

Лабораторна робота 1

ФІЗИЧНА ТА ЛОГІЧНА АДРЕСАЦІЯ ВУЗЛІВ

КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ

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

Теоретичні відомості

Загальні принципи адресації у сучасних 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 у межах мережі;
- узгодження застосування адрес різних типів;
- конфігурування адрес мережних адаптерів/інтерфейсів та адрес мережних додатків.

Для ідентифікації мережних адаптерів/інтерфейсів у сучасних мережах застосовується три типи адрес:

- фізичні, локальні, апаратні адреси (Physical, Local, Hardware Addresses);
- логічні, мережні адреси (Logical, Network Addresses);
- символічні, текстові адреси (Symbolic, Text Addresses).

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

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

Для забезпечення інформаційного обміну у сучасній мережі використовуються фізичні і логічні адреси. Проте з точки зору користувача звернення до ресурсів із 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 – текстові адреси. Прикладами текстових 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 текстовими і логічними адресами.

Схему встановлення відповідностей між текстовими, логічними та фізичними адресами на прикладі доменних імен глобальної мережі Інтернет, IP-адрес версії 4 та MAC-адрес технології Ethernet наведено на рис. 1. У даному випадку встановлення відповідностей між IP-адресами і MAC-адресами забезпечує протокол ARP, а встановлення відповідностей між доменними іменами і IP-адресами – система DNS.

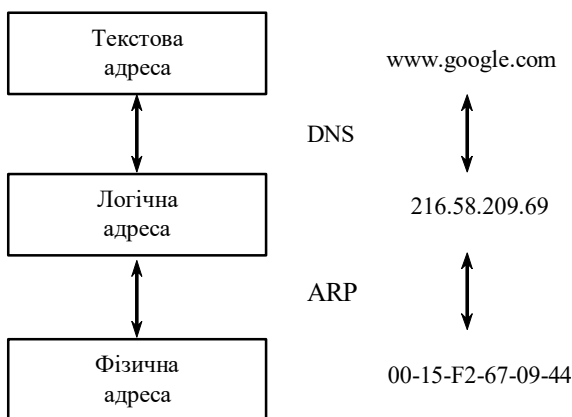


Рис. 1. Схema встановлення відповідностей між адресами різних типів

MAC-адреси та їх застосування у сучасних мережах

MAC-адреса (MAC-Address, Media Access Control Address) – унікальний числовий ідентифікатор, який призначається виробником мережному адаптеру/інтерфейсу і застосовується у процесі передачі даних у межах окремого канального сегмента мережі. Досить часто як синонім терміна „MAC-адреса” застосовують термін „прошита адреса” (BIA, Burned-In Address). Стосовно моделі OSI MAC-адреса – це адреса канального рівня, тому іноді її називають канальною адресою. Стосовно стеку TCP/IP MAC-адреса – це адреса рівня мережних 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 мережних адаптерів/інтерфейсів, EUI-48 – для ідентифікації інших пристроїв та програм. EUI-64 є розширенням EUI-48. Позначення MAC-48 вважається застарілим і у практиці рекомендується застосовувати термін EUI-48.

MAC-адреса має довжину 48 бітів (6 байтів). Як правило, відображення 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.

Формат EUI-48, як правило, застосовується для відображення MAC-адрес в ОС Windows. Приклад адреси – 0C-8B-FD-93-63-EB. Формат Unix Zero-Padded застосовується в більшості ОС Unix, Linux, OS X, Android. Багато виробників застосовують цей формат ОС своїх комунікаційних пристроїкомутаторів, маршрутизаторів, точок міжмережних екранів тощо багатьох виробників. Приклад запису – 0c:8b:fd:93:63:eb. Формат запису Cisco застосовується в ОС фірми Cisco, зокрема в Cisco IOS, Cisco IOS XE, Cisco IOS XR. Cisco NX-OS. Приклад запису – 0c8b.fd93.63eb. У деяких випадках запис MAC-адреси здійснюється без роздільників, як проста послідовність із шести байтів – 0C8BFD9363EBh або 0c8bfd9363eb.

