



# 論無人機商用服務與整合技術

中華電信研究院副研究員 / 林俊佑

關鍵字：無人機、飛航管理系統、智慧巡檢、5G 通訊

## 摘要

近年來，空中無人機軟硬體技術逐漸成熟，促使各種無人機應用服務百花齊放，例如：物流遞送、農業噴灑、警用巡檢、設施巡檢、環境監測、視覺表演等不同的應用。預計未來幾年內，商用無人機市場商機將大幅度成長，同時無人機相關技術方案將更廣泛地應用於不同領域中，並產生新型態的服務或商業模式。因此，本文將從無人機技術、產業現況，以及應用服務不同層面來說明無人機的技術與市場趨勢，同時以中華電信為例，介紹中華電信如何以5G通訊技術為基礎，打造5G無人機解決方案，解決目前政府與企業在設施與環境巡檢上所遭遇的難題。

## 一、前言

早期無人機的發展主要是以軍事國防用途為主，但近年來無人機核心技術的進步、硬體成本的降低，以及飛行穩定度與安全性

的提升，讓無人機漸漸地從過去國防應用，開始在消費與商用市場領域迅速發展起來。一般而言，根據用途分類，無人機可分為消費型及商業型兩類。消費型無人機比較傾向於航拍攝影、娛樂展演等娛樂面，讓一般人也能夠輕易上手地操作無人機；而商業型無人機的應用則廣泛許多，在農作實務、智慧巡檢、物資運送及建築工程等廣泛領域都可以看到它的應用蹤影。

由於無人機具備高度機動性，能夠輕易飛往人類難以到達或危險的區域進行作業，並將拍攝影像即時回傳至後端，甚至搭配深度學習AI辨識與偵測技術，做到各類型的智慧巡檢應用。因此，越來越多企業、政府、執法機關都期望運用無人機來取代傳統人力，執行高危險且耗力的工作，提升傳統作業效率。

## 二、無人機簡介

在享受無人機便利性同時，無人機操控



安全性也受到政府重視。本國民航局於民國109年3月31日頒布遙控無人機專章，規定法人或自然人操作無人機前，必須有合格的操作證及註冊無人機於民航局，藉以確保無人機操作的「責任制」。

### (一) 無人機管理規則

民航局透過無人機構造將其分類為：無人飛機（定翼機）、無人直升機（單旋翼）和多旋翼無人機，並依照最大起飛重量2 kg、25 kg及150 kg進行劃分。操作者必須依照操作證分級進行考照，才能合法地操作對應起飛重量之無人機。如果操作者有排除限制需求，需考取G1、G2、G3三類之專業操作證，才能排除飛行限制（高度400呎以上、視距外飛行、物流投擲、夜間飛行、人群飛行等）。

### (二) 無人機介紹

無人機全名稱為「無人飛行載具 Unmanned Aerial Vehicle」（UAV），可簡單定義為沒有搭載飛行員，且可重複使用的飛行器，主要透過無線通訊系統從遠端操控，搭配全球定位系統（GPS）、慣性導航系統（IMU）等，來進行半自動或全自動導航飛行，涉及了感測器、通訊協定、影像處理、智慧控制及航空動力推進技術等，其價值在於形成空中平台，並結合其他組件擴展應用，以替代人類完成空中作業[3]。

### (三) 無人機服務與應用

目前商用無人機的服務應用相當多元，

如：農藥噴灑、場域巡檢、設施巡檢、災害救援、物流遞送，以及空中通訊平台等應用。

1. 農藥噴灑：無人機以定速、定高及定量噴灑飛行，不只是提升作業效率，一方面也能減少地形限制與農作物遭受輾壓的風險。
2. 場域巡檢：定期派出無人機巡檢場域、園區，當有可疑人士、車輛出沒時，可第一時間發出警示告知後端，達到空中巡邏效果。
3. 設施巡檢：利用無人機拍攝設施（電塔、橋梁）影像，並結合AI辨識技術找出設施異常情況（脫漆、裂縫、鏽蝕）所在位置。
4. 災害巡檢：可扮演救災的關鍵角色，協助空中拍攝進行勘災，以加速救援過程中的任務安排，大幅提升救災人員及災民的生命安全保障。
5. 物流遞送：運送必需品、運輸急救物資到山區等偏遠地區來投入救災工作，讓無人機能夠在緊急救難時達到挽救生命的作用。
6. 空中通訊平台：透過無人機飛到倒塌基地台處，提供WIFI、LTE、5G的通訊環境，形成空中網路熱點讓災民可以取得訊號。

