

擴增技術運用於軍事訓練之研究

作者／李蒼昱少校、李建鵬中校

提要

- 一、近年來各國積極運用擴增技術於單兵訓練、兵棋推演、裝備性能提升及招募之體驗，驗證了擴增技術於軍事國防之可行性。
- 二、本文探討擴增技術應用於作戰訓練的例證，並歸納建置系統所需概念及技術門檻，為後續研發及建置系統帶來入門思維。
- 三、以實際運用與技術角度著眼，分析導入擴增技術進入國軍實戰訓練、裝備操作訓練，甚至整合自兵棋、武器系統、各式載具、單兵戰鬥訓練等訓練架構之利弊，藉以建議國軍構建具效益且經濟之訓練系統方案。

關鍵詞：虛擬實境、擴增實境、混合實境、擴增技術、軍事訓練。

前言

早在1997年Ronald T. Azuma¹提出擴增實境(Augmented Reality, AR)之技術領域概念，如視覺(真實與虛擬間的視覺交互)、聽覺(消除環境聲音等音效處理)及觸覺(特殊硬體產生觸覺)等，可讓使用者之感官產生「以假亂真」或「以真亂假」的嶄新體驗，惟當時受限於技術及硬體科技，較無整合性之應用展現。

近年來，因電腦科技各項軟硬體技術之提升，「虛擬實境(Virtual Reality, VR)」與「擴增實境」已逐漸融入人類日常生活中，且目前廣泛於教育、醫學科學、軍事訓練、工程、工業設計及藝術等應用，²特別在影視、旅遊、導覽、醫療、藝文等各領域的應用潛在市場商機龐大。

在應用層面而言，虛擬實境與擴增實境給使用者帶來「沉浸式(Immersive)」感官體驗，除擁有獨特而新穎的屬性外，更能帶來身歷其境的體驗，³再加上軟、硬體相關技術之發展與應用愈趨成熟，近期更因智慧型手機(Smart Phone)、平板電腦(Tablet PC)等行動數位商品熱潮，使得擴增實境技術之應用，逐漸成為流行之趨勢，包括蘋果(Apple)、谷歌(Google)、索尼(Sony)、微軟(Microsoft)、三星(Samsung)及宏達電(HTC)等各國龍頭企業都爭相佈局。

虛擬實境及擴增實境在軍事應用層面，相當適合用於兵棋推演或軍事裝備操作、射擊、訓練，亦可將其應用在體驗或學習領域。尤其美國陸軍研究實驗室(Army Research Laboratory)

¹ Ronald T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality(Canada)," In Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Vol.6, No.4, 1997, pp.355~385.

² 謝旻儕、黃凱揚，《AR 擴增實境好好玩》(台灣：松崗，2019 年 8 月 23 日)，頁 3。

³ Gochfeld, David & Brenner, Corinne & Layng, Kris & Herscher, Sebastian & DeFanti, Connor & Gospodarek, Marta & Shinn, David & Riggs, Stephanie & Fernández-Vara, Clara & Perlin, Ken, "Holojam in Wonderland : Immersive Mixed Reality Theater(USA)," Leonardo Vol.51, 2018, pp.362~367.

所執行之「擴增實境沙盤(Augmented Reality Sandtable)」專案-命名為「戰神(ARES)」系統，其將虛擬實境及擴增實境技術導入情資整合系統及兵棋系統，使得兵棋與戰場情資結合，實際將前方或前線作戰單位所見之即時情資，於後端決策單位透過混合虛擬實境及擴增實境技術展現，可輔助作戰決策或指導產生。未來我國軍可廣泛運用相關技術，用於訓練系統，以輔助或提升訓練成效，進而提升無形戰力。

其應用更能導入全民國防教育，提升全民國防教育及人才招募成效等效果及優點。例如，美軍為了宣傳，出資《美國陸軍：驗證之地(America's Army: Proving Grounds)》⁴遊戲開發，並在Steam平台免費下載，著眼小型單位的戰術演習並以擬真及貼近戰場實況方式編寫遊戲，遊戲中之訓練內容，大多根據美軍操練場地和訓練項目如實打造。

我國「108年國防報告書」第二篇揭示：「國軍兵力結構及規劃，係評估敵情威脅，並依『打、裝、編、訓』之思維，結合武器裝備籌獲期程及國防資源分配....」。對國軍而言，國防武力除了組織編制、武器裝備籌獲外，最重要的就是要透過精實的教育訓練，使官兵熟稔裝備操作，使人員與武器相互結合，方能產生期許可恃戰力，支持國防政策目標。

根據國軍軍語辭典解釋：「軍事訓練乃是為提高遂行特定軍事職掌與任務，對人員所實施之訓練..(餘略)」。故軍人熟稔職掌內裝備操作始能發揮「武器裝備」效能，小至單兵個人裝備、步槍，至車輛、裝(輪)甲載具及武器系統，乃至全系統整合等，皆須要堅實而有效的訓練，進而達成國防戰略目標。而運用具效益性、經濟性、教育性、啟發性的擴增技術來達成此目標，絕對是優選方案之一。

擴增技術運用及技術探討

一、擴增技術簡介

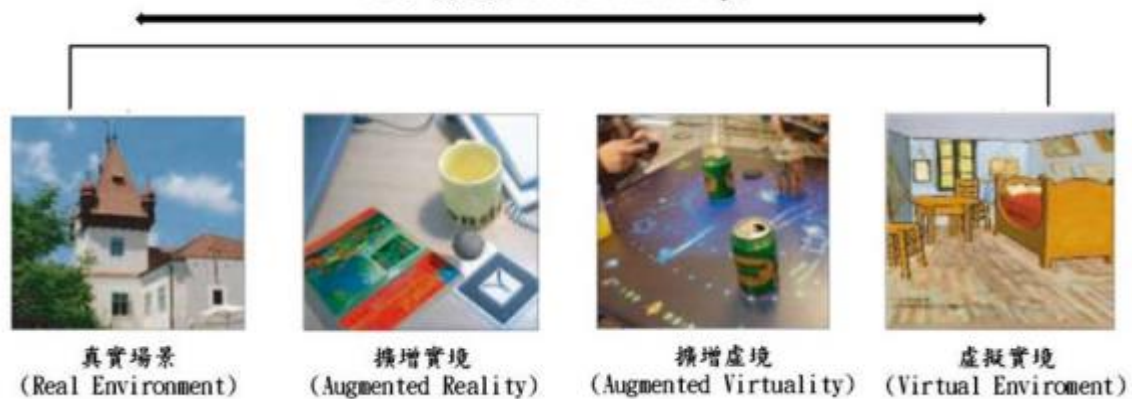
(一)擴增技術定義

Milgram等學者⁵在1994年最早提出了「混合實境(Mixed Reality, MR)」中「真實-虛擬連續性(Reality-Virtuality Continuum)」的理論(如圖一)，其理論定義混合實境介於真實場景與虛擬實境之間，以及過渡的「擴增實境」與「擴增虛境(Augmented Virtuality, AV)」。換句話說，所提「混合實境」則包含擴增實境與擴增虛境，以及部分虛擬實境與真實場景，依據其真實化的程度差異再區分為「擴增實境-真實場景中加入虛擬物件」、「擴增虛境-真實的環境下加入虛擬的場景」、「虛擬實境-全面的虛擬畫面」。

⁴ STEAM, "America's Army: Proving Grounds," https://store.steampowered.com/app/203290/Americas_Army_Proving_Grounds/, (2019/11/29).

⁵ Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi, Fumio Kishino, "Augmented reality: A class of display on the reality-virtuality continuum(Japan)," *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, SPIE Vol.2351, 1994, pp. 282~292.

圖一 真實-虛擬連續性理論
混合實境(Mixed Reality)



資料來源：Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi, Fumio Kishino, “Augmented reality: A class of display on the reality-virtuality continuum(Japan),” *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, SPIE Vol.2351, 1994, pp. 282~292.

