

МОДЕЛЮВАННЯ БАГАТООПЕРАНДНОГО КОМП'ЮТЕРНОГО СЕРЕДОВИЩА

Національний авіаційний університет

Розглянуто розв'язання проблеми підвищення продуктивності комп'ютерних засобів. Досліджено модель комп'ютерного середовища, яке будується на базових елементах обчислювальних структур зі збільшеною пропускну здатністю, що обумовлює багатоперандну обробку за один операційний цикл.

Вступ

Дослідження, ціллю яких є підвищення продуктивності комп'ютерних засобів є одними з головних у Computer Science. Різні напрямки таких досліджень охоплюють пошук нових структурних рішень, а саме обчислювальні структури, що є базовими для комп'ютерних засобів різного рівня складності: пристроїв та вузлів, спецпроцесорів та процесорів універсального призначення, кластерів та систем. Актуальним залишається розв'язання питання: який принцип є найбільш продуктивним у розбудові швидкодіючих структур – інтенсивний або екстенсивний. Іншими словами – треба використовувати масові структури з традиційною швидкодією чи декілька процесорів з великою швидкодією.

Постановка проблеми

Теоретичним підґрунтям для вибору напрямку досліджень нових обчислювальних структур є фундаментальна класифікація Фліна щодо архітектур, комп'ютерних засобів та систем, яка пов'язує потоки команд та потоки даних. Якщо розглядати класифікацію Фліна на рівні операційних елементів, то формується модель з потоком даних – двомісні операнди та одна команда. Класичною організацією є двомісний (бінарний) операційний елемент, що виконує одну, декілька або систему команд. Незмінним є кількість операндів, що перетворюється за один операційний цикл. У роботах [1-3], було запропоновано модель операційного елемента з багатоперандним потоком даних. Проблема полягає у дослідженні комп'ютерного середовища, яке складається з операційних елементів, на вхід котрих поступають операнди у кількості більше двох, що перетворюються у результат за один операційний цикл, тобто у реалізації обробки ба-

гатооперандними операційними елементами – розробці нової структури з властивостями багатоперандного комп'ютерного середовища. Такий зразок структурного розв'язання є об'єктом моделювання з метою дослідження досягнення нових рівнів швидкодії.

Організація та методи багатоперандної обробки

Методи багатоперандної обробки базуються на наступних положеннях [1–3, 6–9]:

- структурною одиницею обробки є набір K операндів, що одночасно спрямовуються на входи багатоперандного елемента;
- час перетворення даних у результат визначаються як неподільний операційний цикл;
- керуюча інструкція що подається на багатоперандний елемент визначається як багатомісна операція;
- аналогом багатомісної операції є макрооператор;
- макрооператори можуть бути однотипові (наприклад за типом базових операцій) або різнотипові (об'єднують дві чи більше різні операції).

Модель багатоперандного комп'ютерного середовища

Модель будувалася за принципами класифікації по Фліну як взаємодія потоків даних та потоків команд. Для завданого потоку даних та структури середовища визначалися на операційних циклах відповідності між характеристиками потоку даних та характеристиками структури. Були визначено, що комп'ютерна структура має двомісні операційні елементи OE^2 та чотирьохмісні операційні елементи OE^4 . Якщо потік даних складався тільки з операндів для двомісних елементів, то виграшу не було. Якщо у потоці даних були операнди для двомісних елементів OE^2 та чотирьох-

хмісних OE^4 , такий потік перетворювався у результат швидше. Однак комп'ютерне середовище має певні показники з наявності кількості операційних елементів як двомісних так і чотирьохмісних, які були готові перетворювати відповідні дані у результат.

Показники роботи комп'ютерного середовища, що складається з набору двомісних так і чотирьохмісних елементів та перетворює по-

тік даних, що також складається з операндів для двомісної та чотирьохмісної обробки визначалися як результат статистичної обробки на випадкових значеннях потоків даних та кількості операційних елементів у середовищі. Концептуальна модель багатооперандного середовища представлена на рис.1., де дані Типу 1, це операнди для двомісної обробки, а Типу 2 – для чотирьохмісної.

