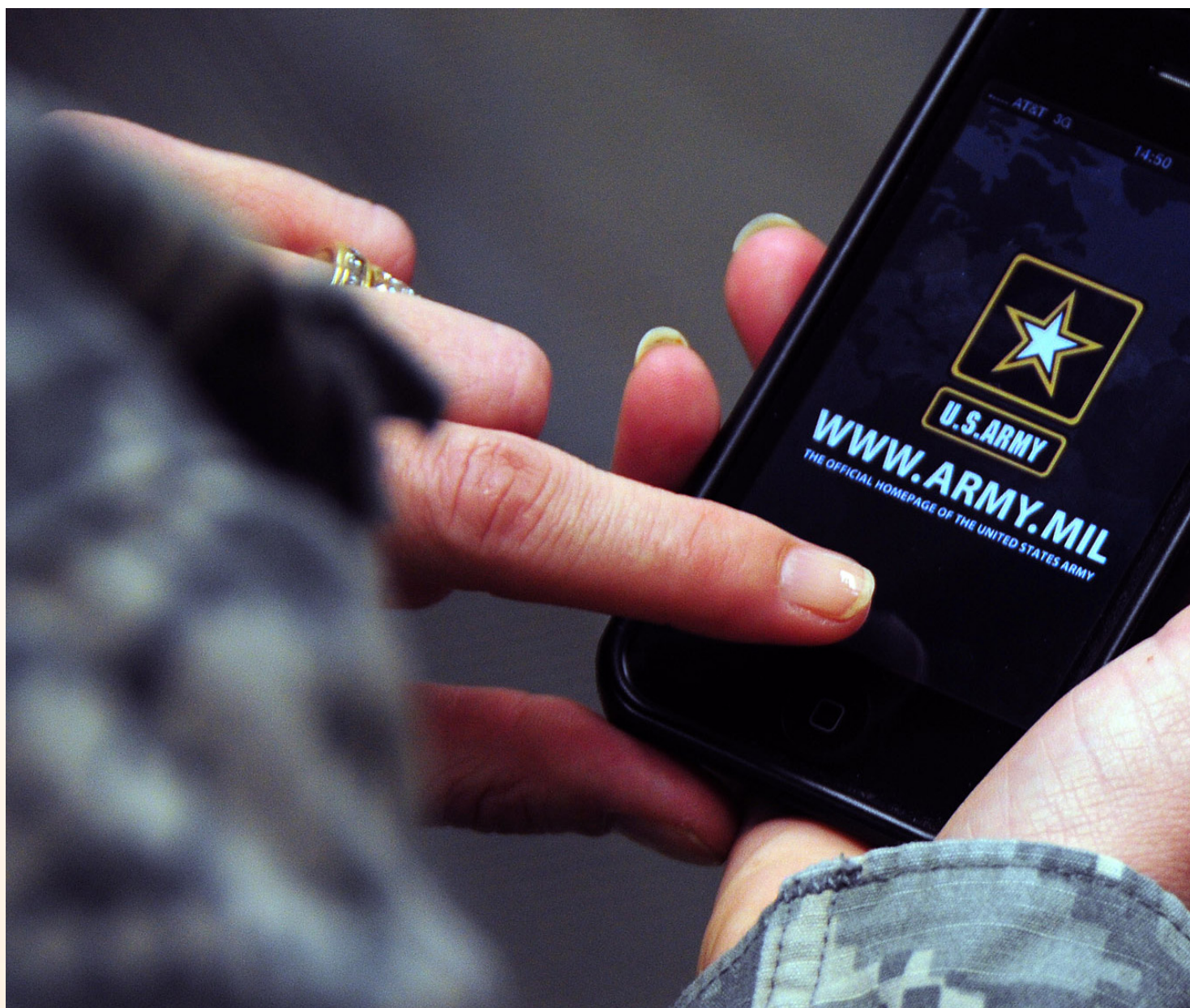


● 作者/Nathan Wood and John Pross ● 譯者/余振國 ● 審者/馬浩翔

邊緣運算之軍事用途

Pushed to the Edge

取材/2021年4月美國陸戰隊月報(*Marine Corps Gazette*, April/2021)



邊緣運算是一種分散運算模式，將原本集中在中心節點處理的資訊，分散至邊緣節點運算，進而加速資料處理過程。由於未來軍事資料處理為因應威脅攻擊，必然將採分散配置之模式，因此邊緣運算將成為資料處理的最佳方式。

