

Практична робота 2

АДРЕСАЦІЯ В СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ

Мета заняття: ознайомитися із загальними принципами адресації у сучасних комп'ютерних мережах; ознайомитися із структурою, видами та застосуванням MAC-адрес; ознайомитися із структурою, видами та застосуванням IP-адрес версій 4 та 6; отримати практичні навички аналізу та визначення параметрів MAC-адрес; отримати практичні навички аналізу, визначення та розрахунку параметрів IP-адрес версії 4.

Теоретичні відомості

MAC-адреси та їх застосування у сучасних мережах

MAC-адреса (MAC-Address, Media Access Control Address) – унікальний числовий ідентифікатор, який призначається виробником мережевому адаптеру/інтерфейсу і застосовується у процесі передачі даних у межах окремого каналного сегмента мережі. Досить часто як синонім терміну «MAC-адреса» застосовують термін «прошита адреса» (BIA, Burned-In Address). Згідно із моделлю OSI MAC-адреса – це адреса каналного рівня, тому іноді її називають каналною адресою. Згідно стеку TCP/IP MAC-адреса – це адреса рівня мережевих інтерфейсів.

Керування загальним адресним простором MAC-адрес здійснює Інститут інженерів електриків та електронників (IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers). Увесь адресний простір розбивається на три підпростори, які позначаються як MAC-48, EUI-48, EUI-64. Відмінності між MAC-48 і EUI-48 є номінальними: MAC-48 застосовується для ідентифікації мережевих адаптерів/інтерфейсів, EUI-48 – для ідентифікації інших пристроїв та програм. EUI-64 є розширенням EUI-48.

MAC-адреса має довжину 48 біт (6 байт). Як правило, представлення MAC-адреси здійснюється у шістнадцятковій формі числення. Існують три загальноприйняті формати запису MAC-адрес, які відрізняються групуванням байтів та роздільними знаками:

- формат запису IEEE EUI-48;
- формат запису Unix Zero-Padded;
- формат запису Cisco.

Приклади запису за вказаними форматами відповідно виглядають як: 0C-8B-FD-93-63-EB, 0c:8b:fd:93:63:eb, 0c8b.fd93.63eb. У деяких випадках запис MAC-адреси здійснюється без роздільників, як проста послідовність із шести байт – 0C8BFD9363EBh.

Залежно від застосування MAC-адреса може бути ідентифікована як:

- унікальна MAC-адреса (Unicast MAC-Address);
- групова MAC-адреса (Multicast MAC-Address);
- широкомовна MAC-адреса (Broadcast MAC-Address).

У повідомленні (кадрі) унікальні MAC-адреси можуть зазначатися і як адреси відправника (Source MAC-Address), і як адреси отримувача (Destination MAC-Address). Групові і широкомовні MAC-адреси – лише як адреси отримувача. MAC-адреса отримувача визначає, яким є кадр: унікальним, груповим чи широкомовним.

Структурно MAC-адреса містить два однакових за довжиною 24-бітних блоки (рис. 1):

- унікальний ідентифікатор виробника (OUI, Organizationally Unique Identifier);
- унікальна адреса адаптера/інтерфейсу (OUA, Organizationally Unique Address).

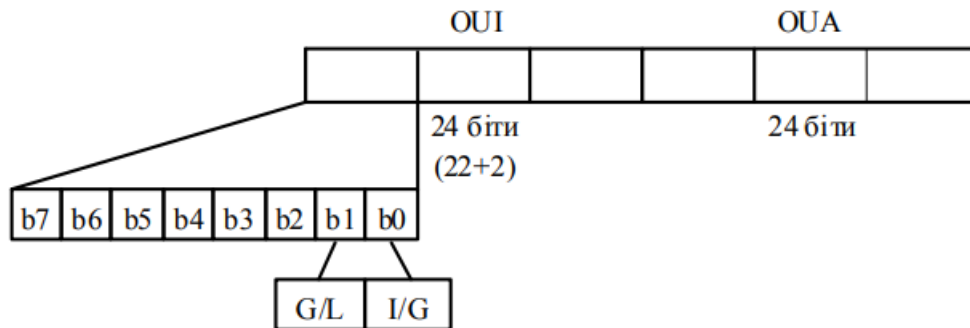


Рисунок 1 – Структура MAC-адреси

У старшому байті ідентифікатора виробника виділяється два біти, за допомогою яких визначається, якою є MAC-адреса: унікальною, груповою чи широкомовною. Це біти I/G (Individual/Group Bit) та G/L (Global/Local Bit). Біт G/L іноді позначають як U/L (Universal/Local Bit). Біт I/G – це ознака унікальної чи групової/широкомовної адреси, біт G/L – ознака глобальної чи локальної адреси.