至1997年Azuma¹提出「擴增實境」是「虛擬環境(Virtual Environments, VE)」的一種變異(Variation)，或者更通常稱為「虛擬實境(Virtual Reality)」⁶。其指出虛擬環境技術是讓使用者完全沉浸在合成環境(Synthetic Environment)中，使用者無法看到自身周圍的真實世界，而擴增實境允許用戶看到現實世界。因此，更進一步就技術應用層面提出擴增實境具有以下三種特徵：「將虛擬物件與現實結合(Combines Real and Virtual)」、「即時互動(Interactive in Realtime)」及「與三維技術結合(Registered in 3-D)」。

另外，各家產品製造商欲取得市場認同，創造出實境技術之新名詞，以方便使用者區別，例如：「電影實境(Cinematic Reality, CR)、削弱實境(Diminished Reality, DR)、教育實境(Education Reality, ER)、實物實境(Real Reality, RR)、延伸實境(eXtended Reality, XR)..等等」，但本質上還是不脫前揭「真實-虛擬連續性」範疇。⁶

實際應用「虛擬實境」、「擴增虛境」及「擴增實境」技術常有技術間相互交互且難以明確區別，其中「虛擬與真實背景或物件」及「互動程度」之間運用上的過渡更是難以分割，故本文結合Milgram及Azuma等學者所提理論，將此技術群統稱為「擴增技術」，以便後續說明。換句話說，「擴增技術」是一種概念及應用技術群，運用場景擷取(Video Capture)、電腦視覺(Computer Vision)及渲染(Rendering)等技術應用之體現，涉及「虛擬實境」、「擴增虛境」及「擴增實境」等多項技術範疇。

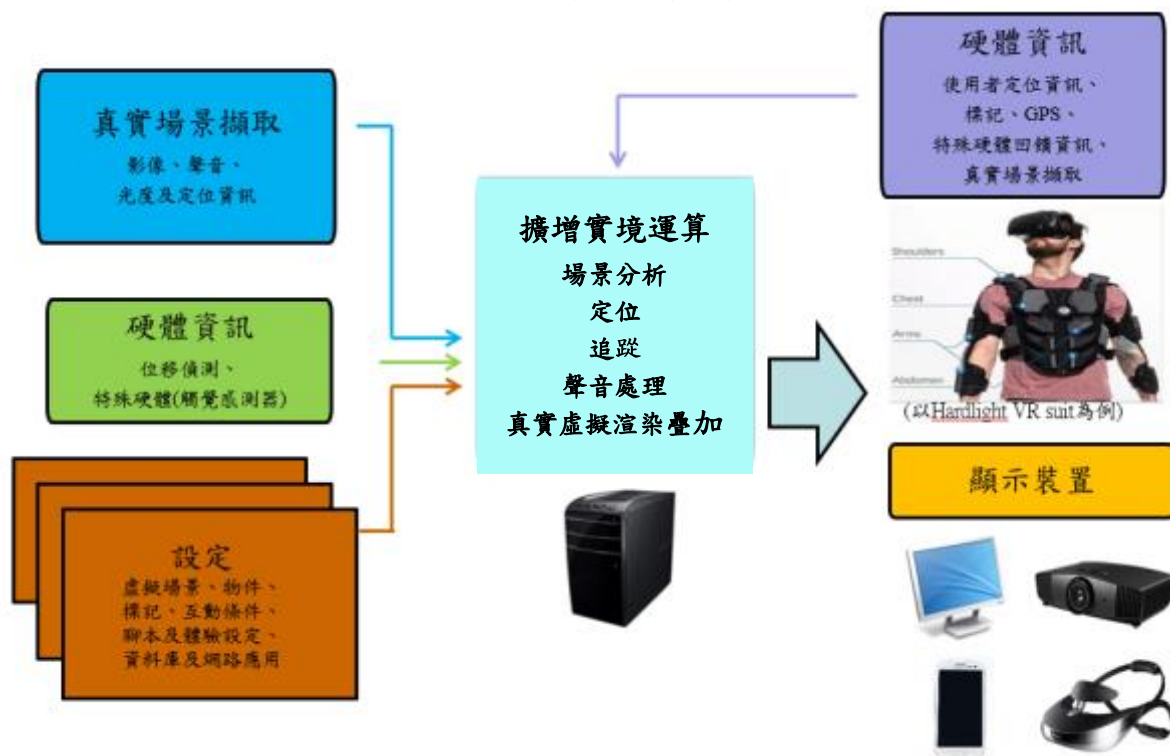
(二)擴增技術應用模式

早期擴增技術在應用上受限硬體技術不足，運用多限制於固定環境或固定領域，現今資訊科技技術發達，不論是個人電腦處理器及智慧型手機效能大幅提升，加以攝影機效能、穿戴

⁶ 歐尼克斯實境互動工作室，〈實境互動現況與趨勢_何謂 XR(eXtended Reality)〉，<http://omnixri.blogspot.com/2017/11/xrextended-reality.html>，(檢索日期：2020年5月26日)。

式裝備逐步成熟多元，以及網路傳輸頻寬的增加，使得擴增技術運用更趨廣泛。本文就實際擴增技術運用的模式，歸納如圖二，所繪模式項目不一定需要全數運用，但大多數擴增技術應用均以此模式運作。

圖二 擴增技術應用模式示意



資料來源：作者繪製。

擴增技術結合輕巧、便攜的智慧型手機及穿戴式裝置運用，有相輔相成的效果，例如在2016年推出即造成風潮且堪稱為迄今最吸金的擴增實境技術應用遊戲-「Pokémon GO」，該遊戲運用擴增實境技術，跨足智慧型手機兩大平台(IOS及Android)，運用GPS定位資訊結合地圖(原以Google Map已更改為「開放街圖OpenStreetMap」⁷資料庫)及照相機擷取真實環境背景，配合遊戲脚本及渲染虛擬物件與玩家交互，使得遊戲玩家(使用者)有身歷其境的感受，猶如自己就變身為遊戲中的主角，給予人們沉浸式的互動體驗。由此可看出簡單、舒適的設備、完善且多元的脚本，是擴增技術給予使用者沉浸式感受的重要因素。

二、擴增技術運用上之分類

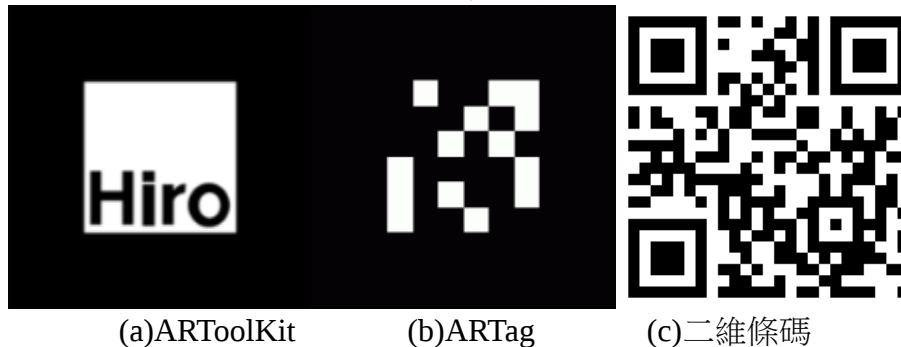
擴增技術在各領域之運用早有雛形，而經由不同輸出設備及不同的互動條件或因素(包含硬體設備、真實虛擬環境顯示之設定等)，建構出擴增技術的應用場景，本文以使用者與系統交互方式作為分類依據，就現今已開發應用概分為標記之互動、特殊硬體互動及後端資料庫互動，分述如下：

(一)互動式擴增技術

⁷ OpenStreetMap, "OpenStreetMap," <https://www.openstreetmap.org/>, (2020/02/04).

傳統之擴增實境大多透過標記定位出虛擬物件渲染的位置，藉以融入真實場景，複合疊加後顯示，也有使用自訂的標記(圖像或定位資訊等)來達到其目的。此類型之應用如早期的 ARToolKit⁸、ARTag 等 SDK 所提供之二維條碼(QR code)範例，如圖三(a)(b)，以及游坤明⁹及 Wang Jian-tung¹⁰運用自行設定之二維條碼之方式取代標記，如圖三(c)；更有展覽應用真人大小的標記，而與使用者產生互動，¹¹如圖四。就應用面向而言，較適合於固定環境(場景)之應用。

圖三應用標記範例



資料來源：1. ARToolworks, “ARToolKit,” <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>, (2019/11/29).；2. 游坤明等人，〈使用 QR Code 於電腦上的擴增實境之應用系統〉，《2010 International Conference on Advanced Information Technologies (AIT)》(台灣)，2010，pp.1~3；3. 王建通，〈Design and Implementation of Augmented Reality System Collaborating with QR Code〉，國立成功大學工程科學系碩士在職專班學位論文，2010年11月18日，頁21~23。

圖四 真人大小的標記應用範例



資料來源：H. Papagiannis, “Wonder Turner and The Amazing Cinemagician augmented reality and mixed reality art installations,” 2010 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality-Arts, Media, and Humanities, Seoul, 2010, pp.27~32.

