

ПРОДУКТИВНІСТЬ І ОПТИМІЗАЦІЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ІЗ СТРУКТУРОЮ, ЯКА КОНФІГУРУЄТЬСЯ ПРОГРАМНО

С.В. Зибін, В.О. Хорошко

Національний авіаційний університет,
просп. Любомира Гузара, 1, Київ, 03680, Україна; e-mail: professor_va@ukr.net; zysv@ukr.net

Розробка нових архітектур на базі мультипроцесорних обчислювальних систем і застосування багатомашинних систем являється одним із найважливіших напрямків підвищення продуктивності обчислювальних засобів на сучасному етапі розвитку техніки. Це дозволяє створювати нові архітектурні розробки систем й принципів організації обчислень в цих системах. Архітектурні принципи синтезу спеціалізованих систем обробки інформації дозволяють досягати суттєвих результатів в процесі підвищення продуктивності, забезпечують простоту та ефективність їх керування і функціонування. Але архітектура багатопроцесорних систем має ряд недоліків, які суттєво обмежують їх можливості і, в певній мірі, гальмують їх використання. Для подолання цих недоліків і труднощів пропонується розробити концепцію спеціалізованих систем обробки інформації із структурою, яка програмно конфігурується. Крім того, слід враховувати й те, що функціонування спеціалізованих систем обробки інформації обумовлене широким колом різнопланових задач. Причому, оцінювання якості вибору їх параметрів повинно здійснюватися на базі критерію, який забезпечував би оцінювання використання однієї й тієї самої архітектури системи при різних умовах використання або при розв'язанні однопланових задач. Принцип структури, яка програмно конфігурується полягає в тому, що в спеціалізованих системах обробки інформації програмується не тільки обчислення, які відбуваються в обчислювальному модулі, але й шляхи передачі даних між ними. Спеціалізовані системи обробки інформації з такими властивостями можуть ефективно адаптуватися під конкретну галузь застосування. Відповідним чином, значно спрощується розподілення ресурсів між модулями, підвищується ефективність і продуктивність системи. Розвитком цього напрямку являється спеціалізована система обробки інформації з структурою, яка програмно конфігурується. В підставі проведеного аналізу отриманих результатів досліджень можна зробити висновок, що продуктивність спеціалізованої системи обробки інформації на базі обчислювальних модулів із структурою, яка програмно конфігурується являється високою. Модульна організація дозволяє досягти високого паралелізму обчислень і розширення об'єму пам'яті.

Ключові слова: продуктивність, оптимізація, система обробки інформації, обчислювальний модуль.

Вступ

Досліджуючи історію розвитку засобів обчислювальної техніки, слід відмітити, що підвищення продуктивності, надійності і живучості спеціалізованих систем обробки інформації (ССОІ) відбувалось в основному за двома напрямками:

- перший напрямок – це вдосконалення ССОІ за рахунок підвищення швидкодії і надійності елементної бази [1-5];
- другий напрямок – це реалізація нових архітектур і принципів організації обчислень [6-9].

Подальше вдосконалення елементної бази базується на застосуванні сучасних передових технологій при виробництві мікроелектроніки, яка в сучасних реаліях

наблизилась до своїх фізичних меж. З цієї причини другий напрямок представляється більш перспективним і актуальним в процесі підвищення продуктивності ССОІ.

Прикладом появи нових архітектурних рішень і принципів організації обчислень являється розробка та створення багатопроцесорних й мультипроцесорних систем, в основу побудови яких закладено три принципи [10]:

- паралельність виконання операцій;
- змінність структур;
- конструктивна однорідність.

Саме поєднання розширених понять розділення і взаємозв'язку на всіх рівнях повністю характеризує апаратне й програмно-математичне забезпечення, яке необхідне для розробки ССОІ. Принципово важливо те, що вся система працює під керуванням єдиної операційної системи, яка організовує процес обробки інформації.

У випадку, якщо йдеться мова про продуктивність ССОІ і її залежності від кількості процесорів (обчислювальних блоків або модулів), що входять в склад системи, необхідно розрізняти два наступних випадки:

- перший випадок, коли в ССОІ існує великий потік порівняно невеликих задач і загальна продуктивність системи близька до суми продуктивностей окремих процесорів, які входять в склад системи;
- другий випадок являється найбільш важливим з точки зору ефективності ССОІ. Система вирішує одну велику задачу, при цьому кожний із процесорів або обчислювальних модулів вирішує певну частину задачі і між ними відбувається обмін інформацією з метою зв'язування всього процесу обробки.