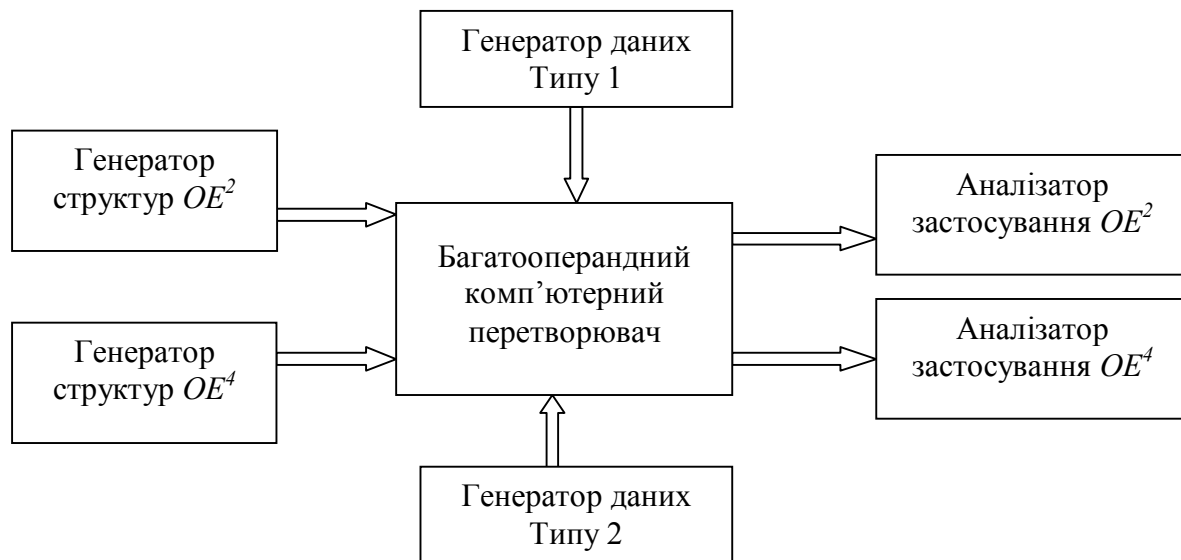


Рис.1. Концептуальна модель багатооперандного комп'ютерного середовища

Модель комп'ютерного середовища досліджено у двох варіантах:

- організація з постійною структурою A^{const} та потоком даних, що змінюється на кожному циклі D^{var} ;
- організація зі змінною структурою A^{var} та потоком даних D^{var} , які змінюються на кожному операційному циклі.

За результатами моделювання визначались наступні показники – P^2 – показник використання двомісних елементів та P^4 – показник використання чотирьохмісних елементів. Модель багатооперандної обробки – багатооперандний перетворювач – має 64 процесорних (операційних) елементів, тип яких генерується за законом випадкових чисел.

Якщо модель структури складається з 36 OE^2 та 28 OE^4 та потік даних розподілено як 127 операндів для OE^2 та 129 операндів для OE^4 , то для двомісних операційних елементів є невикористаними $P^2=55$ операндів, а для чотирьохмісних операційних елементів $P^4=16$ операндів. Якщо P^4 та P^2 мають від'ємні значення, то це означає, що відповідна кількість операндів є недостатньою. Близькість P^4 та P^2 до нульових значень означає, що структура та потік даних є майже оптимальними.

Кожне вимірювання визначалося на 100 операційних циклах як відношення кількості відповідних операндів (двомісної чи чотирьохмісної обробки) до кількості OE^2 чи OE^4 , на яких виконувалось перетворення у результат. Результати досліджень зведені до табл. 1.

Таблиця 1. Показники відповідності алгоритму обробки та обчислювальній структурі з двомісними та чотирьохмісними операційними елементами

N вимірювання	P ² (A ^{const} D ^{var.})	P ⁴ (A ^{const} D ^{var.})	P ² (A ^{var} D ^{var.})	P ⁴ (A ^{var} D ^{var.})
1	55.8	16	63	1
2	76	-24	62	0
3	63	0	64	-1
4	66	-4	63	-3
5	58	11	62	2
6	64	0	61	0
7	62	3.9	62	1
8	78	-29	63	0
9	66	-4	62	4
10	58	12	64	-2

де P² – показник використання двомісних елементів;
 P⁴ – показник використання чотирьохмісних елементів.

