

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Український державний університет
науки і технологій**

Кафедра «Електронні обчислювальні машини»

В авторській редакції

ТЕОРІЯ ІНФОРМАЦІЇ ТА КОДУВАННЯ

Навчально–методичні рекомендації
до лабораторних робіт

Електронне видання

ДНІПРО
2024

Упорядники:
Р. В. Рибалка, Л. С. Тимошенко

Електронне видання

Схвалено Групою забезпечення якості ОП «Комп'ютерна інженерія»
Протокол № 5 від 06.12.2023 р.
Схвалено Групою забезпечення якості ОП «Кібербезпека»
Протокол № 2 від 12.01.2024 р.

Т 33 Теорія інформації та кодування : навчально-методичні рекомендації до лабораторних робіт / упоряд. Р. В. Рибалка, Л. С. Тимошенко ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2024. – 43 с.

Навчально-методичні рекомендації призначені для використання студентами денної форми навчання освітнього ступеня «бакалавр» за ОПП «Комп'ютерна інженерія» спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» та ОПП «Кібербезпека» спеціальності 125 «Кібербезпека» під час виконання лабораторних робіт з дисципліни «Теорія інформації та кодування».

Навчально-методичні рекомендації містять основні теоретичні положення для засвоєння матеріалу, інструкції до виконання лабораторних робіт, вимоги до аналізу результатів та оформлення робіт.

Іл. 11. Табл. 13. Бібліогр.: 12 назв.

© Рибалка Р.В. та ін., упорядкування, 2024

© Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2024

Зміст

Вступ.....	4
Визначення номера варіанту завдання.....	5
Вимоги з охорони праці під час виконання лабораторних робіт.....	5
Початкові налаштування	7
Лабораторна робота № 1 Дослідження способів кодування повідомлень.....	8
Лабораторна робота № 2 Equation Section 2 Дослідження кодування джерела.....	11
Лабораторна робота № 3 Дослідження сучасних методів стиснення повідомлень.....	15
Лабораторна робота № 4 Equation Section 4 Дослідження основ контролю помилок	19
Лабораторна робота № 5 Дослідження кодування каналу.....	24
Лабораторна робота № 6 Дослідження неперервного каналу з шумом.....	28
Лабораторна робота № 7 Дослідження передавання сигналів в ло- кальних мережах.....	32
ДОДАТОК 1	38
ДОДАТОК 2.....	399
ДОДАТОК 3	40
ДОДАТОК 4.....	41
Бібліографічний список	42

Вступ

Навчально–методичні рекомендації складено відповідно до освітньо-професійної програми «Комп'ютерна інженерія» спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» та освітньо-професійної програми «Кібербезпека» спеціальності 125 «Кібербезпека». Методичні рекомендації сприяють формуванню у студентів комплексу знань, умінь, навичок, необхідних для розуміння основних положень теорії інформації, а також понять, структур, принципів дії систем кодування інформації основних аудіо-, відео- технологій, що ґрунтується на засадах аналогової та цифрової техніки, техніки обробки та передачі інформації.

Вимоги до попередніх знань та умінь: знання з ОК7 «Теорія ймовірності та математична статистика», а також уміння використовувати комп'ютер.

Вимоги до програмних засобів: Microsoft 365.

Використання технічних засобів: лабораторні роботи виконуються на комп'ютері, наданому університетом, або на комп'ютері здобувача освіти (Здобувач).

Якщо лабораторні роботи виконуються в спеціально призначеному приміщенні університету, то Здобувач зобов'язаний виконувати вимоги правил техніки безпеки та поведіння у цьому приміщенні (доводяться до Здобувача перед початком/ на початку першого лабораторного заняття).

Якщо лабораторні роботи виконуються на комп'ютері, наданому університетом, то:

- Здобувачу заборонено змінювати налаштування програмної та технічної частини комп'ютера, окрім випадків, визначених цими методичними рекомендаціями.
- У разі виникнення питань чи непередбаченої роботи обладнання – повідомити відповідальному працівнику університету (черговому по аудиторії, викладачу тощо).

Вимоги до оформлення протоколу/звіту з лабораторної роботи (Звіт):

- Звіт оформляється з використанням засобів комп'ютерної техніки та роздруковується на аркушах формату А4 (шрифт основного тексту Times New Roman, шрифт тексту програм – моноширинний, розмір шрифту – мінімум 10 пт.). Допускається: оформлення власноруч та прикріплення додатків (рисунок, таблиця, текст програми тощо за потреби), які надруковано за допомогою комп'ютерної техніки.
- Звіт містить інформацію, яка ідентифікує його виконавця: прізвище та ім'я Здобувача, номер академічної групи, номер варіанту (якщо вимагається в лабораторній роботі, то надається викладачам).
- Наповнення Звіту відповідає розділу «Зміст звіту».

- Записи порядку виконання лабораторної роботи в тесті Звіту позначаються номером відповідного пункту порядку виконання лабораторної роботи.

Порядок проведення лабораторного заняття: Здобувач виконує експериментальні дослідження відповідно до цих методичних рекомендацій, оформлює та захищає Звіт.

Здобувач допускається до захисту Звіту, якщо наповнення Звіту відповідає вимогам у розділі «Зміст звіту».

Визначення номера варіанту завдання

Номер варіанту завдання позначається цілим числом і дорівнює сумі двох останніх цифр у шифрі Здобувача (номер індивідуального навчального плану), якщо не вказано іншого. Якщо чисельне значення номера варіанту завдання перевищує максимальне значення у множині номерів варіантів певної ЛР, то номером варіанту вважати число, яке відображене на цю множину за принципом «mod N».

Приклад: мінімальний номер варіанта в ЛР – один, максимальний номер – 15. Якщо Здобувачу повідомлено номер варіанту 17 (або, наприклад, 32), то прийняти за номер варіанту Здобувача значення $17-15=2$ (або $32-2 \times 15=2$, відповідно). Якщо чисельне значення номера варіанту завдання менше за мінімальне значення у множині номерів варіантів певної ЛР, то номером варіанту вважати число, яке дорівнює мінімальному значенню множини номерів варіантів ЛР.

ВИМОГИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Загальні положення

Якщо ЛР виконуються в спеціально призначеному приміщенні університету, то Здобувач зобов'язаний виконувати вимоги правил техніки безпеки та поведіння у цьому приміщенні (повідомляються Здобувачу перед початком або на початку першого лабораторного заняття).

Якщо ЛР виконуються на комп'ютері, наданому університетом, то:

- Здобувачу *заборонено* змінювати налаштування програмної та технічної частини комп'ютера, окрім випадків, визначених цими НМР та вказівками відповідального працівника університету (чергового по аудиторії, викладача тощо далі – Відповідальний).
 - У разі виникнення питань чи непередбаченої роботи обладнання Здобувач зобов'язаний терміново повідомити Відповідальному.
- Обладнання робочого місця користувача комп'ютера (далі – Користувач):
- Основне: монітор, клавіатура, робочий стіл, стілець (крісло);
 - Допоміжне: підставка для ніг, шафи, полиці та інше.

Взаємне розташування елементів робочого місця Користувача не повинно заважати виконанню необхідних рухів та переміщень для експлуатації комп'ютера; сприяти оптимальному режиму праці й відпочинку, зниженню втоми Користувача.

Поверхню екрана монітора потрібно розташувати в оптимальній зоні інформаційного поля в площині, перпендикулярній нормальній лінії погляду Користувача, який знаходиться в робочій позі. Допускається:

- відхилення від цієї площини не більше 45° ;
- відхилення лінії погляду від нормального не більше 30° .

Розташувати монітор на робочому місці необхідно так, щоб поверхня екрана знаходилась на відстані 500...600 мм від очей Користувача, залежно від розміру екрана.

Клавіатуру потрібно розташовувати на робочому столі (не допускаючи її хитання) або на окремому столі (якщо клавіатуру виконано як окремий пристрій) на відстані 100...300 мм від краю, що є ближчим до Користувача. Положення клавіатури та кут її нахилу (в межах $5...15^{\circ}$) повинен відповідати побажанням Користувача.

Крісло повинно забезпечувати підтримування раціональної робочої пози під час виконання основних операцій. Поверхня сидіння має бути плоскою, передні краї – закругленими.

Раціональна поза Користувача: розташування тіла, при якому ступні Користувача розташовані на площині підлоги або на підставці для ніг, стегна зорієнтовані у горизонтальній площині, верхні частини рук – вертикальні, кут ліктьового суглоба коливається у межах $70...90^{\circ}$, зап'ястя зігнуті під кутом не більше ніж 20° , нахил голови – у межах $15...20^{\circ}$, а також виключені часті її повороти.

Вимоги безпеки перед початком роботи

Оглянути робоче місце на відсутність сторонніх предметів. Якщо комп'ютер виконано у версії, якою передбачено під'єднання периферійного обладнання за допомогою з'єднувальних шнурів (кабелів), то перевірити, чи все необхідне обладнання з'єднано відповідно.

Перевірити надійність встановлення апаратури на робочому столі. Монітор повинен розміщуватись *не* на краю стола. Повернути монітор так, щоб було зручно дивитися на екран – під прямим кутом (а не збоку) і трохи звернувши вниз; при цьому екран має бути трохи нахиленим – нижній його край ближче до Користувача.

Оглянути та перевірити загальний стан апаратури, справність електропроводки, з'єднувальних шнурів (кабелів), штепсельних вилок, розеток, заземлення захисного екрана.

У разі виявленні будь-яких несправностей чи невідповідностей, роботу *не* розпочинати і повідомити про це Відповідальному.

Вимоги безпеки під час роботи

Під час роботи на клавіатурі Користувач повинен сидіти прямо, не напружуватися.

Заборонено:

- самостійно ремонтувати та очищувати апаратуру на робочому місці;
- перевищувати тривалість безперервної роботи за монітором, що складає 2 години без регламентованої перерви.

Вимоги безпеки після закінчення роботи

У разі потреби зберегти файли, які є відкритими та перебувають в режимі редагування. Забрати з робочого місця особисті речі Користувача.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У випадку раптового припинення постачання електроенергії вимкнути комп'ютер у такій послідовності: периферійні пристрої (у т.ч. монітор), процесор, стабілізатор напруги (якщо є), витягнути штепсельні вилки з розеток.

При виявленні ознак горіння (дим, запах гару):

1. Вимкнути апаратуру, повідомити Відповідальному (у разі його відсутності знайти джерела займання і вжити заходів щодо ліквідації займання).
2. Якщо немає можливості швидкого відключення електропроводів від джерел постачання, частину що горить, потрібно тушити тільки вуглекислотним вогнегасником або сухим піском.

Якщо стався нещасний випадок, потрібно:

1. Надати потерпілому першу медичну допомогу.
2. Повідомити Відповідальному.
3. У разі потреби викликати «швидку допомогу».

Початкові налаштування

Якщо лабораторна робота виконується на комп'ютері, наданому університетом, то для збереження результатів виконання лабораторної роботи (ЛР) створити каталог:

4. Уточнити у викладача розташування на комп'ютері, призначене для збереження файлів Здобувачів, та перейти до цього розташування.

5. Створити робочий каталог з іменем в форматі `НомерГрупи_Прізвище`, де `НомерГрупи` та `Прізвище` – номер групи та прізвище Здобувача відповідно. В подальшому результати всіх ЛР зберігати лише в даному робочому каталозі.

