

Міністерство освіти і науки України
Міжнародний гуманітарний університет
Кафедра комп'ютерних наук

Русу О.П.

ВСТУП ДО ФАХУ

Конспект лекцій
для здобувачів вищої освіти, які навчаються
за спеціальністю «Електроніка, електронні комунікації,
приладобудування та радіотехніка»

Одеса 2025

Затверджено Вченою Радою Міжнародного гуманітарного університету.
Протокол № 5 від 20 січня 2025 р.

Русу О.П. Вступ до фаху. Конспект лекцій для здобувачів вищої освіти, які навчаються за спеціальністю «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка» [Електронне видання]. Кафедра комп'ютерних наук Міжнародного гуманітарного університету. Одеса, 2025. 31 с.

Дисципліна «Вступ до фаху» формує у здобувачів необхідний обсяг знань та навиків в застосуванні сучасних інформаційних технологій і цифрової обробки сигналів в телекомунікаційному середовищі та застосування їх для практичної реалізації у власних проєктах.

ЗМІСТ

ТЕМА 1. СОЦІАЛЬНА РОЛЬ ЕЛЕКТРОННИХ КОМУНІКАЦІЙ У ДЕМОКРАТИЧНОМУ СУСПІЛЬСТВІ. ПРОФЕСІЙНА ЕТИКА, АНТИКОРУПЦІЙНА ПОВЕДІНКА ТА АКАДЕМІЧНА ДОБРОЧЕСНІСТЬ.	4
Лекція 1. Соціальна роль електронних комунікацій у сучасному суспільстві.....	4
Лекція 2. Професійна етика фахівця з електронних комунікацій.....	5
Лекція 3. Академічна доброчесність у навчанні та науковій діяльності	7
Лекція 4. Антикорупційна поведінка у сфері інформаційних технологій.....	9
ТЕМА 2. ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ НА ВІДСТАНЬ.....	12
Лекція 5. Передавання інформації на відстань як основа телекомунікацій. Інформаційні процеси та їх види	12
Лекція 6. Основні поняття телекомунікацій. Проблеми передачі інформації в каналах зв'язку. Передача інформації в мережі Інтернет	13
ТЕМА 3. ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ.....	16
Лекція 7. Поняття телекомунікаційної системи	16
Лекція 8. Телекомунікаційна система для передачі неперервних повідомлень.....	17
Лекція 9. Телекомунікаційна система для передачі дискретних повідомлень.....	19
Лекція 10. Визначення основних параметрів телекомунікаційних систем	21
ТЕМА 4. ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ МЕРЕЖІ.....	24
Лекція 11. Поняття комунікаційної та інформаційної мереж	24
Лекція 12. Загальна структура телекомунікаційної мережі	25
Лекція 13. Класифікація телекомунікаційних мереж.....	27
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	30

ТЕМА 1. СОЦІАЛЬНА РОЛЬ ЕЛЕКТРОННИХ КОМУНІКАЦІЙ У ДЕМОКРАТИЧНОМУ СУСПІЛЬСТВІ. ПРОФЕСІЙНА ЕТИКА, АНТИКОРУПЦІЙНА ПОВЕДІНКА ТА АКАДЕМІЧНА ДОБРОЧЕСНІСТЬ.

Лекція 1. Соціальна роль електронних комунікацій у сучасному суспільстві

Електронні комунікації є однією з базових складових функціонування сучасного інформаційного суспільства. Вони забезпечують передавання, обробку та зберігання інформації, створюють умови для ефективної взаємодії між громадянами, державними органами, бізнесом та науковими установами. Завдяки розвитку телекомунікаційних технологій сформовано глобальний інформаційний простір, у межах якого інформація стала стратегічним ресурсом розвитку держави та суспільства.

У демократичному суспільстві електронні комунікації відіграють важливу роль у забезпеченні відкритості державного управління, реалізації прав і свобод громадян та формуванні громадянської активності. Вони забезпечують можливість оперативного доступу до інформації, участі громадян у суспільно-політичних процесах, контролю діяльності органів державної влади та місцевого самоврядування.

Сучасні електронні комунікації є основою функціонування цифрової держави, електронного урядування, дистанційної освіти, телемедицини, електронної комерції та інших важливих напрямів розвитку суспільства. Рівень розвитку електронних комунікацій безпосередньо впливає на економічний потенціал держави, її обороноздатність та конкурентоспроможність на міжнародному рівні.

Особливо важливу роль електронні комунікації відіграють у забезпеченні доступу громадян до інформації. Право на доступ до інформації є одним із фундаментальних прав людини, що гарантується законодавством демократичних держав. Реалізація цього права неможлива без розвитку сучасної телекомунікаційної інфраструктури, яка забезпечує швидке та надійне передавання інформації незалежно від географічного розташування користувача.

Завдяки електронним комунікаціям громадяни отримують можливість брати участь у громадському житті через використання електронних сервісів державних установ, участь у громадських обговореннях, електронних консультаціях та інших формах цифрової взаємодії з органами влади. Це сприяє підвищенню рівня прозорості діяльності державних інституцій та формуванню довіри до них.

Електронні комунікації забезпечують технічну основу реалізації принципів демократії в умовах цифрового суспільства. Вони створюють можливості для відкритості інформації,

прозорості діяльності органів державної влади та активної участі громадян у процесах прийняття управлінських рішень.

Одним із важливих напрямів використання електронних комунікацій є забезпечення цифрової транспарентності діяльності державних органів. Публікація нормативних документів, бюджетної інформації, статистичних даних та інших матеріалів у відкритому доступі сприяє формуванню відкритого інформаційного середовища та підвищує рівень відповідальності державних службовців перед суспільством.

Електронні комунікації створюють умови для розвитку електронної демократії, яка передбачає використання інформаційно-комунікаційних технологій для забезпечення взаємодії між громадянами та органами державної влади. До таких форм взаємодії належать електронні звернення громадян, електронні петиції, дистанційні консультації з громадськістю, онлайн-обговорення проєктів нормативно-правових актів.

Важливим напрямом розвитку електронної демократії є забезпечення доступу громадян до освітніх, наукових та культурних ресурсів. Використання електронних бібліотек, дистанційних освітніх платформ та наукових інформаційних систем сприяє підвищенню рівня освіти населення та формуванню інформаційної культури суспільства.

Таким чином, електронні комунікації виступають важливим інструментом забезпечення демократичної участі громадян у суспільному житті та сприяють розвитку відкритого інформаційного суспільства.

Лекція 2. Професійна етика фахівця з електронних комунікацій

Професійна етика – це не просто набір правил «як поводитися гарно», а реальна система принципів, яка безпосередньо впливає на безпеку, надійність і довіру до всієї телекомунікаційної інфраструктури. Ви, як майбутні фахівці спеціальності G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка, будете працювати з системами, від яких залежить життя людей, робота економіки, оборона країни та приватне життя мільйонів користувачів. Тому етика тут – це не абстрактна філософія, а частина професійної компетентності.

Сучасні електронні комунікації – це критична інфраструктура. Мобільні мережі 5G, оптоволоконні магістралі, супутниковий інтернет (Starlink, OneWeb), приватні корпоративні мережі, системи «розумного міста», IoT-мережі в енергетиці, транспорті, медицині – все це тримається на роботі інженерів, техніків і розробників. Якщо фахівець допускає серйозну помилку або свідомо порушує принципи, наслідки можуть бути катастрофічними:

відключення зв'язку в лікарні під час операції, витік банківських даних, зрив координації рятувальних служб, зупинка логістики під час кризи.

Професійна етика фахівця з електронних комунікацій базується на кількох ключових принципах:

Відповідальність за наслідки своєї роботи Ви не просто «налаштовуєте обладнання» чи «пишете код» – ви забезпечуєте безперебійну роботу систем, від яких залежить життя і здоров'я людей. Наприклад, неправильне налаштування handover у мобільній мережі може призвести до втрати зв'язку під час ДТП. Або помилка в конфігурації firewall у корпоративній мережі – до витоку персональних даних тисяч клієнтів. Тому фахівець зобов'язаний:

- ретельно перевіряти свою роботу;
- не ігнорувати потенційні ризики;
- повідомляти про виявлені вразливості, навіть якщо це не входить у його прями обов'язки.

