

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет



ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУСПІЛЬСТВІ

Методичні вказівки до практичних занять
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
освітньої програми «Комп'ютеризовані телекомунікаційні мережі» галузі знань 17
Електроніка та телекомунікації спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка
денної та заочної форм навчання

Луцьк 2025

УДК 621.39 (07)

I – 74

Рекомендовано до видання вченою радою факультету комп'ютерних та інформаційних технологій ЛНТУ, протокол № __ від « __ » _____ 2025 року.

Голова вченої ради ФКІТ _____ Інна КОНДІУС

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ

Директор бібліотеки _____ Наталія ПОЛІЩУК

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри електроніки та телекомунікацій ЛНТУ, протокол № __ від « __ » _____ 2025 року.

Завідувач _____ Валентин ЗАБЛОЦЬКИЙ к.т.н., доц. кафедри
кафедри ЕіТК електроніки та телекомунікацій ЛНТУ

Укладач: _____ Наталія ЯКИМЧУК к.т.н., доц. кафедри
електроніки та телекомунікацій ЛНТУ

Рецензент: _____ Віктор ЛИШУК к.т.н., доц. кафедри
електроніки та телекомунікацій ЛНТУ

Відповідальний _____ Валентин ЗАБЛОЦЬКИЙ к.т.н., доц.,
за випуск: завідувач кафедри ЕіТК ЛНТУ

I-74 Інформаційно-телекомунікаційні технології в суспільстві. Методичні вказівки до практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Комп'ютеризовані телекомунікаційні мережі» галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка денної та заочної форм навчання / уклад. Н.М. Якимчук. Луцьк: ЛНТУ, 2025. 32 с.

Видання містить завдання для закріплення теоретичних знань з дисципліни «Інформаційно-телекомунікаційні технології в суспільстві». Призначене для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освітньої програми «Комп'ютеризовані телекомунікаційні мережі»

Н. М. Якимчук, 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Практична робота 1 Аналіз, класифікація та особливості різних видів зв'язку.....	5
Практична робота 2 Структура інформаційної мережі.....	10
Практична робота 3 Дослідження аналогових та цифрових систем зв'язку.....	14
Практична робота 4 Дослідження методів та систем комутації.....	17
Практична робота 5 Ущільнення та множинний доступ в телекомунікаційних системах і мережах.....	20
Практична робота 6 Базові телекомунікаційні технології: принципи, стандарти та застосування	23
Практична робота 7 Вузькосмугові та широкосмугові системи зв'язку.....	27
ЛІТЕРАТУРА.....	31

ВСТУП

Сучасне суспільство неможливо уявити без розвинених інформаційно-телекомунікаційних технологій, які забезпечують швидкий та ефективний обмін даними між людьми, організаціями та пристроями. Вони є основою глобальних інформаційних мереж, що охоплюють усі сфери життя – від бізнесу та освіти до охорони здоров'я та державного управління. Оволодіння принципами побудови та функціонування телекомунікаційних систем є необхідною складовою підготовки фахівців у галузі інформаційних технологій.

Дана методична розробка містить цикл практичних робіт, спрямованих на дослідження основних аспектів інформаційно-телекомунікаційних технологій. У першій роботі студенти ознайомляться з різними видами зв'язку, їх класифікацією, перевагами та обмеженнями. Друга робота присвячена вивченню структури інформаційної мережі, її основних компонентів і принципів організації.

У третій практичній роботі розглядаються аналогові та цифрові системи зв'язку, їх особливості та відмінності. Четверта робота зосереджена на методах і системах комутації, які відіграють важливу роль у маршрутизації та передачі даних у сучасних мережах. П'ята робота присвячена методам ущільнення сигналів та технологіям множинного доступу, що дозволяють ефективно використовувати доступні ресурси телекомунікаційних систем.

У шостій практичній роботі студенти досліджуватимуть базові телекомунікаційні технології, їх стандарти та сфери застосування. Заключна, сьома робота спрямована на аналіз вузькосмугових та широкосмугових систем зв'язку, які визначають ефективність передачі інформації у сучасних мережах.

Практичні роботи дозволять студентам закріпити теоретичні знання, набути навичок аналізу та класифікації технологій зв'язку, зрозуміти принципи побудови та функціонування телекомунікаційних систем, а також отримати уявлення про їх перспективи розвитку.

Практична робота 1

Аналіз, класифікація та особливості різних видів зв'язку

Мета роботи: дослідити, систематизувати та проаналізувати всі основні види зв'язку, їхні характеристики, ознайомитись з регулюючими і нормативними органами в галузі телекомунікацій.

Питання для опрацювання

1. Ознайомитись з поняттям, завданням та принципами організації та роботи телекомунікаційних систем.
2. Дослідити типову класифікацію основних видів зв'язку за різними критеріями.
3. Визначити основні характеристики кожного типу зв'язку, включаючи фізичні параметри, технології передачі, обладнання та архітектуру мереж.
4. Дослідити ключові показники ефективності.
5. Ознайомитися з основними стандартами та законодавчими регулюваннями в сфері зв'язку.
6. Розглянути сучасні тенденції та перспективи розвитку новітніх технологій у сфері зв'язку.

Вказівки до виконання роботи

Сучасний світ неможливо уявити без телекомунікаційних систем, які забезпечують ефективний обмін інформацією на різних відстанях. Зв'язок відіграє ключову роль у функціонуванні глобальної економіки, науки, транспорту, оборони та повсякденного життя людей.

Різноманіття технологій зв'язку потребує їхньої чіткої класифікації та аналізу. Важливо розуміти принципи роботи кожного виду зв'язку, їхні характеристики, переваги та недоліки, а також технологічні особливості.

Завдання до роботи

1. Розгляньте базову класифікацію основних видів зв'язку, опишіть характеристики і призначення.

1. За середовищем поширення сигналу.

1.1. Проводовий зв'язок:

- мідні кабельні лінії (телефонний зв'язок, Ethernet, коаксіальні кабелі);
- волоконно-оптичний зв'язок (FDDI, DWDM, GPON, SDH/SONET);
- силові мережі передачі даних (PLC – Power Line Communication).

1.2. Безпроводовий зв'язок:

- радіозв'язок (НВЧ, УВЧ, КХ, ДХ, мікрохвильовий зв'язок);
- інфрачервоний зв'язок (IRDA);
- лазерний зв'язок (оптичний зв'язок відкритого поширення – FSO);
- акустичний зв'язок (гідроакустичний, ультразвуковий).

2. За відстанню зв'язку.

2.1. Ультракороткий (до 1 м):

- NFC (Near Field Communication);
- RFID (радіочастотна ідентифікація);
- Bluetooth Low Energy (BLE).

2.2. Короткий (до 100 м):

- Wi-Fi (802.11a/b/g/n/ac/ax/ay);
- ZigBee, Z-Wave (IoT, розумні будинки);
- DECT (цифрові бездротові телефони).

2.3. Середній (100 м – 50 км):

- стільниковий зв'язок (2G, 3G, 4G, 5G, LTE, NR);
- радіорелейний зв'язок;
- транкінгові системи (TETRA, DMR, MPT1327).

