

О.А. Шпинковський, М.І. Шпинковська, А.В. Садченко

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕДУРИ СИНХРОНІЗАЦІЇ ДЛЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

*Робота присвячена використанню псевдовипадкових послідовностей у пристроях синхронізації систем передачі інформації. Запропоновано метод синхронізації інформаційної послідовності та схема пристрою кадрової синхронізації із використанням кодів Баркера. Розглянуто поведінку коду Баркера під впливом похибок та визначено умови його використання у пристроях синхронізації.*

*Ключові слова: псевдовипадкова послідовність, код Баркера, кадрова синхронізація.*

### Псевдовипадкові послідовності у системах передачі інформації

Шумоподібні сигнали все більше використовуються у системах передачі інформації. [1]. При проектуванні таких систем важливим є вирішення наступних питань:

1. Вибір виду сигналів з необхідними спектральними і кореляційними властивостями.

2. Вибір методу синхронізації в часі генераторів псевдовипадкових послідовностей (ПВП), що використовуються на передавальній і приймальній сторонах.

В даний час застосовуються стежачі пристрої синхронізації генераторів ПВП на основі часового дискримінатора [2]. Недоліки схеми з дискримінатором наступні:

1. Складність реалізації.

2. Великий час входження в синхронізм.

3. Помітність абонентом тривалих моментів зриву синхронізму у вигляді порушень в мовному сигналі під час розмови (при використанні даного технічного рішення в мобільному зв'язку). Можливий альтернативний метод синхронізації, який забезпечує малий час входження в синхронізм та полягає у наступному:

1. При передачі на початку кожного блоку інформаційної послідовності (чіпа), розміщується спеціальний сигнал синхронізації («унікальне слово»);

2. На приймальній стороні синхросигнал виділяється узгодженим фільтром і запускає генератор псевдовипадкової послідовності приймача, забезпечуючи його синхронізацію в часі з передавачем.

Такий метод синхронізації гарантує малий час входження в синхронізм, зіставний з довжиною унікального слова. Реалізація такого методу часової синхронізації вимагає вирішення наступних завдань:

1. Вибір виду синхросигналу («унікального слова»), який повинен мати гарні автокореляційні властивості, що забезпечують високу імовірність його виявлення на тлі перешкод;

2. Синхросигнал повинен мати малий рівень взаємної кореляції з інформаційним змістом блоку повідомлення, що і визначає «унікальність» синхрослова і надійність синхронізації в реальних умовах.

Відомо, що послідовності Баркера («коди Баркера») мають гарні автокореляційні властивості і через це часто застосовуються в системах часової синхронізації. У 1953г. Р. Баркер [1] опублікував відомості про унікальні властивості послідовностей різнополярних символів. Коды Баркера володіють унікальною формою автокореляційної функції, що служить підставою для їх застосування в цифрових системах циклової (кадрової) синхронізації [2].

Аналіз показує, що перешкодостійкість системи циклової синхронізації визначається не тільки унікальними автокореляційними властивостями кодів Баркера, але і зростає із збільшенням повної енергії синхросигналов, тобто, фактично, із збільшенням довжини послідовності Баркера. Тому для побудови перешкодостійких систем синхронізації необхідно використовувати довші послідовності Баркера.

В даний час, відома обмежена кількість кодів Баркера вельми короткої довжини  $m \leq 13$ . Повідомляється не цілком точні відомості про спроби пошуку послідовностей довжиною до  $m=40$ , що володіють унікальними властивостями код Баркера [3].

Очевидна актуальність наступних завдань:

- пошук конструктивного способу побудови довгих синхрослів з хорошими автокореляційними властивостями, придатних для систем циклової синхронізації і позбавляючих від необхідності переборного пошуку;

- перевірка перешкодостійкості виявлених синхросигналів у випадковому потоці інформаційних символів.

У цій роботі пропонується розглянути другий варіант, тобто із використанням існуючих відомих послідовностей Баркера.

