



台北飛航情報區目視飛航監管雛形系統研發  
Development of Taipei FIR VFR Monitoring System Prototype  
計畫編號: NSC 87-2212-E-032-015  
執行期間: 86年8月1日至87年7月31日  
計畫主持人: 湯敬民 淡江大學航空太空工程學系 副教授

### 一. 中文摘要

(關鍵字: 自動飛航資訊播放系統, 空中交通管制)

本計畫結合全球衛星定位系統(GPS)、自動飛航資訊播放系統ADS-B (Automatic Dependent Surveillance Broadcasting) 觀念等技術建立一VFR管制雛型系統, 以無線電通訊作航空器位置報告, 以期對VFR航空器之飛航動態有更好的掌握。計畫執行主要以程式模擬ADS-B與GPS結合使用之情形, 完成之程式除成功顯示各機均能有效閃避來機外, 於修改預設之飛行器架次後使其依續出發, 亦可安全閃避對方。

### 二. 計畫緣由與目的

近年來國人對航空運輸之需求逐年增加, 其中又以國內民航運輸之成長較快, 需求較大。因應此一交通需求, 利用直昇機提供國內空中交通服務已是必然之趨勢, 由於國內即將開放直昇機客運業務, 因此航空器飛行之架次勢將大幅增加。一般而言, 航空器於起飛前均應填寫飛行計畫書並送至飛航服務台, 由民航主管單位核可後, 航空器方可按計畫書中所申請之路線與高度飛行。現行航管自動化系統會在航空器預定起飛前40分鐘開始進行飛行計畫之相關運算(Flight Data Processing, FDP), 以供稍後管制服務所需。由於直昇機屬於目視飛航, 根據目前飛航情報指南(Aeronautical Information Publication, AIP)之規定[1], 航管系統與管制員將對其提供目視飛航通訊追蹤(VFR Flight Following)。但航管自動化系統目前並不處理VFR航空器之飛行計畫, 所以無法對其計畫作進一步之管制或協調。這在VFR架次少時尚不見其嚴重性, 但在架次多時則可能造成各機均欲飛行同一航路而產生之各類飛安問題。因此未來VFR架次增加後, 在飛航安全考慮下, 除了應立法進行規範外, 對本類航空器飛行計畫

之審核頒發、飛航動態掌握等必須有因應之管理系統與程序, 以確實保障飛安。

除此之外, 直昇機對起降機場硬體設施之要求較低, 可使用之起降場將不限於現有之機場。但航管單位限於人力, 不可能增設太多的飛航服務台, 因此在飛行計畫書之填寫傳送與核頒上可能會增加許多困擾; 再加上因為目視飛航之航空器因飛行高度低、亦未配備詢答器(Transponder), 故雷達無法掌握其飛航狀態也無法提供服務。因此, 管制員對航空器飛航動態之了解僅能透過駕駛員之無線電位置報告。管制員對空中交通若無法全盤掌握, 要進行管制或是提供服務均將有所不足。

針對以上之問題, 本計畫結合全球衛星定位系統(GPS)、自動飛航資訊播放系統ADS-B (Automatic Dependent Surveillance Broadcasting) 觀念等技術建立一VFR管制雛型系統, 以無線電通訊作航空器位置報告, 以期對VFR航空器之飛航動態有更好的掌握。下面就全球衛星定位系統與自動飛航資訊播放系統作簡單介紹:

全球衛星定位系統(GPS):