Створення ССОІ на базі мультипроцесорних обчислювальних систем являється одним із найважливіших напрямків підвищення продуктивності обчислювальних засобів на сучасному етапі розвитку техніки [11-13].

Розробка нових архітектур на базі мультипроцесорних обчислювальних систем, а з появою однокристальних мікро ЕОМ і застосування багатомашинних систем дозволяє створювати нові архітектурні розробки систем й принципів організації обчислень в даних системах. Архітектурні принципи синтезу ССОІ, що розробляються, дозволяють досягати суттєвих результатів в процесі підвищення продуктивності, забезпечують простоту та ефективність їх керування і функціонування.

Але архітектура багатопроцесорних систем має ряд недоліків, які суттєво обмежують їх можливості і, в певній мірі, гальмують їх використання, а також стримують великі потенціальні можливості сучасної мікроелектроніки й обчислювальної техніки.

Для подолання цих недоліків і труднощів розроблено концепції ССОІ із структурою, яка програмно конфігурується [10, 14].

Крім того, слід враховувати й те, що функціонування ССОІ обумовлене широким колом різнопланових задач. Причому, оцінювання якості вибору їх параметрів повинно здійснюватися на базі критерію, який забезпечував би оцінювання використання однієї й тієї самої архітектури системи при різних умовах використання або при розв'язанні однопланових задач.

Мета роботи

Метою роботи являється підвищення продуктивності спеціалізованих систем обробки інформації. Завданнями, які розв'язуються в даній статті, є дослідження архітектурних принципів синтезу спеціалізованих систем обробки інформації із структурою, яка програмно конфігурується, і оптимізація структури спеціалізованих систем обробки інформації.

Основна частина

Принцип структури, яка програмо конфігурується полягає в тому, що в ССОІ програмуються не тільки обчислення, які відбуваються в обчислювальному модулі, але й шляхи передачі даних між ними. Спеціалізовані системи обробки інформації з такими властивостями можуть ефективно адаптуватися під конкретну галузь застосування. Відповідним чином, значно спрощується розподілення ресурсів між модулями, підвищується ефективність і продуктивність системи.

Розвитком цього напрямку являється ССОІ з структурою, яка програмно конфігурується.

Найпоширенішим у використанні критерієм обчислення ефективності E систем являється наступний вираз:

$$E = \frac{P}{B}, \quad (1)$$

де P – продуктивність; B – вартість.

Відомо, що з розвитком технологій, елементної бази і обчислювальної техніки відбувається збільшення показника E . Зростання його в основному пов'язане з покращенням характеристик елементної бази та структури системи. Цей показник відображає більше етап розвитку обчислювальної техніки систем, ніж їх індивідуальність.

Виходячи з цього виразу, найбільш об'єктивним критерієм оцінювання системи, яка складається з окремих модулів, являється реальна продуктивність системи P_p :

$$P_p = P_0 K_{жс} P_p(\tau), \quad (2)$$

де P_0 – продуктивність системи при ідеальній надійності; $K_{жс} = \frac{\Theta}{\Theta_n^i}$ – коефіцієнт живучості системи, що обчислюється як відношення числа станів Θ системи, які відповідають працездатності до всієї сукупності станів Θ_n^i ; $P_p(\tau)$ – ймовірність безвідмовного рішення задачі.

Варто відмітити, що показники надійності і живучості $P_p(\tau)$ і $K_{жс}$ часто використовуються у якості самостійних показників ефективності системи. Однак, показник ефективності системи, який базується тільки на обліку надійності або живучості являється неповним і одностороннім. З цієї причини продуктивність ССОІ можна описати [14, 15] наступним виразом:

$$P_0 = \frac{K_A}{t_\phi} \lambda_{\max_i} t_i, \quad (3)$$

де K_A – коефіцієнт, який враховує вплив архітектури на продуктивність; $t_\phi = nk_{CB}T_{Ц} + (\alpha_1 k_1 + \alpha_2 k_2)\tau_3$ – час виконання операції або час формування інформаційної посилки; α_1, α_2 – відносні коефіцієнти використання коротких і довгих операцій; k_{CB} – коефіцієнт, який характеризує ефективність зав'язків в системі [2, 3], для однопроцесорної системи або системи з одним обчислювальним модулем він дорівнює одиниці; n – кількість зв'язків; $T_{Ц}$ – час циклу; τ_3 – час затримки на виконання коротких і довгих операцій; λ_{\max_i} – інтенсивність надходження заявок; t_i – час надходження заявок.

