

Лабораторна робота 2

БЕЗКЛАСОВА ІР-АДРЕСАЦІЯ ВУЗЛІВ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

Мета заняття: ознайомитися із принципами безкласової адресації вузлів комп'ютерних мереж; отримати практичні навички аналізу, визначення та розрахунку параметрів ІР-адрес версії 4 із застосуванням безкласового підходу; дослідити закономірності змін розмірності адресного простору мережі залежно від обраної маски/префіксу.

Теоретичні відомості

Безкласова ІР-адресація

Безкласова ІР-адресація, також відома як механізм використання масок підмереж змінної довжини (VLSM, Variable-Length Subnet Masking), передбачає, що ідентифікація мережного адаптера/інтерфейсу або мережі здійснюється за допомогою двох параметрів – ІР-адреси та мережної маски/префікса мережі. VLSM є складовою механізмом безкласової маршрутизації (CIDR, Classless Inter-Domain Routing) – методу ІР-адресації та ІР-маршрутизації різних за розмірами ІР-мереж.

На відміну від класової ІР-адресації у безкласовій ІР-адресації поділ ІР-адреси на частини – ІР-адресу (номер) мережі та ІР-адресу (номер) вузла – здійснюється не побайтово (рис. 1, а), а побітово (рис. 1, б). Побітовий поділ надає можливість збільшити кількість варіантів формування ІР-адрес мереж та можливість більш економно використовувати загальний адресний простір.

32 біти

N (8, 16, 24 біти)	H (24, 16, 8 бітів)
----------------------	-----------------------

а)

32 біти

N (0, 1, ..., 31, 32 біти)	H (32, 31, ..., 0 бітів)
------------------------------	----------------------------

б)

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

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 мережі (номер мережі);

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

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

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

Відповідно кількість IP-адрес однієї IP-мережі, що можуть призначатися вузлам, розраховується за формулою:

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

Дана формула має сенс для значень префіксів від $P = 0$ до $P = 30$ включно. Граничні значення префікса $P = 31$ та $P = 32$ мають специфіку трактування і у вказаній формулі не застосовуються.

Очевидно, що збільшення значення префікса дає змогу зменшити кількість IP-адрес вузлів мережі, і навпаки, зменшення значення префікса дає змогу збільшити кількість IP-адрес вузлів мережі.

Повний перелік мережних префіксів, прямих та інверсних безкласових масок, а також кількість можливих IP-адрес вузлів для кожного префікса наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Мережні префікси/маски

Префікс	Маска мережі	Інверсна маска мережі	Кількість IP-адрес вузлів в IP-мережі
/0	0.0.0.0	255.255.255.255	4294967294
/1	128.0.0.0	127.255.255.255	2147483646
/2	192.0.0.0	63.255.255.255	1073741822
/3	224.0.0.0	31.255.255.255	536870910
/4	240.0.0.0	15.255.255.255	268435454
/5	248.0.0.0	7.255.255.255	134217726
/6	252.0.0.0	3.255.255.255	67108862
/7	254 0 0.0	1.255.255.255	33554430
/8	255.0.0.0	0.255.255.255	16777214
/9	255.128.0.0	0.127.255.255	8388606
/10	255.192.0.0	0.63.255.255.	4194302
/11	255.224.0.0	0.31.255.255	2097150
/12	255.240.0.0	0.15.255.255	1048574
/13	255.248.0.0	0.7.255.255	524286
/14	255.252.0.0	0.3.255.255	262142
/15	255.254.0.0	0.1.255.255	131070
/16	255.255.0.0	0.0.255.255	65534
/17	255.255.128.0	0.0.127.255	32766
/18	255.255.192.0	0.0.63.255	16382
/19	255.255.224.0	0.0.31.255	8190
/20	255.255.240.0	0.0.15.255	4094
/21	255.255.248.0	0.0.7.255	2046
/22	255.255.252.0	0.0.3.255	1022
/23	255.255.254.0	0.0.1.255	510
/24	255.255.255.0	0.0.0.255	254
/25	255.255.255.128	0.0.0.127	126
/26	255.255.255.192	0.0.0.63	62
/27	255.255.255.224	0.0.0.31	30
/28	255.255.255.240	0.0.0.15	14
/29	255.255.255.248	0.0.0.7	6
/30	255.255.255.252	0.0.0.3	2
/31	255.255.255.254	0.0.0.1	2*
/32	255.255.255.255	0.0.0.0	1*

Примітка: * – для адресації вузлів із такими префіксами зроблено виняток щодо загальних правил адресації.

