

ВБУДОВАНИЙ МУЛЬТИПРОЦЕСОР РЕАЛЬНОГО ЧАСУ З АРХІТЕКТУРОЮ, ЩО ПЕРЕБУДОВУЄТЬСЯ, ДЛЯ ОБРОБКИ РАДІОМЕТРИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Косовець М.А., Товстенко Л.М.

Науково - дослідний центр прикладної інформатики,

Інститут кібернетики НАН України, м. Київ

e-mail: liliya@dept115.icyb.kiev.ua

Розглянуто деякі проблеми побудови радіометричної системи знімання, обробки й ідентифікації об'єкта в рамках єдиного комплексу апаратно-програмних засобів на базі мультипроцесора реального часу з архітектурою, що перебудовується. Досліджуються алгоритми виділення краю зашумлених радіометричних зображень та їх апаратна реалізація.

ВСТУП

На сьогодні актуальні пасивні методи радіобачення, основані на прийманні власного радіотеплового випромінювання людини і не пов'язані з генерацією будь-яких полів та спрямованих випромінювань, здатних негативно впливати на людей. Труднощі побудови комплексу радіобачення полягає в складності обробки малоформатного розмитого зображення, сформованого із сигналів, отриманих від антени з фазованими решітками в міліметровому діапазоні на рівні шумів; наявності повільних процесів по керуванню та діагностуванню комплексу і швидкодіючих, пов'язаних з обробкою зображень; створенням бази відеоданих; ідентифікацією об'єкта. Ці задачі можуть бути оптимально вирішені за допомогою мультипроцесора реального часу з операційною системою, що дозволяє динамічно розподіляти процеси по процесорах. Остаточну конфігурацію процесорів можна формувати тільки після задовільного розбиття системи на керовані процеси. Архітектура мультипроцесора стає реконфігурованою, легко розширюється і модифікується.

АКСЕЛЕРАТОРИ ОБРОБКИ РАДІОТЕПЛО-ВОГО ЗОБРАЖЕННЯ

При побудові радіометричного комплексу ми зіштовхуємося з задачею одночасної обробки швидкоплинних процесів при обробці радіозображень та повільних, пов'язаних з обслуговуванням процесу знімання інформації. Обслуговуючи різношвидкісні процеси універсальної ЕОМ ми тим самим обмежуємо продуктивність при виконанні задач обробки сигналів і зображень. Альтернативою

персональному комп'ютерові пропонується мультипроцесор реального часу, що складається з ряду Мікро-ЕОМ, зв'язаних між собою через мережу обміну. Процесорні модулі з різною продуктивністю забезпечують обробку слабопов'язаних процесів. Для досягнення необхідної продуктивності, Мікро-ЕОМ обробки зображень доповнюємо акселератором обробки масиву інформації – потоковим процесором.

У цьому випадку одна з МІКРО-ЕОМ є керуюча машина, що виконує функції центрального керування, планування ресурсів та надшвидкісного сполучення введення/виведення інформації з матричними обчислювачами потокового процесора. Потокові процесори ефективно виконують цифрову фільтрацію, кореляцію, виділення краю зображення, сегментацію тощо.

Архітектура мультипроцесора реального часу «прив'язана» до прикладної задачі. Метод модульного проектування реалізується у вигляді окремих програмних, апаратних, алгоритмічних і інших блоках.

На хід керованих процесів не впливає передача керування ними від одного процесора до іншого. За цих умов система реконфігурується, легко розширюється і модифікується відповідно зі зміною вимог до системи. Остаточну конфігурацію процесорів можна формувати тільки після задовільного розбиття системи на керовані процеси. Тому структура технічних засобів віддзеркалює функціональну структуру системи, а не навпаки. Надлишкові процеси керуються окремими процесорами, що дає переваги при відмові процесорів, керуючих основними процесами і, таким чином, не погіршують значення надійності мультипроцесора. Мінімізація кількості процесорів не є основною метою, якщо потрібно забезпечити високу продуктивність і надійність системи.

Локальність операцій, швидкість обчислення і матричні операції властиві багатьом алгоритмам, які застосовуються при обробці радіометричних сигналів і зображень. Загальні властивості цих алгоритмів використовуються при розробці спеціалізованих матричних процесорів. Основна увага тут приділяється описові і перетворенню алгоритмів обробки радіометричних зображень, що мають невеликі розміри кадру розкладання 32x100

пікселів і велику зашумленість. Як алгоритм обробки виберемо пірамідальну структуру (ПС). Керуюча Мікро-ЕОМ інтерпретує внутрішню програму і передає коди відповідних операцій на ПС.

