

КОНЦЕПЦІЯ І МЕТОДИ ПОБУДОВИ МУЛЬТИПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ
РЕАЛЬНОГО МАШТАБУ ЧАСУ З ВІДКРИТОЮ ТА ГНУЧКОЮ АРХІТЕКТУРОЮ СТОСОВНО ЗАДАЧ
ПАСИВНОЇ ЛОКАЦІЇ

Товстенко Л.М.

Інститут кібернетики АН України, м.Київ

Косовець М.А.

Науково-виробниче підприємство «Квантор», м.Київ

тел-н: 599-5460; 066-255-4143; E-mail: Quantor@tsua.net

визначається швидкісною магістральною, номенклатурою та технічними характеристиками модулів мультипроцесора, особливостями програмного забезпечення.

Анотація

Наразі значно виросла зацікавленість до пасивних методів отримання інформації про об'єкт з використанням мультипроцесора. Це обумовлено рядом причин. Во-перше, з'явилися якісні матричні сенсори зняття інформації в інфрачервоному, ультрафіолетовому, терагерцовому, міліметровому діапазоні, рентгенівського випромінювання, удосконалюються матриці видимого діапазону. По-друге, стало економічно доцільним виробництво систем обробки, управління і подання інформації для систем пасивної локації, використовуючи мультипроцесор, ніж використання одного високопродуктивного процесора. Особливість таких систем - великі масиви інформації; зашумленість; робота в реальному масштабі часу; електронне сканування діаграми направленості. Рішення таких задач під силу лише мультипроцесорним системам з алгоритмічним забезпеченням, які реалізують природне розпаралелювання задач, дотримуючись логіки побудови панорамного сенсора зміння інформації. Прикладні системи, які базуються на методах пасивної локації, широко впроваджуються в системах безпеки, медичинських системах, народному господарстві, наприклад, як всепогодної навігаційної системи, системах раннього сповіщення пожежі і таке інше.

АРХІТЕКТУРА МУЛЬТИПРОЦЕСОРА
РЕАЛЬНОГО МАШТАБУ ЧАСУ ДЛЯ ЗАДАЧ
ПАСИВНОЇ ЛОКАЦІЇ

Вітчизняна обчислювальна техніка в даний час відчуває кризу, причина якого лежить в загальній кризі економіки. Оптимальним варіантом виходу з такого положення при побудові комплексів обробки пасивних полів є розробка архітектури мультипроцесора реального часу зі зв'язками всередині обчислювача максимально наближених до природних алгоритмів розпаралелювання задач. Тобто новизна мультипроцесора буде полягати в відтворенні архітектури обчислювача максимально наближеного до реальної задачі. Дешевизна мікро-ЕВМ і потокових (сигнальних) процесорів дозволяє легко реалізувати таку архітектуру. Причому використання функціонально - орієнтованих обчислювальних модулів лише спрощує задачу. Головне завдання, яке потрібно вирішити в процесі побудови мультипроцесора - гнучка перебудова зв'язків для оптимальної реалізації алгоритмів обробки та забезпечення відмовостійкості. Для вирішення останніх вимог вводимо апаратну надлишковість і реалізуємо архітектуру мультипроцесора, яка перебудовується.

Така політика забезпечує виконання поставлених вимог в найкоротший термін при найменших витратах. При наявності широкої номенклатури обчислювальних модулів, які відрізняються по архітектурі та продуктивності, ми маємо можливість проектувати системи пасивної локації, які відрізняються обсягом інформації, швидкодією, вимогами по надійності, по забезпеченню роботи в реальному масштабі часу. Відмінність комплексів витікає з різної природи полів. Поле міліметрового діапазону відрізняється від поля терагерцового діапазону, і зовсім несхожі поля інфрачервоного діапазону. Проте, з точки зору розробника таких систем - ці системи мають і багато спільного, що дозволяє мати подібні архітектури обчислювачів.