Приклад 1. Для заданої IP-адреси мережного адаптера/інтерфейсу вузла **175.12.187.92** та префікса **/21** мережі із застосуванням безкласового підходу визначити такі параметри IP-адресації мережі: маску (пряму маску) мережі; інверсну маску мережі; IP-адресу (номер) мережі; IP-адресу (номер) вузла; мінімальну IP-адресу діапазону, що може використовуватися для адресації вузлів мережі; максимальну IP-адресу діапазону, що може використовуватися для адресації вузлів мережі; широкомовну IP-адресу мережі; кількість вузлів (IP-адрес вузлів), які можуть входити в мережу.

Розв’язання. Для розв’язання даної задачі переводимо IP-адресу **175.12.187.92** з десяткової у двійкову систему числення:

10101111.00001100.10111011.01011100

Для визначення маски мережі скористаємося такими твердженнями: довжина маски мережі становить 32 біти; маска мережі у двійковій системі числення подається як дві взаємопродовжувані послідовності: перша послідовність (ліворуч) – неперервна послідовність одиниць та друга послідовність (праворуч) – неперервна послідовність нулів.

Записуємо маску мережі як послідовність одиниць (їх кількість – префікс показує кількість бітів, які використовуються для адресації (номера) мережі) та нулів (решта бітів, які використовуються для адресації (номера) вузла):

11111111.11111111.11111000.00000000

Результат у десятковій системі числення має вигляд:

255.255.248.0

Інверсна маска визначається шляхом виконання логічної операції інверсії (логічне NOT) над кожним із бітів прямої маски.

Результат виконання інверсії над попередньо визначеною прямою маскою у двійковій системі числення має вигляд:

00000000.00000000.00000111.11111111

Результат у десятковій системі числення має вигляд:

0.0.7.255

IP-адреса мережі визначається шляхом накладання прямої маски на вихідну IP-адресу, тобто виконання логічної операції кон'юнкції (логічне AND) між відповідними бітами вихідної IP-адреси та прямої маски

10101111.00001100.10111011.01011100
11111111.11111111.11111000.00000000
10101111.00001100.10111000.00000000

Результат виконання кон'юнкції між відповідними бітами вихідної IP-адреси та прямої маски у двійковій системі числення має вигляд:

10101111.00001100.10111000.00000000

Результат у десятковій системі числення має вигляд:

IP-адреса вузла визначається шляхом накладання інверсної маски на вихідну IP-адресу 175.12.184.0

, тобто виконання логічної операції кон'юнкції (логічне AND) між відповідними бітами вихідної IP-адреси та інверсної маски:

10101111.00001100.10111011.01011100
00000000.00000000.00000111.11111111
00000000.00000000.00000111.01011100

Результат виконання кон'юнкції між відповідними бітами вихідної IP-адреси та інверсної маски у двійковій системі числення має вигляд:

00000000.00000000.00000111.01011100

Результат у десятковій системі числення має вигляд:

0.0.3.92

Як і в разі використання класового підходу, IP-адреса мережі і ширококомовна IP-адреса (нульова й остання IP-адреси відповідно) не можуть призначатися вузлам. Тому мінімальною IP-адресою для діапазону, який може використовуватися для адресації вузлів мережі, є IP-адреса, наступна за IP-адресою мережі, а максимальною IP-адресою – IP-адреса, яка передує ширококомовній IP-адресі.

У нашому випадку мінімальна IP-адреса для нумерації вузлів у двійковій та десятковій системах числення має вигляд:

10101111.00001100.10111000.00000001
175.12.184.1

Максимальна IP-адреса для нумерації вузлів відповідно має вигляд:

10101111.00001100.10111111.11111110
175.12.191.254

Широкомовна IP-адреса відповідно має вигляд:

10101111.00001100.10111111.11111111
175.12.191.255

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

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

У нашому випадку з умови задачі префікс дорівнює 21, відповідно кількість вузлів (IP-адрес вузлів) дорівнює:

$$K_{\text{вузлів}} = 2^{(32-21)} - 2 = 2^{11} - 2 = 2048 - 2 = 2046.$$

Приклад 2. Для мережі, у якій функціонує задана кількість вузлів 62 із застосуванням безкласового підходу: визначити оптимальні (щодо економії адрес) маску і префікс мережі; обрати відповідну IP-адресу мережі; визначити параметри IP-адресації обраної мережі.

