

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютерних наук

Соловська І.М., Розенвассер Д.М.

МОБІЛЬНІ КОМУНІКАЦІЇ

Навчально-методичні рекомендації до практичних занять
та самостійної роботи здобувачів
галузі знань – 12 Інформаційні технології, спеціальності 121 «Інженерія
програмного забезпечення», 122 «Комп'ютерні науки», 123 «Комп'ютерна
інженерія», 125 «Кібербезпека та захист інформації»,
галузі знань 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації,
спеціальність 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»,
галузі знань 01 – Освіта/Педагогіка, спеціальність 014 «Середня освіта.
Інформатика»

Одеса – 2025 рік

Рекомендовано Вченою радою Міжнародного гуманітарного університету
(Протокол № 5 від 20.01.2025 р.)

Соловська І.М., Розенвассер Д.М.

Навчально-методичні рекомендації до практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Мобільні комунікації» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальностей 121 «Інженерія програмного забезпечення», 122 «Комп'ютерні науки», 123 «Комп'ютерна інженерія», 125 «Кібербезпека та захист інформації», 172 «Електронні комунікації та радіотехніка», 014 «Середня освіта. Інформатика» денної та заочної форми навчання [Електронне видання] / Соловська І.М., Розенвассер Д.М. Кафедра комп'ютерних наук Міжнародного гуманітарного університету. Одеса. 2025. – 25 с.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
Кількість кредитів – 6, загальна кількість годин – 180	Галузь – 12 Інформаційні технології Спеціальність – 121 Інженерія програмного забезпечення	Денна форма	Заочна форма
		вибіркова	
		Рік підготовки:	
		3	
		Семестр:	
Мова навчання – українська	Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)	6	
		Лекційні заняття:	
		40	12
		Практичні заняття:	
		38	12
		Лабораторні роботи	
		0	0
		Самостійна робота	
		102	156
		Вид контролю:	
		залік	

Дисципліна «Мобільні комунікації» формує у здобувачів необхідний обсяг теоретичних і практичних знань про сучасні стандарти та технології систем мобільного зв'язку, принципи побудови та процедури функціонування систем та мереж мобільного зв'язку, алгоритми адміністрування та конфігурації обладнання та надання послуг.

Вивчення дисципліни забезпечує володіння знаннями щодо принципів побудови технологій та стандартів мереж мобільного зв'язку етапів розвитку 2.5G-5G, базові процедури, які виконуються в мережах мобільного зв'язку, включно з алгоритмами встановлення з'єднань та надання послуг із забезпеченням гарантованої якості обслуговування. Знання, отриманні при вивченні дисципліни «Мобільні комунікації» дозволять бакалаврам виконувати аналіз та синтез архітектури мереж мобільного зв'язку етапів розвитку 2.5G-5G,

застосовуючи необхідні процедури взаємодії, включно з автентифікацією, авторизацією та білінгом в інформаційних технологіях, зокрема при розробці мобільних додатків, виконувати процедури адміністрування та конфігурації користувачів та обладнання мереж мобільного зв'язку.

МЕТА ДИСЦИПЛІНИ. Метою дисципліни є формування у здобувачів знань про архітектуру та принципи функціонування сучасних мобільних мереж передачі даних, особливості використання технологій мобільного зв'язку у програмних системах, а також набуття практичних навичок аналізу та використання мобільних мережевих технологій під час розробки програмних сервісів і застосунків.

ПРЕРЕКВІЗИТИ. Передумовами для вивчення дисципліни є знання та вміння, отримані здобувачами під час вивчення навчальних дисциплін «Операційні системи», «Теорія інформації та кодування», «Моделювання систем», «Вебтехнології та вебдизайн», «Комп'ютерні мережі».

ПОСТРЕКВІЗИТИ. Знання, уміння та навички, набуті під час вивчення дисципліни, можуть бути використані під час подальшого вивчення дисципліни «Програмування інфокомунікаційних сервісів і систем», а також під час виконання кваліфікаційної роботи.

2. ОЧІКУВАНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ, ЯКІ ПЛАНУЄТЬСЯ СФОРМУВАТИ ТА ДОСЯГНЕННЯ ПРОГРАМНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

У процесі реалізації програми дисципліни «Мобільні комунікації» формуються наступні компетентності із передбачених освітньо-професійною програмою «Інженерія програмного забезпечення» зі спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Інтегральна компетентність

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані завдання або практичні проблеми інженерії програмного забезпечення, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, із застосуванням теорій та методів інформаційних технологій

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності

K18. Здатність аналізувати, вибирати і застосовувати методи і засоби для забезпечення інформаційної безпеки (в тому числі кібербезпеки).