6. Створити каталог з іменем в форматі `ЛР_номер`, де `номер` – номер поточної ЛР (наприклад, «ЛР_1»).

7. Перейти в каталог «ЛР_номер». В подальшому результати всіх поточних ЛР зберігати у відповідних каталогах.

Лабораторна робота № 1

Дослідження способів кодування повідомлень

Мета роботи: дослідити властивості повідомлень залежно від способів їх кодування.

Короткі теоретичні відомості

UTF-8 — сучасне кодування, що реалізовує представлення Юнікода, сумісне з 8-бітовим кодуванням тексту. Текст, що складається тільки з символів з номером менше 128, при записі в UTF-8 перетворюється на звичайний текст ASCII. Під дискретизацією сигналів розуміють перетворення функцій безперервних змінних у функції дискретних змінних, за якими вихідні безперервні функції можуть бути відновлені із заданою точністю. Роль дискретних відліків виконують, як правило, квантовані значення функцій в дискретної шкалою координат. Під квантуванням розуміють перетворення неперервної за значеннями величини у величину з дискретною шкалою значень з кінцевого безлічі дозволених, які називають рівнями квантування.

Порядок виконання лабораторної роботи

1. Ознайомитись з кодовою таблицею стандарту Unicode:
 - 1.1. За допомогою інтернет-оглядача («browser») перейти на сайт «Unicode Character Table» (див. дод. 3) та натиснути лівою кнопкою «миші» (ЛКМ) на вкладку «Unicode».
 - 1.2. У переліку розділів Unicode ЛКМ по розділу «Basic Latin».
 - 1.3. Порівняти символи на сторінці «Basic Latin» з символами основного набору стандарту ASCII/ANSI. Результат порівняння – до звіту.
2. Дослідити кодування символів відповідно UTF-8 та UTF-16:
 - 2.1. В стовпець «Символ» табл. 1.1 занести першу літеру власного імені в латинському та кириличному варіантах.
 - 2.2. Використовуючи поле для пошуку на сайті «Unicode Character Table» доповнити табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Кодування символів Unicode

Символ	Позначення в Unicode	UTF-8		UTF-16 (BE)		Двійковий код UTF-8 / UTF-16
		Byte	Hex	Byte	Hex	

2.3. На сайті «Unicode Character Table» ЛКМ по вкладці «Emoji». Обрати символ та доповнити ним табл. 1.1.

2.4. Заповнену табл. 1.1 – до звіту.

2.5. Порівняти довжини кодових слів у двійковому поданні табл. 1.1. Результат порівняння – до звіту.

3. Дослідити 16-кове відображення збережених текстових файлів для різних способів кодування:

3.1. За допомогою текстового редактора (наприклад, «Блокнот» для Windows, див. дод. 3) створити текст із власним іменем в латинському та кириличному варіантах на двох окремих рядках.

3.2. Зберегти цей текст у вигляді окремих файлів, використовуючи режими кодування UTF-8, UTF-16BE та ANSI (CP-1251).

3.3. Запустити «Far Manager» (див. дод. 3), перейти до робочого каталогу поточної ЛР: F9 / Left / Change Drive / обрати відповідний диск та каталог.

3.4. Обрати та виділити файл для дослідження.

3.5. Переглянути файл у текстовому поданні: натиснути клавішу F3. Якщо у нижньому рядку вікна «Far Manager» біля цифри «4» вказано «Text», то натиснути клавішу F4. Скріншот результату – до звіту. Файл не закривати.

3.6. Переглянути файл у шістнадцятковому поданні: якщо у відкритому файлі (п. 3.5) у нижньому рядку вікна «Far Manager» біля цифри «4» вказано «Hex», то натиснути клавішу F4. Скріншот результату – до звіту. Закрити файл: натиснути клавішу Esc (або F3, або F10).

3.7. Виконати пункти 3.4–3.6 для всіх файлів, які створено в п. 3.2.

4. Перевірити відповідність кодування символів кирилиці у файлі з ANSI кодової сторінці CP-1251 для Windows. Кодову сторінку CP-1251 для Windows знайти в Інтернет самостійно. Результат – до звіту.

5. Самостійно дослідити кодування переходу до наступного рядка (результат натискання клавіші Enter у текстовому файлі) за допомогою знаків управління інформаційним обміном стандарту ASCII/ANSI. Результат – до звіту.

6. Отримати у викладача звуковий файл (WAV) для дослідження:

6.1. Переглянути параметри файлу: натиснути правою кнопкою «миші» (ПКМ) по файлу, в меню обрати «Властивості», у вікні «Властивості» перейти на вкладку «Докладно».

6.2. Бітову швидкість кодування (бітрейт) – до звіту. Закрити вікно «Властивості».

7. Отримати у викладача додаток «SpecViz».

8. Дослідити подання звукового файлу в часовій та частотній областях:

8.1. Запустити додаток «SpecViz». Натиснути кнопку «Відкрити файл», обрати файл, отриманий в п. 6.

8.2. Скріншоти подання сигналу в часовій та частотній області – до звіту.

8.3. Визначити ефективну смугу частот сигналу зі скріншоту амплітудного спектру. Результат – до звіту.

8.4. ЛКМ по кнопці «Спектрограма». Скріншот спектрограми – до звіту.

8.5. Визначити кількість пауз в сигналі зі скріншоту спектрограми. Результат – до звіту.

9. Дослідити вплив глибини кольору растрового зображення на результат кодування.

9.1. Отримати у викладача файли із зображенням (TIFF).

9.2. Для кожного файлу: відкрити файл із зображенням у графічному редакторі (наприклад, «Paint» для Windows, див. дод. 3), доповнити табл. 1.2 – до звіту.

Таблиця 1.2

Кодування зображення

Назва файлу	Глибина кольору, біт	Розмір файлу, кбайт	Опис візуального сприйняття відображення

10. Дослідити вплив способу кодування зображення (растрова або координатна графіка) на його візуальне сприйняття.

10.1. Отримати у викладача файли із зображенням координатної графіки (SVG) та растрової графіки (TIFF).

10.2. Відкрити файли: SVG – засобами інтернет-оглядача, TIFF – у графічному редакторі (див. дод. 3). Збільшити масштаб відображення у п'ять разів. Доповнити табл. 1.2 – до звіту. При цьому стовпець «Глибина кольору, біт» не заповнювати.

Зміст звіту

1. Номер, тема, мета ЛР.

2. Пункти порядку виконання лабораторної роботи: 1.3, 2.4, 2.5, 3.5, 3.6, 4, 5, 6.2, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 9.2, 10.2.

3. Висновки.

Контрольні запитання

1. Основні особливості кодування в Unicode відповідно UTF-8.

2. Дискретизація безперервної величини.

3. Подання сигналу у часовій та частотній областях.

4. Растрова графіка.

5. Координатна графіка.

Лабораторна робота № 2

Дослідження кодування джерела

Мета роботи: дослідити властивості поширених методів статистичного кодування джерела.

Короткі теоретичні відомості

Теорема про кодування джерела стверджує, що ентропія алфавіту символів вказує в межах одного біта, скільки бітів в середньому потрібно використовувати для надсилання алфавіту. Безумовна ентропія — це кількість інформації, яка припадає на одне повідомлення джерела із статистично незалежними повідомленнями. Мірою порушення статистичної незалежності повідомлень x і y є умовна ймовірність $p(x/y)$.

Порядок виконання лабораторної роботи

1. Отримати у викладача початкові дані для виконання поточної ЛР (до звіту): ймовірності появи символів та послідовність появи символів.

2. Обчислити максимальну ентропію за виразом $H_{\max} = \log N$, де N — об'єм алфавіту (кількість повідомлень) відповідно даним з п. 1.

3. Дослідити властивості безумовної ентропії H :

3.1. Отримати у викладача файл з таблицею для обчислення ентропії.

3.2. Заповнити стовпець «ймовірність» групи стовпців «за варіантом» значеннями відповідно п. 1.

3.3. Методом підбору заповнити стовпець «ймовірність» групи стовпців «близький до рівномірного» значеннями, різниця між різними парами яких є мінімальною. При цьому ентропія близька до максимальної.

3.4. Методом підбору заповнити стовпець «ймовірність» групи стовпців «суттєво нерівномірний» значеннями, за яких ентропія є меншою за ентропії груп стовпців «за варіантом» та «близький до рівномірного».

3.5. Заповнену таблицю — до звіту.

3.6. Висновок стосовно того, для якого розподілу ймовірностей значення ентропії є найбільшим (найменшим) — до звіту.

4. Дослідити можливості стиснення методом Шеннона-Фено:

4.1. Отримати у викладача файл з таблицею для представлення коду Шеннона-Фено.

4.2. Заповнити стовпець «Імовірність» значеннями відповідно п. 1.

4.3. Виконати кодування методом Шеннона-Фено відповідно дод. 1. Результат покрокового виконання вказати у групі стовпців «Двійкові елементи кодових слів».

4.4. Заповнену таблицю — до звіту.

4.5. Обчислити надмірність кодування методом Шеннона-Фено

$$(n_{\text{ср.}} - H) / n_{\text{ср.}}, \quad (2.1)$$

де H – ентропія; $n_{\text{ср.}} = \sum_i p_i n_i$ – середня довжина кодового слова; p_i – імовірність появи i -го кодового слова; n_i – довжина i -го кодового слова.

4.6. Обчислити надмірність кодування (2.1), якщо кожному символу відповідає кодове слово довжиною 8.

4.7. Висновок щодо ефективності кодування методом Шеннона-Фено порівняно з кодуванням за п. 4.6 – до звіту.

5. Дослідити однозначну декодованість коду Шеннона-Фено:

5.1. Застосувати кодову таблицю (п. 4.3) для кодування послідовності символів за варіантом відповідно п. 1. Результуючу двійкову послідовність – до звіту.

5.2. Застосувати кодову таблицю (п. 4.3) для декодування двійкової послідовності (п. 5.1). Результуючу послідовність символів – до звіту.

5.3. Висновок щодо однозначної декодованості коду Шеннона-Фено – до звіту.

6. Дослідити стійкість коду Шеннона-Фено до зміни розподілу ймовірностей появи символів:

6.1. В кодовій таблиці (п. 4.3) в стовпці «Імовірність» поміняти місцями значення найбільшої та найменшої імовірності. При цьому кодові слова не змінювати.

6.2. Обчислити значення надмірності (2.1). Результат – до звіту.

6.3. Порівняти значення надмірностей (2.1) для даного розподілу ймовірностей зі значеннями, отриманими в п. 4.5 та 4.6. Результат – до звіту.

7. Дослідити можливості стиснення методом Хаффмана:

7.1. Отримати у викладача файл з таблицею для представлення коду Хаффмана.

7.2. Заповнити стовпець «Імовірність» значеннями відповідно п. 1.

7.3. Виконати кодування методом Хаффмана відповідно дод. 2. Результат покрокового виконання вказати у групі стовпців «Кроки об'єднання символів та їх імовірностей».

7.4. Заповнену таблицю та кодове дерево (дод. 2) – до звіту.

7.5. Обчислити надмірність кодування методом Хаффмана (2.1). Результат – до звіту.

7.6. Обчислити надмірність кодування (2.1), якщо кожному символу відповідає кодове слово довжиною 8.

7.7. Висновок щодо ефективності кодування методом Хаффмана порівняно з кодуванням за п. 7.6 – до звіту.

