зрештою, досить швидко планується замінити IPv4 повністю на IPv6. Поточний залишок IP-адрес v4 (тобто 32-бітні) у світі див <https://ipv4.potaroo.net/>.

## Версія адресації IPv4

32-бітна версія IPv4 неминуче потребує заміни на IPv6, але професіоналам в сфері ІТ з нею ще доведеться працювати  не один рік. Справа тут в тому, що IPv6 почне використовуватися провайдерами 1-го рівня, потім 2-го і т.д., до тих, що "роздають" Internet в офіси та квартири. А на цьому рівні користувачів заміна на IPv6 програм та маршрутизаторів, розрахованих на IPv4, може рухатися дуже повільно. Тому провайдери "останньої милі" будуть змушені з клієнтами продовжувати працювати на IPv4 ще досить довго. Отже, добре знати IPv4 ще потрібно років з 5!

Адресація IPv4 пройшла 2 фази поділу адресного простору між користувачами:

1) адресація з розподілом на класи мереж, яка виявилася неощадливою при швидкому поширенні Internet;  
2) сучасна (поки немає повного переходу на IPv6) безкласова адресація з масками підмереж.

### Запис адрес IPv4 в десятковій точковій формі

32-бітне число в оригінальному вигляді важко записувати та запам'ятовувати, хоча програми та обладнання потребують оригінального 32-бітного представлення. Для спрощення та скорочення запису використовується ***десяткова точкова форма***:

1) 32 біти розбивають на 4 октети (байти по 8 біт);

2) кожний октет записують не в бітах, а відповідним 10-м беззнаковим числом в діапазоні значень 0..255;

3) між 10-ми значеннями октетів ставляться точки. Октети із нулів, залишаючи замість них лише точки, пропускати не можна.

Нумерація октетів (і бітів) йде зліва-направо, самим старшим є 1-й октет, потім 2-й і т.д. (тобто як на письмі - самою старшою цифрою є сама ліва).

Наприклад:

32-бітна адреса така (для зручності кольорами розбита на октети): 00011001110010101110011010100110

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № бітів адреси | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| № октетів (байтів) адреси | 1 | | | | | | | | 2 | | | | | | | | 3 | | | | | | | | 4 | | | | | | | |
| Біти адреси | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 10-ві значення октетів | 25 | | | | | | | | 202 | | | | | | | | 230 | | | | | | | | 166 | | | | | | | |

Отже, десятковий точковий запис адреси буде такий: 25.202.230.166

### Адресація на основі розділення IP-мереж на класи

Ця адресація є застарілою і вже давно не використовується. Про неї просто потрібно мати уявлення.  
В адресації з розділенням на класи вся множина адрес розбивається на 5 класів мереж A, B, C, D, E.

Три перших класи A, B та C є основними для присвоєння первинним мережам, класи D, E мають спеціальне призначення. Класи визначають розміри мережі (кількість вузлів).

**Клас А**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A | № бітів адреси | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| № байтів (октетів) адреси | 1 | | | | | | | | 2 | | | | | | | | 3 | | | | | | | | 4 | | | | | | | |
| Поля адреси мережі й хоста | мережа | | | | | | | | хост | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Значення певних бітів | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Мереж класу А може бути: 126

Вузлів (хостів) може бути:  16'777'214

Значення 1-го октету: 1..126 (мережі 0 та 127 мають спеціальне призначення).

Зрозуміло, що ефективно оперувати мережею у більше ніж 16 мільйонів адрес важко. У свій час вважалося, що це буде державна мережа з "гігантською" кількістю вузлів. І якби класова система адресація діяла б і зараз, то 126 мереж не вистачило не тільки на великі за населенням країни, а і на малі, в яких легко може бути комп'ютерів (смартфонів, комунікаторів, планшетів) більше за 16 млн. Якщо на країну виділити декілька А-мереж, то можуть залишатися у резерві багато адрес останньої мережі, які передати у використання іншій країні важко реалізуємо (на рівні маршрутизаторів).