2.4. Великий (50 км – 1000 км):

- супутниковий зв'язок (LEO, MEO, GEO супутники);
- наземний короткохвильовий зв'язок (HF, SW);
- оптичні волоконні магістралі.

2.5. Глобальний (1000+ км, міжконтинентальний):

- Підводні оптичні кабельні системи;
- Глобальні супутникові мережі (Starlink, OneWeb, Iridium, Globalstar, Inmarsat);
- Короткохвильовий радіозв'язок (SW, HF).

3. За способом організації каналу зв'язку.

3.1. Постійний зв'язок (виділені канали):

- традиційна телефонна мережа (PSTN, аналогова та цифрова телефонія);
- прямий радіозв'язок (точка-точка);
- оптоволоконні виділені канали (DWDM, GPON, OTN).

3.2. Комутований зв'язок:

- телефонна мережа загального користування (PSTN, ISDN, VoIP);
- мережі комутації каналів (SDH, ATM);
- мережі комутації пакетів (IP/MPLS, Ethernet, 5G Core).

3.3. Транкінговий зв'язок:

- аналогові транкінгові системи (MPT1327);
 - цифрові транкінгові системи (TETRA, DMR, APCO-25).
4. За типом сигналу.
- 4.1. Аналоговий зв'язок:
- аналогове телебачення (PAL, NTSC, SECAM);
 - аналогова телефонія (POTS);
 - аналогове радіо (AM/FM, короткохвильовий зв'язок).
- 4.2. Цифровий зв'язок:
- цифрове телебачення (DVB-T, DVB-S, IPTV, ATSC);
 - цифрове радіо (DAB, DRM, HD Radio);
 - цифрова телефонія (ISDN, VoIP, SIP, IMS).
5. За функціональним призначенням.
- 5.1. Персональний зв'язок:
- мобільний телефонний зв'язок (GSM, LTE, 5G);
 - месенджери (WhatsApp, Telegram, Signal, VoIP-зв'язок).
- 5.2. Корпоративний зв'язок:
- приватні мобільні мережі (Private 5G, Private LTE);
 - VPN-зв'язок, корпоративні WAN/MAN/LAN.
- 5.3. Спеціалізований зв'язок
- військовий зв'язок (захищені канали, радіозв'язок на HF/VHF/UHF);
 - зв'язок для екстрених служб (TETRA, DMR, P25);
 - авіаційний та морський зв'язок (ACARS, NAVTEX, VHF Maritime).
- 5.4. Масовий інформаційний зв'язок
- радіо та телемовлення;
 - інтернет-зв'язок (FTTH, ADSL, 5G FWA, DOCSIS).
6. За способом доступу до мережі.
- 6.1. Фіксований зв'язок:
- дротовий телефонний зв'язок (POTS, ISDN);
 - широкосмуговий доступ (xDSL, GPON, DOCSIS).
- 6.2. Мобільний зв'язок
- стільникові мережі (GSM, UMTS, LTE, 5G);
 - супутниковий зв'язок (LEO, GEO супутники).
- 6.3. Адаптивний зв'язок:
- Ad-hoc мережі (Mesh, MANET, V2V Vehicle-to-Vehicle);
 - IoT-зв'язок (NB-IoT, LoRaWAN, Sigfox).
7. За типом технології передачі.

7.1. Класичні комутаційні технології:

- TDM (Time Division Multiplexing);
- FDM (Frequency Division Multiplexing).

7.2. Сучасні технології пакетної передачі:

- IP (Internet Protocol, TCP/IP, IPv6);
- MPLS (Multiprotocol Label Switching);
- SDN/NFV (Software-Defined Networking, Virtualization).

2. Ознайомтесь з міжнародними та національними організаціями та стандартами, що регулюють зв'язок та телекомунікації.

Сфера зв'язку та телекомунікацій є ключовою складовою сучасного інформаційного суспільства, і її регулювання здійснюється на міжнародному та національному рівнях. Основна мета цих стандартів – забезпечити узгодженість, ефективність та безпеку роботи телекомунікаційних систем, сприяти їхній сумісності та впровадженню новітніх технологій.

На міжнародному рівні одним із головних регуляторів є Міжнародний союз електрозв'язку (**ITU**), який функціонує під егідою ООН і відповідає за розробку технічних стандартів для радіозв'язку, мобільних та стаціонарних мереж, телебачення та Інтернету. Рекомендації ITU-T та ITU-R мають вагоме значення у формуванні світової телекомунікаційної інфраструктури. Паралельно, Інститут інженерії з електротехніки та електроніки (**IEEE**) встановлює норми для бездротових технологій, таких як Wi-Fi та Ethernet, що широко використовуються у всьому світі. Європейський інститут телекомунікаційних стандартів (**ETSI**) займається гармонізацією стандартів для європейського ринку, зокрема у сфері мобільного зв'язку, таких як GSM, UMTS та LTE. Важливу роль у розвитку та регулюванні Інтернету відіграє Internet Engineering Task Force (**IETF**), який визначає стандарти для таких базових технологій, як TCP/IP, HTTP та DNS.

Регулювання використання зв'язку в Україні базується на діяльності низки державних органів та відповідних нормативно-правових документів. Завдяки чіткій законодавчій базі забезпечується ефективне функціонування телекомунікаційного сектора, захист інтересів користувачів та розвиток інформаційного суспільства. Державні органи, що регулюють сферу зв'язку:

1. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації (НКРЗІ) НКРЗІ є головним регуляторним органом у сфері зв'язку, що здійснює ліцензування, тарифне регулювання, контроль за дотриманням законодавства та розподіл радіочастотного ресурсу.

2. Міністерство цифрової трансформації України, що відповідає за формування та реалізацію державної політики у сфері цифрової трансформації, телекомунікацій та розвитку інфраструктури зв'язку.

3. Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України (ДССЗЗІ) ДССЗЗІ забезпечує кібербезпеку, захист державних інформаційних ресурсів та безпеку урядового зв'язку.

4. Антимонопольний комітет України. Антимонопольний комітет контролює конкурентне середовище на ринку телекомунікацій та запобігає зловживанням монопольним становищем.

Нормативно-правові документи у сфері зв'язку:

1. Закон України «Про електронні комунікації». Цей закон регулює відносини між суб'єктами ринку електронних комунікацій, визначає права та обов'язки операторів, постачальників та споживачів послуг зв'язку.

2. Закон України «Про радіочастотний ресурс України». Визначає порядок розподілу, використання та управління радіочастотним ресурсом країни.

3. Закон України «Про телебачення і радіомовлення». Цей нормативний акт регулює діяльність засобів масової інформації, що працюють у сфері телебачення та радіомовлення.

4. Постанова Кабінету Міністрів України». Про затвердження Плану використання радіочастотного ресурсу України». Цей документ визначає розподіл радіочастотного спектру між різними категоріями користувачів.

5. Правила надання та отримання телекомунікаційних послуг. Затверджені Кабінетом Міністрів України, ці правила регулюють відносини між операторами та споживачами телекомунікаційних послуг.

