



單兵戰鬥系統發展之研究 - 以美軍數位化戰士為例

作者／徐方鴻

提要

- 一、美軍鑒於阿富汗恐怖份子多半潛藏於地表之下，執行空中監偵與攻擊並無顯著效益，故於 2007 年執行數位戰士研製計畫。
- 二、數位戰士應具有優越戰場感知能力及先進資通系統，可即時傳遞戰場資訊及接受指管命令，達成作戰任務，依據美方國防高等研究計畫署(Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA) 提出 Squad X 專案，已從陸地戰士、數位戰士，發展到單兵戰鬥系統，可整合即時情境感知及共享服務，形成戰鬥隊伍所需小型 C⁴ISR 系統。
- 三、國軍因應相關專案需求，已陸續建置單兵無線電機及智慧型手機指管 APP，除平時可運用於災害防救外，戰時亦能提供三軍所需指揮管制，滿足通資電整合運用目標。

關鍵詞：數位戰士。

前言

研析近年美軍 DARPA Squad X¹專案及國內外相關技術發展，已從陸地戰士、數位戰士，到整合型即時情境感知及共享系統，不再單單著眼於單兵裝備，而是地面部隊所需之 3 維度小型 C⁴ISR 系統。

本文先介紹美軍數位化戰士 DARPA Squad X(簡稱 X 部隊)計畫，所提出之四大目標作為本研究源起。再進行其相關關鍵技術項目研析並分類彙整，隨後轉以國軍單兵戰鬥系統發展面向為論述要點，說明各國相類型裝備(以下簡稱類裝)發展沿革及國軍的發展現況。文末總結上述結果，並進一步援引國內外創新應用實例，提出國軍類裝未來發展方向以供參考。

X 部隊計畫目標

美軍 DARPA 提出之 X 部隊計畫，係由四大目標組成，包含精準偵蒐、電子干擾、敵軍感測及我軍管理，分序說明如下。

¹ MAJ Christopher Orlowski, "Squad X Experimentation Program," DARPA, <http://www.darpa.mil>, (22 April 2016), 2 March 2018.

一、精準偵蒐

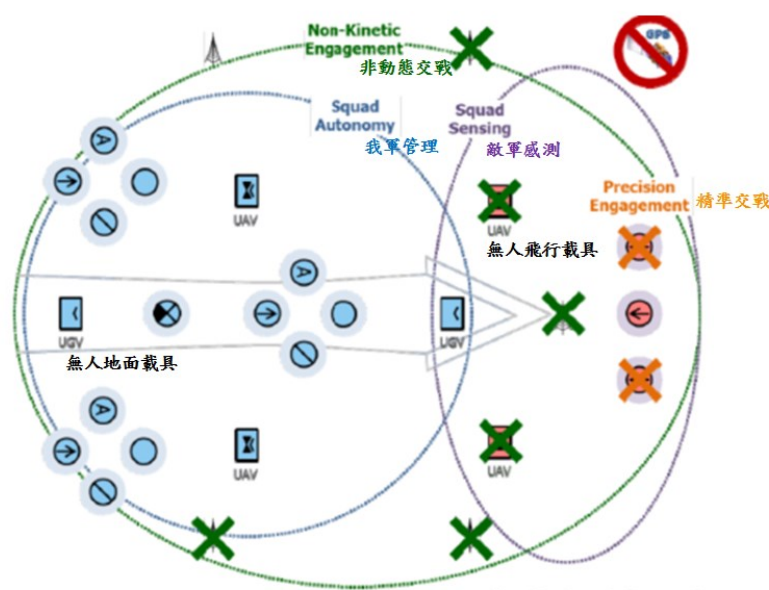
運用整合之即時情境感知及共享系統(以下簡稱 X 部隊系統),實現於 1,000m 之外的情資偵蒐及回報。我軍系統主要組成係地面部隊、無人系統及感測網路,即由個人可攜式通信裝備、智慧終端裝備(具共通數位地理圖資)、個人抬頭顯示器(具夜視能力)、個人電力管理裝備、穿戴式感測器、空中無人飛行器、地面無人載具及地面感測器。上述系統即稱為 X 部隊系統,其假設由單兵戰士及無人系統所建構,且具備有下列能力:

- (一)任一單兵皆具有本地端資訊處理及即時全網通聯能力。
- (二)資訊可透過單兵及無人系統彼此傳遞及共享。
- (三)無人系統具有自動跟隨我軍及可路徑規劃的功能。

敵軍亦假設具備上述裝備,場景示意如圖一。藍色圖標係我軍;紅色圖標為敵軍,橘色標註係精準偵蒐之施行目標,本場景摘要分析如下,假設於 GPS 系統阻通條件下,此時如何將 1,000m 外的偵蒐結果透過無線傳輸回傳,為首要解決問題。傳輸距離及克服時變之無線通道條件為本系統關鍵考量,建議規劃具下列指標技術之整合型系統:

- (一)具波束成形(Beamforming)之數位信號處理技術,可自動將能量集中於最有效益之方向。
- (二)系統可支援高階調變方案,並可自動適應調整,以利提升資料傳輸率(Throughput)。
- (三)具高續航力之微型輕量化無人中繼載具,作為中繼傳輸用。

圖一 精準偵蒐場景示意圖



資料來源: MAJ Christopher Orłowski, "Squad X Experimentation Program," DARPA, <https://www.darpa.mil>, (22 April 2016), 2 March 2018.