### (四) 無人機整合技術

隨著各項應用的崛起，對於無人機的自主性要求也愈來愈高，因此無人機廠商開始將其發展重點朝向整合性技術開發，讓無人

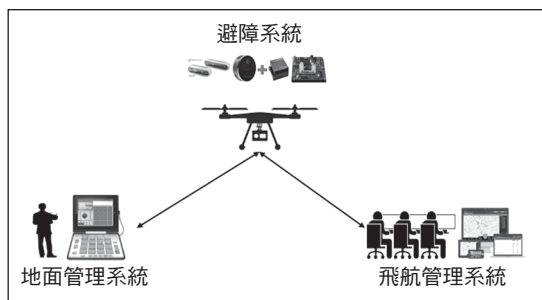


圖 1 無人機整合技術

機每次執行任務時，能夠在完善的監控下，安全、有效率地完成各項任務需求。相關主要技術包括：飛航管理系統、地面管理系統、避障系統，期待藉此充份發揮無人機之優勢，如圖1所示。以下章節將會一一介紹這些無人機整合主要技術。

### 三、飛航管理系統（UTM）

近幾年來，無人機應用越來越廣泛，不論是個人拍攝影片、表演、商業用途等活動都能夠使用。但是當大量無人機飛上天空時，可能造成空域安全的隱憂，為了因應未來新型態的無人機服務，必須開始思考如何更安全地、有效率地管理無人機。

#### （一）UTM 簡介

無人機飛航任務管理系統，其理念是讓所有飛行中的無人機即時狀態都能傳送到UTM雲端以納入控管，可讓營運業者或管制單位，能夠以管理者身分，對無人機進行必要的監視與管理。並在飛行空域有緊急情況、安全疑慮等事件發生時，可隨時介入無人機的飛行，讓飛手能夠有序安全地執行

飛航任務。

#### （二）核心技術

無人機可藉由廣播式自動回報監視（Automatic Dependent Surveillance-Broadcast，ADS-B）透過衛星導航系統確定其位置，並進行定期廣播使其可被追蹤，再透過導入行動通訊4G/5G、XBee、LoRa、APRS等技術，將無人機座標位置、高度、航向、速度等數據回報UTM雲端，使UTM伺服器處理無人機資料，建立無人機系統飛航大數據，並將這些數據進行分析或用來延伸更多應用服務[2]。

#### （三）功能服務

藉由無人機狀態數據，延伸出多種功能服務，如：無人機、飛行任務管理、禁航區顯示、電子圍籬設定、歷史紀錄調閱、多分割監控、模擬航跡等功能：

1. 無人機管理：無人機註冊於UTM後，便可即時監控該架無人機動態數據（座標、影像等資訊）。
2. 飛行任務管理：可自行對無人機設計自主巡檢任務，規劃飛行路線，並指定起飛時間，讓無人機能夠自動執行任務。
3. 禁航區顯示：可透過電子地圖查看該飛行區域否為禁航區。
4. 電子圍籬：可自訂電子圍籬區域，當無人機超出電子圍籬區域時，會立即警示並對無人機自動發出返航或降落指令。



5. 飛行歷史紀錄：可調閱每次無人機飛行後的歷史紀錄，其包括無人機飛行路線、AI辨識事件（人員偵測、車輛偵測等……）、無人機歷史影像。
6. 多分割監控：可同時監控正在飛行之多台無人機，顯示其資訊、路線、影像，並以多分割畫面呈現。
7. 模擬航跡：可事先測試欲飛行路線於電子地圖中，用來檢查其飛行航跡有無異常或偏離，以檢查航跡正確性。

#### 四、地面管理系統

地面管理系統是透過無線通訊方式（WIFI、LTE）與無人機進行雙向通訊，讓飛手可透過該系統對無人機指揮、控制、規劃任務，同樣也能接收無人機飛行姿勢、座標、影像等即時數據，以便飛手隨時監控無人機之狀態，並根據需要修改其任務航線。

