

戰場感知系統運用概況之研究

作者/施玟仔少校



國防大學理工學院正 94 年班，理工研究所 101 年班，陸軍通訓中心通資安全正規班 26 期，曾任排長、通信官、資訊官、教官，現任職於陸軍步兵訓練指揮部教官。

提要

- 一、智能戰爭指的是將指揮系統全面智能化，作戰指揮控制智能化，指揮通聯智能化。因此，如何快速、有效地提供指揮官戰場準確的資訊，將是本文探討的重點。在步兵為地面最後決戰勝利之主要兵種的前提下，如何強化步兵在戰場上動態感知系統的資訊與指揮官的資訊同步，亦是本文研究的重點要項。
- 二、戰場動態感知系統是資訊化條件下聯合作戰的重要組成部分，是指揮作戰致勝的關鍵。通過分析當前戰場動態感知系統，定義戰場態勢與感知系統的關聯，分析建立動態感知系統之優缺點。
- 三、C⁴ISR 指管系統以強化監偵設備，提升指管系統功能，旨在鏈結國軍主戰兵力輔以共同作戰圖像，共享即時情資，同步國軍戰時及演訓時部署態勢，進而統一指揮與管制作為。¹

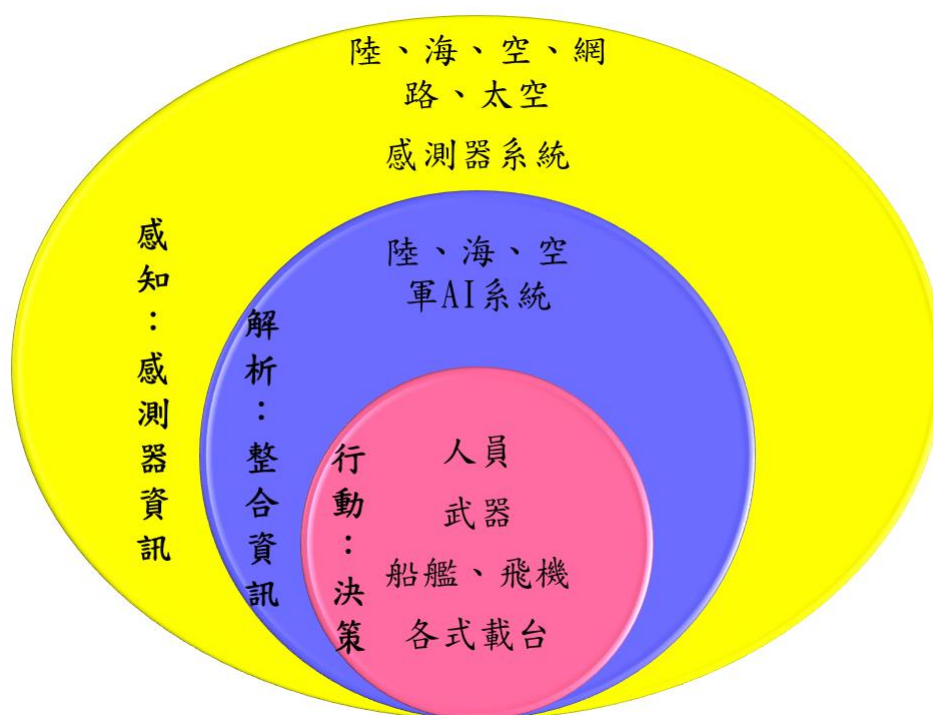
關鍵詞：感知系統、遙測技術、物聯網

¹張凱葳，〈運用 C⁴ISR 指管系統提升本軍戰場情資傳遞效能之研究〉，《陸軍通資半年刊》，第124期，104年9月1日。

壹、前言

如同許多先進技術一樣、感知系統最早起源於軍事和重工業領域，第一個出現類似現代化感知系統的無線網路應用，為美軍1950年代開發用以偵查和追蹤前蘇聯潛艇的聲納監測系統，該網路系統使用水底聲納感測器分布於大西洋和太平洋中。此後，美國國防高等研究計畫署於1980年正式開始實施分散式感測器網路。²

美國國防部部長奧斯丁於2021年6月簽署「聯合全領域指揮管制戰略(Strategy for joint all-domain command and control)」定義各軍種在「聯合全領域指揮管制(Joint all-domain command and control, JADC2)」架構下，要如何連結空中、陸地、海洋、太空及網路空間的感測器，³以網狀化方式作戰。JADC2三項重點：感知(Sense)、解析(Make sense)及行動(Action)，「感知」是以感測器配合資訊網路結合部隊現裝與友軍共享資訊；「解析」運用AI人工智慧、機械智慧等技術，將感測器所接收之訊號、結合物聯網進行整合與處理後，提供指揮官即時且有用的資訊；「行動」則是將解析後的資訊共享，讓指揮官在必要的時刻作出決策。(如圖一)



圖一 美軍JADC2示意圖

資料來源：作者自行繪製

²2cm，融合感測、網路與儲能技術 WSN 加速物聯網應用成形，<https://www.2cm.com.tw>，(檢索日期：112 年 1 月 31 日)。

³舒孝煌，〈韜略談兵：美軍發展 JADC2 架構，接戰快、狠、準〉，《青年日報》，2022 年 4 月。

正所謂「工欲善其事、必先利其器」，資訊時代戰爭下的訓練，已不再是單純訓練人與裝備操作的熟稔度，而應加入網狀化作戰場景的訓練，從單一設備的載台，如甲車駕駛、戰鬥機操作、飛彈發射與通信構連模擬器，到JCATS及迅安系統等，將感測器、通資網路與武器系統整合為網狀化作戰平台的概念，使所有單位共享即時之戰場資訊，具備一致的認知，以加快指管速度、提高作戰效能、精準接戰、擴大摧毀性、增加存活率及自行同步化之目標。