Аналіз результатів моделювання підтверджує тези про багатооперандну обробку, які визначають, що потоки даних у алгоритмах потребують такої обробки і їх застосування є новим напрямом підвищення продуктивності комп’ютерних засобів.

Показник прискорення виконання обробки потоку даних у комп’ютерному середовищі з недвомісними операційними елементами елементів S визначимо разом з аналізом по закону Амдала [4, 5]. Як відомо[3–5], при наявнос-

ті ознак паралелізму у алгоритмі, прискорення обробки визначається як

$$S \leq \frac{n}{n - p}$$

де p – частина програми, яка замінюється паралельною формою.

Представимо програмний файл у вигляді наступної моделі – пулу, набору операцій довжиною n, в якому декілька участків-гілок алгоритму замінюються макрооператорами M_i (рис. 2). Визначимо умову, що кожний макрооператор реалізується у часі за один операційний цикл.

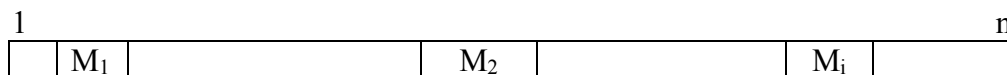


Рис 2. Пул операцій програми.

При застосуванні методів багатооперандної обробки при виконанні програм прискорення S визначається по декільком варіантах. Використовуючи концепцію закону Амдала прискорення S визначається як:

а) всі макрооператори виконуються послідовно за один операційний цикл (один за одним) рис. 3

$$S \leq \frac{n}{n - \sum_{i=1}^K nM_i + K}$$

де K – кількість макрооператорів;
 nM_i – кількість операцій, об’єднаних у макрооператор.

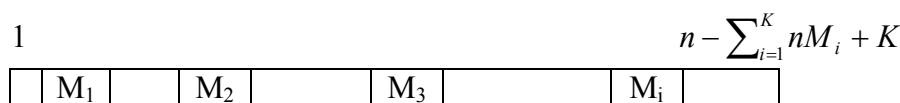


Рис.3. Пул операцій програми при послідовному виконанню макрооператорів.

б) усі макрооператори виконуються одночасно (паралельно) за один операційний цикл (рис.4).

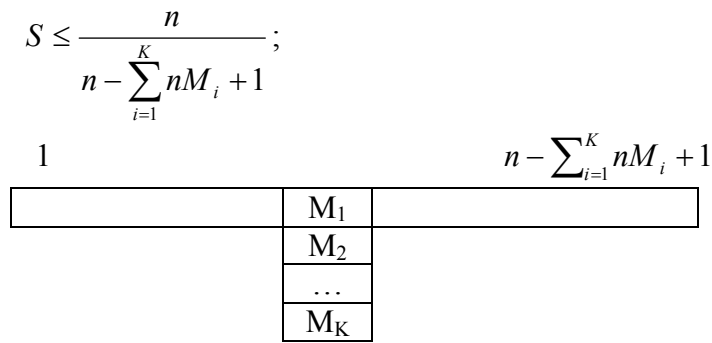


Рис.4. Пул операцій програми при паралельному виконанню макрооператорів

в) кожний макрооператор виконується послідовно за визначений інтервал часу Mt_i . На рис. 5 такий інтервал має відображення як різна еквівалентна кількість команд, що виконується у макрооператорі

$$S \leq \frac{n}{n - \sum_{i=1}^K nM_i + \sum_{i=1}^K Mt_i},$$

де Mt_i - інтервал часу виконання макрооператора.