6. Національні стандарти та технічні регламенти. Визначають технічні вимоги до засобів зв'язку, що використовуються в Україні, забезпечуючи їхню сумісність та якість.

Контрольні запитання

1. Які основні середовища передачі використовуються у телекомунікаціях?
2. Які основні види телекомунікаційних мереж за типом з'єднання?
3. Чим відрізняється кабельна мережа від волоконно-оптичної ?
4. Що таке радіорелейні системи передачі і в яких випадках їх застосовують?
5. Які переваги та недоліки супутникових систем зв'язку ?
6. Які характеристики має оптична система зв'язку відкритого поширення ?
7. Які основні технології мобільного зв'язку використовуються сьогодні?
8. Що таке пропускна здатність та затримка сигналу мережі.
9. Які органи регулюють сферу телекомунікацій в Україні?

Практична робота 2

Структура інформаційної мережі

Мета роботи: закріпити теоретичні знання студентів про класифікацію інформаційних мереж, їх топології, складові елементи та принципи функціонування через практичні завдання.

Питання для опрацювання

1. Ознайомитись з видами класифікації мереж за масштабом, топологією та призначенням.
2. Дослідити типову структуру, види вузлів та з'єднань в мережі
3. Здійснити аналіз переваг та недоліків мереж різної топології.
4. Змоделювати структуру підприємства з інформаційною мережею.

Вказівки до виконання роботи

У сучасних комп'ютерних мережах важливу роль відіграє правильний вибір структури та топології мережі, що визначає спосіб з'єднання вузлів та передачі даних. Структура мережі впливає на продуктивність, масштабованість, надійність та вартість інфраструктури. Різні типи топологій використовуються в залежності від вимог до ефективності, безпеки та вартості мережевих рішень.

Дана практична робота спрямована на ознайомлення студентів із основними видами мережевих топологій, їх характеристиками, перевагами та недоліками. У процесі виконання завдання студенти побудують та проаналізують кільцеву, зіркову, шинну, деревоподібну, гібридну та повнозв'язну топології. Це допоможе зрозуміти особливості кожної з них, оцінити їхню ефективність та визначити сфери застосування. Основні види топологій комп'ютерних мереж такі:

1.1. Кільцева топологія:

- кожен вузол підключений до двох сусідніх, утворюючи кільце;
- дані передаються по кільцю в одному або обох напрямках;
- використовується в промислових та корпоративних мережах.

Переваги: рівномірний розподіл навантаження, проста маршрутизація.

Недоліки: вихід з ладу одного вузла може призвести до відмови всієї мережі.

1.2. Зіркова топологія:

- всі вузли підключені до центрального комутатора або концентратора;
- найпоширеніша топологія у локальних мережах (Wi-Fi, Ethernet LAN).

Переваги: легкість масштабування, зручність адміністрування.

Недоліки: вихід з ладу центрального вузла призводить до відмови всієї мережі.

1.3. Шинна топологія:

- всі пристрої підключені до загальної магістральної шини;
- використовувалася в ранніх версіях Ethernet-мереж (Ethernet 10BASE2).

Переваги: простота реалізації, низькі витрати на прокладку кабелів.

Недоліки: перевантаження мережі при великій кількості пристроїв, складне усунення несправностей.

1.4. Деревоподібна топологія:

- поєднує особливості зіркової та шинної топологій;
- використовується у великих корпоративних та телекомунікаційних мережах, мережі інтернет-провайдерів або телефонні мережі PSTN.

Переваги: масштабованість, зручність управління.

Недоліки: складність налаштування та обслуговування.

1.5. Повнозв'язна топологія:

- кожен вузол з'єднаний з усіма іншими вузлами;
- використовується у критично важливих системах, де потрібна максимальна надійність, мережі дата-центрів, військові зв'язкові системи.

Переваги: висока стійкість до відмов.

Недоліки: велика кількість з'єднань ускладнює реалізацію та збільшує витрати.

1.6. Mesh (сітчаста) топологія:

- кожен вузол підключений до кількох інших вузлів, створюючи повністю або частково з'єднану мережу;
- дані передаються по найкоротшому маршруту між вузлами;
- використовується в бездротових мережах (Wi-Fi mesh), військових системах зв'язку, IoT.

Переваги: висока відмовостійкість, гнучкість у маршрутизації, відсутність єдиної точки відмови.

Недоліки: складна реалізація, висока вартість через велику кількість з'єднань.

1.7. Точка-точка (Point-to-Point) топологія:

- з'єднання створюється між двома вузлами безпосередньо;
- передача даних відбувається безпосередньо між двома пристроями;
- використовується у виділених каналах зв'язку, лазерному та радіорелейному зв'язку.

Переваги: висока швидкість передачі, низька затримка, безпека.

Недоліки: обмежена масштабованість, залежність від надійності лінії зв'язку.

1.8. Коміркова (стільникована) топологія:

– територія покривається мережею комірок (осередків), кожна з яких має базову станцію;

- користувачі можуть переміщуватися між комірками без розриву з'єднання;
- використовується в мобільному зв'язку (2G, 3G, 4G, 5G);

Переваги: велика зона покриття, ефективне використання частотного ресурсу.

Недоліки: складність управління частотами, необхідність великої кількості базових станцій.

1.9. Точка-багатоточок (Point-to-Multipoint) топологія:

- один центральний вузол з'єднаний із декількома підлеглими вузлами;
- передача даних здійснюється від центрального вузла до підлеглих та назад;
- використовується в супутниковому зв'язку, WiMAX, радіорелейних мережах.

Переваги: ефективне використання ресурсів, централізоване управління.

Недоліки: навантаження на центральний вузол, зниження швидкості при збільшенні підключень.

1.10. Ієрархічна топологія:

- вузли організовані у вигляді рівневих ієрархій, де кожен рівень має підлегли вузли;
- дані передаються між рівнями через вузли вищого рівня;
- використовується в корпоративних мережах, телекомунікаційних системах (PSTN, GPON).

Переваги: легке адміністрування, хороша масштабованість.

Недоліки: можливі перевантаження центральних вузлів, залежність нижчих рівнів від вищих.

Завдання до роботи

Побудувати схеми досліджених топологій, порівняти топології за такими критеріями:

- надійність мережі;
- пропускна здатність;
- час відгуку при збільшенні кількості вузлів;
- стійкість до відмов.

Навести приклад мережі зв'язку для кожного типу топології. Оформити звіт із результатами порівняння у вигляді таблиці або структурованого опису.

2. Аналіз роботи вузлів у мережі.

Є підприємство, яке має офіс у великому місті та декілька філій у регіонах. Складові елементи структури включають: робочі місця співробітників

(комп'ютери, принтери, VoIP-телефони); сервери для зберігання файлів та баз даних; Wi-Fi точки доступу для мобільних пристроїв; мережеві маршрутизатори та комутатори для з'єднання користувачів у локальній мережі регіональних центрів (LAN); дата-центр у головному офісі: потужний сервер, який керує всією мережею, маршрутизатори рівня ядра.

