



商用無人機視距外飛行 (BVLOS) 的應用發展

航見科技股份有限公司總經理 / 張東琳

關鍵字：BVLOS、無人機、5G

摘要

近日隨著5G行動網路的開台各式垂直場域應用陸續開展，商用無人機服務發展也因此相得益彰。無人機裝置總數在經過消費性產品的爆炸性成長後推波助瀾了法規面的跟進，讓各式商業應用能有較正規化的環境而能適性發展。其中視距外飛行 (Beyond Visual Line of Sight, BVLOS) 在更大的操作範圍中涵蓋了較多種的應用場景，為無人機商業應用展開全新的篇章。BVLOS操作情境有許多好處，亦有相關限制，考量未來蓬勃發展的商業應用所需，如何提供一個基於物聯網架構兼具無人機飛航管理 (UAS Traffic Management, UTM) 功能又能協助無人機運營商 (UAVO) 多種任務出勤型態的任務導控平台便是一項重要課題[1]。

美國現今由FAA，NASA與無人機業者正在研擬無人機航管系統 (UTM) 的通訊格式、資料交換規範、資訊架構以及導航方

式。FAA與NASA共同成立了研究過渡小組 (Research Transition Team, RTT) 研擬視距外低空域多機飛行的航管系統草案，國內亦有學術單位提出透過全國型無人機飛航管理 (National UTM, NUTM) 與區域型無人機飛航管理 (Regional UTM, RUTM) 使用Internet串聯各無人機運營商 (UAVO) 導控系統提交的飛行計畫並實時監控匯流至國家空域系統 (National Airspace System, NAS) 的商用無人機任務架構[2]。

本文探討的是針對長距離無人機操作情境所需的相關技術支持包含飛行器構型、能源配置、通訊解決方案，綜合討論針對不同場景如何提供無人飛行器系統視距外飛行能力。

一、前言

臺灣資通訊科技 (Information and Communication Technology, ICT) 基礎設施發展完善催生了許多智慧應用，也讓無人機應



用的觸角更進一步延伸如：農產畜牧等一級產業、防救災、國家安全防護等高價值應用領域，這般殺手級革命創新趨勢令人期待。然而，無人機一方面帶來許多契機，另一面也帶來許多隱憂，就如同其他的物聯網裝置。隨著5G開台無人機產業成形更是指日可待，5G的可靠性、低延遲時間及大頻寬等特性，將使無人機在執行地形測繪及空拍建模任務時，可大大提升工作效率。此外，5G也能提供無人機實現各種複雜的應用。這樣的外環因素與體質改善讓商用無人機普及的願景終將來臨。紐西蘭警方已經計畫利用5G連網的無人機提供高解析視訊流，將畫面傳給指揮中心，隨著全面部署的實施，可以合理預期會影響警力的調配，讓無人機發揮最大的效率。無人機產業硬體的技術壁壘逐漸消失服務亦出現同質化，價格戰爭煙硝四起亦驅使市場逐漸往更高附加價值方向發展。

二、文獻回顧

本節將對目前無人機在視距外操作應用情境進行分析、回顧，以了解行動通訊與IOT裝置在無人機應用領域目前的發展與應用。

(一) 無人機操作距離

視距外 (BVLOS) 意味著超越了操作者的視線範圍，其距離定義在各國無人機相關管理辦法中皆有被提及[3]。參考我國民航局遙控無人機管理規則中第99條之14提及：在目視範圍內操作，不得以除矯正鏡片外之任何工具延伸飛航作業距離。正常雙眼視覺在視角為1分角的測試中以小數紀錄法表示若為1.0表示可在5M外清楚分辨1.45 mm的物

體，經換算可推估：若有一翼展5M的無人機靠肉眼可清楚辨識的範圍大約在400-500M之內。目前雖無明確定義視距範圍的距離，但可參考前述法規第28條之4提及：延伸視距飛航者，最大範圍為以操作人為中心半徑九百公尺、相對地面或水面高度低於四百呎內之區域，且目視觀察員應與遙控無人機保持目視接觸，並提供操作人必要之飛航資訊。意即現行進行視距外飛行主觀上並不合乎規範，但美國聯邦航空署 (Federal Aviation Administration, FAA) 亦有以整合試點計畫 (Integration Pilot Program, IPP) 輔導通過提交營運風險報告書 (Specific Operations Risk Assessment, SORA)、操作概念書 (CONOPS) …等報告書針對FAA之 § 107.31 操作規範得到豁免之案例。

