



5G行動通訊對陸軍通資運用之啓發

作者／胡又川

提要

- 一、國軍通資骨幹網路已涵蓋各作戰地境，並具備大頻寬、高傳輸率之特性，可有效支援防衛作戰通資需求。數位化通信裝備與數據鏈路，能有效提升通資整體戰力，滿足指揮管制、情資監偵作業需求，支援作戰任務遂行，亦能整合兵力、火力、野戰防空及勤務支援等系統，達到戰場透明化及自動化之目標。
- 二、軍用通資架構相比民用通資架構在本質上有略許差異，在詭譎多變的戰場環境，具備高可靠度、低延遲、機動性強且大面積覆蓋的通資網路至關重要。現代作戰講求數位化通訊技術與高科技精準武器的結合，期藉由指管數據鏈路消除戰場迷霧，獲取戰場優勢。
- 三、軍事既有的通資平台與常態開設的固定基礎設施，可以整合民間電信業者的5G行動通訊網路，使用現有、成熟的行動通訊設備資源，展現高強度融合特性，對軍事應用5G化的成果能夠快速呈現。
- 四、本軍對「戰場資訊網路」的需求，無論在系統軟體開發或通資平台基礎建置可見一般，若能運用足夠的通資骨幹與延伸鏈路，透過管理系統有效率的整合各作戰層級的資源與多重情研的參數，將能夠大幅度提升作戰指管的效益。

關鍵詞：數位化通訊、戰場資訊網路、5G行動通訊網路

前言

《紐約時報》曾指出美中政府堅信：「誰主導5G，誰就能在經濟、情報和軍事領先他人」。¹在俄烏戰爭我們也看到民用通信扮演著重要角色，而中共若將5G技術導入軍事層面，可能對作戰型態及武器裝備使用，產生「自動化」與「智慧化」等變革，對我威脅倍增。國家通訊傳播委員會(NCC)針對民間智慧型手機4G行動上網，定點量測平均下載速率為122.53Mbps²，在如今商業多媒體應用服務，比如高畫質影音、擴增實境(AR)與虛擬實境(VR)的體驗，所需要的高網路速

1.風傳媒，〈不能輸的5G軍備競賽！紐時揭露：美國秘密號召盟友，封殺華為參與5G行動網路建設〉，<https://www.storm.mg/article/881885?page=1>，2019年01月28日。

2.張家嘯，〈4G行動上傳網速倒退嚕 這縣市網網速度衝第一〉，<https://www.cardu.com.tw/news/detail.php?45995>，2022年04月28日。

度而言，已不敷使用。並且5G技術逐漸成熟與應用場景數量種類變多的條件下，5G用戶註冊數量也逐年攀升。本軍規劃的通資裝備建置與部署中，野戰機動數位微波系統已能夠加強地面部隊旅、營之間的寬頻數據傳輸能力，而營到班、排或單兵之間的寬頻數據鏈，在新裝備未部署到位前，民用行動通訊可與37C系列無線電機成為主、輔(備)的互補關係。況且作戰時期公民營系統等資通網路基礎設施，也是作戰可用資源，不論平時或戰時，均須確保能有效支援作戰。因此，藉由分析本軍導入5G行動通訊技術，在通資運用架構所造成的變化，提供作戰思維有益思路。對此運用民用行動通訊的資訊安全，亦應提早規劃與整備，將現有民間通資能量納入建軍備戰掌握運用，才能發揮與提升我國有形與無形的國防戰力。

5G技術發展

一、何謂5G行動通訊

全球的行動通訊發展，從最早類比時代演進到數位時代，再到以全IP為基礎的乙太網路世代，每一個階段的行動通訊系統，不斷在結合當前最新技術，與彌補前世代動通訊系統不足。行動通訊發展以十年為一個世代(G, Generation)，也代表著行動通訊技術與應用的一個躍進，例如，從第二代行動通訊(2G)轉換至第三代行動通訊(3G)，係為了滿足人們以消費電子設備上網需求。然而，3G 僅增加行動數據連接的量能，到了4G 網路時，才進行大規模網路佈建，並在智慧型手機全面普及後，個體用戶才對行動網際網路大幅有感。加上各大廠牌的手機規格提升，與多媒體及APP應用程式的開放下載應用，再到利用行動寬頻網路控制家用電器等，都為每個人的日常生活與工作帶來質的改變。

5G指第五代行動通訊技術(5th generation mobile networks)的簡稱，屬於數位訊號的蜂巢式網路架構，與當前手機經由無線訊號接入基地台通訊模式一般，使用者長距離移動過程中，可以自動且無間隔切換基地台。而與4G技術不同的是，5G增強了三大應用領域，像是增強移動寬頻(enhanced Mobile BroadBand, eMBB)、大規模機器類互聯(massive Machine Type Communication, mMTC)及超高可靠低延遲通訊(ultra-Reliable and Low Latency Communications, uRLLC)³，其它的技術創新部分，像新增24-52GHz的毫米波頻段、多輸入多輸出(Multi-Input Multi-Output, MIMO)多天線系統、載波聚合(Carrier Aggregation, CA)技術、波束自適應性和波束成形，以及支援512-QAM或1024-QAM(Quadrature Amplitude Modul

3.王鴻翔，〈5G and Beyond-3GPP無線接取技術的發展與趨勢〉，<https://ictjournal.itri.org.tw/Content/Messages/content.aspx>，2021年09月25日。



ation, QAM)更高的資料壓縮和解調變技術。未來這些技術的成熟和軟、硬體設施廣泛佈建後，將可在日常生活中享受更高速的無線上網，4K、8K以上的高清影像體驗、智慧物聯網、智慧城市、無人載具等各種創新應用。

二、5G技術與運用

(一)5G技術說明

行動通訊網路作為關鍵資訊基礎建設的一環，從2020年各國陸續啟用5G網路以來，相關的建設與應用議題也隨之增加，國際電信聯盟(International Telecommunication Union, ITU)提出5G須滿足三大應用及相關技術指標與需求，說明如表1：

表1 5G三大應用領域與技術說明

5G三大應用領域		特色與技術說明
增強移動寬頻(eMBB)		強調高速的傳送速度，期望下行傳送峰值可達20Gbps，傳送均值可達100Mbps以上，頻譜效率(Spectrum Efficiency)是傳統的3倍，同時能支援時速500公里的移動通訊。
主要 核心 技術	可變頻譜運用 (Scalable OFDM)	5G承接4G正交頻分多工OFDM技術，且依照四種運用模式(以涵蓋區、網速區分)，彈性使用低頻(小於3GHz、中頻(3-6GHz)及高頻(大於24GHz)等頻率。
	彈性時槽 (Flexible Slot)的變化	5G在頻率領域(Frequency Domain)依電波特性做不同的OFDM載波變化，相對應時間領域的時槽(Slot)配置，也可依不同需求而有多樣變化。
	新進編碼(Coding)技術	5G的編碼技術分兩大方向，一種是控制用(需較高的準確度，另一種是資料用(高效率、低複雜度、低延遲)。
	巨量MIMO運用 (Massive MIMO)	MIMO可同時傳送數個資料通道，加快速度，若增加N乘N的MIMO架構，傳送速度可以是原來的N倍。
	毫米波(mmWave)運用	毫米波的短波長(1公分以下)，有利於MIMO與波束成型使用，因此可增加下行傳輸峰值達10Gbps以上。
	頻譜聚合 (Spectrum Aggregation)	5G頻譜聚合可跨通訊系統、跨頻段、FDD與TDD間、授權與非授權頻段間的聚合，提升整體速度。
	4G/5G核心網路 (Core Network)演進	一、5G網路的佈建進程是由4G既有基礎逐漸轉變而成，因此有相互間共存現象，屬於非獨立組網(NSA)；當5G能獨立組網(SA)時，則手機完全不接收4G訊號。 二、5G能利用雲端技術將核心設備(核心雲、邊緣雲)分散於各處雲端，手機再經由基地台快速連至雲端核心，能大幅提升資料的上傳與下載效率。
大規模機器類互聯 (mMTC)		一、強調大規模互聯特性，要求能做到每1平方公里內可支援100萬個設備的互聯。 二、結合LPWA(Low Power Wide Area)低功率與低位元無線傳輸技術，展現低功耗物聯網(Internet of Things, IoT)特性。
超高可靠低延遲通訊 (uRLLC)		強調低延遲特性，期望能表現出低於1毫秒延遲的即時通訊，而傳統4G延遲約10毫秒以上。

