



通資系統與無人系統整合運用之研究

作者/王廣義士官長

提要

- 一、通資系統因應現代戰爭分散佈署、靈活機動、精準打擊的需求，導入運用網際網路的觀念與技術，來建構軍用通資系統網狀網路的樣貌，通信節點的數量與位置，將決定這張網的範圍與收容用戶的能力，市場輕薄短小的通資設備往往具備取得容易、功能強大、小功率、近距離的特性，這波公民營的 5G 與物聯網資源整合融入軍備運用將不可避免。
- 二、無人系統：乃指在無人動力設備上面攜帶任務酬載去完成指定的任務，最早的無人系統是人造衛星工程，因為近年工藝技術的進步，無人系統的運用範圍，已從太空逐步回到空中、海洋、陸地…等領域，其中出現各式各樣的無人載具五花八門地加速無人系統的完備，開始結合戰術運用的思維，在針對此項發展趨勢研討時，應同步整合擴展我通資系統的延伸邊緣。
- 三、跟隨以往通資系統與無人系統整合運用的脈絡，會發現未來的發展只會更加密切結合，不論監控鏈或資訊鏈均隨時隨地依賴著綿密的通信網路維持運作，當社會缺乏人力資源與重視生命時，無人系統的發展或可彌補與滿足，進而造就更多的衍生技術形成良性的循環，或能以低成本高效益的方式提升通資系統的靈活性和可靠度。

關鍵詞：通資系統、無人系統、網狀網路

前言

美軍近年建軍備戰朝向多領域作戰：聯合兵種作戰之延伸，整合陸地、水面(下)、空中、電子戰、太空、網路及政府機構等獨立作戰單位，建構加乘之作戰效能，以取得戰場優勢¹；「電子戰、網路」的能力為其運作核心，並同步發展全球快速打擊能力，聯合「投射兵力」在24小時內到全球任何的衝突區域，例如：太空飛機²X-37B、全球鷹³(Global Hawk)RQ-4A、死神⁴(Reaper)MQ-9…等。中共對我未曾放棄武力犯台以戰逼降，其「反介入/區域拒止」的戰略思維：乃與我衝突時封鎖本島與鄰近海域，以阻止美軍介入。在我國防預算與兵源有限的條件下，陸地、空中、海面大型載具(台)獲得不易，為了我防衛作戰建立「立體化、數

¹青年日報，《多領域作戰》，<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-48716558>，資料2019/06/21，瀏覽2020/06/22。

²中央社，《無人太空飛機》，<https://www.cna.com.tw/news/firstnews/202001030212.aspx>，資料2020/01/03 21:49，瀏覽2020/06/22。

³BBC NEWS中文報導，《美國無人機遭伊朗擊落，中東緊張情勢持續升溫》，<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-48716558>，資料2019/06/21，瀏覽2020/06/22。

⁴中央社巴格達3日綜合外電報導，《無人機精準斬首，美空襲狙殺伊朗高級將領》，<https://www.cna.com.tw/news/firstnews/202001030212.aspx>，資料2020/01/03 21:49，瀏覽2020/06/22。

位化、自動化、特戰化」之戰力目標，及全程掌控戰場覺知，以殲滅敵空(機)降、登陸、特攻及後方滲透之兵力，確保防衛地域、基地與設施安全。⁵整合運用無人系統可完善我通資網路運作，將可確保指管系統、武器射控、雷達系統與通訊平臺安全，避免遭敵利用、癱瘓與破壞，確保我防衛作戰全程資電安全與優勢。

通資系統發展概況

一、參考的架構與模型

(一)開放式系統連結模型：在計算機初期發展的年代，百家爭鳴在全世界存在著各式各樣的技術規格，被運用著來解決眼前所遇見的問題，但當陸軍的設備需要和空軍的設備交換資料時，發現彼此不相容，需要將資料重新輸入，在此複雜的環境下，為解決設備之間的資料交換問題，便由國際組織訂定了最早期設備開發時(開放式系統連結)的參考模型，解決了廠商彼此之間共通相容的問題，內容包括了七個層次的功能規範與堆疊次序：實體層、資料鏈結層、網路層、傳輸層、交談會議層、表達展示層、應用層，雖然此項參考模型未被實際的商業化，但確是至今新系統開發初期共同參考的架構與模型。

(二)美軍發展的架構與模型：

1.1960～1990年間：美軍架構的國防通信系統(Defense Communications System,DCS)與國防資訊系統網路(Defense Information Systems Network,DISN)，其中高等研究計劃署網路(Advanced Research Projects Agency Network,ARPANET)應用的網際網路協議模型，在1983年時以TCP/IP協議取代原本的NCP協議，加速了數位化、封包交換的進程，適時地解決通信主機與資訊主機間跨系統的問題。

2.1990～2012年間：美軍架構全球資訊網格(Global Information Grid,GIG)，以網路伺服器為中心，強化端到端的網際網路服務模式，期使全球各地的美軍能經由網路鏈結，獲得所需的情資與通信服務，加速的網路化、資訊串流的發展，適切地解決跨地域與網路速度的問題。

3.2012～迄今：美軍現在國防部資訊網路(Department of Defense Information Systems Network,DODIN⁶)環境，加速架構：聯合資訊環境(Joint Information Environment,JIE)，以資訊和人員為中心，強化平台到平台的協同作戰能力，期使運用全球各地不同專業領域的人員與裝具，營造美軍在各地作戰時獲得勝利的態勢，大數據、人工智慧的技術發展，將適當地解決跨領域與人力不足的問題。

(三)商業發展的架構與模型：

1.2004年前：第一代網際網路WEB 1.0連結網，技術創新造就網際網路服務供應商(

5中華民國102年四年期國防總檢討編纂委員會，〈第三章 聯合戰力與整備〉《中華民國102年四年期國防總檢討》，國防部，民國102年3月(初版)，第35頁。

6全球資訊網格(Global Information Grid,GIG)，在2014年改名為：國防部資訊網路(Department of Defense Information Systems Network,DODIN)，除基本連結與指管系統服務外，更加快改善資訊環境經營並導人物聯網、大數據、雲端運算、人工智慧...等新興技術的服務應用。



Internet Service Provider,ISP)的發展，如：Yahoo、Hinet、蕃薯藤…等入口網站，網站主導資料來源提供連結網站上的文字、圖片內容資訊共享，例如：線上大英百科全書、生活資訊，並有類似廣告黃頁的搜尋功能，以點擊率與黏著度來創造商業利基。

2.2004年後：第二代網際網路WEB2.0社群網，資訊創新以人為本造就網路部落客、專業人士的崛起，如：Blogging博客、Facebook臉書、YouTube、Wiki維基…等資源平台，平台用戶主導資料源提供個人靜態或動態的生活體驗、專業知識內容資訊共建，例如：維基百科全書、GOOGLE地圖，並有無限的資料空間與免費服務，以上網時間與聚合度來創造商業利基。

3.未來的物聯網：跨區域、跨時間、跨物種、跨平台，是未來的網路服務樣貌，傳感器產生的大量數據，透過高速計算機與資料庫的綜整，將成為有效率且具智慧的參考資料源，借由邊緣運(演)算、霧運(演)算、雲端運(演)算技術及大數據資料庫的平台，整合各域人員(管理者/供應者/需求者)、裝備(原料材/生產材/經銷材)的位置與時間點，建立與提供一個立即適切的行動方案。