Опираючись на загальноприйнятую архітектурну класифікацію обчислювачів: ОКОД, ОКБД, БКОД, БКБД, ми будемо розробляти обчислювальні модулі мультипроцесора, зважаючи на вимоги прикладної задачі. Архітектура мультипроцесора буде відрізнятися від багатомашинного комплексу і кластера своєю

ВСТУП

При вирішенні задач пасивної локації важливо визначити параметри інформаційних потоків, провести перерозподіл задач між спеціалізованими співпроцесорами-акселераторами і центральною мультипроцесорною системою, сформулювати вимоги до обчислювального комплексу.

Розглянемо питання побудови високопродуктивних мультипроцесорних систем з відкритою, перебудовуваною та гнучкою архітектурою, яка дозволяє нарощувати обчислювальні можливості комплексу обробки інформації і реконфігурувати його в залежності від зміни співвідношення сигнал-шум, умов застосування та відмовостійкості. Архітектура зв'язків в системі

«монолітністю». Це вбудований комп'ютер з архітектурою мультипроцесора.

Зробивши прискіпливий аналіз архітектур обчислювачів, ми зупинимося на класі БКБД, що охоплює обчислювальні модулі для високопродуктивної обробки сигналів в амплітудній, частотній, фазовій області та їх кореляції. Для їх ефективного завантаження потрібна попередня (на етапі компіляції або в процесі виконання) робота по розпаралелюванню обчислювального процесу, а також визначення апаратних затрат на обмін даними між процесорами. Задача спрощується, як було зазначено раніш, тим, що задачі обробки полів можна віднести до задач з природнім розпаралелюванням. Збільшення продуктивності обчислювального модуля мультипроцесора класу БКБД лежить у збільшенні кількості процесорів, які працюють паралельно і, в основному, інтелектуалізації обчислювального процесу. Якщо продуктивність багатопроцесорної системи оцінювати як суму продуктивностей окремих процесорів, то мультипроцесорна система, яка складається з обчислювачів низької і середньої швидкодії, дешевші, ніж однопроцесорна система такої ж продуктивності.

Основним фактором, який визначає реальну продуктивність системи з масовим паралелізмом, є оптимальність розподілу обчислювального процесу на множини паралельно працюючих процесорів.

Подальшу класифікацію уже вибраної архітектури БКБД відпрацьовуємо по способу обміну даними в мультипроцесорній системі: системи мережеві та ті, що комутуються. В системах, які комутуються, ми враховуємо затрати часу на комутацію шин. Враховуючи велику розрядність шин, реалізація комутаторів досить складна і затратна. Тому збільшення числа процесорів в системах з пам'яттю, яка переключується, починаючи з деякого ступеню складності схеми комутації, стає недоцільним. Враховуючи приміщення мультипроцесора в нашому випадку для задач оброблення полів гігагерцового, терагерцового та інфрачервоного діапазону, які однорідні і мають невелику кількість елементів в рядку, немає потреби в побудові складних комутаторів шин.

При побудові пасивних систем локації міліметрового діапазону інколи доцільно використати мультипроцесор з мережевим розподілом пам'яті. Система складається з множини ідентичних елементів, які обчислюють інформацію та обмінюються один з одним засобами передачі повідомлень. Задачі пасивної локації – це задачі математичної фізики великої розмірності (електродинаміки, цифрової фільтрації в складній завадовій обстановці, цифрової радіографії, обробки зображень, розпізнавання образів, управління базами даних). Для їх рішення, з одного боку, потрібна дуже висока продуктивність, а з іншого - ефективна організація паралельного обчислювального процесу, що опирається на притаманний вихідному алгоритму внутрішній паралелізм.

