

МІНІМІЗАЦІЯ ОБ'ЄМУ ОБЧИСЛЕНЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КЛАСІВ СИГНАЛІВ

Олександр Тимченко

При цифровому аналізі випадкових процесів слід враховувати обмежуючі фактори, до яких в першу чергу належить великий об'єм вхідних даних і порівняно невисока швидкодія систем обробки. Альтернативою в цьому випадку є кореляційна обробка з використанням дельта-модульованого (ДМ) подання сигналів, що при значно нижчій розрядності, ніж звичайна імпульсно-кодова модуляція (ІКМ), має ту ж роздільну здатність. Але необхідно відмітити, що і в цьому випадку паралельні кореляційні системи є громіздкими [1].

У випадку класифікації сигналів точність визначення їх спектральних і кореляційних характеристик може бути порівняно невисокою, тому що клас охоплює, як правило, деяку сукупність параметрів сигналів а також їх діапазон. Оскільки швидкодія систем ЦОС зв'язана з мінімізацією і спрощенням використовуваних операцій, розробка методів, що суміщають ці параметри — актуальна.

Розглянуті далі методи аналізу базуються на використанні двох факторів: ДМ-подання сигналів з низькою розрядністю і аналізу переходів через нульовий рівень відповідних сум і різниць цих сигналів. Перший дає мінімальну розрядність кодування при заданій роздільній здатності, а другий — максимальною простий алгоритм їх обробки. Класифікація сигналів відбувається в режимі реального часу шляхом порівняння для вхідного і еталонного сигналів числа переходів через нульовий рівень відповідних сум

і різниць кроків квантування. Число переходів через нульовий рівень назвемо числом нулів відповідного (високого) порядку. В даній роботі розглянуті особливості використання ДМ-подання сигналів для цілей класифікації з допомогою сукупності числа нулів високих порядків.

Число нулів першого порядку D_1 дискретизованого вхідного сигналу $\{x_k\}$, $k>0$ є число змін знаку сигналу $\{x_k\}$ за інтервал реалізації $\Theta = NT$, де N - число відліків в реалізації, T - інтервал дискретизації. Числом нулів другого порядку D_2 буде число змін знаку першої різниці вхідних відліків $\{\nabla x_k = x_k - x_{k-1}\}$. Аналогічно, число нулів j -го порядку D_j визначається як число переходів через нульовий рівень сигналу $\{\nabla^{j-1} x_k = \nabla^{j-2} x_k - \nabla^{j-2} x_{k-1}\}$.

Сукупність значень $\{D_j\}$, $j>0$ однозначно зв'язана із спектром вхідного стаціонарного (необов'язково гаусівського) вхідного сигналу [2]. Враховуючи, що коефіцієнти кореляції $\{\rho_j\}$, $j>0$ також даються значеннями $\{D_j\}$, наприклад $\rho_1 = \cos(\pi D_1 / (N-1))$ і т.п., можна зробити висновок, що сукупність числа нулів високих порядків $\{D_j\}$, $j>0$ є достатньою мірою для визначення спектральних та кореляційних характеристик, а значить і для цілей класифікацій сигналів.

Пристрій для класифікації сигналів (рис.1) реалізує визначення числа нулів високих порядків $\{D_j\}$, $j>0$ і порівняння їх з еталонною послідовністю $\{D_j^{(0)}\}$, $j>0$ [3]. Він складається з дельта-кодера A/D , лічильника CT , на N (довжини реалізації), суматорів SM , регістрів RG , лічильників CT , блоків порівняння і елементу 1.

Вхідний аналоговий сигнал $x(t)$ кодується з допомогою дельта-кодера A/D в форматі багаторівневої ДМ (БДМ) по правилу [4]:

$$p_k^{(x)} = \text{sgn}(x_k - \hat{x}_k) \cdot ENT \left[\min \left(K_p^{(x)} / 2, |x_k - \hat{x}_k| / S_{\min}^{(x)} + A \right) \right], \quad (1)$$

де \hat{x}_k — апроксимація вхідного сигналу в моменти дискретизації

kT , $S_{\min}^{(x)}$ — мінімальний ненульовий крок квантування, $K_p^{(x)}$ —

кількість рівнів ДМ-подання, $A=0,5$ при $K_p^{(x)} \bmod 2 = 0$ і $A=0,9(9)$

при $K_p^{(x)} \bmod 2 = 1$; $ENT\{\cdot\}$, $\text{sgn}(\cdot)$, $\min(\cdot)$ - ціла частина, знак та

