



淺析強化陸軍地面部隊野戰通信能力 之研究

作者/范一維、李建鵬

提要

- 一、科技發展改變了戰爭型態，大幅提升武器效能及戰場透明度，促使作戰領域多元且廣泛，而地面部隊機動、分散與欺敵等作戰需求，在在凸顯野戰通信能力之重要性。在複雜的戰場空間環境中，地面部隊實應運用多元通信技術，以取得宰制戰場之主動權。
- 二、行動通訊技術已從早期類比式語音演進至多工數據通訊模式，發展迄今逐漸朝向第六代通訊技術邁進。目前第五代通訊技術使用日漸普及，甚可結合低軌衛星應用在日常生活中各領域。將新式通信技術導入運用於陸軍通資系統，將可大幅增加我陸軍地面部隊作戰指管通聯手段，強化野戰通信之能量。
- 三、世界先進國家均已投入第五代行動通訊技術發展，結合中、低軌衛星通訊技術，並推廣至軍事領域運用，從中滿足各類型作戰需求。鑑此，我國亦應將新式通訊技術納入國防運用，藉此提升地面部隊作戰決策及戰場應變能力，進而取得防衛作戰之戰場優勢。

關鍵詞：行動通訊技術、低軌衛星、野戰通信

前言

從古時候戰爭開始，軍隊透過飛鴿傳書、驛站及烽火(狼煙)等方式進行命令傳遞，隨著各式通訊技術演進及發展，軍事方面的通信系統有了更多的選擇及運用方式，從最早摩斯電報到現代衛星通訊，通訊內容從文字發展到多媒體影像視訊，對於訊息傳輸之速度及頻寬亦越加重視。

通信係以支援作戰為目的，為維繫部隊及增進作戰效能之關鍵，對於地面部隊指揮管制作業來說，各部隊間的通信能力尤為重要。無論在軍事或非軍事行動中，複雜任務空間、極端戰場環境、分散兵力運用、多元且速度快的機動方式等，均為軍事通信技術發展之關鍵考量因素。而在軍事大國如美國、中共、俄羅斯及以色列等國家，均已將先進通信技術運用於指管通聯層面，以滿足作戰所需。

綜上所述，本研究期藉蒐整國內、外通信發展之相關文獻與最新資料等，



瞭解現今先進通信技術特點及其運用方式，分析出其對陸軍地面部隊野戰通信系統之優勢，並以地面部隊野戰通信能力及需求為前提，聚焦於旅級至作戰區層級之無線電通信探討，補強現有野戰通信能力之不足為立論基礎，探討運用先進通信技術於陸軍地面部隊野戰通信系統之必要及其適用性，最後期以本文研究成果，提出強化陸軍地面部隊野戰通信能力之策略芻議，俾供爾後建軍發展及科技研發參考。

新式通信技術發展及應用

蓬勃通信技術發展，已應用在日常生活中各個角落，而經過研究各國軍事通信系統得知，新式通信技術的導入及運用於陸軍通信系統，將可大幅增加我陸軍地面作戰通信聯絡之能量，針對潛在衝突，防患於未然。本研究主要聚焦於可應用於陸軍地面部隊野戰通信之科技技術，以第五代行動通訊技術及低軌衛星作為研究目標實施探討。

一、行動通訊技術發展研析

行動通訊技術從最早類比式通訊已演進至數位化時代，再到現今之網路世代，每一個世代(Generation)的行動通訊系統，都是結合當今最新技術並彌補前代系統之不足。

(一)第一代行動通訊(1st Generation, 1G)：

1G通訊最早起源於美國貝爾實驗室，為類比式行動電話系統(Advanced Mobile Phone System, AMPS)，惟因類比式通訊的雜訊多且保密性差，只要頻率相同，即可聽到對話內容，且手機價格不僅昂貴，尺寸也較大，推出不久後就被第二代行動通訊系統所取代。¹

(二)第二代行動通訊(2nd Generation, 2G)：

2G通訊係運用「分時多工(Time Division Multiple Access, TDMA)」及「分碼多工(Code Division Multiple Access, CDMA)」技術，係將語音訊號數位化後採用數位傳輸的技術，最高傳輸速率僅有14.4Kbps。然而隨著網路與多媒體語音之快速發展，2G通訊傳輸速率難以滿足使用者需求。²

(三)第三代行動通訊(3rd Generation, 3G)：

3G行動通訊技術採用蜂巢式通訊模式，主要運用「寬頻分碼多工(Wideband Code Division Multiple Access, WCDMA)」技術，此技術能同時傳

1 蘇俊吉，〈行動通信的演進歷程〉《科學發展月刊》，第513期，2015年9月，頁58-59。

2 吳其恩、陳志軒、謝泊頤、葉哲璋，〈5G行動通信技術發展〉《電工通訊季刊》(財團法人資訊工業策進會)，2017年12月，頁1。



送語音及數據資訊，以滿足網路及多媒體服務需求。³惟資訊科技進展飛速，使用戶對於網路服務的需求逐漸提升，也促使4G行動通訊迅速發展。

(四)第四代行動通訊(4th Generation, 4G)：

4G通訊主要運用「正交分頻多工存取(Orthogonal Frequency-Division Multiplexing Access, OFDMA)」技術，能把高速資料訊息轉換成平行且低速的子資料後，再利用子通道傳輸，因此有效提升了頻譜使用效率，也增加系統資料傳輸量。⁴4G與3G行動通訊主要差異在於可提供用戶較快速的寬頻網際網路服務與較低之傳輸延遲(通訊演進如圖1)。