Модель мультипроцесора з комутацією інформаційних потоків складається з m - процесорних модулів з функціонально та технологічно однорідних елементарних процесорів з локальною пам'яттю. В складі кожного модуля, крім m виконавчих процесорів, входить загальна (системна) пам'ять, а також управляючий і комунікаційний процесори. Перший з них є адміністратором модуля, веде облік зайнятості,

фіксує стан процесу і розподіляє завдання. Другий - управляє доступом до середовища комунікації та забезпечує надання модулю комунікаційних послуг, кодування/декодування і вирішення конфліктів при реалізації множинного доступу. Всі модулі пов'язані між собою за допомогою шини інформаційного обміну, яка реалізує високу швидкість передачі повідомлень, множинний доступ до комунікаційного середовища. Система легко реконфігурується (однократно і оперативно) з врахуванням специфіки задачі, технічного стану багатопроцесорної системи в цілому або окремих обчислювачів.

Вирішуються питання технічного та інформаційного резервування, мажорювання результатів тощо. Оптимальну розмірність обчислювача вибираємо виходячи з вимог до продуктивності, яка визначається прикладною задачею.

Вплив алгоритмів обробки радіохвильового поля, отриманого методами пасивної локації, на архітектру мультипроцесора, набагато суттєвіша, а ніж при вирішенні інших задач. Питання збільшення продуктивності процесорних модулів мультипроцесора вирішуємо через введення акселераторів потокової обробки інформації. Акселератори обслуговують пристрої вводу/виводу і займаються попередньою обробкою інформації. Як елементну базу акселераторів використовуємо мікросхеми фірми Texas Instruments, це сигнальні процесори типу TMS320C6000.

В акселераторах обробки багатомірних сигналів, якими є радіополя об'єкта дослідження, алгоритмам притаманні локальні дії, інтенсивні обчислення та матричні операції. Загальні властивості цих алгоритмів ми використали при розробці спеціалізованих поточкових процесорних елементів для обробки радіополів різної природи.

Як правило, багатомірні сигнали поступають на акселератор після дискретизації сигналу з панорамного датчика (інфрачервона камера, терагерцова камера, частотнозалежна антена міліметрового діапазону) у вигляді потоку інформації. Потік інформації розбивається на пакети зі структурою фрейма, де вказується номер кадра, його величина та інша службова інформація. Інформація поступає безпосередньо з датчика в реальному масштабі часу. Проектування поточкового процесора починаємо з розробки реального графа залежностей задачі і потоку даних. Найпростішу реалізацію обчислень багатомірного поля на поточкових процесорах з регулярним потоком даних, яку організували для обробки радіополя міліметрового діапазону, створюємо з використанням систолічного масива. Алгоритми обробки багатомірних сигналів легко розпаралелюються, що дозволяє дозволити призначити потокові процесори для обробки паралельних процесів, ефективно використовувати конвейеризацію і локальність управління. В хвильовому процесорі реалізується принцип управління потоком даних, приводить до прискорення обчислень, спрощенню програмування і розширення обчислювальної мережі. Для синхронізації обміну поточкових хвильових процесорів використовуємо квітировання.

Перед початком реалізації акселератора необхідно виконати деталізацію асинхронного інформаційного каналу зі структурного рівня до рівня вентилів. Модульне використання функціональних блоків дозволяє використовувати ієрархічний підхід до уточнення. Іншими словами, кожний ресурс

можна проаналізувати на рівні вентилів незалежно від інших модулів. Хоча це і спрощує задачу, але все рівно її можна віднести розряду складної систем.

Вибираємо стандартну шини інформаційного обміну, основною перевагою якої в модулі є те, що, дякуючи стандартному протоколу, автоматичній ініціалізації та реконфігурації системи, яка складається з різної кількості різних по функціях модулів, вона сумісна з системним і прикладним математичним забезпеченням, розробленим раніше для модульних багатопроцесорних обчислювальних систем, основаних на стандартній шині. Системне ПЗ може використати стандартні операційні системи типу LINUX, UNIX, RMX та інші, а також резидентні програми монітору і тестування.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МУЛЬТИПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ

При проектуванні систем пасивної локації використовуємо різні структури програмного забезпечення мультипроцесорних систем, такі як, ведучий – ведений; окреме виконання завдань в кожному процесорі; симетрична, або однорідна, обробка в усіх процесорах.

