

М. В. Васильківський, Д. В. Михалевський

Г. Г. Бортник

МЕРЕЖЕВЕ ПРОГРАМУВАННЯ:

Проектування ефективних систем зв'язку



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

**М. В. Васильківський, Д. В. Михалевський,
Г. Г. Бортник**

Мережеве програмування: проєктування ефективних систем зв'язку

Електронний навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2026

**УДК 621.0
В19**

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (Протокол № 10 від 26.02.2026 р.)

Рецензенти:

В. Г. Крижановський, доктор технічних наук, професор

С. М. Захарченко, кандидат технічних наук, професор

О. В. Осадчук, доктор технічних наук, професор

Васильківський, М. В.

В19 Мережеве програмування: проєктування ефективних систем зв'язку : навчальний посібник [Електронний ресурс] / Васильківський М. В., Михалевський Д. В., Бортник Г. Г. – Вінниця : ВНТУ, 2026. – 125 с.

ISBN 978-617-8927-00-4 (PDF)

Навчальний посібник присвячений основам мережевого програмування на C++, зокрема створенню та налаштуванню сокетів, організації клієнт-серверної взаємодії та надійної передачі даних у сучасних інфокомунікаційних мережах. Розглянуто ключові мережеві протоколи, моделі OSI та TCP/IP, а також проблеми їх практичної реалізації. Значна увага приділена обробці помилок, винятковим ситуаціям і забезпеченню стійкості мережевих додатків. Посібник поєднує теоретичні знання з практичними прикладами і призначений для студентів та інженерів, які прагнуть створювати ефективні та надійні мережеві системи.

УДК 621.0

ISBN 978-617-8927-00-4(PDF)

© ВНТУ, 2026

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	6
1 ВСТУП ДО МЕРЕЖЕВОГО ПРОГРАМУВАННЯ	8
1.1 Огляд інфокомунікаційних мереж.....	8
1.2 Основи мережевої комунікації.....	13
1.3 Основна мережева термінологія	18
1.4 Роль мови С++ у мережевому програмуванні.....	23
1.5 Налаштування середовища розробки.....	31
1.6 Контрольні питання	35
2 ОСОБЛИВОСТІ МЕРЕЖЕВИХ ПРОТОКОЛІВ.....	37
2.1 Поняття мережевих протоколів	37
2.2 Модель OSI	41
2.3 Модель TCP/IP та протоколи	44
2.4 Поширені інтернет-протоколи	48
2.5 Проблеми реалізації протоколів	54
2.6 Контрольні питання	58
3 ПРОГРАМУВАННЯ СОКЕТІВ У С++.....	60
3.1 Поняття сокетів	60
3.2 Створення сокета.....	72
3.3 Прив'язування, прослуховування та приймання з'єднань.....	82
3.4 Встановлення клієнт-серверної взаємодії.....	92
3.5 Передача та прийом даних	98
3.6 Обробка помилок у програмуванні сокетів.....	109
3.7 Контрольні питання	119
ВИСНОВКИ.....	122
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	123

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

API (Application Programming Interface) – прикладний програмний інтерфейс

ARP (Address Resolution Protocol) – протокол визначення MAC-адреси за IP-адресою

BSD (Berkeley Software Distribution) – сімейство UNIX-подібних операційних систем

CLI (Command Line Interface) – інтерфейс командного рядка

CPU (Central Processing Unit) – центральний процесор

DNS (Domain Name System) – система доменних імен

DoS (Denial of Service) – атака типу «відмова в обслуговуванні»

FD (File Descriptor) – дескриптор файлу

FTP (File Transfer Protocol) – протокол передавання файлів

HTTP (HyperText Transfer Protocol) – протокол передавання гіпертексту

HTTPS (HyperText Transfer Protocol Secure) – захищена версія протоколу HTTP

I/O (Input/Output) – введення/виведення даних

IP (Internet Protocol) – мережевий протокол Інтернету

IoT (Internet of Things) – Інтернет речей

LAN (Local Area Network) – локальна обчислювальна мережа

MAC (Media Access Control) – керування доступом до середовища

MTU (Maximum Transmission Unit) – максимальний розмір пакета передавання

NAT (Network Address Translation) – перетворення мережевих адрес

OSI (Open Systems Interconnection) – еталонна модель взаємодії відкритих систем

POSIX (Portable Operating System Interface) – стандарт сумісності операційних систем

QoS (Quality of Service) – якість обслуговування

RFC (Request for Comments) – технічні специфікації IETF

SDN (Software-Defined Networking) – програмно-керовані мережі

Socket – програмний інтерфейс для мережевої взаємодії

TCP (Transmission Control Protocol) – протокол керування передаванням

TLS (Transport Layer Security) – протокол захищеного передавання даних

UDP (User Datagram Protocol) – дейтаграмний протокол користувача

URL (Uniform Resource Locator) – уніфікований локатор ресурсів

WAN (Wide Area Network) – глобальна обчислювальна мережа

WinSock (Windows Sockets API) – реалізація сокетів у ОС Windows

XML (eXtensible Markup Language) – розширювана мова розмітки

ВСТУП

Мережеве програмування є одним із ключових напрямів сучасної комп'ютерної науки, оскільки воно становить основу інфраструктури, що забезпечує обмін даними між інформаційними системами на значних географічних відстанях. У міру розвитку цифрового середовища зростає потреба в ефективних і надійних системах зв'язку, що виводить мережеве програмування на передові позиції технологічного прогресу.