З'єднання між вузлами:

Оптоволоконні канали зв'язку між головним офісом і філіями (WAN).

Внутрішні Ethernet-з'єднання в офісах (LAN).

VPN-з'єднання для безпечного віддаленого доступу.

Потрібно спроектувати інформаційну мережу, виділивши вузлові та кінцеві пункти, а також розділити її на рівні доступу, розподілу та ядра.

Контрольні запитання

1. Що таке інформаційно-комунікаційна мережа і які її основні складові?
2. Чим відрізняються первинні та вторинні мережі ?
3. 5. Які основні служби телекомунікацій існують?
4. Які основні рівні структури інформаційно-комунікаційних мереж?
5. Чим відрізняється локальна мережа (LAN) від глобальної мережі (WAN)?
6. Які функції виконують маршрутизатори та комутатори в інформаційно-комунікаційних мережах?
7. Що таке мережеві протоколи і які основні протоколи використовуються в сучасних мережах?
8. Що таке клієнт-серверна архітектура та які її переваги у порівнянні з одноранговими мережами?

Практична робота 3

Дослідження аналогових та цифрових систем зв'язку

Мета роботи: закріпити теоретичні знання студентів про види сигналів в мережах зв'язку, основні способи модуляції і кодування.

Питання для опрацювання

1. Визначити основні типи сигналів (аналогові, цифрові, аналого-цифрові) та їх особливості. Навести приклади їх використання в телекомунікаційних системах.
2. Описати та пояснити принципи амплітудної, частотної, фазової модуляції. Порівняти види цифрової маніпуляції (ASK, FSK, PSK, QAM) та їх застосування.
3. Розглянути процес дискретизації, квантування та кодування. Навести приклади використання імпульсно-кової модуляції (ІКМ).
4. Побудувати спрощені структурні схеми аналогової та цифрової систем зв'язку. Визначити ключові відмінності між ними, а також їхні переваги та недоліки.

Вказівки до виконання роботи

Системи зв'язку відіграють ключову роль у сучасному світі, забезпечуючи передачу інформації між абонентами на різних відстанях. Вони можуть бути аналоговими, цифровими або комбінованими (аналого-цифровими), що визначає їхні особливості, способи передачі сигналів та методи обробки даних.

У цій практичній роботі необхідно дослідити основні принципи побудови аналогових і цифрових систем зв'язку, а також їхню структурну організацію. Одним із ключових аспектів сучасних систем зв'язку є використання модуляції та маніпуляції. Модуляція дозволяє змінювати параметри несучого сигналу відповідно до переданої інформації, що дає змогу ефективно використовувати частотний спектр і підвищувати завадостійкість передачі. Аналогові системи застосовують амплітудну (AM), частотну (FM) та фазову (PM) модуляції, тоді як цифрові сигнали передаються за допомогою маніпуляції (ASK, FSK, PSK, QAM).

Також важливим є процес перетворення аналогових сигналів у цифрові. Цей процес передбачає дискретизацію, квантування та кодування сигналів. Для цього використовується імпульсно-кова модуляція (ІКМ), що є основою цифрових систем зв'язку, оскільки вона забезпечує більш точну передачу інформації та стійкість до шумів. У таких цифрових системах необхідно забезпечити точне узгодження переданих і прийнятих сигналів, а також мінімізувати вплив шумів і

перешкод. Для цього використовують синхронізація та спеціальні методи кодування, які дозволяють не тільки виявляти, а й виправляти помилки.

Завдання до роботи

1. Для заданих видів систем та мереж зв'язку вказати використовувані типи сигналів та методи їх перетворення, вказати переваги і недоліки. Оформити звіт із результатами порівняння у вигляді таблиці або структурованого опису.

2. Дослідження аналогових та цифрових систем зв'язку.

2.1. Ознайомитися зі структурою аналогової системи зв'язку, дослідити принципи амплітудної модуляції та процеси передачі, прийому та демодуляції сигналів.

– Побудувати спрощену структурну схему системи АМ-радіомовлення.

– Описати функції основних елементів.

– Визначити, які радіостанції працюють в АМ-діапазоні (MW, LW).

Пояснити принцип АМ-модуляції: як змінюється амплітуда несучої частоти відповідно до інформаційного сигналу. Намалювати графічне зображення АМ-сигналу (несуча, модулюючий сигнал, модульований сигнал).

– Визначити переваги та недоліки АМ у порівнянні з FM та PM. Вказати основні фактори, що впливають на якість прийому АМ-сигналу (загасання, перешкоди, завади).

– Розглянути принципи роботи детектора (демодулятора) в приймачі та пояснити, як відновлюється звуковий сигнал.

2.2. Ознайомитися зі структурою цифрової системи зв'язку. Одним із поширених прикладів цифрової системи зв'язку є мобільний зв'язок 4G/5G.

– Побудувати спрощену структурну схему системи 4G/5G або VoIP-зв'язку.

– Описати функції основних елементів.

– Пояснити принцип цифрової модуляції, наприклад, як у QAM змінюються амплітуда і фаза несучої частоти відповідно до цифрового сигналу. Намалювати графічне зображення маніпульованого сигналу (наприклад, сузір'я QAM або фазову траєкторію PSK).

– Визначити переваги та недоліки цифрових систем зв'язку у порівнянні з аналоговими: спектральна ефективність, завадостійкість, можливість корекції помилок.

- Визначити основні фактори, що впливають на якість прийому цифрового сигналу, такі як шум, інтерференція, затримки передачі, ефект багатопроменевого поширення.
- Розглянути принципи роботи демодулятора у цифровому приймачі та пояснити, як здійснюється відновлення переданого цифрового сигналу.

Контрольні запитання

1. Чим відрізняються аналогові та цифрові сигнали?
2. Які основні елементи структурної схеми цифрової системи зв'язку?
3. Що таке модуляція, які її основні види та для чого вона використовується?
4. У чому відмінність між аналоговою модуляцією (АМ, FM, РМ) та цифровою маніпуляцією (ASK, FSK, PSK, QAM)?
5. Які етапи проходить аналоговий сигнал під час перетворення у цифровий?
6. Що таке імпульсно-кодова модуляція (ІКМ) і які її основні етапи?
7. Чому цифрові системи зв'язку мають вищу стійкість до шумів у порівнянні з аналоговими?
8. Яку роль відіграє канальне кодування у цифрових системах зв'язку?
9. Які види модуляції та маніпуляції використовуються у сучасних мобільних мережах (4G/5G)?
10. Які основні методи синхронізації сигналів у цифрових системах зв'язку?

Практична робота 4

Дослідження методів та систем комутації

Мета роботи: Ознайомитися з основними видами комутації у телекомунікаційних мережах, розглянути принципи роботи комутації каналів і комутації пакетів, дослідити їхні переваги, недоліки та практичне застосування.

Питання для опрацювання

1. Вивчення процесів встановлення та розриву з'єднання у мережі з комутацією каналів.
2. Дослідження різниці між методами комутації. Переваги та недоліки методів комутації.
3. Показники роботи мереж з комутацією: час передачі, затримки та ефективність використання каналів.
4. Основні причини затримок в комутуваних мережах та шляхи їх зменшення.
5. Динамічна та постійна комутація.

