

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

МОБІЛЬНІ КОМУНІКАЦІЇ

Соловська І.М.

Методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів

Одеса 2025

Затверджено Вченою Радою Міжнародного гуманітарного університету
(протокол № 5 від 20.01.2025 р.)

Соловська І.М.

Мобільні комунікації: методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів
[Електронне видання]. / **Соловська І.М.** Кафедра комп'ютерних наук
Міжнародного гуманітарного університету. Одеса, 2025. – 16с.

Методичні рекомендації з курсу «Мобільні комунікації» розроблено відповідно до навчального плану, вони складаються з навчальної програми курсу, методичних рекомендацій з проведення практичних занять і завдань для самостійної роботи здобувачів, списку рекомендованої літератури. Матеріали призначено для студентів факультету кібербезпеки, програмної інженерії та комп'ютерних наук Міжнародного гуманітарного університету, які в бакалавраті вивчають галузь знань «Інформаційні технології», спеціальність «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації», спеціальність «Середня освіта (Інформатика та програмування)».

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна «Мобільні комунікації» спрямована на формування у здобувачів знань про сучасні технології мобільних мереж передачі даних та їх використання у програмних і інформаційних системах. У межах дисципліни розглядаються принципи побудови та функціонування мереж мобільного зв'язку різних поколінь (2G–5G), архітектура мобільних мереж, особливості передачі даних у бездротових середовищах, а також протоколи та технології, що забезпечують роботу мобільних сервісів і застосунків.

Особлива увага приділяється взаємодії програмного забезпечення з інфраструктурою мобільних мереж, використанню мережевих протоколів, механізмам встановлення з'єднання, автентифікації та забезпечення безпеки передачі даних у мобільних системах. Здобувачі набувають уявлення про принципи функціонування мереж стандартів GSM/2G, UMTS/3G, LTE/4G та NR/5G, особливості їх архітектури, а також про сучасні підходи до реалізації мобільних сервісів і застосунків, що використовують можливості мобільних мереж.

Курс орієнтований на формування системного розуміння функціонування мобільних телекомунікаційних систем, розвиток навичок аналізу мережевих технологій та використання мобільних мереж для створення сучасних програмних сервісів і застосунків.

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.

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.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

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

Існуюча архітектура MM3 оператора України стандарту GSM/GPRS/EDGE. Трьохрівнева архітектура MM3 під керуванням Mobile Softswitch: Transport layer, Control layer, Application layer. Загальна характеристика функціональних рівнів та їх апаратно-програмна реалізація (Circuit core – MGW, MSS/VLR, MSS та Packet core – SGSN/GGSN, Service & Subscriber management – SMSC, HLR, DNS/DHCP, Charging, PCRF). Мережні технології, архітектури адміністрування.

Тема 2. Ієрархічна структура мереж мобільного зв'язку

International, National та рівень PLMN. 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 абонентів MM3 (IMSI, MSISDN) згідно рек. ITU-T E.212, E.164.

Тема 3. Мережі мобільного зв'язку третього покоління

3G UMTS та 4G/LTE (LTE-A, LTE-Pro). Номенклатура перспективних послуг 3G. Узагальнена архітектура мережі UTRAN (WCDMA), RNC, Node B, UE. Перспективні мережі мобільного зв'язку четвертого покоління 4G. Технологія LTE. Номенклатура та характеристики послуг LTE. Розвиток мережі LTE на базі віртуальної мобільної мережі MVNO. Проектування та керування інформаційно-комунікаційними системами, розробка та супровід програмного забезпечення.

Тема 4. Перспективні мережі п'ятого покоління

Технології та послуги п'ятого покоління. Технології віртуальної реальності та тактильних відчуттів TSN. Пристрої міжмашинної взаємодії M2M в мережах 5G. Інтеграція мобільних пристроїв IoT з хмарними та Edge-обчисленнями в мережі 5G.

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

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

1. Сучасний стан технологічного розвитку мереж мобільного зв'язку в Україні (оператори, технології, абонентська база, ARPU).
2. Обладнання мереж мобільного зв'язку. Технічні характеристики.
3. Мережна ідентифікація. Поняття та коди. Плани нумерації, формати кодів ідентифікації.

