

Лабораторна робота 12

ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ІР-ПІДМЕРЕЖ ВЕРСІЇ 4

Мета заняття: ознайомитися із загальними принципами організації ІР-підмереж при застосуванні ІР-адресації версії 4; ознайомитися з методиками розбиття ІР-мереж на підмережі, методиками розрахунків параметрів мереж/підмереж та методиками агрегації мереж/підмереж; отримати практичні навички аналізу, визначення та розрахунку параметрів підмереж.

Теоретичні відомості

Загальні принципи організації ІР-підмереж

Структурно ІР-адреса версії 4 складається з двох частин: ІР-адреси (номера, ідентифікатора) мережі, до якої належить вузол та ІР-адреси (номера, ідентифікатора) вузла в цій мережі. Поділ ІР-адреси версії 4 на частини здійснюється з використанням класового і безкласового підходів (класової і безкласової адресації). Структура ІР-адреси версії 4 для класового підходу наведена на рис. 1, а, для безкласового підходу – на рис. 1, б.

32 біти



а)

32 біти



б)

Рис. 1. Структура ІР-адреси версії 4: а) класовий підхід; б) безкласовий підхід

Для аналізу та розрахунку параметрів ІР-мережі за умови застосування класової ІР-адресації користуються залежностями, що описують довжини ІР-адреси та префікса у загальному вигляді:

$$N + H = 32 \text{ біти,}$$

$$P = N,$$

де N – кількість бітів, які виділені для адресації ІР-мережі (номера мережі), для класів А, В, С це значення дорівнює 8, 16, 24 біти відповідно;

H – кількість бітів, які виділені для адресації вузлів мережі (номерів вузлів) для класів А, В, С це значення дорівнює 24, 16, 8 бітів відповідно;

P – кількість бітів класового префікса, для класів А, В, С це значення дорівнює 8, 16, 24 бітів відповідно.

Для аналізу та розрахунку параметрів IP-мережі за умови застосування безкласової IP-адресації користуються залежностями, що описують довжини IP-адреси та префікса у загальному вигляді:

$$N + H = 32 \text{ біти,}$$

$$P = N,$$

$$0 \leq N \leq 32 \text{ біти,}$$

$$0 \leq H \leq 32 \text{ біти,}$$

$$0 \leq P \leq 32 \text{ біти,}$$

де N – кількість бітів, які виділені для адресації IP-мережі (номера мережі);

H – кількість бітів, які виділені для адресації вузлів мережі (номерів вузлів);

P – кількість бітів, які виділені для формування безкласового префікса мережі.

Граничні значення параметрів N , H , P мають спеціальне тлумачення. Зокрема, це стосується значень 0, 31, 32.

Поєднання класового і безкласового підходів дає можливість розбивати класову IP-мережу (Classful IP-Network) на підмережі. Структура IP-адреси версії 4 за умови розбиття класової IP-мережі на IP-підмережі (IP-Subnet) наведена на рис. 2.

32 біти

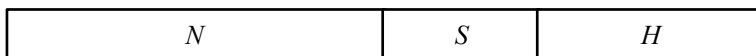


Рис. 2. Структура IP-адреси мережі версії 4 .
за умови розбиття класової IP-мережі на підмережі

Залежності, що описують довжину IP-адреси та префіксу у загальному вигляді (за умови застосування як базової класової мережі та підмереж) наведені нижче.

$$N + S + H = 32 \text{ біти,}$$

$$P = N + S,$$

$$P + H = 32 \text{ біти,}$$

де N – кількість бітів, які виділені для адресації IP-мережі (номера мережі), для IP-мереж класів А, В, С це значення дорівнює 8, 16, 24 біти відповідно;

S – кількість бітів, які виділені для адресації IP-підмереж (номерів підмереж) ;

H – кількість бітів, які виділені для адресації IP-вузлів (номерів вузлів);

P – кількість бітів, які виділені для формування префікса IP-підмережі.

Необхідно зазначити, що для розрахунків параметрів IP-підмереж класової IP-мережі обов'язково (явно чи неявно) повинні бути відомі два з чотирьох параметрів N, S, H, P .

Розбиття безкласових IP-мереж (Classless IP-Network) на підмережі проводиться аналогічно розбиттю класових IP-мереж. Відмінності полягають лише у тому, що замість поняття кількості бітів N , що зазначають номер мережі, вводиться поняття CIDR-префікса (CIDR-Prefix, Classless Inter-Domain Routing Prefix). CIDR-префікс також вказує, яка кількість бітів IP-адреси є номером IP-мережі. Аналогом CIDR-префікса є CIDR-маска.

Залежності, що описують довжини IP-адреси, CIDR-префіксу та префіксу підмережі у загальному вигляді (за умови застосування як базової безкласової IP-мережі та IP-підмереж) наведені нижче.

$$C + S + H = 32 \text{ біти,}$$

$$P = C + S, P \geq C,$$

$$P + H = 32 \text{ біти,}$$

де C – кількість бітів, які виділені для адресації IP-мережі (номер мережі, CIDR-префікс), може набувати значень від 0 до 32, практично граничні значення не застосовуються;

S – кількість бітів, які виділені для адресації IP-підмереж (номерів підмереж);

H – кількість бітів, які виділені для адресації IP-вузлів (номерів вузлів);

P – кількість бітів, які виділені для формування префікса IP-підмережі.

Необхідно зазначити, що базову безкласову IP-мережу, яка містить набір IP-підмереж, досить часто позначають терміном «супер-мережа» (IP-Supernet)

Приклади розрахунку

Завдання 1.

Для заданої IP-адреси мережі 176.88.0.0 та маски 255.255.240.0 визначити кількість IP-підмереж, що входять у дану IP-мережу, та кількість вузлів (IP-адрес вузлів) однієї підмережі.

Розв'язання.

Як відомо, за умови використання підмереж застосовуються залежності, які описують довжини IP-адреси та префіксу у загальному вигляді:

$$N + S + H = 32 \text{ біти,}$$

$$P = N + S,$$

$$P + H = 32 \text{ біти,}$$

де N – кількість бітів, які виділені для адресації IP-мережі (номер мережі, класовий префікс), для класів А, В, С це значення дорівнює 8, 16, 24 біти відповідно;

S – кількість бітів, які виділені для адресації підмереж (номерів підмереж);

H – кількість бітів, які виділені для адресації вузлів (номерів вузлів);

P – кількість бітів, які виділені для формування префікса підмережі.

