

具影像辨識功能的室內保全機器人之研製

吳建中

莊杉良

林毓棠

南台科技大學 資訊工程系(所)

wucc@mail.stut.edu.tw , m96g0231@webmail.stut.edu.tw , owts99@hotmail.com

摘要

隨著科技發展與系統晶片的迅速開發，透過嵌入式系統的整合，目前已經可以開發出功能複雜且低功耗的系統，因此本論文透過整合嵌入式系統、人機介面、馬達控制、影像辨識等技術，並搭配 LEGO NXT 積木組的彈性組裝功能，設計開發出可以透過瀏覽網頁的方式與機器人互動並可直接監控機器人的動作，包括即時影像、機器人移動方向、可選擇射擊、巡邏路徑設定等物件。

本系統以 DMA-PXA270 嵌入式開發平台為核心，並以 Embedded Linux 2.6.9 為作業系統，搭配 USB 無線網卡、USB WebCAM、及 BASIC STAMP 2 為主的馬達控制系統，並且在嵌入式系統上架設網頁伺服器，並結合驅動程式開發，可以即時讀取機器人的狀況及即時影像，實現可透過動態網頁方式遠端監控機器人並可透過機器人的巡邏，即時監控室內的各個角落。

另外，本論文目前成功的讓機器人可以在室內依據網頁設定的巡邏路徑自行巡邏，同時可以透過影像辨識搜尋資料庫中已建立的圖像，機器人能自動搜尋設定的目標物後，並透過雷射筆上的雷射光點達到瞄準功能，並擊發射擊目標。

關鍵詞：嵌入式系統、影像辨識、遠端控制、人機介面、保全機器人

Abstract

With the development of the new technology, the system was designed with the technique of SOC (System on a chip) with compact in size and lower the power consumption. This paper is to design an embedded robot which is integrated with a motor driving system, human interface, wireless communication system, image capture system, shooting system, LEGO NXT and image recognition for the multi-functional application of the security robot. The robot's moving direction, the shooting direction, image capture device, patrol path planning setting and percussion mechanism can be controlled by the remote computer through World Wide Web browser.

The hardware of the designed system is based on the DMA-PXA270 development board. Besides, the system is based on the Embedded Linux 2.6.9, and the motor control and sensing signal control system were

designed by Parallax Basic Stamp 2.

In addition, the preliminary result shows that the security robot can patrol indoors autonomously, including searching the suspicious image and shooting them.

Keywords: embedded system, image recognition, remote control, human interface, security robot

1. 前言

由於嵌入式系統往往是為某個特定的應用開發設計的系統，同時此系統上資訊軟體的研發具有量身定做的特性，而且其設計重心已從電腦為中心的設計轉向以消費者為中心的設計[3]。在這種趨勢下，多產業標準並存的網路架構以及互動性、相容性高的系統軟體便儼然成為研發廠商開發的首要目標，如此一來不但可以節省人力資源成本，配合了嵌入式系統的多功能化，也滿足了消費者嘗新求變的心態[11-15]。

除此之外，隨著消費者對產品功能需求的增加，過去以 8 位元單晶片為主的消費市場已經慢慢被 32 位元的嵌入式系統晶片取代，加上系統的複雜性愈來愈高，由作業系統來管理系統的動作將會更穩定並且具有較高的擴充性，相較於沒有執行作業系統 (Non-Operating system) 的系統，由於不包括作業系統的程式，雖然在程式上的開發與整合均較為簡單且相對需要較小的資源，但是相對其擴充能力與運算能力就會被限制。

過去，國內外有相關的類似應用開發包括透電腦過視覺來遠端遙控的人機介面[5,6]，及透過遠端自動化控制的設計[10]，然這些設計都不利於跨平台的操作。除此之外，透過無線網路的傳送[4]，及將互動式控制應用於機器人上的開發都被實現[7]。

