

УДК 680.3

О.Г. Толстолузька

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЧАСУ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПРИЗНАЧЕННЯ ВІД ШИРИНИ ПАРАЛЕЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

*У статті розглядаються результати дослідження залежності часу паралельного вирішення задачі призначення від ширини паралельного процесу (кількості процесорів багатопроцесорної ЕОМ з симетричною мультипроцесорною обробкою або функціональних модулів апаратно реалізованого паралельного спецпроцесора).*

***багатопроцесорна програмно керована обчислювальна система із загальною пам'яттю (SMP ОС), апаратно реалізований паралельний спецпроцесор, ширина паралельного процесу***

### Актуальність дослідження та аналіз літератури

Одним з важливих завдань, що вирішуються в АСУ реального часу (АСУ РЧ) є завдання призначення активних засобів АСУ для дії на об'єкти зовнішнього середовища. Час вирішення цієї задачі істотно впливає на узагальнений показник ефективності АСУ РЧ. Аналіз літератури показує, що одним з основних шляхів зменшення часу вирішення задач управління АСУ, перш за все завдання призначення, є паралельне виконання алгоритмів [1 – 6].

У статті описуються результати дослідження можливостей зменшення часу реалізації завдання призначення за рахунок застосування методу поєднання незалежних операцій.

**Постановка завдання дослідження.** Початкові дані дослідження:

– математичний опис алгоритму призначення [8];

– вживані методи паралельної обробки – поєднання незалежних операцій при двох варіантах паралельного вирішення задачі призначення:

а) дублювання і поєднання виконання тіл циклів алгоритму призначення при послідовній реалізації операцій кожного тіла циклу (загальноприйнятий в існуючих паралельних процесорах і ОС варіант розпаралелювання);

б) поєднання тіл циклів алгоритму призначення при поєднанні незалежних операцій кожного тіла циклу;

– використовується архітектура паралельних обчислювальних засобів:

а) багатопроцесорна програмно керована обчислювальна система (ОС) із загальною пам'яттю (SMP ОС) [2];

б) апаратний реалізований паралельний спецпроцесор [6];

– використовувані значення часу виконання процесорних операцій алгоритму дані в табл. 1.

Таблиця 1  
Час виконання процесорних операцій та функцій (одинарна точність)

Процесорна операція	Час виконання, такти
Цілочисельне додавання, віднімання, логічні операції і переходи	1
Цілочисельні команди завантаження/запису	2
Цілочисельне множення	3
Цілочисельне ділення	7
Обчислення квадратного кореня	32
Обчислення sin	37
Обчислення cos	37
Обчислення atan	37
Обчислення ln	33
Обчислення tan	37

– тривалість виконання операцій функціональними модулями паралельного апаратного спецпроцесора представлена в табл. 2.

Таблиця 2  
Час виконання операцій функціональними модулями паралельного апаратного спецпроцесора

Операція	Час виконання, нс
+	21
*	41,29
/	123,87
-	21
==	1,5
sin	559,19
cos	517,9
atan	538,19
ln	455,61
sqrt	70,2

Потрібно одержати залежності часу вирішення задачі призначення для даних класів архітектури паралельних ВС.

### Результати дослідження

Вирішення даної задачі ґрунтується на застосуванні методики розпаралелювання алгоритмів і оцінки їх показників ефективності, яка викладена [8].

Результати дослідження представлені на рис. 1 і в табл. 3 – 5.

Можливості зменшення часу реалізації алгоритму призначення на основі SMP ОС представлені на рис. 1 сімейством залежностей часу  $T$  (у процесорних тактах) виконання алгоритму для  $N$  зовнішніх об'єктів за наявності  $M$  ( $N=M$ ) активних засобів АСУ РЧ і  $N = 10, 20, 30$  (варіанти паралельного вирішення задачі призначення а) і б) – пунктирна і суцільна лінії відповідно).

