

Тема 2. Адресація в сучасних комп'ютерних мережах

Мета роботи: ознайомитися із загальними принципами адресації у сучасних комп'ютерних мережах, структурою, видами та застосуванням MAC-адрес, структурою, видами та використанням IP-адрес версій 4.

Теоретичні відомості

Загальні принципи адресації в комп'ютерних мережах

Важливими питаннями функціонування сучасних комп'ютерних та телекомунікаційних мереж є питання, пов'язані з адресацією кінцевих вузлів та комунікаційних пристроїв, зокрема питання:

- забезпечення унікальності адрес в межах мережі;
- узгодження використання адрес різних типів;
- конфігурування адрес мережевих адаптерів/інтерфейсів та адрес мережевих додатків.

Для ідентифікації мережевих адаптерів/інтерфейсів у сучасних мережах використовується три типи адрес:

- фізичні (апаратні) адреси;
- логічні (мережеві) адреси;
- символічні (текстові) адреси.

Фізичні або апаратні адреси – це адреси, які призначаються мережевим адаптерам/інтерфейсам на етапі виробництва. Формально вважається, що ці адреси змінити неможливо. Прикладами апаратних адрес можуть бути MAC-адреси технологій Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth тощо; IMEI-ідентифікатори мобільних пристроїв.

Логічні або мережеві адреси – це змінні адреси, які призначаються мережевим адаптерам/інтерфейсам адміністраторами систем з дотриманням певних логічних правил. Прикладами мережевих адрес є IP-адреси версій 4 та 6 стеку TCP/IP, номери мобільних телефонів тощо.

Для забезпечення інформаційного обміну в сучасній мережі використовуються фізичні і логічні адреси. Проте з точки зору користувача звернення до ресурсів з використанням фізичних або логічних адрес є складним процесом, оскільки потребує запам'ятовування великої кількості цифрових комбінацій, а людині простіше запам'ятовувати текст. Тому для полегшення роботи користувачів було введено ще один тип адрес – символічні адреси. Прикладами символічних адрес є доменні імена вузлів мережі Internet, Windows-імена комп'ютерів тощо.

Важливою проблемою адресації сучасних мереж є узгодження використання адрес різних типів, зокрема:

- встановлення і дотримання відповідностей між логічними і фізичними адресами;
- встановлення і дотримання відповідностей між символічними і логічними адресами.

Схема встановлення відповідностей між символічними, логічними та фізичними адресами на прикладі доменних імен глобальної мережі Інтернет, IP-адрес версії 4 та MAC-адрес технології Ethernet наведена на рис. 2.1. В даному випадку встановлення відповідностей між IP-адресами і MAC-адресами забезпечує протокол ARP, а встановлення відповідностей між доменними іменами і IP-адресами – система DNS.

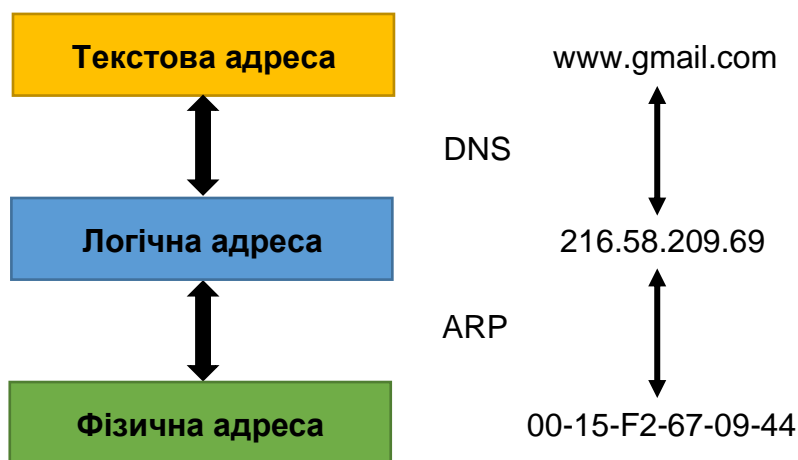


Рисунок 2.1 – Схема встановлення відповідностей між адресами різних типів

ARP (Address Resolution Protocol – протокол визначення адрес) – комунікаційний протокол, призначений для перетворення IP-адрес (логічних) в MAC-адреси (фізичні) в мережах TCP/IP.