貳、感知系統概述

感知系統扮演機械智能(Artificial Intelligence, AI)的核心，以自動車、飛機、無人機和機器人為例，這些自駕系統運用極端複雜又涉及高度工程專業的AI和機器學習，為生活帶來革命性的變化，其核心技術以感知系統最為關鍵，系統必須正確看到、辨識及回應周遭環境的數百種元素，藉此複製人類視覺和認知，一旦感知系統發生錯誤將威脅生命財產安全。⁴其運作模式為感測器偵測資料後透過感知無線電、無線感知網路，再經由辨識系統將資料分類，再傳送到物聯網處理，最後，系統會將結果提供給使用者作為建議。

未來的戰爭屬「非線性戰爭」，⁵在資訊化的範疇下又可稱為「網狀化作戰」，依時間、空間、力量強度及傷害程度來說，不分前後方，無固定戰線，且戰場不連續，要建立一個無所不包、無所不及的資訊網路，加大戰場的廣度及延伸多維的戰場空間，就必須善用感知系統。運用感知系統將各式感測器結合資訊設備，有效且適性的投入戰場環境，提高戰場透明度，減少指揮官下達決心的不確定因素，打破所有作戰的界線，讓各階層的決策資訊化且同步化，訊息傳遞不再受到通信的限制，各級指揮官更能實現運籌帷幄的勝券感。

一、感知無線電(Cognitive Radio, CR)：

感知無線電具備感知能力(Cognitive Capability)及重新配置能力(Re Configurability)兩大特色，⁶其指的是從無線環境中感知相關訊息，辨識時、空中之頻譜資源，選擇適當參數加以應用，若發現某頻譜已被占用，則啟動重新配置能力切換使用其他頻譜通信，⁷以避免干擾發生。感知無線電可根據任務、規範的不同及目標差異性進行推理與規劃等高階功能。其三種傳輸模式，交織模式(interwave)、底傳模式(underwave)及覆蓋模式(overlay)，⁸⁹著重點在解決無線通

⁴ANSYS，排除邊緣案例缺陷，影像辨識精準度再上層樓，<https://www.ansys.com>，(檢索日期：112年1月30日)。

⁵梁華傑，〈論資訊時代戰爭戰場管理新概念〉，《陸軍通資半年刊》，(桃園市)第115期，陸軍通資半年刊出版社，100年4月1日。

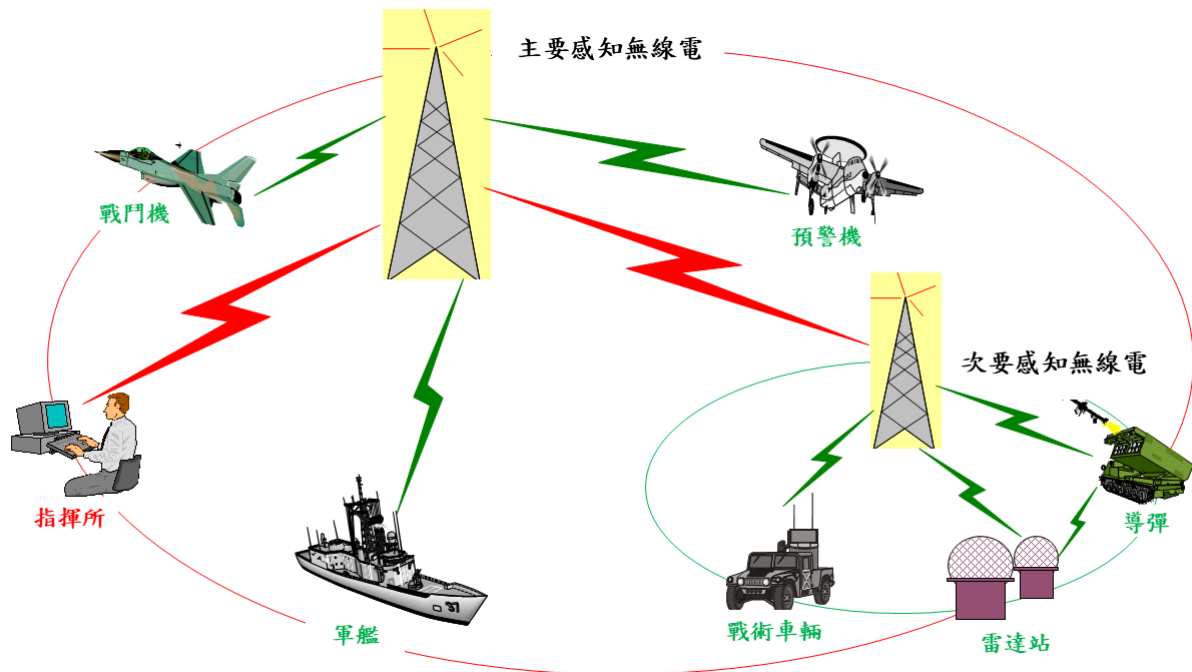
⁶J. Mitola III and G.Q. Maguire Jr.，〈Cognitive radio: Making software radios more personal〉，《IEEE Personal Communications》，vol. 6, 1999年，pp.13-18。