Підвищення продуктивності системи забезпечується за рахунок ускладнення архітектури і вдосконалення принципів обміну інформації [10, 14], тобто:

$$K_A = N - k(N). \quad (4)$$

На підставі досліджень [14] отримані значення $k(N)$ для двопроцесорної обчислювальної системи $k(2) = 0,2/0,4$, а для трьохпроцесорної системи він складає $k(3) = 0,6/0,7$.

Відповідним чином, максимальна продуктивність ССОІ буде складати з урахуванням (3) і (4)

$$P_0 = \frac{N - k(N)}{nk_{CB}T_{Ц} + (\alpha_1 k_1 + \alpha_2 k_2)\tau_3} \lambda_{\max_i} t_i, \quad (5)$$

де α_1 і α_2 складають 0,7 і 0,3 відповідно, а k_{CB} визначається наступним чином

$$k_{CB} = \frac{k_{II} \sum_{i=1}^n \beta_A(i)}{\sum_{i=1}^n \beta_B(i)}, \quad (6)$$

де $\sum_{i=1}^n \beta_A(i)$ – число всіх одиниць в матриці суміжності A для алгоритму, який реалізується; $\sum_{i=1}^n \beta_B(i)$ – число всіх одиниць в матриці суміжності B ; k_{II} – коефіцієнт, який враховує перекриття матриці A матрицею B . Якщо матриця B повністю перекриває матрицю A , тоді $k_{II} = 1$, інакше $k_{II} = 0$.

Дане оцінювання ефективності зав'язків дозволяє оцінювати ефективність виконання програми [16, 17] обчислювальним модулем і визначається наступним чином.

По-перше, організація обмінів, які прискорюють виконання програм, потребує підвищення кількості зав'язків між обчислювальними модулями. Однак, число цих зав'язків обмежується апаратурною реалізацією обчислювального модуля.

По-друге, при виконанні програм виконуються складні обміни інформацією між обчислювальними модулями.

Для вибору архітектури обчислювального модуля або ССОІ з ефективною організацією зав'язків складаються матриці суміжності для архітектур, які аналізуються і порівнюються між собою, обчислюючи таким чином ефективність зв'язків. Якщо $k_{CB} \neq 100\%$, тоді обирається архітектура, для якої k_{CB} має найбільше значення.

Необхідно відмітити, що введення додаткових обчислювальних модулів не забезпечує лінійного зростання продуктивності. Це пояснюється впливом програмного забезпечення системи. Основними функціями операційної системи, виконання яких потребує найбільших витрат часу і які суттєво впливають на ефективність використання обчислювального модуля, являється планування роботи й диспетчеризація.

Подальше підвищення продуктивності ССОІ пов'язане з використанням обчислювальних модулів і комутаційної структури. Підґрунтям концепції цього напрямку являється теорія розподілених обчислень, на основі якої створюється модель розподілених обчислень для відповідної задачі. З самого принципу організації обчислень видно, що на кожний операційний елемент обчислювального модуля потребується комутуючий елемент, який являється достатньо складним елементом. Ці принципи побудови ССОІ з структурою, яка програмно конфігурується являються подальшим кроком розвитку обчислювальних систем.

Таким чином, продуктивність ССОІ, яку реалізовано на базі обчислювального модуля, описується виразом

$$P = \sum_{j=1}^M P_{OM} P_{Oj}, \quad (7)$$

де M – кількість обчислювальних модулів; P_{Oj} – ймовірність знаходження обчислювального модуля в стані обробки інформації [14,15]; P_{OM} – описується виразом (5).