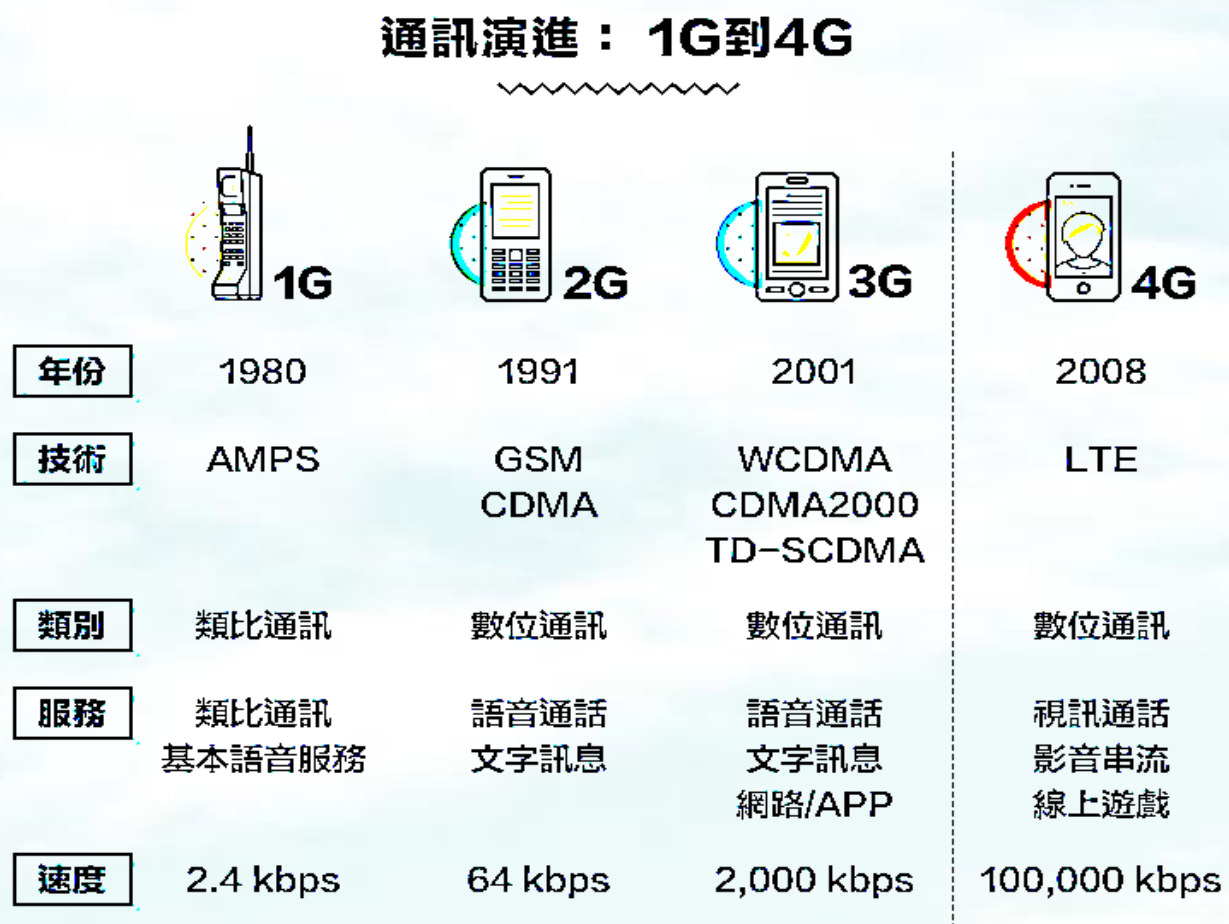


圖1 通訊演進：1G至4G示意圖

資料來源：<https://www.stockfeel.com.tw/%E8%BF%8E%E6%88%B0%E9%80%9A%E8%A8%8A%E6%96%B0%E4%B8%96%E4%BB%A3%EF%BC%8D5g%E7%AF%87/>
(檢索日期：2023年11月8日)

(五)第五代行動通訊(5th Generation, 5G)：

³ 同註1，頁59-60。

⁴ 同註1，頁60-61。



5G通訊係運用最新一代蜂巢式網路架構的通信技術，相較於3G是以營運商為中心、4G以服務為主(Service-Centric)之概念，5G系統則是以使用者為中心(User-Centric)。該技術可結合用戶需求及國家發展基礎設施，如運用在公共安全、遠距醫療、工廠自動化、視訊教學、智慧物流、物聯網等領域，讓生活更加便利並提升管理能力，其特性分別為「超高速度」、「超低延遲」、「超大連結」。⁵

1.超高速度：

增強行動寬頻上網，可以支援10Gbps以上的資料傳輸率與超大容量，可應用在傳輸全息影像、虛擬實境、擴增實境等資訊影像訊號。

2.超低延遲：

資料傳輸延遲在1毫秒(ms)以內，比4G快10倍以上，可應用於公共安全監控、工業自動控制等即時傳輸。

3.超大連結：

允許大量裝置連網通訊，可支援每平方公里100萬個以上的「節點(Node)」，節點是指可以連接網路的通訊裝置。

全世界多數先進國家均持續及積極發展5G行動通訊，我國亦於2019年釋出5G頻譜，故2019年被稱為「5G行動通訊元年」，其使用頻段區分為2種，分別為450MHz至6GHz的Sub-6頻段，以及20GHz到60GHz之毫米波頻段。⁶惟5G技術頻率高、波長短，致其信號衰減幅度大，因此傳輸距離較短；相較4G技術來說，相同的通信距離及範圍，5G通訊技術需運用更多高增益天線及微型基地台來進行訊號傳輸。目前我國國內5G通訊技術仍以Sub-6的低頻段為主。惟Sub-6頻段與現行應用頻段重疊性高，導致可用頻譜資源有限，而毫米波頻寬較廣、頻率較高且頻譜資源較充足，期望在未來完成建置後，提供更佳的用戶體驗。⁷

二、低軌道衛星發展

人造衛星依軌道高度區分為「高軌道衛星(High Earth Orbit, HEO)」、「地球同步軌道衛星(Geostationary Orbit)」、「中軌道衛星(Medium Earth Orbits, MEO)」及「低軌道衛星(Low Earth Orbits, LEO)」等4類(分類表如圖2)。

5 曲建仲，〈5G 技術大補帖〉《科學月刊》，第607期，2020年7月，頁22-23。

6 胡又川，〈5G行動通訊對陸軍通資運用之啟發〉《陸軍通資半年刊第139期》(陸軍通信電子資訊訓練中心)，2023年4月1日，頁58。

7 同註6，頁56-58。



⁸低軌道衛星運行於距地約為500至2,000公里之軌道，因離地球表面較近，故資訊傳輸延遲較低且速度較快，主要應用於通訊、氣象及國防領域。

隨著科技不斷進展，人造衛星開始朝向低軌道應用，在其通訊衛星部分，國際各大企業也陸續投入，其中美國SpaceX公司所屬的「星鏈(Starlink)計畫」為低軌道衛星系統的領頭羊。⁹而目前全球在低軌道衛星的發展以美國SpaceX公司、Amazon公司、歐洲通信衛星集團及加拿大Telesat公司等4家公司為主(如圖3)，目標皆是建置各自的衛星網路。

(一)星鏈(Starlink)計畫：

美國SpaceX公司負責人馬斯克於2015年1月提出「星鏈計畫」，預劃發射41,926顆低軌衛星，到2024年6月衛星發射數量累計已達6,611顆。¹⁰星鏈計畫中，衛星最低層的高度僅340公里，較一般之低軌衛星還低。而其中層高度位於550公里、高層位於1,100公里範圍。預計於2027年完成全星系網路布建。其特殊運作原理主要是利用「雷射」在4顆衛星間構成通信通道之鏈路後，再將訊號傳送回地球的地面站臺，站臺與每顆衛星進行通信傳輸時間只有4分鐘左右，但當一顆衛星超過天線之接收範圍時，另一顆衛星會接續補上，所以每4分鐘會切換一次衛星以繼續進行通信，維持訊號傳輸不間斷。¹¹

2022年2月24日俄羅斯入侵烏克蘭並關閉烏克蘭所使用的地面行動電話及網路服務後，馬斯克即表示「星鏈」將為烏國提供服務，以維持烏克蘭的通信、資訊以及情報能力。除了援助烏克蘭外，星鏈計畫亦搶佔陸上交通、海上船舶及物聯網路等行動載具通訊設備服務，也是目前四大巨頭中，唯一針對終端消費者提出商務服務方案的低軌衛星營運商，且星鏈計畫亦於2023年9月27日與美國防部簽約，提供美軍通信所需服務。¹²

(二)一網(OneWeb)計畫：

低軌衛星發射數量第2多的是一網(OneWeb)計畫，OneWeb計畫原由英國政府和印度電信公司(Bharti)共同營運，迄2023年3月26日為止已完成發射初期部署的716顆低軌衛星，2023年9月成為了歐洲通信衛星集團子公司，預計

8 維基百科，〈人造衛星〉，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E4%BA%BA%E9%80%A0%E8%A1%9B%E6%98%9F>，(檢索日期：2023/12/17)。