⁸ ARToolworks, “ARToolKit,” <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>, (2019/11/29).

⁹ 游坤明等人，〈使用 QR Code 於電腦上的擴增實境之應用系統〉，《2010 International Conference on Advanced Information Technologies (AIT)》(台灣)，2010 年，頁 1~3。

¹⁰ Wang Jian-tung, Shyi Chia-Nian, Hou T.-W., Fong C. P., “Design and Implementation of Augmented Reality System Collaborating with QR Code,” 2010 International Computer Symposium (ICS2010), (2010), pp.414~417.

¹¹ H. Papagiannis, “Wonder Turner and The Amazing Cinemagician augmented reality and mixed reality art installations,” 2010 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality-Arts, Media, and Humanities, Seoul, 2010, pp.27~32.

1. 使用(特殊)硬體與使用者交互

除傳統運用攝影機擷取場景資訊(圖像或語音等)外，混用特殊硬體擷取場景資訊或運用電腦視覺、語音或硬體指令達到人機互動交互目的，甚至提供使用者視覺及觸覺等感官回饋，分別列舉如後：

2. 使用特殊硬體擷取場景資訊輔助使用者交互

(1) 擷取環境資訊

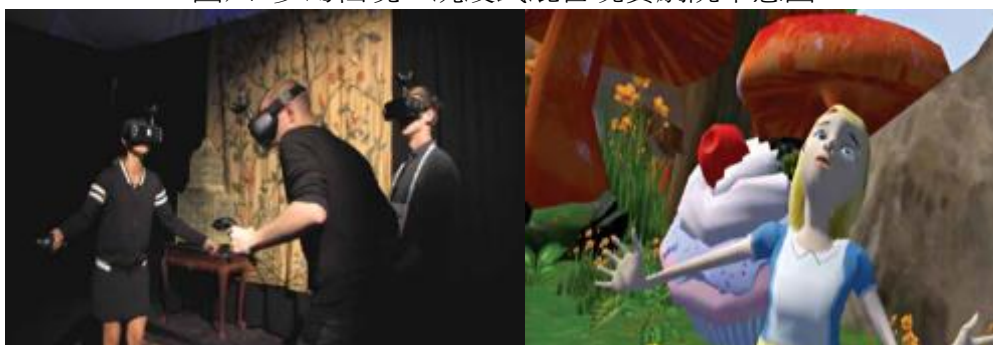
圖五 微軟Kinect 3D結構光深度示意圖



資料來源：微軟開發人員中心，〈Kinect for Windows〉，<https://developer.microsoft.com/zh-tw/windows/kinect>，(檢索日期：2019年11月29日)。

藉由特殊硬體擷取環境資訊較為人知的例子，如微軟開發的 Kinect，¹²其內建紅外線構成的 3D 結構光深度感應器(如圖五)，可獲得體感及手勢，並輔以擷取語音以操作該系統或體驗遊戲；亦有運用特殊硬體達到互動電影的運用，例如「夢幻仙境：沉浸式混合現實劇院(Holojam in Wonderland: Immersive Mixed Reality Theater)」，對觀眾而言，得以參與電影一角，電影主角會與其交談，可帶來不同的體驗(如圖六)。

圖六 夢幻仙境：沉浸式混合現實劇院示意圖



資料來源：Gochfeld, David & Brenner, Corinne & Layng, Kris & Herscher, Sebastian & DeFanti, Connor & Gospodarek, Marta & Shinn, David & Riggs, Stephanie & Fernández-Vara, Clara & Perlin, Ken, "Holojam in Wonderland: Immersive Mixed Reality Theater(USA)," Leonardo Vol.51, 2018, pp.362~367.

¹² 微軟開發人員中心，〈Kinect for Windows〉，<https://developer.microsoft.com/zh-tw/windows/kinect>，(檢索日期：2019年11月29日)。

(2)硬體感官回饋

南韓「bHaptics」公司研製的「TACTSUIT」套件，¹³利用研製的面罩、背心和一對袖(腳)套組成，內建有總共 87 個回饋點，來產生使用者觸覺達到人機交互之效果(如圖七)，可讓使用者接受適當觸覺反饋(Appropriate Haptic Feedback)；另已宣告計畫終止開發的 Hardlight VR Suit 等都是此類之應用。

圖七 TACTSUIT示意圖



資料來源：bHaptics, “Experiences with TactSuit,” <https://www.bhaptics.com/tactsuit>, (2020/01/14).

(二)使用電腦視覺與使用者交互

運用電腦視覺辨識手勢等直覺式的互動(或控制)方式，構建使用者與擴增實境技術互動之目的，以2019年微軟推出之新一代 HoloLens 2¹⁴為例(如圖八)，已為擴增技術應用帶來更舒適、直覺且良好的互動典範。

圖八 微軟HoloLens 2示意圖



資料來源：Microsoft, “HoloLens 2,” <https://www.microsoft.com/en-us/hololens/apps>, (2020/02/04).

(三)運用後端資料庫與使用者交互

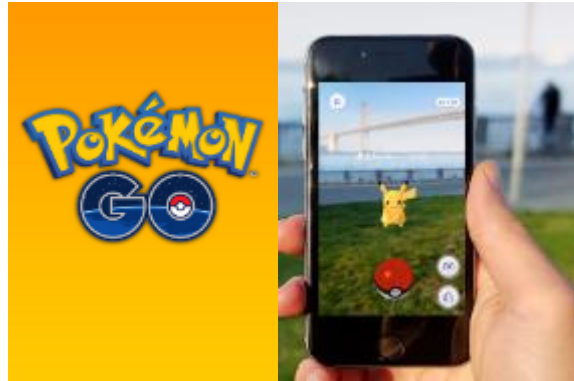
結合資料庫以豐富擴增實境應用，最廣為人知的就是任天堂開發之「Pokémon GO」遊

¹³ bHaptics, “Experiences with TactSuit,” <https://www.bhaptics.com/tactsuit>, (2020/01/14).

¹⁴ Microsoft, “HoloLens 2,” <https://www.microsoft.com/en-us/hololens/apps>, (2020/02/04).

戲¹⁵(如圖九)，此款基於位置服務的手機遊戲，在2016年時由於此種新型態的遊玩體驗，造成一波風潮，甚至迄今都穩坐智慧型手機遊戲營收排行榜前幾名，凸顯了擴增技術應用體驗的價值性。

圖九 Pokémon GO遊戲示意圖



資料來源：Pokémon Company, “Pokémon GO,” https://pokemongolive.com/zh_hant/, (2020/02/04).

(四)小結

依據實境技術運用層面可歸納以下幾項重點：「直覺的互動方式」、「完善的體驗腳本」、「適當的聲光效果」、「簡便運用之硬體或環境設定」等條件。整體系統算不算「完善」或「良好」乃取決於最終使用者之體驗；換言之，需要後續高效能及完善的軟體及硬體搭配、後端資料庫整合、甚至良好腳本設定或故事性，方可帶給使用者更佳的沉浸性，亦為未來研究之重點方向。而H. Papagiannis¹¹在2010年的論文中提到「我使用AR的方法一直是先從技術開始著手，而不是從其內容開始」，說明AR應用重點應先瞭解其技術，後續再著手其他面向。