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. 2):

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

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.

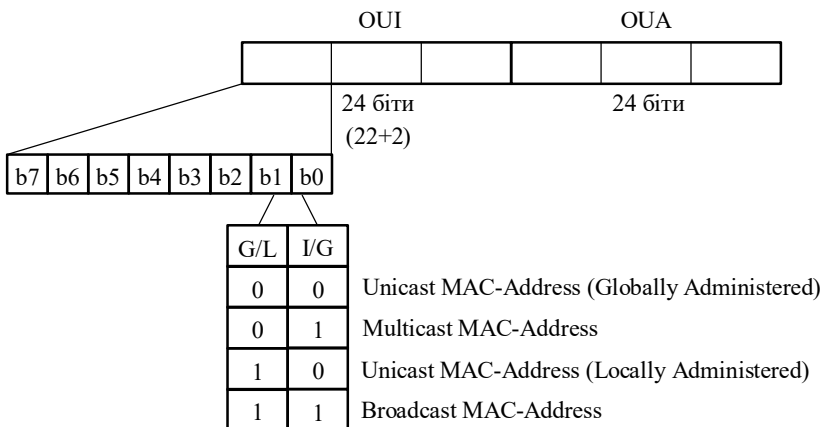


Рис. 2. Структура MAC-адреси

Адресний простір EUI-48 контролюється IEEE таким чином, щоб забезпечити дотримання унікальності MAC-адрес. В одному каналному сегменті MAC-адреси повинні бути унікальними, оскі-

льки використання однакових MAC-адрес призведе до неможливості здійснення інформаційного обміну.

Розподіл адресного простору MAC-48 здійснюється за простими правилами. Будь-який виробник мережних 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://standards-oui.ieee.org/cid/cid.txt>. Актуальну інформацію щодо OUI також публікують у межах багатьох проєктів з розробки відкритого програмного забезпечення. Наприклад, у межах проєкту аналізатора мережного трафіку Wireshark за адресою <https://gitlab.com/wireshark/wireshark/-/raw/master/manuf>. Окрім того актуальну інформацію щодо OUI можна отримати на на Web-сайтах спеціалізованих пошукових систем, зокрема <http://hwaddress.com>, <http://www.macvendorlookup.com>, <https://2ip.ua/ua/services/information-service/mac-find>, <https://www.whatsmyip.org/mac-address-lookup/>, <https://www.ipchecktool.com/tool/macfinder>, <https://www.wireshark.org/tools/oui-lookup.html>.

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

Перелік найбільш уживаних спеціалізованих MAC-адрес наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Перелік найбільш уживаних спеціалізованих MAC-адрес

MAC-адреса	Протокол
01000CCCCCCC	CDP (Cisco Discovery Protocol), VTP (VLAN Trunking Protocol), UDLD (Unidirectional Link Detection), DTP (Dynamic Trunking Protocol), PAGP (Port Aggregation Protocol)
01000CCCCCDD	VSTP (VLAN Spanning Tree Protocol)
0180C2000000	STP (Spanning Tree Protocol), RSTP (Rapid STP), MSTP (Multiple STP)
0180C2000001	Pause (Flow Control, MAC-Control)
0180C2000002	LACP (Link Aggregation Control Protocol) – EtherType 8809 Subtype 01, LAMP (EtherType 8809 Subtype 02), Link OAM (EtherType 88-09 Subtype 03)
0180C2000003	Port Authentication 802.1x
0180C2000007	E-LMI (Ethernet Local Management Interface)
0180C2000008	Provider MSTP
0180C200000D	Provider MMRP
0180C2000000, 0180C2000003, 0180C200000E	LLDP (Link Layer Discovery Protocol)
0180C2000020– 0180C200002F	GARP (Generic Attribute Registration Protocol), GMRP (GARP Multicast Registration Protocol), GVRP (GARP VLAN Registration Protocol)
0180C2000020	MMRP (Multiple MAC Registration Protocol)
0180C2000021	MVRP (Multiple VLAN Registration Protocol)
01005E000000– 01005E7FFFFFFF	IPv4-Multicast (Групово розсилка протоколу IP версії 4)
3333xxxxxxxx	IPv6-Multicast (Групово розсилка протоколу IP версії 6)
011B19000000, 0180C200000E	PTP (Precision Time Protocol) version 2 over Ethernet (Layer-2)
FFFFFFFFFFFFFF	Широкомовна MAC-адреса