看 看你的手機，並思考一下它如何運作。這支手機是位於一長串鏈結裝置的末端，這些裝置都通往某類中央處理和存儲節點，也就是資料中心或「雲端」。每次使用手機傳輸或接收資訊時，資料從手機出發穿過整個網路，從一個節點跳到另一個節點來回傳輸，直到回到你的手機螢幕上。今日世界被這些龐大但基本上看不見、由中央向外放射狀佈局的網路所覆蓋；2019年，全球就已有超過25億支智慧手機流通。¹ 這些網路經由一長串無線電波和電纜鏈結，連接到龐大的數位資訊庫。每天都有更多放射狀佈局被增添到網路中，數位資料庫變得愈加龐大，有更多資訊順著連接裝置鏈流動。

但在未來，你的手機會有不同運作方式。邊緣運算會是通訊科技的下一個革新。邊緣運



未來手機會有不同運作方式，因為邊緣運算將加入通訊科技的下一個革命。(Source: US Army)

算不是將資訊送回中央節點，「而是提供一個更有效的選擇：資料將會在更接近其創建處被處理和分析」。² 由於這麼做會讓裝置所需連結變較短，因此資料不必被傳送到較遠處才能處理與存儲之。網路流量降低了，效率也會提高。電腦處理能力去中央化，並推向網路邊緣，因此，就被稱為「邊緣」運算。

今天，美陸戰隊組織就像一個呈中央放射狀布局的網路。小型部隊就像你的手機：它們位於一長串連接裝置的末端，資料都導引回到一個中央節點。然而，為了在未來戰場上獲勝，陸戰隊必須縮短這些聯繫，並將專門知識和決策權下放到組織末端。採用邊緣運算作為模型，可以幫助陸戰隊解決未來作戰環境中面臨的主要作戰挑戰：戰術層級對科技知能的需求飛速增加。

什麼是邊緣運算？

當前人類產出的資訊比以往都要多，裝置也隨著時代進步變得愈來愈聰明，並且經由物聯網連接其他裝置。這些互相連接的裝置創造出來的資訊量，可能會掩蓋當前中央放射狀布局的系統。邊緣運算是此問題的解方。以下是聯邦通訊委員會解釋相關主題所作的報告：

「邊緣科技讓每一個裝置感覺都像是一臺超級電腦。數位處理變得如閃電般快速。關鍵資料就在網路邊緣裝置上處理。次要系統和不太緊急的資料被發送到雲端並在該處進行處理……。當此技術與承諾速度更快、延遲更低的5G科技結合時，邊緣運算提供了一種近乎即時、來回連

接的未來作業型態。」³

邊緣運算的關鍵創新，是將電腦處理能力推向邊緣。與當前系統形成對比，邊緣運算的運算力是去中央化與分散式。其中的裝置並非只是龐大、中央向外放射網路中的一個節點，而是自己成為中心，或者成為中央向外放射布局網路中較小的一部分，因此速度會比較快。

邊緣運算與其他分散式作戰模式的不同

對陸戰隊來說，權力下授和分散作戰當然不是新概念。權力下授在陸戰隊準則《戰爭》(Warfighting)中出現了五次，其中提到「為了建立我們想要的作戰節奏，並為能充分適應戰鬥中的不確定性、無序性和流動性，指揮與管制必須權力下授。」⁴ 在2019年的《司令計畫方針》(Commandant's Planning Guidance)當中，「權力下授」一詞被提到13次，書中指出「陸戰隊隊員必須適應混亂、適應任務戰術、並適應在任何潛在戰場上透過高度分散的方式作戰」。⁵ 分散式作戰的概念是遠征前進基地作戰(Expeditionary Advanced Base Operations, EABO)的核心。⁶ 但邊緣運算與權力下授有別於分散式作戰概念，這些概念主要側重將決策權下授給最基層，而邊緣運算則是將「運算力」向外推至網路邊界上。

陸戰隊的運算力

吾人可將運算力視為用在作戰上的可用資源。投入運算力愈大，代表能愈快完成作戰。⁷ 在目前中央向外放射的通信系統中，運算力大多集中在

中央。有了邊緣運算後，大部分運算力將被推送到放射出去的節點上，因而減少了資料透過網路傳輸的需要。這將會讓更多運算力集中靠近須解決問題的位置。由於中央和放射出去的節點間流量減少，整個網路將變得更有效率，中央的能量將被釋放出來以執行其他任務。