三、擴增技術基礎技術

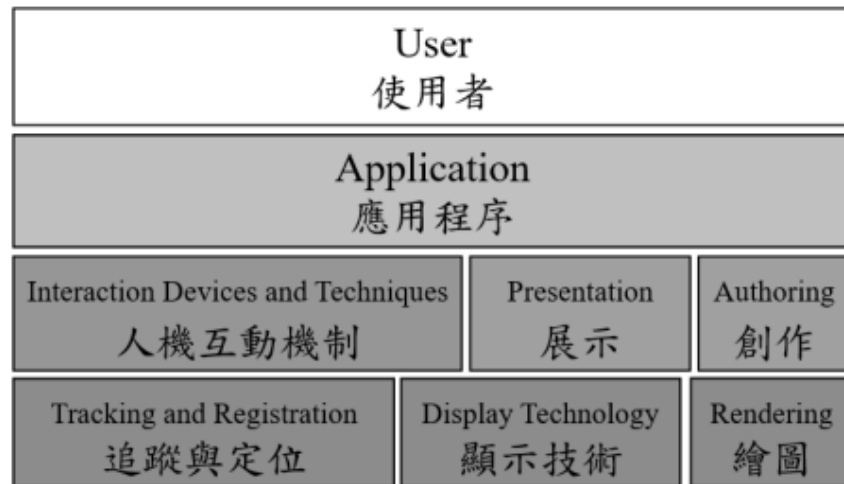
(一) 擴增技術架構

2005年由Oliver Bimber和Ramesh Raskar提出擴增實境技術的四層架構，¹⁶該架構中最高層為「使用者(User)」；第二層為「應用層(Application)」，透過擴增實境技術，將結果顯示於使用者；第三層由「人機互動控制(Interaction Devices and Techniques)」、「展示(Presentation)」及「創作(Authoring)」組成，負責使用者互動、腳本的創作(設定)及人機操作介面等；第四層技術為「影像處理」領域的「追蹤及辨識(Tracking and Registration)」，負責辨識物件及追蹤物件位置；「電腦圖學」領域的「3D物件顯示技術(Display Techniques)」和「渲染(Rendering)」，負責將3D虛擬物件繪製整合圖形於物件相對位置(如圖十)，而該架構亦可適用於擴增技術之運用。

¹⁵ Pokémon Company, “Pokémon GO,” https://pokemongolive.com/zh_hant/, (2020/02/04).

¹⁶ Bimber, O. and Raskar, R., “Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds,” A. K. Peters, Ltd., Wellesley, MA, USA, Chap.1, 2005, pp.1~7.

圖十 可用於擴增技術的基礎架構



資料來源：Bimber, O. and Raskar, R., “Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds,” A. K. Peters, Ltd., Wellesley, MA, USA, Chap.1, 2005, pp.1~7.

(二)擴增技術相關所需技術

擴增技術所需技術涉獵廣泛，其中腳本的設定、創作及人機操作介面部分都因循應用所需場景而訂定，故僅就其基本架構中較底層且核心部分淺談。

1. 軟體應用

(1)追蹤與定位

擴增技術中虛擬物件於環境(含真實及虛擬環境)間的顯示效果，需基於物件追蹤能力，而物件追蹤能力良莠通常為使用者感受沉浸性之重要因素，簡述如下：

A.追蹤：辨識自行定義之「標記」，運用「影像處理」技術濾除雜訊，並從影像中偵測「標記」，將其分離取出後持續「追蹤」其於影像中的位置。

B.定位：用「座標轉換」方法取得物件所在位置之座標，最後才將虛擬物件疊加在追蹤物件的座標位置上，常見座標系列彙整如表一。

表一 常見座標系列彙整表

中文名稱	英文名稱
世界座標系統	World Coordinate System, WCS
物體座標系統	Object Coordinate System
設備座標系統	Device Coordinates System, DC
觀察座標系統	Observe Coordinate System
正規化設備座標系統	Normalized Device Coordinates System, NDC
螢幕座標系統	Screen Coordinate System

資料來源：1.Dave Shreiner、Graham Sellers、John Kessenich、Bill Licea-Kane、The Khronos OpenGL ARB Working Group Eighth Edition, OpenGL Programming Guide(USA, 2013),pp.205-213。2.陳昱廷，《從做中學C#遊戲程式設計》(臺灣：上奇科技出版事業處，2006年7月20日)，頁7~53。3.徐明亮、盧紅星、王琬，《OpenGL 遊戲編程》(中國：機械工業出版社，2008年1月1日)，頁7~22。

(2)三維立體繪圖函式庫

A.OpenGL(Open Graphics Library)：是電腦繪圖的軟體介面，可以藉由它便捷的創建交互式程式及利用圖形加速硬體(如顯示、繪圖卡等)高速產生彩色三維(3D)物件之圖像(如圖十一)。藉由此跨平台之函式庫，可搭配電腦圖像技術及想像力的方式產出逼真或具視覺效果之二、三維圖像。¹⁷

B.DirectX(Direct eXtension)：是由微軟公司建立的一系列專為多媒體以及遊戲開發的應用程式介面。其功能包含硬體控制(如：音訊、視訊、影像擷取、周邊設備、感應器及電源管理)與圖像繪製等功能，其中Direct3D、Direct2D、DirectShow為主要用於電腦圖像繪製的函式，另DirectX有具跨平台特性且相容「.NET Framework」之版本「Managed DirectX(縮寫：MDX)」，目前最新DirectX版本為「DirectX 12」。¹⁸

圖十一 The OpenGL Pipeline



資料來源：徐明亮、盧紅星、王琬，《OpenGL 遊戲編程》(中國：機械工業出版社，2008年1月1日)，頁10。

2. 硬體應用

(1)場景取得

在固定設施或區域時，大多運用多架攝影機或定位感測器，以達到較精準且穩定的場景定位。若有需使用者移動或非固定場景時，則需要較輕便的設備，如智慧手機、智慧眼鏡等輕便行動式設備。

(2)顯示方式

顯示方式約可分為投影式(投影片、投影桌面、地板投影)、個人裝置(行動裝置、桌

¹⁷ 徐明亮、盧紅星、王琬，《OpenGL 遊戲編程》(中國：機械工業出版社，2008年1月1日)，頁7~22。

¹⁸ 微軟，〈DirectX 程式設計的基礎〉，《Windows 開發人員中心》，<https://docs.microsoft.com/zh-tw/windows/uwp/gaming/directx-fundamentals>(2017/02/08)，(檢索日期：2019年12月21日)。

上、筆記型電腦)及頭戴式裝置，據以顯示互動聲光效果。再進一步以使用場景區分，於固定設施或區域時，大多運用高精度投影或抬頭顯示器(Head Up Display, HUD)，以提供較精準且擬真的沉浸感；若有需移動或非固定場景時，則亦需要較輕便的設備，如一般型HUD、智慧手機、智慧眼鏡等輕便移動設備。

3. 互動方式

擴增技術互動方式包含Oliver Bimber和Ramesh Raskar所提之基礎架構中「人機互動控制」、「展示」及「創作」等技術層面；例如，人機互動控制構築系統與使用者間辨認操控指令(可透過滑鼠、手勢、聲音或特殊硬體等手段達成)及訊息之傳遞。而展示及創作技術層面，提供完善腳本及虛擬物件的顯示，為決定沉浸感的重要因素之一。

4. 小結

擴增技術所需之技術及硬體已然成熟，相關的應用亦趨多元化。惟迄今業界尚無統一標準規範，使得各家公司或科研單位多為自行開發私屬商規或技術，各自具備強項及特殊性，也因此硬體或軟體介面相互整合上產生了窒礙。在開發方向多頭馬車的狀況下，使得擴增技術之發展尚未達到市場預期，這是未來發展迫切需要面臨挑戰之一。

(三)現今技術規範及熱門軟體工具

業界針對擴增實境技術開發了許多套件及應用程式，例如Unifeye、D’Fusion等開發平台(公司)，提供使用者可以簡單且容易地設計、開發擴增實境遊戲、專案或展示之平台。惟技術底層還是取決於軟體工具，這些「軟體工具(Software Development Kit, SDK)」可視為擴增技術核心技術軟體引擎，一方面可提供開發者更便捷的掌握擴增技術之運用，另一方面亦廣泛被學、研、商界在其領域運用。Michael Romilly¹⁹介紹廣泛應用之擴增實境軟體工具，筆者融合分析如表二：

表二 擴增技術SDK列表

名稱	特點	適用平台	SDK 特點
ARtoolKit		Windows OS/iOS/Android/ Mac OS X/Linux	一、早期的免費擴增實境 SDK，其 API 及函式庫被廣泛運用或移植於後續 SDK。 二、單攝影機或立體攝影機(攝影機位置/方向追蹤)。 三、追蹤簡單的黑色正方形(任何正方形標記圖案)。 四、追蹤平面圖像(自然特徵標記)。
ARKit		iOS (Apple)	一、SLAM 追蹤技術(同時定位和映射)和感測器融合。 二、環境照明估計、規模估算，且具有基本邊界的垂直和水平平面估計。 三、穩定快速的運動追蹤。

¹⁹ Michael Romilly, “12 Best Augmented Reality SDKs,” Introducing the 2019 Kubernetes and CI/CD Trend Report, <https://dzone.com/articles/12-best-augmented-reality-sdks>, (2020/01/08).

