

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 無人載具遙測系統之研製與應用 子計畫二：系統之介面設計與製作(3/3)

計畫類別： 個別型計畫          整合型計畫  
計畫編號：NSC 89 - 2612 - E - 009 - 001 -  
執行期間： 89年 08月 01日至 90年 07月 31日

計畫主持人：陳永平          教授  
共同主持人：廖德誠          教授

本成果報告包括以下應繳交之附件：  
赴國外出差或研習心得報告一份  
赴大陸地區出差或研習心得報告一份  
出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份  
國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立交通大學電機與控制工程學系

中 華 民 國      90年      10月      30日

# 無人載具遙測系統之研製與應用

## 子計畫二：系統之介面設計與製作(3/3)

### An unmanned vehicle remote sensing system : design and implementation of interfacing system(3/3)

計畫編號：NSC 89-2612-E-009-001

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：陳永平 教授 國立交通大學電機與控制工程學系

共同主持人：廖德誠 教授

國立交通大學電機與控制工程學系

計畫參與人員：古人豪 國立交通大學電機與控制工程學系

黃仁杰 國立交通大學電機與控制工程學系

李忠隆 國立交通大學電機與控制工程學系

廖向生 國立交通大學電機與控制工程學系

#### 一、中文摘要

本整合型計畫主要在研製一套低成本、靈活度高，且可應用到台灣地形的遙測系統。本子計畫則是執行此遙測系統所需之相關硬體介面的設計與製作，舉凡載具的 GPS 定位、GPS/GIS 之結合、系統介面的整合、位置誤差(感測器誤差、承載機構誤差)、資料通訊傳輸、承載機構設計與減振、自動航道控制與安全防護系統等等相關問題，都是本子計畫的工作重點與目標。

系統完成後，由於在航照圖片或資料上都會標示感測器的空間資料，因此可省去到現場比對的人力與時間，此外，由於自動航道控制的功能，將使感測器更具效率，最後，利用安全防護及監視系統，來避免遙控直昇機飛離可控範圍，可進一步減低系統的危險性。

關鍵詞：遙測；感測器；影像套合；相位還原；枝節法

#### Abstract

The project proposes to develop a remote sensing system of low cost, high flexibility, and especially, being useful for Taiwan's environment. This sub-project will focus on the design and implementation of the hardware and interface of this remote sensing system. The main tasks include carrier positioning by GPS, combining of GPS/GIS, integration of interfacing, investigation of positioning errors, data transmission, design of gimbals, vibration suppression, automatic flight path control, monitoring and safety guard system.

By using the above remote sensing system, all the geographic information will be shown on the picture or data. Hence, exact position can be directly

read from the picture, which of course saves man power and time. Besides, due to the use of the automatic flight path control, the remote sensing will become more accurate and efficient. Finally, danger caused by out-of-control carrier will be reduced under the supervise of the monitoring and safety guard system.

This article provides guidance for report writing under the Grant of National Science Council beginning from fiscal year 1998.

Keywords: remote sensing, sensor, interface, GPS/GIS, automatic flight path control Research

#### 二、緣由與目的

如何應用影像序列將移動物體與背景做分離的技術已經在許多的文獻中提到，許多的方法仍需要大量的計算與耗費許多的時間。在即時目標追蹤上，要將物體與背景分離再搜尋所要追蹤的目標在影像中的相對位置，並且控制攝影機追蹤目標。在這方面所常用的方法有運動估測與特徵點的比對，在運動估測方面使用 Kalman filter 來估測目標物下一點可能所在位置，整個系統強調在動態系統的數學模型的建立，如果系統的模型建立的不正確，預測的效果將大受影響；在物體特徵點比對所使用的方法有 correlation 或最小能量法，利用影像的特徵點比對找出物體在影像中的相對位置，但是運算量將受到系統處理速度的限制，在即時系統上的應用將會比較困難。

大地量測上所常使用的方式是三角定位，利用三角定位公式可以簡單有效定出大地的座標與相對關係，但是三角定位上仍有許多的限制。應用在我們系統上，目標物的追蹤與量測是動態的大地量測，使用的資料是動態的，跟一般靜態大地測量是不同的，也由於物體會移動，所以在量測上的應用必須

要非常注意，因為可能很小的系統誤差，導致量測結果很大的差異，是故在系統設計時需要考慮量測準確範圍。

### 三、目標物偵測方法

#### 1. 移動偵測

移動偵測一般所採用的技術是利用連續影像相減產生的像差空間，當作影像處理空間。當攝影機靜止時，移動物體的偵測利用前後兩張影像的像差，找出移動物體所在位置，利用像差所產生的大小與分佈可以找出目標物所在的區域位置，將區域內的物體當作追蹤的目標物。

