



Технології програмування комп'ютерних мереж

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	F Інформаційні технології
Спеціальність	F2 Інженерія програмного забезпечення F6 Інформаційні системи та технології F7 Комп'ютерна інженерія
Освітня програма	Інженерія програмного забезпечення комп'ютерних систем Інженерія програмного забезпечення інформаційних систем Інженерія квантового програмного забезпечення Інтегровані інформаційні системи Інформаційні управляючі системи та технології Інформаційне забезпечення робототехнічних систем Інформаційні системи та технології Комп'ютерні системи та мережі
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	150 годин / 5 кредитів ЄКТС (Лекцій 32 годин, Лабораторних занять 14 годин, Самостійна робота студентів 104 години)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/МКР
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: проф. каф. обчислювальної техніки, д.т.н., Кулаков Юрій Олексійович, Kulakov.Yurii@ill.kpi.ua. Лабораторні: ас. каф. ОТ, док. філ. Коренко Дмитро Володимирович, Korenko.Dmytro@ill.kpi.ua.
Розміщення курсу	На платформі дистанційного навчання «Сікорський»: https://classroom.google.com/c/Nzc0MjEwODEyMjU1?cjc=iqmoa4wi

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Метою викладання дисципліни є отримання знань, вмінь та навичок, необхідних фахівцю, який спеціалізується в області проектування та експлуатації комп'ютерних мереж, а також формування у студентів наступних компетентностей:

- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- Здатність створювати системне та прикладне програмне забезпечення комп'ютерних систем та мереж.
- Здатність використовувати засоби і системи автоматизації проектування до розроблення компонентів комп'ютерних систем та мереж, Інтернет додатків, кіберфізичних систем тощо.
- Здатність проектувати, впроваджувати та обслуговувати комп'ютерні системи та мережі різного виду та призначення.
- Здатність використовувати та впроваджувати нові технології, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень, брати участь в модернізації та реконструкції комп'ютерних систем та мереж, різноманітних вбудованих і розподілених додатків, зокрема з метою підвищення їх ефективності.
- Здатність брати участь у роботах з впровадження комп'ютерних систем та мереж, введення їх до експлуатації на об'єктах різного призначення.
- Здатність системно адмініструвати, використовувати, адаптувати та експлуатувати наявні інформаційні технології та системи.
- Здатність проектувати, впроваджувати та обслуговувати високопродуктивні паралельні та розподілені комп'ютерні системи та їх складові з використання ПЛІС модулів і систем автоматизованого проектування .
- Здатність проектувати, впроваджувати, адмініструвати та обслуговувати глобальні, локальні інтелектуальні програмно - конфігуруванні комп'ютерні мережі .

Програмні результати навчання (ПРН):

- Знати і розуміти наукові положення, що лежать в основі функціонування комп'ютерних засобів, систем та мереж.
- Знати новітні технології в галузі комп'ютерної інженерії.
- Знати та розуміти вплив технічних рішень в суспільному, економічному, соціальному і екологічному контексті.
- Вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу засобів, характерних для спеціальності.
- Вміти застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації програмно-технічних засобів комп'ютерних систем та мереж для вирішення технічних задач спеціальності)
- Вміти розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних систем, розраховувати, експлуатувати, типове для спеціальності обладнання.
- Вміти здійснювати пошук інформації в різних джерелах для розв'язання задач комп'ютерної інженерії.
- Вміти ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу комп'ютерних систем та їх компонентів .
- Вміти виконувати експериментальні дослідження за професійною тематикою.
- Виконувати розрахунки параметрів окремих блоків комп'ютерів, комп'ютерних систем, комп'ютерних мереж.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- ознайомлення з концепціями, моделями, топологіями та стандартами комп'ютерних мереж;

- вивчення принципів та методів мережевих комунікацій;
- вивчення технологій та принципів побудови локальних комп'ютерних мереж;
- ознайомлення з організацією, протоколами та інтерфейсами сучасних глобальних мереж.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати**:

- структури і архітектуру комп'ютерних мереж;
- принципи побудови, склад та технології функціонування локальних, комбінованих та глобальних комп'ютерних мереж.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен мати базові знання з програмування, об'єктно - орієнтованого програмування, структур даних, алгоритмів та методів обчислень, інженерії програмного забезпечення, комп'ютерних мереж.

Знання та уміння, одержані в процесі вивчення дисципліни використовуються у дисциплінах "Практика", "Науково-дослідна практика" та "Виконання магістерської дисертації".