Тема 2. Ієрархічна структура мереж мобільного зв'язку

1. Процеси встановлення з'єднання, вихідного Outgoing call та вхідного Incoming call.
2. Системи мобільного зв'язку третього покоління 3G/UMTS. Склад обладнання, протоколи взаємодії.
3. Функціональна архітектура мережі LTE (EPC, S-GW, SAE, MME, UPE) згідно Rel.8-10. Інтерфейси та протоколи взаємодії.
4. Віртуалізація мережних функцій LTE на базі технології NFV та програмно-конфігурованої мережі SDN.

Тема 3. Мережі мобільного зв'язку третього покоління

1. Реалізація програмно-конфігурованої мережі SDN в мережі мобільного зв'язку.
2. Архітектура мережі 5G/NR на мережних функціях віртуалізації VNF.
3. Реалізація Network Slicing в мережі 5G/NR.

Тема 4. Перспективні мережі п'ятого покоління

1. Інтернет речей. Мережа IoT.
2. Порівняння технологій реалізації (LoRa, Cat-1, eMTC, NB-IoT).
3. Міжмашинна взаємодія M2M та D2D пристроїв Інтернету речей IoT.

САМОСТІЙНА РОБОТА

До самостійної роботи здобувачів відносяться наступні види діяльності:

1. Опрацювання лекційного матеріалу.

2. Підготовка до практичних занять.
3. Консультації з викладачем впродовж семестру.
4. Ознайомлення з додатковою літературою відповідно до зазначених у програмі тем.
5. Самостійне опрацювання окремих питань навчальної дисципліни.
6. Підготовка індивідуальних завдань у вигляді презентацій або рефератів.
7. Підготовка до підсумкового контролю.

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

Сучасний стан та тенденції розвитку мереж мобільного зв'язку України. Основні принципи побудови та функціонування Contact-center оператора. Надання екстрених, сервісних та інформаційних послуг. Реалізація VoIVR. Надання послуг у мережі мобільного зв'язку. Основи білінгу та адміністрування послуг.

Тема 2. Ієрархічна структура мереж мобільного зв'язку

Визначення місцезнаходження користувача: особливості та алгоритми. Принципи автентифікації, авторизації та ідентифікації. 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 (IMEI). Ідентифікатори мережного обладнання NE ID (GUMMEI, MMEI, Global eNodeB ID, eNodeB ID, ECGI, ECI, P-GW ID). Ідентифікатори місцезнаходження Location ID (TAI, TAC).

Тема 3. Мережі мобільного зв'язку третього та четвертого покоління

Мережі мобільного зв'язку третього покоління (3G) UMTS та четвертого покоління 4G/LTE (LTE-A, LTE-Pro). Мобільна комерція (M-commerce). Принципи побудови та основні концепції. Огляд технологій мобільних платежів. Технологія NFC та принципи функціонування мобільних платіжних систем..

Тема 4. Перспективні мережі 5G

Технологія NR. Номенклатура послуг 5G (мобільний широкосмуговий доступ eMBB, масивний машинний зв'язок mMTC, наднадійні з'єднання з малою затримкою URLLC, сервіси медицини mHealth). Реалізація радіоінтерфейсу та побудова Mesh-мереж. Прикладні сервіси Smart Parking, Tracking, Smart Street

Lamps. Технології віртуальної реальності (VR), доповненої реальності (AR) та тактильного інтернету (TSN)..

ВИДИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Види контролю	Складові оцінювання
Поточний контроль , який здійснюється під час проведення практичних занять, виконання самостійної роботи, індивідуальних завдань, дослідної роботи 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 для 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 ММЗ.

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

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 публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо.	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Обговорення результатів проведеної роботи під час аудиторних занять, наукових конференцій та круглих столів.	20
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 переведу 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 переведу 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 переведу 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.

