

Міністерство освіти та науки України  
Чернівецький національний університет  
імені Юрія Федьковича

**О.В. Матвій, В.С. Мельник, І.М. Черевко**

# **Основи комп'ютерних мереж**

**Навчальний посібник**

Чернівці  
Чернівецький національний університет  
2024

УДК 004.7(075.8)  
М338

Рекомендовано до друку методичною радою факультету математики та інформатики  
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича  
( протокол № 10 від «29» травня 2024 року )

М338 Матвій О.В. Основи комп'ютерних мереж: навчальний посібник / Матвій О.В., Мельник В.С.,  
Черевко І.М. – Чернівці : Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича, 2024. –  
158 с.

Навчальний посібник призначений для студентів вищих навчальних закладів ОР «Бакалавр» зі спеціальностей «Комп'ютерні науки», «Системний аналіз» та «Прикладна математика» та інших технічних спеціальностей, які вивчають дисципліну «Комп'ютерні мережі». Посібник висвітлює базові принципи побудови, функціонування та налаштування комп'ютерних мереж. Матеріали посібника підготовлені на основі методологічних досліджень авторів та відповідного курсу лекцій, містять основи теорії і побудови сучасних комп'ютерних мереж.

Розглянуто структуру каналів зв'язку, передавання сигналів, властивості ліній зв'язку різної фізичної природи, технології обміну інформацією, протоколи фізичного, каналного, мережевого, транспортного і прикладного рівнів, алгоритми маршрутизації та їх властивості. Описано питання сумісності мереж, що працюють на різних платформах і протоколах. Наведено базові технології комунікації і протоколи, що застосовуються в локальних, регіональних і глобальних мережах.

Навчальний посібник адресований студентам, що починають вивчати мережеві технології, покликаний допомогти їм зрозуміти основи та принципи функціонування комп'ютерних мереж і оволодіти навичками планування, налаштування та адміністрування комп'ютерних мереж.

УДК 004.7(075.8)

© Матвій О.В., Черевко І.М., Мельник В.С., 2024  
© Чернівецький національний університет, 2024

## Зміст

<b>Вступ.....</b>	<b>9</b>
<b>Розділ 1. Основи комп'ютерних мереж.....</b>	<b>10</b>
<b>§1. Загальні поняття про комп'ютерні мережі та їх класифікація [1, 2].....</b>	<b>10</b>
Вступ.....	10
Можливості та “недоліки” мереж.....	10
Класифікація мереж.....	14
Основні поняття мереж.....	16
<b>§2. Основи топології комп'ютерних мереж [1, 2, 3, 4].....</b>	<b>17</b>
Вступ до топології мереж.....	17
Неоднозначність поняття топології мереж.....	17
Значення топології для розуміння структури мережі.....	17
Вибір топології мережі.....	18
Основні типи топологій мереж та їх характеристики.....	18
Топологія шина.....	18
Топологія зірка.....	19
Топологія кільце.....	20
Топологія дерево.....	21
Повнозв'язна та комірчаста топологія.....	22
Комбіновані топології.....	23
Приклади топологій мереж при розгляді різних мережевих технологій.....	23
<b>§3. Стандарти в галузі комп'ютерних мереж [5, 6].....</b>	<b>24</b>
Проблеми з відсутністю стандартів.....	24
Типи стандартів.....	24
Стандарти для мереж.....	25
Стандарт IEEE.....	25
Рада з архітектури мережі Інтернет.....	25
Документи RFC.....	26
Консорціум W3C.....	26
Можливі напрямки подальшого дослідження в галузі мережевих стандартів.....	26
<b>§4. Основи організації комп'ютерних мереж [1, 2, 3, 4].....</b>	<b>27</b>
Складність створення мереж.....	27
Декомпозиція за допомогою шаблону "Рівні".....	27
Базові поняття комп'ютерних мереж.....	28
Протокол та інтерфейс.....	28
Архітектура мережі.....	28
Еталонні моделі організації мереж.....	29
Інкапсуляція.....	29
<b>§5. Еталонна модель OSI [1, 2, 3, 4, 7].....</b>	<b>31</b>
Модель OSI як еталонна модель мереж.....	31
Рівні моделі OSI.....	31
Фізичний рівень.....	32