**Клас B**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| B | № бітів адреси | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| № байтів (октетів) адреси | 1 | | | | | | | | 2 | | | | | | | | 3 | | | | | | | | 4 | | | | | | | |
| Поля адреси мережі й хоста | мережа | | | | | | | | | | | | | | | | хост | | | | | | | | | | | | | | | |
| Значення певних бітів | 1 | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Мереж класу А може бути:          16384  
Вузлів (хостів) може бути:            65534  
Значення 1-го октету:                  128..191

**Клас C**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| C | № бітів адреси | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| № байтів (октетів) адреси | 1 | | | | | | | | 2 | | | | | | | | 3 | | | | | | | | 4 | | | | | | | |
| Поля адреси мережі й хоста | мережа | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | хост | | | | | | | |
| Значення певних бітів | 1 | 1 | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Мереж класу C може бути:           2'097'151  
Вузлів (хостів) може бути:             254  
Значення 1-го октету:                   192..223  
  
Ці мережі планувались для малих офісів/будинків. Але що таке 2 млн. офісів на весь світ? Для України це вже буде мало.  
  
**Клас D**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| D | № бітів адреси | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| № байтів (октетів) адреси | 1 | | | | | | | | 2 | | | | | | | | 3 | | | | | | | | 4 | | | | | | | |
| Поля адреси мережі й хоста |  | | | | адреса групової розсилки | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Значення певних бітів | 1 | 1 | 1 | 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Значення 1-го октету:                   224..239  
Ці адреси не присвоювалися первинним мережам.  
  
**Клас E**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| E | № бітів адреси | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| № байтів (октетів) адреси | 1 | | | | | | | | 2 | | | | | | | | 3 | | | | | | | | 4 | | | | | | | |
| Поля адреси мережі й хоста |  | | | | значення не уточнюється | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Значення певних бітів | 1 | 1 | 1 | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Значеннями 1-го октету:               240..255  
Це експериментальний клас адрес. Толком невідомо, чи він встиг взагалі якось використовуватися чи ні.

Як видно, адресація з розбивкою на класи дає можливість оперувати мережами не менше ніж із 254 хостами, і таких мереж, до того ж, трошечки більше 2 млн. Процес розширення Internet почав дуже швидко вичерпувати наявну кількість адрес. Зрозуміло, що краще взагалі відмовитися від розбивки адрес на класи. Фактично про адресацію з класами мереж достатньо знати, що так було спочатку та її ідею.

### Адресація на основі масок IP-підмереж (безкласова адресація)

Проблема неощадливості  адресації з розділенням на класи криється в розбивці 32 біт адреси на префікс та суфікс по границі октету - вони можуть бути рівними 1, 2 або 3 октетам. Надалі було запропоновано на префікс та суфікс відводити довільну кількість бітів (із суфіксом не менше 2 біт). Щоб знати де в конкретній IP-адресі префікс (адреса мережі), а де суфікс (адреса хоста) до адреси добавили так звану *маску підмережі* (Subnet Mask), яка:

1) складається теж із 32 біт,

2) на місці префікса (бітів адреси мережі) мають стояти одинички, а на місці суфікса нулі,

3) в запису маска розбивається на октети з десятковим точковим форматом.

Тоді IP-адреса (як мережі, так і конкретного хоста) записується з такими двома варіантами:  
1) IP-адреса/Маска\_підмережі         або  
2) IP-адреса/Бітів\_у\_префіксі .

На значення адреси хоста накладаються додаткові обмеження:

1) всі біти суфікса із одиниць не є конкретною адресою хоста (вузла, станції), а зверненням до всіх в мережі, так звана, ***широкомовна адреса***;

2) всі біти суфікса із нулів стосуються лише тих станцій, які є ***шлюзами*** в мережі. Шлюзами є станції, які зв'язані з іншими мережами, тобто через них можливий вихід за межі своєї мережі, а ззовні попасти в дану мережу.

Наприклад, адреса **156.248.27.141**/255.255.224.0, або вона ж в такій формі **156.248.27.141**/19 :

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № бітів адреси | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| № байтів (октетів) адреси | 1 | | | | | | | | 2 | | | | | | | | 3 | | | | | | | | 4 | | | | | | | |
| **IP-адреса** | 156 | | | | | | | | 248 | | | | | | | | 27 | | | | | | | | 141 | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| Маска підмережі | префікс адреси | | | | | | | | | | | | | | | | | | | суфікс адреси | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 255 | | | | | | | | 255 | | | | | | | | 224 | | | | | | | | 0 | | | | | | | |
| Адреса мережі | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 156 | | | | | | | | 248 | | | | | | | | 0 | | | | | | | | 0 | | | | | | | |

Отже, про адресу **156.248.27.141**/19 ми можемо сказати, що це є адреса хоста в мережі 156.248.0.0/19 .