ARCore	Android (Google)	一、估算實際照明條件之光照估算。 二、檢測環境之垂直、水平和傾斜表面的大小和位置。 三、運動物件追蹤。
Vuforia	iOS/Android	結合 Unity 遊戲引擎，擴展提供 Java、C++ 和 Objective C++ 以及 .NET 之 API。
Wikitude	Windows OS/iOS/Android	一、支援 JavaScript API 或選擇 Unity, Cordova, Xamarin 及 Flutter。 二、適合應用於結合地理位置，即可融合攝影機和 GPS，將虛擬資訊資料標註到現實世界中。
EasyAR	Windows OS/iOS/Android	一、SLAM 追蹤技術，可應用於攝影機創建周圍區域的「虛擬環境」。 二、3 維或平面圖像追蹤，多種類型目標的同時檢測和追蹤。 三、具螢幕側錄功能。 四、Java API(Android)、Swift API(iOS)及 Windows OS。
Kudan	iOS/Android	一、支援 Objective C(iOS)、Java(Android)及 Unity。 二、以人工感知(Artificial Perception)演算技術與 AI (Artificial Intelligence)結合。 三、自身 API 由純 C++開發之套件-可套用特殊硬體，以高效率運算或硬體晶片運用。
Onirix	iOS/Android	一、支援 iOS、Android 及 Unity。 二、結合位置訊息、規劃路線等功能套件。 三、簡易、快速且輕鬆開發擴增實境於行動裝置。
MaxST	Mac OS/iOS/Android/Windows OS	一、支援 Mac OS、iOS、Android、Windows OS 和 Unity 的跨平台引擎。 二、即時追蹤(具有基本邊界的垂直和水平平面估計，以覆蓋相關內容的功能)。 三、可視化 SLAM 及物件追蹤(導入由可視化 SLAM 創建的地圖文件的功能)，具 3 維與平面之影像及圖像追蹤。 四、QR /條碼掃描功能。 五、兼容硬體(如 HUD)及智慧型眼鏡開發。
Pikkart	Windows OS/iOS/Android	一、支援 Unity 和 Xamarin。 二、支援地理位置標記。 三、輕量級，易於使用且計算成本低的設備，具檢測和追蹤功能應用。
DeepAR	HTML5/iOS/Android	一、支援 iOS，Android，HTML5 及 Unity。 二、增加不同風格鏡頭、濾鏡及機器學習(Machine Learning)功能，可用於使用者情緒檢測。
Lumin	Lumin OS	三、支援自家 Magic Leap 初創公司所開發的 Lumin OS 及 Unity 跨平台支援等。 四、可提供 HUD 模擬器。
MixedReality Toolkit	Windows OS	主要支援微軟 HoloLens、Microsoft 沉浸式耳機(IHMD)、Steam VR(HTC Vive / Oculus Rift)、OpenXR 及 Unity 等。

資料來源：Michael Romilly, "12 Best Augmented Reality SDKs," Introducing the 2019 Kubernetes and CI/CD Trend Report, <https://dzone.com/articles/12-best-augmented-reality-sdks>, (2020/01/08).

這些SDK及函式庫對各種開發環境及用途可以說是各有所長，開發人員可以依其所需混和運用，亦可結合不同領域技術，開發出獨特的軟體(庫)或特殊用途之擴增技術平台及函式庫。

(四) 小結

本節從擴增技術的基本架構及技術來著眼，乃至通用函式庫的簡介，目的在說明：「良好的實境系統該著眼的是『使用者的感受』、『開發方式(資源)』及『系統運用欲達到的效果』」。擴增技術不是遙不可及的技術，乃是可基於影像處理技術及繪圖、渲染等方式輔助，將現實與虛擬物件或環境盡可能完美結合的技術，其重點在於使用者的感受問題，是否令使用者達到沉浸感、互動便利性，進而達到系統設計的目的，例如：教育、訓練、多媒體、人機介面及軍事用途等運用範疇，是開發者之必要考量及課題。

擴增技術於軍事應用探討

一、擴增技術相關軍事運用研究列舉

長期以來，許多學者投入擴增技術運用於軍事領域的研究，並認為未來可更廣泛運用於軍事領域，例如René ter Haar²⁰提出的擴增實境於軍事運用的優點，認為這種軍事數位模擬訓練，使士兵可以學習重要的課程並承擔更多的責任，這可能會在將來減少傷損。而Sri Lanka²¹在2018年研究混合實境用於兵棋推演，並認為應該將混合實境融入軍事，那怕是有相關的技術問題需要克服，但仍值得投入研究..等，皆符合前述論點，後續列舉幾個軍事研究的範例。

(一) 互動教學訓練

運用GPS訊息或自訂標記(可以是標記或自然景物)來與實際場景交互，是此類的擴增技術的特色，以虛擬物件產生的方式可區分兩類：

1. 預先設定虛擬物件(場景)

此類型應用有適用範圍之侷限，大多運用於教育學習方面，實際應用的例子中，多以設定好的虛擬物件來渲染於真實場景，達成擴增技術之真實與虛擬之過渡效果，概念較為簡單。最常見的例子就是幼兒教育常用的「魔法書」或透過書本或特定標記觸發之「3D 影片」類(如圖十二)，可導入軍事準則或戰術戰法之教學用途。

亦有用於修護作業訓練方面的研究，例如S. Henderson and S. Feiner²²開發了適用於維修任務的擴增實境平台，維修人員除了可看到真實的環境外，還能看到需要更換零件的動畫組件和要使用的工具，而頭戴式顯示器的聲音可輔助討論工作步驟(如圖十三(a))；另Indika

²⁰ René ter Haar, "Virtual Reality in the Military: Present and Future," Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science University of Twente, the Netherlands, 2005, pp.2~5.

²¹ Sri Lanka, "Usage of Mixed Reality for Military Simulations," IEEE International Conference on Current Trends toward Converging Technologies, India, 2018, pp.1~4.

²² S. Henderson and S. Feiner, "Exploring the Benefits of Augmented Reality Documentation for Maintenance and Repair," in IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol.17, No.10, 2011, pp.1355~1368.

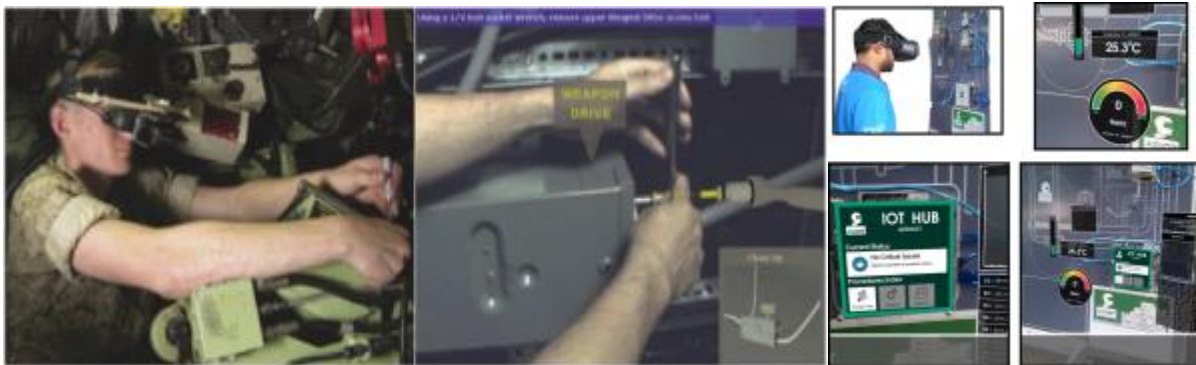
Wijesooriya等人²³開發應用於系統維護訓練之平台如圖十三(b)。

圖十二 預設虛擬物件運用示意



資料來源：〈探秘魔幻3D世界〉，幼福文化，<https://www.youtube.com/watch?v=J1DY693R9o0>，(檢索日期：2019年3月13日)。

圖十三 擴增技術維修運用



(a)軍事維修應用

(b)工業維修學習應用

資料來源：1.S. Henderson and S. Feiner, “Exploring the Benefits of Augmented Reality Documentation for Maintenance and Repair,” in IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol.17, no.10,(2011), pp.1355~1368；2.Indika Wijesooriya, Damith Wijewardana, Tharindu De Silva, Chandana Gamage, Malith Jayaweera, “Demo Abstract: Enhanced Real-Time Machine Inspection with Mobile Augmented Reality for Maintenance and Repair,” IEEE/ACM Second International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation,(2017), pp.287~288.