表 1 通資系統發展參考的架構與模型

協定 順序	開放式系統 連結模型 OSI	美軍發展的架構與模型			商業發展的架構與模型		
		TCP/IP	GIG	DoDIN	連結網	社群網	物聯網
7	應用層 Application	應用 Application	應用 Applications	輸出 共同 圖像	應用	群眾 Crowd	應用 服務
6	表達展示層 Presentation		服務 Services	隱藏 運算 中心 數據 中心			
5	會議交談層 Session				平台 Platform	伺服器 Server	網路
4	傳輸層 Transport	傳輸控制 Transport	傳輸 Transport		主機 Host		
3	網路層 Network	網際網路 Internet	標準 Standards			機器 Machine	
2	資料鏈結層 Data Link	網路存取 (連結) Network Access(Link)			輸入 傳感器		
1	實體層 Physical						
小結		不論軍用或商用，均在前代基礎上進行最佳化與進階發展；迄今若能善用螺旋發展理論，或可減免不必要投資資源。					

資料來源：作者整理繪製

二、現況與發展趨勢

通資系統可概略區分：通信部份發展趨勢為行動通信、多重路由，資訊部份發展趨勢為

大量數據與高速運算；以下僅就行動通信、多重路由進行探討。

(一)現況：通資系統訊息交換為骨幹電路，外貌常以環島固定站台或車載靜中通的電路來進行，重要節點常需人員留值顧裝，固定人力支出成本不低，並以雙環設計作為電路故障備援，系統路由彈性與靈活度容易受限；為配合終端用戶的行動需求，採由收容延伸節點處架設無線電熱點(如：RAP無線電入口)，當無線電熱點數量不足時，將無法即時提供用戶連結服務。若系統採用全網路架構進行封包交換，核心網路具備多重路由特性，重要節點數量將可降低，在配合固定站台或車載靜中通運用無人系統進行遠端監控管理設備，降低人力需求成本，並搭配無人系統的無人機/無人車等動中通載具廣設無線電熱點，將提供用戶無縫連結的寬頻行動服務。

(二)發展趨勢：行動通信仰賴無線電，多重路由仰賴路由器，兩者結合成為無線路由器(分享器)，其位於區域網路與廣域網路之間的閘道節點設施中，對外經由節點提供多重路徑，對內經由熱點提供多樣連結，完成行動裝置或用戶登入服務，現況發展由第五代行動通信系統5G提供廣域網路信號，結合IEEE 802.11提供區域網路熱點信號，完成無縫連接、無需用戶干預或重新認證登入(同張SIM卡)取得服務。

1.更高的傳輸速率強化行動上網：eMBB(Enhanced Mobile Broadband)下行速率可達到100Gbps為上一代的10~100倍，數位調變採1024QAM正交振幅調變，多工方式採OFDMA正交分頻多重存取，運用多波段頻譜900MHz、2.4GHz、3.6GHz、5GHz、60GHz，MIMO多輸入多輸出天線及波束成形技術，對外完成多重路由的條件。

2.更低的傳輸遲延提高可靠度：URLLC(Ultra Reliable Low Latency Communication)將較上一代縮小5倍，1ms(千分之一秒)以下，為達更低的傳輸遲延，可採用廣設微型入口基站與邊緣運算機認證的方式來完成。

3.更多的裝置連接及用戶上網：mMTC(Massive Machine Type Communication)網路容量將較上一代成長1000倍以上，連線的裝置數目將較上一代成長10~100倍，導入自組網路技術，支援每平方公里100萬以上的連網裝置，為達到多用戶連結，大量傳輸短距離需求可運用IEEE 802.11，少量傳輸長距離需求可運用NB-IoT，提供用戶一致性且可靠的服務。

4.特製的應用服務：第五代行動通信系統5G可經由軟體定義子網結構，網路切片分割成非獨立式5G公眾網路與獨立式5G專用網路(軍租)。

三、小結

建構戰場共同圖像C6ISR協作平台時⁷，需連接與認證更多的傳感器與登入用戶席位數，要達到指管資訊圖像化與指揮所安全的要求，更需高通量、低遲延的行動網路資訊服務，提供簡單輕便的接入方式，將可提高人員的接網比例及上網速度，將戰鬥、戰鬥支援、後方勤

⁷Command,Control,Communications,Computers,Cyber-defense,Combat systems(C6),Intelligence,Surveillance and Reconnaissance(ISR)，簡寫為C6ISR，代表指揮、管制、通信、電腦、網路防禦、戰鬥系統、情報、監視、偵察，是現代構成協同作戰平台重要的元素，《C2 vs. C4ISR vs. C5ISR vs. C6ISR:What's the Difference?》，<https://www.trentonsystems.com/blog/c2-c4isr-c5isr-c6isr-differences>，資料2020/12/16，瀏覽2021/08/14。



務的士兵、業管參謀、指揮官及國防事務人員，緊密地結合在戰場共同圖像C6ISR協作平台上，共同協力合作達成每項作戰任務，未來或許可能導入神經網路、人工智慧…等技術，逐步完善通資系統並確保各級部隊獲取戰場優勢。

表 2 IEEE 802.11 標準無線路由器(分享器)參考表

名稱	tp-link TL-MR6400 無線分享 路由器	Alcatel HH71 無線分享 路由器	D-Link 友訊 DWR-933 無線分享 路由器	Wirelessys TM120 網狀無線 路由器	ZyXEL 合勤 LTE3316-M604 無線寬頻 路由器
價格 NT	2499	3490	2999	2599	5999
頻段 GHz	2.4	2.4/5	2.4/5	2.4/5	2.4/5
傳輸速度 Mbps	300	300/867	300/867	300/867	300/867
連結裝置	32	32	10	64	32
尺寸 mm	202x145x34	145x100x89.3	98x71x18.8	160x160x42	202x157x35
重量 g	---	380	120	230	400
小結	1.價格低於新台幣 10000 元，傳輸速度可達 300 Mbps 以上。 2.尺寸小於 30x30x30 公分，重量小於 1 公斤。 3.商用載波使用工業、科學、醫學公用頻段，限制功率低於 1W；客製化時僅需改變載波與功率。 4.設計簡易輕便的趨勢，作為通資酬載時，運用無人載具部署將會更加容易。				

資料來源：<https://chocolate-relax.com/archives/59579>，推薦 35 款 4G 分享器(路由器)人氣排行【2021 年最新版】，資料時間：2021/08/12，瀏覽時間：2021/08/12

無人系統簡介

一、定義

最早的無人系統在太空，因作業環境的條件及限制，編組人員必須在地面進行各項遠距操控來完成各種賦予的任務，例如：完整的太空工程分項包含：投射場、運載火箭、回收區、測量控制、載具平台、酬載應用；若以載具平台而言，區分「平台Platform」及「酬載Payload」兩部份。平台：係為「維持酬載正常運作」，可由：結構體、推進動力、姿態導航、電力供應、環境監控、遙測指管等6個部份組成。酬載：就是載具平台中被裝載的「貨物」，也就是用來做偵察或者是定位、導航、通信服務的儀器、探測器、轉頻器、天線等。無人載具的部署是建立無人系統網路運作的基石，而載具的功能與應用則依其所攜帶的酬載而定，並據此來發展「酬載應用系統」，例如：GPS全球定位導航系統，在太空中部署的24顆人造衛星，提供地面部隊作戰應用。美軍在1998年發起無人系統聯合開發體系(Joint Architecture for Unmanned Systems,JAUS)律定5項原則：任務隔離、載具平台獨立性、計算機硬件獨立性、