Діапазон адрес хостів в мережі 156.248.0.0/19 такий:  156.248.0.1-156.248.31.254, широкомовна адреса в цій мережі - 156.248.31.255:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № бітів адреси | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| № байтів (октетів) адреси | 1 | | | | | | | | 2 | | | | | | | | 3 | | | | | | | | 4 | | | | | | | |
| **Адреса мережі** | 156 | | | | | | | | 248 | | | | | | | | 0 | | | | | | | | 0 | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Маска підмережі | префікс адреси | | | | | | | | | | | | | | | | | | | суфікс адреси | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 255 | | | | | | | | 255 | | | | | | | | 224 | | | | | | | | 0 | | | | | | | |
| Найменша адреса хоста в мережі | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 156 | | | | | | | | 248 | | | | | | | | 0 | | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| Найбільша адреса хоста в мережі | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 156 | | | | | | | | 248 | | | | | | | | 31 | | | | | | | | 254 | | | | | | | |
| Широкомовна адреса в мережі | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 156 | | | | | | | | 248 | | | | | | | | 31 | | | | | | | | 255 | | | | | | | |

Зверніть увагу, що:

1) по адресі 156.248.27.141 без вказання маски підмережі ми нічого (тобто *адреса мережі*, *адреса вузла* в ній) сказати не можемо! В залежності від маски це будуть різні мережі та їх хости!

2) потрібно вирізняти адресу мережі (156.248.0.0) і адресу вузла в мережі (156.248.27.141), але це все лише за наяності маски.

3) адреса 156.248.27.141 не має ніякого відношення до мереж класу B, бо це вже безкласова адресація! На запитання *про клас мережі* потрібно вже не звертати увагу на перший октет, відповідаючи про відсутність прив'язки до класів в адресації з масками підмереж (зараз часто вже говорять *мереж* замість довшого слова *підмереж*).

Наприклад, візьмемо ту ж комбінацію 32 бітів адреси, але маску в 26 біт. Тоді адреса повинна виглядати так: **156.248.27.141**/255.255.225.192, або  **156.248.27.128**/26, тому що:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № бітів адреси | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| № байтів (октетів) адреси | 1 | | | | | | | | 2 | | | | | | | | 3 | | | | | | | | 4 | | | | | | | |
| **IP-адреса** | 156 | | | | | | | | 248 | | | | | | | | 27 | | | | | | | | 141 | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| Маска підмережі | префікс адреси | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | суфікс | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 255 | | | | | | | | 255 | | | | | | | | 255 | | | | | | | | 192 | | | | | | | |
| Адреса мережі | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 156 | | | | | | | | 248 | | | | | | | | 27 | | | | | | | | 128 | | | | | | | |

Отже, про адресу **156.248.27.128**/255.255.225.128 (вона ж **156.248.27.128**/26) тепер потрібно сказати, що це є хост (вузол) в мережі **156.248.27.128**/26 .

Діапазон адрес хостів в мережі 156.248.27.128/26 такий:  156.248.27.129-156.248.27.190, широкомовна адреса в цій мережі - 156.248.27.191:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № бітів адреси | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| № байтів (октетів) адреси | 1 | | | | | | | | 2 | | | | | | | | 3 | | | | | | | | 4 | | | | | | | |
| **Адреса мережі** | 156 | | | | | | | | 248 | | | | | | | | 27 | | | | | | | | 128 | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Маска підмережі | префікс адреси | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | суфікс | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 255 | | | | | | | | 255 | | | | | | | | 255 | | | | | | | | 192 | | | | | | | |
| Найменша адреса хоста в мережі | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 156 | | | | | | | | 248 | | | | | | | | 27 | | | | | | | | 129 | | | | | | | |
| Найбільша адреса хоста в мережі | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 156 | | | | | | | | 248 | | | | | | | | 27 | | | | | | | | 190 | | | | | | | |
| Широкомовна адреса в мережі | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 156 | | | | | | | | 248 | | | | | | | | 27 | | | | | | | | 191 | | | | | | | |

Звичайно ж маска вибирається не довільно, - це виконується на рівні Internet комітетом **IANA** (Адміністрацією адресного простору Internet, яка є підрозділом [ICANN](http://uk.wikipedia.org/wiki/ICANN)) при виділенні адрес провайдерам (ISP). Тут різні маски  взяті лише для демонстрації механізму "вилучення" даних із адреси. Маршрутизатори в своїх таблицях інформації про мережі (таблицях маршрутизації) зберігають адреси мереж з іх масками. Тоді IP-пакет, який поступає в маршрутизатор, може бути ідентифікований зі своєю мережею.