⁷廖建興，〈感知無線電-最新技術發展趨勢概論〉，《IECQ 報導年刊》，頁50。

⁸A. Goldsmith, S. Jafar, I. Maric, and S. Srinivasa, 〈Breaking spectrum gridlock with cognitive radios: An information theoretic perspective〉，《Proceedings of the IEEE》，vol. 97, no. 5, 2009年5月，pp.894-914。

⁹R. Blasco-Serrano, J. Lv, R. Thobaben, E. Jorswieck, M. Skoglund, 〈Multiantenna transmission for underlay and overlay

訊裝置有限的電池容量問題，故感知無線電技術有著傳輸速率高、系統容量大、抗干擾能力強、功率消耗低及製作成本低特性，巧妙的搜尋可用且閒置的通道增加傳輸能力，提高整體網路性能，增加網路覆蓋範圍。其多應用在軍事監控、(如圖二)環境監測、工業控制及災害救難等大規模前景中。



圖二 感知無線電示意圖

資料來源: 作者自行繪製

二、無線感知網路(Wireless Sensor Network, WSN)：

無線感知網路泛指一切具有感測器感知外界環境變數，並通過無線傳輸相互連結的系統，是一種短距離(50-100公尺)、低速率、低功耗的傳輸技術，每個感知器可視為獨立小型電腦，多應用於生態監測、健康與醫療照護、商業與家庭自動化、交通管理等地方。¹⁰

無線感知網路最早源於美軍單位，是當作軍事偵防與情資蒐集使用，以軍事應用來說，感測節點可從光線、熱量、溫度、濕度、壓力、磁力、電場、機械、化學等多種方式來偵測並判斷戰場上各種軍事車輛、武器，以及環境的變化。¹¹WSN網路拓樸方式可區分為四大類，(如圖三)第一類為單向網路，應用於一般居家遙控器及胎壓偵測器等地方，此類拓樸僅執行命令無回饋執行後的成

cognitive radio with explicit message learning phase》，《EURASIP Journal on Wireless Communication and Networking》，vol. 7, 2013 年，pp.1-21。

¹⁰蔡依真，〈無線感知網路(WSN)技術在農業領域上的應用成果〉，《農業出版品第 232 期》，100 年 10 月。

¹¹DIGITIMES，WSN 無線感測網路市場趨勢，<https://www.digitimes.com.tw>，(檢索日期：112 年 2 月 1 日)。

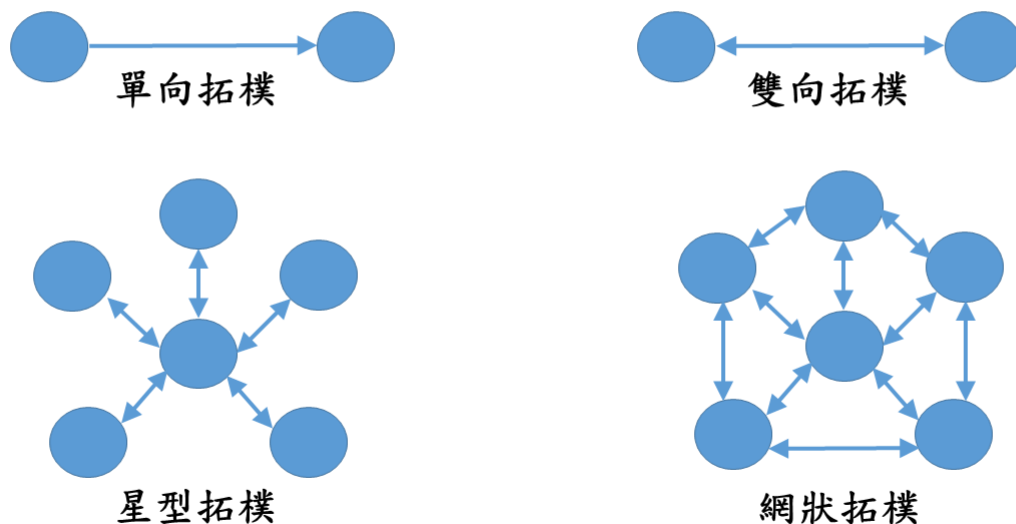
果。第二類以上的網路拓樸應用於高階智能機械中，¹²如同步兵訓練指揮部的八輪甲模擬館內各式模擬器，駕駛、兵器與通信模擬器，教官台可一對一(雙向拓樸)、也可同時提供多位學員(星型拓樸、網狀拓樸)實境教學，並依照課程進度、班隊屬性下達進階狀況，結合戰場模擬圖台，提高訓練成效，學生的所有訓練成果也會導向教官台伺服器，可提供教官修正課程進度與內容。分述如下：

(一)雙向拓樸：雙向拓樸是單向拓樸的延伸，指揮者下達命令後，接收端不僅僅執行命令，還能將感測結果回饋給指揮者，這個拓樸的優勢是目標單一，減少資訊傳輸的時間、有效降低資料遺失的風險。例如：空軍戰鬥機模擬器。

