

5G 發展及軍事運用之研究-以化學兵為例

作者簡介



作者程議輝中校，陸軍官校 98 年班、化訓中心正規班 101 年班、國防大學陸院 110 年班，歷任 8 軍團 39 群排長、花防部化學兵組化學官、10 軍團 36 群連長、營參謀主任、司令部化學兵處戰訓組化參官、6 軍團化學兵組化參官，現職為澎防部化參官。

提要

- 一、5G 即第五代行動通訊技術具有高速度，低延遲和大頻寬等特點，其特性可滿足不同軍事應用場景需求，本文經研究各國在 5G 技術發展發現，在作戰方面可進一步改善情、監、偵系統蒐集和處理運用，並啟用新的指管手段；在後勤方面可進一步精簡補、保、運、衛等物流系統及提高效率等其他用途，由於 5G 技術結合各方面科技應用，諸如無人機、擴增實境(AR)、虛擬實境(VR)、混合實境(MR)及人工智慧(AI)等，進而提升軍事作戰能力。
- 二、提及 5G 技術領域的領先國家，不免聯想到最大假想敵「中共」在 5G 發展過程無不傾全國之力推動，在其「軍民融合」的國家戰略下，推廣應用至軍事層面，將致未來戰場上的軍事行動產生重大變革及影響，各國政府無不強加防範。
- 三、因此，本文通過探討各國 5G 發展趨勢及軍事運用發展，作為軍事整合及運用之參考依據，以提供我國軍化學兵部隊納入未來規劃及考量，並建議國軍應導入 5G 通訊技術發展，思索如何運用結合民間現有技術能力與系統，且可從「建置戰場兵要資料庫」、「強化軍民通用能量」、「建置訓練試驗場地」及「加速產官學界合作」等方向著手，以發揮創新不對稱戰力之優勢。

關鍵字：5G、智慧物聯網、無人載具、虛實整合

前言

2018 年 12 月美國國際戰略研究中心指出 5G 涉及網路與數據發展方向，智慧財產權將掌握在開發 5G 技術、制定標準者，將對網路安全、產業生態及創新應用有深遠影響；5G 技術具有高速度、大頻寬、低延遲、低功耗等特性，一旦將其運用在軍事方面，將可提升網路資訊的互聯性能，並提升數據傳輸處理

效率及提高指管能力，更可充分運用虛擬、擴增、混合實境、雲端計算、人工智慧、軍事物聯網等高科技技術，加速智能化戰爭發展，因此美中均高度重視 5G 在軍事方面的運用，視作未來改變戰爭形式的關鍵技術之一。

現行商用的 5G 技術雖不足以運用在軍事方面，而且想要能夠實際在未來的戰場上運用，發揮其實際效能，仍然還有一段路要走，但是考慮到這項技術對未來作戰的影響層面，世界各國均在對其關鍵技術和應用前景進行研究論證，希望能夠取得突破並贏得先機，以應對未來軍事領域挑戰；國軍教戰總則第十四條：研究發展，乃軍隊進步之動力，本文期藉研析各國 5G 技術在軍事方面運用的發展狀況及我國軍導入 5G 的可能性，未來可師法成功的商用或軍事運用場景，快速轉換於國防軍事領域應用，以運用在國軍化學兵部隊指管、偵消、煙幕支援作業、軍事訓練及資訊鏈結等方面，以提升未來作戰效能。

5G 技術發展概述

一、5G 技術特性與運用

5G 技術無可置疑是近年最熱門的話題之一，我們對其技術印象上，往往是上網速度相較於當前使用的 4G 網路來得更快，但是在 5G 的眾多特性中，「上網的速度更快」反倒不是其最重要特性，針對 5G 技術的特性與當前 4G 技術相比(比較如表 1 所示)，前者具有以下優勢：

表 1 「5G」與「4G」差異比較表

網路技術 特性	5G	4G
傳輸速率	1-10 Gbps	0.1-1 Gbps
延遲(回應時間)	1 毫秒(0.001 秒)	15-25 毫秒(0.02-0.03 秒)
頻率	30 到 300 GHz	10 GHz 以下
設備連接數密度	每平方公里 1000000 個設備	每平方公里 1000 個設備
優點	高頻提升傳輸速率	低頻段使其覆蓋較廣，故不需建置大量的基地台
缺點	訊號會隨距離下降，且難以穿透固體，故須建置更多基地台	頻寬小易壅塞

資料來源：1.國家通訊傳播委員會，〈國內外 4G/5G、IoT 需求情境、應用與技術發展趨勢〉《一〇六年補助研究報告》。

2.作者整理。

(一)較低的延遲時間

4G 網路的延遲時間約為 15-25 毫秒，反觀 5G 網路則能夠達到 1 毫秒甚至更低的延遲時間，當前各國都在發展自動駕駛的無人載具，其在道路上車速達到時速 100 公里行駛時，遇到狀況緊急煞車停止的時間便是分秒必爭的；另外無人機在災難現場搜救，若運用 5G 網路傳輸，能夠減少遠距操控時因延遲導致的失誤機率；其他方面像是運用在遠距醫療、4K 畫質影像直播、虛擬實境傳輸等，都因低延遲而有發展的契機。

(二)較快的傳輸速度

5G 網路的傳輸速度可以達到 4G 網路速度的 10-100 倍，對於一般的使用者來說，傳輸速度是其眾多特性中最有感的特點。CTIA¹表示，現行市面上的 4G LTE 網路，在連線速度方面平均是在 10-20 Mb/s 之間，如以下載電影為例，以同樣下載一部時間約在兩小時左右的影片，在理想狀態下 4G 網路需要耗時約 6 分鐘左右，而 5G 網路只需約 3.6 秒就能完成影片傳輸；另現今 VR 技術體驗上往往會帶來眩暈感，而且隨著使用的時間增加，眩暈感覺會更加的提升，主因是傳輸數據的速度不夠快，與人類大腦和眼睛的反應有時間差，進而產生不良的使用體驗。

(三)更大的連結能量

由於 5G 可運用的頻譜較 4G 更廣，因此能傳輸更多的數據量、裝載更多的訊息量，以物聯網(IoT)為例，4G 網路傳輸運作的物聯網可將收集數據傳輸到目的地作進一步的資料處理並產生其應用以提供相關服務；而 5G 網路導入的物聯網，則著重在整合運用方面，主因是 5G 具有網路切片²的功能，能同時處理數量極大的物聯網設備，進而使機器深度學習和 AI 功能存在或注入每一層所構成之元件、軟體、硬體、網路以及次系統中，以實現如車聯網這類性質艱鉅的任務，並應用在「聯網交通」的一環，³簡言之 4G 的物聯網能處理數據

1. CTIA 為國際性非營利組織，成員為與無線通訊技術相關之業者，包含資訊服務商、通訊服務商、設備製造商等。CTIA 致力於產業自律及技術標準之建立，也倡導無線資訊產品回收利用等議題，是具有相當影響力的產業協會組織。

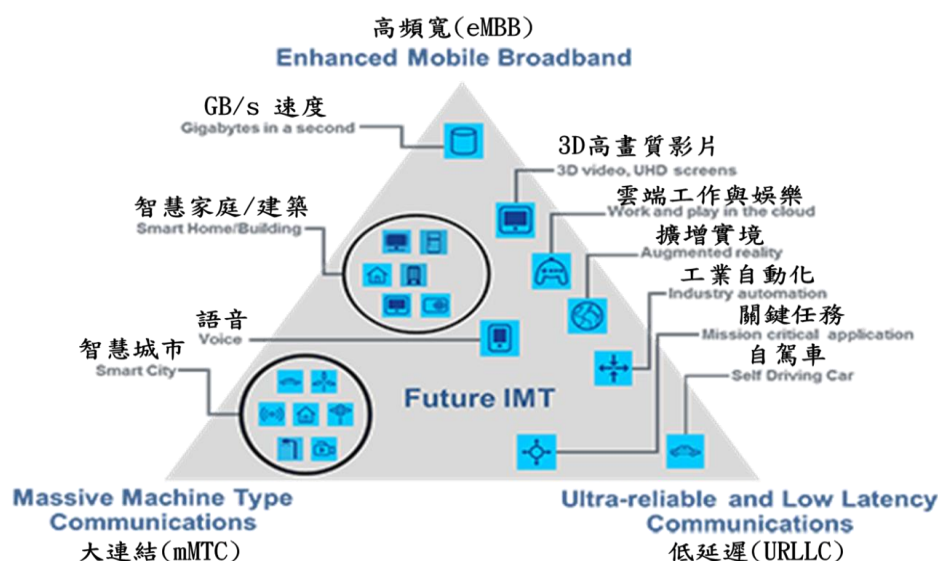
2. 網路切片(Network Slicing) 由於軟體化及虛擬化的關係，使得網路資源可依應用的大小來切成數個切面，並同時執行多個應用。

3. 林寶樹，〈探討 5G 和 AI 時代下世代物聯網之發展與應用〉《新興科技媒體中心》，2019 年 8 月 20 日，<<https://smctw.tw/4920/>>(檢索日期：2021 年 6 月 23 日)。

匯集和簡單應用，而 5G 導入物聯網能整合解決方案。

綜合上述可發現 4G 採用的低頻段，有先天上的限制，這也是 5G 技術不得不發展的主因，在其運用方面可從國際電信聯盟(ITU)將 5G 分成三類使用情境更進一步說明，⁴圖 1 即為國際電信聯盟預期 5G 技術情境使用範例，⁵其目的在藉此協助解決多樣化的服務與資源運用，以下個別說明：

圖 1 IMT-2020 三大應用場景



資料來源：International Telecommunication Union, "IMT Vision - Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond," Sep. 2015, p.14.

