



無人機飛航管理（UTM）系統

長榮大學無人機中心主任、UTM 計畫主持人 / 林清一
長榮大學無人機中心執行秘書、UTM 計畫執行長 / 邵珮琪
中華電信股份有限公司、中華電信研究院 / 葉雲兆

關鍵字：無人機系統、即時飛航管理、類自動回報監視、雲端系統、感測與避讓

摘要

無人機將開放可以在有限空域做各種用途的飛行，未來大量無人機飛上天空，將造成空域安全的隱憂，因此無人機必須建立類似有人機的回報監視技術，全面監視與管理無人機的飛行，協助飛行操作更保障空中安全。參考有人機的飛航管理（Air Traffic Management, ATM）的作業架構中通訊、導航、監視（Communication, Navigation, Surveillance, CNS）三個核心技術，無人機的飛航管理（UAS Traffic Management, UTM）將採用「類自動回報監視」（ADS-B Like）通訊技術，針對不同屬性的飛行器進行即時監控管理。依據民航局法規以400呎高度區隔，無人機飛航管理（UTM）系統將分出低空歸地方政府管轄的區域型無人機飛航管理（Regional UTM, RUTM）、或高空歸民航局管轄之全國型無人機飛航管理

（National UTM, NUTM），各司其職。UTM採用「類自動回報監視」（ADS-B Like）通訊技術，透過分佈各地的數據接收中繼閘道（Gateway），將無人機的飛航數據回報到一個「UTM雲端」（UTM Cloud），接收及彙整無人機資料並分送到各地區的RUTM或全國的NUTM，讓所有無人機都可以統一監控。UTM系統也將建立管制席位，以多螢幕、多視窗的分區無人機追蹤管理，讓管制員得以完全掌握無人機的動態活動。無人機將開放可以在低空做各種用途的飛行。無人機上裝置類自動回報監視可靠、穩定的通訊裝置，將動態位置即時傳送到無人機飛航管理（UTM）中心，才能將無人機全面監控。透過軟體監測與運算，RUTM將執行低空層無人機的感測與避讓（Detect and Avoid, DAA）的功能，高空層無人機透過空中導航服務（Air Navigation Service Provider, ANSP），將無人機飛航數據再廣播（Rebroadcast）到



ATM 系統，讓有人機獲得空中避撞與隔離的資訊。

一、研究背景

國家空域系統 (National Airspace System, NAS) 是1960年代美國聯邦航空署 (Federal Aviation Administration, FAA) 為民用航空有人機的飛航管制 (Air Traffic Control, ATC) 所開發的基礎架構。基於國家空域系統的架構，以通訊、導航、監視及飛航管理 (Communication, Navigation and Surveillance and Air Traffic Management, CNS/ATM) 為核心的技術發展計畫於2010年1月1日啟用，引進衛星資源，例如全球定位系統 (Global Positioning System, GPS) 與衛星通訊 (Satellite Communication, SATCOM)，來建立無縫隙的通訊能力 [1]。在如此的環境下，「廣播式自動回報監視」 (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast, ADS-B) 技術的發展，提升了飛機定位資訊廣播給鄰近的飛機及地面飛航管制中心，建立飛機間空中交通與隔離的充分掌握。使用ADS-B的飛機將統一由國際民航組織 (ICAO) 頒給特定序號編碼，做統一的管理。

1990年代以來，無人機 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 及無人機系統 (Unmanned Aircraft System, UAS) 的發展逐漸成熟。UTM 為美國航空太空總署 (NASA) 開始研究，期望建立一套合理且有效的系統來輔助無人機操作下的飛航安全 [2]。美國研發的UTM系統概念聚焦在從低空飛行的大型無人機至進入高空融合空域

(integrated airspace) 做長程的任務飛行。事實上軍用無人機早就進入國家空域系統 (NAS) 執行任務了。在飛航管制所關切的，整合無人機系統進入融合空域將引起國家空域中飛行的有人機飛航安全上的嚴重關切[3]。

「廣播式自動回報監視」 (ADS-B) 已經成功的驗證為航空監視極為有效的技術。然而FAA及ICAO還是無法全面依賴ADS-B，次級監視雷達 (Secondary Surveillance Radar, SSR) 仍有存在互補的需要。ADS-B技術在有人機的飛航管理 (ATM) 與無人機的飛航管理 (UTM) 將會有相同的重要性。因為1956年的空中碰撞事件，以機載孔徑雷達 (Airborne Aperture Radar) 訊號為主的航情警示與空中避撞系統 (Traffic Alert and Collision Avoidance System, TCAS) 已經於1990年成為19人座以上客機的必要主動避讓設備[4]。從 ADS-B 系統概念來評估，TCAS 的功能可以藉由軟體來計算回報數據，評估兩架飛機最接近的位置 (closest point of approach, CPA) 以產生避讓的警告訊號[5]。因此，無人機系統將利用類似的自動監視技術，透過「再廣播自動回報監視」 (ADS-R) (Rebroadcast) 延伸到有人機航空系統的TCAS功能[6]。

無人機可以動力、升力及性能來分類為旋翼機或定翼機。指令與控制 (command and control, C2) 的通訊功能為視距內 (VLOS) 與視距外 (BVLOS) 飛行操作的主要方式。小型無人機 (Small UAVs, sUAVs) 預期將開放於都會區外或郊區400呎以下的空域，提供不同應用的任務飛行[7]。無人機系統進入高



低空域飛行終將同時威脅到有人機的飛航，UTM與ATM將同樣的重要，提供無人機及有人機應有的安全隔離。對於大型、高性能、長程飛行的固定翼無人機，UTM將必然要整合進入NAS的融合空域，與ATM結合為一體[2]。

民用航空法修訂案已經於2018年4月25日公告實施無人機專章，將於2020年3月31日起開放並管理無人機合法飛行[8]。本文提出一套無人機系統飛航管理(UTM)基礎架構，採用與有人機ATM類似的系統概念(Concept)與基礎架構(Infrastructure)，引用通訊、導航、監視(CNS)為基礎，進行無人機與系統(UAV/UAS)的管理。其中針對無人機的監視所需的通訊裝置，本系統提出類自動回報監視(ADS-B Like, Automatic Dependent Surveillance-Broadcast Like)技術下的通訊基礎架構，導入行動通訊4G/LTE (Long Term Evolution)、XBee、LoRa (Long Range Wide Area Network)以及業餘通訊玩家與義消所使用的自動封包通報系統(Automatic Packet Reporting System, APRS)給小型無人機使用[9]。在UTM發展中[2]，400呎以下空域歸地方政府管轄，400呎以上則歸民航局管轄[8]。階層式UTM將以相同的建構基礎發展為地方與全國不同的程序上來使用的區域型UTM(RUTM)及國家型UTM(NUTM)以利分層管理運作[10]。