Захист конфіденційності та персональних даних Ви матимете доступ до величезної кількості чутливої інформації: хто кому дзвонить, де перебуває абонент у реальному часі, які сайти відвідує, які повідомлення надсилає. Законодавство України (Закон «Про захист персональних даних»), GDPR в ЄС, Закон «Про електронні комунікації») чітко забороняє будь-яке неправомірне використання цих даних. Професійна етика вимагає:

- ніколи не переглядати чужі дані «з цікавості»;
- не передавати доступ до систем стороннім особам;
- застосовувати всі доступні заходи захисту (шифрування, двофакторна автентифікація, принцип найменших привілеїв);
- повідомляти про витоки або спроби несанкціонованого доступу.

Чесність і компетентність Фахівець не повинен братися за роботу, якої не розуміє, або приховувати власні помилки. Якщо ви не впевнені в налаштуваннях базової станції 5G або не знаєте, як правильно протестувати нову прошивку маршрутизатора – чесно скажіть про це керівнику. Приховування помилки може коштувати набагато дорожче, ніж визнання її на ранньому етапі. Також етика забороняє:

- видавати чужу роботу за свою;
- фальсифікувати результати тестів чи звітів;
- використовувати неліцензійне ПЗ або обладнання в робочих проєктах.

Повага до колег і користувачів Командна робота в телекомунікаціях – норма. Ви будете співпрацювати з розробниками, адміністраторами мереж, аналітиками безпеки, менеджерами проєктів. Етика передбачає:

- не принижувати колег;
- ділитися знаннями, а не приховувати їх;
- поважати користувачів – не зневажати їхні скарги на «повільний інтернет», а намагатися зрозуміти проблему і допомогти.

Наведемо реальні приклади етичних дилем у вашій майбутній професії.

1. Ви знайшли критичну вразливість у прошивці базової станції. Чи повідомите про неї виробнику/оператору, навіть якщо це може затримати запуск нової ділянки мережі?

2. Клієнт просить «трохи підглянути» за трафіком конкурента через вашу мережу. Що робите?

3. У вас є можливість встановити додаткове обладнання за рахунок компанії, але це не зовсім законно. Як вчините?

4. Під час тестування ви випадково отримали доступ до приватних повідомлень абонентів. Чи розповісте про це?

Усі ці ситуації мають чітку етичну відповідь: безпека, законність і довіра завжди важливіші за швидкість, гроші чи особисту вигоду.

У підсумку професійна етика – це те, що відрізняє просто техніку від справжнього фахівця. Вона формує вашу репутацію, довіру до професії загалом і, в кінцевому рахунку, безпеку всього суспільства. У вашій спеціальності етика – це не додаток до технічних знань, а їх невід’ємна частина. Дотримання цих принципів допоможе вам не тільки успішно скласти залік, але й стати цінним і надійним спеціалістом у сфері електронних комунікацій.

Лекція 3. Академічна доброчесність у навчанні та науковій діяльності

Академічна доброчесність – це основа будь-якої освіти та науки. Вона означає, що ви самі створюєте свої знання, чесно представляєте результати своєї роботи і поважаєте інтелектуальну власність інших людей. Для студентів спеціальності G5 це особливо важливо, бо ви готуєтеся до професії, де помилки, фальсифікація даних чи плагіат можуть коштувати не тільки балів, а й реальних людських життів, безпеки країни чи мільярдів гривень збитків. Дотримання принципів академічної доброчесності передбачає самостійне виконання навчальних завдань, коректне використання джерел інформації, об’єктивне представлення результатів досліджень та повагу до інтелектуальної власності інших авторів. Порухення цих принципів негативно впливає на якість освіти та знижує довіру до результатів навчальної і наукової діяльності.

Що таке академічна доброчесність на практиці?

Це коли ви:

- самостійно виконуєте всі завдання, лабораторні, курсові, реферати, дипломну роботу;
- правильно посилаєтеся на джерела (книги, статті, сайти, код, навіть ідеї з лекцій чи форумів);
- не видаєте чужу роботу за свою;
- не фальсифікуєте результати вимірів, розрахунків, симуляцій;
- не використовуєте штучний інтелект (ChatGPT, Grok, Gemini тощо) для повного написання тексту, коду чи відповідей без вашого глибокого розуміння та редагування;
- не списуєте на іспитах, заліках, тестах;
- не допомагаєте іншим списувати (це теж порушення).

Найпоширеніші порушення, які зустрічаються у першокурсників:

1. Плагіат Копіювання тексту з інтернету, Вікіпедії, рефератів старших курсів, наукових статей без лапок і посилання. Навіть якщо ви змінили кілька слів – це все одно плагіат. Приклад: ви взяли абзац про структуру 5G-мережі з статті, перефразували два речення – система антиплагіату все одно знайде 80–90% збігу. Наслідок – нуль балів за роботу.

2. Неправомірне використання ШІ зараз дуже популярно: «напиши мені реферат про модуляцію сигналів» або «згенеруй код для моделювання черги М/М/1». Якщо ви просто копіюєте і здаєте – це порушення. Дозволено: використовувати ШІ як помічника – пояснити складне місце, підказати структуру, перевірити граматику, згенерувати ідею. Але текст/код/розрахунки повинні бути вашими, з вашим розумінням. Викладач завжди може запитати: «поясни, як ти дійшов до цього висновку» – і якщо ви не зможете – робота буде визнана нечесною.

3. Фальсифікація результатів У лабораторних чи курсових ви робите вимірювання сигналу, але результат не той, що очікується. Замість того, щоб чесно написати «отримано відхилення 15% через шум» – ви малюєте ідеальну криву в Excel або підганяєте дані. Це серйозне порушення, бо в реальній роботі фальсифікація даних може призвести до аварій (наприклад, неправильне налаштування антени або фільтра).

4. Списування та взаємодопомога Пересилання відповідей у чаті під час тесту, фотографування екрану, використання шпаргалок. Також – коли один студент робить роботу за двох.

Наслідки порушень академічної доброчесності в МГУ (згідно з Положенням):

- нуль балів за роботу;
- відрахування з дисципліни;
- догана, зауваження;
- відрахування з університету (у тяжких випадках або при повторі);

- неможливість отримати рекомендацію від викладача для працевлаштування чи магістратури.

Чому це критично саме для вашої спеціальності? Ви будете працювати з критично важливою інфраструктурою: мобільний зв'язок, системи управління транспортом, енергетикою, обороною, банківськими мережами, IoT в медицині. Якщо людина звикла списувати, підганяти результати, брати чужий код – вона з великою ймовірністю зробить те саме на роботі: скопіює чужий проєкт без розуміння, приховуватиме помилки, фальсифікуватиме звіти. Це може закінчитися катастрофою.

Як дотримуватися доброчесності на практиці (поради для першокурсників):

- Завжди пишіть своїми словами, навіть якщо переказуєте підручник.
- Робіть посилання на кожен цитату, формулу, ідею (навіть якщо це з лекції).
- Якщо використовуєте ШІ – вказуйте це в роботі.
- Зберігайте всі чернетки, розрахунки, скріншоти симуляцій – це захист від підозр.
- Якщо щось не виходить – чесно пишіть «отримано такий результат, причини можливі такі...» – це краще, ніж підгонка.
- Допомагайте одногрупникам пояснювати матеріал, але не давайте готові роботи.

Академічна доброчесність – це не про страх покарання, а про повагу до себе, до професії та до суспільства. Ви обираєте спеціальність, де ваша чесність безпосередньо впливає на безпеку та розвиток країни. Почніть формувати ці звички вже зараз – і через 4 роки ви будете не просто інженером, а надійним фахівцем, якому довірятимуть відповідальні проєкти.

Лекція 4. Антикорупційна поведінка у сфері інформаційних технологій

Антикорупційна поведінка у сфері інформаційних технологій та електронних комунікацій є невід'ємною частиною професійної підготовки фахівця. Це не лише дотримання закону, а й свідомий вибір принципів, які захищають вашу репутацію, кар'єру та безпеку всієї галузі. У спеціальності G5 ви працюватимете з критичною інфраструктурою, державними та приватними проєктами на сотні мільйонів і мільярди гривень, доступом до чутливих даних, тендерами, ліцензіями на частоти, дозволами на будівництво вишок. Саме в таких умовах корупційні ризики виникають найчастіше, і уникати їх потрібно з першого курсу.

