

УДК 621.372

В.Я. Пуйда

Національний університет “Львівська політехніка”  
кафедра “Електронні обчислювальні машини”**СПЕЦІАЛІЗОВАНИЙ ОБЧИСЛЮВАЧ ВИЯВЛЕННЯ ОБ’ЄКТА  
СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ**

© Пуйда В.Я., 2003

**Розглянуто деякі проблеми побудови засобів підвищення інтелектуальних можливостей роботів, запропоновано структуру телевізійної системи технічного зору інтелектуального робота та структуру спеціалізованого обчислювача підсистеми виявлення об’єкта в полі зору відеосенсора.**

**In a paper is considered some problems of a construction of tools of a raise of intellectual possibilities of robots, it is offered a structure of a television vision of the intellectual robot and structure of the specialized calculator of a subsystem detections of plant in field of view of the videosensor.**

Інтелектуальні роботи можуть з успіхом використовуватись в промислових системах складального виробництва та автоматичного зварювання, в складі технічних засобів упередження і ліквідації наслідків природних та техногенних катастроф, в системах військового призначення, наприклад, в інтелектуальних озброєннях тощо. Досвід використання робототехнічних систем в різних галузях вказує на необхідність подальшого вдосконалення та розвитку інтелектуальних можливостей роботів, оскільки такі можливості суттєво підвищують ефективність їх функціонування.

Підвищення інтелектуальних можливостей роботів досягають розширенням номенклатури та можливостей засобів сприйняття роботом інформації із зовнішнього середовища та прийняття рішень на основі такої інформації. Для цього залежно від призначення роботи обладнуються різноманітними сенсорними системами. Найбільш інформаційно місткими сенсорними системами інтелектуальних роботів є системи технічного зору (СТЗ), які оперують візуальною інформацією, що надходить від одного чи декількох відеосенсорів. Як відеосенсори можуть використовуватись відеокамери, що працюють в телевізійному режимі або в режимі спеціальної розгортки.

СТЗ призначені для реалізації певних груп функціональних операцій:

- формування первинного зображення сцени в полі зору відеокамери;
- аналогова обробка відеосигналу (фільтрація, лінійне і нелінійне підсилення та перетворення для забезпечення необхідних амплітудно-частотних характеристик);
- дискретизація та квантування відеосигналу;
- обробка дискретизованих зображень на основі цифрових методів обробки сигналів (видалення шумів, підвищення контрастності, корекція геометричних та оптичних спотворень тощо);
- виявлення об’єктів в полі зору відеокамери;
- ідентифікація об’єктів;
- визначення необхідних для розв’язання задачі параметрів об’єктів (координат об’єктів в просторі, орієнтації об’єктів в робочій області тощо);

- інтерпретація сцени поля зору відеокамери;
- прийняття рішень про виконання роботом подальших операцій;
- передача в систему керування роботом необхідних параметрів (координат, параметрів орієнтації об'єктів тощо);
- отримання від системи керування робота зворотних сигналів про зміну параметрів та реалізація необхідного закону регулювання.

На рис. 1 показано приклад структури телевізійної системи технічного зору, яка призначена для автоматичного візуального слідкування за об'єктами в полі зору. Така система може використовуватись на складальному конвеєрі або в комплексах спеціального призначення.

