

АДРЕСАЦІЯ В СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ

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

Теоретичні відомості

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 відповідностей між доменними іменами і IP-адресами – система DNS.

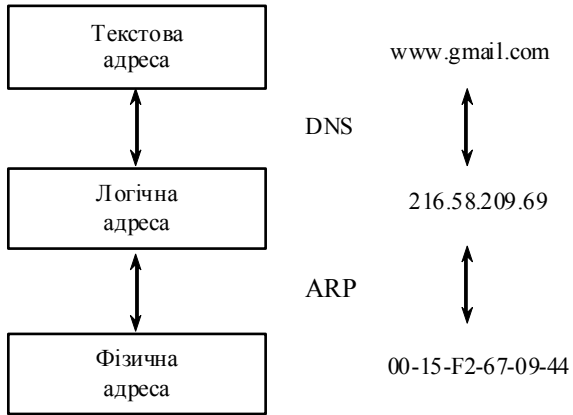


Рис. 1.1. Схема встановлення відповідностей між адресами різних типів

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 каналного сегмента мережі. Досить часто як синонім терміна „MAC-адреса” застосовують термін „прошита адреса” (BIA, Burned-In Address). Стосовно моделі OSI MAC-адреса – це адреса каналного рівня, тому іноді її називають каналною 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. Відмітності 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 ширококомвним.

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 ширококомвною. 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.

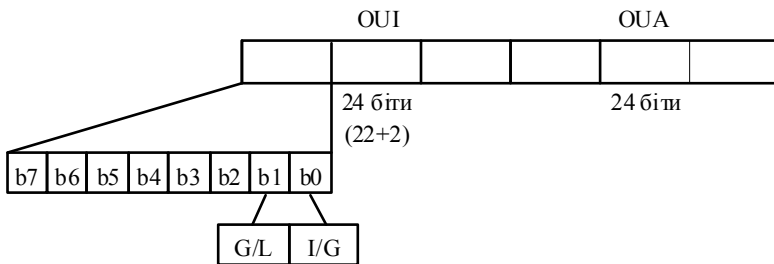


Рис. 1.2. Структура MAC-адреси

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 уживаних спеціалізованих MAC-адрес наведений у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Перелік найбільш уживаних спеціалізованих MAC-адрес

MAC-адреса	Протокол
01000CCCCC	CDP (Cisco Discovery Protocol), VTP (VLAN Trunking Protocol), UDLD (Unidirectional Link Detection), DTP (Dynamic Trunking Protocol), PAgP (Port Aggregation Protocol)
01000CCCCD	VSTP (VLAN Spanning Tree Protocol)
0180C200000	STP (Spanning Tree Protocol), RSTP (Rapid STP), MSTP (Multiple STP)
0180C200001	Pause (Flow Control, MAC-Control)
0180C200002	LACP (Link Aggregation Control Protocol) – EtherType 8809 Subtype 01, LAMP (EtherType 8809 Subtype 02), Link OAM (EtherType 88-09 Subtype 03)
0180C200003	Port Authentication 802.1x
0180C200007	E-LMI (Ethernet Local Management Interface)
0180C200008	Provider MSTP
0180C20000D	Provider MMRP
0180C200000, 0180C200003, 0180C20000E	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 (Групова розсилка протоколу IP версії 4)
3333xxxxxxx	IPv6-Multicast (Групова розсилка протоколу IP версії 6)
011B19000000, 0180C200000E	PTP (Precision Time Protocol) version 2 over Ethernet (Layer-2)

FFFFFFFFFFFF	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 OC 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. 1.3.

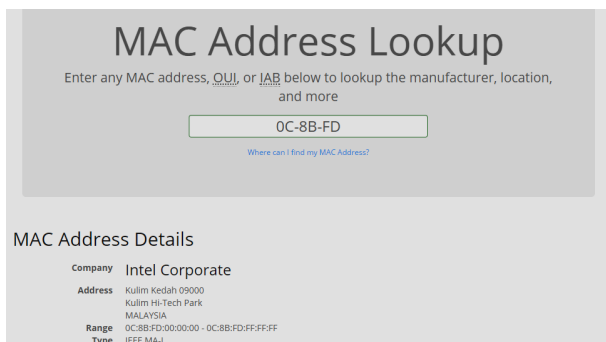


Рис. 1.3. Результат пошуку OUI виробника

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 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	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 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);
- ширококомвна 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 ширококомвні 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 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. 1.4. 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. 1.5.

Таблиця 1.4

Класи IP-адрес

Клас	Мінімальна IP-адреса мережі	Максимальна IP-адреса мережі	Кількість IP-мереж	Кількість IP-адрес вузлів у мережі
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 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 (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 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	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 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.