本場景主要量化目標設定如下：

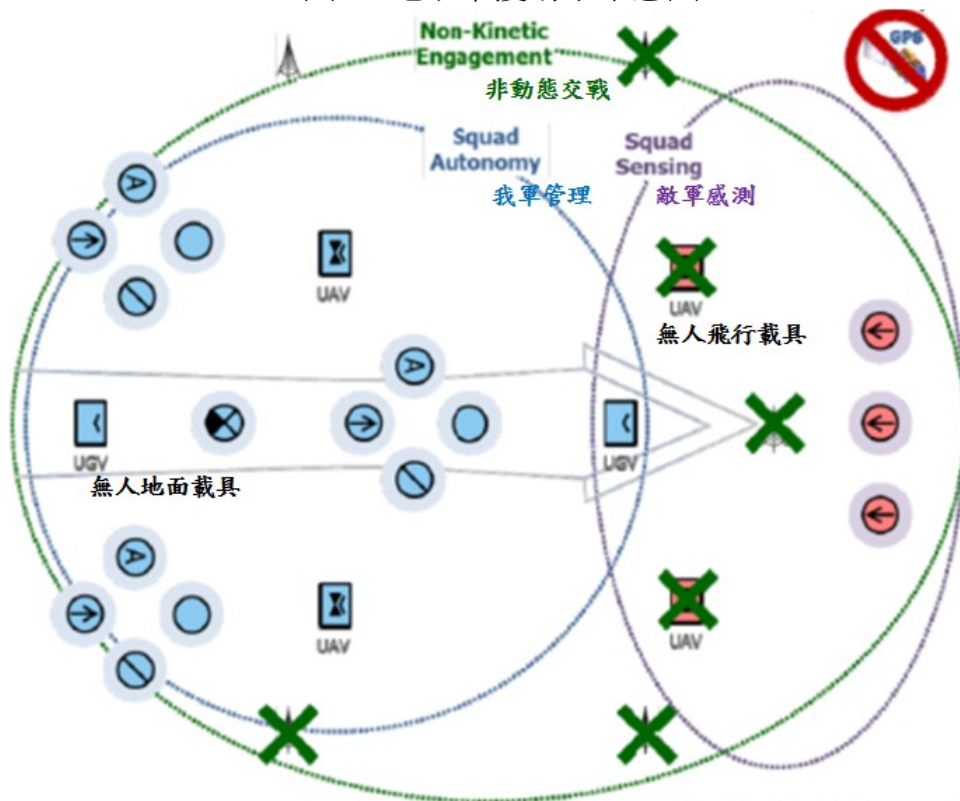
- (一)偵蒐精度要求百分之 50 機率落於半徑 2m 的圓內(2m CEP)。
- (二)單項人攜式裝備重量<1 公斤(kg，含通信裝備)。

二、電子干擾

運用 X 部隊系統(含具電子干擾能力之無人機具)，就 300m 外的敵方無人機具、通信或指揮管制系統進行電子干擾，使敵軍無人機具、通信或指揮管制系統失能。我軍及敵軍組成，請參照計畫目標一所述，場景示意如圖二。藍色圖標係我軍，紅色圖標為敵軍，綠色圓圈係電子干擾之施行範圍，本場景摘要分析如下。假設於 GPS 系統阻通條件下，且運用電子設備對敵軍 300m 系統進行干擾之際，如何同時避免我軍系統被敵軍反干擾，為首要克服之問題。故抗干擾能力為本系統之關鍵考量，建議規劃具下列指標技術之整合型系統：

- (一)具傳輸分集(Diversity)之數位信號處理技術，可提高資料傳輸可靠度。
- (二)具波束成形(Beamforming)之數位信號處理技術，可將信號能量集中於特定方向，以利降低信號於其他方向被截獲之機率。
- (三)系統可支援低階調變方案並適應調整，以提升系統於干擾環境下耐受性。
- (四)具自動偵測環境干擾並同步移頻之能力，以作為干擾迴避之用。

圖二 電子干擾場景示意圖



資料來源：MAJ Christopher Orlowski, "Squad X Experimentation Program," DARPA, <http://www.darpa.mil>, (22 April 2016), 2 March 2018.