DNS (Domain Name System – система доменних імен) – ієрархічна розподілена система перетворення імені хоста (символьної адреси комп'ютера або іншого мережевого пристрою) в IP-адресу.

MAC-адреси та їх застосування

MAC-адреса (Media Access Control – керування доступом до середовища) – унікальний числовий ідентифікатор, який призначається виробником мережевому адаптеру/інтерфейсу і використовується в процесі передачі даних в межах окремого каналного сегменту мережі. Досить часто як синонім терміну «MAC-адреса» використовують термін «прошита адреса».

Керування загальним адресним простором MAC-адрес здійснює Інститут інженерів з електротехніки та електроніки (IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers). Весь адресний простір розбивається на три підпростори, які позначаються як MAC-48, EUI-48 та EUI-64. Відмінності між MAC-48 і EUI-48 є номінальними: MAC-48 використовується 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 розділяючими їх знаками:

- формат запису IEEE EUI-48 (0C-8B-FD-93-63-EB);
- формат запису Unix Zero-Padded (0c:8b:fd:93:63:eb);
- формат запису Cisco (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);
- групова MAC-адреса (Multicast);
- широкомовна MAC-адреса (Broadcast).

Унікальні MAC-адреси можуть визначатися і як адреси відправника (Source), і як адреси отримувача (Destination). Групові і широкомовні MAC-адреси – лише як адреси отримувача.

Структурно MAC-адреса містить два однакових за довжиною 24-бітних блоки (рис. 2.2):

- унікальний ідентифікатор виробника OUI (Organizationally Unique Identifier);
- унікальну адресу адаптера/інтерфейсу OUA (Organizationally Unique Address).

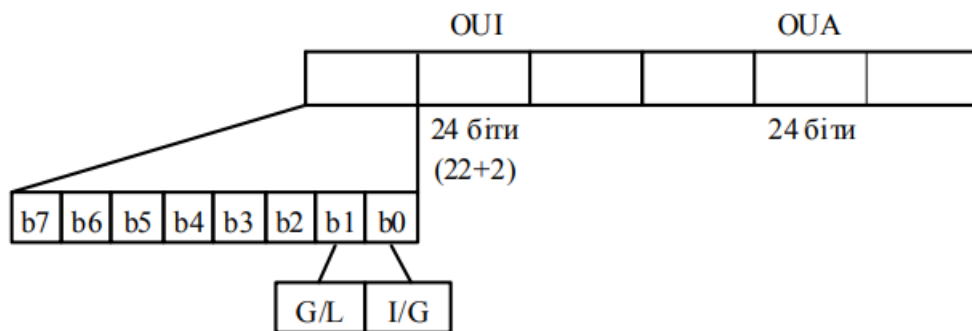


Рисунок 2.2 – Структура MAC-адреси

В 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 всіх MAC-адрес. Детальну інформацію про зареєстровані за виробниками OUI можна отримати на веб-сайті IEEE за адресою <https://standards-oui.ieee.org/oui/oui.txt> чи <https://standards-oui.ieee.org/cid/cid.txt> або на веб-сайтах спеціалізованих пошукових систем <https://www.macvendorlookup.com> чи <https://hwaddress.com>.

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

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

00001100

Два молодші 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 використовуватися як адреса відправника, так і адреса отримувача.

Унікальний ідентифікатор виробника OUI заданої адреси має значення:

0C-8B-FD

Для визначення виробника, якому виділений даний OUI, скористаємося пошуковою системою <https://www.macvendorlookup.com>. Результати пошуку наведені на рис. 2.3.



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 2.3 – 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.

IP-адреси та їх застосування в сучасних мережах

IP-адреса (Internet Protocol – інтернет протокол) – унікальний числовий ідентифікатор, який призначається мережевому адаптеру/інтерфейсу і використовується в процесі передачі даних в межах як окремої локальної мережі, так і між різними підмережами глобальних мереж.

Система IP-адресації є однією з базових складових сучасної мережі Інтернет.

Загальне керування адресним простором IP-адрес здійснює IANA (Internet Assigned Numbers Authority – адміністрація адресного простору Інтернет), яка є підрозділом некомерційної організації ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers – Інтернет-корпорація з присвоєння імен та номерів). IANA

підпорядковуюються RIR (Regional Internet Registries – регіональні Інтернет-реєстратори), яким, у свою чергу, підпорядковуюються LIR (Local Internet Registries – локальні Інтернет-реєстратори) – провайдери послуг Інтернет. Регіональні Інтернет-реєстратори розподіляють IP-адреси як між кінцевими користувачами, так і між локальними Інтернет-провайдерами. На IANA/ICANN також покладається керування основними зонами системи DNS.