K20. Здатність застосовувати фундаментальні і міждисциплінарні знання для розв'язання завдань інженерії програмного забезпечення.

K23. Здатність реалізовувати фази та ітерації життєвого циклу програмних систем та інформаційних технологій на основі відповідних моделей і підходів розробки програмного забезпечення.

K27. Здатність розробляти програмні модулі, додатки та скрипти для інтеграції, моніторингу та управління інфокомунікаційними системами, сервісами та пристроями з використанням програмних інтерфейсів і сучасних мов програмування.

Програмні результати навчання

ПР01. Аналізувати, цілеспрямовано шукати і вибирати необхідні для вирішення професійних завдань інформаційно-довідникові ресурси і знання з урахуванням сучасних досягнень науки і техніки.

ПР18. Знати та вміти застосовувати інформаційні технології обробки, зберігання та передачі даних.

ПР21. Знати, аналізувати, вибирати та застосовувати засоби забезпечення інформаційної безпеки і цілісності даних відповідно до прикладних завдань та створюваних програмних систем.

ПР25. Вміти розробляти програмні модулі, додатки та скрипти для інтеграції, моніторингу та управління інфокомунікаційними системами, сервісами та пристроями з використанням програмних інтерфейсів і сучасних мов програмування.

Заплановані результати навчання за навчальною дисципліною

Знання:

- принципи побудови та функціонування сучасних систем мобільного зв'язку і передачі даних;
- архітектуру та основні технології мобільних мереж різних поколінь (2G–5G);
- протоколи та механізми передачі даних у мобільних телекомунікаційних системах;

- принципи організації радіоінтерфейсу та взаємодії елементів інфраструктури мобільних мереж;
- механізми встановлення з'єднання, автентифікації та забезпечення безпеки у мобільних мережах;
- можливості використання мобільних мереж для реалізації сучасних програмних сервісів і застосунків.

Уміння:

- аналізувати структуру та принципи функціонування мобільних мереж різних поколінь;
- використовувати мережеві протоколи та сервіси мобільних мереж під час створення програмних систем;
- оцінювати можливості мобільних мереж для передачі даних і реалізації прикладних сервісів;
- застосовувати інструменти аналізу та моделювання роботи мобільних мереж;
- враховувати особливості функціонування мобільних мереж під час розробки програмних застосунків.

Навички:

- аналізу архітектури та принципів роботи сучасних мобільних телекомунікаційних систем;
- використання мобільних мережевих сервісів під час розробки програмних застосунків;
- роботи з програмними засобами аналізу та моделювання мобільних мереж;
- інтеграції програмних систем із сервісами мобільних комунікацій;
- оцінювання ефективності використання мобільних мереж у програмних і інформаційних системах.

3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Тема 1. Сучасний стан та тенденції розвитку мереж мобільного зв'язку України

Існуюча архітектура системи мобільного зв'язку стандарту GSM/GPRS/EDGE. Радіоінтерфейс GSM. Тьохрівнева мережна архітектура системи мобільного зв'язку під керуванням Mobile Softswitch: Transport layer, Control layer, Application layer згідно 3GPP. Загальна характеристика функціональних рівнів та їх апаратно-програмна реалізація (Circuit core – MGW, MSS/VLR, MSS та Packet core – SGSN/GGSN, Service & Subscriber), принципи взаємодії.

Бази даних HLR/AUC/VLR, принципи побудови, структура та склад даних.

Процедури автентифікації, ідентифікації обладнання та шифрування в мережі мобільного зв'язку. Типові алгоритми процедур встановлення з'єднань в системах мобільного зв'язку. Ієрархічна структура мереж GSM (International, National та рівень PLMN). Мережна ідентифікація. Поняття та коди Service Area - International GSM SA, National GSM SA (MCC, CC), PLMN SA (MNC, NDC, NCC). Поняття та коди Local Area (LAC, LAI), Cell (CI, CGI). Плани нумерації, формати кодів ідентифікації Local Area, та National&PLMN. Абонентська ідентифікація (IMSI, MSISDN, IMEI) згідно рек. ITU-T E.212, E.164.

Тема 2. Ієрархічна структура мереж мобільного зв'язку

Системи мобільного зв'язку третього покоління 3G/UMTS. Радіоінтерфейс UMTS (частотний діапазон, WCDMA). Номенклатура послуг 3G. Узагальнена архітектура мережі радіодоступу UTRAN/WCDMA, RNC, Node B, UE.

Базові принципи встановлення з'єднань та обслуговування абонентів в мережі UMTS. Взаємодія мережі Wi-Fi та UMTS в процедурах передавання даних.