Наведена в умові задачі адреса 176.88.0.0 належить до класу В, тому для адресації мережі виділяється $N = 16$ бітів.

За таблицею відповідностей масок і префіксів (або шляхом розрахунку) можна визначити префікс. У нашому випадку масці 255.255.240.0 відповідає префікс /20, тобто, $P = 20$ бітів.

Знаючи кількість бітів префікса підмережі P , можна визначити кількість бітів S , що виділяються для адресації підмереж, та кількість бітів H , що виділяються для адресації вузлів, як:

$$S = P - N,$$

$$H = 32 - P.$$

Для нашого випадку $P = 20$ бітів, отже:

$$S = 20 - 16 = 4 \text{ біти,}$$

$$H = 32 - 20 = 12 \text{ бітів.}$$

Кількість підмереж розраховується за формулою:

$$K_{\text{підмереж}} = 2^{P-N} \text{ або } K_{\text{підмереж}} = 2^S.$$

Кількість вузлів (IP-адрес вузлів) однієї підмережі розраховується за формулою:

$$K_{\text{вузлів}} = 2^{(32-P)} - 2 \text{ або } K_{\text{вузлів}} = 2^H - 2.$$

Як результат маємо:

$$K_{\text{підмереж}} = 2^4 = 16.$$

$$K_{\text{вузлів}} = 2^{12} - 2 = 4096 - 2 = 4094.$$

Завдання 2.

IP-мережу 192.15.1.0 необхідно розбити на 8 однакових підмереж, у кожній з яких застосовується максимальна кількість вузлів. Визначити префікс та маску підмережі, кількість вузлів (IP-адрес вузлів), які входять в одну підмережу та загальну кількість вузлів (IP-адрес вузлів) у всіх підмережах.

Розв'язання.

Як відомо, за умови використання підмереж застосовуються залежності, які описують довжини IP-адреси та префіксу у загальному вигляді

$$N + S + H = 32 \text{ біти,}$$

$$P = N + S,$$

$$P + H = 32 \text{ біти,}$$

де N – кількість бітів, які виділені для адресації IP-мережі (номер мережі, класовий префікс), дорівнює 8 для класу А, 16 для класу В, 24 для класу С;

S – кількість бітів, які виділені для адресації підмереж (номерів підмереж);

H – кількість бітів, які виділені для адресації вузлів (номерів вузлів);

P – кількість бітів, які виділені для формування префікса підмережі.

Наведена в умові задачі IP-адреса 192.15.1.0 належить до класу С, тому для адресації мережі виділяється $N = 24$ біти.

Для визначення значення S при відомій кількості підмереж $K_{\text{підмереж}} = 8$ необхідно скористатися наступним підходом.

Формується число Y вигляду:

$$Y = K_{\text{підмереж}} - 1.$$

Для умов задачі число Y дорівнює:

$$Y = 8 - 1 = 7.$$

Отримане число Y переводиться з десяткової у двійкову систему числення:

$$Y_{10} \rightarrow Y_2$$

Тобто:

$$7_{10} = 111_2.$$

Кількість бітів у даному числі $S = 3$ і саме вони використовуються для нумерації підмереж.

Оскільки, на даному етапі відомі значення кількості бітів, які виділені для адресації мережі N та кількості бітів, які виділені для адресації підмереж S , то можна визначити префікс підмережі, як:

$$P = N + S,$$

Для нашого випадку $N = 24$, $S = 3$:

$$P = N + S = 24 + 3 = 27 \text{ бітів.}$$

Префіксу /27 відповідає маска 255.255.255.224.

Також можна визначити кількість бітів, які виділяються для адресації вузлів H , як:

$$H = 32 - N - S,$$

Для нашого випадку $N = 24$ бітів, $S = 3$ бітів:

$$H = 32 - 24 - 3 = 5 \text{ бітів.}$$

Кількість вузлів однієї підмережі розраховується за формулою:

$$K_{\text{вузлів}} = 2^H - 2.$$

Як результат маємо:

$$K_{\text{вузлів}} = 2^5 - 2 = 32 - 2 = 30.$$

Оскільки відома кількість підмереж та кількість вузлів однієї підмережі, то загальна кількість вузлів у всіх підмережах розраховується як:

$$K_{\text{вузлів загальна}} = K_{\text{вузлів}} \times K_{\text{підмереж}}.$$

Як результат маємо:

$$K_{\text{вузлів загальна}} = 30 \times 8 = 240.$$

Завдання 3.

IP-мережу 172.16.0.0 необхідно розбити на підмережі, у кожній з них функціонує 480 вузлів. Визначити префікс та маску підмережі, кількість підмереж, точну кількість вузлів (IP-адрес вузлів), які входять в одну підмережу та загальну кількість вузлів (IP-адрес вузлів) у всіх підмережах.

Розв'язання.

Як відомо, за умови використання підмереж застосовуються залежності, які описують довжини IP-адреси та префіксу у загальному вигляді:

$$N + S + H = 32 \text{ біти,}$$

$$P = N + S,$$

$$P + H = 32 \text{ біти,}$$

де N – кількість бітів, які виділені для адресації мережі (номер мережі, класовий префікс), дорівнює 8 для класу А, 16 для класу В, 24 для класу С;

S – кількість бітів, які виділені для адресації підмереж (номерів підмереж);

H – кількість бітів, які виділені для адресації вузлів (номерів вузлів);

P – кількість бітів, які виділені для формування префікса підмережі.

Наведена в умові задачі адреса 172.16.0.0 належить до класу В, тому для адресації мережі виділяється $N = 16$ бітів.

З умови відоме значення кількості вузлів. Це дає змогу визначити значення H . Для визначення H формується число X вигляду:

$$X = K_{\text{вузлів}} + 2 - 1.$$

Для умов задачі число X дорівнює:

$$X = 480 + 2 - 1 = 481.$$

Отримане число X переводиться з десяткової у двійкову систему числення:

$$X_{10} \rightarrow X_2.$$

Тобто:

$$481_{10} = 111100001_2$$

Кількість бітів у даному числі $H = 9$ і саме вони використовуються для нумерації вузлів.

