

運用 5G 行動網路以強化國軍通信骨幹系統效能之研究

李建鵬^{1*} 高仲良²

¹ 國防大學管理學院

² 國防大學管理學院國防管理戰略班

論文編號：NM-43-01-9

來稿 2022 年 3 月 8 日→第一次修訂 2022 年 4 月 7 日→同意刊登 2022 年 4 月 22 日

摘要

國軍通信骨幹系統為國軍 C⁴ISR 指管系統情資傳遞主要傳輸平臺，近來發現國軍現用系統因設備本身頻寬與傳輸功能限制及消失性商源等問題，難以滿足未來數位化戰場高流量的情傳負荷。本次研究目的即藉由文獻探討及分析各國 5G 行動網路技術發展及其軍事應用，藉以提出我國運用 5G 行動網路強化國軍通信骨幹系統效能之建議策略，全球先進國家如美國、南韓及中國大陸等，均紛紛投入大量資源以強化 5G 行動網路在各領域的發展運用，我國亦持續推動 5G 行動專用網路建置，其專網具有獨立運作，不易受公共網路壅塞影響等特性，相對於我軍事通信運用之保密要求，更加凸顯有其發展的必要，5G 行動網路所帶來之傳輸速率與穩定效應，能獲得對戰場態勢的高度感知能力。建構低延遲、高效能及以 IP 應用服務為主體的 5G 行動通信網路，正可成為國軍現有實體骨幹系統「多元」及「備援」之傳輸手段。

關鍵詞：5G 行動網路、國軍通信骨幹系統、軍事運用

* 聯絡作者：李建鵬 email: zzleslie@gmail.com

Research on the Use of 5G Mobile Network to Strengthen the Performance of the R.O.C Forces Backbone Communication System

Lee, Chien-Peng¹ Kao, Zhong-Liang²

¹ Management College, National Defense University

² National Defense Management Strategy Class, Management College, National Defense University

Abstract

The R.O.C Forces backbone communication system is the main platform for transmitting the tri-service's C⁴ISR information. Recently, it has been found that the current system is difficult to meet the high-traffic transmission load of the future digital battlefield due to the limitations of the bandwidth and transmission functions of the equipment itself, as well as the disappearance of commercial sources. The purpose of the study is to discuss and analyze the development of 5G mobile network technology and its military applications in various countries through literature, so as to propose strategies for the R.O.C to use 5G mobile networks to strengthen the performance of the R.O.C Forces' communication backbone system. The world's advanced countries such as the United States, South Korea and Mainland China and other countries have invested a lot of resources to strengthen the development and application of 5G mobile networks in various fields. The R.O.C has also continued to promote the construction of a 5G mobile private network. Its private network has the characteristics of independent operation and is not easily affected by public network congestion. Compared with the confidentiality requirements of the R.O.C Forces communication applications, it is more necessary to develop. The transmission rate and stability effect brought by the 5G mobile network can obtain a high degree of awareness of the battlefield situation. The construction of a low-latency, high-efficiency 5G mobile communication network with IP application services as the mainstay can become one of the “multiple” and “backup” transmission methods for the existing backbone systems of the R.O.C Forces.

Keywords: The 5th-Generation Mobile Networks, The R.O.C Forces Backbone Communication System, Military Application

* Corresponding Author Email: zzleslie@gmail.com

一、緒論

1.1 研究背景與動機

現代化戰爭朝向立體化、數位化及網狀化等複合作戰模式發展，軍事通信結合行動網路的發展及運用甚為關鍵及重要，行動通信系統從第一代演進至第五代，從原本語音發展迄今包含多媒體服務的各式應用，傳輸速度與數據流量日益提升，現階段民間企業投資的規模、速度及運用，遠比國防軍事的調整與反應快，且蘊藏大量即時更新的資通處理能力。2020 年 10 月份美國國防部宣布注資 6 億美元於境內 5 個軍事基地，進行 5G 行動網路應用軍事試驗，測試 5G 在戰事中的潛在應用及聯繫能力(陳明陽，2020)；另在中國大陸《解放軍報》刊登的「讓 5G 為軍事賦能」文中提及：「在對抗激烈的戰場環境下，軍事通信網路可以透過融合 5G 技術大幅提升性能，進而大幅提升作戰的資訊化、無人化和智能化水平」(賈哲等，2019)，由此可知 5G 行動網路結合軍事運用為未來發展趨勢，將是世界各國均戮力突破及強化的方向。

資通電軍指揮部(以下簡稱資通電軍)主要任務係「國軍通信骨幹系統」維運工作，為我國軍事指管通資情監偵傳輸的核心，可支援三軍部隊平、戰時所需作戰指管電路。近年來，資通電軍也持續精進國軍通信骨幹系統之能量，運用現有光纖系統輔以微波系統建構全臺複式環路保護機制，致力於強化系統環路保護、提升存活率及增加傳輸頻寬及高交換能力，以確保國軍聯合作戰指管訊息傳遞及各項任務遂行。然隨著時代變遷，現代化作戰需要具備大頻寬、大流量及可即時掌握共同作戰圖像、指管情傳下達的網狀化指管平臺，導致現有國軍通信骨幹系統的傳輸容量已漸趨飽和，現階段國軍通信資訊系統作業有關問題，列舉如下：

(一)系統裝備使用欠缺靈活性：

國軍通信骨幹系統就像是軍中的電信服務業者，近年來雖致力在加強系統複式配置、備援環路保護及提升系統妥善率等工作已有成效，但使用者仍需在固定的區域或有線的環境下運用，尚無法達到即時傳遞、隨時可用的系統效能，導致影響作戰運用時效。

(二)頻寬不足亟待擴充：

隨著各軍種新式建案裝備陸續籌補到位及增加，對於指管資訊傳遞的品質、流量及需求也隨之大增，現有國軍通信骨幹系統頻寬容量、電路交換能力已顯不足，無法確實滿足未來作戰所需。

(三)系統功能未能與時俱進：

各軍種所使用之各式通資電系統架構複雜，國軍骨幹系統對於使用單位新增需求及需求單位的特性未能確實規劃，儘管需經過各層級的現地勘查、測試、分析、研討、試機及測評等，惟仍有許多功能無法符合用戶實際需求的問題。

爰上，未來在 5G 行動網路技術崛起的基礎下，結合國防資安、保密的一貫政策要求，建構符合軍事安全要求之 5G 行動軍事專用網路，用以強化國軍通信骨幹系統效能，將可有效提升國軍作戰指管的通資能量及傳輸效能。

1.2 研究目的

本研究主要藉由分析 5G 行動網路全球發展及運用現況，探討國軍通信骨幹系統目前運用實況能否與之相結合，並藉由 5G 行動網路的便利及大頻寬、低延遲等特性，規劃未來國軍通信骨幹系統建案或提升方向，研究目的如次：

- (一)藉由蒐集文獻，探討 5G 行動網路發展現況，分析各國 5G 行動通訊在生活及軍事上的運用。
- (二)探討 5G 於軍事應用的能力與優勢，分析國軍導入 5G 之效益。
- (三)提出運用 5G 行動網路強化國軍通信骨幹系統效能之建議策略，俾供國軍建軍整備參據。

二、5G 行動網路發展探討

2.1 行動通訊發展過程

國際電信聯盟(International Telecommunication Union, ITU)於 2015 年宣布將 IMT-2020 作為未來 5G 的技術標準，未來發展將匯集人、事、物、數據、應用、交通系統與智慧通訊環境城市(財團法人中技社，2019)，ITU 也針對 2020 年後的通訊願景，提出了增強型行動寬頻(Enhanced Mobile Broadband, eMBB)及低延遲通信(Ultra-reliable and Low Latency Communications, URLLC)、大規模物聯網(Massive Machine Type Communications, mMTC)等三大發展方向(呂錫民，2019)。

由於近年智慧型手機普及，改變人們的生活型態，連網流量需求大幅增加，驅使更多電信業者投入智慧物聯網服務研發以藉此開闢新戰場，可知未來行動網路通訊將擴展至人與物、物與物之間的通訊，除了傳輸速度和容量提升外，在可靠度、低延遲等網路品質需求皆須達到一定水準，以下針對各階段行動通訊技術發展過程(如圖 1)及差異(如表 1)分述如後。

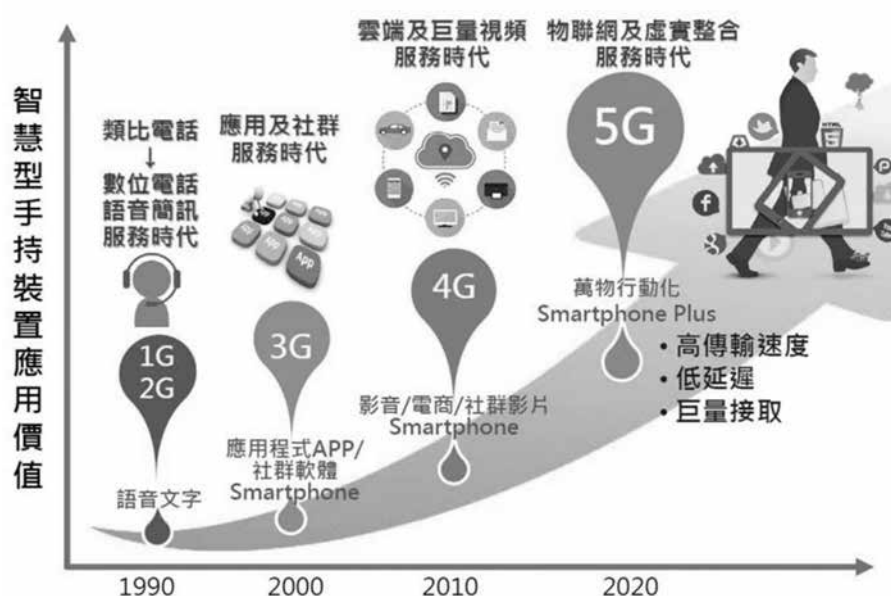


圖 1 行動通訊發展過程

資料來源：行政院臺灣 5G 行動計畫(2019)