Адресний простір MAC-48 контролюється IEEE таким чином, щоб забезпечити дотримання унікальності MAC-адрес. В одному каналному сегменті MAC-адреси повинні бути унікальними, оскільки використання однакових MAC-адрес призведе до неможливості здійснення інформаційного обміну.

Розподіл адресного простору MAC-48 здійснюється за простими правилами. Будь-який виробник мережевих адаптерів/інтерфейсів подає заявку на отримання одного або діапазону унікальних OUI.

Після отримання OUI на виробника покладається функція контролю унікальності OUA. Такий підхід теоретично повинен забезпечити унікальність усіх MAC-адрес. Детальну інформацію про зареєстровані за виробниками OUI можна отримати на Web-сайті IEEE за адресою <http://standards-oui.ieee.org/oui.txt> чи <http://standardsoui.ieee.org/cid/cid.txt> або на Web-сайтах спеціалізованих пошукових систем <http://www.macvendorlookup.com> чи <http://hwaddress.com>.

Слід зазначити, що деякі OUI застосовуються для спеціальних цілей, зокрема для формування MAC-адрес отримувачів під час передавання повідомлень певних мережевих протоколів. Це можуть бути як OUI виробників (наприклад, Cisco Systems), так і зарезервовані OUI (наприклад, IP-Multicast). Детальну інформацію про спеціалізовані OUI можна отримати на Web-сайті IEEE за адресою <http://standards-oui.ieee.org/oui.txt>.

Приклад 1. Визначити, якою (унікальною, груповою, широкомовною) та у яких випадках (адреса відправника, адреса отримувача) може застосовуватися задана MAC-адреса 0C-8B-FD-93-63-EB. За можливості визначити виробника мережевого адаптера/інтерфейсу чи мережевий протокол, який застосовує дану адресу.

Розв'язок. Для розв'язання даного прикладу необхідно старший байт 0C заданої MAC-адреси записати у двійковій системі числення:

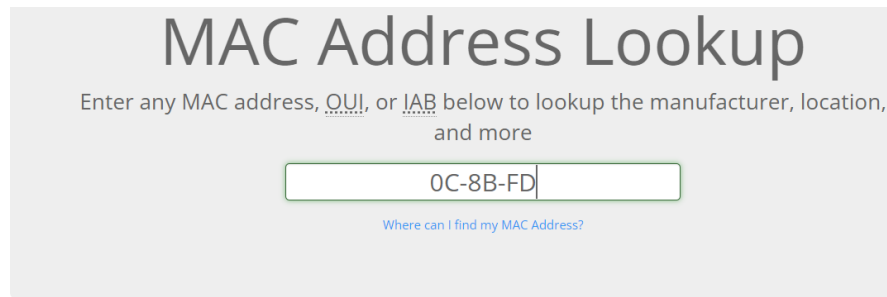
00001100

Молодші два біти цього байту дають змогу визначити, якою є MAC-адреса. Оскільки молодший біт $G/L = 0$ та наступний за ним біт $I/G = 0$, можна зробити висновок, що задана MAC-адреса є унікальною глобальною адресою, тобто може бути призначеною мережевому адаптеру/інтерфейсу. Оскільки проаналізована адреса є унікальною, то вона може застосовуватися як адреса відправника, так і адреса отримувача.

Унікальний ідентифікатор виробника OUI заданої MAC-адреси має значення:

0C-8B-FD

Для визначення виробника, якому виділений даний OUI, скористаємося пошуковою системою <http://www.macvendorlookup.com>. Результати пошуку наведені на рис. 2.



MAC Address Details

Company Intel Corporate
Address Kulim Kedah 09000
 Kulim Hi-Tech Park
 MALAYSIA
Range 0C:8B:FD:00:00:00 - 0C:8B:FD:FF:FF:FF
Type IEEE MA-L

Рисунок 2 – Результат пошуку OUI виробника

Ідентифікатор виробника 0C-8B-FD виділено для Intel Corporate. Діапазон можливих адрес мережевих адаптерів/інтерфейсів для цього OUI:

0C-8B-FD-00-00-00 – 0C-8B-FD-FF-FF-FF.