本論文將開發出具備跨平台及非常友善的人機介面。而使用者可直接透過網頁瀏覽器進行射擊物件選擇、即時影像觀看、巡邏路徑設定、遠端控制等，進行室內保全巡邏及簡易標地物搜尋及自動射擊功能的機器人。接下來將針對相關的系統設計與說明。

2. 研究方法及系統設計

本系統主要包括兩大部分：a)室內保全機器人，b)影像處理系統暨伺服器端。

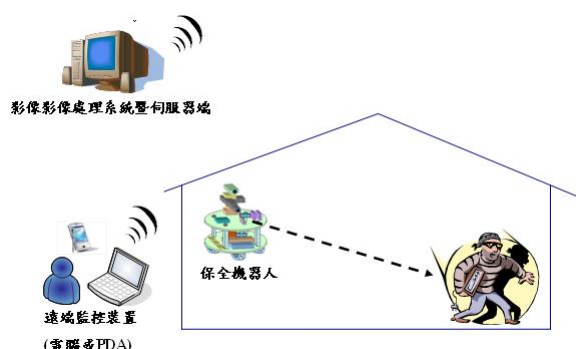


圖1. 系統示意圖

本論文透過嵌入式系統的整合，架構一個具影像辨識功能的室內保全機器人，此系統包括可移動的機構、視訊擷取，射控系統與影像辨識系統[1,8]。值得一提的是當槍枝擊發後，系統自動透過無線網路將射擊後的影像回傳至影像處理系統暨伺服器端進行辨識，並將結果再傳回室內保全機器人，其系統示意圖如圖 1 所示。

2.1. 室內保全機器人

本系統硬體部分以 DMA PXA-270 嵌入式開發平台為基礎，負責系統大部分的控制與運算，並採用 Parallax 公司的 Basic Stamp 2 Editor 為馬達控制及感測器接收的子系統，主要負責本系統的馬達控制系統以及由 LEGO NXT 積木組開發的射擊與瞄準系統。馬達控制系統主要控制車體的移動方向控制之外，還可以控制雷射筆的開關與槍機的射擊，以上主要透過非同步串列傳輸 (Universal Asynchronous Receiver Transmitter, UART) 介面來達成與系統間的通訊，同時接收馬達編碼器 (encoder) 的資訊，接下來針對硬體及軟體設計部分說明。其機器人系統方塊圖如圖 2 所示。

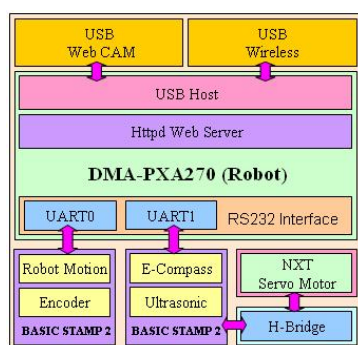


圖2. 機器人系統方塊

2.1.1. 機器人硬體部分

機器人硬體部分主要分成：(a)核心系統、(b)致動系統、(c)射控系統等三個子系統。

(a). 核心系統：

核心系統是採用的 DMA PXA-270 並架設

Embedded Linux 2.6.9 作業系統為主體的嵌入式開發平台，主要負責整個系統控制訊號跟對外溝通的窗口，利用架設網頁伺服器作為對外溝通的軟體介面，透過無線網卡建立對外硬體通訊的橋樑，整個系統藉由架設網頁以及通用閘道介面 (Common Gateway Interface, CGI) 傳送控制訊號至致動系統，並透過 UART 介面控制伺服馬達與直流馬達運轉，最後透過 Web CAM 獲取即時的視訊串流資料。

(b). 致動系統：

本論文的馬達驅動系統採用 Parallax 公司的 Basic Stamp 2 為基礎，並搭配 VN3SP30 Pololu 30A 高功率 DC 馬達驅動器，透過 INA、INB 可用來控制馬達方向，PWM 訊號控制馬達的轉動，其致動系統方塊圖與照片如圖 3 所示。