#### Спеціальні адреси

Це адреси, які або потребують спеціальної інтерпретації і стосуються групи вузлів, або не повинні попадати в глобальний трафік.

1) 0.0.0.0                                                                 - адреса власника пакета.  
2) 255.255.255.255                                                 - загальна широкомовна адреса.  
3) 127.0.0.0 - 127.255.255.255, або 127.0.0.0/8   - адреси для хоста, вони не покидають навіть вузол і використовуються для відладки/використання мережевих програм навіть без наявності мережі. Зокрема, адреса 127.0.0.1 є адресою *localhost*, ім'ям комп'ютера, програми якого використовують адреси мережі 127. Ще одне ім'я адреси 127.0.0.1 - *loopback* адреса (замкнена на себе адреса).  
  
**Адреси, які призначені лише для адресації в підмережах (приватних мережах)**,наприклад, для внутрішньої адресації в локальній, корпоративній мережі, мережі провайдера доступу в Інтернет тощо:  
  
4)  10.0.0.0 - 10.255.255.255,             або 10.0.0.0/8  
5)  192.168.0.0 - 192.168.255.255,    або 192.168.0.0/16  
6)  169.254.0.0 - 169.254.255.255,    або 169.254.0.0/16  
7)  172.16.0.0 - 172.31.255.255,        або 172.16.0.0/16  - 172.31.0.0/16

Самі вживані перші дві спецадреси.  
В глобальну мережу пакети з такими адресами не повинні попадати**.** При виході за межі первинних мереж адреси в пакетах мають підмінятися на реальні IP-адреси через протокол [NAT](http://uk.wikipedia.org/wiki/NAT) (протокол трансляції мережевих адрес). Якщо "випадково" пакети із внутрішніми адресами все ж попадуть за межі первинної мережі, то вони мають ігноруватися роутерами. І це означатиме неправильну настройку шлюзів приватної мережі, зокрема, що не включена NAT.

Можна адреси, маска в яких проходить по границі октету, записувати у вигляді *net*.*host*, наприклад, 10.h.h.h, 192.168.h.h тощо, вказуючи явно лише октети префіксу.  
Якраз в приватних мережах з префіксами адрес 10, 192.168 тощо можна розбивати їх масками на сегменти адрес довільним чином (тобто без дозволу IANA). Наприклад, в LAN створюємо сегмент 10.40.h.h для одного підрозділу, 10.63.17.h для іншого підрозділу, 192.168.h.h для всіх інших користувачів (як правило, з динамічним присвоюванням адреси). На рівні корпоративної (приватної, первинної) мережі є достатній запас адрес для самостійного використання.

*Дивіться про IPv4 у* [Wikipedia](http://uk.wikipedia.org/wiki/IPv4).

## Версія адресації  IPv6

128-бітна адресація IPv6, маючи, як зараз здається, необмежений ресурс адрес, все значно спрощує. Бо основна проблема IPv4 крилася в економії адрес, а тепер і в їх повному вичерпанні. (Правда, у 1980-х роках IPv4 теж вважався з невичерпною кількістю адрес :-))  
Зокрема, запас адрес дозволить в разі невдалого поточного принципу їх використання легко перейти на інший.

В IPv6 немає необхідності в NAT.

### Запис адреси в IPv6

16 октетів адреси IPv6 для десяткової точкової форми мали б незручний громіздкий вигляд і він не використовується. В IPv6 використовується більш лаконічний запис, наприклад, ось типова адреса:

2001 : 05e3 : b11f : 00ca : d6b8 : ca9a : 7cc2 : 5d5a

Отже значення розбиваються символами **:** на 8 груп по 2 октети, октети записуються цифрами 16-ї системи числення (символи : записані через пропуски лише для зручності).