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

Шаблонні маски застосовуються для формування списків доступу (ACLs, Access Control Lists), за допомогою яких здійснюється фільтрація 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” та „інверсна маска” не розрізняють. Такий підхід є некоректним. Відмітності у принципах формування інверсних і шаблонних масок стають зрозумілими саме під час детального аналізу роботи списків доступу.

Поряд з терміном „маска” (пряма маска) у практиці набув значного поширення термін „префікс мережі” (Network Prefix). Префікс мережі – це число, яке зазначає кількість 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 наведені у табл. 1.7.

Таблиця 1.7

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 мере-

жі; 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. 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 (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, окрім IP-адрес, що призначаються вузлам, у мережі наявні і розраховуються IP-адреса мережі та ширококомовна IP-адреса. Тому до заданої кількості IP-адрес вузлів необхідно додати ще дві адреси. Оскільки адресація починається з нуля, то одну IP-адресу необхідно відняти. Тому загальна кількість IP-адрес X формується як:

$$X = K_{\text{вузлів}} + 2 - 1.$$

Для умов задачі X дорівнює:

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

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

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

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

Мінімальною IP-адресою вузла цієї мережі є адреса:

180.1.0.1

Максимальною IP-адресою вузла цієї мережі є адреса:

180.1.255.254

Широкомовною IP-адресою мережі є адреса:

180.1.255.255

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

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.

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

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

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

Очевидко, 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	0.0.0.255	254
/25	255.255.255 128	0.0.0.127	126
/26	255.255.255 192	0.0.0.63	62
/27	255.255.255.224	0.0.0.31	30
/28	255.255.255.240	0.0.0.15	14
/29	255.255.255.248	0.0.0.7	6
/30	255.255.255.252	0.0.0.3	2

/31	255.255.255.254	0.0.0.1	2*
/32	255.255.255.255	0.0.0.0	1*

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

Приклад 3. Для заданої IP-адреси 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 взаємопродовжувальні послідовності: перша послідовність (ліворуч) – неперервна послідовність одиниць та друга послідовність (праворуч) – неперервна послідовність нулів.

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

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
00000000.00000000.00000111.01011100

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

00000000.00000000.00000111.01011100

Результат у десятковій системі числення має вигляд:

0.0.3.92

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

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

10101111.00001100.10111**000.00000001**
175.12.184.1

Максимальна IP-адреса для нумерації вузлів відповідно має вигляд:

10101111.00001100.10111**1111.11111110**
175.12.191.254

Широкомовна IP-адреса відповідно має вигляд:

10101111.00001100.10111**1111.11111111**
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, у якій функціонує задана кількість вузлів 62 із застосуванням безкласового підходу: визначити оптимальні (з точки зору економії адрес) маску і префікс мережі; обрати відповідну IP-адресу мережі; визначити параметри IP-адресації обраної мережі.

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

$$N + H = 32 \text{ біти,}$$

$$P = N,$$

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

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

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

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

Для визначення значення H формується число X вигляду:

$$X = K_{\text{вузлів}} + 2 - 1.$$

Для умов задачі число X дорівнює:

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

Отримане число X переводиться з десяткової у двійкову систему числення:

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

Тобто

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

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

Префікс мережі визначається як:

$$P = 32 - H.$$

Для нашого випадку $H = 6$ бітів.

Отже,

$$P = 32 - 6 = 26 \text{ бітів.}$$

Префікс відповідно має вигляд $-/26$.

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

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

11111111.11111111.11111111.11000000

У десятковій формі маска мережі має вигляд:

255.255.255.192

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

Узагальнена IP-адреса мережі має вигляд:

195.10.1.0 або 195.10.1.0/26
255.255.255.192

Мінімальною IP-адресою вузла цієї мережі є адреса:

195.10.1.1

Максимальною IP-адресою вузла цієї мережі є адреса:

195.10.1.62

Широкомовною IP-адресою мережі є адреса:

195.10.1.63

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

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

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

IP-адресація версії 6

IP-адреса версії 6 має довжину 128 бітів (16 байтів). Запис такої адреси здійснюється у шістнадцятковій формі числення як вісім груп по 16 бітів (два байти), як роздільник груп застосовується двокрапка.

Діапазон можливих IP-адрес версії 6 містить 2^{128} IP-адрес і має вигляд:
0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000 –
FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF.

На практиці застосовуються повна і спрощена форми запису IP-адрес версії 6. Повна форма передбачає запис усіх цифр IP-адреси. Спрощена форма дозволяє не записувати ведучі нулі у групах та замінювати одну з послідовностей нульових груп записом ::.