GPS的工作原理基本上是接收附

近衛星所發出之訊號，再將此訊號從發射到被接收所經過的時間乘以光速即為此衛星與接收器間之距離。假設各衛星之位置均為準確，則利用三個衛星的訊號即可定出此接收器所在之座標。因各衛星本身之時脈均已調至同步，為了確保接收器與各衛星之時鐘亦為同步，又以第四個衛星作時間校正之用。時鐘偏差(Clock Bias)經定位器本身自動校正後，以各量測距離所繪連接各衛星至接收器之線段均能交會於一點。目前在距地表一萬零九百英里之軌道上有二十四顆定位用衛星，二十一顆在使用中，另有三顆為備用。一般商用GPS之精確度在三百英尺左右，主要的誤差來自於衛星之軌道振盪(Orbital Perturbation)與離子層干擾，目前比較實際的解決方法是使用DGPS(Differential GPS)。不過DGPS需要在地面再安置一參考站，以此點之精確位置進行GPS之校正。衛星導航於航路上之使用早已於多年前試驗成功，至於終端之應用也在斐濟群島及紐、澳航路之測試中得到肯定。不過DGPS是否可達精確進場之要求(CAT II 為一百尺之決策高度與一千二百尺之跑道能見度，CAT IIIA 為七百尺之跑道能見度)，雖已有試驗報告顯示可行，但部分民航界人士仍對其是否穩定可行採取保留的態度。然基於衛星導航先天上的諸多優點，如全球涵蓋的一致性、地面裝備的大量簡化、以及航管程序上的更高彈性等，均很可能使衛星導航的發展成為未來導航的主流。

自動飛航資訊播放系統(ADS-B):

ADS-B[2-5]是在航行器(包括飛機車船)上能廣播自己位址高度方向等航行資訊給其他具接收能力之航行器與地面管制單位的一種功能。這種功能的好處是可提高空域的使用、減少航區對高度之限制、增進地面監控之能力、進而保障飛行安全。

ADS-B的觀念係利用衛星導航的

資料，加以處理後提供航管搜索之目的，以代替原先雷達以回波來確定飛航器之所在。運作上，每一個具備ADS-B功能之航行器都會週期性的廣播自己的位置與航行資料。發射訊號之航行器無須顧慮是何種系統在接收訊號，凡是接收區內的航行器與地面站均可選擇是否要接收。訊號收到後會傳至監管系統，如駕駛艙之顯示幕、或衝突判別系統以作進一步之分析。ADS-B與定址式ADS(亦稱ADS-A)之不同點在於：後者為一對一之數據鏈傳送，而前者為廣播式的資料鏈接收系統，對象則不限於地面站。

因此，具備ADS-B後，在海洋或無雷達之區域內，航管人員同樣可以進行精確的管制。此外，ADS-B尚有一重要特性：因衛星導航之資料將同時傳給航管員及駕駛員，所以駕駛員並非處於茫然接受管制的狀態。基於對週遭狀態的了解，駕駛員可以主動提出最合乎效益的要求。也因此ADS-B之觀念也可應用於機場地面運作的管理上，如減少跑道的擁擠、以及在低能見度時提供各項服務等。然而，在航機密集的終端區域，一般認為仍應以具體且即時之雷達信號來進行管制，較符合安全及有效的考量。

由於“十年航管計劃”之未盡全功，國內目前對航管系統所抱持之態度是要“本土化”。不但是為了未來系統維修之簡易性，亦不願再受制於人。直昇機業務在開放後所造成之航管問題必然會浮現檯面，因此，目視飛航監管雛形系統之開發與測試將有助於了解問題之所在與解決之道。

### 三.研究方法與成果

本計劃以程式模擬ADS-B與GPS結合使用之情形。主要工作除資料收集外即為程式撰寫，在系統開發難易程度與所需時間之考量下本計畫使用VB為開發程式。程式製作之構思過程簡

述如下：

### (1) 模擬二飛行器空中相遇之情境。

此步驟之設計目標為決定當兩機之相對位置超過預設之安全距離範圍時，雙方為避免碰撞所需採取之轉向動作。

在預設飛行器起始及終點位置，飛行器之高度，速度，飛行方向與路徑後，先定出模擬之兩機場位置，並繪製二光點表示模擬飛行器。二飛行器之起始位置分別為兩機場，目標位置則為對方機場。飛行方向由兩機場之相對位置決定。預設值確定後，使此二模擬飛行器之光點朝目標位置移動。飛行過程中二機均利用 ADS-B 與 GPS 之系統分別廣播己方及接收對方位置訊號，當二光點距離逼近至預設之安全距離時，兩光點必須各自自行轉向閃躲。程式中預設其轉向角度為飛行方向之左右 45 度，以可拉大相對距離之方向為轉向之依據。兩光點互相閃躲後，會再重新調整其飛行方向使其仍朝預設之飛行目標移動。當二機均到達其目標位置時，即停止程式之執行。