Основні характеристики систем типу "ведучий -ведений" такі: супервізорні функції реалізуються лише в одному з процесорів. Цей процесор може мати спеціально розроблену конфігурацію тільки для виконання супервізорних програм або ж може мати точно таку ж конфігурацію, як і всі інші процесори в системі. Спеціально розроблений супервізорний процесор використовується виключно для виконання своїх функцій; якщо для цієї мети застосовується процесор універсального типу, то його можна використати і для вирішення прикладних задач, коли супервізорні процедури не виконуються.

Супервізорні програми не обов'язково мають бути записані за допомогою процедур з повторним входом, оскільки вони виконуються тільки одним процесором. Кодування з повторним входом потрібне для деяких загальних програм, які використовуються рекурсивно або підлягають багатократній загрузці в оперативну пам'ять.

Оскільки лише один процесор має доступ до виконавчих таблиць, в системі не виникають конфліктні ситуації або блокування, пов'язані з таким доступом. Нормальне функціонування системи "ведучий -ведений" можливе лише в тих випадках, коли потужність управляючого процесора дозволяє достатньо швидко обслуговувати вимоги ведених процесорів. В протилежному випадку черга до операційної системи буде постійно збільшуватися і все більша кількість "обчислювальних" процесорів буде простоювати.

Системи типу "ведучий -ведений" не надають особливих вимог до характеру вхідної інформації, проте найбільш ефективні для вирішення задач з довгими послідовними участками. З точки зору надійності вузьким місцем заранне є ведучий процесор. Вихід з ладу робить систему непроездною. Відновлення працездатності системи потребує втручання зовні. Нарощування системи можливе, проте до визначених розумних меж. Системи типу "ведучий-ведений" найбільш розповсюджені через простоту побудови мультипроцесора для обробки радіополів. Систему типу "ведучий -ведений" ми використали при розробці камери інфрачервоного діапазону.

Оскільки оперативна пам'ять використовується в режимі розподілу часу, в системах взагалі відсутня необхідність в окремих повних наборах копій модулів операційної системи для кожного процесора. Але для даного типу операційних систем можуть виникати такі ситуації, коли кожний процесор повинен працювати автономно і виконувати всі, які відносяться до нього супервізорні, виконавчі та допоміжні функції точно такі ж, як, коли б він був однопроцесорною ЕОМ: кожна задача призначається для конкретного процесора і повністю їм виконується.

Характеристики організації і функціонування операційних систем цього типу такі: супервізорні функції виконуються кожним процесором у відповідності з його власними потребами, вимогами з боку програм, які виконуються цим процесором. Оскільки модулі супервізора виконуються декількома процесорами, передбачається їх повторний вхід або їх копії мають бути завантажені в кожний процесор. Число конфліктів, пов'язаних з блокуванням системних таблиць, невелике, так як кожний процесор може мати свій власний набір. При цьому число загальних управляючих таблиць не буде великим.

Системи з роздільним виконанням завдань в кожному процесорі пред'являють визначені обмежувальні вимоги до виду початкової інформації, тому що системи такого виду працюють ефективно лише тоді, коли ці задачі, вирішувані окремими процесорами системи, добре збалансовані, тобто приблизно однаково ефективно використовують обладнання. З точки зору надійності всі процесори системи є вузьке місце, бо вихід будь-якого процесора з ладу означає втрату його програми і порушення всіх програмних обмінів, в яких цей процесор бере участь. Відновлення працездатності системи потребує довготривалого втручання зовні. Нарощування системи без зміни програм неможливе.

Найбільш повно властивості мультипроцесорної системи для обробки радіополів пасивної локації, особливо міліметрового діапазону, проявляються при використанні сукупності функціонально-однорідних процесорних блоків. Кожний з процесорів може в рівній мірі ефективно виконувати супервізорні функції, які "перетікають" з одного процесора в інший. Характерні властивості симетричних систем полягають в наступному.