資料來源：新通訊元件雜誌，〈下世代行動寬頻揭序幕〉，<https://www.2cm.com.tw/2cm/zh-tw/tech/AE3100A41F36440CB003988E4EE76CA3>，2019年1月29日(檢索日期：2022年7月16日)；作者整理。

第三代合作夥伴計畫(3rd Generation Partnership Project, 3GPP)將5G新的無線接入技術定義為NR(New Radio)，區隔4G的E-UTRA(N)的技術命名。5G網路跟前代技術類似，都屬於蜂巢式網路，但是由於頻譜特性關係，必須將服務的地區再細分成更小的蜂巢，因此，選擇合適的基地台，可以節約成本及提高訊號有效覆蓋率，基地台種類說明如表2。

表2 基地台種類比較

基地台種類		發射功率 (W)	電波覆蓋 範圍(KM)	可容納 用戶	設置地點
小型基地台 (Small cell)	超微蜂巢式基地台 (Femtocell)	0.001-0.25	0.01-0.1	1-30	室內
	微微型基地台(Pico Cell)	0.25-1	0.1-0.2	30-100	室內/室外
	微型基地台 (Micro Cell)	1-10	0.2-2	100-2000	室內/室外
大型基地台 (Macro Cell)		10-50以上	8-30	2000以上	室外

資料來源：電腦王阿達，〈行動電信基地台有那些?淺談Small Cell〉，<https://tw.news.yahoo.com/m/電信服務-行動電信基地台有哪些呢-淺談small-cell-054300401.html>，2016年8月1日(檢索日期：2022年7月16日)；作者整理。

(二)5G網路傳輸效能

目前5G使用頻段可區分2種，分別為範圍在450MHz到6GHz(Sub-6)低頻段，和範圍在24GHz到52GHz(mmWave毫米波)高頻段，因為mmWave的技術尚未成熟，以及相關的產業鏈未能完整支援，所以在國內初期推廣5G仍以Sub-6頻段為主，然而該頻段與現行眾多型式應用頻段重疊，也包含4G，導致頻譜資源非常有限，各家電信業者則表現在頻譜的競標搶拍上。另外，毫米波頻率高、頻寬廣、頻譜資源充裕，因此未來用戶在網路速度的體驗相對更佳，表3為4G及5G定義之傳輸效能比較。

表3 4G及5G定義之傳輸效能比較

行 動 代	文件定義	峰值數據速率 Gbps	用戶體驗 數據速率 Mbps	傳輸 延遲 ms	移動 性能 Km/h	頻譜使用 效率 X倍	區域傳 輸流量 Mbps/m ²	網路用 電效率 X倍	用戶端設 備連接數 每Km ²
4G	IMT-Advanced	1	10	10	350	1X	0.1	1X	10 ⁵
5G	IMT-2020	20	100	1	500	3X	10	100X	10 ⁶

資料來源：呂奐模，〈5G發展，停、看、聽〉《台灣經濟新報》，<https://www.stockfeel.com.tw/5G發展，停、看、聽/>，2019年5月7日(檢索日期：2022年6月20日)。



(三)5G應用場景

5G應用場景可概分智慧能源、遠距醫療、車聯網、無人飛行載具、智慧城市、AI個人輔助、遠距家用娛樂、社交平台、智能製造及虛擬實境等12個領域⁴。而且依國情差異，著眼的方向也各有不同，但大致上仍以物聯網與行動網際網路相關應用服務場景為主軸。綜整各國消費端民生應用場景如表4:

表4 5G應用場景

業務模式	主要應用場景	美國	歐盟	中共	日本	韓國	我國
物聯網	智慧電網與關鍵基礎設施監控	●	●	●	●	●	●
	智慧城市(例如：智慧交通、智慧建築、智慧家庭)	●	●	●	●	●	●
	行動照護與遠距醫療	●	●	●	●	●	●
	車載網際網路與車內資訊娛樂系統、交通事故提前感知與緩和系統、車輛協作與資訊交換	●	●	●	●	●	●
	運動與健身	●				●	●
超清影像、虛擬實境與行動遊戲	具3D功能的行動遠程出席(telepresence)服務	●	●				
	虛擬實境行動網際網路遊戲	●		●	●	●	●
	應用於緊急服務、公共安全、遠距醫療、智慧城市、專業服務、零售業等之高解析度終端設備、頭戴式顯示器、可穿戴式終端	●	●		●	●	●
行動數據使用密度高度成長	無線行動通訊網路終端設備數量將顯著的增長	●	●	●	●	●	●
	需更高的接取速率之行動寬頻服務	●	●	●	●	●	●
公共安全	緊急任務之語音服務	●	●		●	●	●
	緊急寬頻數據服務	●	●		●	●	●
環境背景感知之行動通訊服務	用戶都需要現有的業務服務模式提供他們真正有用的資訊或者是其真正需要的服務	●				●	●

資料來源：胡志男，〈無網不利/未來世界5G大演進/深入淺出，給你最方便實用的「5G快參包」〉《「5G行動寬頻技術發展趨勢研究」》，2015年7月1日(檢索日期：2022年6月20日)。

4.胡志男，〈無網不利/未來世界5G大演進/深入淺出，給你最方便實用的「5G快參包」〉《「5G行動寬頻技術發展趨勢研究」》，2015年7月1日。

在上述的應用場景中，有些能為一般使用者帶來新穎的用戶體驗，翻轉傳統4G技術不能滿足的服務品質，例如在影音娛樂、多人互動系統(演唱會、遊戲、視訊)，如圖1所示。在結合5G、VR和行動邊緣運算技術的場景中，使用VR頭戴顯示器，就可以實現沉浸式的隨選觀影享受，像文化內容策進院⁵在「2021TCF創意內容大會」就推出「5G VR Cloud」計畫，並借助中華電信5G專網、雲端伺服器的支持⁶，提供多元感官體驗。

圖1 5G使用者體驗示意圖



資料來源：DELL Technologies 專家會客室，〈5G創新應用趨勢〉，<https://digital-transformation.com.tw>，2020年8月13日(檢索日期:2022年7月5日)。

三、行動通訊網安全性議題

5G提升網路傳輸的速度，強化通訊網路架構的扁平化與IP化，但也衍生出許多資訊安全的疑慮。歐盟在2019年10月發表《5G網路風險評估報告》，就指出

5.文化內容策進院(簡稱文策院、TAICCA)是中華民國為提升文化內容之應用及產業化並促進文化創意產業發展而成立的行政法人機構。網址：<https://taicca.tw>。