圖1顯示了無人機在不同操作限制中可以涵蓋的範圍，分別是視距內 (VLOS) 的0.8平方公里與延伸視距內 (EVLOS) 的2.5平方公里，及視距外 (BVLOS) 的310平方公里。以單次作業範圍差異來看，視距外飛行對於將無人機應用在地面測繪、地質調查中進行操作限制的解除確有其必要性。

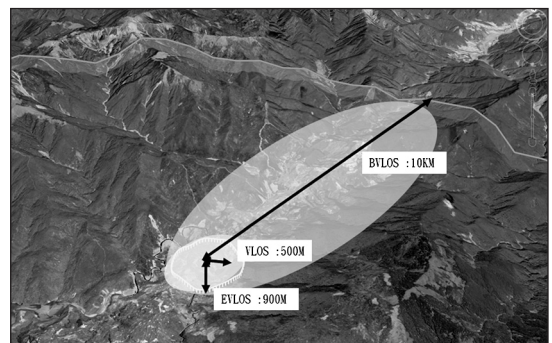


圖 1 無人機操作距離涵蓋範圍



表 1 頻譜與波段劃分說明

頻段名稱	頻段名稱	頻率範圍	波長範圍	用途
極低頻	ELF	3-30Hz	長波	極長距離點與點間之通信 航海及助航系統
超低頻	SLF	30-300Hz		
特低頻	ULF	300-3000Hz		
甚低頻	VLF	3-30kHz		
低頻	LF	30-300kHz	中波	無線電定位、固定行動業務、 海洋浮標、業餘通信
中頻	MF	300-3000kHz		
高頻	HF	3-30MHz	短波	業餘通信、無線電天文、標準 頻時信號、民用無線電
甚高頻	VHF	30-300MHz	超短波	雷達、調頻廣播、電視、導航
特高頻	UHF	300-3000MHz	分米波	短距離通信、中繼系統、電視、 衛星氣象
超高頻	SHF	3-30GHz	釐米波	微波、中繼、各種雷達、衛星通 信、無線電天文
極高頻	EHF	30-300GHz	毫米波	
兆赫輻射	THF	300GHz-3THz	亞毫米波	非破壞檢測

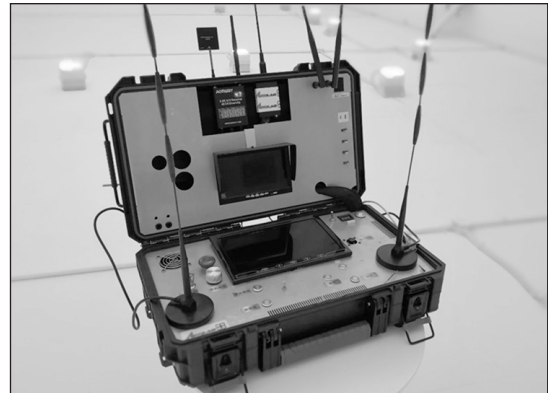


圖 2 整合多個 ISM 頻段的在地面控制站設備

(二) 無人機聯網

無人機不僅可以用於偵查，還可以作為各種物聯網應用平台，再通信技術方面傳統無線通訊系統協定構築簡單，高速、低延遲通信能力，在許多防救災應用場景中已有許多應用實績如表1。

特殊應用通訊方式在頻譜劃分時已另規劃專門頻段，而商用無人機與消費無人機僅能基於國際電信聯盟無線電通信部門 (ITU, Radiocommunication Sector) 的ISM 頻段 (Industrial Scientific Medical, ISM)。包含了13.56 Mhz、27.12 Mhz、40.68 MHz、433 Mhz、915 Mhz、2.4 GHz、5.8 GHz等頻段[4]。在頻段使用中除了有資源授權低的狀況外且較為低頻的頻段往往頻寬不足以支持無人機應用時高解析度影像的傳輸，因此市面上多見如圖2具有多頻段通訊設備的整合式的地面導控站。