Знаючи кількість бітів N , що виділяються для адресації мережі, кількість бітів H , що виділяються для адресації вузлів, можна визначити кількість бітів S , що виділяються для адресації підмереж:

$$S = 32 - N - H,$$

Для нашого випадку $N = 16$ бітів, $H = 9$ бітів:

$$S = 32 - 16 - 9 = 7 \text{ бітів.}$$

Префікс підмережі визначається як:

$$P = 32 - H.$$

Для нашого випадку $H = 9$ бітів.

Отже,:

$$P = 32 - 9 = 23 \text{ біти.}$$

Префікс відповідно має вигляд $-/23$.

Знаючи префікс, маску підмережі можна визначити за таблицею відповідностей або шляхом розрахунку. У нашому випадку префіксу $/23$ відповідає маска 255.255.254.0

Кількість підмереж розраховується за формулою:

$$K_{\text{підмереж}} = 2^{P-N} \text{ або } K_{\text{підмереж}} = 2^S.$$

Точна кількість вузлів (IP-адрес вузлів) однієї підмережі розраховується за формулою:

$$K_{\text{вузлів}} = 2^{(32-P)} - 2 \text{ або } K_{\text{вузлів}} = 2^H - 2.$$

Як результат маємо:

$$K_{\text{підмереж}} = 2^7 = 128.$$

$$K_{\text{вузлів}} = 2^9 - 2 = 512 - 2 = 510.$$

Оскільки відома кількість підмереж та кількість вузлів однієї підмережі, то загальна кількість вузлів у всіх підмережах розраховується як:

$$K_{\text{вузлів загальна}} = K_{\text{підмереж}} \times K_{\text{вузлів}}.$$

Як результат маємо:

$$K_{\text{вузлів загальна}} = 128 \times 510 = 65280.$$

Завдання 4.

IP-мережа 192.0.0.0 розбивається на підмережі з використанням методу CIDR за умови, що CIDR-маска дорівнює 240.0.0.0, а маска підмережі 255.192.0.0. Визначити CIDR-префікс та префікс підмережі, кількість IP-підмереж, кількість вузлів (IP-адрес вузлів), які входять в одну підмережу та загальну кількість вузлів (IP-адрес вузлів) у всіх підмережах.

Розв'язання.

Як відомо, при використанні методу CIDR для поділу мережі на підмережі використовуються наступні залежності, які описують довжини IP-адреси, CIDR-префіксу та префіксу підмережі у загальному вигляді:

$$C + S + H = 32 \text{ біти,}$$

$$P = C + S, P \geq C,$$

$$P + H = 32 \text{ біти,}$$

де C – кількість бітів, які виділені для адресації мережі (номер мережі, CIDR-префікс);

S – кількість бітів, які виділені для адресації підмереж (номерів підмереж);

H – кількість бітів, які виділені для адресації вузлів (номерів вузлів);

P – кількість бітів, які виділені для формування префікса підмережі.

CIDR-префікс та префікс підмережі можна визначити за таблицею відповідностей або шляхом розрахунку. У нашому випадку масці CIDR 240.0.0.0 відповідає CIDR-префікс /4, а масці підмережі 255.192.0.0 відповідає префікс підмережі /10. Тобто, $C = 4$ біти та $P = 10$ бітів.

Знаючи кількість бітів CIDR-префікса C та префікса підмережі P , можна визначити кількість бітів S , які виділяються для адресації підмереж, та кількість бітів H , які виділяються для адресації вузлів, як:

$$S = P - C,$$

$$H = 32 - P.$$

Для нашого випадку $P = 10$ бітів, $C = 4$ біти, отже:

$$S = 10 - 4 = 6 \text{ бітів,}$$

$$H = 32 - 10 = 22 \text{ біти.}$$

Кількість підмереж розраховується за формулою:

$$K_{\text{підмереж}} = 2^{P-C} \text{ або } K_{\text{підмереж}} = 2^S.$$

Кількість вузлів (IP-адрес вузлів) однієї підмережі розраховується за формулою:

$$K_{\text{вузлів}} = 2^{(32-P)} - 2 \text{ або } K_{\text{вузлів}} = 2^H - 2.$$

Як результат маємо:

$$K_{\text{підмереж}} = 2^6 = 64.$$

$$K_{\text{вузлів}} = 2^{22} - 2 = 4194304 - 2 = 4194302.$$

Оскільки відома кількість підмереж та кількість вузлів однієї підмережі, то загальна кількість вузлів у всіх підмережах розраховується як:

$$K_{\text{вузлів загальна}} = K_{\text{підмереж}} \times K_{\text{вузлів}}.$$

Як результат маємо:

$$K_{\text{вузлів загальна}} = 64 \times 4194302 = 268435328.$$

Завдання 5.

IP-мережу 176.88.0.0 розбити на підмережі, у кожній з яких функціонує 1000 вузлів. Для кожної з підмереж визначити такі параметри: IP-адресу підмережі, мінімальну і максимальну IP-адреси діапазону, що можуть використовуватися для адресації вузлів; широкотовну IP-адресу; префікс та маску підмережі.

Розв'язання.

Як відомо, при використанні підмереж використовуються наступні залежності, які описують довжини IP-адреси та префіксу у загальному вигляді:

$$N + S + H = 32 \text{ біти,}$$

$$P = N + S,$$

$$P + H = 32 \text{ біти,}$$

де N – кількість бітів, які виділені для адресації мережі (номер мережі, класовий префікс), дорівнює 8 для класу А, 16 для класу В, 24 для класу С;

S – кількість бітів, які виділені для адресації підмереж (номерів підмереж);

H – кількість бітів, які виділені для адресації вузлів (номерів вузлів);

P – кількість бітів, які виділені для формування префікса підмережі.

Наведена в умові задачі адреса 176.88.0.0 належить до класу В, тому для адресації мережі виділяється $N = 16$ бітів.

Для визначення значення H формується число X вигляду

$$X = K_{\text{вузлів}} + 2 - 1.$$

Для умов задачі число X дорівнює

$$X = 1000 + 2 - 1 = 1001.$$

Отримане число X переводиться з десяткової у двійкову систему числення

$$X_{10} \rightarrow X_2.$$

Тобто,

$$1001_{10} = 1111101001_2$$

Кількість бітів у даному числі $H = 10$ і саме вони використовуються для нумерації вузлів.