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

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

00001100

Молодші два біти цього байта 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 мережному адаптеру/інтерфейсу. Оскільки проаналізована адреса є унікальною, то вона може застосовуватися і як адреса відправника, і як адреса отримувача кадру.

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. 3.

The screenshot shows the 'MAC Address Lookup' website. At the top, it says 'Enter any MAC address, OUI, or IAB below to lookup the manufacturer, location, and more'. Below this is a search bar containing '0C-8B-FD'. Under the search bar is a link that says 'Where can I find my MAC Address?'. Below the search bar is a section titled 'MAC Address Details' which contains the following information:

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 802.3

Рис. 3. Результат пошуку OUI виробника

Ідентифікатор виробника 0C-8B-FD виділено для Intel Corporate. Діапазон можливих адрес мережних адаптерів/інтерфейсів для цього OUI; 0C-8B-FD-00-00-00 – 0C-8B-FD-FF-FF-FF.

IP-адреси та їх застосування у сучасних мережах

IP-адреса (IP-Address, Internet Protocol Address) – унікальний числовий ідентифікатор, який призначається мережному адаптеру/інтерфейсу і застосовується у процесі передачі даних у межах як окремої локальної мережі, так і між різними підмережами глобальних мереж. Стосовно моделі OSI IP-адреса – це адреса мережного рівня, стосовно стеку TCP/IP – адреса рівня міжмережної взаємодії. Система IP-адресації є однією з базових складових сучасної мережі Інтернет.

Загальне керування адресним простором IP-адрес здійснює Адміністрація адресного простору Інтернет (IANA, Internet Assigned Numbers Authority), яка є підрозділом неприбуткової Інтернет-корпорації з призначення імен та адрес (ICANN, Internet Corporation for Assigned Names and Numbers). IANA підпорядковуються регіональні Інтернет-реєстратори (RIR, Regional Internet Registries), яким, у свою чергу, підпорядковуються локальні Інтернет-реєстратори (LIR, Local Internet Registries) – провайдери послуг Інтернет. Регіональні Інтернет-реєстратори розподіляють IP-адреси як між кінцевими користувачами, так і між локальними Інтернет-провайдерами. Слід зазначити, що на IANA/ICANN також покладається керування основними зонами системи DNS – системи встановлення відповідностей між IP-адресами та доменними іменами вузлів мережі Інтернет.

Перелік регіональних Інтернет-реєстраторів та території їх відповідальності наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Перелік регіональних Інтернет-реєстраторів та території їх відповідальності

№ з/п	Регіональний Інтернет-реєстратор	Регіон
1	RIPE NCC, Réseaux IP Européens Network Coordination Centre	Європа, Близький Схід та Центральна Азія
2	ARIN, American Registry for Internet Numbers	Північна Америка
3	LACNIC, Latin American and Caribbean Internet Addresses Registry	Південна Америка та басейн Карибського моря
4	APNIC, Asia-Pacific Network Information Centre	Азійсько-Тихоокеанський регіон
5	AfriNIC, African Network Information Centre	Африка

Існують дві версії IP-адресації – версії 4 та 6. Основним стандартом, у якому описуються вимоги до IP-адрес версії 4, є прийня-