如果陸戰隊是一臺電腦，那麼陸戰隊部隊就是其可用於執行作戰的資源。換句話說，陸戰隊部隊(而不是系統)是該組織的運算力。就正如《戰爭》中所提醒：

科技可以提高人類發動戰爭的能力，藉此來強化戰爭方式和手段，但科技不能、也不應該試圖

把人類從發動戰爭的過程中弭除。⁸

戰術層級對科技知能的需求日益增加

科技知能是陸戰隊運算力的一種主要形式。由於陸戰隊目前採行中央向外放射配置的組織方式，這種科技知能主要集中配置在組織頂端。你可以在該處找到太空、網路、電子戰和其他科技的專家。事實上，在組織裡你愈往指揮鏈上層找，你通常會發現更多科技知能。總部單位往往會聚集許多專家。在這方面陸戰隊並非獨一無二的軍種。多數組織都有類似配置，因為將科技知能集中在一起，有如許多其他資源般更有效率。

美陸戰隊司令計畫方針指出，陸戰隊隊員必須適應任何潛在戰場上高度分散的作戰方式。(Source: USMC)



科技專家經常在陸戰隊總部作業。他們在那裡為負責編組、訓練和裝備部隊的高階領導人提供建議。總部的下屬組織會透過戰術、技術和程序(Tactics, Techniques, and Procedures, TTP)——也就是告訴士兵要按下什麼按鈕、旋轉什麼旋鈕、或者把天線放在哪裡——等方式，將這些專家的科技知能從中央傳送到部隊的其他部分。如果艦隊陸戰隊中的某個單位遇到無法解決之技術問題，就會回傳向在中央的專家求助。

但在未來戰爭中，這種模式可能無法奏效，原因有二。首先，正如《司令計畫方針》和遠征前進基地作戰概念中所言：「在競爭性的資訊網路環境中，指揮和管制的能力至關重要」。⁹ 在這種未來作戰環境中，向外放射的單位將無法與中央進行可靠溝通，因此科技知能中央化將會是個失敗戰略。在和平時期是有效方法，但在戰時將無法發揮作用。正如布羅斯(Christian Brose)在他最近的著作《擊殺鏈：在未來高科技戰爭中保衛美國》(*The Kill Chain: Defending America in*



正如《擊殺鏈》一書作者所述，軍事通信未來將繼續去中央化且更分散。

(Source: USMC)

the Future of High-Tech Warfare)中指出：

「未來戰場的通信網路仍然保有中央節點角色，它們將採取分散式有人系統的形式，用來擔任行動指揮和管制中心。」

根據布羅斯分析，「軍事通信將繼續變得更為去中央化且更分散」，因為它們將會愈來愈容易受到攻擊。¹⁰

其次，由於作戰可能會變得愈形複雜，因此在戰術層級需要更為繁複的科技知能。根據

布羅斯的說法，未來戰爭在許多方面將會如同科幻小說的情景。他所描述的戰場感測器無處不在，這些感測器還搭配運用人工智慧、半自主機器人群和遠距武器，讓實體機動幾不可能。任何能被感測到的物體都會遭格殺。隨著實體世界的機動性變得愈形困難，衝突將會移轉到網路、太空和電子戰領域中進行。未來戰鬥將會是削弱敵人收集、分享和處理資訊的能力，同時保有自身前述之能力。¹¹

儘管美軍將掌握令人畏懼的科技，但與它實力伯仲的對手



陸戰隊將部隊通信朝向使用雲端、邊緣運算和物聯網的方向發展，這是為了讓小型部隊戰術層級的陸戰隊隊員隨時獲得他們所需要的資訊。(Source: USMC/ Jennifer Gonzalez)

也將會擁有這些科技。這將產生以下悖論：一方面，美國將擁有能夠主宰戰場的科幻技術；但另一方面，由於敵人也將擁有類似技術，美國這些科幻能力就很可能動輒遭阻斷和反制。隨著戰鬥部隊爭奪科技優勢，戰況不斷此起彼落，這會是未來作戰的特點。將使得戰場在高科技與低科技、優勢和劣勢之間不斷的擺盪。勝利的亮光也將忽明忽暗，要直到其中一方戰鬥部隊，獲得足夠科技優勢來贏得勝利為止。

因此，僅遵循戰術、技術與程序要求已經不夠應付這種狀況了。陸戰隊隊員必須知道更多，而不僅是按下按鈕或旋轉旋鈕。他們不僅要瞭解手上的科技為何，還要瞭解其作用，並且必須能夠以具創造性和非正規方式將其混合和互相搭配。一如《司令計畫方針》所言，陸戰隊隊員必須結

合先進科技與「人工智慧、機器人、積層製造、量子運算和奈米科技」等技術，¹² 以深刻理解彼此間如何相互作用和影響。

解決方式

這就產生了一個難題：陸戰隊要如何化解戰術層級對科技知能日益增長的需求，以及外部單位與中央間的聯繫，在未來衝突中將會被切斷的現實？這問題的解答是採用邊緣運算模式。

邊緣運算的作戰模式與吾人熟悉的去中央化和分散作戰模式不同，邊緣運算的作戰模式不僅強調將決策權下授給最低階層，還強調將專業知識(陸戰隊的運算力)下放至基層單位。要想在未來衝突中取得勝利，將決策動作扁平化還不夠。陸戰隊還必須將科技知能的層次結構扁平化。這