##### （一）系統介紹

原本是設計成內建無線通訊模組且高效的在地面控制站，支援搖桿操控功能及自帶顯示螢幕，用來即時接收與呈現多種重要的飛行資料。而近年來，陸續有廠商開發專屬地面飛行軟體，能夠直接與手機、平板等載具端對接，透過APP與無人機溝通、下達指令，如圖2所示。

##### （二）系統功能

由於地面管理系統的簡易化，讓一般飛



圖 2 高效能及 APP 地面管理系統 [5]

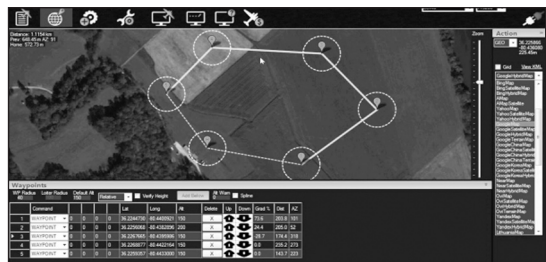


圖 3 地面控制站呈現畫面 [6]

手於現場操作時，能直接透過其UI/UX，只需輕點螢幕，便可輕鬆規劃複雜的航線任務或設定電子圍籬，來達成與無人機的即時監控、基本操作、任務排程等功能，如圖3所示。

1. 即時監控：顯示無人機之電池電壓、座標、高度、方向、姿態、飛行速度、飛行路徑、GPS狀態等資訊。
2. 基本操作指令：控制無人機進行起飛、停懸、旋轉、返航、降落、旋轉、傾斜、模式切換等動作。
3. 故障報警與自救：當無人機因為電池、動力、感測器等因素造成異常時，自動告警並觸發緊急指令，如：返航、降落、懸停等動作，使無人機降低失事機率。
4. 任務排程：自訂規劃航線任務並設定排程



與週期，上傳到無人機後即可透過一鍵起飛執行任務。

5. 安全功能：設定電子圍籬、斷訊處理機制（返航或降落）、低電力警告等機制。
6. 軌跡調閱：顯示每一次任務後的軌跡、航點即時影像，並整合高度、羅盤、IMU等資訊供使用者調閱，只要滑鼠移到軌跡中的某個航點就可顯示出資訊。
7. 自動軌跡記錄：當使用者手動飛過一次任務後，可根據這次的飛行軌跡計算出最佳路徑並自動匯出任務，供下次自動飛行。

## 五、無人機避障系統

無人機雖然靈活又敏捷，但在飛行過程中，始終最關心的就是其飛行安全問題，如果無人機因為操作不當、氣候、設備等各種因素，造成無人機遇到障礙物卻沒能及時閃避，可能造成無人機墜機意外，使得無人機機體、建築物的損壞，甚至傷及人身安全。

因此完善的無人機自主避障系統，能夠大幅減少因操作失誤造成的事故，而目前無人機避障系統主要是在機身上裝載感測器，藉由收集各種環境數據，來達到避障效果，因此整理了目前市場上較為主流的感測器如下：

1. 超聲波測距：對於無人機超音波感測器能夠放在機身的前後左右四個方向，在無人機飛行過程中，能夠對周圍遮蔽物進行距離上的監測。而放在機身上方或下方，則可以在起飛或降落時，避免無人機因為速

度太快，直接碰撞到天花板或地面造成機體受損。但其缺點是有效距離約5公尺，並且對應的反射物體必須是平面光滑，如果是凹凸不平的草地就會造成距離上的誤判。

2. 紅外線測距：透過感應器發射出紅外線光波時，其光波遇到物體之後，光會反射回來，當檢測到反射光後，再通過結構上的幾何三角關係光波到接收端，而根據距離的遠近，反射的強度大小也會有所差異，以此計算出無人機與障礙物之間的距離。
3. 飛時測距：Time-Of-Flight (TOF)，其原理跟超聲波測距相似，藉由發射器發出光脈衝，讓光波碰上物體使其反射，再由接收器接收反射光，並透過發射跟接收之間的時間差，來計算出無人機與障礙物之間的距離。而且跟超聲波相比，光速遠快於音速，因此能讓無人機更加即時的計算出距離數據。
4. 立體視覺：其原理是以雙鏡頭模仿人類雙眼視覺進行測距，藉由無人機上的兩組鏡頭直接對前方障礙物進行測量，計算障礙物與鏡頭之間的夾角，再以三角測距定理，計算出障礙物與無人機之間的距離，這便是所謂的「視差」，而視差的大小對應着障礙物與鏡頭之間距離的遠近。但其缺點是容易受到光線角度、強度影響。