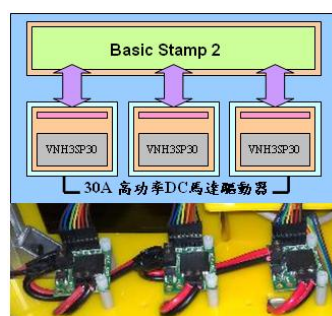


圖3. 致動系統方塊圖與照片

(c). 射控系統：

本系統利用 LEGO 積木多變及彈性的功能，設計一個可以自由在二軸轉的射控系統，並透過機體的移動達到 3 軸的控制。其主要的設計是採用轉動輪盤和 3 個伺服馬達帶動整個空氣槍轉動與射擊。其原理是透過轉動輪盤和伺服馬達的控制，達到空氣槍的左右轉動與仰角、俯角擺動。而扣板機的動作則是運用一組伺服馬達所組裝完成，靠著伺服馬達順時針轉動然而帶動積木組合的機構達到扣板機的功能，再利用積木的可塑性穩固其空氣槍的槍身，最後透過空氣槍上架設雷射筆運用雷射光點達到瞄準的功能，其射控系統照片與架構圖如圖 4 所示。

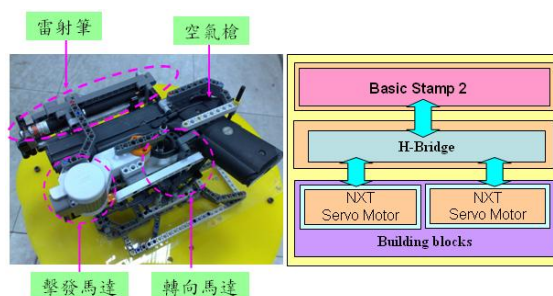


圖4. 射控系統照片與架構圖

2.1.2. 機器人軟體部分

機器人統軟體部分主要分成：(a)影像擷取系統、(b)人機互動介面等二個子系統。

(a).影像擷取系統：

本系統主要設計在Embedded Linux 2.6.9中驅動USB 影像擷取裝置並透過架設Httpd Web Server 網頁伺服器。用戶端可以透過網頁方式控制，使機器人影像辨別自動射擊系統自動移動視訊系統的位置，方便系統作不同角度的影像擷取。使用者可透過網頁瀏覽器直接控制視訊鏡頭的方向，包括上、下、左、右等不同的方向控制。

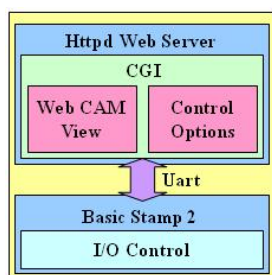


圖5. 網頁控制系統方塊圖

圖5為網頁控制系統方塊圖，在網頁子系統中包含Web CAM View、控制選項，二種主要功能，每項功能有單獨向設計機器人影像辨別自動射擊系統請求動作的服務，經由網路通訊介面將指令與要求送達機器人影像辨別自動射擊系統的Boa Web系統，執行該功能的CGI程式並回傳結果與影像顯示於網頁上。

(b).人機互動介面：

人機互動式網頁操作介面，透過網頁瀏覽器可以直接看到本系統的人機介面網頁。網頁中主要分為影像視窗、控制視窗。影像視窗主要透過Web CAM即時觀看到機器人前方影像，搭配控制視窗與伺服馬達上架設Web CAM，用戶端即可觀看多角度視窗畫面。而控制視窗中還包含控制機器人前進、後退、左右移動功能與空氣槍擊發、上移、下移、左移、右移等。如圖6.人機互動介面照片。



圖6. 人機互動介面照片

使用者可透過功能選單，選擇切換視窗，用戶端透過互動式網頁選擇射擊的目標形狀後(資料庫有人、兔子、猴子等影像)，當機器人接收訊號後，開始自動搜尋偵測並辨別目標且射擊，而平時可規劃巡邏的路徑。如圖7.射擊物件選擇與路徑規劃照片。

