

УДК 681.391.1 (043.2)

В.М КИЧАК, В.Д. ТРОМСЮК  
Вінницький національний технічний університет**КОРЕЛЯЦІЙНИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ БІТОВИХ ПОМИЛОК**

У даній роботі запропонований і обґрунтований кореляційний метод вимірювання бітових помилок, що дозволяє виявляти бітові помилки на фоні адитивних завад і оцінювати їх параметри. Наведені алгоритми роботи методу, що підтверджують високу ефективність вимірювання параметрів бітових помилок.

Ключові слова: бітова помилка, вставки, випадання, адитивні бітові помилки.

V.M. KYCHAK, V.D. TROMIYUK  
Vinnytsia National Technical University, Ukraine**CORRELATION METHOD PARAMETER ESTIMATION BIT ERROR**

*Abstract – The aim - to develop correlative method of control parameters bit errors, building detection algorithm and computation of bit error parameters and algorithm that can handle every step only input and output bits investigational bit windows.*

*During the control parameters of bit errors occur the following problems: synchronization receiving and transmitting equipment, loss of data during measurement, measurement of long duration and others. The solution to these problems is the correlation method that can detect bit errors on additive background noise and evaluate their options. The algorithm allows qualitatively show the effectiveness of the correlation method of control parameters bit errors.*

*Thus, despite the complexity of hardware implementation method using correlation method can detect bit errors on additive background noise and calculate their parameters, and separated from each other errors of various types: insertion loss and background additive error.*

*Keywords: bit error, insertion, delete, error addition bit.*

**Вступ**

Сучасні методи контролю параметрів бітових помилок базуються на порівнянні прийнятої та переданої псевдовипадкових послідовностей (ПВП) і не враховують такі параметри бітових помилок, як вставки і випадання бітів. [1]. На перший погляд вимірювання параметрів бітових помилок досить проста процедура, однак, незважаючи на це, під час вимірювання виникають наступні проблеми: синхронізації приймального та передавального обладнання, втрати даних під час вимірювання, великої тривалості вимірювання та інші [2]. Тому виникає потреба вимірювання і контролю бітових помилок і одиничних адитивних помилок.

Для вирішення проблем контролю бітових помилок використовують різноманітні апаратні та програмні засоби. Однак існуючі методи контролю вимагають вдосконалення, оскільки передбачають велику тривалість вимірювання, що негативно впливає на показники швидкодії та якість прийнятих дискретних сигналів.

**Аналіз досліджень та публікацій**

Бітові помилки виникають на виходах демодуляторів в трактах зовнішніх запам'ятовувачих пристроїв ЕОМ і модемах телекомунікаційних каналів зв'язку [1-3]. Вони з'являються у вигляді вставок і випадань бітів в демодульованій дискретній інформаційній послідовності, що приводить до її зсуву і до утворення довгих пакетів помилок, що перевищує корегувальну здатність самих потужних завадостійких кодів [2]. Для оцінки якості дискретного каналу і проектування пристрою, який буде виправляти бітові помилки необхідно знати діапазон зміни їх параметрів: довжини вставок (випадань) та їх позиції в пакеті даних, що передається (даних на виході демодулятора). Названі параметри помилок можуть бути знайдені в результаті статистичних досліджень каналів за допомогою швидкодіючих спеціалізованих обчислювальних пристроїв, які працюють в реальному масштабі часу на тактовій частоті демодульованої послідовності [4]. Спеціалізований алгоритм повинен виявляти появу вставок (випадань), точно вираховувати їх довжину и визначати їх положення в демодульованій дискретній послідовності інформації. Для контролю параметрів бітових помилок в телекомунікаційних системах зв'язку використовують еталонні сигнали часу і частоти (ЕСЧЧ). Такі сигнали є засобом передачі розмірів одиниць і шкал часу та являють собою несучі коливання, модульовані за амплітудою, фазою або частотою сигналами, що містять часові мітки шкали часу, а також інформацію про поточні значення часу, дати та іншої додаткової інформації [4].

**Алгоритм визначення бітової помилки**

Формальна постановка задачі виявлення помилок синхронізації полягає в наступному. Якщо є деякий дискретний канал передачі даних, в якому можуть з'являтися наступні типи помилок:

- бітові помилки, які є вставками або випаданнями бітів в довільних місцях переданої через канал ПВП;
- адитивні помилки, які з'являються в інверсії деяких біт тестової послідовності.

