УДК 681.513.

А.М. Худий
Державний науково-дослідний інститут інформаційної інфраструктури

МАТЕМАТИЧНІ АСПЕКТИ КОНВЕЄРНОГО МЕТОДУ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

Конвеєрний метод обробки інформації дозволяє забезпечити виконання операцій в обчислювальних системах, пристроях у паралельному режимі або в режимі збігу. У статті описано цей метод в загальному випадку і наведено один із алгоритмів реалізації конвеєрного методу на однорідних обчислювальних системах.

The convaver method of processing of the information allows to supply performance of operations in computing systems in a parallel mode or in a mode of concurrence. In given clause this is described the method generally, also is given one of algorithms of realization конвеерного of a convaver method on homogeneous computing systems.

Важливе значення в теорії і практиці систем обробки інформації в реальному часі має конвеєрний метод обробки. Цей метод дає змогу забезпечити виконання операцій в обчислювальних системах, пристроях в паралельному режимі або режимі збігу. Він базується на тому, що одна і та сама операція повторно виконується над деякими змінними в одиночному потоці даних.

Визначимо цей метод в загальному випадку. Нехай задана деяка функція $f(x)$, обчислення якої можна представити у вигляді набору деяких елементарних функцій

$$f_1,\ f_2,\ f_3, \ldots,\ f_n \tag{1}$$

Час виконання $f_1, f_2, f_3, \ldots, f_n$ відповідно дорівнює

$$t_1, t_2, t_3, \ldots, t_n \tag{2}$$

Позначимо через f_i^r виконання f_i залежної від r-го аргументу в одиночному потоці даних. Нехай для обчислення f маємо n обчислювальних пристроїв (процесорів).

З виразу (1) маєм, що для обчислення значення f_i треба здійснити n кроків. Розглянемо тепер обчислення f_i $(i = \overline{1, n})$ в залежно від змінних в одиночному потоці даних у вигляді

$$\begin{array}{l} \text{крок 1-}\ \ f_1^1\ f_1^2\ f_1^3 \ldots f_1^n \ldots f_1^{s+n-1} \\ \text{крок 2-}\ \ f_2^1\ f_2^2\ f_2^3 \ldots f_2^n \ldots f_2^{s+n-1} \\ \text{крок 3-}\ \ f_3^1\ f_3^2\ f_3^3 \ldots f_3^n \ldots f_3^{s+n-1} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \text{крок } n\text{ -}\ \ f_n^1\ f_n^2\ f_n^3 \ldots f_n^n \ldots f_n^s \end{array} \tag{3}$$

На кожному кроці обчислень працює відповідний обчислювальний пристрій.

Очевидно, що $f_1, f_2, f_3, \ldots, f_n$ потрібно вибирати так, щоб вони задовольняли схему (3). Це основна проблема теорії і практики конвеєрного методу обробки інформації, яка формулюється такими задачами.

Задача 1. Чи існує взагалі для функції $f(x)$ представлення, що задовольняє схему (3)?

Задача 2. Як найкраще вибрати $f_1, f_2, f_3, \ldots, f_n$, щоб вони задовольняли схему (3)?

Для того, щоб забезпечити функціонування цієї схеми в часі, необхідно встановити тривалість кожного кроку. Із схеми (3) і розподілу часу виконання кожної елементарної функції f_i згідно з виразом (2) одержимо, що виконання кожного кроку повинно бути таким:

$$t = \max t_i . \tag{4}$$

Визначимо тепер час обчислення функції $f(x)$. З виразів (3) і (4) випливає, що перший результат f_n^1 буде отриманий через час $T = nt$. Кожен наступний результат $f_n^2, f_n^3, \ldots, f_n^s$ буде отримуватися на виході через $T_0 = T$. Значить, при обчисленні f_n^1 програш в часі буде

$$T_{пр} = T - \sum_{i=1}^{n} t_i = nt - \sum_{i=1}^{n} t_i . \tag{5}$$

При обчисленні кожної наступної f_n^s, $s = 2, 3, \ldots$ отримуємо такий виграш в часі:

$$T_{виг} = \sum_{i=1}^{n} t_i - t = \sum_{i=1}^{n} - \max t_i . \tag{6}$$

Розглянем випадок, коли

$$t_1 = t_2 = t_3 = \ldots = t_n = t_0 . \tag{7}$$

Тоді з врахуванням виразу (7) рівності (4) - (6) набудуть вигляду

$$\left.\begin{aligned} t &= \max t_i = t_0, \\ T_{пр} &= nt_0 - \sum_{i=1}^{n} t_i = nt_0 - nt_0 = 0, \\ T_{виг} &= \sum_{i=1}^{n} t_i - t_0 = nt_0 - t_0 = (n-1)t_{0.} \end{aligned}\right\} . \tag{8}$$

У загальному випадку визначення розпаралелювання алгоритмів обробки інформації можна розглядати для множинного потоку даних і передбачати одночасне виконання на одному ярусі операцій у кількох потоках даних [1]. Паралельна обробка інформації при конвеєрному методі розглядається для одиночного потоку даних і цим відрізняється від паралельної обробки інформації в загальному випадку, де розглядається множинний потік даних, наприклад у матричних системах тощо. У цьому сенсі конвеєрний метод є частковим випадком систем паралельної обробки інформації.

У деякому сенсі конвеєрні системи обробки інформації реалізують подальший розвиток концепцій систем з переглядом вперед і перекриттям операцій. За способом організації конвеєра ці системи ділять на статичні і динамічні [2]. У разі динамічних конвеєрних систем є можливість апаратурної та програмної перебудови. Конвеєрні системи обробки інформації є високопродуктивними системами.

