



創未來計畫申請書

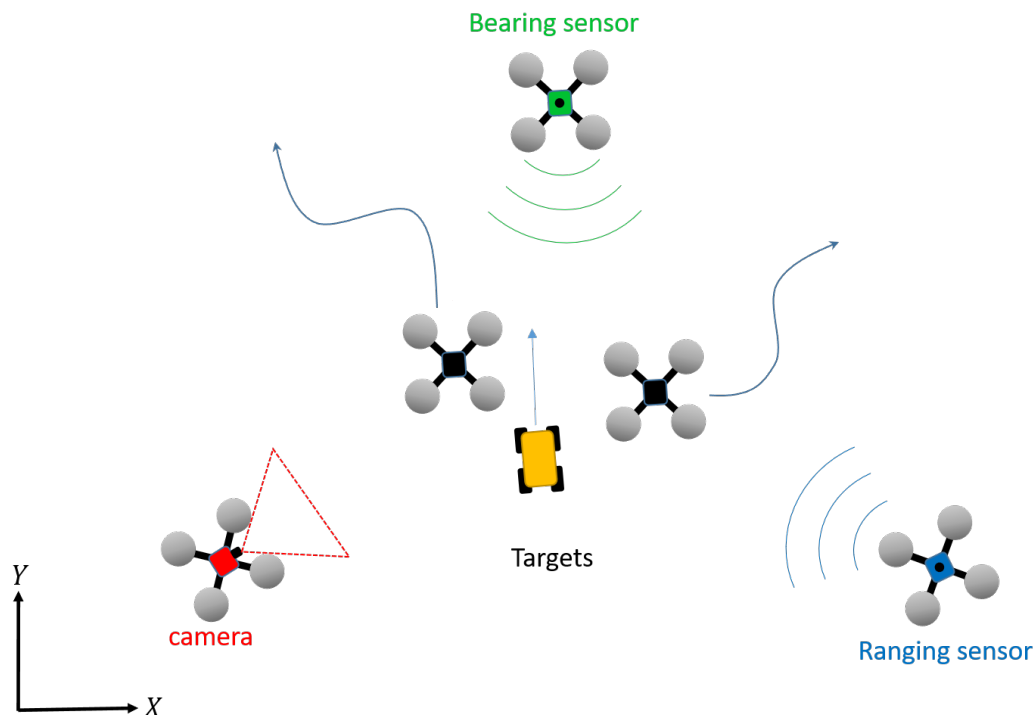
「多目標物比對系統開發」

1. 計畫目標：

戰場上當目標物數量較多時，常常會有難以判斷持續追蹤的目標物是否同一個，甚至有時誤判我方為目標物，產生誤擊。因此如何善用我方無人機上的感測器來做交叉比對有其必要性。因此此計劃為開發的目標物的比對系統，透過我方群機現有的感測器，形成的動態網路觀測，並開發交叉比對的目標物最終確認演算法。

2. 計畫內容：

如以下情境，我方有多台(以三台為例)無人機，每台無人機配備有感測器以及機間通訊網路。感測器可以是異質的(e.g.,相機、range sensor、bearing sensor)或者是同樣的感測器，這些感測資訊可以在機上電腦做處理之後，將目標物狀態結果傳送到鄰機，我每台無人機收到鄰機資料之後，可以使用 consensus control 達到共識，進一步做目標物的最後確認，達成交叉比對的效果。



以下就目標物的特徵計算，控制無人機到最佳估測的位置，與 consensus control 進行說明。

2.1 目標物的特徵計算：

A. 目標物在影像中的 SIFT descriptor

SIFT 全名為 Scale Invariant Feature Transform (SIFT)，它用來描述目標物影像的特徵值，因



此在目標物保持在 line of sight 時，可以用來追蹤目標物。若某無人機超出 line of sight，可以透過機群的合作，將目標物的資訊傳給其他 out of sight 的無人機，透過合作提升偵測可靠度，並控制該機運動至 line of sight 位置。

B. 目標物的 3D 位置

由於 3D 空間中一個點位不可能同時擁有兩個目標物，具有唯一性，因此位置資訊可以用來作為目標物特徵。

C. 目標物的 3D 速度

使用影像感測器時，在某些觀察角度多個目標物在移動過程有可能重疊，產生暫時遮蔽，但因物體均有慣量，在短時間內速度必須連續，不能跳動太大，因此可以透過目標物的動態模型進行速度估測，並將該速度作為特徵[1]。

2.2 控制無人機到最佳估測的位置

由於不同感測器對於偵測的效果會隨著相對位置相對距離，例如目標物如果朝著相機的主軸(正中心)移動，目標在影像中是無法察覺到移動。對於距離感測器而言，如果目標物以等距離繞無人機做圓周運動，量測值也不會有變化。因此如何量化最佳估測位置並且控制無人機飛行到各自的最佳觀測位置在群機的合作估測更為重要(當然單機最佳位置不一定是全局最佳位置)。