(一)增強型行動寬頻(eMBB)

除了提高現有通信服務的傳輸效率並為用戶提供無縫傳輸體驗外，增強型行動寬頻傳輸還可以開拓更多新應用領域和需求，其中增強型行動寬頻應用場景可覆蓋不同的傳輸範圍，包括廣泛的覆蓋範圍和熱點傳輸，在廣泛覆蓋的情況下，更高的移動速度和無縫的覆蓋是主要要求，而且其數據傳輸的速率也應高於現有的數據傳輸速率；可應用在大規模視訊串流和虛擬/增強實境方面。

(二)巨量物聯網通訊(mMTC)

4. 簡均哲、汪海瀚，〈eMBB/URLLC/mMTC 鼎立 5G 標準制定全面啟動〉《新通訊》，<https://www.2cm.com.tw/2cm/zh-tw/tech/F20D9109E8F C4D34B9CC25B24A786283>，(檢索日期：民國 110 年 4 月 28 日)。

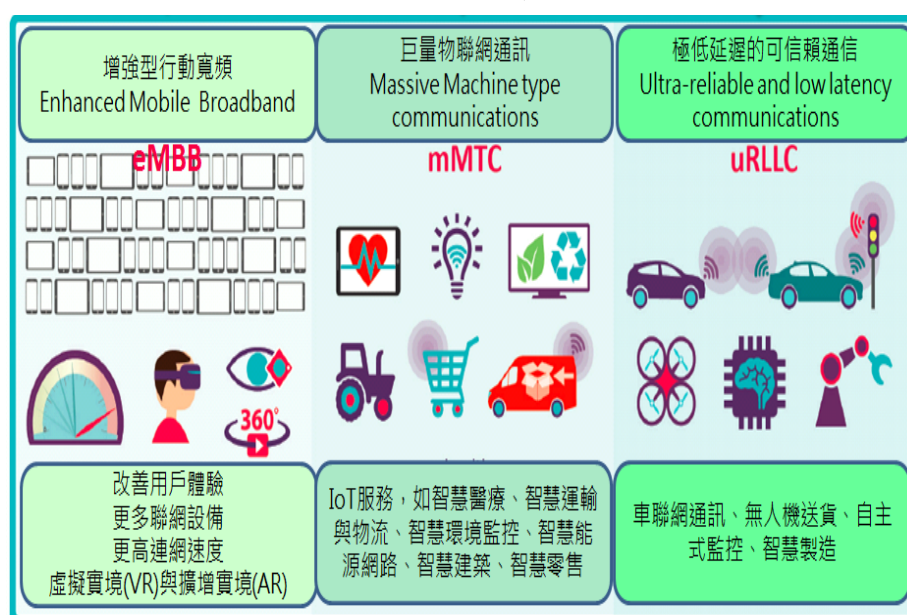
5. International Telecommunication Union, "IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond," 2015.Sep, p.14.

該應用程序的特點是組件和設備數量眾多，每平方公里機械通信需求約一百萬個設備，發送的數據量很小，並且對傳輸延遲數據的需求較低，例如大規模物聯網的部署；另外，該設備必須具有極低的製造成本和較長的電池壽命。

(三)極低延遲的可信賴通訊(URLLC)

這類型應用對數據傳輸的數量，時間和可靠性有非常嚴格的要求。例如像工業自動化生產過程的無線控制、智能電網配電的自動化、遠距離的醫療手術、無人駕駛、運輸安全等，均需要具有高可靠性和低延遲的通信應用程序。三種應用場景中的每一種都有不同的應用特性和關鍵指標，⁶各場景應用案例如下圖 2，5G 的這些特性相較於 4G LTE 和 WiFi 技術運用在人工智慧、無人載具、物聯網及虛擬/擴增/混和實境上，5G 將使這些科技有更好的運用情境。

圖 2 5G 三大場景與應用案例



資料來源：國家通訊傳播委員會，〈國內外 4G/5G、IoT 需求情境、應用與技術發展趨勢〉《一〇六年補助研究報告》，2018 年 1 月，頁 18。

為了實現以上三種應用場景，國際電信聯盟更定義了 IMT-2020 標準總共有八個關鍵需求的指標，並且還同時定義了其目標值，表 2 針對 5G 網路技術、設備、服務的八大關鍵指標要求概述其內容及相關標準。

6. 國家通訊傳播委員會，〈國內外 4G/5G、IoT 需求情境、應用與技術發展趨勢〉(106 年補助研究報告)，2018 年 1 月，頁 18。

表 2 IMT-2020 八大關鍵需求指標一覽表

項次	需求指標
一	一移動中的用戶/設備於網路訊號服務區域內可持續、無縫隙使用之實際體驗速率達 100Mbit/s 至 1Gbit/s。
二	每用戶/設備於理想狀態下之最高峰值速率達 20Gbit/s。
三	時速 500 公里移動狀態下仍可持續通訊之能力。
四	網路延遲為 1 毫秒。
五	每區域單位之總設備連線密度為每平方公里 100 萬個設備。
六	能源使用效益為 4G 標準的 100 倍，可區分為網路端與設備端。
七	頻譜使用效益：每個基地台使用每單位頻譜資源之平均數據傳輸量為 4G 標準的 3 倍。
八	區域內訊務通訊能力為每個基地台於每平方公尺可提供 10Mbps 之服務訊務量。

資料來源：國家通訊傳播委員會，〈國內外 4G/5G、IoT 需求情境、應用與技術發展趨勢〉《一〇六年補助研究報告》，2018 年 1 月，頁 15。

整體而言，5G 本質上是一種連接技術，其可以實現人與人、人與機器、人與物、機器與物之間的相連接，現已成為學術界及產業界相互探討研究之議題，一旦關鍵技術獲得突破，將可以有效提升資訊發展。

二、各國5G發展概況

(一)美國

美國認為 5G 技術將是一個改變未來作戰模式的關鍵技術；美國國際戰略研究中心在 2018 年發布《5G 技術將重塑創新與安全環境》⁷的一份報告，該報告內容定義 5G 技術將為新的軍事能力之基礎技術；翌年 4 月份，美國國防部國防創新委員會以《5G 生態體系：國防部面臨的風險與機遇》⁸為題發布報告，針對美國國防部在發展 5G 技術上的重點問題和安全挑戰進行全面性的分析；同年 6 月份，美國國會研究服務部在以《5G 移動通訊技術對國家安全的

7. James A. Lewis, "How 5G Will Shape Innovation and Security," Dec 2018, p.1-15.

8. Milo Medin and Gilman Louie, "THE 5G ECOSYSTEM: RISKS & OPPORTUNITIES FOR DoD," Apr 2019, p.1-33.

影響》⁹為題的報告內容中，明確的指出 5G 技術在無人駕駛、指揮管制以及情監偵等領域方面，具有深遠的軍事影響，其更可以在“蜂群”等新作戰概念上發揮功效。同月，美國國會武裝力量委員會在提交的《2020 財年授權法案》中提到，特別聲明要重視 5G 技術對未來軍事發展的影響，並呼籲國防部製定戰略計畫，盡快將 5G 納入武器開發，促進對該技術在軍事上的應用的軍事研究，並規劃在下半年度進行相對應的軍事運用實驗。而美軍運用 5G 技術的大頻寬、低延時等特性，能使戰場上更加有效地即時鏈結各種感測及武器載臺，再結合 AI 技術能提升智能化程度，其運用構想包括：「提升戰場訊息共享」及「提高系統構建效率」等項，¹⁰分述如表 3：

表 3 美軍 5G 運用構想

項目	說明
提升戰場訊息共享(大頻寬)	以高效率採集、傳輸、處理戰場上的大數據、提供真實的數據分析結果、建立人員在戰場上高度態勢感知的能力。
提高系統構建效率(低延遲)	具有適應性強，兼容性強的特點，並提供高速可變速率傳輸，可以滿足不同作戰區域的聯網需求。

資料來源：陳慶奉、王岳及，〈5G 世代智慧物聯網之軍事運用與發展〉《陸軍通資半年刊》，第 133 期，2020 年 4 月，頁 65。

「C4ISRNET」網站報導更指出，紐澤西州的「Perspecta Labs」公司，拿下五角大廈 2 份合約，將負責開發美軍軍事用途物聯網「智慧倉儲」的 5G 網路部分，以及美軍的「動態頻譜共享(Dynamic Spectrum Sharing)」能力，協助推動美軍 5G 技術應用發展，¹¹其中該公司所取得的美軍「智慧倉儲」合約，即價值約 500 餘萬美元(約新臺幣 1.435 億元)，該契約將針對加州科羅那杜的海軍基地開發之「智慧倉儲」原型，進行設備到物流伺服器之間的連線制定 5G 網路安全和隱私計畫，並擴充網路頻寬以支援其他擴充設備之連線；而第二份合約價值大約 310 萬美元，其內容是開發一款「5G 的網路控制系統」，

9. John R. Hoehn and Kelley M. Sayler, "The National Security Implications of Fifth Generation (5G) Mobile Technologies," Jun 2019, p.1-3.