在無人機眾多的實施計畫中，UTM的監視功能必然是未來最重要的一項技術實施。有效的回報通訊技術基礎設施及合法可用的頻率是解決UTM數據回報最重要的關鍵技術。

UTM系統中無人機的感測與避撞(UAS DAA)將採用類似有人機ATM所發展的「廣播式自動回報監視」(ADS-B)中的航情警示與空中避撞(TCAS)[5, 6]。DAA的研發採取與TCAS隔離泡(Separation Bubble)相似的觀念[11]，讓無人機有一個保護圈的保護機制。

本研究開發的階層式UTM系統將展示以「類自動回報監視」技術基礎架構來建構的無人機系統監視與管理的雛型功能，更將展示空中避撞[9]。文獻中G. Orrell等人利用行動通訊4G/LTE建立低空小型無人機的回報監視功能[12]，有別於有人機所適用的雷達獨立偵測技術。自動回報監視將是無人機唯一可能實施的方案。行動通訊模組將必須是大部分無人機可以負擔得起的價格，更因4G是大眾使用的系統，隨時可以為無人機所選用。然而，4G系統的高度涵蓋能力有限，400呎以上的飛行無法保證。因此本研究的類自動回報監視系統除了4G/LTE之外，更研發LoRa、XBee及APRS通訊模組，建構無人機類自動回報監視的通訊技術[9]一個系統解決多種需求的考量。

C. Ramsey 推介小型化ADS-B模組，為“uavionix”產品[13]給無人機使用，其單價為US \$1500，建置使用大約是US \$2000之譜。它直接使用商用客機所使用的ADS-B頻譜1090 MHz與978 MHz。然而，ADS-B的無線電接收站目前不提供低空無人機的數據中繼[12]，無人機業者無法承擔基礎系統架設的投資。且ADS-B的通訊編碼授權統一由ICAO制定頒發，幾乎不可能再讓無數的無人機納入使用。J. Scardina綜整FAA及ICAO推動下



ADS-B提供航空運輸業大型客機（1090/1030 MHz）與通用航空飛機（978 MHz）的使用環境[14]。在十分有限的資源授權下，ADS-B無法廣泛的提供小型無人機的應用。因此本研究提出的類自動回報監視技術研發高可靠性、低重量、低價位且有更大涵蓋範圍通訊系統，讓無人機使用者可以負擔得起的裝置成本。根據我國民航局將啟動的無人機專章法規，本計畫將與台南市政府合作進行初期的整合示範計畫（Integrated Pilot Program, IPP）[15]。本計畫由中華電信研究院支援軟體技術的研發與整合。本計畫將進行階層式UTM作業系統軟體與「類自動回報監視」（ADS-B Like）通訊硬體技術的設計、發展、建置、測試驗證，以提供無人機系統完整的監視與管理。

二、系統概念

本研究階層式無人機系統飛航管理（UAS Traffic Management, UTM）係參考有人機飛航管制（Air Traffic Control, ATC）與飛航管理（Air Traffic Management, ATM）的系統架構中所採用的通訊、導航與監視（CNS）的基本概念來設計建構，將包含有（1）以雲端網路規劃的飛航管理軟體、管制中心與管制席位，（2）「類自動回報監視」（ADS-B Like）技術建立完整的無人機即時飛航資訊，（3）以行動通訊建立的管制員對飛行操作員（Controller to Pilot）的通話功能，（4）以即時位置資訊在UTM系統軟體運作中進行多機感測與避撞（Detect and Avoid, DAA）功能，（5）依據民航法遙控無人機專章區分地方政府與民航局管轄的區域 UTM（Regional UTM, RUTM）及全國UTM（National UTM,

表 1 UTM 與 ATM 功能比較

ATM/ATC	UTM
Aircraft Log-in	UAV Log-in
Pilot Log-in	Pilot Log-in
NAS flight plan	Waypoint path plan
Cruise altitude 5000feet~400FL	<400 feet RUTM >400 feet NUTM
CPDLC VHF	Voice 4G/LTE
Communication HF VHF/UHF/SATCOM	No pilot-in-the-loop C2 from GCS
Navigation GPS/INS/VOR/Fix	Navigation GPS/INS/Autopilot
Surveillance SSR/ADS-B	Surveillance ADS-B Like
TCAS/GPWS	UTM-based DAA
ATC handoffs	No Handoff in RUTM only Handoff to NUTM
Flight plan change to ATC by RQ and APP	Not allow to change flight plan and route

NUTM）階層管理架構，（6）高空飛行無人機透過空中導航服務系統（Air Navigation System Provider, ANSP）再廣播無人機即時位置訊息給ATM環境內的有人機，以整合進入TACS避撞防禦功能。表1為UTM與ATM功能上的比較，依據本計畫的概念，UTM與ATM是孿生的系統。

三、階層式 UTM 系統架構

（一）UTM 架構

階層式無人機飛航管理（UTM）系統將依據民航局法規以400呎高度區隔，低空歸地方政府管轄的區域型無人機飛航管理（Regional UTM, RUTM）、或高空歸民航局管轄之全國型無人機飛航管理（National UTM, NUTM），各司其職。UTM系統建立一個專用的UTM雲端（UTM Cloud）接收各無人機以無線傳輸透過網際網路（Internet）