2. 真實場景虛擬化

這類特色為利用真實場景中的物件透過利用攝影機(或特殊裝備)即時將虛擬物件繪製渲染，可用來標註或加強使用者體驗或標註特定物件(事件)。如F. Wientapper等人²⁴運用演算法擷取真實場景特徵並繪製渲染虛擬物件，以構建即時的擴增實境場景(如圖十四)。

(二)情報蒐集協作

W. Piekarski²⁵等人研究有關指管中心與單兵之間資訊交換的擴增技術運用，指管中心(

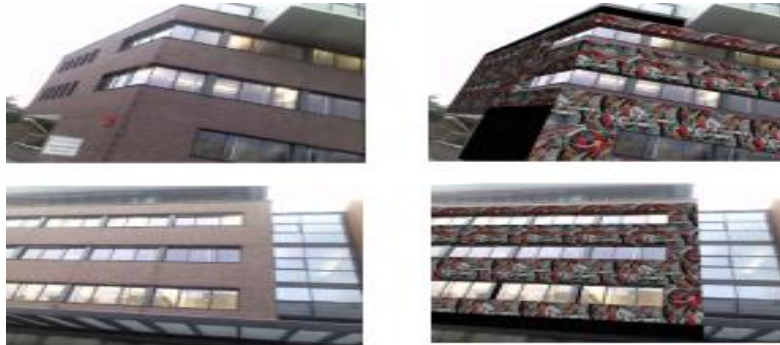
²³ Indika Wijesooriya, Damith Wijewardana, Tharindu De Silva, Chandana Gamage, Malith Jayaweera, “Demo Abstract: Enhanced Real-Time Machine Inspection with Mobile Augmented Reality for Maintenance and Repair,” IEEE/ACM Second International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation, 2017, pp.287~288.

²⁴ F. Wientapper, H. Wuest and A. Kuijper, “Reconstruction and Accurate Alignment of Feature Maps for Augmented Reality,” 2011 International Conference on 3D Imaging, Modeling, Processing, Visualization and Transmission, Hangzhou, 2011, pp.140~147.

²⁵ W. Piekarski, B. Gunther and B. Thomas, “Integrating virtual and augmented realities in an outdoor application,” Proceedings 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR'99), San Francisco, CA, USA,

虛擬實境用戶)可藉系統模擬於戶外之單兵所處之三維虛擬環境，且藉單兵身上的可穿戴計算機及GPS資訊，標示單兵位置於三維虛擬環境戶外環境。另一方面，單兵(擴增實境用戶)藉系統獲得近距離友軍和敵軍(單兵敵我識別)資訊，甚至可標示或繪製出位置及色彩等資訊，可降低敵我識別的難度及提高了戰鬥士兵的效能。(如圖十五)

圖十四 即時產生虛擬物件示意



資料來源：F. Wientapper, H. Wuest and A. Kuijper, "Reconstruction and Accurate Alignment of Feature Maps for Augmented Reality," 2011 International Conference on 3D Imaging, Modeling, Processing, Visualization and Transmission, Hangzhou,(2011), pp.140~147.

圖十五 可穿戴擴增技術所創造的虛擬環境



(a)單兵-擴增實境場景

(b)指管中心-三維虛擬環境

資料來源：W. Piekarski, B. Gunther and B. Thomas, "Integrating virtual and augmented realities in an outdoor application," Proceedings 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR'99), San Francisco, CA, USA, (1999), pp.45~54.

這意味著單兵可以看到敵軍威脅跡象、友軍位置和飛機的位置，而指管中心可以收到有關前線戰場環境情報，藉由多數單兵回饋的資訊可進一步構建大型戰場環境，並可虛擬威脅(例如：虛擬敵人、敵武器裝備等)於整體訓練系統中，訓練單兵應處作為。

(三)兵棋訓練

在2005年紐西蘭坎特伯里大學Trond Nilsen及Julian Looser等人，²⁶設計出擴增實境坦克

1999, pp.45~54.

²⁶ Nilsen, T., and Looser, J., "Tankwar-Tabletop war gaming in augmented reality," In Proceedings of 2nd International Workshop on Pervasive Gaming Applications, 2005, pp.1~6.

大戰遊戲(如圖十六)，使用一般遊戲搖桿多人同時操作遊戲中的武裝兵旗，將原本2維世界中的遊戲拓展到3維空間，更加生動且直觀，這項技術若導入軍事訓練，可用於戰術兵棋推演。

圖十六 擴增實境坦克大戰遊戲



資料來源：Nilsen, T., and Looser, J., “Tankwar-Tabletop war gaming in augmented reality,” In Proceedings of 2nd International Workshop on Pervasive Gaming Applications, 2005, pp.1~6.

二、擴增技術軍事應用實例

(一) 裝備模擬器

1. 陸用模擬器

此類模擬器係指陸上載具裝備類模擬系統，以軍方陸用裝備為模擬對象，採高仿真概念設計，具備易操作、低成本、易維護之優勢，可提供單車駕駛及多車連網演練等組合訓練。我國中科院研製之「戰車訓練模擬器(CM11/M60A3 組合型)」、「甲車駕駛訓練模擬器(CM21/M113)」(如圖十七)及「戰術區域通信系統模擬器」²⁷等皆屬之。

圖十七 中科院戰/甲車模擬器示意圖



(a)甲車駕駛模擬器

(b)戰車射擊模擬器

(c)戰車駕駛模擬器

資料來源：國家中山科學研究院，〈陸用模擬器〉，http://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_Id=32&catalog=25，(檢索日期：2020年2月4日)。

2. 海用模擬器

以模擬海上各型載具及裝備，提供與實艦相近之性能，可執行各類型訓練，如潛航操作訓練、緊急上浮/下潛操作訓練、故障排除訓練、單艦/雙艦反潛訓練、船艦進港/離港操船等科目訓練。中科院現行已研製「潛艦教練儀」、「反潛訓練教練儀」、「兩棲作戰指管系統」

²⁷ 國家中山科學研究院，〈陸用模擬器〉，http://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_Id=32&catalog=25，(檢索日期：2020年2月4日)。

及「船艦操船模擬器」²⁸等(如圖十八)。

圖十八 中科院潛艦教練機組示意圖



資料來源：國家中山科學研究院，〈海用模擬器〉，http://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_Id=33&catalog=25，(檢索日期：2020年2月4日)。

3. 空用模擬器

此類模擬器係指飛行訓練類模擬系統，可提供基礎飛行訓練、連網編隊飛行、五邊進場、緊急操作、儀表飛行及戰術演訓等科目訓練，對於飛行員之養成訓練及熟訓等具有相當之訓練成效，亦可降低訓練所需成本。我國現有空用型模擬器如中科院研製的「F-16戰機飛行訓練模擬機」、「F-5E飛行訓練模擬機」、「AT-3飛行訓練模擬機」、「S-70C神鷹教練儀」、「飛航管制模擬系統」、「無人載具操控訓練模擬器」及「TH-67直升機飛行訓練模擬機」²⁹等模擬器(如圖十九)。

圖十九 中科院空用模擬器示意圖



(a)TH-67 直升機模擬機

(b)F-16 飛行模擬機

(c)F-5E 飛行模擬機

資料來源：國家中山科學研究院，〈空用模擬器〉，http://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_Id=34&catalog=25，(檢索日期：2020年2月4日)。

(二) 武器系統

美國陸軍現役的「航空組合武器戰術教練機(Aviation Combined Arms Tactical Trainer-Aviation, AVCATT-A)」為使用混合現實模擬的直升機戰鬥訓練系統，該系統能夠模擬五架直升機，包括阿帕契(AH-64A/D)、奇奧瓦偵察直升機(OH-58D Kiowa Warrior)、黑鷹(UH-60)和契努克(CH-47D)等機型。該功能主要訓練聯戰能力，透過頭戴式顯示器提供戰場煙

²⁸ 國家中山科學研究院，〈海用模擬器〉，http://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_Id=33&catalog=25，(檢索日期：2020年2月4日)。

²⁹ 國家中山科學研究院，〈空用模擬器〉，http://www.ncsist.org.tw/csistdup/products/product.aspx?product_Id=34&catalog=25，(檢索日期：2020年2月4日)。

霧、沙塵、風強、風向、溫度及雲層條件之虛擬訓練環境，如圖二十。

圖二十 美軍航空組合武器戰術教練機(AVCATT-A)



資料來源：René ter Haar, “Virtual Reality in the Military: Present and Future,” Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science University of Twente, the Netherlands, (2005), pp.2~5.

