



多軸飛行器威脅模擬 與因應措施初探

作者簡介



葉守逸少校，步兵正規班339期、陸軍指參學院105年班；曾任教官、副連長、連長、空業官、作戰官、訓練官，現任職於陸軍航空特戰指揮部。



蕭新民上校，陸官校82年班、輔大物理所碩士86年班、陸軍學院正規班97年班、戰爭學院在職104年班；曾任排、連、營長，現任國防大學教官。

提要

- 一、現階段有關多軸飛行器相關研究文獻多以穩定飛行操控、性能提升及實際運用等為主要探討方面。然而，我們應該思索另一個面向的問題，就是如何運用科技的方式來處理非法濫用或解決企圖違法的問題。
- 二、世界各國對廣大多軸飛行器科技上日新月異，不斷進步、改良及創新，以求裝備功能強化，隨之而來的是濫用狀況下的隱憂與威脅，對國家、社會及個人等層面將造成不可預期的影響。
- 三、本文探討信號欺騙技術，提出以展頻信號操控為基礎的多軸飛行器捕獲技術，包括遙控信號解譯以及導航信號欺騙等兩種作法，屬於柔性方式取締，其主要目的在於以類似駭客的手法奪取飛行器的操控權，並將其帶離至安全的地點降落，以避免人員傷亡事件發生。

關鍵詞：多軸飛行器捕獲技術、導航信號欺騙、無人機信號欺騙技術、空中拖吊技術、無人機操控權奪取。

前言

近年來，因微機電、通訊科技及控制技術等蓬勃發展，多軸飛行器產業也因此快速崛起，除了傳統定翼型無人飛機之外，¹另一種被稱為多軸飛行器(multirotors)的無人飛機，²由於具備垂直定點停(懸)空與緩慢運動，甚至可在封閉式環境進行飛行，操控部分已不需要專業遙控人員般的機靈反應，也因為價格低廉及操作簡單等特性，使得玩家及各類族群均能輕易上手(如表一)。更有些研究報導指出，未來無人機產業絕對是各國競爭賣點，使得各項

產業的應用充滿著無限想像空間，包括運輸、探索、娛樂、保全及監控等，例如根據Teal集團在2015年市場調查並預估，未來10年的多軸無人機產值可能達兩千億美元以上。

現階段有關多軸飛行器相關研究文獻多以穩定飛行操控、性能提升及實際運用等為主要探討方面。然而，我們應該思索另一個面向的問題，就是如何運用科技的方式來處理非法濫用或解決企圖違法的问题。如無人機若被有心人士濫用或非法使用，恐造成的國家、社會及個人的危害，或許這將是未來要面臨的一

表一 無人機種類區分

圖示	圖	
		
名稱	定翼機	多軸無人機(飛行器)
特點	1.須以拋射方式或跑道起飛。 2.無法定點停(懸)空中。 3.需要專業遙控人員。 4.僅可在室外飛行(空間限制)。	1.可垂起飛與降落。 2.可定點停(懸)空中。 3.操控簡單且容易。 4.可在室內環境進行操作。

資料來源：1.李勝義，無人機電磁干擾與空中拖吊技術運用與反制簡報，民104年11月頁4。

2.http://news.xinhuanet.com/info/titlepic/133058581_title1n.jpg

3.筆者綜整資料後製表。

- 1 徐偉勛，〈運用多軸飛行器執行軍事任務之探討〉《陸軍學術雙月刊》(龍潭)，第51卷第541期，2015年6月，頁2。
- 2 李勝義，〈基於展頻信號操控的無人機捕獲技術研究〉《國防科技學術研討會論文集》，中華民國104年11月20日，頁1。



大隱憂。

於2001年9月美國境內發生九一一恐怖攻擊與2015年11月法國巴黎發生恐怖襲擊，³兩起事件總計造成三千餘人傷亡，顯見現代戰爭型態不斷演進與改變，恐怖組織所採取攻擊方式不外乎是「朝小規模、高科技、高技術發展，預警時間短，攻擊威力猛，殺傷力強，損耗數量多，戰鬥節奏快，經濟耗損低，戰爭甫行發動，即告迅速結束」。⁴本研究認為若將多軸飛行器運用於高價值設施破壞(恐怖攻擊)或非法其他用途(如水庫施毒、裝置爆裂物等)，恐將造成社會動盪及重大傷亡事件發生。基此，若不能事前防範未然及未雨綢繆，積極研擬相關因應措施，未來若然發生，可能造就無法挽回的局面，這是值得深思之課題。

多軸飛行器概述

一、發展現況

近年來因軍武科技日新月異，促使各國朝向精兵化策略實行，人力精簡情形下，卻也同步推動全無人機具市場競相發展，運用方式也邁向多元化，例如災害防救、山區救援、商務使用、緊急醫療、娛樂及洞穴勘察等，尤其近年因空拍熱潮興起，造就坊間多軸飛行器之多方使用，已從原先遠端遙控飛機，隨著智慧型手機(APP)技術提升，以輔助操作與監控，加

上空拍鏡頭之解析度提升、系統穩定度、動力提升(4、6及8軸等)及產品廉價等改良因素，用途已從娛樂轉向實際生活運用，⁵應用上也趨於彈性及廣泛。

二、運用情形

(一)國內應用(如表二)

現今國內多軸飛行器研製與推廣仍有成長空間，囿於大部份零件總成及模組均向國外採購，再依市場需求改機，鮮少自行創新研發，目前大多使用於娛樂與企業所需，而政府機構則應用於遠端監控、災區勘查、災情蒐報、空拍攝紀實、工程記錄及河川監測等；⁶另國防大學理工學院多年持續致力「多旋翼飛行器偵蒐系統」之研發，並透過各種國際型展會發表應用成果，如臺北國際航太暨國防工業展、國防通資電科技應用研討會等，已有相當規模及成效。⁷

(二)國外應用(如表三)

世界各國對於多軸無人機產業前景看好，並投入較大成本實施研發，甚至一些國外商業積極發展不同應用方式，如快遞服務、救護無人機、動物保育、電影拍攝及軍事需求等，惟各國仍部分因法令政策尚未明確規範，在運用上均有所限制。

(三)中共應用(如表四)

1.中共已將多軸無人飛行器廣泛的應用於軍事偵察、地質測繪及植物保護(

3 維基百科(自由的百科全書)，九一一襲擊事件法國巴黎發生恐怖襲擊，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%B9%9D%E4%B8%80%E4%B8%80%E8%A2%AD%E5%87%BB%E4%BA%8B%E4%BB%B6>。

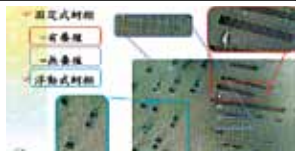
4 《陸軍作戰要綱》(龍潭：陸軍總司令部，民國88年1月)，頁1-1。

5 李勝義，無人機電磁干擾與空中拖吊技術運用與反制簡報，民104年11月，頁7。

6 同註1，頁11-13。

7 同註5，頁10-20。

表二 我國對多軸飛行器之最新應用

圖像	最新運用情形
	臺灣研發團隊的技術研究人員為Apple Watch編寫一種演譯算法，可將蘋果智能手錶(Apple Watch)作為一個遠程控制器，透過手勢控制方式，即可操作無人飛行器。
	103年國軍災害防救示範觀摩，利用多軸飛行器執行空中災情蒐報並實施演練，將災情影像即時回傳至遠端指揮所，以利指揮所對災區的災情掌握，以及管制後續兵力派遣。
	臺南市南臺科大參加「物聯網暨穿戴式競賽」，以「LinkIt雲端多軸無人飛行器安全監控平台」解決消費型飛行器可能面臨及造成的安全問題，該系統設計設置禁飛區，具有雲端即時監控系統，以利掌握飛機資訊與飛行軌跡。
	臺灣長榮大學研究團隊花費1年時間，蒐集全臺飛機禁航區，透過多軸無人機空拍、量測距離、依經緯度撰寫程式及試算安全距離，完成禁航區範圍查詢網站，並提供無人機禁航區即時警示軟體APP程式下載。
	嘉義縣政府派遣多軸無人飛機拍攝人工蚵田現狀，便於風災後進行災損調查的試驗比對，利用此一方法使得原需耗時一週實施勘災的時間僅縮短至3天完成，拍攝到的圖資較人為拍攝精確。
	空軍官校一架AT-3教練機失聯，軍方派遣中科院研發的UAV(Unmanned Aerial Vehicle)無人飛行載具進行搜尋，以利保持續進行偵搜及夜間作業，確保掌握黃金救援時間。