## Коди Баркера

Основні властивості відомих кодів Баркера, що іменуються далі канонічними, зводяться до наступного. Розглянемо послідовність кінцевої довжини  $c(i) = (c_1, c_2, c_3, \dots, c_i, \dots, c_m)$ , у якій значення символів вибираються з алфавіту  $\{+1, -1\}$ , а  $m$  є довжина послідовності.

Аперіодична функція автокореляції (АКФ) такої послідовності визначається так:

$$R(k) = \frac{1}{m} \sum_{i=0}^m c(i)c(i+k) \quad (1)$$

Аналіз показує, що АКФ канонічних кодів дорівнює:

$$\begin{aligned} R(k) &= m \text{ при } k = 0 \\ R(k) &= 0 \text{ при } k > 1, (m - k) \text{ парне} \\ R(k) &= \pm(1/m) \text{ при } k > 1, (m - k) \text{ непарне} \end{aligned} \quad (2)$$

Відомі канонічні коди Баркера приведені в [1,2]. Вид сигналу Баркера довжини  $N=7$  та вид автокореляційної функції коду Баркера цієї ж довжини показано на рис. 1, 2 відповідно.

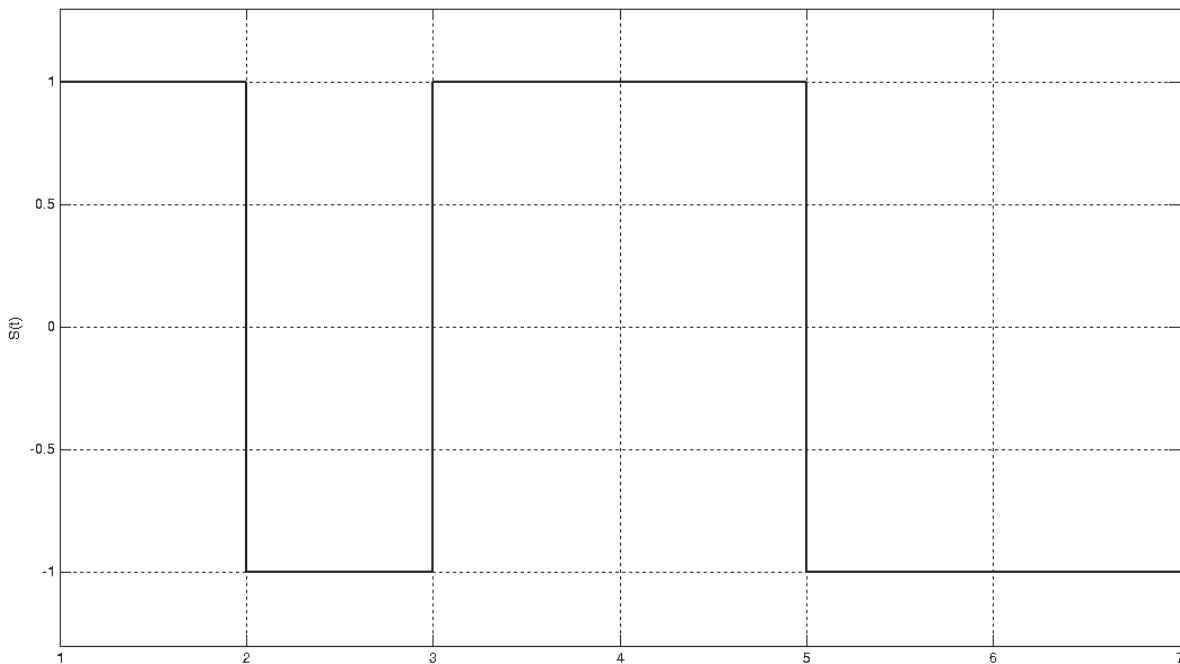


Рисунок 1 – Огинаюча канонічної послідовності Баркера довжини  $N=7$

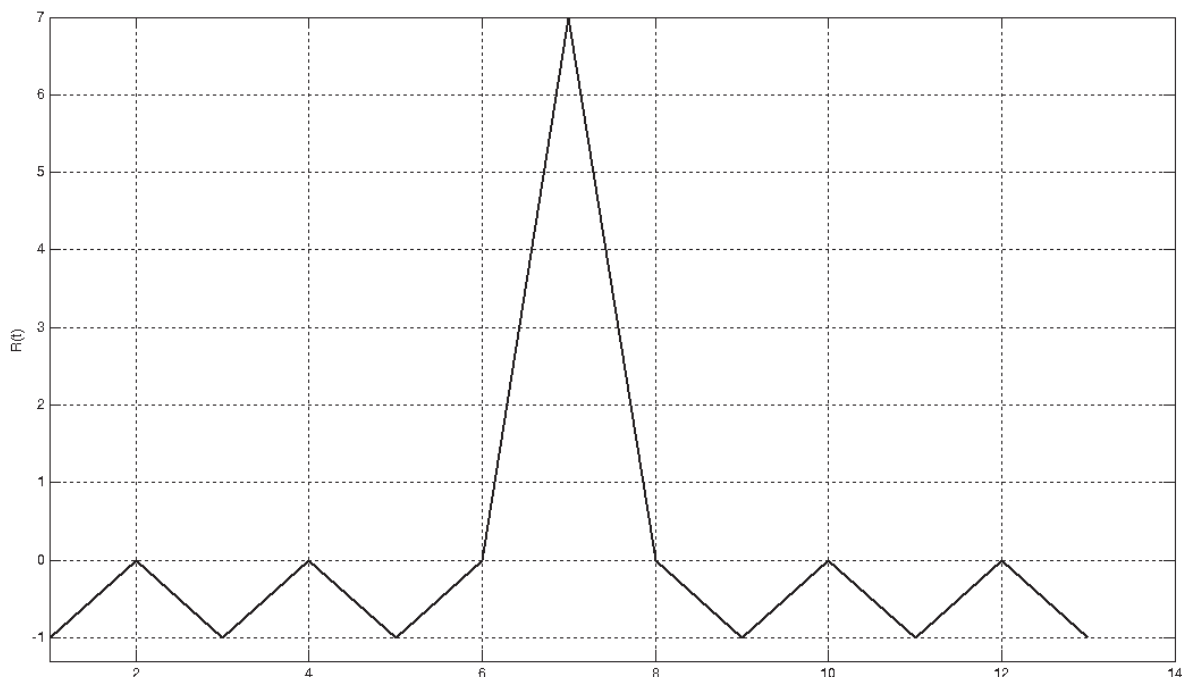


Рисунок 2 – Автокореляційна функція коду Баркера довжини  $N=7$ .

### Використання кодів Баркера у пристрої синхронізації

Подальші дослідження проведемо для двох основних режимів роботи системи синхронізації: режиму «чистого» входження системи в синхронізацію за відсутності корисного повідомлення та режиму синхронізації на тлі суміші корисного повідомлення і шуму каналу.

Схема пристрою синхронізації приведена на рис 3.