技術獨立性、操作員使用獨立性。

表 3 無人系統的組成參考對照表

項次	部署地點 (海平面高度)	空間段			地面段				
		太空 (300 公里)	空中 (15000~100 公尺)		陸地 (300~0 公尺)		海洋 (0~-200 公尺)		
	工程分項	人造衛星 Satellite	定翼 UAV	旋翼 UAV	地面 UGV	貨櫃機箱 Container	海面 USV	海底 UUV	
1	投射場	發射場	機場	空地	空地 道路	空地 道路	港口	港口	
2	運載工具	火箭	運輸車	運輸車	運輸車 直昇機	運輸車	運輸艦	運輸艦	
3	回收區	太空 海洋沙漠	機場	空地	空地 道路	空地 道路	港口	港口	
4	測量控制 (任務中心)	載具平台監測、控制、管理系統							
5	酬載應用 (裝載器材)	靜態/動態偵察監視器、雷達/雷射測距儀							
		定位、導航發訊器、授時原子鐘							
		轉頻器、無線路由器(分享器)、伺服器							
		應用資訊管理系統(戰場管理系統、指管系統、部隊動態管制系統)							
		殺傷武器(機槍、迫擊砲、炸彈、飛彈)							
6	載具平台 (無人載具)	結構體	圓柱角柱	機體	機體	車體	貨櫃機箱	船體	船體
		推進動力	化學藥劑	引擎	馬達	引擎	無	引擎	馬達
		電力供應	太陽能板電池	油料發電機電池	電池	油料發電機電池	市電發電機電池	油料發電機電池	電池
		載具姿態	天線姿態陀螺儀	飛行姿態陀螺儀	飛行姿態陀螺儀	天線桅桿水平儀	天線桅桿水平儀	艦體姿態陀螺儀	艦體姿態陀螺儀
		環境監控	傳感器	傳感器	傳感器	空調風扇	空調冷氣	傳感器	傳感器
		載具導航衛星軌道	定位導航 GPS/GIS 軌道軌跡	定位導航 GPS/GIS 航道軌跡	定位導航 GPS/GIS 航道軌跡	定位導航 GPS/GIS 巡航路線	定位導航 GPS/GIS	定位導航 GPS/GIS 航道軌跡	定位導航 GPS/GIS 航道軌跡
		遙測指管	運算電腦	運算電腦	運算電腦	控制系統	站台控制	運算電腦	運算電腦
小結		1.運用無人系統的各類載具平台，可以將通資酬載依據海平面高度，部署在不同作戰需求的空間中，交叉編織成立體化的通資網路。 2.部署無人系統的各類載具平台前，應配合整體作戰防衛需求，預先規範載具空域、通資系統使用頻譜、波束成形的涵蓋範圍，以免載具與載波相互干擾。							

3.部署的高度越高，波束成形的涵蓋範圍越廣，相對的部署成本越高。

資料來源：作者整理繪製

二、現況與發展運用

(一)無人系統的載具平台，依據「部署方式」區分：動態與靜態。動態部署例如：太空的人造衛星(Satellite)⁸、空中的無人駕駛飛機(Unmanned Aerial Vehicles,UAV)、海洋的無人駕駛艦(Unmanned Surface Vehicles,USV與Unmanned Underwater Vehicles,UUV)、陸地的無人駕駛車(Unmanned Ground Vehicles,UGV)；常見的靜態部署機箱貨櫃(Cabinet Container)在鄉間路口、營區或建築物內的站台，⁹利用機箱貨櫃本體的通資系統進行空氣、氣溫、降雨、交通、行動基地台、網路機房…等監測作業，由網路管理中心在遠端進行站台內部各機件的設定與運作監控。

(二)依距離地面「部署高度」，由上而下區分，舉例如下：

1.高度36000公里的INMARSAT海事衛星1999年轉型為商業公司，全球訊號覆蓋率可達85%(涵蓋全球人口率99%)第五代服務於2014年完成佈署，提供L頻段衛星電話、Ka頻段60公分口徑的終端天線50Mbps與20公分口徑終端天線10Mbps的「全球隨心Global Xpress」網路服務內容。

2.高度780公里的Iridium銱衛星2000年重整後美軍廣泛運用，設有專用閘道來滿足軍事通信需求，由66顆人造衛星分別繞行6個極地圓形軌道，每顆衛星提供48個點波束組成星座所需的訊號覆蓋區域，2015年起開始部署第二代系統Iridium Next，數據傳輸設計可達10Mbps

3.高度700~1200公里的SpaceX公司星鏈計畫(Starlink)低軌星座衛星，目標為12000顆，2018年起以1箭60星的速度，預定2030年部署完成，2021年開始提供寬頻網際網路接入服務，數據傳輸設計可達50~150Mbps。

4.實用升限20000公尺，定翼機RQ-4全球鷹1998年服務迄今，載重10400公斤，最高速度650公里/小時，航程範圍25000公里，應用時白天監視區域可達100000平方公里。

5.實用升限100公尺，雷虎CX-180 ICEMAN同軸雙旋翼無人機於2019年與中華電信共同發布，載重35公斤，以定點繫留纜線長時滯空方式，提供「空中基地台系統」。

6.洛克希德·馬丁的小隊任務支援系統(Squad Mission Support System,SMSS)2011年試評，空車1800公斤，載重540公斤，最高速度24公里/小時，航程範圍201公里，可用於隊伍物資搬運與9公尺監視桅桿。

7.通用公司的遙控戰術運輸載具(Multi-Utility Tactical Transport,MUTT)，2020年通

⁸聯合報，《聯發科報捷 5G 技術大突破》，<https://udn.com/news/story/7240/4798224>，資料 2020/08/21，瀏覽 2020/08/28。

⁹行政院環境保護署，《無人氣象測站基本資料》，https://data.epa.gov.tw/dataset/rain_p_04/resource/ddc4be80-da1c-4838-9fdb-e56b60aaa814，資料 2020/08/29，瀏覽 2020/08/29。

過美軍融合測試並取得2021年預算量產交付，載重408公斤，連續72小時內航程範圍達57公里，提供輸出功率達3KW，另可選配60公尺繫留式無人機，支援戰鬥隊伍無線電中繼服務。¹⁰

三、小結

在目前人力與資源有限下，地面無人站台(貨櫃機箱)可運用在各偏僻孤困高山站點，長期廣泛部署並提供定位/授時訊息，與現行民間4G/5G基地台、光纜及營區、野戰…等通資幹線、電路兩者組網整合共存，除延伸擴展通資系統服務邊緣外，想定當民用骨幹鏈路中斷後立即啟用軍備電路接替，高度0~120公尺的小型無人載具基站機動部署應急運用(旋翼UAV)¹¹，以維平戰時指管系統常態部署無縫接軌的需求。

系統整合運用

一、整合構想

運用自我組織網路技術(Self-Organization Network, SON)，如圖1。綿密編織邏輯拓樸的核心區塊鏈路與存取區塊鏈路，提高戰鬥人員的連網比例與指管系統的穩定速度。負責開道節點的無人載具，對核心區塊鏈路應提供2類各自獨立的通道：廣播網、監控網，作為任務中心管理所需的營運通道，對存取區塊鏈路僅須提供應用網通道，作為外圍開道節點無人載具與單位用戶設備熱點的連接入口與用戶數據封包中繼；上方核心區、中間緩衝區，主要由各式各樣的無人載具組成封閉式行動通信網路，提供一個網狀中繼通資平台，收容單位用戶設備熱點周邊的戰士傳遞數據封包，如表4。