資料來源：1.大紀元科技報，AppleWatch算法用手勢控制無人機，<http://www.epochtimes.com/b5/16/1/3/n4608653.htm>，2016年01月03日。

2.同註6，頁15。

3.中央社，南臺科技大學「LinkIt雲端無人機飛行安全監控平台」，<http://www.cna.com.tw/postwrite/Detail/185774.aspx#.Vo3USf97IU>，2015年12月23日。

4.NOWnews新聞，長榮大學建置無人機禁航區警示APP，<http://www.nownews.com/n/2015/12/21/1929634>，2015年12月23日。

5.嘉義縣政府，<https://www.newsmarket.com.tw/blog/73942/>，2015年8月6日。

6.中央社，搜尋失聯AT-3教練機派遣UAV無人機，<http://www.cna.com.tw/news/firstnews/201509235012-1.aspx>，2015年9月23日。

7.筆者綜整資料後製表。

蟲害防治、查勘災情)等領域方面，並透過各種無人機展示會議，藉此展出新型無人飛行器及周邊產品，並結合民間團體發表相關學術論文，以提升技術層

面。

2.再者，中共已預見飛行器航天市場的崛起，因應需求紛紛開設多軸無人機學校，採一對一專人施訓，協助取得相關



表三 國外對多軸飛行器之最新應用

圖像	最新運用情形
	2015年8月份期間，美國德克薩斯州大學(University of North Texas)的研究團隊開發了一款無人機天線，利用無人機對無人機，或飛行器對飛行器的通信方式，可向災區或偏遠地區提供Wi-Fi服務。
	臉書(Facebook)集團發出最新消息，藉助大型無人飛機作為「網路基地台」，提供各地網路服務，並利用太陽能供電系統，能在20~30公里的高空飛行，可維持飛行達3個月以上，再運用雷射傳輸(速度約為每秒10GB)，傳輸範圍可達16公里。
	美國太空總署NASA正開發一套適用於低空無人機交通管制的自動系統，將可管控這些飛行於地面上400~500呎高的無人機航線，協助它們避開障礙物，並偵測氣候因素來避免無人機墜毀。
	美國海軍研究署(ONR)已經成功試驗了代號「蝗蟲」(LOCUST)無人機戰術研發。「低成本多軸無人機機海技術」計畫，目標一次投射高達30架的無人機組成機隊進行攻擊，最快2016年能部署到美國海軍軍艦上進行實戰測試。
	美國羅格斯大學開發的新式多軸無人機(Naviator)，該飛行器可以從飛行狀態直接潛入水中，並藉由螺旋槳的推動，確保在水中行進與浮出水面，並再度飛行於空中，不受空氣與水的影響，擁有較為廣泛的應用範圍。

- 資料來源：1.TechNews科技新報，無人機提供Wi-Fi無線網路，<http://technews.tw/2015/01/04/uav-application/>，2015年1月4日。
- 2.蘋果日報，臉書(FB)擬用無人機送網路到全世界，<http://www.appledaily.com.tw/appledaily/article/international/20150705/36647920/>，2015年7月5日。
- 3.數位科技，NASA建造專屬空中交通管制系統<http://www.bnext.com.tw/article/view/id/33622>，2014年9月2日。
- 4.大紀元科技新聞，美國海軍研發「蝗蟲」無人機，<http://www.epochtimes.com.tw/n123713/%E7%BE%E8%E5%9C%8B%E6%B5%B7%E8%BB%8D%E7%A0%94%E7%99%BC%E8%9D%97%E8%9F%B2%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F-E7%94%A8%E6%A9%9F%E6%B5%B7%E6%88%B0%E8%A1%93%E6%B7%B9%E6%B2%92%E6%95%B5%E4%BA%BA.html>，2015年4月16日。
- 5.大紀元科技新聞，新式無人機，<http://www.epochtimes.com/b5/15/12/24/n4603222.htm>，2015年12月24日。
- 6.筆者綜整資料後製表。

操作證照(書)，對於使用飛行器法令政策正積極研擬，以有效管控玩家及逐步朝

向合法化，有效管制多軸無人機「黑飛時代」。⁸

8 中國進行式，中共飛行器航天市場的崛起，<https://www.youtube.com/watch?v=PqWhXrzBets>，2015年11月22日。

表四 中共對多軸飛行器之最新應用

圖像	最新運用情形
	大陸南京市玄武局將多軸無人機充當武警的助手，成為空中巡邏的小組，首批多軸無人機試行空中巡邏，名為「玄飛手」的警務無人飛行器分隊共配備6名隊員、7架多軸無人機。
	大陸上海市成功測試的多軸無人機，勘測橋樑的表面、橋底、柱面和橫樑的結構。無須以傳統的懸掛方式吊至橋底；可利用感應器和導航技術，簡化工作程序，以避免肉眼勘測而有所忽略重要節點。
	大陸重慶市利用多軸無人機採多角度航拍取證，對違法建築進行激光測量、快速實景三維建模，面積誤差可達「厘米級」，透過勘測過程，快速計算違法建築面積，有效縮短作業時間。
	中共與俄羅斯為多管火箭砲系統研製世界首款搭載無人機的火箭彈。借由火箭彈，使得觀測人員可迅速偵察目標，且搭乘飛行速度極快的火箭彈，可達90公里內設定距離，即時進行偵察和向指揮所控制台傳輸訊息。
	大陸騰訊科技出動多軸無人機拍攝爆炸現場畫面，藉由手機APP與多軸無人機連線，再利用社群媒體傳播(遠比官方動作還迅速)，使得爆炸的畫面迅速在社群媒體擴散，讓事實很難掩蓋。
	大陸各省因應未來多軸無人機市場需求，藉由政府輔導，逐步開設多軸無人機訓練學校，採一對一方式教學取得相關專業證照，並有效儲備專長幹部，惟訓練收費不斐(每人訓練期程兩週約新臺幣5萬元)。

資料來源：1.南早中文網訊，大陸南京成立「玄飛手」無人機分隊<http://www.nanzao.com/tc/national/14e902a6c8e689f/nan-jing-cheng-li-xuan-fei-shou-wu-ren-ji-fen-dui-ke-shang-bai-mi-gao-kong-shi-shi-chuan-shu>，2015年7月15日。

2.奇摩新聞，大陸上海測試以無人機協助勘察橋樑安全，<https://hk.style.yahoo.com/%E4%B8%8A%E6%B5%B7%E6%B8%AC%E8%A9%A6%E4%BB%A5%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E5%8D%94%E5%8A%A9%E5%8B%98%E5%AF%9F%E6%A9%8B%E6%A8%91%E5%AE%89%E5%85-%A8-143021736.html>，2015年4月4日。

3資料來源：5.文匯網新聞，大陸重慶市以無人機採多角度航拍取證，<http://news.wenweipo.com/2015/09/16/IN1509160052.htm>，2015年9月16日。

4.世界日報，中、俄共研首款無人機火箭彈，<http://udn.com/news/story/6809/1181350-%E4%B8%AD%E3%80%81%E4%BF%84%E5%85%B1%E7%A0%94%E9%A6%96%E6%AC%BE%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E7%81%AB%E7%AE%AD%E5%BD%88>，2015年9月12日。

5.數位時代，拍攝天津倉庫大爆炸，<http://www.bnext.com.tw/article/view/id/37041>，2015年8月14日。

6.中國進行式，中共飛行器航天市場的崛起，<https://www.youtube.com/watch?v=PqWhXrzBets>，2015年11月22日。

7.筆者綜整資料後製表。



多軸飛行器 未來運用上潛藏隱憂與威脅評估

一、未來潛藏隱憂(如表五)

世界各國對廣大多軸飛行器市場無不投入大量人、物力研發與探究，也因此使得科技上日新月異，不斷進步、改良及創新，以求裝備功能強化，給予人們更為便利娛樂生活，相對隨之而來的是濫用狀況下的隱憂與威脅，嚴重者，對

國家、社會及個人等層面將造成不可預期的影響，所以這是現階段值得我們深思的重要課題。再者，一項科技下產物，運用於正當與非法之間，端賴使用者的企圖，故目前多軸飛行器應用上具有以下幾種特點：

二、威脅評估與影響層面(如表六～八)

