

«Дослідження принципів побудови паралельних обчислювальних структур для розв'язання задач великої розмірності»

Основні наукові результати

Теоретичні та прикладні дослідження побудови високопродуктивних ОС для розв'язання задач великої розмірності дозволили одержати такі нові наукові результати:

- Розроблено методи блочного представлення та позиційної декомпозиції математичних моделей, які є основою організації орієнтованих на сучасну інтегральну технологію високопродуктивних ОС для розв'язання задач великої розмірності, і методи організації на їхній базі паралельних обчислювальних процесів на рівні блочних змінних, компонентів та бінарних змінних шуканого вектора.

- Формалізована багаторівнева методологія синтезу високопродуктивних ОС: передбачається на основі єдиного підходу, який полягає в здійсненні блочної та позиційної декомпозиції математичних моделей, що розв'язуються, представити їх у вигляді набору достатньо незалежних блочних та позиційних фрагментів і систем аналітичних залежностей, які дозволяють, в свою чергу, організувати потрібний спосіб обробки інформації (паралельний, конвеєрний та інший), а також дослідити сумісні властивості обчислювальних архітектур, алгоритмів та математичних моделей.

- Запропоновано методи синтезу, орієнтовані на апаратну реалізацію багаторівневих алгоритмів для розв'язання СЛАР і обернення невідроджених квадратних матриць великої розмірності, які базуються на принципах блочного розпаралелювання і позиційної декомпозиції та дозволяють незалежно виконувати моделювання блочних фрагментів потрібним способом обробки інформації: конвеєрним, систолічним, за принципом "цифра за цифрою" та іншими.

- Розроблено блочні методи розпаралелювання та їхня модифікація для розв'язання ітераційними методами систем лінійних та нелінійних рівнянь великої розмірності з розрідженою структурою, які відкривають можливість більш ефективно, в порівнянні з існуючими алгоритмами, відтворювати розв'язання з точки зору часових витрат, а також блочні способи розпаралелювання для розв'язання сумісних систем великої розмірності диференціальних та алгебраїчних рівнянь.

- Сформульовано методи побудови високопродуктивних мультитрансп'ютерних ОС матричного типу для розв'язання задач великої розмірності з паралельною обробкою даних, що допускають програмування із зміною в широких межах ступеня розпаралелювання обчислень блочних алгоритмів розв'язуваних задач з оптимізацією з точки зору завантаження процесорних елементів при дотриманні обмежень на їхню кількість, а також процесів взаємодії між ними, завдяки чому суттєво розширюються обчислювальні можливості та продуктивність обробки інформації. На основі блочних методів розпаралелювання обчислень розроблені і запропоновані конкретні обчислювальні структури та системи для обернення матриць великої розмірності і розв'язання низки задач на їхній основі, моделювання великих систем лінійних та нелінійних рівнянь, відтворення тригонометричних функцій синуса і косинуса та ін.

- Способи організації обчислювальних структур для розв'язання та моделювання задач технологічних процесів.

- Розроблено комплекс засобів та заходів по підвищенню продуктивності багатопроекторних паралельних R[1]C на основі представлення даних нероздільними кодами: кодами «M з N» та парафазним кодом. Суть парафазного коду у короткому викладі: парафазне записування інформації, можливе у регістрах на RS- або JK- тригерах, та парафазне зчитування інформації доповнюється й відповідним її зберіганням: кожний i-й двійковий розряд має бути представленим двома незалежними тригерами: з яких один відповідає цифрі 0 (нульова позиція i-го розряду), а другий – 1 (одична позиція i-го розряду). Отже, i-й розряд слова A має зберігатися у вигляді $\Pi a_i 0$ або $a_i 1 \Pi$. Інформація, яка зберігається в регістрах, може передаватися у зовнішні схеми парафазним способом у прямому або оберненому коді. Для реалізації мікрооперацій зчитування до виходів кожного тригера підключаються комбінаційні схеми, які створюють вихідну логіку регістра.

Результат обчислювальної операції формується одночасно із виконанням функції контролю, тобто відповідна схема обчислювального пристрою є самоконтрольованою. При такому представленні цифрової інформації дані можуть передаватися частинами по k розрядів й одразу ж поступати на входи k -розрядного суматора, не очікуючи надходження інших розрядів цих операндів.

З попередніх досліджень кодів « M з N » відомо, що вибір параметрів з множини значень, що мають співвідношення $M \approx [N/2]$, сприяє скороченню апаратних витрат на реалізацію основної та регістрової пам'яті. Однак, при цьому зростає складність обчислювальних пристроїв (модулів), які містять блоки на основі матриць логічних елементів І. Тому в роботі приділено багато уваги розробці способів скорочення таких апаратних витрат, за умов оптимізації їх структур у відповідності до вимог інтегральної технології.

Особливістю відомої структури однорозрядного суматора в коді « M з N », з мінімальною кількістю ступенів є те, що він містить матрицю додавання з p^2 $2M$ -входових логічних елементів І. Це істотно обмежує вибір величини p на практиці, оскільки різко зростають геометричні розміри ОС, а також паразитні ємності й індуктивності в матриці додавання, що призводить до зниження продуктивності пристрою. Розроблено спосіб перетворення прямокутної матриці додавання у неповну трикутну. Оскільки таблиця додавання містить дві частини, симетричні відносно однієї з діагоналей, визначена можливість надання парам операндів комутативних властивостей без збільшення кількості ступенів пристрою: з використанням «провідного комутатора», що майже не вносить часової затримки. Необхідною умовою цього є представлення пар кодових комбінацій операндів X і Y наборами сигналів, що містять сигнали, що подають «одиниці» в m -х позиціях цих комбінацій та сигнали, що відповідають номерам k -х позицій кодових комбінацій, у яких містяться протилежні (0 й 1) сигнали, тобто «одиниці» в k -й позиції однієї комбінації відповідає «нуль» у такій же позиції іншого кодового слова.

Особливістю застосування цього способу є те, що для множини кодів з $N \geq 4$ необхідно вибирати алфавіт зі спеціальними властивостями. Методику вибору такого алфавіту на основі довільного розроблено. Розроблено методику оптимізації структури вихідної (видачі результату) матриці, з мінімізацією апаратних витрат і кількості блоків пристрою.

Практична цінність полягає у:

- підвищенні інформаційної продуктивності, на основі розробленої та обґрунтованої інженерних методик синтезу обчислювальних R[2] структур та систем орієнтованих на виготовлення їх з урахуванням вимог сучасної інтегральної технології;
- оптимізації широкого набору паралельних обчислювальних пристроїв, структур та систем з регулярною логічною структурою, розроблених та визначених у відповідності до конкретних реалізацій;
- підвищенні ефективності розв'язання задач обернення матриць великої розмірності та задач на їхній базі, при застосуванні багаторівневих блочних алгоритмів розпаралелювання обчислень;
- підвищенні ефективності розв'язання великих СЛАР прямими методами, блочними алгоритмами та їхніми модифікаціями для моделювання систем лінійних і нелінійних алгебраїчних рівнянь з розрідженою структурою ітераційними методами, паралельними алгоритмами блочного типу для розв'язання сумісних великих систем алгебраїчних та диференціальних рівнянь;
- можливості оцінки ефективності якості функціонування ОС та структур для розв'язання задач великої розмірності на основі розробленої методики;
- підвищенні ефективності синтезу обчислювальних структур та моделювання макроекономічних процесів з метою аналізу та прогнозу правильного вибору рішень, на основі розробленої методики використання позиційного і блочного розпаралелювання обчислень.

Внаслідок того, що пропонується інший спосіб представлення даних у системі, всі обчислювальні пристрої (модулі) мають структурні відмінності у порівнянні з тими аналогами, що застосовуються на цей час. Отже, всі розробки є патенто- і ліцензійноспроможними результатами.

Перелік основних наукових публікацій, доповідей на конференціях, семінарах

1. Гуменюк В.О., Жуков І.А., Гуменюк А.В. Спосіб скорочення апаратних витрат у матричних суматорах у коді « M з N »//Електроніка та системи управління. – К.: НАУ, 2005, №3(5). – С. 47–54.
2. Гуменюк В.О., Жуков І.А., Гуменюк А.В. Применение неразделимых кодов “ M из N ” в высокопроизводительных параллельных вычислительных системах//Проблеми інформатизації та управління. – К.: НАУ, 2004. – Вип.3(14). – С.256–263.
3. Гуменюк В.О. Представлення цифрової інформації у високопродуктивних паралельних обчислювальних системах неподільними кодами//Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – К.: ТОО ВЕК+, 2004, №42. – С. 134–144.
4. Гуменюк В.О. Апаратна організація високопродуктивних паралельних обчислень під час аналізу математичних моделей потоків повітряних суден//Вісник НАУ. – К.: НАУ, 2005, №4. – С. 8–12.
5. Гуменюк В.О., Синельников О.О. Новый підхід до представлення двійкової інформації у високопродуктивних паралельних обчислювальних системах//Проблеми інформатизації та управління. – К.: НАУ, 2005. – Вип.12. – С. 6–11.
6. Гуменюк В.О. Технології кластерних архітектур//Проблеми інформатизації та управління//Проблеми інформатизації та управління. – К.: НАУ, 2004.– Вип. 10.– С.151–156.
7. Гуменюк А.В., Пащенко Н.В. Применение кодов « M из N » в высокопроизводительных параллельных вычислительных системах// Матеріали 12-ої Міжнародної конференції з автоматичного управління, присвяченій 120-річчю Харківського політехнічного інституту, м. Харків, 3.06.2005 р.
8. Жуков І.А., Гуменюк В.О. Скорочення апаратних витрат у матричних суматорах у коді « M з N » на основі спеціальних алфавітів//Вісник НАУ. – К.: НАУ, 2005, №3. – С.14–17.
9. Жуков І.А., Жабін В.І., Клименко І.А., Ткаченко В.В. Обчислювальний пристрій//Деклараційний патент на корисну модель №7728. – Опубл. у бюл., 2005, №7.
10. Жуков І.А., Корочкін О.В. Паралельні та розподілені обчислення //Навч.посіб.– К.: «Корнійчук», 2005. – 226 с.
11. Жуков І.А., Жабін В.І., Клименко І.А., Ткаченко В.В. Обчислювальна система//Деклараційний патент на корисну модель №10444. – Опубл. у бюл., 2005, №11.
12. Жуков І.А., Жабін В.І., Клименко І.А., Антонов Р.Л. Багатопроекторна система//Патент України, №74712. – Опубл. у бюл., 2006, №1.
13. Жуков І.А., Гуменюк В.О., Синельников О.О. Застосування неподільних кодів у високопродуктивних паралельних обчислювальних системах// Матеріали 12-ої міжнар. конференції з автоматичного управління, присвяченій 120-річчю Харківського політехнічного інституту, м. Харків, 3.06.2005 р.
14. Жуков І.А., Гуменюк В.О., Альтман І.Є. Комп'ютерні мережі та технології//Навч. посіб. – К.: НАУ, 2004. – 276 с.
15. Жуков І.А., Гуменюк В.О. Розробка великомасштабних розподілених обчислювальних систем на основі моніторинга та управління ресурсами//Інформаційно-діагностичні системи: Матеріали VI міжнар. наук.-техн. конф. „АВІА-2004”.– Т.1.– К.: НАУ, 2004.
16. Жуков І.А., Гуменюк В.О., Синельников О.О. „Суматор у парафазному коді” № 2006 05446 від 18.05.06 (висновок про видачу патента від 02.08.06).
17. Жуков І.А., Гуменюк В.О., Синельников О.О., Пащенко Н.В. „Пристрій для ділення у паро фазному коді” № 200610647 від 09.10.06, (позитивне рішення).
18. Жуков І.А., Гуменюк В.О., Пащенко Н.В. Представление цифровой информации в параллельных вычислительных системах неделимыми кодами “ M из N ”// Матеріали І-ої міжнародної наук.-техн. конф. “Моделирование и компьютерная графика”, ДонНТУ, м.Донецьк, 5.10.2005 р.
19. Жуков І.А., Іванкевич О.В. Методи прискорення обробки великих баз даних із застосуванням багатопроекторних модулів//Проблеми інформатизації та управління. – К.: НАУ, 2005. – Вип.12. – С. 6–11.

20. Жуков І.А., Гуменюк В.О. Представлення двійкової інформації парафазним кодом у високопродуктивних паралельних обчислювальних системах//Вісник НАУ. – К.: НАУ, 2005, №1. – С.13–18.
21. Жуков І.А., Мартинова О.П. Спеціалізовані обчислювальні структури для багатошляхової маршрутизації в комп'ютерних мережах//Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький, 2005, №4. – Ч.1, Т.2.
22. Жуков И. А., Дровозов В. И., Рудюк Г. И. Организация высокопроизводительных специализированных вычислителей для имитаторов авиационных тренажеров//Проблеми інформатизації та управління. – К.: НАУ, 2005. – Вип. 13. – С. 43–52.
23. Иванкевич О.В. Аппаратные методы организации высокоскоростной обработки больших массивов конфиденциальной информации в системах баз данных//Захист інформації. – К.: НАУ, 2004, №3. – С. 22–30.
24. Мартынова О.П. Параллельные средства решения задачи альтернативной маршрутизации в компьютерных сетях//Інформаційно-діагностичні системи: Матеріали VI міжнародної наук.-техн. конф. «АВІА-2004». – К.: НАУ, 2004. – Т.1. – С. 13.49–13.52.
25. Синельников О.О., Жуков І.А. Особенности использования двоичной информации у паралельних обчислювальних системах для реалізації схем контролю//Вісник НТУ «ХП». Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків, 2005, №55. – С. 31–36.
26. Zhukov I.A., Gumennyuk V.A. Application of indivisible “M out of N” codes in highly productive parallel computing systems//Proceedings of NAU. – К.: НАУ, 2005, №2. – P. 15–20.