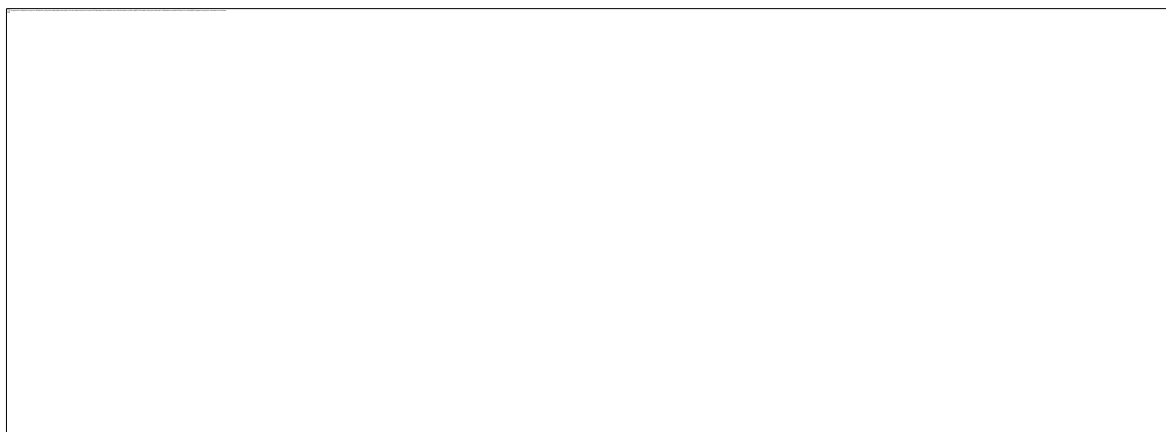


Рисунок 3 – Схема пристрою кадркової синхронізації

Передбачається, що на початку кожного пакету (кадру) даних передаватиметься спеціальний синхросигнал, який виділяється узгодженим фільтром. Синхронізуючі імпульси після порогового пристрою, з метою зниження вірогідності помилкового спрацьовування, поступають на багатовідводну лінію затримки. З відведення лінії за-

тримки сигнал поступає на багатовходову схему «І». Якщо хоч би на одному вході схеми «І» буде відсутній сигнал, то і на виході він також буде відсутній. Стабільний генератор виробляє послідовність коротких прямокутних імпульсів з частотою проходження кадрів. Під час надходження синхросигналу на вхід стабільного генератора синхроімпульсів відбувається прив'язка по фазі до вхідного сигналу.

#### Поведінка АКФ коду Баркера під впливом похибок

Оскільки обчислення згортки відбувається після демодулятора, то й прояв помилок виявлятиметься у вигляді зміни значення окремих позицій сигналу на протилежні значення. Як модель каналу зв'язку прийемо двійковий симетричний канал, в якому переходи символу «-1» в символ «+1» і символу «+1» в символ «-1» рівно імовірні.

Поведінка АКФ коду Баркера довжини  $N=7$  (С7 код) при дії одноразової помилки по черзі на всі елементи сигналу показана на рис .4.

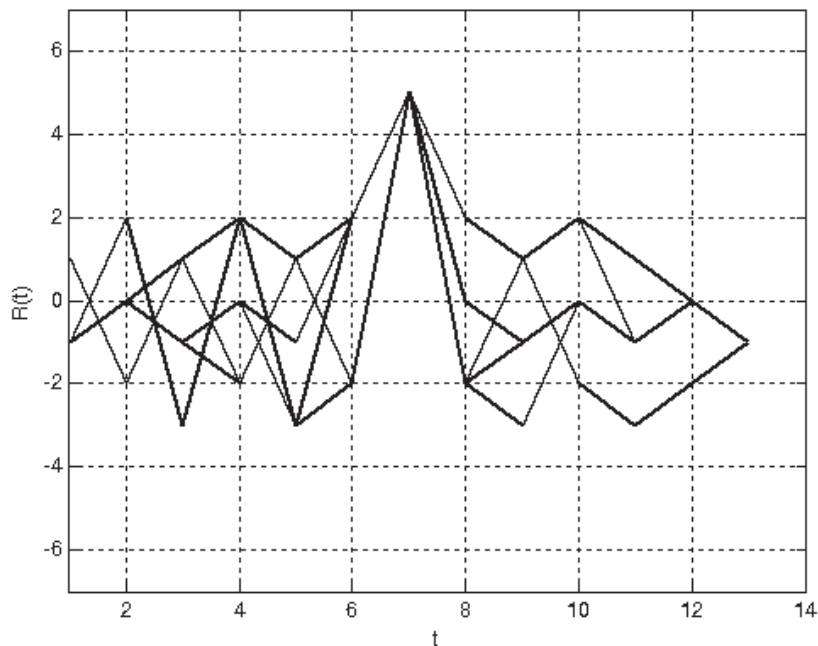


Рисунок 4 – АКФ коду Баркера довжини  $N=7$  за наявності одноразової помилки.