8. Дослідити однозначну декодованість коду Хаффмана:

8.1. Застосувати кодову таблицю (п. 7.3) для кодування послідовності символів за варіантом відповідно п. 1. Результуючу двійкову послідовність – до звіту.

8.2. Застосувати кодову таблицю (п. 7.3) для декодування двійкової послідовності (п. 8.1). Результуючу послідовність символів – до звіту.

8.3. Висновок щодо однозначної декодованості коду Хаффмана – до звіту.

9. Дослідити стійкість коду Хаффмана до зміни розподілу ймовірностей появи символів:

9.1. В кодовій таблиці (п. 7.3) в стовпці «Ймовірність» поміняти місцями значення найбільшої та найменшої ймовірності. При цьому кодові слова не змінювати.

9.2. Обчислити значення надмірності (2.1). Результат – до звіту.

9.3. Порівняти значення надмірностей (2.1) для даного розподілу ймовірностей зі значеннями, отриманими в п. 7.5 та 7.6. Результат – до звіту.

10. Висновок щодо порівняння властивостей кодування методами Шеннона-Фено та Хаффмана – до звіту.

11. Дослідити значення ентропії повідомлень, що наближені до реальних.

11.1. Отримати у викладача файли для дослідження.

11.2. Запустити додаток «StatDemo».

11.3. ЛКМ по меню «Файл», «Відкрити», обрати файл з переліку п. 11.1.

11.4. ЛКМ по меню «Статистика», «Загальна». Даними з вікна «Статистика» доповнити табл. 2.1. Закрити вікно «Статистика».

11.5. Повторити пункти 11.3 та 11.4 для усіх інших файлів з переліку п. 11.1.

Таблиця 2.1

Ентропія

Файл		Об'єм алфавіту	Ентропія, біт			
назва	розмір, байт		максимальна	безумовна	умовна 1-го порядку	умовна 2-го порядку

11.6. Заповнену табл. 2.1 – до звіту.

11.7. Порівняти між собою значення ентропії для кожного файлу окремо та між файлами. Результат – до звіту.

12. Дослідити можливості стиснення повідомлень, що наближені до реальних.

12.1. Отримати у викладача файли для дослідження.

12.2. Запустити додаток «PrArchDemo».

12.3. ЛКМ по меню «Файл», «Відкрити», обрати файл з переліку п. 12.1.

12.4. Зі спадного списку «Алгоритм» ЛКМ по «Huffman». Натиснути кнопку «Стиснення».

12.5. Даними (див. вікно додатку) доповнити стовпці «Назва файлу» та «Huffman» табл. 2.2.

Результати статистичного стискання

Назва файлу	Частина, яку складає від 8 біт		Частина, яку складає розмір файлу після стиснення (%) відносно оригінального файлу методом	
	безумовна ентропія, %	умовна ентропія 2-го порядку, %	Huffman	Huffman adaptive

12.6. Зі спадного списку «Алгоритм» ЛКМ по «Huffman adaptive». Натиснути кнопку «Стиснення».

12.7. Даними (див. вікно додатку) доповнити стовпець «Huffman adaptive» табл. 2.2.

12.8. Доповнити стовпці групи «Частина, яку складає від 8 біт» значеннями ентропії з відповідних стовпців табл. 2.1.

12.9. Повторити пункти 12.3–12.8 для усіх інших файлів з переліку п. 12.1.

12.10. Заповнену табл. 2.2 – до звіту.

12.11. Порівняти результат стиснення методами «Huffman» та «Huffman adaptive» (табл. 2.2), у т.ч. їх наближення до відповідних значень частини, яку складає від 8 біт безумовна ентропія та умовна ентропія 2-го порядку. Результат – до звіту.

Зміст звіту

1. Номер, тема, мета ЛР.
2. Пункти порядку виконання лабораторної роботи: 1, 3.5, 3.6, 4.4, 4.7, 5.1, 5.2, 5.3, 6.3, 7.4, 7.5, 7.7, 8.1, 8.2, 8.3, 9.2, 9.3, 10, 11.6, 11.7, 12.10, 12.11.
3. Висновки.

Контрольні запитання

1. Теорема про кодування джерела.
2. Безумовна Ентропія.
3. Умовна Ентропія.
4. Статистичне кодування. Метод Шеннона-Фено.
5. Статистичне кодування. Метод Хаффмена.

Лабораторна робота № 3

Дослідження сучасних методів стиснення повідомлень

Мета роботи: дослідити властивості сучасних методів стиснення без та з втратами.

Короткі теоретичні відомості

Стиснення даних — це процедура перекодування даних, яка проводиться з метою зменшення їхнього обсягу, розміру, об'єму. Стиснення базується на усуненні надлишку інформації, яка міститься у вихідних даних. Ідея методу стиснення зображень JPEG перебуває в поділі інформації в зображенні за рівнем важливості, і потім відкиданні менше важливої її частини, зменшуючи тим самим загальний об'єм збережених даних.

Порядок виконання лабораторної роботи

1. Дослідити ефективність стиснення файлів з різним типом вмісту (текст, зображення).

1.1. Отримати у викладача файли для дослідження.

1.2. Запустити додаток «7-Zip» (див. дод. 3).

1.3. У вікні оглядача файлів «7-Zip» ЛКМ по файлу з переліку п. 1.1.

1.4. ЛКМ по меню «Файл», «7-Zip», «Додати до архіву».

1.5. У вікні з налаштуваннями встановити метод стиснення «LZMA», натиснути кнопку «ОК».

1.6. Доповнити табл. 3.1: назвою оригінального файлу (перед стисненням), розміром файлів перед та після стиснення.

Таблиця 3.1

Результати стиснення методом LZMA

Назва файлу	Розмір файлу, кБ		Частина, яку складає розмір файлу після стиснення відносно оригінального файлу, %	Кількість разів, в яку стиснено файл, од.	Розмір пам'яті, потрібної для стиснення, МБ
	перед стисненням	після стиснення			

1.7. Обчислити частину, яку складає розмір файлу після стиснення відносно оригінального файлу у відсотках, та вказати у відповідному стовпці табл. 3.1.

1.8. Обчислити кількість разів, в яку стиснено файл, та вказати у відповідному стовпці табл. 3.1.

1.9. Повторити пункти 1.3–1.8 для усіх інших файлів з переліку п. 1.1.

1.10. Заповнену табл. 3.1 – до звіту.

1.11. Висновки щодо ефективності стиснення за даними табл. 3.1 (залежність результату стиснення від подання інформації) – до звіту.

2. Дослідити ефективність стиснення текстового файлу різними методами.

2.1. Серед файлів з переліку п. 1.1. обрати файл ТХТ. Його назву – до звіту.

2.2. Використати додаток «7-Zip» для стискання обраного файлу (п. 2.1) методами «LZMA», «BZip2», «PPMd» аналогічно п. 1. Результати – в табл. 3.2 (до звіту).

Таблиця 3.2

Результати стиснення текстового файлу різними методами

Назва методу стиснення	Розмір файлу, кБ		Частина, яку складає розмір файлу після стиснення відносно оригінального файлу, %	Кількість разів, в яку стиснено файл, од.	Розмір пам'яті, потрібної для стиснення, МБ
	перед стисненням	після стиснення			
LZMA					
BZip2					
PPMd					

2.3. Висновки щодо ефективності стиснення за даними табл. 3.2 – до звіту.

3. Дослідити стійкість методу словникового стискання до структури тексту повідомлення:

3.1. Отримати у викладача каталог «LZSS-demo».

3.2. У цьому каталозі запустити файл «index.html».

3.3. Згенерувати фрагмент псевдовипадкового тексту за допомогою генератора «Lorem Ipsum Generator». Для цього перейти за відповідним посиланням (див. дод. 3). Натиснути кнопку «Генерувати», після чого натиснути кнопку «Копіювати».

3.4. В інтернет-оглядачі перейти до сторінки (вкладки), яку відкрито після виконання п. 3.2.

3.5. Вставити скопійований текст (п. 3.3) у поле введення «Вхідне повідомлення» (оригінальне повідомлення).

3.6. Натиснути кнопку «Кодувати».

3.7. Доповнити відповідні стовпці рядку «Псевдовипадковий» табл. 3.3:

- розміром повідомлення перед та після кодування;
- частиною, яку складає розмір повідомлення після стиснення відносно оригінального повідомлення, %.

Таблиця 3.3

Результати стиснення текстового повідомлення різними методами

Тип тексту оригінального повідомлення	Розмір повідомлення, байт		Частина, яку складає розмір повідомлення після стиснення відносно оригінального повідомлення, %
	перед стисненням	після стиснення	
Псевдовипадковий			
Містить повтори слів (речень)			

3.8. Замінити псевдовипадковий текст у полі введення «Вхідне повідомлення» (оригінальне повідомлення) на текст, який містить повтори слів (речень), для цього: скопіювати перші два слова першого речення, очистити поле, вставити скопійований текст у те ж поле 80 разів.

3.9. Виконати пункти 3.6 та 3.7 але для рядку «Містить повтори слів (речень)».

3.10. Заповнену табл. 3.3 – до звіту.

3.11. Висновки щодо ефективності стиснення за даними табл. 3.3 – до звіту.

4. Дослідити методи стиснення зображень:

4.1. Отримати у викладача файли (формату BMP з вмістом типу «подібне на фотографічне», «ділова графіка») для дослідження.

4.2. Відкрити у графічному редакторі (наприклад, «Paint» для Windows, див. дод. 3) файл (п. 4.1) із зображенням, подібним на фотографічне.

4.3. Доповнити відповідні стовпці табл. 3.4 рядком з назвою файлу та його розміром перед стисненням.

Таблиця 3.4

Результати стиснення файлу із зображенням різними методами

Назва файлу	Розмір файлу, кБ		Цільовий формат файлу	Частина, яку складає розмір файлу після стиснення відносно оригінального файлу, %
	перед стисненням	після стиснення		

4.4. Зберегти зображення у форматі JPEG.

4.5. Доповнити відповідні стовпці табл. 3.4 поточного рядку розміром файлу після стиснення, цільовим форматом (4.4) та обчисленим значенням частини, яку складає розмір файлу після стиснення відносно оригінального файлу, %.

4.6. Виконати пункти 4.2–4.5 для таких цільових форматів: TIFF, GIF, PNG.

4.7. Виконати пункти 4.2–4.6 для інших файлів з переліку п. 4.1.

4.8. Заповнену табл. 3.4 – до звіту.

4.9. Порівняти ефективність стиснення файлу із зображенням залежно від цільового формату та вмісту оригінального файлу. Результат – до звіту.

5. Дослідити зміни у якості зображення під час стиснення методом JPEG.

5.1. Запустити додаток «graphics-demo.exe», ЛКМ по меню «Файл», «Відкрити файл». У разі відображення повідомлення про помилку виконати дії відповідно дод. 4.

5.2. ЛКМ по файлу формату BMP (п. 4.1) із зображенням, подібним на фотографічне, натиснути кнопку «Відкрити».

5.3. Обрати на зображенні фрагмент з порівняно нерівномірним забарвленням (різні кольори) та ЛКМ по ньому (або задати координати пікселя у полях «X=», «Y=»), натиснути кнопку «Прийняти».

5.4. Скріншот фрагменту зображення «Повнокольоровий режим» у групі «Матриці кольорів» – до звіту.

