

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 工程學(一)科

第一名

052314

自製通訊無人機傳輸求助系統

學校名稱：新北市立新北高級中學

作者： 高二 林家安 高一 林琬庭	指導老師： 謝進生 張宇熙
-------------------------	---------------------

關鍵詞：無人機、自動飛行

得獎感言

自製通訊無人機傳輸求助系統之研究心得

首先，很榮幸可以獲得今年全國科展工程學(一)的第一名，感謝曾經協助、陪伴我們老師、同學及家人，多虧一路上給予建議的老師，在研究過程一同思考、解決問題的夥伴，以及分享知識與經驗的同學，甚至是遭遇挫折時給予鼓勵的家人，多虧大家我們才能在人生刻畫出重要且精彩的痕跡。

在研究過程中我們不斷跌倒，不斷挫敗，遭遇許多問題，幾乎每次的問題都使我們身心俱疲。每一項問題都經過無數次的思考，我們深刻體會到有志者千萬計，而無志者千萬難。興趣是我們繼續研究的動力，是意志力的源頭，既使每每遇到的問題都要消耗數個星期才能解決，但我們卻因為興趣，使不斷地重複的思考過程變得非常有趣，因而樂在其中。

回憶科展研究旅途，對我們而言極具有挑戰性，過程中學習到的不論是交流討論、知識收集、應用，或是資料的統整、分析、解讀，都能夠使我們未來做任何事情都能多一份可能。過程中我們從零開始研究，從觀察、假設到實驗，路途每一步都讓我有非常多的收穫，對與團隊合作也有新的領悟。此外由於題材較新穎，對於研究經驗之寶貴有了更深的體悟，團隊合作不只是加速研究進行，對於那些琢磨不定沒有正確解答的問題也能有一份最佳的結論。

透過這次的研究，我深刻體會到在未來創新的世界，有很多事情是要靠人與人的經驗來克服。雖然討論會有意見的分歧，但經過溝通及思考，總會有共識，有最佳的結論。因為這樣的討論過程我變的更能獨立思考，對於事物想法能夠更完整的表達，對未來自己在學習的態度上，添加對挫折的耐受性，面對困難挑戰時，會勇於嘗試不同解決方式，持續不斷進步。



參賽師生合影



摘要

本研究利用定翼機高度機動的特點，發展全自動的移動式求救系統，改善現行求助系統之不足。首先利用定翼機敏捷及可滑翔優點，經不斷改良機體與優化 PID 等各項參數後，發展出穩定飛行的第五代架構，並結合 GPS 系統與基地台位置定位，讓定翼機能自主修正航線往基地台飛行。

接著探討到達電信基地台訊號範圍後，結合 NB-iot 網路發送求救訊號，除了可以傳遞受困者座標位置、也增加傳遞環境數值等資訊，方便搜救者根據相關座標等資訊，解析受困地點、爭取寶貴時間。

與傳統求助與搜救過程相比，本研究結果能大量降低手機訊號達不到的搜救死角問題，讓管理人員更快得到人員求救訊息，更讓搜救部隊快速知道搜救位置等資訊，抵達救援地點，大大提高人員生存機率。

壹、前言

一、研究動機：

根據內政部消防署於 110 年 1 月統計，民國 109 年山難事故有 453 件，總遇難人數有 654 人，總罹難人數有 41 人，而其中迷路事故佔大宗。除了山難事故，土地貧瘠等地區也有眾多遇難事故發生，而遇難事故大部分是以直升機進行救援。

根據空中勤務隊全球資訊網顯示，使用直升機搜救每小時所需之油料等成本約為 19,4727 元。109 年度當中，山難救援時總數超過 270 小時，換算下來該年救援使用之費用超過 5250 萬元。然而直升機出勤救援之時數中，大部分的時間是用於搜查而非救援。

當今的遇迷路遇難事故、偏鄉地區急難等求助自保方式為 110、119、112 等電話求助。若處無電信訊號處常使用 Personal Locator Beacon(PLB)個人定位發報器進行求助。這項設備進行求助的申請及器材成本龐大，且事前申請事向繁瑣不易使用。此外，PLB 個人定位發報器不具發送當前遇難位置環境數值、生理數值之功能。若身處於電信訊號範圍外，無法使用手機求助，卻只能告知遇難位置，無法告知其遇難狀況通常會導致搜救地不易，救難部隊無法得知遇難者傷勢、所處環境，造成抵達位置後準備不足，無法及時應對。

所以我們想要製作一種傳遞資料更詳盡、使用本更低，利於一般民眾使用的飛行求助系統。透過整合自動飛行系統、NB-iot 兩系統，在身處無訊號區域的情況下利用無人機高度機動的特點、GPS 定位系統、基地台定位功能、感測器等設備，將遇難人員求助的座標訊號、環境等訊息帶往電信基地台之通訊涵蓋範圍，並透過伺服器發送信息至救難監測端，降低死亡機率，增加救援應變能力，減少搜查所耗的金錢與資源。

二、研究目的：

1. 研究無人機之本體、動力、過彎及如何省電等問題，使無人機飛行穩定度最佳化。
2. 探討使無人機自動飛行穩定度最佳化之 PID 參數、油門參數、副翼擺動參數。
3. 研究如何結合自動飛行系統與無線網路，發送易於查看的求助訊息。
4. 探討本研究可實行之急難救助應用模式。

三、文獻回顧：

簡銘昆（2008）指出：人為因素是登山風險中佔最高比例的主因；身份類別中，以登山團體所佔的比例最高；而山難發生大都以假日時期居多，其中以 7 月、8 月、10 月居多；發生的高度以 3,000 公尺之高海拔山區比率最高。

吳俊毅（2017）指出：根據山難事故管理相關研究指出，山難發生原因主要有：各公部門之間權責劃分不清、搜救人力、裝備不足、消防人員搜救專業度有待加強等原因。而一些研究也提出多項建議，例如：落實登山活動管理、山域管理單位加強維護登山設施、加強山區通訊品質、推廣登山安全教育、定期檢討山難事故處理流程、加強消防人員在職及學校教育訓練。

江秀真與林金樹（2014）指出：玉山主群峰線的登山步道，歷年來發生山難事故之冠。官方統計資料顯示在 1985-2010 年期間共發生 67 件山難事故，其中高山病 27 件、墜崖 19 件、迷途 11 件，三者共佔 85.1%的比例。山難事故以發生於海拔 3,000~3,500 m、南向坡、坡度 0~30°的步道環境的次數最多。

陳柏皓（2019）指出：當山難發生時，目前沒有一個能有效輔助山難救援的系統，只能依靠救難隊地毯式的搜索，不僅相當費時也相當費力。如果有一個系統在救難行動時，能在廣大的山區縮小搜救的可能範圍或是給予搜救路線的指引方向，將大大提升搜救的效率，也能夠增加遇難者的生存機率。如果要實現此系統，首先需要克服在山區大範圍且遠距離的條件下設備間能正常傳輸資料，且不受限於在山區中訊號不佳的電信業者。

內政部消防署〔消防署〕（2017）指出：現代急難求助方式有：電話、應用程式、PLB 個人定位發報器。

（一）電話求助：

110、119、112 皆可，其中 112 較為特殊，只要手機有電，即使在無插入 SIM 卡的情況下仍可以撥出求救，但以電話方式求救都需要身處在電信基地台範圍內，否則無效。

（二）應用程式

消防署及民間皆有推出急難求助相關的定位應用程式供民眾下載，雖然方便，但若身處非 4G 或 5G 網路訊號範圍則無法使用定位及求助功能。

(三) PLB 個人定位發報器

一種可攜式定位通訊設備，可在基地台範圍外，讓衛星搜索該發報器位置，方便救難部隊確認受難位置。使用前必須向政府申請並繳納執行費，成本較高且較為不便。此外，其只能應用於發送當前位置資料，無發送生理、環境資訊，不易救難人員進一步應對。

(四) 衛星電話

由於衛星電話只能工作在一個網路下無法切換，以常見的兩種衛星電話來說，LEO 衛星電話可以透過三角定位的方式快速確認自己的位置，但因範圍廣大，有時誤差可能到達數十公里。Globalstar 衛星電話的範圍較小，主要是商業用途，較偏遠的地方並無服務，且衛星電話價格約 1000-1500 美元之間，成本過高。

由以上資料我們發現山難發生的主因：3000 公尺之高海拔山區常缺乏通訊訊號，設備無法正常傳輸訊息，導致搜救人員缺乏受難者位置資訊。此外，若使用現行的 PLB 個人定位發報器或衛星電話，將會產生無法告知其遇難狀況或位置誤差過大導致搜救地不易，救難部隊無法得知遇難者傷勢、環境情況，造成抵達位置後準備不足，無法及時應對。

根據上述文獻，因此我們想要研究的系統，其應具備以下功能：

1. 能夠解決無訊號的問題：在無手機訊號處，能快速找到有通訊功能之位置。
2. 省電且穩定的飛行方式：在電力耗盡前能找到基地台發射求救訊號。
3. 求助的資訊：除了最重要的座標位置資訊外，若能同時傳遞更多環境資訊或受困者生理訊息等，將有助提升救援成功率。

貳、 研究設備與器材

表 1、研究設備與器材

名稱	規格	數量
物聯網開發版	NodeMCU-ESP32-S	1
GPS	NEO-M8N	1
無刷馬達	1103、1104	1
有刷馬達	8250 空心杯	2
螺旋槳	2045	1
電池	7.4v、3.7v	1、1
飛控板	Pixracer r15	1
電子變速器	ServoKing Monster 20A、30A	1
馬達	8250 空心杯	2
網路模塊	QUECTEL BC26	1
接收器	DEVO - RX601	1
Visual Studio C#	community	1
伺服馬達	SG1602	2
單頭端子線	1.0mm	12
SH 連接器 JST SH	1.0mm 10p	1
GH 連接器 JST GH	1.0mm 6p	1

參、研究過程或方法

一、探討本系統之運作功能、運作流程、研究概念

經文獻回顧後，我們為了解決身處訊號外難以傳輸信號之問題，我們嘗試達成（如圖 1）：A 電源開啟立即定位、存取當前位置並啟用自動飛行模式、B 尋找最近之訊號範圍並飛行前往、C 到達訊號範圍與 NB-iot 網路連線、D 發送資料至 MQTT 伺服器、E 以滑翔方式降落。

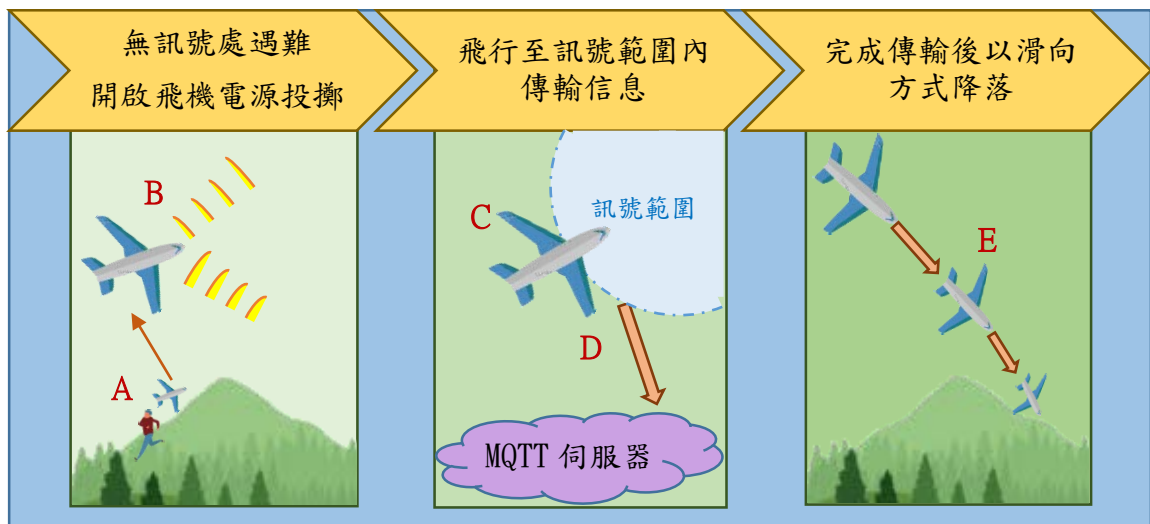


圖 1、系統運作流程發想

由上述的運作流程發想，我們訂出通訊無人機傳輸求助系統的研究概念與發展，將研究過程所需的各項進行分類，形成如下圖 2 的系統研究概念發想圖。我們依區塊分類的不同進行研究，嘗試發展出具有完善通訊傳輸求助功能的系統。

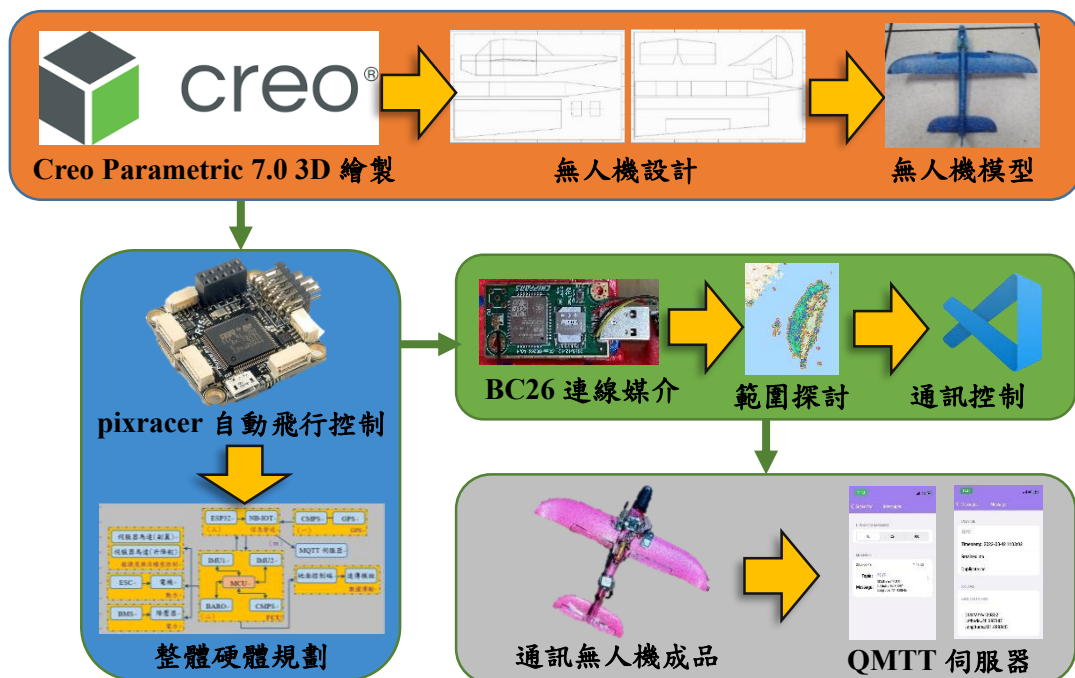


圖 2、系統研究概念發想圖

二、研究架構與流程

為了解決上述問題發展完整的求助系統，將研究主幹分為三組方向進行（如圖 3）：A 無人機研究、B 自動飛行研究、C 求助訊號發送研究，最後將各組研究資料分析，並解決研究過程遇到的問題，完善求助系統。

A 無人機研究：初始的研究，我們嘗試自行設計所需之無人機，並自行繪製無人機設計圖，規劃依靠於兩側加裝電機進行轉向與升降。初代無人機經研究完成可遙控之基本飛行後，為了再進一步優化其敏捷度、流暢度並整合自動飛行系統，我們修改無人機設計，重新規劃硬體設備。

B 自動飛行研究：當我們在無人機的研究中完成可遙控之基本飛行後，緊接著我們研究自動飛行系統並將兩者整合。本研究中，我們嘗試透過 Visual Studio c# 修改原版 Mission Planner 之參數輸出值，使無人機飛行穩定度、敏捷與流暢度大幅提升，達到飛行時自體修正之效果，並探討最佳飛行模式，由初始之定高盤旋飛行模式，發展為效率更高的定點飛行模式，以加速搜救進行。

C 無人機通訊研究：當無人機可完成自主飛行之作業後，我們嘗試再將其與傳輸系統整合並加裝感測器，使無人機能發送遇

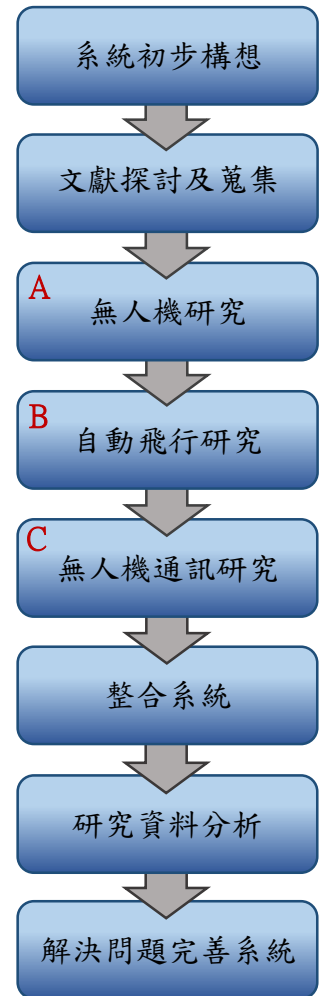


圖 3、系統研究流程

三、無人機製作研究

根據上述之研究流程規劃，我們分析本系統之最終目標之無人機，嘗試解決對於突發急難遇難的環境缺乏預測之問題。無人機可能處深山或四周遮蔽物環繞之難以移動之環境，為了解決此問題，我們進行無人機設計與規劃、材質探討分析、動力供給規劃等無人機的基本研究，從基礎上加強無人機遭遇突發急難之應變能力，使突發急難發生位置無法預測仍可順利藉由移動發送信息，也可以擴大無人機可應用之環境（如圖 4）。