тий у вересні 1981 року стандарт RFC-791 „Internet Protocol. DARPA Internet Program Protocol Specification”. Основним стандартом, у якому описуються вимоги до IP-адрес версії 6, є прийнятий у грудні 1998 року стандарт RFC-2460 „Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification”. Пізніше ці стандарти були доповнені іншими стандартами RFC, що тією чи іншою мірою стосуються питань IP-адресації. Тексти стандартів RFC, зокрема і зазначених вище стандартів, можна отримати на Web-сайті стандартизуючої організації – Підрозділу інженерних розробок Інтернет (IETF, Internet Engineering Task Force) за адресою <https://www.ietf.org/tools/>.

IP-адреса версії 4 має довжину 32 біти (4 байти). Як правило, запис IP-адреси версії 4 здійснюється побайтово у десятковій формі числення, і як роздільник байтів застосовується крапка. Такий запис називають десятково-крапковим форматом запису (DDN, Dotted-Decimal Notation). Іноді цей запис за кількістю байтів називають Quad-Dotted Notation. 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. Фактично, за рахунок певних правил та винятків, застосовується менша кількість адрес. Насправді доступних IP-адрес ще менше, оскільки частина з адрес мають спеціальне призначення.

Залежно від застосування IP-адреса версії 4 може бути ідентифікована як:

- унікальна IP-адреса (Unicast IP-Address);
- групова IP-адреса (Multicast IP-Address);
- широкомовна IP-адреса (Broadcast IP-Address), спрямована широкомовна IP-адреса (Directed Broadcast IP-Address).

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

Структурно IP-адреса версії 4 складається з двох частин – одна частина (ліворуч) містить IP-адресу (номер, ідентифікатор) мережі,

до якої належить вузол, інша (праворуч) – IP-адресу (номер, ідентифікатор) вузла в цій мережі.

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

- класовий, класова IP-адресація (Classful IP-Addressing);
- безкласовий, безкласова IP-адресація (Classless IP-Addressing).

Класова IP-адресація (класовий підхід) була розроблена як основна система адресації на початковому етапі розвитку мережі Internet. Інтенсивний розвиток мережі поставив перед фахівцями основну проблему класового підходу до IP-адресації – 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 до IP-адресації. Основне завдання, яке необхідно було вирішити фахівцям у ході розробки нової системи адресації – це збереження сумісності з класовою IP-адресацією. Тому базові принципи, що були покладені в основу класової адресації, збереглися і в безкласовій IP-адресації.

Безкласова адресація розв'язала проблему дефіциту IP-адрес на період, менший, ніж десять років. Подальше стрімке зростання мережі Інтернет зумовило потребу значного розширення адресного простору. Фахівцями було запропоновано йти двома шляхами. Перший із них – розробка механізмів та засобів розширення адресного простору існуючої системи IP-адресації версії 4, другий – перехід до нової системи IP-адресації.

Розширення адресного простору існуючої системи IP-адресації версії 4 було здійснено за рахунок упровадження спеціальної технології заміни адрес NAT (Network Address Translation). Дана технологія і нині широко застосовується і розвивається.

Перехід на нову систему IP-адресації, яка отримала назву IP-адресація версії 6, був здійснений у межах розробки нової, більш продуктивної та ефективної версії протоколу IP – версії 6. Довжину IP-адреси версії 6 було збільшено до 128 бітів, що надало можливість позбутися проблеми дефіциту IP-адрес на тривалий період.

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. 3).

Таблиця 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	10xxxxxx	10000000	10111111	128	191
C	N.N.N.N	110xxxxx	11000000	11011111	192	223
D	M.M.M.M	1110xxxx	11100000	11101111	224	239
E	R.R.R.R	11110xxx	11110000	11110111	240	247

Примітка: N, Network – байт(и) IP-адреси мережі; H, Host – байт(и) IP-адреси вузла; M, Multicast – байти (групової) IP-адреси; R, Reserved – байти зарезервованої (експериментальної) адреси.