Для зручності уявлення безліч реалізацій кореляційної функції показана на одному рисунку в «накладеному» вигляді. Аналіз графіка показує, що при установці порогу у вирішуючому пристрої на рівні  $Z=5$  будь-яка одноразова помилка буде виправлена. Максимальна

бічна пелюстка АКФ зросла до значення  $|R_{\sigma_{\max}}| = 3$ , головний пік при незмінному положенні в часі знизився до значення  $R_{0_{\max}} = 5$ . Проведемо моделювання С7 коду при дії двократних помилок по черзі на всі елементи сигналу. Результат показаний на рис. 5.

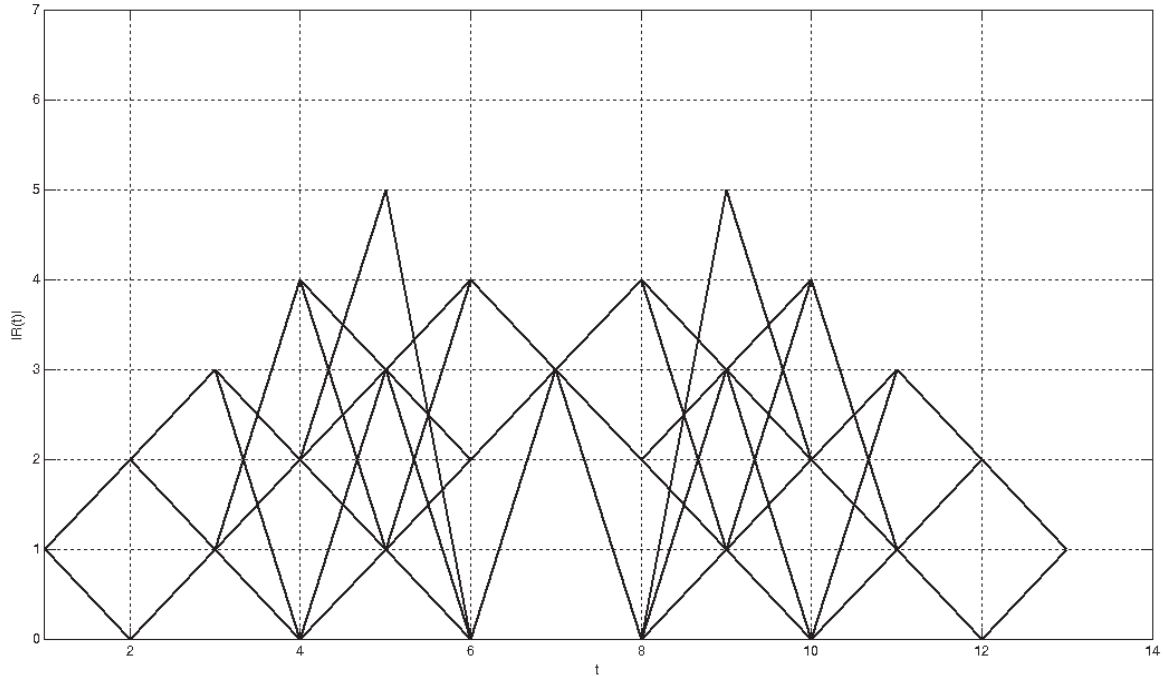


Рисунок 5 – АКФ коди Баркера довжини  $N=7$  за наявності двократної помилки.