Канальний рівень.....	32
Мережевий рівень.....	33
Транспортний рівень.....	33
Сеансовий рівень.....	33
Рівень представлення даних.....	34
Прикладний рівень.....	34
Коротко про моделі OSI та мережеве обладнання.....	34
<b>§6. Модель і стек протоколів TCP/IP [1, 2, 3, 4, 7].....</b>	<b>35</b>
Модель і стек протоколів TCP/IP.....	35
Порівняння моделі OSI та моделі TCP/IP.....	35
Стек протоколів TCP/IP.....	36
<b>§7. Фізичний рівень [7].....</b>	<b>37</b>
Місце фізичного рівня в моделі OSI.....	37
Представлення сигналів.....	37
Модель каналу зв'язку.....	38
Середовища передавання даних.....	38
Вита пара.....	38
Оптичний кабель.....	39
Радіохвилі.....	39
Помилки в каналах зв'язку. Представлення інформації.....	40
<b>§8. Канальний рівень [2, 3, 7].....</b>	<b>41</b>
Місце канального рівня в моделі OSI.....	41
Робота з кадрами та його формування.....	41
Методи виділення кадрів.....	42
Показчик кількості байт.....	42
Вставка байтів і бітів.....	42
Засоби фізичного рівня.....	42
Виявлення та виправлення помилок.....	43
Повторне надсилання. Методи повторного надсилання.....	43
Множинний доступ до каналів. Підрівні канального рівня.....	43
Технології канального рівня.....	44
<b>§9. Технологія Ethernet [2, 7, 8].....</b>	<b>45</b>
Місце Ethernet в моделі OSI.....	45
Історія створення Ethernet.....	45
Типи Ethernet.....	45
Дві технології Ethernet.....	46
Класичний Ethernet.....	46
Концентратори Ethernet.....	47
Формати кадру Ethernet.....	48
<b>§10. MAC-адреси [2, 8].....</b>	<b>49</b>
Місце Ethernet в моделі OSI. MAC-адреси.....	49
Типи MAC-адрес.....	49
Унікальність MAC-адрес.....	50
Способи призначення MAC-адрес.....	50

Як подивитися та дізнатися MAC-адресу.....	50
<b>§11. Ethernet. Метод доступу CSMA/CD [2, 8].....</b>	<b>52</b>
Технологія Ethernet. Колізії.....	52
Доступ до середовища.....	52
Модель CSMA/CD.....	53
Період передачі.....	53
Передача кадру.....	53
Період конкуренції.....	54
Відтермінування.....	54
Недоліки класичного Ethernet.....	54
<b>§12. Комутований Ethernet. Комутатори Ethernet [2, 3, 8].....</b>	<b>55</b>
Типи Ethernet.....	55
Концентратор і комутатор.....	55
Особливості роботи комутаторів.....	56
Алгоритм зворотного навчання.....	57
Мережевий міст.....	58
Алгоритм прозорого мосту.....	58
Комутатор і колізії.....	59
<b>§13. Основи технології Wi-Fi [1, 2, 3, 4, 9].....</b>	<b>60</b>
Короткі відомості про технологію Wi-Fi.....	60
Місце Wi-Fi у моделі OSI.....	60
Режими роботи Wi-Fi.....	61
Порівняння технологій Wi-Fi та Ethernet.....	62
Стандарти фізичного рівня Wi-Fi.....	63
Фізичний рівень Wi-Fi.....	63
Подання сигналу.....	64
Канали в діапазоні 2.4 ГГц.....	64
Ширина каналу.....	65
Просторовий потік.....	65
Адаптація швидкості.....	65
<b>§14. Доступ до середовища в технології Wi-Fi [1, 2, 3, 4, 9].....</b>	<b>67</b>
Особливості бездротового середовища.....	67
Підтвердження отримання даних.....	68
Колізії у Wi-Fi.....	69
Метод доступу до середовища.....	69
Модель CSMA/CA.....	70
Протокол MACA.....	70
<b>§15. Формат Wi-Fi кадру [1, 2, 3, 4, 9].....</b>	<b>72</b>
Місце Wi-Fi у моделі OSI.....	72
Формат кадру Wi-Fi рівня MAC.....	72
Адресація у Wi-Fi.....	73
Передача кадру в розподільчу систему.....	73
Передача кадру із розподільчої системи.....	74
Передача кадру в одноранговому режимі.....	74