商業任務飛行的需求與偵查打擊有所不同，往往需要綜合多重感測資訊以及多路影像的回傳因此更像是物聯網應用的延伸。隨

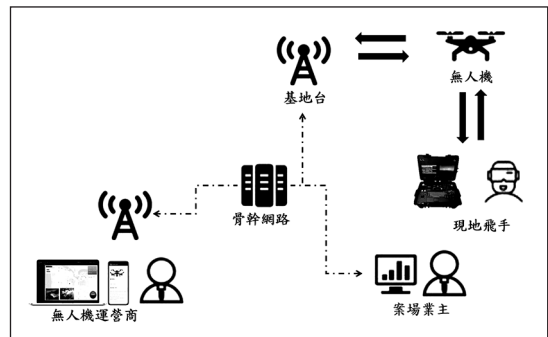


圖 3 結合行動通訊以及 UHF 通訊的任務架構

著5G時代的到來，5G的優點在IOT領域能發揮的空間將更大幅增加[5][6]。目前如圖3的任務導控架構各界還持續在摸索，如果最終能建構出一個低延遲且沉浸式互動的任務操作終端，營運商更可以透過分析各種巨量資料，利用電腦預測地障在遠端發揮地面迫近警告系統 (Ground Proximity Warning System, GPWS) 的功能並綜合天氣對於飛航任務的影響，提高每個趟次飛行任務的安全性[4]。

(三) 無人機型的選用

無人機發展至今已衍生多種構型，以起



降方式可區分為水平起降式及垂直起降兩種形式，以水平起降為主的固定翼飛機（fixed-wing aircraft）具有長距離、長滯空的特點缺點是需要較大空間進行起降。

旋翼機（rotorcraft）雖能克服起降需要跑道的限制但停懸所需功率較高，作業時間通常較固定翼飛行器短，但其優異的機動性以及快速部屬的特性還是讓許多無人機應用選擇了旋翼機此種構型，因此在市場上也出現了綜合兩種優勢的垂直起降固定翼（vertical take-off and landing, VTOL）此種特殊構型。

旋翼機在旋翼配置的不同還能夠細分為單旋翼直升機（helicopter）、雙旋翼直升機（bicopter）以及泛指三個旋翼以上的多旋翼直升機（multicopter），整體來說旋翼機在任務當中的構型是相當靈活的，目前商用較常見的四旋翼構型筆者認為除造價相對低廉外，四旋翼飛行器更有方便攜帶等優勢，但在需要較長續航力以及較大作業範圍時單旋翼直升機則更有效益。依起飛方式不同的飛行器構型分類如圖4。



圖 4 無人飛行器構型分類 [5]

心的資訊通透整合，更是未來無人機服務高價值重要路徑之一。

以設施巡檢應用為例Eric Schwartz [10] 等人提到視距外飛行讓我們在執行巡查任務時能夠最大幅度的跨越目標區了解設施的所有細節從而節省了大量時間與金錢。在美國聯邦航空局於2014年許可了無人機的商業使用後不久，就有許多公有事業將其用於基礎設施維護並透過機載感測設備取得大範圍的數據資料。

（四）視距外飛行應用市場

國內外也早已有將行動網路整合於無人機服務的作法在論文中提出。利用機載通訊模組和飛控系統的即時數據交換，加上來自聯網模組設備上所採集的資料，即構成了無人機服務系統的資訊流。有別於單純物聯網，無人機智慧化服務側重在三度空間中有效的對目標範圍查找並取得感測試距，在更廣泛的救災應用場景中將現地與情資整合中

表2顯示了公有設施巡檢的無人機業者針

表 2 無人機設施巡檢操作方式成本比較

	視距內操作飛行(VLOS)	視距外操作飛行(BVLOS)
人力需求	2人	1人
保險	\$250/人/月	\$400/人/月
薪資費用	45000-55000/人	45000-55000/人
巡檢距離	5 英里 / 8小時	50 英里 / 8小時
移動成本	65,000-80,000/人	65,000-80,000/人
油料與維護	20,000/年	20,000/年
設備	1000,000年	150,000/年
運營營銷	170,000年	300,000/年



對常規巡檢方式與導入視距外無人機導入後的成本差異比較，其中常規並使用無人機進行視距內巡檢方法的單位巡檢成本約為500 USD每英里，而使用視距外飛行的成本則為65 USD每英里，且在同樣人力配置下每月巡查量有10倍的差距。

三、視距外飛行作業環境準備

商用無人機的聯網是無人機跨出應用藍海的重要一步，結合雲端的數據資料庫，協調邊緣運算（Edge Computing）更讓無人機的每一次出動都更智慧化，下文將以實務應用的角度，導入國人所開發的雲端遙導控系統進行無人機自動飛行任務。