(一)整合區域通資節點鏈路：整合區域內各項通資節點鏈路，可依據「部署高度」的訊號波束覆蓋範圍進行交織組網，以達立體化網狀網路支援聯合作戰構想，部署高度於36000~700公里，波束覆蓋範圍可及本、外島，在無法自主掌握衛星部署技術之前¹²，廣泛應用台灣上空商用衛星資源，例如：海事衛星、歐星衛星、中新二號、星鏈計畫，將通信衛星依成本律定優先等級、分配頻寬，以達到其效益，中新二號可結合旅級機動數位微波系統列為平時常態部署之電路。部署高度於12500~300公尺，例如：預購的MQ-9B海上衛士無人機¹³，載重340公斤，部署高度12500公尺，波束覆蓋範圍：403公里，滯空30小時；¹⁴高地300公尺無人站台(貨櫃機箱)，波束覆蓋範圍：62公里；小型無人載具基站，例如：雷虎CX-180 ICEMA N同軸雙旋翼無人機於2019年與中華電信共同發布，載重35公斤，部署高度100公尺，以定點繫留纜線長時滯空方式，波束覆蓋範圍：36公里，平地運用現行桅桿(通信車廂)最高25公尺

¹⁰青年日報，《美軍-戰術運輸載具-通過沙漠測》，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1295624&type=international>，資料 2020/12/06，瀏覽 2021/05/21。

¹¹工商時報，《雷虎科 9 月底將交給中華電信三套新產品總價五千萬元-機動式防救災行動通訊平台》，<https://ctee.com.tw/livenews/aj/ctee/a82052002021072722333435>，資料 2021/07/27，瀏覽 2021/08/14。

¹²聯合報，《飛鼠 1 號火箭彈道高度 300 公里，未來軍事潛力曝光》，<https://udn.com/news/story/10930/4250165>，資料 2019/12/26，瀏覽 2020/08/29。

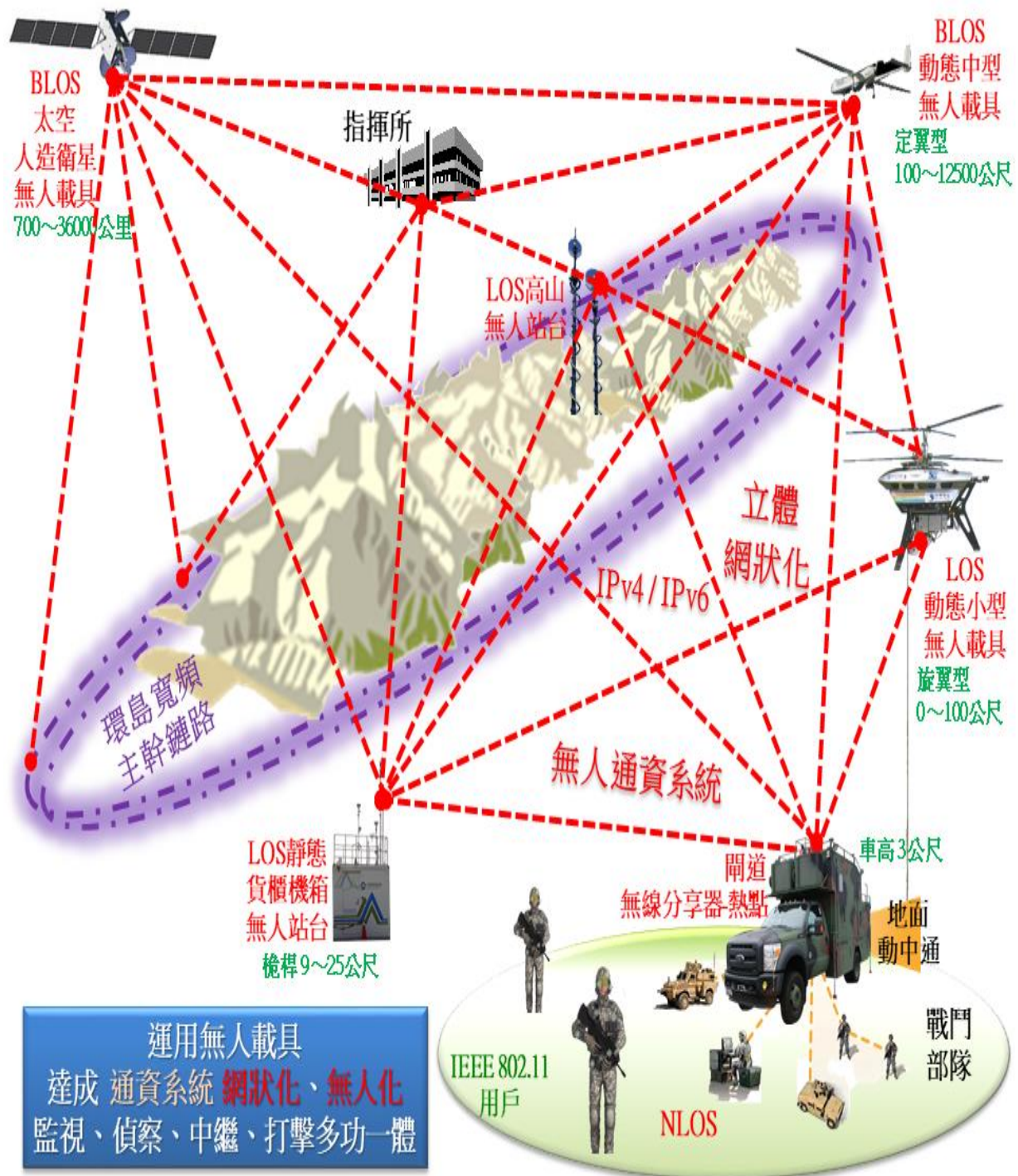
¹³青年日報，《武備巡禮：偵監、搜索、攻擊兼備 MQ-9B「海上衛士」無人機》，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1287317&type=military>，資料 2020/11/16，瀏覽 2020/11/17。

¹⁴離地高度 h(公尺)與地平線的距離 LOS(公里)關係為： $LOS=\sqrt{13h}$ ，如：離地 12500 公尺，地平線距離 403 公里。



，波束覆蓋範圍：18公里；未來若採購通用公司的遙控戰術運輸載具MUTT無人駕駛車結合9公尺桅桿，或選配60公尺繫留式小型無人載具基站，可支援戰鬥隊伍無線電中繼服務，波束覆蓋範圍：10公里以上，如表5。

圖 1 通資系統與無人系統整合示意圖



資料來源：整理自雷虎科技，〈緊急空中基地台系統〉，<https://youtu.be/izmbLGrBETk>，2019年8月14日，(檢索日期：2020年1月3日)；Thales，〈Defence LTE Solutions-Thales〉，<https://youtu.be/UT9u2XDvceA>，2019年1月25日；美國GD公司，〈General Dynamics Mission Systems Introduces Fortress Wireless Gateway Product〉，<https://gdmissionsystems.com/Articles/2017/10/6/general-dynamics-mission-systems-introduces-wireless-gateway-product>，2017年10月6日，(檢索日期：2020年4月16日)。