6.商周，〈新型態娛樂體驗TCCF未來內容展推出5G VR Cloud 計畫〉，<https://www.businessweekly.com.tw/focus/ind-ep/1001808>，2021年11月02日。



：5G網路時代面臨的資安挑戰包含行動網路營運商的供應鏈安全疑慮，而未來能源、交通、銀行、醫療及支援關鍵基礎設施，預估有幾十億聯網裝置⁷，因此面臨的資安挑戰也更加嚴峻。早期有線上網所面臨的資安風險為外部實體威脅，如今的無線網路以空氣為介質傳輸訊號，有心人士可悄然無聲地蒐集傳遞於空氣中的封包資料，造成行動寬頻網路在安全上的危機。目前行動通訊技術限制與成本考量，5G網路與4G網路還需要共存共構，無法獨立組網(Non-Standalone)，4G的資安風險將是目前仍需考量的安全議題。未來如何精進5G資安技術、打造5G產品資安防護機制，強化關鍵基礎設施及營運資安防護能力，是各國共同持續的挑戰。

無線網路外來的訊號攻擊威脅，具有固定區域範圍的特性，透過無線訊號的發送與偽造達到攻擊的效果。而手機訊號的無線傳遞是以大氣傳播為媒介，因此在訊號範圍內的所有接收設備都可以存取到相同的資料封包，同樣在相同訊號範圍內的設備都可以發送干擾訊號造成通訊的中斷。迄今「各國仍未訂定行動通訊設備資安檢測規範，美國曾參考供應鏈安全作法，要求電信商將產品進行第三方資安測試，但目前政策仍依循NIST SP800(National Institute of Standards and Technology, NIST)系列，僅對政府組織採購規範提出建議」⁸。根據「3GPP及NIST相關數據報告，行動寬頻網路整體風險層面可歸納並分類出6大項威脅」⁹。第一類為網際網路對核心網與用戶設備所構成之威脅；第二類為偽冒基地台及第三類遭入侵感染的用戶設備所構成之威脅；第四類為基地台對核心網路潛在系統、軟體漏洞所構成之威脅；第五類為核心網路設備間的介面所構成之威脅；第六類為透過電話語音服務影響計費系統所構成之威脅，如圖2所示。

四、5G企業專網MDVPN(Mobile Data Virtual Private Network)簡介

隨著行動通訊網路的發展，移動、高速、穩定的連網讓企業員工的工作環境可以無時無刻，透過行動網路，享受最便利的行動資訊化服務。一般而言，企業員工在辦公室環境大多透過虛擬私人網路設定(Virtual Private Network, VPN)連線，確保企業資源規劃(Enterprise resource planning, ERP)、客戶關係管理(Customer Relationship Management, CRM)或資料庫內的資料，能更安全地利用專屬的加密通道(Internet Protocol Security, IPSec)進行資料存取。至於在公司外的行動環境辦公，基於網路傳輸安全的考量，員工若要連接企業內部網路存取資源，

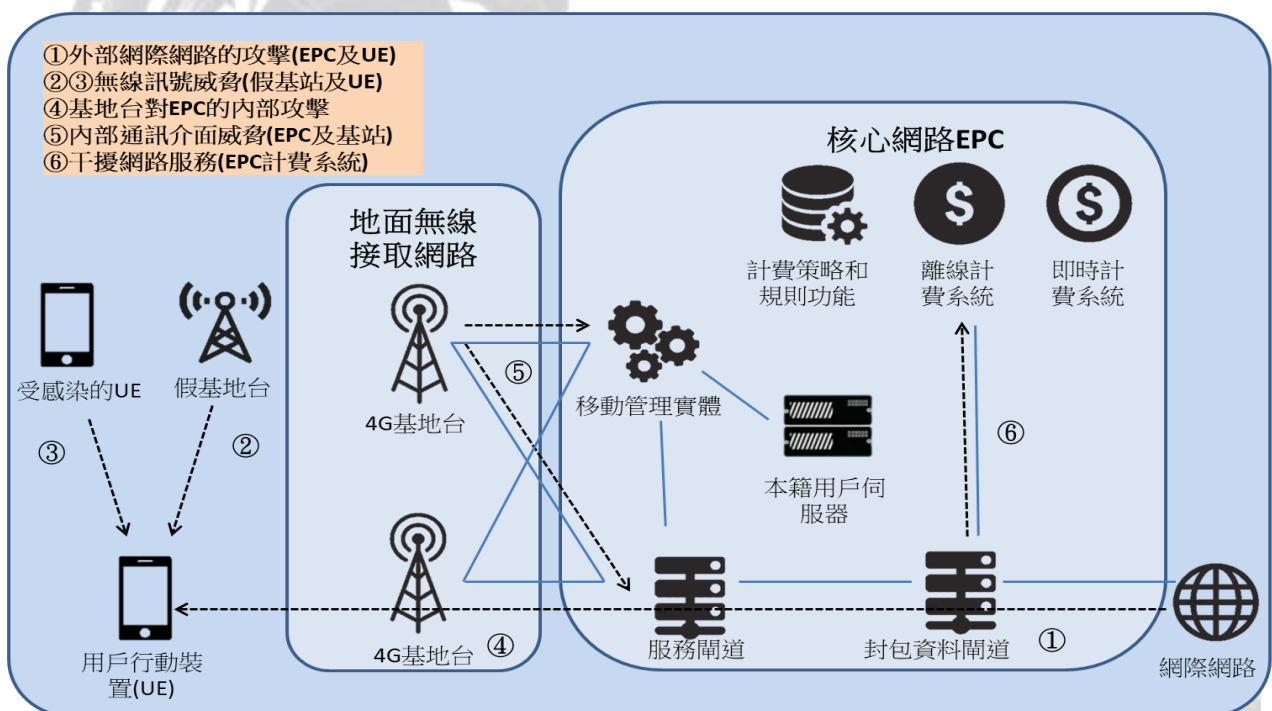
7.行政院國家資通安全會報技術服務中心，〈歐盟發布5G網路風險評估報告〉，<https://www.nccst.nat.gov.tw/NewsRSSDetail?lang=zh&RSSType=news&seq=16307>，2019年10月18日。

8.蔡志明，〈行動寬頻資安技術的剖析〉《科學發展》，第533期，2019年1月，頁24。

9.同註7；NIST屬於美國商務部的非監管機構，成立目的為促進美國的創新和產業競爭力，推進度量衡學、標準、技術以及強化經濟安全，改善人類生活。網址：<https://www.nist.gov>。

系統管理員要自行解決認證及VPN設定問題，或是架設具有安全加密保護的虛擬私有網路技術 (Secure Sockets Layer VPN, SSL VPN)專屬網頁，投資及維護常會造成困擾，還得時常擔心是否有資料遭竊取等安全性的問題。針對上述造成困擾的問題，電信業者(中華電信)的MDVPN企業專屬行動網解決方案，可以使企業透過多種連線方式，讓員工經由無線上網連接基地台開始，直接連接中華電信的機房，透過企業專屬專用的路由連回公司內部網路，達到最高效益。搭配客製化的安全管理機制，並透過電信業者的基地台覆蓋網路，提供用戶在辦公室以外的場合連回公司內部作業。

圖2 行動寬頻網路整體風險示意圖



資料來源：蔡志明，〈行動寬頻資安技術的剖析〉《科學發展》，第533期，2019年1月(檢索日期:2022年7月5日)