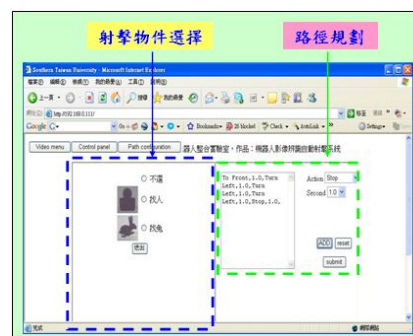


圖7. 射擊物件選擇與路徑規劃照片

2.2.影像處理系統暨伺服器端

由於影像辨識部分需要即時辨別標靶目前狀態與回傳資料，所以影像運算處理上需較強大的CPU與記憶體來執行，因此本論文採用後端架設美國國家儀器公司的LabVIEW 8.5、Vision Builder 3.5圖形化開發平台來完成。

影像處理端主要是透過美國國家儀器公司的LabVIEW 8.5及Vision Builder 3.5圖形化開發平台。

其影像辨識流程是透過美商國家儀器公司的Vision Builder 3.5將整合影像處理順序完成後(如圖8辨識架構圖所示)，流程為，先透過Web CAM抓取原始圖片回傳主機，接著經過Vision Assistant的色系轉換工具，將圖片從原本的彩色圖轉為HSV灰階圖，利用Match pattern工具擷取指定的圖形特徵，及設定抓取圖形的感興趣區ROI(regions of interest)去進行圖形相似度比對辨識，比對值如果高於門檻值，即可確認正確圖形，如下圖8、9，得出正確圖形後再經過累計，之後將其結果換為ASCII的字元指令輸出，最後利用Vision Builder 3.5將程式轉換為VI檔案封成包裝即可在LabVIEW 8.5下使用。

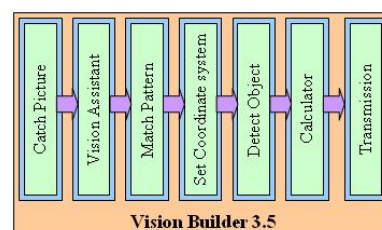


圖8. Vision Builder 3.5 影像辨識開發流程

除此之外，在LabVIEW 8.5下運用圖形介面建立客戶端(Client)，將其傳入ASCII字元指令送至DMA PXA-270的伺服器端(server)，將建立好

的 Client-Server 兩端建立成封包後利用簡單程式將成連結及成為輸出結果，其影像處理系統暨伺服器端影像辨識流程分為兩個階段，圖 9(a).第一階段，辨識是否找到標地物，如果有即開始進行瞄準；假使沒找到標的物，則繼續依據設定路徑進行搜尋。