美陸戰隊必須將決策權與運算能力一同下放至最基層，才能讓基層官兵具獨立作戰能力。(Source: USMC)

並不代表每一位班長都需要有博士學位。我們不可能將專業知識的金字塔完全顛倒。高階領導人還是需要科技專家為其提供建議和指導，但必須重新評估目前總部單位以效率為名而聚集專家的典型做法。

什麼需要改變？

在未來衝突中，在遠征前進基地中作業的陸戰隊員必須對這些科幻技術有所瞭解，並能排除其所產生的難題。為使隊員在外放單位與中央間的連接被切斷時也能成功解決問題，小型部隊在修復和使用其所掌握的高科技系統時就必須能夠自

力更生。

這代表著陸戰隊將不得不開始招募、訓練和部署具備這些技能和知識的隊員。訓練內容必須不僅是按下按鈕的操作和基本維護，而是要讓陸戰隊員通盤瞭解系統運作方式與原理。例如，由於許多系統使用全球定位系統，因此小型部隊就需要能瞭解全球定位系統運作原理，及系統弱點可能如何遭敵利用的陸戰隊員。他們還需要能瞭解該系統弱點可能會如何受網路攻擊，並當系統受損時要能予辨識的陸戰隊員。這些所需知能項目清單還在持續增列中。為達此技術專長水準，陸戰隊必須招募具備此能力的新兵，並適當訓練

之。

這也意味著陸戰隊將不得不做出艱難選擇，將專家從其通常所在的總部單位下放到陸戰隊基層。韌性的重要性必須取代效率。將專家下放到戰術基層將帶來額外好處，那就是能讓小型部隊訓練自己的陸戰隊員，而不用將人送到專科學校學習。建制內專家就能根據部隊需求來訂定訓練內容，進一步提高邊緣運算能力。

最後，陸戰隊必須超越去中央化和分散作戰的概念，並開始以邊緣運算的角度思考。只將決策權下授到最基層還不

夠，運算能力也需要隨著決策權下放到最基層，才能讓基層擁有各自所需資源來決策和獨立作戰。這也能讓中央釋出多餘運算能力來因應不同挑戰並提高效率。邊緣運算應該是陸戰隊要效法的模式。

結論

隨著戰鬥部隊不斷爭取科技優勢，未來戰場的特點就是會在高、低科技間快速變動。在此種環境下，傳統中央向外放射的通信模式將會失敗，傳統中央和基層模式的軍隊組織亦然。因此，陸戰隊需要新模式。

邊緣運算作戰模式將科技知能(也就是陸戰隊中最強大的運算形式之一)下放給戰術基層，以便實現去中央化決策和分散式作戰。由建制內科技知能提供所支持之小型部隊，必須能在基層中自行解決問題，一如不久後即將問世的智慧裝置。

作者簡介

Nathan Wood少校是陸戰隊指揮和參謀學院的學官，也是後備役情報官員。

John Pross少校係美陸戰隊總部太空作戰官。

Reprint from *Marine Corps Gazette* with permission.

註釋

1. Laura Silver, "Smartphone Ownership Is Growing Rapidly Around the World, but Not Always Equally," *Pew Research Center*, (February 2019), available at <https://www.pewresearch.org>.
2. Staff, "What Is Edge Computing?" *IBM*, (n.d.), available at <https://www.ibm.com>.
3. Walter Johnson, et al, "5G Edge Computing Whitepaper," *FCC Technological Advisory Council*, (n.d.), available at <https://transition.fcc.gov>.
4. Headquarters Marine Corps, MCDP 1, *Warfighting*, (Washington, DC: 1997).
5. Gen David H. Berger, *Commandant's Planning Guidance*, (Washington, DC: July 2019).
6. See generally, Marine Corps Warfighting Lab, Concepts & Plans Division, "Expeditionary Advanced Base Operations (EABO) Handbook: Considerations for Force Development and Employment," (Quantico, VA: June 2018).
7. Staff, "Computer Power," *PCMag.com*, (n.d.), available at <https://www.pcmag.com>.
8. *Warfighting*.
9. *Commandant's Planning Guidance*.
10. Christian Brose, *The Kill Chain: Defending America in the Future of High-Tech Warfare*, (New York, NY: Hachette Books, April 2020).
11. Ibid.
12. *Commandant's Planning Guidance*.