路徑規劃符合飛安限制。無人機回報的即時數據包含位置及飛控所需的資料，如下，共規劃90 Byte，提供UTM監視管理及飛行作業地面站的備援數據。

各架無人機搭載「類自動回報監視」

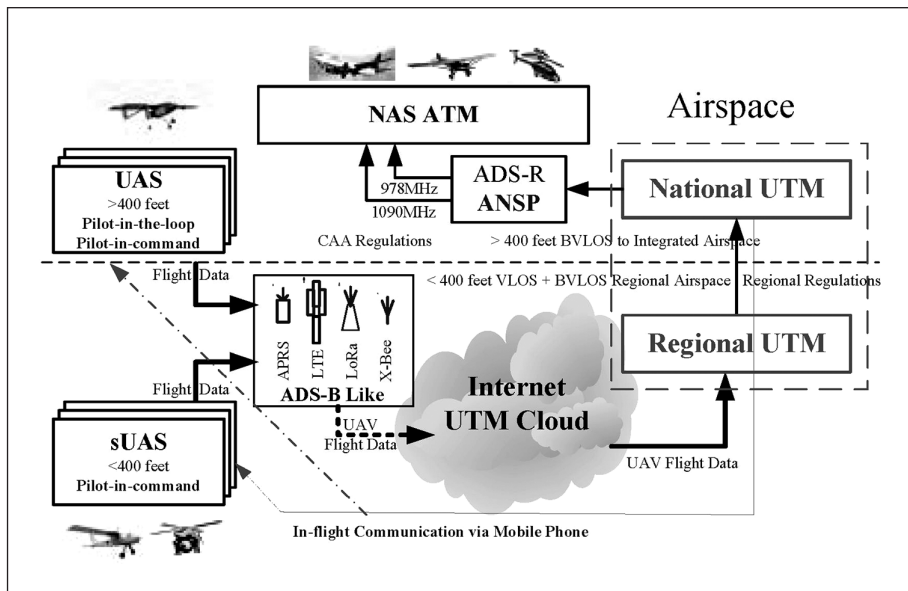


圖 2 UTM 階層管理架構

(ADS-B Like) 通訊模組，將即時數據傳遞到接收中繼的天線，進入網際網路，儲存於 UTM 雲端中。透過雲端的處理，許多地區的 RUTM 民航局的 NUTM 及各相關獲得授權人員都可以透過無線或有線的裝置下載 UTM 的即時訊息。

圖2為UTM的階層管理架構，以400呎為界，低空屬於RUTM管轄權責，高空屬於NUTM權責。無論任何時間，所有大小、高低空無人機均將透過ADS-B Like通訊模組將前述飛行數據上傳到UTM雲端，再作進一步分流。較大型且其巡航速度、滯空時間長、酬載大都具備任務功能需求規模的固定翼無人機，將由NUTM管轄進入融合空域，可能危害到國家空域系統(NAS)中的有人機飛航安全。因此必須透過ANSP將飛航數據送入ATM系統中，經由再廣播發布訊息給鄰近的有人機，讓有人機及ATM的飛航管制人員得

以掌握高空無人機動態。

(二) ADS-B Like 通訊

階層式UTM系統採用四種 ADS-B Like 通訊機能，包含4G/LTE、LoRa、XBee及APRS。圖3為本計畫研發階段使用測試之ADS-B Like通訊模組。

各通訊模組特性不同，本計畫所選擇的都是國家通訊委員會(NCC)核定的合法頻道。表2陳述四種可用系統的比較。除了4G/LTE 或未來的5G模組成本較高外，本計畫所重新開發組裝的通訊模組都將在US \$50 (NT \$1500)之譜。整合開發的ADS-B Like通訊模組將包含微處理器韌體，處理訊圖1：階層式UTM系統架構號介接傳送的程序。所有通訊模組都將設定不同的數據回報週期，大約5~13秒，其中APRS衝突的機率較大，將採用



表 2 四種備選 ADS-B Like 特性比較

Device	4G/LTE	LoRa	X-Bee	APRS
Character	Public	Professional		
Coverage Range & Altitude	Except remote	0~ 25 miles into air		
	<500 feet AGL	<5000 feet AGL		
Relay Sta.	Exits	Need to add		
Device	> 650US	<100 US		
System	available	Need construction 1000~1500 US/each		
Data Rate	Video	Data		
Weight	<300g	<200 g		
Voltage	5~12 V dc			
Power	<1W			
Cloud	Direct	Relay onto via Gateways		
Legal Radio Frequency by NCC regulation	Legal, authorize to system providers		Legal, needs application	
	902-928 MHz	920-925 MHz	920~928 MHz 2.4 GHz	144-146 MHz
Technique For UTM	Mature & ready	Need license & setting		

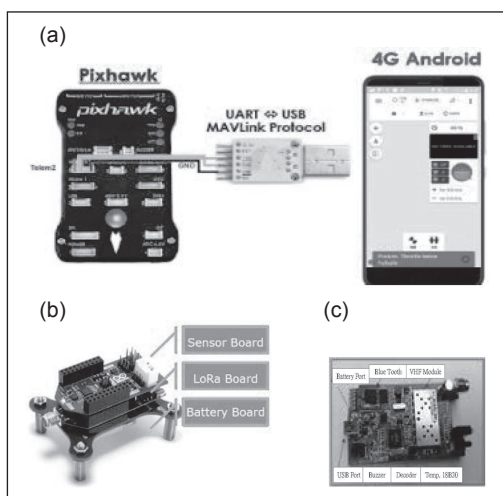


圖 3 ADS-B Like 機載模組 (a) 4G/LTE 模組整合，(b) LoRa 或 XBee 模組整合，(c) APRS 模組

9~13秒週期，其他4G/LTE、LoRa、XBee等

三種通訊模組將設定5~7秒週期。週期設定會影響UTM的感測與避撞（DAA）功能。

本計畫採用的接收中繼站，以行動通訊4G/LTE 最經濟，直接是行動通訊公司的基地台（BTS）。但是4G/LTE的高度涵蓋不能保證能達500呎以上，因此固定翼無人機進入NUTM可能必須配備其他通訊模組。經過初步的測試，現有業餘無線電（HAM）APRS所架設的閘道（i-Gate）其涵蓋範圍可達半徑40公里以上。本計畫執行的初步測試，LoRa及XBee閘道（Gateway）在適當架設後，其涵蓋範圍可達半徑15公里以上。本計畫與中華電信研究院合作，部分接收中繼閘道將安置於中華電信基地台中，少數偏遠山區將利用林務局工作站架設，完成全台全面覆蓋。