5.5. Скріншоти компонентів Y, U, V – до звіту.

5.6. Натиснути кнопку «Пряме перетворення» у групі «Матриці кольорів», виконати п. 5.5.

5.7. Натиснути кнопку «Прийняти» у групі «Ступінь огрублення», виконати п. 5.5.

5.8. Натиснути кнопку «Зворотнє перетворення» у групі «Спектральний аналіз», виконати пункти 5.4 та 5.5.

5.9. Порівняти якість фрагменту зображення перед (п. 5.4) та після (п. 5.8) стиснення. Результат – до звіту.

Зміст звіту

1. Номер, тема, мета ЛР.
2. Пункти порядку виконання лабораторної роботи: 1.10, 1.11, 2.1, 2.2, 2.3, 3.10, 3.11, 4.8, 4.9, 5.4, 5.5, 5.9.
3. Висновки.

Контрольні запитання

1. Порівняння методів стиснення: з використанням словника (LZ), сортування (BWT) та прогнозування (PPM).
2. Метод стиснення з використанням словника.
3. Сортувальний метод стиснення.
4. Дискретне косинусне перетворення.
5. Метод стиснення зображень JPEG.

Лабораторна робота № 4

Дослідження основ контролю помилок

Мета роботи: дослідити вплив виникнення помилок в дискретному каналі з шумом на процес пересилання повідомлень та певні способи контролю помилок.

Короткі теоретичні відомості

Код з контролем по парності - код, в якому здійснюється обчислення або перевірочний розрахунок з метою верифікації, для з'ясування, чи дотримується запропонована умова парності. Лінійні коди також відносяться до кодів з перевіркою на парність. Ітеративні коди (коди Елайеса), якщо вони орієнтовані на виправлення однократних помилок, являють собою, як правило, дво-мірні лінійні коди з кодуванням рядків і стовпців завадостійкими кодами з перевіркою на парність

Порядок виконання лабораторної роботи

1. Отримати у викладача початкові дані для виконання поточної ЛР (до звіту).

2. Дослідити залежність ємності двійкового симетричного каналу від імовірності помилки в каналі.

2.1. Отримати у викладача файл з таблицею «Пропускна спроможність двійкового симетричного каналу без пам'яті». Відкрити цей файл.

2.2. Заповнити стовпець «Імовірність помилки» значеннями ймовірностей помилок за варіантом (п. 1), довжини повідомлення та технічної швидкості передачі.

2.3. Заповнену таблицю – до звіту.

2.4. Побудувати графік залежності ємності каналу від імовірності помилки. Результат – до звіту.

2.5. Вираз для обчислення ємності двійкового симетричного каналу залежно від імовірності помилки в каналі – до звіту.

2.6. Висновок щодо відповідності результатів обчислення (п. 2.4) виразу ємності каналу (п. 2.5) – до звіту.

3. Дослідити можливості виправлення помилок в системі Вердана за мажоритарного декодування та двократного повторення повідомлення:

3.1. Заповнити групу стовпців «Вхід декодера» табл. 4.1 («Однократна помилка»):

- рядок № 1 – кодове слово зі стовпця «1» групи стовпців «Повідомлення» даних за варіантом (п. 1);
- рядок № 2 – копія рядка № 1, причому в один з елементів (обрати самостійно) внести помилку (інвертувати значення елементу);
- рядок № 3 – копія рядка № 1.

- Рядок «Вихід декодера» (для кожного елемента повідомлення окремо) – значення елемента, що найбільш часто зустрічається в стовпці.

Таблиця 4.1

Пересилання повідомлення в системі Вердана

№ з/п	Вхід декодера			
	1	2	3	4
1				
2				
3				
Вихід декодера				

3.2. Заповнену табл. 4.1 – до звіту.

3.3. Висновок щодо можливості системи Вердана виправляти однократну помилку – до звіту.

3.4. Створити другий екземпляр табл. 4.1 («Двократна помилка») шляхом копіювання значень «Однократна помилка» (п. 3.1) та внесення таких змін:

- в рядку № 2 – копія рядка № 1, причому у два елементи (обрати самостійно) внести помилку (інвертувати значення елементів);
- обчислити значення елементів рядка «Вихід декодера».

3.5. Заповнений другий екземпляр табл. 4.1 («Двократна помилка») – до звіту.

3.6. Висновок щодо можливості системи Вердана виправляти двократну помилку – до звіту.

3.7. Створити третій екземпляр табл. 4.1 («Багатократна помилка») шляхом копіювання значень «Однократна помилка» (п. 3.1) та внесення таких змін:

- в рядку № 2 – копія рядка № 1, причому в усі елементи внести помилку (інвертувати значення елементів);
- обчислити значення елементів рядка «Вихід декодера».

3.8. Заповнений третій екземпляр табл. 4.1 («Багатократна помилка») – до звіту.

3.9. Висновок щодо можливості системи Вердана виправляти багатократну помилку – до звіту.

3.10. Обчислити надмірність коду (або певного повідомлення) за виразом

$$\mu = \frac{r}{n}, \quad (4.1)$$

де r – кількість контрольних символів (надмірні елементи), n – довжина повідомлення (кількість символів у повідомленні).

В системі Вердана r дорівнює сумарній кількості елементів в рядках № 2 та 3 групи стовпців «Вхід декодера»; n дорівнює сумарній кількості елементів в усіх рядках групи стовпців «Вхід декодера». Результат – до звіту.

4. Дослідити можливості завадостійкого коду з контролем парності:

4.1. Заповнити рядок № 1 табл. 4.2:

- у групі стовпців «Вхід кодера» записати кодове слово зі стовпця «1» групи стовпців «Повідомлення» даних за варіантом (п. 1);
- в стовпці «Контрольний символ (для рядка)» – значення, яке дорівнює сумі за модулем два елементів повідомлення (група стовпців «Вхід кодера»);
- у групі стовпців «Кодове слово після внесення помилки» – повідомлення з групи «Вихід кодера», до якого внесеною помилку кратністю, що рівна значенню в стовпці «Кратність помилки» – кількість інвертованих значень елементів (конкретні елементи обрати самостійно);
- в стовпці «Помилку в рядку виявлено (так/ні)» – «так», якщо сума за модулем два елементів кодового слова у групі стовпців «Кодове слово після внесення помилки» дорівнює одиниці, «ні» – в іншому випадку.

Таблиця 4.2

Кодування кодом з контролем парності

№ з/п	Вихід кодера					Кратність помилок	Кодове слово після внесення помилки					Помилку в рядку виявлено (так/ні)
	Вхід кодера				Контрольний символ (для рядка)							
1						0						
2						0						
3						1						
4												
5												
Контрольний символ (для стовпця)						0						
Помилку в стовпці виявлено (так/ні)												

4.2. Виконати п. 4.1 для «№ з/п» рівного двом. У групі стовпців «Вхід кодера» записати кодове слово зі стовпця «2» групи стовпців «Повідомлення» даних за варіантом (п. 1).

4.3. Продовжити заповнення рядків табл. 4.2 з третього по п'ятий включно:

- в рядках з непарним номером вказувати повідомлення з рядку № 1, в рядках з парним номером – повідомлення з рядку № 2;
- в стовпці «Кратність помилки» рядка № 4 вказати «2», рядка № 5 – «3».

4.4. Заповнену табл. 4.2 – до звіту.

4.5. Висновок щодо кратності помилки, яку може виявити та (або) виправити код з контролем парності – до звіту.

4.6. Обчислити надмірність (4.1) для одного з рядків у групі стовпців «Вихід декодера». Результат – до звіту.

5. Дослідити можливості завадостійкого ітеративного коду з контролем парності:

5.1. Інтерпретувати елементи рядків № 1–5 групи «Вихід кодера» як єдине об'єднане повідомлення (у формі «матриці»), яке подається на вхід іншого кодера, що також кодує кодом з контролем парності кожен стовпець цієї «матриці» окремо.

5.2. Заповнити рядок «Контрольний символ (для стовпця)» табл. 4.2:

- групу «Вихід кодера» – значеннями, які дорівнюють сумі за модулем два елементів у кожному зі стовпців «матриці»;
- інші незаповнені стовпці – аналогічно п. 4.1.

5.3. Заповнити рядок «Помилку в стовпці виявлено (так/ні)» табл. 4.2: «так», якщо сума за модулем два елементів кожного відповідного стовпця окремо у групі стовпців «Кодове слово після внесення помилки» дорівнює одиниці, «ні» – в іншому випадку.

5.4. Доповнену табл. 4.2 – до звіту.

5.5. Висновок щодо кратності помилки, яку може виявити та (або) виправити ітеративний код з контролем парності – до звіту.

5.6. Обчислити надмірність (4.1) для кодового слова на виході декодера, яке представлено у вигляді матриці з рядками № 1–5 та «Контрольний символ (для стовпця)» і стовпцями – група стовпців «Вихід декодера». Результат – до звіту.

6. Дослідити можливості завадостійкого ітеративного коду з контролем парності виправляти помилки:

6.1. Створити другий екземпляр табл. 4.2 «Однократна помилка в рядку № 3» шляхом копіювання значень табл. 4.2 та внесення таких змін:

- в рядках № 4, 5 у стовпці «Кратність помилки» задати значення «0»;
- оновити значення в рядках № 4, 5 стовпців «Кодове слово після внесення помилки» та «Помилку в рядку виявлено (так/ні)»;

- оновити значення в рядках «Контрольний символ (для стовпця)» та «Помилку в стовпці виявлено (так/ні)».
- 6.2. Заповнений другий екземпляр табл. 4.2 («Однократна помилка в рядку № 3») – до звіту.
- 6.3. Обчислити виправлене кодове слово для рядка № 3 групи стовпців «Кодове слово після внесення помилки» як поелементне додавання за модулем два рядків № 1, 2, 4, 5 та «Контрольний символ (для стовпця)». Порівняти обчислений виправлений рядок № 3 з оригінальним рядком у групі стовпців «Вихід декодера». Результат – до звіту.
- 6.4. Створити третій екземпляр табл. 4.2 «Багатократна помилка в рядку № 3» шляхом копіювання значень таблиці «Однократна помилка в рядку № 3» (п. 6.1) та внесення таких змін:
- в рядку № 3 у стовпці «Кратність помилки» задати значення «5»;
 - оновити значення в рядках № 3 стовпців «Кодове слово після внесення помилки» та «Помилку в рядку виявлено (так/ні)»;
 - оновити значення в рядках «Контрольний символ (для стовпця)» та «Помилку в стовпці виявлено (так/ні)».
- 6.5. Заповнений третій екземпляр табл. 4.2 («Багатократна помилка в рядку № 3») – до звіту.
- 6.6. Виконати п. 6.3.
- 6.7. Висновок щодо кратності помилки, яку може виправити ітеративний код з контролем парності – до звіту.
7. Порівняти надмірності повідомлення, яке пересилається в системі Вердана з двократним повторенням (п. 3.10), коду з контролем парності (п. 4.6) та ітеративного коду з контролем парності (п. 5.6). Результат – до звіту.

Зміст звіту

1. Номер, тема, мета ЛР.
2. Пункти порядку виконання лабораторної роботи: 1, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 3.2, 3.3, 3.5, 3.6, 3.8, 3.9, 3.10, 4.4, 4.5, 4.6, 5.4, 5.5, 5.6, 6.2, 6.3, 6.5, 6.7, 7.
3. Висновки.