Галузь IT та електронних комунікацій в Україні постійно стикається з великими грошима та високим рівнем відповідальності. Будівництво мереж 5G, підключення населених пунктів до оптоволокна, створення державних цифрових систем («Дія», реєстри,

системи «розумного міста»), закупівля обладнання для базових станцій, розробка програмного забезпечення для операторів і державних установ – усі ці процеси проходять через тендери, видачу ліцензій, регулювання трафіку та видачу дозволів. У таких умовах корупція проявляється у формі пропозицій «відкату» за перемогу в тендері, «подяки» за прискорене підключення, грошей за закриття очей на порушення, завищення кошторисів чи витоку конфіденційної інформації про трафік, геолокацію або обсяги даних.

Типові корупційні ситуації, з якими ви зіткнетеся на практиці, виглядають наступним чином. Постачальник обладнання пропонує певний відсоток від суми контракту за те, щоб технічні вимоги тендеру були написані саме під його продукт. Представник регулятора чи інспектор натякає, що за невелику суму можна швидко пройти перевірку або не помітити порушення в налаштуваннях мережі. Великий корпоративний клієнт просить виділити додаткову пропускну здатність, прискорити підключення або «трохи подивитися» трафік конкурентів за окрему винагороду. Замовник просить завищити кошторис проєкту, вказати неіснуючі роботи чи купити обладнання дорожче, ніж на ринку, щоб різницю можна було «розпиляти». Або хтось пропонує гроші за передачу даних про геолокацію абонентів, обсяги трафіку чи комерційну інформацію.

Антикорупційна поведінка в усіх цих випадках означає безкомпромісну відмову від будь-яких пропозицій хабарів, відкатів, неформальних «подяк» чи інших неправомірних вигод – незалежно від того, наскільки це здається «дрібницею» чи «всі так роблять». Якщо вам роблять таку пропозицію, її потрібно фіксувати: зберегти переписку, скріншоти, записати розмову (якщо це законно), негайно повідомити керівництву або службу комплаєнс компанії. Важливо дотримуватися принципу «чотири ока»: жодне серйозне рішення – тендер, закупівля, зміна конфігурації мережі, видача доступу – не приймається однією людиною. Усі дії фіксуються, документуються й залишаються прозорими для перевірки. Ви уникаєте конфлікту інтересів: не берете участь у проєктах, де задіяні родичі, друзі чи колишні колеги. Усі процеси проводяться виключно офіційними каналами – через систему ProZorro, прозорі закупівлі, офіційну звітність, без жодних «домовленостей» на стороні.

В Україні антикорупційна поведінка регулюється насамперед Законом України «Про запобігання корупції» № 1700-VII від 14 жовтня 2014 року (із усіма змінами). Цей закон встановлює чіткі заборони для всіх, хто працює з державними коштами, державними функціями чи критичною інфраструктурою – а саме це і є ваша майбутня сфера. Закон забороняє одержання неправомірної вигоди за дії чи бездіяльність у межах службових повноважень, використання службового становища для особистої вигоди чи вигоди третіх осіб, створення конфлікту інтересів, прийняття подарунків дорожчих за встановлену межу (станом на 2025–2026 роки це приблизно 0,5 прожиткового мінімуму для працездатних осіб,

близько 1500 грн). Порушення тягне кримінальну відповідальність за статтями 368, 368-2, 369 Кримінального кодексу України, штрафи, позбавлення волі, конфіскацію майна та довічну заборону обіймати певні посади.

Для фахівців у сфері електронних комунікацій та ІТ цей закон особливо актуальний у моментах участі в тендерах, доступу до конфіденційної інформації (трафік, геолокація, персональні дані), видачі дозволів і ліцензій на частоти, будівництво вишок, роботи з державними інформаційними системами. Порушення цих правил не тільки руйнує кар'єру, але й підриває довіру до всієї галузі.

Антикорупційна поведінка – це ваш захист і ваша конкурентна перевага на ринку праці. Компанії шукають саме надійних фахівців, бо від їхньої чесності залежить безпека мобільних мереж, оптоволоконних магістралей, систем «розумного міста», енергетики, транспорту та оборони. Почніть формувати ці звички вже зараз: усе офіційно, усе прозоро, усе задокументовано. Якщо хтось пропонує «допомогти за винагороду» – фіксуйте і повідомляйте (анонімно можна через гарячу лінію НАЗК чи НАБУ). Читайте кодекси етики компаній, де плануєте працювати – вони часто жорсткіші за закон. Чесний фахівець у сфері зв'язку та ІТ коштує значно дорожче, ніж той, хто «уміє домовлятися». У професії, де ви працюєте з мережами, від яких залежить життя мільйонів людей, чесність – це не опція, а обов'язкова умова професійної діяльності.

ТЕМА 2. ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ НА ВІДСТАНЬ.

Лекція 5. Передавання інформації на відстань як основа телекомунікацій. Інформаційні процеси та їх види

Передавання інформації на відстань є фундаментальною основою всіх сучасних телекомунікацій. Саме завдяки здатності переносити повідомлення від одного місця до іншого без фізичного переміщення людей чи предметів людство отримало мобільний зв'язок, інтернет, супутникове телебачення, системи «розумного міста», дистанційне керування, телемедицину та мільярди інших сервісів. У вашій спеціальності G5 це не просто теоретичне поняття – це суть професії: ви будете проектувати, налаштовувати та підтримувати саме ті системи, які роблять таке передавання можливим.

Передавання інформації на відстань означає процес перенесення повідомлення від джерела до одержувача через певне фізичне середовище або технічний канал. Повідомлення спочатку перетворюється на сигнал – фізичний процес, який несе інформацію. Сигнал поширюється каналом зв'язку, зазнаючи впливу шумів, завад, затухання, і на приймальному кінці знову перетворюється у зрозуміле повідомлення. Цей процес лежить в основі будь-якої телекомунікаційної системи – від простого дзвінка по мобільному телефону до передачі 4K-відео через 5G або даних з супутника Starlink.

Історично передавання інформації починалося з примітивних методів – димових сигналів, барабанів, семафорів, оптичних телеграфів. З появою електрики з'явилися телеграф, телефон, радіо. Сьогодні ми маємо цифрові системи, де інформація передається у вигляді бітів через електромагнітні хвилі, оптоволокну, лазерні промені в атмосфері чи навіть квантові канали. Незалежно від технології принцип залишається тим самим: джерело → перетворення в сигнал → канал → приймач → відновлення повідомлення.

Інформаційні процеси – це всі дії, пов'язані з інформацією: її створення, передавання, обробка, зберігання та використання. Вони відбуваються постійно навколо нас і є основою роботи будь-якої телекомунікаційної системи.

Створення інформації – це формування повідомлення джерелом. Джерелом може бути людина (голос у мікрофон), датчик (температура в IoT-пристрої), комп'ютер (пакет даних у мережі), камера (відеопотік). Повідомлення може бути мовним, текстовим, зображенням, відео, числовим рядом чи командою керування.

Передавання інформації – це саме те, що роблять телекомунікації: переміщення повідомлення від джерела до одержувача через канал зв'язку. Канал може бути провідним (мідний кабель, оптоволокну), безпровідним (радіохвилі, Wi-Fi, 5G, супутниковий зв'язок)

або гібридним. Під час передавання сигнал завжди зазнає впливу: затухання (зменшення потужності з відстанню), шумів (термічний шум, інтерференція від інших пристроїв), спотворень (відбиття, багатопроменевість, доплерівський зсув при русі).

Обробка інформації – це перетворення сигналу для підвищення ефективності передавання, захисту чи адаптації до каналу. Сюди входить кодування (стиснення, шифрування, додавання контрольних бітів), модуляція (перенесення на несучу частоту), фільтрація, корекція помилок, адаптивне регулювання потужності чи швидкості. У 5G, наприклад, обробка відбувається в реальному часі: система постійно змінює тип модуляції залежно від якості каналу.