Навчальний посібник «Програмування мереж із використанням C++: побудова ефективних систем зв'язку» має на меті надати комплексний виклад матеріалу для здобувачів освіти та фахівців, які прагнуть опанувати методи мережевого програмування з використанням мови C++. Мова C++ відома своєю високою продуктивністю та ефективністю, що робить її доцільним вибором для розроблення мережевих застосунків, які потребують швидкої й точної обробки даних.

В посібнику розглядаються базові поняття мережевого програмування, детально аналізуються ключові мережеві протоколи та формуються практичні навички програмування з використанням сокетів. Структура видання побудована за принципом послідовного ускладнення матеріалу: від огляду фундаментальних принципів комп'ютерних мереж до вивчення складніших аспектів, зокрема синхронної та асинхронної взаємодії, багатопотоковості та керування потоками даних.

Особливу увагу приділено стеку протоколів TCP/IP, який є основою функціонування мережі Інтернет. Розуміння архітектури та принципів роботи TCP/IP є необхідною умовою підготовки фахівця з мережевого програмування, тому в посібнику докладно розкрито складові цього стека та особливості їх інтеграції в мережеві застосунки.

Важливим аспектом мережевого програмування є питання безпеки. У тексті розглядаються методи та найкращі практики захисту передавання даних, автентифікації учасників мережевої взаємодії та протидії потенційним загрозам. Опанування цих підходів є необхідним для розроблення надійних застосунків, здатних функціонувати в умовах постійно зростаючих викликів у сфері кібербезпеки.

Окремий розділ присвячено оптимізації продуктивності мережевих застосунків. Аналізуються стратегії підвищення швидкодії та ефективності систем зв'язку, зокрема методи виявлення вузьких місць, оптимального використання обчислювальних і мережевих ресурсів та зменшення затримок передавання даних.

Завершальні розділи орієнтовані на практичну розробку мережевих застосунків і містять покрокові рекомендації щодо формування концепції, проектування та реалізації програмних рішень. Використання прикладів і сценаріїв, наближених до реальних умов експлуатації, сприяє закріпленню

теоретичного матеріалу та підготовці здобувача вищої освіти до практичного застосування набутих знань.

Внаслідок опрацювання навчального посібника здобувачі вищої освіти отримають ґрунтовну підготовку з мережевого програмування мовою C++. Вони набудуть знань і практичних навичок, необхідних для проектування та реалізації ефективних систем зв'язку, здатних відповідати сучасним вимогам розроблення мережевого програмного забезпечення. Поєднання теоретичних засад і практичної спрямованості робить цей посібник корисним як для початківців, так і для досвідчених розробників, які прагнуть поглибити свою професійну компетентність у галузі мережевого програмування.

ВИСНОВКИ

Реалізація мережевих протоколів перебуває на перетині інноваційності та складності в галузі мережевої інженерії. Вирішення питань сумісності, безпеки, масштабованості, продуктивності, стійкості до помилок, обмеженості ресурсів і динаміки мереж є визначальним для створення надійних та ефективних систем зв'язку. Застосовуючи обґрунтовані підходи до проєктування та використовуючи прогресивні технології, сучасні інженери здатні розробляти протоколи, які не лише задовольняють поточні потреби, але й еволюціонують з урахуванням майбутніх вимог у все більш взаємопов'язаному цифровому середовищі.