本場景主要量化目標設定如下：

- (一)我軍無人機具移動能力 ≥ 7.2 公里(km)/小時(hr)。
- (二)單項人攜式電子干擾設備重量 ≤ 900 克(g)。
- (三)單項人攜式電子干擾設備體積 ≤ 500 立方公分(cm^3)。

三、敵軍感測

運用 X 部隊系統(含具感測能力之無人機具)，透過回音、超聲波、影像偵測及雷達等技術，對 1,000m 內的敵軍(含無人機具)進行威脅識別及分類，並即時回報結果。我軍及敵軍組成，請參照計畫目標一所述，場景示意如圖三。藍色圖標係我軍，紅色圖標為敵軍，紫色圓圈係我軍感測系統之施行範圍，本場景摘要分析如下。假設於 GPS 系統阻通條件下，如何對 1,000m 外敵軍感測，並將結果透過無線傳輸回傳，為首要解決問題。故數位情境感知能力及克服時變之無線通道能力，為本系統之關鍵考量。建議規劃具下列指標技術之整合型系統：

- (一)可穿戴或酬載之微型數位感測器。
- (二)具波束成形(Beamforming)之數位信號處理技術，並支援自動功率控制，以利進一步提升傳輸距離。

本場景主要量化目標設定如下：

- (一)我軍具感測能力之無人機具移動能力 $\geq 7.2\text{km/hr}$ 。
- (二)單項人攜式電子感測器重量 $\leq 350\text{g}$ 。
- (三)單項人攜式電子感測器體積 $\leq 200\text{cm}^3$ 。
- (四)正確性達 0.9。

四、我軍管理

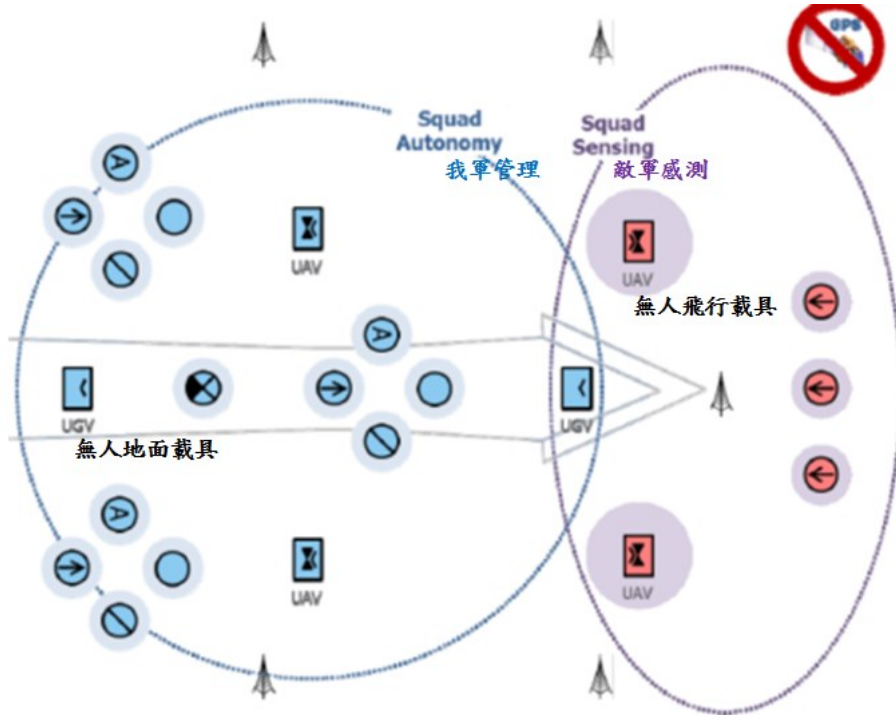
運用 X 部隊系統(含具定位能力之無人機具)，透過無人載具及人攜式感測器等裝備，對我軍 X 部隊(含無人機具)實施定位及網路管理，且定位誤差小於 6m。我軍及敵軍組成，請參照計畫目標一所述，場景示意如圖四所示。藍色圖標係我軍；紅色圖標為敵軍，藍色圓圈係我軍管理之施行範圍，本場景摘要分析如下，假設於 GPS 系統阻通條件下，如何配合我軍部隊移動，機動維持全系統鏈結為首要解決問題，故自適應網路拓樸維持及抗干擾能力為本系統之關鍵考量。建議規劃具下列指標技術之整合型系統：

- (一)具自動網路拓樸形成及修復技術。
- (二)具自適應鏈路參數調整技術(例如：調變方案選擇、功率控制及多天線技術等)。
- (三)具隨意路由技術，網路上任一節點皆可作為中繼用途且可自動選擇最佳之傳輸路徑。