近幾年(2014~2016年之間)世界各國因多軸飛行器非法操控使用的事件層出不窮，影響層面概分為3種，區分國家、社

表五 多軸飛行器濫用下潛藏隱憂分析表

項次	潛藏隱憂	事件概述
1	入手門檻低	目前在市面上多軸飛行器可從各個管道獲得，如網路、玩具大賣場及夜市均輕易取得，且價格屬萬元以下的商品，即具備遠端控制與即時影像回傳的功能。
2	攜行容易	現在商品強調重量輕、體積小、易攜帶及拆(組)裝簡單，且在技術快速成長，產品也越來越精巧，可輕易放入個人行李攜行。
3	操控簡易	利用手機、平板與電腦等智慧型裝置，再以程式(APP)軟體及體感互動等方式，不需要專業級玩家指導就可實施遙控器操作，即可輕易上手娛樂。
4	資訊交流	透過一些網路論壇及討論區教導初學者從無到有，包括機器購置、組裝、改機及創意應用等，在短時間學會如何進階變成專業等級玩家。
5	應用廣泛	軍事應用、山區救援、動物保育、山林觀察、建築探測、電影拍攝、影像紀實、探索未知領域及配合各項活動的使用等多元使用。
6	筆逃容易	各類無人飛行器均裝置GPS功能，利於自動導航操控，假設遙控操作者在遠端使用，將有效隱匿操作者身分，無法掌握去向。
7	法令規章未明確	國內在2015年曾提出3次「航空法」修正草案，訂定無人機飛行僅限特定區域，飛行高度則不得超過四百呎，惟最後因多軸無人機管理中央與地方權責劃分不清有異議，決定修正案擇期再審，使得一些投機取巧玩家仍游走發律邊緣。

資料來源：1.李勝義，〈基於展頻信號操控的無人機捕獲技術研究〉，國防科技學術研討會論文集，中華民國104年11月20日，頁2。

2.蘋果日報，〈《民用航空法》修正案〉，<http://udn.com/news/story/7314/1190012-E7%8E%A9%E5%AE%B6%E6%B3%A8%E6%84%8F-%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E6%9C%AA%E4%BE%86%E8%A6%81%E8%80%83%E7%85%A7>，2015年10月28日。

3.聯合報，民航法管理草案修訂<http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/new/20151028/720623/>，2015年09月16日。

4.聯合報(2015/7/24)，無人機管理草案，<http://udn.com/news/story/7314/1076015-%E6%94%B%E9%99%A2%E6%95%B2%E5%AE%9A%E4%BF%AE%E6%B3%95-%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E6%93%AC%E5%8F%83%E7%85%A7%E7%BE%8E%E3%80%81%E6%AD%90%E7%B4%8D%E7%AE%A1>，2015年07月24日。

5.筆者綜整資料後製表。

表六 無人機事件對國內各層面安全問題

圖像	最新運用情形	區分
	〈2015年11月11日〉大陸神秘遊客以多軸飛行器專拍臺灣軍事重地，近幾年來，大陸遊客赴臺灣觀光的人不斷增多，以臺灣軍事設施為主，如飛彈基地、營區等當作景點拍攝，甚至以遙控多軸無人機「航拍」。	國家安全
	〈2015年7月24日〉臺北101大樓驚傳「空襲」事件，陸客操控多軸飛行器，操控空拍機航拍時，不慎直撞101大樓後墜地，事件短片在網絡流出引起掀然大波，網民直指事件有如「恐襲」，擔憂空拍機或被利用成施襲武器。	國家安全
	〈2015年02月16日〉臺北市一家行銷公司在圓山飯店附近進行遙控機空拍時，因操作不慎墜機，突然墜落，險砸中總統車隊，引起執勤務特警人員關注。	國家安全
	〈2015年2月12日〉高雄監獄挾持事件，各家媒體運用三台空拍機(多軸飛行器)拍攝整個過程，以掌握最新資訊播出，惟影響警方辦案處理全程。	社會安全
	〈2014年9月7日〉由「玩色創意」公司主辦彩色派對活動，在臺中高鐵站廣場舉辦，一架多軸飛行器拍攝畫面時，因吸入大量色粉造成機件故障，迫降時不慎造成5名遊客受傷。	社會安全
	〈2012年6月11日〉新竹市操控遙控螺旋槳飛機的玩家，因機械故障自行選擇排除機件問題，造成右手三根手指不慎遭螺旋槳削斷送醫。	個人安全

- 資料來源：1.新唐人新聞，大陸「神秘」遊客專拍臺灣軍事重地，<http://www.ntdtv.com/xtr/b5/2015/11/11/a1235131.html>，2015年11月11日。
 2.東網電視，陸客操控無人機誤撞臺北101，http://tw.on.cc/tw/bkn/cnt/news/20150722/bkn-tw-20150722110722766-0722_04011_001.html，2015年7月22日。
 3.蘋果日報，險砸中總統車隊<http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/new/20150224/564006/>，2015年2月24日。
 4.三立新聞網，高雄監獄挾持事件，<http://www.setn.com/News.aspx?NewsID=61312>，2015年2月11日。
 5.蘋果日報，彩色派對空拍直升機墜落砸傷民眾，<http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/new/20140907/465412/>，2014年9月7日。
 6.自由時報，玩遙控飛機手指被螺旋槳削斷，<http://news.ltn.com.tw/news/society/paper/590841>，2012年6月11日。
 7.筆者綜整資料後製表。

會及個人等安全問題實施探討，⁹當前若無積極面對或提出相關因應措施，對未來恐造成戰爭導因之一，可能也是你我無法

預測變數；分析如後。

9 同註5，頁22。



表七 無人機事件對國外各層面安全問題

圖像	最新運用情形	區分
	〈2014年10月31日〉法國十餘座核電站頻現神秘多軸無人機，警方仍無法得知何人遙控，其目的又是什麼，最終亦沒有人出面承認，法國政府已提高警覺，並加強周邊巡查。	國家安全
	〈2015年1月26日〉一架多軸飛行器意外墜毀於美國白宮南邊，保全部門緊急關閉了白宮，當時美國總統歐巴馬正在印度訪問，該機型是陸製(大疆創新)，為一位美政府雇員所有，因操控飛機失控，意外掉落地面。	國家安全
	〈2015年2月25日〉法國巴黎地標建築(艾菲爾鐵塔、美國大使館)連續出現可疑多軸無人機盤旋，警方對何人控制這些飛行器仍無相關頭緒，僅能加強巡管。	國家安全
	〈2015年4月22日〉日本首相安倍官邸發現多軸無人機檢出微量輻射，據東京警視廳指出，飛行器被偵測出微量輻射，機身攜帶標有核輻射標誌的容器，其內裝有液體「銨」，引起各方關注。	社會安全
	〈2015年6月30日〉英國倫敦希斯路國際機場險些發生空難，一架A320空中巴士客機在降落時，與一架不明來歷的多軸無人機近距離相遇，兩者只差50呎(15公尺)相撞，事後官方當局仍無法找到操縱飛行器的人員。	社會安全
	〈2014年8月19日〉加拿大溫哥華市高樓層發現，有人企圖利用操控多軸飛行器(drone)，欲窺看室內情形，因已嚴重涉及個人私隱問題，於是當事人立即報警處理。	個人安全

資料來源：1.文匯網訊，法國核電站頻現神秘無人機，<http://news.wenweipo.com/2014/11/03/IN1411030011.htm>，2014年11月3日。
 2.美國郵報，無人機擾歐巴馬車隊，<http://paper.wenweipo.com/2015/12/31/GJ1512310022.htm>，2015年12月31日。
 3.鉅亨網新聞，巴黎現5架無人機引恐慌，<http://news.cnyes.com/Content/20150225/20150225150134093668810.shtml>，2015年2月25日。
 4.蘋果日報，無人機墜日本首相官邸含有微量輻射，<http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/new/20150422/597236/>，2015年4月22日。
 5.蘋果日報，差15公尺撞上客機無人機險釀空難，<http://www.appledaily.com.tw/realtimenews/article/new/20150630/638742/>，2015年06月30日。
 6.明報，私人陽台被入侵，http://www.mingpaocanada.com/van/htm/News/20150815/vac1h_r.htm，2015年8月15日。
 7.筆者綜整資料後製表。