各國5G行動通訊概況

一、中共發展運用

(一)軍民融合建設

軍事既有的通資平台與常態開設的固定基礎設施，可以直接依附民間電信業者5G通信網路，或使用現有、成熟的5G技術、設備資源，展現高強度融合特性，對軍事應用5G化的成果能夠快速呈現。中共2019年曾在北京舉行過智慧軍營創新大會，研討如何加強營區資訊管理，其中以民間5G的技術應用得到



高度關注¹⁰，場中許多學者提出不少有關5G技術的智慧軍營管控平台策略方案，幫助中共防衛動員，協調資源和後勤支援，提供更聰明的選項，滿足戰時應變所需。

中共在無人化平台的反恐任務應用中，利用5G的eMBB技術結合衛星通訊與北斗系統的定位能力、移(行)動邊緣計算(Multi-access Edge Computing, MEC)，加上無人載具、機器人、感測器的協同合作，可進行複雜環境和潛藏目標的反恐行動與遠端實時感知的火力打擊。中共的5G發展進程恰好引領自身國防「信息化」戰略，改善中共戰場通訊與整合性，且中共軍隊試圖將人工智慧技術應用於軍事領域，促進軍隊指揮自動化的能力。由中共強勢主導，扶植民間企業發展5G產業，在大量的基地台與其它基礎建設支持，5G用戶在民間的滲透率大幅提升，最後得利的不僅是民間業者，中共軍隊經由軍民融合技術，更可以獲取超越其他敵對陣營更多的資源與效益。

(二)5G面臨挑戰

中共軍方也曾指出5G的三大特色：移動寬頻、大規模設備互聯、超低延遲等特性，將能夠面對未來新型態的軍事衝突，因此，5G的軍民融合戰略是必然的。中共的主要5G服務供應商有中國移動、中國聯通、中國電信等三家公司，而中國企業華為和中興通訊則是主要的5G設備供應商。目前中共的5G建置與產業發展已達到高峰，從近期三大龍頭公司已下調5G基站投資規模可應證此說法¹¹，由此可知中共的5G基地站台覆蓋率已具備一定水準，將來僅須持續增強5G軍事化應用層面。雖然中共5G技術領先全球，部分5G標準、技術和產品也已經成熟，但還不能全面滿足軍事高度複雜的應用需求，在相關的軍用標準訂定、底層應用設備產業鏈發展、擴建5G未覆蓋軍事地區、軍用系統的安全防護與抗干擾技術等，都是中共未來仍需努力克服的關卡，反之也是我國借鏡目標。

二、美國發展運用

(一)融合AI、邊緣與雲端運算

美國海軍司令部SoCal Tech Bridge, NavalX的第一個先導計畫就是在5G Living Lab部署基於AI、邊緣運算、感測器組的安全監視系統，邊緣運算因採分散式架構可以降低頻寬需求，縮短運算端與資料端的距離與回應延遲時間¹²，結

10. 壹讀，〈2019智慧軍營創新大會最新日〉，<https://read01.com/kzQJo0k.html#.YrxbLSVjeaM>，2019年10月16日；智慧軍營創新大會舉辦目的為中共促進軍營資訊化，建立智慧軍營和智慧校園的智能化管理體系，實現營區數位化、基礎設施智能化、信息資源網路化、日常管理可視化之目的，主辦單位為中共指揮與控制學會，參加對象為相關領域學者、專家及廠商。

11. Anue鉅亨新聞，〈5G建置盛況已過中國電信巨頭示警未來基站投資將大幅下滑〉，<https://amp-news.cnyes.com/news/id/4842670>，2022年03月28日。

12. DIGITIMES，〈5G結合AI與邊緣運算「國家級」通訊再升級〉，https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&cat2=80&id=0000596813_k0h7pa8u2，2020年11月04日。

合5G網路的超大頻寬、高速網路、低延遲特性，更容易發揮人工智慧(Artificial Intelligence, AI)的完整潛力與情境感知技術。另外軍事任務運用無人機實況串流照片與視訊，輔以AI近乎即時建立數位3D地圖，整合IoT感測器收集的資料再以AI直接處理歸納結果，能讓決策者可直接下達命令。

在雲端服務的封閉式架構運用上，美軍因戰地技術連網、日常作業、軍事訓練支援所使用網路需求高，且過去幾年廣泛運用雲端資料的存取效益良多，因此美軍也積極的提升5G基礎設施，佈建行動網路雲端服務，並運用智慧型行動裝置，例如美國德克薩斯州布里斯堡的美國陸軍旅現代化司令部管理的試驗項目「戰士推向數位化應用(Connecting Soldiers Digital Application, CSDA)計畫」，充分運用智慧型手機及應用軟體¹³，藉由雲端運算技術分散式儲存與計算巨量資料，支援平時訓練、災防與作戰任務。

(二)跨軍事領域通信整合

美國國防部(DOD)委由洛克希德馬丁(Lockheed Martin)公司，為美國海軍陸戰隊(US Marine Corps)建立5G通訊網路基礎設施平台：「Open Systems Interoperable and Reconfigurable Infrastructure Solution, OSIRIS」，設置的位置在加州的Base Camp Pendleton，預計在2024年9月完工¹⁴，該平台可以快速整合美國跨海、陸、空、太空及網路的軍事作戰需求。洛克希德馬丁以OSIRIS作為軍民融合技術的關鍵驗證，試圖找出5G網路與DOD平台相容的領域，連線各種5G使用裝置、端點，兼顧網路安全需求，然後將5G的高頻寬與低延遲的特性賦予在國防科技產品上，以強化軍事作戰能力。

像美軍在無人機的發展與成果表現一直是全球的領導者，並且廣泛應用在情報蒐集、偵察預警、跟踪定位、戰場搜救、通信中繼、軍事打擊與戰鬥訓練等軍事領域，是現代戰爭不可或缺的重要軍事戰力。5G的技術特性能增強無人機的功能，對未來戰爭的適應性與效益性有推升的作用，因此美軍開始與無人機生產製造商Aero Vironment開始對5G通信技術的結合應用，執行相關的測試與研究，具體展現在高於4G通信100倍的傳輸率和低於0.1毫秒的延遲能力，足以支撐無人機大規模集群協同作戰的需求。雖然5G技術對軍用無人機有巨大的前景，但是通信低覆蓋度、與更複雜的網路規劃，仍需投入大量的時間資源。

三、我國發展運用

國內在5G行動通訊產業應用發展與基地台的覆蓋率仍有待時間改善，但是

13.每日頭條，〈戰術雲的演進、轉型與未來 | 美軍戰術雲實現模式及相關計劃研究〉，<https://kknews.cc/military/xnkeaz8.htm>，2017年10月23日。

14.DIGITIMES，〈洛克希德馬丁為美軍建立5G通訊試驗平台〉，https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&cat2=140&id=0000630001_ALCLX1LY1NBH870PG6X77，2022年03月02日。



相關的產官學各界，針對5G運用方式卻不斷推出新的場景構想。在108年8月國防部就曾與國家中山科學研究院資訊通信研究所，共同主辦「5G世代國防應用論壇-智慧物聯網AIoT(Artificial Intelligence of Things)」，藉由該活動促進軍民間的交流，深入瞭解未來科技作戰運用與裝備的發展¹⁵，將人工智慧導入國防科技，以增進國軍官兵科技知識，掌握最新科技與裝備特性。