表 4 通資系統與無人系統整合運用構想

部署高度	使用者		任務中心		終端用戶	
	項目分類			廣播網		
			監控網	超視距/衛星/HF	應用網	
BLOS 閘道節點 無人載具 300 公尺以上	核心區	核心 區塊鏈路	任務中心 檢疫/認證/管制 無人載具 MAC/IP/帳密	接收任務中心指令 再向覆蓋區域進行 訊令廣播以分配無 載具的靜態 IP	跨區及超視距需求 收容閘道節點設備 無線路由器 中繼用戶數據封包	
LOS 閘道節點 無人載具 300 公尺以下	緩衝區	分佈 區塊鏈路	發送回報 MAC/IP/帳密	僅接收訊令 設定本身靜態 IP 建立通道	在作戰區視距內 收容用戶節點設備 無線路由器 中繼用戶數據封包	
			任務中心 檢疫/認證/管制 終端用戶設備 MAC/IP/帳密			
NLOS 終端用戶 熱點設備	存取區	對外 廣域網路 WAN	發送回報 MAC/IP/帳密	僅接收訊令 設定本身靜態 IP 建立通道	戰鬥區域非視距 無線分享器 自動轉發 終端用戶數據封包	
		對內 區域網路 LAN	伺服器依據規則 管制終端用戶 MAC/IP	依據訊令及規則 動態分配終端用戶 IP		
小結	1.建立監控網、廣播網、應用網，通資酬載應善用：無線路由器(分享器)，商用市場現貨，除可達到 300Mbps 以上傳輸速度外，最新 IEEE 802.11ax 標準支援自適應網路技術，讓邏輯拓樸網路的部署構想更易達成。 2.無人系統的部署，離海平面越遠成本越高，可從 300 公尺以下的靜態無人站台逐步到動態小型無人載具基站，逐步蒐整監控網、廣播網、應用網等部署運用參數，提供後續系統建置參酌。 3.無人通資平台的建置不論採用架構或模型，最終均須滿足終端用戶的資訊應用需求，例如：戰場管理系統、指管系統、部隊動態管制系統。					

資料來源：作者整理繪製



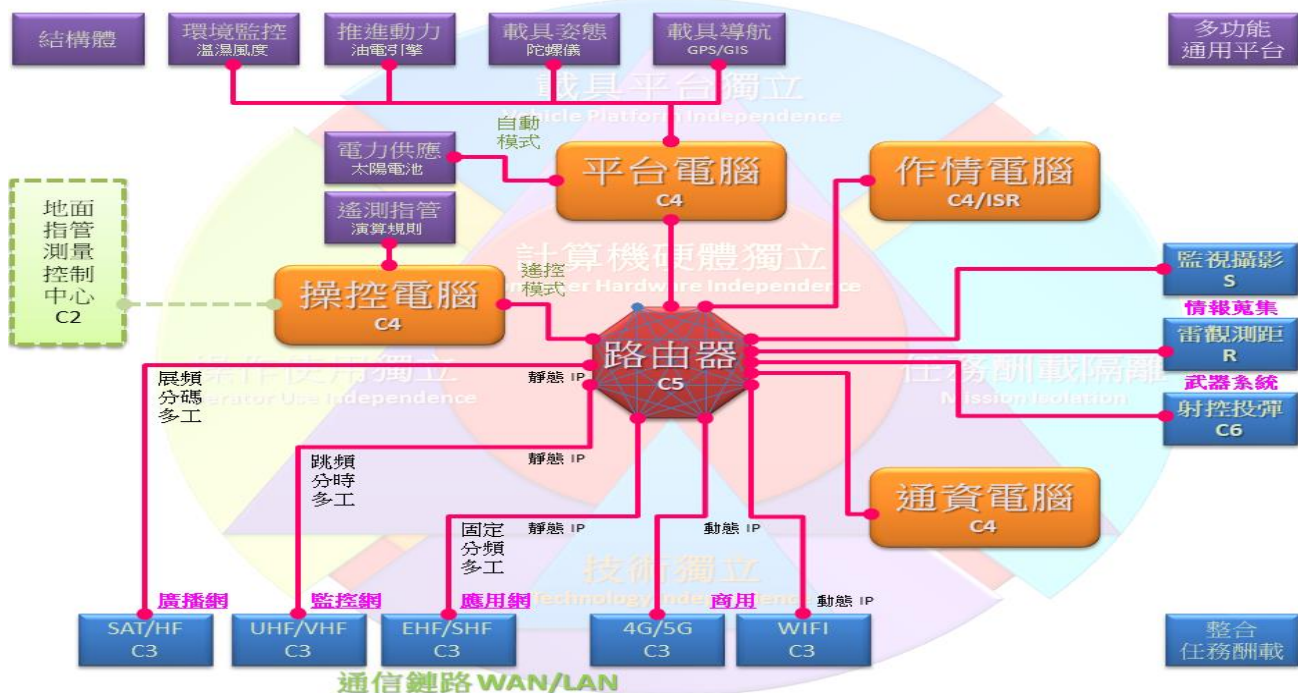
表 5 區域各項通資節點鏈路依據載具部署高度整合參考表

部署高度		波束覆蓋運用範圍
36000 公里 至 700 公里	海事衛星、歐星衛星、 中新二號、星鏈計畫	BLOS 超視距：本、外島 依成本律定優先等級、分配頻寬，以達到其效益，中新二號可結合旅級機動數位微波系統列為平時常態部署鏈路，提供定點監視畫面。
12500 公尺	MQ-9B 海上衛士	BLOS 超視距：403 公里。 載重 340 公斤，滯空 30 小時，提供巡航監視畫面。
300 公尺	無人站台貨櫃機箱	BLOS 超視距：62 公里，提供定點監視畫面。
100 公尺	旋翼機 CX-180 小型基站	LOS 視距：36 公里 定點繫留纜線長時滯空，提供定點區域的監視畫面。
25 公尺	桅桿通信車廂	LOS 視距：18 公里，提供定點區域的監視畫面。
9 公尺	MUTT 無人駕駛車	LOS 視距：10 公里 或選配 60 公尺繫留式小型無人載具基站，可支援戰鬥隊伍無線電中繼服務，提供定點區域的監視畫面。

資料來源：作者整理繪製

(二)整合任務酬載，建構多功能通用平台：整合各項任務酬載，建構多功能通用平台，並運用太空、空中、地面、海面各類型無人載具進行平戰時投放部署；多功能通用平台主要提供情報部門、作戰部門、通資電部門支援單位各項基本監視、偵察、攻擊、中繼…等任務，如圖2。適當結合民間商用能量，應用日益輕薄簡便的電子零件及資通訊技術，達成所需感知器及網路環境的整合，基於任務隔離與操作員使用的獨立性，地面指管測量控制中心(例如：無人機地面導控站)人員，由各兵科訓練合格的導控人員擔任。

圖 2 多功能通用平台示意圖



資料來源：作者整理繪製

二、運用效益與限制

(一)效益：藉由無人載具建立無人通資平台，提供各級用戶連網與應用需求，部署高度可增加作戰區域覆蓋訊號的範圍，形成訊號網格提供中繼、廣播、收容服務，其效益可讓用戶無縫連接入網，降低用戶設定與操作的複雜度，讓士兵、參謀、指揮官同時上線上網共同協力作業。

1.訊號範圍廣，應用種類多：部署在不同地區與高度的無人載具，形成的訊號網格將使服務訊號涵蓋各角落，達到最佳用戶連結效益，同時可定期/不定期支援情報所需監視畫面與偵察數據回報，訊號範圍越廣，表示無人載具的遙控距離越遠，對遠距打擊或武力投射將是最大後盾。

2.通信容量大，調整分配快：運用邊緣運算技術，依優先等級將用戶資訊分流，提供適時適切的流量分配，不論區域網路或廣域網路的通道使用更趨合理，因應不同任務的優先等級及監視情報品質需求，大容量的通資鏈路，可彈性分配所需流量，以確保4K監視畫面、圖片傳真、語音或數據中繼，均可流暢快速地調整分配。

3.易克服地形障礙，不受人員因素限制：行動終端用戶設備簡單，無線電超視距、視距、非視距都有相關技術可供組網運用，縱使暫時受天災、突發狀況影響，也能迅速恢復通信，無人載具的應用型式與場景眾多，各類地形障礙均能有效克服，且在自動模式，可以自動開啟、巡航、監視、返航，將可有效降低人員操控時的體力負擔。