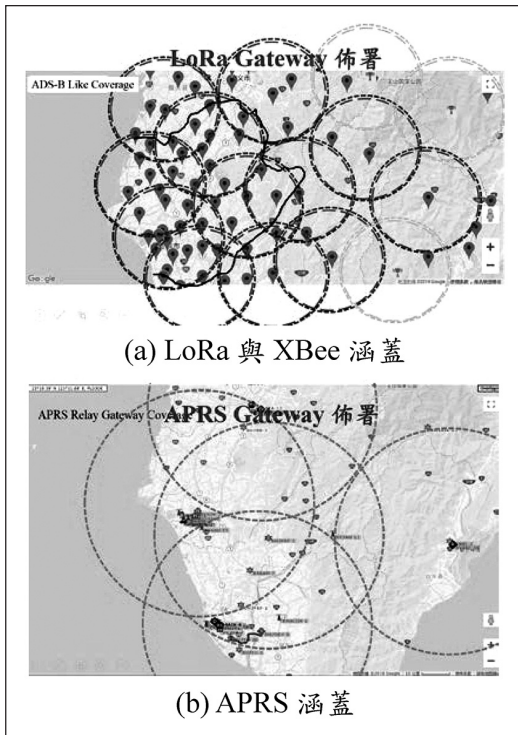


圖 4 大台南地區 ADS-B Like Gateway 佈署

圖4(a)及(b)為大台南地區接收中繼站的佈署概略圖。圖4(a)中的紅水滴為中華電信基地台，附掛藍圈及紅圈為LoRa與XBee，黃圈為林務局工作站。

不同於4G/LTE與APRS已經完整佈設的基地台(BTS)或中繼站(i-Gate)外，本研究採用的LoRa與XBee需重新架設接收中繼閘道(Gateway)，以覆蓋全台無人機可能飛航的每一個角落。無人機上搭載兩種以上的通訊模組可以達到備援的高可靠度能力。在台灣，目前4G/LTE除深山外幾乎全面覆蓋，APRS全台已經有超過200個i-Gate，每個i-Gate可以涵蓋半徑40公里以上，本計畫將架設LoRa及XBee閘道的佈設，每個閘道

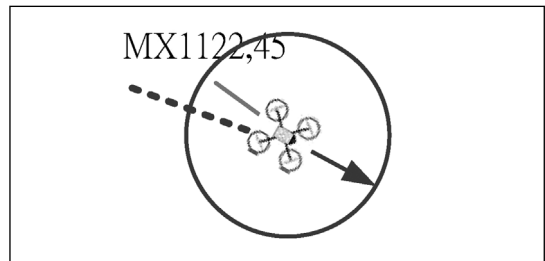


圖 5 UTM 顯示無人機圖像

涵蓋半徑15公里以上，估計全台需要100個閘道可以完全覆蓋。為避免APRS與業餘無線電玩家(HAM)共同使用下通訊壅塞，本系統完成基礎測試後，將申請NCC核定使用合法範圍內的特定頻率。UTM系統專屬的APRS接收中繼功能全台約需100個i-Gate，LoRa及XBee約須架設200個Gateway。

(三) UTM 中心管制顯示

UTM管制追蹤地圖畫面，以特定圖像(icon)，如圖5所示，顯示無人機之動態訊息，包括無人機註冊登記編號(ID)、GPS位置顯示於地圖上、飛行方向箭號及其代表速度的長度、軌跡資料。圖5所示，無人機編號MX1122，飛行高度45公尺(AGL)、航向12方位、從尾巴所根的軌跡，可以看出該架無人機剛做右偏轉飛行動作。

UTM系統將無人機依所在地區，以多視窗、多螢幕呈現，自動彙整在鄰近的地圖畫面上。地圖畫面將自動分割為較小區域的監視範圍，形成多視窗分割畫面。圖6所示為不同情境的無人機監視顯示畫面，多機出現的畫面，不同地區顯示的監視畫面，顯示無人機即時監視。



圖 6 RUTM 多視窗、多機顯示畫面

(四) 感測與避讓 (DAA)

本計畫的UTM系統接收到各無人機的即時動態資料，將顯示於UTM管理顯示器上。如圖7所示為每一架無人機的保护隔離泡 (Separation Bubble)，感測與避讓功能啟動，將以軟體估算兩架無人機的可能碰撞時間 (Time to Conflict, TTC)。在同一區域範圍內的無人機將做位置比對，以路徑可能交錯之無人機估算其TTC，當TTC落入流量諮詢 (Traffic Advisory, TA) 時啟動警訊，再進一步進入排解諮詢 (Resolution Advisory, RA)

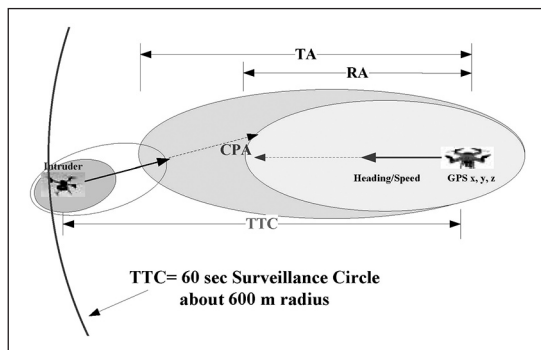


圖 7 DAA 理論隔離泡

時必須進行排解，將優先性較低的一方給與避讓的命令。TA與RA都以時間來制定，本計畫暫時以有人機TCAS一致的TA = 48秒、RA = 25秒為基礎，進行系統設計與測試。圖8中兩架無人機的最接近的位置 (Closest Point of Approach, CPA) 為RA的可容忍極限時間，兩架無人機隔離泡擦撞的時間為TA。以此原則設計演算軟體，RUTM區域內的無人機將做可能碰撞的篩選，有危機的兩架無人機將持續追蹤到危機解除，由DAA確定出TA與RA。

圖8為在台南安平飛行測試，兩架無人機都沿著台19道附近飛行，兩機偵測出有衝突危機時，即啟動DAA功能，從TA至RA最

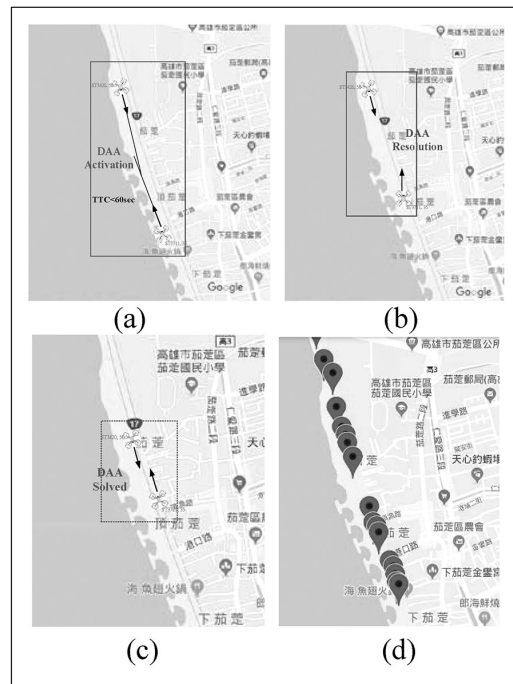


圖 8 RUTM 啟動 DAA 的功能顯示 (a) 兩機接近啟動 DAA，(b) DAA 排解，(c) DAA 成功避讓，(d) 飛行軌跡圖

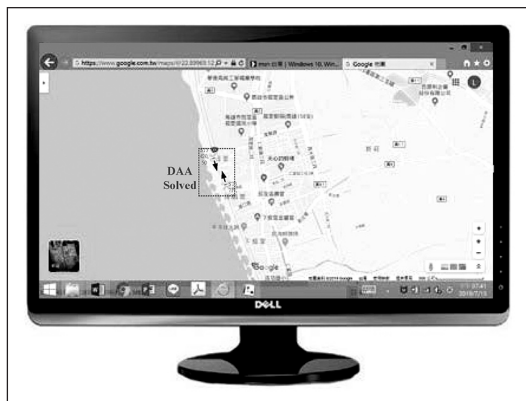


圖 9 RUTM 進行 DAA 的單一畫面

後兩機避讓成功。DAA啟動後，UTM管制員將對優先性較差的一方以行動通訊下達必讓指令，本測試例要求南側無人機偏航15度角約10秒至台19道右側後回復原航向，即可達到避讓。如圖9所示的避讓結果。