各種感應器都有其相關優點與缺點，因此目前大多無人機的廠商，是藉由視覺圖像複合型技術（以立體視覺感測器為主，輔以超聲波、紅外線感應器搭配，如圖4所示），



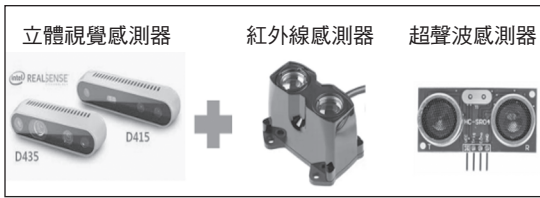


圖 4 复合型避障系統

來實現無人機三維避障系統，讓無人機在飛行中能夠更加智能，順利地完成任務。

### 六、中華電信智慧無人機平台

今年中華電信5G服務開台，其高頻寬、低延遲的特性可大幅強化無人機以往的相關應用，例如：能夠更即時地傳送高畫質影像、控制大量群飛無人機、無人機飛航管理，這些應用都是需要透過高速的網路系統，來聯繫無人機與控制系統間的數據與指令傳輸。

為了能打造出完整的空中智能應用服務，目前中華電信以5G為無人機平台打造了以下許多服務與應用：

#### (一) 無人機飛航管理系統（中華 UTM）

欲打造更多無人機服務應用同時，最重要的是必須先有個完善的無人機管理系統。因此中華電信透過科技部前瞻產學合作計畫，與長榮大學合作開發出中華UTM，採用(ADS-B Like)技術，讓UTM管制中心可以隨時監控無人機狀態，提供安全飛行指引。

針對管理部分，UTM提供無人機及飛行任務規劃管理，可註冊無人機於UTM下，並

無人機管理									
無人機編號	無人機名稱	無人機機體編號	狀態	目前經度	目前緯度	高度(m)	地圖	修改	刪除
S01	S01	tt-02	已過時						
00044b	板橋	無人機	00044b	已過時					
22112x	博得智慧派送無人機	22112x	已過時	221.604019	25.0047226	7455			
ss004b	ss004b	S01	已過時						

飛行任務列表									
無人機編號	操作人員編號	預定起飛時間	逾期性飛行	逾期參數(m)	AI辨識引擎	執行	修改	刪除	
22112x	844	2020-09-01 16:31	關閉	1 Hour	人形無人機測	執行	修改	刪除	
00044b	yui6	2020-06-03 14:52	啟動	5 Days	人形無人機測	執行	修改	刪除	
00044b	t02	2020-06-04 14:32	關閉		裝磁偵測	執行	修改	刪除	

圖 5 無人機及飛行任務列表

依照情境、需求自訂規劃任務，而當無人機執行任務時，便可能從UTM系統中監控無人機動態數據，如圖5所示。

安防部分提供了模擬航跡、禁航區顯示、電子圍籬設定，讓使用者在飛行前，能夠事先查看該區域是否為禁航區，並模擬飛行路線，確認飛行路線正確性，以及預先設定好電子圍籬，便能限制無人機於該區域飛行，減少飛安事件的發生，如圖6、圖7所示。