Контрольні запитання

1. Ємність двійкового симетричного каналу без пам'яті.
2. Пересилання повідомлень в системі Вердана.
3. Код з контролем парності.
4. Ітеративні коди.
5. Спосіб виправлення помилок в ітеративному коді з контролем парності.

Лабораторна робота № 5

Дослідження кодування каналу

Мета роботи: дослідити коригувальну здатність коду Хеммінга, циклічного коду CRC та згорткового коду Фінка.

Короткі теоретичні відомості

Код Хемінга відноситься до систематичних кодів, в яких з n символів, які утворюють комбінацію, n_0 символів є інформаційними, а останні $k = n - n_0$ з надлишковими (контрольними), призначеними для перевірки (контрольні символи у всіх комбінаціях займають однакові позиції).

Порядок виконання лабораторної роботи

1. Отримати у викладача початкові дані для виконання поточної ЛР (до звіту).
2. Дослідити роботу коду Хеммінга (7,4) у разі відсутності помилок в каналі:
 - 2.1. Отримати у викладача додаток «Correcting-code». Запустити файл «Correcting-code.exe».
 - 2.2. У вікні додатку «Correcting-code» обрати пункт меню «Код Хеммінга».
 - 2.3. У поле «Передані дані» (секція «Джерело» вікна додатку «Correcting-code») ввести шістнадцяткове значення зі стовпця «Нех-значення (напівбайт)» за варіантом (п. 1).
 - 2.4. Натиснути кнопку «Кодування».
 - 2.5. Доповнити табл. 5.1 новим рядком:
 - стовпець «вхід» групи стовпців «Кодер (двійкове подання)» – інформаційні біти (секція «Отримувач» вікна додатку «Correcting-code»);
 - стовпець «вихід» групи стовпців «Кодер (двійкове подання)» – кодове слово з секції «Канал» вікна додатку «Correcting-code»;
 - стовпець «Кратність помилки» – значення «0».

Таблиця 5.1

Кодування кодом Хеммінга

№ з/п	Кодер (двійкове подання)		Кратність помилки	Кодове слово після внесення помилки	Синдром помилки	Кодове слово після виправлення помилки	Помилку виявлено та/або виправлено
	вхід	вихід					

- 2.6. До стовпця «Кодове слово після внесення помилки» табл. 5.1 – кодове слово з секції «Канал» вікна додатку «Correcting-code».

- 2.7. Натиснути кнопку «Передавання».
- 2.8. Натиснути кнопку «Декодування».
- 2.9. Синдром помилки (секція «Декодер» вікна додатку «Correcting-code») – до стовпця «Синдром помилки» табл. 5.1.
- 2.10. Повідомлення зі спливаючого вікна про те, чи виявлено помилку – до стовпця «Помилку виявлено та/або виправлено» табл. 5.1.
- 2.11. Натиснути кнопку «Продовжити» (або кнопку «Так»).
- 2.12. Кодове слово з секції «Канал» вікна додатку «Correcting-code» – до стовпця «Кодове слово після виправлення помилки».
- 2.13. Висновок про те, чи виправлено помилку – до стовпця «Помилку виявлено та/або виправлено» табл. 5.1.
- 2.14. Натиснути кнопку «Скидання».
- 2.15. Заповнену табл. 5.1 – до звіту.
3. Дослідити роботу коду Хеммінга (7,4) для однократної помилки в каналі:
 - 3.1. Виконати пункти 2.3–2.5 з такими змінами:
 - стовпець «Кратність помилки» – значення «1»;
 - 3.2. Внести помилку у кодове слово, яке буде переслано по каналу: ЛКМ по двійковому елементу кодового слова в секції «Канал» вікна додатку «Correcting-code» (обрати самостійно), натиснути клавішу «Пробіл».
 - 3.3. Виконати пункти 2.6–2.14.
 - 3.4. Доповнену частину табл. 5.1 – до звіту.
4. Дослідити роботу коду Хеммінга (7,4) для двократної помилки в каналі:
 - 4.1. Виконати кроки аналогічно п. 3 з такими змінами:
 - стовпець «Кратність помилки» – значення «2»;
 - в секції «Канал» вікна додатку «Correcting-code» інвертувати 2 двійкових елементи (обрати самостійно).
 - 4.2. Заповнену табл. 5.1 – до звіту.
5. Дослідити роботу циклічного коду у разі відсутності помилок в каналі:
 - 5.1. Створити другий екземпляр табл. 5.1 з назвою «Кодування циклічним кодом».
 - 5.2. Запустити файл «Correcting-code.exe».
 - 5.3. У вікні додатку «Correcting-code» обрати пункт меню «Циклічний код».
 - 5.4. У поле «Передані дані» (секція «Джерело») ввести шістнадцяткове значення зі стовпця «Нех-значення (напівбайт)» за варіантом (п. 1), поставити позначку біля утворюючого поліному за варіантом (п. 1) в секції «Утворюючий поліном» вікна додатку «Correcting-code».
 - 5.5. Натиснути кнопку «Кодування».
 - 5.6. Доповнити другий екземпляр табл. 5.1 («Кодування циклічним кодом») новим рядком:

- стовпець «вхід» групи стовпців «Кодер (двійкове подання)» – інформаційні біти (секція «Отримувач»);
 - стовпець «вихід» групи стовпців «Кодер (двійкове подання)» – кодове слово з секції «Канал»;
 - стовпець «Кратність помилки» – значення «0».
- 5.7. Виконати п. 3.3 для другого екземпляру табл. 5.1 («Кодування циклічним кодом»).
- 5.8. Заповнений другий екземпляр табл. 5.1 («Кодування циклічним кодом») – до звіту.
6. Дослідити роботу циклічного коду для однократної помилки в каналі:
- 6.1. Виконати пункти 5.4–5.6 для другого екземпляру табл. 5.1 («Кодування циклічним кодом») з такими змінами:
- стовпець «Кратність помилки» – значення «1»;
- 6.2. Внести помилку у кодове слово, яке буде переслано по каналу: ЛКМ по двійковому елементу кодового слова в секції «Канал» (обрати самостійно), натиснути клавішу «Пробіл».
- 6.3. Виконати п. 5.7 для другого екземпляру табл. 5.1 («Кодування циклічним кодом»).
- 6.4. Доповнену частину другого екземпляру табл. 5.1 («Кодування циклічним кодом») – до звіту.
7. Дослідити роботу циклічного коду для двократної помилки в каналі:
- 7.1. Виконати кроки аналогічно п. 6 для другого екземпляру табл. 5.1 («Кодування циклічним кодом») з такими змінами:
- стовпець «Кратність помилки» – значення «2»;
 - в секції «Канал» вікна додатку «Correcting-code» інвертувати 2 двійкових елементи (обрати самостійно).
- 7.2. Доповнену частину другого екземпляру табл. 5.1 («Кодування циклічним кодом») – до звіту.
8. Дослідити роботу найпростішого коду Фінка у разі відсутності помилок в каналі:
- 8.1. Створити третій екземпляр табл. 5.1 з назвою «Кодування найпростішим кодом Фінка».
- 8.2. Запустити файл «Correcting-code.exe».
- 8.3. У вікні додатку «Correcting-code» обрати пункт меню «Потоковий код».
- 8.4. У поле «Передані дані» (секція «Джерело» вікна додатку «Correcting-code») ввести шістнадцяткове значення зі стовпця «Hex-значення (байт)» за варіантом (п. 1), встановити позначку біля «Найпростіший код Фінка» в секції «Вибір режиму» вікна додатку «Correcting-code».
- 8.5. Натиснути кнопку «Кодування».
- 8.6. Доповнити третій екземпляр табл. 5.1 («Кодування найпростішим кодом Фінка») новим рядком:

- стовпець «вхід» групи стовпців «Кодер (двійкове подання)» – інформаційні біти (секція «Отримувач»);
 - стовпець «вихід» групи стовпців «Кодер (двійкове подання)» – кодове слово з секції «Канал»;
 - стовпець «Кратність помилки» – значення «0».
- 8.7. Виконати п. 3.3 для третього екземпляру табл. 5.1 («Кодування найпростішим кодом Фінка»).
- 8.8. Заповнений третій екземпляр табл. 5.1 («Кодування найпростішим кодом Фінка») – до звіту.
9. Дослідити роботу найпростішого коду Фінка для однократної помилки в каналі:
- 9.1. Виконати пункти 8.4–8.6 для третього екземпляру табл. 5.1 («Кодування найпростішим кодом Фінка») з такими змінами:
- стовпець «Кратність помилки» – значення «1»;
- 9.2. Внести помилку у кодове слово, яке буде переслано по каналу: ЛКМ по двійковому елементу кодового слова в секції «Канал» (обрати самостійно), натиснути клавішу «Пробіл».
- 9.3. Виконати п. 8.7 для третього екземпляру табл. 5.1 («Кодування найпростішим кодом Фінка»).
- 9.4. Доповнену частину третього екземпляру табл. 5.1 («Кодування найпростішим кодом Фінка») – до звіту.
10. Дослідити роботу найпростішого коду Фінка для двократної помилки в каналі:
- 10.1. Виконати кроки аналогічно п. 9 для третього екземпляру табл. 5.1 («Кодування найпростішим кодом Фінка») з такими змінами:
- стовпець «Кратність помилки» – значення «2»;
 - в секції «Канал» вікна додатку «Correcting-code» інвертувати 2 двійкових елементи (обрати самостійно).
- 10.2. Доповнену частину третього екземпляру табл. 5.1 («Кодування найпростішим кодом Фінка») – до звіту.
11. Дослідити роботу розширеного коду Фінка у разі відсутності помилок в каналі:
- 11.1. Створити четвертий екземпляр табл. 5.1 з назвою «Кодування розширеним кодом Фінка».
- 11.2. Виконати кроки аналогічно п. 8 для четвертого екземпляру табл. 5.1 («Кодування розширеним кодом Фінка») з такими змінами:
- встановити позначку біля «Розширений код Фінка» в секції «Вибір режиму» вікна додатку «Correcting-code».
- 11.3. Заповнений четвертий екземпляр табл. 5.1 («Кодування розширеним кодом Фінка») – до звіту.
12. Дослідити роботу розширеного коду Фінка для однократної помилки в каналі:

12.1. Виконати кроки аналогічно п. 9 для четвертого екземпляру табл. 5.1 («Кодування розширеним кодом Фінка») з такими змінами:

- встановити позначку біля «Розширений код Фінка» в секції «Вибір режиму» вікна додатку «Correcting-code».

12.2. Доповнену частину четвертого екземпляру табл. 5.1 («Кодування розширеним кодом Фінка») – до звіту.

13. Дослідити роботу розширеного коду Фінка для двократної помилки в каналі:

13.1. Виконати кроки аналогічно п. 10 для четвертого екземпляру табл. 5.1 («Кодування розширеним кодом Фінка») з такими змінами:

- встановити позначку біля «Розширений код Фінка» в секції «Вибір режиму» вікна додатку «Correcting-code».

13.2. Доповнену частину четвертого екземпляру табл. 5.1 («Кодування розширеним кодом Фінка») – до звіту.

13.3. Порівняти здатність розглянутих кодів виявляти та (або) виправляти помилки. Результат – до звіту.