Бездротовий міст.....	75
Формат кадру Wi-Fi рівня MAC. Керування кадром.....	76
Типи кадрів у Wi-Fi.....	77
Керування живленням.....	77
<b>§16. Сервіси Wi-Fi [1, 2, 3, 4, 9].....</b>	<b>78</b>
Коротко про сервіси Wi-Fi.....	78
Базовий набір сервісів.....	78
Аутентифікація. Режими аутентифікації.....	79
Зовнішня аутентифікація.....	79
Асоціація.....	80
Передача даних.....	80
Вимкнення клієнта.....	81
Розширений набір сервісів.....	81
Роумінг. Реасоціація.....	81
Сканування. Активне та пасивне сканування.....	82
Шифрування.....	83
<b>Контрольні питання до розділу 1.....</b>	<b>84</b>
<b>Розділ 2. Адміністрування комп'ютерної мережі на базі стеку протоколів TCP/IP.....</b>	<b>86</b>
<b>§1. Мережевий рівень [1, 2].....</b>	<b>86</b>
Історія створення.....	86
Призначення мережевого рівня.....	86
Обмеження технологій каналного рівня для організації складних мереж.....	86
Фрагментація.....	87
Масштабованість Ethernet.....	87
Погодження відмінностей у мережах.....	88
Масштабованість на мережевому рівні.....	89
Завдання мережевого рівня.....	89
Обладнання мережевого рівня та маршрутизація.....	89
Мережевий рівень у TCP/IP.....	90
<b>§2. IP-протокол та основи маршрутизації [1, 2, 7, 10].....</b>	<b>92</b>
Місце в моделях OSI та TCP/IP.....	92
Сервіси IP.....	92
Формат заголовка IP-пакета.....	94
Основи маршрутизації.....	96
Варіанти дій маршрутизатора.....	97
Записи у таблиці маршрутизації.....	98
Маршрут за замовчуванням.....	98
Основні принципи маршрутизації.....	98
<b>§3. Класова та безкласова адресація. IP-адреси [1, 2, 3, 4, 7, 10].....</b>	<b>99</b>
Локальні та глобальні адреси.....	99
IP-адреси та їх розподіл.....	99
Структура адреси IPv4. Класова та безкласова адресація.....	100
Класова адресація.....	100
Безкласова адресація.....	101

Типи адрес в IPv4.....	102
Спеціальні IP-адреси.....	102
Широкомовна адреса. Два види широкомовних адрес.....	103
Приватні IP-адреси.....	104
Вичерпання IP-адрес та способи вирішення.....	104
<b>§4. Організація статичної та динамічної маршрутизації [1, 2, 3, 7].....</b>	<b>105</b>
Маршрутизації та її види.....	105
Статична маршрутизація.....	105
Поняття та особливості.....	105
Алгоритми встановлення статичних маршрутів.....	106
Переваги та недоліки.....	106
Динамічна маршрутизація.....	108
Поняття та принцип дії.....	108
Класи протоколів динамічної маршрутизації.....	109
Переваги та недоліки динамічної маршрутизації.....	109
Порівняння статичної та динамічної маршрутизації.....	110
Види динамічних протоколів маршрутизації та їх конфігурування.....	111
Застосування статичної та динамічної маршрутизації.....	116
Сценарії використання.....	116
Оптимальний вибір між статичною та динамічною маршрутизацією.....	116
<b>§5. Керуючі протоколи мережевого рівня [2, 4, 7, 11, 12, 13].....</b>	<b>117</b>
Коротко про керуючі протоколи мережевого рівня.....	117
Протокол DHCP.....	117
Загальні відомості.....	117
Принципи роботи протоколу DHCP. Типи повідомлень в протоколі DHCP.....	117
Протокол ARP.....	120
Загальні відомості.....	120
Алгоритм роботи протоколу ARP.....	121
Формат пакета ARP.....	121
Оптимізація протоколу ARP.....	122
Протокол ICMP.....	123
Загальні відомості.....	123
Формат заголовка ICMP та типи ICMP-повідомлень.....	123
Приклади утиліт.....	125
<b>§6. Основи віртуальних локальних мереж [2, 14, 15].....</b>	<b>126</b>
Знайомство з віртуальними локальними мережами.....	126
Основні причини появи віртуальних локальних мереж.....	126
Історія появи віртуальних локальних мереж.....	127
Основні принципи віртуальних локальних мереж.....	128
Обмеження використання VLANs.....	129
Приклади практичного використання VLANs.....	130
Типи віртуальних локальних мереж та їх призначення.....	131
Налаштування та керування віртуальними локальними мережами.....	131
Приклади налаштування віртуальних локальних мереж.....	133