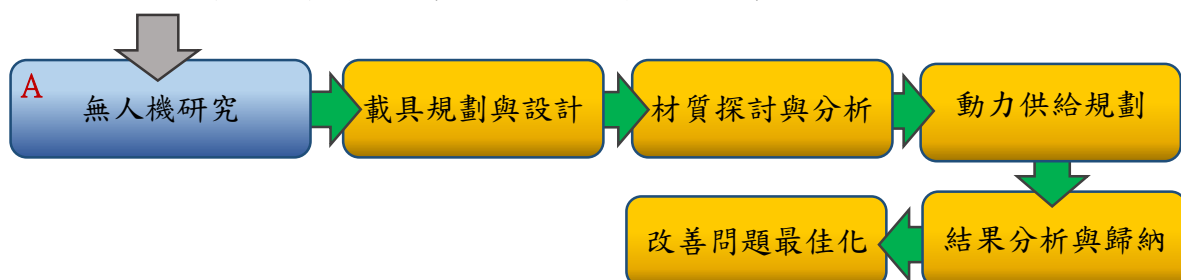
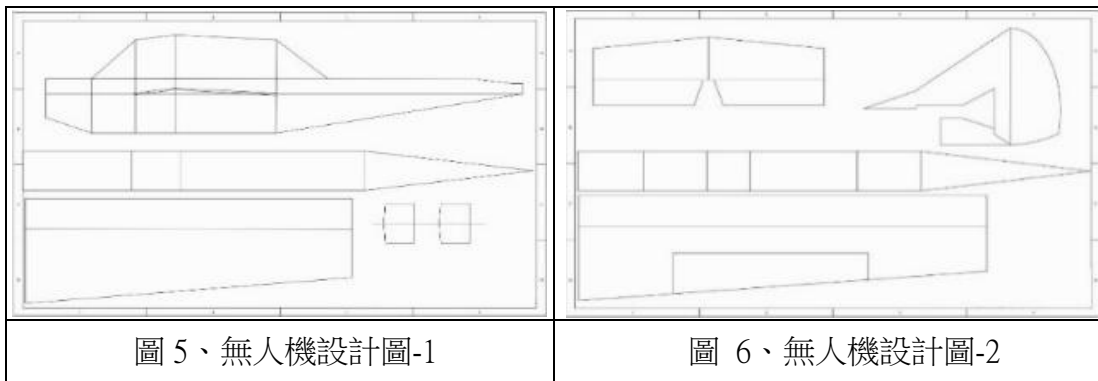


圖 4、無人機製作研究流程

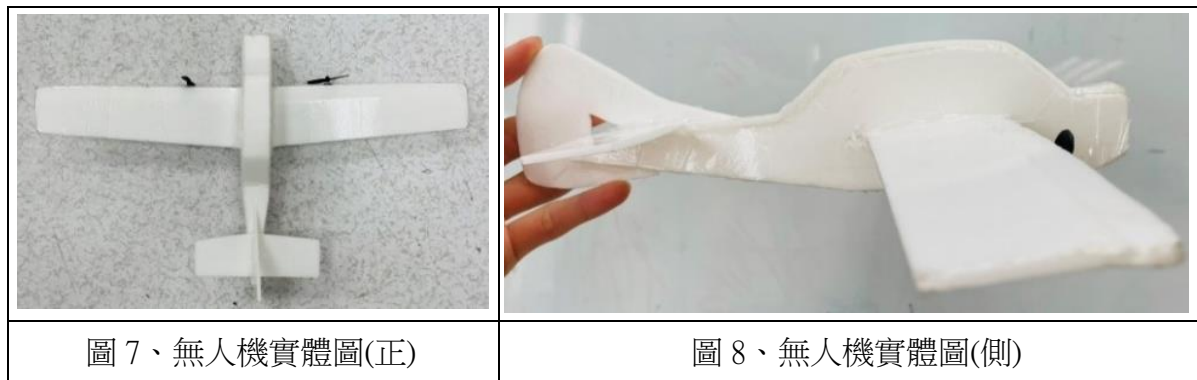
(一) 無人機規劃與設計

初代通訊無人機根據上述突發急難環境無法預測之理念進行設計。我們參考西斯納出產之無人機，自行設計無人機的外型並分析：A 本系統無人機應具備之能力、B 本系統無人機應完成之任務、C 本系統無人機應具備之特點，最後進行想法統整、歸納，以 Creo Parametric 7.0 3D 自行繪製符合研究理念之無人機，將無人機設計為輕盈且小體積，有利於隨身攜帶以因應突發急難需求（如圖 5、圖 6）。



(二) 探討無人機無動力下的滑翔距離




接著我們利用相對於其他材質較輕盈，有利於飛行的珍珠板實際製作自行設計之固定機翼無人機（如圖 7、圖 8），並探討飛行器無動力供給下力下可滑翔的距離，嘗試增加無人機無動力下可滑翔的距離，解決影響無人機滑翔距離不理想之問題，加強飛行時之續航力，增加定量電能下可飛行之距離。



在探討影響滑翔距離因素的實驗當中，我們於無風環境下以固定力道投擲無人機，觀察無人機滑翔距離與加工面粗糙度、無人機組成材質之關係。

我們利用數位相機攝影，於每 1/30 秒紀錄當前無人機位置影像，再將攝影檔放入電腦並擷取圖片，並利用繪圖軟體 MicroSoft 小畫家標出每 1/30 秒飛機的座標位置（如表 1），藉由此方式得知無人機飛行速度是否達到固定力道之要求，也可得知固定力道與無外在風力下之無人機可滑翔的距離。

表 1、初代無人機滑翔距離表現

攝影機畫面			
時間	0/30 秒	3/30 秒	6/30 秒
座標	(980, 350)	(1050, 332)	(1129, 310)

經多次實測並利用攝影之座標位置標記後我們發現，初代無人機若在每小時 26.8 公里所產生之初始力道投擲後無其他持續外力的供給，其平均可滑翔之距離大約 1.58 公尺，明顯不符合本無人機設計之應有滑翔的距離。




我們認為可能是因為以下因素影響其滑翔距離：A 初代無人機加工部分破損導致空氣透過破損處流入使滑翔距離具較短、B 開發調整後邊角粗糙影響無人機飛行流暢度，使穩定度降低，拉近降落時間。為了使飛行器無動力供給下可滑翔距離增長，我們重新規劃飛行器所用之材質。將無人機的材質更改為彈性好、質量輕、變形恢復率高的 EPP 材質（如圖 9），改善因加工因素導致無人機滑翔距離較短的問題。



圖 9、更改後之機體

更改無人機的材質後，我們以同樣每小時 26.8 公里之力道投擲實測，發現無人機滯空時間、滑翔之距離明顯增加，由原本平均 1.58 公尺增加至 5.8 公尺（如表 2）。

表 2、二代無人機滑翔距離表現

攝影機畫面		
	時間	0/30 秒
座標	(953, 427)	(1121, 414)
攝影機畫面		
	時間	6/30 秒
座標	(1207, 391)	(1381, 360)

（三）動力配置與實測

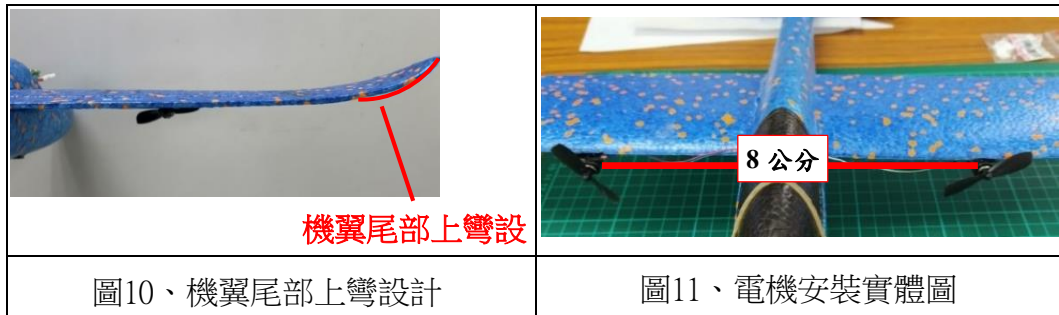
經由以上實驗完成無人機本體後，為了解決無人機缺乏穩定動力供給的問題，我們規劃動力設備的加裝方式。

由於無人機過彎靈敏度與飛行時傾斜角度關係密切，因此我們藉由研究兩側電機安裝距離與飛行時傾斜角度歸納無人機過彎靈敏度。經過實測並紀錄後得知（如表 3），每當電機安裝相對無人機中央距離增加時，飛行時的過彎傾斜角度都會增加，反之當電機與無人機中央安裝距離較近時，其無人機飛行過彎傾斜角度較小，過彎靈敏度較低。

表 3、電機安裝距離與飛行狀態比較

馬達與機身距離	轉速	相對地面過彎傾斜角度
2cm	47000RPM	大約4度
3cm	47000RPM	大約10度
4cm	47000RPM	大約18度
5cm	47000RPM	大約25度
6cm	47000RPM	大約30度
7cm	47000RPM	大約37度
8cm	47000RPM	大約45度

最後觀察無人機模型設計後我們發現，由於機翼尾部具有增加上升之上彎設計(如圖 10)，為了解決將電機安裝於飛行器機翼尾部導致上升力下降之問題，我們最終將電機設備安裝於左右各距離無人機中央 8 公分處(如圖 11)，使無人機運行之過彎敏捷度最佳化但仍保有原來的上升力。



四、無人機自動飛行研究與整合

經過無人機設計、實測與調適後完成可遙控之基本飛行，緊接著我們透過解決所需的硬體問題、動力設備參數輸出值、探討最快回歸穩定飛行之 PID 控制器參數、無人飛行模式，整合本無人機與自動飛行系統。

(一) 探討自動飛行硬體所需之功能及訊號傳遞方向

為了完成本自動飛行系統，我們所加裝的設備應具備的功能(如圖12)：A 電力供給、B 動力設備、C 飛行控制系統、D 飛行規劃系統、E 定位系統。

整體的自動飛行系統以飛控區塊(C)為核心，經電力(A)區塊提供飛控電能，再將各項硬體與飛控區塊連接獲取電能。飛控區塊藉由讀取 GPS (E) 所獲取之座標位置資料判斷當前位置，並透過 CMPS、BARO、IMU1、IMU2 運算，起啟用動力區塊(B)，執行已存取於飛控區塊記憶體之飛行計畫。最後再透過數據傳輸區塊(D)將無人機資料回傳，分析飛行數據，修改與更正各區塊數值，最佳化機體。

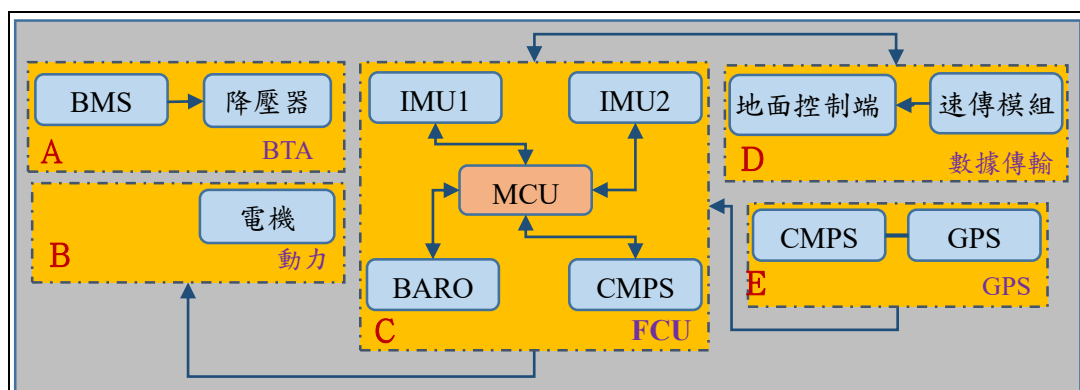


圖 12、自動飛行系統硬體功能與運作流程

(二) 探討無人機穩定飛行之最佳 PID 參數

當了解自動飛行所需的硬體架構後，為了解決在執行預設之飛行計畫時，因風力或其他外在因素影響下使無人機執行預期外之動作，可能使無人機無法即時調整飛行傾斜角度而墜毀。我們研究符合本無人機之 PID 參數，嘗試透過反饋系統縮減無人機回正之震盪時間。

PID 控制是由 P (比例)、I (積分)、D (微分) 三種受控變數相加所組成。把測量數據或實驗數據與參考值做比較，再透過將測量數據與參考值的差作運算，最後把新的資料重新輸入，使系統數據達到或保持在參考值。

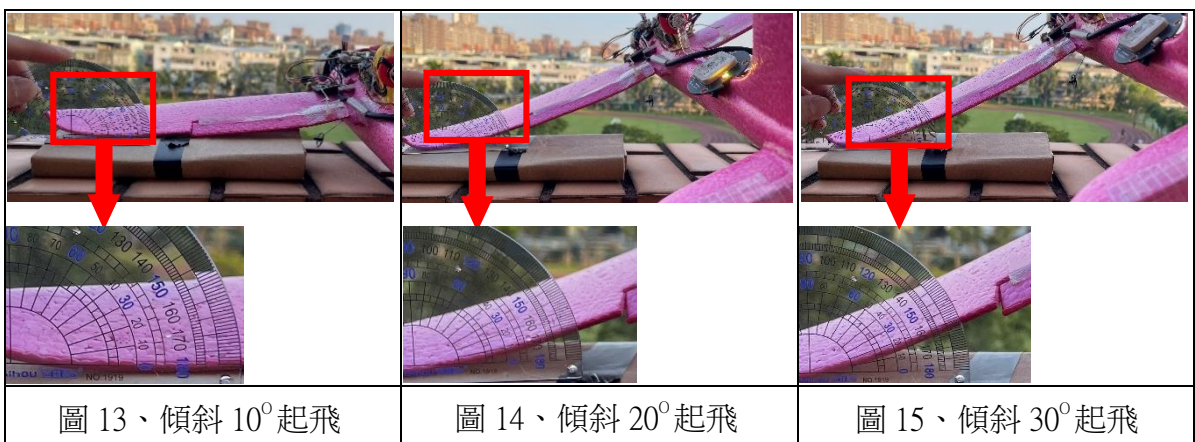
若定義 $u(t)$ 為控制輸出，PID 算法可以用下式表示：

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

其中 k_p ：比例增益、 k_i ：積分增益、 k_d ：微分增益、 t ：目前時間、 e ：誤差=設定值(SP)-回授值(PV)、 τ ：積分變數，數值從 0 到目前時間 t 。

本組透過以下無人機起飛傾角改變之實驗，探討如何解決無人機面對不同外在因素影響下之傾角變化問題，使無人機傾斜變化在最短時間內恢復穩定飛行所需的最佳 P、I、D 參數，使系統面對突發狀況時仍可穩定運行。

實驗中，我們將無人機電源開啟並啟用飛自動飛行模式，再將無人機放置於其垂直厚度相同之紙板上執行自動飛行計畫。在每次實驗時，皆以不同角度(10° 、 20° 、 30° 、 40° 、 50° 、 60°)執行。研究首先，我們透過錄影與即時飛行數據記錄其在使用原廠韌體之 PID 設定時，其面對外在因素所影響之傾角調正的時間。接下來再調整 PID 控制器中 Roll 的 P、I、D 值，每組不同角度的實驗皆進行 2 次，紀錄測得秒數再取其平均值，觀察數據的差異並分析結果，解決無人機面對外在因素時無法以最快速率回正之問題。



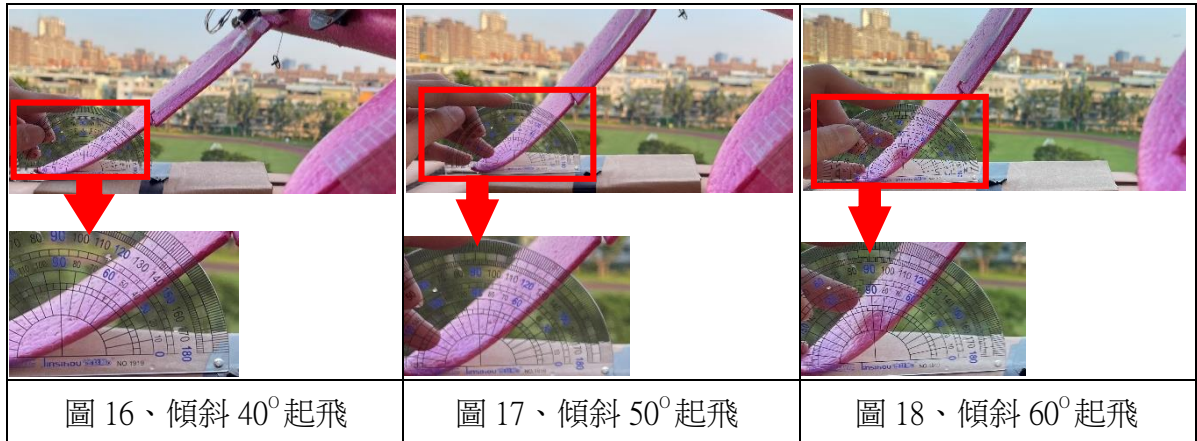


圖 16、傾斜 40° 起飛

圖 17、傾斜 50° 起飛

圖 18、傾斜 60° 起飛

(三) 探討無人機自動飛行之控制模式

經由先前之運作流程發想及實驗規劃後，我們訂出通訊無人機求助過程的飛行模式。我們規劃使其於開啟電源後飛到一定高度，其高度為根據使用環境之山區最高樹林高度設定。接著使其以固定高度，向外不斷盤旋繞圈方式飛行。透過程式自主運行將機身左副翼持續向下打 20°，再根據當前環境之風力狀況自主調整副翼、升降舵度與油門參數，不斷固定高度向外繞圈，以逆時針方式漸漸增大飛行範圍，若抵達通訊涵蓋區，則透過程式自主運行，將機身左副翼回正，右副翼下調 20°，調整機身方向，飛往基地台位置。發展出如下圖 19 的飛行模式概念圖，嘗試研究出效率最高之無人機飛行模式。