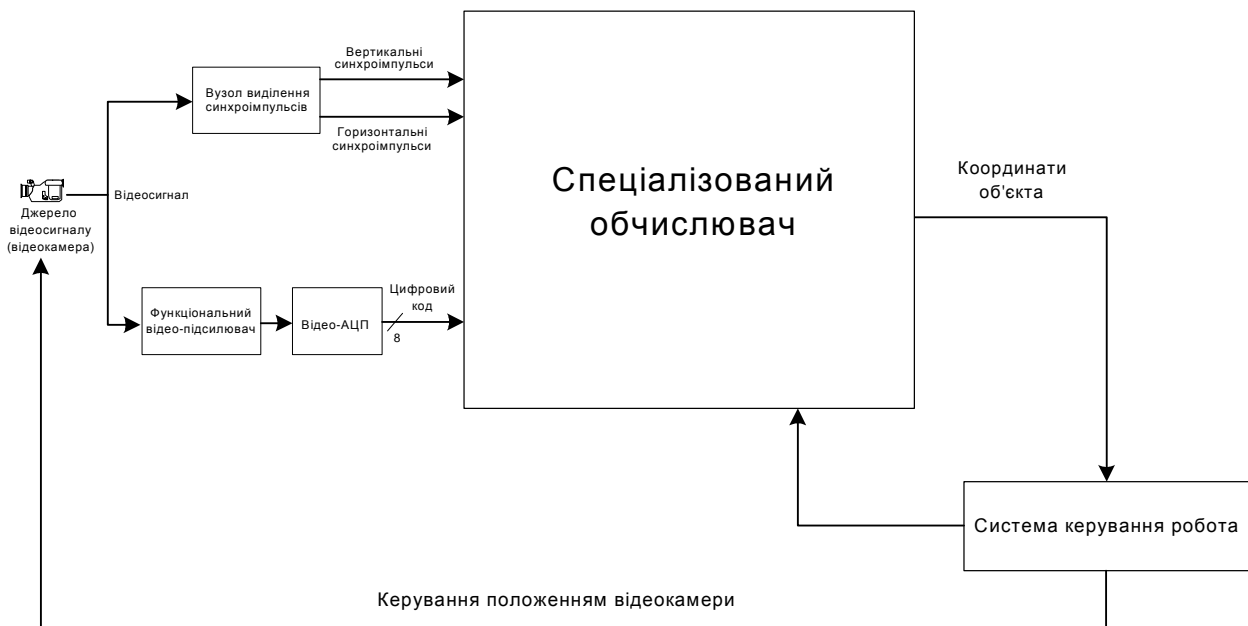


Рис. 1 Структура телевізійної системи технічного зору інтелектуального робота

Відеосигнал з відеокамери надходить на вузол аналого-цифрового перетворення (відеоАЦП) і вузол виділення синхроімпульсів. У вузлі “відео-АЦП” здійснюється корекція амплітудно-частотної характеристики та формування цифрового зображення сцени. З вхідного відеосигналу вузол виділення синхроімпульсів виділяє кадрові та рядкові синхроімпульси, які використовуються для синхронізації спеціалізованого обчислювача. З цифрового зображення поля зору відеокамери програмно-апаратними засобами виділяється зображення об'єкта, яке представляється матрицею  $16 \times 16$  або  $32 \times 32$  піксели. Положення об'єкта в полі зору характеризується зсувом і поворотом системи координат, зв'язаної з об'єктом відносно системи координат камери. У результаті первинної обробки у пам'ять записується цифрове зображення, що відповідає силуету об'єкта в певному масштабі. У спеціалізованому обчислювачі за відповідними алгоритмами здійснюється покращення якості зображення об'єкта, перетворення його в бінарне, обчислення координат об'єкта в полі зору відеокамери, перерахунок координат об'єкта на сцені та видача результатів в систему керування робота і на відеокамеру для корекції її положення.

Функціональні операції СТЗ від формування первинного зображення до обробки дискретизованих зображень виконуються з використанням добре розроблених методів обробки зображень, запозичених з теорії лінійних систем. Вони дозволяють послабити шум, позбутися розмитості, підкреслити краї тощо. Для їх ефективної реалізації існують високоефективні технічні засоби: твердотільні відеокамери, швидкодіючі відеопідсилювачі та спеціалізовані відеоАЦП, високопродуктивні засоби обробки дискретної інформації на основі програмованих логічних матриць або універсальних процесорів обробки сигналів, спеціалізовані мультимедійні процесори, що забезпечують ефективну реалізацію певних операцій з обробки зображень.

Серед груп функціональних операцій, що реалізуються СТЗ, визначальною для можливості подальшої реалізації поставленої перед СТЗ задачі є операція виявлення об'єктів в полі зору відеокамери. Виявлення об'єктів на зображенні сцени технічними системами в автоматичному режимі є складною задачею, яка в загальному вигляді не вирішена. Ця задача наштовхується на основну проблему гештальт-психології [1], а саме, проблему співвідношення об'єкта і фону (решти зображення сцени). Основна проблема виникає навколо відомого феномену: ціле не зводиться до суми його частин, а інтерпретація кожної частини залежить від цілого. Однак не можна сказати, що сьогодні зовсім не вирішуються задачі виявлення об'єкта на зображенні. Ця задача розв'язується під конкретні групи об'єктів з певними характеристиками. Зараз найбільш широко використовуються підходи, за якими виявлення об'єкта замінюється пошуком границь (перепадів яскравості або зміни кольорів) на зображенні, аналізом виділених границь та вибором згідно з заданими критеріями певних границь, які за визначенням вважаються границями об'єкта. У результаті приймається рішення про наявність об'єкта в певній зоні сцени зображення. Пошук границь зводиться до пошуку окремих точок, які можна віднести до границь або країв.

Краї – це такі криві на зображенні, вздовж яких відбувається різка зміна яскравості або кольору. Важливою є зміна яскравості там, де орієнтація поверхні змінюється різко, або один об'єкт закриває другий, або накладається границя тіні. Потрібно локалізувати місця розривів яскравості. Зашумленість змін яскравості обмежує можливість виділення інформації про краї. Короткі краї повинні мати більшу контрастність ніж довші, щоб їх можна було розпізнати. Виділення краю можна розглядати як доповнення до сегментації зображення, бо краї можна використовувати для розбиття зображень на області, що відповідають різним поверхням. Край – границя між двома областями, кожна з яких має приблизно рівномірну яскравість. Інколи краї виникають як результат присутності силуетних ліній об'єктів. Виникають краї і при відсутності неперервності в орієнтації поверхні і розривів в її відображальних властивостях.