Класова IP-адресація

У класовому підході діапазон можливих IP-адрес поділяється на п'ять класів. У кожному з класів формуються діапазони IP-адрес мереж за правилами, які визначають структуру адреси та структуру старшого її байта (табл. 1).

Таблиця 1.3 – Правила формування класів IP-адрес

Клас	Правило I (структура IP-адреси)	Правило II (структура старшого байта)				
		Значення двійкове			Значення десяткове	
		Загальний вигляд	Мінімальне	Максимальне	Мінімальне	Максимальне
A	N.N.N.N	0xxxxxxx	00000000	01111111	0	127
B	N.N.N.N	10xxxxxxx	10000000	10111111	128	191
C	N.N.N.N	110xxxxxx	11000000	11011111	192	223
D	Multicast	1110xxxxx	11100000	11101111	224	239
E	Reserved	11110xxx	11110000	11110111	240	247

Примітка: N, Network – байт(u) IP-адреси мережі; H, Host – байт(u) IP-адреси вузла.

Правило I визначає структуру адреси, тобто показує, яка частина IP-адреси є IP-адресою (номером) мережі та яка частина – IP-адресою (номером) вузла. У класі А на IP-адресу мережі виділяється один байт, а на IP-адресу вузла – три байти. У класі В як на IP-адресу мережі, так і на IP-адресу вузла виділяється по два байти. У класі С на IP-адресу мережі виділяється три байти, а на IP-адресу вузла – один байт. IP-адреси класу D застосовуються як групові. IP-адреси класу Е зарезервовані для експериментального використання. На практиці застосовуються адреси всіх класів, крім класу Е.

Правило II стосується лише старшого байта. За його допомогою формується і відображається структура цього байта у двійковій формі для кожного класу. Правило II дає змогу сформувати різні за розміром діапазони IP-адрес мереж, що належать певним класам.

Інформацію про діапазони IP-адрес мереж відповідних класів та їх кількісні параметри наведено у табл. 2. Слід зазначити, що у ході формування діапазону класу А дві IP-адреси мереж були вилучені. Під час формування класу Е було вилучено діапазон 248.0.0.0 – 255.255.255.255. Інформацію про згадані IP-адреси вилучення та їх призначення наведено у табл. 3.

Таблиця 2 – Класи IP-адрес

Клас	Мінімальна IP-адреса мережі	Максимальна IP-адреса мережі	Кількість IP-мереж	Кількість IP-адрес вузлів у мережі
А	1.0.0.0	126.0.0.0	126 ($2^7 - 2$)*	16777214 ($2^{24} - 2$)**
В	128.0.0.0	191.255.0.0	16384 (2^{14})	65534 ($2^{16} - 2$)**
С	192.0.0.0	223.255.255.0	2097152 (2^{21})	254 ($2^8 - 2$)**
Д	224.0.0.0	239.255.255.255	–	–
Е	240.0.0.0	247.255.255.255	–	–

Примітка: * – дві IP-адреси мереж класу А (0.0.0.0 та 127.0.0.0) вилучено із звичайного застосування; ** – дві IP-адреси з діапазону окремої мережі (нульова й остання) зарезервовані для спеціальних цілей і не можуть бути призначені вузлам: нульова IP-адреса – це IP-адреса мережі; остання IP-адреса – це ширококовна IP-адреса мережі.

Таблиця 1.5 – IP-адреси вилучення та їх призначення

№ з/п	IP-адреса вилучення	Назва	Використання
1	0.0.0.0	Невизначена IP-адреса (Unknown IP-Address)	Позначення поточного вузла. Адреса відправника повідомлення у випадку, коли вузол не має адресної інформації
2	127.0.0.1 (127.x.x.x)	IP-адреса зворотної петлі (Loopback, Localhost IP-Address)	Тестування роботи стеку TCP/IP, а також організація роботи клієнтської і серверної частин додатка, які функціонують на одному вузлі
3	255.255.255.255	Обмежена широкомовна IP-адреса (Limited Broadcast IP-Address)	Пересилання повідомлення всім вузлам поточної мережі, без пересилання через маршрутизатори

На початковому етапі впровадження класової IP-адресації передбачалося, що всі IP-адреси класів А, В та С будуть застосовуватися для адресації вузлів у глобальній мережі Інтернет, однак із часом деякі IP-адреси мереж були вилучені для спеціального застосування. Серед них слід згадати так звані приватні IP-адреси (Private IP-Addresses), які були виділені для застосування у локальних мережах, що взагалі не мають підключення до глобальної мережі Інтернет або підключаються за допомогою технології заміни адрес NAT. Інформацію про приватні IP-адреси (відповідно до першого стандарту RFC-1918 «Address Allocation for Private Internets») наведено у табл. 4.

