

МЕТОДИ ВТОРИННОГО ОБРОБЛЕННЯ СИГНАЛІВ У ЦИФРОВИХ РАДІОПРИЙМАЛЬНИХ ЗАСОБАХ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі представлено метод спектрального аналізу вузькосмугових радіосигналів (РС) на базі багатоетанного цифрового оброблення масиву вибірок досліджуваного сигналу. При цьому з'являється можливість суттєво скоротити час для визначення спектральних складових РС та забезпечити режим функціонування засобів первинного оброблення РС у реальному масштабі часу.

Ключові слова: радіосигнали, цифрове оброблення сигналів, спектральний аналіз

Abstract

The method of spectral analysis of narrowband radiosignals (RS) on the basis of the rich-tapestry digital processing of the array of samples of the investigated signal is presented in the paper. In this case, there is an opportunity to significantly shorten the time to determine the spectral components of the PC and to provide the mode of functioning of the primary processing of the RS in real time. The structure of the hardware-software analyzer of RS is developed, which is characterized by a wide band of working frequencies, with minimal hardware costs and functions in real time.

Keywords: radiosignals, digital signal processing, spectral analysis

Вступ

Цифрові радіоприймальні засоби (ЦРЗ) широко використовуються для розв'язання задач в різноманітних галузях, а саме: керування використанням радіочастотного спектра, контроль радіобстановки та ін. Основним параметром ЦРЗ, який характеризує їх ефективність є продуктивність вторинного оброблення сигналів. Останнім часом запропоновано декілька модифікованих методів вторинного оброблення сигналів, які було розроблено для того, щоб послабити обмеження за продуктивністю, що властиві цифровим методом [1-3]. Незважаючи на певні результати, досягнуті у зазначених вище публікаціях, питання підвищення продуктивності ЦРЗ як і раніше залишається актуальним.

Метою роботи є підвищення продуктивності ЦРЗ за рахунок кореляційного оброблення вибірок досліджуваного сигналу.

Результати дослідження

Найпростішим методом вторинного оброблення сигналів у ЦРЗ є алгоритм кореляційного оброблення. Він реалізується згідно виразу

$$y(i_0, F) = \sum_{i=i_0}^{n+i_0-1} x(i) \cdot a^*(i-i_0) \cdot \exp\left(-2\pi j \frac{(f_0 + F)}{F_D} \cdot (i-i_0)\right), \quad (1)$$

де f_0 – носійна частота сигналу; n – кількість вибірок сигналу.

Вираз (1) реалізує один канал оброблення для фіксованих значень затримки і частоти. Ефективність алгоритмів оброблення зручно характеризувати кількістю арифметичних операцій, необхідних для обчислення одного каналу фільтрації. Цей параметр називається питомим обсягом обчислень

$$v = \frac{V}{M}, \quad (2)$$

де V – кількість арифметичних операцій алгоритму; M – число каналів оброблення.

Для реалізації виразу (1) кореляційного оброблення питомий обсяг обчислень дорівнює

$$v_{KO} = 14n - 2. \quad (3)$$

Метод кореляційно-фільтрового оброблення є розвитком алгоритму кореляційного оброблення сигналу на частоті F . Метод полягає в демодуляції сигналу, прийнятого ЦРЗ, і в спектральному аналізі демодульованого сигналу в діапазоні досліджуваних частот. Кореляційно-фільтрове оброблення сигналів може бути описане наступним виразом:

$$y(k) = \sum z(s) \exp\left(-2\pi \cdot j \frac{ks}{N}\right), \text{ при } s \geq n, k = 0, 1, N-1, z(s) = 0. \quad (4)$$

де $z(s) = a^*(s)x(s + i_0)$; $s = 0, 1, \dots, n-1$; $N > n$ – кількість точок обчислення спектра.

Оскільки вираз (4) є дискретним перетворенням Фур'є, то його можна обчислити за допомогою алгоритму швидкого перетворення Фур'є (ШПФ), доповнюючи при необхідності вхідний сигнал нулями. Питомий обсяг обчислень кореляційно-фільтрового оброблення при використанні алгоритму ШПФ дорівнює:

$$v_{\text{кфО}} = \frac{1}{\beta} (5 \log_2 N + 6), \quad (5)$$

де $\beta = M/N$ – відношення числа необхідних каналів до числа каналів, що розраховуються.

Оптимальна фільтрація сигналів у частотній області виконується шляхом обчислення спектра вхідного сигналу, множення на частотну характеристику оптимального фільтра і зворотного перетворення в часову область. При обчисленні спектра вхідного сигналу і при зворотному перетворенні в часову область доцільно використовувати алгоритми ШПФ і оберненого ШПФ (ОШПФ). Спектр вхідного сигналу визначається як

$$X(k) = \sum_{i=0}^{N-1} x(i) \exp\left(-2\pi \cdot j \frac{ik}{N}\right), \quad i = 0, 1, N-1. \quad (6)$$

Далі відбувається перемноження спектра сигналу і частотної характеристики оптимального фільтра $A(k)$ з урахуванням зсуву k_0 .

$$Y(k) = X(k) \cdot A(k - k_0). \quad (7)$$

Для $k < k_0$ і $(k - k_0) \geq N$ приймається $A(k - k_0) = 0$. Потім результат фільтрації переноситься у часову область за допомогою ОШПФ:

$$y(i) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} Y(k) \exp\left(2\pi \cdot j \frac{ik}{N}\right). \quad (8)$$

Для організації ефективних паралельних обчислень використовується розбиття сигналу $x(i)$ на секції довжини L . При цьому питомий обсяг обчислень методу фільтрації в частотній області становить

$$v_{\text{ОФ}} = \frac{2\alpha(5 \log_2 \alpha n + 3)}{\alpha - 1 + \frac{1}{n}}, \quad (9)$$

де $\alpha = L/n$.

Висновки

При кількості каналів оброблення у ЦРЗ до десяти, найбільш ефективним є метод кореляційного оброблення. Якщо ж необхідна кількість каналів оброблення мала величина α в (9), то ефективнішим у ЦРЗ є метод кореляційно-фільтрового оброблення сигналів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г.Г. Методи та засоби первинного цифрового оброблення радіосигналів / Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, В.М. Кичак. – Вінниця: ВНТУ, 2016. – 168 с.
2. Бортник Г.Г. Методи та засоби оцінювання параметрів абонентських ліній зв'язку / Г.Г. Бортник, В.М. Кичак, В.Ф. Яблонський. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 139 с.
3. Бортник Г.Г. Методи та засоби підвищення ефективності оцінювання фазового дрижання сигналів у телекомунікаційних системах / Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, В.М. Кичак. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 140 с.

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

Вітер Ринат Миколайович – аспірант кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: donyray7@gmail.com.

Bortnyk Gennadiy Grygorovych – Ph.D., Professor of the Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bgen88@gmail.com

Viter Rinat Mikolayevych – postgraduate of the Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: donyray7@gmail.com