

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

計畫編號：NSC 88-2612-E-009-001

執行期限：87年08月01日至88年07月31日

主持人：陳永平 國立交通大學 電機與控制工程系

一、中文摘要

本研究主要是利用影像當做感測器，建構出一套平面影像追蹤系統。在影像處理部分採用移動邊際偵測法則，因為此法可以在複雜的背景中分辨出目標物。實驗的內容共有兩項：一是在不同的距離下任意選定一目標物，測試系統能否在一定時間內確實追蹤目標物；二是測試在一定距離下，待追蹤物體移動速度的上限值。整個實驗的目的是測試這套系統的可行性。

關鍵詞：感測器、影像追蹤系統、移動邊際偵測

Abstract

The main purpose of this research is to construct a planar image tracking system. The technology of Moving Edge Detection is used in the image processing because this method can recognize target in a complex background. There are two experiments: the first is to select targets at different distances and test if the system can trace the target under a period of time. The second is to test the fastest moving rate of the object under a constant distance. The purpose of the experiments is to test the feasibility of the system.

Keywords: Sensor, Image Tracking System, Moving Edge Detection

二、緣由與目的

傳統的物體追蹤系統最常被應用到的範圍是關於軍事方面。雷達、超音波、紅外線和雷射光等介質，都是常被拿來做為偵測目標物的媒介。儘管這些媒介在各自的追蹤系統中都可以達到很好的應用效

果，可是介質通常會因為本身特性的關係，而無法做其它的應用。因此，影像成為另一種在物體追蹤系統中獲取目標物資訊的選擇。在過去幾年中，利用影像序列來追蹤移動物體的方式已經是非常的常見。影像處理應用在追蹤系統方面，是為抓取移動物體並加以辨識。這其實跟平常影像處理在做分析物體運動的做法是一樣的。分析物體運動的影像處理技術已經被廣泛應用於多種系統中，例如武器系統、傳輸系統、保全系統和工廠自動化等等。此研究的主要目的則是在建構出一套平面影像追蹤系統

三、系統架構

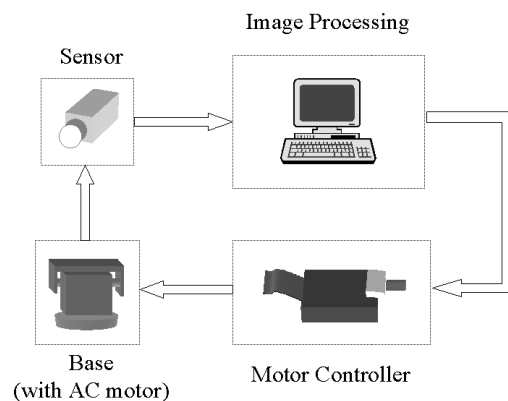


圖 2.1 系統架構圖

追蹤系統整體架構圖如圖 2.1。影像以感測器（在這裏我們使用 CCD 攝影機）擷取下來，把影像資料經過 PC 處理後，計算出物體在影像上的位置，再利用預測器估測物體行進方向，在下一個取樣時間前，送出馬達控制訊號，轉動馬達使 CCD 攝影機轉到適當位置。CCD 攝影機裝置在內含兩個交流馬達的旋轉基台上，其中旋轉基台的設計，是使旋轉基台可以做上下、左右二維的旋轉，使得 CCD 攝影機的視角得以改變。

A. 影像擷取系統

影像擷取系統包含了感測器（即 CCD 攝影機）和影像擷取卡。主要功能是把 CCD 攝影機感測到的影像資料（為類比的），利用影像擷取卡上類比數位轉換器（A/D），把類比影像資料轉成數位影像資料，再存到卡上的記憶體內，之後我們可以由微處理器讀取擷取卡上記憶體的影像資料，以方便我們對影像資料做處理和運算。

B. 影像處理系統

我們將影像處理軟體部分的演算法的流程圖表示在圖 2.2。在這一節中我們會對每一個方塊做詳細的解釋。

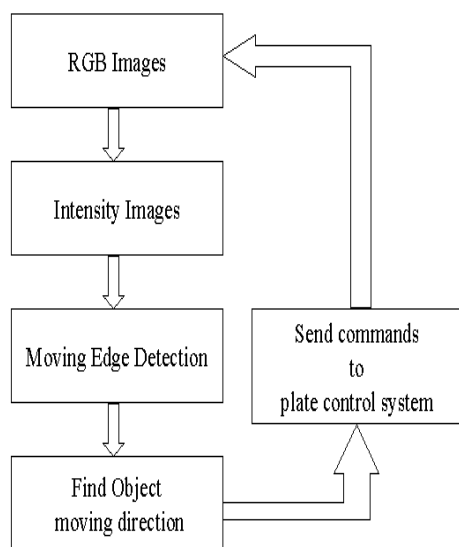


圖 2.2 影像處理流程圖

1) 強度值影像 (intensity image)