У зв'язку з цим важливою є задача визначення класів алгоритмів, які допускають конвеєрну схему обробки інформації. Відоме існування широких класів обчислювальних функцій, представлення яких задовольняє схему конвеєрної обробки інформації при одиночному потоці даних [3].

Реалізація конвеєрного методу на однорідних обчислювальних системах.

Аналіз сцен є спрощенням, внаслідок чого вихідне складне зображення перетворюється в просте (контурний рисунок) за допомогою декількох послідовних операцій.

Розглянемо один із алгоритмів, який допускає конвеєрну схему обробки інформації. Для отримання контурного рисунка цим алгоритмом потрібна оцінка значення модуля градієнта функції. Ми розглядаємо оператор оцінки градієнта функції, який використовує вікно 4×4. Елементи зображення у вікні позначимо так:

$$\begin{matrix} A & B & C & D \\ E & F & G & H \\ I & J & K & L \\ M & N & O & P \end{matrix}. \qquad (9)$$

Визначаємо значення

$$\begin{aligned} a &= \tfrac{1}{2}\left(\left|F-K\right|+\left|J-G\right|\right), \\ b &= \tfrac{1}{2}\left(\left|H-P\right|+\left|M-D\right|\right), \\ c &= \tfrac{1}{2}\left(\left|B-O\right|+\left|I-H\right|\right), \\ d &= \tfrac{1}{2}\left(\left|C-N\right|+\left|E-H\right|\right). \end{aligned} \qquad (10)$$

З погляду швидкості обчислень ефективніше обчислити градієнт в точці K за формулою

$$Q = \frac{a+b+c+d}{4} - \frac{|a-b|+|a-c|+|a-d|+|b-c|+|b-d|+|c-d|}{16}. \qquad (11)$$

Q дорівнює 0 (чорне) або 1 (біле). Множина елементів, для яких $Q=1$, називається об'єктом, для яких $Q=0$ - фоном. Зображення з двох елементів, білих (1) і чорних (0), називається бінарним. Значення порога визначається за формулою

$$T = \frac{A+B+C+D+\ldots+O+P}{16}. \qquad (12)$$

Як відомо, ООС має обмеження на кількість вхідних потоків інформації, кількість ліній затримки і для виконання стандартних арифметичних операцій розроблені відповідні функціональні блоки незмінної структури і розмірів [4]. Враховуючи, що при цьому немає поняття обчислювального процесу з розгалуженнями, поняття циклу тощо, алгоритм конвеєрного методу представляється у вигляді

1) задаємо значення порога T;

2) обчислюємо a, b, c, d, використовуючи формулу (10);

3) обчислюємо Q за формулою (11);

4) перевіряємо умову
$$\begin{tikzcd} Q<T \arrow[r] \arrow[d] & \textit{так} \\ \textit{ні} & \end{tikzcd}.$$

Отримані значення (сигнали) подаємо на вихід.

Необхідно відзначити, що враховуючи специфіку ООС, все зображення розміром 256×256 послідовним скануванням за допомогою телекамери, яка дає зображення у вигляді матриці розміром 4×4, надходить неперервно на обробку у вигляді 16-ти розрядних десяткових чисел. Перший зліва розряд – ознака переповнення, два наступних – знак числа. Фактично, код відповідної ділянки зображення подається на обробку як умовне ціле число в модифікованому додатковому коді. Така розрядність чисел, що вводяться, забезпечує реалізацію алгоритму конвеєрного методу без переповнення, не зважаючи на те, що алгоритм має операції додавання, віднімання і ділення чисел з фіксованою комою. Так забезпечується послідовна обробка неперервного потоку інформації за допомогою розпаралелювання його.

При програмуванні алгоритму на ООС можна використати деякі стандартні блоки (для операцій “+”, “-“, “%”, арифметичних зсувів вправо, генератора констант), а також побудовані блоки визначення модуля числа, представленого в модифікованому додатковому коді, блок присвоєння результату одного з двох значень, залежно від виконання деякої умови [4].

1. Параллельная обработка информации: в 5-ти т. Параллельные методы и средства распознавания образов /Под ред. А. Н. Свенсона. Т.1. К., 1985. 2. Параллельная обработка информации: в 5-ти т. Вычислительные системы, структуры и среды для решения задач большой размерности /Под ред. В. В. Грицыка. Т.3. К., 1986. 3. Параллельная обработка информации: в 5-ти т. Высокопроизводительные системы параллельной обработки информации /Под ред В. В. Грицыка. Т.4. К., 1988. 4. Худий А.М. Структурний алгоритм розпізнавання образів// Вісн. ДУ “Львівська політехніка”. 1999, № 364, с.333-340.

УДК 519.642

В.П. Данилович,Т.М. Ільницька
Національний університет "Львівська політехніка", кафедра прикладної математики, кафедра будівельної механіки

ОДИН АЛГОРИТМ ОБЧИСЛЕННЯ ІНТЕРПОЛЯЦІЙНИХ СПЛАЙНІВ В ПРОСТОРІ ОСНОВНИХ ФУНКЦІЙ

Запропонована ідея зв’язку інтерполяційних сплайнів із задачею Коші в просторі узагальнених функцій.

The idea of connection the spline interpolationg with Caushy problem in the space of generalised functions are proposed.

Нехай D – основний простір, тобто простір нескінченно диференційованих фінітних функцій зі збіжністю [1]. Збіжність в D визначається умовою рівномірної фінітності і збіжністю функцій разом зі всіма похідними.

Для позначення узагальнених функцій на просторі D узагальнених функцій будемо використовувати символічне позначення f(x) (замість (f, φ)). Таке позначення використовують під час моделювання таких ідеалізованих понять як щільність точкового заряду, миттєвий імпульс тощо.