Зберігання інформації – це тимчасове або постійне збереження даних для подальшого використання. У телекомунікаціях це буфери в маршрутизаторах, кеші в смартфонах, хмарні сховища, бази даних операторів. Зберігання пов'язане з проблемами обсягу, швидкості доступу та безпеки.

Використання інформації – це прийняття рішень або виконання дій на основі отриманої інформації. Наприклад, система «розумного дому» отримує дані від датчика руху, обробляє їх і вмикає світло; оператор бачить статистику трафіку і вирішує додати ресурси в певному регіоні; лікар отримує телеметрію з імпланту й коригує лікування.

Усі ці процеси тісно пов'язані між собою. У сучасних системах значна частина їх відбувається автоматично: смартфон сам обирає найкращу мережу, кодек стискає відео перед відправкою в месенджер, базова станція адаптивно розподіляє ресурси між користувачами. Саме тому фахівець з електронних комунікацій повинен розуміти весь ланцюг – від створення повідомлення до його використання, бо на кожному етапі можливі помилки, які впливають на якість зв'язку, швидкість, безпеку та надійність.

Передавання інформації на відстань – це серце телекомунікацій. Без розуміння інформаційних процесів неможливо проектувати ефективні мережі, оптимізувати ресурси, боротися з перешкодами чи забезпечувати високу якість сервісів. У вашій майбутній роботі ви будете саме тими, хто робить цей процес швидким, надійним і безпечним – від простого дзвінка до передачі даних для автономних автомобілів чи космічних місій. Тому важливо вже зараз засвоїти, як інформація народжується, перетворюється, передається, обробляється та використовується – це основа всієї вашої спеціальності.

Лекція 6. Основні поняття телекомунікацій. Проблеми передачі інформації в каналах зв'язку. Передача інформації в мережі Інтернет

Основу будь-якої телекомунікаційної системи становлять джерело інформації, передавач, канал зв'язку, приймач та одержувач інформації. Джерело формує повідомлення,

яке необхідно передати. Передавач перетворює повідомлення у сигнал, придатний для передавання каналом зв'язку. Канал зв'язку забезпечує поширення сигналу від передавача до приймача. Приймач здійснює зворотнє перетворення сигналу у форму, зручну для сприйняття одержувачем інформації.

Важливим поняттям телекомунікацій є сигнал. Сигналом називається фізичний процес, параметри якого змінюються відповідно до передаваного повідомлення. Сигнали можуть мати різну фізичну природу, зокрема електричну, електромагнітну або оптичну. За способом подання інформації сигнали поділяються на неперервні та дискретні.

Не менш важливим поняттям є шум, який виникає в процесі передавання сигналу та призводить до спотворення інформації. Шуми можуть мати природне або технічне походження та впливають на якість передавання інформації. Вплив шумів обмежує швидкість передавання інформації та знижує достовірність її приймання.

Однією з фундаментальних характеристик каналу зв'язку є його пропускна здатність, яка визначає максимальну швидкість передавання інформації без суттєвих спотворень. Теоретична межа швидкості передавання інформації в каналі зв'язку визначається співвідношенням, відомим як формула Шеннона:

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

де пропускна здатність C каналу залежить від ширини смуги пропускання B та відношення сигналу до шуму S/N . Це співвідношення показує, що збільшення ширини смуги пропускання або покращення відношення сигналу до шуму дозволяє підвищити швидкість передавання інформації.

У процесі передавання інформації сигнал зазнає впливу різних факторів, які можуть погіршувати якість зв'язку. Одним із таких факторів є завади, що виникають у каналі зв'язку внаслідок дії зовнішніх або внутрішніх джерел електромагнітного випромінювання. Наявність завад призводить до спотворення сигналу та зменшує достовірність приймання інформації.

Іншим важливим фактором є затухання сигналу, яке полягає у зменшенні його амплітуди під час поширення каналом зв'язку. Причинами затухання можуть бути втрати енергії у середовищі передавання, відстань між передавачем і приймачем або вплив атмосферних умов у безпроводних системах зв'язку. Для компенсації затухання використовуються підсилювачі сигналів та ретранслятори.

Суттєвий вплив на якість передавання інформації має інтерференція сигналів, яка виникає внаслідок накладання декількох сигналів у каналі зв'язку. Інтерференція може

призводити до спотворення форми сигналу та втрати інформації. Особливо актуальною ця проблема є у радіоканалах зв'язку та безпроводних мережах.

Ще одним важливим фактором є затримка передавання сигналу, яка виникає під час його поширення каналом зв'язку та обробки в мережевому обладнанні. Затримки можуть впливати на якість передавання інформації, особливо у системах реального часу, таких як відеоконференції або голосовий зв'язок. Значні затримки призводять до погіршення синхронізації сигналів та зниження ефективності взаємодії користувачів.

Таким чином, забезпечення високої якості передавання інформації потребує врахування впливу завад, затухання, інтерференції та затримок сигналу під час проектування телекомунікаційних систем.

Мережа Інтернет є глобальною телекомунікаційною системою, яка забезпечує передавання інформації між мільйонами користувачів у різних країнах світу. Передавання інформації в мережі Інтернет здійснюється за допомогою пакетної технології, відповідно до якої повідомлення поділяється на окремі пакети, що передаються мережею незалежно один від одного.

Кожний пакет містить службову інформацію, необхідну для його маршрутизації, а також частину передаваного повідомлення. Після надходження до пункту призначення пакети об'єднуються у вихідне повідомлення. Такий підхід дозволяє ефективно використовувати ресурси мережі та забезпечує надійність передавання інформації навіть у разі часткового пошкодження каналів зв'язку.

Передавання інформації в мережі Інтернет здійснюється відповідно до протоколів передачі даних, які визначають правила формування, передавання та приймання пакетів інформації. Використання стандартизованих протоколів забезпечує сумісність обладнання різних виробників і можливість функціонування глобальної мережі.

Якість передавання інформації в мережі Інтернет визначається такими параметрами, як швидкість передавання даних, затримка сигналу, варіація затримки та втрати пакетів. Забезпечення необхідного рівня цих параметрів є важливою задачею сучасних телекомунікаційних систем, особливо в умовах зростання обсягів передаваних даних та розвитку мультимедійних сервісів.

Таким чином, передавання інформації на відстань є складним технічним процесом, що базується на реалізації інформаційних процесів та використанні сучасних телекомунікаційних технологій, які забезпечують ефективну взаємодію користувачів у глобальному інформаційному просторі.

ТЕМА 3. ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ

Лекція 7. Поняття телекомунікаційної системи

Телекомунікаційна система є сукупністю технічних засобів, програмного забезпечення та організаційних рішень, призначених для передавання інформації на відстань між користувачами або пристроями. Вона забезпечує формування сигналу, його передавання каналом зв'язку та відновлення повідомлення у приймальному пункті. Телекомунікаційні системи використовуються для передавання голосових повідомлень, текстових даних, відеоінформації, сигналів керування та результатів вимірювань.

Сучасні телекомунікаційні системи є складними багаторівневими структурами, які функціонують у межах глобального інформаційного простору та забезпечують інтеграцію різних видів зв'язку. Вони відіграють важливу роль у розвитку цифрової економіки, освіти, науки, державного управління та систем безпеки. Надійність і ефективність їх функціонування безпосередньо впливають на якість інформаційної взаємодії в суспільстві.

Типова телекомунікаційна система складається з джерела повідомлення, передавального пристрою, каналу зв'язку, приймального пристрою та одержувача інформації. Джерело повідомлення формує інформацію, яка підлягає передаванню. Передавальний пристрій здійснює перетворення повідомлення у сигнал, придатний для передавання каналом зв'язку. Канал зв'язку забезпечує фізичне середовище поширення сигналу, яке може бути кабельним, оптичним або радіоканалом.

Приймальний пристрій виконує зворотне перетворення сигналу у форму, зрозумілу користувачу або технічній системі. Одержувач інформації використовує отримане повідомлення для прийняття рішень або виконання певних дій. У сучасних системах до структури також входять підсилювачі, фільтри, комутатори, маршрутизатори та пристрої синхронізації, які забезпечують стабільність та ефективність передавання інформації.

Таким чином, телекомунікаційна система реалізує повний цикл інформаційного обміну від формування повідомлення до його використання кінцевим користувачем.