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 A на IP-адресу мережі виділяється один байт, а на IP-адресу вузла – три байти. У класі B як на IP-адресу мережі, так і на IP-адресу вузла виділяється по два байти. У класі C на IP-адресу мережі виділяється три байти, а на IP-адресу вузла – один байт. IP-адреси класу D застосовуються як групові. IP-адреси класу E зарезервовані для експериментального використання. На практиці застосовуються адреси всіх класів, крім класу E.

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. 4. Слід зазначити, що у ході формування діапазону класу A дві IP-адреси мереж були вилучені. Під час формування класу E було вилучено діапазон 248.0.0.0 – 255.255.255.255. Інформацію про згадані IP-адреси вилучення та їх призначення наведено у табл. 5.

Таблиця 4

Класи IP-адрес

Клас	Мінімальна IP-адреса мережі/діапазону класу	Максимальна IP-адреса мережі/діапазону класу	Кількість IP-мереж класу	Кількість IP-адрес вузлів у мережі класу
A	1.0.0.0	126.0.0.0	126 (2^7-2)*	16777214 ($2^{24}-2$)**
B	128.0.0.0	191.255.0.0	16384 (2^{14})	65534 ($2^{16}-2$)**
C	192.0.0.0	223.255.255.0	2097152 (2^{21})	254 (2^8-2)**
D	224.0.0.0***	239.255.255.255***	—	—
E	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 широкомовна IP-адреса мережі; *** – для класів D та E поняття мережі та вузла не існує.

Таблиця 5

IP-адреси вилучення та їх призначення

№ з/п	IP-адреса вилучення	Назва	Застосування
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 стандарта

пту RFC-1918 „Address Allocation for Private Internets”) наведено у табл. 6.

Таблиця 6

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

Найбільш актуальну і повну інформацію стосовно IP-адрес вилучень та IP-адрес мереж спеціального призначення наведено в останньому на сьогодні стандарті, що стосується IP-адресації – стандарті RFC-6890 „Special-Purpose IP Address Registries”.

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 мережних 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. У класовій інверсній масці байтам, що співвідносяться з байтами IP-адреси ме-

режі, 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 трафіка між різними IP-мережами. Списки доступу є невід’ємними складовими сучасних програмних та апаратних міжмережних екранів. Слід зазначити, що поняття класового чи безкласового підходів до шаблонних масок не застосовується.

Досить часто поняття „шаблонна маска” та „інверсна маска” не розрізняють. Такий підхід є некоректним. Відмінності 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 бітів, 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 наведено у табл. 7.

Таблиця 7

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 мережного 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 мережного адаптера/інтерфейсу вузла 172.205.14.1 із застосуванням класового підходу визначити такі параметри IP-адресації: клас IP-адреси; пряму класову маску мережі; інверсну класову маску мережі; класовий префікс 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; широкотовну IP-адресу мережі; кількість вузлів (IP-адрес вузлів), які можуть входити в мережу.

Розв’язання. Як відомо, IP-адреса містить у собі як IP-адресу (номер) мережі, так і IP-адресу (номер) вузла. Кількості байтів, 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

Інверсною класовою маскою для мереж класу В є маска:

0.0.255.255

Класовим префіксом для мереж класу В відповідно є префікс:

/16

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

172.205.0.0

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

0.0.14.1

IP-адреса мережі і ширококомвна IP-адреса (нульова й остання IP-адреси відповідно) не можуть призначатися вузлам. Тому мінімальною IP-адресою для діапазону, що може використовуватися для адресації вузлів, є IP-адреса, наступна за IP-адресою мережі, а максимальною IP-адресою – IP-адреса, яка передує ширококомвній IP-адресі.

У нашому випадку мінімальною IP-адресою вузла є адреса:

172.205.0.1

Максимальною IP-адресою вузла є адреса:

172.205.255.254

Широкомвною IP-адресою мережі є адреса:

172.205.255.255

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

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

або визначається за даними таблиці класів.