Зміст звіту

1. Номер, тема, мета ЛР.
2. Пункти порядку виконання лабораторної роботи: 2.15, 3.4, 4.2, 5.8, 6.4, 7.2, 8.8, 9.4, 10.2, 11.3, 12.2, 13.2, 13.3
3. Висновки.

Контрольні запитання

1. Кодування кодом Хеммінга.
2. Декодування кодом Хеммінга.
3. Кодування циклічним кодом.
4. Декодування циклічним кодом.
5. Параметри коду Фінка.

Лабораторна робота № 6

Дослідження неперервного каналу з шумом

Мета роботи: закріпити знання про інформаційну модель безперервного каналу з шумом та напрями узгодження параметрів сигналу та характеристик каналу; проаналізувати підходи до узгодження смуги частот сигналу та каналу для імпульсних та маніпульованих сигналів; проаналізувати теоретичні підходи до оцінювання завадостійкості основних видів маніпуляції сигналів та встановлення балансу швидкості передачі та завадостійкості.

Короткі теоретичні відомості

Модуляція — процес зміни в часі за заданим законом показників (характеристик) якогось з регуляторних фізичних процесів. Прикладне значення має модуляція коливань — накладання низькочастотного інформаційного сигналу на високочастотний сигнал-носії для передавання даних на великі відстані. Розрізняють аналогову, цифрову та імпульсну модуляції.

Порядок виконання лабораторної роботи

1. Отримати у викладача дані для виконання поточної лабораторної роботи (до звіту).

2. Дослідити залежності пропускної спроможності каналу від ширини його смуги частот та щільності «білого шуму»:

2.1. Отримати у викладача електронну таблицю “Пропускна спроможність безперервного каналу із шумом.xls”.

2.2. За варіантом внести значення Вихідних значень розрахунків до електронної таблиці “Пропускна спроможність безперервного каналу із шумом.xls”.

2.3. Результати навести в табл. 6.1 та перенести до звіту.

2.4. До звіту навести діаграми «Можливе інформаційне навантаження сигналу від ширини смуги каналу та щільності "білого шуму"» та «Пропускна спроможність каналу від ширини смуги та щільності "білого шуму"».

Таблиця 6.1

Аналіз пропускної спроможності безперервного каналу

N	Шири-на сму-ги ка-налу			Можливе інформаційне навантаження сигналу		Ширина смуги каналу	Пропускна спроможність каналу	
				Iс (біт/сигнал)			C (Мбіт/с)	
	Δfk (МГц)	X1	X2	pe1	pe2	Fk (МГц)	pe1	pe2
Вихідні дані розрахунків:								
Ширина				Δfkmin			dfk	

смуги (МГц)						
Потужність сигналу (мВт)			P_x			
Щільність шуму (мкВт/Гц)			p_{e1}		p_{e2}	

3. Проаналізувати обмеження швидкості передачі та погодження спектру сигналів з умовами каналу:

3.1. Проаналізувати особливості спектру імпульсних сигналів. Параметри спектра у відповідності до індивідуального варіанта відобразити на рис. 6.1. та перенести до звіту.

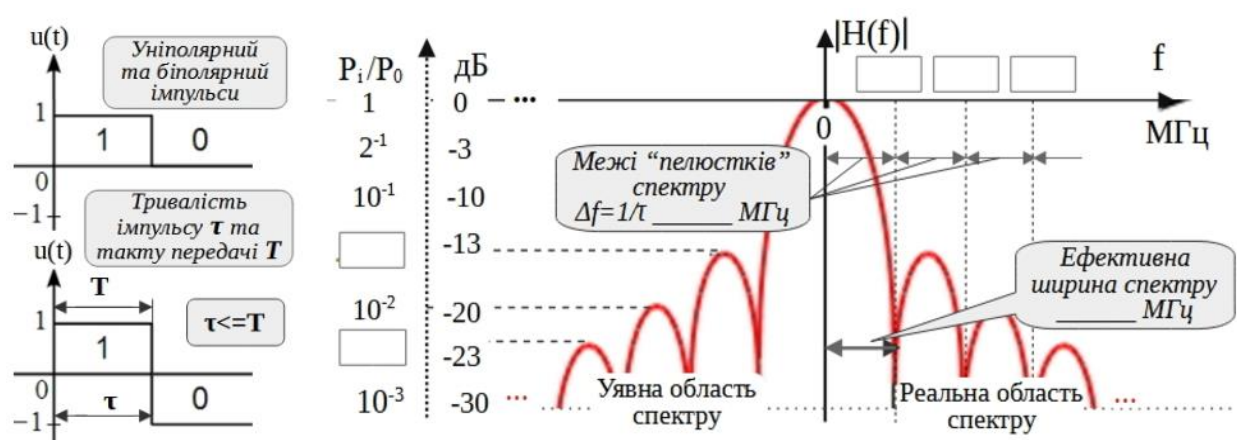


Рис. 6.1 Параметри спектру прямокутних імпульсних сигналів (для тривалості імпульсів τ)

3.2. Проаналізувати особливості спектру двійкової фазової маніпуляції (BPSK). Значення параметрів у відповідності до індивідуального варіанта відобразити на рис. 6.2 та перенести до звіту.

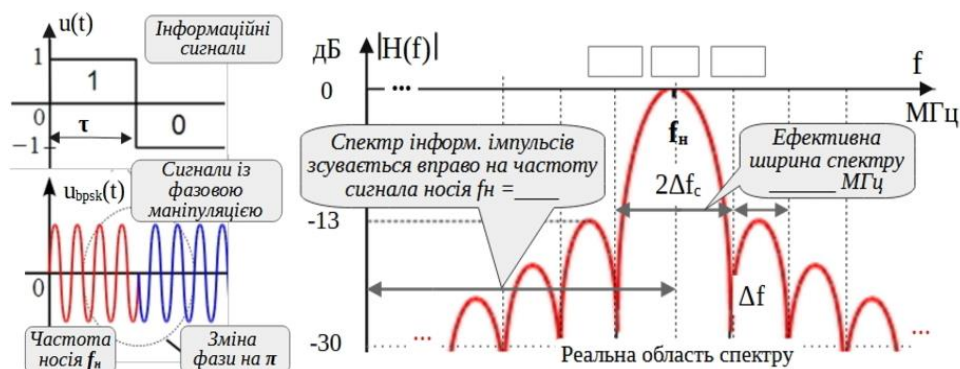


Рис. 6.2 Параметри спектру сигналів двійкової фазової маніпуляції (для тривалості інформаційних імпульсів τ та частоти сигналу носія f_n)

3.3. Дослідити узгодження спектрів імпульсних та маніпульованих сигналів (BPSK) із смугою частот каналу. Значення параметрів згідно варіанту відобразити на рис. 6.3 та перенести до звіту.

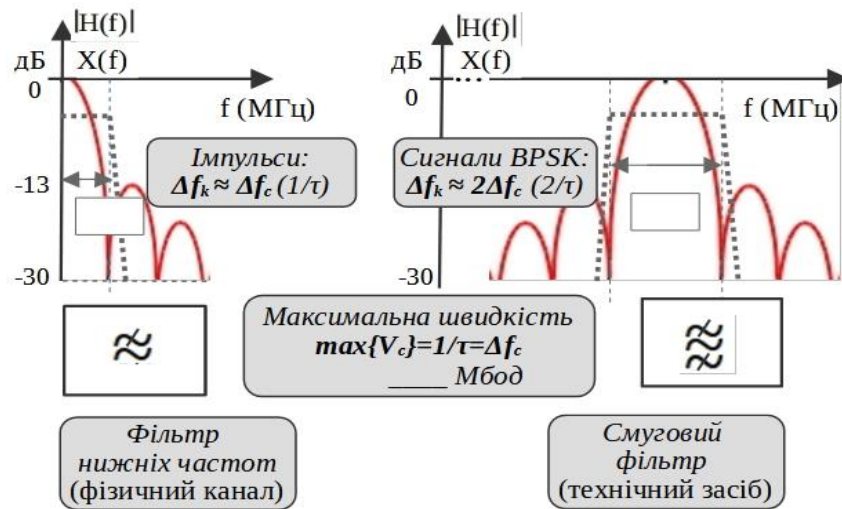
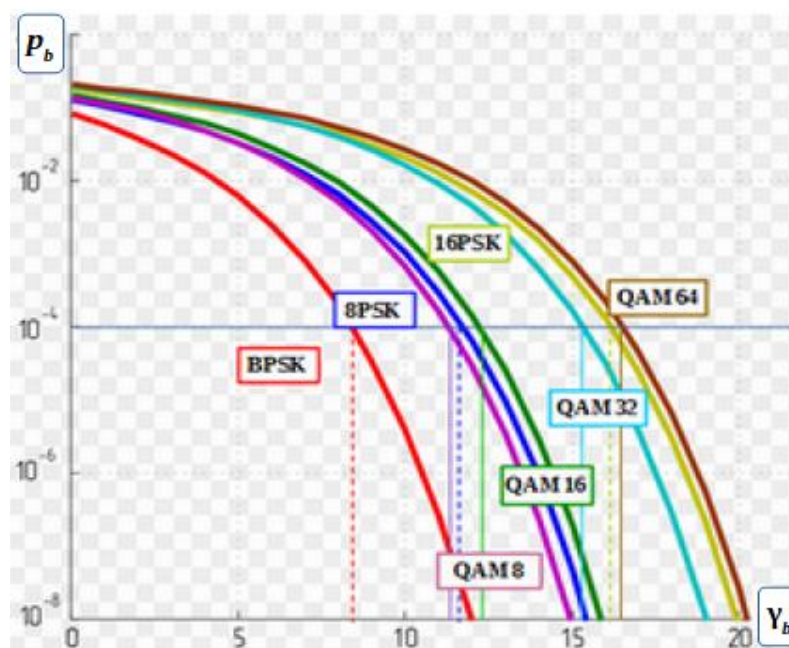


Рис. 6.3 Погодження сигналів та каналу, швидкість передачі (для тривалості інформаційних імпульсів $\tau = \underline{\hspace{1cm}}$ та частоти сигналу носія $f_n = \underline{\hspace{1cm}}$)

4. Проаналізувати обмеження інформативності сигналів та баланс швидкості та завадостійкості:

4.1. Проаналізувати способи недвійкової маніпуляції з позицій балансу між швидкістю передачі та завадостійкістю сигналів. Використати характеристики потенційної завадостійкості основних видів маніпуляції сигналів, що одержані на базі теоретичної моделі та відображені на рис. 6.4. Результати аналізу за даними індивідуального варіанту навести в табл. 6.2 до звіту.



Таблиця 6.2

Порівняння видів маніпуляції сигналів

Вид маніпуляції	Приклад сигнальної діаграми	Інформаційне навантаження (біт/сигнал)	Задана ймовірність помилок	Потрібне співвідношення сигнал/шум (дБ)

Зміст звіту

1. Номер, тема, мета ЛР.
2. Пункти порядку виконання лабораторної роботи: 2.3, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1.
3. Висновки.

Контрольні запитання

1. Типові спотворення форми прямокутних імпульсних сигналів.
2. Моделі для оцінювання потенційної завадостійкості.
3. Вплив виду модуляції на спектр сигналу.
4. Спектри прямокутних імпульсних сигналів.
5. Основні види модуляції.