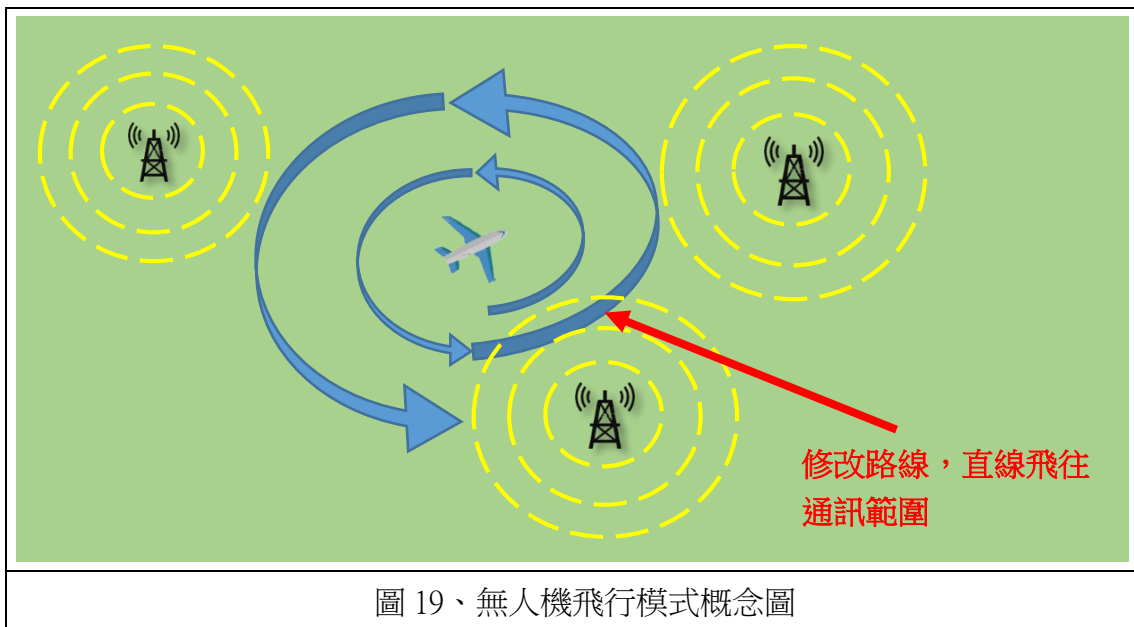


圖 19、無人機飛行模式概念圖

五、無人機通訊研究

當無人機完成調整，並可執行自動飛行後，我們研究無人機通訊系統，嘗試將無人機與傳輸系統整合。本研究嘗試解決，應用環境無法預測仍可傳輸、無人機不斷移動環境改變仍可通訊兩項問題。此外，使我們利用 NB-IoT 網路作為本系統之原為其使用電信基地台、沒有 WiFi 距離限制，同時具有使用成本低，信息發送限制較小，支援同時一機多傳等特性，作為本系統傳輸之方式。

我們解析以上問題，嘗試透過硬體規劃、撰寫程式、探討資料發送與接收方式（如圖 20），解決以上問題，發展無人機通訊系統。

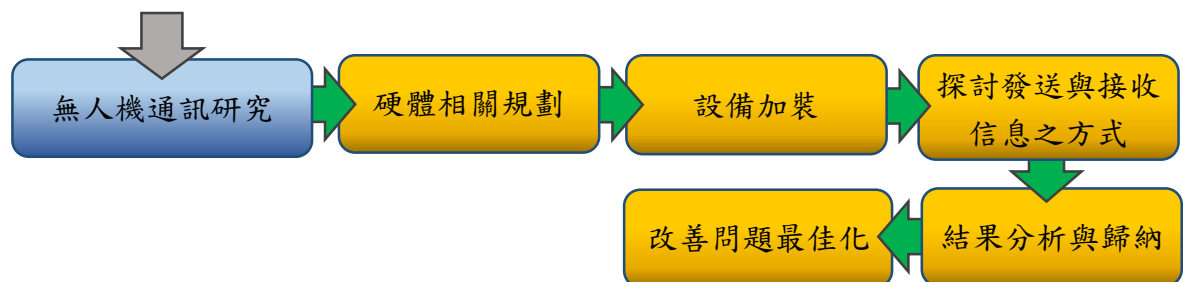


圖 20、無人機通訊研究流程

（一）探討發送求助訊號所需之硬體及流程

基本的無人機通訊系統應有的組成（如圖 21）：A 飛行控制系統、B 電力供給、C 信息傳輸、D 定位系統。

無人機通訊系統是以信息傳輸區塊為核心，將其與接通電源之飛控板連接獲取電能，再透過與定位區塊連接獲取當前座標位置。信息傳輸區塊當中以 NB-IOT 作為連線設備，透過 ESP32 下達指令，傳送存取於 ESP32 記憶體之座標位置，完成無人機通訊作業。

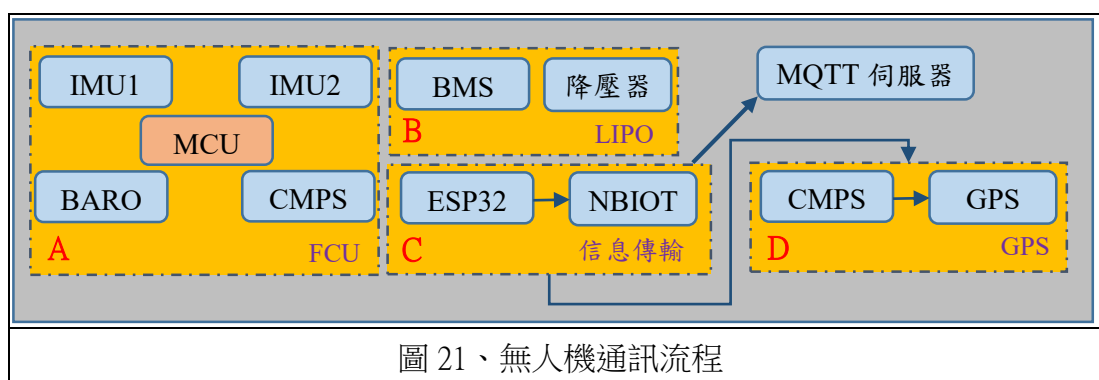
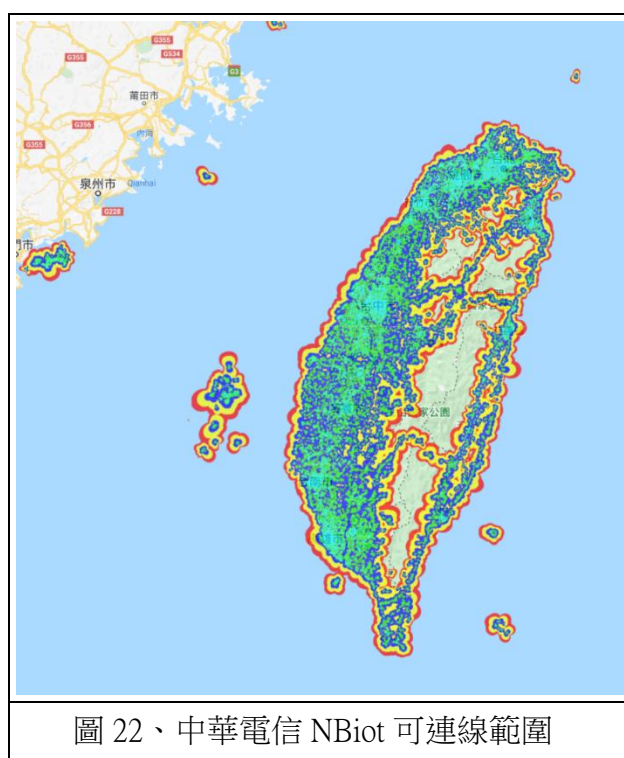


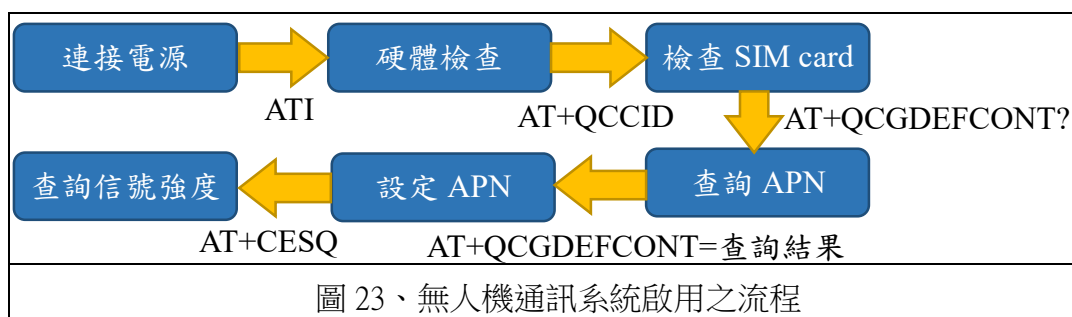
圖 21、無人機通訊流程

(二) 探討求助訊號可連線範圍與通訊方式

無人機通訊系統使用之網路 NB-IOT，其使用電信基地台，沒有 WiFi 距離限制，可以有效解決環境無法預測導致的通訊的問題。而我們所使用的 SIM 卡為中華電信 4G 所支持，其 SIM 卡可連線的基地台數量為全台最多，範圍為占全台近乎 80% (如圖 22)，為台灣地區支援傳輸之最廣的 NBiot 系統，可以有效解決無人機移動身處不同環境無法通訊的問題。



本系統所使用之無人機通訊，其需透過 AT command 操控。然而大多的通訊設備都缺乏自主下達 AT command 的功能，為解決此問題，我們嘗試自行撰寫可自主輸入 AT command 的程式。藉由將程式燒錄於網路模塊的控制設備 (ESP32)，並自動於每次開啟電源時，依照啟用設備啟用指令順序完成無人機通訊系統啟用之程序(如圖 23)。



當我們所使用的通訊設備已完成開機，即可以開始進行通訊設備與網際網路連結並發送信息之行動。我們根據上網之固定 AT command 使用順序，嘗試自行利用 Visual Studio code 撰寫系統開機後之自動下達入網指令之程式碼。

本系統入網所需下達之 AT command 缺一不可，而在通訊設備齊全的情況下，每次在運作時下達指令失敗的成因通常是：A 等待時間不足 B 身處基地台範圍外。因此當我們完成硬體功能規劃，確認所需之設備無從缺後，為便解決連線失敗的問題，我們於每次下達指失敗時，等待 0.5 秒再重新下達指令（如圖 24）。

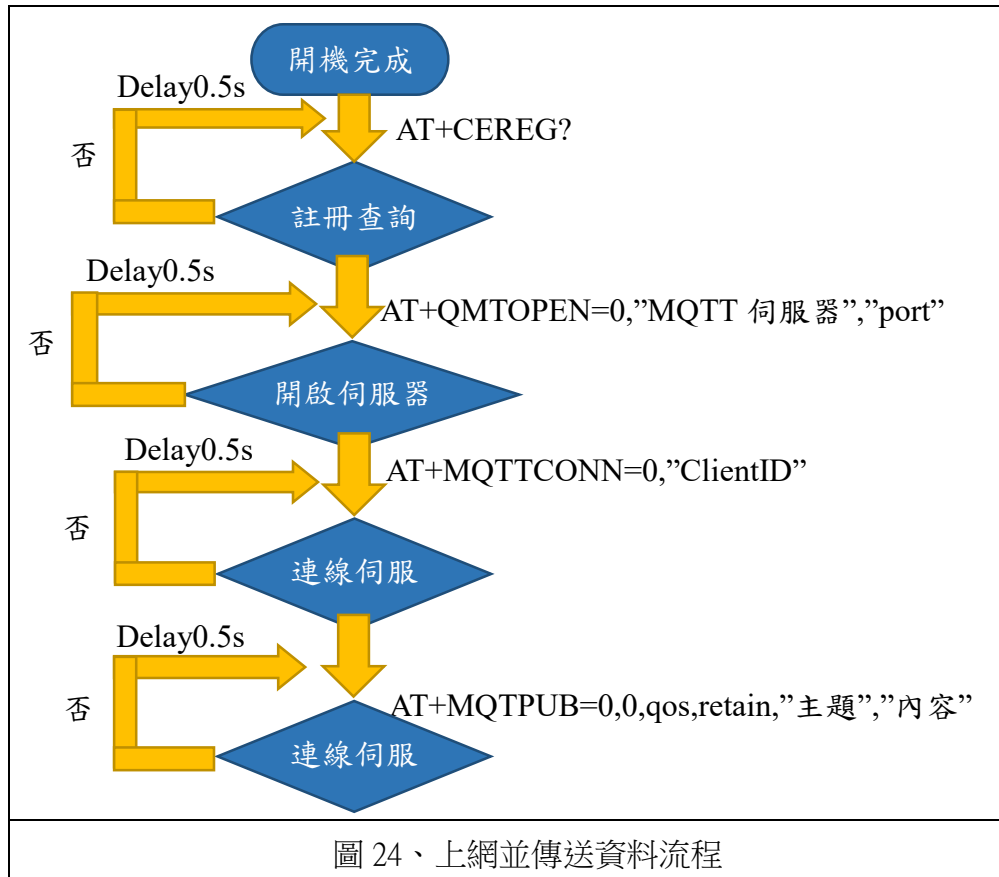


圖 24、上網並傳送資料流程

(三) 探討接收求助訊號之方式

當完成無人機通訊規畫後，我們嘗試解決訊號接收問題。本系統所使用的網路模塊為 BC26，其支援 H-FDD：B1 /B2 /B3 /B4 /B5 /B8 /B12 /B13 /B18 /B19 /B20 /B25 /B26 /B28 /B66 頻段，可應用 MQTT 伺服器。因此我們嘗試自行架設 MQTT 網頁伺服器，透過 MQTT 網頁伺服器，使救難者得以透過行動設備查看，增加觀看資料之便利性。

(四) 探討不同天氣下的訊號傳輸情況

本系統所使用的傳輸設備使用 H-FDD:B1/B2/B3/B4/B5/B8/B12/B13/B17/B18/B19/B20/B25/B26/B28/B66 頻段進行傳輸，並且中華電信支援 B28(700MHZ)、B8(900MH)、B3(1800MHZ)、B1(2100MHZ)、B7(2600MHZ)、B38/B34(2600MHZ)頻段的 4G 網路接收和傳輸。

在雨天環境下，大於 10GHZ 的傳輸方式通常容易因雨水影響，其原因為波長越短，越容易被水吸收，導致信號減弱，但本系統所使用頻段皆低於 10GHZ，因此雨天傳播能力不受干擾，在設備未受雨水波及的情況下仍能正常通訊。

肆、研究結果與討論

一、系統發展之功能架構

經過先前之不斷研究與規劃，本系統之發展與組成架構以無人機通訊載具、自動飛行系統、NB-IOT 通訊系統、地面監控系統所組成，最終之使用者可歸於遇難人員，測試與救助人員（如圖 25）。

載具的本體、動力、轉向、升降經過我們不斷地設計與規劃，完成可遙控之基本飛行後，我們分析訊號可連線的範圍，進行飛行規劃，整合自動飛行系統、NB-IOT 通訊系統，而為了使本系統之飛行穩定度最佳化，於自動飛行系統當中進行參數的校調。執行飛行計畫測試時，地面監控站可利用 APP 介面與快取 log 檔查看當前飛行狀態與及時調整參數，進而修改或預防飛行偏離路線。由 NB-IOT 透過 AT command 所發送之信息，可以藉由 MQTT 網頁伺服器查看，顯示於電腦或手機。