Одним із ключових процесів у телекомунікаційних системах є модуляція сигналів. Модуляція полягає у зміні параметрів високочастотного сигналу-носія відповідно до закону зміни інформаційного сигналу. Використання модуляції дозволяє передавати інформацію на великі відстані, підвищувати завадостійкість зв'язку та забезпечувати ефективне використання спектра частот.

У процесі модуляції можуть змінюватися амплітуда, частота або фаза сигналу-носія. Вибір способу модуляції залежить від виду повідомлення, характеристик каналу зв'язку та

вимог до якості передавання інформації. У сучасних телекомунікаційних системах широко застосовуються як аналогові, так і цифрові методи модуляції, що дозволяє передавати великі обсяги інформації з високою швидкістю та надійністю.

Модуляція забезпечує узгодження параметрів сигналу з характеристиками каналу зв'язку та є необхідною умовою ефективного функціонування телекомунікаційних систем.

Лекція 8. Телекомунікаційна система для передачі неперервних повідомлень

Телекомунікаційні системи для передачі неперервних повідомлень призначені для передавання сигналів, параметри яких змінюються безперервно у часі. До таких сигналів належать мовні повідомлення, музичні сигнали, телевізійні зображення, сигнали вимірювальних систем, біомедичні сигнали та інші аналогові сигнали. У таких системах інформація передається у вигляді аналогового електричного або електромагнітного сигналу, який відображає зміну параметрів повідомлення.

Особливістю неперервних повідомлень є те, що їх значення можуть змінюватися у будь-який момент часу без стрибкоподібних переходів. Це зумовлює підвищені вимоги до точності передавання сигналів, оскільки навіть незначні спотворення можуть призводити до погіршення якості прийнятої інформації. Саме тому в аналогових телекомунікаційних системах велике значення мають характеристики каналу зв'язку, рівень шумів, стабільність параметрів апаратури та правильний вибір способів модуляції.

Типова телекомунікаційна система для передачі неперервних повідомлень складається з джерела інформації, передавального пристрою, каналу зв'язку, приймального пристрою та кінцевого користувача або пристрою відображення інформації. Джерело формує первинний сигнал, наприклад мовний сигнал у телефонному апараті або відеосигнал у телевізійній камері. Передавальний пристрій виконує підсилення сигналу, його спектральне перетворення та модуляцію. Канал зв'язку забезпечує передавання сигналу на відстань, а приймальний пристрій виконує демодуляцію, фільтрацію та відновлення первинного сигналу.

Передавання неперервних повідомлень потребує забезпечення високої точності відтворення сигналу на приймальній стороні. Для цього використовуються спеціальні методи модуляції та фільтрації сигналів, які зменшують вплив завад і спотворень. Найпоширенішими методами аналогової модуляції є амплітудна, частотна та фазова модуляції. Вибір конкретного виду модуляції залежить від характеристик каналу зв'язку, необхідної дальності передавання сигналу та вимог до завадостійкості системи.

Амплітудна модуляція широко застосовується у радіомовленні та деяких телевізійних системах. Вона характеризується відносною простотою реалізації, але має меншу завадостійкість порівняно з іншими видами модуляції. Частотна модуляція забезпечує значно вищу стійкість до шумів і використовується у високоякісних системах радіомовлення та службовому зв'язку. Фазова модуляція застосовується у спеціалізованих системах зв'язку та є основою багатьох сучасних цифрових методів передавання інформації.

Важливим етапом передавання аналогових сигналів є спектральне узгодження сигналу з параметрами каналу зв'язку. Оскільки канал зв'язку має обмежену смугу пропускання, передавання сигналу здійснюється таким чином, щоб максимально ефективно використовувати доступний частотний ресурс. Це досягається шляхом застосування відповідних фільтрів, які обмежують спектр сигналу та зменшують рівень позасмугових завад.

Якість передавання неперервних повідомлень значною мірою залежить від впливу шумів, що виникають у каналі зв'язку. Шуми можуть бути внутрішніми, пов'язаними з фізичними процесами у електронних компонентах апаратури, та зовнішніми, що виникають під впливом електромагнітних завад навколишнього середовища. Вплив шумів проявляється у вигляді спотворення форми сигналу та зменшення точності його відтворення на приймальній стороні.

Крім шумів, суттєвий вплив на якість передавання аналогових сигналів мають нелінійні спотворення, які виникають у підсилювальних пристроях та елементах каналу зв'язку. Такі спотворення призводять до появи додаткових гармонійних складових сигналу та змінюють його спектральні характеристики. Для зменшення впливу нелінійних спотворень використовуються спеціальні методи лінеаризації підсилювачів та оптимізації режимів роботи апаратури.

Важливим фактором, що впливає на якість передавання неперервних повідомлень, є затухання сигналу під час його поширення каналом зв'язку. Затухання залежить від довжини каналу, його фізичних властивостей та частоти сигналу. Для компенсації затухання застосовуються підсилювачі сигналів і ретранслятори, які забезпечують підтримання необхідного рівня сигналу на всьому шляху його передавання.

Особливу роль у системах передачі неперервних повідомлень відіграє фільтрація сигналів. Фільтри використовуються для обмеження спектра сигналу, зменшення рівня шумів та виділення корисної інформаційної складової сигналу. Застосування фільтрів дозволяє підвищити якість приймання сигналів та зменшити вплив завад.

Одним із важливих показників ефективності телекомунікаційної системи для передачі неперервних повідомлень є відношення сигналу до шуму, яке характеризує якість

передавання інформації та визначає можливість правильного відтворення сигналу на приймальній стороні. Чим більше значення цього показника, тим вищою є якість передавання інформації.

Телекомунікаційні системи передачі неперервних повідомлень широко використовувалися у традиційних телефонних мережах, системах аналогового радіомовлення та телевізійного мовлення. Незважаючи на активний розвиток цифрових технологій, такі системи залишаються актуальними у ряді спеціалізованих застосувань, зокрема у вимірювальних системах, системах керування технологічними процесами, радіозв'язку спеціального призначення та медичних інформаційних системах.

У сучасних телекомунікаціях аналогові системи часто використовуються спільно з цифровими системами, утворюючи комбіновані структури передавання інформації. Це дозволяє поєднувати переваги аналогових методів передавання сигналів із можливостями цифрової обробки інформації та забезпечувати високий рівень ефективності функціонування телекомунікаційних систем.

Лекція 9. Телекомунікаційна система для передачі дискретних повідомлень

Телекомунікаційні системи для передачі дискретних повідомлень призначені для передавання інформації, представленої у вигляді окремих символів, кодових комбінацій або цифрових послідовностей. У таких системах повідомлення формується як послідовність дискретних елементів, кожен з яких може набувати одного з наперед визначених значень. Найчастіше використовується двійкова форма подання інформації, у якій повідомлення складається з послідовності нулів і одиниць. Саме такий спосіб подання інформації є основою функціонування сучасних комп'ютерних мереж, цифрового зв'язку та інформаційно-комунікаційних систем.

До дискретних повідомлень належать текстові повідомлення, комп'ютерні файли, сигнали керування, телеметрична інформація, мультимедійні дані у цифровій формі, а також результати роботи автоматизованих інформаційних систем. Використання цифрового подання інформації забезпечує високу завадостійкість передавання сигналів, можливість контролю та виправлення помилок, а також ефективне використання ресурсів каналу зв'язку.

Типова телекомунікаційна система для передачі дискретних повідомлень складається з джерела повідомлення, кодера джерела, кодера каналу, модулятора, каналу зв'язку, демодулятора, декодера каналу, декодера джерела та приймача повідомлення. Джерело повідомлення формує інформацію у вигляді символів або даних. Кодер джерела здійснює перетворення інформації у форму, зручну для передавання каналом зв'язку, наприклад

стискання даних або перетворення повідомлення у двійкову форму. Кодер каналу додає до повідомлення надлишкову інформацію, яка використовується для виявлення та виправлення помилок під час передавання.