При цьому необхідно на основі аналізу переданої через канал тестової послідовності визначити наступні параметри бітових помилок (рис. 1): позиції  $L$  (позиції в інформаційній послідовності); типи

помилки (вставка Ins або випадання Del); довжини помилок  $\Delta L$  в бітах.

У роботі використаний і удосконалений метод контролю помилок синхронізації, який був запропонований George R. Varian [5]. Метод базується на прийнятій із дискретного каналу бітовій послідовності, яка утворена із поданої на вхід еталонної тестової послідовності, при цьому виділяються два суміжних відрізки довжини  $k$  біт, які мають один спільний біт. Ці відрізки назвемо відповідно – правим і лівим вікном (рис. 1).

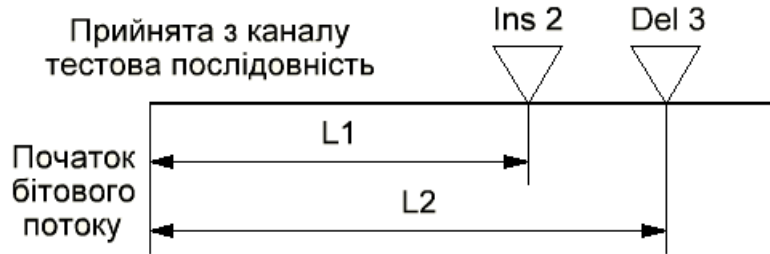


Рис. 1. Бітові помилки і їх параметри (Ins 2 – вставка двох бітів; Del 3 – випадання 3 бітів; L1, L2 – позиції бітових помилок)

У кожному вікні блоками формування оцінок обраховують міри близькості між відрізками прийнятої із каналу еталонної тестової послідовності та усіма можливими її циклічними зсувами. Далі визначається величина зсуву  $L$ , якій відповідає максимальне значення даної міри. Таким чином, отримуємо дві оцінки найбільш імовірних значень фаз послідовностей в кожному із вікон відносно центрального біта (зліва  $L_l$  і з права  $L_r$ ). При цьому початкова задача виявлення помилок розділяється на дві рівноправні задачі визначення фаз в кожному із вікон. При цьому схема обробки лівого і правого відрізків вихідної послідовності досліджуваного дискретного каналу приведена на рисунку 2.

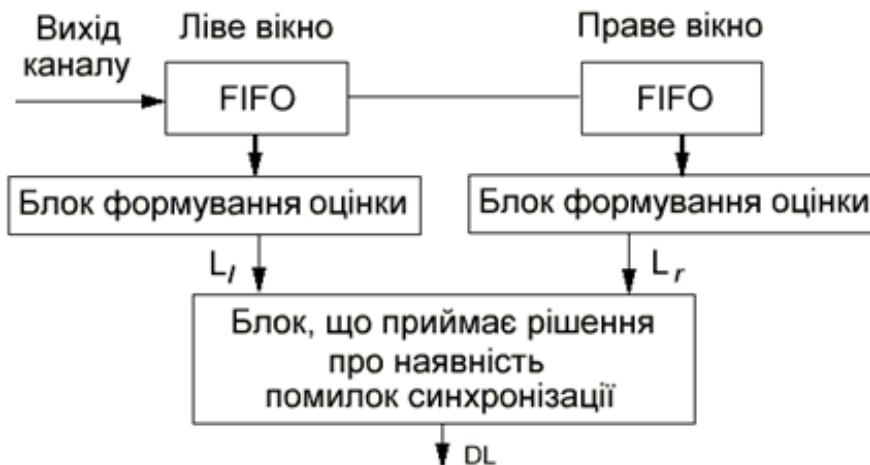


Рис. 2. Структурна схема пристрою виявлення бітових помилок

Знайдені оцінки значень фаз  $L_l$  і  $L_r$  дозволяють визначити наявність, число вставлених біт і (або) тих, що випали. По різниці оцінок можна судити про величину вставок  $\Delta L_{Ins}$  або випадань  $\Delta L_{Del}$ .

$$\Delta L_{Ins} = (L_r - L_l) \bmod T, \Delta L_{Del} = (L_l - L_r) \bmod T,$$

де  $T$  – період ПВП, яка аналізується.