9 鍾銘泰，〈國際低軌衛星發展與太空新秩序概覽〉《臺灣經濟研究月刊》(臺灣經濟研究院) 第 45 卷第 4 期，2022 年 04 月，頁 114。

10 Star Walk 2，〈如何看到星鏈衛星“列車”〉，<https://starwalk.space/zh-Hant/news/spacex-starlink-satellites-night-sky-visibility-guide#starlink-8-82024>，(檢索日期：2024/6/14)。

11 跨元探索，〈StarLink遊戲規則與通訊原理〉(跨元通訊)，2022/10/16，<https://vocus.cc/article/634b6c98fd897800011c3d08> (檢索日期：2024/1/24)。

12 維基百科，〈星鏈〉，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%98%9F%E9%93%BE>，(檢索日期：2024/4/11)。



於2024年底訊號可覆蓋全球。其衛星高度主要分布於1,200公里上下，星系採兩階段建置，第一階段衛星數為716顆，第二階段為6,372顆，應用方向及布局重點以電信服務、醫療院所及航運為導向。¹³本計畫通信架構為每顆衛星搭載兩組可調向的天線，其中一組為主用天線，另一組則為備用(切換)天線，只要地面站臺之天線仰角大於55度以上，即可與該顆衛星進行通信。¹⁴

OneWeb計畫主要用戶以企業及政府為主，服務範圍已擴及加拿大、阿拉斯加、格陵蘭、北歐等國家，¹⁵傳輸速率為200Mbps下載速度和50Mbps上傳速度。而我國中華電信亦於2023年11月15日宣布與OneWeb計畫簽署低軌衛星代理合約，規劃強化中華電信網路傳輸韌性，整合備援措施，並積極布建國內、外衛星終端設備站及建立行動基地台，以支援政府指揮系統。¹⁶

(三)Kuiper計畫：

美國Amazon公司的Kuiper計畫初始申請獲准衛星數量為3,236顆，其中784顆分布於距地球590公里，1,296顆位於610公里處，1,156顆分布於630公里處，服務範圍預計在北緯56度到南緯56度之間，主要應用為家庭寬頻與行動寬頻。¹⁷Kuiper計畫目前已於2023年10月6日發射2顆試驗衛星至500公里的太空並成功建立連線，預計在未來6年內完成衛星部署並建立高速之寬頻網路，以提供用戶高速的網路服務。¹⁸另外除了提供連網服務，Kuiper與Amazon公司旗下計畫之整合，如Amazon Prime Air(無人機配送)或Amazon Scout(自動物流配送)也備受關注。¹⁹

(四)Telesat計畫：

加拿大Telesat公司起步較慢，該公司於2018年初發射第1顆低軌道通訊衛星且完成連線測試，並規劃於2025-2026年發射198顆衛星，主要提供服務對象為企業用戶。²⁰Telesat計畫與加拿大政府有密切合作關係，初期由加拿大

13曾巧靈，〈國際低軌衛星應用與營運商發展動態〉《產業研究報告》(資訊工業策進會)，2021年7月，頁10。

14《Telesat、OneWeb及Starlink三個全球帶寬帶低軌衛星座系統的技术對比》(36Kr)，2020/11/25，<https://ppfocus.com/0/as77058f8.html>，(檢索日期：2024/1/24)。

15Lisa & May，〈OneWeb 佈建低軌衛星瞄準企業及政府衛星服務商機〉(科技產業資訊室)，2021/7/9，(檢索日期：2024/1/27)。

16中央社，〈低軌衛星落地臺灣！中華電與OneWeb簽約 估明年訊號覆蓋全臺〉《工商時報》，2023年11月15日，<https://www.ctee.com.tw/news/20231115701633-430502>，(檢索日期：2023/12/18)。

17同註13，頁12。

18Cool3c，〈Amazon版星鏈Project Kuiper測試衛星發射成功，2024年陸續發射低軌衛星、2024年底提供Beta版衛星寬頻服務〉《yahoo!新聞》，2023年10月13日，<https://tw.news.yahoo.com/amazon>，(檢索日期：2023/12/18)。

19陳怡如，〈低軌衛星商機臺灣吃得到〉《工業技術與資訊月刊》(工業技術研究院)，第367期，2022年10月，頁28。

20Wikipedia，〈Telesat〉，<https://en.wikipedia.org/wiki/Telesat>，(檢索日期：2023/12/18)。



政府出資6千5百萬美元用以研發及部署衛星，爾後計畫10年內補助4.5億美元用於偏鄉地區連網需求，期於2026年達到全國95%的家庭，連網速率達到50Mbps下載及10Mbps上傳之目標。另於加拿大建立衛星供應鏈，以企業市場需求為發展導向，主要運用在空運、航運及行動通訊，進而發展航太產業。²¹

軌道衛星分類				
	高橢圓軌道衛星 (HEO)	地球同步軌道衛星 (GEO)	中地球軌道衛星 (MEO)	低地球軌道衛星 (LEO)
高度 (距離地球)	3.6萬公里以上	約3.6萬公里	2,000至1.5萬公里	500至2,000公里
用途	技術開發與觀測	衛星電視轉播、廣播	GPS 導航、定位	通訊、遙測、導航、氣象、科學探索和國防
成本	高	←—————→		
年限	高	←—————→		

圖2 衛星軌道分類圖

資料來源：「低軌衛星商機來了！臺灣砸650億拚自製相關布局、概念股四大觀念一次看」(經濟日報)，[https:// money.udn.com/money/story/5612/7542077](https://money.udn.com/money/story/5612/7542077)，(檢索日期：2023年12月17日)。

低軌衛星四巨頭				
	馬斯克 SpaceX	亞馬遜 Project Kuiper	英國衛星供應商 OneWeb	加拿大 Telesat
預計商轉年分	2022	2025	2021	2023
客群	全球	衛星、通訊服務	北歐、五眼聯盟 (政府)	企業用戶
目標衛星數量	30,000顆	3,226顆	648顆	198顆
進度	近5,000顆低軌衛星營運，全球超過100萬名	10月6日發射第一波衛星拚2023年底提供服	2023年9月與歐洲通信衛星公司Eutelsat合	2025年第三季發射第一顆衛星，拚2026年

圖3 低軌衛星四巨頭

資料來源：「低軌衛星商機來了！臺灣砸650億拚自製相關布局、概念股四大觀念一次看」(經濟日報)，[https:// money.udn.com/money/story/5612/7542077](https://money.udn.com/money/story/5612/7542077)，(檢索日期：2023年12月17日)。

²¹同註13，頁11。



三、應用效益分析

(一)第五代行動通訊技術

5G行動通訊技術不再只是專注於個人行動裝置的使用體驗，而是強調如物聯網般大量機器間之「通聯」，如日本電信業者NTT DoCoMo於東京奧運期間，與英特爾(Intel)在會場架設5G網路，讓觀眾可看到360度全景8K畫質、結合AI分析和3D視覺動畫的即時直播。將5G通訊技術部署至軍事通訊系統中，可使所有戰鬥人員、載具及無人系統之間都建立聯繫，其優點：

1.強化指管效能：

目前我國各軍兵種均使用自己的通信系統和平台，導致訊息及敵情無法即時互通共享。利用5G通訊技術，陸、海、空三軍之監偵情報資料能統一傳輸至指管中心，指揮官能根據需求選擇和切換所需情報，使能確實掌握戰場景況與即時下達指揮命令，另能藉由科技完成指揮系統化，發揮訊息共享機制，以強化「協同作戰」與「聯合作戰」之指管效能。²²