4.具高度的機動性：無線分享器的IEEE 802.11熱點易於彈性部署，可配合各類無人載具結合形成一個多方向、多落點的立體通信網增加整體運用彈性，能有效整合各通信節點達到需求功能，平時4G/5G無線分享器或訊號延伸器即可機動部署於防救災較無機敏性的任務場景，近年旋翼機隨著農業及商業負載需求，其負載重量也日益增力，就旋翼機而言，即具高度的機動性。

5.部署架撤迅速：無線路由器(分享器)及小型無人載具體積小、重量輕、攜帶方便、維護容易，沒有特定場地的需求問題，可定點起飛或手持施放，可在短時間內完成部署準備，設備與安裝維護成本低廉。

(二)限制：形成訊號網格提供中繼、廣播、收容服務，讓用戶無縫連接入網，高覆蓋即多站台，多站台將提高部署成本，降低建案實現的可能機率。

1.無線電易被偵測、截收：無人載具進行遠距遙控時均使用無線電波，自由空間具有全向廣播特性，需進行加密保護，否則載具操控或資料傳輸缺少安全性。

2.訊號具延遲性，精準度低：發射端與接收端有相當長的距離時，或傳遞過程因經過多類多樣的設備裝置或閘道器，將產生訊號延遲的狀況，對於精準火力操控將形成困擾，初步以減少傳遞層級降低影響，運用時應該將時間延遲納入考量。

3.易受電子脈衝影響，複雜電磁環境易受干擾：無線電易受天然(太陽黑子、宇宙雜音、電離層吸收衰減及電離層閃爍)或人為電子脈衝干擾，影響其可靠性，自由空間使用有功



率限制的IEEE 802.11工業、科學、醫學公用頻段，電磁環境易相互干擾或自然衰減明顯，客製化載波與功率除受法規限制外，成本也將提高。

4.須有良好電源供應，作業時間受電力限制：較長的待機時間，需良好的電源設備或足夠的電池，無人載具的推進動力所需汽油或電池，本身重量在攜帶時已在消耗無人載具供應酬載的作業時間，空中無人載具部署極為明顯，以繫留方式可提高酬載的作業時間。

5.使用層級及分佈範圍廣泛，通資核心整合運作維護不易：無人載具從基層單位戰鬥支援到國家戰略情搜均有分佈使用，體型大小不一業管部門不同，整合並維護平台通資核心的正常運作自然不易，核心設備需逐年編列預算維持，為提供部隊終端用戶便利的存取服務，在載具平台設備全面網路化後，除一般通信工程人員外，更需要有資訊工程人員的投入經營與維護，方能確保無線存取網路與核心網路的正常運作。

表 6 整合後運用效益與限制參考表

效益	限制
訊號範圍廣，應用種類多	無線電易被偵測、截收
通信容量大，調整分配快	訊號具延遲性，精準度低
易克服地形障礙，不受人員因素限制	易受電子脈衝影響，複雜電磁環境易受干擾
具高度的機動性	須有良好電源供應，作業時間受電力限制
部署架撤迅速	使用層級及分佈範圍廣泛，通資核心整合運作維護不易

資料來源：作者整理繪製

三、小結

整合任務酬載，建構多功能通用平台，通資電可為情報、作戰部門提供無人載具平台：無線鏈路頻譜、電路網址、交換協定、共同應用服務的建議，共同發展應用場景並分享運用經驗，並加速整合作戰區內不同高度的各項通資鏈路，且協助將各級設備整合至網狀中繼通資平台，發揮平台範圍廣、容量大、克服地障、機動性強、部署迅速的效益。

未來發展及建議

一、統合發展，情資共享

(一)現行無人系統的無人載具建置，係由各種不同業管部門進行各自的評估研究與建案投資，通信衛星由國防部統一採購商用轉頻器，由國防部分配頻譜與網段由各單位自管制，無人駕駛飛機：空軍採購海上衛士、海軍建置銳鳶、陸軍聯合兵種營戰術型近程無人飛行載具及各項專案任務自購的四軸飛行器，無人駕駛艦、無人駕駛車目前尚無建置運用，就上述不論何者都涉及鏈路頻譜、電路網址、交換協定、共同應用，共同研究發展可避免初期重複投



資，後續整合問題。

(二)以高度進行區域整合：電子數位地理資訊系統GIS為三軍共同圖像(台灣幅員，南北長394公里，東西寬144公里，玉山海拔3952公尺，距離福建地區200公里)，逐層逐級建構綿密的網狀鏈路，區域部署管制作為，可以現有高山站台300公尺高度為基礎，將全島山區逐步更新為寬頻無線電無人站台，經遙控作為LOS與BLOS封包自動中繼轉發節點，配合太空、空中無人載具交織構成網狀網路，向下目前LOS天線桅桿25公尺，地平線視距約18公里，構成網格長約36公里，南北鏈路需11座台，東西4條鏈路需44座無人站；空中無人載具的區域部署牽涉的層面廣泛，應配合納入聯合空中作戰中心與民航局相關空域航管規範進行航道規劃與動態管制，運用無人載具自動巡航與遙控操作模式，建構定期或應急支援戰力，廣播、監控、應用納入國防部網管中心管制動態。

表 7 無人載具的區域部署管制參考表

區域高度 (地平線視距-公里)		BLOS 超視距 (服務時間)	LOS 視距 (服務時間)	NLOS 非視距 (服務時間)	各層級任務
36000 公里 (21633 公里)	人造衛星 中新二號 海事衛星	1 (24 小時)			網際網路(全球經營) 國防部 境外備援/去中心化
20000 公尺 (509 公里)	定翼機 MQ-9B 海上 衛士	3 (24 小時)			北、中、南(全區經營) 作戰區 異地備援
300 公尺 (62 公里)	高地 貨櫃機箱	22 (24 小時)			
100 公尺 (36 公里)	旋翼機 CX-180 小型 基站		22 (定點巡航)		
25 公尺 (18 公里)	桅桿 貨櫃機箱		44 (24 小時)		作戰分區(分區經營) 50 公里 旅級緩衝區 檢疫/閘道/中繼
6 公尺 (8 公里)	建築物 貨櫃機箱			254 AP 熱點 無線分享器	營級(站點經銷) 10 公里 MAC/IP/時段/管制 收容營內客製化終端
0 公尺 (0.1 公里)	地面 貨櫃機箱			254 用戶裝置	連級(用戶消費) 客製化行動認證裝置
小結	1.協同軍、公、民營，優先以貨櫃機箱方式部署於單位營區、共構基地台、高山孤困地區，完備靜態無人基站。 2.建置 NLOS 單位設備熱點，收容營內客製化終端裝置，爭取客戶認同以獲得更多投資預算。 3.視人力素質與投資效益，與情報及作戰部門以共同投資建案方式(整合情報監視偵察需求)，逐步補足 LOS 閘道節點與 BLOS 閘道節點無人載具需求。				

資料來源：作者整理繪製

(三)以跨境達成備援效益：ST-2中新二號，因公司股東成員較為局限，易顯為我國主要軍公民營衛星鏈路，中共對我行動時勢必對其進行干擾，將無法發揮戰時鏈路備援的構想。在無法自主掌握運載火箭資源之前¹⁵，廣泛應用商用衛星載具資源，適當的隱藏軍方色彩，將公司股東成員廣泛者列為優先，並透過國內電信業者採購國際商用衛星資源，例如：海事衛星、歐星衛星、銓衛星、星鏈計劃，依轉頻器或平台特性，藉由端對端硬體保密器或軟體資訊加/解密…等技術確保通資安全，適當分配衛星節點的部署、優先等級，以多工器或路由器進行分頻共網方式分享資源，以達到其效益，重要平台伺服器異地備援以固定鏈路配合衛星鏈路或無人通資平台達成跨區、跨境備援，適當隱藏地點避免形成重點目標。