IP-адреса версії 4 має довжину 32 біти (4 байти). Як правило, запис IP-адреси версії 4 здійснюється побайтово у десятковій формі числення, а в якості роздільника байтів використовується крапка. Такий запис називають десятково-крапковим форматом запису. У деяких специфічних випадках запис IP-адреси версії 4 здійснюється у шістнадцятковій формі без роздільників.

Діапазон можливих IP-адрес версії 4 має вигляд:

0.0.0.0 – 255.255.255.255

У цьому діапазоні наявно 4294967296 (2^{32}) IP-адрес. За рахунок певних правил та винятків, фактично використовується менша кількість адрес. Фактично доступних IP-адрес ще менше, оскільки частина адрес має спеціальне призначення.

Поділ IP-адреси версії 4 на частини здійснюється з використанням двох підходів:

- класовий, класова IP-адресація;
- безкласовий, безкласова IP-адресація.

Класова IP-адресація була розроблена як основна система адресації на початковому етапі розвитку мережі Internet. Інтенсивний розвиток мережі поставив перед фахівцями основну проблему класового підходу – неефективне використання адресного простору, наслідком якого став дефіцит IP-адрес. Організації, що підключалися до мережі, у багатьох випадках отримували IP-адреси мереж, адресні діапазони яких використовувалися у межах 10 – 20%. Саме потреба економного використання адресного простору і призвела до необхідності розробки безкласового підходу. Основним завданням, яке необхідно було вирішити фахівцями у ході розробки нової системи адресації,

було збереження сумісності з класовою IP-адресацією. Тому базові принципи, що були покладені в основу класової адресації, збереглися і в безкласовій.

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 байту (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Правила формування класів IP-адрес

Клас	Структура IP-адреси (правило I)	Структура старшого байту (правило II)				
		Двійкове значення			Десятькове значення	
		Загальний вигляд	Мінімальне	Максимальне	Мінімальне	Максимальне
A	N.N.N.N	0xxxxxxx	00000000	01111111	0	127
B	N.N.N.N	10xxxxxx	10000000	10111111	128	191
C	N.N.N.N	110xxxxx	11000000	11011111	192	223
D	Multicast	1110xxxx	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 адресою мережі та яка частина – адресою вузла. В класі A на IP-адресу мережі виділяється один байт, а на IP-адресу вузла – три байти. В класі B на IP-адресу мережі та IP-адресу вузла виділяється по два байти. В класі C на IP-адресу мережі виділяється три байти, а на IP-адресу вузла – один байт. IP-адреси класу D використовуються як групові. IP-адреси класу E зарезервовані для експериментального використання. На практиці використовуються адреси всіх класів, крім класу E.

Правило II стосується лише старшого байту. За його допомогою формується і відображається структура цього байту 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. 2.2. Слід зазначити, що в 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 в табл. 2.3.

Таблиця 2.2 – 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 використання; ** – дві IP-адреси з діапазону окремої мережі (нульова та остання) зарезервовані для спеціальних цілей і не можуть бути призначені вузлам: нульова IP-адреса – це IP-адреса мережі; остання IP-адреса – це ширококомовна IP-адреса мережі.

Таблиця 2.3 – 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 ширококомовна 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 використовуватися для адресації вузлів у глобальній мережі Інтернет, однак з часом деякі IP-адреси мереж були вилучені

для спеціального використання. Серед них слід згадати так звані приватні IP-адреси, які були виділені для використання в локальних мережах, що взагалі не мають підключення до глобальної мережі Інтернет або підключаються за допомогою технології заміни адрес NAT. Інформацію про приватні IP-адреси наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Приватні IP-адреси

Клас	Діапазон	Кількість IP-мереж
A	10.0.0.0 – 10.255.255.255	1
B	172.16.0.0 – 172.31.255.255	16
C	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 – додаткова, спеціальним чином сформована, IP-адреса, за допомогою якої визначається, яка частина IP-адреси є адресою мережі, а яка – адресою вузла. В сучасній практиці маски використовуються як в класовій, так і в 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 в першу чергу використовується для налаштування параметрів IP-адресації мережевих адаптерів/інтерфейсів. Також може використовуватися для налаштування статичної маршрутизації та протоколів динамічної маршрутизації RIP, IGRP. В 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 використовується для налаштування 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 використовуються для формування списків доступу, за допомогою яких здійснюється фільтрація трафіку між різними IP-мережами. Списки доступу є невід'ємними складовими сучасних програмних та апаратних міжмережєвих екранів. Слід зазначити, що поняття класового чи безкласового підходів до шаблонних масок не використовується.