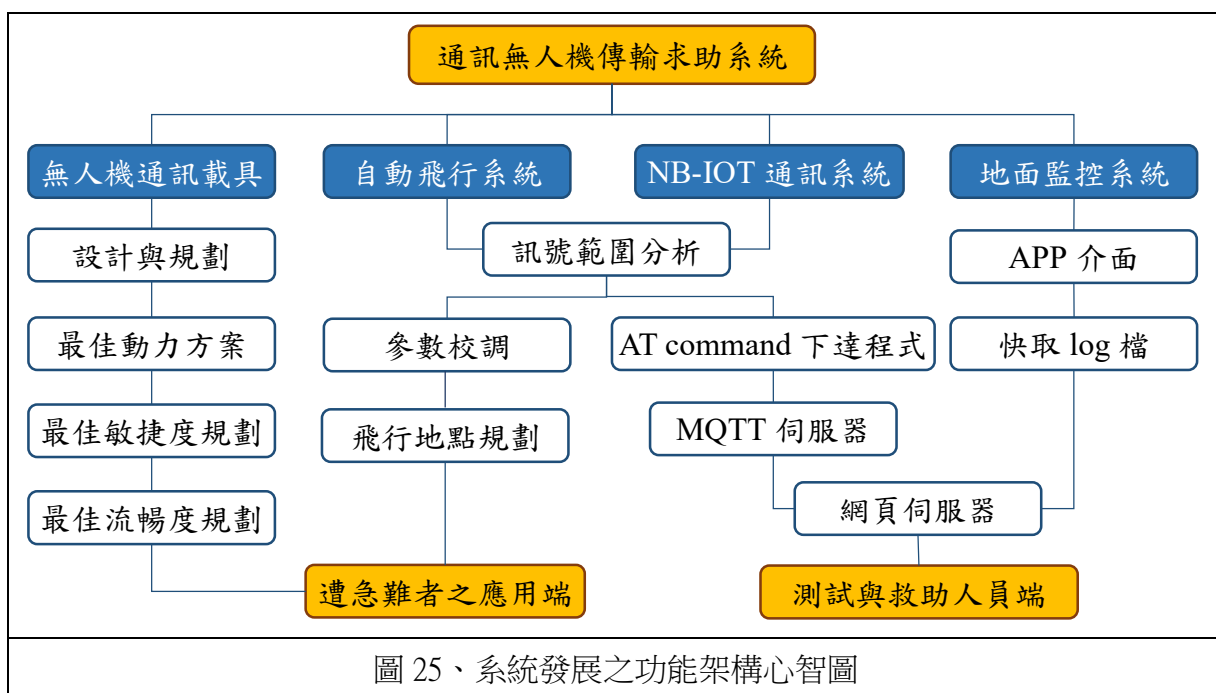
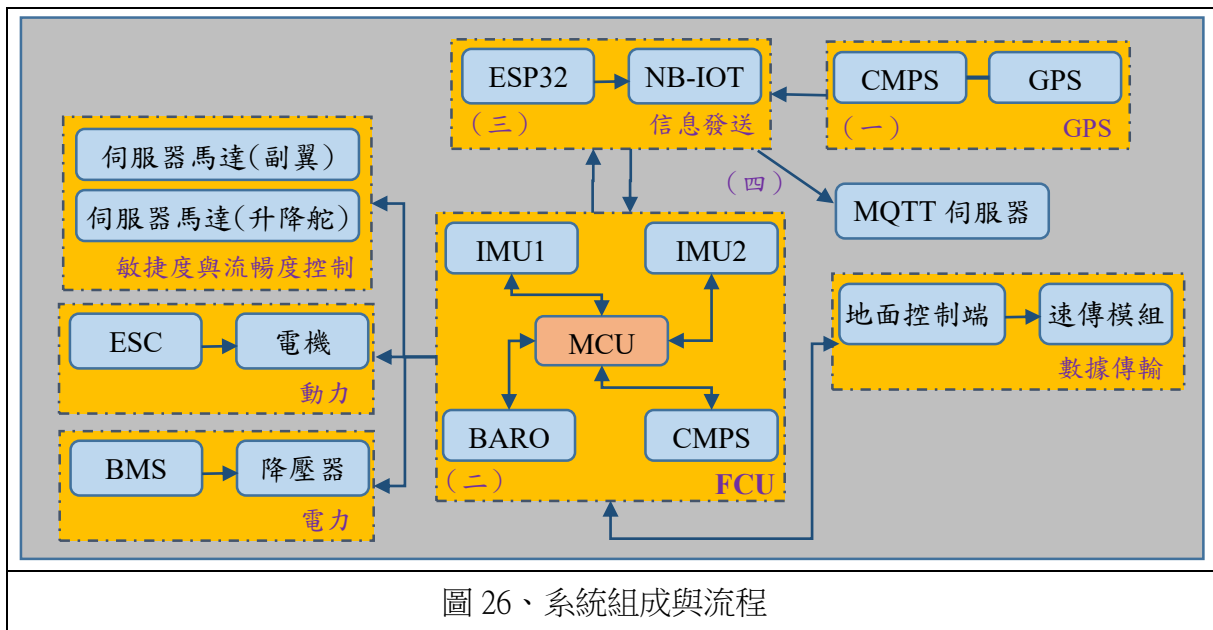


圖 25、系統發展之功能架構心智圖

二、系統之組成及運作流程

經過系統不斷研究與歸納後，我們所發展出的系統架構如下圖（如圖 26）：



本系統架構以飛控區塊（FCU）為核心，將其與電力、操作控制、動力、信息發送、定位、數據傳輸相互連接。

本系統運作流程如下：

- （一） 定位系統將當前座標資料存取於 ESP32 內建記憶體，並同時發送當前位置資料給飛控區塊（FCU）。
- （二） 飛控區塊（FCU）會判斷距離當前遇難位置最近的通訊位置點為何，並透過飛行任務規劃、PID 控制系統，操控副翼、升降舵、電機，飛往目標之通訊點。
- （三） 在飛往通訊點的過程當中，信息發送區塊中的 ESP32 會不斷下達連網之指令於其中的 NB-IOT。
- （四） 若成功與 4G 網路連接，則不斷嘗試與 MQTT 網頁伺服器連線，若連線成功則會發送信息。

三、無人機通訊載具

經過不斷研究與歸納後，為了使無人機飛行效能最佳化，我們所做之三大改善：

(一) 使無人機最佳化之動力調整

1. 實際情境下外在風力之不確定性：

由於我們無法預期實際應用場域之風力狀態，為了突發性外在強烈風阻影響問題，我們選擇利用加強動力供給之方案，將動力設備由原轉速 47000RPM 之 8250 空心杯有刷電機（如圖 27）更改為轉速為 7800Kv 之 1103 無刷電機（如圖 28）。

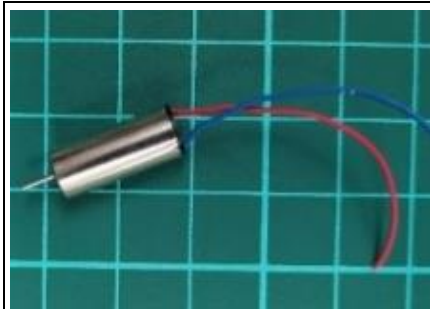


圖 27、8250 空心杯(47000RPM)



圖 28、1103 有刷馬達(58000RPM)

2. 最佳化設置

由於我們將原本的雙電機動力供給結構更改為單電機動力供給結構，因此為了解決動力機構改變無法穩定飛行之問題，我們將馬達安裝位置由原機翼之兩側更改為機身中央位置（如圖 29），避免運轉時傷及機身。

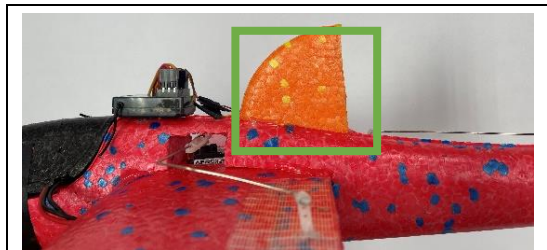
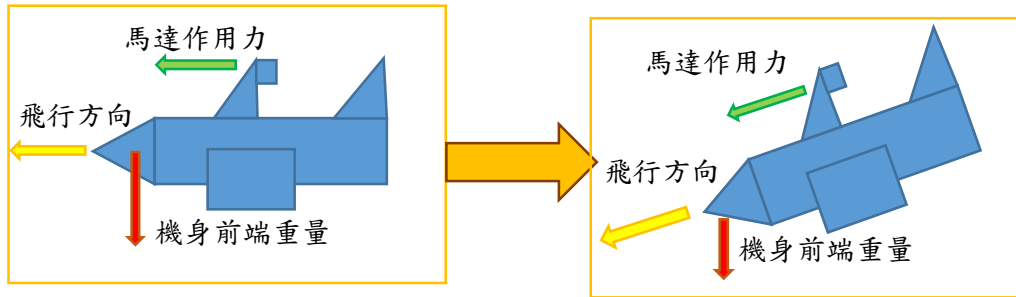
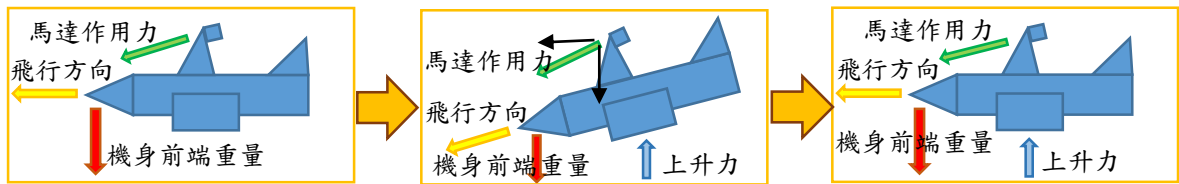


圖29、更改之機體結構

將無刷馬達固定完成後發現其所固定的角度若與機身平行，將會產生無人機起飛向地面暴衝的問題，於是我們決定更改電機下偏角之角度。經多次實測後，我們發現當電機安裝與無人機平行時，將會使得無人機啟動電源後因無人機前端重量與電機作用力而使無人機向地面暴衝，因此我們以向上3度仰角安裝電機（如圖30），避免啟動飛行時因無人機前端重量過重導致墜毀。



而當馬達以仰角 3 度之方式安裝，得以在開啟馬達電源後，施加壓力於機翼，獲得向上之升力，改善啟動飛行之暴衝問題（如圖 32）。



(二) 載具結構

1. 機身力常數 k 值較低之改善

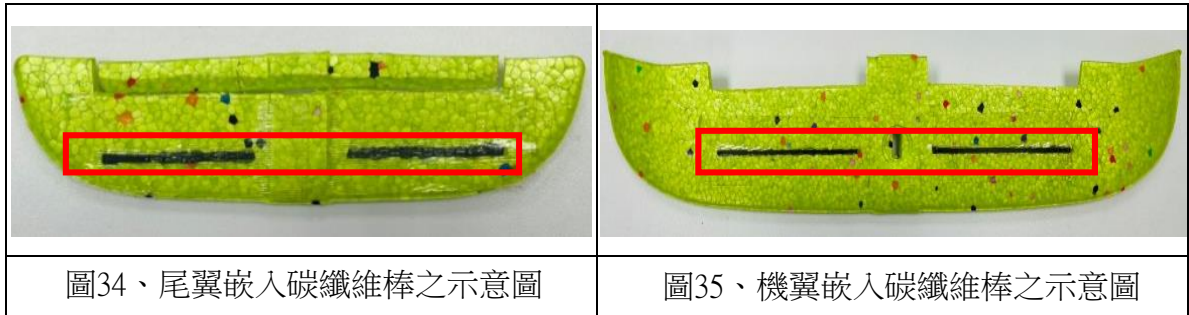
由於我們所使用的載具其本身質地柔軟彈性高，在面對加強外在風力及加強動力供給之條件下，其飛行時容易發生機身扭曲、擺動過大等相關問題，為了改善上述問題使其飛行狀態更加理想，我們在機體內嵌入碳纖維棒（如圖 33），改善飛行時面對外在風力及動力影響之機體扭曲問題。



圖33、飛行器機身嵌入碳纖維棒示意圖

2. 機翼大阻力斷翼之風險

由於飛行時之動力及外在阻力反映的是載具機翼及副翼所受之壓力，因此增加機體動力所增加之壓力將會使強度不足之機翼承受過大壓力而斷裂，為改善此情況，我們於機翼及副翼背面挖孔嵌入碳纖維棒（如圖 34、圖 35），提升機體強度，避免之外在阻力及動力增加之因素導致機翼斷裂。



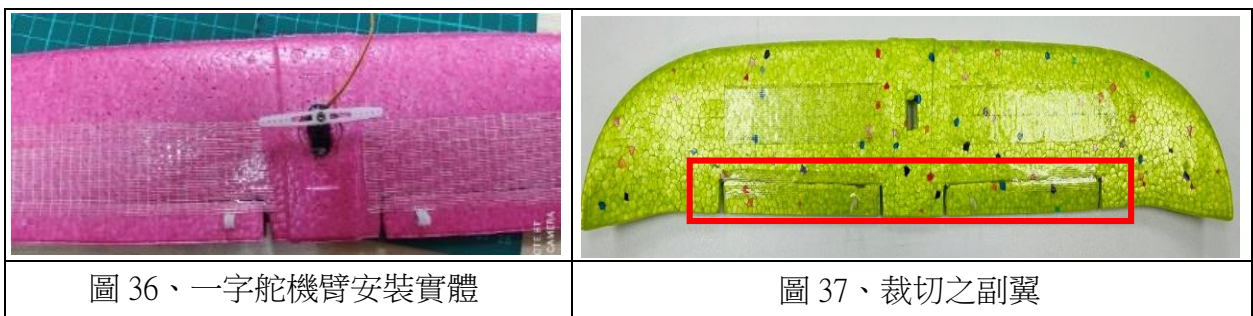
（三）最佳化敏捷度

1. 彈性過彎敏捷度

剛開始所使用之無人機是依靠兩側電機轉速差進行過彎任務，但觀察過彎傾斜角度後發現即使將電機安裝距離最大化，依舊有過彎敏捷與流暢度不足的問題，尚不足以應付突發急難所發生之場域。經過我們不斷測試後我們認為造成過彎敏捷度未達成應用突發急難需求之因素為：A 機體結構設計緣故導致馬達最大安裝距離為 8cm，無法發揮最大之過彎效益、B 馬達轉速拉高或下降之時差導致過彎效率降低。

為了改善上述因素使電機過彎效益及效率最佳化，藉由一字舵機臂及連桿調整飛機兩側裁切之副翼（如圖 36、圖 37），利用過彎時副翼擺動，解決原安裝距離之限制所導致的效益無法最大化以及改善調整轉速之時差導致的效率問題。

副翼過彎相對於電機轉速差過彎可即時調整，並不會有拉高轉速或降低轉速之時差問題，也因為是依靠擺動來過彎，解決因安裝距離限制所引發的效益問題，使過彎效益最大化。



(四) 升降敏捷度

在機體初始的操作中，是利用同時控制兩側馬電機轉速來調整飛行高度，這樣的控制方式下，無人機會產生因電機轉速調整之時差而導致升降靈活度下降的問題，無法立即因應環境狀況。為了改善此轉速時差所導致的升降敏捷度較低問題，我們透過於機體側身加裝伺服機、舵臂、連桿（如圖 38、圖 39），控制升降舵擺動，最佳化升降敏捷度。

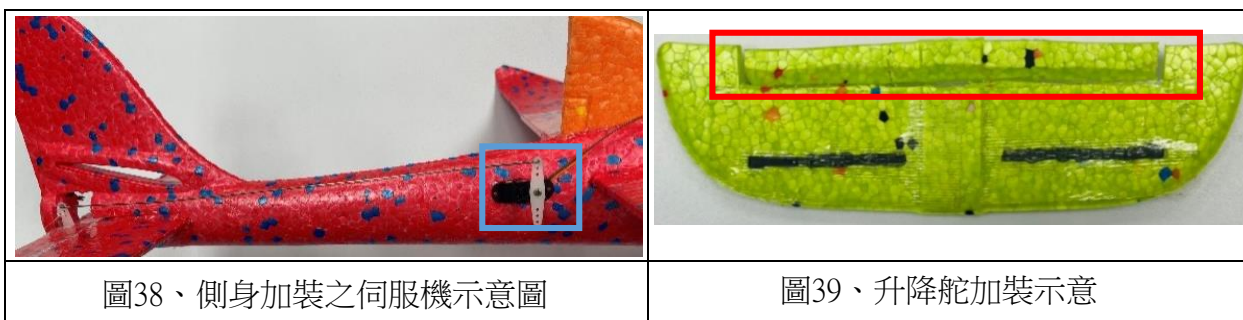


圖38、側身加裝之伺服機示意圖

圖39、升降舵加裝示意

四、本系統配置：

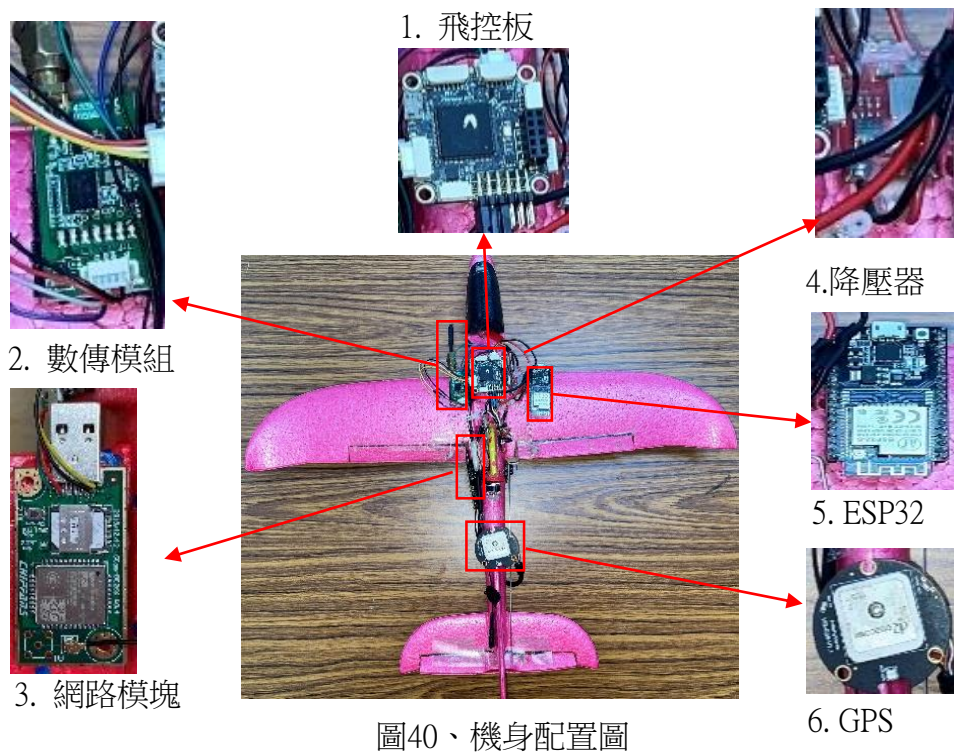


圖40、機身配置圖

1. 飛控板：飛機控制之中樞。當開啟電源飛往目標之訊號範圍區塊時，配合其內建之傳感測器，用於自主控制機體之副翼、升降舵、動力之輸出，並將由 GPS 所獲取之起點座標位置封包給 ESP32。
2. 數傳模組：用於將預設之可通訊範圍位置座標燒錄於飛控板。
3. 網路模塊：用於連接電信 4G 網路與 MQTT 伺服器，必須搭配 ESP32 使用。
4. 降壓器：將原電池之 7.4V 電壓降為 5V 供給飛控板、網路模塊、ESP32 使用。