Розв'язання. Для розв'язання даного виду задач слід скористатися такими залежностями, що описують довжини IP-адреси та префікса у загальному вигляді:

$$N + H = 32 \text{ біти,}$$

$$P = N,$$

де N – кількість бітів, які виділені для адресації мережі (номер мережі);

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

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

Кожному вузлу мережі відповідає одна IP-адреса. Слід пам'ятати, що, окрім IP-адрес вузлів, у мережі наявні і розраховуються IP-адреса мережі та широкомовна IP-адреса. Тому до заданої кількості IP-адрес вузлів необхідно додати ще дві адреси. Оскільки адресація починається з нуля, то необхідно одну IP-адресу відняти.

Для визначення значення H формується число X вигляду:

$$X = K_{\text{вузлів}} + 2 - 1.$$

Для умов задачі число X дорівнює:

$$X = 62 + 2 - 1 = 63.$$

Отримане число X переводиться із десяткової у двійкову систему числення:

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

Тобто

$$63_{10} = 111111_2$$

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

Префікс мережі визначається як:

$$P = 32 - H.$$

Для нашого випадку $H = 6$ бітів.

Отже,

$$P = 32 - 6 = 26 \text{ бітів.}$$

Префікс відповідно має вигляд $-/26$.

У двійковій системі числення маска мережі записується як послідовність бітів, що зазначають номер мережі (одиниці) та послідовність бітів, що зазначають номер вузла (нули).

Для нашого випадку маска мережі у двійковій системі числення має вигляд:

11111111.11111111.11111111.11000000

У десятковій формі маска мережі має вигляд:

255.255.255.192

Як IP-адресу мережі обираємо довільну IP-адресу, наприклад адресу 195.10.1.0.

Узагальнена IP-адреса мережі має вигляд:

195.10.1.0 або 195.10.1.0/26
255.255.255.192

Мінімальною IP-адресою вузла цієї мережі є адреса:

195.10.1.1

Максимальною IP-адресою вузла цієї мережі є адреса:

195.10.1.62

Широкомовною IP-адресою мережі є адреса:

195.10.1.63

Кількість вузлів (IP-адрес вузлів), які можуть входити в мережу, становить:

$$K_{\text{вузлів}} = 2^{(32-26)} - 2 = 2^6 - 2 = 64 - 2 = 62 \text{ вузли.}$$

Для даного прикладу всі IP-адреси, що наявні у мережі (окрім IP-адреси мережі та широкомовної IP-адреси), призначаються вузлам мережі.

Завдання на лабораторну роботу

1. Для заданих IP-адрес мережних адаптерів/інтерфейсів та префіксів мереж двох вузлів А-1 та В-1 (табл. 2) із застосуванням безкласового підходу визначити такі параметри IP-адресації мереж: маску (пряму маску) мережі; інверсну маску мережі; IP-адресу (номер) мережі; IP-адресу (номер) вузла; мінімальну IP-адресу діапазону, що може використовуватися для адресації вузлів мережі; максимальну IP-адресу діапазону, що може використовуватися для адресації вузлів мережі; широкомовну IP-адресу мережі; кількість вузлів (IP-адрес вузлів), які можуть входити в мережу.