Лабораторна робота № 7

Дослідження передавання сигналів в локальних мережах

Мета роботи: закріпити знання про особливості практичного застосування методів кодування сигналів в сучасних локальних мережах; одержати уявлення про стандарти фізичного рівня передачі для провідних та безпроводних локальних мереж.

Короткі теоретичні відомості

Набір стандартів зв'язку IEEE 802.11 використовується для комунікації в бездротовій локальній мережевій зоні частотних діапазонів 2,4; 3,6 та 5 ГГц. Користувачам більш відомий за назвою Wi-Fi, запропонованим і просуваються організацією Wi-Fi Alliance. Набув широкого поширення завдяки розвитку в мобільних електронно-обчислювальних пристроях: КПК і ноутбуках.

Порядок виконання лабораторної роботи

1. Отримати у викладача дані для виконання поточної лабораторної роботи (до звіту).

2. Проаналізувати типові рішення щодо передачі сигналів в провідних локальних мережах:

2.1. Побудувати часові діаграми для імпульсних сигналів в провідних локальних мережах згідно варіанту (за зразком на рис. 7.1). Діаграми – до звіту.

2.2. В звіті описати спосіб формування та властивості цих сигналів щодо ширини спектру, здатності до самосинхронізації та усунення інтерференції, а також сфери їх застосування.

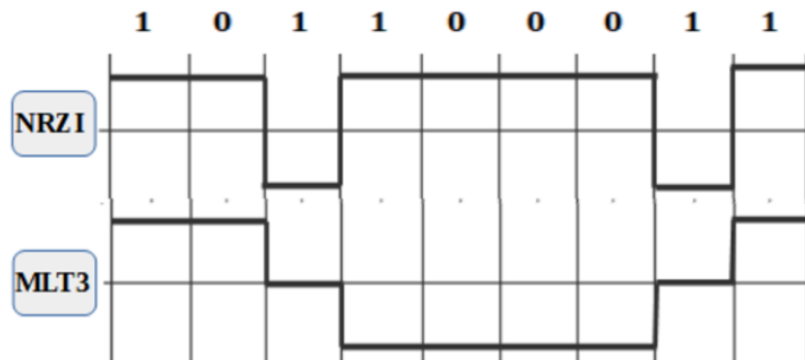


Рис. 7.1 Часові діаграми типових сигналів передачі даних

2.3. Проаналізувати таблицю логічного кодування сигналів за надмірною схемою 4В/5В за даними варіанту. Відобразити результати кодування даних та символів управління на схемі мережевого кадру (рис. 7.2) у звіті.

Таблиця кодування за схемою 4В/5В					
Перекодування потоку даних				Символ	Код
Дані	4В/5В	Дані	4В/5В	ЧАС	Значення
0000	11110	1000	10010	я	11111
0001	01001	1001	10011	J	11000
0010	10100	1010	10110	K	10001
0011	10101	1011	10111	L	00110
0100	01010	1100	11010	Q	00000
0101	01011	1101	11011	p	00111
0110	01110	1110	11100	S	11001
0111	01111	1111	11101	T	01101

Прагн.	Поч.	Зміст мережового кадру				Закінч.	Прагн.
я	JK	Преамбула	Параметри	Дані	CRC	T	я
				...			

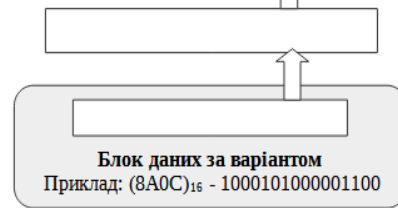


Рис. 7.2 Логічне кодування за збитковою схемою 4В/5В

2.4. Виконати завдання з скремблювання потоку даних згідно варіанту за схемою перекодування бітів

$$b_i = a_i + b_{i-3} + b_{i-5}$$

та відповідною схемою відновлення

$$c_i = b_i + c_{i-3} + c_{i-5}$$

Відобразити результати у звіті за зразком на рис. 7.3.

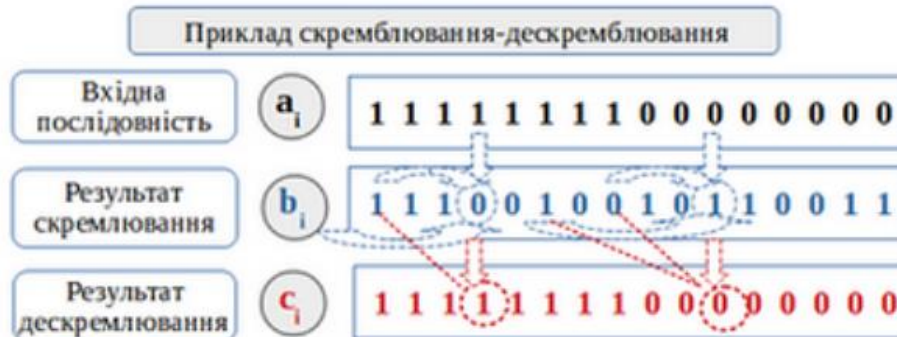


Рис. 7.3 Приклад не надмірного логічного кодування скремлюванням

2.5. Проаналізувати етапи розвитку провідної передачі сигналів в локальних мережах на прикладі поколінь стандарту 802.3 (фізичний рівень Ethernet), використовуючи довідкову таблицю на рис. 7.4.

2.6. В звіті описати формування потрібного рівня бітрейту для заданого варіантом стандарту, виходячи із параметрів фізичного та логічного кодування сигналів та характеристик середовища передачі (кількість провідників та ширина частотної смуги).

Порівняння стандартів сімейства 802.3 (фізичний рівень мережі Ethernet)

Група стандарт	Швидкість передачі	Стандарт	Довжина сегменту	Фізичний носій	Смуга (мідь) / Хвиля (оптика)	Кільк. пров.	Особливості передачі	Фізичне кодув.	Логічне код-ня
Base-T* (мідна кручена пара)	100 Мбіт/с	100Base-T	100 м	Cat 3	16 МГц	4	3 * 25 МГц, по чергово	MLT-3	8B6T
	-	100Base-TX	100 м	Cat 5, 5e	100, 125 МГц	2	1*100 в один бік	MLT-3	4B5B
	1000 Мбіт/с	1000Base-T	100 м	Cat 5e	100, 125 МГц	4	4*(125*2) в обидва боки	РAМ-5	8В10В
	-	1000Base-TX	100 м	Cat 6	250 МГц	2	2*(250*2) в один бік	РAМ-5	8В10В
	10 Гбіт/с	10GBase-T	100 м	Cat 6a, 7	500*, 600 МГц	4	4*(800*4) в обидва боки	РAМ-16	8В10В
Base-*X (оптичне волокно)	100 Мбіт/с	100Base-FX	400 м	ММ	850 нм	2		NRZI	8В10В
	-	100Base-FX	< 100 км	SM	1310 нм	2		NRZI	8В10В
	1000 Мбіт/с	1000Base-SX/LX	220/550 м	ММ	850 /1310 нм	2		NRZI	8В10В
	-	1000Base-EX/ZX	< 40/70 км	SM	1310 /1550 нм	2		NRZI	8В10В
	10 Гбіт/с	10GBASE-S	<30-300 м	ММ	850 нм	2		NRZI	8В10В
	-	10GBASE-E	<10-80 км	SM	1310 /1550 нм	2		NRZI	8В10В

* стандарт 10GBase-T передбачає використання швидкості передачі сигналів 800 Мбод при ширині смуги каналу від 500 МГц. Дефіцит смуги каналу компенсується застосуванням збиткових кодів для виправлення помилок на рівні передачі сигналів.

Рис. 7.4 Параметри провідної передачі сигналів згідно стандартам мережі Ethernet

3. Проаналізувати типові рішення щодо передачі сигналів в безпроводних мережах:

3.1. Ознайомитись з властивостями чіпової послідовності на базі кода Баркера, яка застосована в базовому протоколі стандарту 802.11a (WiFi).

3.2. Згідно варіанту вичислити значення автокореляційної функції при одержанні сигналу «свого», або «чужого» (циклічний зсув). Результати відобразити у звіті за зразком на рис. 7.5

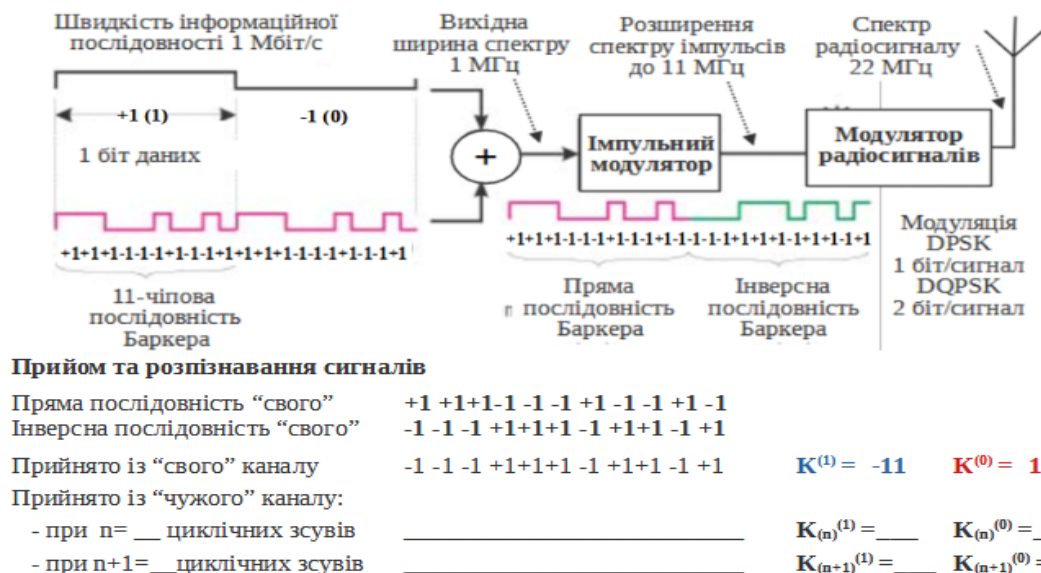


Рис. 7.5 Формування та розпізнавання сигналу із розширеним спектром в DSSS

3.3. Проаналізувати властивості компліментарного CCK-кодування чіпових послідовностей в протоколі 802.11b (WiFi).

3.4. Згідно варіанту за правилами ССК створити набір фаз вісімки чіпових сигналів. Відобразити у звіті за зразком рис. 7.6.

