Список використаних джерел

УДК 004.89 **DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.152.2015.65275**

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРІОДУ КОРОТКИХ ВІДЕОІМПУЛЬСІВ В КОДОВИХ ПОСЛІДОВНОСТЯХ

К-т. техн. наук В.П. Лисечко, магістрант С.М. Богдан

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРИОДА КОРОТКИХ ВИДЕОИМПУЛЬСОВ В КОДОВОЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЯХ

К-т. техн. наук В.П. Лысечко, магистрант С.М. Богдан

METHOD FOR DETERMINING THE PERIOD SHORT VIDEOPULS IN THE CODE SEQUENCE

Cand. of techn. sciences V.Lysecnko, master student S.Bogdan

У статті досліджується метод визначення періоду коротких відеоімпульсів в кодових послідовностях систем звязку з кодовим розділенням каналів. Показано переваги методу, досліджено основні характеристики отриманих послідовностей.

Ключові слова: *коефіцієнт взаємної кореляції, відео імпульс, електромагнітна сумісність, шпаруватість*

В статье исследуется метод определения периода коротких видеоимпульсов в кодовых последовательностях систем святи с кодовым разделением каналов. Показаны преимущества метода, исследованы основные характеристики полученных последовательностей.

Ключевые слова: *коэффициент взаимной корреляции, видео импульс, электромагнитная совместимость, скважность***.**

The article investigates the method of determining the period of short video sequences in the coding systems saints with CDMA. The advantages of the method to study the main characteristics of the obtained sequences.

Keywords*: cross-correlation coefficient, the form of pulses, electromagnetic compatibility, the duty cycle.*

Постановка проблеми. Характерною рисою одночасної роботи близькорозташованих радіозасобів в одному частотному діапазоні є виникнення внутрішньосистемних завад. Тому питання електромагнітної сумісності постає гостро, особливо на сучасному етапі розвитку систем радіозв'язку багатостанційного доступу. Існуючі методи боротьби із внутрішньосистемними завадами не задовольняють вимогам за рівнем взаємних завад [1, 4-7]. Таким чином, існує необхідність модернізації тих, що використовуються і розробки нових методів боротьби із внутрішньосистемними завадами, що виникають при великому числі одночасно працюючих радіо засобів з метою вирішення задачі електромагнітної сумісності [2,3].

Аналіз літератури. В літературі докладно розглядаються методи формування псевдовипадкових послідовностей, які широко застосовуються в системах радіозв'язку з кодовим розділенням каналів. Особливістю деяких з них, а саме методу формування послідовностей коротких відеоімпульсів з покращеними взаємокореляційними властивостями, є необхідність визначення періодів проходження імпульсів. Цю задачу було розв'язано емпіричним шляхом, що підтверджено результатами експериментів, однак відсутнє теоретичне обгрунтування рішення [2, 3]. Наявність такого розв'язання полегшить практичну побудову апаратних засобів формування та обробки послідовностей з покращеними взаємокореляційними властивостями і ансамблів складних сигналів на їх основі та забезпечить теоретичне підґрунтя для подальших процедур, пов'язаних із обробкою отриманих сигналів.

Мета статті. Метою статті є вирішення задачі визначення періодів проходження імпульсів в послідовностях відеоімпульсів з покращеними взаємокореляційними властивостями на основі функції Хевісайда та її властивостей.

Основний матеріал.

Послідовність відеоімпульсів представимо у вигляді [6]

$$u_i(t)=\sum_{k=1}^{n_i} U_{k_i}\, rect\left[t-(k\cdot Q_i-1)\cdot\tau_u\right], \quad (1)$$

де $k=1,\ldots,n_i$,-кількість імпульсів в i-й послідовності, $i=1,\ldots,L$;

Uki-k-й елемент i-ї кодової послідовності, що приймає значення [–1,1];

τ_i - тривалість імпульсу;

$Q_i=T_i/\tau_i$ – шпаруватість i-ї послідовності імпульсів;

T_i – період проходження імпульсів в і-й послідовності;

Функція $rect\left[t-(k\cdot Q_i-1)\cdot\tau_u\right]$ у виразі (1), має вигляд [7]

$$rect\left[t-(k\cdot Q_i-1)\cdot\tau_i\right]=\begin{cases}1, \text{при } (k\cdot Q_i-1)\,\tau_i \le t\le Q_i\tau_i;\\ 1, \text{при } (k\cdot Q_i-1)\,\tau_i > t > Q_i\tau_i;\end{cases} \quad (2)$$

Стикова функція взаємної кореляції (ФВК) послідовностей визначається виразом [4]:

$$R_{ij}(\tau)=\frac{1}{2\sqrt{E_iE_j}}\int_{-T}^{T}u_i(t)u_j(t-\tau)dt, \quad (3)$$

де $u_i(t)$, $u_j(t)$ – i-а й j-а кодові послідовності відеоімпульсів, при цьому $i\neq j$;

E_i і E_j – значення енергій відповідно i-ї i j-ї послідовностей;

T – інтервал, на якому визначені функції $u_i(t)$ і $u_j(t)$.