### (2) 建立螢幕視窗

ADSB 之基本概念在於飛機不斷利用 GPS 所收到之位置訊號發射本身之方位，接收方可能為地面管制台及其他飛行器。因此本步驟之設計包括建立一大螢幕視窗及二小螢幕視窗為顯示幕，分別代表管制台螢幕及飛行器所見之駕駛艙交通顯示(CDTI)或衝突偵測系統(TCAS)，以顯示步驟(1)之動作。

地面管制台從較大之螢幕視窗內可見此二機場及其平面位置之相對關係，以及分別從模擬二機場之位置出發之

模擬飛行器的兩光點。於此螢幕視窗中可清楚顯示出兩光點移動及轉向之動作。程式中並可設定保留其飛行軌跡或只顯示飛機當時位置。管制台可由此螢幕中掌握各飛行器之動向。較小之二螢幕分別表示二機所見對方之相對位置，但應用上其所視範圍由 ADS-B 之有效接收距離與設定來決定，僅於對方進入接收之有效範圍內時顯示。駕駛艙螢幕以自身方位為中心，僅於他機與己方之相對距離小於預設之安全間距時方顯示對方位置於螢幕中。飛行員可由此顯示幕中之光點以判斷是否有他機靠近及其與自身之相對位置，以作應變。

### (3) 應用於台灣空域

此階段之設計目標為將步驟(1)、(2)之設計應用於台灣本島之空域。

在建立台灣本島各大機場經緯度資料，並於各機場間設定控制按鈕(圖一)之後，按下任二機場間之執行按鈕後即可進入此二機場之放大圖形(圖二)，圖中包含上述管制台及飛行器之視窗螢幕。圖二顯示以台南至高雄機場為例，左方為模擬管制台之顯示幕，右方兩視窗為飛行器上之視窗螢幕。圖中所顯示於大螢幕者是在程式中預設四架飛行器從台南依序出發與一架從高雄出發之飛行器於航路上相互靠近然後閃躲之過程，其中之線條為飛行器之飛行軌跡。圖中右方兩視窗為模擬飛行器上之視窗螢幕，視窗中黑點為當他機進入己方之訊號接收範圍時所顯示之相對位置。

完成之程式除成功顯示各機均能有效閃避來機外，於修改預設之飛行器架次後使其依續出發，亦可安全閃避對方。除此之外並運用 GPS 接收器沿途

紀錄台灣高速公路部份路段之路徑座標，將其輸入於電腦中作為飛行路徑，以測試程式之實用性。此部份之過程事實上與前述之作法相同，只是在二點之間依照預設之路徑飛行，故並無困難發生。

本程式之製作以二維平面向量為基準，即其飛行高度及速度為預設之固定值，因此執行閃躲動作時，建議項目僅為轉向之角度。未來可進一步將此程式改以三度空間表示，如此可提供更有效率之閃躲動作及更詳盡的資訊，並可將空中走廊(即航路之高度與寬度所形成之通道)之資料輸入於程式內以限制其飛行範圍。另外亦可於製作螢幕視窗時，添加對方之飛行資料於其中，予使用者清楚掌握來機之動向訊息。

#### 四. 結論

根據今年二月一份約翰霍浦金斯大學與FAA合作的一份研究指出:GPS將是未來最重要的導航設施。美國副總統高爾也宣佈將投入四億美元以改進GPS之功能，並將新增符合飛航安全所使用之民航用GPS頻道。加上這些年來美國持續延展以MLS(Microwave Landing System 微波降落系統)替換ILS儀降系統之時程，可以預見的是GPS系統之應用已是將來導航系統中

