

高效能無人機行動地面站系統開發

Development of High Performance Mobile Ground Control Station for Unmanned Aerial Vehicle

石大明^{1*}、劉俊麟²、陳冠樺³、簡士鈞³、崔虎軒³

¹ 中華科技大學 航空電子系 副教授

² 慶旺科技公司 總經理

³ 中華科技大學 飛機工程所 研究生

摘要：傳統無人機行動地面站除了在功能方面須具備數據鏈路及圖傳鏈路資訊顯示、飛行器操控及各類酬載獨立控制等基本功能外，更希望能達到體積小，重量輕，功耗低，容易移動的要求。因此在專業操作需要專門針對快速佈建、即時化、高精度、小型化、強固化等目標地面站，來滿足各式無人機操作時各類要求。尤其近年來無人機功能日益強大，所攜帶的各類酬載（探測器）越多，地面站需同時提供無人機控制、無人機姿態顯示、GPS 地理資訊顯示、影像顯示及結合邊緣運算視覺辨識分析技術、供特定酬載資訊顯示等。資訊地面站顯示已相當飽和，更超過傳統單銀幕地面站單純控制及飛控顯示功能設計。因此本研究主要在探討高效能銀幕無人機行動地面站系統的系統需求，並實際設計及驗證相關產品的製作與開發。

Abstract : In addition to basic functions such as data link, image transmission link, aircraft control, and independent control of optional payloads, traditional UAV mobile ground control stations are also required to be small size, light weight, and have low power consumption and also to be highly mobile. Therefore, operations need to meet various requirements for rapid deployment, real-time, high-precision, miniaturization, and robustness. Especially in recent years, drones have become more functional, and various payloads are carried on board. The ground station needs to provide multiple functions such as drone control, drone attitude display, GPS geographic information display, image display, and combined with edge computing visual identification image analysis technology for specific payload information display, etc. The display of the information ground station is quite unable to meet such needs. Therefore, this research mainly discusses the system requirements of the high-performance screen UAV mobile ground station system, and implements the design and verification of the production and development of related products.

關鍵詞：無人機、地面站、飛行模擬、邊緣運算視覺辨識

Keywords : Unmanned aerial vehicle, Ground control station, Fly simulation, Edge computing visual identification

前言

傳統無人機專用行動地面站系統，主要為控制電腦及顯示單元兩個主要組件。控制電腦執行地面站操作程式，做為地面站導航命令設定及資料計算，而顯示單元則同步顯示及監控各項飛機即時資訊。以台灣目前 ICT 產業而言十分發達，每年產值高達數十億美元，但是較少針對專業級

無人機地面站操作需求，提供便利的行動地面站產品。當然一方面有可能是研發公司對無人機地面站市場需求調查不足，另一方面是相關開發人員對相關的飛行操作需求了解有限，無法針對專業需求開發產品。

由於研究團隊先前曾參與交通部民航局合作案，運用八旋翼無人飛機取代有人飛機於松山機場進行 ILS 儀降系統訊號校正 [1]，如圖 1。後

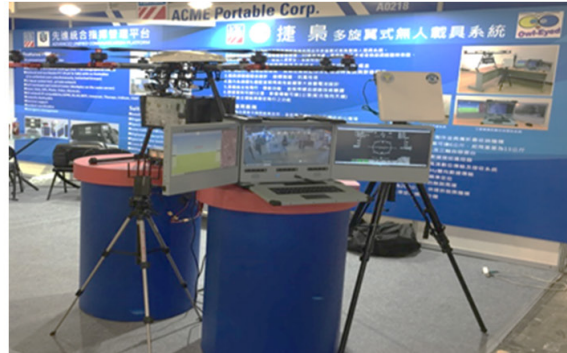


圖 1 多銀幕地面站雛型系統

續並結合此測試經驗與國內廠商慶旺科技合作專業用多銀幕地面站雛型系統開發，並在 2017 台北國際航太展展出，因此對如何提供一組高效能的行動地面站供無人機使用，深感興趣。因此本文在探討無人機應用所需要地面站、主要研究「高效能無人機行動地面站」系統開發，以提高工作時效且降低成本。