2.減少通信盲區：

5G技術須建置大量微型基地台，使訊號涵蓋各角落，並可配合各類載具(如戰術車輛、無人機)結合成立整體通信網，以增加運用彈性，藉由龐大基地台數量與綿密的訊號覆蓋率，可維持通信狀況穩定及提升通信傳輸容量，可大幅度消弭城鎮作戰之通信盲區。衛星通信亦是5G通訊的路由選項之一，只要與衛星傳輸路徑達成構連，即可獲得良好之跨視距通信訊號，即便身處山區或外、離島，亦或是受天災影響，均能迅速恢復通聯。²³

3.靈活戰術運用：

現代戰爭中，武器系統精確打擊和裝備維修、補給，決定軍隊的戰鬥力。利用5G技術特性，可使用無人機實施偵蒐及攻擊、運用無人駕駛的戰甲車戰鬥等以減少傷亡，或藉由5G高速網路實施後勤物流管制，以加速後勤補給作業流程；另可在戰場救護中，亦可利用機器人手術平台為傷員提供醫療以及後勤部門遠端控制無人運輸車隊，實施戰場物資補給，²⁴靈活支援各項戰術運用之通信需求。

(二)低軌道衛星

為因應現今高效性通訊傳輸頻寬與速率之需求，低軌衛星通訊技術前

22龍凱鋒，〈5G時代，軍事領域將會發生怎樣的革命？〉《kknews》，2019/2/11，<https://kknews.cc/finance/b5qm66j.html>，(檢索日期：2023/12/18)。

23同註6，頁72。

24曾柏元，〈從5G通訊技術探討軍事應用之研究〉《陸軍通資半年刊》(陸軍通信電子資訊訓練中心)第136期，2021年10月1日，頁44。



景甚佳。²⁵低軌衛星技術具備高傳輸、低延遲、全覆蓋的優勢，且不受地形、地貌限制，以往一般通信系統無法通達之地區(如山區、叢林等)，都能接收衛星訊號實施通聯及進行數據傳輸；低軌衛星初期布局構想，大部分是為了偏鄉、島嶼或極端氣候等網路基礎建設不易的區域提供通訊、連網服務。近年來，低軌衛星開始使用在軍事作戰，如烏俄戰爭初期支援烏克蘭作戰的星鏈計畫。運用優點：

1.提供良好通信品質：

陸軍地面野戰部隊負責灘岸殲敵及縱深作戰階段的主力打擊部隊，作戰地區多為城鎮戰或山地、叢林戰鬥，傳統通信多運用不易。而利用低軌衛星作為通訊通道，可不受地形、地物及通信距離限制，只要能接收到衛星訊號，就可提供航空器、車輛、無人機等載具以及野外作戰部隊間良好通信品質，以利作戰任務之達成。

2.掌握即時戰場景況：

現代戰爭節奏快，戰況是瞬息萬變，前方第一線部隊、砲兵觀測所及前方、側翼警戒部隊若偵獲敵軍相關情報，則可利用低軌衛星資訊傳輸速度快及延遲性低等特性，即時回傳監測圖像及目標情報資料，以提供指揮官下達決心。

3.強化部隊監偵優勢：

可運用低軌衛星系統，對作戰重點地區實施24小時監控，並回傳至作戰指揮所實施敵情分析，進一步強化我軍部隊監偵優勢。另可利用衛星群，提升裝備及載具導航的抗干擾能力及定位精確度，以提升作戰效能。

低軌衛星因單顆衛星覆蓋區域較小，如需要做到全球覆蓋就得發射大量的衛星群，惟低軌衛星平均壽命較短，約3至5年即失效需重新發射布建，故所需耗費之投資成本相對較高。²⁶然低軌衛星帶來的通訊模式，提供比地面通信更穩定之通達率且不易受干擾，其效益凸顯低軌衛星運用之必要性，使各國政府均積極投入部署低軌衛星。

地面部隊野戰通信需求研析

一、美國及中共野戰通信系統能力探討

25 胡恆鳴、張百荃、邱曉蕊、周敬淳、許崇仁，〈6G 低軌衛星通訊系統之挑戰〉《電腦與通訊》，2021/9/24，<https://ictjournal.itri.org.tw/xcdoc/cont?xsmsid=0M236556470056558161&sid=0M257423363508121253>，(檢索日期：2023 年 12 月 18 日)。

26 黃天成，〈從新興科技應用探討國軍聯戰指管系統精進策略之研究〉《空軍學術雙月刊》(空軍司令部) 第 694 期，2023 年 6 月，頁 125。



所謂「作戰靠指揮、指揮靠通信」，作戰要取得勝利，除了強大火力外，首先要主宰戰場。而獲得主動權關鍵就在通信系統能否有效支援作戰，在戰爭初期能及時回饋前方戰線景況，供指揮官下達決心，掌握主動。以下就美國及中共野戰通信系統能力探討。

(一)美軍野戰通信系統

美軍所發展的通信技術及裝備一直居於世界領先地位，其野戰通信系統建置係以通信轉型和技術裝備快速革新為主軸，以達快速適應戰場之目的。

1.戰略通信系統：

美軍戰略通信主要職責是保障美國總統、國防部長與參議會、各軍種指揮部、九大聯合司令部、情報機關、軍事基地和各部隊之間通信聯絡暢通，以確保最高指揮機構對全球美軍指揮和控制，區分為國防通信系統、國防衛星通信系統及最低限度緊急通信網(MEECN)等三大通信系統。²⁷

2.戰術通信系統：

戰術通信系統一般是指各級部隊使用的通信系統，提供作戰所須之通信聯絡。美軍主要使用的野戰通信系統有獵鷹(Falcon)戰術無線電、單通道地面與機載無線電系統(Single Channel Ground and Airborne Radio System, SINCGARS)、聯合戰術無線電系統(Joint Tactical Radio System, JTRS)及戰術衛星通信系統。²⁸

(1)獵鷹(Falcon)無線電：

型號主要為「FalconII」和「FalconIII」，「FalconII」可實施地對地及地對空通訊，而「FalconIII」是具有加密能力的「軟體定義無線電系統(Software Defined Radio, SDR)」，可適應各型無線電機的通聯，並具有網路連線能力，用於構建美軍資訊化戰場，包括超高頻(UHF)地對地視距通訊、近距離空中支援和戰術衛星通訊服務。²⁹

(2)單通道地面與機載無線電系統(SINCGARS)：

使用調頻技術VHF頻段無線電，頻率範圍為30至88MHz之間，具有2,320個頻道，各頻道間隔25kHz，可在定頻或跳頻模式下運行，並能與所有當前美軍和盟軍VHF/FM無線電相容構聯。主要為美軍旅、營及連級以下單位作

27朱吉勝，〈淺談美軍通信系統〉《大陸人民武裝警察部隊工程大學部》，2020/12/19，<https://www.youmelive.com/junshi/134282.html>，（檢索日期：2023年12月19日）。

28未來智慧實驗室，〈美軍軍事通訊系統簡史〉<https://www.gushiciku.cn/pl/pXVX/zh-tw>（檢索日期：2023年12月19日）。