Вказівки до виконання роботи

У сучасних телекомунікаційних системах передача інформації між абонентами здійснюється різними методами комутації. Основними серед них є комутація каналів та комутація пакетів, які використовуються залежно від вимог до якості зв'язку, ефективності використання ресурсів та типу переданих даних.

Комутація каналів передбачає встановлення фізичного каналу зв'язку між двома вузлами мережі на весь час сеансу передачі даних. Ця технологія традиційно застосовується в телефонних мережах загального користування (PSTN). Головною перевагою комутації каналів є гарантована пропускна здатність та стабільність з'єднання. Проте цей метод має і суттєві недоліки: неефективне використання мережевих ресурсів (канал залишається зайнятим навіть у моменти бездіяльності) та можливість відмови у з'єднанні при завантаженості мережі.

На відміну від комутації каналів, комутація пакетів дозволяє більш ефективно використовувати мережеві ресурси, розбиваючи інформацію на невеликі пакети, які передаються незалежно один від одного та можуть рухатися різними маршрутами до пункту призначення. Після прибуття всі пакети збираються у вихідне повідомлення. Цей метод застосовується в мережах Інтернету та багатьох інших цифрових комунікаційних системах. Основними перевагами комутації пакетів є висока ефективність використання каналу, можливість передачі даних через перевантажені ділянки мережі та адаптивність до змін у трафіку. Водночас

недоліками є можливі затримки, втрати пакетів та необхідність додаткової обробки даних на кінцевих вузлах.

Порівняльний аналіз різних методів комутації демонструє їхні особливості та галузі застосування. Комутація каналів краще підходить для послуг реального часу, таких як голосовий зв'язок, тоді як комутація пакетів є ефективнішою для передавання даних, що не вимагають миттєвої реакції, наприклад, у веб-серфінгу чи електронній пошті.

Завдання до роботи

1. Опишіть основні відмінності між комутацією каналів і комутацією пакетів, спираючись на такі критерії:

- принцип роботи,
- використання мережевих ресурсів,
- переваги та недоліки,
- приклади використання в сучасних телекомунікаційних мережах.

2. Порівняння ефективності роботи мереж з комутацією каналів і комутацією пакетів.

Передається файл заданого розміру (таблиця 4.1) через дві різні мережі. Вихідні параметри мереж наступні:

– Мережа з комутацією каналів (з фіксованою швидкістю кбіт/с, без втрат пакетів).

– Мережа з комутацією пакетів (середня швидкість кбіт/с, але є черги в буферах, що додають затримки на кожен переданий пакет).

– Передача у мережі з комутацією каналів починається після встановлення з'єднання.

– У мережі з комутацією пакетів дані розбиваються на пакети заданого розміру (включно із заголовками). Кожен пакет перед передачею обробляється протягом заданого часу в комутаторі – затримка комутатора, мс.

Розрахувати і відповісти на питання:

– Скільки часу займе передача файлу в мережі з комутацією каналів, включаючи час встановлення з'єднання?

– Скільки пакетів потрібно для передавання файлу у мережі з комутацією пакетів?

– Який загальний час передачі у мережі з комутацією пакетів, враховуючи затримки в буферах і комутаторах?

– Яка з мереж є ефективнішою за часом передачі? Які чинники впливають на швидкість у кожному випадку?

Таблиця 4.1 – Вихідні дані до завдання

Варіант	Розмір файлу (МБ)	Швидкість мережі з комутацією каналів (кбіт/с)	Час встановлення з'єднання (с)	Швидкість мережі з комутацією пакетів (кбіт/с)	Затримка в буфері (мс)	Затримка в комутаторі (мс)	Розмір пакета (байт)
1	10	256	2	512	50	5	1 500
2	15	512	1.5	1024	40	4	1 200
3	8	128	3	256	60	6	1 000
4	20	1024	2	2048	30	3	2 000
5	12	384	2.5	768	45	5	1 250
6	25	512	1.8	1024	55	7	1 400
7	30	256	3	512	50	6	1 500
8	5	128	2.5	256	70	8	900
9	18	768	2	1536	35	4	1 800
10	22	1024	1.2	2048	25	3	2 500

Контрольні питання

1. Що таке комутація каналів? Які її особливості та принципи роботи?
2. Як працює комутувана телефонна мережа (PSTN)?
3. Які переваги та недоліки комутації каналів?
4. Що таке комутація пакетів? Чим вона відрізняється від комутації каналів?
5. Які існують методи комутації пакетів (дейтаграмний спосіб і передача через віртуальний канал)?
6. Як працює технологія X.25? Які її основні характеристики?
7. Порівняння комутації каналів і комутації пакетів: основні відмінності.
8. Які мережі підтримують динамічну та постійну комутацію?

Практична робота 5

Ущільнення та множинний доступ в телекомунікаційних системах і мережах

Мета роботи: Ознайомитися з принципами ущільнення каналів зв'язку та методами множинного доступу, дослідити процеси формування групового сигналу, аналізувати особливості технологій FDMA, TDMA, CDMA, SDMA, OFDMA, WDMA.

Питання для опрацювання

1. Принцип ущільнення сигналів – що таке ущільнення, які його основні види (частотне, часове, кодове тощо) і для чого воно використовується.
2. Мультиплексування та демюльтиплексування – процеси об'єднання декількох сигналів в один канал і зворотне виділення сигналів у приймачі.
3. Методи множинного доступу – FDMA, TDMA, CDMA, SDMA, OFDMA, WDMA: принципи роботи, особливості та відмінності.
4. Формування групового сигналу – як дані від різних користувачів поєднуються в єдиний потік і передаються через канал зв'язку.
5. Переваги та недоліки різних методів – ефективність використання ресурсу каналу, можливість розширення мережі, енергоспоживання та затримки.
6. Практичне застосування технологій – де і як використовуються методи ущільнення (мобільний зв'язок, супутниковий зв'язок, Wi-Fi, оптичні мережі тощо).
7. Сучасні тенденції у розвитку ущільнення та множинного доступу – як поєднання методів (наприклад, OFDMA в 5G) покращує ефективність зв'язку.

Вказівки до виконання роботи

У сучасних телекомунікаційних системах та мережах ключовою задачею є ефективне використання обмеженого частотно-часового ресурсу. Оскільки одночасна передача даних кількома користувачами через один канал зв'язку може призводити до колізій та втрат інформації, використовуються методи ущільнення та множинного доступу. Вони дозволяють оптимізувати передачу сигналів, забезпечуючи одночасний обмін даними між великою кількістю абонентів.

Ущільнення сигналів – це процес об'єднання декількох інформаційних потоків в один загальний сигнал з подальшим їхнім розділенням на приймальному боці. Основні методи ущільнення включають частотне (FDMA), часове (TDMA), кодове (CDMA) та просторове (SDMA) мультиплексування. Вибір методу залежить від особливостей середовища передачі, технічних обмежень і вимог до якості зв'язку.