Менша із величин  $\Delta L_{Ins}$  або  $\Delta L_{Del}$  визначає, що відбулося: вставка або випадання бітів. Якщо  $\Delta L = 0$ , то вставки або випадання біт будуть відсутніми. Максимальна довжина правильно виявлених вставок або випадань обмежується половиною періоду тестової ПВП  $T/2$ , оскільки  $\Delta L_{Ins} + \Delta L_{Del} = T$ , а приймання рішення про тип і довжину бітової помилки здійснюється по максимуму правдоподібності [6] (це означає, що виникнення бітової помилки великої довжини є малоімовірною подією), а саме – по меншому із двох значень:  $\Delta L_{Ins}$  і  $\Delta L_{Del}$ .

Алгоритм виявлення і обчислення параметрів бітових помилок на основі аналізу в кожному такті оцінок найбільш вірогідних фаз здійснює реєстрацію бітових помилок. Алгоритм передбачає перегляд прийнятої із каналу бітової послідовності, обчислення найбільш імовірних фаз в кожному із вікон і обчислення їх різниці  $\Delta L$  з наступним прийняттям рішення про наявність, тип і довжину бітових помилок (рис. 4 а):

1. Обрахувати оцінки найбільш вірогідних фаз і їх вагу для лівого ( $L_l$ ,  $W_l$ ) і правого ( $L_r$ ,  $W_r$ ) вікон.
2. Якщо  $L_l = L_r$ , то необхідно перейти до пункту 7.
3. Якщо  $Prev W_l < Prev W_r$  або  $W_l > W_r$ , то необхідно перейти до пункту 7.
4. Якщо  $W_l < Threshold$  або  $W_r < Threshold$ , то необхідно подати на вихід "Шум" і перейти до пункту

7.

5. Обрахувати  $\Delta L_{Ins} = (L_r - L_l) \bmod T$  і  $\Delta L_{Del} = (L_l - L_r) \bmod T$ .

6. Якщо  $\Delta L_{Ins} < \Delta L_{Del}$ , то фіксуємо вставку  $\Delta L_{Ins}$  біт, в іншому випадку фіксується випадання  $\Delta L_{Del}$  біт.

7. Запам'ятати поточні значення:  $Prev W_l = W_l$ ,  $Prev W_r = W_r$ .

8. Перейти до 1 пункту.

Threshold – мінімально допустиме граничне відображення значень. Зниження значень ( $W_l$  і  $W_r$ ) нижче значень порогу Threshold свідчить про недопустимо високий рівень бітових помилок в дискретному каналі і про неможливість обчислення параметрів бітових помилок.

Таким чином одна із основних задач, яка виникає при виявленні бітових помилок – це ефективне обчислення міри близькості прийнятої із каналу послідовності і циклічними зсувами еталонної тестової послідовності з максимальною швидкістю передачі і при мінімальних апаратних затратах. Її рішення може бути основане на застосуванні двох відомих методів, в яких застосовуються властивості ПВП [5].

### Оцінка якості кореляційного методу

В якості названої вище міри близькості двох двійкових послідовностей в кореляційному методі прийняте значення коефіцієнта взаємної кореляції. Обраховується перерахована множина коефіцієнтів шляхом побітового порівняння прийнятої із дискретного каналу послідовності в межах досліджуваного вікна зі всіма можливими циклічними зсувами ЕСЧЧ. Далі підраховується кількість біт, що співпадає і проводиться наступний вибір найбільш імовірної фази – номера циклічного зсуву, які відповідають максимальному значенню коефіцієнта взаємної кореляції. Найбільш підходящою тестовою послідовністю для виявлення бітових помилок є ПВП з авто кореляційною функцією, яка має бути близькою до дельта-функції. До таких послідовностей в більшості випадків відносяться М-послідовності.

Математично операція кореляційного знаходження найбільш імовірної фази для вікна довжиною  $k$  може бути записана наступним чином:

$$L = \arg \max \left\{ \sum_{t=0}^{k-1} b_t \oplus a_{(i+t) \bmod T} \right\}, W_i = \sum_{t=0}^{k-1} b_t \oplus a_{(i+t) \bmod T}, i = \overline{0, T-1},$$

де  $L$  – найбільш імовірна фаза послідовності;  $W_i$  – значення коефіцієнта взаємної кореляції між відрізком вихідної послідовності досліджуваного каналу та  $i$ -тим циклічним зсувом еталонної тестової послідовності;  $a_i$  – елемент еталонної тестової послідовності;  $b_i$  – елемент прийнятої із каналу послідовності;  $T$  – період еталонної тестової послідовності.