擷取卡在儲存影像資料時是以 RGB 檔做為儲存格式，我們在做影像處理時，在將影像資料抓到 CPU 內時，第一步是把彩色影像 RGB 檔轉換成 HSI 檔，只取影像的強度分量來做運算。由 RGB 轉換到 I 的公式為：

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

(2.1)

2) 移動邊際偵測

(Moving Edge Detection)

演算法的目的是找出一連串的影像中，移動物體的邊界。因此，我們可以在

影像中設定一搜尋區塊，在初始化時，確定目標物是在區塊內，當物體開始行動後，程式只要搜尋區塊內在移動的物體，即可知道目標物所在位置。演算法的流程圖列在。下面將分為幾個步驟詳述之。

Step 1: 像素相減 (Difference)

對兩張影像做像素對像素之間的相減。這一步驟除去兩張影像中相同的區域，即可以把背景做適當的消除。

Step 2: 梯度處理 (Gradient)

將 Step 1 處理後的影像，令其為 $D(I_t, I_{t-1})$ 及 $D(I_{t-1}, I_{t-2})$ ，之後分別對這兩張圖取邊界值。取邊界值的方法是利用第二章影像處理部分的邊緣檢測，我們是採用 3×3 的遮罩來實現邊緣檢測的工作。在圖 2.3 中所列出的矩陣，稱之為 **Sobel** 運算子。

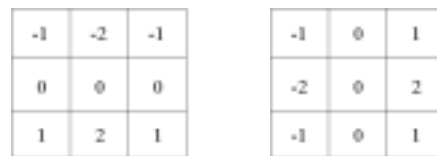


圖 2.3 Sobel operator

Step 3: 像素相乘 (Multiplication)

在前面二個步驟，已經把靜態的背景給除去，只留下動態物體的邊界值。其中 $G[D(I_t, I_{t-1})]$ 所勾勒出來的影像，是 I_t 和 I_{t-1} 兩影像中移動物體部分重疊後的邊界值，我們可以把它視為物體影像聯集的結果，而 $G[D(I_{t-1}, I_{t-2})]$ 則是 I_{t-1} 和 I_{t-2} 中移動物體的聯集。所以在這二張梯度圖中都包含有 I_{t-1} 中移動物體的資訊。為了把物體從這二張圖中分離出來，我們採用一個相乘的動作。這一個步驟是把前一步驟所產生的二張梯度圖做像素點和像素點間的相乘。這個動作和電路學的邏輯及閘 (**logical AND**) 類似。

經過了上述三個步驟，我們可以得到移動邊際偵測：

$$M[I_{t-1}] = G[D(I_t, I_{t-1})] \times G[D(I_{t-1}, I_{t-2})] \quad (2.2)$$

3) 判斷物體行進方向

偵測出移動物體邊界後，接下來的工作是要判斷出物體的位置，這樣，程式才能知道要如何控制馬達的走向。在這裏，我們採用座標平均值來定出物體位置，其方法步驟如下。

Step 1：定義方向區塊

我們把搜尋區域重新定義，將整個區域分割為九個小區塊，如圖 2.4 所示。

UP_LEFT	UP	UP_RIGHT
LEFT	STOP	RIGHT
DOWN_LEFT	DOWN	DOWN_RIGHT

圖 2.4 分割區域

Step 2：求物體重心座標

取出 B 矩陣，分別求出 x 和 y 的平均值，再重新令為 X 和 Y ，則 (X, Y) 座標可以近似為物體的重心座標。

$$X = \frac{\sum_{i=0}^{m-1} B[x][i]}{\sum_{i=0}^{m-1} i} \quad (2.3)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} B[y][i]}{\sum_{i=0}^{n-1} i} \quad (2.4)$$

其中 $B[x][m]$ 和 $B[y][n]$ 為黑點的 x 和 y 座標， $m=n$ 為黑點的總數

Step 3：轉換座標

配合新定的方向區塊，必須把座標原點從搜尋區域的左上角移到方向區塊的中間，即是以方向區塊的中心點當作新原點，再來把重心座標和新原點相連，形成一個向量，我們就以這個向量來判斷基台的動向。

Step 4：送出控制訊號

由 Step 3 知道物體的重心位置後，追蹤程式經由 RS232 送出馬達控制訊號到 8051 晶片上，控制基台轉向。

C. 旋轉基座

追蹤系統是架構在三維空間上，待測物體在三度空間內任意移動，因此，除了 CCD 攝影機的鏡頭可以做一維空間的控制，即“遠近”(zoom in & zoom out)的維度，旋轉基座還必需提供“上下”及“左右”四個方向的控制，如圖 2.5。