三、未來多軸飛行器威脅模擬

(一)為恐攻武器明日之星

在2015年7月英國情報部門軍情五處(MI5)掌握相關情資，IS擬用多軸無

表八 無人機事件對中共各層面安全問題

圖像	最新運用情形	區分
	〈2013年12月29日〉北京軍區空軍指揮所發現一架無人機，屬性、企圖不明，武裝直升機採取警告措施，目標仍無視警告，直升機立即實施攻擊，使其掉落到北京市區，後續發現地面操作無人機的3名人士。	國家安全
	〈2014年07月19日〉大陸旅遊節目到法國尼斯空拍時，使用多軸飛行器實施空拍，因海風過大不幸墜落燒燬，當地人士受到驚嚇，警方對拍攝小組祭出嚴厲懲戒，並要求10年內不允許再到歐盟地區進行拍攝工作。	社會安全
	〈2014年8月1日〉大陸鄭州地區盛行航模無人飛機，因操作不當撞死人事件迅速引發社會廣泛關注，也引發當地對此無人機各種評論和思考，並促使相關法規儘速策擬。	社會安全
	〈2014年4月15日〉大陸河南省鄭州市發生無人機離奇奪命意外，後被送院搶救，終因大量血液從腎流入腹內不治，陸警方表示，這是首次遇到無人機傷亡事故。	個人安全

資料來源：1.中時電子報，無人機闖北京武直升空擊落，<http://www.chinatimes.com/newspapers/20141215000774-260301>，2014年12月15日。

2.臺灣大紀元，法國空拍出事攝影師被禁10年，<http://www.epochtimes.com.tw/n97098/%E8%8A%B1%E6%A8%A3%E7%88%BA%E7%88%BA%E6%B3%95%E5%9C%8B%E7%A9%BA%E6%8B%8D%E5%87%BA%E4%BA%8B-%E6%94%9D%E5%BD%B1%E5%B8%AB%E8%A2%AB%E7%A6%8110%E5%B9%B4-.html>2014年07月19日。

3.蘋果日報，飛來橫禍，模型飛機撞死民眾，(http://www.453000.cn/news/201408/news_7971.html，2014年4月14日。

4.蘋果日報，飛機模型撞死民眾，<http://hk.apple.nextmedia.com/realtime/china/20140414/52382772>，2014年8月1日。

5.筆者綜整資料後製表。

人機裝載C4塑膠炸彈，並透過遠端遙控或計時器引爆炸彈，發動「炸彈雨」式的攻擊，¹⁰攻擊目標包括熱門景點區或藝文活動，甚至打算搭配空拍攝影機拍下屠殺畫面，以供未來宣傳之用，後因計畫外洩而中止，顯見未來仍有可能當作恐攻利

器。

(二)為高價值設施拍攝器材

因開放大陸來臺觀光，在2015年11月曾有遊客假旅遊之名，行滲透之實，利用多軸無人機專門空拍臺灣軍事重地，¹¹未來兩岸交流更為頻繁情形下，這種狀

10 世界日報，IS擬用無人機彈雨炸群眾，<http://udn.com/news/story/6809/1077353-IS%E6%93%AC%E7%94%A8%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F-%E3%80%8C%E5%BD%88%E9%9B%A8%E3%80%8D%E7%82%B8%E7%BE%A4%E7%9C%BE>，2015年7月25日。

11 於下頁。



況定會常常發生，甚至可能針對總統府、核電廠、雷達站、軍事港口、機場及飛彈陣地等重要區域實施拍攝，影響國家安全，須得慎防。

(三)為監控最佳之利器

在2015年12日美國總統歐巴馬曾遭多軸無人機監控，¹²密勤局特工隨即介入，這事件雖屬意外，但可知道因多軸飛行器為民間慣見之娛樂器材，不易被重視，正因此容易被當作特定人物跟監利器，如國家元首、行政首長及重要將領都可能成為受害者。

(四)為網路駭客入侵之導線

2015年8月份美國科技公司在拉斯維加斯駭客大會中展示，利用多軸飛行器穿過大樓建築物，並降落屋頂或盤旋，搜尋電腦網絡破口，近距離駭入無線電腦網絡，說明駭客是無孔不入的。¹³

(五)為無人機中繼站

在2015年8月美國德克薩斯州大學研究小組，開發了一款無人機天線，利用無人機對無人機，或飛行器對飛行器的

通信方式，向災區或偏遠地區提供Wi-Fi服務，¹⁴這已經說明利用無人機擔任中繼站實施遠端控制技術已經存在，甚至爾後何人操控無人機都無法得知，那是多麼令人擔憂的事。

(六)為新式空中運輸工具

在2015年7月美國一名無人機愛好者成功測試16螺旋槳多軸飛行器載人飛上半空，¹⁵如果未來技術純熟及改良，會不會成人類未來運輸交通工具呢？

(七)小結

綜合上述事件，未來多軸飛行器科技更趨成熟之時，如可搭載Wi-Fi功能連線，透過「多層中繼站」技術，採點對點、點對線、甚至點對面的連線方式，實施遠距離操控恐怖攻擊(如至水庫上方施毒造成民生恐慌，飛行器裝載爆裂物攻擊、傳染病傳播媒介、核生化攻擊等)、或對高價值目標破壞、軍事戰術戰法改變及國家元首監控等事件發生亦無不可能。再者，當多軸飛行器已具備「人員空中搭載」功能，會不會成為犯罪運輸工具呢？或

- 11 新唐人新聞，大陸「神秘」遊客專拍臺灣軍事重地，<http://www.ntdtv.com/xtr/b5/2015/11/11/a1235131.html>，2015年11月11日。
- 12 美國郵報，無人機擾歐巴馬車隊，<http://paper.wenweipo.com/2015/12/31/GJ1512310022.htm>，2015年12月31日。
- 13 聯合新聞網，無人機化身刺客駭入網路，<http://udn.com/news/story/6809/1112982-%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E5%8C%96%E8%BA%AB%E5%88%BA%E5%AE%A2-%E9%A7%AD%E5%85%A5%E7%B6%B2%E8%B7%AF>，2015年8月11日。
- 14 TechNews科技新報，無人機提供Wi-Fi無線網路，<http://technews.tw/2015/01/04/uav-application/>，2015年1月4日。
- 15 奇摩新聞，無人機載人測試，<https://hk.news.yahoo.com/%E5%B0%91%E5%B9%B4%E8%87%AA%E8%A3%BD-16-%E8%9E%BA%E6%97%8B%E6%A7%B3%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E6%88%90%E5%8A%9F%E8%BC%89%E4%BA%BA%E9%A3%9B%E4%B8%8A%E5%8D%8A%E7%A9%BA-080001307.html?noredirect=1>，2015年7月4日。

許科技的進步帶來了人們生活便利，但相反的，所要面臨的是要如何防範發生不可預期的非法企圖。

四、當前防制作為概述

在這無人機爆炸時代裡，且技術不斷精進中，相對衍生出來就是廣泛使用消費型無人機所造成的安全問題及層面影響，故世界各國為解決現今無人機濫用情形下的「亂象」，無不積極研擬相關政策與防制措施，以避免爾後肇生更大損害。本文就現有文獻來探討目前各國無人機防制作為種類，說明如下：

(一)多軸無人機攔阻槍(如圖一)

號稱「無人機剋星」，一般俗稱的「電磁波來福槍」(加裝簡易雷達)，一支要價約新臺幣15萬元，中共、美國都有生產。使用方式，當有無人機升空，開啟攔阻槍偵測位置，同時透過電磁波干擾無人機的遙控訊號和GPS衛星定位訊號，從中截斷無人機的控制權，直接綁架飛行器，使其飛到他處再降落或者直接墜機。曾在2015跨年期間，為防範飛行器擾亂破壞事件發生，進而影響相關活動，於臺北101大樓周邊附近運用該武器系統，惟應用成效有限。

(二)衛星管理無人機

利用加裝「廣播式自動相關監視」(ADS-B)技術來管理無人機，¹⁶美國聯

圖一 無人機攔阻槍系統



資料來源：<http://www.ettoday.net/news/20151231/622325.htm>

邦航空管理局(FAA)表示，遠離視線의無人機可配備ADS-B接收機，確保無人機探測民航飛機位置，並主動規避。惟在視線內飛行器無需配備ADS-B系統，當前市場大部分多軸飛行器均在視線內飛行，如將這類飛行器納入其中，將造成系統過度負荷，影響飛安。