10. 陳慶奉、王岳吉，〈5G 世代智慧物聯網之軍事運用與發展〉《陸軍通資半年刊》，第 133 期，2020 年 4 月，頁 65。

11. 郭正原，〈美軍推動智慧倉儲、頻譜共享 5G 技術〉《青年日報》，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1356291>，(檢索日期：民國 110 年 4 月 20 日)。

運用在各軍種與單位之間無線電波、雷達與通訊資料的「動態頻譜共享」能力，使網路頻寬與資源得以適切分配，避免相互干擾。

(二)中共

近期在新型冠狀病毒肺炎(COVID-19，以下簡稱「新冠肺炎」)疫情期間，中共聯勤保障部隊的解放軍總醫院和火神山醫院展開首次 5G 網路遠程會診，並還完成首例遠距離手術，透過華為的 5G 網路技術，成功為 3,000 公里外的病患進行大腦起搏器的植入手術，第一次成功執行北京、海南兩地的遠程植入手術；¹²而 5G 的運用也進一步的強化中共威權主義，在科技進步下監控系統不斷的推陳出新，例如從「金盾工程」、「天網工程」、「平安城市」及「雪亮工程」等，透過 5G 提供大量的資訊流，使境內現有的監控系統也進一步獲得強化，¹³另外在監控方面也在上海推出「5G 機械巡警」，可在 24 小時無間斷的運作並進行面部識別的功能，後續還將推出「5G 安防眼鏡」與「5G 智能路障」，前者可供便衣警察用來過濾路人的基本資訊，鎖定人群中的主要目標，後者是下指令使路障彈出尖銳物，用以割破車輛輪胎，進而阻止目標人車的路線；¹⁴此外，中共在「一帶一路」計畫中推廣「數字絲綢之路」，透過該計畫針對沿線國家修建光纖電纜、移動結構、國際幹線通道及電子商務連接，美其名為互利雙贏，不少學者指出中共恐將安裝後門機制進行情蒐與監控，在電信公司控制下光纖傳輸將出現監管灰色地帶，致資訊洩漏或繞過加密系統；¹⁵可想而知在「數字絲綢之路」的旗幟下，中共推動「一帶一路」的國家 5G 建設，藉由整合電信業、物聯網和電商等領域，塑造區域互通互聯，未來採用中共技術的國家除了對其形成長期依賴外，也將同時輸出其威權、專制主義價值觀與資訊追蹤；¹⁶另外在軍事方面，中共認為 5G 運用在軍事通信上可望獲得下列三項好

12 〈首例 5G 遠程手術 海南醫生 3000 公里外安裝腦起搏器〉《ETtoday 新聞網》，<https://www.ettoday.net/news/20190321/1404225.htm>，(檢索日期：民國 110 年 3 月 4 日)。

13 蘇靜好，〈美高官：讓華為進入 5G 就是助中共擴大監控〉《大紀元》，2019 年 2 月 8 日，<https://www.epochtimes.com/b5/19/2/7/n11031398.htm>。(2020 年 4 月 25 日瀏覽)。

14 方曉，〈中共 5G 監控不斷升級，宣傳片揭城市監控〉《大紀元》，2019 年 9 月 30 日，<https://www.epochtimes.com/b5/19/9/30/n11557020.htm>。(2020 年 4 月 27 日瀏覽)。

15 秦雨霏編譯，〈數字絲綢之路或成中共監控各國工具〉《大紀元》，2018 年 7 月 14 日，<https://hk.epochtimes.com/news/2018-07-14/77274476>。(2020 年 4 月 28 日瀏覽)。

16. 〈USCC 主席：警惕中國利用一帶一路推廣 5G〉《美國之音》，2019 年 6 月 13 日，<https://www.voacaninese.com/a/china-bri-5g-silk-road-internet-20190612/4957181.html>，(2020 年 4 月 29 日瀏覽)。

處：強化通信傳播、達成通信保密及解決無線通信設備電池功耗問題，整理如表 4：

表 4 中共 5G 運用構想

項目	說明
強化通信傳播	戰鬥期間的語音、圖像及視頻傳輸
達成通信保密	軍用特殊頻段傳輸資訊可提高軍事通信安全
解決無線通信設備功耗問題	在提高數據傳輸速率的同時，大大降低了數據傳輸過程中的功耗

資料來源：1.楊仕平，「5G 在軍用通信系統中的應用前景」，信息通信(北京)，2019 年第 6 期(總 198 期)。

2.「5G 推動智能化作戰提速」《新華網》，2019 年 3 月 12 日，(檢索日期 2020 年 4 月 23 日)。

3.「5G 推動智能化作戰提速」《新華網》，2019 年 3 月 12 日，(檢索日期 2020 年 4 月 23 日)。

4.作者整理。

「通信傳播」主要包含戰鬥期間的語音、圖像及視頻傳輸，由於 5G 頻寬與速度遠大於 4G，因此能確保戰場傳輸速度的高效性、同步回傳等都可望實踐；「通信保密」是基於 5G 不僅能充分利用現有的通信資源，還擴展到毫米波頻段的通信資源，使軍隊能擁有特殊頻率，且經由軍用特殊頻段傳輸資訊可提高軍事通訊的安全；另外「無線通信設備電池功耗」基於 5G 技術在理想的狀況下，可在提高數據傳輸速率同時，大大降低了數據傳輸過程中的功耗，提高無線電通信設備的電池使用率，進而確保戰場上作戰人員的通信效率；¹⁷《中國國防報》指出未來隨著軍事活動加速的擴展到智能化領域，空中的作戰載臺、精確導引彈藥等將不只是「精確化」，而將是邁入「智能化」，以 5G 網路為基礎的人工智慧技術將會對上述領域造成深遠的影響。¹⁸另《解放軍報》刊登的「讓 5G 為軍事賦能」一文也提到，「在對抗激烈的戰場環境下，軍事通信網路可以通過融合 5G 技術大幅提升性能，進一步提升作戰效能，而在非對抗條

¹⁷楊仕平，〈5G 在軍用通信系統中的應用前景〉《信息通信》，總 198 期，(北京，2019 年第 6 期)，頁 220。

¹⁸〈5G 推動智能化作戰提速〉《新華網》，2019 年 3 月 12 日，http://www.xinhuanet.com/mil/2019/03/12/c_1210079695.htm，(2020 年 4 月 23 日瀏覽)。

件下的軍事活動，可藉由 5G 網路技術提供軍事演訓、後勤作業、軍營管理智慧化的服務。」¹⁹簡而言之，中共將運用 5G 進而提升 C4ISR 的軍事能力。

(三)韓國

韓國陸軍第 31 師也與電信公司 LG U+ 合作，分別運用於無人載具、排雷作業及射擊訓練等幾個方面²⁰(詳如表 5)，分別敘述如下：

表 5 南韓 5G 運用構想

項目	說明
無人載具	1.軍事行動的作戰中心。 2.軍需物資的運補。
排雷作業	透過高解析度的即時影像達成清除地雷的無人化作業。
射擊訓練	虛擬實境(VR)與擴增實境(AR)融入指揮控制與射擊訓練之模擬器。

資料來源：1.「南韓 5G 提升軍事作戰能力：電信營運商與軍方合作」《科技產業資訊室》。

2.作者整理。

透過行動通訊網路連結操作無人載具，以展現其運用在海岸搜查及營區安全方面；據報告顯示目前無人載具在軍事運用中，主要是作為眼睛般的輔助功能，但是未來如能將人工智慧(AI)和大數據導入，該系統將能夠作為軍事任務行動中的作戰中心；另外對於位處偏遠山區和外島據點的哨站，無人載具將可以提供軍需物資的補給，未來還能運用在實戰中的攻擊行動和防禦任務。由於運用挖掘機排除地雷，需要精巧的手部操作及駕駛者的即時反應，而 5G 技術為危險的排雷任務提供另一種解決的方案；由於 5G 技術能夠提供高解析度的即時影像，使挖掘機清除地雷可以達到無人化；韓國的軍隊和 LG U+ 合作，開發研究運用在排雷作業無人化的技術，並期使在未來運用該技術，以搜索並清除在軍事分界線附近地區的不明地雷。虛擬實境(VR)和擴增實境(AR)在軍事領域的應用，透過 5G 技術加速的實現，韓國的陸軍士校正在開發分別運用

19. 賈哲、蔡春曉、林旺群，〈讓 5G 為軍事賦能〉《中國軍網》，2019 年 11 月 22 日，http://www.81.cn/jfjbmap/content/2019-11/22/content_248138.htm。(2020 年 4 月 23 日瀏覽)。

20. 〈南韓 5G 提升軍事作戰能力：電信營運商與軍方合作〉《科技產業資訊室》，<https://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=15517>，檢索日期：民國 110 年 4 月 28 日。