У [2] введено поняття мінімальної подоби двох послідовностей, яке полягає в тому, що незалежно від часового зсуву можливий збіг не більш ніж по одному імпульсі в кожній послідовності. Для виконання цієї умови ФВК *i*-ї і *j*-ї послідовностей не повинна перевищувати значення [4]:

$$R_{ij}(\tau) \le \frac{1}{n_i}, \qquad (4)$$

де $n_i \le n_j$ - кількість імпульсів у послідовностях.

В окремому випадку, для послідовностей з однаковою тривалістю, але з різною кількістю елементів ($n_i \ne n_j$), для визначення ФВК будемо використовувати вираження [4, 5]

$$R_{ij}(\tau) \le \frac{1}{\sqrt{n_i n_j}}. \qquad (5)$$

Кодові послідовності коротких відеоімпульсів, що задовольняють умові мінімальної подоби будемо називати послідовностями з покращеними взаємокореляційними властивостями.

Для виконання умов (4), (5) пропонується використовувати послідовності відеоімпульсів, які задовольняють таким вимогам [2]:

- кількість коротких імпульсів (n_i, n_j) у послідовностях $u_j(t)$ повинне бути неоднаковим ($n_i < n_j$);
- тривалості імпульсів у кожній послідовності рівні ($\tau_i = \tau_j$);
- періоди проходження імпульсів (T_i, T_j) у кожній послідовності підібрані таким чином, що $n_i T_i \approx n_i T_i \approx T$, причому шпаруватості кожної послідовності $Q_i > Q_j >> 1$, при $n_i < n_j$.

На підставі зазначених обмежень було складено їх систему (6), до складу якої ввійшли вираження (1, 3, 5) при нульовому зсуві двох сигналів у часі відносно один одного ($R_{ij}(0)$, тобто $\tau = 0$).

$$\begin{cases} u_i(t) = \sum_{k=1}^{n_i} U_{k_i} rect\left[t - (k \cdot Q_i - 1)\cdot \tau_u\right], \\ u_j(t) = \sum_{k=1}^{n_j} U_{k_j} rect\left[t - (k \cdot Q_j - 1)\cdot \tau_u\right], \\ Q_i = \dfrac{T_i}{\tau_u}, \\ Q_j = \dfrac{T_j}{\tau_u}, \\ R_{ij}(0) = \dfrac{1}{2\sqrt{E_i E_j}} \int_{-T}^{T} u_i(t) u_j(t) dt, \\ R_{ij}(0) \le \dfrac{1}{\sqrt{n_i n_j}}. \end{cases} \qquad (6)$$

З обмежень та системи рівнянь (6) випливає необхідність визначення періодів проходження імпульсів (T_i, T_j) у кожній послідовності, при цьому повинні виконуватися зазначені вимоги (3, 4, 5).

Для рішення даної системи (6) необхідно провести детальне дослідження кожного рівняння системи й тим самим установити оптимальний період (T) при рішенні всієї системи.

У сформованій системі рівнянь (6) використовується спрощена функція Хевісайда, значення якої дорівнює нулю для негативних аргументів і одиниці для позитивних аргументів (7) [7, 8], так само її називають сходинкою положення. Функція представлена на мал. 3.1.

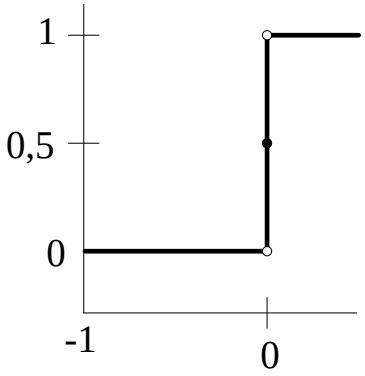

Рисунок 1 – Одинична функція Хевісайда

Функцію широко використовують у математичному апараті теорії обробки сигналів для представлення сигналів, що включаються в певний момент і залишаються включеними постійно. Найчастіше, значенням функції в 0 зневажають [9]:

$$f_{hev}(x) = rect(x) = \begin{cases} 0, при\ x < 0 \\ 1, при\ x \geq 0 \end{cases} \qquad (7)$$

Важливо відзначити наступні властивості функції Хевісайда. При нормованій прямокутній функції отримано наступне розв'язання [7]:

$$\int_{-\infty}^{\infty} rect(x) = 1. \qquad (8)$$

При множенні функцій саму на себе отримуємо трикутну функцію [8]:

$$tri(x) = rect(x) \cdot rect(x). \qquad (9)$$

Функція (9) знайшла широке застосування, у теорії складних сигналів являючи собою ідеалізований сигнал трикутної форми.

У функцію *rect* можна апроксимувати за допомогою безперервної функції [8]:

$$rect(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\tanh(yx) = \frac{1}{1+e^{-2yx}} \qquad (10)$$

де більше значення *y* відповідає більш крутому підйому функції в точку *x = 0*.

У нашом випадку ми використовуємо спрощену функцію, де функція в нульовій точці дорівнює одиниці і якщо врахувати що в *rect(0) = 0,5*, одержуємо наступне рішення [8]:

$$rect(x) = \lim_{y\to\infty} \frac{1}{2}(1 + \tanh yx) = \lim_{y\to\infty} \frac{1}{2 + e^{-2yx}} \qquad (11)$$

Дослідження рішення (11) дає можливість застосувати дане рішення до рівняння (2), а, отже, і властивості, наведені вище справедливі для рішення системи рівнянь (6).