Кількість бітів, які виділяються для нумерації підмереж розраховується як

$$S = 32 - N - H.$$

Для нашого випадку $N = 16$, $H = 10$

$$S = 32 - 16 - 10 = 6 \text{ бітів.}$$

Кількість бітів, які виділяються для формування префікса підмережі розраховується як

$$P = N + S.$$

Для нашого випадку $N = 16$, $S = 6$

$$P = 16 + 6 = 22 \text{ біти.}$$

Кількість підмереж розраховується за формулою:

$$K_{\text{підмереж}} = 2^{P-N} \text{ або } K_{\text{підмереж}} = 2^S.$$

Кількість вузлів (IP-адрес вузлів) однієї підмережі розраховується за формулою:

$$K_{\text{вузлів}} = 2^{(32-P)} - 2 \text{ або } K_{\text{вузлів}} = 2^H - 2.$$

Як результат маємо:

$$K_{\text{підмереж}} = 2^6 = 64.$$

$$K_{\text{вузлів}} = 2^{10} - 2 = 1024 - 2 = 1022.$$

Фактична кількість вузлів в підмережі становить 1022 вузли і перевищує зазначену в умові кількість 1000 вузлів. На практиці доводиться використовувати фактичну кількість вузлів і коригувати умови завдання.

Для поділу мережі на підмережі виконується переведення вихідної IP-адреси мережі з десяткової у двійкову системи числення. Результат переведення та структура адреси мають вигляд

$$N=16 \text{ бітів} \qquad \begin{array}{c} S=6 \\ \text{бітів} \end{array} \qquad H = 10 \text{ бітів}$$

10110000.01011000. **000000** 00.00000000

Параметри підмереж (IP-адресу підмережі, мінімальну та максимальну IP-адреси діапазону, що може використовуватися для адресації вузлів, широкомовну IP-адресу) визначаються за методикою, яка аналогічна визначенню параметрів IP-мережі.

Результати поділу та визначення параметрів підмереж у двійковій та десятковій системах числення мають вигляд

Нульова підмережа	10110000.01011000. 00000000 .00000000	176.88.0.0
	10110000.01011000. 00000000 .00000001	176.88.0.1
	10110000.01011000. 000000 11.11111110	176.88.3.254
	10110000.01011000. 000000 11.11111111	176.88.3.255
Перша підмережа	10110000.01011000. 000001 00.00000000	176.88.4.0
	10110000.01011000. 000001 00.00000001	176.88.4.1
	10110000.01011000. 000001 11.11111110	176.88.7.254
	10110000.01011000. 000001 11.11111111	176.88.7.255
Друга підмережа	10110000.01011000. 000010 00.00000000	176.88.8.0
	10110000.01011000. 000010 00.00000001	176.88.8.1
	10110000.01011000. 000010 11.11111110	176.88.11.254
	10110000.01011000. 000010 11.11111111	176.88.11.255
Третя підмережа	10110000.01011000. 000011 00.00000000	176.88.12.0
	10110000.01011000. 000011 00.00000001	176.88.12.1
	10110000.01011000. 000011 11.11111110	176.88.15.254
	10110000.01011000. 000011 11.11111111	176.88.15.255
Четверта підмережа	10110000.01011000. 000100 00.00000000	176.88.16.0
	10110000.01011000. 000100 00.00000001	176.88.16.1
	10110000.01011000. 000100 11.11111110	176.88.19.254
	10110000.01011000. 000100 11.11111111	176.88.19.255
...		
Передостання підмережа	10110000.01011000. 111110 00.00000000	176.88.248.0
	10110000.01011000. 111110 00.00000001	176.88.248.1
	10110000.01011000. 111110 11.11111110	176.88.251.254
	10110000.01011000. 111110 11.11111111	176.88.251.255
Остання підмережа	10110000.01011000. 111111 00.00000000	176.88.252.0
	10110000.01011000. 111111 00.00000001	176.88.252.1
	10110000.01011000. 111111 11.11111110	176.88.255.254
	10110000.01011000. 111111 11.11111111	176.88.255.255

Результати також можуть бути записані у такому вигляді:

Нульова підмережа	176.88.0.0 255.255.252.0	<input type="checkbox"/>	176.88.0.0 /22
Перша підмережа	176.88.4.0 255.255.252.0	<input type="checkbox"/>	176.88.4.0 /22
Друга підмережа	176.88.8.0 255.255.252.0	<input type="checkbox"/>	176.88.8.0 /22
Третя	176.88.12.0	<input type="checkbox"/>	176.88.12.0 /22

підмережа	255.255.252.0	
Четверта	176.88.16.0	<input type="checkbox"/> 176.88.16.0 /22
підмережа	255.255.252.0	
		...
Передостання	176.88.248.0	<input type="checkbox"/> 176.88.248.0 /22
підмережа	255.255.252.0	
Остання	176.88.252.0	<input type="checkbox"/> 176.88.252.0 /22
підмережа	255.255.252.0	

Результат також можна записати у загальному вигляді як
 176.88.0.0
 255.255.252.0

або

176.88.0.0 /22

Завдання 6.

IP-мережа розбивається на не менше ніж 50 підмереж, кожна з яких містить 500 вузлів. Розрахувати параметри сумарної (агрегованої) IP-адреси класової мережі та параметри IP-адрес підмереж.

Розв'язання.

За умови завдання результуюча IP-мережа є класовою. У цьому випадку необхідно скористатися наступними залежностями, що описують довжини IP-адреси та префіксу у загальному вигляді:

$$N + S + H = 32 \text{ біти,}$$

$$P = N + S,$$

$$P + H = 32 \text{ біти,}$$

де N – кількість бітів, які виділені для адресації мережі (номер мережі, класовий префікс), дорівнює 8 для класу А, 16 для класу В, 24 для класу С;

S – кількість бітів, які виділені для адресації підмереж (номерів підмереж);

H – кількість бітів, які виділені для адресації вузлів (номер вузлів);

P – кількість бітів, які виділені для формування префікса підмережі.

При відомій кількості підмереж та кількості вузлів у підмережі можна визначити значення S та H .

Для визначення значення S при відомій кількості підмереж необхідно скористатися наступним підходом.

Значення кількості підмереж $K_{\text{підмереж}} \geq 50$ фіксується як $K_{\text{підмереж}} = 50$.

Формується число Y вигляду:

$$Y = K_{\text{підмереж}} - 1.$$

Для умов задачі число Y дорівнює:

$$Y = 50 - 1 = 49.$$

Отримане число Y переводиться з десяткової у двійкову систему числення:

$$Y_{10} \rightarrow Y_2$$

Тобто:

$$49_{10} = 110001_2.$$

Кількість бітів у даному числі $S = 6$ і саме вони використовуються для нумерації вузлів.

Оскільки $K_{\text{підмереж}} \geq 50$, то значення $S \geq 6$ бітів.

Для визначення значення H формується число X вигляду:

$$X = K_{\text{вузлів}} + 2 - 1.$$

Для умов задачі число X дорівнює:

$$X = 500 + 2 - 1 = 501.$$

Отримане число X переводиться з десяткової у двійкову систему числення:

$$X_{10} \rightarrow X_2.$$

Тобто:

$$501_{10} = 111110101_2$$

Кількість бітів у даному числі $H = 9$ і саме вони використовуються для нумерації вузлів.

При застосуванні стандартних класових значень числа N можливе формування трьох варіантів структури адреси

Варіант	N , бітів	S , бітів	H , бітів
I	8	≥ 6	9
II	16	≥ 6	9
III	24	≥ 6	9

Для вибору варіанту необхідно перевірити умову:

$$N + S + H = 32 \text{ біти.}$$

Якщо сума значень N , S , H менша 32, то значення S збільшується до того моменту, доки сума дорівнюватиме 32. Такий варіант вважається таким, що підходить. Якщо ж сума значень N , S , H більша ніж 32, то даний варіант відкидається.

Для даного випадку варіанти I та II підходять, а варіант III не підходить.

Структура адрес після відкидання варіанту III та змін значень S для варіантів I та II має вигляд

Варіант	N , бітів	S , бітів	H , бітів
I	8	15	9
II	16	7	9

Надалі обирається варіант, у якому кількість підмереж має найближче значення до заданої в умові задачі.

Обираємо варіант II, оскільки кількість підмереж цього варіанту $K_{\text{підмереж}} = 2^7 = 128$ є найближчою до заданої кількості 50. За даного вибору виконується початкова умова $K_{\text{підмереж}} \geq 50$. Для варіанту II кількість вузлів становить $K_{\text{вузлів}} = 2^9 - 2 = 510$, тобто початкова умова $K_{\text{вузлів}} = 500$ також виконується.

Таким чином маємо наступний результат:

$$N = 16 \text{ бітів, } S = 7 \text{ бітів, } H = 9 \text{ бітів.}$$

$$P = N + S = 23 \text{ біти.}$$

Оскільки $N = 16$ бітів, то як IP-адресу мережі обираємо будь-яку IP-адресу класу В. Наприклад, IP-адресу 170.200.0.0. Префікс для даної мережі $P = 23$ біти записується як /23. Цьому префіксу відповідає маска 255.255.254.0.

Тобто, сумарна (агрегована адреса) мережі становить
170.200.0.0/23

Подальші розрахунки проводяться аналогічно попередньому завданню.

Завдання 7.

IP-мережа розбивається на не менше ніж 50 підмереж, кожна з яких містить 500 вузлів. Розрахувати параметри сумарної (агрегованої) IP-адреси безкласової мережі та параметри IP-адрес підмереж.

Розв'язання.

За умови завдання результуюча IP-мережа є безкласовою. У цьому випадку необхідно скористатися наступними залежностями, що описують довжини IP-адреси та префіксів у загальному вигляді:

$$C + S + H = 32 \text{ біти,}$$

$$P = C + S, P \geq C,$$

$$P + H = 32 \text{ біти,}$$

де C – кількість бітів, які виділені для адресації мережі (номер мережі, CIDR-префікс);

S – кількість бітів, які виділені для адресації підмереж (номерів підмереж);

H – кількість бітів, які виділені для адресації вузлів (номерів вузлів);

P – кількість бітів, які виділені для формування префікса підмережі.

При відомій кількості підмереж та кількості вузлів у підмережі можна визначити значення S та H .

Для визначення значення S при відомій кількості підмереж необхідно скористатися наступним підходом.

Значення кількості підмереж $K_{\text{підмереж}} \geq 50$ фіксується як $K_{\text{підмереж}} = 50$.

Формується число Y вигляду:

$$Y = K_{\text{підмереж}} - 1.$$

Для умов задачі число Y дорівнює:

$$Y = 50 - 1 = 49.$$

Отримане число Y переводиться з десяткової у двійкову систему числення:

$$Y_{10} \rightarrow Y_2$$

Тобто:

$$49_{10} = 110001_2.$$

Кількість бітів у даному числі $S = 6$ і саме вони використовуються для нумерації вузлів.

Для визначення значення H формується число X вигляду:

$$X = K_{\text{вузлів}} + 2 - 1.$$

Для умов задачі число X дорівнює:

$$X = 500 + 2 - 1 = 501.$$

Отримане число X переводиться з десяткової у двійкову систему числення:

$$X_{10} \rightarrow X_2.$$

Тобто:

$$501_{10} = 111110101_2$$

Кількість бітів у даному числі $H = 9$ і саме вони використовуються для нумерації вузлів.

Відповідно кількість бітів, що використовується для формування номера мережі розраховується як:

$$C = 32 - S - H.$$

Для нашого випадку $S = 6$, $H = 9$:

$$C = 32 - 6 - 9 = 17 \text{ бітів.}$$

Кількість бітів, які виділяються для формування префікса підмережі розраховується як:

$$P = C + S.$$

Для нашого випадку $C = 17$, $S = 6$

$$P = 17 + 6 = 23 \text{ біти.}$$

Кількість підмереж розраховується за формулою:

$$K_{\text{підмереж}} = 2^S.$$

Кількість вузлів (IP-адрес вузлів) однієї підмережі розраховується за формулою:

$$K_{\text{вузлів}} = 2^{(32-P)} - 2 \text{ або } K_{\text{вузлів}} = 2^H - 2.$$

Як результат маємо:

$$K_{\text{підмереж}} = 2^6 = 64.$$

$$K_{\text{вузлів}} = 2^9 - 2 = 512 - 2 = 510.$$

Фактична кількість підмереж становить 64 підмережі, що перевищує зазначену в умові кількість 50 підмереж. Фактична кількість вузлів в підмережі становить 510 вузлів і також перевищує зазначену в умові кількість 501 вузлів. На практиці доводиться використовувати фактичну кількість вузлів і коригувати умови завдання.

Таким чином маємо наступний результат:

$$C = 17 \text{ бітів, } S = 6 \text{ бітів, } H = 9 \text{ бітів.}$$

$$P = N + S = 23 \text{ біти.}$$

Як IP-адресу мережі обираємо адресу, біти якої розміщені саме у 17 бітах. Наприклад, IP-адресу 170.200.128.0. Значення $C = 17$ від-

повідляє CIDR-префіксу /17. Значення $P = 23$ відповідає префіксу підмережі /23. CIDR-префіксу /17 відповідає CIDR-маска 255.255.128.0. Префіксу підмережі /23 відповідає маска 255.255.254.0.

Тобто сумарна (агрегована адреса) мережі становить:

170.200.128.0/23

за умови застосування CIDR-префіксу /17.

Подальші розрахунки проводяться аналогічно попередньому завданню.

Завдання 8.

Для заданого набору IP-адрес підмереж розрахувати сумарну (агреговану) IP-адресу мережі.

140.176.156.128 / 25

140.176.143.192 / 26

140.176.129.128 / 25

140.176.135.128 / 26

140.176.156.192 / 26

Розв'язання.

Записуємо IP-адреси мереж у двійковій системі числення

10001100.10110000.10011100.10000000

10001100.10110000.10001111.11000000

10001100.10110000.10000001.10000000

10001100.10110000.10000111.10000000

10001100.10110000.10011100.11000000

Визначаємо для всіх IP-адрес загальну співпадаючу послідовність бітів:

10001100.10110000.10011100.10000000

10001100.10110000.10001111.11000000

10001100.10110000.10000001.10000000

10001100.10110000.10000111.10000000

10001100.10110000.10011100.11000000

У нашому випадку це послідовність має вигляд

10001100.10110000.100

Кількість бітів даної послідовності вказує яка кількість бітів маски дорівнюватиме 1 (або кількість бітів префікса).

Доповнюємо отриману послідовність праворуч нулям до 32 бітів. Результат у двійковій системі числення має вигляд

10001100.10110000.10000000.00000000

Цій двійковій IP-адресі відповідає десяткова IP-адреса:

140.176.128.0.

Формуємо маску:

11111111.11111111.11100000.00000000

Цій двійковій масці відповідає десяткова маска:

255.255.224.0

Сумарна IP-адреса у десятковій системі числення має вигляд:

140.176.128.0

255.255.224.0

або

140.176.128.0 / 19.

Завдання на лабораторну роботу

1. Для заданої IP-адреси мережі та маски (табл. 1) визначити кількість підмереж, які входять у дану мережу, та кількість вузлів (IP-адрес вузлів) однієї підмережі.

Таблиця 1

Параметри для розрахунку п. 1

№ варіанту	IP-адреса мережі	Маска	№ варіанту	IP-адреса мережі	Маска
1	10.0.0.0	255.128.0.0	16	35.0.0.0	255.128.0.0
2	130.20.0.0	255.255.128.0	17	135.170.0.0	255.255.128.0
3	192.10.1.0	255.255.255.128	18	197.6.60.0	255.255.255.128
4	15.0.0.0	255.192.0.0	19	40.0.0.0	255.192.0.0
5	140.50.0.0	255.255.192.0	20	145.200.0.0	255.255.192.0
6	193.2.20.0	255.255.255.192	21	198.70.7.0	255.255.255.192
7	20.0.0.0	255.224.0.0	22	45.0.0.0	255.224.0.0
8	150.80.0.0	255.255.224.0	23	155.230.0.0	255.255.224.0
9	194.30.3.0	255.255.255.224	24	199.8.80.0	255.255.255.224
10	25.0.0.0	255.240.0.0	25	50.0.0.0	255.240.0.0
11	160.110.0.0	255.255.240.0	26	165.130.0.0	255.255.240.0
12	195.4.40.0	255.255.255.240	27	200.90.9.0	255.255.255.240
13	30.0.0.0	255.248.0.0	28	55.0.0.0	255.248.0.0
14	170.140.0.0	255.255.248.0	29	175.145.0.0	255.255.248.0
15	196.50.5.0	255.255.255.248	30	201.10.10.0	255.255.255.248

2. IP-мережу необхідно розбити на однакові підмережі (табл. 2) за умови, що у кожній з них застосовується максимальна кількість вузлів. Визначити префікс та маску підмережі, кількість вузлів (IP-адрес вузлів), які входять в одну підмережу та загальну кількість вузлів (IP-адрес вузлів) у всіх підмережах.

Таблиця 2

Параметри для розрахунку п. 2

№ варіанту	IP-адреса мережі	Кількість підмереж	№ варіанту	IP-адреса мережі	Кількість підмереж
1	220.10.160.0	64	16	200.160.10.0	8
2	180.20.0.0	32	17	155.170.0.0	4
3	100.0.0.0	16	18	75.0.0.0	2
4	215.40.190.0	8	19	205.190.40.0	64
5	175.50.0.0	4	20	150.200.0.0	32

6	95.0.0.0	2	21	70.0.0.0	16
7	210.70.220.0	64	22	210.220.70.0	8
8	170.80.0.0	32	23	145.230.0.0	4
9	90.0.0.0	16	24	65.0.0.0	2
10	205.100.250.0	8	25	215.250.100.0	64
11	165.110.0.0	4	26	140.130.0.0	32
12	85.0.0.0	2	27	60.0.0.0	16
13	200.130.140.0	64	28	220.140.130.0	8
14	160.140.0.0	32	29	135.145.0.0	4
15	80.0.0.0	16	30	55.0.0.0	2

3. IP-мережу необхідно розбити на підмережі за умови, що у кожній з них функціонує задана кількість вузлів (табл. 3). Визначити префікс та маску підмережі, кількість підмереж, точну кількість вузлів (IP-адрес вузлів), які входять в одну підмережу та загальну кількість вузлів (IP-адрес вузлів) у всіх підмережах.

Таблиця 3

Параметри для розрахунку п. 3

№ варіанту	IP-адреса мережі	Кількість вузлів у підмережі	№ варіанту	IP-адреса мережі	Кількість вузлів у підмережі
1	220.10.160.0	600	16	200.160.10.0	10
2	180.20.0.0	1000	17	155.170.0.0	6000
3	100.0.0.0	5000	18	75.0.0.0	9000
4	215.40.190.0	100	19	205.190.40.0	30
5	175.50.0.0	500	20	150.200.0.0	12000
6	95.0.0.0	8000	21	70.0.0.0	12000
7	210.70.220.0	30	22	210.220.70.0	90
8	170.80.0.0	900	23	145.230.0.0	900
9	90.0.0.0	10000	24	65.0.0.0	90000
10	205.100.250.0	120	25	215.250.100.0	60
11	165.110.0.0	4000	26	140.130.0.0	3600
12	85.0.0.0	4000	27	60.0.0.0	3600
13	200.130.140.0	20	28	220.140.130.0	10
14	160.140.0.0	1500	29	135.145.0.0	16000
15	80.0.0.0	2500	30	55.0.0.0	16000

4. IP-мережа розбивається на підмережі з використанням методу CIDR за умови, що зазначена CIDR-маска та маска підмережі (табл. 4). Визначити CIDR-префікс та префікс підмережі, кількість підмереж, кількість вузлів (IP-адрес вузлів), які входять в одну підмережу та загальну кількість вузлів (IP-адрес вузлів) у всіх підмережах.

Параметри для розрахунку п. 4

№ варіанту	IP-адреса мережі	CIDR-маска	Маска підмережі
1	64.0.0.0	192.0.0.0	224.0.0.0
2	128.0.0.0	128.0.0.0	192.0.0.0
3	192.0.0.0	255.224.0.0	255.240.0.0
4	64.0.0.0	192.0.0.0	248.0.0.0
5	128.0.0.0	224.0.0.0	248.0.0.0
6	192.0.0.0	255.128.0.0	255.240.0.0
7	64.0.0.0	192.0.0.0	255.0.0.0
8	128.0.0.0	224.0.0.0	255.0.0.0
9	192.0.0.0	255.128.0.0	255.255.0.0
10	64.0.0.0	192.0.0.0	255.224.0.0
11	128.0.0.0	224.0.0.0	255.128.0.0
12	192.0.0.0	255.128.0.0	255.255.192.0
13	64.0.0.0	192.0.0.0	255.255.0.0
14	128.0.0.0	224.0.0.0	255.240.0.0
15	192.0.0.0	255.128.0.0	255.255.255.128
16	64.0.0.0	240.0.0.0	252.0.0.0
17	128.0.0.0	252.0.0.0	255.128.0.0
18	192.0.0.0	255.255.128.0	255.255.224.0
19	64.0.0.0	240.0.0.0	255.128.0.0
20	128.0.0.0	252.0.0.0	255.240.0.0
21	192.0.0.0	255.255.128.0	255.255.248.0
22	64.0.0.0	240.0.0.0	255.240.0.0
23	128.0.0.0	252.0.0.0	255.255.128.0
24	192.0.0.0	255.255.128.0	255.255.255.0
25	64.0.0.0	240.0.0.0	255.255.0.0
26	128.0.0.0	252.0.0.0	255.255.248.0
27	192.0.0.0	255.255.192.0	255.255.255.128
28	64.0.0.0	240.0.0.0	255.255.128.0
29	128.0.0.0	252.0.0.0	255.255.255.0
30	192.0.0.0	255.255.192.0	255.255.255.240

5. IP-мережу необхідно розбити на підмережі за умови, що у кожній з них функціонує задана кількість вузлів (табл. 5). Для кожної з підмереж визначити такі параметри: IP-адресу підмережі, мінімальну і максимальну IP-адреси діапазону, що можуть використовуватися для адресації вузлів; широкомовну IP-адресу; префікс та маску підмережі.

Параметри для розрахунку п. 5

№ варіанту	IP-адреса мережі	Кількість вузлів у підмережі	№ варіанту	IP-адреса мережі	Кількість вузлів у підмережі
1	220.10.160.0	60	16	200.160.10.0	10
2	180.20.0.0	1000	17	155.170.0.0	6000
3	100.0.0.0	5000	18	75.0.0.0	9000
4	215.40.190.0	100	19	205.190.40.0	30
5	175.50.0.0	500	20	150.200.0.0	12000
6	95.0.0.0	8000	21	70.0.0.0	12000
7	210.70.220.0	30	22	210.220.70.0	90
8	170.80.0.0	900	23	145.230.0.0	900
9	90.0.0.0	10000	24	65.0.0.0	90000
10	205.100.250.0	120	25	215.250.100.0	60
11	165.110.0.0	4000	26	140.130.0.0	3600
12	85.0.0.0	4000	27	60.0.0.0	3600
13	200.130.140.0	20	28	220.140.130.0	10
14	160.140.0.0	1500	29	135.145.0.0	16000
15	80.0.0.0	2500	30	55.0.0.0	16000

6. Для заданої кількості підмереж та кількості вузлів у підмережі (табл. 6) розрахувати параметри сумарної (агрегованої) IP-адреси класової мережі та параметри IP-адрес підмереж.

Таблиця 6

Параметри для розрахунку п. 6

№ варіанту	Кількість підмереж	Кількість вузлів у підмережі	№ варіанту	Кількість підмереж	Кількість вузлів у підмережі
1	Не менше 8	500	16	Не менше 24	750
2	Не менше 10	1000	17	Не менше 26	1250
3	Не менше 12	1500	18	Не менше 6	1750
4	Не менше 14	2000	19	Не менше 13	2250
5	Не менше 16	2500	20	Не менше 14	2750
6	Не менше 18	3000	21	Не менше 18	325
7	Не менше 7	350	22	Не менше 50	375
8	Не менше 9	400	23	Не менше 100	425
9	Не менше 11	450	24	Не менше 300	476
10	Не менше 13	500	25	Не менше 500	525
11	Не менше 15	550	26	Не менше 700	575
12	Не менше 17	600	27	Не менше 900	625
13	Не менше 19	650	28	Не менше 200	675
14	Не менше 20	700	29	Не менше 400	725

15	Не менше 22	750	30	Не менше 600	775
----	-------------	-----	----	--------------	-----

7. Для заданої кількості підмереж та кількості вузлів у підмережі (табл. 7) розрахувати параметри сумарної (агрегованої) IP-адреси безкласової мережі та параметри IP-адрес підмереж.