VR 技術與 AR 技術的射擊訓練模擬器以及指揮與管制訓練模擬器，將可大幅度提升單兵與部隊的戰力；VR 技術可以使士兵在指定的情境下執行訓練，例如在惡劣的天氣或夜間的環境，並可以使士兵選擇不同的槍枝和子彈運用；另外在戰場上，透過 AR 眼鏡以即時影像提供作戰地區的地貌、主要的障礙物以及敵我軍的情報等相關即時資訊，藉以輔助指揮官採取最佳的決策方案。

5G 對軍事運用影響

美國國際戰略研究中心曾在 2018 年 12 月發布的研究報告《5G 技術將重塑創新與安全環境》²¹中預測：「5G 將成為新型軍事技術的基礎，如機器人、人工智慧和一些先進的傳感設備」；作為一種聚合技術，5G 通信技術包括一系列網路標準和技術，可以為終端用戶提供傳統的語音、視訊和數據服務。例如，當前用於 5G 研究的關鍵技術主要包括大規模 MIMO 天線陣列，超密集陣列，高頻通信和非正交多址(NOMA)技術，這些技術將廣泛用於軍事通信中，以獲得對士兵在戰場上的通信、人機通信等的技術支持；在軍事用途方面，5G 通信技術可以提高戰場通信質量，並使傳輸更快、更穩定；另外我們還可以從兩個部分探討對未來智能化戰爭產生重要的影響，第一部分，5G 網路的低延時、高速度的特性，將能夠更加精準的操控戰場中的各類無人系統，進而大幅提升各類作戰系統的自主操控能力；第二部分，5G 網路將與人工智慧和其他技術進一步整合，以大幅改善戰場智能化程度，由於未來的 5G 戰場網路將連接到大量不同類型的戰場終端，並因此生成大量戰場數據，因此基於 5G 的軍事通信系統將發揮重要作用；再者，從美國 2019 年美國國會研究機構在《National Security Implications of Fifth Generation (5G) Mobile Technologies》報告中說明 5G 之重要性，美國國防部更將他列為最優先事項，²²而 5G 在軍事運用層面又可區分為提供戰場環境及軍事訓練等兩個不同應用場景之運用，以下分別實施概述：

一、戰場環境運用

(一)指管情監偵

作戰時戰場指揮層級的扁平化，可有效提升智慧作戰效能，將 5G 通信網

21. James A. Lewis, "How 5G Will Shape Innovation and Security," Dec 2018, p.1-15.

22. 〈美國防部列最優先事項，美軍邁向 5G 時代〉《青年日報》，<http://www.ydn.com.tw/News/348481>，(檢索日期：民國 110 年 3 月 20 日)。

路系統部署至軍事通信系統中，指揮中樞將可直接掌握到作戰前線，其中涵蓋了作戰過程中的語音、圖像及視訊傳輸，能夠增強戰場感知能力，有助於揭開戰場迷霧，現代戰爭中，能快速取得有效且準確之戰場訊息乃致勝關鍵，透過部署在陸、海、空、天、電、網等多領域空間以獲取戰場情報資訊，再經由人工智慧(AI)快速篩選整合後形塑戰場圖像，提供指揮官可對敵軍目標進行最佳之決策建議，例如：一個小部隊使用便攜式無線通信設備在混亂戰鬥環境中接收和發送指令，隨著部隊在這種環境中的前進，他們之間的通信需求也將隨時改變，從語音、文字、圖像到即時的影像訊息，高效且快速的傳輸可以確保情資訊息的時效性，以實現統一指揮協同作戰與聯合作戰。

(二)強化通信安全

為實現基於網路為中心的最佳化作戰效能，戰場訊息除了必須有效地在士兵之間傳輸，與此同時也必須要降低其可攔截性與可偵察性；然而現階段，由於頻段資源的缺乏，軍事和商用的移動通信系統往往重疊使用頻段、產生相互干擾的問題；而 5G 通信技術不僅可有效運用現有的通信資源，更可以往高頻段通信資源發展，進而讓軍隊擁有專用的頻段，而士兵之間的通信傳輸可以透過軍隊專用頻率進行，以有效提升軍事通信的保密性。

(三)降低通信功耗

常規網路數據在進行傳輸時，常伴隨著設備大能量的損耗，然而在先進的戰場環境中，士兵與士兵之間的通信，常依賴穿戴式、可攜式的無線通信裝備，有時需要幾天的時間才能更換電池或為電池充電；因此，如果能夠減少通信功耗問題，將極大地促進智能設備在戰場上的廣泛應用；5G 通信技術可以大大降低數據傳輸期間的功耗，同時提高數據傳輸速率、提高無線通信設備的電池效率，並確保無線通信設備在戰場上的通信效率。

(四)無人裝備運用

透過 5G 技術鏈結下，可以使所有作戰人員、裝備、武器及無人裝具之間，都可以建立廣泛的運用(其中含括偵查、作戰、駕駛、醫療與後勤等)，而各項的無人系統運用在戰場中，可以有效保證安全及可靠性，例如：無人駕駛的戰機、戰車及裝甲車等，甚或者是在戰地醫療中運用機器人為傷患

提供遠程手術，以及後勤部門運用無人運輸載具，配送戰場各類補給物資，達到降低人員傷亡的戰場環境。

二、軍事訓練運用

(一)智慧演訓運用

藉由 5G 網路的大頻寬及高速度，可鏈結虛擬與現實環境，模擬各種作戰情境並應用於各項演訓之中，透過系統還可以蒐整作戰人員及武器裝備平台的訓練資訊等相關大數據，並即時回傳演訓現場的高畫質圖像，透過 AI 對演訓經過進行分析與比較，以達到對演訓進程遠端即時監控及發掘問題的目的，日後亦可作為 AAR 的參考依據。

(二)智慧後勤運用

兵馬未動糧秣先行，每當討論到戰備整備的成熟度、時效性，其中後勤能量即為作戰成功之關鍵要素，其目標在達成平時持衡整備、戰時最大發揮，然而隨著當今科技發展日新月異，現今準備邁入人機合作的新時代，戴爾科技公司認為，從現今開始以至 2030 年，機器將因與人更緊密的合作而改變人類生活型態。²³民國 108 年林俊安曾譯述拉脫維亞維澤梅應用科技大學社會科技系統工程學院教授發表於電腦科學期刊之論文「擴增實境於後勤之應用」²⁴，重點在於運用無線網路技術導入擴增實境技術，加強庫儲作業監控程序，藉由「三維立體模型投影」及「視覺化」提供最佳化的解決方案，像是提升「庫儲揀料程序」，管控「取件下架」或「揀料分類」的誤失率，結合頭戴式顯示器及可攜式平板電腦，運用最佳化路徑選擇演算法並以 5G 網路技術及全球定位系統，計算庫管作業人員及目標料件之相對空間與位置，引導最佳作業路徑，強化作業效能及效率(如圖 3)。

(三)智慧軍營運用

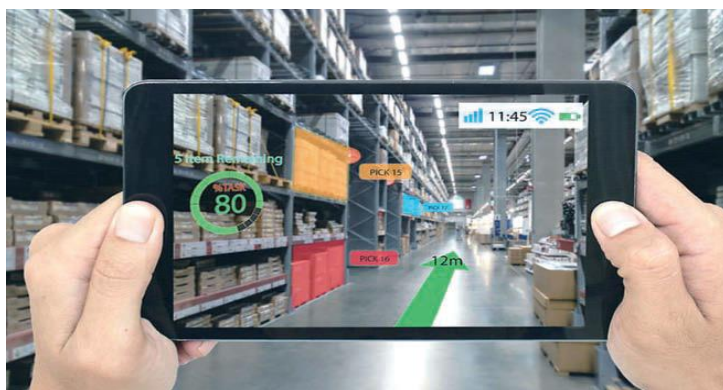
面對軍事體制，技術和社會條件的變化，軍營的傳統管理面臨許多挑戰，目前美國及新加坡等國家已採取因應措施，運用 5G 網路大頻寬特性結合

23翁毓嵐，〈戴爾預告：企業利用 AI 工作、押注 AR 應用〉《工商時報》，<https://stage.ctee.com.tw/News/ViewCateNews.aspx?newsid=170394&cat=kjmd>，(檢索日期：西元 2020 年 4 月 6 日)。

24Arnis Cirulis, Eils Ginters 著，林俊安譯，〈擴增實境於後勤之應用〉《陸軍後勤季刊》(桃園)，108 年第 3 期，頁 7-19。

智慧感知、智慧識別、智慧分析及智慧控制等技術，建立「智慧營區」，以不同類型的「感測器」作為天線，「專用的 5G 網路」作為神經傳導以及「無人載具」作為輔助工具等，而「雲端數據資料庫」、「人工智慧推理」及「自動化作業程序」為中央控制中心，針對營區安全防護(人員管制及環境異樣報告)、後勤資訊安全管理(裝備維保、資訊設備及智慧棚廠)、戰備訓練管理(自動化戰備檢查、訓練管理系統)及風險管控(電力穩定、獨立系統維保及人工決策機制)等納入自動化系統，運用科技技術在營區管理模式，以降低人力負擔，以達到提升作戰效能與成本效益的雙重目的。²⁵

圖 3 引導庫儲作業路徑最佳化及揀料導引作業



資料來源：Brandon Vigliarolo, "AR technology is a rising star in business and consumer tech. Here's what businesses need to know to successfully use augmented reality", TechRepublic, Dec 2019, <https://www.techrepublic.com/article/augmented-reality-for-business-cheat-sheet/> (檢索日期：2021 年 6 月 23 日)。