(一)第一代(1st Generation, 1G)行動通訊

美國貝爾實驗室發展出為類比式的行動電話系統(Advanced Mobile Phone System, AMPS)之後，摩托羅拉公司於 1940 年為美軍製造手持式無線對講機，跨出了行動通訊使用的第一步，但因類比式的通訊保密性差、雜訊多且裝備體積較大，推出不久後就被採用數位技術的第二代行動通訊系統所取代(蘇俊吉，2015)。

(二)第二代(2nd Generation, 2G)行動通訊

2G 行動通訊技術主軸係將語音訊號數位化，2G 技術可分成兩類，一種是運用「分時多工」(Time Division Multiple Access, TDMA)所發展出來的系統為代表；另一種則是運用「分碼多工」(Code Division Multiple Access, CDMA)所發展出來的系統，皆採用數位傳輸的技術，語音品質與頻譜使用效率均較第一代行動通訊系統為佳，從 2G 行動通訊系統發展後，各國也開始採用全球行動通訊系統(Global System for Mobile Communications, GSM)作為統一遵循的標準。然而網路與多媒體的快速發展，最高傳輸速率僅有 14.4Kbps 的 2G 行動通訊系統已無法滿足需求(吳其恩等，2017)。

(三)第三代(3rd Generation, 3G)行動通訊

3G 行動通訊技術是指高速資料傳輸的蜂巢式行動技術，且能夠同時傳送語音、數據及資訊，主要使用「寬頻分碼多工」(Wideband Code Division Multiple Access, WCDMA)技術所發展出來的系統。3G 行動通訊技術除了語音支援外，系統還提供更多寬頻應用模式，包括數據上網和多媒體服務，3G 傳輸速率最低約 384Kbps，最高可達 7.2Mbps，3G 行動通訊開啟了智慧型手機時代的來臨，也讓使用者對於網路服務的需求逐漸提升，也促使第四代行動通訊得以迅速發展(項立剛，2020)。

(四)第四代(4th generation, 4G)行動通訊

4G 行動通訊技術是 3G 技術之延伸，進一步解釋為 1G 是類比、2G 是數位、3G 是數據，4G 就是指高速的數據傳輸。4G 技術用戶在靜止狀態的傳輸速率可達 1Gbps，主要運用數位調變與正交分頻多工存取技術來達成語音通話、簡訊、電子郵件、視訊與數據影音串流等網路服務，把高速的資料信號轉換成並行、低速的子資料流程，並使其在子通道上傳輸。由於可以把許多子資料載到許多的子頻道上，因此有效地提升了頻譜的利用率，並增加了系統的資料傳輸量。4G 與 3G 行動通訊的差異主要是在提供用戶較快速的寬頻網際網路服務與較低的傳輸延遲(王廣義，2019)。

(五)第五代(5th Generation, 5G)行動通訊

5G 行動通訊運用最新一代蜂巢通信技術，相較於 3G 是以營運商為中心(Operator-centric)、4G 以服務為主(Service-centric)的概念，5G 系統則是以使用者為中心(User-centric)。5G 對於世界經濟的影響，就像是 19 世紀電力或汽車引入人類生活，結合用戶需求及社經發展基礎設施，讓人們生活更加方便、並提升社會管理能力，如運用在公共安全、智慧醫療、工廠自動化、智慧交通、智慧製造、智慧物流、萬物聯網等等，而 5G 行動網路更加強化了「無線傳輸速率」，具有頻寬大、連接性佳之特性，可大幅降低資訊傳輸往返延遲和能耗，且同時對認證授權、隱私保護、資料傳輸安全、網路架構和互通安全等進行了優化或增強(項立剛，2020)。

表 1 行動通訊發展演進及差異比較表

行動通信發展演進及差異						
類別	年份	頻率	峰值速率	通信技術	服務運用	特點
1G	1980	800-900 MHz	2 Kbps	分頻多工 FDMA	一般語音通信	1. 保密性不佳，系統容量受限 2. 類比，無法傳輸數據資料
2G	1990	850-1900 MHz	10 Kbps	分時多工 TDMA	簡訊數據部分上網	1. 保密性較佳 2. 系統容量可逐步擴充 3. 可傳輸部分數據資料
3G	2000	1.6-2.5 GHz	3.8 Mbps	分碼多工 CDMA	高速上網視訊	支援影像電話及多媒體服務
4G	2010	2-8 GHz	0.1-1 Gbps	正交分頻多工 OFDMA	視訊直播	具體實現高數據傳輸速率
5G	2020	3-300 GHz	1-10 Gbps	寬頻分碼多工 WCDMA	物聯網智慧生活	大數據、大流量、大頻寬，可靠度高、保密性佳

資料來源：作者自行整理繪製

2.2 全球 5G 行動網路競合發展

5G 行動通訊具有高頻寬、高可靠傳輸、低功耗與低延遲等特性，自 2019 年起隨著 5G 頻譜的釋出，包括中共、美國、歐盟及南韓在內之先進國家均積極設置使用規範與政策方向，連帶世界多國亦開始推展 5G 行動通訊，故可稱為「5G 行動通訊元年」。我國政府亦於 2019 年 5 月核定「臺灣 5G 行動計畫」，規劃投入 4 年約 204.66 億元，以創新、驗證及連結等策略，全力發展各式 5G 行動通訊加值服務及垂直應用服務，進而將臺灣塑造為適合 5G 創新運用發展的環境，以提升數位競爭力、深化科技產業創新，實現智慧生活(行政院全球資訊網，2020)。以下茲針對領先發展 5G 行動網路的國家簡要探討之(全球 5G 網路發展如圖 2)。



圖 2 全球 5G 行動網路發展

資料來源：參考行政院全球資訊網(2020)，作者自行整理繪製

(一)中國大陸

中共在《「十三五」規劃綱要》、《國家信息化發展戰略綱要》等規劃中對 5G 技術發展明確定位，要求成為技術領航、產業服務與應用的領先國家之一。中共「工業和信息化部」、「科學技術部」在 2013 年 2 月聯合成立「IMT-2020(5G)小組」，也是推動 5G 行動通訊技術研究和進行國際交流合作的重要平臺，其後陸續頒發《5G 願景與需求》、《5G 概念》、《5G 無線技術架構》及《5G 網路技術架構》等白皮書，其中《5G 無線技術架構》、《5G 網路技術架構》這兩部白皮書亦成為日後相關產業進行 5G 新型網路架構、基礎設施平臺，以及網路關鍵技術發展的明確設計原則和技術路線(劉宗翰，2019)。

截至 2021 年 9 月，中國境內開通 5G 基地站超過 115 萬個，占全球 5G 基站數 70% 以上，5G 網路覆蓋全國所有市級城市、97% 以上的縣級城區和 40% 以上鄉鎮(中國信息通信研究院，2021)。而且華為、中興通訊等廠商在 5G 主要技術領域中保持領先地位，中共傾全國軍民融合政策之力協助，這比西方國家內部自我競爭和法律規範牽制的「市場經濟體制」更有效率，其發展方式為其帶來相對性的優勢。

(二)美國

美國聯邦通訊委員會(Federal Communications Commission, FCC)於 2018 年 9 月發布《美國 5G 科技加速方案》，包含投入更多頻譜進入市場、強化基礎建設及政策全面升級及提供更快速、低延遲的無限寬頻服務，並研擬監管法規編修更新，以強化 5G 投資創新(許祐寧，2019)。前美國總統川普於 2018 年 10 月簽署《為美國未來永續發展的頻譜戰略總統備忘錄》(Presidential Memorandum on Developing a Sustainable Spectrum Strategy for America's Future)，要求有關部會採取妥適且具彈性、可適性及可調整的頻譜政策，以加速其發展效率(陳思豪，2019)，美國續於 2020 年 3 月發布《國家安全 5G 戰略》，目標在符合美國安全和戰略利益之前提下，促進國內 5G 基礎設施發展及推廣、評估風險並識別 5G 技術的核心原則，進而有效管理因使用 5G 基礎設施對經濟和國家安全所產生的風險(阮運倩，2020)。

(三)歐盟

在「歐洲數位單一市場策略」(A Digital Single Market Strategy for Europe)政策之下，歐盟執委會(European Commission)於 2016 年 9 月提出《歐洲十億位元社會連結》(Connectivity for a European Gigabit Society)方案，以提升歐盟境內網路連結，主要內容包含規範歐盟境內電子通訊管理準則的《歐盟電子通訊規範指令》(European Electronic Communication Code)、擴大歐盟境內公共場所免費 Wi-Fi 接取連結的「Wi-Fi4EU Initiative」，以及激勵歐盟境內 5G 技術研發與投資的「5G 行動計畫」(5G Action Plan)等三大政策。