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ

Розділ 1 Предмет теорії програмування комп'ютерних мереж

Тема 1.1. Сучасна технологія програмування комп'ютерних мереж.

Розділ 2. Основи технології мережі SDN

Тема 2.1. Рівні архітектурі SDN

Тема 2.2 Контролер SDN

Тема 2.3. Інтерфейси контролера SDN

Тема 2.4. SDN Програмні перемикачі

Розділ 3. Протокол OpenFlow.

Тема 3.1. Версії протоколу

Тема 3.2. OpenFlow порти

Тема 3.3. Таблиці OpenFlow

Розділ 4. Програмування комп'ютерних мереж

Тема 4.1. Програмування мережевих комутаторів за допомогою протоколу OpenFlow.

Тема 4.2. Методи балансування навантаження в SDN на основі протоколу OpenFlow

Тема 4.3. Маршрутизації та конструювання трафіку в мережі SDN

Розділ 5. Методи побудови мереж SDN

Тема 5.1. Віртуалізація мереж з метою ефективнішого використання мережевих ресурсів.

Тема 5.2. Побудови інфраструктурних «хмарних сервісів» за допомогою SDN.

Тема 5.3. Застосування програмно-конфігурованих мереж в концепції «Інтернету речей».

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1.Гніденко М.П., Вишнівський В.В., Ільїн О.О. Побудова SDN мереж. – Навчальний посібник. – Київ: ДУТ, 2019. – 190 с. <https://duikt.edu.ua/ua/lib/1/category/729/view/1710>

2.О.В.Корочкін, О.В. Русанова, О.Ю.Кулаков Програмне забезпечення високопродуктивних комп'ютерних систем. Комп'ютерний практикум. Навчальний посібник. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – 222 с. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 5 від 06.03.2025 р.) [Електронний ресурс]. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/72951>

Додаткова література

Кулаков, Ю. О. Комп'ютерні мережі. Навчальний посібник .. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 247 с. [Електронний ресурс]. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/51465>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Назви розділів, тем	Кількість годин			
	Всього	У тому числі		
		Лекції	Лабораторні заняття	СРС
Розділ 1 Предмет теорії програмування комп'ютерних мереж Тема 1.1. Сучасна технологія програмування комп'ютерних мереж.	20	4	2	14
Розділ 2. Основи технології мережі SDN Тема 2.1. Рівні архітектури SDN Тема 2.2 Контролер SDN Тема 2.3. Інтерфейси контролера SDN Тема 2. 4. SDN Програмні перемикачі	34	8	2	24
Розділ 3. Протокол Open Flow. Тема 3.1. Версії протоколу Тема 3.2. Open Flow порти Тема 3.3. Таблиці Open Flow	32	6	4	22
Розділ 4. Програмування комп'ютерних мереж Тема 4.1. Програмування мережевих комутаторів за допомогою протоколу OpenFlow. Тема 4.2. Методи балансування навантаження в SDN на основі протоколу OpenFlow Тема 4.3. Маршрутизації та конструювання трафіку в мережі SDN	32	6	4	22
Розділ 5 Методи побудови мереж SDN Тема 5.1. Віртуалізація мереж з метою ефективнішого використання мережевих ресурсів. Тема 5.2. Побудови інфраструктурних «хмарних сервісів» за допомогою SDN. Тема 5.3. Застосування програмно-конфігурованих мереж в концепції «Інтернету речей».	32	8	2	22
	150	32	14	104

Лекційні заняття

№ лекції	Назва теми лекції та основні питання
----------	--------------------------------------