Множинний доступ – це технологія, яка дозволяє багатьом користувачам спільно використовувати один канал зв'язку, розподіляючи ресурси між ними за певними критеріями. У сучасних системах зв'язку використовуються різні методи множинного доступу:

- FDMA (Frequency Division Multiple Access) – кожному користувачеві виділяється окрема частота для передачі даних.

- TDMA (Time Division Multiple Access) – передача сигналу здійснюється в окремих часових інтервалах для кожного користувача.

- CDMA (Code Division Multiple Access) – всі користувачі одночасно передають сигнали в одному частотному діапазоні, але використовують різні унікальні коди для ідентифікації.

- SDMA (Space Division Multiple Access) – доступ розподіляється залежно від розташування передавачів і приймачів у просторі.

- OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) – поєднує частотний та часовий розподіл для оптимального використання каналу, що застосовується у 4G і 5G.

- WDMA (Wavelength Division Multiple Access) – використовується в оптичних мережах і ґрунтується на поділі світлових хвиль за довжиною.

Застосування методів ущільнення та множинного доступу дозволяє суттєво підвищити пропускну здатність мереж, забезпечити високу якість зв'язку та мінімізувати затримки. Наприклад, у мобільних мережах GSM широко використовувався TDMA, а сучасні системи LTE та 5G базуються на OFDMA, що дозволяє ефективно розподіляти ресурси між користувачами. У супутниковому зв'язку часто застосовується TDMA або CDMA, а волоконно-оптичні мережі використовують WDMA для забезпечення високої швидкості передачі даних.

Завдання до роботи

1. Порівняльний аналіз методів множинного доступу

Побудуйте порівняльну таблицю для методів множинного доступу (FDMA, TDMA, CDMA, SDMA, OFDMA, WDMA), в якій зазначте:

- принцип роботи кожного методу;
- основні переваги;
- основні недоліки;
- сфери застосування.

Оформити звіт із результатами порівняння у вигляді таблиці або структурованого опису.

2. Побудова схеми ущільнення сигналів.

На основі теоретичних знань про ущільнення сигналів, намалюйте схему роботи системи множинного доступу для випадку, коли троє абонентів передають свої дані через один канал зв'язку.

Позначте процеси мультиплексування та демультимплексування.

Визначте, який метод множинного доступу (FDMA, TDMA, CDMA) буде найефективнішим у даному випадку та поясніть свій вибір.

Контрольні питання

1. Що таке ущільнення сигналів та які його основні види?
2. Яким чином формується груповий сигнал у системах множинного доступу?
3. У чому полягає різниця між багатоканальними та багатостанційними системами?
4. Які переваги та недоліки має частотний розподіл каналів (FDMA)?
5. Як працює часовий розподіл каналів (TDMA) і які його особливості?
6. Яку роль відіграє кодовий розподіл каналів (CDMA) у сучасних телекомунікаціях?
7. Як здійснюється просторовий поділ каналів (SDMA)?
8. Які особливості має множинний доступ з ортогональним частотним мультиплексуванням (OFDMA)?
9. Які переваги забезпечує ущільнення сигналів у волоконно-оптичних системах (WDMA)?
10. Як відбувається демультимплексування сигналів?

Практична робота 6

Базові телекомунікаційні технології: принципи, стандарти та застосування

Мета роботи: закріпити знання студентів щодо основних телекомунікаційних технологій, їх класифікації та особливостей, а також розвинути навички аналізу та практичного застосування основних принципів зв'язку.

Питання для опрацювання

1. Порівняння технологій PDH, SDH та ATM.
2. Синхронізація у PDH та SDH.
3. Передача даних у ATM.
4. Мультиплексування в цифрових первинних мережах.
5. Переваги SDH у сучасних мережах.
6. Майбутнє ATM у телекомунікаціях.

Вказівки до виконання роботи

Сучасні цифрові первинні мережі будуються на основі трьох ключових технологій: плезіохронної цифрової ієрархії (PDH), синхронної цифрової ієрархії (SDH) та асинхронного режиму передачі (ATM). Плезіохронна цифрова ієрархія (PDH) з'явилася першою серед цих технологій і дозволила передавати цифрові сигнали між комутаційними вузлами. Основною особливістю PDH є те, що кожен потік даних має власний тактовий сигнал, що може дещо відрізнитися від інших. Через це при передаванні даних з вищих рівнів ієрархії до нижчих виникає необхідність у складних процедурах демультимплексування. Це ускладнює доступ до окремих каналів та зменшує ефективність використання пропускну здатності мережі. PDH довгий час використовувалася для організації магістральних мереж, але згодом була витіснена ефективнішими технологіями.

Синхронна цифрова ієрархія (SDH) стала розвитком PDH і усунула багато її недоліків. Основною перевагою SDH є використання єдиного тактового сигналу для синхронізації всіх переданих потоків. Це дозволяє значно спростити процес мультиплексування та демультимплексування, що полегшує керування мережею та підвищує ефективність передачі даних. У SDH використовуються стандартні контейнери для передачі цифрових потоків, що дозволяє легко вбудовувати сигнали різної ємності у загальний потік. Завдяки гнучкій архітектурі та можливості автоматичного резервування каналів SDH стала основою для транспортних мереж у сучасних телекомунікаційних системах.

Асинхронний режим передачі (АТМ) є унікальною технологією, яка поєднує властивості пакетної та комутаційної передачі даних. На відміну від PDH і SDH, АТМ працює з короткими фіксованими комірками даних фіксованого розміру – 53 байти. Це дозволяє ефективно передавати інформацію в умовах високої навантаженості мережі, забезпечуючи низькі затримки та якісну підтримку голосового та відеотрафіку. Використання АТМ дає можливість організувати гарантовану якість обслуговування, що є важливим для сучасних додатків. Попри переваги, ця технологія поступово поступається місцем сучаснішим рішенням, зокрема IP/MPLS-мережам, які мають більшу гнучкість та ефективність.

Сьогодні цифрові первинні мережі продовжують розвиватися, інтегруючи нові технології та стандарти. Використання SDH залишається актуальним завдяки його можливостям забезпечення стабільної передачі даних, тоді як принципи АТМ застосовуються в сучасних IP-мережах. Вивчення цих технологій є важливим для розуміння принципів функціонування сучасних телекомунікаційних систем та ефективного управління мережевими ресурсами.

Завдання до роботи

1. Дослідити основні принципи функціонування та особливості технологій PDH, SDH та АТМ. Виконати порівняльний аналіз цих технологій за ключовими характеристиками: принцип передачі, метод мультиплексування, синхронізація, доступ до окремих потоків, ефективність використання каналу. Визначити їхні переваги та недоліки, а також сфери застосування.

Оформити звіт із результатами порівняння у вигляді таблиці або структурованого опису.

Таблиця 6.1. Вихідні дані до завдання 1.