(三)LinkIt雲端多軸飛行器飛行安全監控平台

我國南臺科技大學研究以「LinkIt雲端無人機飛行安全監控平台」，¹⁷以解決廣泛使用消費型無人機可能面臨的安全問題，系統設計可設置多軸飛行器禁飛區，且具雲端即時監控系統掌握飛機資訊與飛行軌跡，若飛行器未按照飛行計畫飛行，雲端平台會強制執行返航程序；另兼具遠端搜索失蹤飛行器，解決缺乏管理的飛行器安全性以及提供監控技術。

(四)建置無人機禁航區警示APP

我國長榮大學團隊研究無人機禁

16 新浪新聞，美監管部門考慮用衛星管理無人機，<http://news.sina.com.tw/article/20151230/15867840.html>，2015年12月30日。

17 中央通訊社，LinkIt雲端無人機飛行安全監控平台，<http://www.cna.com.tw/postwrite/Detail/185774.aspx#.VqxYhZh0cB>，2015年12月23日。



航區警示APP，藉由警示軟體語音提醒保持安全距離。¹⁸

(五)以攔截網逮捕非法無人機(如圖二)

日本利用大型多軸飛行器裝上特製補網，捕捉違法空拍機，若研判私人的空拍機企圖窺探重要建築物，先以擴音器警告，若無效，再行捕捉。¹⁹

(六)多軸飛行器防禦槍(DroneDefender)(如圖三)

美國俄亥俄州的巴特爾科技公司(Battelle Memorial Institute)發表一款「無人機防禦槍」，這種武器發射的電磁波，頻率在一般GPS和ISM的頻段之間，能截斷多軸飛行器訊號(無法接收玩家指令)，且能啟動被截多軸飛行器的安全程序，使其盤旋、降落或者回到原起飛地點。

(七)反無人機防禦系統(Anti Unmanned Aerial Vehicle Defence System, AUDS)(如圖四)

由英國3家科技公司研發，號稱「無人機殺手」，能發射出「死亡射線」(death ray)來擊毀任何一架無人機，利用無線電波干擾遠端的遙控，最遠能夠攻擊

圖二 多軸無人機捕捉多軸無人機圖像



資料來源：http://bowenpress.com/news/bowen_47509.html

圖三 無人機防禦槍(DroneDefender)



資料來源：<http://www.appledaily.com.tw/appledaily/article/international/20151020/36849955/>

1.6公里遠的飛機，過程只需要25秒，惟該系統尚於測試階段。

(八)新型激光武器(如圖五)

波音公司研製出一種被稱為高能激光移動展示系統(簡稱HEL MD)的移動激光武器，在測試期間，成功擊落150多架無人機、火箭和其它模擬目標，且能在

18 NoWNews新聞網，長榮大學建置無人機禁航區警示APP，<http://www.nownews.com/n/2015/12/21/1929634>，2015年12月21日。

19 DIGITIMES科技，日本警方以攔截網逮捕非法無人機，http://www.digitimes.com.tw/tw/dt/n/shwnws.asp?id=0000454245_AT519OMX5J71RY4G8QL2Y&ct=1，2015年12月18日。

不同環境下持續瞄準、追蹤並擊中目標，惟以軍事用途為主。

(九)綁線無人機

綁線多軸飛行器係用超強韌、重量輕的纜線將無人機與地面連接，並透過線路提供動能、資料連接及精確掌握多軸飛行器去向。綁線飛行器可延長飛行時間、資料傳輸快速，且易操控及管制，不會偏離航道等優勢，惟電纜線易造成纏繞之缺點。²⁰

(十)具防空之效「Drone Munition」子彈(如圖六)

由美國一家軍火公司推出一款口徑為12gauge 3吋長的散彈槍子彈，裝有磁鐵彈粒，擊中多軸飛行器，能破壞重要組件使其墜毀，亦可以影響其指南針，干擾其定位系統。

(十一)微波槍(如圖七)

俄羅斯聯合儀器製造公司(United Instrument

Manufacturing Corporation, UIMC)由山毛櫸飛彈系統(Buk Missile System)研發一款「微波槍」(屬定向能量武器)，該系統配備大功率衍射發電機、反射天線、管理和控制系統以及傳輸系統，裝置在地對空飛彈系統或特製平台上，向目標物發射超高頻微波，可在10公里範圍內無人機或導彈

圖四 反無人機防禦系統

(Anti Unmanned Aerial Vehicle Defence System, AUDS)



資料來源：http://www.storm.mg/article/68924

圖五 激光移動展示系統(簡稱HEL MD)



資料來源：http://b5.secrechina.com/news/14/09/14/553363.html?%E6%B3%A2%E9%9F%B3%E5%85%AC%E5%8F%B8%E7%A0%94%E7%99%BC%E6%96%B0%E5%9E%8B%E6%BF%80%E5%85%89%E6%AD%A6%E5%99%A8%20%E7%9E%AC%E9%96%93%E6%93%8A%E8%90%BD%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F(%E5%9C%96)

彈頭的無線電波裝置失效，使其失控及墜毀。

(十二)多軸飛行器入侵預警「防護罩」(如圖八)

這款設備具有訊號處理器、麥克風、分析軟體、飛行器聲音特性的資料庫，經由監聽周圍環境聲音，透過聲音比

20 中時電子報，綁線無人機商機大，http://www.chinatimes.com/newspapers/20150804000100-260203，2015年8月4日。



對確認是否有飛行器。若飛行器在附近時，可藉由郵件或短訊發出警報，惟準確性須依資料庫建置完整性而定。

(十三)明訂法規，玩家自律

在多軸飛行器危「機」頻傳情形下，除了由各國官方研擬相關政策、規範及法令，並且明確律訂其使用限制及加強取締非法玩家，再來就只能端看使用者自律性。

五、小結：(如表九)

經由上述說明，顯然世界各國對於無人機反制作為均有其重視程度，惟考量環境因素、技術層面及安全等問題，對於作法、處置方式亦有所不同，相關優劣分析如後。

多軸飛行器電磁干擾與空中拖吊技術之概念

一、技術之概念

多軸飛行器被濫用或非法使用顯然對未來是一大隱憂。從本文敘述國內、外層出不窮事件可知其嚴重性，若沒有相關因應措施，除威脅各層面安全外，對其產業發展也是一大阻礙。如果一名企圖不明人士操控具備自動導航功能的多軸飛行器，並預設自動控制，即可在遠端從事非法行動，要找到肇事者相對有難度。尤對國家安

圖六 DroneMunition的散彈槍子彈



資料來源：<http://www.dcfever.com/news/readnews.php?id=14059>

圖七 俄羅斯巨型微波槍(發射大功率微波武器)