Операція знаходження найбільш імовірної фази може бути спрощена наступним чином, за рахунок виключення обробки всіх біт вікна на кожному кроці. Для цього введемо  $T$  лічильників ( $W_0 \dots W_{T-1}$ ) для зберігання значень коефіцієнтів взаємної кореляції (значень) на кожному кроці і лічильник по модулю  $T$ . Для цього введемо наступні позначення:

1. Вхід:  $b_{in}$  – вхідний біт ковзаючого вікна;  $b_{out}$  – вихідний біт ковзаючого вікна;  $a_0 \dots a_{T-1}$  – елементи еталонної тестової послідовності;  $C$  – значення лічильника по модулю  $T$ .

2. Вихід:  $L$  – найбільш імовірна фаза на поточному кроці;  $W$  – максимальне значення коефіцієнта взаємної кореляції, який відповідає найбільш імовірній фазі.

Операція знаходження найбільш імовірної фази може бути записана у вигляді наступного алгоритму (табл. 1), який обробляє на кожному кроці тільки вхідний і вихідний біти досліджуваного вікна (рис. 4б).

Таблиця 1

#### Операція знаходження найбільш імовірної фази

№ кроку	Дія	№ кроку	Дія
1	$i=0$	6	$L=0, W=0, i=0$
2	Якщо $a_{(i+C) \bmod T} = b_{in}$ , то $W_i = W_{i+1}$	7	Якщо $W_i > W$ , то $W=W_i, L=i$
3	Якщо $a_{(i+C+k) \bmod T} = b_{out}$ , то $W_i = W_{i-1}$	8	$i = i-1$
4	$i = i+1$	9	Якщо $i < T$ , то необхідно перейти до п. 7
5	Якщо $i < T$ , то необхідно перейти до п. 2	10	$C = (C+1) \bmod T$

Структурна схема блока знаходження найбільш імовірної фази, за допомогою якої реалізується описаний вище метод, показана на рисунку 3.

В даній схемі значення коефіцієнтів взаємної кореляції, знайдені на попередньому такті, використовуються для обчислення значень коефіцієнтів взаємної кореляції в поточному такті. Блок обрахування множини коефіцієнтів взаємної кореляції реалізує крок 1-5 наведеного вище алгоритму. Мережа компараторів призначена для виділення номера ( $0 \dots T-1$ ) лічильника з найбільшим значенням ( $W$ ), тобто для отримання оцінки найбільш імовірної фази (кроки 6-9 наведеного вище алгоритму).