Характеристика	PDH	SDH	АТМ
Принцип передачі	Плезіохронний, кожен потік має власний тактовий сигнал	Синхронний, всі потоки узгоджені за тактовою частотою	Асинхронний, передача комірок фіксованого розміру
Метод мультиплексування	Ієрархічне (поетапне об'єднання потоків)	Гнучке мультиплексування з контейнерами	Коміркова передача (53 байти)
Синхронізація	Відсутня єдина синхронізація, використовуються буферизація та компенсаційні біти	Централізована синхронізація, що спрощує мультиплексування	Не потребує глобальної синхронізації

Доступ до окремих потоків	Важкий, потребує повного демультимплексування	Простий, можна вибрати окремий потік без повного демультимплексування	Гнучкий, передача здійснюється за віртуальними каналами
Ефективність використання каналу	Менша через складність мультимплексування та демультимплексування	Вища завдяки гнучкому розподілу ресурсів	Висока завдяки можливості QoS (контроль якості обслуговування)
Тип застосування	Раніше використовувалась у цифрових первинних мережах	Магістральні мережі, оптичні канали передачі	Мультимедійний трафік, IP-телефонія, ATM-мережі
Актуальність	Застаріла, поступово витісняється SDH та IP-технологіями	Основна технологія для оптичних транспортних мереж	Використовується у спеціалізованих мережах, поступається місцем IP/MPLS

2. Дослідити принципи синхронізації та передачі даних у плезіохронній цифровій ієрархії (PDH) і синхронній цифровій ієрархії (SDH). Проаналізувати відмінності у методах синхронізації, форматах кадру та механізмах мультимплексування.

Таблиця 6.2. Вихідні дані до завдання 2.

Характеристика	PDH	SDH
Базова швидкість	2,048 Мбіт/с (E1)	155,52 Мбіт/с (STM-1)
Мультимплексування	Поетапне (наприклад, 4×E1 → E2 → E3 → E4)	Гнучке, засноване на контейнерах. Основний контейнер (VC-4) містить 63 потоки E1 (2 Мбіт/с)
Синхронізація	Відсутність єдиної синхронізації, застосовуються компенсаційні біти	Єдина тактова частота, точне узгодження сигналів
Формат кадру	Потік бітів, що містить корисне навантаження та контрольні біти	Ієрархічна структура з полями управління та корисними даними
Гнучкість	Обмежена, складний доступ до окремих потоків	Висока, можливість вибіркового доступу до потоків
Ефективність	Низька, через необхідність повторного демультимплексування	Висока, оптимальне використання смуги пропускання

3. Дослідити принципи передачі даних у технології асинхронного режиму передачі (ATM). Розглянути структуру ATM-комірки, пояснити її основні поля, а також механізм комутації та забезпечення якості обслуговування (QoS).

Таблиця 6.3. Вихідні дані до завдання 3. Формат АТМ-комірки

Заголовок (5 байтів)	Корисне навантаження (48 байтів)
Ідентифікація віртуального каналу (VPI, VCI), контрольні біти, пріоритет трафіку, контроль помилок	Дані, що передаються у мережі АТМ

Пояснення основних полів заголовка АТМ-комірки:

GFC (Generic Flow Control, 4 біти) – використовується для управління потоком на локальному рівні (тільки у комітках UNI – User-Network Interface).

VPI (Virtual Path Identifier, 8 або 12 бітів) – ідентифікатор віртуального шляху, що визначає групу віртуальних каналів, об'єднаних у спільний маршрут.

VCI (Virtual Channel Identifier, 16 бітів) – ідентифікатор віртуального каналу, що визначає конкретне з'єднання в межах віртуального шляху.

PT (Payload Type, 3 біти) – вказує на тип корисного навантаження (наприклад, користувацькі дані, сигналізаційні дані тощо).

CLP (Cell Loss Priority, 1 біт) – визначає пріоритет комірки (0 – високий, 1 – низький, що може бути відкинуто у разі перевантаження).

HEC (Header Error Control, 8 бітів) – поле контролю помилок у заголовку, що дозволяє виявляти та виправляти помилки.

Принцип передачі даних у АТМ:

АТМ-мережа працює на основі віртуальних шляхів і каналів. Перед передачею даних встановлюється з'єднання між відправником і отримувачем, після чого комірки передаються у встановлених маршрутах. АТМ підтримує декілька класів сервісу, що забезпечує якість обслуговування (QoS):

CBR (Constant Bit Rate) – для потокового аудіо та відео.

VBR (Variable Bit Rate) – для змінного трафіку, такого як відеоконференції.

ABR (Available Bit Rate) – для змінного навантаження в мережах.

UBR (Unspecified Bit Rate) – для некритичних даних.

Контрольні питання

1. Які основні характеристики плезіохронної ієрархії (PDH)?
2. У чому полягає основний недолік PDH у порівнянні з SDH?
3. Як працює синхронна цифрова ієрархія (SDH), і які її ключові переваги?
4. Що таке STM-1, STM-4, STM-16 у контексті SDH?
5. Як синхронізація у SDH відрізняється від PDH?
6. Що таке асинхронний режим передачі (АТМ), і які його основні переваги?
7. Яку структуру має комірка АТМ, і чому вона має фіксовану довжину?
8. Які методи мультиплексування використовуються в SDH та АТМ?

Практична робота 7

Вузькосмугові та широкосмугові системи зв'язку

Мета роботи: Ознайомитися з основними характеристиками та принципами роботи вузькосмугових і широкосмугових систем зв'язку.

Питання для опрацювання

1. Основні характеристики та параметри вузькосмугових систем (смуга пропускання, швидкість передачі, завадостійкість).
2. Особливості широкосмугових систем та їх використання в сучасних технологіях зв'язку.
3. Порівняння спектральної ефективності вузькосмугових і широкосмугових систем.

Вказівки до виконання роботи

Вузькосмугові та широкосмугові системи зв'язку є двома основними підходами до організації передачі інформації, які відрізняються за характеристиками пропускну здатності, спектральної ефективності та сферами застосування. Основним критерієм розподілу цих систем є ширина смуги частот, яку вони використовують для передачі сигналу.

Вузькосмугові системи характеризуються використанням відносно малої смуги частот для передачі сигналу. Такі системи зазвичай мають нижчу швидкість передачі даних, але є більш стійкими до шумів і перешкод. Вони застосовуються там, де необхідна стабільність сигналу на значних відстанях або в умовах обмеженого спектрального ресурсу. Прикладами вузькосмугових технологій є класичні телефонні мережі, де використовується смуга частот до 4 кГц, а також деякі системи радіозв'язку, такі як аналогові та цифрові УКХ-радіостанції.

Широкасмугові системи, на відміну від вузькосмугових, використовують значно ширший діапазон частот, що дозволяє забезпечити високу швидкість передачі даних. Це необхідно для сучасних цифрових сервісів, таких як потокове відео, інтернет-з'єднання та багатоканальна передача інформації. Серед широкосмугових технологій можна виділити такі системи, як оптичні волоконні мережі, стільниковий зв'язок четвертого і п'ятого поколінь (4G, 5G), супутникові комунікації та Wi-Fi.