(五) UTM 管制中心

UTM管制室將包含操作員的幾個螢幕畫面，以及左右兩側以投影機投射的大型顯示畫面。管制室編制為兩人以上，以利互相支援。管制室必須是暗房、冷氣空調、桌上專線電話及兩支手機，以利通訊。

(六) 進入融合空域

任務型無人機進入高空飛行進入融合空域 (Integrated Airspace)，將可能與國家空域系統 (NAS) 之有人機發生接近與衝突，因此無人機的監視資訊不需透過NUTM與ATM 連結，將無人機的即時位置資訊再廣播於1090 MHz (ES) 及978 MHz (UAT) 給高空18,000呎以上的航空客機或18,000呎以下的通用航空飛機，將可以讓有人機的TCAS識別出無人機可能出現的位置，提早作避讓的操作。UTM進入ATM的再廣播機制如圖10所示。在此情況下，搭載LoRa、XBee、APRS之無人

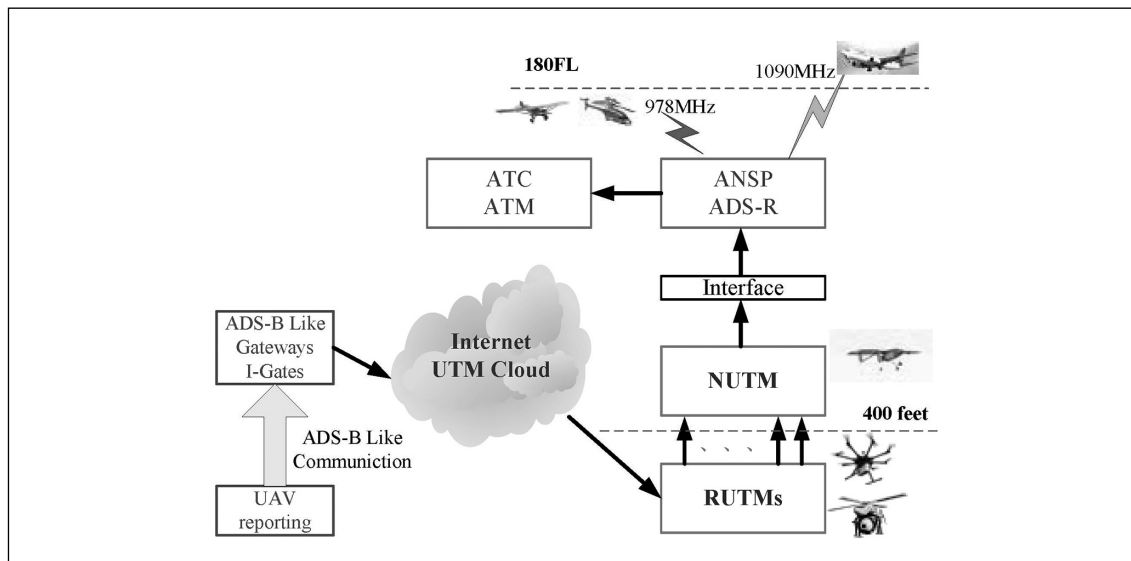


圖 10 UTM 進入 ATM 的資訊再廣播

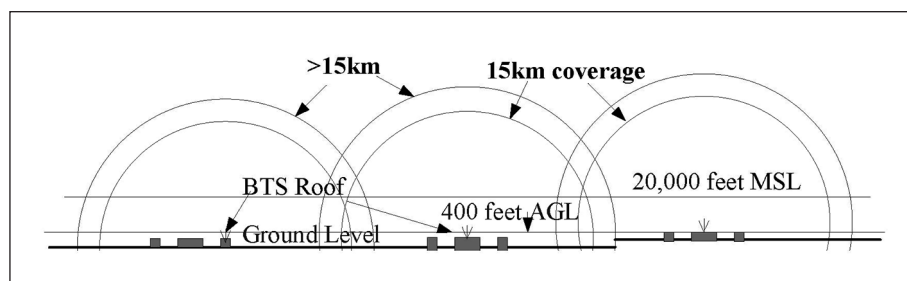


圖 11 ADS-B Like 高空通訊涵蓋

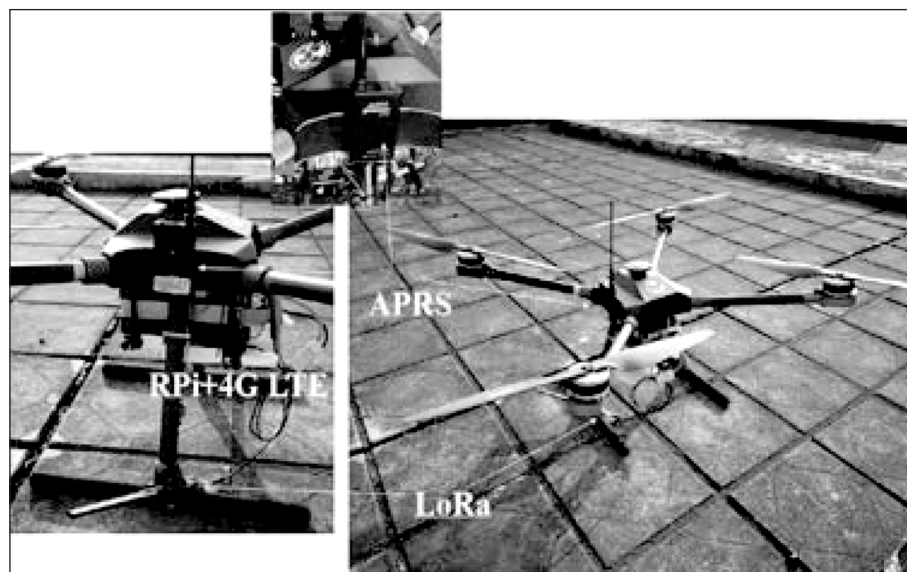


圖 12 測試用 93 公分轴距四旋翼機

機，地面接收中繼站的能力可達半徑15公里以上的距離，如圖11所示，無人機將可以由ADS-B Like通訊網完全涵蓋至少20,000呎（MSL）以上高度，可以符合我國民用無人機長遠發展的需求。惟本構想經過飛行測試的完整驗證，才能獲得可靠度的支撐。