歐盟執委會制定 5G 行動方案的具體措施如協調歐盟成員國 5G 行動網路部署的發展時程和優先事項、促進主要城市地區和主要交通路線的早期部署、聯合主要參與者努力促進全球標準等，提供歐盟成員國發展 5G 技術所遵循的原則方向，並定下明確的推動目標與時程，確保歐盟的 5G 技術發展能緊隨全球領先集團的腳步(張腕純，2020)。

(四)南韓

南韓在 2018 年 6 月啟動底價高達 3.3 兆韓元，包括 3.5GHz 與 28GHz 兩頻段的 5G 頻譜拍賣，期望透過頻譜資源的釋出加速南韓 5G 商用進程。同時為了避免後續 5G 網路布建各項工程受到阻礙，更由政府協調地方自治團體與鐵路公社的設施管理機關需要義務提供光纖、銅導線、管線、電線桿、可支撐通訊裝備的支架、通訊機房、行動通訊中繼器、通訊電纜…等，以架設 5G 網路；且要求電信業者共享既有管線與電線桿、纜線等電信基礎設施外，未來也要合作共建，以有效利用資源並減少重複投資。透過頻譜釋出與基礎設施共享共建措施雙管齊下的方式，促使南韓 5G 網路的初期架設能順利進行，並達成全球最早商業化的目標(鍾曉君，2018)。

南韓在 2018 年 6 月完成 5G 頻譜競標，投入的標金高達 3.6 兆韓元(約 32 億美元)，同年，南韓電信(KT)在平昌市舉行的冬季奧運會期間展示了一系列的 5G 技術應用，包含同步視角、互動時間切片技術、360 度虛擬實境實況轉播及全景視角等，在收視轉播品質都回饋反應非常良好(陳芊儒，2018)。

(五)我國

行政院 2019 年核頒「5G 行動計畫」規劃在 2019-2022 年執行，其中載明期望以 5G 行動通訊帶動各式寬頻電信服務業者及創新應用服務發展(我國 5G 行動計畫部會分工表如表 2)。同年 6 月 NCC 通過《行動寬頻業務管理規則修正草案》，包含「釋出頻段頻寬」、「5G 基地台建設」、「資安防護」、「競標方式」與「執照使用期限等」等六大面向(行政院全球資訊網，2019)。針對共網、共建相關議題提出指導原則，包含完成基地台建設義務，2020 年 1 月中華電信、臺灣大哥大、遠傳、臺灣之星等各家業者在多回合競爭下，完成 5G 可用頻譜競標及取得頻譜資源供其發展運用(吳元熙，2020)。

表 2 我國 5G 行動計畫部會分工表

我國5G行動計畫部會分工表			
項次	主軸	子計畫名稱	推動部會
一	推動5G垂直應用場域(企業專網)實證	公私協力建置5G 應用實驗場域	經濟部 國發會 教育部
		以彈性管理規範加速5G 應用實驗	通傳會 交通部
二	建構5G創新應用發展環境	營造5G 創新創業友善環境	經濟部 國發會 國發基金
		培育5G跨域人才 建立5G創新應用標竿實例	教育部 科技部 經濟部
三	完備5G技術核心及資安防護能量	建立5G優勢核心技術 推動5G應用科技整合	經濟部 科技部
		打造5G資安防護機制 建立5G 安全防護能量	行政院資安處 經濟部 通傳會
四	規劃釋出符合整體利益之5G頻譜	完備5G頻譜政策	交通部 通傳會
		推動5G頻譜整備 完善5G頻譜釋照作業	通傳會
五	調整法規以創造5G發展有利環境	精進5G電信管理相關法規	通傳會
		精進5G資安管理相關法規及措施	通傳會

資料來源：行政院臺灣 5G 行動計畫(2019)

2.3 5G 專用網路政策與發展現況

「5G 專用網路」係因應特定目的、場域、獨立運作的網路型態，具安全性及專用性之特徵，其主要目的為鼓勵科技業者發展創新應用，與大範圍涵蓋應用的 5G 商用網路有些許差異，5G 行動專網可提供新興科技或技術如人工智慧(Artificial Intelligence, AI)與物聯網(Internet of Things, IoT)等應用整合平台，檢視專網所具備特性，很適合運用在軍事領域(鍾銘泰，2021)。

行政院於 2019 年 12 月就「我國 5G 頻譜政策與專網發展」報告案(5G 專網頻譜政策規劃如圖 3)，決定指配 4.8~4.9GHz 頻段內 100MHz 的頻寬以「專網專頻」方式獨立運作，作為我國 5G 專網頻譜，提供各界申請各種專網場域實驗(數位時代，2020)。截至 2020 年，NCC 核准 5G 專網實驗案例已達 16 件，其中包括 14 件應用場域規劃驗證(Proof of Concept, PoC)以及 2 件商業驗證(Proof of Business, PoB)。至於第二階段 5G 商用頻譜釋出時間以 3 年後為原則，在中頻的部分規劃以 4.4-5GHz 頻段為主，並朝向釋出 300MHz 頻寬供商用與企業專網頻譜分配使用為原則；另在高頻的部分則優先評估使用 37-40GHz 頻段，並依通傳會後續公告為主(張腕純，2021)。



圖 3 5G 專網頻譜政策規劃

資料來源：行政院 5G 頻譜政策與專網發展(2019)

各國政府積極推動「5G 專網」商轉規劃，即便推動方法不盡相同，但皆將 5G 發展視為國家重要的發展戰略，不僅攸關產業創新發展，更涉及國家整體競爭力，並透過 5G 技術提供具獨特性、可靠度高、覆蓋率高、高度客製化的網路服務。我國於 2021~2022 年逐步開放 5G 專網，尤其在智慧製造、醫療、物流及高科技產業，是我國推動 5G 企業專網非常重要的著力點。我國政府構思與擘劃適合 5G 發展的環境，並鼓勵企業積極部署 5G 行動通訊專網，提升生產力與營運效率，開發創新的產品與服務，成為我國經濟發展的新動力。5G 專網之好處為其具有獨立運作特性，不受公共網路容易壅塞影響，可確保感測設備聯網的通信品質，並且專網與公共網路實體隔離，可避免組織機敏資料外流，對於我軍事通信保密運用安全實有其必要性(鍾銘泰，2021)，茲針對 5G 專網的應用場域類型彙整如表 3。

表 3 5G 行動網應用場域類型

5G行動網應用場域類型		
類型	技術特點	適合應用
增強型行動寬頻通訊(eMBB)	• 傳輸速度提升至下行20Gbit/s、上行10Gbit/s • 無縫的傳輸體驗 • 較高的移動速度	適用於需要大頻寬傳輸的應用，如醫療影像、AR/VR、4K影像等串流(Streaming)服務
超可靠度和低延遲通訊(URLLC)	• 高可靠度 (錯誤率低於10⁻⁵) • 低時間延遲 (低於1毫秒)	適用於需要即時處理的相關應用，如工業自動化製造或生產過程的無線控制、遠程醫療手術、智慧電網配電自動化、運輸安全、無人駕駛
大規模物聯網通訊(mMTC)	• 連接大量元件設備，約每平方公里內有100萬個裝置的機械間通訊需求 • 發送數據量較低 • 傳輸資料時間延遲較高 • 低耗電、低成本	適合物聯網相關應用，如穿戴式裝置、智慧電網、智慧建築、智慧城市等

資料來源：作者自行整理繪製

國際行動網路標準組織(3GPP)將 5G 專網歸類為非公眾網路(Non-Public Network, NPN)並作出以下定義：「可供單位專屬使用，並同時利用虛擬與實體元件以多種組態進行建置。可布建為完全獨立之網路，或公眾電信網路(Public Land Mobile Network, PLMN)及藉由公眾電信網路切片提供非公眾網路的布建模式。」(國家通訊傳播委員會，2021)在這些模式中，與企業無關之未授權終端設備(User Equipment, UE)無法銜接私有網路，亦不可銜接企業內的終端設備，企業內的終端設備也無法連接未被授權之網路(行動專網布建模式如圖 4)。

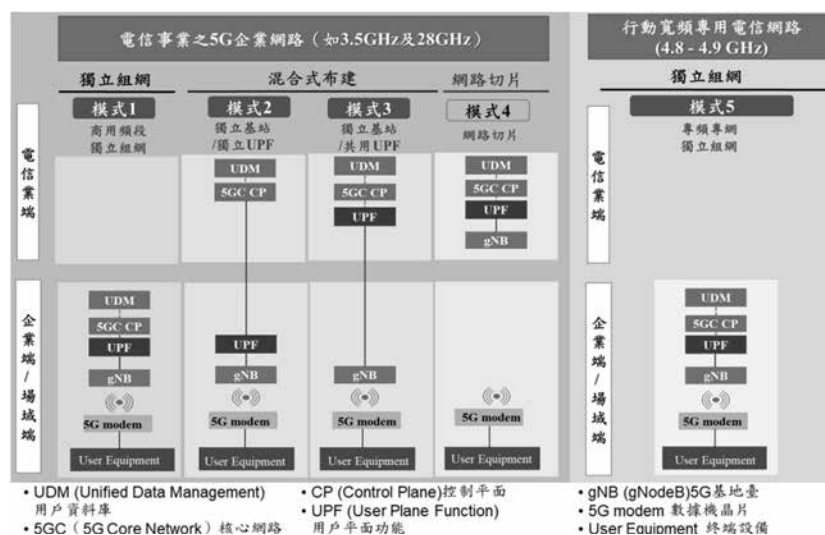


圖 4 5G 行動通訊專網布建模式

資料來源：國家通訊傳播委員會(2021)

