

УДК 680.3

О.Г. Толстолюзка

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Україна

## СПОСІБ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ ПРОЦЕСОРІВ З ОДНОРІДНОЮ ПАРАЛЕЛЬНО-ДЕКОМПОЗИЦІЙНОЮ АРХІТЕКТУРОЮ

У статті розглядається спосіб оптимізації енергоспоживання для одного з перспективних класів спецпроцесорів реального масштабу часу – процесорів з однорідною паралельно-декомпозиційною обробкою даних (ОДК - процесорів).

**Ключові слова:** цифровий сигнальний процесор, управління енергоспоживанням, декомпозиційний метод паралельної обробки, коефіцієнт декомпозиції, однорідний і неоднорідний декомпозиційні процесори.

### Вступ

**Актуальність дослідження.** Існує великий клас систем обробки інформації й управління, у яких обчислювальні засоби повинні видавати результати обробки даних у темпі отримання на вхід системи нових наборів вихідних даних від зовнішніх джерел, тобто в реальному масштабі часу (РМЧ). Прикладами таких систем є системи обробки радіолокаційної інформації, управління швидкоплинними технологічними процесами, системи цифрового телебачення, системи мобільного зв'язку й т.п. Жорсткі вимоги й обмеження, пропоновані в цих системах до цифрової обробки сигналів, обумовили широке розповсюдження спецпроцесорів класу *DSP* (*Digital Signal Processing*). Крім тактової частоти однією з найважливіших характеристик *DSP*-процесорів є величина енергоспоживання (насамперед для *DSP* мобільних систем). Для зниження енергоспоживання можуть застосовуватися різні методи, наприклад, динамічна зміна тактової частоти, переключення в сплячий режим, відключення невикористовуваного на даному часовому інтервалі периферійного встаткування й т.д. Вибір і використання конкретних методів управління енергоспоживанням у значній мірі залежить від складу застосовуваних методів паралельної обробки даних й особливостей архітектури конкретних *DSP*-процесорів.

**Мета статті.** У статті в рамках цієї проблеми розглядається спосіб оптимізації енергоспоживання для одного з перспективних класів спецпроцесорів реального масштабу часу – процесорів з однорідною паралельно-декомпозиційною обробкою даних (ОДК-процесорів).

### Сутність паралельно-декомпозиційного методу обробки

Декомпозиційний метод паралельної обробки полягає у виконанні наступних перетворень над часовими послідовностями  $X^i(t)$ , вхідних даних кожного  $i$ -го сигналу,  $i = 1, 2, \dots, n$  (структура, що пояснює процес, представлена на рис. 1) [1]:

1. Декомпозиція кожної вхідної послідовності да-

них  $X^i(t)$  на підпоследовності  $X_j^i(t)$ ,  $j = 1, 2, \dots, K(i)$ .

Значення  $K(i)$  і номери елементів, що включають у кожну підпоследовність, визначаються значенням коефіцієнта декомпозиції до  $K(i) = \Delta T / \Delta t(i)$  де  $\Delta T(i)$  – час виконання пристроєм необхідної операції функції (у загальному випадку - множини операцій/функцій, необхідних для обробки кожної дискрети  $i$ -го  $\Delta t(i)$  вхідного сигналу),  $\Delta t(i)$  - необхідне значення інтервалу введення дискрет  $i$ -го сигналу  $X^i(t)$ , що визначає тактову частоту  $f(i) = 1 / \Delta t(i)$ .

2. Виконання необхідної операції/функції (або множини операцій/функцій)  $\Phi(X_j^i(t))$  для елементів кожної з підпоследовностей  $X_j^i(t)$  даних з інтервалом введення, рівним  $\Delta T(i)$  і часом відносного зсуву процесів обробки підпоследовностей даних  $X_j(t)$ , що мають суміжні номери, рівним  $\Delta t(i)$ .

3. Формування вихідного результату  $\Phi(x)$  у вигляді об'єднання результатів реалізації необхідної операції/функції (множини операцій/функцій), отриманих для кожної з декомпозиційних підпоследовностей даних  $\Phi(X_j^i(t))$

$$\Phi(X^i) = \bigcup_{j=1}^{K(i)} \Phi(X_j^i(t)).$$

Умовимося розрізняти два класи паралельно-декомпозиційних (ДК) процесорів:

– ДК-процесори з однорідною обробкою різних вхідних послідовностей даних  $X^i(t)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  (випадок  $\Psi(X_j^i(t)) \equiv \Psi(X_j^k(t))$ ,  $i, k = 1, 2, \dots, n$ ;  $i \neq k$ , при якому дискрети різних сигналів з номерами  $i, k$  обробляються однаковим складом операцій/функцій) – це однорідні ОДК-процесори;

– ДК-процесори з неоднорідною обробкою (НДК-процесори), що обробляють дискрети різних сигналів з номерами  $i, k$  різними складами операцій/функцій.

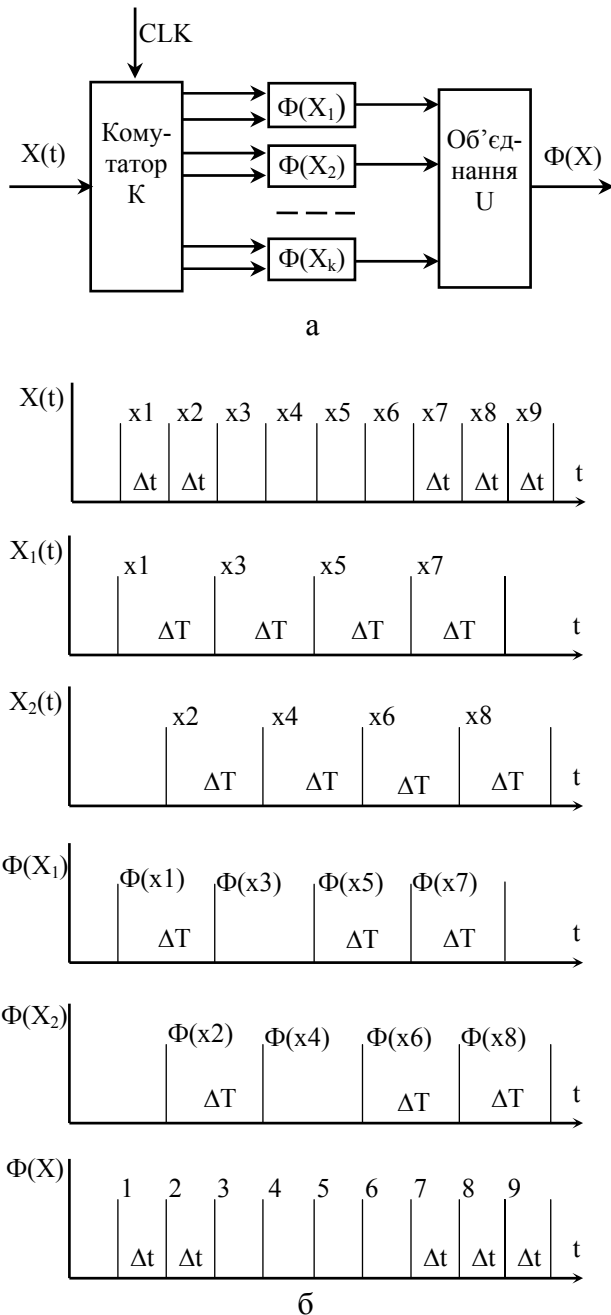


Рис. 1. Узагальнена функціональна схема (а) і часова діаграма (б) роботи декомпозиційного процесора

### Постановка задачі

#### Вихідні дані:

а) паралельно-декомпозиційний процесор, структура якого синтезована з урахуванням необхідності обробки (у найважчому випадку) дискрет сигналів, що отримуються із максимальною тактовою частотою

$$F_{\max} \frac{1}{\min(\Delta t(i))}, i = 1 \dots n;$$

б) задана множина  $X = \{X^i(t)\}$  вхідних часових сигналів  $X^i(t), i = 1 \dots n$ , часові інтервали існування яких не перетинаються. Кожен вхідний сигнал

$X^i(t)$  складається з множини  $\{X_j^i(t)\}$ , часових послідовностей дискрет де  $j = 1, 2, \dots, DO(i)$ , коефіцієнт декомпозиції  $DO(i) = \Delta T / \Delta t(i)$ , а  $\Delta t(i)$  – необхідне значення інтервалу введення дискрет  $i$ -го сигналу  $X^i(t): X^i(t) = \{X_j^i(t)\}$ .

**Необхідно:** Обґрунтувати спосіб управління режимами роботи ОДК-процесора, який мінімізує енергоспоживання при обробці заданої множини  $X = \{X^i(t)\}$  вхідних сигналів.

Спосіб управління енергоспоживанням ОДК-процесорів пояснимо за допомогою приклада функціональної схеми (сполученої з часовою діаграмою функціонування), що реалізує паралельно-декомпозиційну обробку дискрет двох часових сигналів «а» й «б» і показаної на рис. 2. Сі-програма, що задає склад операцій, які обробляють вхідні сигнали, представлена на рис. 3.

Пояснимо архітектуру й особливості роботи процесора.

1. Схема містить три лінії декомпозиційної обробки трьох (суміжних за часом) дискрет вхідних сигналів «а», «б»: перша лінія – символи 11,12,7,8 (формує значення дискрети  $z_j = a_j * b_j$ ); друга лінія – символи 16,17,18,19 (формує значення дискрети  $z_{j+1} = a_{j+1} * b_{j+1}$ ); третя лінія – символи 23, 24, 25, 26 (формує значення дискрети  $z_{j+2} = a_{j+2} * b_{j+2}$ ).

2. Вхідні регістри значень (що надходять у часі с інтервалом  $\Delta t$ ) дискрет  $a_j, a_{j+1}, a_{j+2}$  та  $b_j, b_{j+1}, b_{j+2}$  сигналів «а» й «б» (символи 5,6) і входи сигналів «а» й «б» (символи 0,1).

3. Елементи пристрою управління декомпозицією: вхід тактових сигналів  $clk$  (символ 27), лічильник  $ctr$  (символ 28) по модулю  $m = K$ , значення коефіцієнта декомпозиції  $K = 3$  тактових сигналів  $clk$ ; демультіплексори (символи 29, 30), управляються лічильником  $ctr$  і забезпечують комутацію (по кожному сигналу  $clk$ ) дискрет  $a_j, a_{j+1}, a_{j+2}$  та  $b_j, b_{j+1}, b_{j+2}$  у відповідну (одну із трьох) лінію декомпозиційної обробки.

4. Схема об'єднання ( $m$ ух) вихідних результатів  $z_j, z_{j+1}, z_{j+2}$  всіх ліній декомпозиційної обробки й вихідний інтерфейс (символи 32, 10) і формування сигналу останова (символи 31, 9).

5. Символи, що відображають імена часових дискрет сигналів «а», «б» й «z», оброблюваних декомпозиційними лініями:  $var\_2, var\_3, var\_4$  – імена  $a_j, b_j, z_j$ ;  $var\_13, var\_14, var\_15$  – імена  $a_{j+1}, b_{j+1}, a_{j+1}, b_{j+1}, z_{j+1}$ ;  $var\_20, var\_21, var\_22$  – імена  $a_{j+2}, b_{j+2}, z_{j+2}$ .



Рис. 2. Функціональна схема ОДК-процесора

```

#include <stdio.h>
void main(void)
{
    int a,b;
    int z;
    scanf("%d %d %d %d",&a,&b);
    z= a * b ;
    printf("%4d\n",z);
}

```

Рис. 3. Сі-програма, що задає склад операцій, які обробляють вхідні сигнали

Зі сказаного видно, що при значенні коефіцієнта декомпозиції  $K = K(i) = \Delta T / \Delta t(i) = 3$  в обробці дискрет сигналів задіяні всі три декомпозиційні лінії. При збільшенні  $\Delta t(i)$  для інших номерів «i» вхідних сигналів значення  $K = K(i)$  зменшуються й стають рівними двом або одиниці. У випадку  $K = 2$  для обробки досить використати дві декомпозиційні лінії, а при  $K = 1$  – однієї (із трьох наявних ліній). Це створює передумови для керованої (значенням коефіцієнта декомпозиції) мінімізації енергоспоживання ОДК-процесорів.

Як видно, «Декомпозиційний спосіб» мінімізації енергоспоживання ОДК - процесорів у загальному випадку включає:

1. Розрахунок множини значень коефіцієнта декомпозиції  $\{K(i)\} = \Delta T / \Delta t(i)$ ,  $i = 1 \dots n$ , для множини завдань, виконуваних ОДК-процесором.

2. Фіксацію множини значень  $\{K(i)\}$  у додатково введеної «пам'яті декомпозиційних коефіцієнтів, ПДК» ОДК-процесора.

3. Забезпечення вибірки із ПДК конкретного значення  $K(i)$  по номеру «i» розв'язуваної задачі й занесення в лічильник ctr значення  $m = K(i)$ , що визначає множину номерів використовуваних при рішенні i-ої задачі декомпозиційних ліній ОДК-процесора.

4. Переведення у режим «невикористовуваних» (зі зняттям живлення) інших декомпозиційних ліній архітектури ОДК-процесора.

Оцінка величини зменшення енергоспоживання  $\Delta E(i)$  ОДК-процесора при виконанні i-ої задачі визначається співвідношенням

$$\Delta E(i) = (1 - K(i) / K_{\max}) \%,$$

де  $K_{\max} = \max(K(i))$  для  $i = 1, 2, \dots, n$ .

## ВИСНОВКИ

1. Існує великий клас систем обробки інформації й управління в реальному масштабі часу, у яких обробка даних виконується спецпроцесорами цифрової обробки сигналів (DSP) у темпі надходження на вхід системи даних від зовнішніх джерел.

2. До числа найважливіших характеристик DSP-процесорів належать тактова частота цифрової обробки сигналів і величина енергоспоживання.

3. Обґрунтований у статті спосіб управління на основі значень коефіцієнтів декомпозиції забезпечує можливість динамічної мінімізації величини енергоспоживання однорідних декомпозиційних процесорів залежно від вимог до тактової частоти рішення задач.

4. Практична реалізація способу здійснюється за рахунок введення в архітектуру ОДК-процесорів пам'яті коефіцієнтів декомпозиції з вибіркою по номеру виконуваної задачі, введення лічильника тактових сигналів, керованого значенням коефіцієнта декомпозиції, і схеми керування включенням/вимиканням живлення «вільних» ліній декомпозиційної обробки.

## Список літератури

1. Состояние и основные направления развития высокопроизводительных вычислительных средств / Е.Г. Волокитина, Н.В. Матчина, В.В. Онищенко и др.; под ред. Г.А. Полякова. – Х.: ХВУ, НЦ РКИ, НТЦ НКАУ, 1994. – 306 с.

2. Поляков Г.А. Метод синтеза параллельно-декомпозиционных моделей алгоритмов для высокодинамичных критических систем. / Г.А. Поляков, Е.Г. Толстолужская, Д.А. Толстолужский. // Системы обработки информации: сб. науч. пр. – Х.: Х УПС, 2007. – Вып. 4 (62). – С. 96-102.

Надійшла до редколегії 11.03.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Є.Л. Казаков, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба. Харків.

### СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ ПРОЦЕССОРОВ С ОДНОРОДНОЙ ПАРАЛЛЕЛЬНО-ДЕКОМПОЗИЦИОННОЙ АРХИТЕКТУРОЙ

Е.Г. Толстолужская

*В статье рассматривается способ оптимизации энергопотребления для одного из перспективных классов спецпроцессоров реального масштаба времени – процессоров с однородной параллельно-декомпозиционной обработкой данных (ОДК-процессоров).*

**Ключевые слова:** цифровой сигнальный процессор, управление энергопотреблением, декомпозиционный метод параллельной обработки, коэффициент декомпозиции, однородный и неоднородный декомпозиционные процессоры.

### METHOD OF MANAGEMENT THE ENERGY CONSUMPTION OF PROCESSORS WITH HOMOGENEOUS PARALLEL-DECOMPOSITION ARCHITECTURE

E.G. Tolstoluzhskaya

*In the article the method of optimization of energy consumption is examined for one of perspective classes of the special processors of the real time – processors with the homogeneous parallel- decomposition processing of data.*

**Keywords:** digital alarm processor, management, decomposition method of the simultaneous processing, coefficient of decomposition, homogeneous and heterogeneous decomposition processors, an energy consumption.