四、測試與驗證

為達到UTM技術研發的成果驗證，本計

畫以無人機在大台南地區進行一系列的飛行測試。測試使用93公分轴距以及38公分轴距的四旋翼機，依據不同情境，在不同地方做起降與飛行。圖12為93公分轴距四旋翼機的配備，包含4G/LTE、APRS及LoRa三種通訊模組。圖13為APRS大範圍測試，四架無人機回報週期分別設定為7~13秒，獲得的結果，從設定的長榮大學i-Gate接收訊號十分穩定。

圖14為長榮大學與南台科技大學分別並

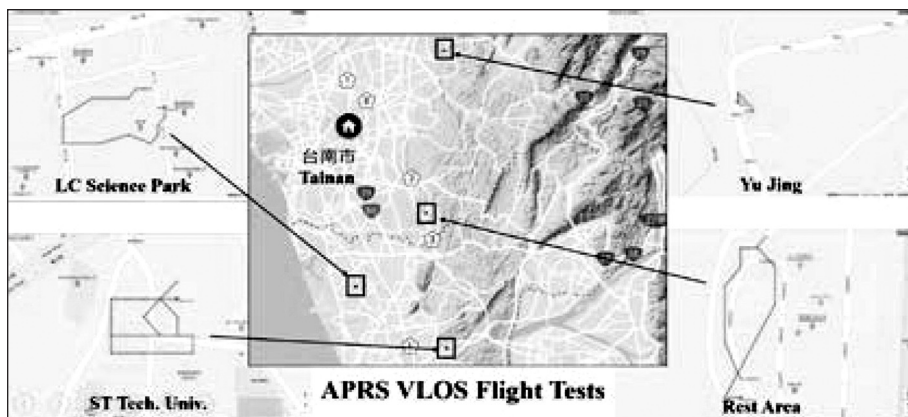


圖 13 APRS 大範圍測試

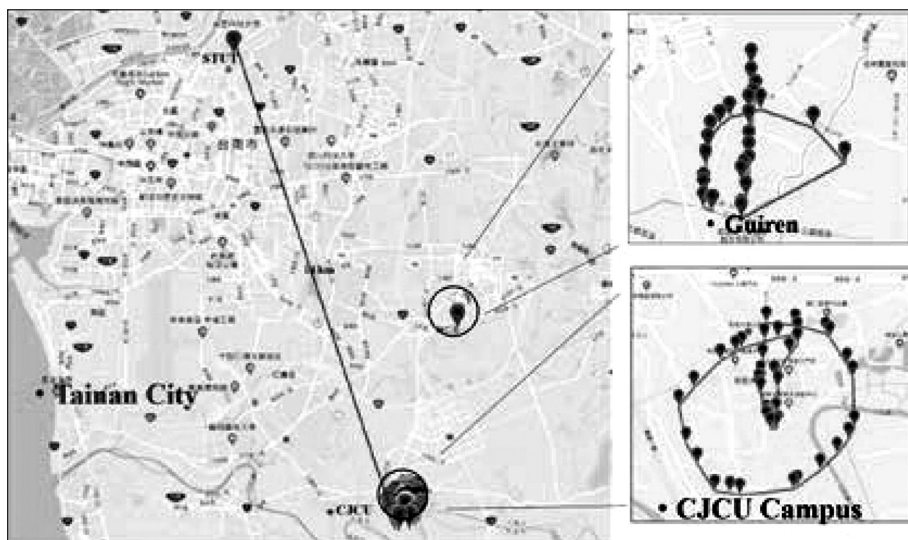


圖 14 兩座 LoRa 閘道互補收訊測試

架設LoRa閘道，設定回報週期為7秒，進行通訊測試的結果。由於閘道距離小於15公里，測試時兩個閘道都會收到無人機回報訊號。

圖14為一個測試階段的飛行數據，多架無人機搭載LoRa通訊模組設定7秒週期的測

試結果，此原始資料尚未經整理，部分結果與圖8之DAA 測試飛行相同之軌跡。圖15中零星的水滴資料為搬運過程出現的數據。

從飛行測試的結果來看，數據的可靠度極高，預估可達97%以上。APRS數據遺失的問題較大，大致上是閘道數據封包接收衝突



圖 15 未經處理的原始資料

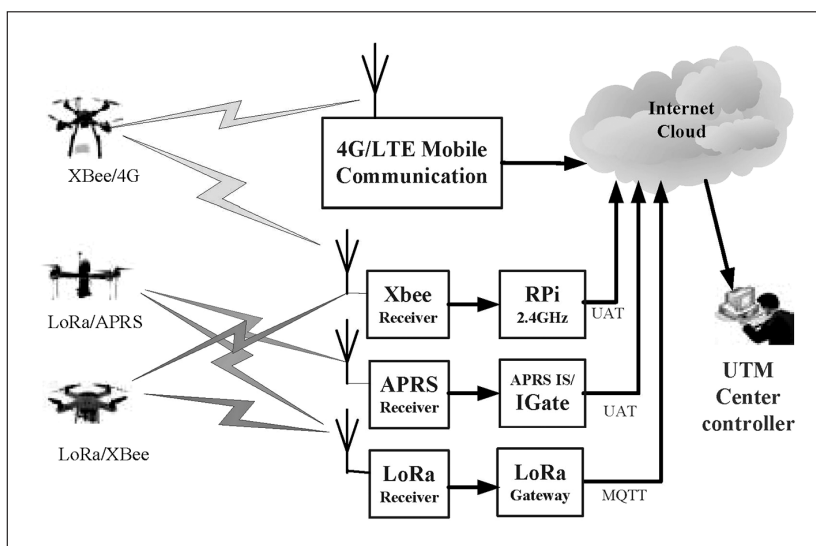


圖 16 複合通訊模組的高可靠度搭載

所致。LoRa及XBee系統則無此問題。因此在APRS設定上將必須注意團隊使用無人機的設定。未來新設計的通模組將調整偏移一個單位，可能選 144.60 MHz，在合法的頻率下，