本場景主要量化目標設定如下：

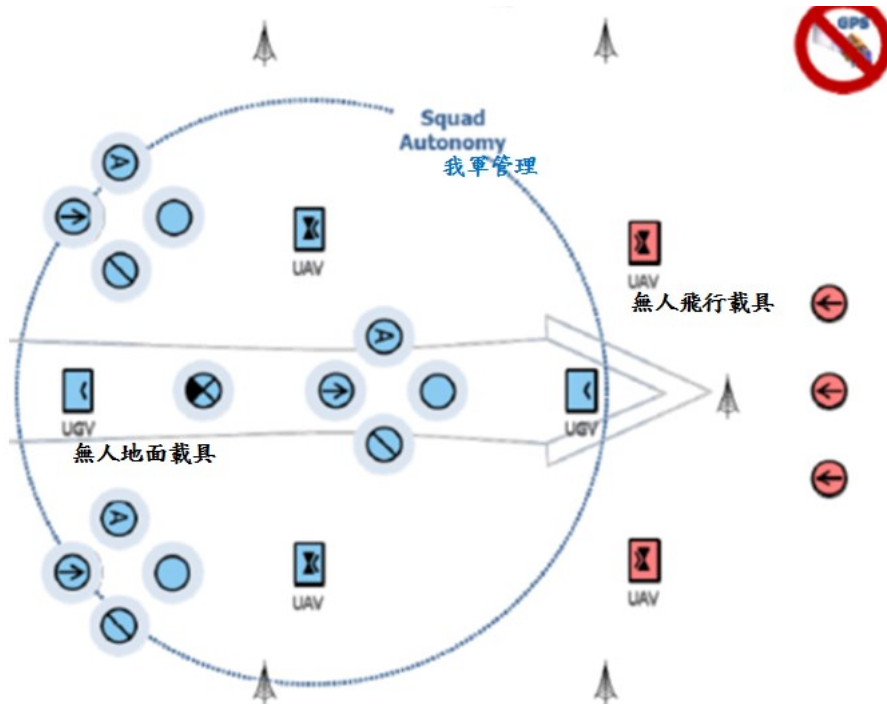
- (一)定位誤差 $\leq 6m$ 。
- (二)單項人攜式電子感測器重量 $\leq 350g$ 。
- (三)單項人攜式電子感測器體積 $\leq 200cm^3$ 。

圖三 敵軍感測場景示意圖



資料來源：MAJ Christopher Orlowski, “Squad X Experimentation Program,” DARPA, <http://www.darpa.mil>, (22 April 2016), 2 March 2018.

圖四 我軍管理場景示意圖



資料來源：MAJ Christopher Orlowski, “Squad X Experimentation Program,” DARPA, <http://www.darpa.mil>, (22 April 2016), 2 March 2018.

關鍵技術運用

基於上述美方 X 部隊計畫，已摘述其四大目標，接續提出建議之指標技術以供參考。本相關指標技術係依據不同之技術面向分類彙整，並就其摘要功能分序說明之。

基於上述指標技術，著手進行國內外相關技術資料蒐整及研析後，彙整四大需求技術面向及其摘要功能說明，如表一。

表一 四大需求技術面向

項目	需求技術面向	摘要功能說明
一	通信技術	(一) 具非視距通信能力。 (二) 輕薄短小具內建電源。 (三) 模組化設計，可整合至小型無人載具。 (四) 具 4G 或第二備援通信能力。
二	偵蒐技術	(一) 使地面部隊具 1000m 外之偵蒐能力。 (二) 對 300m 內之敵方設施實施干擾，使其無法通信或指令下達。
三	感測技術	整合具自動跟隨及路徑設定之自主無人載具，實現 1 到 1,000m 之視距或非視距情境感測。
四	智能軟體技術	(一) 於衛星信號被阻通的情況下，透過可靠的無人自動跟隨系統，提供部隊精準定位(誤差小於 6m)能力。 (二) 具數位地理圖資系統。 (三) 可控制無人感測系統，執行偵蒐及動態情資共享。 (四) 利用人工智慧技術，使無人系統具自主學習能力，提高運用效益。 (五) 利用網路管理技術，使全系統網路具流量監控、優先順序設定及效能優化能力。 (六) 具全系統資料蒐集、分析、處理及共享之核心軟體系統。

資料來源：作者研究整理。

基於上述技術面向，進一步論述其關聯之具體技術項目細節，以作為後續系統規劃參考。通信技術係經美方 DARPA 列為首要挑戰，舉凡指揮、管制、通信、資訊、情報、監視及偵查等指揮自動化系統，皆需透過通信分系統將結果回傳，故一旦通訊無法建立，上述子系統均無法發揮作用，通訊之重要性自然是不言而喻。然無線通道環境為時變、複雜且經常需要克服非視距傳輸之挑戰。故通信系統之設計必須全般評估製造變異裕量(Implementation Margin)，通道衰減裕量(Fade Margin)及氣候效應裕量

²等影響。

雖然上述效應及其安全裕量非本文主要之研究項目，但為了更進一步的理解為何 DARPA 將通信技術列為首要挑戰，摘要概述相關研析內容如下。其中，就製造變異，係理論之設計端及實際之成品端，因硬體元件的製造非理想性所產生的結果。這可能由下列因素所引起：

- 一、級間放大誤差(Amplitude Errors)。
- 二、群延遲變異(Group Delay Variations)。
- 三、時基誤差(Jitter)。
- 四、雜訊(Excess Bandwidth Noise, Phase Noise, Thermal Noise)。
- 五、非線性效應(Nonlinearities)。
- 六、頻率誤差(Frequency Instabilities)。
- 七、鄰道干擾(Adjacent Channel Interference)。
- 八、載波還原失真(Noisy Carrier Recovery)等。一般而言，就製造變異，常見的安全裕量³為 6dB。