Таблиця 4 – Приватні IP-адреси

Клас	Діапазон	Кількість IP-мереж
А	10.0.0.0 – 10.255.255.255	1
В	172.16.0.0 – 172.31.255.255	16
С	192.168.0.0 – 192.168.255.255	256

Класовий підхід до IP-адресації передбачає, що IP-адреси цілком достатньо для однозначної адресації вузла чи мережі. Але подальший перехід до безкласового підходу зумовив введення нового параметра адресації – спеціальної IP-адреси, відомої як маска мережі/підмережі.

Маска мережі/підмережі (Network/Subnet Mask) – додаткова спеціальним чином сформована IP-адреса, за допомогою якої зазначається, яка частина IP-адреси є IP-адресою мережі, а яка – IP-адресою вузла. У сучасній практиці маски застосовуються як у класовій, так і у безкласовій адресації. Для класової адресації маска мережі фактично є записом правила I.

Виділяють три види масок:

- пряма маска (Subnet Mask);
- інверсна маска (Inverse Mask);
- шаблонна маска (Wildcard Mask).

Пряма маска у першу чергу застосовується для налагодження параметрів IP-адресації мережевих адаптерів/інтерфейсів. Також може використовуватися для налагодження статичної маршрутизації та протоколів динамічної маршрутизації RIP, IGRP. У класовій прямій масці байтам, що співвідносяться з байтами IP-адреси мережі, відповідають значення 255, а байтам, що співвідносяться з байтами IP-адреси вузла, відповідають значення 0.

Інверсна маска застосовується для налагодження параметрів протоколів динамічної маршрутизації OSPF, EIGRP. В класовій інверсній масці байтам, що співвідносяться з байтами IP-адреси мережі, відповідають значення 0, а байтам, що співвідносяться з байтами IP-адреси вузла, відповідають значення 255.

Шаблонні маски застосовуються для формування списків доступу (ACLs, Access Control Lists), за допомогою яких здійснюється фільтрація трафіку між різними IP-мережами. Списки доступу є невід’ємними складовими сучасних програмних та апаратних міжмережевих екранів. Слід зазначити, що поняття класового чи безкласового підходів до шаблонних масок не застосовується.

Досить часто поняття «шаблонна» та «інверсна маска» не розрізняють. Такий підхід є некоректним. Відмітності у принципах формування інверсних і шаблонних масок стають зрозумілими саме під час детального аналізу роботи списків доступу.

Поряд з терміном «маска» (пряма маска) у практиці набув значного поширення термін «префікс мережі» (Network Prefix). Префікс мережі – це число, яке зазначає кількість біт, що виділені у певній IP-адресі на номер мережі. Функціонально префікс і маска є повними аналогами. Фактично префікс мережі – це інша, коротша форма запису маски мережі. Прямі та інверсні класові маски і класові префікси наведені у табл. 5.

Таблиця 5 – Класові маски/префікси

Клас	Класова маска	Інверсна класова маска	Класовий префікс
A	255.0.0.0	0.255.255.255	/8
B	255.255.0.0	0.0.255.255	/16
C	255.255.255.0	0.0.0.255	/24

На основі IP-адреси та маски мережевого адаптера/інтерфейсу можна визначити, до якої IP-мережі належить вузол/пристрій, а також детальні параметри IP-адресації цієї мережі.

Приклад 2. Для мережі, у якій функціонує задана кількість вузлів – 1262, із застосуванням класового підходу: визначити оптимальні (з точки зору економії адрес) маску і префікс мережі; обрати відповідну IP-адресу мережі; визначити параметри IP-адресації обраної мережі.

Розв’язок. Під час розв’язання даного виду задач слід пам’ятати, що, окрім IP-адрес, що призначаються вузлам, у мережі наявні і розраховуються IP-адреса мережі та ширококомовна IP-адреса. Тому до заданої кількості IP-адрес вузлів необхідно додати ще дві адреси.