利用連續影像相減可以分離移動物體與靜止的背景，但是必須是在攝影機未移動的條件下，另外一個條件為區域光源必須穩定，因為區域光源不穩定，將導致靜止物體灰階度的改變產生像差變化，引起系統對移動物體與靜止背景的誤判，所以我們引進空間濾波可以減少因為光源不穩定的影響，所導致的誤差。空間濾波器採用平均值濾波器，利用平均值取代原來像素，可以減少區域內光源變化所引起的誤差。

#### 2. 角度補償演算法

因為攝影機會隨著目標物移動，所以 Motion Detection 的方法在移動的攝影機上效果很差，要有較好的效果，就必須利用攝影機旋轉移動量修正影像像素移動量，這個關係可以由 Compensation Algorithm [3]找到相機移動前後兩張影像的映射關係，利用這個映射關係可以讓我們修正前後兩張影像，因為攝影機移動對影像位置改變的影響。

$$\begin{aligned} x_{t-1} &= f \frac{x_t + a \sin q_{y_t} + fa \cos q}{-a \cos q_{x_t} + g_{y_t} + f} \\ y_{t-1} &= f \frac{y_t - a \sin q_{x_t} - fg}{-a \cos q_{x_t} + g_{y_t} + f} \end{aligned}$$

上面的公式中， $x_t$  為  $t$  時影像的  $x$  座標位置， $y_t$  為  $t$  時影像的  $y$  座標位置， $x_{t-1}$  為  $t$  時前一張影像的  $x$  座標位置， $y_{t-1}$  為  $t$  時前一張影像的  $y$  座標位置， $f$  為攝影機的焦距參數， $q$  為角度初始值， $a$  與  $g$  分別為垂直與水平方向旋轉角度，由上面的公式，可以求得前後兩張影像相關位置的映射關係。

#### 3. 區塊區分演算法

Segment Algorithm 可以提供物體區塊的分類，經由灰階度的相似將影像區分成不同的部分，以便於之後的處理。Segment 採用分割與合併的方式進行，先將影像區分為幾個區塊，進行分割測試，則測試是根據以下公式測試影像灰階度是否一致性。

利用影像灰階平均值與區塊內各像素進行比

$$m = \frac{1}{N} \sum_{x \in R} f(x)$$

較，再依據比較結果是否大於臨界值，如果區塊內影像大部分比較結果都大於臨界值，則將影像區塊設定為需要再分割，並且紀錄區塊位置。當所有區塊都進行分割測試後，再將影像進行合併測試，合併的方式是利用相鄰兩塊，進行灰階均勻度是否一致，如果灰階測試結果符合我們的需求，將兩塊影像區塊設定為合併的條件，重複以上影像測試，到所有影像都經過處理，沒有需要再分割與合併條件下時，停止整個動作。

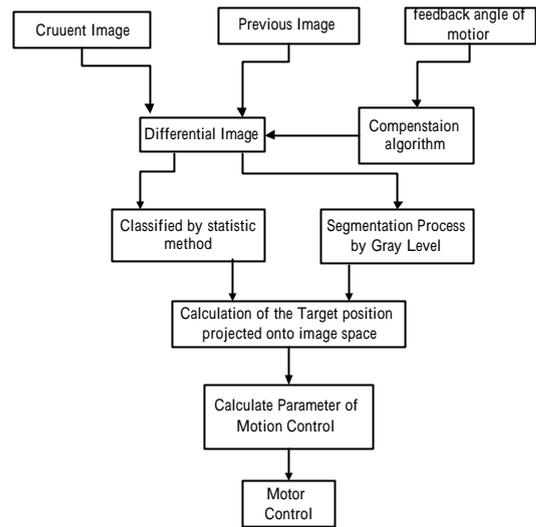


Fig. 1 目標物偵測流程

目標物偵測流程如 Fig. 1 所示，目標偵測所依賴的是影像處理技術，但因影像處理所需花費的時間太長的話，將會使目標逃離處理的影像區塊內，如何以最短時間偵測目標物將使整個系統的性能提昇，利用 Motion 與 Segment 方法的結合，找到移動物體在影像中的位置，這個方式將可以減少影像處理所花費的時間，並且可以很穩定的偵測到移動物體，但是這個方法的缺點在於攝影機必須是靜止不動的，因為區塊比對所花費的時間太長，並且如果物體形變太大將使區塊比對失效，所以利用 Compensation 的方式，改進攝影機必須靜止的缺點，這個方式可以改進整個 Motion Segment 方法的缺點。