Найпростішою моделлю краю на зображенні є пряма, що розділяє дві контрастні області. Точки, що приймаються як граничні, визначаються різними способами, наприклад, градієнтом або лапласіаном [2]:

$$S(x,y) = K/(m*n-1) * \left\{ \left[ \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n \lambda [f(x,y)] \right] - \lambda [f_0(x,y)] \right\}, \quad (1)$$

де  $S(x,y)$  – середнє значення яскравості по околу;

$f(x,y)$  – значення яскравості точки з координатами  $(x,y)$ ;

$m,n$  – розмір околу точки;

$\lambda [f(x,y)]$  – перетворене значення яскравостей по околу;

$\lambda [f_0(x,y)]$  – перетворена яскравість центральної точки;

$K$  – ваговий коефіцієнт обчисленого середнього значення.

З цих точок формуються лінії границі або краю, що визначають об'єкт як такий. Отже, процедура виділення границь базується на суто локальній основі і має типово ієрархічний характер.

Апаратна реалізація алгоритмів виявлення об'єктів на сцені та побудови опису сцени зображення для вирішення конкретної задачі технічного зору, наприклад, слідкування за об'єктом в полі зору відеосенсора, вимагає застосування високопродуктивних засобів обробки великих об'ємів інформації.

Варіант структури спеціалізованого обчислювача, який вирішує задачу виявлення об'єкта та обчислення його координат в полі зору відеосенсора, показано на рис. 2. Цифрове зображення об'єкта надходить у швидкодіючу двопортову буферну пам'ять, яка забезпечує введення зображення та читання його ядром у процесі обробки. Синхронізація з відеосенсором здійснюється через вузол переривань. Обчислені координати виявленого об'єкта та інформація про положення механічних елементів (позиціонера відеосенсора та маніпулятора тощо), передаються та приймаються через відповідні буферні регістри. Зв'язок з системою керування вищого рівня, наприклад, для перевантаження програм реалізації алгоритмів, контролю за процесом розв'язання задачі, тестування та відлагодження спеціалізованого процесора здійснюється через спеціальний системний інтерфейсний вузол.

Для реалізації такого процесора найбільш привабливими є два варіанти:

- реалізація на основі програмованих логічних матриць;
- використання високопродуктивних універсальних програмованих процесорів обробки сигналів (сигнальних процесорів).

Використання програмованих логічних матриць оправдано масовою реалізацією відпрацьованих алгоритмів, які є незмінними в процесі функціонування системи. В іншому випадку доцільно використовувати сигнальні процесори.

До недавнього часу ефективне використання сигнальних процесорів наштовхувалось на проблему побудови швидкісних модулів програмної пам'яті, оскільки високопродуктивне ядро, наприклад, з машинним циклом виконання команди за один такт тривалістю 10 нс, вимагало відповідної пам'яті програм, бажано перепрограмованої типу Flash. Ця проблема вирішувалась використанням програмної пам'яті типу RAM, яка завантажувалась із зовнішньої Flash з меншою швидкодією. Однак такий варіант знижував надійність системи та підвищував її вартість.

З появою сигнальних процесорів нового покоління із вбудованою швидкодіючою програмною пам'яттю типу Flash реалізація спеціалізованих процесорів для розв'язання розглянутих задач систем технічного зору суттєво спрощується. До таких процесорів можна віднести, наприклад, сигнальні процесори фірми Моторола з 16-розрядним ядром 56800. Ядро 56800 складається з трьох виконавчих модулів, що працюють паралельно. Вони дозволяють виконувати шість операцій за один цикл інструкції. Серед модулів є однотоктний 16\*16-біт паралельний перемножувач-нагромаджувач, 16-бітний двонаправлений циклічний регістр зсуву, два 36-бітові акумулятори з бітами розширення. Набір інструкцій ядра 56800 ефективний для реалізації Сі компіляторів, що полегшує розробку оптимізованих програм. Ядро виконує 40 мільйонів інструкцій за секунду (MIPS) на робочій частоті 80MHz. Процесори з ядром 56800 підтримують виконання програм з зовнішньої чи внутрішньої (при наявності) пам'яті, забезпечують обробку запитів двома зовнішніми лініями переривань та мають до 32 багатофункціональних ліній вводу/виводу. На кристалах деяких процесорів розміщується швидкодіюча Flash пам'ять програм та Flash пам'ять даних, кожна з яких програмується через JTAG порт. Ядро 56800 здатне адресувати

одночасно 2 операнди даних з внутрішньої пам'яті даних за один цикл інструкції. Засоби підготовки та налагодження програмного забезпечення, наприклад, система CodeWarrior, дозволяє здійснювати комплексне налагодження на реальній апаратурі в реальному часі через JTAG порт.