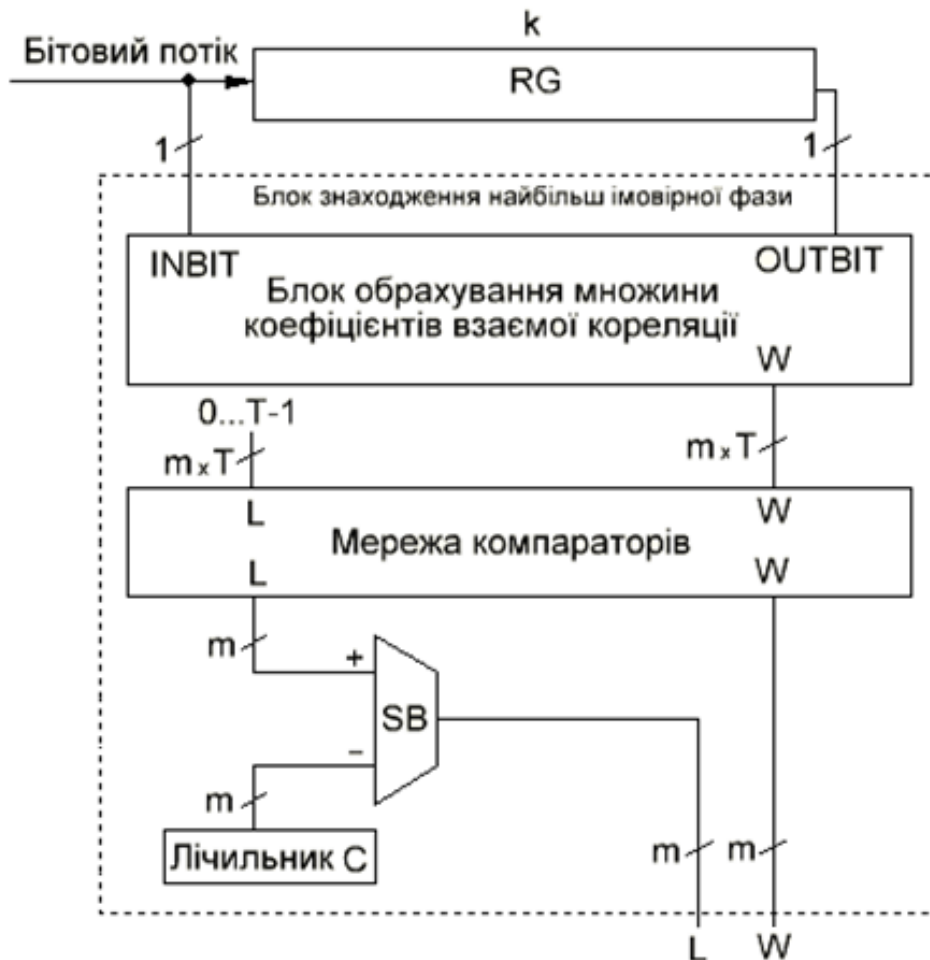


Рис. 3. Структурна схема блоку знаходження найбільш імовірної фази

Оцінка обчислювальної складності даного методу при послідовній реалізації обчислювальних процесів рівна  $O(T)$  тактів, оскільки вона визначається кількістю ітерацій (шаг циклу) циклів алгоритму знаходження найбільш імовірної фази. Об'єм потрібної пам'яті також оцінюється величиною  $O(T)$ , в зв'язку з тим, що вона визначається в основному тільки  $T$  лічильниками для збереження значень коефіцієнтів взаємної кореляції.

Передбачається, що апаратна складність пристрою, в якому реалізується даний метод, буде досить високою, оскільки кількість компараторів, які потрібні для побудови мережі дорівнює  $T$ .

#### Висновки

Розроблений алгоритм виявлення і обчислення параметрів бітових помилок на фоні адитивних завад, який базується на використанні в якості тестових послідовностей таких ПВП, автокореляційна функція яких наближається до дельта-функції, а також на обчисленні різниці найбільш імовірних фаз в двох суміжних відрізках прийнятої із досліджуваного дискретного каналу бітової послідовності. Порогові значення виявлених і обрахованих довжин вставок і випадань обмежується половиною періоду застосованої ПВП.

Запропонований кореляційний метод обрахування параметрів бітових помилок для якого не важлива структура ПВП. Запропонований метод дозволяє виявляти бітові помилки на фоні адитивних завад і обчислювати їх параметри, а також відокремлювати одну від одної помилки різних типів: вставки, випадання і фонові адитивні помилки.

Оцінка обчислювальної складності даного методу при послідовній реалізації обчислювальних процесів рівна  $O(T)$  тактів, що дозволяє знаходити значення найбільш імовірної фази практично в реальному часі вимірювань, що підвищує швидкість і надійність контролю параметрів бітових помилок на виході демодуляторів дискретних сигналів.