Тема 3. Мережі мобільного зв'язку третього покоління

Системи мобільного зв'язку четвертого покоління 4G/LTE. Радіоінтерфейс LTE (частотний діапазон, LTE). Номенклатура та характеристики послуг 4G. Функціональна архітектура мережі LTE (EPC, S-GW, SAE, MME, UPE) згідно Rel.8-10. Інтерфейси та протоколи взаємодії.

Віртуалізація мережних функцій LTE на базі технології NFV та програмно-конфігурованої мережі SDN.

Номенклатура послуг 5G (послуги мобільного широкосмугового доступу eMBB, масивного машинного зв'язку mMTC, послуги медицини mHealth, надзвичайно надійного з'єднання з низькою затримкою URLLC). Технологія NR (Rel. 14). Архітектура мережі 5G/NR. Реалізація радіоінтерфейсу та побудова Mesh-мережі. Міжмашинна взаємодія M2M та взаємодія пристроїв D2D в мережі IoT. Принципи реалізації Network Slicing в мережі IoT.

Мережа IoT Інтернет речей та IoE. Архітектура та принципи побудови мережі IoT. Порівняння технологій реалізації (LoRa, Cat-1, eMTC, NB-IoT).

Тема 4. Перспективні мережі п'ятого покоління

Основна послідовність проектування. Вихідні дані, огляд структури існуючої мережі. Особливості вибору обладнання. Визначення конфігурації мережі, аналіз розподілу навантаження, визначення пропускної спроможності об'єктів мережі.

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	Усього	у тому числі				Усього	у тому числі			
		Лекц.	Прак.	Лаб.	Сам. роб.		Лекц.	Прак.	Лаб.	Сам. роб.
Тема 1. Сучасний стан та тенденції розвитку мереж мобільного зв'язку України Існуюча архітектура системи мобільного зв'язку GSM/GPRS/EDGE. Тьохрівнева мережна архітектура системи мобільного зв'язку під керуванням Mobile Softswitch: Transport layer, Control layer, Application layer згідно 3GPP. Загальна характеристика функціональних рівнів та їх апаратно-програмна реалізація (Circuit core – MGW,MSS/VLR, MSS та Packet core – SGSN/GGSN, Service & Subscriber), принципи взаємодії. Типові алгоритми процедур встановлення з'єднань	45	10	10	0	30	45	2	2	0	41

в системах мобільного зв'язку. Ієрархічна структура мереж GSM (International, National та рівень PLMN). Мережна ідентифікація. Поняття та коди Service Area - International GSM SA, National GSM SA (MCC, CC), PLMN SA (MNC, NDC, NCC). Поняття та коди Local Area (LAC, LAI), Cell (CI, CGI). Плани нумерації, формати кодів ідентифікації Local Area, та National&PLMN. Абонентська ідентифікація (IMSI, MSISDN, IMEI) згідно рек. ITU-T E.212, E.164.										
Тема 2. Ієрархічна структура мереж мобільного зв'язку Системи мобільного зв'язку 3G/UMTS. Радіоінтерфейс UMTS (частотний діапазон, WCDMA). Номенклатура послуг 3G. Узагальнена архітектура мережі радіодоступу UTRAN/WCDMA,	45	10	10	0	25	45	4	4	0	37

RNC, Node B, UE. Базові принципи встановлення з'єднань та обслуговування абонентів в мережі UMTS.										
Тема 3. Мережі мобільного зв'язку третього покоління Системи мобільного зв'язку 4G/LTE. Радіоінтерфейс LTE (частотний діапазон, LTE). Номенклатура та характеристики послуг 4G. Функціональна архітектура мережі LTE (EPC, S-GW, SAE, MME, UPE) згідно Rel.8-10. Інтерфейси та протоколи взаємодії. Віртуалізація мережних функцій LTE на базі технології NFV та програмно-конфігурованої мережі SDN. Номенклатура послуг 5G (послуги мобільного широкосмугового доступу eMBB, масивного машинного зв'язку mMTC, послуги медицини mHealth, надзвичайно надійного з'єднання з низькою затримкою	45	10	10	0	25	45	4	4	0	37

URLLC). Технологія NR (Rel. 14). Реалізація радіоінтерфейсу та побудова Mesh-мережі. Принципи реалізації Network Slicing в мережі IoT. Мережа IoT Інтернет речей та IoE. Архітектура та принципи побудови мережі IoT. Порівняння технологій реалізації (LoRa, Cat-1, eMTC, NB-IoT). Міжмашинна взаємодія (M2M) і Інтернет речей у мережах 5G. Інтеграція мобільних пристроїв IoT з хмарними та Edge-обчисленнями в мережі 5G.										
Тема 4. Перспективні мережі п'ятого покоління Основна послідовність проектування. Вихідні дані, огляд структури існуючої мережі. Особливості вибору обладнання. Визначення конфігурації мережі, аналіз розподілу навантаження,	45	10	8	0	27	45	2	2	0	41