文獻回顧與探討

有關無人機地面站軟硬體功能需求敘述如下：

1. 無人機地面站軟體功能架構：[2]

指揮控制與任務規劃是無人機地面站的主要功能，無人機地面站系統的功能通常要能滿足指揮調度、任務規劃、操作控制、顯示記錄等四項主要功能。

- (1) 指揮調度功能主要包括上級指令接受、系統之間聯絡、系統內部調度。
- (2) 任務規劃功能主要包括飛行航路規劃與更新規

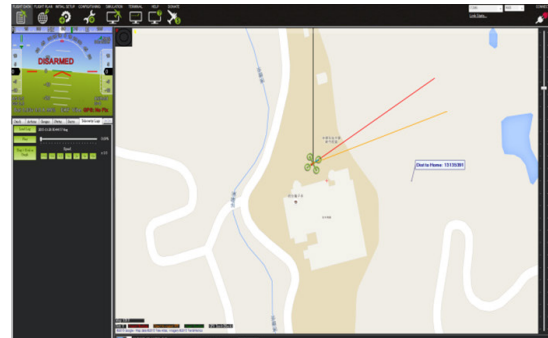
劃、任務酬載工作規劃與更新規劃。

- (3) 操作控制功能主要包括起降操縱、飛行控制操作、任務酬載操作、數據鏈控制。
- (4) 顯示記錄功能主要包括飛行狀態參數顯示與記錄。航跡顯示與記錄。任務酬載信息顯示與記錄。

以一般常用 Mission Planner 地面站控制軟體為例，無人機的飛控電腦藉由數據傳輸器傳送機身本身傾斜角度、空速、前進方向、爬升速率以及坐標等飛航資訊至地面站的接收器。經由地面站的電腦可立即監視無人機姿態、飛行高度、GPS 信號、電池電量、目前位置、及航點設定等，達到無人機狀態監控，同時整合攝影機影像傳輸做即時影像同步追蹤目標物。地面站軟體除負責顯示飛航資訊外，亦將載具之飛行軌跡及現在位置，顯示在以 GoogleMap 等服務為地圖來源之視窗上，如圖 2。使用者亦可透過軟體介面進行導航點設定等操作，達到全自動飛行，亦可透過地面站搖桿



多旋翼機姿態及目前位置 (衛星圖)