#### Прийняті особливості запису в IPv6

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | Ведучі нулі у групі можуть пропускатися. Так наведена вище адреса може бути скорочена: 2001:5e3:b11f :ca:d6b8:ca9a:7cc2:5d5a |
| 2 | Якщо група складається із нулів, -вона може бути пропущена, і на її місці має бути :: . Також всі підряд нульові групи заміщаються одним скороченням :: і таке :: може бути лише одне на всю групу. Наприклад, 2001:: -всі групи після першої із нулів, або ::5d39 -всі групи, крім останньої, із нулів |
| 3 | Розмір у бітах префікса адреси, як і в IPv4, записується після адреси через слеш:   2001:05e3:b11f:00ca:d6b8:ca9a:7cc2:5d5a**/64** |
| 4 | В URL-адресах значення IP-адреси IPv6 береться в []:     http://[2001::5d5a] |
| 5 | Аналог адреси 0.0.0.0 в IPv4 може бути в IPv6 записана так: **::** |
| 6 | *loopback* адреса (аналог 127.0.0.1) позначається так:    **::1** |
| 7 | Прямий аналог адреси IPv4 хх.хх.хх.хх в десятковій точковій формі записується так:     **::хх.хх.хх.хх** Для таких адрес префікс /96 . |

### Структура адреси IPv6

128 біт розбиті на такі поля:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ПРЕФІКС (номер мережі) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ІНТЕРФЕЙСИ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| gggg | | | | **:** | pppp | | | | **:** | pppp | | | | **:** | pppp | | | | **:** | aaaa | | | | **:** | aaaa | | | | **:** | aaaa | | | | **:** | aaaa | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Тип адреси | | | | | Дані провайдера (адреса провайдера) | | | | | | | | | | | | | | | Ідентифікатор інтерфейсу (типово за основу береться MAC-адреса) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Тут для зручності 8 груп адреси представлені як gggg : pppp : pppp : pppp : aaaa : aaaa : aaaa : aaaa , де на місці *g*, *p* та *a* може бути будь-яка 16-ва цифра.

Перша група (на схемі gggg) задає тип адреси. Значення, які достатньо пам'ятати:

|  |  |
| --- | --- |
| **Значення gggg** | **Яка це адреса** |
| **2001** | реальна (глобальна) адреса, має оброблятися всіма маршрутизаторами |
| **2002** | реальна (глобальна) адреса, яка отримана з адреси IPv4, і призначена для проходження (тунелювання) через підмережі (провайдерів), що не підтримують IPv6. Формат таких адрес:  **2002:pppp:pppp::/48** , де замість ***p*** мають бути відповідні 16-ні цифри чотирьох байтів IPv4 адреси. Тобто на місці даних провайдера (*pppp:pppp:pppp*) і підставляються 4 байти IPv4 адреси, а наступні 2 байти із нулів (*pppp:pppp:0000*). Наприклад, адреса 92.11.1.1 в IPv6 буде такою:  2002:5c0b:101::/48 |
| **fe80 - febf** | адреса первинної мережі (типово fe80), пакети з такою 1-ю групою не повинні попадати в глобальний трафік |
| **ff***xx* | широкомовна адреса (*хх* - будь-які цифри) |

#### Поточні особливості використання та розподілу адресного пулу IPv6

1. Блоки адрес виділяються з такими префіксами: /48, /64. Тобто зразу досить великими мережами (блоками адрес) з метою спрощення міграції у майбутньому. Для підмережі (маршрутизатору) присвоюється адреса з префіксом /48, а хостам підмережі з префіксом /64.
2. Динаміка переходу за роками:

|  |  |
| --- | --- |
| 2018 | 22% користувачів Google вже заходять на ресурси з адресами IPv6.  Лідерами є США (49%) та Індія (46%). |

1. Є критика IPv6 (в першу чергу - незручний для маршрутизації мобільних користувачів) та є думки про його взагалі безперспективність (див. розділ [*“Альтернативи адресації IPv6”*](#_2grqrue)).

*Дивіться про IPv6 у* [Wikipedia](http://uk.wikipedia.org/wiki/IPv6).

[Тест роботи і швидкосі з'єднання](http://ipv6-test.com/) *з використанням IPv6*

# Утиліти ОС, пов'язані з IP-адресацією

Як мінімум, потрібно вміти користуватися утилітами (командами) *ipconfig*, *ping* та *tracert* (в MS Windows, або аналогічними для Unix/Linux).