(二)星型拓樸：星型拓樸是結合無數個雙向拓樸的一個概念系統，優點是結構與控制簡單，且方便管理、容易檢測故障點，若是某一感測器出現狀況亦不影響其他感測器使用。例如：工兵訓練指揮部的浮門橋模擬器。

(三)網狀拓樸：網狀拓樸為星型拓樸的升級版，指揮官可同時下達命令給多位接收者，接收者可同時執行多項任務，並藉由感測器依照任務屬性分配訊號提供與回饋指揮官與不同階層的使用者使用，其具有「互通性」、「彈性」、「回應性」、「機動性」、「紀律性」、「存活性」及「持續性」，網狀拓樸使得戰場空間立體化，資訊整合系統化。例如：迅安、銳指系統。

WSN網路拓樸結構



圖三 WSN網路拓樸結構圖

資料來源: 作者自行繪製

¹²同註 11。

三、遙測感知：

依照國際慣例，距離地球表面100公里以上的太空，不屬於地面國家的領空範圍，偵察衛星的活動不算是侵略行為。因此，太空遙測技術作為現代軍事偵察的重要手段，具有偵察範圍廣、不受地理條件限制、發現目標快等優點，能獲取採用其他途徑難以得到的軍事情報。¹³「遙測感知」通常依遙測感知器載台的不同分為三類：遙感器裝在地面站或車、船上的稱為地面遙感；遙感器裝在氣球、飛艇和飛機等航空器上的稱為航空遙感；遙感器裝在人造衛星、宇宙飛船和太空梭等太空器上的，稱為太空遙感。按遙感器工作原理的不同，分為主動遙感和被動遙感。按遙感方式的不同，分為照相式和非照相式遙感。按電磁波頻譜的不同，分為可見光、紅外光、紫外光和微波遙感等。遙感技術在軍事上主要用於軍事偵察、導彈預警、海洋監視、武器制導、軍事測繪和氣象探測等。¹⁴

四、雷達感知：

雷達感知的重要特徵是其對物體的穿透度大，且不受任何天氣影響，在雲層覆蓋嚴重的區域都可以清晰的獲取目標物數據，在軍事用途上除了最常見的合成孔徑雷達測量儀，還有應用在車輛上的辨識系統，甚至於現在可以搭載無人機上面的雷達感測器等，讓現代化作戰呈現全天候、全方位、高彈性、高動態及速度高的優勢。綜合以上優點，雷達感知系統加速指揮官了解敵方整體部署情況，監視、跟蹤並可預測敵方部隊的未來行動，全面掌握打擊目標的有利位置，引導各載台精確攻擊武器準確命中目標，並有效評估戰場損傷結果，是個不可多得好系統。

五、物聯網(Internet of Things, IoT)：

透過配有感測器、軟體和其他技術的互聯物件和設備，與其他設備及系統傳輸和接收資料，稱之為物聯網。¹⁵物聯網從一開始的串聯力，再結合感測技術，加上運算能力、大數據技術、人工智慧與機器學習，最後進化為雲端運算，其中運作的步驟如下：

(一)擷取資料：藉由感測器擷取所在環境的資料，從單純的溫度變化到詭譎多變的戰場即時影像都是擷取資料的環節。

(二)共享資料：透過可利用的網路或是硬體裝置將資料傳送至公用系統或是公共平台。

¹³現代千里眼 遙測技術之軍事運用，<https://www.ydn.com>，(檢索日期：112 年 1 月 19 日)。

¹⁴施玟仔，〈電磁波干擾、應用與防護作為之研究〉，《步兵季刊》，第 272 期，108 年 5 月，頁 52。

¹⁵ SAP，什麼是物聯網，<https://www.sap.com>，(檢索日期：112 年 1 月 29 日)。

(三)處理資料：系統會依指令針對目標進行資料處理，例如溫度過高會告警，敵人、導彈發射會告警等狀況處置。

(四)根據資料行動：分析資料後提供使用者制定更完善的行動，或是讓指揮官在有利的狀況下下達指示。

參、感測器軍事應用

世界主要軍事強國為增強其軍事實力，正加快研發感測器相關武器系統，如雷射武器、微波武器、電磁炮武器、高超聲速武器等新概念武器，以進一步擴大技術優勢，力爭在未來戰爭中占據優勢地位。這些感測器武器是一個國家展現其高科技能力的綜合表現，這些技術一旦突破，終將引起國際軍事武器的重大變革。當前，世界主要軍事國家的感測武器正由技術驗證轉向武器研製階段。

一、無人機蜂群

無人機蜂群以數據鏈為介質，及時掌握飛行數據及探測到的雷達資訊，形成一個類似蜂群的工作集群。還具備躲避障礙物的能力，而且沒有人員出現，就不會造成人員傷亡情況，其體積相對小，造價低廉，可以減少資金投入。¹⁶（如圖四）



圖四：無人機蜂群

資料來源: <https://new.qq.com/>騰訊網，(檢索日期：112年1月9日)