Приклад повної форми запису IP-адреси версії 6:
2001:0DB8:0000:0000:0000:FF00:0042:8329.

Приклад частково спрощеної форми запису IP-адреси версії 6:
2001:DB8:0:0:0:FF00:42:8329.

Приклад спрощеної форми запису IP-адреси версії 6:
2001:DB8::FF00:42:8329.

Як і для IP-адрес версії 4, деякі адреси з діапазону IP-адрес версії 6 зарезервовані для спеціального використання. Повний перелік та опис спеціалізованих IP-адрес версії 6 міститься у стандарті RFC-6890. Основні з них наведені у табл. 1.9

Таблиця 1.9

Основні спеціальні IP-адреси версії 6 та їх призначення

№ з/п	IPv6-адреса видучення	Назва	Застосування
1	::/128	Невизначена IPv6-адреса (Unknown IPv6-Address)	Позначення поточного вузла. Адреса відправника повідомлення у випадку, коли вузол не має адресної інформації
2	::1/128	IPv6-адреса зворотної петлі (Loopback, Localhost IPv6-Address)	Тестування роботи стеку TCP/IP, а також організація роботи клієнтської і серверної частин додатка, які функціонують на одному вузлі
3	FE80::/10	IPv6-адреса локального використання (Linked-Scoped Unicast IPv6-Address)	Адреса локального використання. Формується на основі MAC-адреси вузла. Номер мережі – FE80::

4	FFxx::/8	IPv6-Групова адреса (IPv6 Multicast Address)	Групова IPv6-адреса
---	----------	---	---------------------

Залежно від застосування IPv6-адреса може бути ідентифікована як:

- унікальна IPv6-адреса (Unicast IPv6-Address);
- групова IPv6-адреса (Multicast IPv6-Address);
- IPv6-адреса одного з групи (Anycast IPv6-Address).

У повідомленні (IPv6-пакеті) унікальні IPv6-адреси можуть зазначатися і як адреси відправника (Source IPv6-Address), і як адреси отримувача (Destination IPv6-Address). Групові IPv6-адреси і IPv6-адреси одного з групи можуть зазначатися лише як адреси отримувача. IP-адреса отримувача визначає, яким є IP-пакет: унікальним, груповим тощо. Для широкомовної розсилки в IP версії 6 застосовуються групові IPv6-адреси.

Структурно IP-адреса версії 6 складається з двох однакових за довжиною частин – одна частина (64 біти ліворуч) містить IP-адресу (номер) мережі, до якої належить вузол, інша (64 біти праворуч) – IP-адресу (номер) вузла в цій мережі. Відокремлення номера мережі від номера вузла здійснюється за допомогою префікса мережі /64. Особливістю IP-адреси версії 6 є те, що номер мережі містить у собі номери багатьох підмереж. Відповідно застосовується кілька префіксів підмереж.

Перелік типових IPv6 префіксів підмереж наведено у табл. 1.10.

Таблиця 1.10

Типові IPv6 префікси

Префікс	Призначення
/4	
/8	
/12	Виділено IANA для RIR
/16	
/20	Виділено для LIR дуже великого розміру
/24	Виділено для LIR великого розміру
/28	Виділено для LIR середнього розміру
/32	Виділено для LIR малого розміру
/36	Виділено для майбутнього використання для LIR надмалого розміру
/40	
/44	
/48	Типово призначається великим сайтам та провайдерам
/52	

/56	Типово призначається кінцевим сайтам (домашнім мережам)
/60	Обмежене використання
/64	Одна локальна мережа (типовий префікс для SLAAC)

Завдання на контрольну роботу

1. Визначити, якими (унікальними, груповими, ширококовними) є задані MAC-адреси (табл. 1.11). Також визначити, у яких випадках (як адреси відправників чи як адреси отримувачів) можуть застосовуватися ці MAC-адреси. За можливості для кожної з MAC-адрес визначити виробника мережного адаптера/інтерфейсу чи мережний протокол, який застосовує дану адресу.