Модулятор виконує перетворення цифрового сигналу у сигнал, придатний для передавання каналом зв'язку. Канал зв'язку забезпечує поширення сигналу від передавача до приймача, при цьому сигнал може зазнавати впливу шумів, завад та інших спотворень. Демодулятор виконує зворотнє перетворення сигналу у цифрову форму. Декодер каналу здійснює виявлення та виправлення помилок, а декодер джерела відновлює первинне повідомлення у вигляді, придатному для використання користувачем або технічною системою.

Однією з основних особливостей систем передачі дискретних повідомлень є використання цифрового кодування інформації. Кодування дозволяє представити повідомлення у вигляді послідовності символів, які легко передаються, зберігаються та обробляються технічними засобами. Використання двійкового коду значно спрощує реалізацію телекомунікаційних систем, підвищує їх надійність та забезпечує можливість інтеграції різних видів інформації у єдиному цифровому середовищі.

У системах передачі дискретних повідомлень широко застосовуються методи канального кодування, які забезпечують підвищення достовірності передавання інформації. Такі методи передбачають додавання до передаваного повідомлення спеціальних контрольних символів, що дозволяють виявляти та виправляти помилки, які виникають у процесі передавання сигналу каналом зв'язку. Використання канального кодування є особливо важливим у системах зв'язку, що працюють в умовах значного рівня завад.

Важливим елементом систем передачі дискретних повідомлень є процес синхронізації передавача і приймача. Синхронізація забезпечує правильне розпізнавання меж символів та узгодження швидкості передавання інформації між передавальним і приймальним пристроями. Порушення синхронізації може призводити до втрати частини інформації або появи помилок у прийнятому повідомленні.

У цифрових телекомунікаційних системах широко застосовуються різні методи цифрової модуляції, які дозволяють ефективно передавати дискретні сигнали каналами зв'язку. До таких методів належать амплітудна маніпуляція, частотна маніпуляція та фазова маніпуляція. Використання цих методів дозволяє забезпечити ефективне використання частотного ресурсу каналу зв'язку та підвищити завадостійкість системи.

Важливим показником ефективності телекомунікаційної системи для передачі дискретних повідомлень є швидкість передавання інформації. Вона визначає кількість бітів інформації, що передаються за одиницю часу, та залежить від характеристик каналу зв'язку,

способу модуляції сигналу та застосованих методів кодування інформації. Підвищення швидкості передавання інформації є одним із основних напрямів розвитку сучасних телекомунікаційних систем.

Не менш важливим показником є достовірність передавання інформації, яка характеризує ймовірність правильного приймання переданих символів. Для підвищення достовірності передавання інформації застосовуються методи завадостійкого кодування, оптимальні алгоритми приймання сигналів та адаптивні методи обробки сигналів.

Суттєвою перевагою систем передачі дискретних повідомлень є можливість використання цифрових методів обробки сигналів. Такі методи дозволяють виконувати фільтрацію сигналів, стискання інформації, шифрування даних та їх захист від несанкціонованого доступу. Завдяки цьому цифрові телекомунікаційні системи забезпечують високий рівень надійності та безпеки передавання інформації.

Системи передачі дискретних повідомлень є основою функціонування сучасних комп'ютерних мереж, мобільного зв'язку, супутникових систем зв'язку, телеметричних систем та мережі Інтернет. Їх використання забезпечує можливість передавання великих обсягів інформації на значні відстані з високою швидкістю та високою достовірністю.

У сучасних телекомунікаціях системи передачі дискретних повідомлень часто функціонують спільно з аналоговими системами, утворюючи гібридні структури передавання інформації. Це дозволяє ефективно використовувати переваги цифрових методів передавання сигналів та забезпечувати інтеграцію різних видів інформації у єдиному інформаційному середовищі.

Лекція 10. Визначення основних параметрів телекомунікаційних систем

Ефективність функціонування телекомунікаційної системи визначається сукупністю її технічних параметрів, які характеризують якість передавання інформації, швидкодію системи, рівень завадостійкості та можливість забезпечення стабільного інформаційного обміну між користувачами. Аналіз цих параметрів дозволяє оцінити можливості телекомунікаційної системи, визначити її відповідність вимогам сучасних інформаційних технологій та обрати оптимальні режими експлуатації.

Одним із найважливіших параметрів телекомунікаційної системи є швидкість передавання інформації. Вона визначає кількість інформації, яка може бути передана каналом зв'язку за одиницю часу, і вимірюється у бітах за секунду. Швидкість передавання інформації залежить від ширини смуги пропускання каналу зв'язку, способу модуляції сигналу, характеристик середовища передавання та рівня завад у каналі. Збільшення

швидкості передавання інформації дозволяє передавати більші обсяги даних та забезпечує ефективне функціонування сучасних мультимедійних сервісів, комп'ютерних мереж та систем дистанційної взаємодії.

Важливим параметром телекомунікаційної системи є пропускна здатність каналу зв'язку, яка характеризує максимальну швидкість передавання інформації без суттєвих спотворень сигналу. Пропускна здатність залежить від фізичних характеристик каналу зв'язку та рівня шумів, що виникають під час передавання сигналу.

Одним із основних параметрів телекомунікаційної системи є завадостійкість, яка характеризує здатність системи забезпечувати передавання інформації з необхідною достовірністю в умовах впливу шумів, електромагнітних завад та інших зовнішніх факторів. Підвищення завадостійкості досягається шляхом використання ефективних методів модуляції сигналів, застосування завадостійкого кодування, фільтрації сигналів та оптимізації параметрів передавання інформації.

Суттєвим параметром телекомунікаційної системи є затримка передавання сигналу, яка визначає час, необхідний для проходження сигналу від передавача до приймача. Затримка сигналу складається з часу поширення сигналу каналом зв'язку, часу обробки сигналу у вузлах мережі та часу комутації повідомлень. Значення затримки сигналу особливо важливе для систем реального часу, зокрема відеоконференцій, систем дистанційного керування, мультимедійних сервісів та інтерактивних інформаційних систем.

Одним із важливих параметрів телекомунікаційних систем є варіація затримки сигналу, яка характеризує нестабільність часу передавання окремих пакетів інформації. Значна варіація затримки може призводити до погіршення якості передавання мовних і відеосигналів, порушення синхронізації потоків даних та зниження ефективності роботи інформаційних систем.

Важливим показником ефективності функціонування телекомунікаційної системи є надійність передавання інформації, яка характеризує здатність системи забезпечувати стабільну роботу протягом тривалого часу без втрати даних. Надійність залежить від якості обладнання, структури мережі, характеристик каналів зв'язку та застосованих методів контролю помилок.

До важливих параметрів телекомунікаційної системи також належить достовірність передавання інформації, яка визначається ймовірністю правильного приймання переданих символів або повідомлень. Для підвищення достовірності використовуються методи завадостійкого кодування, повторного передавання повідомлень та адаптивної обробки сигналів.

Суттєве значення для оцінювання ефективності телекомунікаційної системи має коефіцієнт використання каналу зв'язку, який характеризує ступінь ефективності використання ресурсів мережі. Високе значення цього коефіцієнта свідчить про раціональну організацію процесу передавання інформації та оптимальне використання технічних можливостей системи.

Важливим параметром сучасних телекомунікаційних систем є енергетична ефективність передавання інформації, яка визначає співвідношення між витратами енергії на передавання сигналу та обсягом переданої інформації. Підвищення енергетичної ефективності є особливо актуальним для мобільних систем зв'язку, супутникових систем та автономних телекомунікаційних пристроїв.

Таким чином, визначення основних параметрів телекомунікаційних систем дозволяє комплексно оцінити їх технічні можливості, забезпечити необхідний рівень якості передавання інформації та підвищити ефективність функціонування сучасних мереж електронних комунікацій.

ТЕМА 4. ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ МЕРЕЖІ

Лекція 11. Поняття комунікаційної та інформаційної мереж

Сучасне суспільство неможливо уявити без розвиненої мережевої інфраструктури, яка забезпечує постійний обмін даними між людьми, організаціями, пристроями та системами. Саме мережі роблять можливим мобільний інтернет, відеодзвінки в реальному часі, потокове відео, хмарні сервіси, «розумні» міста, IoT-пристрої, дистанційне керування та мільярди інших сервісів. У вашій спеціальності G5 ви будете працювати саме з такими мережами – проектувати їх, налаштовувати, оптимізувати, захищати та підтримувати. Тому розуміння різниці між комунікаційною та інформаційною мережею є базовим для всієї професії.