Основною функцією ПС є забезпечення високошвидкісної обробки кожного пікселя піраміди. Процеси з'єднані так, щоб організувати логіку пірамідної структури, щоб кожен процес на кожному рівні мав тринадцять сусідів, предок на рівні вище, вісім бічних сусідів у блоці 3x3, що утримується разом з розглянутим пікселем у відповідному процесі і чотири нащадки на рівні нижче. Процеси координуються керуючою програмою.

Кожен процесор зв'язаний з керуючим пристроєм через локальну пам'ять з $m+1$ бітів: $M(0), M(1), \dots, M(m)$. Де $M(0)$ - бітовий акумулятор, $M(1)$ - операнд - регістр, а $M(2)$ - задає обчислення, якщо в осередку утримується одиниця.

Пірамідна машина виконує наступні три групи інструкцій: фон неймановські операції, виконувані Мікро-ЕОМ; операції на ПС; керуючі впливи на ПС.

АЛГОРИТМИ ВИДІЛЕННЯ КРАЮ ДЛЯ РАДІОМЕТРИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

При аналізі радіометричних зображень виділення краю є дуже важливою задачею. Це дозволяє нам ідентифікувати сторонні предмети в людини при пасивній локації.

Кожен процесор може виконувати два типи операцій «порівняння», *i-ni* та *abo-ni*, використовуючи два операнди: образи і маску. Операції *i-ni* приписують результат рівний одиниці, тим пікселям, чії сусіди, включаючи розглянутий піксель, збігаються по бітах образу. Маска використовується для того, щоб визначити, які сусіди, якщо такі існують, повинні не розглядатися при такому порівнянні. Операція *abo-ni* діє майже так само, тільки одиниця приписується даному пікселю тоді і тільки тоді, коли принаймні один із сусідів збігається з відповідним бітом образу.

Або-ні: `xxxxxxx1111`. Комбінація образу/маски кодується з використанням символів 1, 0, x. Наприклад, чотирнадцяти - елементний образ/маска має вигляд: x - предок пікселя (на рівні вище пікселя); xxxxxxxx - піксель і бічні сусіди; 11 - нащадки пікселя 9 на рівні нижче пікселя.

Розглянемо два подібних алгоритми, основаних на двох різних принципах. Перший алгоритм виконує усунення шуму після попереднього виявлення країв, другий алгоритм видаляє шум до виділення країв. Припускаємо, що низькочастотний шум з'являється у вигляді малих розрізнених сигналів, оточених темними плямами («зовнішній шум»). Темні групи пікселів з'являються оточеними світлими пікселями («внутрішній шум»).

Перший алгоритм працює в такий спосіб:

На першому кроці зображення завантажуються на основний рівень ПС. На другому кроці до кожного пікселя застосуємо наступну операцію по типу «Якщо цей піксель має деяке значення, то тоді пікселю привласнюється те ж значення» і будемо другий рівень. Він легко обчислюється в ПС шляхом використання інструкції *i-ni*, за який впливає *abo* інструкція. На третьому кроці застосовується функція грубого виявлення краю по кожному пікселю на всіх рівнях: «Якщо значення цього пікселя одиниця і принаймні сусід (хоча б один) цього пікселя не дорівнює одиниці, тоді піксель залишається одиницею, у противному випадку він залишається нулем. Це приводить до видалення всіх пікселів, що не лежать на межі *сигнал – не сигнал*. Копія отриманих грубих країв зберігається у допоміжній пам'яті. На четвертому кроці отримані грубі краї поширюються на всі рівні шляхом застосування операції: «Якщо піксель має значення не рівне нулеві або будь-який його сусід не дорівнює нулеві, то тоді його значення стає одиниця або залишається, якщо воно було таким». Це стандартна операція росту області: всі об'єкти ростуть від межі. Цей крок здійснюється єдиною інструкцією, для якої образ-вектор має вигляд `X 11111111XXXX`. На п'ятому кроці значення пікселів другого рівня передаються всім чотирьом нащадкам. Тобто кожен піксель приймає значення його предка. Цей крок здійснюється єдиною інструкцією: або *abo-ni*, або *i-ni*. Для цього використовується образ `1XXXXXXXXXXXXX`. На шостому кроці зображення стискується на всіх рівнях шляхом застосування операції «Якщо сигнал не дорівнює 0 і всі його сусіди заповнені, те цей піксель залишається заповненим, у противному випадку його прирівнюють до нуля. Ця операція зворотна до операції росту: вона стягує об'єкти навколо країв. Сьомий крок - результуючий рівень зображення, що містить краї і пікселі «внутрішнього» шуму, але який не містить «зовнішнього шуму». Краї витягаються з допоміжної пам'яті й обчислюється перетинання країв. У результаті одержуємо зображення країв, що «зовні чисто», хоча ще і містить «внутрішній шум». На восьмому кроці ми знову застосуємо кроки 2-7 для негативу первісного зображення. Те, що одержимо, і є деяке зображення з «внутрішньо чистим» краєм, що ще містить «зовнішній шум». Тепер у нас є деяке «внутрішньо чисте» зображення для країв і «зовні чисте» зображення для країв. На дев'ятому кроці «внутрішньо чисте» зображення розширюється так само як і на кроці 4. Тому що краї, отримані з негативу зображення, на один піксель зрушені. На десятому кроці «зовні чисте» зображення країв викликається з допоміжної пам'яті й обчислюється його перетинання з «внутрішньо чистим» зображенням країв. Результатом є чисте зображення країв.

Другий алгоритм видаляє шум до виділення меж і працює в такий спосіб. На першому кроці зображення завантажуються в пірамідний масив. На другому кроці рівень будується з застосуванням

операції для кожного пікселя: «Якщо піксель має значення одиниця і всі чотири його нащадки заповнені, то тоді цей піксель стає або залишається заповненим». На третьому кроці зображення розширюється на всіх рівнях шляхом використання операції для кожного пікселя: «Якщо пікселю привласнена одиниця і всі його сусіди одиниця, тоді цьому пікселю привласнюється одиниця (або він залишається в такому стані)». На четвертому кроці значення другого рівня передаються всім чотирьом нащадкам на перший рівень. Тобто кожен піксель приймає значення його предка. На п'ятому кроці обчислюється перетинання результуючого зображення і первісного зображення. «Зовнішній» і «внутрішній» шуми в основному вилучені, але об'єкти в зображенні дещо більші, ніж зображення – оригінали. На шостому кроці три рази послідовно застосуємо операцію до тих пікселів, яким не була привласнена одиниця в первісному зображенні: «Якщо тепер цьому пікселю привласнена одиниця і всім його бічним сусідам привласнені одиниці, тобто цей піксель залишається в стані одиниці, у протилежному випадку йому привласнюється нуль. Це має ефект «руйнування» навколо країв. Результуюче зображення звільняється від «внутрішнього» і «зовнішнього» шуму, відбувається близьке припасування первісного зображення. На сьомому кроці ми маємо чисте зображення, для якого ми можемо реалізувати функцію виділення краю: «Якщо цьому пікселю привласнена одиниця і якщо принаймні один бічний сусід пікселя не має одиниці, то тоді цей піксель залишається в стані одиниці, у протилежному випадку йому привласнюють 0». Результуюче зображення містить чисті краї, алгоритм завершений. Перший алгоритм більш ефективний для зображень з безперервними краями, другий - для зображень із загостреними краями або високим рівнем шуму.

ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

Мультимікропроцесор апаратно реалізований на МІКРО-ЕОМ відомих фірм виробників: Analog Device, Atmel, Microchip. Пірамідальна структура реалізується на логічній матриці (ALTERA).

Сполучення між мультимікропроцесором і машиною баз даних по високошвидкісному інтерфейсі типу USB. З огляду на те, що процеси слабо зв'язані, вимоги до каналу інформаційного обміну мультимікропроцесора невисокі. Реальний час забезпечується в основному за рахунок паралельної роботи різних процесорних модулів і використанням пірамідальної структури для побудови акселератора обробки зображень.

Нижче на рис. 1. наведена структура розроблюваного мультимікропроцесора для збору й обробки радіометричної інформації.

