

## УДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА СИНТЕЗУ АЛГОРИТМІВ ВИЯВЛЕННЯ-РОЗДІЛЕННЯ ВЗАЄМНО НЕОРТОГОНАЛЬНИХ СИГНАЛІВ ПРИ ПАКЕТНОМУ РЕЖИМІ ПЕРЕДАЧІ

<sup>1</sup>Вакуленко О.В., <sup>2</sup>Єрохін В.Ф.

<sup>1</sup>Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського

<sup>2</sup>Інституту спеціального зв'язку та захисту інформації КПІ ім. Ігоря Сікорського

E-mail: tzadikalex@gmail.com

### THE IMPROVED METHOD OF SYNTHESIS OF ALGORITHMS OF EXPOSURE-DIVISION MUTUALLY OF UNORTOGONAL SIGNALS IS AT BATCH MODE OF TRANSMISSION

The technique of synthesis of detection-separation algorithms which realizes a problem of the decision of pair conflicts at a packet mode of transfer in systems of multiuser access is offered.

Проблемі повторного використання частотного ресурсу приділяється багаторічна невпинна увага [1, 2]. Фундаментом теоретичних досліджень в зазначеній галузі є так звана теорія багатокористувацького детектування – БКД (Multiuser detection theory – MDT [4, 5]) і її відгалуження – статистична теорія розділення цифрових сигналів – СТРЦС [1, 2]. Актуальність розглянутої роботи зумовлена в першу чергу проблемами багатокористувацького доступу. Справді, в системах зв'язку, в яких деяка більшість джерел двійкової інформації не відображена в праві роботи будь-якого з них на передачу в довільний момент часу, можливі конфлікти – одночасний вихід на передачу більш ніж одного користувача. Донедавна передбачалось, що при виникненні будь-якого такого конфлікту, всі заявки, що зіткнуться – помирають, якщо тільки не відбувається так названого «захоплення» однієї, найбільш потужної з них. Змістовно явище «захоплення» проаналізовано в [1]. Варто зауважити при цьому [2], що для забезпечення можливості «захоплення» необхідне виконання двох вимог: а) введення обов'язкового розподілу користувачів хоча б на дві групи, достатньо розділених за потужністю, для реалізації такого «захоплення» (який можна назвати кореляційним поділом); б) забезпечення факту виходу на передачу тільки одного користувача з групи із більшою потужністю.

Враховуючи, що в практично найдоцільніших системах багатокористувацького доступу з однаковими інтенсивностями кожного з користувачів найбільш ймовірні парні зіткнення, тому розробка методики синтезу алгоритмів виявлення-розділення, яка реалізує задачу вирішення парних конфліктів при пакетному режимі передачі, являється актуальною в наш час.

*Новизна роботи* визначена в комплексному підході щодо підвищення завадостійкості виявлення-розділення взаємно неортогональних цифрових сигналів при пакетному режимі передачі.

*Практична цінність.* Результати дослідження доцільно використовувати при розробці систем багатокористувацького доступу, які здійснюють вирішення задачі парних конфліктів при пакетному режимі передачі.

*Мета дослідження.* Підвищення завадостійкості виявлення-розділення взаємно

неортогональних цифрових сигналів.

*Об'єкт дослідження.* Процеси функціонування цифрових радіоліній з випадковим множинним доступом.

*Предмет дослідження.* Методики синтезу алгоритмів виявлення-розділення взаємно неортогональних цифрових сигналів при пакетному режимі передачі.

**Вихідні дані:**

*Дано:* канал з постійними параметрами АБГШ; всі неінформаційні параметри сигналів відомі; сигнали взаємно неортогональні з пакетним режимом передачі.

*Обмеження:*  $S_1(t)$  відрізняється від  $S_2(t)$  не менш ніж на 6 дБ; аналіз здійснюється на інтервалі передачі одного пакету.

*Необхідно:* розробити методику синтезу алгоритмів виявлення-розділення взаємно неортогональних сигналів при пакетному режимі передачі на основі критерію мінімуму імовірності помилки ( $\min P_{\text{пом}}$ ).

**Етапи реалізації методики:**

*1. Формування моделі спостереження трійкових сигналів.*

Модель спостереження допускає, що мають місце зіткнення пари сигналів користувачів з двох різних за потужністю груп, представлено у вигляді:

$$y_1 = \left[ (-1)^{r_1} + r_1 \frac{(1 - r_1)}{2} \right] S_1(t) + \left[ (-1)^{r_2} + r_2 \frac{(1 - r_2)}{2} \right] S_2(t) + n(t) \quad (1)$$

$$t \in [t_{k-1}, t_k]; k = 1, 2, \dots; r_i = 0, 1, 2; i = 1, 2,$$

тут  $S_1(t)$  і  $S_2(t)$  – відомі інтегруючі в квадраті функції, які характеризують у загальному випадку широкопasmові псевдовипадкові переривчасті сигнали (ПС) без інформаційної маніпуляції;  $r_1, r_2 \in \{0, 1, 2\}$  – дискретні інформаційні параметри сигналів; при цьому згідно (1) стан  $r_1, r_2 = 2$  відповідає відсутності випромінювання ПС;  $n(t)$  – адитивний білий гаусівський шум (АБГШ);  $t_k$  – моменти прийняття рішення зміни (тактової точки) стану дискретних параметрів (ДП);  $r_1 : r_2 : k_1$  – номер інформаційного тактового інтервалу.

*2. Введення апріорних імовірностей для визначення апостеріорних на весь інтервал спостереження.*

На основі байєсівського підходу проводиться формування апріорних імовірностей для подальшого визначення апостеріорних на весь інтервал спостереження.