2.4 美中 5G 行動技術之軍事運用

(一)美國

2021 年 4 月美國的國防雜誌《5G 能驅動軍事網路自動化》一文指出美軍網路服務著重於提高 5G 行動網路的使用效率和安全性，預期可達成軍事自動化發展的目標，提升美軍事裝備與其系統資料的即時傳輸。隨著各國對於 5G 技術的關切，美國愈加重視 5G 技術在國防領域和軍事建設的應用，5G 技術將有力推動未來美軍事網路及全領域戰爭所需裝備的發展(譚田天，2021)。美國 5G 行動技術之軍事運用列舉如下：

1. 美軍花費 220 億美元採購軍用「整合式視覺增強系統」(Integrated Visual Augmentation System, IVAS)頭盔(如圖 5)，其中 IVAS 頭盔裝置規格要求可顯示高解析度夜視、熱感測及穿戴式感測器數據，可支援戰場上情境感知、目標識別及軍事決策之用，士兵之間的通信依賴於佩戴或攜帶的行動通信設備。傳統的網路數據傳輸會消耗大量的能量，相反的 5G 通信技術則可以明顯降低數據傳輸過程中的能耗，並提高數據傳輸速度、無線通信設備的電池使用效率，進而保證士兵的戰場情報回報率，並同時整合所需資訊提供軍隊進行訓練。而擴增實境(Augmented Reality, AR)、虛擬實境(Virtual Reality, VR)、混合實境(Mixed Reality, MR)都將可以運用 5G 行動網路提供高速、低延遲網路，以支援資料互動及即時傳送高畫質延展實境(Extended Reality, XR)影像(秦中南等，2020)。



圖 5 美軍正在測試 IVAS 頭盔

資料來源：Digitimes(2020)

2. 美軍在猶他州希爾空軍基地(Hill Air Force Base)測試空中雷達系統與 5G 行動網路共存或共享頻譜，評估空中雷達系統與 5G 行動網路之間的頻譜干擾及交互影響，以評估兩者動態共存或共享頻譜的可行性。得標商運用建立可實地部署的設備與控制系統相關作業程序，以滿足 5G 行動網路跟空中雷達系統在共同運作與非共同運作條件下，能在部分或完全重疊的中頻段動態共存或共享頻譜(陳明陽，2019)。

- 3.位於加州聖地牙哥的美國海軍供應系統指揮部(Naval Supply Systems Command, NSSC)及喬治亞州奧爾巴尼的海軍陸戰隊後勤基地(Marine Corps Logistics Base, MCLB)，則聚焦於大規模的軍事後勤應用，並將 5G 技術運用在軍用智慧倉儲與後勤的資產管理系統，以突破現有後勤程序的限制，降低人力勤務造成的繁瑣程序，以及提升設備與補給的處理、管理、儲存、分配或運送等作業的正確性，並依物資消耗狀況作出預測，提前協調、組織和完成裝備物資的生產供應(陳明陽，2019)。

(二)中共

中共認為 5G 行動網路具備「強化軍事指管傳遞效能」、「落實通信保密」及「解決通信設備的電源能耗」等 3 項優點。「強化軍事指管傳遞效能」主要包含作戰全程的語音通聯、圖像及視訊傳輸，5G 行動通訊的頻寬與速度較 4G 更大、更快，可確保戰場高效的傳輸速度及品質；「落實通信保密」是使軍隊能擁有特定頻段，經由專屬軍用特殊頻段傳輸資訊可提高軍事通信的安全性；「解決通信設備的電源能耗」意指未來在 5G 行動網路運用的理想狀況下，可提高數據傳輸速率，且大幅降低數據傳輸過程中的能耗，提高無線電通信設備的電源使用時間及效能，確保戰場通信傳遞效率及持續性(楊仕平，2019)。

中共國防「信息化」的戰略意圖包括軍隊指揮自動化，5G 行動網路可通過更快、輔以穩定的傳輸能力，改善戰場資訊傳遞的即時性和整合性，並提供高速傳輸所需頻寬，以滿足戰場上運用網際網路和人工智慧發展的潛力，且有助於實現軍事領域智能化的願景。中共憑藉科技發展及共產體制政府主導一切的做法，這種軍民發展目標一致的「共合」作法使中共軍隊從民生經濟和基礎設施建設進程中直接受益，獲得比美國或其他潛在競爭對手更有顯著的資源優勢。其軍事應用摘述如後：

- 1.從意圖發展橫跨太空及網路空間的多維發展體系，建立整合資訊與通信架構的傾向檢視，即看出 5G 發展對於中共的重要及必要性。例如整合 5G 技術和北斗衛星導航系統，以提升定位、導航與即時能力。5G 技術布局有助於整體防衛動員作法，提供更多智慧選項，以協調分配資源和後勤支援，滿足戰時應變所需(龍率真，2020)。
- 2.5G 技術在營區安全、教育訓練及行政勤務領域也有諸多的應用。例如在營安管理方面，可運用 5G 行動網路構建警衛勤務平臺，能夠做到聯網影片巡查、警報感測回報、異常情況快速定位通報與處理建議，提高營區安全防護能量，降低人員勤務工作負荷；在教育訓練領域，可建立學習系統，構建多元、互動式且開放的網路課堂，引導官兵自發性學習軍事和科學文化知識；而於執行辦公作業時，可突破時間與空間限制，依業務機密等級的劃分、分發流轉與呈報批閱，輔助辦公作業，提高工作效率(秦中南，2021)。
- 3.在後勤保障方面，隨著無線射頻辨識技術、二維條碼技術和智慧感測技術的突破，藉由 5G 行動網路使各級部隊在運用後勤系統的同時能夠自動獲得在儲存、運用等物資的即時資訊，掌握部隊補給需求及精準分配物資效率，對裝備物資進行智慧化管理，達到在準確地點、準確時間提供作戰部隊精確的補給品，避免不必要的勤務

造成運作混亂和資源浪費，可大幅減輕基層勤務的壓力，讓官兵專心在戰訓本務上(秦中南，2021)。

- 4.戰場上的作戰官兵、武器裝備和戰場環境的狀態資訊，未來都可通過 5G 行動網路進行即時感知和快速反應，例如單兵手上的作戰資訊系統，可同步收發指管命令，還可以結合互聯網內，針對特定區域內的組內廣播和點對點通話，將戰場上的所有人員和裝備融入 5G 行動網路中聯合作戰體系及擁有共同作戰圖像，成為可獨立作戰的數位戰士，也讓戰場指揮官更能掌握戰場景況，將大幅提升全體多領域作戰能力(李明海，2019)。

三、國軍通信骨幹系統現況分析

3.1 國軍通信骨幹系統現況

國軍因應聯戰指管任務需求，1991 年至 2000 年間逐步完成「數位微波通信系統」及「環島光纖通信系統」(Synchronous Multiplex Optical Communication System, 以下簡稱 SMOCS 系統)建置。歷經時代演進，SMOCS 系統因裝備元件老化、性能衰退，致通信品質及裝備妥善不佳，遂於 2008 年配合空軍新一代指管系統需求，完成「國軍資訊通信系統案」(Military Information Communication System, 以下簡稱 MICS 系統)建置並於 2009 年啟用，以既設數位微波結合光纖裝備，同時搭配「非同步傳輸模式」(Asynchronous Transfer Mode, ATM)，構成一多重傳輸媒介之通資網路及環路，滿足用戶需求及提升系統存活率。骨幹系統主要組成簡述如下：

(一)SMOCS 系統

主要以同步光纖實體網路作為傳輸骨幹，建構環島光纖徑路，運用「光塞取多工」(Optical Add/Drop Multiplexes, OADM)結合 ATM 非同步傳輸模式交換技術，建構具有「單向路徑交換環」(Unidirectional Path Switching Ring, UPSR)徑路保護機制之環島光纖網路，透由 ATM 執行語音、數據及視訊等電路交換，以確保支援各用戶電路暢通。

(二)MICS 系統

以光纖及微波雙重介質組成混合網路，也就是同時具有光纖實體傳輸及微波徑路保護，形成多重徑路複式配置，其一方徑路中斷時，系統可立即由另一方徑路自動替代保護，並利用 ATM 非同步傳輸模式交換技術之網路自動尋徑(Auto Rerouting)功能提供系統傳輸徑路多重保護，可有效整合頻寬運用，提高系統存活率。

(三)衛星系統

本系統包含固定及機動載台，主要結合國軍通信系統各重要節點及地區總機，擔負國軍總機、視訊系統及高優先電路之有限度備援保護，當主幹線系統中斷時，可立即接替高優先重要電路，確保指管作戰能力。