### 四、系統整合與設計

在追蹤與測量系統中包含兩個獨立可控制的追蹤基座，負責測量物體所移動角度，並且提供角度回授，供三角定位公式計算物體在空間中的相對座標位置。影像追蹤系統部分負責自動搜尋移動目標物，利用影像處理與控制法則，將目標物維持在影像畫面中。測量部分將所得的角度加以換算得到物體在空間中座標位置。整個系統是建構在 PC-Base 的處理環境下，程式架構在 Win 2000 作業系統，而 Win 2000 提供即時多工的作業能力，並且提供良好的人機操作介面。

Fig. 2 為基座介面，基座設計是採用馬達直接驅動設計，利用交流馬達與步進馬達直接驅動旋轉基座，採用馬達直接驅動的優點是可以減少因為減速器齒輪影響而降低系統所能提供的精確度，這種方式的缺點是直接驅動可能因為基座慣性太大，而馬達的扭力力距不夠大，造成基座會有振盪的問題發生。

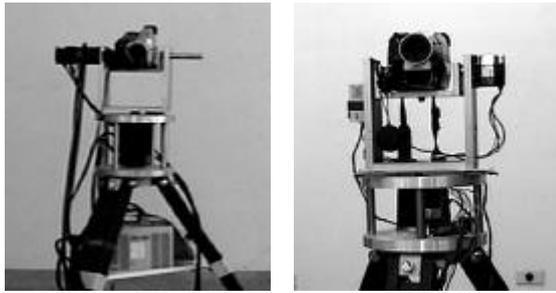


Fig. 2 伺服馬達與步進馬達追蹤基座

## 五、追蹤方法設計

以下將討論到單獨影像追蹤，單獨基座旋轉追蹤與合併影像與基座追蹤的方式，在單獨影像追蹤將使用 Kalman filter，單獨基座旋轉追蹤則將目標物維持在影像中心附近，在合併影像與基座追蹤將使用 Kalman filter 與旋轉控制器的結合。

### 1. 影像追蹤功能設計

單獨影像追蹤控制只適合在較小的範圍內使用，在這裡將使用卡爾曼濾波器求得最佳估測點，利用估測點控制影像處理方塊的移動量，並且計算目標物最佳的移動路徑。整個卡爾曼濾波器的架構如 fig. 3 所示：

$$\begin{cases} s_{i+1} = H_i s_i + Lu + n_i \\ x_i = F_i s_i + h_i \end{cases}$$

$H_i$  是 state transition matrix,  $S_i$  是 state vector,  $F_i$  是 measurement matrix,  $n_i$  是系統誤差矩陣與  $i$  是量測誤差矩陣。其中  $E(n_i)=0$  與  $E(x_i)=0$ ，但是  $E(n_i n_i^T)=Q$  與  $E(x_i x_i^T)=R$ ,  $L$  為輸入參數矩陣，在只有影像控制時  $L=[0]$ ,  $u$  為輸入矩陣。

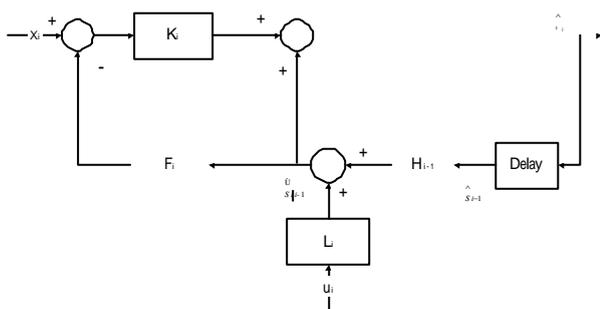


Fig. 3 Kalman filter 方塊圖

### 2. 基座追蹤設計

單獨使用基座追蹤，所處理的影像區塊為影像中心位置，目的是讓目標物維持在影像中心的位置附近，所以馬達旋轉角度與影像平面上像素對應為重要的參數，只有在參數已知的情況下，才有辦法控制馬達所需要的旋轉角度。假設在目標物在空間中的座標為  $P(X,Y,Z)^T = P(x, y, f)^T$ ，在  $z=f$  和影像中心座標為  $[x_0, y_0]$  這裡利用座標旋轉公式，如圖 Fig. 4 所示。