Крім членів, які входять в склад виразу (7), продуктивність ССОІ також залежить від комутаційної структури, тобто від ефективності міжмодульних зв'язків. Для їх оцінювання використовується коефіцієнт ефективності k_E [10, 15]. Вираз (7), з урахуванням цього коефіцієнту приймає наступний вигляд

$$P = \sum_{j=1}^M P_{OM} P_{Oj} k_E.$$

Однак створення ССОІ із структурою, яка програмно конфігурується і оцінювання її працездатності передбачає вирішення великого кола різноманітних задач, які багато в чому визначають продуктивність системи. Таким чином, оцінювання якості вибору цих параметрів повинно здійснюватися на підґрунті критерію, який дозволяв би використовувати архітектуру (конфігурацію) системи для вирішення однієї і тієї ж задачі при різних умовах або різні архітектури для вирішення інших різнопланових задач.

Бажання покращити в процесі проектування або експлуатації системи одного із показників якості її функціонування може призвести до зміни одного або декількох показників. В цьому полягає причина неможливості строго обґрунтувати вид результуючої цільової функції (визначити узагальнений показник якості) об'єктивним шляхом. В цьому випадку одним із можливих шляхів вирішення проблеми являється використання лінійного критерію [18].

Припустимо, що якість функціонування ССОІ описується сукупністю частинних критеріїв $\bar{K} = \langle K_1, K_2, \dots, K_m \rangle$, які необхідно мінімізувати.

Знайдемо відносні відношення частинних критеріїв від екстремальних (мінімального і максимального) значень:

$$\Delta K_i = \frac{K_i - K_{i_{\min}}}{K_{i_{\max}}}, \quad i = \overline{1, m}. \quad (8)$$

В цьому випадку обчислювальний модуль або процесор буде описуватися оптимальним за сукупністю частинних критеріїв $K_i, i = \overline{1, m}$ – якщо від характеризується сукупністю відносних відношень ΔK_i , які приймають найменше значення. Позначимо оптимальний варіант модуля як OM_o і у формальному вигляді ця задачу приймає наступний вигляд:

$$\Delta K(OM_o) < \Delta K_{\max}(OM), \quad OM, OM_o \in M_{CD}, \quad (9)$$

де $\Delta K_{\max} = \max\{\Delta K_i\}, i = \overline{1, m}$ – найбільше з відносних відношень, які розглядаються за виразом (8); M_{CD} – множина обчислювальних модулів (строго допустимих), які

задовольняють сукупності умов застосування і обмежень на структури й значення основних параметрів.

Запропонований критерій відрізняється від [18] тим, що дозволяє виконувати оцінювання обчислювального модуля в діапазоні можливих відхилень частинних критеріїв і таким чином додатково враховує ступінь погіршення одних параметрів обчислювального модуля за рахунок покращення інших. Однак при $K_{i_{min}} \ll K_{i_{max}}$ застосування цього критерію може призвести до того, що перевага може бути віддана такому обчислювальному модулю, який при незначному покращенні (зменшенні) значення одного показника якості має решту значно більш гірших показників в порівнянні з відповідними показниками якості іншого обчислювального модуля. В цьому випадку критерій, який розглядається має той самий недолік, що й критерій, який наведено в [4]. Враховуючи даний факт, модифікований мінімаксий критерій доцільно використовувати при виборі оптимального варіанту із сукупності обчислювальних модулів однакової технологічної реалізації.

Мінімаксий критерій (9) може бути представлений у наступному вигляді

$$K_p = f_p(K_1, K_2, \dots, K_i, \dots, K_m) = \max_{BM \in M_{CD}} , \quad (10)$$

де

$$f_p = (K_1, K_2, \dots, K_i, \dots, K_m) = \max \frac{K_1 - K_{1_{min}}}{K_{1_{max}}}, \dots, \max \frac{K_i - K_{i_{min}}}{K_{i_{max}}}, \dots, \max \frac{K_m - K_{m_{min}}}{K_{m_{max}}} . \quad (11)$$

Модуль BM_0 визначається рішенням задачі (10) і (11) й являється оптимальним. З виразу (10) витікає, що мінімаксий критерій можна рахувати різновидом критерію, який ґрунтується на мінімізації результуючої цільової функції, вигляд якої відповідає виразу (11).

Крім того, з виразів (10) і (11) видно, що мінімаксий критерій забезпечує найменше значення із сукупності найгірших (найбільших) нормованих показників якості. Виходячи з цього, всі частинні показники якості обчислювальних модулів повинні бути приведені до стандартного вигляду. Відповідним чином показник якості K_i буде вважатися стандартним, якщо від задовольняє $K_i \geq 0$, де $i = \overline{1, m}$. Чим менше значення K_i , тим кращий обрано обчислювальний модуль. Якщо якийсь показник K_i^* не стандартизовано, тоді його можна завжди привести до стандартного вигляду. Тобто інтервал $[K_{\max_{i1}}, K_{\min_{i1}}]$ можна розбити на менші інтервали $[K_{\max_{i1}}, K_{11}^0], [K_{11}^0, K_{21}^0], \dots, [K_{(R-1)1}^0, K_{R1}^0]$, де $K_{R1}^0 \leq K_{\min_{i1}}$.

Таким чином можна здійснити перекриття інтервалу $[K_{\max_{i1}}, K_{\min_{i1}}]$ і задовольнити всі вимоги до обчислювального модулю та системи.

Обчислювальні модулі з опорними критеріями якості створюють опорний параметричний ряд, який в загальному випадку не являється оптимальним. Це пов'язано з тим, що один або декілька параметрів системи можуть перевищувати необхідне значення. В той самий час, для забезпечення високого технічного рівня розробки ССОІ необхідно створення обчислювальних модулів, параметри яких відповідали б рівню техніки, який являється максимально досяжним. Компромісне рішення в цьому випадку дозволяє оптимізувати параметричний ряд на основі мінімаксного критерію. Для інтервалу $(K_{r-1}^0, K_r^0]$, де $r = \overline{1, R}$, вирішуємо S_{\max} задачі математичного очікування:

$$\min_{\overline{K_j} \in \Omega_Z^S} K'(\overline{K_j}) = \min_{\overline{K_j} \in \Omega_Z^S} \max \left(\frac{K_i - K_{i\min}}{K_{i\max}} \right), \quad i = \overline{1, m}, \quad (12)$$

де $K'(\overline{K_j})$ – найбільше і відносне відношення частинних критеріїв, які являються координатами векторів $(\overline{K_j})$ від екстремальних значень; Ω_Z^N – множина векторів параметричного ряду, що входить і який задовольняє умовам $K_{ji}^N \geq K_{j1}^N \geq K_r^N$.

При цьому K_{j1}^S – найбільш значний частинний критерій оптимального обчислювального модуля в сенсі мінімаксного критерію.

Механізм отримання множини Ω_r^S можна представити наступним чином. По-перше, вирішується вираз (12) на інтервалі $(K_{(r-1)1}^0, K_{21}^0]$. В процесі рішення визначається перша мінімаксна система, найбільш значний критерій, що має значення $K_{j1}^*(S=1)$. Цей обчислюваний модуль знаходиться в ряді, який розглядається і характеризується мінімаксним відносним відношенням по відношенню й сукупності частинних критеріїв. Однак жорсткі обмеження, які накладаються на найбільш значущий параметр обчислювального модуля, в загальному вигляді, не дозволяють розглядати його у якості єдиного типорозміру, який задовольняє всім вхідним вимогам. В цьому випадку задача вирішується повторно на інтервалі $(K_{(r-1)1}^0, K_{21}^0]$ і критерію K_i . Наприклад, якщо невід'ємний показник якості може змінюватися в межах $K_{i\min}^* \leq K_i^* \leq K_{i\max}^*$ і чим більша величина K_i^* , тим обчислювальний модуль є кращим, й у якості еквівалентного йому стандартного показника якості необхідно обрати величину $K_i = K_{i\max}^* - K_i^*$ або, при умові $K_{i\max}^* \rightarrow \infty$, $K_i = \frac{1}{K_i^*}$.

Відповідним чином, K_i^* являється стандартним показником якості, що дає змогу здійснити порівняння обчислювальних модулів різних умовах експлуатації або порівнювати різні системи, які працюють на одному об'єкті між собою.

Припустимо, що обчислювальний модуль (типорозмір) параметричного ряду характеризується вектором розмірності m :

$$\overline{K_j} = \langle K_{j1}, \dots, K_{ji}, \dots, K_{jm} \rangle, \quad j = \overline{1, m},$$

де j – порядковий номер типорозміру; K_{ji} – частинний критерій якості j -го типорозміру, який приведено до стандартного виду.

В цьому разі необхідність в кожному типорозміру параметричного ряду задається однією з координат вектору $\overline{K_j}$, з урахуванням меж $K_{j\min}$ і $K_{j\max}$ можливих значень критерію, де $K_{j\min}$ – найменше значення, $K_{j\max}$ – найбільше значення i -ої координати вектору всіх j значень. Типорозміри вхідного ряду, що змінюється, який впорядковано за найбільш значимим частинним критерієм, який відповідає порядковому номеру координати $i = 1$. Таким чином можна записати вираз

$$K_{\max 11} \geq K_{21} \geq \dots K_{(n-1)1} \geq K_{\max n1}, \quad j = \overline{1, n}.$$

Також будемо вважати, що заданий набір опорних векторів $K_r^0 (r = \overline{1, R})$, кожний з яких характеризує якість обчислювального модуля, виконано в рамках однієї схемотехнічної реалізації. Основні параметри даних обчислювальних модулів можуть

бути оцінені за результатами аналізу моделей і тенденцій розвитку модулів й повинні на період реалізації відповідати вимогам параметричного ряду, який являється досяжним рівнем розвитку. В цьому разі, шляхом відповідності опорного і вхідного наборів векторів за координатами, які відповідають значущому критерію якості обчислювального модуля визначається інший обчислювальний модуль, більш значущий критерій якого має значення $K_{j1}^2 (S = 2)$.

Процес рішення виразу (12) здійснюється до тих пір, доки опорний типорозмір не буде знаходитися серед мінімальних обчислювальних модулів або не буде єдиним елементом множини Ω_2^N . Очевидно, що найбільшому значенню S , яке змінюється відповідає число типорозмірів, що реалізуються на інтервалі $(K_{(r-1)1}^0, K_{r1}^0]$ оптимального параметричного ряду обчислювального модулю. Для формування ряду, який би задовольняв всьому діапазону вимог вираз (12) вирішується окремо для кожного інтервалу $(K_{(r-1)1}^0, K_{r1}^0]$, де $r = \overline{1, R}$.

Необхідно також відмітити, системи із структурою, яка програмно конфігурується мають властивості структурного резервування і передбачають, що відмова не більше m окремих обчислювальних модулів від загальної кількості M не являється відмовою системи. Позначимо ймовірність безвідмовної роботи обчислювального модулю як P_{OM6} . В цьому разі ймовірність відмови ССОІ може бути визначено наступним виразом

$$P = \sum_{i=m+1}^m \frac{M!}{i!(m-i)!} (1 - P_{OM6})^i P_{OM6}^{M-i}.$$

На підставі теоретичних досліджень було реалізовано ССОІ (рис. 1).

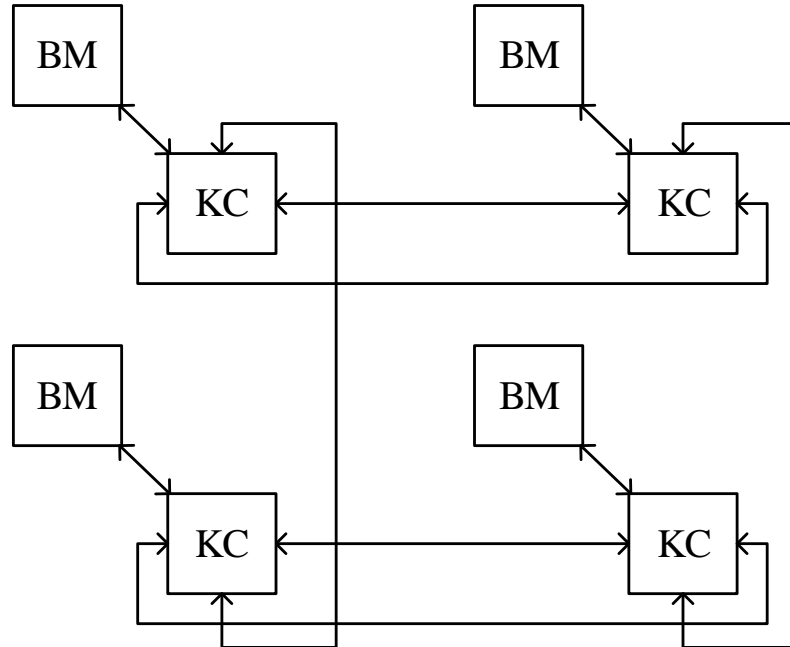


Рис. 1. Спеціалізована система обробки інформації із структурою, що програмно конфігурується

З метою перевірки достовірності теоретичних висновків були проведені експериментальні дослідження системи, що виконувались на структурі матриці 3×3 і 2×2 , які об'єднувались комутуючою структурою [19].

Результати експериментальних досліджень наведено в таблиці 1.

Результати експериментальних досліджень

Структура спеціалізованої системи обробки інформації	Час виконання тестової задачі, мс
Матриця 3x3	867
Матриця 2x2	329

Висновки

В підставі проведеного аналізу отриманих результатів досліджень можна зробити висновок, що продуктивність (ефективність) ССОІ на базі обчислювальних модулів із структурою, яка програмно конфігурується являється високою. Модульна організація дозволяє досягти високого паралелізму обчислень і розширення об'єму пам'яті, що адресується до кожного обчислювального модуля й системи в цілому.

Необхідно відмітити, що особливістю оптимізації, що пропонується являється наявність змішаних обмежень в галузі використання кожного типорозміру, жорсткі обмеження у вигляді нерівностей, які накладаються на найбільш значущий параметр обчислювального модуля. На інші параметри накладаються жорсткі обмеження у вигляді відносних втрат, що мінімізуються в процесі оптимізації.

Список літератури

1. Elahi, A. Computer Systems: Digital Design, Fundamentals of Computer Architecture and Assembly Language / A. Elahi. – Springer International Publishing AG, 2018. – 269 p.
2. Chowdhury, A. Power Distribution System Reliability: Practical Methods and Applications / A. Chowdhury, D. Koval. – IEEE Press + Wiley, 2009. – 531 p.
3. Birolini, A. Reliability Engineering: Theory and Practice. 8th Edition / A. Birolini. – Springer-Verlag GmbH, Deutschland, 2017. – 666 p.
4. Wolf, M. Computers as Components: Principles of Embedded Computing System Design / M. Wolf. – Elsevier, 2012. – 500 p.
5. Yadin, A. Computer Systems Architecture / A. Yadin. – CRC Press, 2016. – 539 p.
6. Li, X. Fundamentals of Optical Computing Technology: Forward the Next Generation Supercomputer / X. Li, Z. Shao. – New York: Springer, 2018. – 303 p.
7. Pllana, S. Programming multicore and many-core computing systems. / S. Pllana, F. Xhafa. – Wiley, 2017. – 535 p.
8. Raj, P. High-Performance Big-Data Analytics: Computing Systems and Approaches / P. Raj, A. Raman, D. Nagaraj, S. Duggirala. – Springer, 2017. – 452 p.
9. Yamamoto, Y. Principles and Methods of Quantum Information Technologies / Y. Yamamoto, K. Semba. – Springer Japan, 2016 – 624 p.
10. Каляев, А.В. Многопроцессорные системы с программируемой архитектурой. изд. 2-е дополненное / А.В. Каляев. – М.: Радио и связь, 2014. – 368 с.
11. El-Rewini, H. Advanced Computer Architecture and Parallel Processing / H. El-Rewini, M. Abd-El-Barr. – John Wiley & Sons, 2005. – 287 p.
12. Bischof, C. (eds.) Parallel Computing. Architectures, Algorithms and Applications / C. Bischof, M. Bucker, P. Gibbon, G.R. Joubert, T. Lippert, B. Mohr, F. Peters. – IOS Press, 2008. – 825 p.
13. Baer, J.-L. Microprocessor architecture from simple pipelines to chip multiprocessors / J.L. Baer. – Cambridge University Press, 2010. – 384 p.
14. Скорик, В.Н. Мультимикропроцессорные системы / В.Н. Скорик, А.Е. Степанов, В.А. Хорошко. – К.: Техніка, 1989, – 192 с.
15. Евреинов, Э.В. Однородные вычислительные системы, структуры и среды / Э.В. Евреинов. – М.: Радио и связь, 2014. – 208 с.
16. Zgurovsky, M.Z. The Fundamentals of Computational Intelligence: System Approach / M.Z. Zgurovsky, Y.P. Zaychenko. – Springer, 2017. – 389 p.

17. Crassidis, J.L. Optimal Estimation of Dynamic Systems. 2nd Edition / J.L. Crassidis, J.L. Junkins. – CRC Press, Taylor & Francis Group, 2012. – 750 p.
18. Мамиконов, А.Г. Достоверность, защита и резервирование информации в АСУ. изд. 2-е дополненное / А.Г. Мамиконов, В.В. Кульба, А.Б. Шелков. – М.: Энергоатомиздат, 2006. – 386 с.
19. Ковтун, В.И. Многоканальное устройство приоритета / В.И. Ковтун, А.Б. Ордынский, В.А. Хорошко, Д.В. Чирков // Автор. свид. СССР № 1264177. Бюл. изобр. – 1986. – № 38.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И ОПТИМИЗАЦИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ С ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМОЙ СТРУКТУРОЙ

С.В. Зыбин, В.А. Хорошко

Национальный авиационный университет,
просп. Любомира Гузара, 1, Киев, 03680, Украина; e-mail: professor_va@ukr.net;
zysv@ukr.net

Для преодоления недостатков и трудностей, связанных с использованием архитектуры многопроцессорных систем, которые существенно ограничивают их возможности предлагается разработать концепцию специализированных систем обработки информации со структурой, которая программно-конфигурируется. Кроме того, следует учитывать и то, что функционирование специализированных систем обработки информации обусловлено широким кругом разноплановых задач. Причём, оценки качества выбора их параметров должно осуществляться на базе критерия, который обеспечивал бы оценивания использование одной и той же архитектуры системы при различных условиях использования или при решении одноплановых задач. Принцип структуры заключается в том, что в специализированных системах обработки информации программируются не только вычисления, которые происходят в вычислительном модуле, но и пути передачи данных между ними. Специализированные системы обработки информации с такими свойствами могут эффективно адаптироваться под конкретную область применения. Соответственно, значительно упрощается распределение ресурсов между модулями, повышается эффективность и производительность системы. Развитием этого направления является специализированная система обработки информации с программно-конфигурируемой структурой. На основании проведённого анализа полученных результатов исследований можно сделать вывод, что производительность специализированной системы обработки информации на базе вычислительных модулей программно-конфигурируемой структурой является высокой. Модульная организация позволяет достичь высокого параллелизма вычислений и расширения объёма памяти.

Ключевые слова: производительность, оптимизация, система обработки информации, вычислительный модуль.

**PRODUCTIVITY AND OPTIMIZATION OF SPECIALIZED INFORMATION
PROCESSING SYSTEMS THAT HAVE A STRUCTURE, WHICH CONFIGURES
BY SOFTWARE**

S.V. Zybin, V.O. Khoroshko

National Aviation University

1, Lubomyr Husar Avenue, Kyiv, 03680, Ukraine; e-mail: professor_va@ukr.net;
zysv@ukr.net

The development of new architectures based on multiprocessor computing systems and the use of multicomputer systems is one of the most important areas for improving the performance of computing facilities at the current stage of technology development. It allows creating new architectural development of systems and principles for computing in these systems. The architectural principles of the synthesis for specialized information processing systems allow us to achieve significant results in the process of improving productivity; ensure the simplicity and efficiency of their management and operation. However, the architecture of multiprocessor systems has a number of disadvantages that significantly limit their capabilities and hinder their use. To overcome these disadvantages and difficulties are encouraged to develop the concept of specialized information processing systems with software-configurable structure. Also, keep in mind the fact that a wide range of diverse applications determines the functioning of specialized information processing systems. Moreover, the evaluation of the choice quality for their parameters should be performed based on a criterion that would provide an assessment of the use for the same system architecture under different conditions of use or when solving single-plan problems. The calculations in specialized information processing systems are programmed not only, but also the ways of data transmission between them are programmed that take place in the computing module. This is the principle of a software-configurable structure. Specialized information processing systems with such properties can be effectively adapted to the specific application. Accordingly, it greatly simplifies the allocation of resources between modules, improves the efficiency and productivity of the system. Of this trend is a specialized system of information processing with software-configurable structure. Based on the analysis of the obtained research results, we can conclude that the performance of a specialized information processing system based on computational modules with software-configurable structure is high. Modular organization allows to achieve high parallelism computation and memory expansion.

Keywords: performance, optimization, information processing system, computing module.