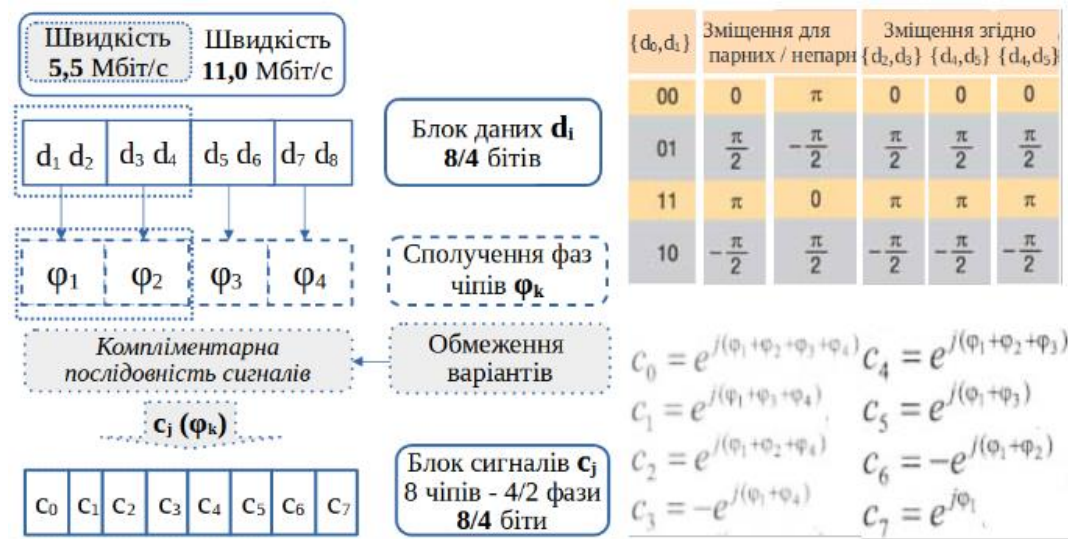


Рис. 7.6 Формування чіпових послідовностей сигналів за правилами кодування ССК

3.5. Проаналізувати основні напрямки еволюції технологій безпроводної передачі сигналів на прикладі розвитку стандарту 802.11 (WiFi) — рис. № 7.7.

3.7. Згідно варіанту в звіті описати основні фактори зростання швидкості передачі при переході до нової версії стандарту.

Порівняння стандартів сімейства 802.11 (технологія WiFi)

Стандарт	Рік впров.	Діапазон частоти (ГГц)	Швидк. (Мб/с)	Технологія розділення сигналів	Смуга каналу (МГц)	Символьна швидкість (10^6 симв/с)	Модуляція (маніпуляція)	Інф-сть (біт/симв)	Швидкі. кодування	Потоки
802.11	1997	2.4	1 2	Баркер (11) DSSS	20	1	DBPSK QPSK	1 2	-	1
802.11 b	1999	2.4	5.5 11	CCK (8) DSSS	20	1,375*	DBPSK QPSK	4** 8**	-	1
802.11 g	2003	2.4	6 / 9 24 54	OFDM	20	12***	BPSK 16-QAM 64-QAM	1 4 6	1/2 / 2/3 1/2 3/4	1
802.11 n	2009	2,4 / 5,0	600**** 150	OFDM	40	24	64-QAM	6	5/6	4 1
802.11 ac	2014	5,0	3460 433	OFDM	80	48	256QAM	8	5/6	8 1
802.11 ax	2019	2,4 / 5,0	10 Гб/с?	OFDM	160	96	1024QAM	10	5/6	8

* за рахунок скорочення кількості чіпів (в 11/8=1,375 разів)

** зарахунок підвищення інформативності ССК порівняно із кодом Баркера

*** за рахунок паралельної передачі підканалами OFDM

**** при скороченому захисному інтервалі в OFDM

Рис. 7.7 Огляд параметрів безпроводної передачі сигналів згідно стандартам технології WiFi

Зміст звіту

1. Номер, тема, мета ЛР.

2. Пункти порядку виконання лабораторної роботи: 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.6, 3.2, 3.4, 3.6
3. Висновки.

Контрольні запитання

4. Особливості збиткової схеми логічного кодування 8B10B.
5. Основні характеристики реалізації спільного доступу до середовища передачі згідно базового стандарту 802.11a безпроводних мереж WiFi.
6. Реалізація спільного доступу до середовища передачі згідно стандарту 802.11b безпроводних мереж WiFi.
7. Основні характеристики імпульсних сигналів NRZ для передачі даних по кабелям.
8. Особливість імпульсних сигналів PAM-5.

ДОДАТОК 1

Алгоритм кодування Шеннона–Фено:

1. Розташувати повідомлення в стовпці таблиці в порядку зменшення (не зростання) їх ймовірностей;
2. Розділити повідомлення з п. 1 на 2 групи (верхня та нижня частини таблиці) так, щоб різниця між сумарними ймовірностями груп була мінімальною серед усіх можливих варіантів розбиття на групи;
3. Повідомленням 1-ї групи (верхня частина таблиці) поставити у відповідність «0» (або «1») як перший елемент шуканого кодового слова. Повідомленням 2-ї групи (нижня частина таблиці) – навпаки, «1» (або «0»);
4. Повторювати п.п. 1–3 для кожної групи окремо. Завершити виконання для окремої групи, якщо вона містить одне (неподільне) повідомлення;
5. Кодове слово для певного повідомлення – послідовність символів в рядку відповідного повідомлення.

ДОДАТОК 2

Алгоритм кодування Хаффмана:

1. Розташувати повідомлення в стовпці таблиці в порядку зменшення (не зростання) їх ймовірностей;
2. Два останніх повідомлення об'єднати в одне укрупнене (допоміжне) та поставити у відповідність їх сумарну ймовірність появи;
3. Для укрупненого та всіх інших (не брали участі в об'єднанні) повідомлень виконати п. 1 (результат – в новий стовпець таблиці) та п. 2;
4. Повторювати п. 3 до отримання стовпця, що містить єдине укрупнене повідомлення з ймовірністю появи 1.

Створення кодових слів за допомогою кодового дерева:

1. Створити вершину дерева (останнє укрупнене повідомлення з імовірністю появи 1);
2. Знизу створити 2 вершини (відповідають повідомленням, з яких складається попередня вершина графу): лівій поставити у відповідність повідомлення з більшою ймовірністю появи (ребру графу – «0», або «1»), а правій – з не більшою (ребру графу – навпаки, «1», або «0»);
3. Повторювати п. 2 для кожної вершини дерева. Завершити виконання для вершини, якщо вона представляє лише одне (неподільне) повідомлення;
4. Кодове слово для певної вершини (повідомлення) – послідовність символів на ребрах графу на шляху від вершини дерева до відповідної вершини.

ДОДАТОК 3

Приклади безкоштовних додатків (сервісів), які можна використовувати для виконання лабораторних робіт:

- 7-Zip – архіватор файлів. Доступний для завантаження за посиланням <https://www.7-zip.org/download.html>
- Far Manager – додаток для керування файлами. Доступний для завантаження за посиланням <https://www.farmanager.com/download.php?l=en>
- FastStone Image Viewer – оглядач зображень з можливістю їх редагування. Доступний за посиланням <https://www.faststone.org/>
- Lorem Ipsum Generator – он-лайн сервіс для генерування тексту «Lorem Ipsum» (замінник тексту, який використовується у видавництві та графічному дизайні). Доступний за посиланням <https://loremipsum.io/generator/?n=1&t=p>
- Notepad++ – текстовий редактор. Доступний для завантаження за посиланням <https://notepad-plus-plus.org/downloads/>
- Unicode Character Table – веб-сайт, який представляє стандарт кодування Unicode. Доступний за посиланням <https://unicode-table.com/en/>

ДОДАТОК 4

Повідомлення про помилку:

- Component 'COMDLG32.OCX' or one of its dependencies not correctly registered: a file is missing or invalid
- Component 'TABCTL32.OCX' or one of its dependencies not correctly registered: a file is missing or invalid

Якщо лабораторна робота виконується на комп'ютері, наданому університетом, то подальші дії виконувати тільки за умови погодження працівника університету, який виконує роль адміністратора.

Послідовність дій для виправлення вказаних помилок:

1. Отримати у викладача файли «comdlg32.dll», «COMDLG32.OCX», «tabctl32.ocx».

2. В середовищі 32 bit Windows 7, Windows 8 або Windows 10:

2.1. Скопіювати файли «COMDLG32.OCX» та «tabctl32.ocx» до каталогу «C:\Windows\System32».

2.2. В тому ж каталозі знайти файл «cmd.exe» і натиснути по ньому правою кнопкою миші. У вікні контекстного меню ЛКМ по «Запустити від імені адміністратора».

2.3. У консольному вікні, яке відобразилось на екрані, написати (без подвійних лапок):

- «regsvr32 COMDLG32.OCX», натиснути клавішу Enter;
- «regsvr32 tabctl32.ocx» (без подвійних лапок) і натиснути клавішу Enter.

3. В середовищі 64 bit Windows 7, Windows 8 або Windows 10:

3.1. Скопіювати файли «COMDLG32.OCX» та «tabctl32.ocx» до каталогу «C:\Windows\SysWOW64».

3.2. Виконати п. 2.2.

3.3. У консольному вікні, яке відобразилось на екрані, написати (без подвійних лапок):

- «C:\Windows\SysWOW64\Regsvr32 COMDLG32.OCX», натиснути клавішу Enter;
- «C:\Windows\SysWOW64\Regsvr32 tabctl32.ocx», натиснути клавішу Enter.

3.4. Якщо під час написання або виконання команд п. 3.3 виникають помилки, то виконати дії за п. 2.

3.5. Якщо помилки все ще відображаються, то виконати всі дії п. 3 але для файлу «comdlg32.dll» після чого перезавантажити комп'ютер.

Бібліографічний список

1. Абакумов В. Г. Теорія інформації та кодування : підручник. Київ : НТУУ «КПІ», 2009. Ч. 1. 90 с.
2. Жураковський Ю. П., Полторак В. П. Теорія інформації та кодування : підручник. Київ : Вища школа, 2001. 255 с.
3. Жураковський Ю. П., Гніліцький В. В. Теорія інформації та кодування в задачах : навч. посіб. Житомир: ЖІТІ, 2002. 230 с.
4. Подлевський Б. М., Рикалюк Р. Є. Теорія інформації : підручник. Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2016. 339 с.
5. Тулякова Н.О. Теорія інформації : навч. посіб. Суми : Вид-во СумДУ, 2008. 212 с.
6. Безруков В. В., Кізяков В. Я., Профатилов В. І. Теорія інформації : навч. посіб. Дніпропетровськ : ДІПТ, 2001. 110 с.
7. Решетник В. Я. Введення в теорію інформації : навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2002. 130 с.
8. Основи теорії інформації та кодування : навч. посіб. / Л. С. Сорока та ін. Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2008. 264 с.
9. Наукова бібліотека УДУНТ. URL: <https://library.diit.edu.ua/uk> (дата звернення: 01.12.2023).
10. Електронний каталог. *Наукова бібліотека Українського державного університету науки і технологій*. URL: <http://ecat.diit.edu.ua/> (дата звернення: 01.12.2023).
11. ДП "УКРНДНЦ" – Національний центр стандартизації та нормалізації. URL: <https://uas.gov.ua/> (дата звернення: 01.12.2023).
12. Дистанційний курс «Теорія інформації та кодування». *ННЦ "Лідер" Українського державного університету науки і технологій*. URL: <http://lider.diit.edu.ua/> (дата звернення: 01.12.2023).

Навчально-методичне видання

**Рибалка Роман Володимирович,
Тимошенко Людмила Сергіївна**

ТЕОРІЯ ІНФОРМАЦІЇ ТА КОДУВАННЯ

Навчально-методичні рекомендації до лабораторних робіт

Електронне видання

Експертний висновок склав зав. каф. ЕОМ, д-р техн. наук, проф. Ігор Жуковицький

Зареєстровано НВМ УДУНТ (№ 701 від 23.02.2024)

В авторській редакції
Комп'ютерна верстка Л. С. Тимошенко

Формат 60x84 $\frac{1}{16}$. Ум. друк. арк. 2,50. Обл.-вид. арк. 1,60.
Зам. № 22

Видавець: Український державний університет науки і технологій
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010