行動通訊在國內民間應用實例方面，像遠傳電信曾展示利用5G結合AI，取代傳統人工檢測布料工作，有助提高產品的質量；臺北市政府與中華電信推出5G體驗公車，透過5G讓車內先進駕駛輔助系統(Advanced Driver Assistance Systems, ADAS)與路邊設備溝通，提升行車安全；臺東豐田與長濱中小學利用5G結合VR輔助少棒選手做出投打訓練；宜蘭縣將農業IoT種植生產系統從原本4G提升至可支援5G傳輸網路，加快數據的分析與精準度；國內電商平台momo在其倉儲中心導入5G專網，協助無人搬運車(Automated Guided Vehicle, AGV)及自主移動機器人(Autonomous Mobile Robot, AMR)，提升自動揀貨效率；中華電信在5G開台活動中，展示5G無人機空中監控與巡檢的能力，讓無人機拍攝影像可連結AI雲端運算系統，可辨識特定事件或差異變化。

四、小結

雖然中共在5G的產業應用發展快速，但仍有許多的電信設備規格與規範仍與美國相互競爭中，遑論需要滿足軍事高度複雜的應用需求而衍生出的基礎建設，而美軍因結合境外作戰因素，民用行動通訊使用在軍事訓練與作戰任務已行之有年，因此美軍在國內也不斷擴建5G基礎建設，甚至低軌衛星行動通訊結合5G也是其目標策略之一，並具體表現在無人機與戰地連網上。目前國內的5G基地台數量與覆蓋範圍尚有不足，用戶數量還遠不及4G用戶，以及國軍現行相關通資保密政策對民用行動通訊的使用配套不斷研議修訂，期能在安全無虞的環境下，將國軍通資架構接軌行動通訊系統。

因此，未來5G若能納入本軍戰場行動通信一環，將數據指管鏈路延伸至戰場的每一個角落，對我作戰指管所帶來的效益，是不可言喻。表5為本篇內文提到，中共與美國在5G軍事運用場景可能性判斷，以提供本軍未來5G運用方向。依照下表可發現，國內將5G結合AIoT實現局部區域5G場景，民間技術有望支援相關軍事應用，惟獨以5G垂直整合一體化作戰通信網路、武器控制系統、無人反恐任務平台，無相關數據可供參考，下個章節將針對本軍現行通資架構與行動通訊整合可能性實施探討，以提供本軍未來將行動通訊納入作戰通信網路之

15. 中時新聞網，〈5G世代國防應用論壇促軍民合作〉，<https://tw.news.yahoo.com/5g世代國防應用論壇-促軍民合作-215013155--finance.html>，2019年09月02日。

參考。

表5 5G場景能力分析

5G 應用技術	應用場景	效益	可實現場景能力分析		
			中共	美國	我國
移動通訊網路平台	聯合作戰	連線巨量5G-裝置、端點，並將5G的高頻寬與低延遲的特性賦予在異質通信裝備間，以強化軍種間聯合作戰能力	●	●	
		保密性高、較不易被敵干擾			
		構成綿密網路，作戰指揮自動化			
	IoT物聯網	整合戰場大量智能武器、裝備及人員戰鬥個裝感應器	●	●	●
		加強設備感知、定位、識別、控制、智慧化能力，提升戰場態勢感知能力			
		提升後勤庫儲管理及物流維運效率			
	無人飛行載具	應用在情報蒐集、偵察預警、跟蹤定位、戰場搜救、通信中繼、軍事打擊與戰鬥	●	●	●
		無人機大規模集群協同作戰			
		即時影像建立戰場3D圖資，提高戰場感知能力			
	無人地面載具	減少駕駛操作，降低戰場風險，及可實現自動化物資運輸	●	●	●
虛擬實境	實戰氛圍模擬訓練	實現低延遲與高速模擬實戰訓練	●	●	●
	多人協作	遠距作戰醫療、設備檢修協作	●	●	●
人工智慧	智慧營區	智慧管理、智慧訓練、資訊共享	●	●	●
	無人化反恐任務平台	複雜環境和潛藏目標的反恐行動與遠端實時感知的火力打擊	●	●	
	大數據雲端運算	藉由雲端運算技術分散式儲存與AI計算巨量資料，支援平時訓練、災防與作戰任務	●	●	●

資料來源：作者整理

現行通資運用結合5G關聯分析

一、本軍通資架構

(一)戰備通資系統

本軍現行通資架構各作戰區境內主要以國軍光纖網路、環島機動微波鏈路、機動與固定節點中心組成主要骨幹網路，再由機動數位微波系統、衛星通信系統、陸區系統(多波道)、具備數位資傳功能無線電機、有線電數位交換機或



運用民營業者充沛的既設線路等方式，銜接至固定站台或鄰近電話交換中心，延伸出適合各作戰階層與人員、武器戰台的綿密通信網路。軍用通資架構相比民用通資架構在本質上有略許差異，在詭譎多變的戰場環境，具備高可靠度、低延遲、機動性強且大面積覆蓋的通資網路至關重要。現代作戰講求數位化通訊技術與高科技精準武器的結合，藉以消除戰場迷霧，獲取戰場優勢。因此若想要將軍民通資架構兩者融合為一，必須先考量兩者間在不同的基礎所產生的差異。以下就「既有固定通資設施」與肆應作戰進程開設的「無線電、微波與衛星通資系統」實施說明。

1.既有固定通資設施

臺灣本島地形狹長，西部地區屬多城鎮與丘陵，因此本軍固定通資骨幹設施，以資通電軍國軍環島光纖及寬頻微波中繼鏈路為主，平時可以確保各營區、機場、港口與重要防護設施的通信，戰時可增加作戰區至旅級之間指管系統存活率，且其與民用行動通訊基地台架構相似，更易於整合利用。基地台是固定在一個地方的高功率多通道雙向無線電傳送機，它們典型被用於低功率通道雙向無線通訊，如手機或可攜式電腦等行動終端設備，當設備上網發送訊號時，訊號就會由附近的一個基地台傳送和接收，透過基地台和光纖彼此間的鏈結，將訊號轉送到目標基地台網路中。

2.無線電、微波與衛星通資系統

作戰通資系統主要肆應戰場環境改變，確保部隊通信可靠，加上打擊或守備地區可能無固定通資設施可用，因此無線電、微波與衛星等無線通信，則成為必要手段。而現行各作戰階層從上到下的數據鏈整合尚有發展空間，且系統間的網路整合複雜度與傳輸延遲高。因此，近年本軍持續進行各種通資系統提升與建置，思考如何發揮新式通裝整體效能，除考量各作戰區整體作戰構想、戰術位置及戰場經營規劃，建立相互備援指管機制通信系統外，若能審慎結合民用行動通訊系統，在作戰中可減少通信干擾與增加摧毀後的備援手段，達成野戰指管不中斷之目標。民用移動式行動通訊基地台具有架設速度快、運用靈活、調度方便、自帶電源設備等特點。因此，在突發事件和重大事件發生的情況下，應急通訊車通常是現場應急通訊的首選。

(二)救災通資系統

本軍在各作戰區通資電救災應援任務，依現行作業程序編組災防應變指揮中心、前進指揮所及各災防分區，在通資系統建立與維護上，利用既有通資設施為骨幹，輔以中華電信開設所需有、無線電網路及中繼台，對防區三軍部隊、縣政府及公民營單位構成通聯，以有效支援救災任務遂行。無線電通信運