5. ESP32：通訊之 AT 指令下達設備。可儲存開啟電源之起點座標位置，並持續對網路模塊下達 AT 指令，使其系統一進入通訊範圍即發送遇難位置座標信息至 MQTT 伺服器
6. GPS：與飛控板搭配使用。將當前位置告知飛控板，讓飛控板得以朝向已設定好之可通訊範圍位置座標飛行。

五、自動飛行之調整與設置

(一) 飛行器面對外在因素回歸穩定飛行之最佳 PID 參數

PID 的調整是一種不斷隨機器與環境改變的過程，一般的使用者需要的是在短時間內回到平穩的飛行狀態，因此我們藉由以下實驗，調整 Roll 之 P、I、D 參數值，歸納一種簡易的 PID 調整模式，使飛行器在最短時間內由不穩定之狀態回歸成穩定狀態。系統初始值如下：

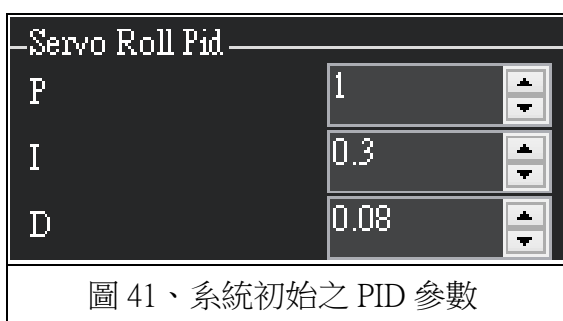


圖 41、系統初始之 PID 參數

我們於每次實驗先測量原廠 PID 設定之不同角度之回復穩定飛行所需時間，再將每次實驗所輸入之 PID 參數增加初始值十分之一，觀察飛控板所紀錄之飛行數據，分析出能使飛行器由傾斜狀態回復穩定飛行之最短時間所需之 PID 參數。

表 4、調整 PID 值測試無人機達平衡所需的時間的差異

	P 比例控制器	I 積分控制器	D 微分控制器	秒數 1(s)	秒數 2(s)	平均(s)
10°之初始值	1	0.3	0.08	2.71	2.75	2.73
調整 10°之 P	1.1	0.3	0.08	2.64	2.53	2.585
調整 10°之 I	1	0.33	0.8	3.02	3.10	3.06
調整 10°之 D	1	0.3	0.088	2.97	2.95	2.96
調整 10°之 P、I	1.1	0.33	0.8	2.31	2.35	2.36
調整 10°之 P、D	1.1	0.3	0.088	2.51	2.48	2.495
調整 10°之 P、I、D	1.1	0.33	0.088	2.64	2.59	2.615
20°之初始值	1	0.3	0.08	2.88	2.70	2.79
調整 20°之 P	1.1	0.3	0.08	2.74	2.73	2.735
調整 20°之 I	1	0.33	0.08	3.12	3.18	3.15
調整 20°之 D	1	0.3	0.088	3.07	2.99	3.03
調整 20°之 P、I	1.1	0.33	0.08	2.52	2.41	2.465
調整 20°之 P、D	1.1	0.3	0.088	2.62	2.58	2.60
調整 20°之 P、I、D	1.1	0.33	0.088	2.65	2.69	2.67
30°之初始值	1	0.3	0.08	3.01	2.91	2.96
調整 30°之 P	1.1	0.3	0.08	2.81	2.83	2.825
調整 30°之 I	1	0.33	0.8	3.14	3.08	3.11
調整 30°之 D	1	0.3	0.088	3.10	3.14	3.12
調整 30°之 P、I	1.1	0.33	0.8	2.48	2.54	2.51
調整 30°之 P、D	1.1	0.3	0.088	2.70	2.65	2.625
調整 30°之 P、I、D	1.1	0.33	0.088	2.69	2.71	2.70

40°之初始值	1	0.3	0.08	2.96	3.10	3.03
調整 40°之 P	1.1	0.3	0.08	2.84	2.91	2.875
調整 40°之 I	1	0.33	0.8	3.26	3.21	3.235
調整 40°之 D	1	0.3	0.088	3.24	3.20	3.22
調整 40°之 P、I	1.1	0.33	0.8	2.61	2.63	2.625
調整 40°之 P、D	1.1	0.3	0.088	2.81	2.84	2.825
調整 40°之 P、I、D	1.1	0.33	0.088	2.84	2.80	2.82
50°之初始值	1	0.3	0.08	3.32	3.33	3.325
調整 50°之 P	1.1	0.3	0.08	3.24	3.23	3.235
調整 50°之 I	1	0.33	0.8	3.36	3.39	3.385
調整 50°之 D	1	0.3	0.088	3.30	3.34	3.32
調整 50°之 P、I	1.1	0.33	0.8	2.74	2.71	2.725
調整 50°之 P、D	1.1	0.3	0.088	2.90	2.88	2.89
調整 50°之 P、I、D	1.1	0.33	0.088	2.91	2.94	2.925
60°之初始值	1	0.3	0.08	3.41	3.39	3.40
調整 60°之 P	1.1	0.3	0.08	3.34	3.32	3.35
調整 60°之 I	1	0.33	0.8	3.42	3.41	3.415
調整 60°之 D	1	0.3	0.088	3.45	3.41	3.43
調整 60°之 P、I	1.1	0.33	0.8	2.81	2.83	2.82
調整 60°之 P、D	1.1	0.3	0.088	3.01	2.98	2.995
調整 60°之 P、I、D	1.1	0.33	0.088	2.97	2.95	2.96

我們根據以上研究果並分析後我們發現：當飛機傾斜角度處於10°至60°時，同時將PID 控制器中的 P、I 兩值調整為 1.1 與 0.33 將有助於飛行器從傾斜狀態回歸水平狀態，穩定加快求助速度。

(二)、使用 Visual Studio C#微調飛行器(油門、副翼、升降舵)輸出

由於本系統所使用的無人機與原版 Mission Planner 其考量參數輸出之無人機的安全疑慮有所不同，原版限制的數值輸出會導致在調整飛行時的油門推進、PID 飛行微調、servo 的轉向(如圖 43)產生問題，例如無法縮小迴轉半徑、飛行流暢度不足。針對此問題，透過 Visual Studio C#來重新修改編譯 Mission Planner 的 source code，更改其部分原始碼，達到我們最佳化的飛行需求。

```
if ((float)changes[value] > (float>MainV2.comPort.MAV.param[value] * 2.0f)
    if (
        CustomMessageBox.Show(value + " has more than doubled the last input. Are you sure?",
            "Large Value", MessageBoxButtons.YesNo) == (int)DialogResult.No)
```

當輸入值(value 為任意參數，比如馬達、PID 值)超過當前值的兩倍，則視為無效

圖 42、限制參數輸出

```
YAW2SRV_IMAX.setup(0, 0, 100, 0, "YAW2SRV_IMAX", MainV2.comPort.MAV.param);
YAW2SRV_DAMP.setup(0, 0, 1, 0, "YAW2SRV_DAMP", MainV2.comPort.MAV.param);
YAW2SRV_INT.setup(0, 0, 1, 0, "YAW2SRV_INT", MainV2.comPort.MAV.param);
YAW2SRV_RLL.setup(0, 0, 1, 0, "YAW2SRV_RLL", MainV2.comPort.MAV.param);
```

伺服系統偏擺設定

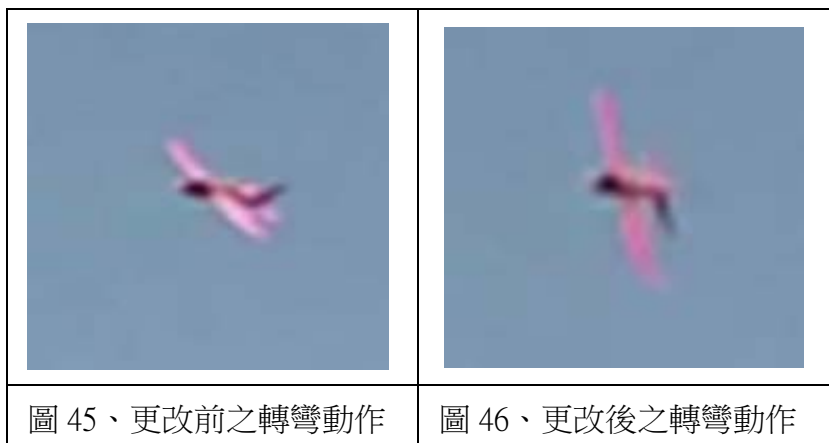
圖 43、伺服系統偏擺調整

根據多次實驗之錄影比較，經微調後改了 YAW2SRV_DAMP、YAW2SRV_INT，YAW2SRV_RLL 等三個變數值並做測試，發現經過移除參數輸出之限制並更改單位參數的輸出後(如圖 42)，飛機的馬達輸出、轉彎皆可以做到與尚未更改程式碼前更加極限、靈活的飛行。

```
YAW2SRV_IMAX.setup(0, 0, 100, 0, "YAW2SRV_IMAX", MainV2.comPort.MAV.param);
YAW2SRV_DAMP.setup(0, 0, 0.5f, 0, "YAW2SRV_DAMP", MainV2.comPort.MAV.param);
YAW2SRV_INT.setup(0, 0, 0.5f, 0, "YAW2SRV_INT", MainV2.comPort.MAV.param);
YAW2SRV_RLL.setup(0, 0, 0.5f, 0, "YAW2SRV_RLL", MainV2.comPort.MAV.param);
```

→ 更改其單位變化之數值

圖 44、更改後之伺服系統偏擺調整



(三) 無人機飛行模式

在原先的規劃當中，我們訂定無人機的求助過程的飛行模式，使其以固定高度，向外盤旋飛行方式，透過不斷向外繞圈，增大飛行範圍，若抵達通訊涵蓋區，則透過程式自主運行飛往。但經過討論，分析其優缺點後我們發現，這樣的飛行模式將導致求助過程的效率低，若基地台訊號涵蓋範圍為無人機附近區域，仍需要做盤旋動作，將造成過多不必要的電能耗損，大大影響其飛行續航力。因此我們更改其飛行模式，訂定飛行模式為依照所設定點飛行。我們依據中華電信 NB-IOT 可連線範圍進行航線設定(如圖47)，將所有可通訊之位置作為預設之 home 點(目標前往位置)。



圖47、飛行航點設置示意圖

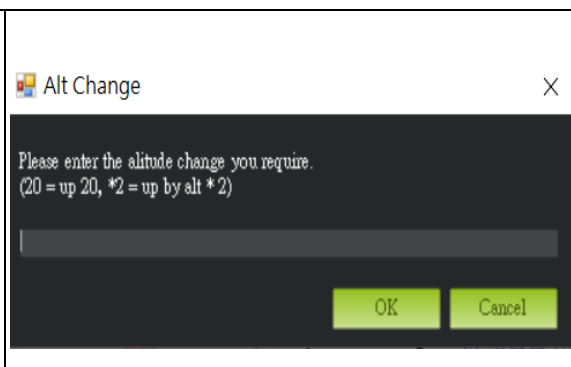


圖48、調整飛行參數示意圖

當開起無人機電源時，立即存取當前 GPS 座標位置資料於 ESP32之記憶體當中，並判斷距離當前位置最近之 home 點為何處，朝向此座標位置飛行(如圖49)，而在過程中，若接收到 NB-iot 網路訊號，則發送 GPS 座標位置資料信息置 MQTT 網頁伺服器。除此之外，在設定目標地點的同時也可以調整無人機飛行時的高度、馬達油門參數(如圖48)，使其在飛行過程中自動調整，從而得到更高的靈活性及穩定性。

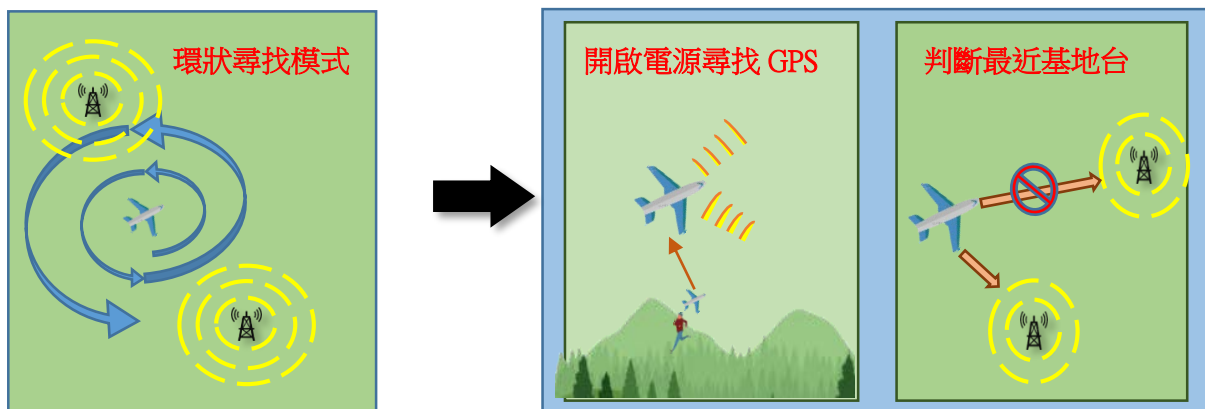


圖49、尋找基地台模式的演進過程

六、信息傳輸

首先，為了解決使無人機於每次電源開啟時，無法自動啟用通訊系統的問題，我們透過 Visual Studio code 撰寫可自主下達 AT command 的模塊啟用程式(如圖 50)。透過將預期會使用到的 AT command 存取於字串陣列當中，再利用迴圈輸出或重複單獨輸出指令，完成通訊系統自動啟用作業。

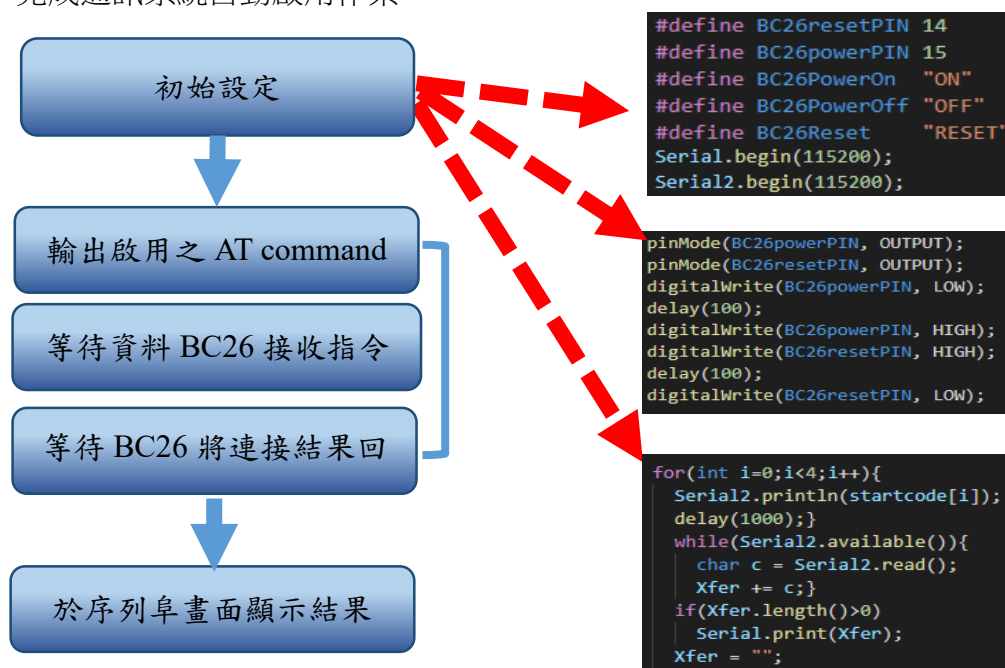


圖 50、信息傳輸系統啟用流程

接下來為了使整合後的傳輸系統可以在飛行器抵達通信範圍後自主發送指令傳輸座標資料至 MQTT 伺服器，我們同樣利用 Visual studio code 自行撰寫傳輸系統之程式，將預期使用之指令存取於陣列即與變數當中（如圖 51），再利用迴圈將下達指令（如圖 52），完成資料傳輸之發送作業。

```
connectcode[2]={"AT+CEREG?","AT+CESQ"}; String QMTOPEM ="AT+QMTOPEM=0,\"35.200.25.54\",1883",
QMTCNN = "AT+QMTCNN=0,\"lens_12oHk4E0o3xTsWvdvJXf81wkzUD\"";
```