Пірамідальна структура реалізується на базі високошвидкісних ПЛІС з тактовою частотою від 100 Мгц до 1 Ггц (сімейство мікросхем FLEX200K і АРЕХІІ фірми ALTERA).

Програмна й апаратна архітектура мультимікропроцесора дозволяє гнучко робити його подальший розвиток:

- сполучати з каналом інформаційного обміну систем обробки інформації з іншим принципом виявлення сигналів;
- обробляти зображення з великими шумовими характеристиками, розмитістю, наявністю тренду сигналу тощо;
- виводити інформацію на різного роду пристрої візуалізації зображень.

ВАРІАНТ ВИКОРИСТАННЯ РАДІОМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ МИТНОГО КОНТРОЛЮ

Вбудований мультимікропроцесор реального часу з архітектурою, що перебудовується, для обробки радіометричних зображень використовується в системі митного огляду пасажирів в аеропортах. Привабливість методу в пасивній локації людини, заснованого на випромінюванні людини в трьохміліметровому діапазоні. Мале поглинання тканинами одягу випромінювання людини експонує предмети, що знаходяться під одягом. Це дозволяє нам побачити розміри і площу стороннього предмета, судити по його поглинанню і резонансним властивостям про якісні характеристики предмета.

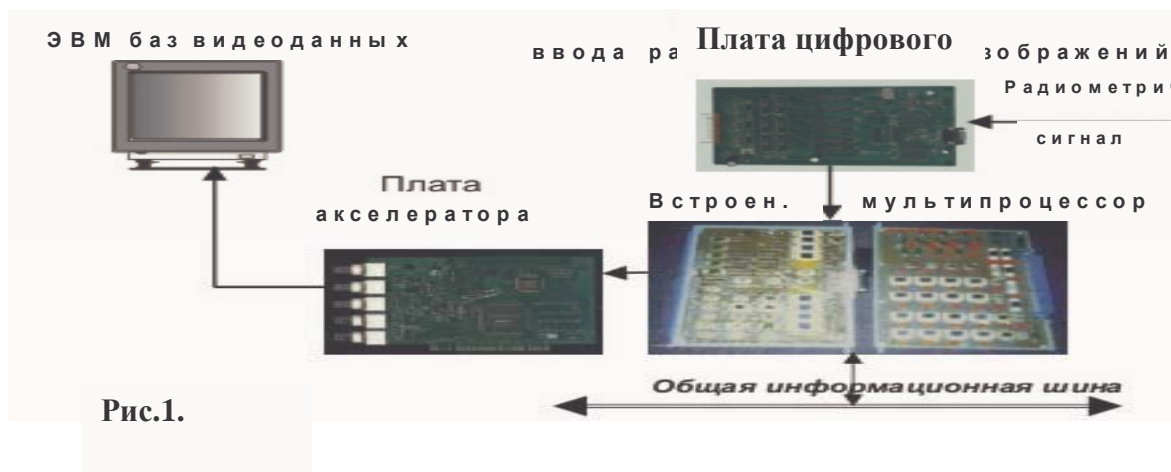


Рис.1.

На Рис. 2 показані чотири вікна. Перше – це зображення, отримане від радіохвильового сканера, третє і четверте – оброблені зображення, причому третє для кращої візуалізації стороннього предмета на тілі людини інвертовано. Детекція стороннього предмета відбувається в автоматичному режимі. З появою підозрілого предмета з'являється друге вікно з попередженням про появу стороннього предмета і його характеристики: довжина, ширина і площа.