（一）商用無人機視距外飛行痛點

一趟全自動的視距外飛行事前規畫充滿許多變數，在路徑規劃過程就必須考量地障對飛行安全的影響並透過模擬飛行充分了解任務中對於興趣點的拍攝與感測是否精確，在現地飛行也需要多樣的資訊進行統整包含了小區域天氣資訊的即時提供，即時畫面的不中斷，飛航資訊的監控，最終完成的飛行任務亦要匯入GIS系統或相關分析工具進行畫面或感測點的數據處理，飛行任務過程中會發生的問題整理如表3。

上述的實務操作問題可概略分為任務前、任務當中、任務後三個時間點，在事前

表 3 視距外飛行任務難題

	問題現況
飛行計畫	<ol style="list-style-type: none"> 1. 事前規劃現地飛行任務無法事先掌握高程資訊地障、建物的資訊。 2. 航線規劃完畢對模擬飛行的需求。 3. 飛航申請紙本準備冗長，無法自動生成且有繁複的簽核流程。
現場協調	<ol style="list-style-type: none"> 1. 現地的小區域天氣狀況需提前確認，才不致發生到了現場卻因天候因素無法作業之狀況。 2. 現場作業畫面無法即時取得往往於事後分析或進行建模實發現有缺漏。 3. 巡檢或是植保應用缺乏一套涵蓋範圍的判斷標準流程，在現場即時回報完成度。
資訊管理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 取得之畫面以及監測數據需要一簡便的途徑轉換成GIS圖資。 2. 人工分析過程中每一個感測節點與畫面易有疏漏。



需透過工具生成安全可靠的飛行計畫，任務中從即時畫面、機上資訊回傳、雲端的監控掌握每秒飛機的任務完成狀況並透過機載裝置或雲端的感測與避讓Detect-and-Avoid (DAA) 功能確保飛行過程安全。

任務完成後所取得的畫面以及Raw data 非常繁雜，整合飛行軌跡的分析亦是一大難題。

(二) 視距外飛行任務解決方案

本節將以航見科技開發的無人機隊遠端導控系統Topology切入，介紹商用無人機聯網的遙導控解決方案，如圖5所示。

1. 4G與5G連網能力

以往無人機作業常以UHF頻段點對點傳輸數據與影像傳輸，配合筆電或平板作業。控制鏈路傳輸距離約二至三公里，在符合ISM頻段使用規範的條件下雖可將傳輸距離延伸至七至十公里。然而對於更多商用無人機應用情境來說依舊不足。因此機載4G/5G通訊裝置DroneLink如圖6，使無人機獲得行動網路通訊能力將可大大延伸作業場域。



圖 5 智慧飛行任務管理解決

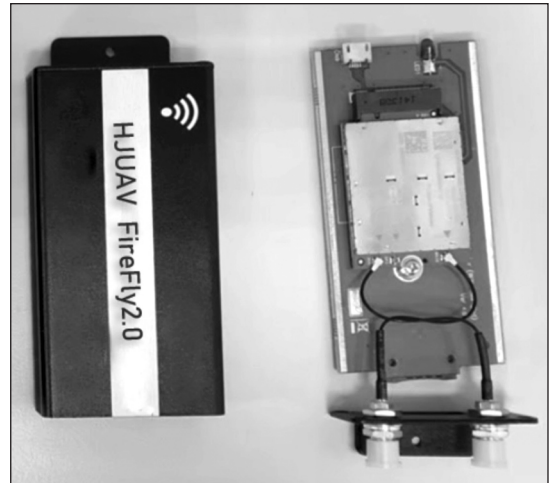


圖 6 機載 4G-LTE/5G 通訊模組

DroneLink支援飛行控制電腦的通用通訊格式，從飛控電腦上讀取並解析飛行姿態、GPS位置等資訊，整合影像串流，即時回傳至雲端伺服器，使用者便可藉由Topology桌面應用程式即時觀看無人機的作業狀況。由於使用行動網路，控制範圍不受地理距離限制。

有別於傳統數據傳輸方案只在無人機與地面站之間建立通訊鏈路，DroneLink會透過行動網路將數據即時上傳雲端，並存入Topology資料庫中，過往若發生無人機墜機或誤入禁航空域等情事，不見得能有數據佐證，但搭載DroneLink的無人機形同裝設了黑盒子 (Flight Recorder)，飛行過程中的數據都得以備份在機上與雲端資料庫，供後續調閱或檢視，減少糾紛與爭議。舉例來說，在農業案場中常發生無人機噴灑時是否誤噴鄰田之爭議，此時有DroneLink將飛行過程中的GPS位置資訊即時上傳雲端紀錄留存，就能