資料來源：<http://sina.com.hk/news/article/20150626/0/5/0/-4542136.html?cf=o.digital>

圖八 預警「防護罩」



資料來源：<http://technews.tw/2015/07/01/dronesshield/>

全、公共危安以及個人隱私等均受嚴重影響，假若沒有一個對非法使用多軸飛行器的強制取締措施，端靠現有的法規限制及道德規範來維持的話，恐有不足之處。

例如有架多軸飛行器在群眾上空飛行

表九 各國防制作為優劣比較表

項次	防制作法	優點	缺點
一	多軸無人機攔阻槍	1.單價成本較低。 2.裝備操作簡單容易。 3.可選擇捕捉或破壞飛行器，辨識能力較為彈性。	1.無法全面性監控。 2.無法辨別飛行器合法與非法使用。 3.僅能攔阻單一飛行器。 4.偵測範圍有限(約1公里內)，且易受周邊建築干擾偵測。
二	衛星管理	1.可全面性及實施遠端監控。 2.實施區域性管制。	1.增加衛星管控系統流量負荷。 2.易造成各類飛行器混淆(無法區別民航機或無人機)。 3.須研發統合系統軟體。 4.須加裝監視系統，成本價格不斐(依系統而定價格)。 5.系統操作不易。
三	LinkIt雲端飛行器飛行安全監控平台	1.國內已有相關技術。 2.可監控飛行器相關資訊與飛行軌跡。 3.可管控迷航無人飛行器。	1.須將軟體載入飛行器內，若無載入系統則無法管控。 2.持續性建立禁飛區資料庫。 3.系統操作不易。
四	無人機禁航區警示APP軟體	1.國內已有技術。 2.操作簡易。 3.成本低價可完成。	1.須將軟體載入飛行器內，若無載入系統則無法管控。 2.持續性建立禁飛區資料庫。 3.僅能以警告方式提醒。 4.運用成效有限。
五	攔截網逮捕非法無人機	1.可自行製作，成本價格低廉。 2.操作容易簡單。	1.無法辨別飛行器合法與非合法使用。 2.需人員現場操控，費時耗力。 3.實用性不高，監控範圍(以視界內為主)有限。 4.僅能點對點方式運用。 5.缺乏強制性。
六	防禦槍	1.單價成本較低。 2.裝備操作簡單容易。 3.以截斷飛行器GPS信號為主，使玩家無法遙控，較柔性作法。	1.無法全面性監控。 2.無法辨別飛行器合法與非合法使用。 3.僅能攔阻單一飛行器。 4.偵測範圍有限(約1公里內)，且易受周邊建築干擾偵測。
七	反無人機防禦系統	1.偵測範圍廣(約1~3公里)、且速度快。 2.攻擊距離遠(約1.6公里)。	1.系統尚未穩定。 2.造價不斐(依系統而定價格)。 3.採破壞性辨識。 4.無法辨別無人機合法與非法使用。
八	新型激光武器	1.攻擊種類多元(無人機、火箭及其他模擬目標)。 2.偵測範圍廣，且適應任何環境與機動性較佳。 3.具遠距離追蹤能力。	1.應用缺乏彈性(僅能運用軍事上)。 2.造價不斐(依系統而定價格)。 3.破壞採點對點方式。
九	綁線無人機	1.飛行器方向易掌控及操作。 2.具長時間飛行能力。 3.同步資料傳輸。	1.纜線易造成纏繞。 2.飛行距離有限。 3.僅能單一操作。 4.易受周邊環境、建物影響飛行方向與距離。



十	防空子彈	1.成本低廉。 2.採柔性攻擊方式。 3.操作簡易。	1.採破壞性攻擊。 2.無法全面性監控。 3.無法辨別飛行器合法與非法使用。 4.僅能破壞單一飛行器。 5.採機率性攻擊，成效有限。
十一	微波槍	1.可遠距離攻擊(約10公里)。 2.具干擾與破壞能力。 3.攻擊種類區分無人機與導彈彈頭。	1.造價不菲(依系統而定價格)。 2.無法辨別飛行器合法與非合法使用。 3.須搭配系統使用，無法單一應用。 4.不具偵測能力。
十二	入侵預警防護罩	1.具聲音偵測能力。 2.可透過簡訊或郵件通知，利於記錄資料。 3.成本低廉，且操作簡單。	1.持續性建立聲音資料庫。 2.偵測範圍有限(以音量可接受區域) 3.僅以警告方式執行，無相關攻擊能力。 4.易受周邊建築物影響。 5.準確性有限及缺乏即時性。
十三	訂定法規	1.規範玩家使用條件及限制。 2.管制飛行器操作區域。 3.明訂軍、民用飛行器使用權責。	1.僅能約束守法玩家。 2.短期無法顯現成效。 3.必須以教訓換取經驗，持續性修訂法規。

資料來源：筆者綜整資料後製表。

，如用暴力方式，採用電磁干擾或槍砲擊落方式使其失控墜落，²¹仍會對地面人員及設施造成一定傷害。相較本文以全球衛星導航系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)信號欺騙攻擊的作法較為柔性。²²據報導，在2011年，伊朗聲稱針對美國無人機(RQ-170)弱點進行GPS欺騙，幾乎完好無損的捕獲；另美國德州大學於2012年以GPS欺騙方式，成功將美國國土安全部所屬的無人機綁架(如圖九)，2013年利用GPS干擾，成功入侵一艘價值八千萬美元遊艇導航系統，使其偏離航道而不自覺(如圖十)。若技術成熟到某種程度，勢必對未來無人機產業又是另一項衝擊。有鑑於此，對我國開發無人機捕獲技

術，不論對民生或軍事上應用與反制作為，均有其必要性。

二、電磁干擾與拖吊技術模式概述²³

多軸飛行器的飛行模式通常歸納兩種，區分遙控信號及自動導航等兩種操控模式，採遙控信號模式者意指飛行器周邊有玩家在操作，而自動導航模式則是以全球衛星定位系統方式，²⁴按預設路徑實施飛行，藉由附近儀器偵測無線電遙控信號，分辨所使用的操控模式，再以相對因應作為實施防制措施(如圖十一)。

本文針對多軸飛行器遙控及衛星導航信號展頻碼特性實施分析，研究多軸飛行器捕獲技術進行探討。在遙控飛行模式下，研究展頻信號解譯技術，可以破解數位

21 Forbes,"奇虎研究人員找到欺騙干擾GPS信號的低成本方案,"Aug.8, 2015.

22 同註2，頁2。

23 同註5，頁29。

24 同註2，頁3。

圖九 美國無人機遭到伊朗捕獲



圖十 美國遊艇GPS遭欺騙

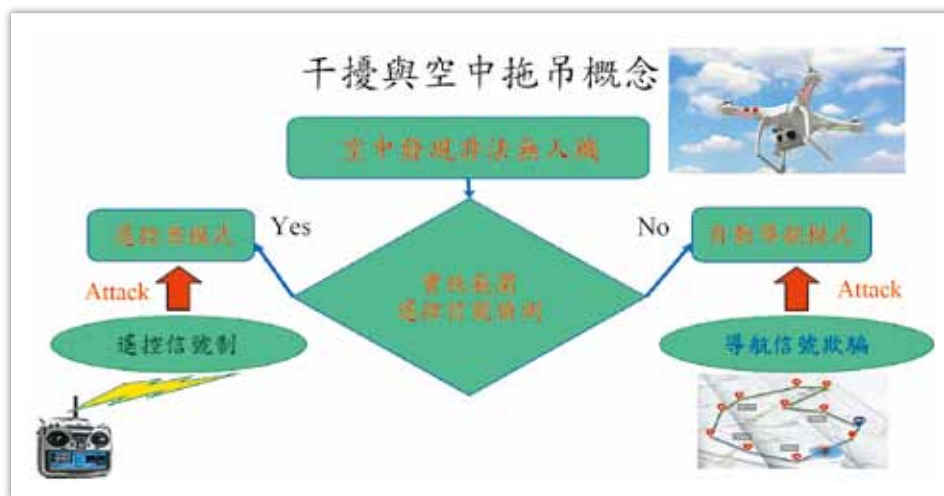


資料來源：1. <http://news.wenweipo.com/2012/12/06/IN1212060005.htm>

2. <http://www.lezhu99.com/2096.html>

3. 筆者綜整資料。

圖十一 干擾與空中拖吊採取模式示意圖



資料來源：李勝義，無人機電磁干擾與空中拖吊技術運用與反制簡報，民104年11月，頁33。

遙控信號的展頻碼，進而複製高功率的遙控信號進行壓制，奪取飛行器操控權；而自動導航飛行模式下，則以GPS系統信號，再根據球面幾何分析，作為GPS欺騙或反制的特徵依據，同理可證，其它衛星定位系統亦可以此方式實施。

(一)遙控信號特性及分類(電磁干擾)²⁵

對於以遙控信號模式飛行器而言，可以採用遙控信號壓制攻擊方式來捕獲，意指複製遙控信號，並以強大的發射功率壓制原信號，進而奪取操控權；此一作法首要工作是了解現行遙控信號的分類及特性；就目前市售遙控器分類，傳統遙控器是將每個搖桿控制信號轉換成PPM或PWM的脈波後，

再以AM或FM調變方式傳送，載波頻率介於27MHz-72MHz之間(如圖十二)。由於信號不穩定，且易互相干擾問題，現今大多改採展頻/跳頻方式的數位式遙控器，發射頻率為2.4GHz。複製類比遙控信號，並以較強的發射功率進行干擾或蓋台。目前2.4GHz頻段的數位遙控信號

