

# Лабораторна робота №2

## Дослідження інтерліверів та деінтерліверів

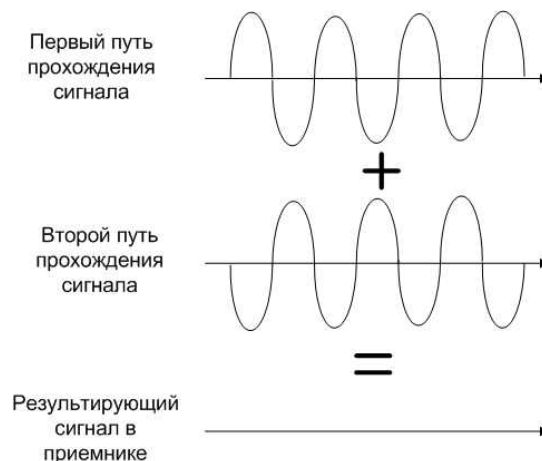
**Мета роботи:** здобуття навичок побудови інтерліверів та деінтерліверів.

### Зміст:

Короткі теоретичні відомості .....	1
Завдання для виконання .....	4
Вимоги до оформлення звіту .....	5
Контрольні питання .....	5

## Короткі теоретичні відомості

Сигнал радіо інтерфейсу системи зв'язку рідко поширюється прямолінійно. На шляху розповсюдження зазвичай трапляються різні перешкоди, які ведуть до відображень сигналу та зміни його траєкторії. В результаті може скластися ситуація коли до приймача надходять не одна а відразу кілька зрушених за часом копій вихідного сигналу з різними амплітудами. При цьому енергія вихідного сигналу буде розподілена між копіями нерівномірно. Це так зване явище багатопроменевого поширення сигналу. Саме собою це явище веде до великих проблем, т.к. Існують досить ефективні методи боротьби. Однак може скластися ситуація, коли дві копії сигналу прийдуть у протифазі. Це означає, що копія сигналу може затриматися на проміжок часу, кратний періоду сигналу. У такому разі два промені сигналу можуть скластися в приймачі та нейтралізувати один одного.



**Рис. 1.** Ефект замирання сигналу.

Якщо виявиться, що ці два промені в сумі несли вагому енергію сигналу, це може призвести до збільшення кількості помилок і зниження якості каналу зв'язку. Це отримало назву " замирання " сигналу, тобто. сигнал ніби перестає на якийсь час надходити між джерелом і приймачем.

Виділяють два основні різновиди замирань залежно від ефекту, що надається ними, та їх причини: швидкі та повільні замирання.

Повільні замирання викликані, як правило, поганими метеоумовами та існують досить ефективні методи боротьби з ними. Швидкі замирання викликані переважно рухом приймача (джерела) або перешкодами, близькими до одержувача сигналу. Цей вид замирань частотно селективний, тобто. зміна частоти, на якій ведеться передача, може або знизити цей ефект, або його повністю прибрати.

Деякі схеми завадостійкого кодування, такі як код згортки, забезпечують хороший захист проти розрізаних помилок. У разі досить повільних замирань сигналу можливі безперервні помилки передачі (пакети помилок). Для боротьби з пакетами помилок використовується

перемежувач (інтерлівер, interleaver), який здійснює перестановку вхідних біт за заздалегідь заданим законом.

Інтерлівер (перемежувач, від англ. Interleaver) - блок, що реалізує перемежування - один із способів боротьби з помилками. Призначений для боротьби з пакетуванням помилок шляхом їх рознесення у часі та/або частоті. Використовує перемішування (перемежування) символів послідовності, що передається на передачі і відновлення її вихідної структури на прийомі. Може використовуватися як самостійно, так і разом із завадостійким кодом, будучи в такому разі його складовим компонентом.

Завдяки перемеженню на вході декодера помилки рівномірно розподіляються у часі та/або частоті, в ідеалі утворюючи потік незалежних помилок.

Існує кілька типів пристроїв інтерліверів:

1. Періодичні інтерлівери. Відносно прості та використовуються в більшості випадків. Поділяються на блокові та згорткові.
  - a. Блокові пристрої є двовимірним масивом, запис даних у який здійснюється стовпчиками, а зчитування - рядками. На прийомі запис та зчитування здійснюються у зворотному порядку. Математично це відповідає транспонування матриці.
  - b. Згорткові пристрої зазвичай реалізуються у вигляді  $N$  регістрів зсуву різної довжини, які за допомогою комутатора послідовно записуються дані.
2. Псевдовипадкові. Складніше в реалізації, але мають кращі характеристики. Використовуються в турбо-кодах, у яких мета перемежувача у тому, щоб запропонувати кожному кодеру некорельовану чи випадкову версію інформації, у результаті перевірочні біти кожного кодера стають незалежними. Ступінь незалежності цих перевірочних біт є, по суті, функцією типу довжини/глибини інтерлевера.