Сформульовані дані (6), спрощують рішення системи, тому що використовується нормована прямокутна функція. При цій умові на підставі (1) і (7) у *i* и *j* послідовностях максимальне значення приймається рівним одиниці, а мінімальне нулю, і при цьому вираз (1) зводиться залежності U_k, у певний момент часу для кожної послідовності імпульсів.

З іншої сторони необхідно забезпечити дотримання умови (5). Для чого зіставимо (5) і (3):

$$\frac{1}{2\sqrt{E_i E_j}} \int_{-T}^{T} u_i(t) u_j(t-\tau) \leq \frac{1}{\sqrt{n_i n_j}} \qquad (12)$$

У виразі (2) для безперервних функцій $\tau=0$, і для нормованих прямокутних імпульсів (ідеальний прямокутний імпульс), відповідно до виразів (8) і (9) інтеграл $\int_{-T}^{T} u_i(t) u_j(t)$ приймаємо рівним одиниці, отже (2) приймає вигляд:

$$\frac{1}{2\sqrt{E_i E_j}} \leq \frac{1}{\sqrt{n_i n_j}},$$
$$2\sqrt{E_i E_j} \geq \sqrt{n_i n_j}. \qquad (13)$$

Для подальшого обчислення необхідно ввести поняття енергії, що для коротких імпульсів одиничної амплітуди дорівнює:

$$E_i = U_i n_i \tau_u,$$
$$E_j = U_j n_j \tau_u. \qquad (14)$$

З урахуванням енергії здійснимо розрахунки:

$$n_i n_j \le 4 n_i \tau_u \, n_j \tau_u$$

$$1 \le \frac{4 T_i T_j}{Q_i Q_j}$$

Отримаємо необхідний період проходження імпульсів *j*-й послідовності:

$$T_j = \frac{n_i \tau_u Q_{\max}}{T} \qquad (15)$$

де: T – тривалість послідовностей ансамблю;

n_i – кількість елементів у послідовності $i=1...L, (n_i \neq n_j, i \neq j)$;

$Q_{\max} = \frac{T}{\tau_u \cdot n_{\min}}$, де Q_{max} – шпаруватість імпульсів у послідовності з мінімальною кількістю елементів n_{min} [1, 3].

Висновок. Таким чином, було розроблено метод формування ансамблів кодових послідовностей з малою енергетичною взаємодією, що дозволяє формувати послідовності коротких відеоімпульсів. В основі методу лежить вираз (5), що дає можливість визначити період проходження імпульсів у кожній послідовності синтезованого ансамблю. Всі послідовності з таких ансамблів мають низький рівень внутрішньосистемних завад, що визначається значеннями максимальних викидів бічних пелюстків взаємокореляційих функцій сигналів, що взаємодіють [2].

Список використаних джерел

1. Помехозащищенность радиосистем со сложными сигналами, под ред. Г.И. Тузова. - М.: «Радио и связь», 1985 г. – 284 с.

2. В.П. Лысечко. Метод определения параметров сложных сигналов // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ –2004. – Вип. 7. – С.131-136.

3. В.П. Лысечко, В.Н. Харченко. Метод борьбы с внутрисистемными радиопомехами // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ –2004. – Вип. 2. – С.232-237.

4. Т.А. Оганов, Помехоустойчивость инвариантного приема импульсных сигналов. – М.: Радио и связь, 1984. – 176 с.

5. Л.Е.Варакин, Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.:Радио и связь, 1985. – 384 с.

6. Бернард Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. – М. Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.

7. Б.М. Болотовский, "Оливер Хевисайд", М. Изд. "Наука", 1985 г.

8. Glover, I.; Grant, P. (2004). Digital Communications (2nd ed.). Pearson Education Ltd

Рецензент д-р техн. наук, професор С.І.Приходько

Лисечко Володимир Петрович к-т техн. наук, доцент кафедри «Транспортний зв'язок» Української державної академії залізничного транспорту. Тел.: (093) 921-61-11, (095) 596-13-30. E-mail: lysechkov@ukr.net

Богдан Сергій Миколайович слухач Навчально-наукового інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів Української державної академії залізничного транспорту, електромеханік зв'язку Мелітопольської дистанції сигналізації та зв'язку Придніпровської залізниці. Тел.: (050)736-55-17. E-mail: bogdan1991@gmail.com

Lysechko Volodymyr Petrovych candidate of techn. sciences, professor of department of Transport telecommunications at Ukraine State Academy of Railway Transport. Тел.: (093) 921-61-11, (095) 596-13-30. E-mail: lysechkov@ukr.net

Bogdan Serhiy - a postgraduate student of Educational and Research Institute of Retraining and Advanced training at Ukraine State Academy of Railway Transport, communication electrician of Melitopol Signaling and Communication division at Prydniprovska railway. Tel.: (050)736-55-17. E-mail: bogdan1991@gmail.com