無人機飛行匯演 技術原理大拆解

近年新興的無人機飛行匯演，每次出動幾百甚至過千架無人機，精細地排出各種立體圖形和動畫，並利用燈光作表演，看起來都十分壯觀。到底無人機群是怎樣在空中正確地做出指定動作？而又是否安全？本報請來前線信息安全專家龐博文，講解當中的原理。

■無人機拼出「25」祝賀香港回歸25周年。 資料圖片

■無人機在吐露港上空拼出「大埔」兩字。 資料圖片

■多名義工協助無人機匯演綵排。香港無人機運動總會fb圖片

龐博文幾年前就已參與無人機匯演公司的技術開發和業務，對此有一定認識，他指無人機飛行匯演和單人操控的航拍無人機，並非同一回事。他憶起4年多前，曾和好多人分享無人機飛行匯演的原理時，有人突然問：「一次過用500架無人機表演，不就需要500多人同時操作嗎？」龐博文指這是很多人的誤解，以為無人機都是單人操作的「非自主活動無人機」，即透過「環境感應器」（Sensor）輔助，再由操控者現場手動操作。

實際上，無人機飛行匯演所使用的是「自主活動無人機」，即由人預先進行編程，再利用「環境感應器」協助編程修正，保持機體間的間距、平衡，以及避障和定位。簡單來說，「自主活動無人機」就是機械人。因此，操控500台以上的無人機，所需人手只不過3、4人。

無人機互相檢查位置

無人機的底座都配備一盞LED燈，當飛到天上排成一個立體長方或正方陣，透過燈光熄滅和變色、或是飛行移位，就可製作立體圖形，甚至產生旋轉和動畫。飛行匯演的無人機究竟如何避免互相碰撞？龐博文解釋：「無人機都有一個特殊機制，就是『蜂群飛行』。」他續指，編程上會安排一定數量的無人機為「領頭機」（Master），透過他們牽引一定數量的「隨從機」（Slave）。每架「領頭機」帶領的群體為一個「細胞小組」，透過「環境感應器」控制他們之間的間距。然後每個「細胞小組」互相檢查對方的位置，這才可構成完整的長方或正方陣，進行燈光表演。所以要安全，編程和定位的演算法必須精準。

為精準定位，龐博文表示，他們會使用複數的定位和信號溝通機制，進行交叉驗證。定位方面，無人機同時使用GPS和北斗兩組衛星定位系統，這兩組系統會把整個地球分成不同的網格來定位，但飛行匯演的範圍較細，如只純粹依靠大範圍網格作定位，一定會出現誤差，所以需再使用Real Time Kinematic（RTK），又名「實時動態載波相位差分技術」來校正細微的位置精準度。龐博文解釋：「是一種通過基準站和流動站的同步觀測，實現快速高精度定位功能的技術。」此技術能計算出無人機的三維坐標，通過差分的方式除去流動站觀測數據的大部分誤差。若近距離觀看無人機的起飛和降落，便會發覺上升和下降的位置誤差不足半呎距離。

在現場測試和預演前，龐博文指，會先利用自行開發的軟件對每架無人機進行編程，及利用3D地圖模擬測試，而且在整個過程中用上「地理資訊系統」（GIS System），正確地判斷飛行場地的現場環境，包括：地勢和建築物的高度距離等。此外，編程時亦會把現場收集的信號圖譜、環境因素，以及天氣等資料，加進演算法中，然後對群體飛行作修正，並為可能發生的任何狀況制定預防機制。

龐博文最後指，他曾最多把3,051架無人機飛到空中進行匯演，畢竟光點愈多、範圍愈大、密度愈高、圖像就更精細和豐富。

龐博文簡介：

一個擁有接近半甲子經驗，由Apple IIe年代存活至今的前線信息安全專家及密碼學家。擅長有組織性網絡對抗、黑客術及電腦鑑證調查技能。口頭禪：「你今日畀人Hacked咗未呢？」

設電子屏障 防外來機入侵

■共200架無人機參與演出。香港無人機運動總會fb圖片

無人機安全性方面，除勘察收集數據編程和定位精準外，還需其他的安全防禦機制。龐博文說，由於需設立機站進行高度精準差分測量，所以地面控制員在監控無人機時，都會透過數個不同的信號標準和無人機溝通，這些信號管道全都經過端對端加密處理，並使用特定頻道和加密演算法，構成安全管道以防被其他信號入侵或挾持。所以每部無人機系統內，都有一張電子證書進行身份辨認。

此外，表演時會設立「電子屏障」作保護，防止外來無人機入侵。「電子屏障」分對內和對外，對內是設立機站進行信號範圍限制，如表演中的無人機離開預定表演範圍時，會自動返航到起飛點降落；對外是設立信號干擾器，防止外來無人機進入表演範圍造成碰撞及干擾。

龐博文說，在未來城市中，無人機飛行匯演的精準定位和群飛技術，可用在建築、勘察、搜救和農業等的經濟活動。「機械人時代其實已來臨！」