用，以現有通信網直接轉換為救災無線電網路，採定頻明語通連方式作業，對各責任區救災部隊實施連絡，並以國軍GSM行動電話及民用無線電系統作為通信備援手段。救災專用行動裝置運用，依災防區超前部署之救災部隊需求，採先期預置由帶隊官攜至災害地區使用，透過智慧型手機視訊軟體及災害防救系統將當面情形「照片」、「影像」透過民用行動通信系統回傳，供災防應變指揮中心或前進指揮所掌握當前狀況並與指揮官及前進指揮所實施視訊會議，回報當前災情，同時也會協調中華電信營運處於災區開設臨時通信站，提供光、電纜、行動電話及衛星電話等通信設施，以利災區對外通連。

二、5G行動通訊架構

5G納入本軍通資架構，建議以作戰區內主要打擊、守備或特殊行動任務編配部隊為主要使用階層，終端設備依任務區分：具備戰場資訊管理的電腦(可依車輛或武器載台組裝成多種型式)、提供數位化戰士戰場感知的穿戴設備、遠端操作及即時影像處理的無人偵蒐機。戰場資訊管理系統須具備地面行動控置、空中行動、情報控制、火協控制、戰鬥勤務支援控制等基本五項功能，提供作戰部隊指揮官執行計畫、指揮與管制等行動，前線部隊即時敵情顯示與處置。基於5G行動通訊的架構，就本軍作戰區以下的資訊(數據)網路，將用戶端對資料存取與處理的階層對象，區分集中式雲端存取、分散式邊緣運算存取2種，選擇合適架構，提高整體系統服務效率，說明如下：

(一)集中式雲端存取

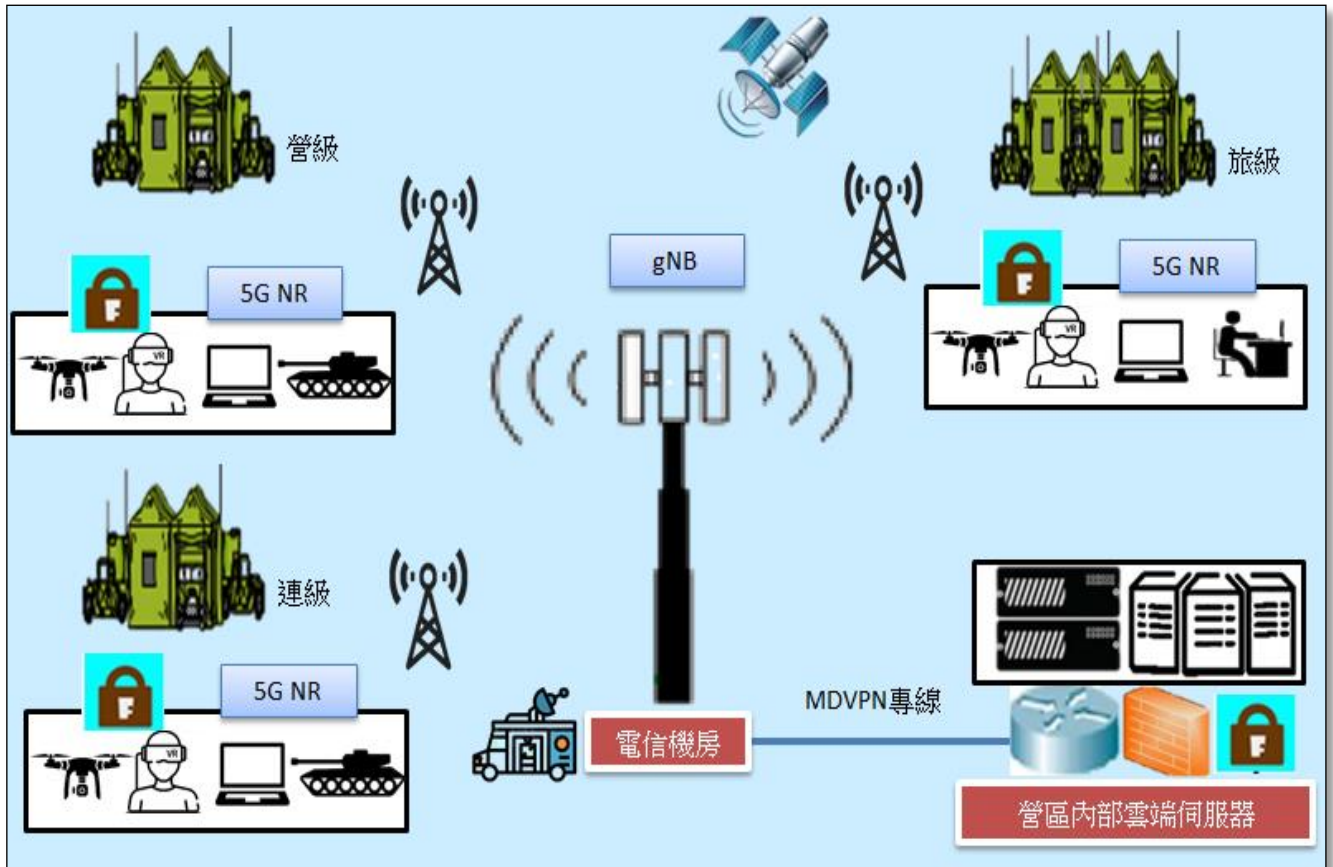
1.網路環境：終端使用者利用行動裝備(User Equipment, UE)存取網際網路服務時，行動裝置無線訊號(5G New Radio, NR)與基地台 (generation Node Base, gNB)的行動無線鏈結進入到電信核心網路，在透過MDVPN作戰專用網路連結至具備軍民實體隔離、完整資安防護含加密機制的集中式雲端伺服器，完成戰術資料交換與處理，獲取資訊，如圖3所示。

2.雲端存取服務內容：包含即時文字(語音)訊息、視訊會議系統、電子郵件、加密檔案傳輸、文書作業軟體、情資顯示系統。另外，機房可建置聯合情報資料庫，自動整合與連結軍、民間各種有利遂行作戰資訊，藉以分析、比較可行的行動方案。

3.運用場景：運用5G行動通信網路及專用UE，可暢通本軍各部隊縱橫向語音、資訊及部隊動態掌握，亦能彌補當前營級以下部隊指管能量不足窒礙。綜觀各打擊部隊及守備部隊型態各異，且任務也不盡相同，在有限通資環境下，整合軍民通資系統、相互備援，能在戰時快速建立指管平台，掌握當前敵情狀況，遂行作戰任務。



圖3 集中式雲端存取



資料來源：作者繪製

(二)分散式邊緣運算存取

1.網路環境：終端使用者利用UE存取網際網路服務時，gNB接收到NR，直接由部署在gNB的邊緣節點運算伺服器(Edge Server, ES)，先行判斷該服務封包是否使用MEC(Multi-access edge computing)運算服務，或仍需經過回程網路(Backhaul)及電信核心網路以存取國軍網路服務。透過MEC技術的流量卸載(Traffic offload)，可降低基地台與核心網路之間的資料傳輸，更可以減少需要經過回程網路(Backhaul)及電信核心網路的服務封包所占用的大量頻寬，如圖4所示。