Оскільки адресація починається з нуля, то одну IP-адресу необхідно відняти. Тому загальна кількість IP-адрес X формується як:

$$X = K_{\text{вузлів}} + 2 - 1.$$

Для умов задачі X дорівнює:

$$X = 1262 + 2 - 1 = 1263.$$

За даними таблиці класів одночасне використання такої кількості IP-адрес в одній мережі можливе у випадках, коли мережа належить або до класу А (максимальна кількість IP-адрес вузлів – 16777214), або до класу В (максимальна кількість IP-адрес вузлів – 65534). З точки зору економії адрес доцільно обрати мережу класу В.

Отже, оптимальною маскою для мережі з кількістю вузлів 1262 буде класова маска 255.255.0.0. Даній масці відповідає класовий префікс /16.

Як IP-адресу мережі обираємо довільну IP-адресу класу В, наприклад адресу – 180.1.0.0.

Мінімальною IP-адресою вузла цієї мережі є адреса:

$$180.1.0.1$$

Максимальною IP-адресою вузла цієї мережі є адреса:

$$180.1.255.254$$

Широкомовною IP-адресою мережі є адреса:

$$180.1.255.255$$

Кількість вузлів (IP-адрес вузлів), які можуть входити в мережу, розраховується за формулою:

$$K_{\text{вузлів}} = 2^{(32 - \text{Класовий префікс})} - 2$$

У нашому випадку кількість вузлів становить:

$$K_{\text{вузлів}} = 2^{(32 - 16)} - 2 = 2^{16} - 2 = 65536 - 2 = 65534 \text{ вузли.}$$

З них 1262 IP-адреси використовуються, а 64272 IP-адреси – не використовуються.

Безкласова IP-адресація

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

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

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 біт, які виділені для адресації мережі (номер мережі);

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

P – кількість біт, 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 мережевих префіксів, прямих та інверсних безкласових масок, а також кількість можливих IP-адрес вузлів для кожного префікса наведено у табл. 6.

Таблиця 6 – Мережеві 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	0.0.62.255	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 з такими префіксами зроблено виняток із загальних правил адресації*

Приклад 3. Для заданої IP-адреси мережевого адаптера/інтерфейсу вузла 175.12.187.92 та префікса /21 мережі із застосуванням безкласового підходу визначити такі параметри IP-адресації: 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’язок. Для розв’язку 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 взаємопродовжувальні 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):

1111111.1111111.1111000.0000000

Результат у десятковій системі числення має вигляд:

255.255.248.0

Інверсна маска визначається шляхом виконання логічної операції інверсії (логічне NOT) над кожним з 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

11111111.11111111.1111000.00000000

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:

175.12.184.0

IP-адреса вузла визначається шляхом накладання інверсної маски на вихідну IP-адресу, 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
00000000.00000000.00000011.01011100

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

00000000.00000000.00000011.01011100

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

Ширококомовна 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 4. Для мережі, у якій функціонує задана кількість вузлів 62 із застосуванням безкласового підходу: визначити оптимальні (з точки зору економії адрес) маску і префікс мережі; обрати відповідну IP-адресу мережі; визначити параметри IP-адресації обраної мережі.

Розв'язок. Для розв'язку 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 біт, які виділені для адресації мережі (номер мережі);

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

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

Кожному вузлові мережі ставиться у відповідність одна IP-адреса. Слід пам'ятати, що, окрім IP-адрес вузлів, у мережі наявні і розраховуються IP-адреса мережі та ширококомовна 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 N 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 з десяткової у двійкову систему числення:

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

Кількість біт в даному числі $N = 6$, і саме вони використовуються для нумерації вузлів.

Префікс мережі визначається як:

$$P = 32 - H.$$

Для нашого випадку $H = 6$ біт.

Отже,

$$P = 32 - 6 = 26 \text{ біт.}$$

Префікс відповідно має вигляд $/26$.

У двійковій системі числення маска мережі записується як послідовність біт, що зазначають номер мережі (одиниці) та послідовність біт, 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

255.255.255.192

або 195.10.1.0/26

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:

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

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

Хід роботи

1. Визначити, якими (унікальними, груповими, широкомовними) є задані MAC-адреси (табл. 7). Також визначити, у яких випадках (як адреси відправників чи як адреси отримувачів) можуть застосовуватися ці MAC-адреси. За можливості для кожної з MAC-адрес визначити виробника мережевого адаптера/інтерфейсу чи мережевий протокол, який застосовує дану адресу.