Поряд з терміном «маска» (пряма маска) в практиці набув значного поширення термін «префікс мережі». Префікс мережі – це число, яке зазначає кількість біт, що виділені в певній IP-адресі на адресу 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 в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – 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 заданої IP-адреси мережевого адаптера/інтерфейсу вузла 172.205.14.1 із застосуванням класового підходу визначити наступні параметри адресації: клас IP-адреси; пряму класову маску мережі; IP-адресу мережі; IP-адресу вузла; початкову IP-адресу діапазону, що може використовуватися для

адресації вузлів мережі; кінцеву IP-адресу діапазону, що може використовуватися для адресації вузлів мережі; широкомовну IP-адресу мережі.

Розв’язання. Як відомо, IP-адреса містить в собі як IP-адресу мережі, так і IP-адресу вузла. Кількості байт, які виділяються на IP-адресу мережі та IP-адресу вузла, визначаються на основі таблиці класів. Задана IP-адреса 172.205.14.1 за даними таблиці класів належить до класу В.

Класовою маскою для мереж класу В є маска:

255.255.0.0

Для класу В на адресу мережі виділяється два перших байти IP-адреси. Відповідно IP-адреса мережі матиме вигляд:

172.205.0.0

Для класу В на адресу вузла виділяється два останніх байти IP-адреси. Відповідно IP-адреса вузла матиме вигляд:

0.0.14.1

IP-адреса мережі і широкомовна IP-адреса (нульова та остання IP-адреси відповідно) не можуть призначатися вузлам. Тому початковою IP-адресою для діапазону, що може використовуватися для адресації вузлів, є IP-адреса, наступна за IP-адресою мережі, а кінцевою IP-адресою – IP-адреса, яка передує широкомовній IP-адресі.

В нашому випадку початковою IP-адресою вузла є адреса:

172.205.0.1

Кінцевою IP-адресою вузла є адреса:

172.205.255.254

Широкомовною IP-адресою мережі є адреса:

172.205.255.255

Приклад 3. Для мережі, в 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'язання. Під час розв'язання даного виду задач слід пам'ятати, що, крім 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 :

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

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.

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

Початковою IP-адресою вузла цієї мережі є адреса:

$$180.1.0.1$$

Кінцевою 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:

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

В 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, передбачає, що ідентифікація мережевого адаптера/інтерфейсу або мережі здійснюється за допомогою двох параметрів – IP-адреси та мережевої маски/префіксу мережі.

На відміну від класової IP-адресації, у безкласовій IP-адресації поділ IP-адреси на частини – адресу мережі та адресу 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 префіксу 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;

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

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

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 префіксу $P = 31$ та $P = 32$ мають специфіку трактування і у вказаній формулі не використовуються.

Таблиця 2.6 – 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

Очевидно, що збільшення значення префіксу дає змогу зменшити кількість IP-адрес вузлів мережі, і навпаки, зменшення значення префіксу 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 префіксу наведено в табл. 2.6.

Приклад 4. Для заданої IP-адреси мережевого адаптера/інтерфейсу вузла 175.12.187.92 та префіксу /21 мережі із застосуванням безкласового підходу визначити наступні параметри IP-адресації: маску (пряму маску) мережі; інверсну маску мережі; IP-адресу мережі; IP-адресу вузла; початкову IP-адресу діапазону, що може використовуватися для адресації вузлів мережі; кінцеву 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 наступними 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 біт, які використовуються для адресації мережі) та нулів (решта біт, які використовуються для адресації 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 з бітів прямої маски.

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

00000000.00000000.00000**111.11111111**

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 в 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****

00000000.00000000.0000011.01011100****

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

00000000.00000000.0000011.01011100****

Результат у десятковій системі числення має вигляд:

0.0.3.92

Як і у випадку використання класового підходу, IP-адреса мережі і широкомовна IP-адреса (нульова й остання адреси відповідно) не можуть призначатися вузлам. Тому початковою IP-адресою для діапазону, який може використовуватися для адресації вузлів мережі, є IP-адреса, наступна за IP-адресою мережі, а кінцевою IP-адресою – IP-адреса, яка передує широкомовній IP-адресі.