多旋翼機位置圖

圖 2 Mission Planner 飛控軟體

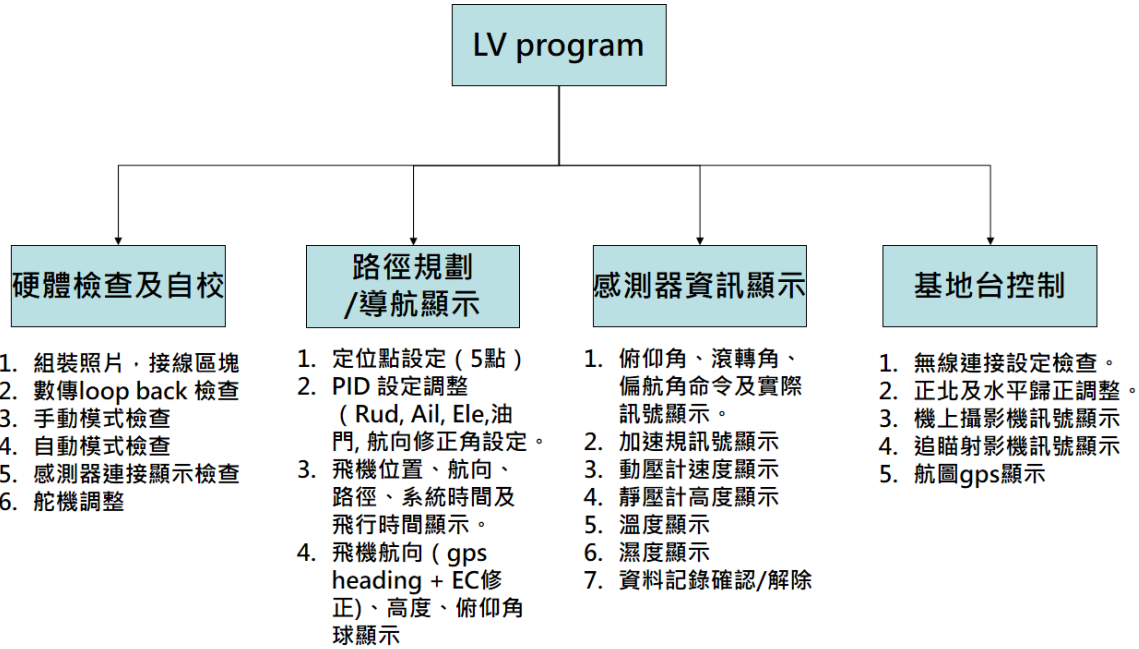


圖 3 地面站軟體架構開發工作項目圖

控制調整拍攝範圍為正前方至正下方內任何角度，使航拍時取景鎖定目標物更為方便辨識。

2. 地面接收站軟體開發：[3]

研究團隊先前曾開發整合式地面站接收程式，所採用軟體為美商國家儀器所開發 LabVIEW 整合性軟體。地面接收站軟體項目包含：硬體檢查及自校、路徑規劃及導航顯示、感測器資訊顯

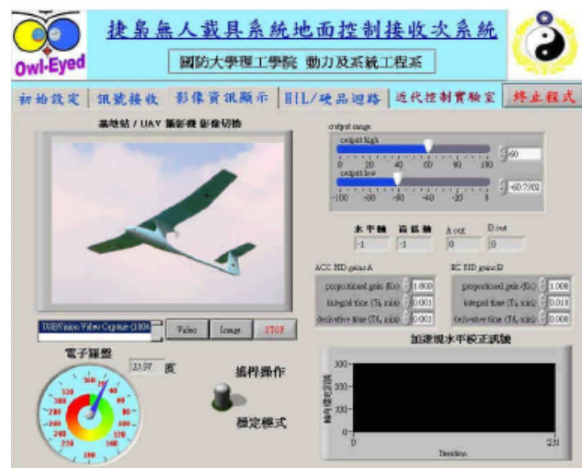
示及基地台控制等四部份。各模組工作細項參考圖 3 所示。人機顯示介面則分為初始設定、訊號接收及影像資料顯示、硬品迴路測試四部份，如圖 4。

3. 無人機地面站硬體功能架構 [4]：

傳統無人飛機地面控制站 (Ground Control Station) 的系統一般架構如圖 5 所示，其總成所



飛行路徑即時監看及初始點設定功能



酬載攝影機及天線底座影像顯示

圖 4 人機介面顯示



圖 5 各類無人機顯示及操控架構 (a) 傳統地面站顯示方式 (b) 多螢幕地面站顯示方式 (c) 結合操控架構

示包含以下幾項基本組件：

- (1) 控制電腦，地面站操作程式可於控制電腦上執行，做為地面站導航命令設定及資料計算、影像分析及計算、測試時控制命令調校參數設定等。
- (2) 訊號接收介面：圖傳及數傳介面，藉由轉換模組將類比轉成數位訊號，包含無線 RF 訊號、WIFI、藍牙無線模組等。
- (3) 顯示及記錄單元：同步顯示及監控各項飛機即時資訊與影像等，包含無人機姿態顯示、GPS 地理資訊顯示、影像資訊顯示及影項記錄。
- (4) 操控單元：提供無人機飛行控制功能，應包含起飛階段航模搖桿器及巡航時搖桿操作，提供兩階段飛行任務操作，同時須包含機上酬載的控制，一般即指機上攝影機雲台的控制，此部份將視實際機上任務功能而增加。

概念設計

一般地面站架構如圖 5(a)，特別是將其整合於攜行箱的概念，此整合方式固然提供地面站系統較佳的攜行性，但也由於受限攜行箱空間大小無法提供較完整的顯示器功能。現階段無人飛機由於功能繁多，已從傳統單純的資訊顯示，越來越走向資訊融合，所需要顯示的資訊也越來越多。專業地面站有朝向多銀幕顯示趨勢，如圖 5(b)，尤其未來無人機操作日趨複雜，前介面也將朝向新式飛機數位座艙設計，將搖桿操控也納入標準配備中，如圖 5(c)。