визначення пропускної спроможності об'єктів мережі мобільного зв'язку.										
Усього годин	180	40	38	0	102	180	12	12	0	156
ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ – ЗАЛІК										

5. ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Сучасний стан технологічного розвитку мереж мобільного зв'язку в Україні (оператори, технології, абонентська база, ARPU).	2	
2	Вивчення ьохрівневої мережної архітектури мобільного зв'язку під керуванням <i>Mobile Softswitch</i> .	2	2
3	Обладнання мереж мобільного зв'язку. Технічні характеристики.	2	
4	Бази даних HLR/AUC/VLR, принципи побудови, структура та склад даних.	2	
5	Вивчення процедур автентифікації, ідентифікації обладнання та шифрування.	2	
6	Мережна ідентифікація. Поняття та коди. Плани нумерації, формати кодів ідентифікації.	2	2
7	Процеси встановлення з'єднання, вихідного <i>Outgoing call</i> та вхідного <i>Incoming call</i> .	2	
8	Мережі мобільного зв'язку третього покоління 3G/UMTS. Склад обладнання, протоколи взаємодії.	2	2
9	Базові принципи встановлення з'єднань та обслуговування абонентів в мережі UMTS.	2	
10	Взаємодія мережі Wi-Fi та UMTS в процедурах передавання даних.	2	2
11	Функціональна архітектура мережі <i>LTE (EPC, S-GW, SAE, MME,</i>	2	2

	<i>UPE</i>) згідно <i>Rel.8-10</i> . Інтерфейси та протоколи взаємодії.		
12	Віртуалізація мережних функцій <i>LTE</i> на базі технології <i>NFV</i> та програмно-конфігурованої мережі <i>SDN</i> .	2	
13	Реалізація програмно-конфігурованої мережі <i>SDN</i> в мережі мобільного зв'язку.	2	2
14	Архітектура мережі <i>5G/NR</i> на мережних функціях віртуалізації <i>VNF</i> .	2	2
15	Реалізація <i>Network Slicing</i> в мережі <i>5G/NR</i> .	2	
16	Реалізація <i>C-RAN</i> та <i>D-RAN</i> на базі <i>gNB</i> .	2	
17	Інтернет речей. Мережа <i>IoT</i> .	2	
18	Порівняння технологій реалізації (<i>LoRa</i> , <i>Cat-1</i> , <i>eMTC</i> , <i>NB-IoT</i>).	2	
19	Міжмашинна взаємодія <i>M2M</i> та <i>D2D</i> пристроїв Інтернету речей <i>IoT</i> .	2	
	Всього	38	12

6. САМОСТІЙНА РОБОТА

До самостійної роботи студентів щодо вивчення дисципліни «Мобільні комунікації» включаються:

1. Знайомство з науковою та навчальною літературою відповідно зазначених у програмі тем.
2. Опрацювання лекційного матеріалу.
3. Підготовка до практичних занять.
4. Консультації з викладачем протягом семестру.
5. Самостійне опрацювання окремих питань навчальної дисципліни.
6. Підготовка до підсумкового контролю.

ТЕМАТИКА ТА ПИТАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ТА

ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1	Тема 1. Сучасний стан та тенденції розвитку мереж мобільного зв'язку Функції IN/CAMEL для CM3. Фази розвитку IN/CAMEL (2, 2+, 3). Архітектура мережі IN/CAMEL (SSP, SCP, CSE, SMP, SCE). Класифікація послуг IN/CAMEL – Basic service (FPH, UN, PRS, TV), Subscriber specific service (PPS, VPN, IN MOC, IN MTC, USSD). Структура та функціонування Call-center оператора мобільного зв'язку на базі комутаційної системи. Надання екстрених, сервісних та інформаційних послуг. Реалізація VoIVR.	30	41
2	Тема 2. Ієрархічна структура мереж мобільного зв'язку Мобільна комерція (M-comm). Технологія NFC та загальні принципи функціонування мобільних платіжних систем.	25	37
3	Тема 3. Мережі мобільного зв'язку третього та четвертого покоління Реалізація послуг Smart Parking, Tracking, Smart Street Lamps. Технології віртуальної VR, додаткової реальності AR та тактильних відчуттів TSN. Мережа IoT Інтернет речей та IoE. MEC (Multi-access Edge Computing) у мережах 5G. Місце Edge-обчислень у сучасних IoT-екосистемах 5G. Огляд протоколів взаємодії для IoT у 5G-середовищі (MQTT, CoAP, HTTP/2). Контейнеризація та мікросервіси для Edge IoT.	25	37
4	Тема 4. Перспективні мережі 5G Розробка ідентифікації в мережі LTE. Ідентифікатори абонентів UE ID (IMSI, GUTI, S-TMSI, IP-address/PDN address, C-RNTI, eNodeB UE S1AP ID, MME UE S1AP ID, Old UE X2AP ID, UE X2AP ID). Ідентифікатори мобільного обладнання ME ID (IMSI). Ідентифікатори мережного обладнання NE ID (GUMMEI, MMEI, Global eNodeB ID, eNodeB ID, ECGI, ECI, P-GW ID). Ідентифікатори місцезнаходження Location ID (TAI, TAC).	27	41
	Усього годин	102	156

7. ВИДИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Види контролю		Складові оцінювання
Поточний контроль , який здійснюється під час проведення практичних (лабораторних) занять, виконання самостійної роботи, індивідуальних завдань, дослідної робота здобувача тощо		100%
Підсумковий контроль – залік		
Методи діагностики знань (контролю)	Фронтальне опитування; наукова доповідь, реферат, усне повідомлення, індивідуальне опитування; робота у групах; ділова гра, розв'язання ситуаційних завдань, кейсів, виконання практичних завдань, залік	

Питання до підсумкового контролю

1. Сучасний стан та тенденції розвитку мереж мобільного зв'язку України. Технічні характеристики, технології та стандарти, номенклатура послуг.

2. Трьохрівнева архітектура MM3 під керуванням Mobile Softswitch: Transport layer, Control layer, Application layer.

3. Характеристики транспортного рівню та рівню доступу, призначення та характеристики підсистеми мобільних станцій MSS та підсистеми базових станцій BSS.

4. Характеристики рівня керування: підсистема комутації SSS та технічної експлуатації та обслуговування NMC/OSS.

5. Характеристики рівню додатків: підсистема послуг AS.

6. Призначення та функції мобільної станції MS (Eq + SIM), основні стани MS (Idle, Active, Detach, Implicit Detach) дані SIM-карти, функції обладнання підсистеми BSS (BTS, BSC), інтерфейси та протоколи взаємодії.

7. Загальна характеристика функціональних рівнів та їх апаратно-програмна реалізація. Рівень керування, функції обладнання підсистеми комутації (Circuit core – MGW, MSC/VLR, MSW та Packet core – SGSN/GGSN).

8. Призначення та функції реєстрів HLR, VLR, AUC, EIR.

9. Забезпечення пакетного режиму GRPS (Packet core). Узагальнена архітектура накладеної мережі GRPS, вузли SGSN та GGSN взаємодія і інтерфейси.

10. Рівень додатків: підсистема послуг AS (SMSC, DNS/DHCP, Charging, PCRF).

11. Функції технічної експлуатації та обслуговування NMC/OSS.

12. Ідентифікація в мережі мобільного зв'язку на рівнях: International, National та рівень PLMN. Коди країни (MCC, CC), мережі оператора PLMN (MNC, NDC, NCC).

13. Поняття та коди місцезнаходження Local Area (LAC, LAI), Cell (CI, CGI).

14. Ідентифікація абонентів MM3 (IMSI, TMSI, MSISDN, IMEI), плани нумерації згідно рек. ITU-T E.212, E.164.

15. Процедури встановлення з'єднань в мережі мобільного зв'язку. Основні сценарії обслуговування викликів (MS в стані IDLE, IMSI Attached, оновлення місцеположення, Network Roaming, Handover).

16. Процес встановлення з'єднання, вихідного Outgoing call та вхідного Incoming call.

17. Процедури автентифікації, ідентифікації обладнання та шифрування в мережі мобільного зв'язку.

18. Мережі мобільного зв'язку третього покоління 3G/UMTS. Особливості реалізації радіо інтерфейсу UMTS, номенклатура послуг 3G.

19. Узагальнена архітектура мережі 3G/UMTS, мережа радіодоступу UTRAN/WCDMA на базі Node B та RNC, особливості UE (U-SIM).

20. Мобільна комерція (M-comm). Технологія NFC та загальні принципи функціонування мобільних платіжних систем.

21. Мережа мобільного зв'язку четвертого покоління 4G/LTE. Особливості реалізації радіо інтерфейсу LTE, номенклатура послуг 4G.

22. Функціональна архітектура мережі LTE (E-UTRAN на базі eNodeB, Core Network - EPC, S-GW, MME, UPE). Інтерфейси Rel.8,9 та 10.