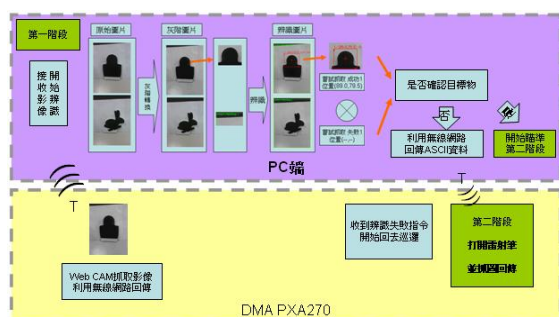


圖 9(a).第一階段

如圖 9(b). 第二階段,找尋標的物成功後,隨即用雷射點判斷是否可擊發,槍擊目標得在可命中的範圍之內會顯示有擊中,並回傳可擊發指令,否則重新瞄準。

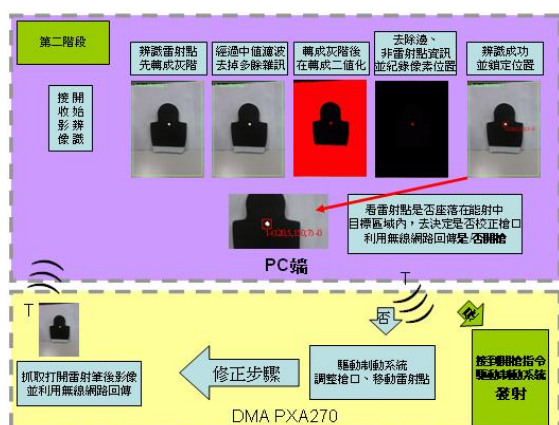


圖 9(b). 第二階段

3. 機器人硬體設計

接下來將針對本系統重要的功能採用軟硬體設計作說明。

3.1.機身與機構

室內保全機器人頂層主要以視訊模組、射控系統、蓄電池、超音波感測模組與伺服馬達組合成的感測與轉動機構。中層主要放置前述的核心系統與致動系統等部分，而在底層為馬達驅動架構，為了能夠支援室內行動機器人能快速且自由的穿梭在家居環境中，本論文以全向輪為基礎的驅動設計，分別控制三個輪子的速度並透過合力演算法，達到機器人在室內沒有死角的移動方向。其室內保全機器人架構設計圖如圖 10 所示。

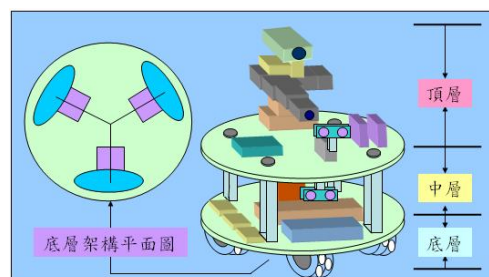


圖 10.室內保全機器人架構設計圖

3.2.測距與避障

本論文測距與避障系統中，測量障礙物與其距離主要採用兩組超音波，分別由機器人前方固定式超音波量測前方狀況，上方超音波則在平時採用掃描式工作，遇到要閃避障礙物時，則主要追蹤障礙物位置[2]。

4. 軟體開發環境

本單元將針對此軟體開發環境作說明。透過 Embedded Linux 2.6.9 移植 Web CAM 晶片驅動程式，採用 Video4Linux 的視訊影像採集方式，系統中利用靜態掛載視訊的驅動方式，以增加系統的便利性。影像擷取包含 Frame buffer 的架構，是利用 map 向 kernel 映射出「顯示記憶體」區塊，當任何程式將影像資料以 RGB(RGB16) 的格式填入此一區塊時，就能顯示於螢幕上。而 Video4 Linux，則提供非常方便的介面，讓程式可以輕易的控制影像擷取裝置。透過兩者的結合，既可以把影像擷取裝置所擷取的影像顯示於影像視訊串流伺服器畫面上。影像串流伺服器是在 DMA PXA270 中執行 Spsa Server 影像擷取伺服器發送影像串流，同時 JAVA 視訊網頁以 FTP 方式即時獲取影像擷取伺服器發送影像串流結合而成。

5. 實驗結果與討論

本論文以 DMA PXA-270 嵌入式開發平台結合 Embedded Linux 2.6.9 作為作業系統與 Basic Stamp 2 開發的致動系統，並與美國國家儀器公司的 LabVIEW 8.5、Vision Builder 3.5 作為影像處理端，最後結合空氣槍與 LEGO NXT 積木組的彈性組合功能，設計開發出具影像辨識功能的室內保全機器人。用戶端可以在任何支援網頁瀏覽器的平台透過人性的圖形介面作進行系統的操作。

使用者可以透過人機介面控制機器人影像辨識自動射擊系統的移動方向與槍枝轉動方向且搭配空氣槍上架設雷色筆利用雷色光點進行瞄準，並利用控制影像裝置的角度來觀察瞄準狀況，最後在執行射擊動作後，藉由無線網路將射擊後影像回傳至遠端主機，由遠端主機架設 NI LabVIEW 8.5 影像