經由分析，本研究綜整未來無人機地面站應具備幾大特色：

- (1) 輕便性：整體重量應輕量化，佈署時間快，並方便攜行。
- (2) 節能性：透過節能設計，系統應可具備長時效續航力。
- (3) 智能性：結合人工智慧、深度學習及影像辨識功能，簡化操作及加強安全性。

1. 無人機地面站軟體需求

綜合以上，在無人機地面站軟體需求上，可分為以下關鍵功能：

- (1) 智能化操作介面
 - a. 移動應用程式允許直接的“繪製路徑”航點規劃。
 - b. 強大的跨平台地面站 / 任務規劃和分析軟件，提供簡單的指向和點擊的編輯和功能組態設定。
 - c. 無線數據即時任務監控，數據記錄和控制。
 - d. 結合 Google map 套疊，使用相關地理資訊。
- (2) 支援整合操作模式
 - a. 多控制選項支援操作冗餘和靈活性：RC 搖桿，電腦，電腦搖桿和平板連結。
 - b. 整合搖桿、滑鼠、影像程式介面，提供簡單的指向和點擊，可進行雲台控制進行影像追蹤。
 - c. 依照特定飛行任務飛行姿態、高度、導航位置，輔助設定導航路徑。
- (3) 結合嵌入式人工智慧運算
 - a. 結合電腦視覺技術，提供觀測影像特徵分析。
 - b. 大數據分析預判載具功能操作故障診斷，避免飛行操作故障事故發生。
 - c. 協同作業裝置，藉由系統所提供人工智慧運算專用 SDK：深度學習 (TensorRT、cuDNN、

NVIDIA DIGITS)、電腦視覺 (NVIDIA VisionWorks、OpenCV)、GPU 運算 (NVIDIA CUDA、CUDA)。

2. 無人機地面站硬體需求

因此在硬體設計需求上，可分為以下幾個關鍵功能

(1) 支援多螢幕來呈現即時的影音及控制數據資料

- a. 1920x1080 FHD 的畫素可以支持影像及圖控有最佳的觀視效果。
- b. 三螢幕可以滿足多數的應用需求，可分別於各螢幕第一時間同步呈現飛控儀表資料、飛航規劃顯示及酬載任務的執行影像紀錄資料。
- c. 因應室內戶外的使用交替，螢幕必須高亮度 1000nits 能滿足於陽光下仍清晰的觀視使用。

(2) 支援多工及多通道數據採集及反饋控制

- a. 因應同時多樣化的任務執行，系統需要有即時多工執行能力，目前以兼具高效能與低耗能的多核心 GPU 及 CPU，有較穩定的表現，但也需避免選用高功耗的方案，以降低系統電量的需求。
- b. 系統需要提供多元的數據溝通介面，例如 USB2.0、USB3.0、RS232、RS422、DIO 來串聯控制系統所需的相關設備。
- c. 系統需要提供多元的圖傳溝通介面，例如

HDMI(輸出、輸入)、VGA(輸出、輸入)來串聯控制系統所需的相關設備。

d. 周邊設備，例如通訊單元及酬載設備與系統搭配的最佳化調校。

(3) 支援任務現場的快速到達及佈建要求

- a. 需要能方便且快速的移動使用，所以系統必須盡量輕量化，並能抗撞耐摔來滿足運送過程的各式突發碰撞。
- b. 螢幕與系統需要能結合一起攜帶，並減少於現場串接安裝的動作，以減少佈建及收納時間。
- c. 周邊設備的接口串接需要牢固，以免任務執行中有斷訊 / 失控的風險。