化學兵 5G 技術運用建議

一、化學兵 5G 技術運用探討

(一)遠端及無人偵檢作業

傳統偵檢作業可區分乘車偵檢及徒步偵檢，²⁶而乘車偵檢適用大範圍、大面積污染地區，機動能力快速，作業時間較短，並可藉著作業艙內集體防護系統降低人員作業風險，確保作業人員安全；徒步偵檢則適合運用在污染範圍小的區域，偵檢(測)作業較為精確，惟所花時間較長，防護力較差，人員暴露在

25 翁予恆，〈營區智慧化 科技管理效能高〉《青年日報》，<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1270052&type=forum>，(檢索日期：民國 110 年 4 月 17 日)。

26 陸軍司令部頒，《陸軍化學兵偵消部隊教範(第二版)》，第 3 章，3-56 頁。

高濃度污染下對比乘車作業風險來的高，然上述方式均須進入熱區實施偵檢(測)及毒區標定，目前我國軍化學兵偵消部隊發展現況，運用 99 式核生化偵檢車所搭載的 M170 及德國布魯克化學遠距離遙測偵檢器，²⁷可遂行遠距離(5 公里)標定概略污染範圍及監測作業，其餘作法須以傳統偵檢作業方式實施，均消耗大量人力、物力及時間，且對人員生命安全影響較大；名將克勞賽維茲：「真正的安全，才是勝利的保障」；不論是在軍事或平時救災情況下，化學兵偵檢作業如能運用 5G 特性並結合現代科技技術，執行各項重大任務，將可在最短時間之下掌握最新資訊，並利用有限資源立即反應及投入作戰，增加偵檢作業效益，並降低人員進入災區風險性。

前揭無人載具搭配偵檢裝備系統運用在戰場環境中，須考慮到如何實施鏈結，由於低延遲及大頻寬的 5G 特性將大幅提高無人駕駛車輛的處理速度，當士兵透過使用力或觸覺傳感器來操作機器人運動時，可以達到毫秒等級的延遲；雖然 4G LTE 和 WiFi 技術也能夠進行上述傳輸，但分別有各自的缺點，像是 4G LTE 雖然能較好地控制干擾和切換，但其頻寬的限制，無法有效滿足無人載具的需求；而 WiFi 技術無法做到快速切換，進出熱點覆蓋區域的無人載具可能會受到不同程度的損壞，例如當應用程序重新啟動時，需要花費一些時間來重新建立連接，儘管切換的問題可以透過讓無人載具同時接收更多 WiFi 通道來解決，但伴隨而來的卻是成本和複雜性的提高；再者，5G 的應用也將減少無人載具的功耗並延長其電池壽命，戰場上無人載具透過自動接收數據、處理數據、做出決策、指令傳輸，達成自主地在複雜道路的戰場景況下完成任務，在此過程中，感測器接收和數據資料的傳遞(以無線網路或 WiFi 技術)都會影響無人駕駛車輛的功耗；迄今為止，無線網路歷經幾代的變革，已朝更低的延遲和更高的數據傳輸速率發展，目前以 5G 通信技術進行數據傳輸時，所需的功耗最低，且傳輸速度快，能使決策下達進一步提升，例如以傳輸 4K 解析度畫質的影片時，相較於 4G LTE 網路，5G 網路較前者速度快上約 1.7 秒，而能量損耗卻減少約 41 焦耳；基此，5G 技術是無人載具能夠遂行自動駕駛關鍵因素，在行駛中，無人載具還可以通過設備間資訊傳輸，以調整速度及控制方向，

²⁷陸軍司令部頒，《陸軍化學兵偵消部隊教範(第二版)》，附件頁，7-2。

避免車與車之間的碰撞，進而達到相互的配合執行任務；而此功能要能夠實現，尚須仰賴 5G 技術中低延時和大頻寬的特性。

在先進國家中為降低作業人員安全風險，也均朝向無人化方向發展，未來如能研發以 5G 通信技術達成遠端及無人化的偵檢作業，取代傳統的偵檢作業，將可有效降低人員與高污染源直接接觸的風險，亦可避免偵檢作業人員因生理上的限制而須採取輪替換班，進而縮短偵檢作業的時間，僅需於遠端就可全面掌握危害資訊，進而提升國軍化生放核防護能量，以強化全方位化生放核偵檢能力，肆應未來多面向的化生放核威脅。

(二)預警資訊影像實境化

隨著科技進步，未來的作戰將會是無戰不聯，而共同的平面作戰圖像，已無法滿足聯戰需求；發展立體化的作戰空間投影圖像，已成為未來聯合作戰取勝的重要工具，透過實境化的化生放核前線戰場影像，能提供指管人員可視化的戰場景象，也將使指揮官可以下達最適切的決策；目前我國國軍地面部隊指揮管制是以迅安系統²⁸為主，然而該系統尚未能連結至第一線單兵，也無法提供指管人員影像實境的戰場景況，而根據中科院網站資料，該院已研發地面部隊指管系統，²⁹該系統具備智能化、數位化等特性，其可接收近中遠程的情報資訊，並以共同影像方式顯現，從而使指揮所的幕僚群及指揮官制訂計畫命令，並遂行指揮管制作為及執行火力打擊目標，以連貫目標獲取-指管-火力系統 (Sensor to Shooter)之目的，如圖 4 所示。

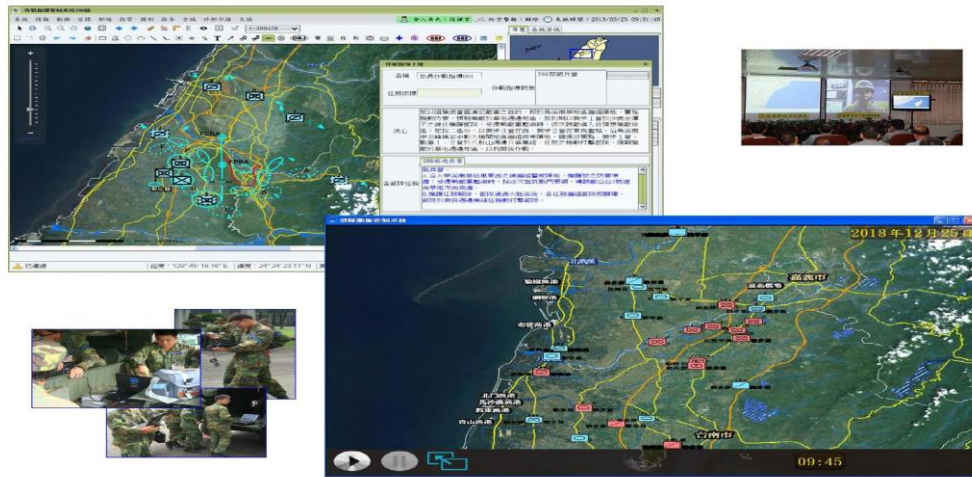
而其中地面部隊指管系統包含了戰術指管與機動部隊管制兩大系統，就其介紹說明可分別應用於緊急應變、救災指管、車輛監控(民間應用)及指揮管制、資源分配、狀況回報(軍事運用)等，然而上述這些系統都僅止於提供平面的圖像資訊；另外值得關注的是 2015 年美國陸軍為減少戰場空間所需的戰場情報分析時間，以及提高參與兵推的第一線部隊更高度的參與感，已由美陸軍研究實驗室完成擴增實境版的軍用沙盤研發，該系統為投戴式顯示器、筆記型電腦

28.謝孟哲、劉家偉，〈防空大升級！F16 納「迅安系統」 整合防空網打造擊殺鏈〉《三立新聞網》，2020 年 12 月 7 日，<<https://www.setn.com/News.aspx?NewsID=860958>>(檢索日期：2021 年 6 月 23 日)。

29.〈地面部隊指管系統〉《中科院》，https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_Id=64&catalog=12，(檢索日期：民國 110 年 4 月 10 日)。

和由微軟所研發的 Kinect 系統等組建而成，其效益提供了改進戰場視覺的感官知能³⁰(如圖 5)。

圖 4 中科院研發之地面部隊指管系統



資料來源：中山科學研究院，〈地面部隊指管系統〉，〈https://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_id=64&catalog=12〉(檢索日期：2021 年 6 月 23 日)。

圖 5 美陸軍擴增實境沙盤



資料來源：Rex Brynen, "Augmented reality sand tables," paxsims, <https://paxsims.wordpress.com/2014/10/08/augmented-reality-sand-tables/> (檢索日期：2021 年 6 月 23 日)。

據 2017 年 Gerald Lynch 指出，通過使用穿戴式眼鏡和耳機的擴增實境

30. Michael Morozov Founder & CEO, "Augmented Reality in Military : AR Can Enhance Warfare and Training", jasoren, <https://jasoren.com/augmented-reality-military/>, retrieved 6 Apr. 2021.