Дана система легко інтегрує інші методи спрямо-

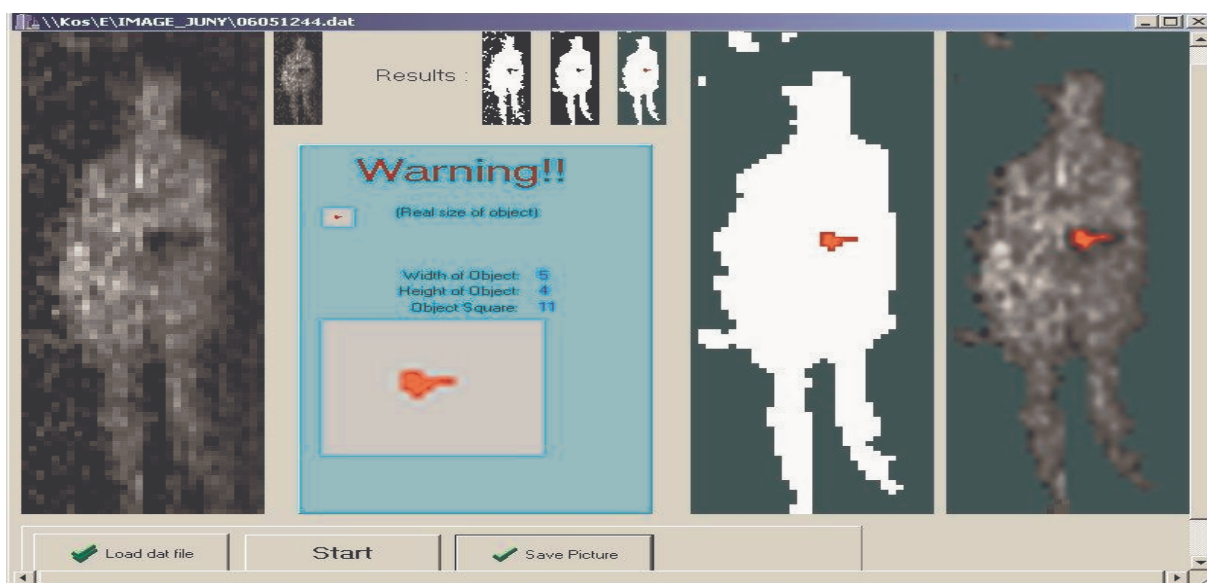


Рис.2

ВИСНОВКИ

У роботі представлений новий погляд на архітектуру комплексу обробки радіометричних зображень на базі мультипроцесора в реальному масштабі часу з гнучкою архітектурою. Принцип процесорної автономії досягається розбиттям задач на слабозв'язані та сильнозв'язані процеси і організацією обміну між ними.

Розглянуто алгоритми виділення краю зображення при наявності сильних шумів на тлі слабого рівня сигналу. Представлені нами алгоритми були перевірені на зображеннях невеликого розміру (32*100) пікселів, яким реально є наш масив радіометричної інформації.

Побудова системи обробки на базі мультипроцесора з гнучкою архітектурою дозволяє керувати ресурсами продуктивності. Спрощується реалізація обробки сигналів у реальному масштабі часу, діагностування, розвиток системи. Зростає надійність системи, зменшуються габарити, споживання, що дуже важливо для бортових систем. Вартість виготовлення таких систем нижча ніж еклектично підібраних програмуючих контролерів і персональних ЕОМ.

Актуальність роботи зв'язана не тільки з науковою новизною, але й практичним застосуванням в антитерористичних заходах щодо

вані на більш якісний огляд: вводить зображення від кольорових відеокамер, робить введення й обробку відбитків пальців, обробляє зображення сітківки ока тощо.

Система проста в звертанні: всього три кнопки і, відповідно, три клавіші на клавіатурі комп'ютера.

Модульність побудови дозволяє поступово нарощувати ресурс і можливості системи в міру інвестування в інноваційний напрямок, що забезпечує безпеку громадян.

виявлення і вилучення вибухових і наркотичних речовин, зброї і боєприпасів у місцях масового скупчення людей: аеропортах, транспорті й охороні особливо важливих об'єктів.

Система також ефективна в одержанні інформації про наявність пожежі з літака при наявності туману, хмарності, опадів. Радіотеплолокатор виявляє довжину активної зони горіння як при верхових, так і при низових схованих пожежах, а також підземних пожежах на торфовищах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Палагин А.В., Кургаев А.Ф., Рокитский А.Г. К системному проектированию и применению ЭВМ с гибкой архитектурой./УСиМ, 1984, N5, с. 26-31.
2. Косовец Н.А. Особенности архитектуры и структуры микро-ЭВМ с варьируемым соотношением производительности и надежности. /сб.: Специальная электроника. – 1990 – серия 10, вып. I (26) – М.- с.23-28.
3. Косовец Н.А. Актуальные задачи проектирования встроенных микроЭВМ или задачи вариации соотношения производительности и надежности микроЭВМ./В сб.: Спец. электроника. Москва: 1990.
4. Tanimoto S.L. A pyramidal approach to parallel processing, in: Proc. 10th Ann. Internat. Symp. On Computer Architecture, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 1993.