Кожний процесор виконує ті супервізорні функції, які нерозривно пов'язані з вирішуваною ним задачею, і ті функції, які необхідні для нової задачі у випадку, коли поточна буде перервана або повністю завершена. Разом з тим будь-який процесор може виконувати всі або більшість загальносистемних функцій. З огляду на те, що процесори однорідні та можуть бути використані однаково, люба задача в процесі свого виконання може оброблятися різними процесорними блоками системи.

Для успішного її виконання можуть бути використані різні набори процесорів. Загальносистемне управління неперервно перерозподіляється між процесорами: в кожний момент часу тільки один процесор може бути управляючим для процесорів може встановлюватися визначений пріоритет, по-перше, для вирішення конфліктних ситуацій і, по-друге, для ранжування управляючих функцій (останнє виявляється найбільш ефективним в системах, які працюють з великою кількістю коротких задач).

Найкраще балансування загрузки і більш ефективне використання системи виявляється в тому випадку, коли неспецифічні функції, такі, як переривання вводу-виводу, можуть виконуватися тими блоками, які найменше завантажені в даний період часу. Недивлячись на те, що в загальносистемному управлінні лише один процесор управляючий, декілька інших можуть одночасно виконувати ті ж самі супервізорні процедури; тому дані процедури повинні володіти повторною входимістю або мають бути забезпечені окремі копії для кожного випадку запуску. Оскільки в кожний момент часу декілька процесорів можуть знаходитися в супервізорному стані, важливою проблемою є недопущення конфліктів при доступі до системних таблиць та наборів даних: часте блокування системних управляючих таблиць може дуже вплинути на загальну ефективність системи. Перераховані можливості операційної системи з однорідною обробкою в усіх процесорах, якщо вони всі реалізовані, можуть замість підвищення привести до пониження ефективності роботи системи. Це обумовлено, головним чином, двома обставинами. По-перше, перерозподіл загальносистемних функцій між процесорами передбачає існування в системі розвинутої диспетчеризації, що при відсутності центрального процесора є нетривіальним завданням, вирішення якої повинно здійснюватися всіма процесорами системи. По-друге, для динамічного центрального процесора виникають ті ж проблеми надійного функціонування, що і для жорстко закріпленого. Вирішувати вказані задачі можна, лише значно ускладнивши операційну систему, а це приводить до значної втрати продуктивності. З врахуванням сказаного, систему з симетричною обробкою доцільно будувати з повністю розподіленою операційною системою, тобто зі збереженням копій операційної системи в усіх процесорах. Однорідні мультипроцесорні системи не пред'являють жорстких вимог до характеру вхідної інформації. З точки зору надійності єдиним вузьким місцем системи є управляючі таблиці, а при дублюванні їх в належній організації операційної системи вузкі місця відсутні. При виході процесорів з ладу проходить поступове зменшення продуктивності (деградація системи). Відновлення працездатності вимагається лише при виході з ладу всіх процесорів. Нарощування системи можливе без будь-яких функціональних обмежень. Особливий клас однорідних обчислювальних систем складають системи з безпосередніми зв'язками між процесорами, близькі по архітектурі та структурі до мереж ЕОМ. Функціонування таких систем вимагає роботи процесорів в двох режимах: безпосереднього рахування по програмі або обміну даними. Другий режим для свого здійснення вимагає реалізації різного роду процедур маршрутизації. Вся пам'ять в такій системі узагальнена і обмін інформацією між процесором і пам'яттю зводиться до транзитного обміну між процесорами.