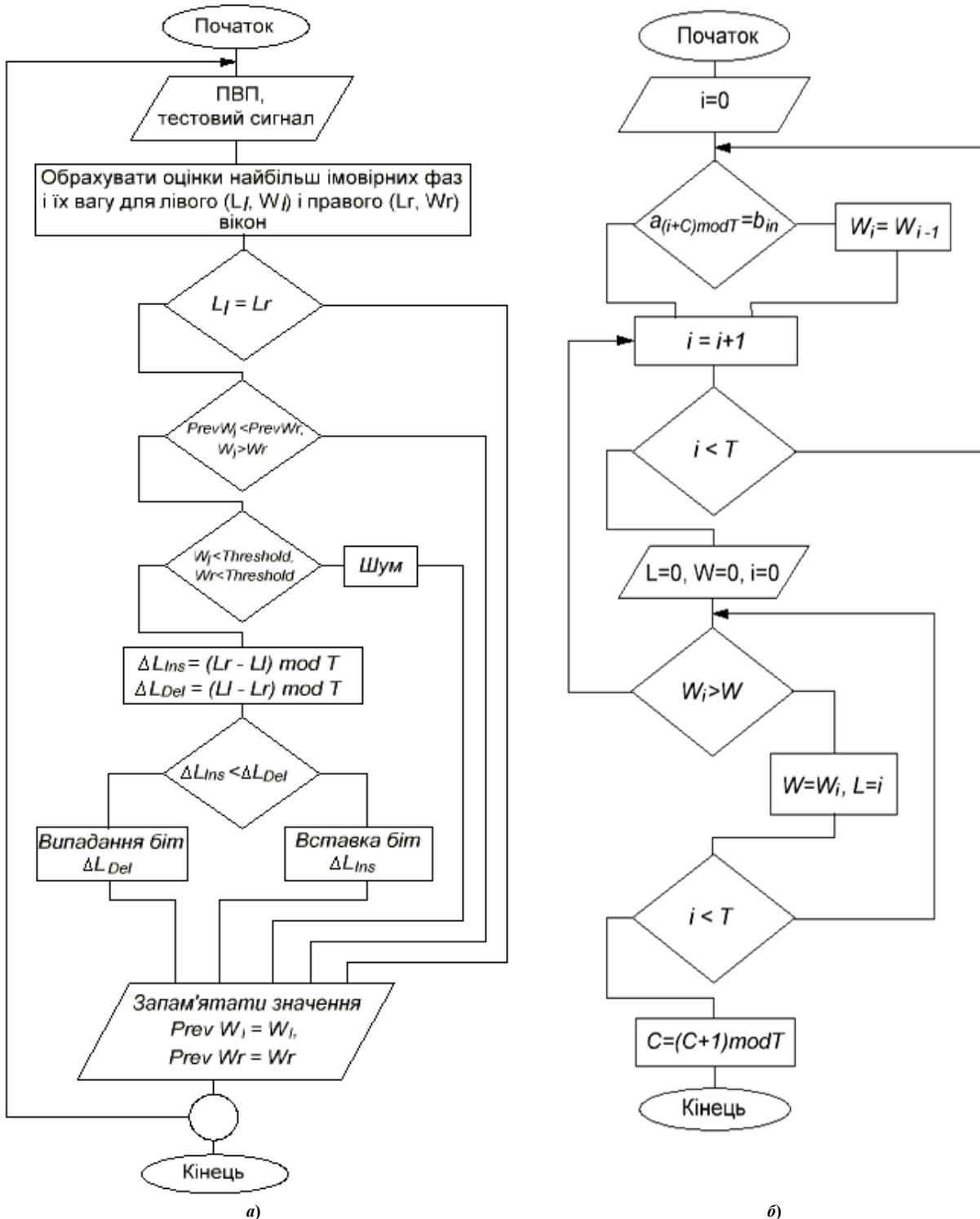


Рис. 4. Алгоритм виявлення і обчислення параметрів помилок синхронізації (а) і алгоритм, який обробляє на кожному кроці тільки вхідний і вихідний біти досліджуваного вікна (б)

Література

1. Кичак В.М. Аналіз ефективності цифрових методів модуляції/демодуляції / В.М. Кичак, В.Д Тромсюк. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Інфокомунікації – сучасність та майбутнє" (30-31 жовтня 2014 р.) Одеса. – С. 141-145.
2. Бакланов И.Г. Методы измерений в системах связи / И.Г. Бакланов. – М.:ЭКО-ТРЕНДЗ, 1999. – 196 с.
3. Канаков В.А. Новые технологии измерения в цифровых каналах передачи информации. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Современные системы мобильной цифровой связи, проблемы помехозащищенности и защиты информации» / В.А. Канаков. – Нижний Новгород, 2006. – 91 с.
4. Любчик В.Р. Аналіз і вдосконалення методів синхронізації телекомунікаційних систем / В.Р.

Любчик, В.І. Стецюк, І.В. Файфура// Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький. – 2015. – №3. – С. 232-237.

5. Патент № 5392289 США. МПК G06F 11/00; H04L 12/00; H04L 7/00; H03M 13/00. Error rate measurement using a comparison of received and reconstructed PN sequences. / George R. Varian, Palo Alto, Calif заявлено 13.10.93; N136075; опубл. 21.02.95.

