

## **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;

#### **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.

Схема встановлення відповідностей між текстовими, логічними та фізичними адресами на прикладі доменних імен глобальної мережі Інтернет, IP-адрес версії 4 та MAC-адрес технології Ethernet наведена на рис. 1.1. У даному випадку встановлення відповідностей між IP-адресами і MAC-адресами забезпечує протокол ARP, а

встановлення відповідності між доменними іменами і IP-адресами система DNS.

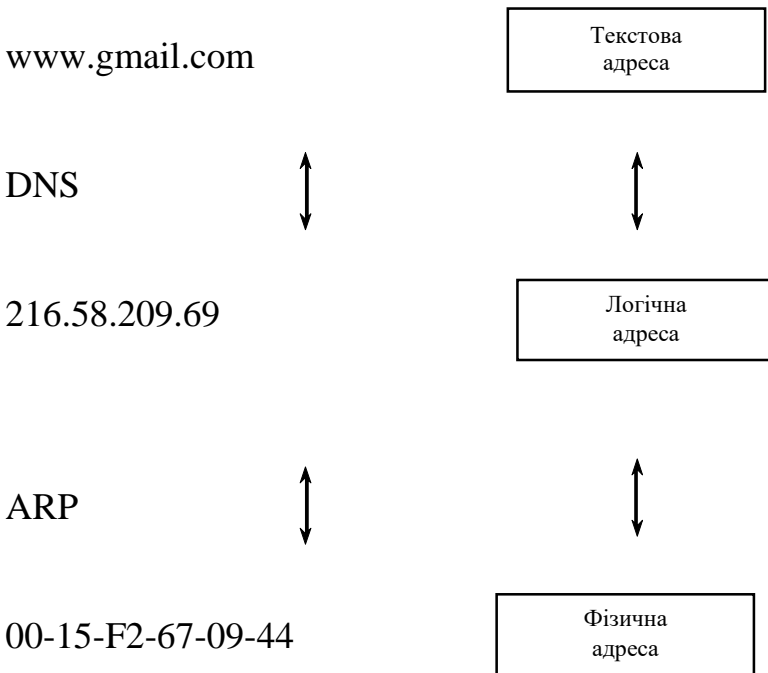


Рис. 1.1. Схема встановлення відповідності між адресами різних типів

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.

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.

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 байтів – 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 ширококомовним.

Структурно MAC-адреса містить два однакових за довжиною 24-бітних блоки (рис. 1.2):

- 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 ширококомовною. 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.

OUI

OUA



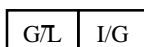
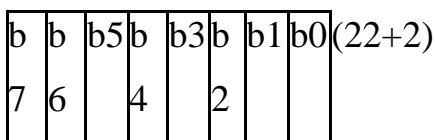


Рис. 1.2. Структура MAC-адреси

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 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>



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 мережних 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>.

Перелік найбільш спеціалізованих MAC-адрес наведений у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

**Перелік найбільш спеціалізованих MAC-адрес**

MAC-адреса	Протокол
01000CCC CCCC	CDP (Cisco Discovery Protocol), VTP (VLAN Trunking Protocol), UDLD (Unidirectional Link Detection), DTP

	(Dynamic Trunking Protocol), PAgP (Port Aggregation Protocol)
01000CCC CCCD	VSTP (VLAN Spanning Tree Protocol)
0180C2000 000	STP (Spanning Tree Protocol), RSTP (Rapid STP), MSTP (Multiple STP)
0180C2000 001	Pause (Flow Control, MAC-Control)
0180C2000 002	LACP (Link Aggregation Control Protocol) – EtherType 8809 Sub-type 01, LAMP (EtherType 8809 Subtype 02), Link OAM (Ether-Type 88-09 Subtype 03)
0180C2000 003	Port Authentication 802.1x
0180C2000 007	E-LMI (Ethernet Local Management Interface)
0180C2000 008	Provider MSTP
0180C2000 00D	Provider MMRP

0180C2000 000, 0180C2000 003, 0180C2000 00E	LLDP (Link Layer Discovery Protocol)
0180C2000 020– 0180C2000 02F	GARP (Generic Attribute Registration Protocol), GMRP (GARP Multi- cast Registration Protocol), GVRP(GARP VLAN Registration Protocol)
0180C2000 020	MMRP (Multiple MAC Registration Protocol)
0180C2000 021	MVRP (Multiple VLAN Registration Protocol)
01005E000 000– 01005E7FF FFF	IPv4-Multicast (Групова розсилка протоколу IP версії 4)

FFFFFFFF	Широкомовна MAC-адреса
FFFF	

## *IP-адреси та їх застосування у сучасних мережах*

IP-адреса (IP-Address, Internet Protocol Address) – унікальний чи- словий 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 локальним 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. 1.2.

