

ВИСОКОПРОДУКТИВНИЙ МЕТОД СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ШИРОКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі представлено високопродуктивний метод цифрового спектрального аналізу широкосмугових сигналів, який базується на процедурі розділення масиву широкосмугового сигналу на ряд підпоследовностей. Сформовані підпоследовності обробляються згідно алгоритму швидкого перетворення Фур'є (ШПФ). У рамках запропонованого методу отримано вирази для розрахунку параметрів структури ШПФ. Аналіз ефективності запропонованого методу підтвердив, що вдається підвищити продуктивність спектрального аналізу сигналів у 2,1÷4,7 разів залежно від об'єму аналізованої вибірки сигналу.

Ключові слова: швидке перетворення Фур'є, широкосмугові сигнали, спектр аналіз сигналів, роздільна здатність

Вступ

Існуючі засоби спектрального аналізу широкосмугових сигналів базуються на використанні методів цифрового оброблення сигналів (ЦОС), а саме – алгоритмів швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) [1]. Спектральний аналіз широкосмугових сигналів на базі алгоритмів ШПФ має ряд особливостей, що пов'язані з необхідною роздільною здатністю та високою продуктивністю оброблення [2]. При цьому безпосереднє застосування алгоритмів ШПФ для реалізації цих суперечливих вимог є складною науково-технічною задачею. Разом з тим, при розв'язанні задач, пов'язаних зі спектральним аналізом широкосмугових сигналів в інфокомунікаційних системах, продуктивність існуючих методів і засобів ЦОС виявляється недостатньою [2].

Метою роботи є підвищення продуктивності спектрального аналізу широкосмугових сигналів за рахунок розбиття реалізації сигналу на ряд підпоследовностей з подальшим їх обробленням у частотній області.

Результати дослідження

Для усунення недоліків класичного методу спектрального аналізу на базі ШПФ у роботі пропонується досліджувати реалізацію широкосмугового сигналу розділити на ряд підпоследовностей. Для кожної з цих підпоследовностей необхідно задати параметри ШПФ.

Виконаємо оцінку реального значення коефіцієнта перекриття k_r для реалізації ШПФ підпоследовності обсягом M . У високочастотній частині спектра досліджуваного сигналу значення k_r обмежено відносною шириною частотної смуги фільтра нижніх частот $k_B = \frac{f_S}{f_H}$, що усуває ефект «накладання спектрів». Звідси $f_S = k_B \cdot f_H$. У низькочастотній частині спектра коефіцієнт k_B обмежено допустимим значенням $\beta_{\max}$

$$f_L = \frac{f_S}{N \cdot \beta_{\max}}. \quad (1)$$

З урахуванням (1) отримаємо

$$k_r = \frac{N \cdot \beta_{\max}}{k_B}. \quad (2)$$

Нехай частотний діапазон широкосмугового сигналу розділено на m перекривних піддіапазонів з коефіцієнтом перекриття $k_i = \frac{f_{H_i}}{f_{L_i}}$. Тоді для i -піддіапазону маємо частотне розділення

$$\Delta f_i = \frac{f_{S_i}}{M_i} = f_{L_i} \cdot \beta_{\max_i}. \quad (3)$$

З виразу (3) видно, що при незмінному значенні $\beta_{\max_i}$ зменшення f_{L_i} призводить до необхідності зниження частоти дискретизації f_{S_i} або пропорційному збільшенню обсягу M_i . При переході до наступного піддіапазону згідно (3) маємо: $\Delta f_{i+1} = f_{L_{(i+1)}} \cdot \beta_{\max_{(i+1)}}$.

Звідси отримаємо

$$\frac{\Delta f_{i+1}}{\Delta f_i} = \frac{f_{L_{(i+1)}}}{f_{L_i}} \cdot \frac{\beta_{\max_{(i+1)}}}{\beta_{\max_i}}. \quad (4)$$

З виразу (4) отримаємо співвідношення між частотами дискретизації сусідніх піддіапазонів:

$$\frac{f_{S_{(i+1)}}}{f_{S_i}} = k_i \frac{\beta_{\max_{(i+1)}}}{\beta_{\max_i}} \cdot \frac{M_{i+1}}{M_i}. \quad (5)$$

Співвідношення (5) дає змогу оцінити для кожної підпоследовності, отриманої з масиву вибірок досліджуваного широкосмугового сигналу, основні параметри структури ШПФ.

Висновки

У роботі представлено метод спектрального аналізу широкосмугових сигналів, який базується на процедурі розділення досліджуваного сигналу на ряд підпоследовностей. Аналіз ефективності запропонованого методу підтвердив, що вдається підвищити продуктивність спектрального аналізу широкосмугових сигналів у 2,1÷4,7 разів залежно від об'єму аналізованої вибірки. Запропонований метод можна використовувати в інфокомунікаційних системах для спектрального аналізу широкосмугових сигналів у режимі реального масштабу часу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г. Г., Васильківський М. В., Кичак В. М. Методи та засоби первинного цифрового оброблення радіосигналів : монографія. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 168 с.
2. Бортник Г. Г., Васильківський М. В., Кичак В. М. Методи та засоби цифрового оброблення високочастотних сигналів для систем безпеки та моніторингу : монографія. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – 126 с.

Бортник Геннадій Григорович – канд. техн. наук, професор кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: bgen88@gmail.com

Бортник Олександр Геннадійович – аспірант кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: alex.bortnik.it@gmail.com

Чубатюк Сергій Васильович – аспірант кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ppifoxtrout@gmail.com

HIGH-PERFORMANCE METHOD FOR SPECTRAL ANALYSIS OF BROADBAND SIGNALS

Abstract

The paper presents a high-performance method for digital spectral analysis of broadband signals, which is based on the procedure of dividing a broadband signal array into a number of subsequences. The formed subsequences are processed according to the algorithm of the fast Fourier transform (FFT). Within the framework of the proposed method, expressions for calculating the parameters of the FFT structure are obtained. Analysis of the effectiveness of the proposed method confirmed that it is possible to increase the productivity of spectral analysis of signals by 2.1÷4.7 times depending on the volume of the analyzed signal sample.

Keywords: fast Fourier transform, broadband signals, spectrum signal analysis, resolution.

Bortnyk Gennadiy Grygorovych – Ph.D., Professor of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, bgen88@gmail.com

Bortnyk Oleksandr Gennadiiovych – postgraduate of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, alex.bortnik.it@gmail.com

Chubatiuk Serhii Vasylovych – postgraduate of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, ppifoxtrout@gmail.com