Таблиця 7 – Параметри для розрахунку

Варіант	MAC-адреса 1	MAC-адреса 2	Варіант	MAC-адреса 1	MAC-адреса 2
1	000C41A145E2	01000CCCCCCC	16	000C418545AA	01000CCCCCCD
2	000C41A145E2	3413E8114585	17	0180C2000001	4485001278D2
3	14ABC5B1D1A1	0180C2000002	18	4C80937895AA	0180C2000003
4	0180C2000007	110C87DD11A1	19	0180C2000008	110C87D2347A
5	001E10FFD311	0180C200000D	20	00E0FC91A23F	0180C2000000
6	0180C2000003	18D11F0125DF	21	0180C200000E	28315200128D
7	00058512DDA1	0180C2000020	22	0005851D54FF	0180C200002F
8	0180C2000020	88A2E5FF23A1	23	0180C2000021	F4A73939468A
9	000AEB74CB11	01005E000001	24	1CFA6886ABE1	01005E000002
10	011B19000000	00A0C078D113	25	0180C200000E	0080C881C2C1
11	00040DD0041A	333300000001	26	C8F4061145D1	333300000005
12	FFFFFFFFFFFF	2CB05D7EE111	27	FFFFFFFFFFFF	C40415DA13E1
13	000088000001	01005E000008	28	080088A080A8	01005E000002
14	333300000016	F41563F22F22	29	333300000066	CC5D4E0101FF
15	040A8383040A	01005E000016	30	001460105AD	FFFFFFFFFFFF

2. Для мережі, у якій функціонує задана кількість вузлів (табл. 8), із застосуванням класового підходу: визначити оптимальні (щодо економії адрес) маску і префікс мережі; обрати відповідну IP-адресу мережі; визначити параметри IP-адресації обраної мережі.

Таблиця 8 – Параметри для розрахунку

Варіант	Кількість вузлів	Варіант	Кількість вузлів	Варіант	Кількість вузлів
1	31	11	15	21	3
2	8191	12	143	22	10
3	16542	13	126	23	986
4	7	14	255	24	125
5	12	15	738	25	252
6	143	16	511	26	1011
7	1512	17	1023	27	65535
8	872	18	2047	28	16382
9	652	19	4095	29	131071
10	7841	20	63	30	32737

3. Для заданої IP-адреси мережевого адаптера/інтерфейсу вузла та префікса мережі (табл. 9) із застосуванням безкласового підходу визначити: 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 9 – Параметри для розрахунку

Варіант	IP-адреса	Префікс мережі	Варіант	IP-адреса	Префікс мережі
1	133.92.231.10	/18	16	103.80.218.33	/23
2	132.93.233.8	/19	17	102.82.220.31	/24
3	131.94.235.12	/20	18	101.84.222.29	/25
4	130.96.237.6	/21	19	100.86.224.27	/26
5	129.97.239.4	/22	20	99.88.226.25	/27
6	128.98.241.2	/23	21	195.76.185.173	/18
7	112.65.200.51	/24	22	196.75.184.174	/19
8	111.66.202.49	/25	23	197.74.183.175	/20
9	110.67.204.47	/26	24	198.73.182.176	/21
10	109.69.206.45	/27	25	199.72.181.177	/22
11	108.71.208.43	/18	26	200.71.180.178	/23

12	107.73.210.41	/19	27	201.70.179.179	/24
13	106.75.212.39	/20	28	202.69.178.180	/25
14	105.76.214.37	/21	29	203.68.177.181	/26
15	104.78.216.35	/22	30	204.67.176.182	/27

4. Для мережі, у якій функціонує задана кількість вузлів (табл. 10), із застосуванням безкласового підходу: визначити оптимальні (щодо економії адрес) маску і префікс мережі; обрати відповідну IP-адресу мережі; визначити параметри IP-адресації обраної мережі.

Таблиця 10 – Параметри для розрахунку

Варіант	Кількість вузлів	Варіант	Кількість вузлів	Варіант	Кількість вузлів
1	15	11	3	21	31
2	143	12	10	22	8191
3	126	13	986	23	16542
4	255	14	125	24	7
5	738	15	252	25	12
6	511	16	1011	26	143
7	1023	17	65535	27	1512
8	2047	18	16382	28	872
9	4095	19	131071	29	652
10	63	20	32737	30	7841