Значення тривалості часу паралельного виконання алгоритму на основі SMP ОС у реальному часі представлені в табл. 3 для варіантів розпарале-

лювання а) і б) (при тривалості такту  $t_{\text{такт}} = 2$  мкс).

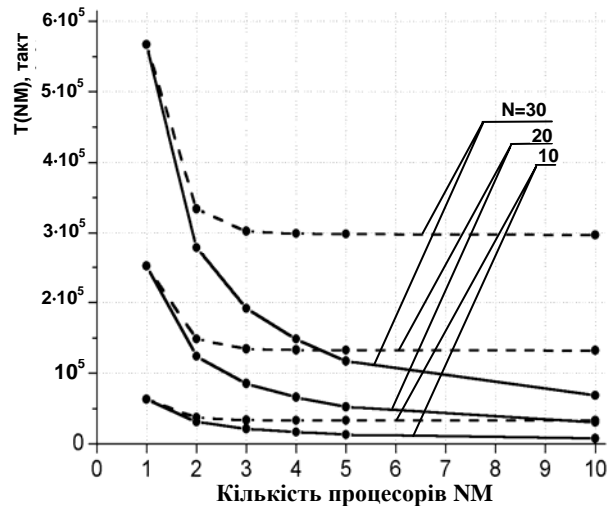


Рис. 1. Залежності часу (у тактах) паралельного виконання алгоритму призначення для різних варіантів паралельного виконання алгоритму

Таблиця 3  
Час (у мс) виконання алгоритму призначення при багато-процесорній реалізації (варіант розпаралелювання а)

N \ NM	10	20	30
1	126,0	504,0	1134,0
2	74,2	296,8	667,8
3	67,2	268,8	604,8
4	66,4	265,6	597,8
5	66,3	265,2	596,5
10	66,0	264,0	594,0

Таблиця 4  
Час (у мс) виконання алгоритму призначення при багато-процесорній реалізації (варіант розпаралелювання б)

N \ NM	10	20	30
1	126,0	504,0	1134,0
2	62,0	248,0	558,0
3	42,6	170,4	383,4
4	33,0	132,0	297,0
5	26,0	104,0	234,0
10	15,2	60,8	136,8

Таблиця 5  
Час (у мкс) виконання алгоритму призначення при реалізації в СПП на функціональних модулях (варіант розпаралелювання б)

N \ NM	10	20	30
1	81,90	327,60	776,10
2	40,30	161,20	362,70
3	27,69	110,76	249,21
4	21,45	85,80	193,113
5	16,90	67,60	152,05
10	9,88	39,52	88,92

Рис. 1 показує, що кількість тактів  $TT$ , необхідних для послідовної реалізації алгоритму призначення, складає при  $N=10$   $TT = 0,6 \times 10^5$ ,  $N=20$   $TT =$

$= 2,5 \times 10^5$ ,  $N=30$   $T_T = 5,7 \times 10^5$ .

Застосування багатопроцесорної конфігурації SMP ОС забезпечує зменшення кількості тактів реалізації алгоритму (при зміні кількості NM процесорів від 2 до 10): при  $N=10$  діапазон значень  $T_T$  складає від  $0,4 \times 10^5$  до  $0,1 \times 10^5$ ; при  $N=20$  діапазон значень  $T_T$  складає від  $1,3 \times 10^5$  до  $0,4 \times 10^5$ ; при  $N=30$  діапазон значень  $T_T$  складає від  $2,8 \times 10^5$  до  $0,7 \times 10^5$ . З рис.1 також витікає, що традиційне дублювання тіл циклів характеризується більшим часом вирішення задачі, ніж дублювання і розпаралелювання кожного тіла циклу, наприклад, для  $N=30$  при  $NM=10$   $T_T(a)=3,0 \times 10^5$ , а при  $NM=10$   $T_T(b)=0,7 \times 10^5$ .