非常重要的一環。近來ADS-B與GPS結合使用已開始在世界各地試行中[6-8]，亦獲得相當的成果。目前正在積極發展中的Free Flight觀念所將使用的避撞系統也是以ADS-B為主，因此即使臺灣未必適合施行Free Flight，但放眼未來，仍不可疏忽此觀念對航管系統之影響。

#### 參考資料:

1. 台北飛航情報區飛航指南, AIP
2. ICAO Annex 2, Rules of the Air
3. ICAO Annex 10, Aeronautical Telecommunications
4. ICAO DOC 4444, Rules of Air and Air Traffic Services
5. RTCA Special Committee-186 "Minimum Aviation System Performance Standards for Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B)", Draft 4.0, ICAO, Feb. 1997.
6. A. Mundra, J. Cieplak, D. Domino, B. Olmos, and H. Stassen, "Potential ADS-B/CDTI Capabilities for Near-Term Deployment", Mitre Co., McLean, VA, USA
7. L. Lindberg, "CDTI-ADS-B operational experience", Scandinavian Airlines System, 1997
8. "Automatic Dependent Surveillance trials with Qantas, Air New Zealand, and United", Qantas Report, 1998

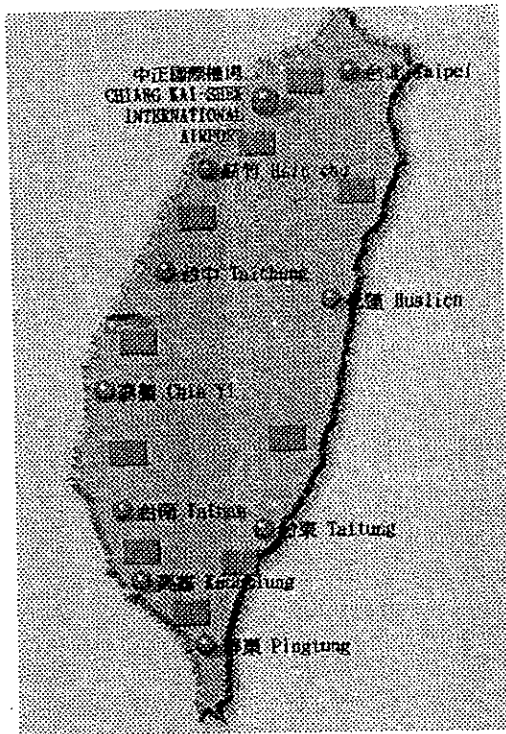
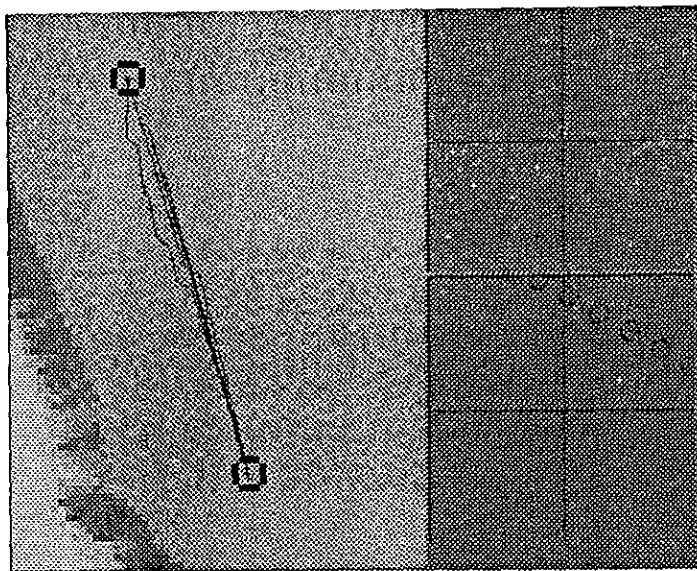


圖1: 程式主畫面: 臺灣各機場地理位置圖



圖形 2: 台南至高雄之飛行示意圖, (左) 航管螢幕, (右上, 右下) 駕駛員所見之螢幕 (CDTI)