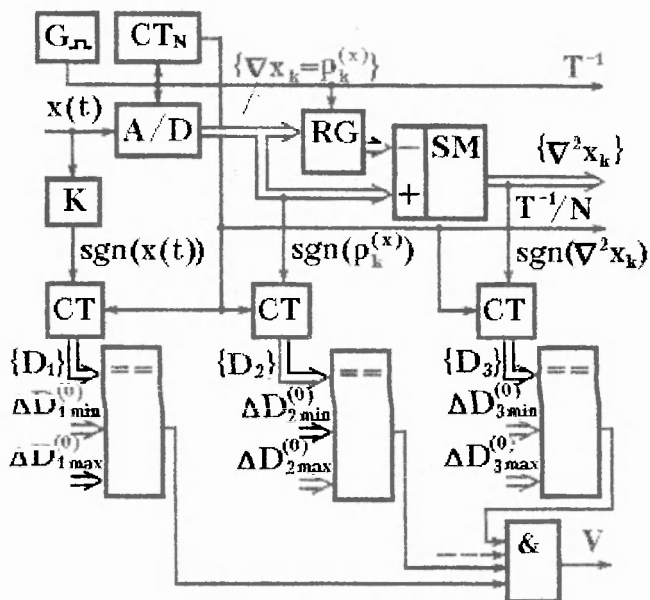


Рис.1

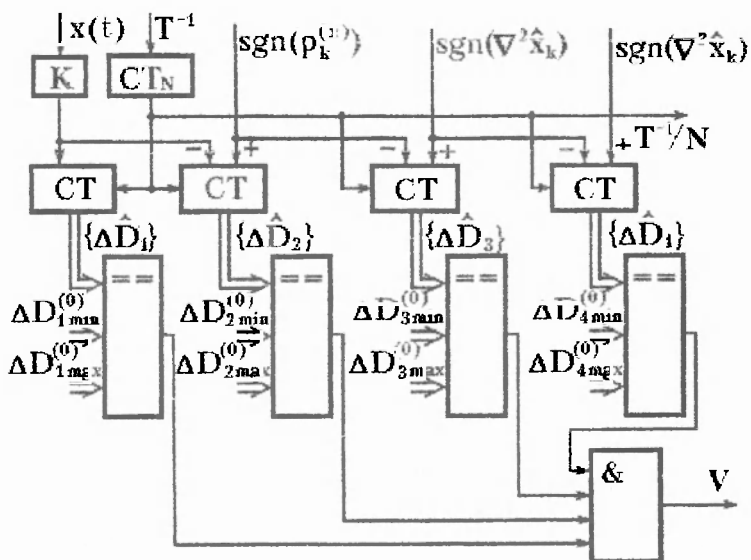


Рис.2

мінімум величин (\cdot).

Згідно (1) вхідний випадковий сигнал подається послідовністю цілих чисел $\{p_n^{(x)}\}$ з розрядністю $c^{(p)} = \log_2 K_p^{(x)} < c^{(x)}$ і ϵ його першою різницею $\nabla x_n = p_n^{(x)}$. Різницевий сигнал $\nabla^2 x_n = \nabla x_k - \nabla x_{k-1}$ отримується за допомогою операції віднімання в суматорі SM. Підрахунок змін знаку в цих сигналах за час реалізації Θ , тобто число змін знакового розряду, дає значення D_2 і D_3 . Аналогічно, виконуючи послідовно $k-1$ разів вказане віднімання, і підраховуючи кількість змін знаку відповідної різниці за інтервал реалізації Θ , отримуємо D_k .

В блоках порівняння отримана послідовність $\{D_j\}$ порівнюється з еталонною $\{D_j^{(0)}\}$, причому належність сигналу до даного класу визначається виконанням нерівностей для всіх j : $\{D_{j_{\min}}^{(0)} < D_j < D_{j_{\max}}^{(0)}\}$, що сигналізується наявністю сигналу на виході елементу І.

Роздільна здатність методу залежить від вибраної величини $S_{\min}^{(x)}$ і може бути достатньо високою. Необхідна розрядність суматорів визначається максимальним порядком числа нулів J_{\max} і розрядністю $c^{(p)}$: $c^{(s)} = c^{(p)} + \log_2 J_{\max}$ і звичайно не перевищує 8.

Класифікація сигналів також може здійснюватися по критерію швидкості росту числа нулів, що за рахунок зменшення об'єму лічильників СТ дозволяє обробляти значно довші сигнали.

Оскільки для всіх сигналів значення $D_{j+1} > D_j$, швидкість росту числа нулів j -го порядку, $j = 1, \overline{J_{\max} - 1}$ визначається як різниця числа нулів $(j+1)$ -го і j -го порядків: $\Delta D_j = D_j - D_{j-1}$, причому для числа нулів першого порядку маємо $\Delta D_1 = D_1$ — число змін знаку в сигналі $\{x_k\}$. Це може бути реалізовано з допомогою реверсивного підрахунку в лічильниках СТ, що не менше ніж в $\mu = T^{r-1}/T_H^{r-1}$, де T_H^{-1} — частота Найквіста, зменшує їх об'єм. Відповідно класифікація сигналів ведеться по довірчому інтервалу для швидкості роста числа нулів вхідного і еталонного сигналів: $\{\Delta D_{j_{\min}}^{(0)} < \Delta D_j < \Delta D_{j_{\max}}^{(0)}\}$, де $\{\Delta D_j^{(0)}\}$ — швидкість росту числа нулів еталонного сигналу (рис. 2).

Таким чином, використання послідовності числа нулів і швид-

кості їх росту $\{D_j\}$, $\{\Delta D_j\}$, $j>0$, отриманих на основі ДМ-подання вхідного сигналу (1), мінімізує об'єм обчислень і апаратурні затрати і дозволяє реалізувати широкосмугові пристрої для цілей класифікації сигналів.

Література

1. Погрибной В.А. Дельта-модуляция в цифровой обработке сигналов. - М.: Радио и связь, 1990. - 216 с., ил.
2. Кедем Б. Спектральный анализ и различение сигналов по пересечениям нуля // ТИИЭР.- 1986.- Т.74, N11. -с.6-24.
3. А.св.N1695493 СССР. Цифровой фильтр. Тимченко А.В., Пристайко О.Р., Тимченко С.В. / Опубл.1991. Бюл.N44.
4. Погрибной В.А., Тимченко А.В. Расчет цифровых фильтров с дельта-модуляцией // Изв.ВУЗов. Сер. Радиоэлектроника. - 1988. - Т.27, N9. - С.23-27.