射頻信號於無線環境中，可能經歷了反射、散射、折射及繞射等過程，到了接收端往往已是多重路徑信號的疊加結果，這可能會因為相消性干涉，造成接收信號強度的顯著衰減，或是因為信號延遲，導致了符間干擾，甚或是發射端及接收端的相對運動，使訊號產生都普勒效應(Doppler Effect)，而增加訊號品質的不確定性。為了進一步定性或定量的去描述上述的問題並思考解決之道，故學者以理論推導或是經驗法則的方式，提出了傳播模型，用以描述通道衰減的效應及傳播路徑的多樣性與時變性。

通道衰減主要利用數學方法或經驗法則建立無線通道傳播模型，其描述無線通道之衰減特性，乃各類通訊系統設計的關鍵考量，主要可分為傳播路徑損耗模型(Propagation Path Loss Model)、大尺度(Large Scale)傳播模型及小尺度(Small Scale)等傳播模型。

傳播路徑損耗模型係描述接收訊號的平均功率或是傳播路徑的平均損耗，此結果為傳播距離的函數，其成因主要係射頻信號強度隨著傳播距離增加而減少。

大尺度衰減模型係以巨觀的角度，描述射頻信號經過較長的距離或時間所產生的變化，此變化採統計的方式來描述之。此模型通常給予特定的傳收距離，並計算接收信號功率，通常用來估測無線電波的覆蓋區域。

² Cotter W. Sayre, "System Design Issue and RF Propagation," Complete Wireless Design, (McGraw-Hill Education), 2008, P.504-508.

³ 安全裕量(Safety Margin)，即為安全餘裕度之義。

小尺度衰減模型係以微觀的角度，描述在很短的距離或時間，接收訊號功率所呈現的快速變化。上述效應於真實的環境中是同時發生的，其安全裕量可能高達 30 到數百 dB 以上。若以電腦模擬或理論分析同時處理之，其複雜度過大，故採用之傳播模型優先取決於關鍵影響因子。假設我們主要研究的問題是無線電波覆蓋區域或是換手演算法(Handoff)，這時候關鍵影響為系統長時間、大範圍的平均訊號功率，大多數使用傳播路徑損耗模型及大尺度傳播模型。若我們希望探討的是基頻訊號處理議題，此時，訊號瞬間的變化則成了很重要的考量，故大多使用小尺度傳播模型。⁴

氣候效應係描述因降雨、濃霧及大雪等氣候，對接收訊號功率所帶來的影響。其中，大雨可能對 10GHz 的訊號頻率，造成了每公里 2dB 的衰減量，隨著頻率增加，衰減量也將隨之增加。

首先，通信技術面向，條列 6 點關鍵技術項目，如表二。

表二 通信關鍵技術項目

項目	技術名稱	摘要說明
一	抗頻率選擇性衰減之數位正交分頻多工技術	(一) 結合數位錯誤更正編碼，使正交副載波具抗頻率選擇性衰減能力。 (二) 正交副載波無須保護頻帶，可提高頻譜效益性。
二	具波束成形之數位信號處理技術	透過調整發射端之電磁波振幅及相位，使接收端之期待信號為相長性干涉；非期待信號則為相消性干涉，達到類陣列天線之指向性效益。
三	具傳輸分集之數位調製技術	(一) 本技術主要應用於對抗通道衰減，以提高傳輸資料可靠度。 (二) 先將輸入資料進行預編碼，再將編碼後之資料映射到對應之天線上發送，透過多個天線發送，提高資料傳輸之可靠度。 (三) 假設輸入資料為 S1 與 S2，且具 2 個發射天線，則先將輸入資料執行預編碼，形成 S1、S2、S2*及-S1*后，再將編碼後的資料映射到對應的天線進行無線傳輸，以提高資料傳輸可靠度。
四	具空間多工之多天線傳輸技術	(一) 本技術係透過增加空間串流，提高資料傳輸率。 (二) 假設發射端具 2 個天線，可提供 2 個不同空間資料串流。故其資料傳輸率大約為單一天線之 2 倍。 (三) 於具有多路徑效應之環境(密集或室內環境)且通道衰落特性獨立條件下，適合應用本空間多工技術。 (四) 本技術之傳輸分集增益較低，故於訊雜比較差的環境時，無法使用高階調變方式(16QAM or 64 QAM 含以上)。