Залежності зміни часу вирішення задачі призначення конкретним процесором з величиною такту  $t_{\text{такт}}=2$  мкс від ширини NM паралельного процесу представлені в табл. 3, табл. 4.

Значення тривалості часу паралельного виконання алгоритму на основі паралельного апаратного спецпроцесора в реальному часі (МКС) представлені в табл. 4 для варіанта розпаралелювання б).

Табл. 5 показує, що значення часу, необхідного для послідовної реалізації алгоритму призначення, складає при  $N=10$   $T = 81,9$  нс,  $N=20$   $T = 327,6$  нс,  $N=30$   $T = 776,1$  нс. При цьому конкретне значення NM задає кількість функціональних модулів кожного необхідного типу у складі паралельного спецпроцесора.

Застосування паралельного апаратного спецпроцесора забезпечує зменшення часу реалізації алгоритму (при зміні кількості NM функціональних модулів від 2 до 10): при  $N=10$  діапазон значень  $T(NM)$  складає від 40,30 нс до 9,88 нс; при  $N=20$  діапазон значень  $T(NM)$  складає від 161,20 нс до 39,52 нс; при  $N=30$  діапазон значень  $T(NM)$  складає від 362,70 нс до 88,92 нс.

### Висновки

1. Застосування традиційного дублювання і поєднання виконання тіл циклів алгоритму призначення при послідовній реалізації операцій кожного тіла циклу і використанні SMP ВС не забезпечує істотного зменшення часу вирішення задачі призначення (менше 2 разів при  $N=10-30$ ).

2. Застосування дублювання тіл циклів алгоритму призначення і поєднання незалежних операцій кожного тіла циклу істотно покращує часові оцінки (зменшення часу вирішення більш ніж у 8 разів).

3. Використання паралельного апаратного спецпроцесора забезпечує можливість істотного зменшення часу реалізації алгоритму, що становить близько трьох порядків.

### Список літератури

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. - СПб.: БХВ-Петербург, 2002. - 608 с., ил.
2. Корнеев В.В. Параллельные вычислительные системы. - М.: Нолидж, 1999. - 320 с., ил.
3. Вальковский В.А. Автоматический синтез параллельных алгоритмов. Вычислительные процессы и системы / Под ред. Г.И. Марчука. - Вып. 2. - М.: Главная редакция физико-математической литературы, 1985. - С. 109-120.
4. Поляков Г.А. Синтез время - параметризованных параллельных программ - новый подход к параллельному программированию для специализированных многопроцессорных вычислительных комплексов АСУ реального масштаба времени // Всесоюз. научн.-техн. конф. «Программное обеспечение АСУ». Методология разработки АСУ. Часть 2. - Калинин: НПО «Центрпрограмм систем». - 1980. - С. 87-89.
5. Поляков Г.А. Глобально - параллельные время - параметризованные программы - новый подход к синтезу и выполнению параллельных программ в АСУ реального времени // Всесоюз. конф. «Программное обеспечение вычислительных сетей и систем реального времени». - К.: ГК СССР по науке и технике, Академия наук СССР, АН Украинской ССР, ИК АН СССР. - 1981. - С. 130-132.
6. Поляков Г.А., Умрихин Ю.Д. Автоматизация проектирования сложных цифровых систем коммутации и управления. - М.: Радио и связь, 1988. - 304 с., ил.
7. Автоматизированные системы управления войск ПВО Сухопутных войск: Ч. 1. Основы построения автоматизированных систем управления: Учебник. - К.: ВА ПВО СВ, 1989. - 192 с.
8. Кириллов И.Г., Толстолужская Е.Г. Методика оценки потенциальной распараллеливаемости циклических задач // Системы Обработки Информации. - Х.: ХВУ. - 2006. - Вып. 5(54). - С. 44-52.

Надійшла до редколегії 1.09.2007

Рецензент: д-р техн. наук проф. Г.О. Поляков, Академія прикладної радіоелектроніки, Харків.