Ефективна обробка помилок у сокетному програмуванні є не допоміжним елементом, а фундаментальною складовою проєктування та розроблення програмного забезпечення. Усвідомлення можливих джерел помилок і впровадження надійних стратегій їх обробки дає змогу створювати стійкі застосунки, здатні коректно функціонувати навіть за несприятливих умов. Опанування методів управління помилками сприяє збільшенню життєвого циклу програмних продуктів, підвищує довіру користувачів і рівень їхньої задоволеності. Завдяки ретельному журналюванню, адаптивним механізмам реагування та раціональному використанню ресурсів сокетні застосунки можуть підтримувати високу доступність і продуктивність навіть у складних та непередбачуваних мережевих середовищах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Kurose J. F., Ross K. W. Computer Networking: A Top-Down Approach. – 8th ed. – Pearson, 2021.
2. Peterson L., Davie B. Computer Networks: A Systems Approach. – 6th ed. – Morgan Kaufmann, 2021.
3. Tanenbaum A. S., Wetherall D. J. Computer Networks. – 6th ed. – Pearson, 2021.
4. Stallings W. Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud. – 2nd ed. – Pearson, 2020.
5. Stevens W. R., Fenner B., Rudoff A. UNIX Network Programming, Volume 1. – Reprint edition. – Addison-Wesley, 2021.
6. Kerrisk M. The Linux Programming Interface. – Updated edition. – No Starch Press, 2022.
7. Meyers S. Effective Modern C++. – Updated reprint. – O'Reilly Media, 2020.
8. Josuttis N. M. C++20 – The Complete Guide. – Addison-Wesley, 2022.
9. ISO/IEC 14882:2020. Programming Languages — C++ (C++20 Standard).
10. Boost.Asio Documentation. Networking TS and Asynchronous I/O. – 2023.
11. Beej J. Beej's Guide to Network Programming: Using Internet Sockets. – Online edition, 2023.
12. OpenSSL Project. OpenSSL Documentation: SSL/TLS Protocols. – 2023.
13. Rescorla E. The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.3. – RFC 8446, IETF, 2020.
14. IETF. RFC 9293 – Transmission Control Protocol (TCP). – 2022.
15. IETF. RFC 768 – User Datagram Protocol (UDP). – Updated reference, 2020+.
16. Coulouris G., Dollimore J., Kindberg T., Blair G. Distributed Systems: Concepts and Design. – 6th ed. – Pearson, 2024.
17. Souders S. High Performance Web Sites. – Updated digital edition. – O'Reilly, 2020.
18. Linux Foundation. Linux Networking Documentation. – 2023.
19. Microsoft. Windows Sockets 2 (WinSock) Documentation. – 2022.
20. Open Group. POSIX.1-2018 / 2022 Base Specifications.
21. Kubernetes Documentation. Networking Concepts. – 2023.
22. Cloudflare Research. Modern Internet Protocols and Performance. – 2021–2023.
23. ISO/IEC 27002:2022. Information Security Controls.
24. Васильківський М. В., Бортник Г. Г., Кичак В. М. Програмні технології в інфокомунікаційних системах : навчальний посібник для

студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 2023. 141 с.

25. Васильківський М., Коломієць А., Будах М., Прикмета А., Олійник А. Технологічні аспекти впровадження програмно-керованих мереж 5G та 6G. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2024. Вип. № 56. С. 335–344.

26. Васильківський М. В., Коломієць А. А., Грабчак Н. В., Грицаюк Д. Ю., Костянтин В. Ю. Програмні засоби Python моделювання телекомунікаційних пристроїв. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2024. Вип. 55. С. 270–278.

27. Оптимізація програмно-конфігурованих літаючих мереж доступу [Текст] / М. Васильківський, А. Прикмета, А. Олійник, Н. Ксьондз // *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2023. № 52. С. 128–139.

28. Оптимізація адаптивних радіосистем із використанням алгоритмів ШІ та МН [Текст] / М. Васильківський, Д. Нікітович, Н. Грабчак, Н. Якубівська // *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2023. № 2. С. 112–124.

29. Динамічна інформаційна мережа із вбудованим штучним інтелектом / М. Васильківський, О. Болдирева, Д. Онишук, Ю. Гнатенко // *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2023. № 50. С. 35–40.

30. Оптимізація інтелектуальних телекомунікаційних мереж [Текст] / М. В. Васильківський, А. В. Прикмета, А. Олійник, Д. В. Нікітович // *Вісник Хмельницького національного університету. Серія «Технічні науки»*. 2023. № 1. (317). С. 33–41.

31. Дослідження архітектури штучного інтелекту для інфокомунікаційних мереж 6G [Текст] / М. Васильківський, Г. Варгатюк, О. Болдирева // *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2022. № 4. С. 62–70.

32. Mykhalevskiy D., Vasylykivskiy N., Horodetska O. Development of a mathematical model for estimating signal strength at the input of the 802.11 standard receiver. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 6, Issue 9 (90). 38–43. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.114191>

33. Mykhalevskiy D.V., Kychak V.M. Development of Information Models for Increasing the Evaluation Efficiency of Wireless Channel Parameters of 802.11 Standard. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*. 2019. 56(5), Pp. 22–32. DOI: 10.2478/lpts-2019-0028

Електронне навчальне видання

**Микола Володимирович Васильківський
Дмитро Валерійович Михалевський
Геннадій Григорович Бортник**

Мережеве програмування: проєктування ефективних систем зв'язку

Навчальний посібник

Рукопис оформив *М. Васильківський*

Редактор *Т. Старічек*

Оригінал-макет виготовила *Т. Старічек*

Підписано до видання 14.07.2026 р.

Гарнітура Times New Roman.

Зам. № P2026-091.

Видавець та виготовлювач

Вінницький національний технічний університет,

Редакційно-видавничий відділ.

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Хмельницьке шосе, 95,

м. Вінниця, 21021.

press.vntu.edu.ua;

E-mail: rvv.vntu@gmail.com

Свідомство суб'єкта видавничої справи

серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.