(四)以通資電支援各部門發展：無人通資平台建置應思維與情報部門、作戰部門合作，在建案購置通資系統設備時同步整合納入情報的監視、偵察需求，建立廣播、監控、應用等相關數據鏈路，以利將監視、偵察情報資料同步呈現於三軍作戰共同圖像之中，並適時為地面作戰部隊提供無線電中繼轉發服務，提高無人載具整體投資效益，在無人載具有限空間下實現偵察中繼一體或打擊中繼一體等多功能應用，例如：新型攻擊直升機導入時，即已思索其雷達情資如何共享於地面作戰部隊，就商業經營而言，唯有滿足客戶服務需求獲取利潤回饋後，才有能力重複進行設備更新與投資。

圖3 以通資電支援各部門發展示意圖



資料來源：作者整理繪製

¹⁵聯合報，《飛鼠1號火箭彈道高度300公里，未來軍事潛力曝光》，<https://udn.com/news/story/10930/4250165>，資料2019/12/26，瀏覽2020/08/29。飛鼠5號(HAPITH-V)酬載390公斤(天鏈計畫小型衛星260公斤)，高度600~700公里(2792Km)，低軌道繞行速度27400公里/小時，保持24小時見星需192顆。

二、統一規範，分層負責

(一)部隊現用的機動數位微波系統：其微波機、路由器、電話機、視訊主機、筆記型電腦，均由通資電業管部門負責採購維護，對通資電年度預算與系統維護更新，終端用戶設備的無形維護成本，不利通資電新型技術或設備導入更替、用戶終端資訊服務推廣。

(二)重建互動關係，完善通資服務：通信部隊(經營維護)、部隊通信(經銷推廣)、戰鬥部隊(使用消費)三方互動，讓上層網路經營維護所需設備建置與下層終端使用消費裝置採購脫勾，通資電業管部門僅須提供終端使用消費裝置採購通用市場產品或客製化商品時所需的共同協定與規格，可讓通資電業管部門在有限人力與預算下，專注經營維護核心能力，完善各項通資服務但不提供用戶裝置。

1.跨作戰區無人通資平台經營維護：由國防部負責「核心區網路」建立與維護作業，統一通信協定與規格，例如：網路協定IPv4、IPv6或視訊會議協定H.323、SIP...等，定訂通用市場產品或客製化商品共同採購契約，核心網路應採購各類商用鏈路並整合各項軍、公、民營資源提供作戰區運用，例如：商用衛星、民營行動電話、鐵公路局、林務局...等系統，定期運用300公尺以上無人站台或無人載具自動巡航功能測試支援能量。

2.作戰區無人通資平台經營維護：由司令部負責「緩衝區網路」與「存取區網路」建立與維護作業，依通信協定與規格採購各作戰區營運與推廣所需設備，不定期運用300公尺以下無人站台或無人載具遙控功能測試應急支援能量。

(1)緩衝區網路經營維護：由通資電業管採購分配，旅負責建立與維護，分配靜態網址與管制帳密權限，擔任網路閘道/防火牆角色，收容營級存取熱點並提供各類節點中繼轉發、網路平台、資訊系統服務，對上進入核心區各類節點(LOS與BLOS)進行跨作戰區通信。

(2)存取區網路經銷推廣：由通資電業管採購分配，營負責建立與維護，分配動態網址與管制裝置接入，收容下屬用戶裝置提供NLOS熱點服務，對上進入緩衝區各類LOS節點

3.戰鬥部隊使用消費：由使用單位負責依據通信協定與規格，在共同採購契約中採購所需裝置，例如：支援4G/5G/IEEE 802.11/藍芽/定位/影像...等功能的智慧型行動裝置、車內通話系統、小隊單兵戰鬥個裝...等裝置，由連級使用單位於共同合作契約商中，以單位編列經費負責取得與維護，以便存取營級建置的NLOS熱點(無線分享器)的訊號。

三、網路運用，裝置認證

(一)3G無線分享器目前廣泛運用於救災時交換機局用中繼，4G/5G無線分享器目前尚無相關的運用經驗。

(二)運用無線路由器(分享器)，律定網路運用規範：閘道節點，以無線路由器建構網狀網路，提供三類獨立通道：廣播網、監控網、應用網，如表8，律定依循：先收後轉、先聽後發、收發分離規範，地面閘道節點設置站台電腦，用於下述各網路資訊的監控，以區塊鏈技術記帳分享，回傳任務中心進行動態頻譜、網路管理，例如：無線電執行先聽後發程序，當應用網用戶遇到干擾時，即以監控網回報任務中心，進行干擾研判及處置訊令的廣播，使無



人載具中失連的閘道節點可依網管訊令重新同步。

1.廣播網：用於網管訊令廣播，可以展頻分碼多工的方式，經由超視距的衛星或HF路徑進行只收不發的工作，有如人的雙耳只聽不發，做為失連節點或設備同步之用。

2.監控網：用於閘道節點的通資設備監控訊號傳遞，可以跳頻分時多工的方式，經由VHF/UHF頻段進行收發分離的工作，如同工程人員的勤務波道，作為載具或設備參數設定修改、訊令回應使用。

3.應用網：用於用戶資料內容的傳遞，例如：音訊、視訊、資訊的服務內容，可以固定分頻多工的方式，經由SHF/EHF頻段進行收發分離的工作，搭配小功率無線路由器(分享器)即為用戶波道，預留網址做為監控互援使用。

表 8 應用電子戰的動態頻譜概念參考表

使用者	網路管理任務中心		終端用戶
項目分類	廣播網		
	監控網	超視距/衛星/HF	應用網
工作頻段	VHF/UHF	HF/UHF/SHF/EHF	SHF/EHF
	2 模組	1 模組	2 模組
擴頻方式	跳頻	展頻	定頻
多工方式	TDMA	CDMA	FDMA(FDD)
傳輸方式	收/發	只收	收/發
用途	回報網管動態 無人載具遙控	接收網管訊令 裝置識別標籤 網路分配標籤	酬載應用 音訊/視訊/資訊傳輸
電子戰	回報網管目前/預備 使用頻率	授時/目前/預備 使用頻率	←由監控網回報 目前/預備使用頻率
網址分配	靜態	靜態	靜態/動態
通資安全	空中/地面-加/解密	接收器注碼	用戶終端-加/解密
小結	1.以廣播網超視距的衛星或 HF 來動態分配工作頻率。 2.以監控網、應用網，回報廣播網收到訊令的狀況。		

資料來源：作者整理繪製

(三)運用端至端的方式，律定裝置與用戶認證：未來採用智慧型行動裝置已無法避免，通資業管應為裝置與用戶身份認證預作整備，目前通資系統設備多數以有線電連接網路，中科院在智慧型行動裝置管制系統MDM已積累經驗，除以往資產安管軟體、IP/MAC綁定、加/



解密軟體…等外，運用加密式無線區域網路及客製化智慧型行動裝置，導入相關通資安全技術加速終端用戶行動化的時程，減低網路佈線拆線的人力資源，或許可為終端用戶提供更多便捷的資訊服務體驗，進而加速通資系統的設備更新與無人化站台的建置，各級認證概念如表9，通用或客製化智慧型行動裝置，通資安全認證機制，摘要如下：