<b>§7. Транспортний рівень. Застосування протоколів транспортного рівня [1, 2, 3, 7, 16]...</b>	<b>136</b>
Роль транспортного рівня у мережевій комунікації та огляд його основних функцій.....	136
Підходи до вибору протоколу для конкретних вимог при розробці програмного забезпечення.....	137
Порівняння протоколів TCP та UDP.....	137
Рекомендації щодо вибору протоколу.....	138
Приклади використання TCP та UDP в різних типах сервісів.....	139
Основи TCP - протоколу.....	139
Коротка історія виникнення протоколу TCP.....	139
TCP сегмент.....	140
TCP-порти.....	140
Структура та розмір TCP - пакета.....	140
TCP - сесія. Алгоритм рукоутискання.....	141
Приклад написання простого TCP-сервера та TCP-клієнта засобами мови Ruby.....	142
Розвиток та удосконалення технологій протоколів транспортного рівня.....	143
Нові вимоги до транспортних протоколів.....	143
Сучасні тенденції в розвитку TCP та UDP.....	144
<b>§8. Прикладний рівень. Основні сервіси прикладного рівня [7, 17, 18, 19, 20, 21].....</b>	<b>145</b>
Прикладний рівень моделі TCP/IP та знайомство з протоколами прикладного рівня.....	145
Роль прикладного рівня у мережевій комунікації.....	145
Популярні протоколи прикладного рівня та їх застосування.....	146
Протокол HTTP та його використання.....	147
Основні відомості про протокол HTTP.....	147
Огляд основних принципів роботи HTTP.....	147
Методи запитів та відповідей у протоколі HTTP.....	148
Приклади використання HTTP у веброботці.....	148
Приклад програми з використанням протоколу HTTP.....	148
Протокол DNS та його значення у роботі з мережевими пристроями.....	150
Загальні відомості щодо системи DNS.....	150
Роль та функції протоколу DNS у роботі мережі Інтернет.....	150
Функції протоколу DNS.....	150
Процес перетворення доменних імен в IP-адреси.....	151
Приклад конфігураційного файлу для роботи DNS-сервера.....	151
Базові відомості при роботі з електронною поштою.....	152
Огляд протоколів SMTP, POP та IMAP.....	152
Приклад програми для надсилання електронного листа.....	153
<b>Контрольні питання до розділу 2.....</b>	<b>154</b>
<b>Література.....</b>	<b>156</b>
<b>Для нотаток.....</b>	<b>157</b>



## Вступ

Комп'ютерні мережі є не тільки технологіями, а й частиною щоденного життя більшості із людей. Вони також є основою для побудови та функціонування сучасних інформаційних систем, роль яких з кожним роком тільки зростає. Серед прикладів, які демонструють вплив комп'ютерних мереж та інформаційних систем на життя сучасної людини, можна відзначити наступні:

- комунікація, гнучкість та можливість спільно працювати у зручний час, перебуваючи в різних куточках світу;
- доступ до величезних обсягів інформації, освітніх ресурсів та онлайн-курсів для навчання, саморозвитку та особистого зростання;
- можливість купувати онлайн, отримувати фінансові послуги та провадити бізнес-операції;
- надання медичних послуг на відстані;
- проведення онлайн-банківської діяльності, мобільних платежів та електронної торгівлі;
- розвиток соціальних мереж для розваг та ведення бізнес-діяльності;
- автоматизація різних процесів, включаючи передачу даних в режимі реального часу для забезпечення правильного виконання різних технологічних процесів.

Беручи до уваги дані тенденції, вивчення комп'ютерних мереж стає все більш актуальним.

Навчальний посібник має за мету допомогти студентам опанувати основи комп'ютерних мереж та здобути вміння й навички щодо проектування, розгортання та керування комп'ютерними мережами. У посібнику розглядаються:

- базові поняття мережевих технологій;
- принципи побудови та функціонування комп'ютерних мереж, включаючи архітектуру та топології;
- стандарти в галузі комп'ютерних мереж;
- функціонування мережевих технологій у межах моделі OSI;
- принципи побудови та функціонування стеку протоколів TCP/IP;
- базові технології мереж та їх можливості, включаючи технології бездротових мереж;
- основи адміністрування комп'ютерних мереж на базі стеку протоколів TCP/IP;
- використання технології віртуальних локальних мереж для організації продуктивності та безпеки в комп'ютерних мережах;
- приклади написання програм, які використовують протоколи прикладного рівня.

Даний посібник виник в результаті доопрацювання курсу лекцій та методичних вказівок до лабораторних робіт з курсу “Комп'ютерні мережі”, який викладався авторами студентам ЧНУ спеціальностей: “Комп'ютерні науки”, “Системний аналіз”, “Прикладна математика”.

Для наочного сприйняття інформації у навчальному посібнику міститься чисельна кількість графічних зображень щодо побудови та функціонування комп'ютерних мереж.

Автори сподіваються, що навчальний посібник буде корисним під час підготовки здобувачів вищої освіти галузі знань 12 «Інформаційні технології», а також для всіх майбутніх фахівців, зацікавлених питаннями побудови та обслуговування комп'ютерних мереж.