二、雷射武器

雷射武器具有快速、靈活、精確和抗電磁干擾等優異性能，可利用高能雷射對近距離目標進行精確射擊或用於防禦飛彈，美國陸軍已成功試驗 5 千瓦、10

¹⁶ 美國不得不承認，全球最先進的 3 款武器，中國早已全部掌握，<https://www.new.qq.com/>，(檢索日期：112 年 1 月 9 日)。

千瓦車載、機載雷射武器、60 千瓦雷射器，現正研發小型光纖合成雷射器，計劃於 2030 年在戰鬥機上安裝雷射武器，而美國海軍擁有「高能雷射和集成光學殺傷監視系統（HELIOS）」¹⁷。該系統可摧毀無人機和小型艦艇。(如圖五、六)另一方面，美軍還計劃將雷射武器應用於無人機反導技術領域，利用無人機搭載高功率雷射武器進行滲透式打擊，摧毀敵方彈道飛彈。¹⁷



圖五：美國海軍雷射武器攻擊示意圖



圖六：美國海軍HELIOS雷射武器

資料來源：雷射武器，<https://www.kknews.cc.com>，(檢索日期：112 年 1 月 12 日)

三、微波武器

微波武器，又稱電磁脈衝武器，是當今世界主要軍事強國的研發熱點之一。微波武器通常在遠距離上對軍事目標和武器的電子設備進行干擾，近距離殺傷有生力量，引爆各種炸藥或直接摧毀目標，該武器可奪取戰場內的制電磁權，¹⁸美軍CHAMP全電子系統高功率微波先進導彈是將電磁脈衝系統與導彈結合的感測武器，借助導彈飛抵目標區後釋放電磁脈衝能量，使目標區內電子設備實施電子干擾，使其暫時失去訊號，嚴重時會造成短路而燒毀，主要作戰對象為無線電通信、導航系統、雷達系統、電子對抗和光電系統等設備。

微波武器具備超視距攻擊、可低空飛行、精確導航及路線規劃等能力，可同時對多個目標進行攻擊或可進行多次打擊。以俄國為例，1996年俄羅斯就以微波武器「克拉蘇哈-2」(如圖七)針對敘利亞實施頻譜強噪聲干擾，後期使用「克拉蘇哈-4」(如圖八)對抗美國預警機、無人偵察機，「克拉蘇哈-4」可對數百公里區域範圍的敵方雷達進行探測，並對150公里～300公里範圍內的敵方電子和通信設備進行軟殺攻擊。¹⁹

¹⁷ 雷射武器，<https://www.kknews.cc.com>，(檢索日期：112 年 1 月 12 日)。

¹⁸ 同註 17。

¹⁹ 馬建光，〈敘利亞戰爭啟示錄〉，《長江文藝出版社》，2017 年 12 月。



圖七：俄國微波武器—克拉蘇哈-2



圖八：俄國微波武器—克拉蘇哈-4

資料來源: <https://money.udn.com/經濟日報>，(檢索日期：112 年 1 月 8 日)

四、雷達武器

俄羅斯 S-500 防空反導雷達系統(如圖九)，可同時追蹤 20 個目標，攔截速度在 7 公里/秒以上的空中目標，在 600 公里的範圍內可發現並同時命中 10 個目標，上面搭載 3 種型號的攔截彈，分別為防空飛彈 40N6M、反導攔截彈 77N6-N 以及 77N6-N1，攔截彈的最大作戰距離為 600 公里。²⁰

S-500 有三項主要任務：(一)：保護系統免受無線電偵測及飛彈系統干擾，使敵人無法攔截和摧毀；(二)：能夠攔截射程達 3500 公里的近、中程彈道飛彈，攔截目標的最大高度可達 50 公里(美國「愛國者」則只能攔截高度為 24 公里內的目標)；(三)：能夠摧毀任何現代化空襲裝備，包含低軌道衛星、軌道平台、高超音速巡航飛彈、飛機和無人機，無論是普通高空飛行器還是「馭波者」型飛行器（飛行速度達 5 馬赫以上）。²¹



圖九：俄國S-500防空雷達系統模擬示意圖

資料來源: <https://kknews.cc.com/每日新聞>，(檢索日期：112 年 1 月 17 日)

²⁰俄 S500 防空系統可攻擊敵 40 個目標，防空、反導、反衛星樣樣不落，<https://www.kknews.cc.com>，(檢索日期：112 年 1 月 17 日)。

²¹同註 20，(檢索日期：112 年 1 月 17 日)。

美國在大量共機侵擾台灣西南防空識別區之際，派出海軍 P-8A 海神式（Poseidon）巡邏機飛越台灣海峽。P-8A(如圖十)特別針對新型潛艦的發展而設計，擁有更持久的巡航時間及航程；可有效在陸地和水上執行各項任務，包括反潛、搜救、海上封鎖，以及遠程情報、監視、目標截獲和偵察等²²。

P-8A 反潛機偵查作用原理如下：(如圖十)

- (一)機身前部的 AN/APY-10 雷達：具有彩色天氣影像、合成孔徑雷達（SAR）、逆向合成孔徑雷達（ISAR）、潛望鏡搜索與導航的能力。
- (二)機腹下方的 AN/APS-154 進階機載感測器（Advanced Airborne Sensor，AAS）：具有移動目標指示（MTI）和有源相控陣合成孔徑雷達（AESA）使其能夠跟蹤海上與地面的移動目標，即使在夜間或是惡劣氣候環境下，皆不受影響，此感測器為目前最先進的掃描陣列雷達，相關數據尚未公布，美國極少掛載出現。
- (三)機身尾部的 AN/ASQ-508 進階整合磁性探測器（Advanced Integrated Magnetic Anomaly Detection，AIMAD）：此探測器可偵測搜索範圍內地球磁場變化和水面下潛艇移動所造成的異常變化，進而對變化區域實施搜索、探測和定位
- (四)聲納浮標（Sonar buoy）：P-8A 最多可攜帶 129 具聲納浮標，129 具聲納浮標具有不同定位及量測距離功能，包括陣列聲納量測、爆炸後聲波撞擊潛艇估計距離及全球定位系統。
- (五)反潛機另搭載電子戰系統、雷達預警機、導彈預警機、紅外線光學攝控系統、武器系統及機載無人機，這些裝備除了提供反潛機自我防護能力之外，另輔助感測器更精確蒐整敵情數據。