Таблиця 1.2

**Перелік регіональних Інтернет-реєстраторів та території їх відповідальності**

№ з/п	Регіональний Інтернет-реєстратор	Регіон
1	IPE NCC, Réseaux IP Européens Network Coordination Centre	Європа, Близький Схід та Центральна Азія
2	RIN, American Registry for Internet	Північна Америка

	Numbers	
3	<p>           CNIC, Latin American and            Caribbean Internet Addresses            Registry         </p>	<p>           Південна Америка            та басейн            Карибського моря         </p>
4	<p>           APNIC, Asia-Pacific            Network Information            Centre         </p>	<p>           Північно-            Тихоокеанський            регіон         </p>

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 прийнятий 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 (Decimal-Dotted 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).

У повідомленні (IP-пакеті) унікальні IP-адреси можуть зазначатися як адреси відправника (Source IP-Address), так 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) мережі**, до якої належить вузол, **інша (праворуч) – IP-адресу (номер) 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. 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 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. 1.3).

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	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(и) IP-адреси мережі; H, Host – байт(и) 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 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 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 ІР-адрес мереж, що належать певним класам.

Інформацію про діапазони ІР-адрес мереж відповідних класів та їх кількісні параметри наведено у табл. 1.4. Слід зазначити, що у ході формування діапазону класу А дві ІР-адреси мереж були вилучені. Під час формування класу Е було вилучено діапазон 248.0.0.0 – 255.255.255.255. Інформацію про згадані ІР-адреси вилучення та їх призначення наведено у табл. 1.5.

Таблиця 1.4

### Класи ІР-адрес

Клас	Мінімальна ІР-адреса мережі	Максимальна ІР-адреса мережі	Кількість ІР-мереж	Кількість ІР-адрес вузлів у мережі
------	-----------------------------	------------------------------	--------------------	------------------------------------

A	<b>1.0.0.0</b>	<b>126.0.0.0</b>	126 ( $2^7-2$ )*	16777214 ( $2^{24}-2$ )**
B	<b>128.0.0.0</b>	<b>191.255.0.0</b>	16384 ( $2^{14}$ )	65534 ( $2^{16}-2$ )**
C	<b>192.0.0.0</b>	<b>223.255.255.0</b>	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 ширококомовна IP-адреса мережі.

Таблиця 1.5

### IP-адреси вилучення та їх призначення

№ з/п	IP-адреса вилучення	Назва	Застосування
1	0.0.0.0	Невизначена IP-адреса	Позначення поточного вузла. Адреса відправника повідомлення у випадку,

		(Unknown IP-Address)	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. 1.6.

Таблиця 1.6

### Приватні IP-адреси

Клас	Діапазон	Кількість IP-мереж
A	<b>10.0.0.0 – 10.255.255.255</b>	1
B	<b>172.16.0.0 – 172.31.255.255</b>	16
C	<b>192.168.0.0 – 192.168.255.255</b>	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 уведення 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.

## ***Безкласова IP-адресація***

Безкласова IP-адресація, також відома як механізм використання масок підмереж змінної довжини (VLSM, Variable-Length Subnet Masking), передбачає, що ідентифікація мережного адаптера/інтерфейсу або мережі здійснюється за допомогою двох параметрів – IP-адреси та мережної 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 бітів, які виділені для адресації мережі (номер мережі);

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

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

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

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

Повний перелік мережних префіксів, прямих та інверсних безкласових масок, а також кількість можливих IP-адрес вузлів для кожного префікса наведено у табл. 1.8.

Таблиця 1.8

**Мережні префікси/маски**

Префікс	Маска мережі	Інверсна маска мережі	Кількість IP-адрес вузлів в IP-мережі
/0	0.0.0.0	255.255.255.255	4294967294
/1	128.0.0.0	127.255.255.255	2147483646
/2	192.0.0.0	63.255.255.255	1073741822
/3	224.0.0.0	31.255.255.255	536870910
/4	240.0.0.0	15.255.255.255	268435454
/5	248.0.0.0	7.255.255.255	134217726
/6	252.0.0.0	3.255.255.255	67108862
/7	254 0 0.0	1.255.255.255	33554430
/8	255.0.0.0	0.255.255.255	16777214
/9	255.128.0.0	0.127.255.255	8388606
/10	255.192.0.0	0.63.255.255.	4194302
/11	255.224.0.0	0.31.255.255	2097150
/12	255.240.0.0	0.15.255.255	1048574

/13	255.248.0.0	0.7.255.255	524286
/14	255.252.0.0	0.3.255.255	262142
/15	255.254.0.0	0.1.255.255	131070
/16	255.255.0.0	0.0.255.255	65534
/17	255.255.128. 0	0.0.127.255	32766
/18	255.255.192. 0	0.0.62.255	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	512
/24	255 255 255	0.0.0.255	254

	0		
/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 мережного 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’язання.** Для розв’язання даної задачі переводимо IP-адресу 175.12.187.92 з десяткової у двійкову систему

числення:

10101111.00001100.10111011.01011100

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

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

**11111111.11111111.11111000.00000000**

Результат у десятковій системі числення має вигляд:  
255.255.248.0

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

**11111111.11111111.11111000.00000000**

**10101111.00001100.10111000.00000000**

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

**10101111.00001100.10111000.00000000**

Результат у десятковій системі числення має вигляд:

**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 ширококомвна 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 передусє ширококомвній IP-адресі.