圖 51、設立一維陣列及變數儲存 AT command

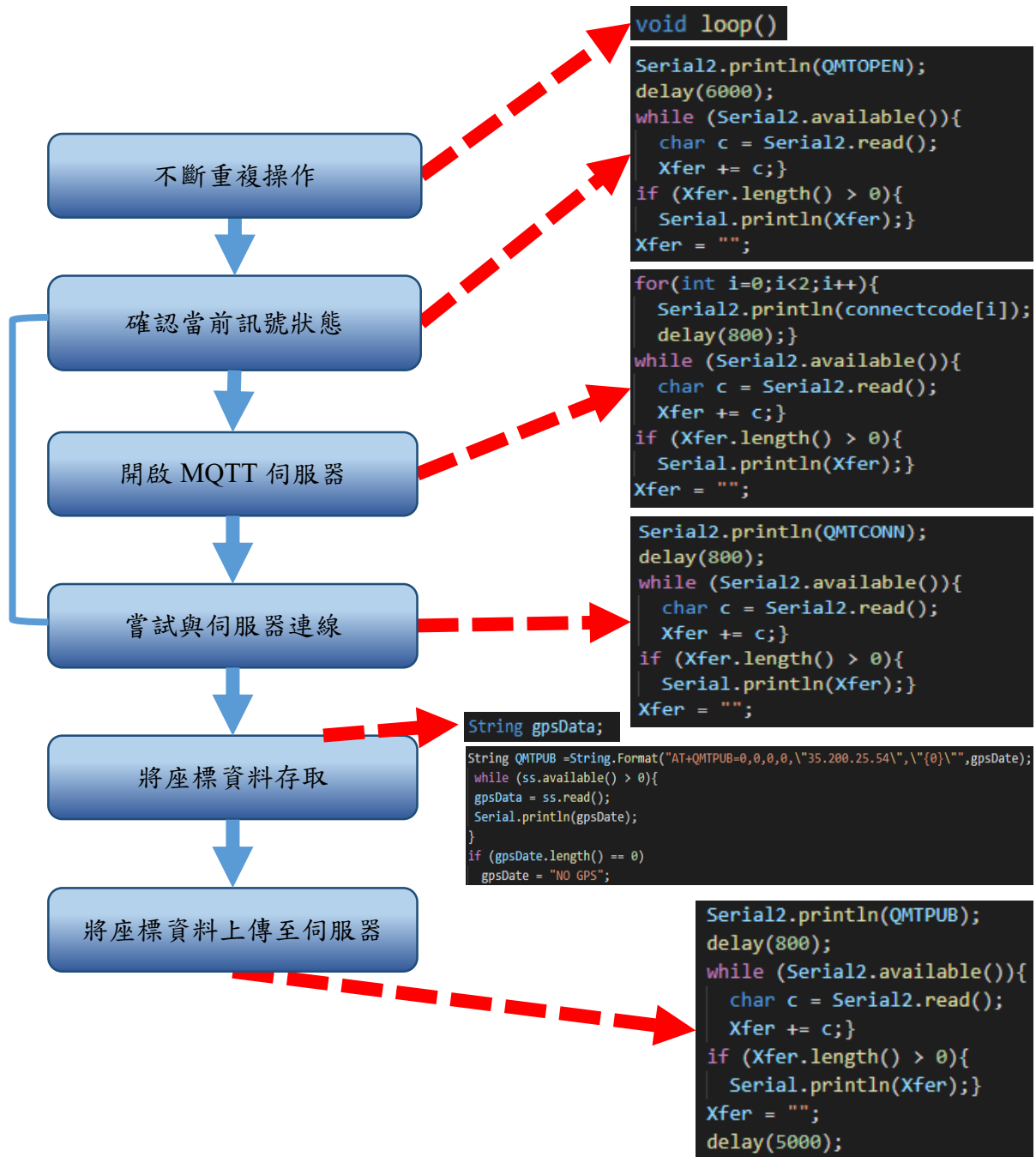


圖 52、自動上網並傳輸資料

七、求助訊號接收方式

當本系統之無人機順利完成求助訊號傳輸後，我們可以利用任意可上網的行動設備或電腦登入 MQTT 伺服器，查看信息（如圖 53、圖 54）。

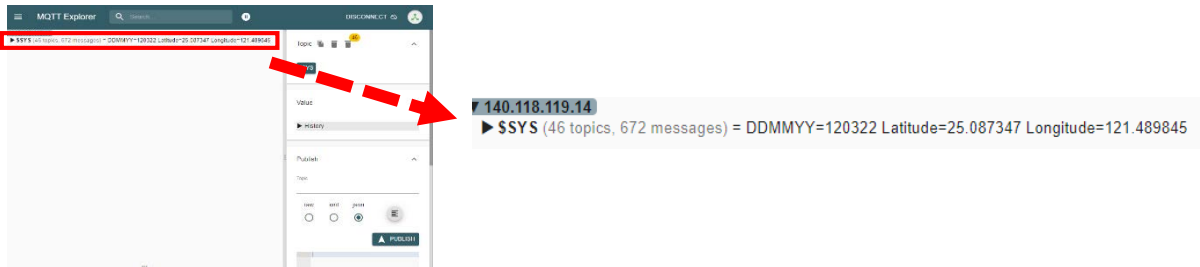


圖 53、電腦接收求助訊號畫面

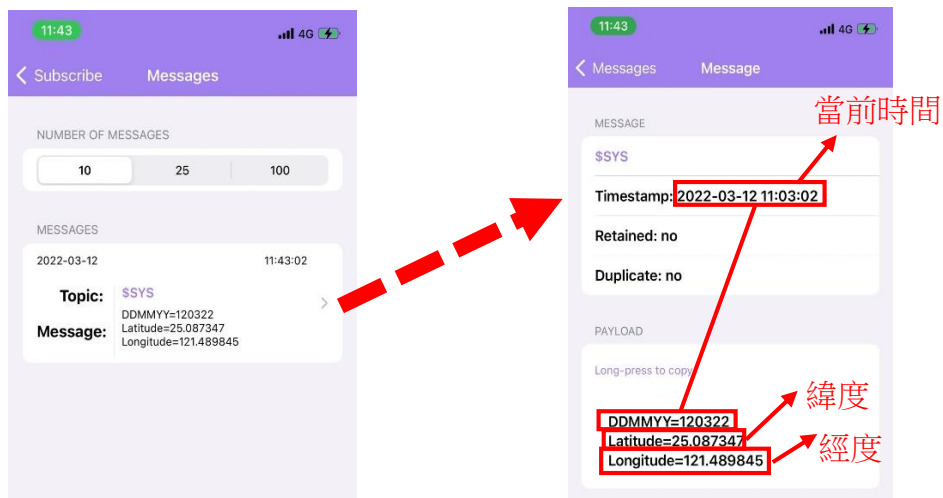


圖 54、手機接收求助訊號畫面

除此之外，我們也利用 JSON 格式將傳感測器所測得之遇難環境資料收集完畢上傳至網頁伺服器，告知救難人員更多遇難人訊息。

```
"data": {"battery": 97, "mode": "Web Console DEMO", "location-x": 256, "location-y": 150, "location-z": 0, "floor": 1, "Tempature": 23, "Altitude": 100},  
"device_id": "AP001",  
"create_time": "2022-06-15T09:51:10"
```

紀錄時刻 溫度 高度

圖 55、感測器數值接收畫面

伍、結論

- 一、以往利用 PLB 或衛星電話進行求助所需的事前作業繁瑣且成本高昂，而本系統所發展的定翼機求助系統，成本較低且開機即可使用，從高處扔出後就自動尋找附近的基地台，在操作上相當便利。
- 二、定翼機本身具備滑翔能力，再透過本系統發展的程式控制，能有效延長飛行時間，增加求救成功機率。
- 三、系統經過機體結構、飛行參數等多項改良，增強飛行穩定性，並透過 PID 實驗，將 P、I 參數初始值更改為 1.1、0.33，可有效加強機體面對風力的應變能力。
- 四、本系統開啟電源、搜尋到衛星後就紀錄當前位置，快速將求助者位置傳達至雲端，訊息傳送的精確率高，方便救難人員迅速處理。
- 五、以往發報器求助無法告知救難部隊環境狀況、生理狀況，而本系統可加裝感測器收集資訊，告知救難人員更多資訊，更能有效救援。

本研究目前主要應用在山區突發急難求助方面，希望可以利用定翼機質料輕、易滑翔的優點，再加上所發展的自動飛行系統，使其可以順利飛行到有訊號區傳輸求助訊號，方便搜救人員抵達目標。未來將可以應用在各種訊號不易到達之地，諸如沙漠或高山等，提升救援成功機率。

陸、參考文獻資料

- 一、簡銘昆 (2008)。臺灣歷年山難事件形成原因與風險管理之研究。國立臺灣體育大學，桃園。
- 二、陳柏皓 (2019)。利用 LoRa 通訊技術實現山難搜救工作。國立成功大學，台南市。
- 三、吳俊毅 (2017)。山難事故與風險管理：以嘉義縣消防局山難搜救為例。國立中正大學，嘉義縣。
- 四、江秀真與林金樹 (2014)。玉山國家公園步道環境因子與山難事故類型關係之分析－以玉山主群峰線為例。中華林學季刊，47 卷 (1 期)，P79 - 94。
- 五、內政部消防署 (2017)。【戶外百科】山難求援，打 119、110、112 有什麼不同？。內政部消防署，健行筆記網址：<https://hiking.biji.co/index.php?q=news&act=info&id=9972>。
- 六、陸維爽 (2019)。無人機總體氣動設計。中國：北京航空航天大學。
- 七、陳大達 (2014)。航空工程(飛行原理)概論與解析。中國：秀威資訊。
- 八、林中彥、林智毅 (2017)。無人飛機設計與實作。台灣：全華圖書。
- 九、每天进步一点点 (2018)。无人机开发-通讯协议 MavLink 详解。CSDN，無人機開發網址：<https://blog.csdn.net/u013068887/article/details/79322605>。
- 十、柯大 (2019)。【NB-IoT】DSI2598 開發板之物聯網建置與應用。MAKERPRO，教學文：<https://makerpro.cc/2019/12/unboxing-nb-iot-dsi2598-and-application/>。
- 十一、R_Z_Q (2020)。GPS 模塊 (GPS-NEO-6M)。CSDN，STM3 網址：https://blog.csdn.net/R_Z_Q/article/details/104464836。

【評語】 052314

本作品設計輕巧的定翼式無人機，利用定翼機高度機動及可滑翔的特點，並結合 GPS 系統與基地台位置定位，發展全自動的移動式求救系統，解決手機訊號達不到的搜救死角問題，可用於山難時無通訊訊號環境的緊急狀況，本作品的設計與思考符合應用情境，完成度也很高，具創新性及實務應用重要性。建議如下：

1. 由於主要應用於山區突發急難求助方面，對於山區的氣流變異及環境因素可再加以了解，並測試無人機是否可在這些條件下正常運作。
2. Garmin 手持機及 inReach 軟體提供登山者定時將個人 GPS 位置資訊上傳雲端，可由軌跡狀態即時瞭解登山客狀態（偏移路徑、固定點過久未移動等）。多背負一無人機登山健行，不便性如何克服？成本效益也可列入評估。
3. PID 調整參數的方法已相當成熟，可參考相關文獻。
4. 模擬更多接收訊號的情形，分析相關數據，以展現無人機求救系統的效益。

作品簡報



自製通訊無人機傳輸求助系統

科別：工程學（一）

組別：高級中等學校組

研究動機、目的與設計

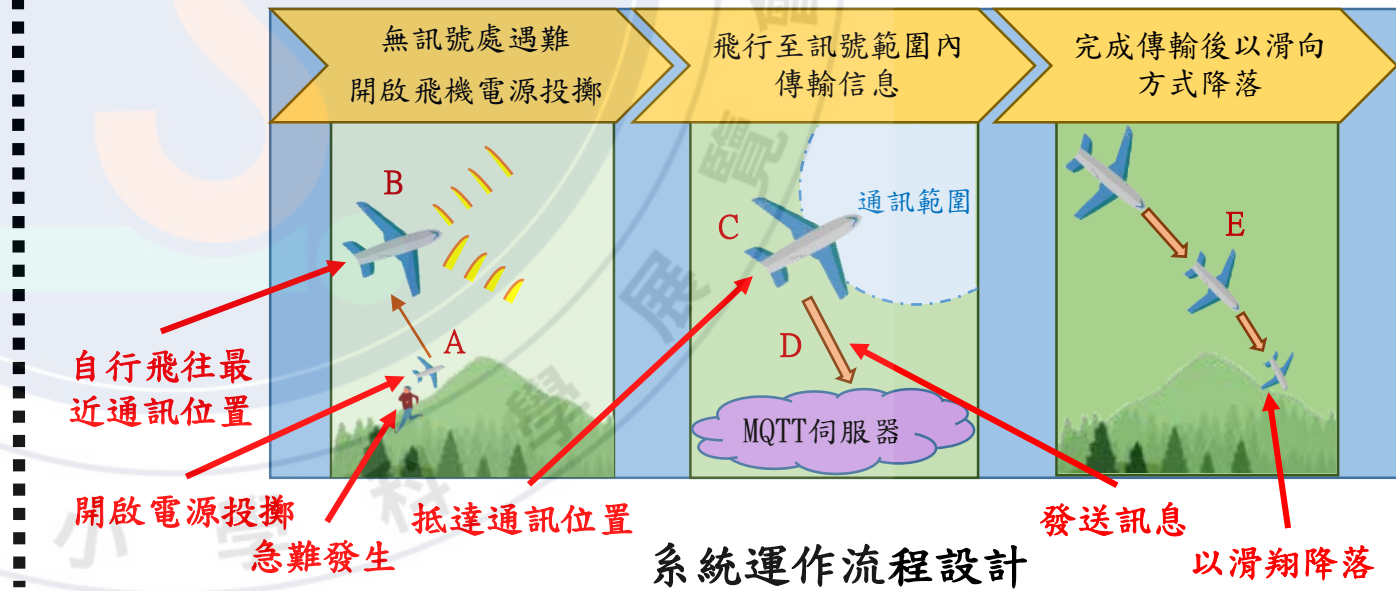
動機

1. 民國109年山難事故453件，遇難人數654人，死亡人數41人。
2. 搜查耗時過長，導致人員傷亡。
3. 山難救援時數大部分用於搜查而非救援，每年搜查花費超過5250萬元。
4. 求助以電話居多。無電信訊號時使用Personal Locator Beacon(PLB)。器材成本龐大，事前申請繁瑣，不易使用、訊息簡略，無法告知傷勢與環境資訊，導致抵達後準備不足。

目的

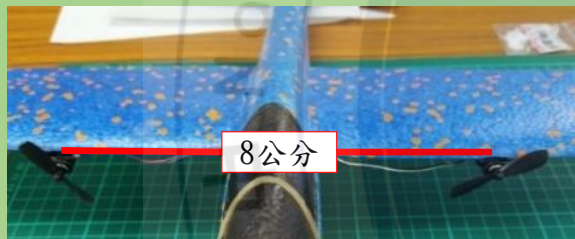
1. 研究無人機之本體、動力、過彎等問題，使無人機飛行穩定度最佳化。
2. 探討使無人機自動飛行穩定度最佳化之PID參數、油門參數、副翼擺動參數
3. 研究如何結合自動飛行系統與無線網路，發送求助訊息至開放性網路。
4. 探討本研究可行之應用模式。

系統之設計概念



無人機最佳結構研究與發展

馬達與機身距離	轉速	相對地面過彎傾斜角度
2cm	47000RPM	大約4度
3cm	47000RPM	大約10度
4cm	47000RPM	大約18度
5cm	47000RPM	大約25度
6cm	47000RPM	大約30度
7cm	47000RPM	大約37度
8cm	47000RPM	大約45度