圖 6 模擬飛行航跡



圖 7 國內禁航區與電子圍籬區域



圖 8 無人機飛行歷史紀錄



圖 10 裝載急救物資後，至指定地點拋投物資

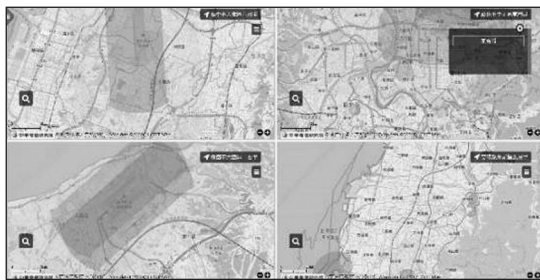


圖 9 UTM 多分割畫面顯示

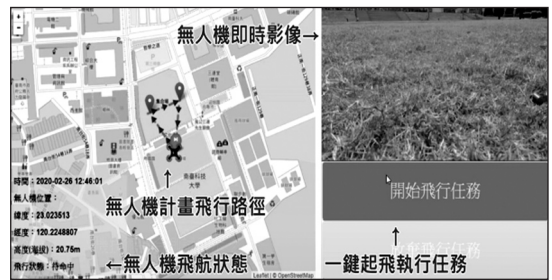


圖 11 物流遞送 APP

歷史紀錄部分，提供使用者能夠查看每次任務後的飛行軌跡、影像及AI辨識事件。透過這些紀錄數據也能對後續規畫最佳飛行路徑時有所幫助，如圖8所示。

無人機監控部分，透過多分割畫面，可同時查看多台無人機的飛行路線跟影像，即時掌握所有無人機的動態資訊，如圖9所示。

## （二）智慧物流遞送服務

中華電信與民間企業合作，開發全自動物流遞送無人機，透過專屬的物流遞送APP，能夠一鍵驅動無人機執行遞送任務，派遣無人機將載具內的急救物資送到目的地進行投擲，順利讓需求人員取得物資並成功

返航。全程中透過5G通訊傳送即時影像，管理者也能透過中華UTM以視距外模式來確認無人機完成遞送任務，如圖10、圖11所示。

## （三）無人機安防巡檢系統

中華電信與民間企業合作，打造出無人機安防巡檢系統，透過中華UTM預先設定任務路徑，派遣無人機進行視距外飛行，以無人機空中視角巡檢園區，並搭配5G通訊即時傳輸影像到AI辨識引擎，能夠第一時間針對可疑人員、車輛進行辨識，讓管理方隨時掌握園區狀況。而無人機在任務完成後會自動返回園區頂樓的無人機停機坪內，進行自動充電，無需人工替換電池，如圖12、13所示。



圖 12 無人區巡檢路線圖

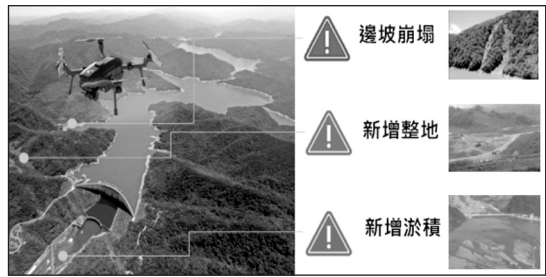


圖 14 無人機水庫巡檢

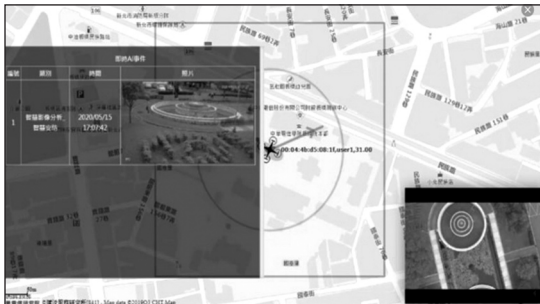


圖 13 可疑人物告警顯示

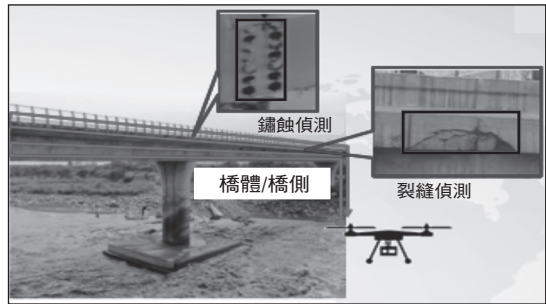


圖 15 無人機拍攝橋梁裂縫

#### (四) 無人機設施巡檢（水庫、橋梁）

中華電信與政府單位合作，將傳統需要透過人力的設施巡檢，導入無人機技術及中華UTM，以實現自動化定期設施巡檢：

1. 智慧水庫無人機-牡丹水庫：建置無人機系統，定期自主飛行巡檢，偵查是否有人進行濫墾、盜採的不當行為，並利用蓄/集水區的長期空拍影像，檢查水庫的土建構造物、周邊邊坡是否有異常，以確保水庫的安全，如圖14所示。
2. 橋梁巡檢無人機-新威大橋：事先由飛手人工操作無人機以收集飛行紀錄與無人各項感測器數據，結合AI技術規劃出最佳飛