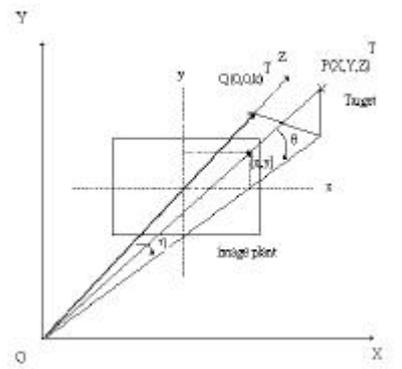


Fig. 4 三維物體與影像平面關係

水平方向所需旋轉角度：

$$h = \tan^{-1}\left(\frac{x}{f}\right)$$

垂直方向所需旋轉角度：

$$q = \tan^{-1}\left(\frac{y}{-x \sin h - f \cos h}\right)$$

### 3. 基座與影像合併追蹤設計

在影像平面與基座追蹤合併設計上，採用影像平面追蹤所使用的 Kalman filter，找到在下一個時間點上目標物在影像平面位置的投影，根據基座馬達特性，訂定一個移動方塊，在此方塊內，因為馬達特性的問題，所以必須使用影像平面追蹤，在離開此平面後則使用基座追蹤。

圖 Fig. 5 討論基座與影像合併追蹤方法，將影像追蹤之 Kalman filter 修改為具備基座旋轉角度輸入之修正，當基座靜止時輸入為零，當基座旋轉移動時，所移動的旋轉角度將回授到 Kalman filter，使系統的估測值能夠維持一定的準確度，其中  $X_i$  所代表的是目標物在影像平面上所量測到的結果， $s_i$  代表經過 filter 處理過的最佳位置估測。

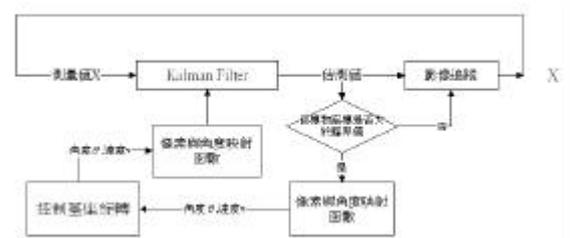


Fig. 5 利用 Kalman filter 預測目標移動量

## 六、實驗結果與分析

實驗目的是測試追蹤系統能否對任意形狀之移動物體做追蹤的動作。我們將以一連串的實驗，以驗證追蹤系統與測量的可行性。

### 1. 影像追蹤實驗

影像追蹤實驗中，將驗證單獨應用影像追蹤移動物體的功能，這個部分為基座靜止不轉動，利用影像追蹤之功能，追蹤各種形狀的移動目標物，可以由下列實驗結果看到影像追蹤的結果。在 Fig. 6 中黑色

框框中的部分為我們影像處理的部分，在框框外的部分我們不進行處理，因為這樣可以減少處理時間與避

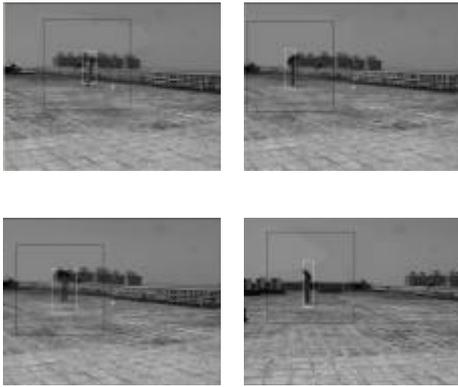


Fig. 6 影像追蹤功能測試

免其它雜訊的干擾，影像處理的框框將會隨著移動物體移動，並且利用 Kalman filter 提供在影像中的位置預測，使處理的框框將移動包圍住目標物。圖中白色的部分就是利用影像處理所得到的移動目標偵測結果。

## 2. 基座追蹤實驗

基座追蹤實驗主要是利用基座旋轉追蹤移動物體，利用馬達旋轉將目標維持在影像中心位置，讓物體保持在影像所能處理的範圍內，結果如 Fig. 7 所示。

## 3. 影像與基座合併追蹤實驗

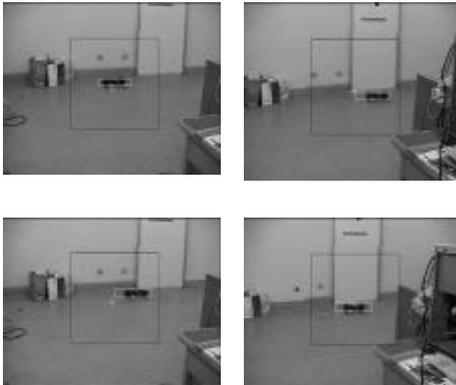
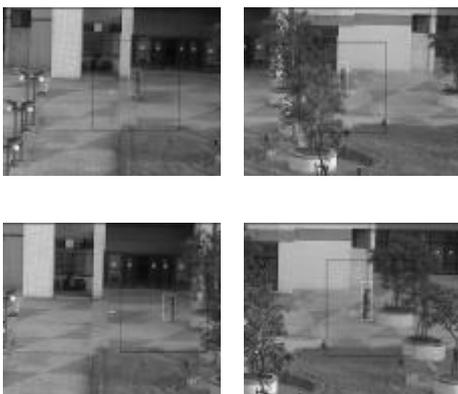