29Harris Corporation，〈HARRIS FALCON III AN/PRC-152A〉，https://web.archive.org/web/20210620172942/https://www.l3harris.com/sites/default/files/2020-07/cs_tc_datasheet_falcon-iii-an-prc-152a-wideband-networking-handheld-radio.pdf（檢索日期：2023年12月19日）。



戰提供視距通信，適合執行戰術任務的小部隊使用，是美軍在戰場前緣20公里範圍內指揮部隊之主要手段。³⁰

(3)聯合戰術無線電系統(JTRS)：

聯合戰術無線電系統是一種軟體定義無線電系統，為新一代無線通訊技術，美軍主要使用系統之一，具有「擴充彈性」、「多傳輸調變模式」、「多頻段」及「網路化」等優點。美軍利用聯合戰術無線電系統，並結合「戰術資料鏈路(TDL)」進行數據傳輸，統合運用陸、海、空三軍之兵、火力遂行網狀化聯合作戰，亦是數位化戰場中通信聯絡的主要手段，在與其他無線電系統整合運用上更具靈活性(如圖4)。³¹

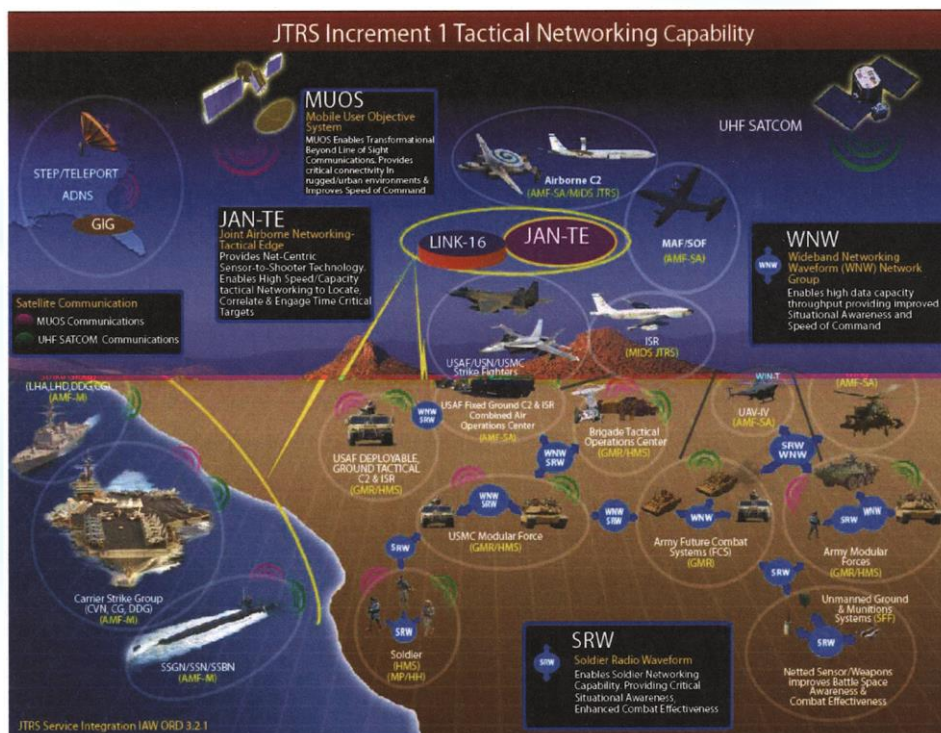


圖4 美軍JTRS聯合作戰運用概念示意圖

資料來源：“JOINT TACTICAL RADIO SYSTEM - Empowering the Warfighter for Joint Vision 2020”, Bryan Kimura, Carl Carden, Dr. Richard North Joint Program Executive Office, Joint Tactical Radio Systems San Diego, p.1.

(4)戰術衛星通信系統：在戰場上地面戰術通訊網無法滿足美軍地面部隊高機動性，衛星成了最重要的通訊手段之一，因為衛星覆蓋面廣，三顆地球同步衛星就可以覆蓋全球，幾乎不存在通訊盲點。美軍戰術衛星通信系統體

30王清安，〈淺析美陸軍多領域作戰通資系統運用對我陸軍通資系統發展之啟示〉《陸軍通資半年刊第140期》(陸軍通信電子資訊訓練中心)，2023年10月01日，頁27-28。

31李書全，〈聯合戰術無線電發展與運用之研究〉《陸軍通資半年刊第136期》(陸軍通信電子資訊訓練中心)，2021年10月01日，頁60-61。



系龐大，計有「國防衛星通訊系統(Defense Satellite Communications System, DSCSIII)」、「超高頻後續衛星系統(UHF Follow-On Satellite, UFO)」、「軍事衛星系統(Milstar)」、「全球廣播服務(Global Broadcast Service, GBS)」等4種。目前美軍衛星系統建設正處於更新階段，新一代衛星通信系統的頻寬、傳輸速率和波道數量將大幅增長，而保密性、抗干擾性、低截獲率和頻段範圍等也將全面提升。³²

(二)中共野戰通信系統

中共領導階層相當關注解放軍通信系統的建設，現代化戰爭皆為聯合作戰，而構建聯合作戰的基礎在於通信系統的建立，武器裝備資訊化、體系化和一體化，是現代武器裝備發展趨勢，也是資訊戰爭時代的潛在要求。³³

1.動中通通信：

動中通是「移動中的衛星地面站通信系統」簡稱，運用層級由戰區至排級部隊均能使用。透過動中通系統，各式車輛、艦艇、飛行器等載具在運動過程中可及時同步衛星平台，不間斷傳遞語音、數據及影像等訊息，以滿足各種應急通信和移動條件下的通信需要。動中通指揮站能當作衛星通信指揮及控制網路之一部分，天線罩安裝在車頂，指揮站由衛星通信、天線控制、視訊會議、監視系統、VoIP電話和電源等子系統組成。動中通車輛能作為單獨機動指揮站，或當做C⁴I終端傳送語音和數據至指管中心，亦能讓部隊在戰場中交換訊息以及接收指揮部的命令，以達資訊化之目的。³⁴

2.天狼系統：

中共自主研發「天狼空天地一體化」指揮系統是以綜合指揮車為搭載平台，整合各類技術資源，整合北斗衛星定位系統、通信系統、軍事裝備等，透過技術整合，達到訊息共用，提升空天地一體化指揮之目的。³⁵天狼系統主要組成爲北斗衛星定位系統、衛星通信系統、無人機系統、單兵無線電系統、電子圍欄系統、警務查報站系統及綜合指揮系統等，整合多種先進技術，利用了中共自主研發的北斗衛星進行定位及通信，打造空天地一體化的指揮平台。³⁶

32同註 28。

33曾子軒、李勝義、蔡蕙逢，〈淺談 21 世紀中國人民解放軍通信技術與運用思維〉《陸軍通資半年刊第 126 期》(陸軍通信電子資訊訓練中心)，2016 年 9 月 01 日，頁 56-57。

34同註 33，頁 61。

35〈打造空天地一體化綜合指揮系統通用平台〉《微信公眾平台》，2014/6/14，

http://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzA3ODMxNTIxMA%3D%3D&mid=200164675&idx=2&sn=a563863d9c65ea9b79939e99606cae5e&scene=1&from=groupmessage&isappinstalled=0#rd，(檢索日期：2023 年 12 月 20 日)。