У нашому випадку кількість вузлів становить:

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

Приклад 3. Для мережі, у якій функціонує задана кількість вузлів – 1262, із застосуванням класового підходу: визначити оптимальні (щодо 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, окрім IP-адрес, що призначаються вузлам, 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 одну IP-адресу необхідно відняти. Тому загальна кількість IP-адрес мережі (включаючи IP-адресу мережі та широкомовну адресу) 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). Задля 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, становить:

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

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

Завдання на лабораторну роботу

1. Визначити, якими (унікальними, груповими, широкомовними) є задані три MAC-адреси (табл. 8). Також визначити, у яких випадках (як адреси відправників чи як адреси отримувачів) можуть застосовуватися ці MAC-адреси. За можливості для кожної із MAC-адрес визначити виробника мережного адаптера/інтерфейсу чи мережний протокол, який застосовує дану адресу.

Таблиця 8

Параметри для розрахунку п. 1

№ варіанта	MAC-адреса 1	MAC-адреса 2	MAC-адреса 3
1	000C418545AA	01000CCCCCD	FFFFFFFFFFFF
2	4485001278D2	FFFFFFFFFFFF	0180C2000001
3	FFFFFFFFFFFF	4C80937895AA	0180C2000003
4	0180C2000008	000C87D2347A	FFFFFFFFFFFF
5	00E0FC91A23F	FFFFFFFFFFFF	0180C2000000
6	FFFFFFFFFFFF	0180C200000E	28315200128D
7	0005851D54FF	0180C200002F	FFFFFFFFFFFF
8	0180C2000021	FFFFFFFFFFFF	F4A73939468A
9	FFFFFFFFFFFF	1CFA6886ABE1	01005E000002
10	0180C200000E	0080C881C2C1	FFFFFFFFFFFF
11	C8F4061145D1	FFFFFFFFFFFF	333300000005
12	FFFFFFFFFFFF	C40415DA13E1	01005E000002
13	080088A080A8	01005E000002	FFFFFFFFFFFF
14	333300000066	FFFFFFFFFFFF	CC5D4E0101FF
15	FFFFFFFFFFFF	001460105AD0	01005E000005
16	000C41A145E2	01000CCCCCCC	FFFFFFFFFFFF
17	0180C2000000	FFFFFFFFFFFF	3413E8114585
18	FFFFFFFFFFFF	14ABC5B1D1A1	0180C2000002
19	000C87DD11A1	0180C2000007	FFFFFFFFFFFF
20	0180C200000D	FFFFFFFFFFFF	001E10FFD311
21	FFFFFFFFFFFF	18D11F0125DF	0180C2000003
22	00058512DDA1	0180C2000020	FFFFFFFFFFFF
23	0180C2000020	FFFFFFFFFFFF	88A2E5FF23A1
24	FFFFFFFFFFFF	000AEB74CB11	01005E000001
25	00A0C078D113	011B19000000	FFFFFFFFFFFF
26	333300000001	FFFFFFFFFFFF	00040DD0041A
27	FFFFFFFFFFFF	2CB05D7EE111	333300000001
28	000088000001	01005E000008	FFFFFFFFFFFF
29	333300000016	FFFFFFFFFFFF	F41563F22F22
30	FFFFFFFFFFFF	040A8383040A	01005E000016
31	C40415DA13EE	0180C2000007	FFFFFFFFFFFF

32	000C41A1F5E8	FFFFFFFFFFFF	01005E000002
33	FFFFFFFFFFFF	0180C2000008	0080C88DF2AA

2. Для кожної із заданих трьох IP-адрес мережних адаптерів/інтерфейсів вузлів (табл. 9) із застосуванням класового підходу визначити такі параметри IP-адресації мереж: клас IP-адреси; пряму класову маску мережі; інверсну класову маску мережі; класовий префікс 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 п. 2