行路徑。再將巡檢時的空拍影像結合中華電信IoT大平台（橋梁裂縫AI模組），精確地找出橋梁裂縫、鏽蝕所在位置，如圖15所示。

#### 七、無人機瓶頸與安全議題

在龐大無人機市場下，現階段商用無人機的服務應用發展速度最快，但事實上，無人機仍存在些技術上的瓶頸跟安全上的疑慮需要探討，方能創造出多元且安全的無人機環境：

##### (一) 無人機技術瓶頸

從廣義來看，無人機不僅提升以往工作





上的效率，更也為許多行業帶來人員的安全保障。但這些關於無人機的發展，其實仍有以下技術上的瓶頸：

1. 通訊技術：無人機在飛行過程中，如果太接近電塔、基地台、頻段接近的電台廣播，無線遙控和即時影像傳輸的訊號便很有可能會受到干擾，造成無人機通訊、定位異常，因而導致無人機發生失控、意外。
2. 避障系統：由於環境、地形、氣候等因素，可能使無人機在飛行過程中，感測器的誤判或失靈造成避障系統失效，導致無人機碰撞及墜毀。而這些感測器面對著突發的天氣狀況或空中的障礙物卻是束手無策。惟有把GPS定位、圖像導航與物體感測器整合起來，令無人機能夠對周遭環境進行預判、甚至有主動修正飛行姿態以迴避障礙物，才可徹底解決問題。
3. 電池續航：為減少體積與重量，無人機所裝載的電池容量有限，目前無人機的續航時間大約為30分鐘左右，並可能因為環境因素，減少其飛行時間。

往往像是設施巡檢、搜索救援等情境，是需要長時間續航要求，因此目前有廠商針對開發高性能電池來提高續航力，或是透過燃料電池（氫動力）取代傳統鋰電池，都是為求根治問題之道。

另外，接觸式無人機充電台也可幫助無人機因電量不足而返航的問題，當無人機降落到平台，便可對無人機自動進行充電，並透過機隊管理，讓下一台無人機能夠繼續任



圖 16 無人機自動充電站 [7]

務，實現無間斷的任務需求，如圖16所示。

## （二）無人機安全與因應

無人機相關技術及市場越來越成熟，一般民眾都能夠輕易取得及操作，但也延伸出一些相關的安全上的議題值得我們思慮。

1. 禁航區域飛行：民眾不經意地就在禁航區中操作無人機，可能對交通、航空造成莫大地威脅。如果無人機不小心撞上民航機、高鐵等交通運輸設施，可能會造成嚴重事故及人員傷亡，如圖17所示。因此民航局於民國109年3月31日制定了全台禁航區區域及無人機相關條款，希望民眾們在操作無人機時，可以符合安全管理、互相尊重及承擔責任的原則下，從事遙控無人機活動。



圖 17 無人機與民航機碰撞示意圖 [8]

2. 資安風險：無人機是透過無線通訊進行操作，所以在不安全的網絡或未經加密的通訊管道下操作無人機，可能讓有心人士輕易駭入無人機內部系統，便可直接截取無人機的影像、數據，甚至是控制權。並對修改、偽造數據，讓無人機偏離原先任務目標，或是直接癱瘓機體本身而影響到飛航安全。因此在資安上，必須對無人機、UTM伺服器、地面管理站這些軟、韌體系統中，添加非對稱加密機制以進行認證，並在飛控SDK中增加驗證機制，確保在操作無人機過程中，提供足夠安全的保護機制。
3. 恐怖事件：無人機如果讓有心人士或恐怖分子改造作為新式武器，於人群、政治領袖、重大設施附近進行恐怖攻擊，後果將會不堪設想，導致無人機引發安全隱憂。所以在無人機發展進步的同時，反無人機技術也正在同步進行，常用的有電磁戰干擾、探測追蹤、預警技術或入侵訊號等方式，藉由早一步偵測到無人機的位置，再透過反制設備干擾、接管敵方無人機作為主要方式，如圖18所示。