Безпосередній обмін інформацією між процесорами проводиться по принципу роботи з зовнішніми пристроями. Програмне забезпечення однорідних обчислювальних систем з безпосередніми зв'язками між процесорами складне, оскільки в його функції входить не лише управління власне обчислювальним процесом в одному процесорі реалізація процедур маршрутизації для транзитної передачі даних, формування фізичних адрес модулів пам'яті з віртуальних адрес, виконання діагностичних

функцій. Для того, щоб система не працювала в режимі відокремленого виконання завдань в кожному процесорі (це має місце в існуючих системах цього класу), необхідна наявність в кожному процесорі складного планувальника завдань, що ще більше ускладнює функції операційної системи.

ВИСНОВКИ

Обробка інформації в реальному масштабі часу задач пасивної локації можлива лише в обчислювальних комплексах, основаних на високопродуктивних мультипроцесорних системах з відкритою, гнучкою і перебудованою архітектурою, які використовують як сопроцесори - спеціалізовані процесори-акселератори.

Особливість систем обробки задач пасивної локації полягає в уніфікації архітектурних і програмних рішень обчислювача з архітектурою перебудовуваного мультипроцесора. Ця властивість витікає із однорідності матричних сенсорів для формування зображень поля, які складаються з вузлів приймання та обробки масиву інформації, управління скануванням. Специфіка обчислювачів зміщена на рівень технічних характеристик, таких як подання інформації, складність управління процесом знімання інформації, синхронізація процесів, продуктивність вузлів обробки, об'єм інформації з панорамних датчиків. До того ж вироби можуть бути стаціонарні, переносні, бортові, що також висуває свої вимоги. В результаті, гіпотетична модель має вигляд архітектури БКБД і вищеперераховані особливості системного ПО. Облік на етапі ескізного проектування особливостей матричного сенсора та умов застосування дозволяє оптимально спроектувати виріб для знімання поля об'єкта використовуючи мультипроцесора.

Вищеперераховані методи побудови комплексів пасивної локації були реалізовані в радіометричному комплексі безпеки 3-х міліметрового діапазону та інфрачервоної камері. Ці комплекси мають свої особливості, але загальним компонентом систем є перебудовуваний високопродуктивний мультипроцесор реального часу з відкритою і гнучкою архітектурою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Hockey R.W. MIMD computing in the USA - 1984. Parallel Computing, 1985, 2, 119-136.
- Мультипроцесорные системы и параллельные вычисления. /Под ред.Ф.Г.Энслоу./ - М.: Мир, 1976. -383.
3. Косовец Н.А. Особенности архитектуры и структуры микро-ЭВМ с варьруемым соотношением производительности и надежности. /сб.: Специальная электроника. - 1990 - серия 10, вып.І (26) - М.- с.23-28.
 4. Косовец Н.А., Косовец Л.Н.. Отказоустойчивый мультипроцесор реального времени со встроенным механизмом восстановления. / Кибернетика и системный анализ. - 2005. - Том 40, №5. с.169-177.
 5. Палагин А.В. Об ЭВМ с виртуальной архитектурой // УСиМ. -1999.-№3.-с.33-43.
 6. Палагин А.В., Опанасенко В.Н., Сахарин В.Г. Реконфигурируемые структуры на базе ПЛИС // УСиМ, -2000, - №3

Abstract

The difficulty of processing passbook spread the images formed from the signals received from the phased-array antenna in millimetre wave grating at the level of noise, the presence of complex and high-speed, related to image processing, creation of video and identification object. These objectives can be solved by real-time multiprocessor operating system, which dynamically allocate processes to processors. The final configuration of processors can be established only after a satisfactory decomposition of the system to a controlled process. Multiprocessor architecture becomes reconfiguration, easily expanded and modified.

When building the radiometric complex, we are faced with the task of the simultaneous processing of fast processes in the radio and the slow processing associated with the maintenance of the information extraction. Processor's module to provide different output processing of loosely coupled processes. To achieve the necessary performance, micro-computer image processing accelerator added processing array of information - streaming processor. Matrix processor effectively performs digital filtering, correlation, providing the edge of the image segmentation, and others.