## ipconfig

Утиліта командного процесора ***ipconfig*** відображає конфігурацію IP-адресації хоста.  
Ось скорочений лістінг запуску утиліти:

|  |
| --- |
| **d:\>ipconfig** Windows IP Configuration  Ethernet adapter Пiдключення через локальну мережу:     Connection-specific DNS Suffix  . :     Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::ddfb:f58d:3468:5be3%11    IPv4 Address. . . . . . . . . . . : 192.168.0.100    Subnet Mask . . . . . . . . . . . : 255.255.255.0    Default Gateway . . . . . . . . . : 192.168.0.11  Wireless LAN adapter Безпроводове мережне пiдключення:     Media State . . . . . . . . . . . : Media disconnected    Connection-specific DNS Suffix  . :   Tunnel adapter isatap.{B36310C6-421A-428A-A4A0-71A9F398DF21}:     Media State . . . . . . . . . . . : Media disconnected    Connection-specific DNS Suffix  . : |

Утиліта дає інформацію по всім підключенням, зокрема,  щодо провідного підключення Ethernet маємо:

IPv4 адреса:                       192.168.0.100  
маска підмережі:               255.255.255.0  
шлюз за умовчанням:    192.168.0.11  
IPv6 адреса:                    fe80::ddfb:f58d:3468:5be3

Потрібно пам'ятати, що комп'ютер може мати скільки завгодно IP-адрес (по кожному підключенню (безпровідне, кабельне, мобільне тощо) буде своя адреса, яку присвоїть відповідний провайдер). Так шлюз в мережі повинен мати по адресі в кожній мережі, з якою він зв'язаний (це вже буде мінімум 2 адреси - у "своїй" мережі і в яку має вихід).  
  
Утиліта має багато опцій, з якими потрібно самостійно познайомитися через підказку:

**ipconfig /?**

Аналогом *ipconfig* в Linux є команда *ip*.

## ping

Утиліта дозволяє встановити існування певної IP-адреси, відсилкою до неї певної кількості луна-пакетів (Echo-Request). Вузол-адресат має дати відповідь на кожний отриманий луна-пакет. Відсутність відповіді означає або відсутність адреси, або неможливість дати відповідь (перевантаженість, відключенням луна-пакетів на сервері тощо).

Додатково по IP-адресі можна встановити [доменне ім'я](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B5_%D1%96%D0%BC%27%D1%8F) (hostname), якщо таке є у адреси.Рівно і як по доменному імені його IP-адресу.

Командний рядок утиліти ***ping*** (можна отримати по ping /?):

|  |
| --- |
| Usage: ping [-t] [-a] [-n count] [-l size] [-f] [-i TTL] [-v TOS]             [-r count] [-s count] [[-j host-list] | [-k host-list]]             [-w timeout] [-R] [-S srcaddr] [-4] [-6] target\_name  Options:     -t             Ping the specified host until stopped.                    To see statistics and continue - type Control-Break;                    To stop - type Control-C.     -a             Resolve addresses to hostnames.     -n count       Number of echo requests to send.     -l size        Send buffer size.     -f             Set Don't Fragment flag in packet (IPv4-only).     -i TTL         Time To Live.     -v TOS         Type Of Service (IPv4-only. This setting has been deprecated                    and has no effect on the type of service field in the IP Header).     -r count       Record route for count hops (IPv4-only).     -s count       Timestamp for count hops (IPv4-only).     -j host-list   Loose source route along host-list (IPv4-only).     -k host-list   Strict source route along host-list (IPv4-only).     -w timeout     Timeout in milliseconds to wait for each reply.     -R             Use routing header to test reverse route also (IPv6-only).      -S srcaddr     Source address to use.     -4             Force using IPv4.     -6             Force using IPv6. |

Адреса вузла може бути задана як числова так і доменна.  
Утиліта виставляє тайм-аут на відповідь "пінгуємої"  адреси. Якщо цього значення за умовчанням виявиться мало, то опцією -w можна задати новий тайм-аут (як у прикладі 30 секунд):

ping -w 30000 univ.kiev.ua

Ось результат пінгування адреси univ.kiev.ua:

|  |
| --- |
| d:\>ping univ.kiev.ua  Pinging univ.kiev.ua [91.202.128.71] with 32 bytes of data: Reply from 91.202.128.71: bytes=32 time=2ms TTL=58 Reply from 91.202.128.71: bytes=32 time=1ms TTL=58 Reply from 91.202.128.71: bytes=32 time=1ms TTL=58 Reply from 91.202.128.71: bytes=32 time=1ms TTL=58  Ping statistics for 91.202.128.71:     Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss), Approximate round trip times in milli-seconds:     Minimum = 1ms, Maximum = 2ms, Average = 1ms |

Опція *-t* встановлює режим постійного пінгування, опція *-l* задає розмір пінг-пакета (повинен бути меншим за 1500 байт). За допомогою таких опцій команда *ping* часто використовується для кібератак. Наприклад:

ping -t -l 1400 *адреса\_вузла*

запущена з декількох тисяч вузлів (наприклад, бот-мережі = [ботнет](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%B5%D1%82), навіть без відома власників комп'ютерів) здатна "покласти" будь-який мережевий ресурс. Це одна із самих простих в реалізації [DDoS/DoS](http://uk.wikipedia.org/wiki/DoS-%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B0)-атак. Є поширеною практикою не відповідати на пінги (як захисний механізм, але адреса приймати їх буде все одно!), тому відсутність позитивного пінгування ще не означає відсутність реального ресурсу. Так у браузері адреса буде відкриватися, а для пінгів - нібито як відсутня.  
  