1–2	Сучасна технологія програмування комп'ютерних мереж Еволюція мережевих технологій та підхід програмного керування. Обмеження традиційних мереж та мотивація до SDN/NFV. Поняття control plane та data plane. Архітектура програмно-конфігурованих мереж. Оркестрація та політики керування.
3	Основи технології мережі SDN Базові ідеї SDN. Централізоване керування мережею. Роль контролера та API. Переваги й недоліки SDN. Типові сценарії застосування.
4	Рівні архітектури SDN Прикладний, контрольний та інфраструктурний рівні. Північні та південні інтерфейси. Взаємодія між рівнями. Абстракції програмування мереж. Моделі управління.
5	Контролер SDN. Інтерфейси контролера Функції контролера. Централізовані та розподілені контролери. Northbound API (REST, gRPC). Southbound API (OpenFlow, NETCONF). Приклади контролерів.
6	SDN програмні комутатори Призначення програмних комутаторів. Open vSwitch. Підтримка OpenFlow. Таблиці пересилання. Моніторинг і статистика.
7	Протокол OpenFlow Призначення протоколу. Структура таблиць потоків. Встановлення і зміна правил. Повідомлення контролера з комутатором. Версії OpenFlow.
8	OpenFlow порти Фізичні, логічні та спеціальні порти. Параметри портів. Статистика портів. Роль портів у формуванні потоків. Використання портів у політиках.
9	Таблиці OpenFlow Формат таблиці потоків. Пріоритети правил. Match fields, Actions, Instructions. Пайплайн таблиць. Таймери правил. Програмування комутаторів OpenFlow. Створення FlowMod. Додавання та видалення потоків. Реалізація сценаріїв (фільтрація, маршрутизація). Інструкції OpenFlow. Mininet і Ryu.
10	Балансування навантаження в SDN Статичне та динамічне балансування. Аналіз статистики потоків. Алгоритми Round Robin, ECMP. Реактивні та проактивні методи. Політики розподілу навантаження.
11	Маршрутизація трафіку в SDN Централізоване обчислення маршрутів. Алгоритми Dijkstra та Bellman–Ford. Політики маршрутизації. QoS-орієнтовані маршрути. Динамічне переналаштування.
12	Конструювання трафіку в SDN (Traffic Engineering) Оптимізація трафіку. Статичний і динамічний ТЕ. Перепризначення потоків. Запобігання перевантаженням. Сценарії у дата-центрах.
13	Мережі SDN Топології Fat-Tree і Clos. Гібридні мережі. Масштабованість і відмовостійкість. Фізична і логічна побудова. Інструменти проектування. Сегментація трафіку. VLAN і VXLAN. Політики ізоляції. Логічні топології. Динамічне створення підмереж.
14	Віртуалізація мереж NFV та призначення. Віртуальні мережеві функції. Віртуальні топології. Оркестрація ресурсів. OpenStack і OVS.
15	Хмарні інфраструктурні сервіси на основі SDN Роль SDN у хмарі. Динамічне масштабування ресурсів. Політики керування. Інтеграція з OpenStack/Kubernetes. Безпека хмарних мереж.
16	SDN в Інтернеті речей Особливості IoT-трафіку. Масштабоване керування пристроями. QoS в IoT. Підвищення безпеки. Архітектури IoT + SDN.

Метою проведення циклу лабораторних робіт є набуття студентами необхідних практичних навичок використання методів та способів програмування комп'ютерних мереж.

№	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Вступ до Mininet	2
2	Традиційні мережі: Приклад BGP як розподілена система та рішення про автономне пересилання	2
3	Синтез деревовидної структури комп'ютерної мережі на заданій множині комутаторів.	2
4	Вступ до SDN	2
5	Налаштування VXLAN для забезпечення ізоляції мережевого трафіку	2
6	Вступ до OpenFlow	2
7	Маршрутизація в мережі SDN	2
	Разом:	14

Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота виконується в кінці семестру за усіма темами, що розглядаються в дисципліні.

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Скласти програму розрахунку часових затримок концентратора. Провести порівняльний аналіз часових затримок для різноманітних режимів роботи концентратора. Розробити структуру концентратора.	12
2	Скласти програму розрахунку основних параметрів вузла комутації пакетів, а також програму розрахунку запам'ятовуючих пристроїв.	12
3	Скласти програму розрахунку часових характеристик узгодження мережного потоку блоків даних, провести аналіз часових характеристик і визначити оптимальну структуру пристрою узгодження мережного потоку. Розробити алгоритми управління передачею блоків даних між вузлами комутації пакетів.	12
4	Скласти програму розрахунку основних характеристик при глобальному управлінні навантаженням в мережі, програму моделювання наскрізного і локального управління навантаженням в мережі.	12
5	Скласти програму розрахунку пропускної спроможності й оптимального розміру вікна для максимальної потужності мережі.	10
6	Вивчити відомі алгоритми оптимізації структури абонентських мереж, скласти алгоритм і програму алгоритму оптимізації.	12
7	Підготовка до МКР	4
8	Підготовка до екзамену	30
	Разом:	104

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Під час занять з навчальної дисципліни студенти повинні дотримуватись певних дисциплінарних правил:

- 1) забороняється запізнюватись на заняття;
- 2) при вході викладача, на знак привітання, особи, які навчаються в КПІ ім. Ігоря Сікорського повинні встати;
- 3) не допускаються сторонні розмови або інший шум, що заважає проведенню занять;
- 4) виходити з аудиторії під час заняття допускається лише з дозволу викладача.
- 5) не допускається користування мобільними телефонами та іншими технічними засобами без дозволу викладача.

Лабораторні роботи здаються особисто з попередньою перевіркою теоретичних знань, які необхідні для виконання лабораторної роботи. Перевірка практичних результатів включає перевірку коду та виконання тестових завдань.

В процесі навчання викладач має право нарахувати до 5 заохочувальних балів за дострокове виконання лабораторної роботи, за проявлений творчий підхід при виконанні індивідуального завдання або за активну участь у обговоренні питань, що пов'язані з тематикою лекції або практичного заняття.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: виконання модульної контрольної роботи та завдань лабораторних робіт.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх завдань лабораторних робіт та семестровий рейтинг не менше 40 балів.

Оцінювання окремих видів виконаної студентом навчальної роботи здійснюється в балах:

Вид навчальної роботи	Максимальна кількість балів	Сумарна кількість балів
Виконання та захист лабораторної роботи 1	6	42
Виконання та захист лабораторної роботи 2	6	
Виконання та захист лабораторної роботи 3	6	
Виконання та захист лабораторної роботи 4	6	
Виконання та захист лабораторної роботи 5	6	
Виконання та захист лабораторної роботи 6	6	
Виконання та захист лабораторної роботи 7	6	
Виконання модульної контрольної роботи	18	18
Всього балів		60

Критерії оцінювання виконання завдань лабораторних робіт:

- робота виконана та захищена без зауважень – 6 балів;
- достатньо повне виконання завдання з деякими похибками – 4-5 балів;
- неповне виконання завдання або наявність помилок – 3 бали;
- при виконанні або під час захисту роботи були виявлені суттєві помилки – 0 балів.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал. Модульна контрольна робота оцінюється в 18 балів.

Критерії оцінювання МКР:

- повна відповідь (не менш ніж 95% потрібної інформації) – 18 балів;
- повна відповідь з незначними помилками або достатньо повна відповідь (не менш ніж на 75% потрібної інформації) – 13-17 балів;
- недостатньо повна відповідь (але не менш ніж 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 10-12 балів;
- неповна відповідь та суттєві помилки – 0-9 балів.

Календарний контроль

Календарна атестація студентів (на 7 та 13 тижнях семестрів) з дисципліни проводиться за значенням поточного рейтингу студента на час атестації. Якщо значення цього рейтингу не менше 50 % від максимально можливого на час атестації, студент вважається атестованим. В іншому випадку в атестаційній відомості виставляється «не атестований».

Сума балів, які отримує студент за роботу протягом семестру, обчислюється за формулою:

$$R_s = \sum_{i=1}^7 r_{\text{ЛР}_i} + r_{\text{МКР}},$$

де $r_{\text{ЛР}_i}$ – бали, отримані за i -ту лабораторну роботу;

$r_{\text{МКР}}$ – бали за МКР.

Екзамен

Умовою допуску до екзамену є зарахування усіх завдань лабораторних робіт та семестровий рейтинг не менше 40 балів

Максимальна кількість балів за екзамен дорівнює 40 балів.

Кожен екзаменаційний білет містить 4 завдання (одне теоретичне і три практичних) за тематикою лекцій та лабораторних робіт, що виконувались впродовж семестру. Кожне запитання оцінюється від 0 до 10 балів.

Критерії оцінювання кожного запитання:

- правильна та змістовна відповідь: 9–10 балів,
- правильна відповідь, неповні пояснення: 7–8 балів,
- відповідь містить помилки: 5–6 балів,
- немає відповіді або відповідь невірна: 0 балів.

Кількість балів, що отримує студент за семестр, визначається формулою

$$R = R_s + R_E,$$

де R_E – бали, отримані на екзамені.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Кількість балів (R)	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Умова зарахування додаткових балів.

В рамках вивчення навчальної дисципліни «Технології програмування комп'ютерних мереж» допускається зарахування балів, одержаних в результаті проходження дистанційних курсів на платформі "Coursera", за умови попереднього погодження програми даного курсу звикладачем та за умови отримання офіційного сертифікату.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професор кафедри обчислювальної техніки, д.т.н , Кулаков Ю.О.

асистент кафедри обчислювальної техніки, Ph.D., Коренко Д. В.

Ухвалено кафедрою обчислювальної техніки (протокол № 12 від 23.06.2025р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 11 від 27.06.2025р)