23. Ідентифікація в мережі LTE. Ідентифікатори абонентів UE ID (IMSI, GUTI, S-TMSI, IP-address/PDN address, C-RNTI, eNodeB UE S1AP ID, MME UE S1AP ID, Old UE X2AP ID, UE X2AP ID). Ідентифікатори мобільного обладнання ME ID (IMSI). Ідентифікатори мережного обладнання NE ID (GUMMEI, MMEI, Global eNodeB ID, eNodeB ID, ECGI, ECI, P-GW ID). Ідентифікатори місцезнаходження Location ID (TAI, TAC).

24. Перспективні мережі 5G. Технологія NR (Rel. 14).

25. Архітектура мережі 5G/NR на мережних функціях віртуалізації VNF.

26. Реалізація Network Slicing в мережі 5G/NR.

27. Технології та номенклатура послуг п'ятого покоління (послуги мобільного широкосмугового доступу eMBB, масивного машинного зв'язку

mMTC, надзвичайно надійного з'єднання з низькою затримкою URLLC).

28. Реалізація послуг Smart Parking, Tracking, Smart Street Lamps.

29. Міжмашинна взаємодія M2M Інтернету речей IoT. Особливості реалізації для MM3.

30. Технології та номенклатура послуг перспективних мереж мобільного зв'язку. Технології віртуальної реальності та тактильних відчуттів TSN.

31. Завдання та основна послідовність проєктування. Вихідні дані, огляд структури існуючої мережі.

32. Особливості вибору обладнання. Визначення конфігурації мережі, аналіз розподілу навантаження, визначення пропускнуої спроможності об'єктів мережі мобільного зв'язку.

8. ОЦІНЮВАННЯ ПОТОЧНОЇ, САМОСТІЙНОЇ ТА ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧІВ

Види роботи	Планові терміни виконання	Форми контролю та звітності	Максимальний відсоток оцінювання
Систематичність і активність роботи на практичних заняттях			
1.1. Підготовка до практичних занять	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Перевірка обсягу та якості засвоєного матеріалу під час практичних занять	60
Виконання завдань для самостійного опрацювання			
1.2. Індивідуальне тестування	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Перевірка результатів індивідуального тестування, перевірка конспектів лекцій, перевірка рефератів	20
Виконання індивідуальних завдань (дослідна робота здобувача)			
1.3. Інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовка наукових	Відповідно до робочої програми та	Обговорення результатів проведеної роботи	20

публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо.	розкладу занять	під час аудиторних занять, наукових конференцій та круглих столів.	
Разом балів за поточний контроль			100
Загальний результат оцінювання			100

Поточний контроль знань здобувачів освіти при формі контролю залік (максимум 100 балів) оцінюється за шкалою («2», «3», «4», «5»), з обов'язковим переведенням балів за кожний вид роботи таким чином:

– за підготовку до аудиторних занять (максимум 60 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості практичних (лабораторних) занять, для переводу балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 12;

– за виконання завдань для самостійного опрацювання (тестування, завдання, підготовка реферату (есе) за заданою тематикою) (максимум 20 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості програмного матеріалу, що виноситься на самостійне вивчення, для переводу зазначених балів середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 4;

– за інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовку наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо (максимум 20 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості інших видів індивідуальних завдань, для переводу балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 4.

Критерії оцінювання поточного контролю

- «2» – виставляється за неправильну відповідь (письмову роботу), яка не відповідає змісту теми та свідчить про нерозуміння її основних положень;
- «3» – виставляється за відповідь (письмову роботу), яка відповідає змісту теми, але є неповною і неточною у визначенні понять, свідчить про неповне розуміння основних положень навчального матеріалу, свідчить про те, що знання здобувача мають фрагментарний, поверховий характер;
- «4» – оцінюється правильна і обґрунтована відповідь (письмова робота), з якої видно, що здобувач знає й розуміє теоретичний матеріал в обсязі навчальної теми, володіє необхідними навичками, не допускає суттєвих помилок.

– «5» – оцінюється повна, правильна, ґрунтовна відповідь (письмова робота) на запитання теми, що передбачає логічність і послідовність викладу матеріалу, володіння термінологією, демонструє вміння повно й глибоко використовувати теоретичні знання у практичній площині.

9. ОЦІНЮВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ

Загальні результати знань здобувачів по даній дисципліні оцінюються наступним чином:

– **«Відмінно»/«зараховано» (А)** – від 90 до 100 балів. Здобувач виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно знаходити та опрацьовувати необхідну інформацію, демонструє знання матеріалу, проводить узагальнення і висновки. Був присутній на лекціях та семінарських заняттях, під час яких давав вичерпні, обґрунтовані, теоретично і практично правильні відповіді, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;

– **«Добре»/«зараховано» (В)** – від 82 до 89 балів. Здобувач володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді. Був присутній на лекціях та семінарських заняттях, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;

– **«Добре»/«зараховано» (С)** – від 74 до 81 балів. Здобувач відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, але дає недостатньо обґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи, реферату та активність у науково-дослідній роботі;

– **«Задовільно»/«зараховано» (D)** – від 64 до 73 балів. Здобувач був присутній не на всіх лекціях та семінарських заняттях, володіє навчальним матеріалом на середньому рівні, допускає помилки, серед яких є значна кількість суттєвих. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи та рефератів;

– **«Задовільно»/«зараховано» (Е)** – від 60 до 63 балів. Здобувач був присутній не на всіх лекціях та семінарських заняттях, володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на

репродуктивному рівні, на всі запитання дає необґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки, має неповний конспект з завданнями до самостійної роботи.

– **«Незадовільно з можливістю повторного складання»/«не зараховано» (FX)** – від 35 до 59 балів. Здобувач володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу.

– **«Незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни»/«не зараховано» (F)** – від 1 до 34 балів. Здобувач не володіє навчальним матеріалом.

ТАБЛИЦЯ ВІДПОВІДНОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ЗА РІЗНИМИ ШКАЛАМИ

100-бальна шкала	Шкала за ECTS	Національна шкала	
		Екзамен	Залік
90-100	A	Відмінно	Зараховано
82-89	B	Добре	Зараховано
74-81	C		
64-73	D	Задовільно	Зараховано
60-63	E		
35-59	FX	Незадовільно	Не зараховано
1-34	F		

10. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Соловська І.М., Розенвассер Д.М. Мобільні комунікації: Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Мобільні комунікації» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальностей 121 «Інженерія програмного забезпечення», 122 «Комп’ютерні науки», 123 «Комп’ютерна інженерія», 125 «Кібербезпека та захист інформації», 172 «Електронні комунікації та радіотехніка», 014 «Середня освіта. Інформатика» денної та заочної форми навчання [Електронне видання] / Соловська І.М., Розенвассер Д.М. Кафедра комп’ютерних наук Міжнародного гуманітарного університету. Одеса. 2025. – 50 с.

2. Соловська І.М., Розенвассер Д.М. Навчально-методичні рекомендації до практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Мобільні комунікації» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня

спеціальностей 121 «Інженерія програмного забезпечення», 122 «Комп'ютерні науки», 123 «Комп'ютерна інженерія», 125 «Кібербезпека та захист інформації», 172 «Електронні комунікації та радіотехніка», 014 «Середня освіта. Інформатика» денної та заочної форми навчання [Електронне видання] / Соловська І.М., Розенвассер Д.М. Кафедра комп'ютерних наук Міжнародного гуманітарного університету. Одеса. 2025. – 25 с.

3. Системи мобільного зв'язку. Застосування засобів мобільного зв'язку [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Спеціальні системи електронних комунікацій» спец. 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; Головін Ю.О. та інші. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 187 с.

4. Nikhil Kumar Marriwala, Vinod Kumar Shukla, Shruti Jain, Dinesh Kumar, Sunil Dhingra Mobile Radio Communications and 5G Networks Lecture Notes in Networks and Systems. Springer Singapore, 2025.

5. Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Quality of Service (QoS) concept and architecture (3GPP TS 23.107 version 10.1.0 Release 10), 2015.

6. 3GPP TS 36.211. 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation (Release 11). Valbonne, France: Sophia Antipolis, 2017.

7. LTE; General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access (3GPP TS 23.401 version 12.6.0 Release 12).

8. 3GPP TS 23.251 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Network Sharing; Architecture and functional description.

9. 3GPP TS 36.101 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception.

10. 3GPP TS 23.401 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access.

11. Halonen T., Romero J., Melero J. GSM, GPRS and EDGE Performance: Evolution Towards 3G/UMTSю -2nd Edition. – John Wiley & Sons, 2017.

12. Stefania Sesia, Issam Toufik, Matthew Baker LTE - The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice. 2nd edition. – Wiley, 2019. <https://www.amazon.com/LTE-UMTS-Evolution-Theory-Practice/dp/0470660252>
13. Taid, R. (2021). Mobile Communications Systems Development: A Practical Introduction to System Understanding, Implementation and Deployment. Wiley.
14. Jyrki T. J. Penttinen 5G Explained: Security and Deployment of Advanced Mobile Communications, Wiley, 2019.
15. Saad Asif 5G Mobile Communications, CRC Press, 2018.
16. Anwer Al-Dulaimi 5G Networks: Fundamental Requirements, Enabling Technologies, and Operations Management, WILEY, 2018.
17. Cornelia Kappler UMTS Networks and Beyond. [John Wiley & Sons Limited](#), 2019.
18. Erik Dahlman, Stefan Parkvall, Johan Skold 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband, 2nd Edition, 2018. <https://www.amazon.com/4G-LTE-LTE-Advanced-Mobile-Broadband/dp/0124199852>