Таблиця 1.11

Параметри для розрахунку п. 1

№ варіанта	MAC-адреса 1	MAC-адреса 2	№ варіанта	MAC-адреса 1	MAC-адреса 2
1	000C41A145E2	01000CCCCCCC	16	000C418545AA	01000CCCCCCD
2	0180C2000000	3413E8114585	17	0180C2000001	4485001278D2
3	14ABC5B1D1A1	0180C2000002	18	4C80937895AA	0180C2000003
4	0180C2000007	110C87DD11A1	19	0180C2000008	110C87D2347A
5	001E10FFD311	0180C200000D	20	00E0FC91A23F	0180C2000000
6	0180C2000003	18D11F0125DF	21	0180C200000E	28315200128D
7	00058512DDA1	0180C2000020	22	0005851D54FF	0180C200002F
8	0180C2000020	88A2E5FF23A1	23	0180C2000021	F4A73939468A
9	000AEB74CB11	01005E000001	24	1CFA6886ABE1	01005E000002
10	011B19000000	00A0C078D113	25	0180C200000E	0080C881C2C1
11	00040DD0041A	333300000001	26	C8F4061145D1	333300000005
12	FFFFFFFFFFFF	2CB05D7EE111	27	FFFFFFFFFFFF	C40415DA13E1
13	000088000001	01005E000008	28	080088A080A8	01005E000002
14	333300000016	F41563F22F22	29	333300000066	CC5D4E0101FF
15	040A8383040A	01005E000016	30	001460105AD	FFFFFFFFFFFF

2. Для 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; 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 1.12

Параметри для розрахунку п. 2

№ варіанта	IP-адреса	№ варіанта	IP-адреса	№ варіанта	IP-адреса
1	133.92.231.10	11	108.71.208.43	21	195.76.185.173
2	132.93.233.8	12	107.73.210.41	22	196.75.184.174
3	131.94.235.12	13	106.75.212.39	23	197.74.183.175
4	130.96.237.6	14	105.76.214.37	24	198.73.182.176
5	129.97.239.4	15	104.78.216.35	25	199.72.181.177
6	128.98.241.2	16	103.80.218.33	26	200.71.180.178
7	112.65.200.51	17	102.82.220.31	27	201.70.179.179
8	111.66.202.49	18	101.84.222.29	28	202.69.178.180
9	110.67.204.47	19	100.86.224.27	29	203.68.177.181
10	109.69.206.45	20	99.88.226.25	30	204.67.176.182

3. 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

№ варіанта	Кількість вузлів	№ варіанта	Кількість вузлів	№ варіанта	Кількість вузлів
1	31	11	15	21	3
2	8191	12	143	22	10
3	16542	13	126	23	986
4	7	14	255	24	125
5	12	15	738	25	252
6	143	16	511	26	1011
7	1512	17	1023	27	65535
8	872	18	2047	28	16382
9	652	19	4095	29	131071
10	7841	20	63	30	32737

4. Для заданої IP-адреси мережного адаптера/інтерфейсу вузла та префікса мережі (табл. 1.14) із застосуванням безкласового підходу визначити: маску (пряму маску) мережі; інверсну маску мережі; IP-адресу (номер) мережі; IP-адресу (номер) вузла; мінімальну IP-адресу діапазону, що може використовуватися для адресації вуз-

лів 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 1.14

Параметри для розрахунку п. 3

№ варіанта	IP-адреса	Префікс мережі	№ варіанта	IP-адреса	Префікс мережі
1	133.92.231.10	18	16	103.80.218.33	23
2	132.93.233.8	19	17	102.82.220.31	24
3	131.94.235.12	20	18	101.84.222.29	25
4	130.96.237.6	21	19	100.86.224.27	26
5	129.97.239.4	22	20	99.88.226.25	27
6	128.98.241.2	23	21	195.76.185.173	18
7	112.65.200.51	24	22	196.75.184.174	19
8	111.66.202.49	25	23	197.74.183.175	20
9	110.67.204.47	26	24	198.73.182.176	21
10	109.69.206.45	27	25	199.72.181.177	22
11	108.71.208.43	18	26	200.71.180.178	23
12	107.73.210.41	19	27	201.70.179.179	24
13	106.75.212.39	20	28	202.69.178.180	25
14	105.76.214.37	21	29	203.68.177.181	26
15	104.78.216.35	22	30	204.67.176.182	27

5. Для мережі, у якій функціонує задана кількість вузлів (табл. 1.15), із застосуванням безкласового підходу: визначити оптимальні (щодо економії адрес) маску і префікс мережі; обрати відповідну IP-адресу мережі; визначити параметри IP-адресації обраної мережі.

Таблиця 1.15

Параметри для розрахунку п. 5

№ варіанта	Кількість вузлів	№ варіанта	Кількість вузлів	№ варіанта	Кількість вузлів
1	125	11	3	21	15
2	252	12	10	22	143
3	1011	13	986	23	126
4	65535	14	125	24	255
5	16382	15	252	25	738
6	131071	16	1011	26	511
7	32737	17	65535	27	1023

8	986	18	16382	28	2047
9	125	19	131071	29	4095
10	252	20	32737	30	63

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 префікса 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.