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 практичних 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 практичних 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 практичних 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» (E)** – від 60 до 63 балів. Здобувач був присутній не на всіх лекціях та практичних 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 0 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
0-34	F		

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Соловська І. М., Розенвассер Д. М. Мобільні комунікації : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти 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» [Електронне видання]. Одеса : Міжнародний гуманітарний університет, 2025. 50 с.
2. Соловська І. М., Розенвассер Д. М. Навчально-методичні рекомендації до практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Мобільні комунікації» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня спеціальностей 121, 122, 123, 125, 172, 014 [Електронне видання]. Одеса : Міжнародний гуманітарний університет, 2025. 25 с.
3. Головін Ю. О. та ін. Системи мобільного зв'язку. Застосування засобів мобільного зв'язку : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра спеціальності 172 «Електронні комунікації та радіотехніка». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 187 с.
4. Marriwala N., Shukla V., Jain S., Kumar D., Dhingra S. Mobile Radio Communications and 5G Networks. Singapore : Springer, 2025.
5. Sesia S., Toufik I., Baker M. LTE – The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice. 2nd ed. Wiley, 2019.
6. Taïd R. Mobile Communications Systems Development: A Practical Introduction to System Understanding, Implementation and Deployment. Wiley, 2021.
7. Penttinen J. T. J. 5G Explained: Security and Deployment of Advanced Mobile Communications. Wiley, 2019.
8. Asif S. 5G Mobile Communications. CRC Press, 2018.
9. Al-Dulaimi A. 5G Networks: Fundamental Requirements, Enabling Technologies, and Operations Management. Wiley, 2018.
10. Kappler C. UMTS Networks and Beyond. Wiley, 2019.
11. Dahlman E., Parkvall S., Skold J. 4G: LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband. 2nd ed. Academic Press, 2018.

Допоміжна

12. Strelkovskaya I. V., Solovskaya I. N. LTE/MVNO networks structure optimization based on tensor decomposition. Information and Telecommunication Sciences. 2014. Vol. 5, No. 2. P. 14–20.

13. 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. С. 35–51.
14. Strelkovskaya I., Solovskaya I., Makoganiuk A. Forecasting 5G network multimedia traffic characteristics. Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET 2020). 2020. P. 982–987.
15. Strelkovskaya I., Solovskaya I., Strelkovska J., Makoganiuk A. Software implementation research of self-similar traffic characteristics of mobile communication networks. In: Future Intent-Based Networking. Lecture Notes in Electrical Engineering. Springer, 2021. P. 288–304.
16. 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). 2020. P. 243–248.
17. Strelkovskaya I., Solovskaya I., Strelkovska J. Comparison of methods for determining user coordinates in a Wi-Fi/Indoor network. Lecture Notes in Networks and Systems. Springer, 2023. P. 244–254.
18. Стрелковська І. В., Соловська І. М. Прогнозування мультимедійного трафіку пристроїв Інтернету речей IoT/5G. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Одеса : НУ «Одеська юридична академія», 2022. С. 731–736.
19. Halonen T., Romero J., Melero J. GSM, GPRS and EDGE Performance: Evolution Towards 3G/UMTS. 2nd ed. Wiley, 2017.

Рекомендації, нормативно-правові документи

20. 3GPP TS 23.107. Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; Quality of Service (QoS) Concept and Architecture. Release 10.
21. 3GPP TS 36.211. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation. Release 11.
22. 3GPP TS 23.401. General Packet Radio Service (GPRS) Enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) Access.
23. 3GPP TS 23.251. Network Sharing: Architecture and Functional Description.
24. 3GPP TS 36.101. Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment Radio Transmission and Reception.
25. 3GPP TS 23.401. General Packet Radio Service (GPRS) Enhancements for E-UTRAN Access.

Інформаційні ресурси

26. Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського : вебсайт. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/>
27. 3rd Generation Partnership Project (3GPP). URL: <https://www.3gpp.org/>
28. Ericsson : вебсайт. URL: <https://www.ericsson.com/>

Навчальне видання

Соловська Ірина Миколаївна

МОБІЛЬНІ КОМУНІКАЦІЇ

Методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів