

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ Г. В. КАРПЕНКА

На правах рукопису

ЛУЦИК

Андрій Юліанович

ВИСОКОПРОДУКТИВНІ ПРОБЛЕМНО-ОРІЄНТОВАНІ
СИСТЕМИ ТА РЕКУРСИВНІ АЛГОРИТМИ ДЛЯ
ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ НИЖНЬОГО РІВНЯ

Спеціальність: 05.13.04 - автоматизовані системи
управління та системи обробки інформації

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

2 АВ 34.700

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Фізико-механічному інституті ім. Г.В.Карпенка
Національної академії наук України

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00760251 (L)

Наукові керівники: чл.-кор. НАН України

докт. техн. наук, професор

Грицик Володимир Володимирович

Канд. техн. наук, ст.наук.сп.

Паленичка Роман Мирославович

Фіційні опоненти: Докт. фіз.-мат. наук

Вальковський Володимир Олександрович

Канд. техн. наук, ст.наук.сп.

Воробель Роман Антонович

Провідна установа: Ужгородський державний університет

Захист відбудеться "4" червня 1996 р. о 14 год.

на засіданні спеціалізованої ради Д 04.01.02 при Фізико-механічному
інституті НАН України (290601, Львів, вул. Наукова, 5).

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці інституту (м.
Львів, вул. Наукова, 5).

Автореферат розісланий "30" квітня 1996 р.

ЛННБ України ім. В. Стефаніка
АН України

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
канд. техн. наук, ст.наук.сп.

Бунь Р.А.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Багато областей людської діяльності вимагають методів та засобів для обробки зображень. Такі застосування, наприклад, включають зондування земних ресурсів із космосу та літаючих платформ, неруйнівний контроль промислової продукції, медичну діагностику, візуальні системи роботів і т. д. З розширенням практичних застосувань, зростають вимоги до продуктивності систем обробки та до їхньої можливості працювати в реальному масштабі часу. З іншого боку, зростаюча швидкодія обробки зображень може відкрити нові галузі застосування таких систем. Комп'ютерні системи обробки зображень, які базуються на звичайних комп'ютерах мають обмежене практичне застосування, внаслідок їх низької продуктивності. Хоча окремі ефективні алгоритми прискорюють обробку даних, проте швидкість обробки зображень може бути суттєво підвищена лише ефективним використанням багатьох процесорів в одній паралельно діючій системі.

Необхідно розрізняти різні рівні обробки зображень: нижній рівень, проміжний рівень і вищий рівень. Різниця між цими рівнями обумовлена різними типами даних, що обробляються на кожному рівні. Операції нижнього рівня обробки зображень перетворюють зображення в інше зображення, тобто в них операндами є елементи зображення - піксели. Операції проміжного рівня обробки зображень перетворюють зображення в деякий символічний опис. Вищий рівень обробки зображень оперує символічними описами зображень і виконує такі завдання, як розпізнавання, аналіз та класифікація.

З огляду на явну різницю між структурами даних, які використовуються на різних рівнях обробки зображень, існують два суттєво різні підходи до проектування комп'ютерних архітектур для

обробки зображень. В першому підході стараються знайти одну архітектуру, яка була б оптимальною для всіх трьох рівнів обробки зображень, тобто для всіх функціональних описів у цих рівнях. В другому підході, архітектури розробляються так, що вони можуть оптимально обробляти структури даних усередині одного рівня. В цій роботі будуть розглядатися архітектури, що відповідають останньому підходу.

В розробку теорії та ефективних алгоритмів представлення і обробки зображень суттєвий внесок зробили такі українські вчені як Івахненко О.Г., Васильєв В.І., Василенко Ю.А., Шлезінгер М.І, Сіроджа І.В., а також зарубіжні спеціалісти: Хуанг Т., Претт В., Розенфельд А., Павлідіс Т., Джейн А., Журавльов Ю.І. та інші.

В теорії розпаралелювання алгоритмів та створення систем паралельної обробки даних відомі результати досліджень таких вчених як Малиновський В.М., Грицик В.В., Боюн В.П., Вальковський В.О., Самофалов К.Г., Луцький Г.М. та інші.

Мета роботи та задачі дослідження. Метою роботи є дослідження порівняльних характеристик паралельних комп'ютерних архітектур для обробки зображень на нижньому рівні, а також розробка адаптивних швидких алгоритмів фільтрації зображень і їх реалізація у вигляді спецпроцесорів та проблемно орієнтованих систем. Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язуються наступні задачі:

- виділення суттєвих ознак, що відрізняють процесори і системи обробки зображень на нижньому рівні;

- розробка підходів до групування процесорів та систем обробки зображень нижнього рівня у групи із спільними характеристиками;

- оцінка ефективності роботи архітектур в окремих групах та порівняння часових характеристик і продуктивності при виконанні різних завдань обробки зображень на нижньому рівні;

- розробка та дослідження ефективних адаптивних та швидких алгоритмів обробки зображень, які би допускали паралельно-конвейерну реалізацію;

- синтез спеціалізованих паралельно-конвейерних процесорів та проблемно-орієнтованих систем на базі однорідних обчислювальних середовищ, які дозволяють здійснювати обробку зображень нижнього рівня по існуючих алгоритмах, а також дають можливість створювати і перевіряти нові алгоритми.

Достовірність основних наукових положень та отриманих результатів забезпечується застосуванням класичних математичних методів та викладок, співпадінням реальних параметрів з теоретичними. Достовірність отриманої величини продуктивності для процесорів з різних архітектурних груп підтверджується з оцінкою продуктивності реальних комп'ютерних систем.

Методи досліджень. При виконанні роботи використовувались методи теорії обробки і розпізнавання образів, розпаралелювання обробки інформації, системного аналізу, математичної статистики, алгебри логіки, теорії інформації, імітаційного моделювання.

Наукова новизна полягає в:

- розробці методики оцінки і порівняння архітектур обробки зображень нижнього рівня, як між процесорами, що належать до одної архітектурної групи (квадратні процесорні матриці, лінійні процесорні матриці, конвейерні процесори), так і порівняння між процесорами і системами, що належать до різних архітектурних груп;

- розробці та дослідженні алгоритмів адаптивної фільтрації та швидких алгоритмів обробки зображень, які дозволяють суттєво знизити час обробки або зменшити апаратні затрати при використанні паралельних засобів;

- створенні нових паралельних високопродуктивних систем обробки зображень з однорідною структурою, використовуючи принципи розпаралелювання алгоритмів обробки інформації.

На захист виносяться наступні основні положення:

- методика вибору ознак, якими відрізняються системи та процесори обробки зображень нижнього рівня;

- метод оцінки та порівняння основних характеристик між системами і процесорами обробки зображень в рамках як одної архітектурної групи, так і різних архітектурних груп;

- нелінійні алгоритм фільтрації зображень (структурно-адаптивні алгоритми фільтрації, рангова фільтрація);

- швидкі алгоритми лінійної та медіанної фільтрації, які базуються на понятті просторової та часової рекурсії;

- система обробки зображень у реальному часі у вигляді макроконвейєра, яка складається із спецпроцесорів мультиконвейєрної архітектури;

Практична цінність. Отримані результати дають можливість досліджувати комп'ютерні архітектури для обробки зображень нижнього рівня, виявляти їх слабкі місця та на основі проведеного аналізу створювати більш досконалі системи. Запропоновані швидкі алгоритми дозволяють на порядок зменшити обчислювальні затрати при обробці зображень. Розроблена проблемно-орієнтована система на базі однорідних обчислювальних середовищ може обробляти телевізійні зображення в темпі їх поступлення.

Реалізація результатів роботи. Теоретичні та експериментальні дослідження по дисертаційній роботі проводилися в рамках планової тематики ФМІ НАН України (Постанови Президії АН УРСР N 535 від 25.11.1983р. і N 471 від 27.12.1985р.); згідно Державної науково-технічної програми 6.02.02, затвердженої ДКНТ України. В результаті проведених досліджень були розроблені методики, які дають можливість створювати паралельні засоби обробки зображень з прогнозованими характеристиками. Розроблені адаптивні та швидкі алгоритми обробки зображень. Створено систему обробки зображень в реальному часі, яка містить ряд спецпроцесорів ("Фільтр", "Фільтр-2", "Фільтр-3", "Фільтр-3М", "Фільтр-4", "Фільтр-5"), з'єднаних в макроконвейер. Ряд спецпроцесорів впроваджено на підприємствах машинобудування.

Апробація роботи. Основні результати роботи були викладені і обговорені:

- на Всесоюзній школі-семінарі з статистичної гідроакустики, Новосибірськ, 1977;
- на I, - VII Всесоюзних школах-семінарах "Розпаралелювання обробки інформації", Львів, 1977, - 1989;
- на семінарі "Статистичні методи оцінювання в теорії і практиці обробки сигналів і полів", Воронеж, 1983;
- на III Всесоюзній конференції "Математичні методи розпізнавання образів", Львів, 1987;
- на семінарі "Проблеми створення систем обробки, аналізу і розпізнавання зображень", Ташкент, 1989;
- на Всесоюзній конференції "Методи і мікроелектронні засоби цифрової обробки і перетворення сигналів", Рига, 1989;
- на Міжнародній конференції "Інформаційні технології для аналізу зображень і розпізнавання образів", Львів, 1990;

- на Міжнародній конференції "Інформаційні технології і системи", Львів, 1993;
- на VI Міжнародній конференції "Паралельна обробка з допомогою кліткових автоматів та матричних процесорів", Потсдам (Німеччина), 1994;
- на Всесвітньому симпозиумі "Електронне бачення: наука і технології, Сан Хосе (США), 1995, 1996.

Публікації. По темі дисертації опубліковано 69 наукових праць, в тому числі чотири монографії, два препринти і 28 винаходів.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів та висновків, має 36 сторінок графічного матеріалу, перелік літератури із 98 найменувань. Загальний обсяг дисертації 150 сторінок.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, дано короткий огляд досліджень по тематиці роботи, сформульовано мета і виділені напрямки досліджень для досягнення поставленої мети.

Перший розділ присвячений вибору класифікаційних ознак для опису архітектур обробки зображень нижнього рівня. Такі класифікаційні ознаки повинні задовільняти наступним критеріям:

- достатність: вони повинні покривати по крайній мірі всі існуючі архітектури для обробки зображень нижнього рівня;
- вони застосовуються саме до обробки зображень нижнього рівня, у протигагу до обробки зображень взагалі (нижній рівень обробки зображень складається з тих операцій обробки зображень, які використовують одне чи більше зображень на вході, і видають зображення на виході;

- вони відображають суттєві відмінності між архітектурами даного рівня.

На основі вище наведених критеріїв відібрано класифікаційні ознаки для розрізнення комп'ютерних архітектур обробки зображень нижнього рівня:

- потоки команд і потоки даних;
- топологія (з'єднання спільною шиною, лінійне, багатокутником, деревоподібне, пірамідальне, гратка $4/6/8$, N -куб, $N \log N$, повне);
- операторний паралелізм;
- просторовий паралелізм;
- паралелізм сусідства;
- зв'язність сусідства;
- рекурсивний паралелізм сусідства;
- рекурсивна зв'язність сусідства;
- бітовий паралелізм елемента зображення.

Ознаки, що характеризують типи потоків даних та команд, допомагають зробити розділення між SIMD, MISD і MSIMD архітектурами для обробки зображень нижнього рівня. Топологія дає інформацію про швидкість, з якою передаються дані з однієї точки до іншої, для того щоб обробляти зображення. Декілька типів паралелізму показують як архітектура може сприймати різні операції обробки зображень. Дві операції зв'язності дозволяють робити відмінності між архітектурами відносно швидкості доступу до визначеного числа сусідів.

Число архітектур, які можуть бути описані, використовуючи ці класифікаційні ознаки, є дуже велике. Однак добре порівняння краще проводити між малою множиною добре підібраних архітектурних груп.

Класифікаційні ознаки, які розглянуті вище, є достатніми для розмежування між архітектурами обробки зображень нижнього рівня. Розділення архітектур на групи проводився в основному за двома ознаками, за топологією (граткоподібні, лінійні чи пірамідальні), а також за операторним паралелізмом (один чи більше). Це веде до наступних груп.

- Квадратний матричний процесор (КМП). Двовимірна матриця процесорних елементів, кожен з яких працює на частині даних зображення в режимі SIMD. Сусідні процесорні елементи можуть обмінюватися даними.

- Лінійний матричний процесор (ЛМП). Одновимірна матриця процесорних елементів, кожен з яких працює на частині даних зображення в режимі SIMD.

- Конвейєрний процесор (КП). Одновимірна матриця послідовно з'єднаних процесорів, кожен з яких може обробляти зображення по своїй власній програмі і через які пропускається зображення.

- Піраміда (ПП). Множина процесорних матриць, поставлених на верх одна одній з розмірами від $P \times P$ на найнижчому рівні до 1×1 на верхньому рівні.

Групування архітектур в КМП, ЛМП, КП, та ПП не включає в себе всіх можливих архітектур обробки зображень нижнього рівня, але робить наголос на локальній обробці сусідніх елементів. Це виглядає природнім, оскільки зображення має двовимірну структуру та просторові взаємозв'язки між його елементами.

Другий розділ присвячено порівнянню архітектур обробки зображень нижнього рівня як в якісному так і в кількісному вимірах. При порівнянні враховувалися наступні фактори: спосіб вводу-виводу даних, гнучкість відносно розмірів зображення,

гнучкість відносно розмірів сусідства оброблюваного елементу зображення та його форми, здатності перепрограмування.

Порівняння між архітектурними групами ведеться з врахуванням продуктивності виконання окремих операцій чи груп операцій, які визначають обробку зображень нижнього рівня.

Для характеристики різниці між продуктивністю різних архітектур водиться поняття втрат. В загальному випадку втрати розглядаються як безрозмірна величина, яка одержується внаслідок відношення часу, що необхідний для виконання якоїсь роботи в реальних умовах, до часу, що необхідний для виконання цієї ж роботи в ідеальних умовах. Втрати, таким чином, показують ефективність з якою виконується робота. В даній роботі вводиться поняття командних втрат і втрат сканування.

Лише повні КМП дозволяють в принципі паралельний ввід/вивід даних, який є теоретично найшвидшим методом вводу/виводу із трьох методів. КМП і ЛМП можуть використовувати наступний по швидкодії паралельний по стовбцях або рядках ввід/вивід даних. Найповільніший ввід/вивід даних (растерно-скануючий) можна застосовувати до всіх архітектурних груп.

Розглянемо порівняння квадратних матричних процесорів, лінійних матричних процесорів та конвейєрних процесорів при виконанні найбільш розповсюджених операцій обробки зображень нижнього рівня - локальних операцій сусідства. Порівняння базується на наступних припущеннях.

- Число процесорних елементів, які використовуються в КМП, ЛМП, і КП є однаковим.

- Продуктивність процесорних елементів, які використовуються КМП, ЛМП, і КП є однаковою.

Для порівняння архітектур корисним є введення поняття кількості тактових імпульсів для здійснення операції локального сусідства процесорами з різних архітектурних груп. Для КМП

$$n_{SPA} = \left[\frac{N}{\sqrt{P}} \right]^2 O_{SPA_s} \cdot l \cdot O_{SPA_{in}} + RO_{I/O},$$

де n_{SPA} - кількість тактових імпульсів, необхідних для проведення операції обробки зображення на КМП;

N - розмір зображення;

P - кількість процесорних елементів;

O_{SPA_s} - втрати сканування КМП;

l - довжина алгоритму, який повинен оброблятися;

$O_{SPA_{in}}$ - командні втрати КМП;

$O_{I/O}$ - число тактів, необхідне для перезапису одного елементу

зображення з пристрою вводу/виводу в КМП.

Для ЛМП

$$n_{LPA} = \left[\frac{N}{P} \right] O_{LPA_s} \cdot N \cdot l \cdot O_{LPA_{in}},$$

де n_{LPA} - кількість тактових імпульсів для ЛМП;

O_{LPA_s} - втрати сканування ЛМП;

$O_{LPA_{in}}$ - командні втрати ЛМП.

Для КП

$$n_{PL} = \left(l(N + 1 + O_{PL_{in}}) + \left[\frac{l}{P} \right] O_{PL_s} N^2 \right),$$

де n_{PL} - кількість тактових імпульсів для КП;

O_{PL_s} - втрати сканування КП;

$O_{PL_{in}}$ - командні втрати КП.

В розділі приведені графіки та діаграми стану, де прослідковується залежність продуктивності і ефективності різних архітектурних груп від способу вводу/виводу зображення, кількості

процесорів у системі, довжини алгоритму, розмірів зображення. Зокрема, на діаграмах стану можна бачити області, де одні архітектури кращі від інших при зміні одних параметрів і фіксованому значенні інших.

В третьому розділі розглянуто ряд методів нелінійної обробки зображень та швидкі рекурсивні алгоритми для суттєвого прискорення обчислень при їх реалізації. Відомо, що лінійна фільтрація зображень не є ефективною для зменшення рівня шуму, вона приводить до спотворення початкового зображення. Зокрема, коли завданням є зменшення дії імпульсних завад, то тут взагалі не можна обійтися без нелінійних методів.

До ефективних нелінійних методів належить рангова фільтрація зображень, частковим випадком якої є медіанна фільтрація. Медіанна фільтрація дає кращі результати в порівнянні із лінійною, проте залишає деякі спотворення початкового зображення. Тому запропоновано застосовувати адаптивні алгоритми фільтрації, які за своїм означенням є нелійними методами. Вони полягають в початковому визначенні (детектуванні) типу локального сегмента зображення в межах вікна обробки. Тоді, на другому етапі, в залежності від типу фрагмента відбувається оцінка значення пікселя за сусідніми пікселями в межах вікна.

Як приклад такого підходу розглянемо алгоритм, в якому на першому етапі відбувається оцінка однорідності (гладкості) фрагмента шляхом порівняння абсолютного середнього відхилення (СAB) в межах фрагмента з деяким порогом δ :

$$\sum |g(m,n) - a| > \delta, \quad (3.1)$$

де $w(i,j)$ - вікно з центром в точці (i,j) ; a - оцінка середньої яскравості вікна. Значенням a може бути локальна медіана або локальне середнє в залежності від прийнятої моделі шуму. Коли

нерівність (3.1) не виконується, то фрагмент не містить імпульсних шумів або країв об'єктів, і відбувається звичайна, наприклад, лінійна оцінка значення яскравості. В протилежному випадку, як результат $f(i,j)$ фільтрації береться локальна медіана або комбінація середнього значення (або медіани) $\bar{g}(i,j)$ та значення $g(i,j)$;

$$f(i,j) = \alpha g(i,j) + (1 - \alpha) \bar{g}(i,j),$$

де α - постійний коефіцієнт ($0 \leq \alpha \leq 1$).

Іншим адаптивним методом фільтрації є структурно-адаптивні алгоритми, в яких як результат приймається оцінка середнього значення по певній структурній області із даного набору областей. Така область переважно вибирається як найбільш однорідна область із всіх заданих (можливих) областей. Показником однорідності вибирається середнє квадратичне відхилення (СКВ) або САВ в залежності від прийнятої моделі шуму.

За обчислювальними затратами нелінійні алгоритми, зокрема адаптивні алгоритми фільтрації, є значно складнішими від лінійних. Тому актуальними є швидкі рекурсивні алгоритми нелінійної фільтрації. Вони базуються на вилученні надлишкових операцій при обчисленні значень сусідніх елементів зображення [1]. Розглядаються та досліджуються швидкі алгоритми, які базуються як на просторовій рекурсії, так і на часовій рекурсії. При обробці зображень просторова рекурсія полягає в обчисленні значення результату фільтрації як функції $\Phi(*)$ від вже його обчислених значень в попередніх точках, наприклад в найпростішому випадку в точці $(i,j-1)$:

$$f(i,j) = F\{f(i,j-1); g(m,n) | m,n \in w(i,j)\}.$$

Термін часова рекурсія є умовним і полягає в обчисленні значення результату фільтрації на кроці k на основі вже обчисленого значення на попередніх кроках, наприклад, на кроці $(k-1)$. Найпростішим

прикладом часової рекурсії є ітеративна медіанна фільтрація, тоді як відомий рекурсивний медіанний фільтр буде прикладом просторової рекурсії.

На основі принципу просторової рекурсії був розроблений швидкий рекурсивний алгоритм для реалізації методу структурно-адаптивної фільтрації. Він полягає в рекурсивному обчисленні локальних характеристик зображення та забезпечує скорочення обчислень на порядок. Також був запропонований спеціалізований процесор для апаратної реалізації цього алгоритму, який забезпечує реальний час обробки зображень. В ньому використаний принцип конвейєрного розпаралелювання рекурсивних обчислень локальних характеристик зображення.

Четвертий розділ присвячено організації обчислювального процесу обробки зображень на високопродуктивній макроконвейєрній системі, яка складається з спецпроцесорів, що мають мультиконвейєрну структуру, а також на проблемно-орієнтованій системі, яка базується на однорідному обчислювальному середовищі. В цьому розділі розглядається структура спецпроцесорів, що входять в макроконвейєр, приводяться приклади реалізації алгоритмів обробки зображень на однорідному обчислювальному середовищі.

Процес обробки і аналізу зображень, як і інші реальні процеси, є по своїй природі послідовним і його можна розчленити на ряд незалених підзадач, що не перетинаються, де нарівні кожної підзадачі можна вводити паралелізм. Така послідовно-паралельна схема повністю вписується в поняття лінійного макроконвейєра, в якому кожна підзадача виконується окремим обчислювальним блоком. Обчислювальний блок може бути виконаний у вигляді спеціалізованого процесора паралельно-конвейєрної дії, SIMD (одиначний потік команд - множинний потік даних) або MIMD

(множинний потік команд - множинний потік даних) процесорів. Обробку підзадач, які належать нижньому рівню обробки зображень, звичайно проводять спецпроцесори та процесори з SIMD архітектурою.

Обчислювальні блоки в лінійному макроконвейері з'єднані з допомогою буферних регістрів. Вихідний буферний регістр попереднього блоку з'єднується з вхідним буферним регістром наступного блоку. Якщо всі обчислювальні блоки працюють в однаковому ритмі, тобто приймають, обробляють та передають інформацію через певні однакові проміжки часу, то потік даних через макроконвейер буде неперервним.

Розглянемо макроконвейер, в якому всі обчислювальні блоки виконані у вигляді спецпроцесорів паралельної дії з мультиконвейерною архітектурою. В той час, коли в конвейері існує лише один ланцюжок зв'язаних між собою процесорів, то в мультиконвейері таких ланцюжків багато і можна виділити етапи паралельних обчислень з паралельно працюючими процесорами на них. Інформація з процесорів на попередніх етапах передається лише на процесори наступних етапів. Якщо інформацію з якого-небудь процесора необхідно передати на процесор, який знаходиться на віддаленому етапі, то застосовують регістрові структури, які затримують дані на стільки тактів, скільки етапів паралельних обчислень відділяють ці процесори. В залежності від виконуваної роботи, число етапів паралельних обчислень може бути не рівним та кількість процесорів на кожному етапі також може мінятися.

Розглянемо часові характеристики макроконвейера. Для досягнення узгодженої роботи всіх спецпроцесорів макроконвейера необхідно вибрати тактовий час таким, щоб всі процесори в кожному спецпроцесорі на кожному етапі паралельних обчислень встигали виконувати покладені на них обчислення. Звичайно за тактовий час

вибирають час, який необхідний процесору для виконання найбільш складної операції.

З допомогою макроконвейєра, побудованого на спецпроцесорах паралельної дії, можна досягнути великої продуктивності та проводити обробку зображень нижнього рівня в реальному часі. В склад макроконвейєра входять спецпроцесори паралельної дії "Фільтр", "Фільтр-2", "Фільтр-3", "Фільтр-3М", "Фільтр-4", "Фільтр-5" та інші швидкодіючі спецпроцесори.

В роботі запропонована архітектура на однорідних обчислювальних середовищах, в якій інформація обробляється конвейєрним способом. Висока швидкість системи забезпечується структурним методом організації обчислень, який базується на апаратному представленні всіх вершин інформаційного графа і їхніх міжзв'язках. На рис. 1 показана проблемно-орієнтована система обробки зображень на однорідних обчислювальних середовищах. Основними компонентами цієї системи є однорідне обчислювальне та запам'ятовуюче середовища. Система може вести обробку зображень нижнього рівня в темпі телевізійної розгортки, тобто в реальному часі.

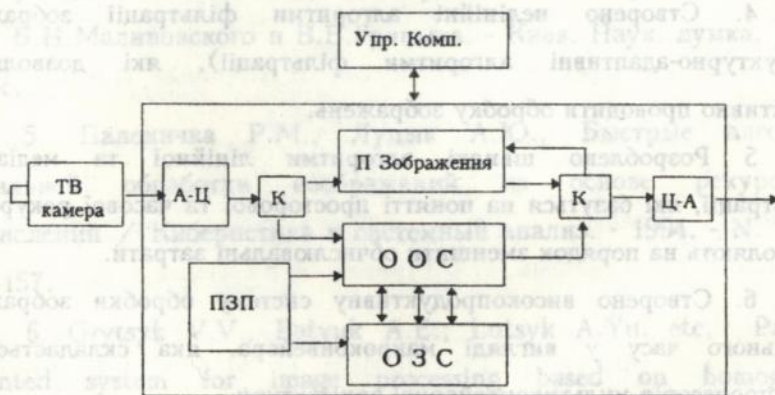


Рис. 1. Проблемно-орієнтована система обробки зображень на однорідних обчислювальних середовищах.

Згідно класифікації комп'ютерних архітектур обробки зображень нижнього рівня, розглянутої в першому розділі, макроконвейєр слід віднести до конвейєрних процесорів, а проблемно-орієнтовану систему обробки зображень на базі однорідних обчислювальних середовищ до конвейєрних процесорів з введенням підрупи - мультиконвейєрний процесор.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Запропоновано методику вибору класифікаційних ознак, якими відрізняються системи та процесори обробки зображень нижнього рівня.

2. Розроблено метод оцінки та порівняння основних характеристик між системами і процесорами обробки зображень в рамках одної архітектурної групи на основі виконання операцій, що належать до обробки зображень нижнього рівня.

3. Розроблено метод порівняння ефективності, часових та інших характеристик процесорів обробки зображень, що належать до різних архітектурних груп.

4. Створено нелінійні алгоритми фільтрації зображень (структурно-адаптивні алгоритми фільтрації), які дозволяють ефективно проводити обробку зображень.

5. Розроблено швидкі алгоритми лінійної та медіанної фільтрації, які базуються на понятті просторової та часової рекурсії і дозволяють на порядок зменшити обчислювальні затрати.

6. Створено високопродуктивну систему обробки зображень реального часу у вигляді макроконвейєра, яка складається з спецпроцесорів мультиконвейєрної архітектури.

7. Створено проблемно-орієнтовану систему обробки зображень нижнього рівня, яка базується на однорідних обчислювальних середовищах.

Основні результати дисертаційної роботи викладені в наступних публікаціях:

1. Параллельная обработка информации: Т.2. Параллельные методы и средства распознавания образов /П.А.Бакут, Э.Ф.Бабуров, А.Ю.Луцык и др.; Под ред. А.Н.Свенсона. - Киев: Наук. думка, 1985. - 280 с.

2. Параллельная обработка информации: Т.3. Вычислительные системы, структуры и среды для решения задач большой размерности /М.Я.Бартиш, М.П.Богачев, А.Ю.Луцык и др.; Под ред. В.В.Грицька. - Киев: Наук. думка, 1986. - 288 с.

3. Параллельная обработка информации: Т.4. Высокопроизводительные системы параллельной обработки информации /Л.Б.Авгуль, А.И.Белоус, А.Ю.Луцык и др.; Под ред. В.В.Грицька. - Киев: Наук. думка, 1988. - 272 с.

4. Параллельная обработка информации: Т.5. Проблемно-ориентированные и специализированные средства обработки информации /А.И.Аксенов, В.В.Аристов, А.Ю.Луцык и др.; Под ред. Б.Н.Малиновского и В.В.Грицька. - Киев: Наук. думка, 1990. - 504 с.

5. Паленичка Р.М., Луцык А.Ю., Быстрые алгоритмы локальной обработки изображений на основе рекурсивных вычислений / Кибернетика и системный анализ. - 1994. - N. 1. - С. 146-157.

6. Grytsyk V.V., Batyuk A.E., Lutsyk A.Yu. etc, Problem-oriented system for image processing based on homogeneous computational mediums / First International Conference on Information Technologies for Image Analysis and Pattern Recognition: Proc. - Lviv: IPM USSR AS, 1990. - V. 2. - P. 156-161.

7. Lutsyk A.Yu., Rytsar Y.B., Kuczynskij T.B., High-speed system for image processing based on homogeneous computing structures / Mathematical Research. - V. 81. PARCELLA'94. - Berlin: Akademie Verlag, 1994. - P. 297-303.

8. Lutsyk A.Yu., Palenichka R.M., Image processing system based on homogeneous computing and storage structures / IS&T/SPIE Symposium on Electronic Imaging: Science and Technology: Proc. - San Jose. - 1995. - P. 357-364.

9. А.с. 1182551 СССР, МКИ(4) G 06 K 9/36. Устройство для выделения контуров изображения объектов / В.В.Грицык, А.Ю.Луцык, Р.М.Паленичка. - Оpubл. 30.09.85. - Бюл. N36.

10. А.с. 1297213 СССР, МКИ(4) H 03 H 17/06, G 06 F 15/353. Цифровой фильтр / В.В.Грицык, А.Ю.Луцык, Р.М.Паленичка. - Оpubл. 15.06.87. - Бюл. - N10.

11. А.с. 1387017 СССР, МКИ(4) G 06 F 15/36. Устройство для адаптивного скользящего сглаживания / В.В.Грицык, А.Ю.Луцык, Р.М.Паленичка. - Оpubл. 07.04.88. - Бюл. N13.

12. А.с. 1388915 СССР, МКИ(4) G 06 K 9/00. Устройство для обработки изображений / А.Е.Батюк, В.В.Грицык, А.Ю.Луцык, Р.М.Паленичка. - Оpubл. 15.04.88. - Бюл. N14.

13. А.с. 1769379 СССР, МКИ(4) H 04 N 7/18, 5/14. Цифровой фильтр для видеосигнала телевизионного изображения / В.В.Грицык, И.Б.Гуревич, А.Ю.Луцык и др. - Оpubл. 15.10.92. - Бюл. N38.

14. А.с. 1644162 СССР МКИ(4) G 06 F 15/36, 15/353. Устройство для адаптивного скользящего сглаживания / А.Е.Батюк, В.В.Грицык, А.Ю.Луцык, Р.М.Паленичка. - Оpubл. 23.04.91. - Бюл. N15.

15. А.с. 1700763 СССР, МКИ(4) Н 04 N 5/14. Устройство для фильтрации телевизионных изображений /В.В.Грицык, А.Ю.Луцык Р.М.Паленичка. - Оpubл. 23.12.91. - Бюл. N47.

16. Мультиконвейерные вычислительные структуры на однородных средах (Организация вычислительного процесса) /Г.И.Бачериков, М.П.Богачев, А.Ю.Луцык и др. - Преп. N102, ФМИ АН УССР - Львов, 1985. - 72 с.

17. Мультиконвейерные вычислительные структуры на однородных средах (Реализация алгоритмов) /Ю.П.Алексин, М.Я.Бартиш, А.Ю.Луцык и др. - Преп. N117, ФМИ АН УССР - Львов, 1986. - 75 с.

18. Луцык А.Ю., Обработка и анализ изображений в макромагистралах / Четвертая Всес. конф. "Распараллеливание обработки информации": Тез. докл. - Львов: ФМИ АН УССР, 1983. - Ч.1. - С.131-133.

19. Луцык А.Ю., Оценка степени параллелизма при предварительной обработке изображений / Четвертая Всес. конф. "Распараллеливание обработки информации": Тез. докл. - Львов: ФМИ АН УССР, 1983. - Ч.2. - С.242-244.

20. Батюк А.Е., Луцык А.Ю., Опотяк Ю.В., Чопко О.Б., Система обработки изображений на однородной вычислительной среде / Всес. конф. "Методы и микроэлектронные средства цифрового преобразования и обработки сигналов": Тез. докл. - Рига: Ин-т электрон. и вычислит. техн., 1989. - Т.1. - С.297-298.

Особистий вклад. Всі результати, що складають основний зміст дисертаційної роботи, отримані автором самостійно. В публікаціях, які написані в співавторстві, дисертантові належать: в роботі [1] модель розпаралелювання алгоритмів обробки зображень; в [2, 6, 7, 16, 17, 20] алгоритми обробки зображень та система для їх реалізації на однорідних обчислювальних середовищах; в [3]

розрізнення паралельних архітектур обробки інформації; в [4] паралельна реалізація алгоритму обробки зображень із застосування порогової логіки; в [5] швидкий рекурсивний алгоритм медіанної обробки зображень; в роботах [8, 9, 10, 13, 20] автори прийняли рівну творчу участь.

Луцык А.Ю. Высокопроизводительные проблемно-ориентированные системы и рекурсивные алгоритмы для обработки изображений нижнего уровня.

Диссертация (рукопись) на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.04 - автоматизированные системы управления и системы обработки информации. Физ.-мех. ин-т НАН Украины, Львов, 1996.

Проведены исследования и получены классификационные признаки вычислительных архитектур для обработки изображений нижнего уровня. Разработаны и исследованы быстрые алгоритмы фильтрации изображений, основанные на принципах пространственной и временной рекурсий. Разработана высокопроизводительная макроконвейерная система обработки изображений, содержащая спецпроцессоры реального времени, а также построена проблемно-ориентированная система на базе однородных вычислительных сред.

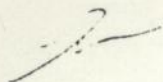
Lutsyk A.Yu. High-performance problem-oriented systems and recursive algorithms for low-level image processing.

Dissertation (manuscript) for obtaining of the scientific degree of Candidate of Sciences (Engineering) for the speciality 05.13.04 - automatized control systems and information processing systems, Institute of Physics and Mechanics of Ukrainian National Academy of Sciences, Lviv, 1996.

Classification features of computer architectures for low-level image processing were obtained. Fast algorithms for image filtering based on spatial and temporal recursion have been designed. High-performance macropipelined system comprising real time specialized processors and problem-oriented system based on homogeneous computing structures have been constructed.

Ключові слова:

обробка зображень, класифікація архітектур, швидкий алгоритм, фільтрація, спецпроцесор, однорідне обчислювальне середовище.



445479

Ав 34.723

Лук'як А. Ю. High-performance problem-oriented systems and
effective algorithms for low-level image processing.
Candidate's dissertation for obtaining of the scientific degree of
Candidate of Science (Engineering) for the specialty 05.13.04 -
development of control systems and information processing systems,
presented at the Institute of Cybernetics of the Ukrainian National Academy of
Sciences, Kyiv, 1996.

Проведены исследования и получены классификационные признаки
многослойных архитектур для обработки изображений низкого
уровня. Разработаны и исследованы быстрые алгоритмы фильтрации
изображений, основанные на принципах пространственной и
временной рекурсии. Разработана высокопроизводительная
микроконтроллерная система обработки изображений, содержащая
специальный процессор реального времени, а также построена проблемно-
ориентированная система на базе однородных вычислительных сред.

Luk'ia A. Yu. High-performance problem-oriented systems and
effective algorithms for low-level image processing.

Candidate's dissertation for obtaining of the scientific degree of
Candidate of Science (Engineering) for the specialty 05.13.04 -
development of control systems and information processing systems,
presented at the Institute of Cybernetics of the Ukrainian National Academy of
Sciences, Kyiv, 1996.