Допоміжна

19. Strelkovskaya I.V. LTE/MVNO networks structure optimization based on tensor decomposition / I.V. Strelkovskaya, I.N. Solovskaya // Information and telecommunication sciences. – July-December 2014. – V. 5, № 2(9). – P. 14-20.
20. Стрелковська І.В., Соловська І.М., Кордон Д.В. Визначення характеристик якості обслуговування трафіку в мережі LTE-Advanced. Інфокомунікаційні та комп'ютерні технології. – 2021. – № 1 (01) – С. 35-51.
21. Strelkovskaya I., Solovskaya I., Makoganiuk A. Forecasting 5G network multimedia traffic characteristics. Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET 2020). February 25 – 29, 2020. Slavske. P. 982-987. <https://doi.org/10.1109/TCSET49122.2020.235585>
22. Strelkovskaya I., Solovskaya I., Strelkovska J., Makoganiuk A. Software implementation research of self-similar traffic characteristics of mobile communication networks. In: Klymash M., Beshley M., Luntovskyy A. (eds) Future Intent-Based Networking. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 831. Springer, Cham, 2021, pp. 288-304. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92435-5_17, ISBN 978-3-030-92433-1
23. Strelkovskaya I., Solovskaya I., Strelkovska J. Spline-extrapolation of video traffic of IoT-devices based on various cubic splines. Problems of Infocommunications Science and Technology (PICS&T 2020). October 6-9, 2020. Kharkiv. P. 243-248. <https://doi.org/10.1109/PICST51311.2020.9467937>

24. Strelkovskaya I., Solovskaya I., Strelkovska J. Comparison of methods for determining user coordinates in a Wi-Fi/Indoor network In: Information and Communication Technologies and Sustainable Development Advanced Approaches and Innovations in Up-to-Date Networks and Systems. Lecture Notes in Networks and Systems, Springer, 2023. Cham. vol 809. Springer, Cham. pp 244–254.

25. Стрелковська І.В. Прогнозування мультимедійного трафіку пристроїв Інтернет речей IoT/5G / І.В. Стрелковська, І.М. Соловська // Міжнародна науково-практична конференція «Європейський вибір України, розвиток науки та національна безпека в реаліях масштабної військової агресії та глобальних викликів XXI століття» (до 25-річчя Національного університету «Одеська юридична академія» та 175-річчя Одеської школи права): матеріали конф., Одеса, 17 червня 2022 р.: тези доп. – Одеса: НУ ОЮА, 2022. – С. 731-736.
<http://dspace.onua.edu.ua/handle/11300/19774?locale-attribute=uk>

Інформаційні ресурси

26. Електронний каталог Національної парламентської бібліотеки України [політемат. база даних містить відом. про вітчизн. та зарубіж. кн., бр., що надходять у фонд НПБ України]. Київ: Нац. парлам. б-ка України. URL: catalogue.nplu.org

27. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського Київ: НБУВ, 2013-2023. URL: www.nbuv.gov.ua

28. <http://3gpp.org>

29. <http://www.itu.int/ITU-R>

30. <http://nokiasiemens.ua>

31. <http://www.in2eps.com/index.html>

32. www.ericsson.com

ЗМІСТ

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.....	3
2. ОЧІКУВАНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ, ЯКІ ПЛАНУЄТЬСЯ СФОРМУВАТИ, ТА ДОСЯГНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ	4
3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.....	6
4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.....	7
5. ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ	10
6. САМОСТІЙНА РОБОТА.....	11
7. ВИДИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ	13
8. ОЦІНЮВАННЯ ПОТОЧНОЇ, САМОСТІЙНОЇ ТА ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧІВ	15
9. ОЦІНЮВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ ..	18
10. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	20
ЗМІСТ.....	24

**Соловська Ірина Миколаївна
Розенвассер Денис Михайлович**

МОБІЛЬНІ КОМУНІКАЦІЇ

Навчально-методичні рекомендації до практичних занять
та самостійної роботи здобувачів

галузі знань – 12 Інформаційні технології, спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення», 122 «Комп'ютерні науки», 123 «Комп'ютерна інженерія», 125 «Кібербезпека та захист інформації»,
галузі знань 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації, спеціальність 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»,
галузі знань 01 – Освіта/Педагогіка, спеціальність 014 «Середня освіта. Інформатика»

Українською мовою