Fig. 7 基座旋轉追蹤實驗

在影像與基座合併追蹤實驗中，物體在設定範圍內利用影像追蹤之功能，當物體離開所設定的範圍時，將轉動基座進行目標物追蹤，利用兩台基座分別與兩台電腦連接，兩者間的距離為 3110 公分，所量測的範圍為距離前方 70 到 90 公尺，寬度為 30 公尺左右，高度為 22 公尺，當時攝影機的焦距為 8140



pixels，整個實驗結果如 Fig. 8 所示。

## 4. 物體移動測量實驗

為了要測量移動物體的軌跡，我們選擇一個已知區做為量測場地，利用兩基座旋轉移動與影像追蹤之功能，測量與繪製物體移動之軌跡，基座間的距離為 31.1 公尺，首先將基座校準歸零，利用自動校準程式，測量攝影機焦距大小，測得攝影機參數為 8140 個像素，Fig. 9 為追蹤與測量系統介面程式，其中右上角為平面量測之結果，下方結果為物體所在高度。



Fig. 9 測量實驗結果

## 七、結論

系統在其他移動物體進入處理範圍時，干擾系統判別目標的設計上，可以利用預測器或動態變化處理範圍，減少其它移動物體的干擾所造成的誤判。在本論文中提出了影像追蹤與基座追蹤的控制方式，解決了因馬達最小旋轉角度的限制，使量測系統可以應用在更廣的範圍，最後並利用實驗，證明影像追蹤與測量系統的各项功能。

## 八、參考文獻

- [1] David C. Woo and David W. Capson, "3D Visual Tracking Using a Network of Low-cost Pan/Tilt Cameras," Electrical and Computer Engineering, 2000 Canadian Conference on, Volume: 2, 2000 Page(s): 884 -889 vol.2
- [2] Eklund, M.W.; Ravichandran, G.; Trivedi, M.M.; Marapane, "Adaptive visual tracking algorithm and real-time implementation," S.B. Robotics and Automation, 1995. Proceedings., 1995 IEEE International Conference on, Volume: 3, 1995 Page(s): 2657 -2662 vol.3
- [3] Murray, D.; Basu, A, "Motion tracking with an active camera," Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, Volume: 16 Issue: 5, May 1994 Page(s): 449 -459D.
- [4] Tanaka, M.; Maru, N.; Miyazaki, F., "3-D tracking of a moving object by an active stereo vision system," Industrial Electronics, Control and Instrumentation, 1994. IECON '94., 20th

- International Conference on , Volume: 2 , 1994  
Page(s): 816 -820 vol.2
- [5] Papanikolopoulos, N.P.; Khosla, P.K. , “Adaptive robotic visual tracking: theory and experiments,” Automatic Control, IEEE Transactions on , Volume: 38 Issue: 3 , March 1993 Page(s): 429 -445
- [6] Oshiro, N.; Maru, N.; Nishikawa, A.; Miyazaki, F. , “Binocular tracking using log polar mapping,” Intelligent Robots and Systems '96, IROS 96, Proceedings of the 1996 IEEE/RSJ International Conference on , Volume: 2 , 1996 Page(s): 791 -798 vol.2
- [7] Castro, G.J.; Nieto, J.; Gallego, L.M.; Pastor, L.; Cabello, E. , “An effective camera calibration method,” Advanced Motion Control, 1998. AMC '98-Coimbra., 1998 5th International Workshop on , 1998 Page(s): 171 -174
- [8] Muijtjens, A.M.M.; Roos, J.M.A.; Arts, T.; Hasman, A.; Reneman, R.S. , “ Simultaneous estimation of stereo correspondence and camera geometry from marker tracks,” Computers in Cardiology 1995 , 1995 Page(s): 577 -580
- [9] Bernardino, A.; Santos-Victor, J. , “Binocular tracking: integrating perception and control,” Robotics and Automation, IEEE Transactions on , Volume: 15 Issue: 6 , Dec. 1999 Page(s): 1080 -1094