На рисунку показаний модуль АКФ. Максимальна бічна пелюстка АКФ зросла до значення  $|R_{\sigma_{\max}}| = 5$ , головний пік при незмінному положенні в часі знизився до значення  $R_{0_{\max}} = 3$ . Таким чином, коректуюча здатність С7-кода Баркера складає  $r=1$ . Вплив на С7-код псевдовипадкової послідовності, яка імітує потік даних, показані на рис. 6.

Очевидно, що код Баркера малої довжини можна використовувати у пристроях синхронізації тільки при відсутності пакета даних. Метою подальших досліджень є дослідження відомих та пошук нових ПВП з кореляційними властивостями не гіршими за коди Баркера для пристроїв синхронізації.

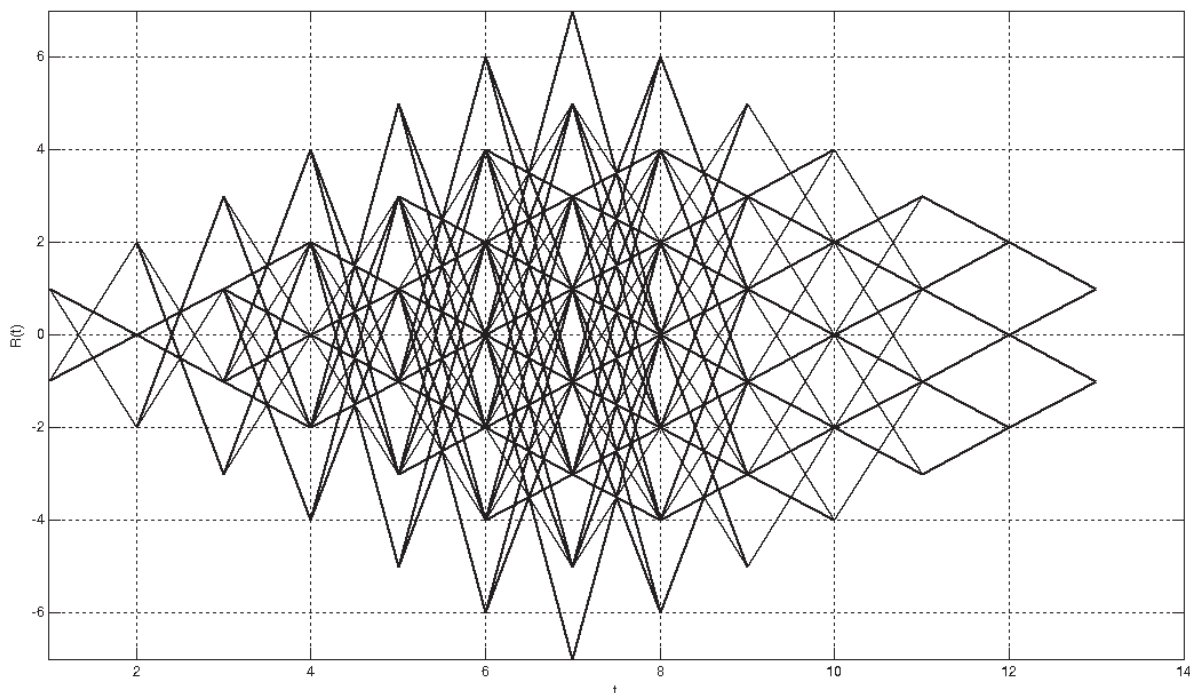


Рисунок 6 – Відгук на виході фільтру узгодженого з кодом Баркера довжини  $N=7$  при дії на вході ПВП. Число реалізацій ПВП,  $M=1000$ .

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. — М: Радио и связь, 1985. — 384 с.
2. Банкет В.Л., Композитные коды Баркера (Зб. «Цифрові технології»)/ Банкет В.Л., Токарь М.С. // Режим доступу до журн.: <http://digitech.onat.edu.ua/welcome/art/28.html>
3. Barker, R. H. "Group Synchronizing of Binary Digital Sequences." In Communication Theory. London: Butterworth, pp. 273-287, 1953.