6. Sudhir Babu and K.V. Sambasiva Rao "Evaluation of BER for AWGN, Rayleigh and Rician Fading Channels under Various Modulation Schemes" International Journal of Computer Applications (0975 – 8887). – 2011. – Volume 26. – No. 9 July.

Рецензія/Peer review : 11.9.2015 р.

Надрукована/Printed :2.11.2015 р.

Рецензент: д.т.н., професор Філінюк М.А.

УДК 004.8

**В.В. ГРИЦИК**

Тернопільський національний університет ім. І.Пулюя

## **ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА СПРИЙНЯТТЯ ЗОВНІШНЬОГО СВІТУ**

*Розробка інтелектуальної інформаційної технології доповненої реальності для осіб з обмеженими можливостями, зокрема перетворення візуальних образів у звукові і навпаки шляхом генерування єдиного поняття. Та використання в управляючому механізмі спільної бази знань, що зберігає образи понять.*

*Ключові слова: інтелектуальна інформаційно-аналітична система, реальний час опрацювання інформації, сприйняття зовнішнього світу, однорідні обчислювальні середовища.*

**V.V. HRYTSYK**

Ternopil's I.Pul'j National Technical University

### **INFORMATION-ANALYTICAL SYSTEM OF PERCEPTION OF THE OUTSIDE WORLD**

*Abstract - Development of intellectual information technology augmented reality for persons with disabilities, including converting visual images into sound and vice versa by generating a single concept are presented in article. Using the technology of the unified knowledge base for operating mechanism, which stores patterns of concepts, is developed in the article.*

*This approach allows best use computing resources by decreasing amounts of memory usage and computational elements. The system also reduces the number of applications and can be scaled to persons with hearing impairments and good eyesight for the purpose of data base common to all the tasks. In the case of the scaling proposed approach allows (unlike others) to establish communication between persons with disabilities to vote (silent) and persons with impaired vision (blind). The automatic adaptation to the environment and adaptive search of useful objects is an important feature of developed information technology.*

*The limitation of the system is the assumption that it contains some breaks (gaps of silence between words) that the system considers delimited words. Such systems need boarder between useful signal and background.*

*The optimization capabilities of neural network models for decomposition, synthesis and presentation of the images are obtained from different spectral source is considered in this work Their integration into a single information-analytical system is considered too. In this paper, The author continued research the concept of proposed model in which the neural network one output neuron responsible for term when various spectral data, including video and audio images are applied to the input.*

*Key words: Intellectual information-analytic system, real time of data processing, the perception of the outside world, homogeneous computing environment.*

### **Аналіз стану та постановка проблеми**

З мільйонами камер, спостереження у світі за тим, що відбувається на міських вулицях і місцях скупчення таких, як торгові центри та транспортні вузли [1], проблема автоматичної обробки даних, моніторингу та аналізу цих відеопотоків стала епічним завданням. Реалізацію розбиття обчислень до рівня однорідних середовищ для опрацювання та розпізнавання зорових образів і мови українськими науковцями описано в [2-7].

Європейці за допомогою різних методів опрацювання звуку будують цифрові міста [8, 21,22] та все більше уваги приділяється методам дистанційного відбору інформації [9]. Відтворюючи людську поведінку в робототехніці моделюють механізми людського навчання та сприйняття при реалізації методів комп'ютерного зору [10]. Роблячи аналіз провідних ІТ-компаній світу ми побачимо, що Google, Apple та Facebook застосовують нейронні мережі для розпізнавання звуків та пошуку об'єктів [11].

У новинах ІТ-індустрії Майкрософт реалізувала бета-тест миттєвого голосового перекладу наприкінці 2014 року [12], у той час, як Гугл заявила про те, що вони планують схоже рішення у 2015 [13].

Що ж до Європейського наукового простору, то ЄС через програму FP7 профінансував розробки складних технік для розуміння аудіовізуальних відображень впродовж життя для типових і нетипових популяцій [14].

Зараз все актуальнішими [15] стають структури, що масштабно відтворюють роботу людського мозку. Зокрема на цю тематику через програму FP7 з 2007 виділено 1,9 млрд. євро на 1200 проектів із 1200-ми учасниками. Вважається, що роботизовані системи вводу, які інтегровані в тулуб з руками і ногами є найближчим майбутнім комп'ютерного зору [16]. А це потребуватиме розробки моделей і методів синтезу