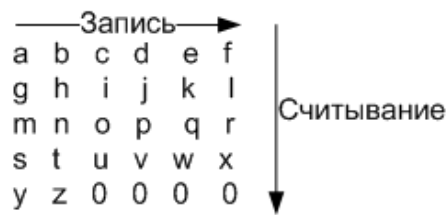
Принцип роботи блочного інтерлівера зображено на Рис. 2. Вхідні біти записуються в матрицю розмірності  $N \times M$  рядок за рядком. Зчитування даних із цієї матриці виконується по черзі стовпець за стовпцем, як це зображено на Рис. 2.



Рис. 2. Принцип роботи блокового інтерлівера.

У деяких випадках, якщо довжина послідовності, що інтерліюється  $K$ , не кратна довжині рядка інтерліруючої матриці, для зручності пусті місця, що залишилися, можуть заповнюватися нулями (філерами). У цьому випадку після інтерлівера виходить послідовність довжиною  $K + d$ , де  $d = M \times N - K$ .

Входная последовательность  
a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z



Интерлированная последовательность  
a g m s y b h n t z **c i o u** 0 d j p v 0 e k q w 0 f l r x 0  
Групповая ошибка

Ошибки в деинтерлированной последовательности  
a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z

Рис. 3. Принцип работы блочного интерливера с фйлерами.

У деяких випадках виконують ще додаткове перемешування стовпців матриці. Нехай деяка послідовність  $y_0, y_1, \dots$ , яку треба інтерлювати, записана у вигляді матриці розмірністю  $N \times M$ :

$$\begin{bmatrix} y_0 & y_1 & y_2 & \dots & 1 \\ y_M & y_{M+1} & y_{M+2} & \dots & -1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{(N-1) \times M} & y_{(N-1) \times M + 1} & y_{(N-1) \times M + 2} & \dots & -1 \end{bmatrix}$$

Тоді якщо визначено певний закон  $\langle P(0), P(1), \dots, -1 \rangle$  перемешування, то інтерлювання матриця матиме вигляд:

$$\begin{bmatrix} y_{P(0)} & y_{P(1)} & y_{P(2)} & \dots & y_{P(M-1)} \\ y_{P(0)+M} & y_{P(1)+M} & y_{P(2)+M} & \dots & y_{P(M-1)+M} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{P(0)+(N-1) \times M} & y_{P(1)+(N-1) \times M} & y_{P(2)+(N-1) \times M} & \dots & y_{P(M-1)+(N-1) \times M} \end{bmatrix}$$

І інтерлювана послідовність запишеться таким чином:  $y_{P(0)}, y_{P(0)+M}, \dots, y_{P(0)+(N-1) \times M}, y_{P(1)}, y_{P(1)+M}, \dots, y_{P(1)+(N-1) \times M}, y_{P(2)}, y_{P(2)+M}, \dots, y_{P(2)+(N-1) \times M}, y_{P(M-1)}, y_{P(M-1)+M}, \dots, y_{P(M-1)+(N-1) \times M}$

Приклад такого перемешування зображено Рис. 4.



Ошибки в деинтерливирующей последовательности  
a b c d e f **g** h i j k l **m** n o p q r **s** t u v w x y z

Рис. 4. Принцип работы блочного интерливера с филерами та перемежування стовпців.

## Завдання для виконання

1. Написати функцію, що реалізує роботу блочного інтерлівера з перемежуванням стовпців матриці згідно з варіантом. Як вхідні параметри використовувати:
  - a. послідовність 0 і 1, яка повинна бути інтерлівірована,
  - b. довжина послідовності  $K$ ,
  - c. розмірності інтерліруючої матриці  $N \times M$ ,
  - d. послідовність  $P(i)$ , яка задає закон перемежування стовпців в інтерліруючій матриці  $N \times M$ .
2. Написати функцію, що реалізує роботу деінтерлівера згідно з варіантом. Як вхідні параметри використовувати:
  - a. інтерліровану послідовність,
  - b. довжина послідовності  $K$ ,
  - c. розмірності інтерліруючої матриці  $N \times M$ ,
  - d. послідовність  $P(i)$ , яка задає закон перемежування стовпців в інтерліруючій матриці  $N \times M$ .
3. Написати функцію, яка генерувала б випадкову послідовностей 0 і 1 довжиною  $K=1000$  (або взяти з попередньої роботи).
4. Перевірити правильність функціонування раніше написаних функцій шляхом інтерліювання вихідної послідовності та деінтерліювання отриманої раніше послідовності.
5. Поелементно порівняти вихідну та деінтерлівіровану послідовності.