在發生爭議時調閱飛行紀錄檢驗是否無人機路徑確實涵蓋到臨田，便能解決紛爭。更廣泛地來說，無人機若能進行自主回報，由中央單位統一管控，便能將其納入ATM系統資料中，識別可能影響民航機航道之無人機，或在區域內避免飛行中的無人機互相碰撞，大幅增加航空安全。而DroneLink與Topology系統正符合了與現有UTM系統介接的功能，能夠及時搜集與交換無人機飛航資訊。與常見的開源地面站不同的是，Topology乃一視距外多機飛行管理系統，經授與權限的管理者可同時監看所有在線無人機之飛行航線與狀態，在必要狀況下能遠端命令無人機降落或返航，而Topology系統能解析無人機傳輸之原始訊息，以加密的HTTP持久連線進行資料交換與共享，因此航管局或其他合作單位在與Topology對接後能夠簡便而有效的接收無人機訊息，充分符合UTM系統之需求。若政府經由與產業與學界充分的討論後，能與無人機業者攜手打造UTM系統，則能有效降低開發成本，並貼近實際無人機作業需求，確保民航機與無人機視距外多機飛行之飛航安全。

2. 路徑規劃工具

無人機應用的導入最直觀的效益即是作業效率，以農業植保應用來說，傳統人力噴灑費時一小時的面積，使用無人機在二十分鐘內便可作業完成，大幅降低人力成本，也減少作業人員暴露在農藥中的健康危害。而作業效率除了仰賴機體構型、能源、動力系統等硬體設計外，飛行路徑的最佳化更是一項重要的因素[7]。針對特定範圍巡檢或農藥噴灑等作業，需要能產出覆蓋各種多邊形範圍之最短飛行路徑。如上圖7於本案例中規劃

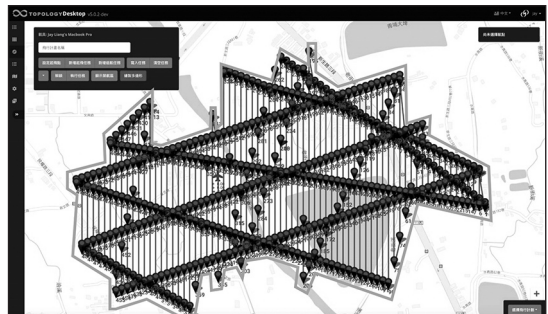


圖 7 系統整合資訊看板

軟體透過全域覆蓋路線規劃 (Coverage Path Planning, CPP) 即使在複雜交錯的凹多邊形中，也能保證涵蓋作業區域，毫無多餘的往返與連接線，並保留使用者旋轉航線角度以及調整航線間距之選項。在與眾多商規地面站軟體的比較下，TopologyDesktop 能產出不亞於前者的路徑規劃航點，但操作與介面繪製上更為直覺與精準。

3. 飛行任務模擬

傳統上執行自動飛行任務除了實際飛行紀錄，並無法在規畫初期就得知飛控電腦以及機體在任務運行中的機載資訊以及周遭地理環境，造成任務規畫中沒有現地勘查造成的碰撞風險，所幸現在透過軟體可在電腦環境運行一完整的飛控電腦，透過軟體中的動力學模型模擬無人機在飛行中的真實狀況，並且與GIS軟體進行互動提供如圖8所示的即時模擬畫面，在飛行員訓練中模擬飛行也被大量的使用在部分功能訓練器 (Part-Task Trainer, PTT) 及整合六個自由度運動的座艙執行最完整模擬的全功能飛行模擬機 (Full Flight Simulator, FFS)，同樣的在無人機自動飛行任務之初讓飛手最大限度掌握飛行中