В експерименті з пінгуванням для досягнення відчутного навантаження на мережеве з'єднання певного хоста потрібно запустити на атакуючому вузлі значну кількість утиліт ping. Це зручно зробити у вікні командного рядка введенням такого рядка:

for /L %j in (1,1,50) do start ping -t -l 30000 адреса\_вузла

В наведеному прикладі на паралельне виконання запускається 50 команд ping -t -l 30000 адреса\_вузла. Кожна така команда буде запускатися в окремому екземплярі командного рядка і, маючи параметр -t, працюватиме постійно. (Якщо наведений вище цикл запускати в окремому командному файлі (з розширенням .bat чи .cmd), то змінну циклу %j потрібно задавати з двома знаками %: %%j.) Щоб не закривати вручну всі такі вікна, можливо, є сенс запускати утиліту не з параметром -t, а з -n (тобто виконати задану кількість пінгів, після цього завершиться утиліта із автоматичним закриттям вікна екземпляру командного рядка):

ping -n 500 -l 60000 адреса\_вузла

Аналогом *ping* в Linux є така ж команда *ping* (до речі, з Unix вона і пішла світом).

*Про* ***ping*** *у* [Wikipedia](http://uk.wikipedia.org/wiki/Ping)

## tracert

Утиліта дозволяє побачити маршрут проходження пакету до заданого адресою (IP чи доменна) вузла. Враховуючи, що профіль TCP/IP використовується в дейтаграмних пакетних мережах, що означає індивідуальну маршрутизацію кожного пакета (дейтаграми). Тому два запуски підряд *tracert* можуть відрізнятися маршрутами! Утиліта використовує [хоп](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%BE%D0%BF_%28%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%29)-метрику мережі, в якій проходження вузла (тут буде маршрутизатора) = 1 хопу. Отже результатом буде відстань в хопах до вказаної адреси та адреса кожного хопа (стрибка) і час очікування хопа.  
  
Командний рядок утиліти *tracert*:

|  |
| --- |
| Usage: tracert [-d] [-h maximum\_hops] [-j host-list] [-w timeout]                 [-R] [-S srcaddr] [-4] [-6] target\_name  Options:     -d                 Do not resolve addresses to hostnames.     -h maximum\_hops    Maximum number of hops to search for target.     -j host-list       Loose source route along host-list (IPv4-only).     -w timeout         Wait timeout milliseconds for each reply.     -R                 Trace round-trip path (IPv6-only).     -S srcaddr         Source address to use (IPv6-only).     -4                 Force using IPv4.     -6                 Force using IPv6. |

Опція *-h* може задавати максимальну кількість хопів, які буде чекати утиліта. Річ у тому, що дейтаграма може "заблудитися" (попасти в цикл із декількох роутерів), і очікування завершення встановлення маршруту до цільової адреси може бути непредсказуємим.

Зазвичай, хопів буває менше ніж 30 за умовчанням.

Опція -w регулює час очікування кожного хопу.

Ось трасування адреси google.com.ua:

|  |
| --- |
| d:\trace google.com.ua  Tracing route to google.com.ua [74.125.232.216] over a maximum of 30 hops:    1    <1 ms    <1 ms    <1 ms  192.168.0.11    2    <1 ms    <1 ms    <1 ms  10.20.5.1    3     1 ms     2 ms     1 ms  gate.access.net.ua [195.3.158.9]    4     2 ms     1 ms     2 ms  UA-9816-vl3.bg.net.ua [193.227.206.46]    5     1 ms     1 ms     1 ms  united-bg.bg.net.ua [193.111.9.121]    6     5 ms     1 ms     1 ms  adamant-10G-gw.ix.net.ua [195.35.65.223]    7     1 ms     2 ms     2 ms  google-adamant.adamant.ua [212.26.128.246]    8    25 ms    26 ms    25 ms  72.14.239.14    9    26 ms    25 ms    25 ms  216.239.46.88   10    25 ms    25 ms    26 ms  bud01s08-in-f24.1e100.net [74.125.232.216]   Trace complete. |