以色列國防軍於 2019 年 8 月展示「卡梅爾計畫(Carmel Program)」成果，該計畫由以色列航太公司、拉斐爾(RAFEL)先進防衛系統集團和埃比特系統(Elbit Systems)等 3 間公司產製 3 輛原型甲車，運用多感測器使駕駛獲得 360 度環景視野，並結合人工智慧(AI)系統輔助及實境技術，使車組員迅速識別目標，無需探出車外便能觀察四周的景象，並宣稱此技術可降低未來戰車或步兵戰鬥車的車組人員需求，並增強安全性與戰場覺知能力。³⁰(如圖二十一)

圖二十一 以色列「卡梅爾計畫」示意圖



資料來源：〈以色列「卡梅爾」甲車亮相 2 人就可操控〉，《青年日報》，<https://www.ydn.com.tw/News/347248>，(檢索日期：2020 年 3 月 13 日)。

另外，烏克蘭軍事用品生產商「Limpid Armor」，其為專門研究人工智慧及擴增實境的科技公司，開發具敵我識別、任務及目標互動提示且符合北約標準(NATO Standards)的「陸上平台現代化套件(Land Platform Modernization Kit, LPMK)」，可結合攝影機模組提供 360 度的即時圖像及接收無人機偵照資訊，甚至連接火控系統。³¹ (如圖二十二)

³⁰ 〈以色列「卡梅爾」甲車亮相 2 人就可操控〉，《青年日報》，<https://www.ydn.com.tw/News/347248>，(檢索日期：2020 年 3 月 13 日)。

³¹ Limpid Group, “Limpidarmor, 360° View through Armor,” <https://limpidarmor.com/>, (2020/03/13).

圖二十二 Limpid Armor「陸上平台現代化套件」示意圖



資料來源：Limpid Group, “Limpidarmor,360° View through Armor,” [https:// limpidarmor.com/](https://limpidarmor.com/), (2020/03/13).

(三) 兵棋模擬系統

擴增技術運用於沙盤系統之軍事應用，目前以「戰神(ARES)」系統最廣為人知，該系統由美國陸軍研究實驗室所主導，模擬訓練科技中心(Simulation and Training Technology Center, STTC)所負責執行之研發專案，全名為「擴增實境沙盤」。^{32,33,34}該系統可將戰場共同作戰圖像(Common Operating Picture, COP)資訊整合，並輔以軍隊符號及即時圖像，提高戰場情況理解程度，可應廣泛用於軍事決策程序(Military Decision Making Process, MDMP)、教學運用與提升決策品質。(如圖二十三)

圖二十三 擴增實境沙盤示意圖



資料來源：René ter Haar, “Virtual Reality in the Military: Present and Future,” Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science University of Twente, the Netherlands, (2005), pp.2~5.

³² Julian Abich, Morgan Eudy, Jennifer Murphy, Christopher Garneau, Yasmina Raby, and Charles Amburn, “Use of the Augmented Reality Sandtable (ARES) to Enhance Army CBRN Training,” HCI International 2018-Posters' Extended Abstracts, 2018, pp.223~230.

³³ 林俊安，〈美國陸軍「戰神」擴增實境沙盤(ARES)發展及對我教育訓練運用之探討〉，《陸軍學術雙月刊》(桃園)，第55卷第567期，國防部陸軍司令部，2019年10月，頁91~106。

³⁴ Charles R Amburn, Nathan L Vey, Michael W Boyce, and MAJ Jerry R Mize, “The Augmented Reality Sandtable (ARES),” US Army Research Laboratory, ARL-SR-0340, (2015), pp.223~230.

擴增技術運用於沙盤，不受限於是軍方或學界，業界廠商亦致力軍事運用研發，例如，由「全球動力科技股份有限公司」曾於臺北南港展覽館「智慧製造與監控辨識展覽會」中展出的「智慧化擴增實境兵棋推演系統」，該系統整合地理資訊(Geographic Information System, GIS)及虛擬兵棋，可搭配環境變化與地略形勢做狀況處置及攻防研討，提供戰術或戰略訓練平台的選項。³⁵(如圖二十四)

三、小結

本段內容列舉較廣為人知或無機敏性資訊之擴增技術相關的軍事研究及實例，歸納其用途，主要用於教育、裝具操作、任務目標整合顯示、敵我辨識輔助、情資及合成化戰場之應用為主；其應用範圍涵蓋戰鬥、戰術乃至戰略性應用，而應用目的在輔助操作武器載具、目標或任務判別、降低戰場迷霧等使用面向，藉此提升最佳戰略(術)能力，故擴增技術適合用於發揮聯合兵種協同所需資訊整合及戰力統合發揮。後續將聚焦探討其於軍事訓練可行性及效益分析，進而提出應用芻議。

圖二十四 智慧化擴增實境兵棋推演系統示意圖



資料來源：〈智慧製造與監控辨識展覽會〉，<https://www.monitech.com.tw/visitor/ProductDetail.asp?no=560>，(檢索日期：2020年3月13日)。

擴增技術應用於軍事訓練之芻議

一、軍事訓練用途適用性

綜觀整體作戰體系由上而下概區分戰略、戰術、戰鬥及戰技(具)階層，^{36,37}其中上層的戰略及作戰階層依其指揮層級之不同，負責指導及佈局，規劃願景及執行的構想，並藉佈局創造最有利的環境及成功勝算，即所謂「創機造勢」。而其構想與指導仍需靠中層的「術」與下

³⁵ 〈智慧製造與監控辨識展覽會〉，<https://www.monitech.com.tw/visitor/ProductDetail.asp?no=560>，(檢索日期：2020年3月13日)。

³⁶ 陸軍總司令部，〈第五篇 作戰一般運用 五〇〇五 用兵之一慣性〉，《陸軍作戰要綱》(桃園：陸軍總司令部，1999年1月1日)，頁5-2。

³⁷ 劉湘濱，《戰略學》(台灣：允晨文化出版社，2015年11月1日)。

層的「鬥」與「技(含戰具運用)」去達成或執行目標。³⁸

故不同軍事之層級，有不同之應用需求模式。高層級的「戰略階層」偏向運用沙盤(兵棋)系統之準確敵情掌握、戰略決策下達，乃至整體(或分區)戰力驗證等「決策面向」；中層級「戰術階層」偏向驗證戰術運用與戰鬥協同管制的「協同管制面向」；「戰鬥、戰技(具)階層」偏向任務與目標之「執行面向」。

各級階層適用擴增技術平台列表如

表三，其中因應各階層實際所需，列出各階層適用的平台、取代傳統之設備等。

表三 各軍事層級適用擴增技術應用平台列表

區分	軍事階層區分		
	戰鬥、戰技(具)階層	戰術階層	戰略階層
適用系統	擴增技術平台	訓練管制平台	兵棋沙盤平台
實際設備	可攜式裝備 (頭戴式顯示器、平板、 小型顯示器、感官回饋硬體)	可攜式裝備 訓練管制系統 (投影設備、 訓練評估系統)	可攜式裝備 訓練管制系統 兵棋沙盤系統 (投影設備、兵棋系統、 訓練規劃系統)
取代性	指揮工具(指北針、 各比例尺地圖、 指揮工具、 戰鬥手板..等)	指揮工具 指管系統(信文傳遞及處 理、兵棋台..等)	指揮工具 現用指管平台 現用共同圖像系統 (指管、情資系統)
	1.取代傳統繁瑣表簿(冊)及掛表。 2.整合大量指揮工具及硬體，減輕攜行量，增加機動性。 3.指揮管制容易，訓練目標集中。		
特色	訓練系統於戰時轉換為指管系統，達「戰訓合一」效果。		

資料來源：作者整理。

擴增技術的建置須由點至面、由淺至深，以實際戰場景況為立足點，構建虛擬或運用擴增技術創建的虛擬場景，讓訓練結合實況，這點利於平、戰時轉換，方可達到「平戰合一」效果。

二、訓練導入擴增技術之效益

擴增技術能將虛擬與真實世界結合或將使用者直接導入一個虛擬的世界中結合，給使用者帶來沉浸感，能有效地吸引使用者之注意力，並且可低成本、低風險、高頻次、多複雜環境及不同敵情條件下之應用於互動訓練及學習。