⁴ WITS Lab,〈無線通道模型概論〉(台灣：中山大學)，2014 年，頁 1-2。

五	自適應數位調變技術	(一) 搭配自適應數位調變(Adaptive Modulation and Coding)技術，實現自動根據無線通道條件，選擇不同的調變方案。 (二) 於通道良好時，可採用較高的調變方式(例如 64QAM)，滿足大容量傳輸應用。 (三) 於通道不良時，可採用較低的調變方式(例如 QPSK)，降低傳輸率但獲取較高之靈敏度，提高封包送達率。
六	自動功率控制技術	(一) 搭配自適應功率控制(Adaptive Modulation and Coding)技術，可實現自動根據無線通道條件，調整輸出功率。 (二) 於高傳輸率低靈敏度的調變方式(例如 64QAM)，自動調高輸出功率，增加安全裕度。 (三) 於低傳輸率高靈敏度的調變方式(例如 QPSK)，自動降低輸出功率，降低功耗以提升裝備電力續航時間。

資料來源：作者研究整理。

偵蒐技術面向，條列 2 點關鍵技術項目，摘要說明如表三。

表三 偵蒐關鍵技術項目

項目	技術名稱	摘要說明
一	封閉建物內之 3 維成像技術 ⁵	(一) 利用地面或空中無人載具，透過無線技術對牆後物體進行三維成像並顯示於平板電腦中。 (二) 其方法係透過 2 個無人載具，進行無線信號發射及接收，並透過所量測之接收信號強度指示(Received Signal Strength Indicator, RSSI)變化，對於牆後的物體進行 3 維成像。
二	整合型偵蒐技術 ⁶	(一) 偵蒐機隊可結合熱顯像儀。 (二) 偵蒐機隊具影像回傳功能。 (三) 具巡航任務規劃功能(支援飛行航點設定)。 (四) 支援多機編隊輪值功能。 (五) 偵蒐機隊具多鏈路通信能力(結合 4G 及其他備援通信模組，並可自動切換)。 (六) 偵蒐機隊具低電量自動返航充電功能。 (七) 偵蒐機隊可搭載多鏡頭，具備大範圍偵蒐及小區域聚焦功能。 (八) 偵蒐機隊具電子干擾功能。

資料來源：作者研究整理。

⁵ Yasamin Mostofi., “X-Ray Vision for Robots: Seeing Through Walls with Only WiFi,” UCSB, <https://www.ece.ucsb.edu>, (Aug. 2014), March 2018.

⁶Ryan Wall, et al., “Rover and Air Visual Environment Navigation, Project Definition Document,” University of Colorado, 2017, P.1~6.

感測技術面向，條列 1 點關鍵技術項目，摘要說明如表四。

表四 感測關鍵技術項目

項目	技術名稱	摘要說明
一	整合式數位情境感知技術 ⁷	(一) 微型化抬頭顯示器 1. 微型化裝備尺寸(例如 2.54cm×2.54cm)。 2. 可顯示黑、白及綠色。 3. 具日間及夜間可視性。 4. 具高對比及可亮度調整。 5. 可顯示必要之資訊(例如任務地點、優先序、敵我位置、導航路線、警示訊息等資訊)。 (二) 穿戴或可酬載式微型感測器 1. 可回傳生理信號。 2. 具內建電池。 3. 具輔助電源(或支援乙太供電)。 4. 可結合熱顯像儀。 (三) 可攜式肩上或可酬載式微型攝影機。

資料來源：作者研究整理。

智能軟體技術面向，條列 3 點關鍵技術項目，摘要說明如表五。

表五 智能軟體關鍵技術項目

項目	技術名稱	摘要說明
一	情資整合技術	(一) 可整合並顯示無人偵蒐裝備及人員穿戴感測器回傳資訊，供後續決策下達。 (二) 具路徑導航功能並可共享至穿戴裝置或無人偵蒐載具運用。 (三) 具二維或三維數位地理圖資系統，並可共享至穿戴裝置及無人載具。
二	網路管理技術	(一) 具自動適應隨意路由規劃功能。 (二) 具自動拓樸形成及自動中斷修復。 (三) 具自動適應鏈路優化功能。 (四) 具優先順序設定功能。 (五) 具流量管制功能。 (六) 具即時信號品質蒐集及分析功能。
三	人工智慧技術	(一) 使無人裝備具自主跟隨、路徑優化及障礙迴避功能。 (二) 透過大數據分析，使無人裝備具自主學習能力，提升整體運作效益。

⁷David Vergun, "Heads-up Display to Give Soldiers Improved Situational Awareness," U.S. ARMY, <https://www.army.mil>, (May 19, 2017), March 2018.

		(三) 利用微型感測器、無人裝備及人工智慧運算，建構一 AI 物聯網，可執行自主偵蒐、干擾、敵方位置標示及資訊共享。 (四) 敵我識別(整合各式感測器回傳之情資，經軟體自動識別後，提供高可靠性之建議方案以輔助人工決策，並標示結果於共通圖像上)。
--	--	--

資料來源：作者研究整理。

先進國家進階創新成果介紹

本章節將進一步援引各領域之創新研發成果為例，俾利觸類旁通，供國軍類似系統裝備之未來精進方向參考。

時至今日，成熟技術及設備已經是小事情，如何運用上述技術及設備，滿足使用者需求才是大學問，此即以服務為本之創新思維，其特色是充滿創意、跨領域，且其效益可達不可預期之非線性成長。綜觀國防、通信、金融及車用等領域，其應用分野已不明顯，概念也常是可互通及可轉換的。所以，應以更宏觀視野去廣泛探究各領域之創新研發成果。為利更具體述明上述概念，接續摘述國內外之相關具體應用，俾利作為未來系統規劃參據。