36同註 33，頁 67-68。



圖5天狼系統通聯架構圖

資料來源：「打造空天地一體化綜合指揮系統通用平台」(微信公眾平台)，http://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzA3ODMxNTIxMA%3D%3D&mid=200164675&idx=2&sn=a563863d9c65ea9b79939e99606cae5e&scene=1&from=groupmessage&isappinstalled=0#rd，(檢索日期：2024年9月21日)。

3.神通系列衛星：

神通系列衛星是中共解放軍使用的寬頻戰略通信衛星，由中國空間技術研究院研製，為地球同步軌道衛星，主要使用在作戰部隊通信指揮，也可以提供無人機數據及指令。³⁷

二、地面部隊野戰通信需求研析

參考美國、中共兩國所使用之通信系統，可以得知現代先進國家所使用的軍事通信均朝向智能化作戰以及衛星通信發展，期能達到戰場無死角、通聯不中斷及快速適應戰場等作戰需求。

(一)邁向網狀化作戰，提升戰場存活率

美軍網狀化作戰為一種「資訊優勢」的作戰概念，在美軍所參與各項戰爭中，均以先進科技技術為基礎，結合戰場上之作戰基本單元，形成並組合

³⁷維基百科，〈神通系列衛星〉，<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A5%9E%E9%80%9A%E7%B3%BB%E5%88%97%E5%8D%AB%E6%98%9F>，(檢索日期：2024年4月10日)。



各類作戰網格(監偵、資訊及接戰網格)，達到建立戰場共同圖像與明確掌握敵我狀況。³⁸所有作戰單位需針對敵軍威脅與戰場景況，靈活運用作戰資源，增加殺傷力及存活率，並降低戰鬥風險與損害成本。對於陸軍地面部隊野戰通信方面，為了實施智能化作戰，可藉由5G行動通訊技術，利用其高速度、低延遲、大連結特性，增強戰場偵蒐能力，迅速獲取準確的戰場訊息，運用5G科技完成分散式指管，減少指揮層級，並發揮訊息共享機制，統一指揮作戰，提升戰場存活率。

(二)導入低軌衛星系統，延伸通信距離

美國、中共兩國之軍事通信系統均為多重混合網路，由地面通信網路，加上太空衛星的傳輸鏈路所構成。如烏俄戰爭初期，烏克蘭通信設施遭俄軍攻擊而中斷時，藉由星鏈計畫之低軌衛星系統始恢復其指管通聯，使得戰場指揮管制未因傳統無線電通信中斷而造成部隊失聯。地面部隊實施作戰時，常因地形、地物及通聯距離或敵軍攻擊影響而造成通信中斷。導入低軌衛星通信系統，可使地面部隊野戰通信不受各種地形、地物及距離限制，在傳統無線電無法涵蓋到的地區，如能接收到衛星訊號即能進行通信傳輸；通信衛星不易遭到敵攻擊及破壞，故將低軌衛星系統納入軍用通信發展運用，將有利於地面部隊作戰。

(三)運用動中通系統，強化戰場指通力

「動中通」功能可在部隊機動期間，利用「自動追星衛星天線」，精準保持天線指向，在高速移動中仍能持續追蹤衛星，並完成通信構聯。國軍維星系統即為一種動中通通信系統，惟該系統僅配賦於聯兵旅級以上單位，在作戰過程中，各營、連級部隊均不斷地遂行接敵運動，若能整合5G通訊及低軌衛星技術以發展更完整的動中通通信系統，提供營、連級部隊單位使用，則能在部隊運動過程中，利用動中通系統，即時傳輸語音、資訊數據以及影像訊息，將所接收之敵軍情報、戰場情報等資料，回傳各級指揮所，以供指揮官掌握戰爭動態，強化戰場指通力並靈活部隊運用。

陸軍地面部隊野戰通信能力精進建議

一、野戰通信現況分析

目前我國陸軍地面野戰部隊通信系統，以37C系列無線電機為主要通聯手段，輔以機動數位微波系統、陸區系統及維星動中通系統等，構建資訊化戰場

³⁸同註 26，頁 128。



，達到作戰全程通聯不中斷之目的。

(一)野戰通信能量探討：

1.無線電系統

(1)37C系列無線電系統：

我國陸軍地面部隊野戰通信主要依靠37C系列無線電機構成的無線電網絡，提供從作戰區、旅、營到連、排級間各階層的語音通聯，37C系列無線電機具有背負式及車裝式裝備，於部隊集結、機動及戰鬥間，可以利用其實施通聯。惟37C系列無線電機迄今已超過10年，其通聯品質常因裝備性能需提升，或遭地形、地物及建築物阻擋，而造成訊號衰減或無法構成通聯情形

(2)地對空無線電(RF-7850)

RF-7850為我國新式地對空無線電機，因現行地對空無線電機(AN/GRC-406)使用年限已逾30年，裝備出現性能不佳及消失性商源問題，故委由中科院籌購新式UHF通信裝備RF-7850M-HH，該無線電機具有調幅(AM)/調頻(FM)功能，可提供陸軍地面部隊對空軍及陸航之空中載具實施通聯。

(3)調幅無線電(PRC-174)

PRC-174系列無線電機為高頻(HF)無線電機，適用於中、長距離之通信運用。通常使用於旅級以上階層，並配合摩斯電碼及密碼譯電實施電報傳送。另也能運用PRC-174通聯距離較遠之特性，對我海軍艦隊實施陸海通聯，並佐以37C系列無線電系統形成複式配置，以有效掌握友軍動態。

2.陸區及機動數位微波系統：

陸區系統全名為戰術區域通信系統，為陸軍現用數據資料傳輸之通信網路，具備中繼及用戶終端加密功能，提供作戰區對所屬旅級單位的語音通信及資訊傳輸服務；³⁹另聯兵旅通資連具有機動數位微波系統，具保密、抗干擾及機動性強等特性，提供旅級對各營指揮所語音及資訊傳輸功能，可因應戰況，彈性運用點對點或點對多點方式開設，以利實施視訊會議及戰場景況回傳。⁴⁰陸區及機動微波系統可介接固定站台，始能使用其通信及資訊資源，故稱之為「系統」，讓用戶間能透過其通道相互聯繫。而在邁向資訊化現代作戰中，人事、情報、作戰、後勤及通資、政戰等資訊系統的上線運作，網路頻寬運用已達飽和狀態，為未來使用須關注之限制條件。

39陳勝昌、徐建安，〈GPS、GIS及GPRS結合於陸軍車載通訊系統之研究—以聯兵旅為例〉《國防雜誌第26卷第4期》(國防大學)，2012年8月，頁59。

40張良靖，〈陸軍機動指管及微波系統運用簡介〉《裝甲兵季刊第258期》(陸軍裝甲兵訓練指揮部)，2020年12月，頁46。



3.維星動中通系統：

現行衛星通信車為國軍第二代衛星通信系統，簡稱「維星系統」，此系統係運用地球同步軌道衛星，原則上只要在其涵蓋、接收範圍內均可通達，能大幅突破地形與距離限制，提供部隊語音、資訊、視訊等功能，並透過衛星通信傳遞指管、影像及情資。⁴¹然維星系統通聯頻寬不足，無法同時實施語音、資傳或資訊功能，且未配賦營以下部隊運用，無法發揮其完整指管效能。