因此透過 cramer-Rao lower bound[2]的關係式如(1)，我們可以透過(2)量化最佳估測點的位置，其中讓 J_q 最大時的無人機位置即為最佳估測位置。

$$P \geq F^{-1} \triangleq (dO^T R_m^{-1} dO)^{-1} \quad (1)$$

$$J_q = \sum_q \text{Tr}(dO_q^T R_{m,q}^{-1} dO_q), \text{ for } q \in \{1, 2, 3\} \quad (2)$$

其中 F 為 Fisher information matrix, do 為系統的 observability matrix, R_m 為感測器的 covariance matrix。

2.3 Consensus Control

Consensus controller 一直被用在動態網路系統來做共識決策[3]，主要目的是希望每台機器人都能透過控制分享將資訊達到一致。例如我們可以將在 2.1 算出的目標物特徵值量化，並透過 consensus control 讓無人機算出來的目標物特徵值會隨時間趨近於群機算出來的特徵值的平均，類似於投票的概念，當然我們也可以選擇某一台無人機的估測權重值高一點，和決定權重的值也可由 2.2 的 Fisher information matrix 之 trace 值決定。使用 consensus control 的優點是：整體的運算不需要透過到中央電腦來，完全是由分散式的架構達成，也就是每一台無人機的感測與計算都是獨自完成，不需與地面站溝通。



3. 交付項目：

- 目標物交叉比對演算法軟體模擬
- 目標物估測與追蹤
- 目標物追蹤與比對效能評估

4. 計畫執行人員編組：

| 類別 | 姓名 | 服務機構/系所 | 職稱 | 工作項目(在本研究計畫內擔任之具體工作性質、項目及範圍) | 每週平均投入工作時數比率(%) |
|----------------|-----|----------------|-----|---|-----------------|
| 主持人 | 程登湖 | 陽明交通大學/ 機械系 | 副教授 | 撰寫技術報告與論文審查、訂定研究方向、掌握各研究進度與統整關聯性、協調資源、發展相關研究方法。 | 60% |
| 兼任 研究員(碩士級) | 鄭家豪 | 陽明交通大學 | 碩士生 | 演算法開發、模擬驗證 | 40% |
| 兼任研究員(碩士級) | 許晏誠 | 陽明交通大學 | 碩士生 | 演算法開發、程式撰寫、模擬驗證 | 40% |

5. 技術能量盤點：

以下為主持過的相關計劃，與此計畫的技術相關性為開發無人機的控制器、系統參數的估測、無人機定位、多機編隊飛行。

- 無人機非線性與積分同步學習控制器之開發
執行期間:2021.08-2022.07
經費總額:960,000, 委託單位:科技部
- 無人機自動飛行駕駛技術(107-2628-E-009-005-MY3)
執行期間:2018.08-2021.07
經費總額:3,738,000



委託單位：科技部

- 多台無人機之分散式控制與同步定位與地圖建立 (106-2221-E-009-041-)

執行期間:2017.08-2018.07

經費總額:659,000

委託單位：科技部

- 多無人載具合作控制與減少通訊頻寬之探討 (105- 2218-E-009-032-)

執行期間:2016.10-2017.09

經費總額:860,000

委託單位：科技部

- 非對稱太空飛行器之動力學模型研發

執行期間:2021.5-2023.4

經費總額:3,350,000

委託單位:財團法人國家實驗研究院國家太空中心

- 多軸無人機影像伺服追蹤控制

執行期間:2018.03-2018.11

經費總額:300,000

委託單位:財團法人工業技術研究院

技術相關性:結合深度學習將影像中的動態車輛辨識出來，並結合無人機影像伺服控制，達成動車之追蹤，為與此計畫相關的部分。

- 四軸旋翼機高敏捷度運動控制器之研發

執行期間:2019.5-2021.4

經費總額:3,100,000

委託單位:財團法人國家實驗研究院國家太空中心

技術相關性:透過研發無人機的高敏捷度運動控制器，來模擬並控制未來進行登月時的太空載具之穩定性與導航之可行性，此計劃做了很軟硬體整合並且把無人機實現出來，這些經驗可以用在第三年的部分。

參考文獻

- [1] J. -M. Li, C. -W. Chen and T. -H. Cheng, "Motion Prediction and Robust Tracking of a Dynamic and Temporarily-Occcluded Target by an Unmanned Aerial Vehicle," in *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 29, no. 4, pp. 1623-1635, July 2021, doi: 10.1109/TCST.2020.3012619.
- [2] J. L. Crassidis and J. L. Junkins, *Optimal Estimation of Dynamic Systems*. Chapman & Hall, 2004.



DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

NATIONAL YANG MINGCHIAO TUNG UNIVERSITY

- [3] Guangming Xie and Long Wang, "Consensus Control for a class of Networks of Dynamic Agents: Fixed Topology," *Proceedings of the 44th IEEE Conference on Decision and Control*, 2005, pp. 96-101, doi: 10.1109/CDC.2005.1582137.