另在全台各地搭建約100個無人機專用閘道，以避開業餘玩家造成的數據封包衝突。

為達到更高的數據回報可靠度，如圖16

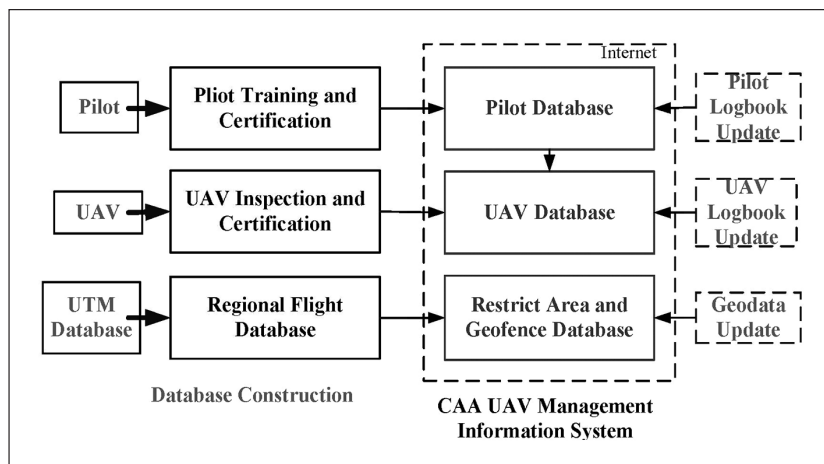


圖 17 UTM 與民航局資訊管理系統 (MIS) 連結

所示，本系統將建議無人機上配備兩種不同的ADS-B Like通訊模組，讓無人機發出的90 Byte數據完整記錄，數據中的飛控資料可以做為無人機地面站的備援系統。複合通訊模組搭載將可以大幅提升回報通訊可靠度。

五、飛航程序與風險管理

本計畫除了按照「民用航空法」中遙控無人機專章及「遙控無人機管理規則」中的管理辦法進行區域性UTM的監視與避讓之外，依據民航法規：飛行用無人機須通過適航驗機與機型資訊於「遙控無人機管理資訊系統 (Management Information System, MIS)」登錄，如圖17所示，而無人機的操作者必須持有該機型無人機操作證，在申請航路飛行之前，無人機操作者必須制定飛行計畫與風險管理，無人機於UTM架構下的飛航作業流程說明。

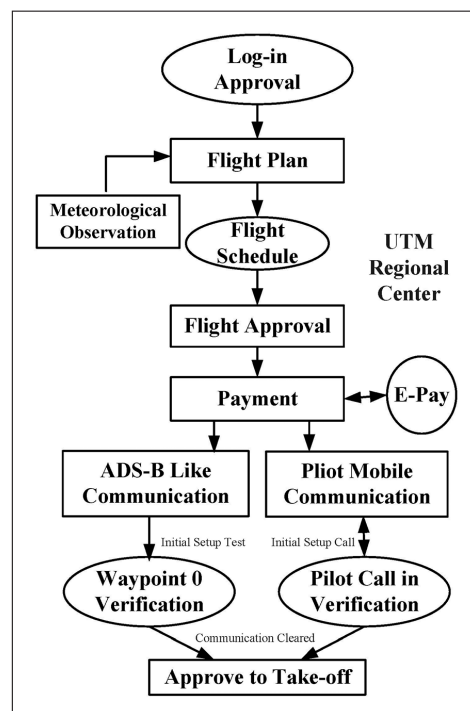


圖 18 UTM 註冊登錄流程

(1) 如圖18所示，無人機操作者之任務申請（含證照檢核、飛行計畫、路徑規劃、

1. 遙控無人機任務執行前

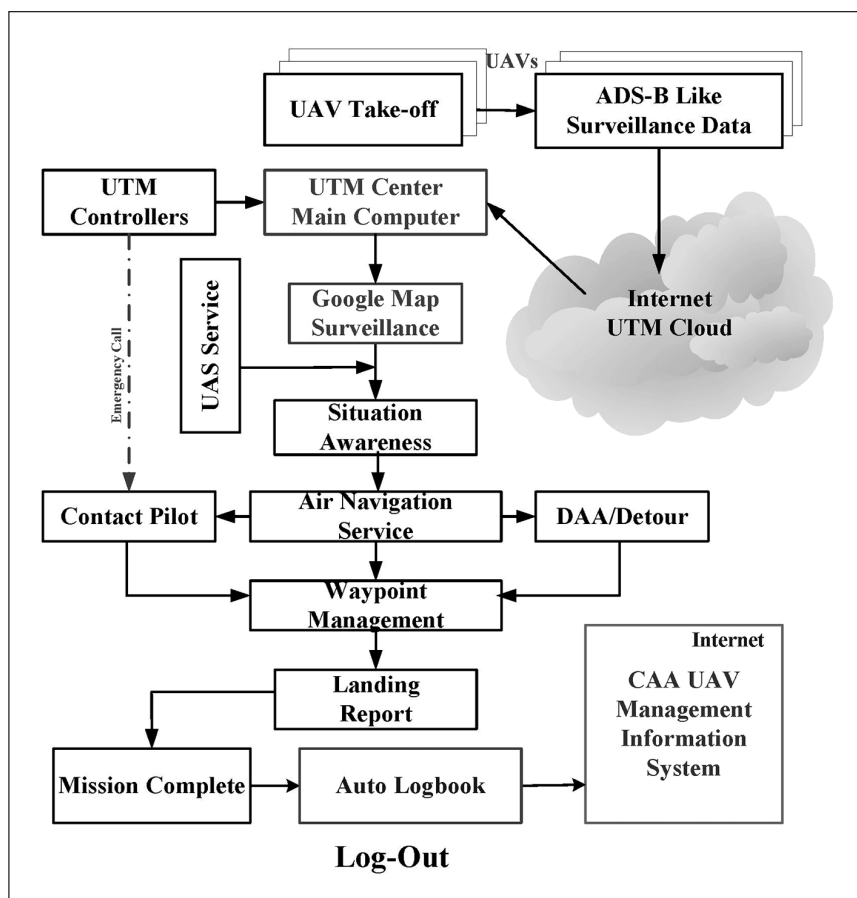


圖 19 UTM 無人機起飛至登出流程

飛航程序-飛行前檢查記錄、通訊設定等)