(AR)³¹技術，使佩戴者能夠掌握三維立體空間的虛擬資訊，同時透過自遠程無人飛機或其他部隊視訊回傳數據，使第一線的部隊可以透過擴增實境系統掌握戰場環境態勢的感知能力。³²因此為使在化生放核作戰威脅下聯合作戰的統合戰力發揮，就必須構建自第一線執行作戰部隊、戰鬥支援部隊及勤務支援部隊乃至作戰區指揮所共同的實境化預警資訊影像，以有效破除戰場間之迷霧，而運用 5G 大連結及高傳輸的特性，可將第一線部隊所偵察到的化生放核威脅敵情及景況，運用擴增實境系統透過影像擷取技術、作業系統、顯示技術、微感測器等整合成智慧型行動科技，使指揮所人員或戰場上戰鬥與戰鬥支援部隊的單兵運用穿戴裝置可同步看到虛擬三維立體空間的化生放核威脅戰場影像，以早期警報降低損害，為指揮官爭取反應時間；另外也可整合鏈結國軍各層級預警系統及中央各部會預警資訊，透過化生放核應變中心將資訊整合後，將危害區域、危害種類及急救方式藉由系統軟體傳遞各前線部隊單兵，使各級部隊能完備化生放核威脅下網狀預警之功效，有助於各部隊及指揮所內人員遂行作戰部署與行動，同時亦提高指揮官在化生放核威脅下作戰指揮之能力；綜言之，5G 將改變戰場形態，除了改善戰場通信之外，還可以提升訊息傳輸速度、穩定性，進一步提高訊息的即時性與整合性，其快速的傳輸能力提供大量的單兵都可同步運用擴增實境技術接收虛擬三維立體空間圖像，可以快速識別目標位置、遠距離情報偵蒐、預警及更新情報，更能讓指揮官感受到第一線部隊所面臨的戰場景況，進而下達正確決心，實現指揮網路化、即時化、扁平化的戰場控制，其結果有助於強化化生放核威脅下三軍聯合作戰效能。

(三)虛實整合的煙幕訓練

2018 年美陸軍為因應未來作戰需求推動擴增實境系統提升部隊訓練成效，³³另為強化目標區偵蒐能力也將虛擬實境導入訓練，讓使用者能夠置身仿真戰

31.擴增實境系統為即時、互動技術，運用攝影機所拍攝的影像進行辨識分析，並以直接或間接方式將虛擬物件投影在真實場景的一種多媒體方式。根據 2010 年張鴻認為，擴增實境系統是介於「真實世界」與「虛擬世界」的概念，將真實世界的圖片、素材和資料，與電腦裡的虛擬世界結合，其產出的複合式影像，讓使用者同時看到真實世界的影像及虛擬世界的元素，並創造出彼此之間的互動。

32 .Gerald Lynch, "AR warfare: How the military is using augmented reality," techradar, <https://www.techradar.com/news/death-becomes-ar-how-the-military-is-using-augmented-reality>, (16 Sep.2017), retrieved 6 Apr. 2021.

33.王清安，〈從美國擴增實境(AR)應用於部隊訓練對我陸軍教育訓練之啟示〉《陸軍通資半年刊》，第 132 期，2019 年 9 月，頁 37。

場景況；³⁴美陸軍透過虛擬整合訓練系統模擬綜合訓練環境導入部隊戰、演、訓，降低整體訓練經費支出，此外趨近於實況的演練也可提升第一線部隊官兵處置能力；反觀我國軍化學兵煙幕部隊雖可藉由年度基地訓練至現地依任務目標地區由測候組測得之氣象資料與地形因素，繪製煙幕預判圖提供任務指揮官作為依據決定發煙線配置，但往往受限地形及環保法規，無法實際於各任務目標地區執行長時間與大規模的煙幕作業訓練，致使官兵均無法清楚瞭解到當實際長時間實施煙幕作業而帶來的場景，如不藉由平時訓練驗證各任務地區的煙幕作業，將降低各級長官運用煙幕的信心，更不可能提供其在戰時下達至當決心。

在現實世界中，利用 5G 高傳輸及低延遲的特性，連結電腦運算所建構之數位環境取代真實世界，則係虛擬實境「以假擬真」之實踐；使用「虛擬」之目的，主要在於創造「不可得」抑或「不易得」之目標環境，舉例來說：美國土安全部運用虛擬實境技術建構恐怖攻擊應變訓練系統³⁵及洪水災害模擬³⁶等，以建構災難性危害快速應變能力；另外，包含英國石油公司(BPPlc)、埃克森美孚(Exxon Mobil)及英國皇家殼牌(Royal Dutch Shell)等大型石油公司在內，均已建置可考量地形、洋流、溫度、壓力等虛擬實境訓練系統，以協助技術人員及員工，進行海外石油鑽探及設施維護等重要工作，³⁷妥適移轉實地訓練之高成本及高危害風險。

在國防部民國 108 年國防報告書³⁸國防戰力戰訓整備也揭示，「國軍部隊訓練結合防衛作戰場景，以實戰化為目標，秉持『作戰任務在哪裡，部隊就在哪裡訓練，貫徹實戰化訓練』作法，以擬真戰場景況，對抗訓練方式施訓，落實聯合戰力整備」；就化學兵煙幕部隊而言，戰時以煙幕掩護戰鬥部隊反擊安全、

34 John Spencer, Lionel Beehner, and Brandon Thomas 著，黃國賢譯，《運用虛擬實境技術精進訓練成效》(Putting concepts of Future Warfare to the Test)《國防譯粹》，第 45 卷第 11 期，2018 年 12 月，頁 37。

35 Christopher Swift, Joseph M. Rosen, Gordon Boezer, Jaron Lanier, Joseph V. Henderson, Alan Liu et al., "Homeland security and virtual reality: building a Strategic Adaptive Response System (STARS)," *Studies in Health Technology and Informatics*, Vol. 111, p. 549-555.

36 Peter Herrick, "IMMERSED: A VR Experience About Flood & Resilience," FEMA, <https://www.fema.gov/immersed>, retrieved 6 Apr. 2021.

37 "How leading oil and gas companies are adopting virtual reality," *Offshore Technology*, <https://www.offshore-technology.com/comment/oil-gas-virtual-reality/>, retrieved 6 Apr. 2021.

38 中華民國 108 年國防報告書編纂委員會，《中華民國 108 年國防報告書》(臺北：國防部，民國 108 年 9 月)，頁 46-84。

遂行防衛作戰重要防護目標、反空(機)降等煙幕掩護任務，故平時建構戰場煙幕支援作業能量，係為訓練重點；為了因應戰場訓練擬真條件設定以及多人(多群體)多場域組合訓練需求，若能導入沉浸式「綜合訓練環境(STE)」，並配合「分布式交互模擬(DIS)」技術，³⁹即可找到最佳訓練解決方案(如圖 6)；而學者約翰·尤哈斯曾經強調分布式交互模擬系統是一項在虛擬戰場情境中，串聯時空因素之系統運作環境，其使各地作戰人員可與彼此互動，其中包含由電腦演算法所建構出來之虛擬戰士，⁴⁰好比在 2014 年電影《金牌特務》中長桌會議的場景：位於不同地區之團隊成員可透過組織系統在現實中構連。

圖 6 美軍結合 STE 及 DIS 技術訓練示意圖



資料來源：Brandon Shopp, “A new Army network could also help training,” C4ISRNET, Aug. 2019, <https://www.c4isrnet.com/opinion/2019/08/28/a-new-army-network-could-also-help-training/> (檢索日期：2021 年 6 月 23 日)。

而透過 5G 技術結合沉浸式虛擬實境(VR)⁴¹與真實環境之「混合實境(MR)⁴²」技術——即將虛擬物體置放進真實環境，並可以進行即時性的互動——使會議成員

39. Brandon Shopp, “A new Army network could also help training,” <https://www.c4isrnet.com/opinion/2019/08/28/a-new-army-network-could-also-help-training/>, retrieved 6 Apr. 2021.

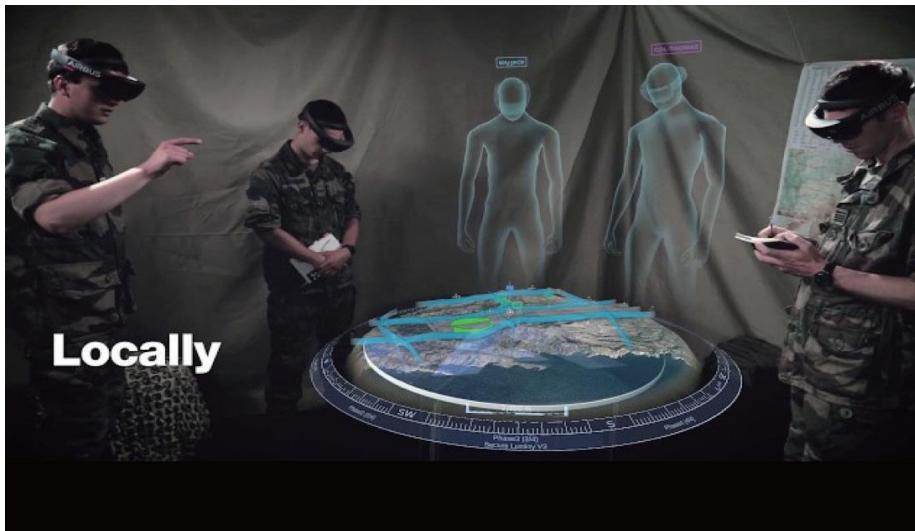
40. John S. Yuhas, “Distributed Interactive Simulation,” Army RD & A Bulletin, May-June, 1993, p. 4-6.

41. 「沉浸式 (Immersive)」虛擬實境系統，可營造出使用者身處電腦運算所模擬之 360 度環景、具有 3D 多維度景深感受之環境狀態，其「以假擬真」之完整度令使用者不僅以視覺觀看，更能附加聽覺渲染情境，輔以觸覺之操控，高階之五感體驗更可具有天候晴雨、氣溫冷熱、煙硝或廢氣之嗅覺、Z 軸縱向空間之振動體感等，可提升個人沉浸投入「虛境」以感受模擬「實境」之程度。

42. 混合實境技術之應用概念，在於提取真實物體之姿態，延伸建構虛擬型態，並置放進另一真實環境之中，使得位處不同地點之真實物體或參與者，能於該真實環境中進行即時互動，達成無論係以「真實型態與虛擬型態」抑或係以「虛擬型態與虛擬型態」之型式進行之。

間得以虛擬型態聚集，同時可以交互溝通及互動，而對於混合實境中之虛擬物件操作，則又可透過個單兵配戴的沉浸式裝置，⁴³來獲得虛擬實境之互動回應(如圖 7)。

圖 7 美軍混合實境運用示意圖



資料來源：“Holographic Tactical Sandbox: Augmented Reality for Mission Preparation,” SSVAR, <https://ssvar.ch/xr-use-cases-video-directory/holographic-tactical-sandbox-augmented-reality-for-mission-preparation/> > (檢索日期：2021 年 6 月 23 日)。

將前述場景轉換運用於煙幕支援作業訓練領域，即能創建一套符合煙幕部隊需求、結合各戰場想定狀況，並同時降低煙幕對環境造成影響，亦能訓後進行行動後分析(AAR)，以評估訓練成效之煙幕支援作業模擬訓練系統；舉例來說，像是戰時作戰區內煙幕部隊負有協力機場守備部隊及作戰區打擊部隊遂行反空(機)降之任務，即可於平時針對該機場周邊地區風向、風速資料蒐集，並藉由 GIS 圖資將機場相關幅員位置及周邊道路狀況等重要參數完成蒐整，納入虛擬實境(VR)及混合實境(MR)訓練系統內，便可於訓練時利用上揭訓練系統與機場守備部隊及作戰區打擊部隊遂行該機場反空(機)降的協同演練，不需要先期調動集合部隊至現地實施先期整備及預演，即可在駐地或訓練中心就由訓練系統遂行協同訓練，此外訓後也可透過該系統進行訓後回顧，進行煙幕作業訓練的成效評估；綜言之，運用 5G 網路技術融入虛擬實境、混合實境技術，

43 “Holographic Tactical Sandbox: Augmented Reality for Mission Preparation,” SSVAR, <https://ssvar.ch/xr-use-cases-video-directory/holographic-tactical-sandbox-augmented-reality-for-mission-preparation/>, retrieved 6 Apr. 2021.

執行防衛作戰煙幕支援作業訓練，則能進一步綜合電腦模擬狀況來創造各種可能之需求訓練環境，不僅有效管控潛存作業風險，也能降低煙幕對環境造成的影響，以滿足高擬真、全互動、多領域、同時間、低預算之狀態，重複執行相同或不同條件設定之模擬訓練，並有效擷節龐大後續維持國防預算支出，提升訓練成效。

(四)自動化煙幕作業系統

煙幕要在戰場充分發揮其應有價值，須能適時、適地運用不同煙幕裝備與遮蔽材料，達到快速與有效反制敵人各類光電系統觀測、偵蒐與干擾，亦或即時控制煙幕施放協力友軍反擊發起，以摧破敵軍戰力，故運用智能化物聯網的自動化煙幕作業系統發展是值得深入研究；「煙幕支援作業」雖作為防衛作戰戰力防護作為之一，但之所以不為多數長官支持，主因便是認為煙幕會影響其作戰目標的獲得，致使火力無法精準發揚，其實這是對煙幕運用的一知半解而導致；煙幕施放最基本條件就是必須獲得預警時間與地區風向風速的相關資訊，進而結合受支援部隊的作戰計畫，才能有效達成支援任務；而在第一次波斯灣戰爭期間美軍證明了煙幕支援作戰行動的價值，在短短的 10 分鐘預警，便能夠以煙幕成功隱蔽位於沙烏地阿拉伯的貝爾法赫德國王國際機場，而假想敵機為避開煙層便將飛行高度抬升，結果遭致機場周圍佈署的防空飛彈武器系統鎖定，從而成功的驗證了煙幕支援作戰行動；⁴⁴而另一層意涵就是煙幕部隊遂行任務並不是獨立作戰，而是以支援作戰部隊任務為主，必須瞭解鄰接友軍的作戰能力充分配合，這就是一加一大於二的戰力發揮；前段文章也敘述到運用 5G 網路連結的物聯網，可以發整合解決整合專案的能力，並藉由與人工智慧的整合，將能夠有效達成前揭所述自動化煙幕作業系統的能力。

我們已經非常熟悉「物聯網」的表達，即所謂的 IoT 或 IIoT(工業物聯網)，而國際軍事術語則討論到有關軍事物聯網(IoMT)或戰場物聯網(IoBT)，無論用什麼樣的術語，其在本質上基本都是相同的，都是通過互聯網使智能化裝備及其周圍設備可以做到彼此之間的對話與溝通，這樣可以收集、處理和解釋大量

44 辛毓民，〈煙幕在創新不對稱作戰之發展〉《化生放核防護半年刊》，第 109 期，2020 年 6 月，頁 90。

數據，並遠端控制裝備和傳感器，自 2016 年起美國陸軍研究實驗室(ARL)⁴⁵即針對戰場上各項感測器與武器載臺所構連形成的作戰 IoT 進行研究，稱為戰鬥物聯網(IoBT)，可以克服在動態變化且複雜電磁環境所面對的通訊網路及所需資訊安全等問題，如圖 8 所示。

圖 8 IoBT 戰鬥物聯網示意圖



資料來源：A. Kott, A. Swami, B. West, “The Internet of Battle Things”, COMPUTER, Vol. 49, 2016, p. 71.

就煙幕測候作業運用而言，可以藉由 5G 網路將各傳感器串聯在一起，並整合與分析來自裝備和傳感器的數據，這些裝備和傳感器可能包括單兵身上的監控攝影機、檢測用的傳感器、基地站、智慧手機，無線電和通信節點等各類型；藉由整合上級或友軍所提供的預警資訊與偵蒐、觀測裝備的目標獲得情報，再加上民間氣象資訊等，鏈結入煙幕擴散模擬系統，⁴⁶而透過系統內的定位系統、地圖圖資與作戰地區的兵要資料，經由煙幕擴散模式與決策系統的評估、分析、推演模擬，以產製煙幕支援作業計畫，而煙幕部隊運用裝備接收器，則可以透過 5G 網路即時接收指令自動進入指定位置，遂行煙幕支援作業任務；而該系統可以透過測候所與觀測所隨時更新氣象資料與煙幕施放效果，並即時回饋資訊，經系統修正煙幕擴散模式後再傳送最新指令，使部隊可以即時調整

45.Kott, Alexander, Ananthram Swami, and Bruce J. West. “The Internet of Battle Things,” Computer 49.12(2016), pp.70-75.

46丁一賢，〈煙幕作業模擬系統之研究(II)研究成果報告〉，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，國立高雄大學。

部署，讓煙幕無間隙的支援作戰行動，確保受支援部隊作戰安全及戰力完整，俾利後續上級作戰任務執行。

二、化學兵5G發展建議

前一節敘述了 5G 技術在軍事方面對各項關鍵技術的應用實例與發展前景，而國軍能否透過 5G 通訊技術的優勢，擘劃未來方向並提升國軍作戰效能，仍有賴政府政策方向、產業發展及國防戰略間同步的運行合作與協調，三者均朝一致的目標及方向共同努力，並更加積極的推動 5G 發展計畫，以下提出幾點建議：

(一)建置戰場兵要資料庫

我國國軍是以防衛作戰為首要任務，因此若以防衛作戰模式而言，未來的作戰環境將一定在我國境內，化學兵煙幕作業訓練若能借鏡美國運用虛擬、擴增及混合實境訓練系統建立戰場上的重要參數，將可在增加訓練的頻次狀況下，大幅減少訓練經費支出，亦可以避免影響民眾生活，又可於現地遂行各項聯合作戰作為，可說是一舉數得；但是虛實整合訓練系統的先決條件除了 5G 網路外，還必須針對可能的作戰場景及地形環境都逐步建置納入戰場兵要參數中，其中包含化學兵煙幕部隊各式發煙器的諸元、煙幕擴散的參數、友軍單位武器裝備性能、重要目標地區地形及氣象因素等參數，而針對平時蒐整之兵要資料先期實施資訊化，可說是當前之優先目標，俾使未來達成虛實整合的煙幕訓練目標。