- 1.用戶的智慧型行動裝置：透過密碼、晶片、生物特徵(指紋/虹膜/臉部)…等身份認證方式，可適當保護用戶裝置的畫面開啟。
- 2.地面站台的無線分享器：透過SSID的WPA-PSK、WPA2-PSK、WPA3認證，辨識接入AP熱點的裝置網卡編號，可初步過濾接入網路的裝置身份，WAN埠連接保密器。
- 3.無人載具的無線路由器：透過網段管理，辨識接入裝置的網址或所在位置，可限制接入網路的裝置使用網域範圍。
- 4.地面閘道節點的動態目錄伺服器：以端至端的方式管制裝置登入的帳號/密碼及權限，管制用戶使用的服務選單或連線時間，WAN埠連接保密器。
- 5.後端平台伺服器與應用軟體：以端至端的方式管制裝置登入的帳號/密碼及權限，管制用戶使用的服務選單或連線時間，另外可以參考網路刷卡或網路銀行用戶登入，以電子信箱重新發送登入網址或綁定行動電話晶片、一次性簡訊、一次性語音密碼的方式，進行用戶登入身份的確認。

表 9 端至端裝置與用戶認證概念參考表

順序	參考模型	區分	裝備	終端裝置與用戶認證具體作法		裝備	區分	
7	應用層 Application	核心	人機介面 戰場管理 軟體	人機介面操作項目選單限制(角色) 指揮官介面選項 參謀介面選項 戰鬥人員介面選項	客製化行動裝置認證 1.裝置密碼2.指紋認證 3.臉部認證4.虹膜認證	平板	存取 指揮官／戰鬥員	
6	表達展示層 Presentation		加密式軟體(規則)/軟體版本定期與不定期更新					
5	會議交談層 Session		平台 伺服器	平台帳號/密碼 一次性限時密碼OTP 簡訊/語音/郵件/重新發送連結網址	晶片SIM 權杖認證	終端用戶 行動裝置 智慧型手機 筆記型電腦 平板 (指管軟體) (部隊動態)		
4	傳輸層 Transport		閘道節點 伺服器	AD動態目錄伺服器/DNS網域伺服器 (授權/規則) 防火牆/檢疫伺服器 用戶網路登入身份/帳號/密碼	行動裝置管制系統MDM 1.MAC裝置綁定2.GPS作業營區綁定 3.任務模式作業時間綁定4.BNS綁定			
3	網路層 Network	分佈	無人載具	WAN廣域網路：靜態IP (含保密器/IPsec安全協定) VPN	LAN區域網路：動態IP (含保密器/WAP2-PSK/WAP3) VLAN	WIFI	分佈 無人載具	
2	資料鏈結層 Data Link			加密式 無線路由器 軍用保密器 隱藏位址	MPLS多協定標籤交換	加密式 無線分享器 軍用保密器 隱藏位址		
1	實體層 Physical			無線路由器	星鏈/EHF/SHF/4G/5G 動態頻譜/載波頻率/多工/編碼/碼率/碼率	無線分享器		
小結		1.裝置認證：由客製化或裝置綁定的方式初步達成。 2.身份認證：由後端伺服器交叉詢問的方式達成。						

資料來源：作者整理繪製



結論

各式各樣無人系統及載具，未來將逐步運用於各領域並突破空間的限制，就其效益與優點來看，運用於延伸擴張通資系統涵蓋區與效能，勢必成為發展趨勢，可部署通資閘道節點建構一個網狀中繼通資平台，也可容納更多的傳感器和提供大量的戰場即時監視、偵察數據，作為人工智慧演算法或指揮官決策時的墊腳石，最後不論C6ISR樣貌如何發展，頻譜與網路仍是重要的整合核心，所以無人系統載具平臺將成為決定通資電戰力之關鍵。

參考文獻

- 一、安德魯-麥克費 Andrew McAfee、艾瑞克-布林優夫森 Erik Brynjolfsson 著，李芳齡譯，《機器 平台 群眾：如何駕馭我們的數位未來 Machine Platform Crowd：Harnessing Our Digital Future》(遠見天下文化，西元 2017 年 12 月)。
- 二、徐子軒，〈AI武器未來戰(上)：「殺手機器人」的禁令謬誤？〉《聯合新聞網轉角國際》，網址，https://global.udn.com/global_vision/story/8663/3514698，資料時間：2018.12.17，下載時間：2020.09.17。
- 三、徐子軒，〈AI武器未來戰(下)：「無人機」的新世界大戰？〉《聯合新聞網轉角國際》，網址，https://global.udn.com/global_vision/story/8663/3514700，資料時間：2018.12.17，下載時間：2020.09.17。
- 四、Army Capabilities Integration Center-Future Warfare Division, Operationalizing Robotic and Autonomous Systems in Support of Multi-Domain Operations White Paper (Fort Eustis, Newport News, Virginia：U.S. Army, 2018.11.30)。
- 五、楊雅筑，〈燃料電池助無人機搶攻商用領域〉《工業技術與資訊月刊339期 2020年04月號》，https://www.itri.org.tw/ListStyle.aspx?DisplayStyle=18_content&SiteID=1&MnnID=1036452026061075714&MGID-1071475257613254651，資料時間：2020.04.15，下載時間：2020.09.17。
- 六、王臻明，〈自動化與無人化的軍事革新：軍用無人載具的下一階段發展〉《聯合新聞網鳴人堂》，https://opinion.udn.com/opinion/story/120873/4494096?from=udn-referralnews_ch1008artbottom，資料時間：2020.04.20，下載時間：2020.09.17。
- 七、全球防衛雜誌，〈永不停歇的戰爭：網路駭客攻擊日常化與戰場電子作戰〉《聯合新聞網鳴人堂》，https://opinion.udn.com/opinion/story/120902/4687443?from=udn-referralnews_ch1008artbottom，資料時間：2020.07.09，下載時間：2020.09.17。
- 八、王臻明，〈新高地爭奪戰：美國太空部隊作戰理論與台灣不對稱防禦思維〉《聯合新聞網鳴人堂》，https://opinion.udn.com/opinion/story/120873/4841574?from=udn-referralnews_ch1008artbottom，資料時間：2020.09.07，下載時間：2020.09.17。

- 九、Flak聊軍事，〈美國空戰AI狂勝人類飛行員，「機戰未來」將成真？〉《聯合新聞網鳴人堂》，網址，https://opinion.udn.com/opinion/story/120746/4859384?direct?from=udn_ch2_menu_v2_main_index，資料時間：2020.09.15，下載時間：2020.09.17。
- 十、Flak聊軍事，〈高加索「無人機大戰」：無情擊潰亞美尼亞的新機戰未來？〉《聯合新聞網轉角國際》，網址，https://global.udn.com/global_vision/story/8663/4981729，資料時間：2020.11.10，下載時間：2021.06.13。
- 十一、Flak聊軍事，〈厄多安的空中槍騎兵：土耳其如何成就了「無人機強權」？〉《聯合新聞網轉角國際》，網址，https://global.udn.com/global_vision/story/8663/5642084，資料時間：2021.08.03，下載時間：2021.08.14。
- 十二、中華民國 110 年《四年期國防總檢討》編纂委員會著，中華民國 110 年《四年期國防總檢討》(國防部，西元 2021 年 3 月)。

作者簡介

王廣義士官長，陸軍通信電子學校技常班32期80年班、陸軍通信電子學校士高班2期、陸軍專科學校士正班13期。經歷：助教、管制士及修護士；現職為陸軍通信電子資訊訓練中心通信電戰組教官。