圖 2.5 旋轉基座

三、實驗結果分析

由實驗結果可以得知，當物體距離越遠，其重心偏離率就越小，這結果是很明顯的，因為當物體在不同的距離以相同的速度在行進時，距離遠的物體所前進的路線必然比距離近的物體要少，也就是說物體的重心移動很慢，因此旋轉基座能夠適時地轉動馬達，使物體重心保持在中心點附近。再由判別錯誤率關係圖可以得知，縱使在 5 公尺實驗時我們做了一些安排，然而還是無法解決其判別錯誤率過高的現象。可能原因有下：當物體在五十公尺遠時，物體移動速度的上限值為 4.3m/s，由此來推算五公尺的距離時，上限值只剩 0.43m/s，所以說，在追蹤的過程中，只要物體移動超過上限值，物體雖然仍在影像 (Image area) 中，可是很有可能離開搜尋區域，所以常常只能在搜尋區域看到“部分”物體邊界影像，就如同前面所述，旋轉基座必須一直做旋轉的動作，如此一來，若是取樣時間和旋轉週期不能配合好，即在旋轉期間系統同時做取樣動作，此時背景也會被誤當作移動物體，而被偵

測出來，造成判斷上的錯誤。由圖中觀察，實際值和理論值存在著些許的誤差，誤差的產生的原因是因為理論值的求法是由旋轉基座旋轉速度的上限值（pan angle 5deg/s）推算出來的，其代表的是馬達給足一秒的電壓時基座所旋轉的速度，而實際值則是在影像經過處理判斷過後才送出訊號給基座控制器，因此在一秒內馬達斷斷續續被激發了數次，所以說在一定時間內實際的追蹤過程會比較慢些，這就造成了實驗值低於理論值的結果。

四、成果自評

在本研究中尚待改進的地方仍有很多。第一點，影像處理演算法的改進，主要有如何確定系統所抓到的影像是目標物，而不是會動的背景；另外，在判斷物體行進方向的部分，可以設計一預測器，如用模糊法則來估測下一個取樣時間物體走向的趨勢，如此一來可以更“即時”地鎖定目標物，而不是追著物體跑；第二點，旋轉基座的重新設計，本論文中的旋轉基座是現成的，無法做控制，未來可以把基座內的交流馬達換為直流馬達或是步進馬達，設計一個伺服機構，加上控制，如 PD 或 PID 控制等。

五、參考文獻

- [1] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley, 1993.
- [2] W. G. Chen and N. Nandhakumar, “A simple scheme for main boundary detection,” *Pattern Recognition*, Vol. 29, no. 10, pp. 1689-1701, 1996.
- [3] G. D. Hager, W. C. Chang, and A. S. Morse, “Robot feedback control based on stereo vision: Towards Calibration-Free Hand-Eye Coordination,” *Proc. of IEEE International Conference on Robotics and Automation*, vol. 4, pp. 2850-2856, 1994.
- [4] D. S. Jang, G. Y. Kim, and H. I. Choi, “Model-based tracking of moving object,” *Pattern Recognition*, vol. 30, no. 6, pp. 999-1008, 1997.
- [5] P. Nordlund and T. Uhlin, “Closing the loop: detection and pursuit of a moving object by a moving observer,” *Image and Vision Computing*, vol. 14, no. 4, pp. 265-275, 1996.
- [6] P. Payeur, L. Hoang, and C. M. Gosselin, “Trajectory prediction for Moving Objects Using Artificial Neural Networks,” *IEEE Trans. Ind. Electronic*, vol. 42, no. 2, pp. 147-158, 1995.
- [7] S. Rougeaux, N. Kita, Y. Kuniyoshi, S. Sakane, and F. Chavand, “Binocular tracking based on virtual horopters,” *Proc. of the IEEE/RSJ/GI International Conference On Intelligent Robots and Systems*, vol. 3, pp. 2052-2057, 1994.
- [8] K. Sabe and H. Hashimoto, “Realtime tracking using active eye sensing system,” *Proc. of the 1995 IEEE International Conference on Industrial Electronics, Control and Instrumentation*, vol. 1, pp. 156-160, 1995.
- [9] M. Tanaka, N. Maru, and F. Miyazaki, “3-D Tracking of a moving object by an active stereo vision system,” *International Conference on Industrial Electronics, Control and Instrumentation*, vol. 3, pp. 816-820, 1994.
- [10] L. Xu and D. C. Hogg, “Neural network in human motion tracking - An experimental study,” *Image and Vision Computing*, vol. 15, no. 8,

pp. 607-615, 1997.