圖十：美國海軍P-8A反潛機

資料來源: <https://tw.news.yahoo.com/雅虎新聞>，作者後製，(檢索日期：112 年 4 月 19 日)

²²美軍 P-8A 飛越台海，國軍全程掌握，<https://tw.news.yahoo.com/>，(檢索日期：112 年 4 月 19 日)。

五、智慧型手槍

生物辨識技術已經被廣泛使用在手槍上，美國武器公司研究將生物辨識技術(指紋)結合在手槍上變成智慧型手槍(如圖十一)，在開槍前，只有開通槍枝指紋的使用者可以合法使用該槍枝，這款手槍指紋辨識技術僅需一秒的時間，辨識器充電一次兩小時，充飽電力後可維持半年電力供使用者使用。²³



圖十一：美國生物辨識(指紋)手槍

資料來源: <https://techbang.com/>，(檢索日期：112 年 1 月 18 日)

六、偵照莢艙

我中華民國空軍「鳳眼專案」109-118 年對美採購「F-16 型機新式偵照莢艙」，有效高空偵照距離超過 185 公里(實際距離是機密)，另不分晝夜，可全天候執行任務。RF-16 偵察機(如圖十二)、F-16 戰機搭載新型的偵照莢艙(MS-110)，結合採用數位感光元件(DB-110 感測器)偵照架構，擁有雙頻譜(可見光、紅外線)性能感測系統，鏡頭為焦距 66 吋的傾斜掃描式相機 LOROP 66，可提供更廣泛飛行高度的拍攝彈性，以及彩色影像並即時傳輸，²⁴可扮演戰場之眼、目標獲取的角色。

由此可知，中共於 4 月 4 日以蔡總統出訪過境美國為藉口實施三天軍演，國防部於 4 月 5 日公布的共軍航空母艦-山東艦航艦編隊穿越宮古海峽(宮古海峽也是中共海空軍穿越第一島鏈進入深海、及美軍進入中國大陸近海的重要地帶，如圖十三)的照片(如圖十四)及 1 分 10 秒的監控影片，公布的影像與偵照莢艙攝像能力明顯不符，我們可大膽推斷，此照片經過後製，國防部公布照片的目的主要是讓中國知道我國捍衛領土的決心之外，更要讓大陸領導人了解我國海、空軍的軍事監控能力。

²³站住別動，開槍前請先驗指紋：生物辨識槍所即將上市，<https://techbang.com/>，(檢索日期：112 年 1 月 17 日)。

²⁴裝上「新鳳眼」MS-110 先進偵測莢艙 RF-16：中華民國長程攻擊性武器最佳戰友，<https://strategy.style/>，(檢索日期：112 年 4 月 19 日)。



圖十二：RF-16戰機

資料來源: [https:// news.ltn.com.tw/](https://news.ltn.com.tw/)自由時報，作者後製，（檢索日期：112 年 4 月 19 日）



圖十三：宮古海峽示意圖



圖十四：中共航空母艦-山東艦

資料來源: <https://tw.news.yahoo.com/>雅虎新聞，（檢索日期：112 年 4 月 19 日）

肆、對步兵認知與通資系統連接作為

先進國家常配備電子偵察機或多用途巡邏機，執行偵察、電戰、空中預警、巡邏等任務，受限於人員身體素質及裝備燃料等因素，無人機近期被大量取代有人機的偵查工作，無人機不僅僅可長時間滯空，且不受地形地物影響，使用者可以對其所屬周邊海、空域進行空中監控，包括空中預警、反潛作戰、人道救援、災難救助、空中執法及海洋安全等，²⁵例如可執行情報、監視及偵察等軍事任務的 RQ-4「全球鷹」，配備合成孔徑雷達、紅外線／光電模組（EO/IR），端

²⁵舒孝煌，〈第六章 制電磁權〉，《2020 國防科技趨勢評估報告》，2020 年，頁 89。

視其所搭載的任務艙或系統而定，其任務又不限於軍事，國家執法單位、民間科學研究單位也常使用無人機執行任務，例如 MQ-9A「收割者」(Reaper)。就步兵而言，狙擊部隊結合無人機偵查目標，可精準摧毀敵人有效達成任務；城鎮作戰更少不了無人機的偵查，城鎮大樓林立，難以確認目標所在地，雖有多重遮蔽物可掩護戰術行動作為，但要準確打擊敵人就必須仰賴無人機的戰場資訊回饋。所以，無人機的感測系統對步兵的應用將可有效提高戰場視野與精準的目標打擊。