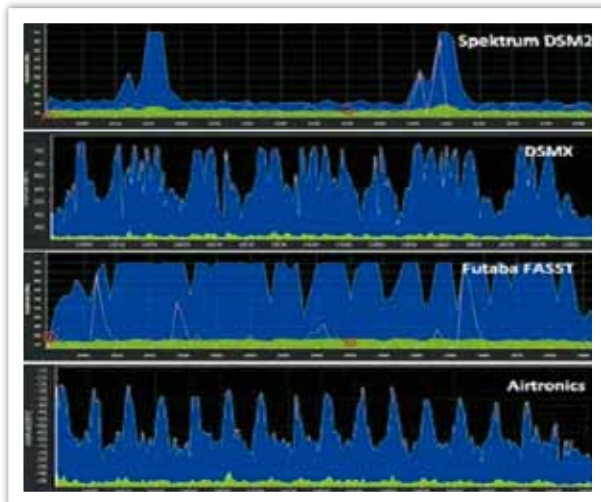
25 同註2，頁3-4。



圖十二 常見的數位遙控信號技術

製造商	技術	DSSS頻寬	FHSS頻率
Futaba	FHSS	10 kHz	74
Futaba	FASST	1.6 MHz	36
Spekteum/JR	DSM	1 MHz	1
Spekteum/JR	DSM2	1 MHz	2
Spekteum/JR	DSMX	1 MHz	23
JR	DMSS	3 MHz	23
HiTec	AFHSS	1 MHz	20
Turnigy	V1	1 MHz	1
Turnigy	V2	1 MHz	16
Aitronics	FHSS-X	1 MHz	15
Wi-Fi		22 MHz	1

圖十三 DSM2與DSMX信號技術的頻譜



資料來源：1.李勝義，無人機電磁干擾與空中拖吊技術運用與反制簡報，民104年11月，頁42。

2.李勝義，〈基於展頻信號操控的無人機捕獲技術研究〉，國防科技學術研討會論文集，中華民國104年11月20日，頁3-4。

是以分碼多工進接(Code Division Multiple Access, CDMA)技術為主，分為直接序列展頻(Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS)以及跳頻展頻(Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS)，包含兩者的混合使用。CDMA的展頻技術可讓多個遙

控器共用相同的頻段而不會互相干擾，並在有障礙物遮蔽的多重路徑環境下傳輸穩定度，所示為常見的數位遙控信號，以DSM2及DSMX技術為例，兩者均採用展頻/跳頻混合技術，展頻信號頻寬為1MHz，不同的是DSM2技術只在兩個頻段之間依照規則進行輪跳；而DSMX技術則在既定的23個頻段之間輪跳，大幅降低不同遙控器之間的同頻干擾。從圖十三兩種信號技術的頻譜，得知跳頻的頻段數有限，因此有關跳頻的規則及頻段數，可藉由頻譜變化特徵來觀察。

(二)空中拖吊技術

1.展頻通訊技術(遙控信號壓制)

展頻通訊之概念始於1900年代，直至50年代才被運用於軍事用途，主要功用作為抗干擾、防竊聽等保密通訊，現今使用行動通訊也是以展頻通訊作為基礎架構。展頻信號具備低攔截率的特性，從現有公開參考文獻，已有不少學者成功解譯出中共北斗導航衛星展頻碼(為22階的Gold Code)，對於未來干擾或偽製其導航衛星訊號研究有所助益。

2.導航信號欺騙技術概述(如圖十四)

傳統的GNSS干擾器會阻斷衛星信號，除讓現場非法玩家接收機無法接收訊號及定位，連同附近合法玩家將受波及，亦可能使非法玩家有所查覺被干擾；相反的，較現有電磁干擾方式，採欺騙方式屬更高明干擾手段，因為導航信號欺騙可以愚弄非法玩家接收機，讓它誤判處於正常定位狀態，將其誤導航道，進而偏離實際位置。

導航信號欺騙是指由攻擊者送出偽冒的GNSS信號，來愚弄非法玩家的接收機定位計算，使其位置及時間都與真實環境有所偏差。以GPS為例，雖說GPS初始是

因應軍事用途而研發，但現今卻是許多民生應用裝置的配備元件，並廣泛應用於各種載具(車輛、飛機)的導航、定位以及時間同步等功能。與軍用GPS信號最大不同，民用GPS信號沒有加密及授權機制，並非專為安全及保密的應用而設計，因此在應用隨之衍生是GPS安全問題探討；區分如後：

(1)GPS欺騙攻擊：

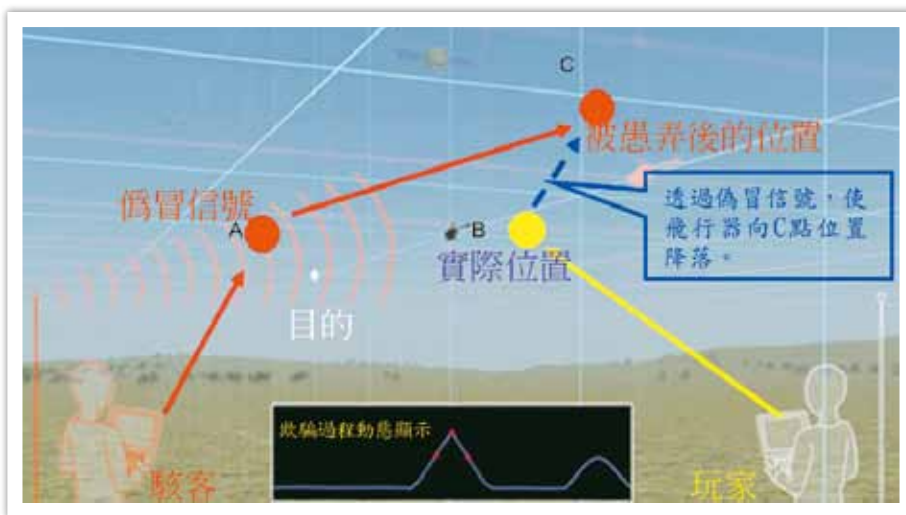
²⁶攻擊者送出欺騙信號來愚弄被害者GPS定位計算，造成實際位置與時間結果與欺騙位置及時間有偏差。

(2)GPS集體欺騙問題：²⁷攻擊者找到一個包含GPS信號，傳送時間及攻擊者發送位置組合信號給一群受害者，使得每一個受害者的GPS定位解算結果與真實位置及時間及有所偏差。

(3)GPS集體欺騙決策：^{28,29}是否存在至少一組攻擊者位置，其中每個位置分別送出GPS欺騙信號，使得一個群體中，每一個受害者的GPS定位解算結果(包含位置及時間)都被愚弄。

三、各國防制作為比較分析(如表十)

圖十四 偽冒GPS信號干擾飛行器，使其誤判實際位置示意圖



資料來源：1.李勝義，無人機電磁干擾與空中拖吊技術運用與反制簡報，民104年11月，頁53。

2.李勝義，〈基於展頻信號操控的無人機捕獲技術研究〉，國防科技學術研討會論文集，中華民國104年11月20日，頁5。

就當前國內、外為防範無人機(含多軸飛行器)濫用情形，各國均有提出相關因應作法，無論是衛星管理監控、反無人機防禦系統、激光武器、預警防護罩、攔截網或微波槍等措施都有其優缺點與可行性，惟重點是在於使用後的效能高低、投資成本、防制效果、運用彈性及技術層面等皆是考量因素，與本文探討無人機(含多軸飛行器)捕捉之理論實施比較，相對較能結合國內實際需求，分析說明如後。

四、小結

綜合上述分析，考量技術應用層面、

26 同註2，頁6。

27 Forbes,"奇虎研究人員找到欺騙干擾GPS信號的低成本方案,"Aug.8, 2015.

28 A.J.Kerns, et al."Unmanned aircraft capture and control via GPS spoofing," Journal of Field Robotics vol.31, no.4, pp.617-636, 2014.