У нашому випадку мінімальна IP-адреса для нумерації вузлів у двійковій та десятковій системах числення має вигляд: **10101111.00001100.10111000.00000001**  
175.12.184.1

Максимальна IP-адреса для нумерації вузлів відповідно має вигляд: **10101111.00001100.10111111.11111110**  
175.12.191.254

Широкомовна IP-адреса відповідно має вигляд:  
**10101111.00001100.10111111.11111111**  
175.12.191.255

## **Завдання на практичну роботу**

### **Завдання 1**

Для заданої IP-адреси мережного адаптера/інтерфейсу вузла (табл. 1.12) із застосуванням класового підходу визначити такі параметри IP-адресації: клас IP-адреси; пряму 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 1.12

### Параметри для розрахунку п. 2

№ варіан та	IP-адреса	№ варіан та	IP-адреса	№ варіа нт а	IP-адреса
1	133.92.231. 10	11	108.71.208. 43	21	195.76.185.1 73
2	132.93.233. 8	12	107.73.210. 41	22	196.75.184.1 74
3	131.94.235. 12	13	106.75.212. 39	23	197.74.183.1 75
4	130.96.237. 6	14	105.76.214. 37	24	198.73.182.1 76
5	129.97.239. 4	15	104.78.216. 35	25	199.72.181.1 77
6	128.98.241. 2	16	103.80.218. 33	26	200.71.180.1 78
7	112.65.200.	17	102.82.220.	27	201.70.179.1

	51		31		79
8	111.66.202. 49	18	101.84.222. 29	28	202.69.178.1 80
9	110.67.204. 47	19	100.86.224. 27	29	203.68.177.1 81
10	109.69.206. 45	20	99.88.226.2 5	30	204.67.176.1 82

## Завдання 2

Для мережі, у якій функціонує задана кількість вузлів (табл. 1.13), 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 1.13

### Параметри для розрахунку п. 4

№ варіант а	Кількість вузлів	№ варіант а	Кількість вузлів	№ варіант а	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	13107 1
10	7841	20	63	30	32737

### Завдання 3

Який з наведених нижче адрес є прикладом широкомовної адреси для мережі класу В?

	147.1.1.1
	147.255.255.255
	147.13.0.0
	147.14.255.255

### Завдання 4



Заповніть таблицю:

**Таблиця - характеристики класів IP адресації.**

Клас адреси	Старші біти першого октету	Діапазон дес. значень першого октету	Network / Host ID (N=Network, H=Host)	Маска підмережі за умовч.
<b>A</b>	0	1-126 (Значення 127 зарезервовано для організації внутрішньої петлі пристроїв, яка використовує ся при тестуванні)	N.H.H.H	255.0.0.0
<b>B</b>	10	128-191	N.N.H.H	255.255.0.0
<b>C</b>	110	192-223	N.N.N.H	255.255.255. 0
<b>D</b>	1110	224-239	N.H.H.H	

<b>E</b>	11110	240-255	N.N.N.N	

**Завдання 5. Визначення частин IP- адрес.**

Заповнити таблицю про ідентифікацію різних класів IP-адрес.

**Таблица - ідентифікація різних класів IP-адрес**

IP- адреси хостів	Клас адреси	Адреса мережі	Адреси хостів	Шіроковещательні (broadcast) адреса
216.14.55.137				
123.1.1.15				
150.127.221.244				
194.125.35.199				
175.12.239.244				

**Завдання 6**

Дана IP- адреса 142.226.0.15

1. Чому дорівнює двійковий еквівалент другого октету?
2. Якому класу належить ця адреса?
3. Чому дорівнює адреса мережі, в якій знаходиться хост до цієї адреси?
4. Чи є ця адреса хоста допустимим в класичній схемі адресації

### **Завдання 7**

Знайти адресу мережі, мінімальний IP, максимальний IP і число хостів по IP-адресою і масці мережі:

IP-адреса: 192.168.215.89

Маска: 255.255.255.0 / 24

### **Завдання 8**

Що станеться з даними з 1 завдання, якщо маску мережі змінити на 255.255.255.128

### **Завдання 9**

Знайти маску мережі, мінімальний IP, максимальний IP по IP-адресою і адресою мережі:

IP-адреса: 124.165.101.45

Мережа: 124.128.0.0

### **Завдання 10**

Знайти мінімальний IP, максимальний IP за адресою мережі і масці:

Маска: 255.255.192.0

Мережа: 92.151.0.0

### **Завдання 11**

Знайти адресу мережі, мінімальний IP, максимальний IP і число хостів по IP-адресою і масці мережі:

IP-адреса: 85.45.5.33

Маска: 255.252.0.0

### **Контрольні питання**

1. Типи адрес, що застосовуються в 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 префіксу мережі. Види масок.
12. Класова IP-адресація.
13. Безкласова IP-адресація.
14. IP-адреса версії 6. Види та застосування.
15. Структура IP-адреси версії 4.