Таблиця 7

Параметри для розрахунку п.7

№ варіанту	Кількість підмереж	Кількість вузлів у підмережі	№ варіанту	Кількість підмереж	Кількість вузлів у підмережі
1	Не менше 24	750	16	Не менше 8	500
2	Не менше 26	1250	17	Не менше 10	1000
3	Не менше 6	1750	18	Не менше 12	1500
4	Не менше 13	2250	19	Не менше 14	2000
5	Не менше 14	2750	20	Не менше 16	2500
6	Не менше 18	325	21	Не менше 18	3000
7	Не менше 50	375	22	Не менше 7	350
8	Не менше 100	425	23	Не менше 9	400
9	Не менше 300	476	24	Не менше 11	450
10	Не менше 500	525	25	Не менше 13	500
11	Не менше 700	575	26	Не менше 15	550
12	Не менше 900	625	27	Не менше 17	600
13	Не менше 200	675	28	Не менше 19	650
14	Не менше 400	725	29	Не менше 20	700
15	Не менше 600	775	30	Не менше 22	750

8. Для заданого набору IP-адрес мереж (табл. 8) розрахувати сумарну (агреговану) IP-адресу мережі.

Таблиця 8

Параметри для розрахунку п. 8

№ варіанту	Адреси мереж	№ варіанту	Адреси мереж
1	198.162.25.0/25 198.162.69.0/25 198.162.28.0/25 198.162.39.64/26 198.162.56.128/26	16	152.45.11.0/26 152.63.26.0/26 152.55.1.0/25 152.39.2.0/26 152.88.3.0/26
2	159.123.56.0/26 159.153.63.0/25 159.129.52.0/26 159.138.68.0.25	17	164.12.64.0/26 164.12.64.0/26 164.12.69.0/25 164.12.69.0/26 164.12.61.0/25

3	192.98.24.0/23 192.82.15.0/26 192.100.26.0/26 192.88.56.0/25 192.79.21.0/25	18	201.202.31.0/29 201.201.39.0/28 201.196.38.0/33 201.222.23.0/25 201.199.12.0/26
4	120.152.21.0/25 120.152.48.0/26 120.152.39.0/25 120.152.10.0/25 120.152.16.0/25	19	169.23.156.0/26 169.23.158.0/26 169.23.157.0/26 169.23.155.0/25
5	141.152.26.0/25 141.152.100.0/25 141.152.56.0/26 141.152.88.0/26 141.152.63.0/25	20	170.171.26.0/25 170.153.99.0/25 170.168.33.0/25 170.159.2.0/26 170.169.9.0/26
6	198.162.1.0/25 198.162.1.0/25 198.162.1.0/25 198.162.1.0/26	21	154.2.11.0/25 154.5.23.0/25 154.9.2.0/25 154.13.1.0/26 154.9.2.0/25

7	123.168.3.0/29 123.169.6.0/25 123.175.25.0/26 123.170.23.0/25 123.171.22.0/25	22	120.120.1.0/25 120.120.1.0/25 120.120.1.0/25 120.120.1.0/25 120.120.1.0/25
8	154.155.88.0/25 154.155.89.0/25 154.155.86.0/25 154.155.69.0/25 154.155.70.0/25	23	156.64.39.0/25 156.64.123.0/25 156.64.100.0/25 156.64.1.0/25 156.64.9.0/25
9	121.12.25.4/26 121.56.23.8/26 121.44.2.0/26 121.91.56.0/26 121.38.25.0/26	24	160.59.23.0/25 160.58.25.0/25 160.60.23.0/25 160.59.23.0/25
10	156.123.12.0/25 156.123.13.0/25 156.123.25.0/25 156.123.30.0/25 156.123.9.0/25	25	10.10.9.128/25 10.10.9.64/25 10.10.9.32/25 10.10.9.192/25 10.10.9.0/25
11	145.168.171.0/25 145.168.180.0/25 145.168.185.0/26 145.168.179.0/26	26	45.26.25.0/26 45.26.39.0/25 45.26.11.0/26 45.26.154.0/26 45.26.59.0/26
12	125.126.1.0/25 125.125.9.0/25 125.126.83.0/25 125.126.9.0/26	27	194.56.32.128/25 194.56.32.64/25 194.56.32.96/25 194.56.32.32/25 194.56.32.0/25
13	140.125.36.0/26 140.125.38.0/26 140.125.31.0/25 140.125.29.0/25 140.125.40.0/26	28	174.189.220.0/26 174.189.222.0/26 174.189.219.0/26 174.189.189.0/26 174.189.211.0/25
14	159.123.33.0/26 159.124.39.0/26 159.131.2.0/25 159.10.9.0/26 159.69.6.0/26	29	140.176.85.128/25 140.176.31.0/25 140.176.16.192/25 140.176.63.128/25 140.176.34.0/26
15	198.162.1.32/26 198.162.1.64/26 198.162.1.96/26 198.162.1.128/26 198.162.1.180/26	30	150.123.56.0/25 150.123.93.0/26 150.123.89.0/25 150.123.69.0/26 150.123.71.0/26

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Поняття IP-мережі (IP-Network).
2. Поняття IP-підмережі (IP-Subnet).
3. Поняття IP-супермережі (IP-Supernet).
4. Структура IP-адреси версії 4 за умови застосування класового підходу.
5. Поняття класового префіксу.
6. Поняття класової маски.
7. Структура IP-адреси версії 4 за умови застосування безкласового підходу.
8. Поняття безкласового префіксу
9. Поняття безкласової маски.
10. Структура IP-адреси мережі версії 4 при поділі на підмережі.
11. Необхідні і достатні умови для поділу класової IP-мережі на підмережі.
12. Максимально можлива кількість підмереж для мереж класів А, В, С.
13. Поняття CIDR-префіксу, CIDR-маски.
14. Необхідні і достатні умови для поділу безкласової IP-мережі на підмережі.
15. Агрегація IP-мереж/підмереж.