2016 年底，AT&T 已與奧迪、豐田等 10 家車廠合作，有 1,000 萬台車輛可連上 AT&T 網路，其用戶成長速度已超越手機。美國電信龍頭 AT&T 總裁認為，5G 改變了商業的方式。⁸上述說明先進通信技術所帶來的影響及其附加效益，美方國防高等研究計畫署亦將通信子系統之技術項量評估列為首要考量。

美國電信商 Verizon 之物聯網路可提供車輛檢測、車輛定位及道路救援等服務，此說明了運用感測網路結合後端平台運算，可建構多元之應用服務。日本工具機廠商推出具 AI 之 CNC 工具機，內建深度學習技術之 AI 診斷系統，可自動偵測 CNC 工具機運作情況，當異常發生時(例如溫度過高或異常震動等)，可自動執行異常判斷，並運用深度學習提高機器異常判斷的準確率，最後再以人工進行故障處理確認。上述說明可利用深度學習提高裝備之自動化效益，減少人工介入所衍生之人力及時間成本，亦可降低人為錯誤之發生機率。

IBM 的基因分析工具，已經通過 1,500 萬篇之醫療論文訓練，並可持續分析每天大量出現之新論文，提供癌症治療的建議，北卡羅萊納大學綜合癌症中心已使用此工具，照護過上千位病患。上述說明利用人工智慧工具結合大數據分析技術，可得極大量統計分析結果並據以建立數學模型，以利提供使用者高精度之決策方案建議。

日本富士通發表了具 AI 之庫存盤點機器人，可自動於貨架間穿梭移動，自動盤點

⁸ 曾駿，〈5G 時代最有感應用〉《數位時代》，<https://www.bnext.com.tw>，(2017 年 10 月 5 日)，2018 年 3 月。

商品庫存，例如上午開店前，先行拍攝開店前商品庫存狀況，關店後，再次自動巡視攝影，透過比較兩者之商品照片變化，即可判斷缺貨商品及擺錯位置的商品，並回報結果。⁹上述說明可利用人工智能設備處理例行性事務，提高即時性且可減少人力需求。

家電大廠惠而浦(Whirlpool)推出智慧家電，將其與 IBM Watson 物聯網平台串連，消費者提供之使用數據將傳回後端平台，使惠而浦可充分掌握使用者的消費樣貌，除可進一步改善產品功能外，亦可透過使用者需求，推出新的服務模式、提供消耗品及自動補貨等服務。上述說明可搭載人工智慧軟體作為後端運算平台，可即時大量地提供運算結果作為決策參考，提高系統整體運用效益。

廣達董事長林百里曾指出，在五年內，物聯網是一個大事情，但聯網物是小事情，¹⁰其核心價值在於可滿足使用者需求的應用服務。上述說明物聯網之核心精神不在物(Sensor 等裝備或技術)，而在背後能提供的應用服務。

國軍單兵戰鬥系統發展方向

首先，摘述單兵戰鬥系統之發展沿革如下，從 1991 年至 2007 年，美方即提出 Land Warrior 的研製雛型。至 2007 年進一步提出 Nett Warrior 的應用；德國亦於 2011 年開始部署其研製的數位戰士裝備；於 2013 年中共完成了數位戰士雛形裝備小批量產；同年，英國亦完成了數位戰士雛形裝備，¹¹上述各國所提出之單兵戰鬥系統係透過頭盔、防護背心、護目鏡、攝影機、熱像顯示器、雷射測距儀、腕式顯示終端、耳機、麥克風、無線電機及資訊處理裝置等設備，提升單兵的感測、通信及資訊處理能力。

從上述的單兵戰鬥系統發展沿革可知，世界先進國家普遍認同單兵戰鬥系統之重要性，紛紛投入該系統開發。我國軍參據上述各國類裝發展，提出國軍單兵戰鬥個裝階段研發成果(如圖五)，且可整合國軍現已開發之智慧型手機指管 APP，其功能摘要條列下述 6 點，並彙整如表五。

一、裝況顯示

可於共同圖像上標示我軍、敵軍及不明目標，且可查詢我軍部隊清單。

二、命令傳遞

上級單位可發佈文字型態之指管命令，且下級單位可回傳確認訊息。

三、照片傳遞

下級單位可即時拍攝照片，並回傳指揮所。

⁹ 王宏仁，〈2017 AI 應用大爆發〉《ITHome》，<https://www.ithome.com.tw>，(2017 年 7 月)，2018 年 5 月。