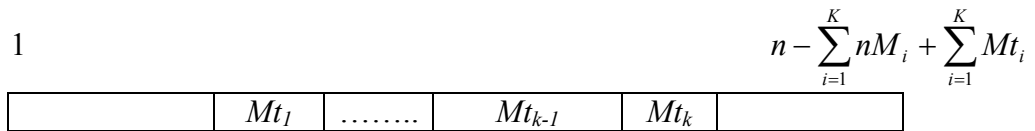


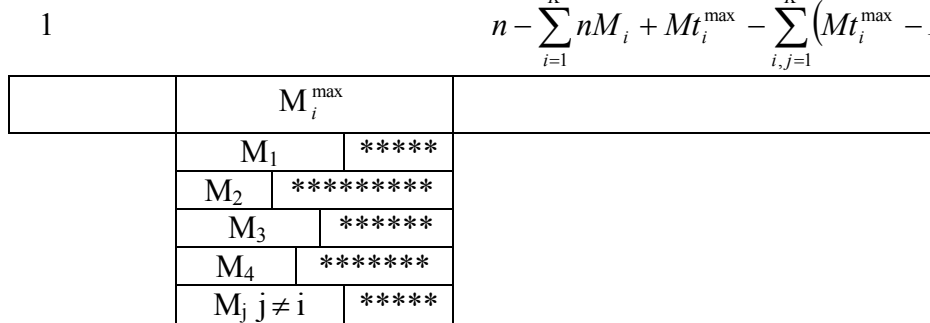
Рис.5. Пул операцій програми при послідовному виконанні макрооператорів з своїм часом виконання.

г) макрооператори виконуються одночасно, але за різний часовий інтервал Mt_i

Різниця між максимальним значенням інтервалу часового виконання макрооператора можливо використати як ресурс для паралельного застосування частини програми (рис.6)

$$S \leq \frac{n}{n - \sum_{i=1}^K nM_i + Mt_i^{\max} - \sum_{j,i=1}^K (Mt_i^{\max} - Mt_j)}$$

$$n - \sum_{i=1}^K nM_i + Mt_i^{\max} - \sum_{i,j=1}^K (Mt_i^{\max} - Mt_j)$$



***** – частина ресурсу для паралельного виконання програми.

Рис.6. Пул операцій програми з паралельним виконанням макрооператорів.

Якщо ресурс не застосується для паралельних гілок алгоритму, то прискорення визначається як

ним виконанням макрооператорів визначає прискорення наступним чином

$$S \leq \frac{n}{n - \sum_{i=1}^K nM_i + Mt_i^{\max}}$$

$$S \leq \frac{n}{n - n_{nap} - \sum_{i=1}^K nM_i + \sum_{i=1}^K Mt_i}$$

Загальна формула з урахуванням паралелізму та багатооперандної обробки з послідов-

З урахуванням паралелізму та паралельним виконанням макрооператорів прискорення визначається як

$$S \leq \frac{n}{n - n_{\text{нар}} - \sum_{i=1}^K nM_i + Mt_i^{\text{max}} - \sum_{i,j=1}^K (Mt_i^{\text{max}} - Mt_j)}$$

Висновки

Моделювання комп'ютерного середовища підтверджує, що для прискорення виконання програми є потенціальні можливості, які полягають у застосуванні багатооперандної обробки. Отримані формули визначення прискорення є теоретичним обґрунтуванням застосування такого типу обробки. Подальше доведення полягає у перетворенні загально відомих алгоритмів у багатооперандну форму та дослідженні (моделюванні) на реальних даних.

Список літератури

1. Гамаюн В.П. Макрооператорная организация вычислений с преобразованием многорядного кода // УСиМ. – 1997. – №4/5. – С.20–23.

2. Гамаюн В.П. Организация обработки в многооперандных вычислительных структурах. – К., 1996. – 20 с.

3. Гамаюн В. П. Концепция многооперандной обработки. – К., 1997. – 30 с

4. Головкин Б.А. Параллельные вычислительные системы. – М.Наука,1980. – 520 с.

5. Головкин Б.А. Расчет характеристик и планирование вычислительного процесса. – М.: Радио и связь, 1983. – 272 с.

6. Гамаюн В.П. Способ ускоренного преобразования многорядного кода в однорядный// УСиМ. – 1995, – №4/5. – С.10–14.

7. Гамаюн В.П. Алгоритм ускоренного выполнения последовательных вычислений // Проблемы інформатизації та управління: Зб.наук.пр.: Випуск 1(19). – К.: НАУ, 2007. – С. 32–36.

8. Гамаюн В.П. Моделирование многорядных компьютерных средств// Проблемы інформатизації та управління. – Вип. 4(15). – К.: НАУ, 2005. – С. 51–56.

9. Гамаюн В.П. Моделювання багаторозрядних компютерних систем: Навч. посібник. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2007. – 112 с.