上述國軍通信骨幹系統主要由資通電軍負責維運，其核心任務共區分通、網、電三大領域，其中「通信」任務，主要為提供國軍指、管、通、資、情、監、偵(C⁴ISR)系統所需之各種型態電路傳輸及有效訊息傳遞能力，確保三軍及戰略單位任務遂行(資通電軍指揮部通資裝備運用教範，2020)。隨著時代變遷，在科技突破創新的環境下，通資傳輸系統技術亦不斷精進提升，從早期類比傳輸至現今數位資訊，故整合地面有線、空間

無線及太空衛星等通訊傳輸技術，以提供全軍數位指管系統運用，將可爭取戰場致勝情資，國軍通信骨幹系統現用系統比較如表 4。

表 4 國軍通信骨幹系統現用系統比較

	SMOCS 同步光纖通信系統	MICS 國軍資訊通信系統	衛星系統
傳輸方式	光纖	光纖、微波混合網路	無線電波傳送至中新二號衛星
主要裝備	光多工機、波道機組	微波機、光多工機、波道機組、ATM交換機	維星固臺、維星行動車（動中通、靜中通）
頻寬範圍	OC-3、OC-12	OC-3、OC-12、OC-48、OC-192	20M
備援機制	環路保護，需手動輸入調整徑路	環路保護、ATM自動繞徑	結合國軍資訊通信系統運用在備援重要專線及外島通信
電路交換	基礎交換能力	結合MPLS技術，具自動繞徑功能，節約頻寬	
電路型態	語音、總機、數據、視訊、資訊、專線		語音、視訊、資訊

資料來源：作者自行整理繪製

3.2 骨幹系統頻寬分析

指管通資情監偵系統和網狀、立體化作戰概念的落實程度，仍因需要一項有限且各方爭相使用之資源，而受到諸多限制，此一資源即是「頻寬」，這也呼應到本研究結合 5G 行動網路運用的主題。國軍因應聯戰指管的需求與各式武器指管資訊系統的發展，數位化網路戰場環境儼然成型，高頻寬的連網速度與可靠的系統，即為快速掌握戰場訊息之關鍵，各類指管資訊系統的需求建置，亦造成通信網路頻寬需求急遽增長。如同商業網路的發展趨勢，國軍現有網路的傳輸速度與頻寬，已逐漸無法滿足未來軍事數位化資訊需求。

SMOCS 系統因其屬較早期通信裝備，最大傳輸頻寬僅為 OC-12(622.08Mbps)；而 MICS 系統因屬後期建置通信系統，其特點係將原本獨立的微波通信系統整合至光纖通信系統，形成微波、光纖共構之「混合」型態網路，同時將微波通信系統傳輸之頻寬自 DS-3(44.736Mbps)提升至 OC-3(155.52Mbps)，然而光纖徑路因需要與 SMOCS 系統相互結合，因此多數區間頻寬受限於 OC-12 至 OC-48 之下，僅部分高流量區域頻寬可提升至 OC-192(9.953Gbps)。此外，在 ATM 交換技術的運用上，則搭配多重協定標籤交換技術(Multi-Protocol Label Switching, MPLS)，提高網路交換速度與增加可用頻寬。

國軍通信網路因應未來 IP 網路發展，現已採用 MPLS Over ATM 及 IP Over MPLS 的技術，在前述 2 套傳輸系統中，僅 MICS 系統具有此項功能，SMOCS 系統雖然有建置 ATM 非同步傳輸模式交換機，但不具備 MPLS 交換能力，其最大頻寬仍僅 OC-12。然而現今資訊需求倍增，且 IP 網路流量負載增加，必須透過傳輸率較高的 OC-192/STM64(10Gbps)的 SONET/SDH 光纖頻寬(吳振宇，2009)，因此為了要滿足未來數據服務與網路核心流量的增長及型態的改變，傳輸網路必須提供更高可靠度、大頻寬且兼顧高靈活性與服務速度的系統因應。

SMOCS 系統現用頻寬已明顯不足支援龐大的資訊傳輸交換，而其雖然可在結構上架設交換機(Switch)或路由器(Router)來解決高速網路傳輸窒礙，然此做法會將網路結構變得更複雜，且非根本解決之道。如果依照裝備使用壽期來評估，SMOCS 系統建置迄今已逾 20 餘年，在整體後勤維護成本與系統可支援度的考量下，系統已面臨換裝問題，現階段資通電軍也正執行新式光纖系統設備建置中，可望逐步汰換 SMOCS 系統，但是頻寬不足的狀況，已逐漸影響戰演訓任務遂行，以下就國軍通信骨幹系統現況所見問題執行探討：

(一)系統功能限制致頻寬不足

隨著戰場景況朝向數位化作戰的模式演進，近來三軍各用戶資訊、視訊等電路需求量大增，以往支援電路以語音(總機)、資訊及專線 T1(1.544Mbps)型態電路為主，現因新式指管或專用系統建置，所需頻寬為 10Mbps 以上寬頻電路或是 VPN 專用網路(江威霖，2020)，造成網路頻寬使用需求量大增，評估國軍早期建置的 SMOCS 系統，其系統頻寬僅為 OC-12(622.08Mbps)，僅能同時支援約 60 條專用網路，明顯已不敷支援當前高速網路運用的環境。

資通電軍在本島各地區設有北、中、南及東等 4 座「區域網管中心」，其任務負責監測及管理各地區系統構型、故障、效能、物料及安全管理等 5 大面向，在構型管理部分包含了監控網路資源等功能。網管中心在計算平時、演訓時流量時發現，於演訓時 SMOCS 系統頻寬使用量已趨近飽和(如表 5)，一旦流量壅塞，亦將造成電路中斷，影響用戶作戰指管效能，判斷應為各軍種指管資訊系統的提升或陸續新建，而造成系統網路頻寬承載加重。

表 5 SMOCS 系統網管監測流量統計表

SMOCS系統網管監測流量				
項次	維管單位	平時流量 (單位：Mbps)	演訓時流量 (單位：Mbps)	單一路徑故障時流量 (單位：Mbps)
一	北部區域 網管中心	580M	615M	622M
二	中部區域 網管中心	490M	580M	600M
三	南部區域 網管中心	540M	610M	622M
四	東部區域 網管中心	500M	560M	600M
註： 上表為網管中心網管值勤人員提供監控流量年平均概略值，由數值可知，演訓時流量均已趨近系統最大飽和量(622M)，尤當單一路徑故障時會造成系統瞬間流量飽和，影響系統運作。				

資料來源：作者自行整理繪製

(二)電路無法正常交換造成傳遞訊息壅塞

從系統面探討網路壅塞問題，即是否因為骨幹傳輸系統故障，而導致網路容易出現壅塞問題。國軍通信骨幹網路在結構設計上為 UPSR 環狀徑路保護，當單一徑路中斷時，

系統會自動切換至可用徑路，以確保電路正常通聯不中斷，然而如果單一徑路故障後，電路無法藉由 UPSR 保護機制迂迴至可用路由，環路交匯處之交換能力(電路交換矩陣)不足，導致故障發生時，電路無法自動跨環路繞徑而造成網路壅塞或中斷。茲將肇因分析如后：

- 1.系統原始規格限制：現用 SMOCS 系統建置時，光多工機的電路交換矩陣模組具有相當能力可以滿足當時電路交換需求，然而經過多年的通訊技術演進，舊式裝備相較於目前傳輸環境的支援能力受限，無法支援高承載的電路交換，且面臨裝備停產而無法性能提升之風險，因此造成電路交換矩陣能力的限制。
- 2.使用者新增頻寬需求與裝備提升規劃未同步：因應網路資訊時代的發展，使用者頻寬運用需求必然增加，然而系統管理者在網路頻寬擴充時，如果無法同步規劃提升跨環路的電路矩陣交換能力，而僅規劃擴充終端接取設備，將造成電路流大量匯入單一節點而無法分散配置，因而導致網路遲緩與中斷現象。

(三)系統故障率較高網路存活度降低

國軍通信骨幹系統的組成，分為「實體線路傳輸」與「裝備系統傳輸」等兩部分，然而兩者故障產生的原因不盡相同，分項說明如次：

- 1.實體傳輸：實體傳輸纜線主要以光纖為主幹系統，係提供傳輸系統間訊號的構連，為增加其安全性，現況大多是配合政府的要求布建於通信管道。通信管道係依綿密之鐵、公路網構建而成，除天災(颱風、土石流、地震)外，道路施工(捷運、電力、水管…)成為通信管道容易受創的最大風險因子(陳大慶，2009)。國軍實體線路仍有大部分為「共用管道」的狀況，即多條纜線共用同一管道，在此結構下，傳輸系統就算具有 UPSR 徑路保護，然而當通信管道斷損時，將造成邏輯環路失效或是節點失效(單點對外通信失聯)，影響網路存活度。分析目前通信網路故障率，以光纜中斷所占比率為最高，若中斷點位於環路交匯處，更可能造成區域性的大範圍網路癱瘓的風險，因此通信管道共管或光纜品質改善問題，應納入後續執行優化改善工程，以提升整體光纖傳輸品質及強化網路系統存活度。
- 2.裝備傳輸：國軍通信骨幹系統建構於 OSI 模型第 1~3 層(OSI 參考模型結構如圖 6)，分析故障影響層面，可區分為「用戶介面」及「傳輸交換介面」兩部分。以「用戶介面」而論，設備如果故障，可能僅影響單一徑路或是少部分使用者，此類終端設備成本通常較便宜，備份料件多較易取得，大部分狀況皆可即時運用妥善備料更換故障件及時完成修復，影響層面較小；以「傳輸交換介面」而論，其為各階層裝備之核心，現在使用之系統設計都有 1 加 1 熱待機備援模式，當主用模組故障時，會自動切換至備援模組運作，然而若主、備用模組均同時故障失效時，會造成節點對外失聯，影響用戶電路使用，尤其若在核心交換臺發生此類故障，會造成多處環路的頻寬連帶受到阻塞及無法電路交換，導致用戶對外無法通聯，若正值友軍剛好擔任戰備及高優先戰情電路中斷狀況，其對於作戰運用造成的損害及後果難以想像。