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

10101111.00001100.10111000.00000001

175.12.184.1

Кінцева 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 5. Для мережі, в 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'язання. Для розв'язку даного виду задач варто скористатися залежностями, що описують довжини IP-адреси та префіксу в загальному вигляді:

$$N + H = 32 \text{ біти,}$$

$$P = N,$$

де N – кількість біт, які виділені для адресації мережі;

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

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

Кожному вузлу мережі ставиться у відповідність одна IP-адреса. Слід пам'ятати, що, крім IP-адрес вузлів, в 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 N формується число X вигляду:

$$X = K_{\text{вузлів}} + 2 - 1.$$

Для умов задачі число X :

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

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:

$$P = 32 - N.$$

Для нашого випадку $N = 6$ біт.

Отже,

$$P = 32 - 6 = 26 \text{ біт.}$$

Префікс відповідно має вигляд $-/26$.

У двійковій системі числення маска мережі записується як послідовність біт, що визначають адресу мережі (одиниці) та послідовність біт, що визначають адресу вузла (нулі).

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

11111111.11111111.11111111.11000000

В десятковій формі маска мережі має вигляд:

255.255.255.192

В якості IP-адреси 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

Початковою IP-адресою вузла цієї мережі є адреса:

195.10.1.1

Кінцевою 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 в мережі (крім IP-адреси мережі та широкомовної IP-адреси), призначаються вузлам мережі.

Хід роботи

1. Визначити, якими (унікальними, груповими, широкомовними) є задані MAC-адреси (таблиця А.2). Також визначити, у яких випадках (як адреси відправників чи як адреси отримувачів) можуть використовуватися ці MAC-адреси. За можливості для кожної з MAC-адрес визначити виробника мережевого адаптера/інтерфейсу чи мережевий протокол, який використовує дану адресу.

2. Для заданої IP-адреси мережевого адаптера/інтерфейсу вузла (таблиця А.3) із застосуванням класового підходу визначити наступні параметри IP-адресації: клас IP-адреси; класову маску мережі; IP-адресу мережі; IP-адресу

вузла; початкову IP-адресу діапазону, що може використовуватися для адресації вузлів мережі; кінцеву IP-адресу діапазону, що може використовуватися для адресації вузлів мережі; широкомовну IP-адресу мережі.

3. Для мережі, в якій функціонує задана кількість вузлів (таблиця А.4), із застосуванням класового підходу: визначити оптимальні (щодо економії адрес) маску і префікс мережі; обрати відповідну IP-адресу мережі; визначити параметри IP-адресації обраної мережі.

4. Для заданої IP-адреси мережевого адаптера/інтерфейсу вузла та префіксу мережі (таблиця А.5) із застосуванням безкласового підходу визначити: маску (пряму маску) мережі; інверсну маску мережі; IP-адресу мережі; IP-адресу вузла; початкову IP-адресу діапазону, що може використовуватися для адресації вузлів мережі; кінцеву IP-адресу діапазону, що може використовуватися для адресації вузлів мережі; широкомовну IP-адресу мережі; кількість вузлів (IP-адрес вузлів), які можуть входити в мережу.

5. Для мережі, в якій функціонує задана кількість вузлів (таблиця А.6), із застосуванням безкласового підходу: визначити оптимальні (щодо економії адрес) маску і префікс мережі; обрати відповідну IP-адресу мережі; визначити параметри IP-адресації обраної мережі.

6. Оформити звіт до практичної роботи, який повинен обов'язково містити: назву дисципліни, номер роботи, прізвище та ім'я студента, що її виконав, номер варіанту завдання, розв'язки завдань згідно наведених прикладів.

Контрольні запитання

1. Які типи адрес використовуються в сучасних мережах?
2. Призначення та приклади фізичних і логічних адрес.
3. Призначення та приклади текстових адрес.
4. MAC-адреса. Види та використання.
5. IP-адреса версії 4. Види та використання. Структура IP-адреси версії 4.
6. Поняття маски та префіксу мережі. Види масок.
7. Класова IP-адресація. Безкласова IP-адресація.