А ось та ж доменна адреса google.com.ua через деякий час:

|  |
| --- |
| d:\trace google.com.ua  Tracing route to google.com.ua [173.194.70.94] over a maximum of 30 hops:    1    <1 ms    <1 ms     1 ms  192.168.0.11    2     1 ms    <1 ms    <1 ms  10.20.5.1    3     1 ms    <1 ms    <1 ms  gate.access.net.ua [195.3.158.9]    4     2 ms     2 ms     2 ms  UA-9816-vl3.bg.net.ua [193.227.206.46]    5     1 ms     2 ms     3 ms  united-bg.bg.net.ua [193.111.9.121]    6     2 ms     1 ms     2 ms  adamant-10G-gw.ix.net.ua [195.35.65.223]    7     1 ms     2 ms     1 ms  google-adamant.adamant.ua [212.26.128.246]    8    26 ms     3 ms     2 ms  209.85.241.55    9    26 ms    38 ms    25 ms  66.249.94.139   10    40 ms    39 ms    32 ms  64.233.175.213   11    39 ms    42 ms    39 ms  209.85.254.116   12     \*       40 ms     \*     72.14.236.68   13    38 ms    38 ms    40 ms  209.85.254.112   14     \*        \*       39 ms  fa-in-f94.1e100.net [173.194.70.94]   Trace complete. |

Як бачимо, навіть IP-адреса змінилася, відповідно і маршрут (проте маршрут може змінюватися і без зміни IPадреси!). Це пов'язано з тим, що великі портали виконують балансування навантаження, перенаправляючи запити на різні сервери, але для користувачів це все google.com.ua .

Аналогом *tracert* в Linux є команда *traceroute*.

# Альтернативи адресації IPv6

IPv6 зовсім не є безальтернативною. Опосередкованим свідоцтвом тому є і повільний перехід на неї. Більше того, починають вважати, що наявний варіант IPv6 вже навіть застарів. Основний недолік вважається у статичності маршрутизації, яка є незручною при динамічному переміщенні хостів. І критика підкріпляється альтернативними пропозиціями.

## Named Data Networking (NDN)

В [NDN-архітектурі](https://en.wikipedia.org/wiki/Named_data_networking) (заявлена в 2014 р.) пропонується робити адресу більш осмисленою з ієрархією даних. Наприклад, адреса ресурсу з дистрибутом Linux:

/os/linux/linuxmint/803/67/12

Маршрутизація (топологія мереж), відповідно, буде деревовидною і менш хаотичною топологією порівняно з довільною мережевою.

## Recursive InterNetwork Architecture (RINA)

В [RINA](https://en.wikipedia.org/wiki/Recursive_Internetwork_Architecture) для адресації потрібно використовувати назву адресата, яка не змінюється при переміщеннях в Internet. Мережа є набір прошарків (DIF) з однакових протоколів:

*DIF\_офіс* → *DIF\_провайдер1* → *DIF\_провайдер2*  → … → *DIF\_провайдерN*

Кожний прошарок більший за масштабом за попередній.

# Контрольні питання для самоперевірки

1. Яка локальна IP-адреса комп’ютера?
2. Яка глобальна IP-адреса комп’ютера?
3. Яка поточна швидкість з хостом в *Копенгагені*?
4. Виписати всі IPv4 адреси мережі ***184.4.96.90/255.255.255.240*** .
5. Скоротити IPv6 адресу *2002:0003:b100:000a:06b8:c00a:0002:5000 .*
6. Записати IPv6 адресу *2002:0003::5000* в URL-посиланні.
7. Записати IPv4 адресу *10.0.253.11* у форматі IPv6.
8. Записати IPv4 адресу *105.0.253.11* у форматі IPv6.
9. Що можна сказати про адресу IPv4 *10.40.253.211* ?
10. Що можна сказати про адресу IPv6 *fe80:0003::5000* ?
11. Для первинної мережі потрібний пул не більше ніж *64* адрес в мережі *10.h.h.h* . Запропонуйте варіант такої мережі (тобто *адреса/маска*).
12. Знайти IP-адресу ресурсу *tv.net.ua* .
13. Пропінгувати сусідній комп’ютер з 5% його завантаження; визначити параметри атаки (розмір пакета, кількість атакуючих вузлів).
14. Як на протязі 5-10 запусків tracert змінювався маршрут до *tv.net.ua* ?