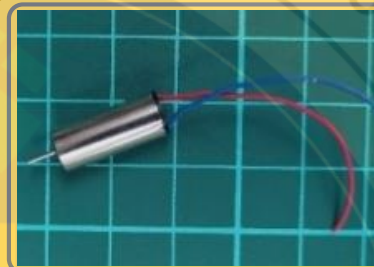


馬達安裝距離實測

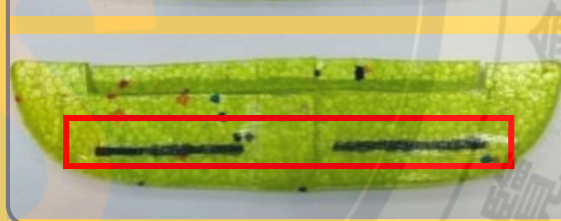
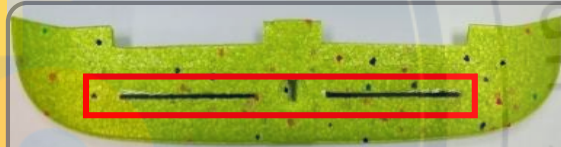


無人機結構模型

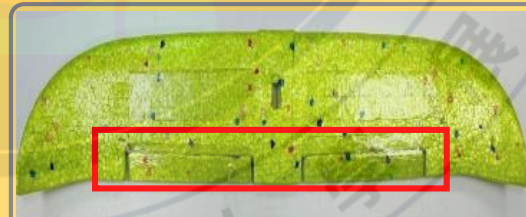
優化前之機構



馬達變換與實測



構造加固更新與實測



副翼



升降舵

敏捷度優化改善方式

優化後之機構

通訊無人機之硬體規格、作用



數傳模組



飛控板



降壓器



網路模塊



ESP32



無刷馬達



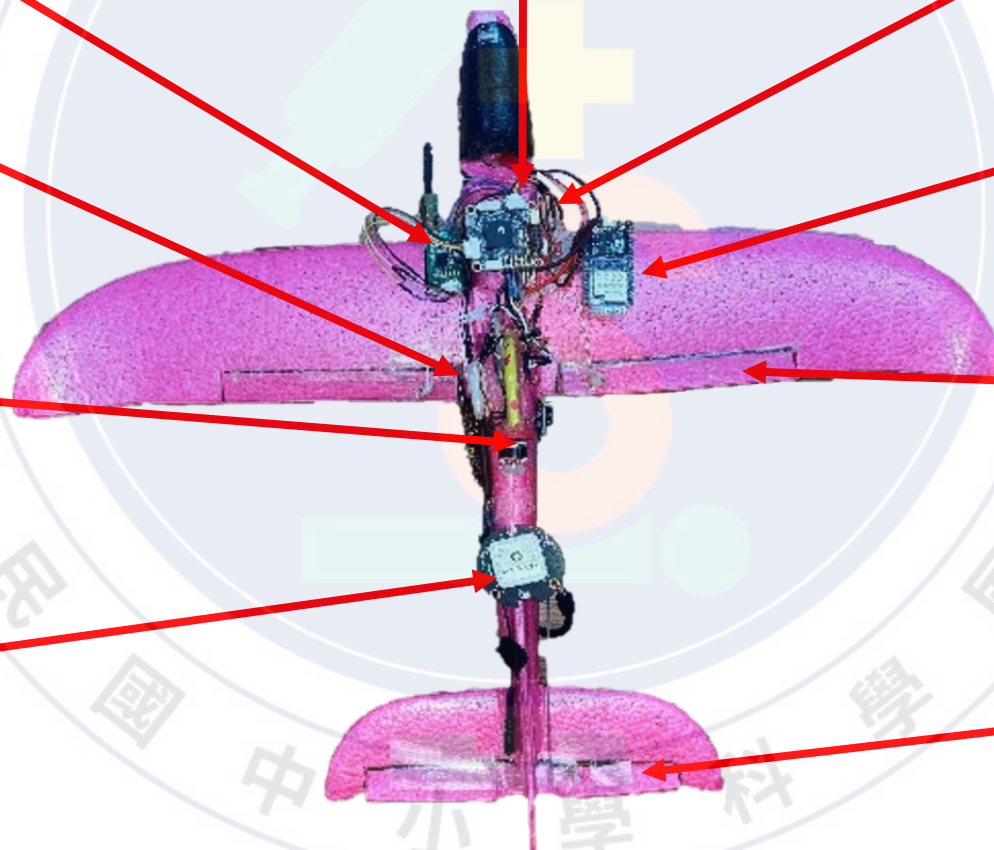
副翼



GPS

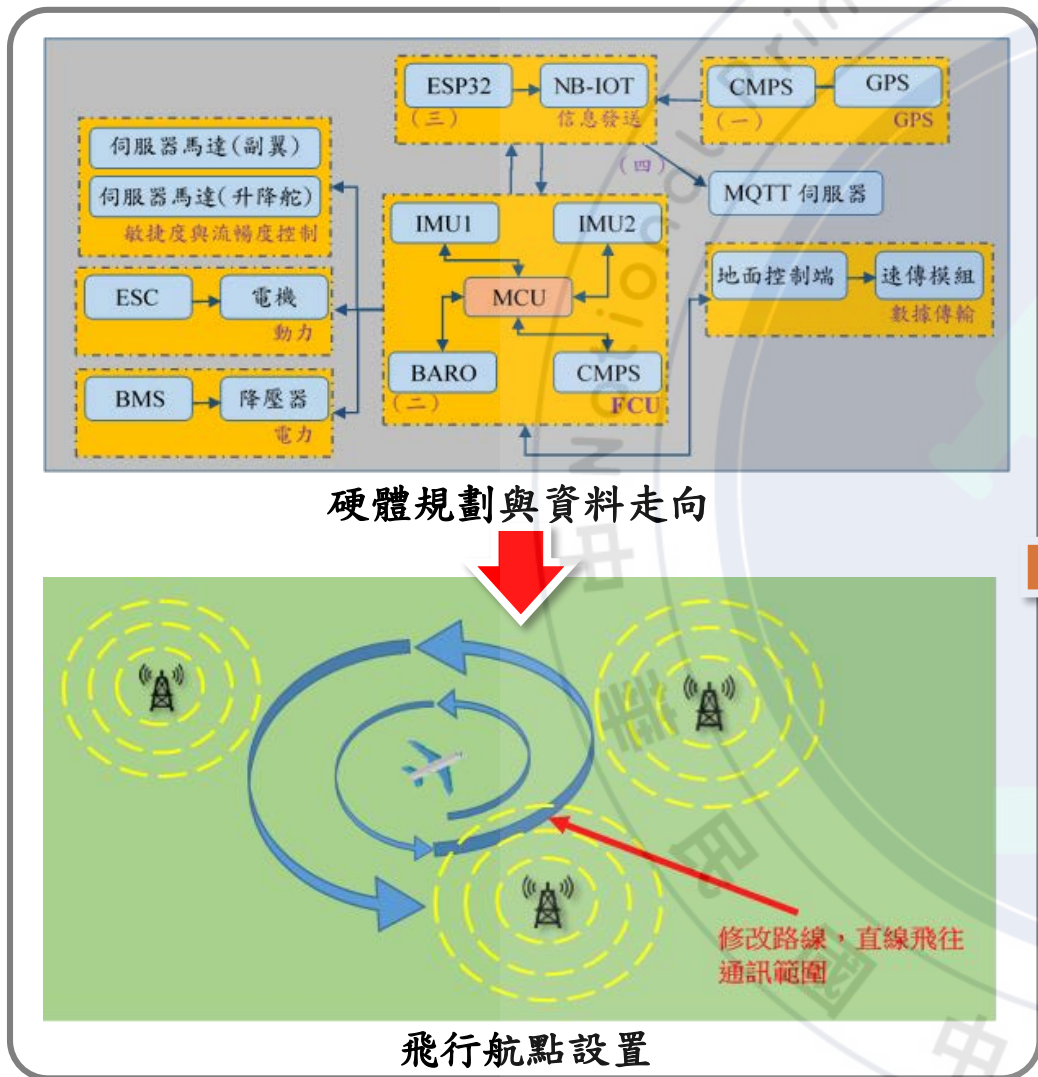


升降舵

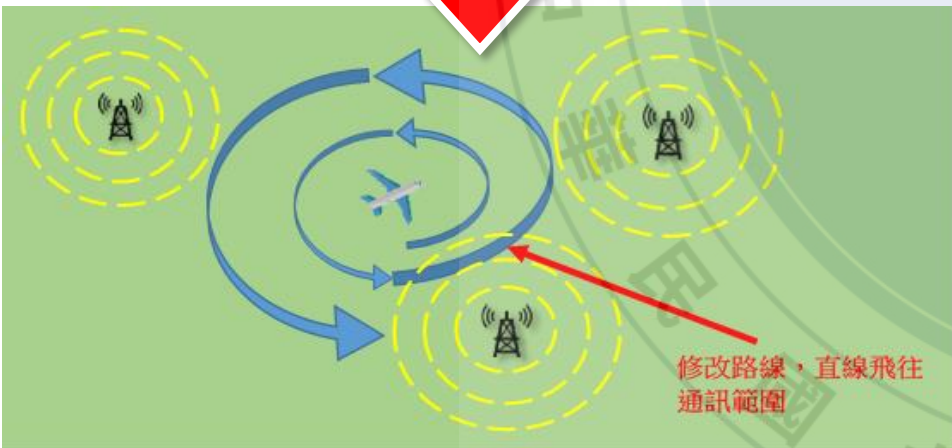


第五代無人機

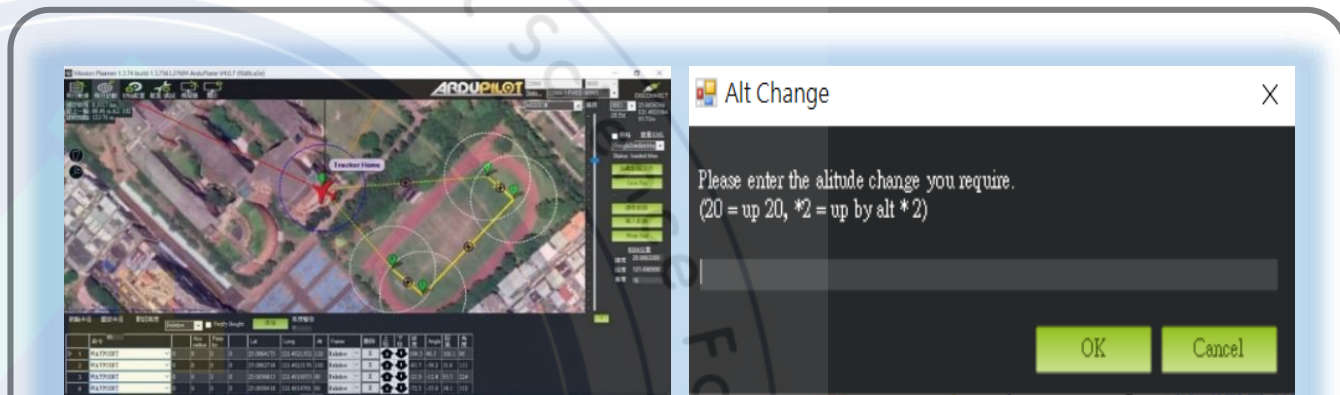
尋找基地台模式之演進



硬體規劃與資料走向



飛行航點設置
環狀尋找基地台模式



飛行航點設置

調整飛行參數



系統運作流程

最短路徑飛行模式

飛行姿態參數探討

```

YAW2SRV_IMAX.setup(0, 0, 100, 0, "YAW2SRV_IMAX", MainV2.comPort.MAV.param);
YAW2SRV_DAMP.setup(0, 0, 1, 0, "YAW2SRV_DAMP", MainV2.comPort.MAV.param);
YAW2SRV_INT.setup(0, 0, 1, 0, "YAW2SRV_INT", MainV2.comPort.MAV.param);
YAW2SRV_RLL.setup(0, 0, 1, 0, "YAW2SRV_RLL", MainV2.comPort.MAV.param);

YAW2SRV_IMAX.setup(0, 0, 100, 0, "YAW2SRV_IMAX", MainV2.comPort.MAV.param);
YAW2SRV_DAMP.setup(0, 0, 0.5f, 0, "YAW2SRV_DAMP", MainV2.comPort.MAV.param);
YAW2SRV_INT.setup(0, 0, 0.5f, 0, "YAW2SRV_INT", MainV2.comPort.MAV.param);
YAW2SRV_RLL.setup(0, 0, 0.5f, 0, "YAW2SRV_RLL", MainV2.comPort.MAV.param);
    
```

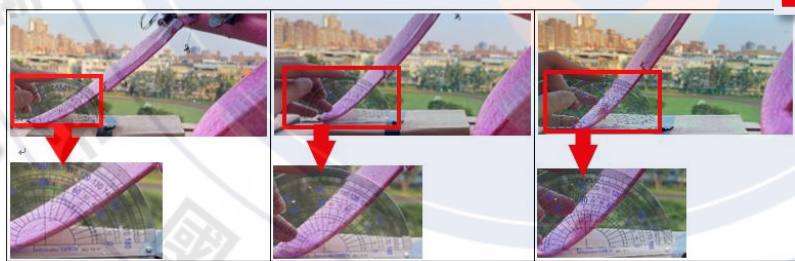
→ 伺服系統偏擺設定

→ 更改其單位變化之數值

使用Visual Studio C#微調飛行器(油門、副翼、升降舵)輸出



更改前之轉彎動作 更改後之轉彎動作



Servo Roll Pid	
P	1
I	0.3
D	0.08

系統初始PID參數

最快回歸平衡參數實驗

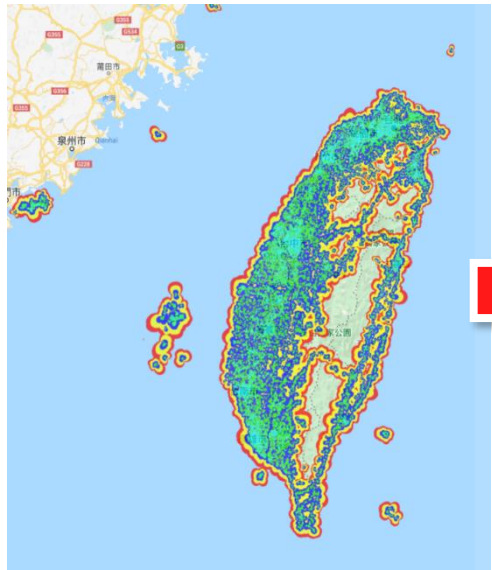
	P 比例控制器 ^o	I 積分控制器 ^o	D 微分控制器 ^o	秒數 1(s) ^o	秒數 2(s) ^o	平均(s) ^o
10° 之初始值 ^o						
調整 10° 之 P ^o	1.1 ^o	0.3 ^o	0.08 ^o	2.64 ^o	2.53 ^o	2.585 ^o
調整 10° 之 I ^o	1 ^o	0.33 ^o	0.8 ^o	3.02 ^o	3.10 ^o	3.06 ^o
調整 10° 之 D ^o	1 ^o	0.3 ^o	0.088 ^o	2.97 ^o	2.95 ^o	2.96 ^o
調整 10° 之 P、I ^o	1.1 ^o	0.33 ^o	0.8 ^o	2.31 ^o	2.35 ^o	2.36 ^o
調整 10° 之 P、D ^o	1.1 ^o	0.3 ^o	0.088 ^o	2.51 ^o	2.48 ^o	2.495 ^o
調整 10° 之 P、I、D ^o	1.1 ^o	0.33 ^o	0.088 ^o	2.64 ^o	2.59 ^o	2.615 ^o
20° 之初始值 ^o						
調整 20° 之 P ^o	1.1 ^o	0.3 ^o	0.08 ^o	2.74 ^o	2.73 ^o	2.735 ^o
調整 20° 之 I ^o	1 ^o	0.33 ^o	0.8 ^o	3.12 ^o	3.18 ^o	3.15 ^o
調整 20° 之 D ^o	1 ^o	0.3 ^o	0.088 ^o	3.07 ^o	2.99 ^o	3.03 ^o
調整 20° 之 P、I ^o	1.1 ^o	0.33 ^o	0.8 ^o	2.52 ^o	2.41 ^o	2.465 ^o
調整 20° 之 P、D ^o	1.1 ^o	0.3 ^o	0.088 ^o	2.62 ^o	2.58 ^o	2.60 ^o
調整 20° 之 P、I、D ^o	1.1 ^o	0.33 ^o	0.088 ^o	2.65 ^o	2.69 ^o	2.67 ^o
30° 之初始值 ^o						
調整 30° 之 P ^o	1.1 ^o	0.3 ^o	0.08 ^o	2.81 ^o	2.83 ^o	2.825 ^o
調整 30° 之 I ^o	1 ^o	0.33 ^o	0.8 ^o	3.14 ^o	3.08 ^o	3.11 ^o
調整 30° 之 D ^o	1 ^o	0.3 ^o	0.088 ^o	3.10 ^o	3.14 ^o	3.12 ^o
調整 30° 之 P、I ^o	1.1 ^o	0.33 ^o	0.8 ^o	2.48 ^o	2.54 ^o	2.51 ^o
調整 30° 之 P、D ^o	1.1 ^o	0.3 ^o	0.088 ^o	2.70 ^o	2.65 ^o	2.625 ^o
調整 30° 之 P、I、D ^o	1.1 ^o	0.33 ^o	0.088 ^o	2.69 ^o	2.71 ^o	2.70 ^o
40° 之初始值 ^o						
調整 40° 之 P ^o	1.1 ^o	0.3 ^o	0.08 ^o	2.84 ^o	2.91 ^o	2.875 ^o
調整 40° 之 I ^o	1 ^o	0.33 ^o	0.8 ^o	3.26 ^o	3.21 ^o	3.235 ^o
調整 40° 之 D ^o	1 ^o	0.3 ^o	0.088 ^o	3.24 ^o	3.20 ^o	3.22 ^o
調整 40° 之 P、I ^o	1.1 ^o	0.33 ^o	0.8 ^o	2.61 ^o	2.63 ^o	2.625 ^o
調整 40° 之 P、D ^o	1.1 ^o	0.3 ^o	0.088 ^o	2.81 ^o	2.84 ^o	2.825 ^o
調整 40° 之 P、I、D ^o	1.1 ^o	0.33 ^o	0.088 ^o	2.84 ^o	2.80 ^o	2.82 ^o
50° 之初始值 ^o						
調整 50° 之 P ^o	1.1 ^o	0.3 ^o	0.08 ^o	3.24 ^o	3.23 ^o	3.235 ^o
調整 50° 之 I ^o	1 ^o	0.33 ^o	0.8 ^o	3.36 ^o	3.39 ^o	3.385 ^o
調整 50° 之 D ^o	1 ^o	0.3 ^o	0.088 ^o	3.30 ^o	3.34 ^o	3.32 ^o
調整 50° 之 P、I ^o	1.1 ^o	0.33 ^o	0.8 ^o	2.74 ^o	2.71 ^o	2.725 ^o
調整 50° 之 P、D ^o	1.1 ^o	0.3 ^o	0.088 ^o	2.90 ^o	2.88 ^o	2.89 ^o
調整 50° 之 P、I、D ^o	1.1 ^o	0.33 ^o	0.088 ^o	2.91 ^o	2.94 ^o	2.925 ^o
60° 之初始值 ^o						
調整 60° 之 P ^o	1.1 ^o	0.3 ^o	0.08 ^o	3.34 ^o	3.32 ^o	3.35 ^o
調整 60° 之 I ^o	1 ^o	0.33 ^o	0.8 ^o	3.42 ^o	3.41 ^o	3.415 ^o
調整 60° 之 D ^o	1 ^o	0.3 ^o	0.088 ^o	3.45 ^o	3.41 ^o	3.43 ^o
調整 60° 之 P、I ^o	1.1 ^o	0.33 ^o	0.8 ^o	2.81 ^o	2.83 ^o	2.82 ^o
調整 60° 之 P、D ^o	1.1 ^o	0.3 ^o	0.088 ^o	3.01 ^o	2.98 ^o	2.995 ^o
調整 60° 之 P、I、D ^o	1.1 ^o	0.33 ^o	0.088 ^o	2.97 ^o	2.95 ^o	2.96 ^o