- (2) 經過人、機適航認證後，RUTM授受/拒絕無人機操作者任務申請

2. 遙控無人機任務執行中，如圖19。

- (1) RUTM提供支援給無人機操作者：包括飛行動態訊息收發與分享（如：飛航情報、天候狀況、其他無人機操作者互動與避讓等）、緊急應變作業（如：通訊干擾、飛安事故/事件等、飛行路徑定位與

守望等）。

- (2) RUTM將UAS必要性數據資料滙整至交通部民航局（以雲端飛航日誌本作業），並協助交通部民航局執行UTM的飛安管理即時動態資訊分享與違規通報。
- (3) 交通部民航局執行民航法規限制與管理，與地方政府及RUTM互動以掌握區域UTM與無人機操作者的作業合法性與安全性。

3. 遙控無人機任務執行後



- (1) 遙控無人機操作者之任務結束(含:任務達成確認、資料影像備存、UAS外型安全檢查、Flight Logbook填寫)
- (2) RUTM根據UAS操作者回報任務結束,檢示回傳申請、FlightLogbook記錄與飛航程序-飛行後檢查記錄之後同意報離。
- (3) RUTM全程監守無人機操作者之動態,以防止無人機接近並提供避讓的警告。

六、結論

109年3月31日無人機管理辦法正式實施,無人機飛航管理系統(UTM)將是一項必要的基礎系統,提供所有合法飛行無人機監視與管理的機制,更提供給無人機飛行安全的保障。UTM系統研發計畫包含UTM系統架構與所需的軟體、「類自動回報監視」通訊系統硬體與韌體,將從台南市的「整合示範計畫」(Integrated Pilot Program, IPP)為測試範圍,進行基礎功能測試。

本計畫UTM技術是否與國際接軌,見仁見智,惟無人機屬低空域飛行範圍,依據台灣民航法規,禁限航區為中央部門管轄(交通部民航局),其餘地區屬地方政府管轄,無人機終究飛不出國土領空,無須與國際系統整合。從參考文獻所見,許多國家以指令及控制(C2)為基礎做高空無人機對地面站(UAV to Station)的直接通訊,再轉接到監控中心,間接做機群的監控,仍有爭議空間。本計畫的執行乃將無人機與其操作者的飛航程序進行即時風險的控管,除此之外,UTM仍屬於主動風險管理的系統,透過即時監守、主動告知與飛航數據自動存取的方式,讓區域中所有無人機不再盲飛,以降低

低空域的飛航風險,並隨時提供無人機操作者必要支援。

本研究UTM與ATM同一個系統概念來發展,進入高空的無人機即時飛航訊息更與ATM連結,將可以保障無人機進入NAS後的空中警戒與隔離,符合TCAS基本條件,保障飛航安全。本UTM系統技術尚在研發中,已有初步成果,將於108年底陸續公開展示,並邀請機隊加入測試,以驗證UTM的完整概念。

謝誌

本研究為科技部支助與中華電信研究院合作之大型產學計畫,計畫合約編號 MOST 108-2622-E-309-001-CC1。

參考文獻

1. ICAO, "Air Traffic Management", Doc 4444, 16th edition, November 10, 2016.
2. P. Kopardekar, J. Rios, T. Prevot, M. Johnson, J. Jung, J. E. Robinson, "Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) Concept of Operation", 16th AIAA Aviation Technology, Integration and Operation Conference,ATIO, Washington DC, June 13-17, 2016.
3. J. Kamienski, J. Semanek, "ATC Perspectives of UAS Integration in Controlled Airspace", 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE) and the Affiliated Conference, Elsevier Procedia Manufacturing 3, 1046-1051. 2015.
4. Federal Aviation Administration, "TCAS II V7.1 Introduction", U.S. Department of Transportation, February 28, 2011.
5. C. E. Lin, T. W. Hung, H. Y. Chen, "TCAS Algorithm for Generation Aviation on ADS-B", Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G, Journal of Aerospace Engineering, Vol. 230(9), IMechE 2016, pp. 1569-1591, DOI: 10.1177/0954410016631974.
6. C. E. Lin, C. J. Lee, "ADS-R Conflict Detection and Resolution Algorithm for General Aviation in Low Altitude Flights", Journal of Aeronautics, Astronautics and Aviation, Vol.48, No. 2, June 2015, pp. 111-122,



- DOI: 10.6125/1601121-876.
7. R. J. Kerczewski, R. D. Apaza, A. N. Downey, J. Wang, "Assessing C2 Communications for UAS Traffic Management", IEEE/AIAA Integrated Communication, Surveillance and Navigation Conference (ICNS), Dulles Airport, April 10-12, 2018.
 8. Civil Aeronautical Administration (CAA), "Civil Aviation Act", UAS Chapter, April 25, 2018. <https://www.caa.gov.tw/en/content/index.asp?sno=325>.
 9. C.E. Lin, C.S. Hsieh, C.C. Li, P.C. Shao, Y.H. Lin, Y.C. Yeh, "An ADS-B Like Communication for UTM", Integrated Communication, Navigation and Surveillance, ICNS, Dulles Airport, Washington DC, USA, April 9-11, 2019.
 10. C.E. Lin, T.P. Chen, P.C. Shao, Y.C. Lai, T.C. Chen, "Prototype Hierarchical UAV Traffic Management System in Taiwan", Integrated Communication, Navigation and Surveillance, ICNS, Dulles Airport, Washington DC, USA, April 9-11, 2019.
 11. J. Homola, Q. Dao, C. Mohlenbrink, L. Claudatos, "Technical Capability Level 2 Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) Flight Demonstration: Description and Analysis", IEEE Digital Avionics System Conference (DASC), Orlando, Florida, November 6-10, 2017.
 12. G.L. Orrell, A. Chen, C.J. Reynolds, "Small unmanned aircraft system (SUAS) automatic dependent surveillance-broadcast (ADS-B) like surveillance concept of operations: A path forward for small UAS surveillance", 2017 IEEE/AIAA 36th Digital Avionics Systems Conference (DASC), September 17-21, 2017, DOI: 10.1109/DASC.2017.8102026.
 13. C. Ramsey, "The Case for Low Power ADS-B for Drones", available on web: <https://uavionix.com/blog/the-case-for-low-power-ads-b/>.
 14. J. Scardina, "Overview of the FAA ADS-B Link Decision", U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, Fifth Meeting, Saint Petersburg, Russia, September 19-23, 2002.
 15. M.A. Adams and P. Takamoto, "Fact Sheet – The UAS Integrated Pilot Program and UAS Traffic Management Pilot Program", FAA, April 30, 2019, https://www.faa.gov/news/fact_sheet/news_story.cfm?newsId=23574.