(二)野戰通信使用限制：

1.通聯手段及備援措施不足：

我國地面部隊野戰通信能力方面，除37C系列無線電機可直接建立通聯系統，與所屬部隊建立指管外，其餘通信系統，如陸區、機動微波及維星系統，均無法在部隊機動或作戰過程中，有效提供地面野戰通信所需之指管通聯。故在我國陸軍地面作戰邁向機動化發展方向，通聯手段僅有37C系列無線電機能支持作戰，且在與其他系統構聯上存有限制及窒礙，無法有效銜接通聯間隙。隨著聯合兵種營將陸軍地面部隊，各步兵、砲兵及裝甲兵種，甚至無人機等納入營級所屬建制內指揮管制，應以多重備援通信手段來提高通信系統的可靠性，降低複雜電磁環境及天然災害之影響。

2.通聯品質受環境影響甚鉅：

面對複雜戰場景況，現行陸軍地面部隊野戰通信系統，通聯品質常因地形、地物或建築物阻礙而造成訊號衰退或無法構成通聯。以某旅屬聯合兵種營於臺南實施基地鑑測，營指揮所開設於營區內，部隊測驗於野外訓場(標高約68公尺)，通聯距離約3公里，卻需要架設中繼台方能實施通聯或於高、屏市區遂行城鎮戰鬥計畫演練，為確保通信暢通於高地架設中繼台，也受建築高樓遮蔽而形成通信盲區。

就通資立場而言，對於獨立遂行協同作戰之聯合兵種營，或戰術位置經常變換的砲兵部隊，確保其良好通信品質是達成作戰任務之關鍵，而克服環境影響是主要課題。

二、精進策略建議

近年來中共軍事武力持續發展及提升，共軍侵臺行動除了運用導彈等熱武器對我國基礎關鍵設施實施硬殺攻擊外，亦廣泛利用電子戰軟殺手段，對陸軍通信及指管系統實施偵蒐、干擾或破壞。鑑於各先進國家對於低軌衛星及5G行動通訊科技，均已積極朝向軍事領域面向發展及應用。我國長期面對中

⁴¹青年日報，〈【武備巡禮】國造衛星通信車 聯戰利器〉，2020/5/4，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1225608>，(檢索日期：2024/6/20)。



共軍事威脅，陸軍地面部隊更是防衛作戰的最後一道防線，應持續精進其指管及通信系統，完善指管情傳備援能力，以提升戰時野戰通信系統存活率，確保作戰任務遂行。本研究提出野戰通信精進策略建議：

(一)運用5G專網建構野戰通信地面網路

陸軍地面部隊野戰通信網路以37C系列無線電作為主要通信手段，惟因37C系列無線電容易受到地形、地物影響以及距離限制，將無法滿足戰場上高流量的情傳負荷。考量各項地面作戰任務，野戰通信需達到立體化、網狀化及資訊化之基本要求，方能應付未來高強度且複雜的戰爭。就陸軍地面部隊野戰通信而言，為達地面部隊指揮管制需求，建立高速度、低延遲、大連結的國軍5G行動專網，針對其重點防護地區及任務區域建置5G固定式基地台，並搭配車載式與可攜式之行動基地台，以構成軍事行動專網，並擴及軍用手機、平板等設備，輔以防火牆及用戶身分認證等嚴密資安管制措施，提供陸軍地面部隊野戰通信所需語音通聯及資訊資傳服務，不僅能成為野戰通信輔助傳輸手段，進而消弭通信不良地區，形成綿密通信網絡，增加通信指管效能。

(二)結合低軌衛星延伸通信傳輸距離

現代戰爭作戰半徑及範圍取決於通信指管的能力，而低軌衛星系統除有強化資通骨幹鏈路能力外，同時具有擴展通信指管之效能，達到延伸作戰半徑的目的。以臺灣本島地形而言，山脈丘陵眾多且市區高樓林立，雖對於無線電台建立良好的制高點，但對於地面部隊野戰通信視距傳播方式卻是不利無線電通信延伸的地形。以陸軍地面部隊野戰通信來說，若能與中華電信合作導入OneWeb低軌道衛星通信系統，並透過其作為通訊通道，運用高傳輸、低延遲、全覆蓋之優勢，可以不受地形、地物及通信距離限制，即使身處山區或叢林，仍可將敵方情資與訊息迅速發送至視距外之指揮中心，使指揮官能即時獲取前方戰場情資，以建立共同作戰圖像，滿足通信指管即時傳輸之需求。低軌道衛星通信系統是目前最有效率的通信手段之一，我國第一顆Beyond 5G通訊低軌衛星預計於2026年發射，⁴²藉由低延遲及高傳輸速率特性，使其可以讓偏遠地區或基礎設施無法到達的區域也得以使用網路，真正達到網路無遠弗屆之目標。

(三)建立多元通聯網路強化通信韌性

陸軍地面部隊作戰區指揮所乃至旅、營指揮所現行無線電通聯手段不足，若作戰指揮中心因遭攻擊而戰損無法運作時，預備指揮所應運用多元通聯

⁴²TASA國家太空中心，〈Beyond 5G LEO Satellite. 低軌通訊衛星〉，<https://www.tasa.org.tw/zh-TW/missions/detail/Beyond-5G-LEO-Satellite>，(檢索日期：2024年8月24日)。



手段遂行機動化部署，即時完成開設及作戰接替，強化通聯備援，增加通信運用手段。因此各級指揮所之建置，除考量通信備援措施複式配置、異地備援及分散部署等原則外；另逐步提升無線電系統性能及構型調整(軟體定義無線電)，並運用5G行動通訊技術及低軌衛星系統等科技來建立無線電及資訊系統，結合民間通信業者通訊資源，將其一併納入整體通信架構規劃，與現行通信系統、主官視訊及六碼軍線等通聯方式，構成多元通信備援手段，期使陸軍各型無線電於戰時能與友盟進行構聯，強化陸軍地面部隊作戰之韌性。

結論

隨著通信技術快速發展，軍事應用革新隨之展開，國防現代化已成為各部隊轉型趨勢，亦是國防建設的核心工作。現今各國軍事作戰均朝向「聯合指管」發展，在複雜戰場空間及任務環境中，靈活運用各項軍事通信技術，方能取得宰制戰場的主動權。

現代戰場網狀化資訊作戰，是決定勝負的關鍵所在，而通信及網路構連乃是資訊傳遞之最重要手段，因此若能維持指管機制暢通，對於守勢作戰的國軍來說，將能提供巨大優勢。

國軍未來建軍備戰上，對於5G通訊及低軌衛星技術導入及應用，更積極完成研擬與推動建置，其中包含掌控資安風險與威脅、積極參與5G通訊及低軌衛星等新式通信技術開發，同步規劃對應之國防政策作為等，期未來導入先進通訊技術與科技，以達獲取戰場先機與提升整體作戰優勢。