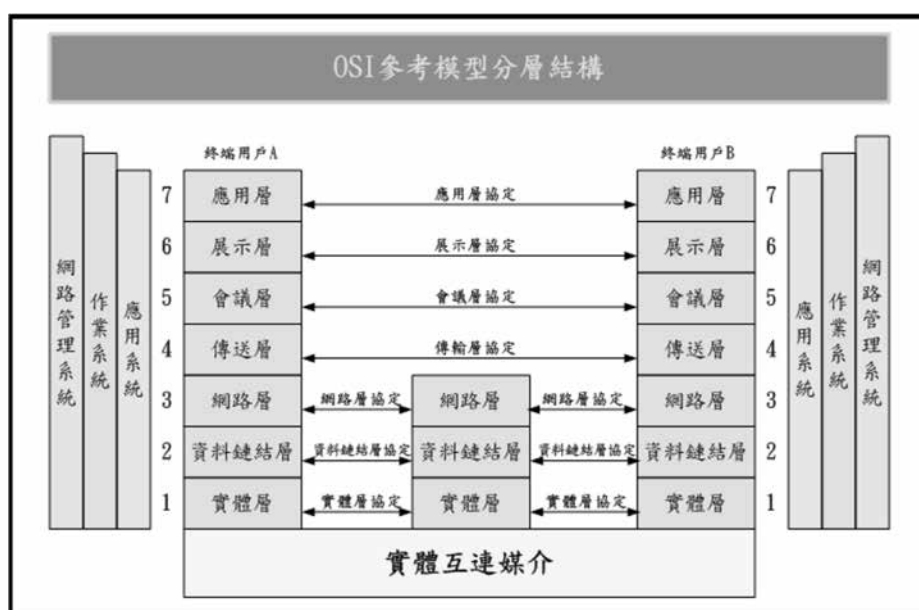


圖 6 OSI 參考模型結構對照圖

資料來源：資通電軍指揮部通資裝備運用教範(2020)

(四)消失性商源影響裝備維持

裝備運用均有其使用壽期，尤其是通資裝備常隨著技術的演進而研發創新所支援裝備；依財政部「固定資產耐用年數表」律定，「通訊裝備」類之「地下電纜」耐用年數為 15 年、「其他通訊設備」為 5 年(財政部，2017)。國軍現用通信骨幹系統早已超過耐用年限，部分設備原製造商已停產(消失性商源)，所以也只能由庫存或找尋功能相近替代品維持系統運作，SMOCS 系統因為早期建置，所以大部分料件已停產，因此在「消失性商源」的情況下，如果遇到設備故障，僅可透過故障件送修或運用備料來支援，如故障設備無法維修或備料用罄，將無法提供系統後續維持料件，影響系統後續維持及裝備系統運用效能。

(五)用戶對於頻寬需求認知差異

友軍常常會覺得網路壅塞是國軍通信骨幹系統支援的問題，但問題其一是各用戶在電路申請作業時，忽略其電路運用的模式，導致在申請後電路型態不符，也有一部分為用戶本身線路、裝備老舊，造成系統於終端無法匹配；然而 ATM 交換技術可依照電路的型態與重要性，運用服務品質排定高優先電路調整備援順序，讓重要戰情指管電路可隨時保持通暢，次優先或未使用電路可釋放網路頻寬，確保彈性運用頻寬資源，也盡量滿足作戰指管平臺高速穩定的網路連線狀態。

國軍通信骨幹系統運作模式不若民間電信業者依使用者支付費用多寡給予頻寬，所以無論其需要的應用服務型態為何，即便是語音、影像、重要資訊及一般資訊等不同屬性、不同品質要求的應用服務，需求單位都會希望可使用最高品質的連線服務(陳大慶，2009)。而國軍通信骨幹系統係以國防預算來建置與維護，因此使用者在申請連網服務時，為達到網路頻寬的有效運用與資源規劃，必須由用戶與管理單位要確實針對需求審慎評估，以達到網路管理最大效能。

四、結合 5G 技術策略芻議

4.1 應用策略芻議

5G 行動通訊專網運用在國軍通信骨幹系統，在完備法規及專用頻譜獲得後，可規劃朝向專屬核心網的方式部署，優點是可以確保高安全性，並使用專屬 SIM 卡(就像目前國軍軍用行動門號)、基地台以及核心網路，與公眾行動網路完全隔離，僅有特定用戶可以連入國軍內部網路，外部入侵難度高，也可符合國軍資安及保密要求。

未來 5G 專網結合國軍通信骨幹系統運用，更能提升系統效能及活化戰場指揮官應變作為，當然在系統效能提升後，更需要的是資訊人才的培育及教育訓練，以下就後續發展幾點建議說明如后：

(一)入網認證規劃：

- 1.入網認證：5G 行動網路採用國際行動網路標準組織「第三代合作夥伴計畫組織」(3rd. Generation Partnership Project, 3GPP)所定義之 5G 行動通信標準，並採用 SIM 卡進行入網認證，可驗證屬於合法清單內之 SIM & UE 方可連接網路。
- 2.身分認證：用戶連接 5G 行動專網後，欲進入國軍通信骨幹專屬應用系統，需再進行個別系統使用者身分驗證，以確認使用者及使用權限。
- 3.提供國軍行動專網及民間電信網路雙系統切換機制，若國軍專網核心網路用戶離開國軍專網基地台涵蓋時，專網用戶應能切換至民間電信網路，以繼續提供服務。
- 4.基於國軍 5G 行動專網架構，可於各營區與通信骨幹系統的網路出口前端建置防火牆，以強化達成基礎設施資訊安全防護的目的(如圖 7)。

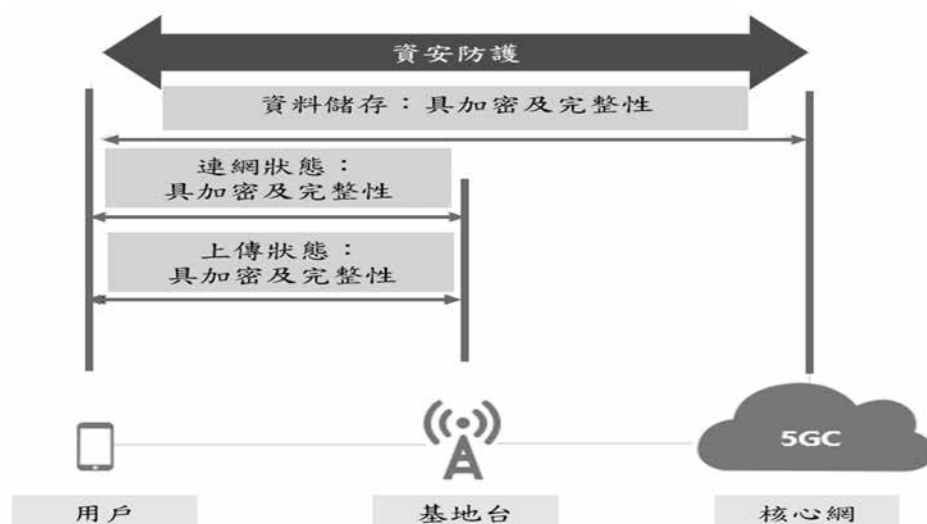


圖 7 5G 行動通訊專網加密及資安防護建置要求

資料來源：作者自行整理繪製

(二)強化資安防護管理機制

- 1.國軍在資安方面的顧慮最為謹慎及周延，若未來 5G 技術確認可結合國軍通信骨幹系統，可能將衍生各種新型態的網路資安及風險，勢必將面對資安威脅與挑戰。因

此，資安教育與管理體系絕對是重要的議題，國防部需針對 5G 技術運用，要求資通電軍整合及強化資安管理體系，建立具有「制度、規範、督管考核及系統化」之管理機制，並請資安企業或中科院導入主動與被動偵測 5G 產品資安防護機制，以提高資安防禦與應變能量。