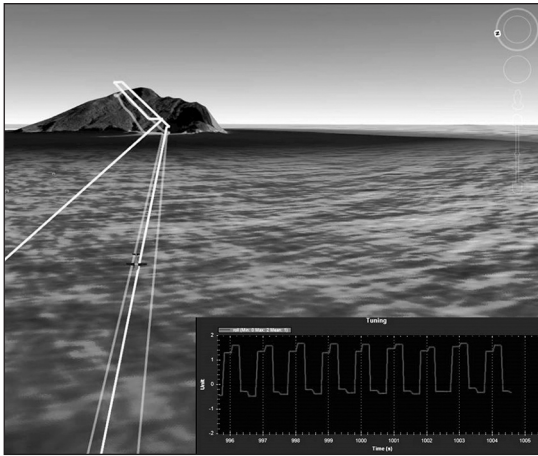


圖 8 無人機模擬任務畫面

每個任務點的視角與機身狀況亦有異曲同工之妙，除了即時瀏覽每個飛行畫面或任務過程細節外，完成後亦可得到軌跡的GPS連續紀錄資訊從不同的GIS軟體中回放與修改。

4. 機隊與任務管理

常態任務執行的效率與任務路徑管理是否得當有高度相關性如圖9，以目前產業應用中又以農業植保應用有在同區域頻繁出勤的使用型態，因此遠端導控系統亦規畫了任務自動上傳與下載的功能板塊，對於每一趟次



圖 9 機隊任務管理功能模組

的任務既可確保飛行任務資訊不遺失，更可實質協助作業飛手一抵達現場並於完成起飛檢查項目後即可自動運行先前曾在此區域執行的最佳化後飛行路徑，更可與主管機關依法即時回報作業狀況，透過一個高度靈活的數位化與客製化的服務平台，更是讓競爭對手無法輕易複製其作業流程與提升效率的不二法門。

(三) 智慧物流應用案例

即時的數據與影像回傳對於視距外飛行(BVLOS)作業至關重要，尤其是物流、救災等場域。在物流的應用場景中，2018年臺灣首度進行偏鄉山區醫療物資運補的示範飛行如圖10，即是使用Topology系統進行任務規劃以及無人機制導，將原本車程一個小時以上的遞送時間，縮短到僅十分鐘，飛越嘉義縣阿里山鄉上空，海拔兩千公尺的落差，將毒蛇血清從阿里山鄉衛生所遞送至里加部落，全程不僅使用4G-LTE通訊，為了保持血清的有效性，無人機搭載的保溫箱亦透過聯網溫控裝置保持在攝氏二度到八度之間。

任務過程亦針對多旋翼與單旋翼直升機在實務上之經驗進行能校的對比，經過實測

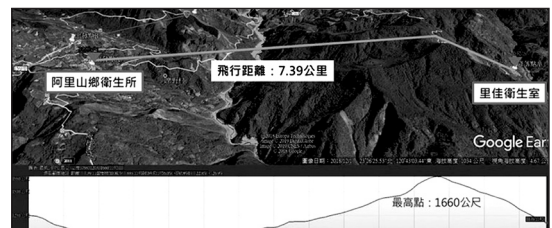


圖 10 交通部與疾管署無人機血清運送路線



	電力單旋翼	電力四旋翼
續航力	>=70min	>=35min
動力	電池與 氫能燃料電池	電池與 氫能燃料電池
起飛重量	16Kg (輕附載)	14Kg (輕附載)
推力效	電池：8.1g/W	電池：5.1g/W
	氫燃料：9.8g/W	氫燃料：6.8g/W

圖 11 多旋翼與單旋翼能效實測

後選用電力單旋無人機完成本次任務比較表如圖11。

載具推力效 (g/W) 是一項綜合考量任務需求以及附載大小的參考指標，涉及層面與引擎、馬達、載具結構材料選用、槳葉配置有直接相關，這邊只進行了兩種電源在同樣的起飛重量下的比較，以呈現構型本身差異所帶來的效率不同，單旋翼的構型在鋰聚合物電池 (Li-Po) 測試中有 8.1 g/W 的推力效對比四旋翼為 5.1 g/W，此一結果在改為使用氫質子交換膜燃料電池 (Proton Exchange Membrane Fuel Cell, PEMFC) 測試後有一樣的差異，除了槳葉、機身材質等變因，必須要考量的是多旋翼飛行時透過飛控電腦隨時對姿態進行及時修正，較單旋翼直升機的定速運轉會有更多的能量耗損，另外一方面在同級數的機種需要高載重時單軸直升機卻無法提供足夠的生力。