參考文獻

中文部分

一、期刊專題

(一)蘇俊吉，〈行動通信的演進歷程〉《科學發展月刊》，第513期，2015年9月，頁58-59。

(二)吳其恩、陳志軒、謝泊頡、葉哲瑋，〈5G行動通信技術發展〉《電工通訊季刊》(財團法人資訊工業策進會)，2017年12月，頁1。

(三)曲建仲，〈5G技術大補帖〉《科學月刊》，第607期，2020年7月，頁22-23。

(四)胡又川，〈5G行動通訊對陸軍通資運用之啟發〉《陸軍通資半年刊第139期》(陸軍通信電子資訊訓練中心)，2023年4月1日，頁58。

(五)鍾銘泰，〈國際低軌衛星發展與太空新秩序概覽〉《臺灣經濟研究月



刊》(臺灣經濟研究院) 第45卷第4期，2022年04月，頁114。

(六)曾巧靈，〈國際低軌衛星應用與營運商發展動態〉《產業研究報告》(資訊工業策進會)，2021年7月，頁10。

(七)陳怡如，〈低軌衛星商機臺灣吃得到〉《工業技術與資訊月刊》(工業技術研究院)，第 367 期，2022 年 10 月，頁28。

(八)曾柏元，〈從5G通訊技術探討軍事應用之研究〉《陸軍通資半年刊》(陸軍通信電子資訊訓練中心) 第136期，2021年10月1日，頁44。

(九)黃天成，〈從新興科技應用探討國軍聯戰指管系統精進策略之研究〉《空軍學術雙月刊》(空軍司令部) 第694期，2023年6月，頁125。

(十)王清安，〈淺析美陸軍多領域作戰通資系統運用對我陸軍通資系統發展之啟示〉《陸軍通資半年刊第140期》(陸軍通信電子資訊訓練中心)，2023年10月01日，頁27-28。

(十一)李書全，〈聯合戰術無線電機發展與運用之研究〉《陸軍通資半年刊第136期》(陸軍通信電子資訊訓練中心)，2021年10月01日，頁60-61。

(十二)曾子軒、李勝義、蔡蕙逢，〈淺談21世紀中國人民解放軍通信技術與運用思維〉《陸軍通資半年刊第126期》(陸軍通信電子資訊訓練中心)，2016年9月01日，頁56-57。

(十三)陳勝昌、徐建安，〈GPS、GIS及GPRS結合於陸軍車載通訊系統之研究—以聯兵旅為例〉《國防雜誌第26卷第4期》(國防大學)，2012年8月，頁59。

(十四)張良靖，〈陸軍機動指管及微波系統運用簡介〉《裝甲兵季刊第258期》(陸軍裝甲兵訓練指揮部)，2020年12月，頁46。

二、網際網路

(一)〈人造衛星〉《維基百科》，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E4%BA%BA%E9%80%A0%E8%A1%9B%E6%98%9F>，(檢索日期：2023/12/17)。

(二)〈如何看到星鏈衛星“列車”〉《Star Walk 2》，<https://starwalk.space/zh-Hant/news/spacex-starlink-satellites-night-sky-visibility-guide#starlink-8-8> 2024，(檢索日期：2024/6/14)。

(三)〈StarLink遊戲規則與通訊原理〉《跨元通訊》，<https://vocus.cc/article/634b6c98fd897800011c3d08>，2022年10月16日(檢索日期：2024/1/24)。

(四)〈星鏈〉《維基百科》，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%98%9F%E9%93%BE>，(檢索日期：2024/4/11)

(五)〈Telesat、OneWeb 及 Starlink 三個全球帶寬帶低軌衛星星座系統的



技術對比〉《36Kr》，2020/11/25，<https://ppfocus.com/0/as77058f8.html>，(檢
索日期：2024/1/24)。

(六)〈OneWeb 佈建低軌衛星瞄準企業及政府衛星服務商機〉《科技產業
資訊室》，<https://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=18014>，2021年
7月9日，(檢索日期：2024/1/27)。

(七)〈低軌衛星落地臺灣！中華電與OneWeb簽約 估明年訊號覆蓋全臺〉
《工商時報》，<https://www.ctee.com.tw/news/20231115701633-430502>，2023年
11月15日，(檢索日期：2023/12/18)。

(八)〈Amazon版星鏈Project Kuiper測試衛星發射成功，2024年陸續發射
低軌衛星、2024年底提供Beta版衛星寬頻服務〉《yahoo!新聞》，[https://tw.ne
ws.yahoo.com/amazon](https://tw.news.yahoo.com/amazon)，2023年10月13日，(檢索日期：2023/12/18)。

(九)〈5G時代，軍事領域將會發生怎樣的革命？〉《kknews》，[https://kk
news.cc/finance/b5qm66j.html](https://kknews.cc/finance/b5qm66j.html)，2019年2月11日，(檢索日期：2023/12/18)。

(十)〈6G低軌衛星通訊系統之挑戰〉《電腦與通訊》，[https://ictjournal.it
ri.org.tw/xcdoc/cont?xsmsid=0M236556470056558161&sid=0M25742336350812
1253](https://ictjournal.itri.org.tw/xcdoc/cont?xsmsid=0M236556470056558161&sid=0M257423363508121253)，2021年9月24日，(檢索日期：2023年12月18日)。

(十一)〈淺談美軍通信系統〉《大陸人民武裝警察部隊工程大學部》，[ht
tps://www.youmelive.com/junshi/134282.html](https://www.youmelive.com/junshi/134282.html)，2020年12月19日，(檢索日期：
2023年12月19日)。

(十二)〈美軍軍事通訊系統簡史〉《未來智慧實驗室》，[https://www.gus
hiciku.cn/pl/pXVX/zh-tw](https://www.gushiciku.cn/pl/pXVX/zh-tw)，(檢索日期：2023年12月19日)。

(十三)〈打造空天地一體化綜合指揮系統通用平台〉《微信公眾平台》，
[http://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzA3ODMxNTIxMA%3D%3D&mid=200164
675&idx=2&sn=a563863d9c65ea9b79939e99606cae5e&scene=1&from=groupme
ssag e&isappinstalled=0#rd](http://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzA3ODMxNTIxMA%3D%3D&mid=200164675&idx=2&sn=a563863d9c65ea9b79939e99606cae5e&scene=1&from=groupmessage&isappinstalled=0#rd)，2014年6月14日，(檢索日期：2023年12月20日)。

(十四)〈神通系列衛星〉《維基百科》，[https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7
%A5%9E%E9%80%9A%E7%B3%BB%E5%88%97%E5%8D%AB%E6%98%9
F](https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A5%9E%E9%80%9A%E7%B3%BB%E5%88%97%E5%8D%AB%E6%98%9F)，(檢索日期：2024年4月11日)。

(十五)〈【武備巡禮】國造衛星通信車 聯戰利器〉《青年日報》，[https:
//www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1225608](https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1225608)，2020/5/4，(檢索
日期：2024/6/20)

(十六)〈Beyond 5G LEO Satellite. 低軌通訊衛星〉《TASA國家太空中心
》，<https://www.tasa.org.tw/zh-TW/missions/detail/Beyond-5G-LEO-Satellite>，(



檢索日期：2024年8月24日)。

英文部分

一、官方文件

“HARRIS FALCON III AN/PRC-152A”, Harris Corporation, 2020/7, https://web.archive.org/web/20210620172942/https://www.l3harris.com/sites/default/files/2020-07/cs_tc_datasheet_falcon-iii-an-prc-152a-wideband-networking-handheld-radio.pdf。

二、網際網路

“Telesat”, Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/Telesat>。

作者簡介

范一維少校，陸軍軍官學校101年班、國軍電子戰正規班103年班、陸軍指揮參謀學院113年班。曾任排、營通信官、密碼官、旅通信官，現任八軍團通資組系統設計官。

李建鵬中校，中正理工學院電機系87年班、國管指參班101年班、國防大學理工學院資工所在職班108年班，曾任電子官、修護組長、通參官、科長、資參官、電戰官、教官。