Однією з головних переваг широкосмугових систем є можливість передавати великі обсяги даних із мінімальними затримками, що особливо важливо для сучасних мультимедійних сервісів та інтерактивних додатків. Водночас,

використання широкої смуги частот робить такі системи більш чутливими до перешкод, потребує складніших методів обробки сигналу та більш досконалих технологій модуляції.

Порівняння вузькосмугових і широкосмугових систем дозволяє зрозуміти їхні ключові особливості та сфери застосування. Вузькосмугові системи ефективні в умовах обмеженого частотного ресурсу, тоді як широкосмугові системи забезпечують значно більшу пропускну здатність, необхідну для сучасних цифрових технологій. Важливим аспектом є також спектральна ефективність, яка визначає, наскільки раціонально використовується частотний ресурс у кожній із систем.

Вибір між вузькосмуговими та широкосмуговими технологіями залежить від вимог до якості зв'язку, швидкості передачі даних, наявності частотного спектру та умов експлуатації. Сучасні телекомунікаційні мережі часто поєднують обидва підходи, забезпечуючи ефективний баланс між якістю зв'язку та оптимальним використанням ресурсів.

Завдання до роботи

Завдання 1. Розрахунок пропускну здатності вузькосмугових та широкосмугових каналів.

1. Розрахувати пропускну здатність каналів зв'язку для вузькосмугової та широкосмугової систем при різних значеннях смуги пропускання та рівнях сигнал/шум (SNR). Побудувати графіки залежності пропускну здатності від ширини смуги пропускання та рівня SNR.

Для обчислень використовуйте формулу Шеннона:

$$C = B \log_2(1 + SNR) \quad (7.1)$$

де C – пропускну здатність каналу (біт/с), B – ширина смуги пропускання (Гц), SNR – відношення сигнал/шум (безрозмірна величина).

Проведіть аналіз отриманих результатів та зробіть висновки щодо ефективності використання вузькосмугових і широкосмугових систем зв'язку.

Таблиця 7.1. Вихідні дані до завдання 1

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ширина смуги B, кГц	10	50	100	500	1000	2000	5000	10000	20000	50000
Відношення сигнал/шум (SNR)	5	10	20	30	50	100	200	500	1000	5000

Завдання 2. Класифікація технологій зв'язку за критерієм широкосмугового сигналу.

Для заданих технологій зв'язку обчислити базу сигналу B_s , визначити, які з наведених технологій можна вважати широкосмуговими.

$$B_s = T \cdot F \quad (7.2)$$

де T – тривалість сигналу (с), F – ширина спектра сигналу (Гц).

Розрахувати значення спектральної ефективності η для кожного виду зв'язку (визначає, наскільки ефективно використовується доступний частотний ресурс для передачі інформації). Порівняти отримані значення та визначити, які технології мають найефективніше використання спектра. Вона розраховується за формулою:

$$\eta = R/F$$

де η – спектральна ефективність (біт/с/Гц), R – швидкість передачі даних (біт/с), F – ширина спектра сигналу (Гц).

Таблиця 7.2. Вихідні дані до завдання 2

№	Вид зв'язку	Ширина спектра F , Гц	Тривалість символу T , с	Швидкість передачі R , Мбіт/с
1	Аналогова телефонія (PSTN)	3 100	1 мс	0,064
2	GSM (2G)	200 000	0,577 мс	0,270
3	Wi-Fi (802.11n, 20 МГц)	20 000 000	4 мкс	600
4	LTE (4G, мінімальний канал 1,4 МГц)	1 400 000	1 мкс	15
5	5G (широкосмуговий сигнал 100 МГц)	100 000 000	1 мкс	1000
6	Радіолокаційний імпульсний сигнал	100 000 000	1 мкс	10
7	Спутниковий зв'язок (Ka-діапазон)	500 000 000	0,1 мкс	155
8	Волоконно-оптичний зв'язок (DWDM)	50 000 000 000	10 нс	100000
9	Bluetooth (2,4 ГГц, вузькосмуговий)	1 000 000	625 мкс	3
10	Радіомовлення FM	200 000	10 мс	0,128

Контрольні питання

1. Що таке вузькосмугові та широкосмугові системи зв'язку? Яка між ними різниця?
2. Які основні характеристики вузькосмугових систем зв'язку?
3. Чому широкосмугові системи забезпечують вищу швидкість передачі даних порівняно з вузькосмуговими?
4. Які сучасні технології базуються на широкосмуговому зв'язку? Наведіть приклади.
5. Як впливає ширина смуги пропускання на спектральну ефективність системи?
6. У чому полягає основна перевага вузькосмугових систем у порівнянні з широкосмуговими?
7. Які технології забезпечують широкосмуговий мобільний зв'язок?
8. Як модуляція впливає на роботу вузькосмугових і широкосмугових систем?
9. Чому широкосмугові системи більш чутливі до перешкод?
10. Як сучасні мережі поєднують вузькосмугові та широкосмугові підходи для забезпечення ефективного зв'язку?

ЛІТЕРАТУРА

1. Вакуленко О. В., Голь В. Д., Ірха М. С., Хахлюк О. А. Лінії передачі: підручник. Київ : ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 218 с.
2. Голь В. Д., Ірха М. С. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: навч. Пос. Київ : ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 250 с.
3. Головін Ю. О. Основи радіозв'язку: підручник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Політехніка, 2021. 234 с
4. Головін Ю. О., Могилевич Д. І. Основи теорії радіозв'язку. Теоретичні основи та практичні аспекти. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 248 с.
5. Кучернюк П. В. Основи теорії телекомунікацій і радіотехніки: навчальний посібник для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 290 с.
6. Лошаков В. А., Наритник Т. М., Сабурова С. О. Системи і технології цифрового телебачення: навчальний посібник. К.: Талком, 2022. 285 с.
7. Blokdyk G. Telecommunications Network. A Complete Guide. 5STARCOoks, 2021. 306 p.
8. Raghunandan K. Introduction to Wireless Communications and Networks: A Practical Perspective (Textbooks in Telecommunication Engineering). Springer. 2022, 458 p.
9. Телекомунікаційні та інформаційні мережі URL: <https://ktpu.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/02/Vorobiyenko-P.P.-Telekomunikatsijni-ta-informatsijni-merezhi.pdf> (дата звернення 28.03.2025 р).
10. Сучасні телекомунікації URL: https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/259551/mod_resource/content/2/%D0%9B%D0%95%D0%9A1%20%D0%A6%D0%A2%D0%9C%D0%A2.pdf (дата звернення 28.03.2025 р).

I-74 Інформаційно-телекомунікаційні технології в суспільстві. Методичні вказівки до практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Комп'ютеризовані телекомунікаційні мережі» галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка денної та заочної форм навчання / уклад. Н.М. Якимчук. Луцьк: ЛНТУ, 2025. 32 с.

Комп'ютерний набір
Редактор

Н.М. Якимчук
Н.М. Якимчук

Підп. до друку «__»_____2025 р.
Формат 60x84/16. Папір офс.
Гарн. Таймс. Ум. друк. арк. 2.
Тираж 50 прим.

Інформаційно-видавничий відділ
Луцького національного технічного університету
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75
Друк – ІВВ ЛНТУ