(4) 支援低功耗而能長時間使用的電力系統規劃

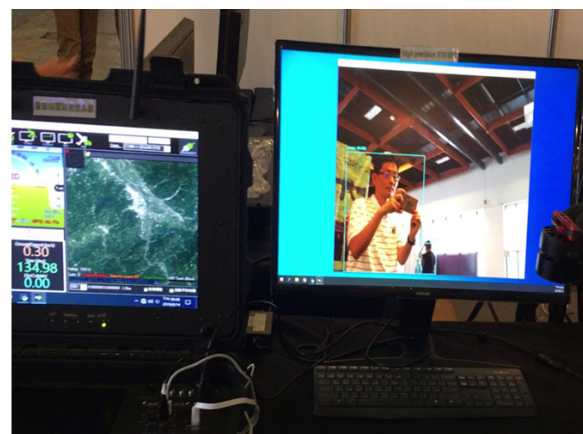
- a. 因應用於機動性的使用環境，所以要滿足室內 / 戶外，AC/DC 的電力支援。
- b. 需考量於戶外臨時斷電時的自帶備用電源管理，以能滿足任務的執行及達成。
- c. 電力系統規畫須同時考量系統本身的運算單元及周邊設備，在效能及成本上達到最佳經濟規劃。

系統整合

結合前述所分析設計概念，研究團隊結合廠商共同合作開發適用於高精度 RTK 空拍測繪無人機之高效能無人機行動地面站系統，特別針對環



(a)



(b)

圖 6 研究團隊開發高效能無人機行動地面站系統 (a) 高效能無人機行動地面站系統 (b) 應用 AI 邊緣運算視覺辨識類別

境空拍偵測監控、3D 區域測繪、警用區域保全、天然災害中執行高精度定位相關任務使用，並於 2019 年台北國際航太及國防展展出。

本研究處理的關鍵點在於如何結合多重介面應用於地面站訊號的接收與處理設計及結合，主要完成項目包含各點：1. 地面站硬體機構設計、2. 應用 3D 印表機列印部分印機構元件、3. 高效能工作電腦硬體設定、4. 結合遙控器及輸入介面硬體整合、5. 結合 OpenVINO 工具程式安裝及程式開發、6. 整合 5.8G HDMI 影像接收機訊號接收。除滿足傳統數傳及圖傳的數據顯示，最大特色包含提供 4 組 HDMI 輸入/輸出切換，HDMI/in 2 組(圖像可直接輸出至 17.3 吋螢幕)、HDMI/out(PC 輸出)、RF 類比輸入，並包含無線網路影音分享及 DVR 影像採集(選配)，系統如圖 6(a) 所示。

尤其在智能地面站控制系統設計中，加入 OpenVINO™[5] 組建 AI 邊緣運算視覺辨識系統，結合人工智慧智能分析判斷的功能，可直接執行影像分析及智能路徑判斷的功能如圖 6(b) 所示，充分發揮資訊 ICT 的優勢，較以往地面站效能相比增進甚多。

結論

由於專業用無人機的應用越來越廣，朝向體積小，重量輕，功耗低，容易移動的要求，傳統無人機行動地面站設計早已無法滿足未來需求。因此本研究除探討無人機未來所需要高效能無人機行動地面站系統需求，並實際設計及驗證相關產品的製作與開發。尤其結合 AI 邊緣運算視覺辨識系統，結合影像智能分析判斷功能，將可大幅增進任務執行效率，大幅縮短無人機蒐集資料後製處裡的時間。

誌謝

感謝工業技術研究院「L301AR3510 基礎設施維運無人機系統整合關鍵技術」的支持，及承慶旺科技劉俊麟總經理協助產品開發，特此致謝。

參考文獻

- [1] 石大明、黃國斐、陳作舟、湯志強，民國 107 年四月，「無人機應用於無線電助導航設施之地測改善研究」，2018 中華科大航空產業實務研討會。
- [2] 石大明、陳盈安、吳祐興，民國 107 年四月，「無人機精密飛行控制系統及影像自動辨識應用研究」，2018 中華科大航空產業實務研討會。
- [3] 石大明、張合中，「低成本無人飛機系統開發之研究」97 年國科會產學合作結案報告，NSC 97-2622-E-606 -002-CC3。
- [4] 石大明、張合中，「多重偵測器融合應用於無人地面載具自主導航控制」97 年國科會產學合作結案報告，NSC97-2221-E-606 -021。
- [5] Deploy High-Performance Deep Learning Interface, <https://software.intel.com/content/www/us/en/develop/tools/opencvino-toolkit.html>