2.提供邊緣運算服務：將須要即時運算的需求，從主機移動到邊緣伺服器去處理，降低核心伺服器的負載壓力，讓使用者感覺網路存取服務迅速低延遲。

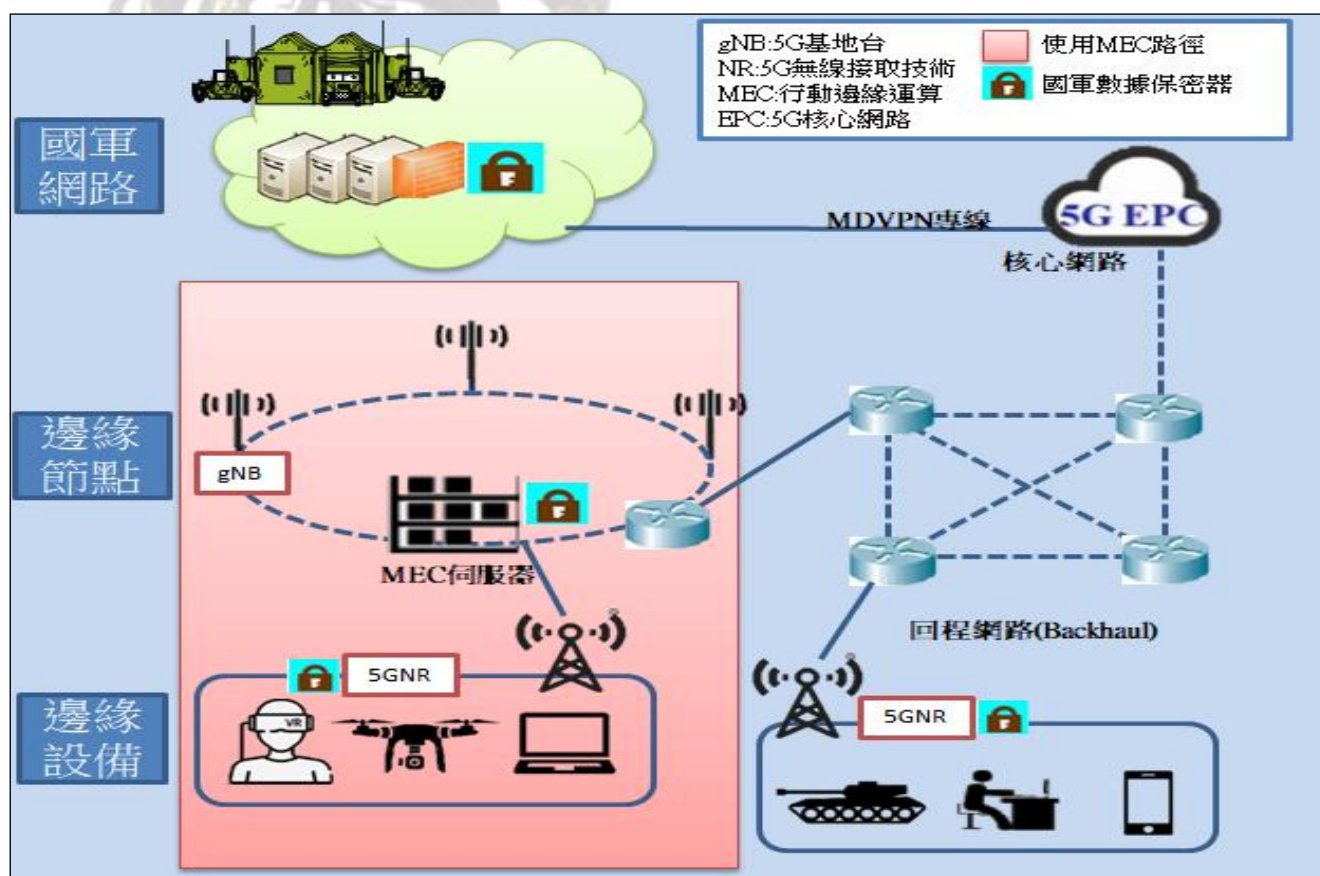
3.運用場景：

(1)智慧環場警監:在機敏場域架設微型基地台(Small Cell)，透過5G NR與gNB無線接取30-50個以上的攝影鏡頭，然而監視畫面大部分都是靜止不動或沒有意義的資訊，因此可以在基地台端架設MEC設備進行畫面內容分析和處理，把有意義的監控畫面和事件分段進行回傳，達到智慧監控功能。

(2)無人飛行載具(車輛)：執行即時偵蒐任務時，有些視覺反饋的場景，有時需要達到10毫秒的往返延遲，若先將影音串流檔，同樣交由MEC設備處理、壓縮檔案，再回傳給後方指揮所使用，可以節省大量回程網路的傳輸容量與延遲，提高部隊作戰效率。

(3)高擬真戰場影像：偵察兵或單兵作戰時，利用全景影像攝影機，可以將前線戰場即時影像回傳到指揮所，在由5G核心技術eMBB和uRLLC的雙向加持下，大頻寬低延遲可以做到8K以上的高清影像無損傳輸，並將畫面即時錄製存放在MEC設備上，指揮官與作戰幕僚可依作戰近況隨選觀看畫面，做出正確判斷。

圖 4 分散式邊緣運算存取



資料來源：作者繪製

三、5G架構與軍事作戰場景分析

上述提出的二個5G行動通訊架構(集中式雲端存取、分散式邊緣運算存取)，架構差異主要在於用戶終端設備存取數據資料時，是否需要經由回程網路(Backhaul)連回國軍網路機房，或由附近基地台設置的節點伺服器完成運算處理，就此差異結合軍事作戰通資運用可能性分析，選擇合適場景的運用建議，如表6：



表6 軍事作戰場景與5G架構運用分析表

作戰場景	場景概述	通資運用規劃	合適 5G 架構運用場景
進入戰術位置	接獲上級命令，通報各部隊進入戰術位置，並回報位置及人員、後勤現況。	機動時通資以無線電為主，公民營設施為輔，通資運用應講求節約、力求保密，搜索警戒部隊之通信應保持暢通。有效支援行軍通信及進入戰術位置通資系統建立，達成立即指管之目的。	【集中式雲端存取】 (一)適合大量終端設備與較大作戰幅員，集中連線雲端伺服器，不需要伺服器即時數據分析處理與回應，能以較節約方式建置暢通各部隊縱橫向語音、資訊平台，以統一指管系統回報部隊位置、人員及後勤現況。 (二)此架構將伺服器集中在相同雲端管理，組成單一節點的運用，數據資料集中不需要分散儲存，所有的用戶功能都集中處理與傳遞。 優點：使用較少的設備與人力資源，部署與管理容易、成本較低，能讓作戰區所屬旅、營及連級部隊同時連線。 缺點：所有用戶網路服務都要連回相同位置，需要較大的網路流量，網路時延較高。
戰力保存	持續戰場經營及戰力防護作為，最大限度保存既有戰力。	各式車輛、系統均需結合地形、地物，以最大幅員實施疏散及隱(掩)蔽，並針對各項通資裝備之特性及設施，加強通資之戰場經營、妥善運用公民營通資系統、連接國軍通資既設骨幹鏈路，以增加通信靈活彈性運用，建立系統指管需求。	【分散式邊緣運算存取】 (一)適合特殊任務運用，所產製數據與資訊需即時分析處理，例如 UAV 執行偵察任務將即時影像傳遞指揮所，提供情報、作戰及火力運用；提供打擊部隊作戰人員戰鬥個裝、穿戴設備感測器之數據整合與回饋。 (二)此架構可依需求，將 MEC 運算伺服器架在無線基地台端，用戶連線上網時，自動判斷能否由 MEC 伺服器直接處理，或透過回程網路連回雲端伺服器。 優點：用戶網路服務不需要全部連回雲端伺服器處理，不會大量消耗專線流量，網路時延也較低。 缺點：使用較多的設備與人力資源，部署與管理不易、成本較高，適合特遣隊與專案編組運用。
泊地暨反舟波射擊	運用 UAV 對海上目標實施偵察，將即時影像傳遞至指揮所，提供情報、作戰及火力運用。	泊地攻擊與反舟波射擊階段以聯合作戰為主，其通資需求量大且複雜。運用現有通資裝備及兵力開設，構成複式指管通連，C4ISR 系統必須統一管制運用，以利指揮順暢。	
反空(機)降作戰	完成陣地佔領及煙幕作業，並向敵軍發起掃蕩，殲敵於著陸區內。	對預判敵空(機)降區之通資設施，應預先規劃、先期整備，並預設必要路線，打擊部隊投入後，通資重點應全力指向打擊部隊。建立獨立網域，並開設機動指揮所(城鎮戰運用)，滿足反擊暨反空機降作戰指管需求。	