2. 由資通電軍定期執行相關關鍵基礎設施資安健檢，反覘國軍網路資安防護作為，藉由年度演訓驗證各部會資安防護強度，發掘風險並解決問題，並配合行政院資安處及技服中心等資安管理單位，每月定期演練蒐整、分析相關參數，並建立模擬訓練平台，據以強化資安防護能量。
3. 藉由與民間科技公司簽訂發展策略聯盟，完整安排適宜課程委外教育訓練，培訓所屬資訊人員考取技術專家認證(Certificated Ethical Hacker, CEH)等專業證照，且與專業教育訓練機構密切交流，協助部隊人員完成各級證照考取，持續強化人員本職學能。資通電軍官兵成軍迄今亦持續培養資訊人員考取如駭客技術專家認證、資安危機處理師(EC-Council Certified Incident Handler, ECIH)、微軟認證系統工程師(Microsoft Certified Systems Engineer, MCSE)、資訊安全管理系統(Information Security Management System, ISMS)、思科網路工程師(Cisco Certified Network Associate, CCNA)及資安分析專家認證(EC-Council Security Analyst, ECSA)等多張國際資訊證照，持照人數從原本成軍初期 100 餘人，成長迄今已超過 1,500 餘人，將有助於提升部隊整體資訊專業能量，並與社會接軌，確保 5G 技術運用在國軍通信骨幹系統中，能符合各項資安要求及保密的特性。

4.2 運用 5G 技術提升國軍通信骨幹系統效能方案

我國在軍事上也需將 5G 技術納入國防運用，利於將來智慧決策及反應能力，期取得數位化戰場軍事優勢。而現階段國軍通信骨幹系統維持網路實體隔離政策，主以避免資料外洩以及阻絕外部駭客攻擊，雖然強化了保密作為，但遲滯了運用先進科技的機會，也封閉及抑止與外界互動與鏈結，因此國軍應在不違反保密原則及資安防護的要求下，適時調整政策，運用 5G 行動通信網路之高相容及聯網性能，將戰場的各種資訊融合成一張相互相容的高速資訊網路，為國軍提供一種覆蓋區域大、傳輸率高、相容性強的立體化資訊通信平台，讓軍事通信運用能更多元及有效率，進而結合民間可用資源，將民力化為我力。

5G 行動通訊專網現有兩種部署方式，一種是採用「非獨立組網」(Non-Stand Alone, NSA)架構，在 NSA 模式下，5G 行動專網跟 4G 基本上是一樣架構，只是它具備了 5G NSA 部分執行所需要的功能，並配備有獨立 5G 基地臺；另一種則是「獨立組網」(Stand Alone, SA)的架構，則進一步連核心網路也改用獨立的 5G 行動專網來布建，不論是低延遲、速度、頻寬表現，都比採用 NSA 模式來得更有效率(余至浩，2020)。

(一)核心網共享，運用網路切片技術：

網路切片(Network Slicing)技術簡單來說就是在實體網路上建立多張邏輯網路，每張邏輯網路都可以有屬於自己網路配置，例如網路頻寬、封包傳送路徑等，所以每一張網路就可以專屬於某一類應用，或是滿足特定企業用戶的專用網路需求，5G 網路切片想要用得好的，就必須將行動網路轉換到 5G 獨立組網架構(余至浩，2020)。

方案一(示意圖如圖 8)是國軍通信骨幹網路及民用網路的基地台「共構共建」，使專用及公用網路以共用方式運行，國軍專網用戶移動至營區外，當離開營區涵蓋之服務範圍外，進到民用基地台涵蓋服務區內時，可透過網路切換機制以實現國軍專網用戶能順利連線至民用基地台，並持續提供所需之通信服務，在這種部署模式下，用戶資訊的安全性取決於網路切片的能力，適合部署在安全性要求相對較低，且地理位置固定的場景如教育環境、運動場所使用。

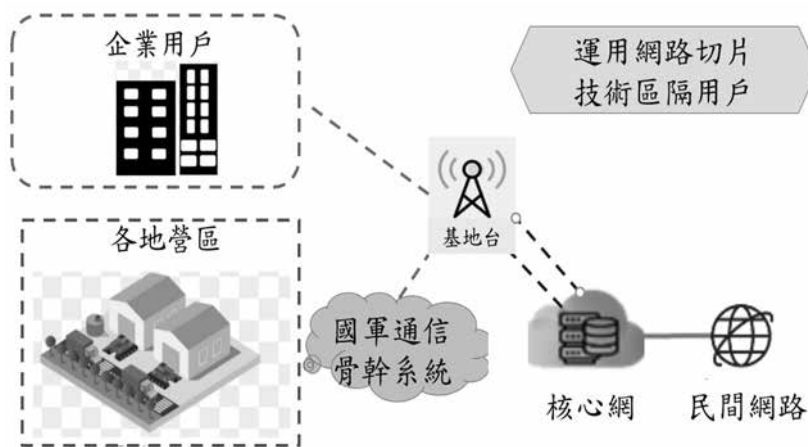


圖 8 核心網共享網路切片示意圖

資料來源：作者自行整理繪製

(二)核心網共享，用戶隔離：

方案二(示意圖如圖 9)是國軍通信骨幹網路與民用公共網路共享核心網，兩類網路服務中的身分認證、行動性管理等功能均由同一套核心網路所負責，使用者用戶端則分開部署，資料安全性和隱私保護能力就沒那麼高，可適用於平時的教學、訓練和後勤支援服務，但戰時仍可規劃軍需物資徵購徵用作為，將其納入作戰運用，並關閉對外連線開道或運用民用行動通信等資安手段，將軍民系統串聯運用，由軍民融合的資源延續我國軍情資傳遞能力(曲建仲，2020)。

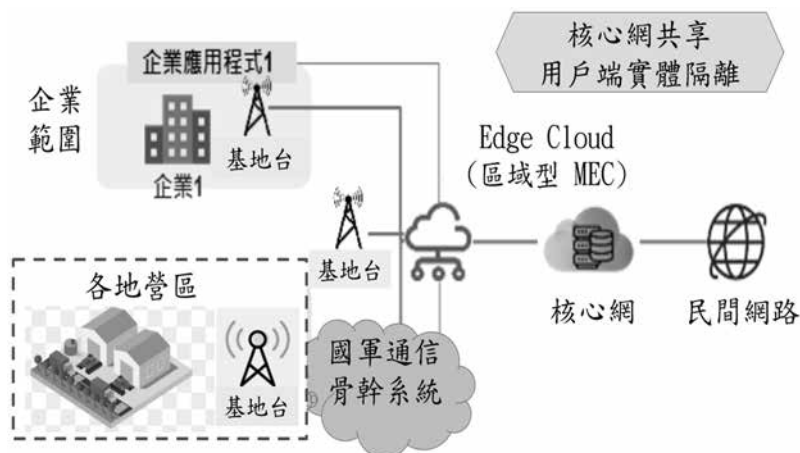


圖 9 核心網共享用戶隔離示意圖

資料來源：作者自行整理繪製

(三)營內專網實體隔離建置：

方案三(示意圖如圖 10)是將國軍通信骨幹網路及民用網路分別建立一個獨立網路，可不受民用電信業者所限制。由於這種部署模式與民用網路完全隔離，因此軍事應用程式數據的相對安全，軍網及各種電路資訊傳輸延遲低、效能更快，即使民用網設備損壞，也不影響軍事專用網路，可靠性更高，也更為穩定(葛鑑霆，2021)。本方案架構與我國現行資安政策中實體隔離的規範相符合，適合部署在對機動性、安全性和可靠性要求較高的戰略執行單位中，惟營區若要建置獨立專屬基地台的部署成本較高，且需規劃後續後勤維保及高專資訊人才培育。

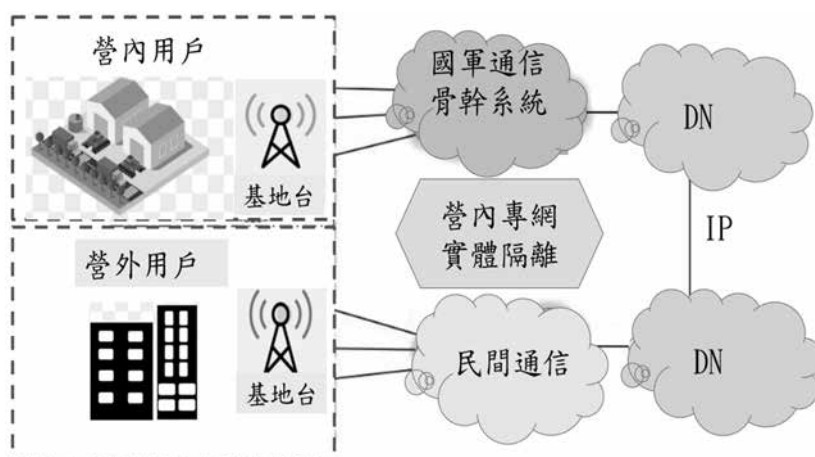


圖 10 國軍營區專網建置與民間網路實體隔離示意圖

資料來源：作者自行整理繪製

上述三種建議方案，均採用「獨立組網」(SA)的架構規劃建置，獨立組網的好處在於核心網路採用獨立的 5G 行動專網方式布建，較能符合國軍對通資系統傳輸安全之作戰需求。綜上各方案之優缺點摘述如後：「營內專網實體隔離建置」模式(方案三)為最適方案，優點為系統自主性佳，且可提供相對安全及可靠之軍事通資傳輸應用服務，缺點為所需花費建置及運作支援(含人力)的成本最高；而「核心網共享、用戶隔離」模式(方案二)則為次佳選擇，其優點在於建置及維運成本較方案三為低，而缺點為可提供傳輸服務之安全性較方案三低，且必須建構完善之軍民資源共用體系；「核心網共享，運用網路切片技術」模式(方案一)是第三順位之備選方案，優點為建置成本最低、維管人力需求最少，其缺點為在前述方案中安全性最差，如欲符合國軍通資傳輸安全之要求，則須取決於網路切片的技術運用。

國軍通信骨幹系統結合 5G 行動專網的特性後，可藉以延伸系統頻寬、範圍、活化軍事運用及增加穩定性，目前 5G 行動網路因為剛起步，相關技術、產品仍待普及化，各階層不管在建置基地台或消費者使用上都因投資成本高、負擔大而減緩往前的腳步，但這是未來的趨勢，也是我國必須要克服及找出解決方案的。未來幾年內，在國防預算有限之前提，建議可依方案一至三順序逐步朝向國軍 5G 行動專用網路規劃建置，以強化國軍通信骨幹系統效能。

五、結論

5G 技術所帶來之傳輸速率與穩定效應，能獲得對戰場態勢的高度感知能力，均優於傳統之通信技術，可符合未來戰場需求。中共 5G 技術的發展研究與資源投入都遙遙領先世界各國，且一再運用其最擅長之「軍民融合」作法，將相關技術產品優先應用於軍事，再拓展到社會共用，提升軍隊網電一體化作戰實力，對我國軍威脅日增。

國軍通信骨幹系統是我國軍通信樞紐，資通電作戰能力是數位戰場勝負關鍵的分水嶺，然而各項作戰指管需要通資系統平台必須達到立體化、網狀化及高存活率的基本需求，才得以應付高複雜度及高強度的戰爭，就國軍作戰應用而言，建構低延遲、高效能以 IP 應用服務為主體的行動通信網路，不僅增加機動通信作戰效能，並能成為現有實體骨幹網路「多元」及「備援」傳輸手段。一方面可以提高通信能力，直接推動軍事通資系統的進階能力；另一方面它可強化新興技術的推展，為戰場建立開放的靈活資訊服務系統，間接促進嶄新軍事能力，並加速智慧軍事革命。

參考文獻

- 王廣義，2019。民用行動通信於軍事運用之研究，陸軍通資半年刊第 134 期，130-153。
- 中國信息通信研究院，2021。中國 5G 發展和社會經濟白皮書。
- 中華電信官網企業專網專區，下載於 <https://www.cht.com.tw/home/enterprise/mobile/5genterprise/712>(2021 年 12 月 17 日)。
- 立法院第 10 屆的 1 會期司法與法制委員會第 17 次會議報告，2020。國安等級資安站—調查局等四軍的定位與功能。
- 行政院全球資訊網，2019。臺灣 5G 行動計畫(2019-2022 年)。
- 行政院全球資訊網，2020。我國 5G 頻譜政策與專網發展。
- 曲建仲，2020。5G 技術大補帖，科學月刊，第 607 期。
- 江威霖，2020。探討次世代光纖通信技術提升國軍網路頻寬之研究，國防大學管理學院戰略班軍事專題。
- 呂錫民，2019。結合智慧 5G 網路的行動通訊：現況、應用與展望，前瞻科技與管理，國立中央大學，第 9 卷第 1&2 期。
- 李明海，2019。加速推進軍事智能化，下載於 http://www.mod.gov.cn/big5/jmsd/2019-10/08/content_4852384.htm(2022 年 1 月 19 日)。
- 李奕晴，2020。全球 5G 智慧製造風潮下，臺灣所面臨的機會與挑戰，電工通訊 C.I.E.E Magazine，財團法人資訊工業策進會。
- 阮運倩，2020。美國白宮發布國家安全 5G 戰略，科技法律透析，第 2 期 32 卷。
- 余至浩，2020。為何 5G 企業商用決戰場是網路切片技術？，下載於 <https://www.ithome.com.tw/news/138744>(2022 年 1 月 16 日)。
- 余元傑，2021。美中 5G 三戰攻防—以華為公司為例，海軍軍官季刊，第 40 卷第 1 期。
- 吳振宇，2009。國軍骨幹網路傳輸效能評估及簡化之研究，國防大學管理學院資訊管理學系碩士論文。
- 吳其恩、陳志軒、謝泊頌、葉哲瑋，2017。5G 行動通信技術發展，電工通訊 C.I.E.E Magazine，財團法人資訊工業策進會。
- 吳元熙，5G 真戰場在這！「企業專網」擂台提早開打，2020。下載於 <https://www.bnext.com.tw/article/57898/5g-private-network>(2022 年 1 月 17 日)。
- 卓建強，2020。國軍對中共 5G 行動通訊發展因應作為之研究，國防大學空軍指參學院軍事專題。
- 財政部賦稅署，2017。固定資產耐用年數表-財政部主管法規查詢系統—法規命令類，下載於 <https://law-out.mof.gov.tw/LawContentSource.aspx?id=GL010207>(2021 年 12 月 16 日)。
- 財團法人中技社，2019。智能時代台灣 5G 推動與相關產業發展策略建議。
- 秦中南、龍坤，2020。淺談 5G 的軍事應用(一)，下載於 <https://twgreatdaily.com/FIVfe3YBur8RWXSA3boO.amp>(2022 年 1 月 17 日)。
- 秦中南、龍坤，2021。淺談 5G 的軍事應用(三)，下載於

<https://www.gushiciku.cn/dl/02RyS/zh-tw>(2022 年 1 月 17 日)。

陳大慶，2009。結合遠端光纖測試(RFTS)與地理資訊(GIS)於光纖通信系統維護之研究，國防大學管理學院資訊管理學系碩士論文。

陳偉業、黃淑玲、林志聰，2014。第五代行動通訊系統，資訊與管理科學，淡江大學，第 7 卷第 1 期。

陳芊儒，2018。南韓率先啟動 5G 頻譜競標，下載於 <https://stli.iii.org.tw/article-detail.aspx?no=55&tp=1&d=8127>(2022 年 1 月 17 日)。

陳思豪，2019。5G 時代下主要國家因應策略與頻譜規劃研析，臺灣經濟研究月刊，第 42 卷第 12 期。

陳世昌，2019。5G 釋照得標者及共用頻率公開說明會，下載於 <https://news.cnyes.com/news/id/4366747>(2022 年 1 月 17 日)。

陳明陽，2019。美國國防部計劃利用 5G 改善倉儲與訓練等四項工作，下載於 https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&id=0000575256_WKP1CVUE6UR25E5WL1LZN(2022 年 1 月 18 日)。

陳明陽，2020。美軍將善用 5G 多樣應用支援未來戰事，下載於 https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&cat2=80&id=0000598161_YVP0D4ZN7VP5K30GZ7ZJP(2021 年 12 月 28 日)。

國防部資通電軍指揮部準則編纂指導委員會，2020。資通電軍指揮部通資裝備運用教範。

國家通訊傳播委員會，2021。行動寬頻專用電信網路(4.8-4.9GHz)政策諮詢文件。

黃文啟譯，2010。軍事轉型與當代戰爭，臺北：國防部史政編譯室，譯自 Elinor Sloan。

項立剛，2020。5G 新時代! 5G 如何改變世界，風格司藝術創作坊。

張腕純，2020。歐盟因應 5G 發展之資通安全政策與初步作為，科技法律透析，第 2 期 32 卷。

楊仕平，2019。5G 在軍用通信系統中的應用前景，信息通信，2019 第 6 期。

賈哲、蔡春曉、林旺群，2019。讓 5G 為軍事賦能，下載於 http://www.81.cn/jfjbmap/content/2019-11/22/content_248138.htm(2021 年 12 月 20 日)。

楊又肇，2020。臺灣首波 5G 頻譜競標結果出爐，得標總金額破 1,380 億元，下載於 <https://lpcomment.com/2020/01/16/>(2022 年 1 月 12 日)。

趙涵捷、簡暉哲，2020。5G 時代改變你我生活，科學發展，第 569 期。

葛鑑霆，2021。行動通信技術發展對軍事應用之研究，空軍學術雙月刊，第 683 期，86-104。

蔡孟翰，2020。從營區電信基地台共構談軍、民通資系統整合運用，陸軍通資半年刊，第 134 期，154-167。

鄭南宏、焦興也，2018。淺談國軍通信系統未來發展趨勢-以軟體定義無線電為例，陸軍通資半年刊第 130 期，4-15。

劉宗翰，2019。中國大陸 5G 行動通訊技術之發展與挑戰，展望與探索，第 18 卷第 8 期。

鍾曉君，2018。全球 5G 發展趨勢、臺灣產業布局現況與未來發展建議，專題報導，資

策會產業情報研究所，第 319 卷。

鍾富國，2019。經濟前瞻，中華經濟研究院，第 181 期。

龍率真，2020。中共布局 5G 戰略威脅全球安全，下載於
<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1231767&type=forum>(2021
年 12 月 17 日)。

鍾銘泰，2021。5G 專用網路政策與展現況，臺灣經濟研究月刊，臺灣經濟研究院，第 43
卷第 12 期。

譚田天，2020。5G 技術應用於未來美軍事網路的優勢，下載於
<https://www.gushiciku.cn/pl/gEgG/zh-tw>(2021 年 12 月 17 日)。

蘇俊吉，2015，行動通信的演進歷程，科學發展，第 513 期。