(二)強化軍民通用能量

國家安全研究院在「2018 國防科技趨勢評估報告」中指出，國防科技應結合軍方與民間的科技力量，由於軍用科技水準常領先於民用科技，但因為市場小，必須承擔更高的成本，而民用技術因市場的需求高，往往推動其研發上的速度，故常可以快速從民間技術市場上取得所需技術，並轉換為軍事所用；在民間的技術產品市場中，探尋具軍事運用價值的裝備與技術，加以改進利用，除可提升戰力之外，亦可減少發展成本，此一作法也是美國防部國防先進研究計畫署(DARPA)所秉持的國防裝備政策；而現今我國軍用科技在網路技術上並無相關著墨，因此化學兵未來在軍事裝備建案規劃上，應多參考民間科技發展，並投注在具有潛力的未來國防科技技術，

透過轉換運用民間科技創新技術於化學兵建軍備戰方面，以提升化學兵部隊基本戰力與創造不對稱戰力之優勢，達成科技化學兵之願景。

(三)建置訓練試驗場地

前揭提及美軍目前已開始針對其如何運用 5G 技術於軍事方面，與民間業者在不同的基地分別進行各項目的招標，以共同開發 5G 的軍事用用場景，而上述的基地除了性質上的不同外，其對 5G 功能的測試項目也不盡相同，就我化學兵部隊而言，應可參考美軍實例，配合行政院「台灣 5G 行動計畫」，該計畫目的在 2019-2022 年間打造我國成為良善且適宜的 5G 創新運用發展的環境，像是北市府即開放交通號誌桿及道路兩側的路燈作為串聯網路的載體，上面搭載 5G 基地台和各式的智慧型傳感器，並透過系統服務以監控城市的環境狀態，例如蒐集人流與車流及停車資訊進行交通分析等；建議化學兵部隊可配合政府部門及電信業者，分別針對化訓中心、化測中心等設置 5G 試驗場，以獲取不同類型的測試數據，作為後續化學兵發展 5G 應用的重要參據。

(四)加速產官學界合作

因應未來 5G 軍事應用，化學兵處可設立 5G 網路技術跨部門的專案小組，師法外國 5G 案例與經驗，其任務主要是推動與國軍資訊業管權責單位、中科院、民間電信業者及各大學資訊系所進行交流，例如於年度戰術戰法研討會邀集上揭單位實施研討，評估 5G 網路在軍事運用的可能性，並負責掌握最新技術資訊，制定相關政策將 5G 導入化學兵現行裝備系統架構中；例如前一章節所提中科院現正規劃有關「智慧國防」專案，便可與之研討有關未來建案需求，並可區分後勤管理與作戰指管等兩大平臺，一旦計畫可行更能使化學兵自資訊化邁入智慧化領域。

結語

如今 5G 雖尚處於探討與執行階段，但也不可否認 5G 通信技術除了具有商業價值外，在軍事運用上也是具備很大前景，由本文研究可以發現 5G 通信技術將是未來智能化戰場的關鍵，透過該技術使更多的智能設備得以連結，諸如機器人、人工智慧、無人載具等將在 5G 通信技術的系統架構下實現戰場互聯、協同配合；未來其能夠使戰場上的情報資訊達到即時性的共享，像是即時的文字、

語音、圖像、影像之類的作戰訊息數據傳輸，而後方的指揮所幕僚群將可以藉由雲端資料庫即時的運算技術，達到快速的分析與評估戰場態勢，進而達到可視化的指揮模式，使決策更為精確、實現一個「萬物互聯」的未來戰場，且可以肯定的是，如果沒有 5G 通信技術的鏈結，則將不可能有效的運用大數據、人工智慧和雲端處理所提供的可能性，因此國軍更應在各國對於 5G 關鍵技術和應用前景的前例下，配合我國政府政策，積極地推動 5G 建設計畫的可行性，如此才能提升國軍未來不對稱作戰的優勢，希冀取得戰場先機。

誰掌握 5G 通信技術的主導權，誰就能在未來的智慧化戰爭中掌握主動權，當我國最大的假想敵「中共」在 5G 通信技術的研究與資金投入都遙遙領先各國時，且一再地強調「軍民融合」的政策精神，並優先將其科技運用於軍隊中試驗，以提升軍隊未來作戰實力；在國防領域及軍備競賽中，5G 技術將改變戰爭型態，使現代軍事所使用之戰略戰術轉變更加迅速、更加精準、更加快捷，綜觀全世界軍事科技發展趨勢，5G 的應用也越來越廣泛，成為現代軍事改革與新式戰爭的推手，有人說，繼火藥與核武後，5G 通信技術將會引發軍事科技的第三次革命，孫子兵法曾說「知己知彼、百戰不殆」，國軍各級幹部應深思 5G 技術所帶來的重大影響及衝擊，即刻著手探討 5G 導入國防武器系統或裝備所可能帶來之效益，並依據作戰需求以規劃我國 5G 的國防政策，並將各領域知識融入 5G 技術的應用中，為國軍戰備整備任務盡一份心力。

參考文獻

- 一、中華民國 108 年國防報告書編纂委員會，《中華民國 108 年國防報告書》(臺北：國防部，2019)。
- 二、朱凱麟，〈建構 AI、VR、AR 及 MR—保修部隊後勤能量科技強軍肇新之路〉《陸軍後勤季刊》，(桃園：國防部軍備局第 401 印製廠，2020)。
- 三、劉宗翰，〈中國大陸 5G 行動通訊技術之發展與挑戰〉《PROSPECT & EXPLORATION 展望與探索月刊》，第 18 卷第 8 期，2020。
- 四、陳鴻仁，〈5G 引發新應用熱潮〉《光連月刊》，No.146，2020。
- 五、陳梅鈴，〈全球 5G 發展趨勢〉《ICT Journal》，No.168，2020。
- 六、關皓、楊凡、孫敬原、張翼，〈5G 無線接入網路部署的關鍵問題〉《郵電設

- 計技術》，(北京：北京大學，2018)。
- 七、呂錫民，〈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》，第 9 卷第 1 期，(桃園：中央大學，2019)。
- 八、陳偉業、黃淑玲、林志聰，〈第五代行動通訊系統〉《資訊與管理科學》，第 7 卷第 1 期，(新北：淡江大學，2014)。
- 九、程正孚，〈5G 發展現況〉《臺灣電信月刊》，第 180 期，(臺北：中華經濟研究院，2017 年 5-6 月)。
- 十、歐宜佩、陳信宏，〈淺談全球服務應用發展趨勢〉《經濟前瞻》，第 158 期，(臺北：中華經濟研究院，2015 年)。
- 十一、蔡孟珂，〈5G 時代下網路共用政策研析〉《臺灣經濟研究月刊》，第 42 卷 12 期，(臺北：臺灣經濟研究院，2019 年)。
- 十二、方士豪、許仁源，〈5G 行動通訊之巨量天線基頻技術研究〉《電腦與通訊》，第 62 期，(新竹：工業技術研究院，2015 年)。
- 十三、陳思豪，〈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，(臺北：臺灣經濟研究院，2019 年)。
- 十四、鍾富國，〈十九大後中國大陸的科技創新政策發展方向—以 5G 為例〉《經濟前瞻》，第 181 期，(臺北：中華經濟研究院，2019)。
- 十五、陳慶奉、王岳吉，〈5G 世代智慧物聯網之軍事運用與發展〉《陸軍通資半年刊》，第 133 期，(桃園：國防部軍備局第 401 印製廠，2020)。
- 十六、楊仕平，〈5G 在軍用通信系統中的應用前景〉《信息通信》，第 6 期，(北京:2019)。
- 十七、科技會辦公室，〈5G 應用與產業創新策略規劃〉(臺灣：行政院科技會辦公室，2018)。
- 十八、Arnis Cirulis, Eils Ginters 著，林俊安譯，〈擴增實境於後勤之應用〉《陸軍後勤季刊》，第 3 期，(桃園：國防部軍備局第 401 印製廠，2019)。
- 十九、中華電信研究院，〈國軍專網服務規劃〉，2019 年 6 月。
- 二十、丁一賢，〈煙幕作業模擬系統之研究(II)研究成果報告〉《行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告》，(高雄：高雄大學，2011)。
- 廿一、陸軍司令部，〈化學兵偵消隊教範(第二版)〉，(桃園，國防部軍備局第

401 印製廠，2015)。

- 廿二、John Spencer, Lionel Beehner, and Brandon Thomas，黃國賢，〈運用虛擬實境技術精進訓練成效(Putting concepts of Future Warfare to the Test)〉《國防譯粹》，第 45 卷第 11 期(臺北:國防部，2018 年 12 月)。
- 廿三、Jingjing Liao ,” 5G Military Application Scenarios and Private Network Architectures” , AEECA (2020).
- 廿四、P. K. Sharma et al.,” Wearable Computing for Defence Automation: Opportunities and Challenges in 5G Network” , VOLUME 8 (2020).
- 廿五、Klon Kitchen, “The U.S. Must Treat China as a National Security Threat to 5G Networks” , ISSUE BRIEF NO.4952 (2019).
- 廿六、Douglas Stapleton, “Long Term Evolution (LTE) / Fifth Generation (5G) mobile networks for military use” , Department of Defence Project Land 2072 Prime System Integration (2020).
- 廿七、Elsa B. Kania, “Securing Our 5G Future:The Competitive Challenge and Considerations for U.S. Policy” , CNASDC(2020).