*3. Одержання апостеріорних ймовірностей в явному виді.*

Формуються апостеріорні імовірності в явному виді на підставі станів, які можуть приймати цифрові сигнали при пакетному режимі.

*4. Конструювання правил прийняття рішення.*

Правило прийняття рішення формується за критерієм максимуму апостеріорної ймовірності [2] та записується в еквівалентній формі використовуючи вирішальну функцію Хевісайда:

$$r_i^* = \text{rect} [P(r_i = 1 / y_t) - P(r_i = 0 / y_t)] (1 - Q_i); \quad r_i^* = \overline{0,1};$$
$$Q_i = \text{rect} [P(r_i = 2 / y_t) - P(r_i = 0 / y_t)] \cdot \text{rect} [P(r_i = 2 / y_t) - P(r_i = 1 / y_t)]; \quad Q_i = \overline{0,1}. \quad (2)$$

*5. Синтез структурної схеми виявлення-розділення взаємно неортогональних сигналів при пакетному режимі передачі.*

На основі алгоритму виявлення-розділення взаємно неортогональних сигналів при пакетному режимі синтезуємо структурну схему, яка представлена на рис. 1.

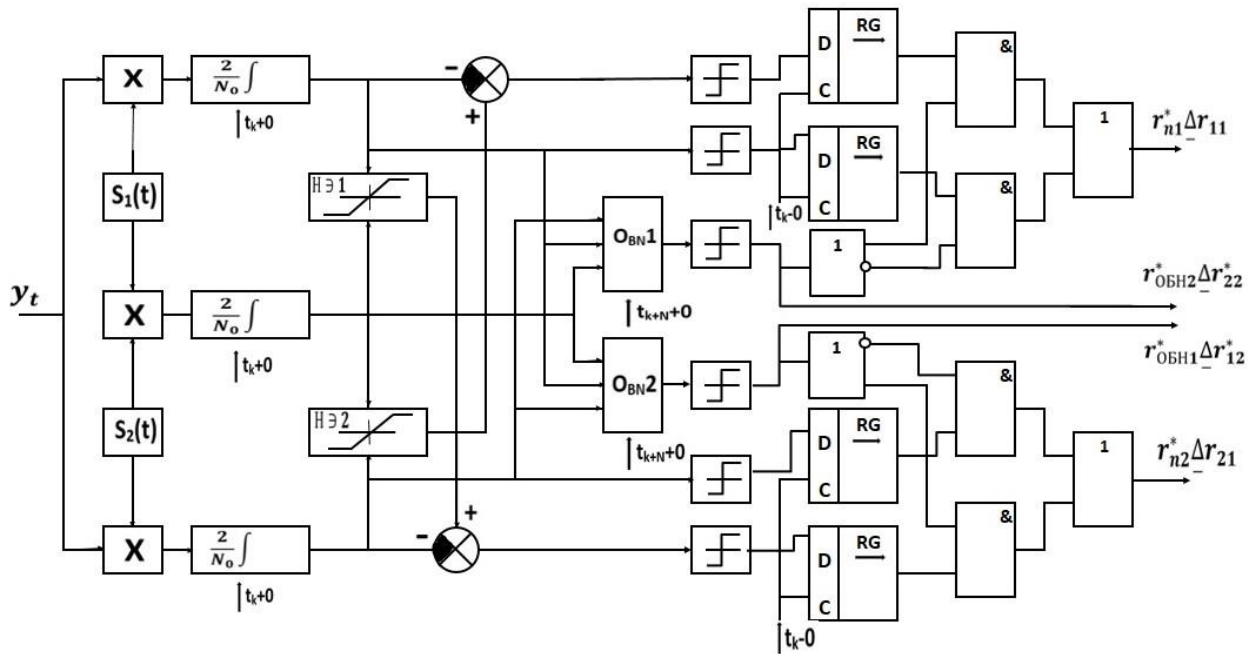


Рис. 1. Структурна схема демодулятора з розв'язанням парних конфліктів між інформаційними ФМ-пакетами.

#### 6. Перевірка роботоспроможності схеми.

Перевірка роботоспроможності здійснюється на основі виведених правил прийняття рішень (2) по критерію  $\min P_{\text{пом}}$ .

**Висновки.** Запропонована методика синтезу алгоритмів виявлення-розділення взаємно неортогональних цифрових сигналів при пакетному режимі передачі дозволяє підвищити завадостійкість виявлення-розділення взаємно неортогональних ЦС завдяки, в порівнянні з одиночними ЦС, більшій енергетики пакету ЦС.

### Література

1. Бураченко Д.Л. Оптимальное разделение цифровых сигналов многих пользователей в линиях и сетях связи в условиях помех. Ленинград: ВАС, 1990, 302 с.
2. Ерохин В.Ф. Багатокористувацьке детектування: навчальний посібник / К.: ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 162 с.
3. Колмогоров А.Н. Об оценке параметров стационарного гауссовского марковского процесса. ДАН СССР, 1962, Т.146, с. 747-750.
4. Duel-Hallen A.A family of multiuser decision-feedback detectors for asynchronous CDMA channels. IEEE Transactions on Communications, 1995, №43 (2/3/4), p.p. 421-434.
5. Lupas R., Verdu S. Linear Multiuser Detectors for Synchronous Code – Division Multi-Access Channels. IEEE Trans on Inf. Theory. Vol 35, №1, January, 1989, p.p. 123-136.
6. Sh. Moshavi. Multi-user Detection for DS-CDMA Communications // Bellcore pub., Oct. 1996. IEEE Communications Magazine, 23 p.
7. Verdu S. Multiuser detection. Cambridge: Cambridge university Press, 1998, 474 p.
8. Verdu S. Minimum probability of error for synchronous Gaussian multiple-access channels/ IEEE Transactions Information Theory, 1986, №32, p.p. 85-96.