29 N.O.Tippenhauer,et al.On the requirements for successful GPS spoofing attacks,"Proceedings of the 18th ACM conference on Computer and communications security.ACM, pp.75-86, 2011。



表十 防制作為比較分析表(一)

種類 分析	電磁干擾與 空中拖吊技術	無人機 攔阻槍	衛星 管理監控	LinkIt無人機 監控平台	無人機禁航區 警示APP	無人機 攔截網	無人機 防禦槍
技術 獲得	國內已有技術	無	無	國內已有技術	國內已有技術	可自行 製作	無
系統 加載	不需要	不需要	將系統載入 無人機	將系統載入 無人機	將系統載入 無人機	不需要	不需要
防制 範圍	面	面	面	線	線	點	點
	依據偵測儀器掃描範圍而定。						
投資 成本 (臺幣)	已有現成技術	約15萬元	依系統設備 而定	依系統設備 而定	僅須研發軟體 成本	萬元以下	約25萬元
運用 彈性	軍、民用	民用	軍、民用	軍、民用	軍、民用	民用	民用
國防 自主	國內自行研發	須採購	須採購	國內自行研發	國內自行研發	可自行 製作	須採購
辨識 能力	高 (捕捉)	高 (捕捉、破壞)	中 (破壞)	低 (警告)	低 (警告)	低 (捕捉)	高 (捕捉)
	依據儀器偵測後所採取之手段而定。						
應用 成效	彈性	單一	彈性	彈性	彈性	單一	單一
	依據運用彈性原則實施判定。						

表十 防制作為比較分析表(二)

種類 分析	反無人機 防禦系統	新式激光武器	綁線 無人機	防空子彈	微波槍	預警 防護罩	訂定法規
技術 獲得	無	無	可自行 製作	無	無	無	國內 策擬法規
系統 加載	不需要	不需要	須採購	須採購	不需要	須建立 資料庫	不需要
防制 範圍	面	點	點	點	線	面	面
	依據偵測儀器掃描範圍而定。						
投資 成本 (臺幣)	依系統設備 而定	依系統設備 而定	萬元 以下	約10萬	依系統設備 而定	約10萬	無
運用 彈性	軍、民用	軍用	民用	民用	軍用	軍、民用	軍、民用
國防 自主	須採購	須採購	可自行 製作	須採購	須採購	須採購	無
辨識 能力	中 (破壞)	中 (破壞)	低 (警告)	中 (破壞)	中 (破壞)	低 (警告)	無
	依據儀器(或識別)偵測後所採取之手段而定。						
應用 成效	彈性	單一	單一	單一	單一	彈性	彈性
	依據運用彈性原則實施判定。						

資料來源：筆者綜整資料後製表。

成本效益、反制效能、操作方式及預期成效等多方面來討論，以「電磁干擾與空中拖吊」技術較能符合應用上實需，如對於飛行器處理過程屬柔性作法，不易造成人員傷亡，系統操作教學及後續系統維護可委由國內廠商負責，最重要的是未來技術研發與提升不須仰賴他國，故建議不須捨近求遠，我國已具備無人飛行器反制作為技術，惟端看國內政府機關重視程度如何？

結論與建議

一、結論

近年來多軸飛行器隨著科技進步，隨之帶動是產業及運用迅速擴展，如災害救援、山區勘察、商業應用、建築物繪測、緊急醫療及結合軍事需求等，相對衍生出來濫用情形下的安全問題，如淪為非法集團恐攻的器具、駭客網路中繼站、遠端破壞及運輸工具等，各國政府雖清楚未來可能造成的影響，亦明訂相關規範因應，但仍無法確實有效的取締及管制作為，間接影響無人機運用於各產業的發展與人身安全，從本文新聞發生事件來探討更深層面，不難發現多軸飛行器可以用廣泛、多元與彈性來形容，只要能夠想像的，未來就有可能發生，因此研發防制作為更是刻不容緩。

相較於以暴力式電磁干擾或槍砲擊落，造成飛行器失控墜機的手法，本文探討信號欺騙技術，提出以展頻信號操控為基礎的無人機捕獲技術，包括遙控信號解譯以及導航信號欺騙等兩種作法，屬於柔性方式取締，³⁰其主要目的在於以類似駭客的手法奪取無人飛行器的操控權，將非法

的無人飛行器帶離至安全的地點降落，以避免人員傷亡事件發生。

透過電腦模擬驗證本文所提出的信號解譯演算法可以萃取出任何未知展頻信號所採用的展頻碼，適用於遙控信號飛行模式的無人機捕獲；而在導航信號欺騙技術方面，可推導出受害者接收機的廣播信號，藉此可模擬出偽冒的導航信號，讓非法玩家無法察覺到被欺騙，而持續採用錯誤的定位解算位置及時間。

所謂的「預防勝過於治療」，希藉由本文研究論點，先期預擬未來多軸飛行器可能造成的威脅，進而提供最佳防制措施，甚至作為我軍研發多軸飛行器反制科技的新思維，做好因應未來無人飛行器可能大量運用於戰場所帶來的戰爭型態改變。

二、建議

(一)人才培育：科技始終來自於人類，政府應明訂相關人才培育計畫，而非放縱無人機產業無由地發展，有效建立證照制度，建議可委由中科院開班施訓，或者民間學校(如臺灣長榮大學、南臺科大等均有多軸無人機招訓課程)訓練取得專長，並結合部隊軍事相關需求(如救災、山區勘察等)，再配合民航局定期辦理合法取得證照方式，除可解決非法亂飛現象，更能培育多軸飛行器操作師資種能；另相較下，大陸中共重視程度比我國積極，且在軍事上有更明顯作為，甚至已有設置專業訓練學校，同步取得合格證書，並配合國家產業政策，以提升產業競爭能力。

(二)法規策定：

1.因應未來多軸飛行器發展，國內在2015年曾提出3次「民用航空法」修正草

30 同註2，頁7-8。



案，參考美國及歐盟的規範修正民用航空法，訂定多軸飛行器飛行僅限特定區域，飛行高度則不得超過400呎。無人機分為「自用、娛樂休閒」用途及「商業、營利目的」；商業用的不限重量都必須向民航局登記並考照，惟最後因多軸飛行器管理中央與地方權責劃分不清有異議，將《民航法》修正案擇期再審，仍無明確律訂使用法令規章，勢必造成後續發展影響。

2.囿於國內現行「航空法」已不符時宜，為避免多軸飛行器非法使用下的威脅及造成科技停滯不前，建議由交通部民航局多方參照立法較為明確的國家，如美國、日本等，完成軍、民用無人機使用範疇，如限高、區域、種類等納入規範；另國防部、中科院考量訓練實需、操作場地等因素，儘速配合完成修(立)法，並訂定相關政策，以確保產業能夠順利推動與發展。

(三)多元應用：多軸飛行器屬多元化技術，充滿無限可能性，運用非常之廣泛，無論國土防衛、災害防救及特勤維安等，甚至結合軍事上需求與應用，如戰場情蒐、遠端監控及訓練紀實等；反向思考，若要從事違法企圖也無不可能，故政府機關應主導，鼓勵國內企業團體多方配合(如工研院技術研發機構)，朝正向推廣、研發多軸飛行器(軟、硬體)相關產業，不應再鴛鴦心態，封閉、限制其發展，如此才能達到政府與民眾雙贏局面。

(四)未來選擇：

1.從國內電腦軟硬體、半導體、生物科技、造船工業等研發，顯見中華民國從不缺乏科技人才，所欠缺的是一個「研究環境」而限制其發展。再者，面對目前兩

岸軍力極不平衡發展狀況下，藉本文探討國內現有「GPS信號欺騙與空中拖吊」技術，提供另一項研發反制多軸飛行器科技的思維，尤其對岸中共正積極針對無人機反制作為進行研究，相形之下，我國卻因環境、資金、設備及法令規章不明而造成發展受限。

2.本文所探討GPS信號應用屬國內自行研發技術，從目前現有文獻中，得知中共尚無相關文章發表，無論是從軍事或國家角度模擬威脅問題，均不容輕忽，建議應儘速投入相關研究，使其技術更臻成熟，俾及早完備配套措施，以待時局變化。然科技未來選擇權在己身，寧可成為研發者，絕不變成犧牲者。

(五)翻轉國防：我國國防科技因過度仰賴國外採購，已造成武器裝備料件嚴重缺乏，且相關維修技術處處受制他國，相信唯有國防自主，採主動積極研發，才能解決上述問題癥結；據悉，本文專題研究理論(多軸飛行器捕捉)，國內國防大學理工學院已具備良好基礎及相當穩定專業技術存在，尤其針對遙控信號模擬、展頻通訊技術(遙控信號壓制)有更深入之研究；另目前臺灣從事無人機製造產業就有近11家(雷虎、聯發科及聯電等科技公司)，而這些科技廠商均掌握多項關鍵技術(如飛控系統、無刷馬達與螺旋槳及GPS晶片等零件)，這都是國內具備最佳優勢，若能由政府加以統合規劃，再投入適當資源，配合國家未來國防政策推動，³¹也許其成效有限，至少能夠朝向「國防自主」基本方針前進一大步。

31 CMONEY網誌，「無人機產業」11家臺廠掌握關鍵技術，<http://www.cmoney.tw/notes/note-detail.aspx?nid=27020>，2015年3月16日。