由此可知我們在進行長距離的飛行任務

中對於酬載重量，飛行高度與續航力的選用與預估需要非常多的考量與模擬方能確保無人機能夠順利完成任務。

四、導入長距離導航系統之效益

案例公司透過導入視距外飛行任務導控系統，在不增加設備與人力下，實現資源利用最大化及降低對於人力與經驗的依靠，總結後有以下的改善成果與效益：

1. 透過模擬飛行系統將路徑中各任務點參數化與標準化，整體規劃的時間由原來需要 30 小時勘查規劃縮短到 3 小時。
2. 系統可將飛行資料自動產生 3D 路徑檔及派工單，減少人工作業疏漏，數位化的聯網作業環境連結飛行案場與後端分析人員，減少原本各單位對檔案、資料維護與備份的作業。
3. 無人機具與區域級及國家級 UTM 系統對接能力，實現邊緣段與雲端的感測與讓避 (DAA) 能力最大限度的避免無人機在運行中的碰撞意外。
4. 整合天氣風險評估，讓任務在設計階段時即可同步評估任務的可行性，節省作業時間，避免傳統無人機作業設備到達現場後卻無法升空的試誤成本。
5. 現場人員與領域專家可透過平台即時溝通因行業中探測項目與畫面需求提升探勘與巡檢任務完成度創造差異化服務價值。



系統具有權限管理的機制，未經驗證的使用者無法存取不具權限的資料或任務紀錄，有效避免因為錯誤的資料導致加工錯誤的發生。

透過任務現場的機聯網設備與雲端服務，將事前規劃的任務與現地的施工過程可以被自動收集，無人機操作者無需停下工作進行資料輸入、分析等作業。這些資料完整地串聯起來後，在後製程便能在及早取得正確資料時來提前因應，有效縮短等待和準備的時間。並可將這些軌跡資料作為後續優化飛行任務改善的依據。

五、結論

目前都在談「企業專網」、「垂直場域」，目的無非是希望藉由5G技術強化資安及可靠度等競爭力，因此各種產業都可能因為此一技術的引入，引起新一波的產業革命，由於遠程自動導控任務是一個由人、機器與分析高度整合的系統化作業流程，而非僅是設備自動化升級。從上述案例導入的介紹中，在硬體的效能提升與軟體配套同步必然同時發生，在無人機聯網應用的發展歷程中，無人機的使用是大勢所趨，而價值累積不只是在飛機操作端而已，無人機營運商對於欲導入的既有產業更需在每次飛行任務中所收集資料思考價值創造與經驗如何累積在企業之中，更重要是要能夠協助團隊避免過程中任何錯誤發生，更能在新的技術導入後的新形態服務流程中發展決策輔助工具，提升無人機進入商用市場的效益輔助既有產業轉型。

六、未來展望

在可預見的未來透過5G低延遲及大頻寬的特性。讓無人機在執行各項三維空間中的測繪、救災、物流等專業服務大大提升了工作效率。5G也能提供無人機實現各種複雜的應用。使用TOPOLOGY這樣的雲計算服務就可達到多台無人機實現多機協作，以及AI增值服務的無人機隊優勢。無論在一級產業的資訊化發展或工業、軍事等專業領域應用，相信無人機與5G的結合都將把物聯網及機器人產業帶往空中全新的高度，跳脫以往IOT平面覆蓋的思維，創造臺灣各項航太產業相關供應鏈及技術服務的新藍海。

參考文獻

1. Jeremy Grogan, "107 BVLOS Waivers", FAA UAS symposium, 2019.
2. 林清一，邵珮琪，葉雲兆，「無人機飛航管理(UTM)系統」，中國工程師學會工程會刊 92 卷 04 期，108 年。
3. UK Civil Aviation Authority, "Beyond Visual Line of Sight in Non-Segregated Airspace", CAP1861, November 2019.
4. 張昕，「消費類無人機圖傳系統設計中的一些關鍵」，雷鋒網，pp.2-5，2016 年。
5. Vishal Sharma, "Advances in Drone Communications, State-of-the-Art and Architectures", MDPI, 23 February 2019.
6. Bin Li, Zesong Fei, Yan Zhang, "UAV Communications for 5G and Beyond: Recent Advances and Future Trends", IEEE Internet Of Things Journal, Vol. 6, No. 2, April, pp.2245-2258, 2019.
7. Precisionhawk, "The Economics Of Using Drones For Beyond Visual Line Of Sight Inspections", Skylogic Research, 2018.
8. Ming-Der Yang, Yu-Chun Hsu, Hsin-Hung Tseng, Wei-Cheng Tseng, "Applications of Unmanned Aerial Vehicles to Precision Agriculture", 科儀新知 220 期，September 2019.