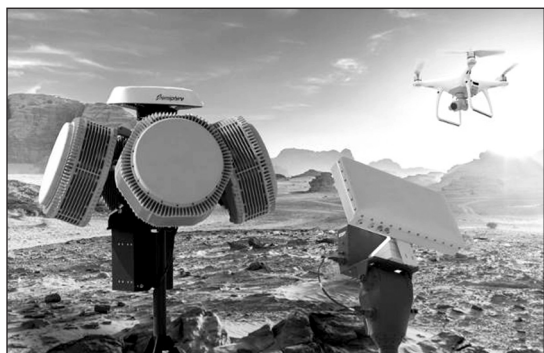


圖 18 Drone Dome 屬車載反無人機系統 [9]

## 八、結論及未來展望

目前國內多家企業皆投入無人機這塊龐大的市場，針對無人機開發各種延伸應用。

### (一) 無人機市場與趨勢

無人機能夠應用的領域相當廣，擴及軍事、企業、政府、民生應用，而且無人機的優點是可以降低人力成本來執行偏遠且高風險的任務，並且能夠即時回報拍攝影像，第一時間掌握現場狀況，因此成為空中平台產業重要的發展趨勢之一。

現在國內5G通訊服務已開台，相信透過5G的高速通訊之下，可以讓無人機在執行任務中，不管是地形探勘、空拍地圖、3D建模、拍攝4K高清影像時，都能夠大大提升效率及品質，甚至在機隊管理時，能夠讓UTM、地面管理站更迅速接收、分析無人機狀態，並即時下達正確的指令給群飛無人機，來對飛行空域實現更有效的管理及應用。

### (二) 中華電信無人機平台未來發展

#### 1. 最佳飛行路徑規劃技術：

中華電信目前致力於開發無人機飛行控制系統及路徑規劃技術，希望無人機在執行任務時，讓無人機透過分析數據及決策模組，能夠自動判斷及閃避障礙物所在地，順利完成任務並成功返航；以及在每次的飛行過程中，取得飛行數據與紀錄，來自動最佳化下一次的飛行路徑，讓任務最大效益化。

#### 2. 空中廊道：

雖然無人機具備探測、航拍、廣播等功



能，但這些並沒有上升到交通運輸管理的層面，於是當多台無人機在天空上飛行時，民眾們難免憂心其飛行安全性。因此，中華電信未來希望跟政府合作，設計一套能讓無人機空中飛行的專屬高速公路-空中廊道。

空中廊道不同於傳統的二維平面道路，是以三維方式規定無人機必須於特定高度內飛行，制定像一般地面道路類似的通道，讓無人機可以在這條隱形廊道裡，安全且迅速地執行任務，不需擔心多台無人機同時執行任務時，可能造成交通時的打結或是碰撞意外。

#### 參考文獻

1. 尹魯杰，“基於小型涵道無人機地面站軟體設計”，103年5月。
2. 林清一，“階層式無人機飛航管理系統研發簡報”，109年2月。
3. 財團法人資訊工業策進會，“無人機應用在5G的發展潛力觀察”，108年12月。
4. W15地面站控制系統，<https://www.81uav.cn/product/4555.html/>
5. DJI GS Pro地面站專業版，<https://www.dji.com/tw/ground-station-pro/>
6. mission planner Introduction, [https://erlerobotics.gitbooks.io/erle-robotics-erle-copter/content/en/choosing\\_a\\_ground\\_station/index.html/](https://erlerobotics.gitbooks.io/erle-robotics-erle-copter/content/en/choosing_a_ground_station/index.html/)
7. 電信操控無人機隊解決方案，<https://udn.com/news/story/7241/4248926/>
8. Altitude Angel事故通報系統，<https://dronesplayer.com/uav-news/altitude-angel>
9. Drone Dome, <https://www.rafael.co.il/worlds/air-missile-defense/c-uas-counter-unmanned-aircraft-systems/>