模組判斷是否射擊成功，用戶端可以直接從網頁瀏覽器觀看射擊後的結果。本系統參加「2008年數位訊號處理創思競賽榮獲創意組第二名」，目前影像辨識部分僅能辨識資料庫中以建立的圖像為主，透過網頁點選欲射擊的標地物，及搜尋的路徑，機器人能自動搜尋目標物後，並透過雷射筆上的雷射光點達到瞄準功能，並擊發射擊目標。未來將以真人人臉辨識為目標。如圖 11 為具影像辨識功能的室內保全機器人的實機照片。

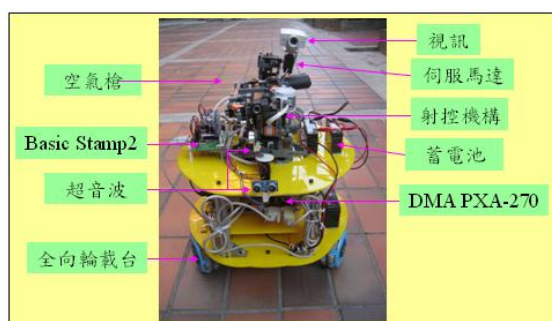


圖 11. 機器人影像辨別自動射擊系統的照片

致謝

本論文之完成非常感謝國科會 NSC 97-2221-E-218 -037計畫經費的支持。

參考文獻

- [1] 李吉群，幾何輪廓之影像辨識及形狀誤差分析之研究，國立台灣大學機械工程學系研究所博士論文，1997，台北。
- [2] 吳建中、林明廷、王志浩、莊杉良、陳俊傑，嵌入式校園導覽機器人暨校園地理資訊管理系統之研製，2008 年系統雛型與電路設計創新應用研討會，台中。
- [3] 胡繼陽、李維仁、柯力群、張志龍，嵌入式系統導論，學貫出版社，2004。
- [4] 高授樹，802.11 無線網路漫遊系統整合與分析，大葉大學電信工程學系研究所碩士論文，2005，彰化。
- [5] 郭宇文，電腦視覺應用於遠端遙控人機介面之設計研究，大同大學機械工程學系研究所碩士論文，2006，台北。
- [6] 許孝友，具視覺與遠端監控之自主式機器人，大同大學機械工程學系研究所碩士論文，2006，台北。
- [7] 張文龍，自主移動機器人之人機互動控制的設計與實現，中原大學機械工程研究所碩士論文，2006，桃園。
- [8] 楊証賀，影像辨識於圖形識別之探討與次像素演算法之研究與應用，國立中山大學電機工程學系研究所碩士論文，2001，高雄。
- [9] 蔡靖濤，嵌入式網路行動影像監看系統研製，國立中興大學電機工程學系所碩士論文，2005，台中。
- [10] 蘇子榮，自動化遠端控制系統之研究，國立中山大學電機工程學系研究所碩士論文，2000，高雄。
- [11] J.H. Kim, "Ubiquitous Robot:Recent Progress and Development," SICE-ICASE International joint Conference, Busan, Korea, Oct 2006.
- [12] J.H. Kim, K.H. Lee, and Y.D. Kim, "Ubiquitous Robot: A New Paradigm for Integrated Services," IEEE International Conference on Robotics and Automation, Roma, Italy, Apr 2007.
- [13] J. Kiener and O.V. Stryk, "Cooperation of Heterogeneous, Autonomous Robots: A Case Study of Humanoid and Wheeled Robots," Proceedings of the 2007 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, CA, USA, Nov 2007.
- [14] M. Jang, J. Kim, M. Lee, and J.C. Sohn, "Ubiquitous robot simulation framework and its applications," IEEE/RSJ International Conference, Korea, Aug 2005.
- [15] T. Takahashi, "Robot Designer or Robot Creator," IEEE International Conference on Robot & Human Interactive Communication, Jeju, Korea, August 2007.