Номер варіанта	$M$	$\langle P(0), P(1), \dots -1 \rangle$
1	10	$\langle 0\ 2\ 3\ 1\ 4\ 5\ 7\ 8\ 9\ 6 \rangle$
2	10	$\langle 0\ 2\ 1\ 4\ 3\ 5\ 7\ 6\ 8\ 9 \rangle$
3	10	$\langle 0\ 9\ 1\ 8\ 2\ 7\ 3\ 6\ 4\ 5 \rangle$
4	10	$\langle 8\ 1\ 3\ 4\ 6\ 7\ 9\ 5\ 2\ 0 \rangle$
5	10	$\langle 7\ 2\ 9\ 5\ 0\ 6\ 3\ 1\ 8\ 4 \rangle$
6	10	$\langle 9\ 8\ 2\ 7\ 3\ 6\ 4\ 0\ 5\ 1 \rangle$
7	10	$\langle 5\ 6\ 4\ 7\ 3\ 8\ 2\ 9\ 1\ 0 \rangle$
8	10	$\langle 2\ 9\ 1\ 4\ 8\ 6\ 7\ 0\ 5 \rangle$

Номер варіанта	$M$	$\langle P(0), P(1), \dots -1 \rangle$
9	10	$\langle 4\ 8\ 2\ 6\ 0\ 9\ 3\ 7\ 1\ 5 \rangle$
10	10	$\langle 9\ 8\ 7\ 6\ 5\ 4\ 3\ 2\ 1\ 0 \rangle$
11	12	$\langle 9\ 7\ 5\ 3\ 1\ 0\ 2\ 11\ 4\ 6\ 8\ 10 \rangle$
12	12	$\langle 5\ 2\ 6\ 0\ 11\ 7\ 3\ 8\ 1\ 9\ 4\ 10 \rangle$
13	12	$\langle 8\ 1\ 7\ 0\ 6\ 3\ 10\ 5\ 2\ 11\ 4\ 9 \rangle$
14	12	$\langle 11\ 0\ 6\ 3\ 5\ 1\ 7\ 10\ 4\ 8\ 2\ 9 \rangle$
15	12	$\langle 7\ 2\ 6\ 8\ 3\ 0\ 9\ 4\ 1\ 10\ 5\ 11 \rangle$
16	12	$\langle 5\ 0\ 7\ 1\ 9\ 2\ 11\ 3\ 10\ 8\ 4\ 6 \rangle$
17	12	$\langle 6\ 2\ 4\ 10\ 3\ 8\ 0\ 9\ 11\ 5\ 1\ 7 \rangle$
18	12	$\langle 10\ 3\ 8\ 5\ 7\ 11\ 2\ 6\ 1\ 4\ 0\ 9 \rangle$
19	12	$\langle 2\ 6\ 3\ 7\ 1\ 8\ 11\ 4\ 9\ 0\ 10\ 5 \rangle$
20	12	$\langle 11\ 10\ 9\ 8\ 7\ 6\ 5\ 4\ 3\ 2\ 1\ 0 \rangle$
21	8	$\langle 0\ 5\ 1\ 4\ 2\ 6\ 3\ 7 \rangle$
22	8	$\langle 7\ 5\ 3\ 1\ 0\ 2\ 4\ 6 \rangle$
23	8	$\langle 5\ 2\ 4\ 0\ 7\ 6\ 3\ 1 \rangle$
24	8	$\langle 2\ 7\ 5\ 1\ 4\ 0\ 3\ 6 \rangle$
25	8	$\langle 0\ 7\ 3\ 5\ 6\ 2\ 4\ 1 \rangle$
26	8	$\langle 6\ 0\ 3\ 7\ 1\ 4\ 2\ 5 \rangle$
27	8	$\langle 2\ 0\ 3\ 5\ 7\ 1\ 4\ 6 \rangle$
28	8	$\langle 3\ 0\ 4\ 6\ 2\ 7\ 1\ 5 \rangle$
29	8	$\langle 4\ 7\ 1\ 3\ 6\ 0\ 2\ 5 \rangle$
30	8	$\langle 7\ 6\ 5\ 4\ 3\ 2\ 1\ 0 \rangle$

## Вимоги до оформлення звіту

1. Протокол оформляється кожним студентом групи окремо.
2. Протокол повинен містити:
  - a. Титульна сторінка.
  - b. Завдання згідно з варіантом.
  - c. Лістинги програми.
  - d. Результати роботи програми.
  - e. Висновки про виконану роботу.
3. Захист роботи проводиться кожним студентом персонально.

## Контрольні питання

1. Навіщо використовується інтерлікування/деінтерлікування даних у системах зв'язку?
2. Які інтерлівери/деінтерлівери вам відомі?
3. Навіщо використовуються філери в інтерліверах?