各國在步兵的應用當然不僅止於無人機，更多是步兵戰鬥車、單兵感測裝備的前瞻思維，以新加坡為例，新加坡觀察英國部屬阿富汗的裝甲車，了解閉艙戰鬥及提高裝甲防護的重要性，以至於致力研究先進裝甲載具，研發出目前世界上第一個完成全數位化整合平台的獵人步兵戰鬥車(Hunter AFV)，並於2019年服役。獵人步兵戰鬥車是當今世界上最先進、首輛全數位化戰鬥平台載具，駕駛手正面多功能顯示器，除有2個潛望鏡用以駕駛外，正面還有可顯示由13個攝影機畫面組成的影像，提供全方位狀況覺知。在駕駛後方，有1座射手與車長並列的整合式戰鬥艙，配備由3個多功能顯示器組成的資訊陣列，皆可自由切換各種顯示資訊，為提升車輛機動性及操縱性，獵人步兵戰鬥車採用線傳駕駛系統(Drive-DBW)，以電子訊號傳遞，取代傳統使用連桿帶動液壓的操作方式。這讓獵人步兵戰鬥車不僅可在駕駛座位上操作，必要時也可由車長接手駕駛任務，直接在車長座位上操控車輛，此種能力是世界上絕無僅有。²⁶

感知系統應用多為無線裝置，且多依賴網路傳遞、雲端儲存資訊，這也意味著「萬物皆可被駭」，資安問題會是國防領域應用的最大挑戰，隨著科技的進步，部隊開始大量使用感知系統於各種武器設備及應用程式，反之，遭受敵人網路攻擊的風險將逐步攀升。另外，也因為感知系統多仰賴電力系統作為支撐，電磁干擾的問題亦不可小覷，以下將就資訊安全及防範電磁干擾進行探討。

一、資訊安全：

(一)定期更新與修補程式漏洞：漏洞是資訊網路主要且持續存在的問題，不定期更新漏洞修補，將會讓駭客有機可趁。

(二)加強密碼強度：高強度密碼有助於防止許多網路攻擊。

(三)善用防火牆：有效制定防火牆規則，利用網路路由器的安全協定來防堵惡意的網路攻擊。²⁷

(四)強化異地備援：重要的資訊系統應有異地備援的概念，資料庫更新的同時，備援系統亦同步更新，以達資訊零落差的目標。

²⁶李思平，〈武備巡禮，新加坡獵人步兵戰鬥車全數位化載具〉，《青年日報》，2021年2月1日。

²⁷趨勢科技，物聯網的安全問題、威脅和防禦，<http://www.trendmicro.com.tw>，(檢索日期：112年1月10日)。

二、防範電磁干擾：

(一)首先，清查設施與裝備系統的數量、規格，分析其對電磁波的弱點，設定電磁波防護效能等級，並就設施與裝備系統的最差狀況予以分析後，檢討是否需要防護，同時並考量設施與裝備系統在以後更新需求時，對電磁波防護等級是否須同時變更；在防護建立流程中，亦應考量防護措施的成本效益、施工性等，以便在有限的國防預算達到最大的防護效能。²⁸

(二)光纖化：光纖擁有重量輕、兩端電器隔離，不易受溫、濕度變化影響且易於安裝之優點，光纖傳輸不僅僅不受電磁干擾影響，其傳輸距離更不因距離而有所限制，光纖也適合在高壓、高雜訊環境下及電路中進行運作。光纖本身或是光纖與銅纜之間不會有相互干擾問題，使得資料傳輸更加安全；而光纖對於閃電電擊有較高的耐受力，並可有助於消除接地迴路所造成的錯誤，當面臨惡劣條件或可能暴露的環境時，適當使用光纖解決方案，可透過降低閃電電擊可能帶來的損害，以及電氣火花造成的衝擊，可提高安全性。²⁹

伍、結語

感測武器在功率、速度、射程、精度等方面將使未來戰爭中網狀化作戰成為常態，尤其是電磁空間和太空空間的作戰。同時，感測武器實戰化進程加快，將提高作戰行動的隱蔽性和突然性，增加偵察、探測及攔截的難度，或將徹底改變戰爭模式。

美國空軍 2019 年公布的 2030 科技新戰略報告中，³⁰空軍部長 Heather Wilson 提到，該計畫分為三大目標：發展與提供轉型能力、改革科技領導與管理方式及深化與擴大科技組織，另聚焦五項戰略領域：

一、全球性感知能力(Global Persistent Awareness)：戰場情況瞬息萬變，空軍更是與敵接戰的首要軍種，需要利用空中、太空及網路等平台獲取快速且準確的情報，包括多模式感測器、雷射雷達(Laser Radar)及多基地雷達(Multistatic Radar)。

二、彈性的資訊共享(Resilient Information Sharing)：包括利用無人機概念增加戰場平面與視野的網狀化作戰，以及利用不同頻譜概念的感知網路、無線電作戰。

²⁸同註 14，頁 55。

²⁹Mickael Marie，具備高抗電磁干擾能力，光纖提供工業網路安全性，<http://www.avago.com>，(檢索日期：112 年 1 月 10 日)。

³⁰<New Air Force Science and Technology Strategy Puts Focus on Speed>，《Air Force Research Laboratory》，2019 年 4 月 17 日，<https://afresearchlab.com> (檢索日期：112 年 2 月 17 日)。

三、快速且有效率的決策(Rapid, Effective Decision-Making)：美國空軍希望利用 AI 人工智慧輔助指揮官作出更有效率的決策，其中包括 AI 預測分析、機器(人)與人的互動、學習等。