Комунікаційна мережа – це технічна система, призначена для передавання сигналів від одного пункту до іншого. Вона складається з фізичних каналів зв'язку (оптоволокну, мідні кабелі, радіохвилі, супутникові канали), вузлів комутації (маршрутизатори, комутатори, базові станції) та обладнання кінцевих користувачів (смартфони, комп'ютери, датчики). Головна задача комунікаційної мережі – забезпечити фізичне переміщення сигналу з мінімальними втратами, спотвореннями та затримками. Вона відповідає на питання «як передати дані з точки А в точку Б».

Приклади комунікаційних мереж: мобільна мережа оператора (Kyivstar, Vodafone), оптоволоконна магістраль між містами, Wi-Fi-мережа в офісі чи будинку, радіорелейна лінія між вишками, супутниковий канал Starlink. У таких мережах основний акцент – на пропускній здатності, якості сигналу, завадостійкості, затримці та надійності передавання.

Інформаційна мережа – це ширше поняття. Вона охоплює не лише фізичне передавання сигналів, а й усю систему роботи з інформацією: її створення, обробку, зберігання, аналіз, використання та захист. Інформаційна мережа включає комп'ютери, сервери, бази даних, програмне забезпечення, протоколи, сервіси, користувацькі додатки та людей, які з усім цим взаємодіють. Вона відповідає на питання «що саме передавати, як це обробляти та для чого використовувати».

Приклади інформаційних мереж: інтернет як глобальна інформаційна мережа (де фізичні канали – це лише транспорт), корпоративна мережа компанії з внутрішніми серверами, базами даних і хмарними сервісами, система «Дія» (де є і передавання даних, і обробка, і зберігання, і видача результатів користувачам), мережа банківських систем, IoT-платформа «розумного міста» (датчики передають дані → сервери аналізують → приймаються рішення → керуються пристрої).

У реальності комунікаційні та інформаційні мережі тісно інтегровані й часто утворюють єдине ціле. Наприклад, мобільна мережа 5G – це насамперед комунікаційна мережа (забезпечує передавання радіосигналів між смартфоном і базовою станцією), але коли ви відкриваєте YouTube чи надсилаєте повідомлення в Telegram, ви вже працюєте в інформаційній мережі, де дані обробляються, стискаються, шифруються, кешуються та доставляються саме вам.

Для фахівця з електронних комунікацій важливо розуміти обидва рівні:

- на рівні комунікаційної мережі ви працюєте з фізичними параметрами (потужність сигналу, частотний ресурс, handover, інтерференція, пропускна здатність каналу);
- на рівні інформаційної мережі ви враховуєте протоколи (TCP/IP, HTTP/3, QUIC), якість обслуговування (QoS), затримку пакетів, джиттер, втрати, шифрування, балансування навантаження, хмарні обчислення.

У вашій майбутній роботі ви будете поєднувати ці два аспекти: налаштовувати базові станції та маршрутизатори (комунікаційний рівень), щоб забезпечити стабільне передавання, і оптимізувати сервіси, протоколи та додатки (інформаційний рівень), щоб користувач отримував швидкий і надійний доступ до потрібної інформації.

Комунікаційна мережа – це «дороги» та «транспорт», інформаційна мережа – це «вантаж», «логістика» та «користувачі». Без надійних доріг вантаж не дійде, а без розумної логістики дороги будуть завантажені марно. Саме тому сучасні фахівці в електронних комунікаціях повинні розуміти обидва рівні – від фізичного шару до прикладних сервісів. Це і є основа вашої професії: забезпечувати, щоб інформація не просто передавалася, а доходила швидко, надійно, безпечно та саме туди, куди потрібно.

Лекція 12. Загальна структура телекомунікаційної мережі

Телекомунікаційна мережа – це складна технічна система, яка забезпечує передавання інформації між великою кількістю користувачів на значних відстанях. Вона не є просто набором кабелів чи антен – це інтегрована структура, де кожен елемент виконує свою роль, а вся система працює як єдиний організм. Розуміння загальної структури телекомунікаційної мережі є ключовим для вас як майбутніх фахівців спеціальності G5, бо саме ви будете проектувати, налаштовувати, оптимізувати та підтримувати такі мережі – від локального Wi-Fi в офісі до глобальних систем мобільного зв'язку 5G/6G чи оптоволоконних магістралей.

Будь-яка телекомунікаційна мережа складається з трьох основних груп елементів: абонентських пристроїв, вузлів комутації та каналів зв'язку. Ці елементи взаємодіють між

собою, утворюючи багаторівневу ієрархію, яка забезпечує масштабування, надійність і ефективне використання ресурсів.

Абонентські пристрої – це кінцеві точки мережі, де інформація народжується і куди вона потрапляє. До них належать смартфони, комп'ютери, планшети, IoT-датчики, розумні телевізори, автомобілі з підключенням, промислові контролери, камери відеоспостереження, медичні пристрої та будь-які інші термінали, які генерують або споживають дані. Абонентські пристрої мають вбудовані модулі зв'язку (модеми 5G, Wi-Fi-адаптери, Bluetooth, LoRa, NB-IoT тощо), антени та програмне забезпечення для формування та обробки сигналів. Саме з цих пристроїв починається і закінчується шлях інформації в мережі.

Вузли комутації – це «мозок» мережі. Вони приймають сигнали від багатьох джерел, визначають, куди їх направити далі, і передають до наступного вузла або кінцевого одержувача. Основні типи вузлів:

- базові станції мобільного зв'язку (eNodeB у 4G, gNodeB у 5G) – забезпечують радіодоступ;
- комутатори та маршрутизатори – керують трафіком у дротових і бездротових мережах;
- шлюзи – з'єднують різні технології (наприклад, мобільну мережу з інтернетом);
- сервери ядра мережі (EPC у 4G, 5GC у 5G) – відповідають за аутентифікацію, маршрутизацію пакетів, управління мобільністю, якістю обслуговування;
- дата-центри та хмарні вузли – обробляють великі обсяги даних, забезпечують зберігання та обчислення.

Вузли комутації працюють на різних рівнях: від радіодоступу (RAN – Radio Access Network) до транспортної мережі та ядра (Core Network). Вони використовують протоколи для маршрутизації (IP, MPLS), управління навантаженням, балансування трафіку та забезпечення QoS.

Канали зв'язку – це фізичні «дороги», по яких рухається сигнал. Вони поділяються на провідні та безпроводні. Провідні канали – це мідні кабелі (коаксіальні, виті пари), оптоволоконні лінії (одномодові та багатомодові), які забезпечують високу пропускну здатність і низьке затухання на великих відстанях. Бездротові канали – радіохвилі (від низькочастотних для супутникового зв'язку до міліметрових хвиль у 5G), інфрачервоне випромінювання (лазерний зв'язок), акустичні канали (підводний зв'язок). Кожен канал має свої характеристики: пропускну здатність, затримку, рівень шумів, чутливість до перешкод, енергоспоживання.

Загальна структура сучасної телекомунікаційної мережі виглядає як багаторівнева ієрархія. На найнижчому рівні – абонентські пристрої, які підключаються до мережі доступу (RAN у мобільних мережах, Wi-Fi-точки, PON-термінали в оптоволокні). Мережа доступу передає дані до вузлів агрегації (наприклад, базові станції → контролери RAN → транспортна мережа). Транспортна мережа (оптоволоконні магістралі, радіорелейні лінії) з'єднує регіони та країни. На верхньому рівні – ядро мережі, де відбувається маршрутизація, аутентифікація, управління сесіями, білінг і взаємодія з іншими мережами (інтернет, інші оператори). До цього додаються дата-центри, CDN-вузли для кешування контенту та хмарні платформи.

Така структура забезпечує кілька ключових переваг: масштабування (можна додавати нові абоненти без перебудови всієї системи), надійність (резервування шляхів, автоматичне перемикання при відмові), ефективність (розподіл навантаження, адаптивне використання ресурсів), гнучкість (підтримка різних технологій і сервісів).