Таблиця 2

Параметри для розрахунку п. 1

№ варіанта	IP-адреса мережного адаптера вузла А-1	Префікс мережного адаптера вузла А-1	IP-адреса мережного адаптера вузла В-1	Префікс мережного адаптера вузла В-1
1	192.255.1.1	/25	45.12.17.199	/12
2	195.145.13.240	/13	136.88.226.25	/26
3	30.255.255.1	/27	208.74.183.175	/14
4	145.1.25.14	/15	75.164.52.13	/28
5	195.0.0.1	/29	142.98.241.2	/16
6	60.60.20.215	/17	211.71.208.43	/30
7	160.169.240.232	/25	105.84.222.29	/18
8	198.162.0.1	/19	150.96.237.6	/26
9	90.255.255.1	/27	214.90.55.7	/20
10	180.255.1.254	/21	5.97.239.4	/28
11	201.54.254.4	/29	180.77.98.174	/22
12	120.25.4.254	/23	217.222.25.187	/30
13	128.1.1.255	/25	20.66.202.49	/13
14	204.254.0.254	/14	175.1.1.255	/26
15	35.10.19.147	/27	220.92.231.10	/15
16	206.157.15.1	/16	130.12.5.134	/28
17	55.17.18.19	/29	20.255.255.1	/17
18	138.68.177.181	/18	140.0.0.51	/30
19	209.86.224.27	/26	194.255.1.254	/19
20	85.73.182.176	/20	50.1.1.254	/28
21	144.73.210.41	/30	155.0.5.7	/21
22	212.78.216.35	/22	197.1.0.143	/27
23	115.75.212.39	/9	80.10.0.155	/23
24	160.255.1.1	/24	175.19.0.7	/30
25	215.76.214.37	/25	200.82.220.31	/18

Продовження табл. 1

№ варіанта	IP-адреса мережного адаптера вузла А	Префікс мережного адаптера вузла А	IP-адреса мережного адаптера вузла В	Префікс мережного адаптера вузла В
26	10.255.255.254	/20	110.255.255.0	/29
27	190.255.255.15	/26	190.0.0.252	/21
28	218.0.255.254	/22	203.75.184.174	/28
29	25.94.235.12	/30	25.0.255.254	/23
30	165.93.233.8	/16	130.67.204.47	/30
31	205.13.160.155	/26	140.185.12.125	/18
32	176.12.18.120	/22	221.180.15.180	/28
33	195.180.14.180	/27	75.180.13.189	/20

2. Для мереж А та В, у яких функціонує задана кількість вузлів (табл. 3), із застосуванням безкласового підходу: визначити оптимальні (щодо економії адрес) маску і префікс мережі; обрати відповідну IP-адресу мережі; визначити параметри IP-адресації обраної мережі; розрахувати відсоток використання адресного простору та відсоток вільних адрес для кожної із мереж.

Таблиця 3

Параметри для розрахунку п. 2

№ варіанта	Кількість вузлів мережі А	Кількість вузлів мережі В	№ варіанта	Кількість вузлів мережі А	Кількість вузлів мережі В
1	15	51100	18	1011	31
2	143	10230	19	65535	7
3	126	20471	20	16382	12
4	255	40956	21	131071	143
5	738	63	22	32737	1512
6	51101	3	23	986	872
7	10230	10	24	125	652
8	20475	986	25	252	7841
9	4095	125	26	3	15
10	63	252	27	10	143
11	1011	1011	28	986	126
12	65535	65	29	125	2550
13	16382	182	30	252	738
14	131071	188	31	120	8792
15	32737	25	32	2750	50
16	125	8191	33	124	78945
17	252	16542	34	758	10

Контрольні питання

1. Поняття безкласової адресації.
2. Що таке CIDR?
3. Відмінності класової та безкласової IP-адресації.
4. Якими залежностями користуються для аналізу та розрахунку параметрів IP-мережі за умови застосування безкласової IP-адресації?
5. За якою формулою розраховується кількість IP-адрес однієї IP-мережі, що можуть призначатися вузлам?
6. Які значення префікса не застосовуються при розрахунку кількості IP-адрес однієї IP-мережі, що можуть призначатися вузлам?
7. Як впливає збільшення/зменшення значення префікса на кількість IP-адрес вузлів мережі?
8. Яка пряма маска відповідає префіксу /6?
9. Яка пряма маска відповідає префіксу /13?
10. Яка пряма маска відповідає префіксу /27?
11. Яка інверсна маска відповідає прямій масці 224.0.0.0?
12. Яка інверсна маска відповідає прямій масці 255.252.0.0?
13. Яка інверсна маска відповідає прямій масці 255.255.128.0?
14. Яка інверсна маска відповідає прямій масці 255.255.255.248?
15. Яка кількість вузлів в мережі з префіксом /4?
16. Яка кількість вузлів в мережі з префіксом /12?
17. Яка кількість вузлів в мережі з префіксом /25?