四、複雜、不可預測性與質量(Complexity, Unpredictability, and Mass)：包括提升多重戰場空間、低價位的控制載台與多領域的管控系統。

五、快速破壞與殺傷敵之能力(Speed and Reach of Disruption and Lethality)：空軍為更快速投入作戰，且擴大接戰範圍，須結合智慧導彈與網路戰工具。

世界大國--美國早在 4 年前就超前研擬科技化的建軍報告，利用感知系統取代人體的五官，更將武器的效能擴展至最大化，也有效共享感知平台，讓戰場延伸至外太空，這些情監偵載台的整合，也是美軍推動全領域作戰重要一環，在共通的網路架構中，快速運用所有感測器的資源，發揮多領域優勢，使用最有利的作戰單元，達成作戰目標。由此可知，未來的戰場是科技化的戰場，未來的戰場是感知系統的戰場，未來的戰場是網狀化的戰場。

參考文獻

- 1、張凱蕙，〈運用 C4ISR 指管系統提升本軍戰場情資傳遞效能之研究〉，《陸軍通資半年刊》，第124期，104年9月1日。
- 2、2cm，融合感測、網路與儲能技術WSN加速物聯網應用成形，<https://www.2cm.com.tw>，。
- 3、舒孝煌，〈韜略談兵：美軍發展JADC2架構，接戰快、狠、準〉，《青年日報》，2022年4月。
- 4、ANSYS，排除邊緣案例缺陷，影像辨識精準度再上層樓，<https://www.ansys.com>，(檢索日期：112年1月30日)。
- 5、梁華傑，〈論資訊時代戰爭戰場管理新概念〉，《陸軍通資半年刊》，第115期，100年4月1日(檢索日期：112年3月11日)。
- 6、J. Mitola III and G.Q. Maguire Jr.，〈Cognitive radio:Making software radios more personal〉，《IEEE Personal Communications》，vol. 6, 1999年，pp.13-18。
- 7、廖建興，〈感知無線電-最新技術發展趨勢概論〉，《IECQ報導年刊》，頁50。
- 8、A. Goldsmith, S. Jafar, I. Maric, and S. Srinivasa,，〈Breaking spectrum gridlock with cognitive radios: An information theoretic perspective〉，《Proceedings of the IEEE》，vol. 97, no. 5, 2009年5月，pp.894-914。
- 9、R. Blasco-Serrano, J. Lv, R. Thobaben, E. Jorswieck, M. Skoglund,，〈Multiantenna transmission for underlay and overlay cognitive radio with explicit message learning phase〉，《EURASIP Journal on Wireless Communication and Networking》，vol. 7, 2013年，pp.1-21。
- 10、中國大陸國防部-孫立華、孫龍海，揭密/這些令人防不勝防的間諜技術手段，你中招了嗎，<https://mod.gov.cn>，(檢索日期：109年12月23日)。
- 11、蔡依真，〈無線感知網路(WSN)技術在農業領域上的應用成果〉，《農業出版品第232期》，100年10月。
- 12、DIGITIMES，WSN無線感測網路市場趨勢，<https://www.digitimes.com.tw>，(檢索日期：112年2月1日)
- 13、現代千里眼 遙測技術之軍事運用，<https://www.ydn.com>，(檢索日期：112年1月19日)。
- 14、施玟苻，〈電磁波干擾、應用與防護作為之研究〉，《步兵季刊》，第272期，108年5月。
- 15、SAP，什麼是物聯網，<https://www.sap.com>，(檢索日期：112年1月29日)。
- 16、美國不得不承認，全球最先進的3款武器，中國大陸早已全部掌握，<https://www.new.qq.com>，(檢索日期：112年1月9日)。

- 17、雷射武器，<https://www.kknews.cc.com>，(檢索日期：112年1月12日)。
- 18、馬建光，《敘利亞戰爭啟示錄》，長江文藝出版社，2017年12月。
- 19、俄S500防空系統可攻擊敵40個目標，防空、反導、反衛星樣樣不落，<https://www.kknews.cc.com>，(檢索日期：112年1月17日)。
- 20、美軍P-8A飛越台海，國軍全程掌握，[https:// tw.news.yahoo.com/](https://tw.news.yahoo.com/)，(檢索日期：112年4月19日)。
- 21、站住別動，開槍前請先驗指紋：生物辨識槍所即將上市，<https://techbang.com/>，(檢索日期：112年1月17日)
- 22、裝上「新鳳眼」MS-110先進偵測莢艙RF-16：我國長程攻擊性武器最佳戰友，<https://strategy.style/>，(檢索日期：112年4月19日)。
- 23、舒孝煌，〈第六章 制電磁權〉，《2020 國防科技趨勢評估報告》，2020年，頁89。
- 24、李思平，〈武備巡禮，新加坡獵人步兵戰鬥車全數位化載具〉，《青年日報》，2021年2月1日。
- 25、趨勢科技，物聯網的安全問題、威脅和防禦，<http://www.trendmicro.com.tw>，(檢索日期：112年1月10日)。
- 26、Mickael Marie，具備高抗電磁干擾能力，光纖提供工業網路安全性，<http://www.avago.com>，(檢索日期：112年1月10日)。
- 27、<New Air Force Science and Technology Strategy Puts Focus on Speed>，《Air Force Research Laboratory》，2019年4月17日，<https://afresearchlab.com> (檢索日期：112年2月17日)。