Для фахівця з електронних комунікацій важливо розуміти всю цю ієрархію, бо ваша робота може стосуватися будь-якого рівня: налаштування базової станції (доступ), оптимізації транспортної мережі (магістралі), управління ядром (Core), забезпечення QoS для конкретних сервісів (відео, VoIP, IoT). Ви будете вирішувати, як зробити так, щоб сигнал від смартфона в селі дійшов до сервера в дата-центрі швидко, надійно та з мінімальними втратами.

Загальна структура телекомунікаційної мережі – це не статична схема, а динамічна система, яка постійно розвивається: від 4G до 5G, від оптоволокна до супутникового інтернету, від класичних мереж до SDN/NFV і 6G. Розуміння цієї структури дає вам фундамент для всіх наступних дисциплін – від схемотехніки та антен до комп'ютерних мереж і оптимізації. Саме ви будете будувати та підтримувати ті «дороги», по яких рухається вся сучасна інформація.

Лекція 13. Класифікація телекомунікаційних мереж

Телекомунікаційні мережі – це надзвичайно різноманітні системи, які відрізняються за призначенням, технологією, територіальним охопленням, способом передавання даних і принципами організації. Класифікація допомагає систематизувати цю різноманітність, зрозуміти сильні та слабкі сторони кожного типу мереж і правильно обирати рішення для конкретних задач. Для вас як майбутніх фахівців спеціальності G5 важливо вміти швидко орієнтуватися в цій класифікації, бо на практиці ви будете працювати з різними мережами –

від локального Wi-Fi в офісі до глобальних систем мобільного зв'язку чи супутникового інтернету.

За територіальним охопленням телекомунікаційні мережі поділяються на локальні, регіональні, національні та глобальні. Локальні мережі (LAN – Local Area Network) працюють у межах одного будинку, офісу, кампусу чи невеликого підприємства – наприклад, Wi-Fi-мережа в університеті, дротована мережа в дата-центрі чи домашня мережа з роутером. Вони характеризуються високою швидкістю (до десятків Гбіт/с), низькою затримкою та відносно невеликою кількістю користувачів. Регіональні мережі (MAN – Metropolitan Area Network) охоплюють місто чи область – наприклад, міська Wi-Fi-мережа, оптоволоконне кільце між районами чи мережа для «розумного міста». Національні мережі з'єднують міста та регіони всередині країни – це магістральні оптоволоконні лінії операторів, мережі мобільного зв'язку 4G/5G по всій Україні. Глобальні мережі – це інтернет, супутникові системи (Starlink, OneWeb), міжнародні підводні кабелі, які забезпечують зв'язок між континентами.

За способом передавання інформації мережі бувають провідними та безпроводними. Провідні мережі використовують фізичні носії – мідні кабелі (вита пара, коаксіал), оптоволокло (одномодове для магістралей, багатомодове для локальних мереж). Вони забезпечують найвищу пропускну здатність, стабільність і захист від перешкод, але вимагають фізичного прокладання кабелів. Бездротові мережі передають дані через радіохвилі (Wi-Fi, Bluetooth, мобільний зв'язок 2G–6G, LoRa, NB-IoT, супутниковий зв'язок) або оптичні канали (лазерний зв'язок у видимому діапазоні чи інфрачервоному). Вони дають мобільність і швидке розгортання, але чутливі до перешкод, погодних умов, відстані та інтерференції.

За способом організації взаємодії між вузлами мережі поділяються на мережі з комутацією каналів, комутацією повідомлень і комутацією пакетів. Мережі з комутацією каналів (як у класичній телефонії) встановлюють фізичний канал між абонентами на весь час розмови – канал зайнятий повністю, навіть якщо ніхто не говорить. Вони надійні для реального часу, але неефективні за ресурсами. Мережі з комутацією повідомлень передають ціле повідомлення як єдиний блок через вузли – це було характерно для ранніх комп'ютерних мереж, але зараз майже не використовується. Найпоширеніший сьогодні тип – мережі з комутацією пакетів (інтернет, 4G/5G, Wi-Fi, Ethernet). Інформація розбивається на невеликі пакети, кожен пакет йде своїм шляхом, може чекати в черзі, втрачатися чи перевидаватися. Це максимально ефективно використовує ресурси, забезпечує гнучкість і масштабованість, але потребує механізмів контролю помилок, QoS і управління затримками.

За призначенням мережі бувають загального користування та спеціалізовані. Мережі загального користування (публічні) доступні широкому колу користувачів – мобільні мережі операторів, інтернет-провайдери, громадський Wi-Fi. Спеціалізовані мережі створюються для конкретних задач: корпоративні мережі компаній, мережі банків, системи управління транспортом, енергетикою, обороною, IoT-мережі в промисловості, приватні LTE/5G-мережі (private networks) для заводів чи портів, мережі для надзвичайних ситуацій.

За принципом управління мережі поділяються на традиційні та програмно-визначені (SDN – Software-Defined Networking). У традиційних мережах кожен пристрій налаштовується окремо. У SDN управління централізоване через програмний контролер, що дозволяє швидко змінювати маршрутизацію, політики безпеки та QoS без фізичного втручання.

Класифікація не є жорсткою – сучасні мережі поєднують багато ознак: наприклад, мережа 5G – це безпроводна, пакетна, глобальна/національна, загального користування з елементами спеціалізованих (private 5G), програмно-визначена мережа. Розуміння цих категорій допомагає швидко аналізувати задачу: яка швидкість потрібна, яка мобільність, яка територія, які сервіси підтримувати, які ризики перешкод і як оптимізувати ресурси.

Для вас як майбутніх інженерів ця класифікація – це карта професії. Ви будете працювати з усіма типами мереж: налаштовувати локальні Wi-Fi, оптимізувати регіональні оптоволоконні кільця, підтримувати національні 5G-мережі, розгортати спеціалізовані IoT-системи чи приватні мережі для промисловості. Знання класифікації дозволяє одразу зрозуміти, з чим ви маєте справу, які протоколи застосовувати, які параметри контролювати і як забезпечити найкращу якість зв'язку для конкретного сценарію. Саме це робить вас не просто техніками, а фахівцями, здатними вирішувати реальні задачі сучасного цифрового світу.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Сусліков Л.М., Дьордай В.С. Телекомунікації та радіотехніка (вступ до спеціальності): навчальний посібник для студентів молодших курсів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» – Ужгород: УжНУ, 2022– 352 с.
2. Поповський В.В. Основи теорії телекомунікаційних систем: підручник. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – 368с.
3. Стрелковська І.В. Вища математика для фахівців в галузі зв'язку. Ч.5 / І.В. Стрелковська, В.М. Паскаленко. – Одеса: ВМВ, 2018. – 508 с.
4. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі: навчальний посібник:– Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.
5. Малюк В. Г., Іохов О. Ю., Сальніков О. М. Комп'ютерні мережі та телекомунікації: навч. посіб. – Харків: Акад. внутрішніх військ МВС України, 2011. – 163 с.
6. Струтинська О. В. Інформаційні системи та мережеві технології: Навч. посіб. для дистанційного навчання / За наук. ред. М. І. Жалдака. – К.: Університет «Україна», 2008.– 211 с.
7. Оленченко В.Т. Телекомунікаційні та інформаційні мережі (Ч.1): навчальний посібник. – Х.: Національна академія Національної гвардії України, 2014. – 79 с.

Допоміжна

8. Бортник Г.Г., Кичак В.М. Цифрова обробка сигналів в телекомунікаційних системах: підручник – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 232с.
9. 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.
10. Strelkovskaya I., Solovskaya I., Strelkovska J. Spline-approximation and Spline-extrapolation methods in telecommunication problems. Current Trends in Communication and Information Technologies. Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. Vol. 212. Springer. P. 3-20. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76343-5_1
11. Стрелковська І.В., Золотухін Р.В., Григор'єва Т.І. Узагальнена модель оцінки показників функціонування низькошвидкісних мереж зв'язку автоматизованих систем управління. Інфокомунікаційні та комп'ютерні технології. – 2022. – № 1 (03). – С. 138-153.

Навчальне видання

Русу Олександр Петрович

ВСТУП ДО ФАХУ

Конспект лекцій для здобувачів вищої освіти, які навчаються
за спеціальністю «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка»

Українською мовою