¹⁰ 蘇宇庭，〈物聯網應用起飛〉《數位時代》，<https://www.bnext.com.tw>，(2016 年 7 月)，2018 年 5 月。

¹¹ 國家中山科學研究院，〈數位戰士研發規劃〉，2017 年，頁 6-13。

圖五 國軍戰鬥個裝發展現況



資料來源：張晏彰，〈勝利之光〉《青年日報》，<https://www.ydn.com.tw/News/224180>，
(2016 年 12 月 1 日)，2018 年 5 月。

四、戰鬥交談

我軍部隊手機用戶端可利用自由訊文進行訊息傳遞。

五、火力申請

上級部隊可接收及查詢下級部隊發送之火力支援申請資訊。

六、圖資顯示

可顯示衛照圖層、向量圖層、調整圖資比例大小、顯示經緯度及 UTM 座標資訊。

表五 智慧型手機指管 APP 功能說明

項次	功能類別	功能名稱	細部說明
一	狀況顯示	可顯示我軍及敵軍	可顯示不明、我軍、威脅及中立符號
		敵軍標示與報告	可標定區分不明、威脅及中立
			標定敵目標類型

			敵情目標文字及圖片描述
			目標定位計算及回報，可快速更新位置
二	命令傳遞	文字命令	可上對下命令發布
		照片傳遞	提供照片即時傳遞及內容明功能
三	戰鬥交換	自由訊息傳遞	提供平板端之間訊息傳遞功能
		群組訊息傳遞功能	提供固定群組設定與訊息傳遞功能
四	資料查詢	圖資顯示	基本圖資切換(衛照與向量圖)
			衛照圖(1/250000)
			向量圖(總統府周邊地區 1/6000)
		歷史資料查詢	提供目標航跡、照片等歷史紀錄功能

資料來源：作者研究整理。

總結上述之單兵戰鬥系統發展，其動機源起於人體物理極限係屬有限，所以透過科技裝備的輔助，去進一步強化基本防護、視覺、聽覺及通訊的能力。針對國軍類裝發展方向建議如下，近期目標建議基於上述之國軍單兵戰鬥個裝階段研發成果，輔以現已開發之智慧型手機指管 APP，建構一可機動部署之小型指管系統，以滿足連、排級至單兵之行動指管需求。

結論

綜合前揭論述，旨在整合通信、偵蒐、感測及軟體等分系統，建構一戰鬥隊伍所需之小型 C⁴ISR 系統，此範疇屬於整合當前之成熟技術及裝備並藉以實現想定之目標，其效益尚屬線性且可預期的，惟科技發展一日千里，旁徵博引相關之創新概念，並整合運用多樣已發展成熟之設備及技術，輔以人工智能軟體，使系統達不可預期之非線性效益，當屬刻不容緩。假以敵軍感測分系統為例，整合高可靠度之非視距通信分系統、數位情境感測裝備及人工智能軟體，使系統能利用大數據運算及深度學習等技術，迅速確實根據當前情境，自動提供高精度及可靠度之目標辨識結果，甚或進一步提供決策建議方案，供使用者更輕易地下達高準確性決策作為，此即服務層級之概念。基於此概念所衍生之簡單、微型、高效，且具人工智能運算之即時情境感知共享整合系統，當屬未來發展方向，這是股不可逆的科技浪潮，是艱難的挑戰，更是創新契機。

參考文獻

- 一、WITS Lab.，〈無線通道模型概論〉(台灣：中山大學)，2014 年。
- 二、中科院，〈數位戰士研發規劃〉，2017 年。



- 三、曾發，〈5G 時代最有感應用〉《數位時代》，<https://www.bnext.com.tw>，(2017 年 10 月 5 日)，2018 年 3 月。
- 四、王宏仁，〈2017 AI 應用大爆發〉《IThome》，<https://www.ithome.com.tw>，(2017 年 7 月)，2018 年 5 月。
- 五、蘇宇庭，〈物聯網應用起飛〉《數位時代》，<https://www.bnext.com.tw>，(2016 年 7 月)，2018 年 5 月。
- 六、MAJ Christopher Orlowski, “Squad X Experimentation Program,” DARPA, <https://www.darpa.mil>, (April 2016), March 2018.
- 七、COTTER W. SAYRE, ”System Design Issue and RF Propagation,” Complete Wireless Design, (McGraw-Hill Education), 2008, P504~P508.
- 八、Yasamin Mostofi., “X-Ray Vision for Robots: Seeing Through Walls with Only WiFi,” UCSB, <https://www.ece.ucsb.edu>, (Aug. 2014), March 2018.
- 九、Ryan Wall, et al., “Rover and Air Visual Environment Navigation, Project Definition Document,” University of Colorado, 2017, P.1~6.
- 十、David Vergun, “Heads-up Display to Give Soldiers Improved Situational Awareness,” U.S. ARMY, <https://www.army.mil>, (May 19 2017), March 2018.

作者簡介

徐方鴻，國立台北科技大學電腦與通訊工程研究所 99 年班，曾任台揚科技擔任工程師、神準科技擔任資深工程師，現任國家中山科學研究院資訊通信研究所大成計畫系統工程組工程師。