實驗記錄與分析

傾斜角度處於10°至60°時，同時將PID控制器的P、I兩值調整為1.1與0.33有助於飛行器回歸水平狀態。

訊息發送之方式探討

第二部分：系統之演進與組成



探討通訊系統可連線範圍



支援頻段：
H-FDD：
B1/B2/B3/B4/B5/B8/B12/B13
/B17/B18/B19/B20/B25/B26/
B28/B66

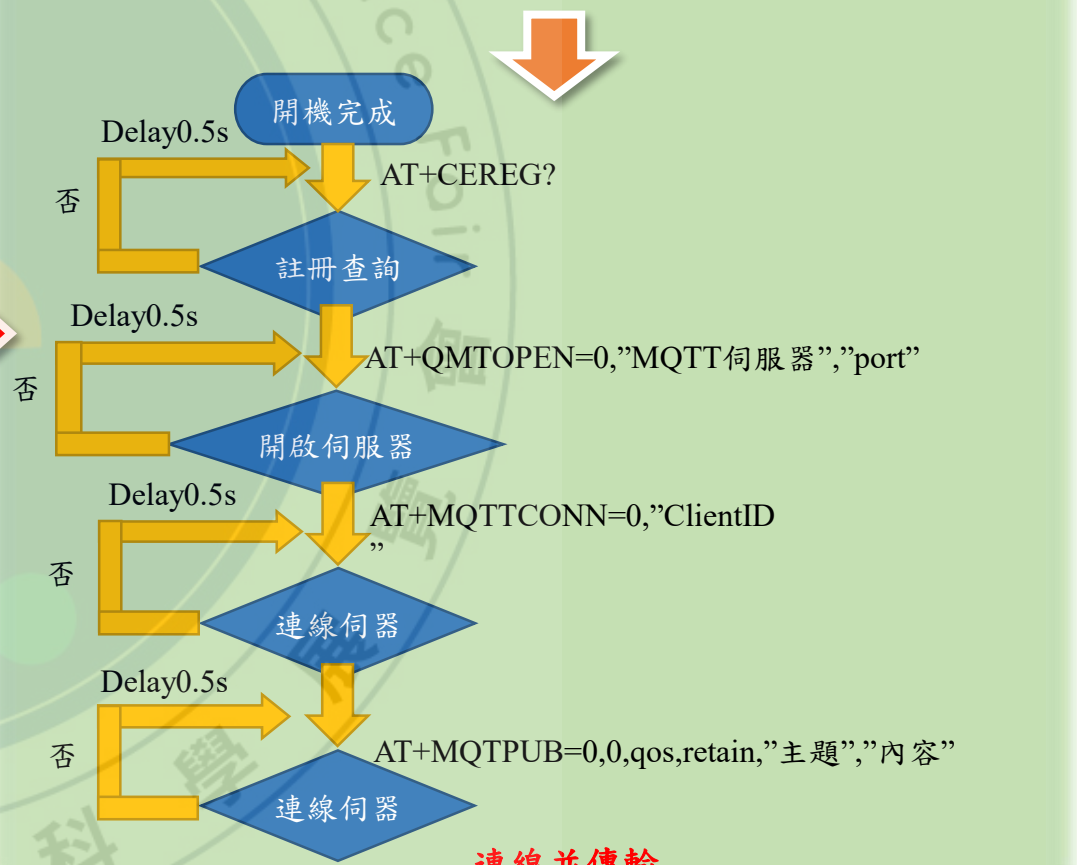
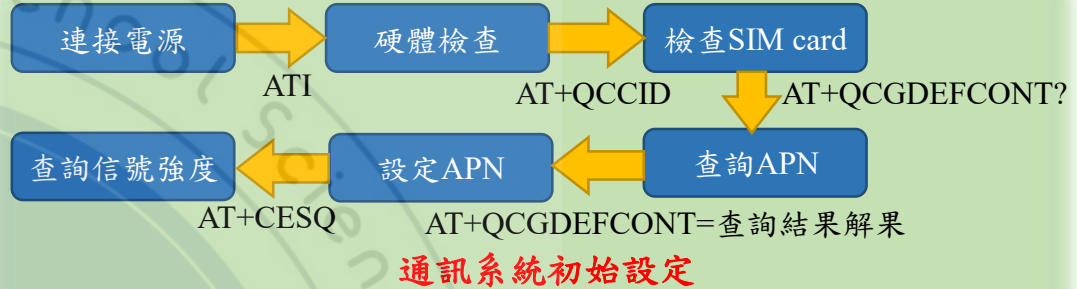
2019年 台灣頻段支援表

電信\頻段	FDD, LTE 700MHz(B28)	FDD, LTE 900MHz(B8)	FDD, LTE 1800MHz(B3)	FDD, LTE 2100MHz(B1)	FDD, LTE 2600MHz(B7)	TDD, LTE 2600(B38/B41)
中華電信		○	○	○	○	○
遠傳電信	○					○
台灣大哥大	○					○
台灣之星						○
亞太	○	○	○ (通話限定)			○

各家電信支援頻段

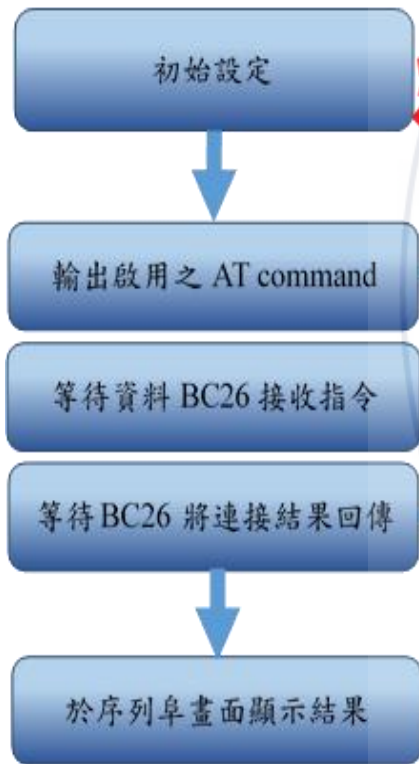
雨天情況通常使用於10GHz頻段的設備會受影響，但我們所使用的設備與中華電信支援H-FDD：B1(700MHz)/B3(900MHz)/B8(1800MHz)/B28(MHz)，所以在未受與水波及的情況下皆不受下雨影響。

探討雨天通訊狀況



通訊方法

發送求助訊號開機運作流程



```

#define BC26resetPIN 14
#define BC26powerPIN 15
#define BC26PowerOn "ON"
#define BC26PowerOff "OFF"
#define BC26Reset "RESET"

Serial.begin(115200);
Serial2.begin(115200);

pinMode(BC26powerPIN, OUTPUT);
pinMode(BC26resetPIN, OUTPUT);
digitalWrite(BC26powerPIN, LOW);
delay(100);
digitalWrite(BC26powerPIN, HIGH);
digitalWrite(BC26resetPIN, HIGH);
delay(100);
digitalWrite(BC26resetPIN, LOW);

for(int i=0;i<4;i++){
  Serial2.println(startcode[i]);
  delay(1000);}
while(Serial2.available()){
  char c = Serial2.read();
  Xfer += c;}
if(Xfer.length()>0)
  Serial.print(Xfer);
Xfer = "";
  
```



```

void loop()
Serial2.println(QMTOPE);
delay(6000);
while (Serial2.available()){
  char c = Serial2.read();
  Xfer += c;}
if (Xfer.length() > 0){
  Serial.println(Xfer);}
Xfer = "";

for(int i=0;i<2;i++){
  Serial2.println(connectcode[i]);
  delay(800);}
while (Serial2.available()){
  char c = Serial2.read();
  Xfer += c;}
if (Xfer.length() > 0){
  Serial.println(Xfer);}
Xfer = "";

Serial2.println(QMTCNN);
delay(800);
while (Serial2.available()){
  char c = Serial2.read();
  Xfer += c;}
if (Xfer.length() > 0){
  Serial.println(Xfer);}
Xfer = "";

String gpsData;
String QMTPUB =String.Format("AT+QMPUB=0,0,0,0,\"35.200.25.54\", \"{0}\"", gpsData);
while (ss.available() > 0){
  gpsData = ss.read();
  Serial.println(gpsData);
}
if (gpsData.length() == 0)
  gpsData = "NO GPS";

Serial2.println(QMTPUB);
delay(800);
while (Serial2.available()){
  char c = Serial2.read();
  Xfer += c;}
if (Xfer.length() > 0){
  Serial.println(Xfer);}
Xfer = "";
delay(5000);
  
```

自動化通訊設備初始化

自動化通訊設備傳輸

遇難情境下之實際運作流程



遇難者開啟電源投擲



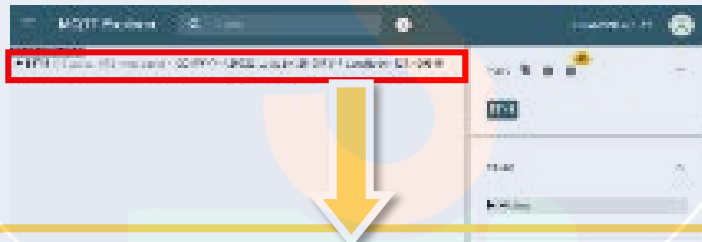
自行尋找最近的通訊位置



抵達通訊位置發送求助訊息



以滑翔方式降落



```

140.118.119.14
▶ $SYS (46 topics, 672 messages) = DDMMYY=120322 Latitude=25.087347 Longitude=121.489846

"data": [{"battery": 97, "mode": "Web Console DEMO", "location-x": 256, "location-y": 150, "location-z": 0, "floor": 1, "Temperature": 23, "Altitude": 100}],
"device_id": "AP001",
"create_time": "2022-06-15T09:51:10"

```

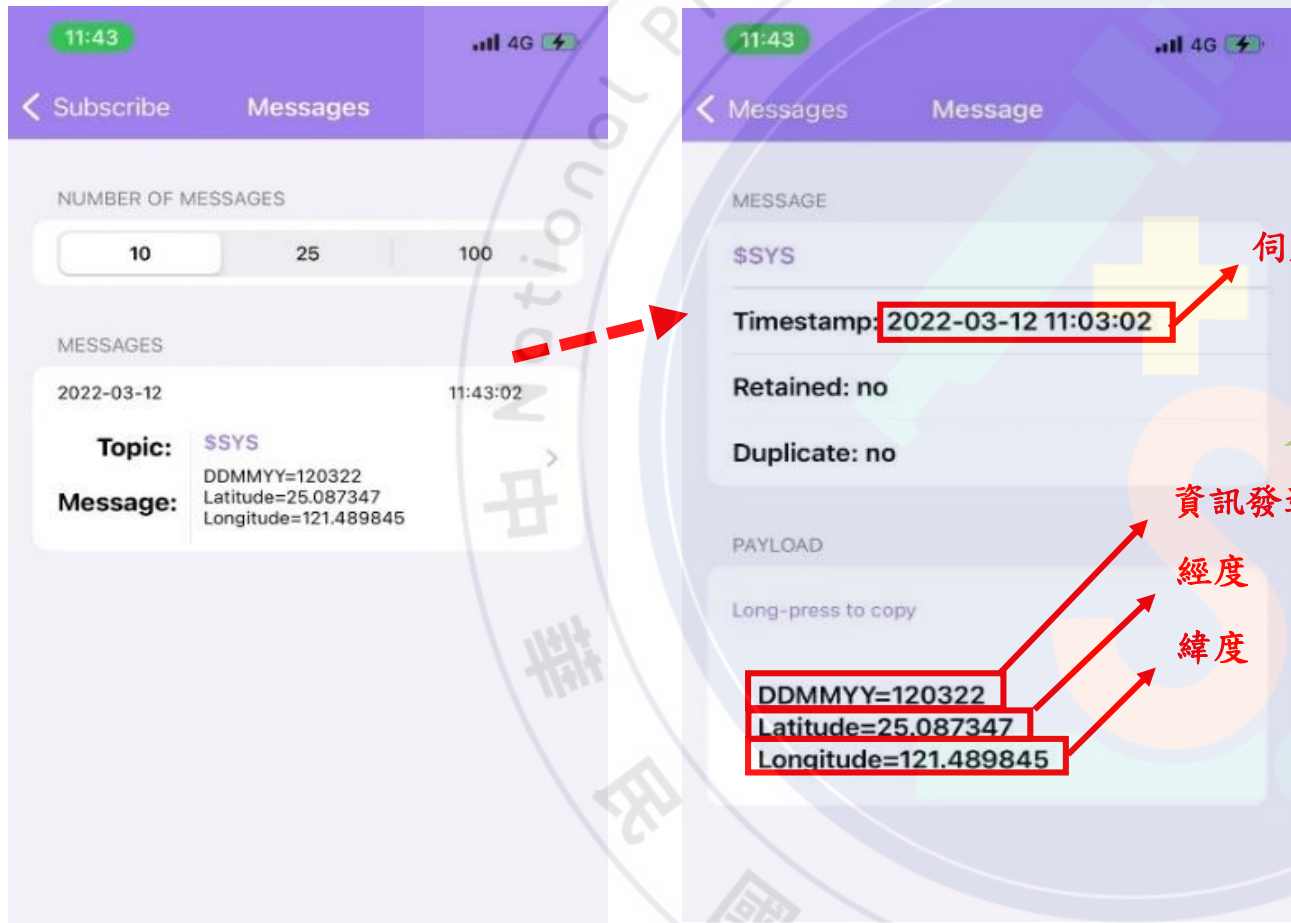
紀錄時刻

溫度

高度

救援端接收頁面

救難人員手機可即時接收之資訊



手機接收畫面



擴充傳輸資訊功能

結論

1. 與傳統求救相比，**成本較低**且**開機即可使用**，在操作上相當便利。
2. 結合定翼機滑翔能力與本系統發展之程式控制：最短路徑飛行模式，增加求救成功機率。
3. 透過PID實驗，將P、I參數初始值更改為**1.1**、**0.33**，有效加強機體面對風力之**應變能力**。
4. 快速將求助者位置傳達至雲端，方便救難人員**迅速處理**。
5. 可**彈性加裝感測器**，傳遞更多資訊給消防人員，作為情況判斷依據。

參考文獻資料

1. 簡銘崑（2008）。臺灣歷年山難事件形成原因與風險管理之研究。國立臺灣體育大學，桃園。
2. 陳柏皓（2019）。利用LoRa通訊技術實現山難搜救工作。國立成功大學，台南市。
3. 每天进步一点点（2018）。无人机开发-通讯协议MavLink详解。CSDN，無人機開發網址：
<https://blog.csdn.net/u013068887/article/details/79322605>。
4. 十、柯大（2019）。【NB-IoT】DSI2598開發板之物聯網建置與應用。MAKERPRO，教學文：
<https://makerpro.cc/2019/12/unboxing-nb-iot-dsi2598-and-application/>。