№ варіанта	IP-адреса 1	IP-адреса 2	IP-адреса 3
1	45.12.17.199	206.157.15.1	134.143.14.13
2	136.88.226.25	55.17.18.19	207.80.218.33
3	208.74.183.175	138.68.177.181	65.65.55.66
4	75.164.52.13	209.86.224.27	140.76.185.173
5	142.98.241.2	85.73.182.176	210.12.201.102
6	211.71.208.43	144.73.210.41	95.69.178.180
7	105.84.222.29	212.78.216.35	146.1.0.189
8	150.96.237.6	115.75.212.39	213.67.176.182
9	214.90.55.7	160.255.1.1	125.25.52.12
10	5.97.239.4	215.76.214.37	170.72.181.177
11	180.77.98.174	10.255.255.254	216.70.179.179
12	217.222.25.187	190.255.255.15	15.71.180.178
13	20.66.202.49	218.0.255.254	185.85.15.155
14	175.1.1.255	25.94.235.12	219.19.21.254
15	220.92.231.10	165.93.233.8	30.130.13.31
16	10.174.1.55	130.12.5.134	192.255.1.1
17	135.1.255.147	20.255.255.1	195.145.13.240
18	193.85.197.7	140.0.0.51	30.255.255.1
19	40.7.7.143	194.255.1.254	145.1.25.14
20	150.136.18.177	50.1.1.254	195.0.0.1
21	196.88.99.11	155.0.5.7	60.60.20.215
22	70.85.19.1	197.1.0.143	160.169.240.232
23	170.2.15.218	80.10.0.155	198.162.0.1
24	199.66.75.201	175.19.0.7	90.255.255.1
25	100.99.18.55	200.82.220.31	180.255.1.254
26	185.69.206.45	110.255.255.0	201.54.254.4
27	202.76.17.11	190.0.0.252	120.25.4.254

28	15.10.11.33	203.75.184.174	128.1.1.255
29	130.65.200.51	25.0.255.254	204.254.0.254
30	205.55.87.94	130.67.204.47	35.10.19.147
31	12.47.243.200	168.15.86.79	199.185.145.12
32	176.172.92.15	205.61.17.48	8.188.8.9
33	220.38.0.10	56.17.198.200	155.55.15.51

3. Для мереж А та В, у яких функціонує задана кількість вузлів (табл. 10), із застосуванням класового 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 для кожної із мереж.

Таблиця 10

Параметри для розрахунку п. 3

№ варіанта	Кількість вузлів мережі А	Кількість вузлів мережі В	№ варіанта	Кількість вузлів мережі А	Кількість вузлів мережі В
1	35	511	18	16542	140
2	19	1023	19	7	1978
3	78	2047	20	12	9657
4	48	4095	21	143	1205
5	1999	63	22	1512	45
6	20365	3	23	872	69
7	299	10	24	652	82
8	220	986	25	7841	188
9	200200	125	26	15	255
10	58794	252	27	143	13018
11	9875	1011	28	126	1400
12	174	65535	29	2550	10
13	99	16382	30	738	78
14	130	131071	31	12	3348
15	37	32737	32	2058	120
16	31	987	33	28	140895
17	8191	15	34	14	9854

Контрольні питання

1. Типи адрес, що застосовуються у сучасних мережах.
2. Визначення фізичної адреси. Приклади фізичних адрес.
3. Визначення логічної адреси. Приклади логічних адрес.
4. Визначення текстової адреси. Приклади текстових адрес.
5. MAC-адреса. Види та застосування.
6. Структура MAC-адреси.

7. IP-адреса версії 4. Види та застосування.
8. Структура IP-адреси версії 4.
9. IP-адреси вилучення версії 4.
10. Приватні IP-адреси версії 4.
11. Поняття маски та префікса мережі. Види масок.
12. I правило формування класів IP-адрес.
13. II правило формування класів IP-адрес.
14. Класи IP-адрес.
15. Класові маски та префікси.