

ДИСКРЕТНЕ КОСИНУСНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЯК ЗАСІБ КОМП'ЮТЕРНОЇ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

Національний авіаційний університет

Rvdim4835@gmail.com

Вступ

Відомо, що представлення та стиснення функцій (процесів різної природи, в тому числі, і аудіо-відео інформації) за системою ортогональних та неортогональних базисів потребує на етапі аналізу математичного обчислення коефіцієнтів розкладу (K). При цьому, для базису тригонометричних функцій (ДПФ) швидкодія визначається кількістю операцій додавання $2K \log_2 K$ та $2K \log_2 K$ операцій множення, для базису функцій Хаара – $2(K-1)$ операцій додавання, для базису функцій Уолша – $K \log_2 K$ операцій додавання [1], для РЛ-функцій – $K \log_2 K$ операцій додавання [2], для функцій Шаудера – $2(K-1)$ операцій додавання [3].

Постановка задачі

Дискретне косинусне перетворення (ДКП) широко використовується в різних системах передачі даних, наприклад, в системах кодування звукового мовлення [4], стиснення статичних зображень з використанням стандарту JPEG тощо.

Коефіцієнти ДКП визначається як

$$X_c(k) = \frac{C(k)}{\sqrt{N}} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cos \frac{(2n+1)k\pi}{2N},$$

де

$$C(k) = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ \sqrt{2}, & k = 0, 1, \dots, N-1 \end{cases}$$

сукупність вагових коефіцієнтів;

N – довжина вибірки початкової послідовності.

Зворотне ДКП визначається як:

$$\hat{x}(n) = \frac{C(k)}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} X_c(k) \cos \frac{(2n+1)k\pi}{2N},$$

$$n = 0, 1, \dots, N-1,$$

У випадку скорочення надмірності найскладнішим для ДКП є кодування коефіцієнтів $X_c(k)$. Пропонується використувати наступні формули [4]:

$$X_c(k) = A(k) * 2^{B(k)},$$

де

$$A(k) = (-1)^{a_{k0}} \sum_{m=1}^{M(l)-1} a_{km} 2^{M(l)-m-1}$$

мантиса k -го коефіцієнта;

$$B(k) = \sum_{j=1}^{p-1} b_{kj} 2^{p-j-1}$$

порядок k -го коефіцієнта;

a_{km} і b_{kj} – двійкові розряди мантиси і порядку; $M(l)$ – розрядність мантиси коефіцієнтів у відповідній частотній групі; p – розрядність порядку.

Очевидно, що ДКП може бути перспективним для застосування в цифрових системах передачі сигналів мовлення.

На відміну від перетворення Фур'є, ДКП оперує з дійсними значеннями, а фазові обчислення відсутні. Така ситуація характерна при дослідженні сигналів мовлення, створення засобів розпізнавання, ідентифікації голосу тощо. Наприклад, при визначенні кепстру, необхідно визначити тільки амплітудні складові. Таким чином, по факту, зменшуються часові витрати на обчислення при ДКП.

Актуальним напрямом досліджень є моделювання процесів розкладу сигналів за системою базисних функцій, що передбачає на етапі аналізу обчислення коефіцієнтів на фіксованих часових відрізках, наприклад, для мовних сигналів не більше 20 мсек. В таблиці 1 приведені

Таблиця 1. Можливі варіанти обробки інформації.

Вибір варіантів обробки інформації					
ДКП	WALSH	SPLINE	SHAU	PL	інші

можливі варіанти комп'ютерної обробки інформації. В таблиці: ДКП – косинусне перетворення, WALSH – перетворення Уолша – Адамара, SPLINE – сплайн – перетворення, SHAU – перетворення Шаудера, PL – PL перетворення.

Для програмної реалізації розглянемо варіант дискретного косинусного перетворення фрагментів мовних сигналів. Для цього можна використовувати зв'язок між коефіцієнтами ДКП і ДПФ:

$$X_c(k) = C(k) \operatorname{Re} \left[e^{-j\pi \frac{k}{2N}} X_F(k) \right], \quad (1)$$

де $X_F(k)$ – коефіцієнти перетворення Фур'є ново утвореної послідовності відліків.

$$y(n) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} x(n), n = 0, 1, \dots, N-1 \\ \frac{1}{\sqrt{2}} x(2N-1-n), n = N, N+1, \dots, 2N-1 \end{cases} \quad (2)$$

Тут $N, N+1, \dots, 2N-1$ – номери відліків дзеркального відображення початкової послідовності.

Оберне ДКП можна здійснити через зворотне ДПФ наступним чином:

$$X_F(k) = e^{j\pi \frac{k}{2N}} x_C(k), k = 0, 1, \dots, N-1, \quad (3)$$

В результаті початкова послідовність відліків відновлюється за правилом $\hat{x}(n) = C(k)y(n), n = 0, 1, \dots, N-1$ (4)

де $\hat{y}(n)$ – дійсна частина зворотного ДПФ від $X_F(k)$.

Практичні дослідження

Дана стаття є логічним продовженням досліджень започаткованих автором в [5].

Структурна схема алгоритма обчислення ДКП через ДПФ шляхом моделювання наведена на рис. 1.

Алгоритмом передбачається визначення початкової вибірки відліків N . Проводиться обчислення постійних $S3 = \sqrt{2}$, $P2 = \pi/2$. Далі початкові дані поділяються на $S3$, розмір вибірки дорівнює $2N$. Утворюється дзеркальне відображення даних

початкового блока, формується послідовність $y(n)$ у відповідності до (2). Потім розраховується ДПФ від $y(n)$.

Коефіцієнти розкладу формуються в блоці ОЗУ у відповідності з формулою (1). При цьому розмір вибірки дорівнює N . В результаті у блоці 2 ОЗУ маємо послідовність коефіцієнтів $X_c(k)$.

Далі при необхідності проводиться відбір коефіцієнтів. Алгоритми відбору інформативних коефіцієнтів, які в подальшому на етапі синтезу (зворотне перетворення) використовуються при відновленні інформації на приймальній стороні, можуть бути аналогічними як і при інших ортогональних перетвореннях.

Наприклад, по принципу $|\max|$ або \max/\min . Якщо відбір виконується по принципу $|\max|$, то відбирається M коефіцієнтів із N , обчислених на інтервалі $[0, T]$.

Далі розмір вибірки встановлюється рівним $2N$ і проводиться синтез (відновлення) початкової послідовності відліків. У блоці ОЗУ формуються коефіцієнти Фур'є $X_F(k)$ у відповідності з виразом (3). Потім виконується обернене ДПФ. За правилом (4) розраховуються відновлені відліки. При цьому розмір вибірки дорівнює N .

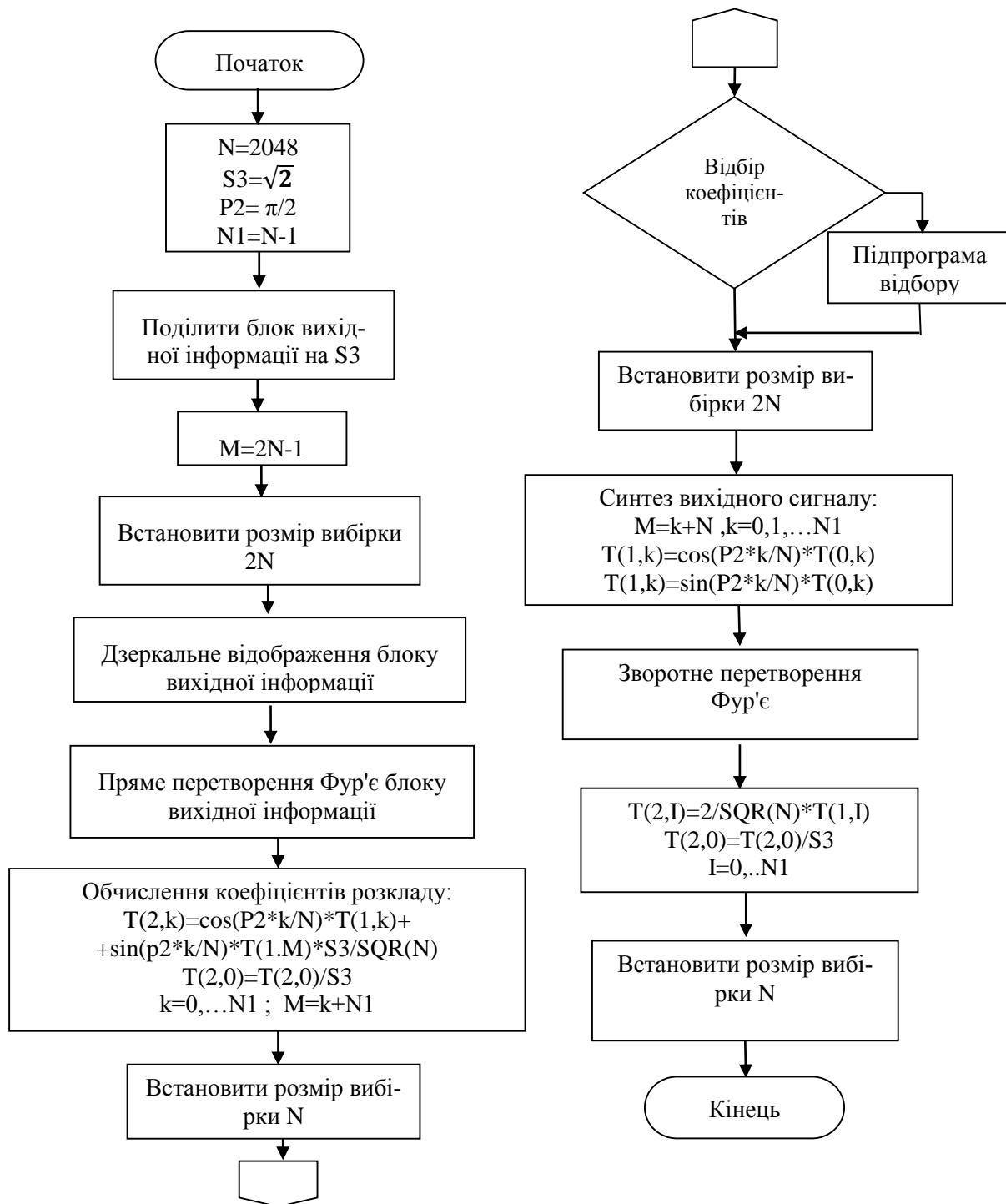


Рис. 1 Структурна схема алгоритма обчислення ДКП через ДПФ

Результати моделювання наведені на рис.2: де, а) – початкова, б) – відновлена реалізація фрагменту мовного сигналу (по граничній кількості коефіцієнтів).

Слід зауважити, що відбір коефіцієнтів не являється обов'язковим.

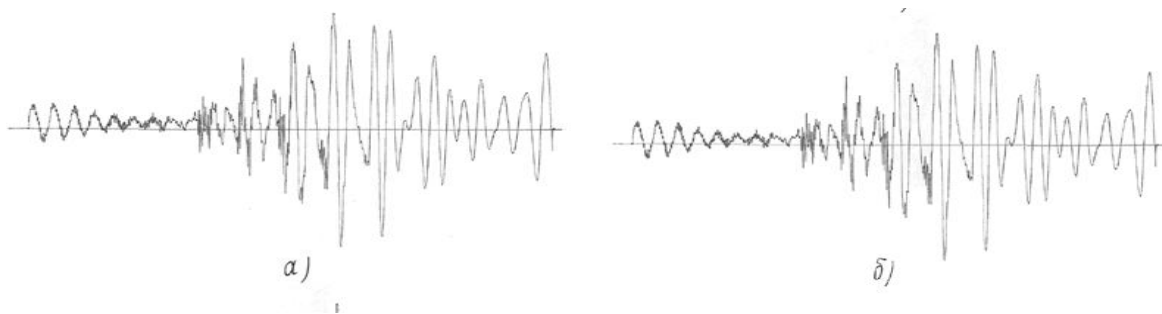


Рис. 2. Результати моделювання ДКП фрагменту мовного сигналу

Висновки

Проведені дослідження засобами комп'ютерного моделювання дають підстави стверджувати, що використання базисних функцій для цифрової обробки сигналів – задача актуальна. Шляхом досліджень і порівняльного аналізу можна вибрати такий вид обробки, який дасть найбільш бажаний результат за одним із критеріїв: найкраща якість, максимальний стиск (компресія) при заданій якості тощо.

Література

1. Залманзон Л.А. Преобразования Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях. / Залманзон Л.А. // М.: Наука, 1989. – 496 с.

2. Геранин В.А. Среднеквадратическая погрешность представления стационарных случайных процессов в базисе PL-функций. / Геранин В.А., Мелешко Н.А., Овчарук М.Е. и др. // Труды XI Всес. сим-

поз. "Методы представления и аппаратурный анализ случайных процессов и полей", Л.: 1980. – С.68-73.

3. Мелешко М.А. Целесообразность представления речи в базисе функций Шаудера / Мелешко М.А. // Весн. КПИ. Електроакустика и звукотехника, 1983, №7. – С.44-46.

4. Грудинин А.С. Кодирование сигналов звукового вещания в базисе дискретного косинусного преобразования. Техника средств связи. / Грудинин А.С., Синильников А.М. // Техника радиовещательного приема и акустики, вып.5, 1986. – С. 3-10.

5. Ракицький В.А. Дослідження технологій передачі мультимедійної інформації в комп'ютерних мережах. / Ракицький В.А. // Науково-практична конференція "Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності". Тези доповідей. – К.: НАУ, 2016. – С. 43.

Ракицький В.А.

ДИСКРЕТНЕ КОСИНУСНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЯК ЗАСІБ КОМП'ЮТЕРНОЇ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

Показана актуальність вивчення та використання математичних обчислень та комп'ютерних засобів обробки інформації на основі базисних функцій. Надані експериментальні дослідження процесу моделювання дискретного косинусного перетворення (ДКП) фрагменту мовного сигналу. Відомо, що представлення та стиснення функцій (процесів різної природи, в тому числі, і аудіо-відео інформації) за системою ортогональних та неортогональних базисів, потребує на етапі аналізу математичного обчислення коефіцієнтів розкладу. При виборі базисних функцій слід зважити на наступне: базис тригонометричних функцій потребує операцій додавання та множення, для базису функцій Хаара, функцій Уолша, PL – функцій та функцій Шаудера – тільки операцій додавання. Повідомляється, що найменшу кількість операцій при обчисленні коефіцієнтів розкладу має базис Шаудера, що визначає найбільшу швидкодію. В зв'язку з тим, що ДКП широко використовується в різних системах передачі даних, стиснення статичних

зображень з використанням, наприклад, стандарту JPEG тощо, проведено комп'ютерне моделювання розкладу мовних сигналів. У випадку скорочення надмірності найскладнішим для ДКП є кодування коефіцієнтів. Для програмної реалізації розглянуто варіант використання дискретного косинусного перетворення фрагментів (реалізацій) мовних сигналів. В розрахунках використовується зв'язок між коефіцієнтами ДКП і ДПФ. При необхідності можливий відбір інформативних коефіцієнтів. Надані графічні зображення сигналів за результатами моделювання початкової та відновленої реалізації сигналу (по граничній кількості коефіцієнтів). Проведені дослідження дають підстави стверджувати, що використання базисних функцій для цифрової обробки сигналів – задача актуальна. Шляхом досліджень і порівняльного аналізу можна вибрати такий вид обробки, який дасть найбільш бажаний результат за одним із критеріїв: найкраща якість, максимальний стиск (компресія) при заданій якості тощо.

Ключові слова: комп'ютерна обробка інформації, дискретне косинусне перетворення, моделювання, мовні сигнали.

Rakitsky V.A.

DISCRETE COSINE TRANSFORMATION AS A MEANS OF COMPUTER PROCESSING OF INFORMATION

The actuality of studying and using mathematical estimations and computer instruments of information processing based on basic functions is shown. The experimental researches of the simulation process of the discrete cosine transform (DCT) of the speech signal fragment are presented. It is known that the representation and compression functions (processes of different nature, including audio and video information) on the system of orthogonal and non-orthogonal bases needs during the analysis of mathematical computing expansion coefficients. When selecting basic functions should consider the following: the basis of trigonometric functions requires operations of addition and multiplication to Haar basis functions, Walsh functions, PL - Schauder functions and features - only operations of addition. It is reported that the lowest number of transactions when calculating the coefficients of expansion has Schauder basis that determines the highest performance. In connection with the fact that the DCT is widely used in various systems, data compression using static images, such as JPEG standard, etc. Computer simulation schedule of speech signals. In case of reduction of redundancy is the most difficult for DCT coding coefficients. SCE may be promising for use in digital systems, streaming audio broadcast using computer networks. For software implementation discussed option of using discrete cosine transform fragments (implementations) speech signals. The calculations used by the link between DFT and DCT coefficients. If necessary, a selection factors. Our studies give reason to believe that the use of basic functions for digital signal processing - the problem is actual. Through research and comparative analysis can choose a type of treatment that will give the most desirable for one of the following criteria: best quality, maximum compression (compression) at a given quality, etc.

Keywords: computer information processing, discrete cosine conversions, speech signals.