資料來源：陸軍通資連(排)教範(第一版)；作者整理

四、運用效益

(一)強化部隊動態指管

透過未來隨處可見的5G小型基地台，能提高用戶訊號的覆蓋率，以及在主要裝備及車輛上裝設低功率的無線物聯網感測器，可完整的掌握地面部隊動態，改善現行通信裝備使用GPS/GIS有限度的部隊動態管制能力。各作戰區間的無線與寬頻微波通信，受本島地形限制，須透過高山或無人中繼站台實施整合入網，若能結合民用行動通訊網路的優勢，在關鍵利害區域建立軍民共構的基地台，作為固定站台的備援手段，既能夠強化重點區域的通資能量，也能減輕國軍全島通資基礎設施建置的成本。

(二)減少作戰通信盲區

對通資運用的效益而言，5G依賴大量基地台使訊號涵蓋各角落，龐大數量的基地台與綿密的覆蓋率，相比本軍使用固定(機動)數位微波入網、無線電中繼台轉發而言，更可達到最佳連結效益。而且民營業者為提供優質的網路服務，日常的設備維護及備援手段更是投入大量的成本，因此通信狀況穩定度較佳、通信容量更大。此外，衛星通信是5G回程骨幹鏈路的路由選項之一，只要傳輸路徑透過或直達天際構成視距，即可獲得高質量的通信訊號，即使受地震、颱風等天災影響，也能迅速恢復通信。

(三)快速佈建區域通信

5G使用的小型基地台因成本低、體積小、重量輕、攜帶方便、維護容易與快速部署，可配合各類載具(例如：車輛、空中無人機)結合成一個多方向、多點的立體通信網，增加整體運用彈性，有效整合通信節點達到作戰場景所需功能。最後，民用行動通信基於商業運作模式，使用者付費，電路使用權取得容易，不需曠日費時的建案流程，對平時行政作業用量需求能立即滿足，戰時情資傳遞用量也絕不浪費。

結論

行動通信是全球電信網路的發展趨勢，5G更發展出許多創新應用，帶動企業數位轉型。未來市場規模與通信技術的標準訂定，更是電信供應商與運營商兵家必爭之地。國軍在此領域的發展與融合也不能缺席，因為對軍事領域而言，5G可大幅增強戰場數據傳輸效率、提高指管能力及加速無人化作戰的發展，所以更應該主動參與配合國家整體通訊頻譜發展與網路基礎建設。雖然目前5G在市場尚處於發展階段，有關的產業鏈與產品服務未建置周全，並且主要發展市場以民生為主，支持軍事用途有限，但考慮5G對未來作戰可能帶來影響，與



敵人擁有5G技術的潛在威脅，無論如何，都應儘早掌握現有龐大的民間通資能量，納入建軍備戰運用，發揮整體軍民國防戰力，以面對未來各種軍事威脅與挑戰。

參考文獻

- 一、蔡志明，〈行動寬頻資安技術的剖析〉《科學發展》，第533期，2019年1月。
- 二、胡志男，〈無網不利/未來世界5G大演進/深入淺出，給你最方便實用的「5G快參包」〉《「5G行動寬頻技術發展趨勢研究」》，2015年7月1日。
- 三、陳柏州，《陸軍通資連(排)教範(第一版)》，國防部陸軍司令部，2015年8月20日。
- 四、張家嘯，〈4G行動上傳網速倒退嚕 這縣市飆網速度衝第一〉，<https://www.cardu.com.tw/news/detail.php?45995>，2022年04月28日。
- 五、王鴻翔，〈5G and Beyond-3GPP無線接取技術的發展與趨勢〉，<https://ictjournal.itri.org.tw/Content/Messages/contents.aspx>，2021年09月25日。
- 六、商周，〈新型態娛樂體驗TCCF未來內容展推出5G VR Cloud 計畫〉，<https://www.businessweekly.com.tw/focus/indep/1001808>，2021年11月02日。
- 七、壹讀，〈2019智慧軍營創新大會最新日〉，<https://read01.com/kzQJo0k.html#.YrxbLSVjeaM>，2019年10月16日。
- 八、風傳媒，〈不能輸的5G軍備競賽!紐時揭露：美國秘密號召盟友，封殺華為參與5G行動網路建設〉，<https://www.storm.mg/article/881885?page=1>，2019年01月28日。
- 九、每日頭條，〈戰術雲的演進、轉型與未來 | 美軍戰術雲實現模式及相關計劃研究〉，<https://kknews.cc/military/xnkeaz8.htm>，2017年10月23日。
- 十、中時新聞網，〈5G世代國防應用論壇促軍民合作〉，<https://tw.news.yahoo.com/5g世代國防應用論壇-促軍民合作-215013155--.finance.html>，2019年09月02日。
- 十一、行政院國家資通安全會報技術服務中心，〈歐盟發布5G網路風險評估報告〉，<https://www.nccst.nat.gov.tw/NewsRSSDetail?lang=zh&RSSType=news&seq=16307>，2019年10月18日。
- 十二、Anue鉅亨新聞，〈5G建置盛況已過中國電信巨頭示警未來基站投資將大幅下滑〉，<https://amp-news.cnyes.com/news/id/4842670>，2022年03月28日。
- 十三、新通訊元件雜誌，〈下世代行動寬頻揭序幕〉，<https://www.2cm.com.tw/2cm/zh-tw/tech/AE3100A41F36440CB003988E4EE76CA3>，2019年1月29日。
- 十四、電腦王阿達，〈行動電信基地台有那些?淺談Small Cell〉，<https://tw.news.ya>

hoo.com/電信服務-行動電信基地台有哪些呢-淺談small-cell-054300401.html，2016年8月1日。

十五、呂奐模，〈5G發展，停、看、聽〉《台灣經濟新報》，<https://www.stockfeel.com.tw/5G發展，停、看、聽/>，2019年5月7日。

十六、DELL Technologies 專家會客室，〈5G創新應用趨勢〉，<https://digital-transformation.com.tw>，2020年8月13日。

十七、DIGITIMES，〈5G結合AI與邊緣運算「國家級」通訊再升級〉，https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&cat2=80&id=0000596813_k0h7pa8u2，2020年11月04日。

十八、DIGITIMES，〈洛克希德馬丁為美軍建立5G通訊試驗平台〉，https://www.digitimes.com.tw/iot/article.asp?cat=158&cat1=20&cat2=140&id=0000630001_ALCLX1LY1NBH870PG6X77，2022年03月02日。

作者基本資料

胡又川少校，陸軍官校正73期資訊系、國防管理學院資訊所第10期、陸軍通信電子資訊學校管理資訊正規班第18期，曾任排長、通信官、電腦系統工程官、教官，現任陸軍通信電子資訊訓練中心通信電戰組教官。