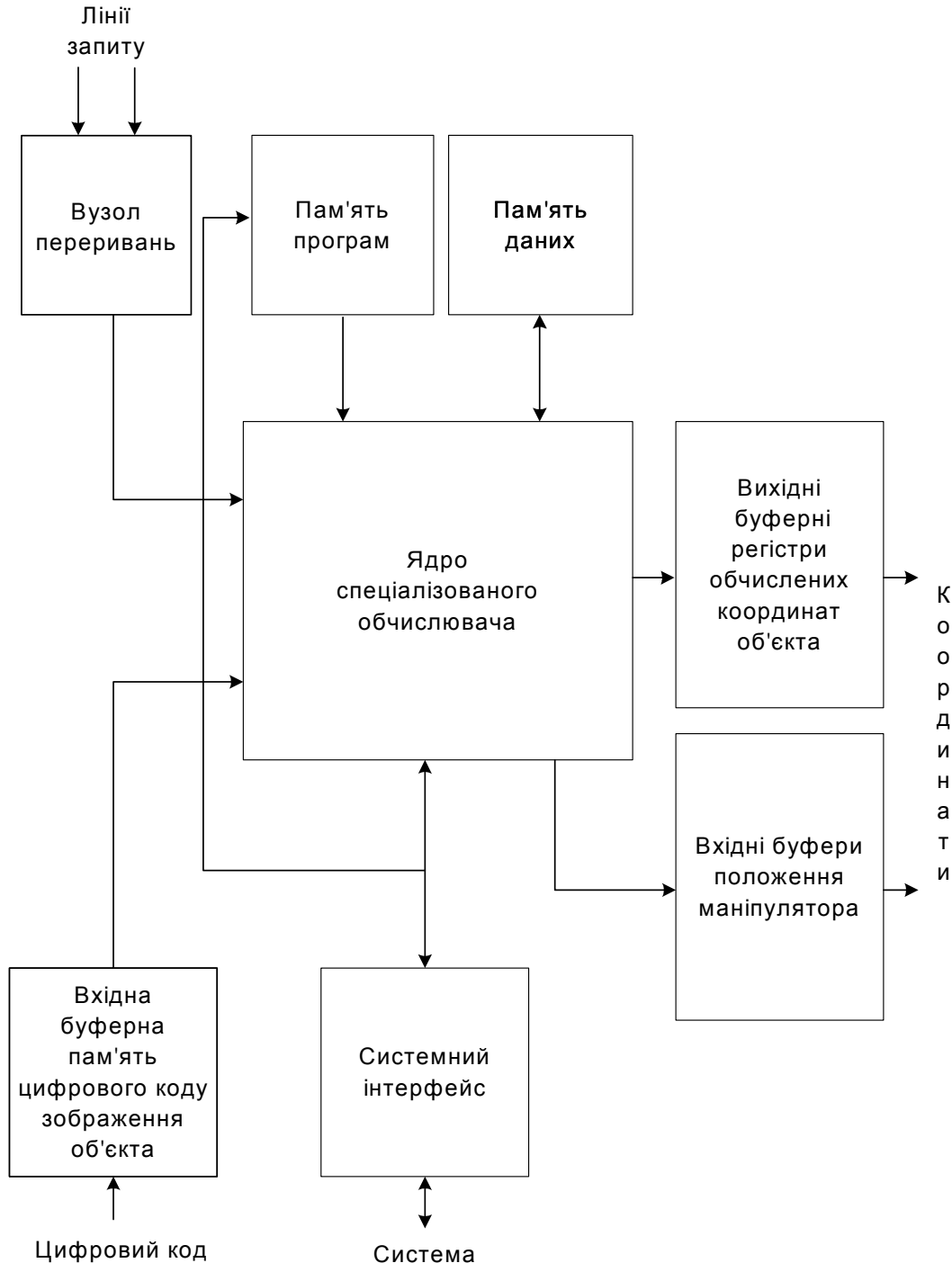


Рис. 2. Структура спеціалізованого обчислювача виявлення об'єкта телевізійної системи технічного зору інтелектуального робота

1. Wertheimer M. *Untersuchungen zur Lehre von der Gestalt, Psychol. Forsch.*, 1923, 4.-301–350 с. 2. В.Я. Пуйда. Засоби формування бінарних зображень у реальному масштабі часу. // Вісник Держ. ун-ту "Львівська політехніка". – 1997. – № 322. – С.123–126.