並能輕鬆將學習經驗透過錄影等方式分享，讓官兵訓練經驗互相連結，使其深刻體驗，更能無須透過語言、準則或教範這種被動式的教學，進而構建一種更有效的經驗溝通方式。

³⁸ 孫銘鴻，〈運用虛擬(擴增)實境科技提升機步部隊訓練部隊訓練成效之研究〉，《步兵季刊》(高雄)，第 269 期，陸軍步兵訓練指揮部，2018 年 8 月 3 日，頁 10~11。

就成本效益而言，導入擴增技術後，初步可減少裝備因訓練耗損、降低後勤維保消耗，並取代消耗性的表簿(冊)及掛表等有形成本。更進一步，能高頻次高價載具武器訓練，並能減少訓練人裝損傷危安風險，降低訓場使用頻次，以減少場地維護成本...等等不易勘估之無形成本。故總體長期而言，導入擴增技術是具價值且經濟的做法之一。

實際運用在作戰、情報、後勤等不同的面向，各有其可運用及發揮的部分，如表四「擴增技術與軍事面向應用與效益之分析」。用於訓練主要能「提升環境適應」、「協同情資共享」、「異地組合訓練」、「減少訓練風險」、「降低戰場迷霧」及「擷節國防開支」等效應。綜上，這將會是先進國家軍事戰略技術發展的趨勢。

表四 擴增技術與軍事面向應用與效益之分析

區分	軍事階層區分		
	戰鬥、戰技階層	戰術階層	戰略階層
作戰訓練 面向	單兵戰技及熟裝訓練 多環境適應訓練 戰鬥(裝備)組合訓練	人(裝)組合訓練 戰術圖像指令(命令) 部隊部署調度及運用 戰術及戰鬥協同管制 複雜環境協同作戰	圖像指管沙盤 圖像化即時情資 偵查及徵候驗證 即時掌控作戰景況
情報應用 面向	共享圖像化情資 徵候、偵查點(區)驗證 輔助敵我識別	共享圖像化情資 多敵情作戰驗證 敵(情)可能行動研判	圖像化即時情資 精準敵情研判
後勤訓練 面向	驗證後勤作業 減低訓練用彈藥需求 單平台複式模擬武器裝備 後勤勤務組合訓練	作戰勤務支援驗證 降低訓練危安 整合武裝參數 後勤設施運用驗證 補給運輸參數驗證	整體後勤驗證 後勤能量掌控
效益 面向	提升環境適應 維持戰鬥能力 協同作戰訓練 協同情資共享 異地組合訓練 減少訓練風險 縮短戰場判斷	驗證戰術運用 戰鬥協同管制 即時戰場情資 複雜環境驗證 協同作戰訓練 準確敵情研判 增進後勤效益	準確敵情掌握 支援戰略決策 降低戰場迷霧 分區戰力驗證 支援效益後勤 擷節國防開支

資料來源：作者整理。

三、擴增技術現行室礙

擴增技術的確能為使用者帶來沉浸感，但大多以聲光效果或顯示資訊。若無特殊硬體輔助，將無法提供如移動、觸覺、重量..等等感官的刺激，這是長期以來待整合及突破的室礙。

論及實戰場景，該實境系統需要大量的情報傳遞及指揮管制資訊流，須搭配分散運算概念、無線資傳技術或戰術(區域)數位資訊鏈路、衛星之定位及通信之支援，另通訊加密及抗干擾的需求，對當前既有資傳(通信)技術而言，是肩負挑戰且不易完備的。此外，裝備或設

備需要相對兼顧無線化、堅固化及輕量化...等，都是待解決的問題。

隨著科技的進步及技術的更新，新的感測器、傳輸、定位設備、自動駕駛、目標識別、人工智慧技術發展，相信這些問題將會在未來出現替代方案或逐漸被克服。

四、擴增技術於軍事開發運用芻議

擴增技術整體系統規劃牽涉甚多技術交互而複雜，更何況軍事訓練具特殊性，其建案易受政策面及經濟預算等限制。故此，後續僅以技術觀點切入擴增技術融入軍事訓練需注意重點及建置進程。

在設計系統時，「整體規劃」應由上而下，妥適整體系統規劃，重視資傳安全及複式配置。而在「系統實體建置」應由點至面、由淺至深的概念建置，以下區分「虛擬場景」等四面向概述：

(一)虛擬場景

虛擬場景之建置，盡可能以實際戰場景況為立足點，針對作戰所需場景先期以局部或小範圍構建，逐步結合成區域或整體場景，建置時盡可能以擬真為重點。後續輔以各種複雜環境，如天候、地形及不同敵情條件，進而結合真實環境景象，逐步構建符合實需之場景資料庫。

選用可跨平台之實境套件或軟體引擎，提升後續整體整合能力及開發性。

(二)硬體(設施)

針對固定設施之建置應採統一規格、模組化方向研製，甚至可運用民間既有設備或技術加以整合應用，以減少研製及後續維修保養窒礙；攜帶式裝備需考量可替換、輕量、長效及堅固性，並擷取使用者體驗以滾動修正改善，便於訓用結合目標。

(三)機電(資傳)整合

通信資傳介面需相容現有通資設備介面，便於介接戰術(區域)數位資訊鏈路或有、無線資傳等既有系統，並採複式配置。另可導入分算式運算與資料庫技術，以分散並減少系統中樞之運算負荷。

(四)資訊權限與加密

整體資訊流設置讀取權限，讓所見即該見，避免過多資訊混淆訓練目的，例如：學員只能看到自己的訓練項目及課程，而非其他學員的訓練項目，而教官則有較大的授權。

而資訊流不論無線或有線傳輸均應予以適當加密作為，如資料流加密、跳頻、身份認證等保密作為。

結論

擴增技術結合訓練是先進國家軍事戰略技術發展的趨勢，對訓練而言，有著低成本、低風險、易轉換或新增訓練項目、訓練危安低風險、無天候因素影響、高效率及高效益的優勢

...等。

《陸軍作戰要綱》第一篇第一章一〇〇二條：「高科技武器影響戰爭勝負」，間接表達科技對戰爭之影響。擴增技術終歸是一種技術，用之於軍事，應以軍事運用之需求為目標，並考量戰爭實需、訓練實務需求，取其技術優點與效益著眼應用。

但就全般導入訓練應用而言，以現今技術並無法達到完善或整體系統一蹴而就。不該放棄或將其拒於門外。目前該面對的命題，不是「做與不做？」，而是進一步到達「該如何逐步實施？」。應有整體規劃佈局的思維，分階段部署建置，分批次構建，逐步完善及改進；對缺點實施改進及補強，逐步踏實與實踐。

善用科技技術於軍事，可為我國軍事訓練、技術、戰略與戰術等，注入求新求變之思維，結合國防自主理念，使科技與國防軍事茁壯併進，致自主、永續、質精、戰力強的國防戰力。

參考文獻

- 一、謝旻儕、黃凱揚，《AR 擴增實境好好玩》(台灣：松崗，2019 年 8 月 23 日)。
- 二、陳昱廷，《從做中學 C#遊戲程式設計》(臺灣：上奇科技出版事業處，2006 年 7 月 20 日)。
- 三、徐明亮、盧紅星、王琬，《OpenGL 遊戲編程》(中國：機械工業出版社，2008 年 1 月 1 日)。
- 四、劉湘濱，《戰略學》(台灣：允晨文化出版社，2015 年 11 月 1 日)。
- 五、陸軍總司令部，《陸軍作戰要綱》(桃園：陸軍總司令部，1999 年 1 月 1 日)。
- 六、林俊安，〈美國陸軍「戰神」擴增實境沙盤(ARES)發展及對我教育訓練運用之探討〉，《陸軍學術雙月刊》(台灣)，第 55 卷第 567 期，國防部陸軍司令部，2019 年 10 月。
- 七、孫銘鴻，〈運用虛擬 (擴增)實境科技提升機步部隊訓練部隊訓練成效之研究〉，《步兵季刊》(高雄)，第 269 期，陸軍步兵訓練指揮部，2018 年 8 月 3 日。
- 八、游坤明等人，〈使用 QR Code 於電腦上的擴增實境之應用系統〉，《2010 International Conference on Advanced Information Technologies (AIT)》(台灣)，2010 年 6 月 4 日。
- 九、王建通，〈Design and Implementation of Augmented Reality System Collaborating with QR Code〉，國立成功大學工程科學系碩士在職專班學位論文，2010 年月 18 日。
- 十、歐尼克斯實境互動工作室，〈實境互動現況與趨勢_何謂XR(eXtended Reality)〉，<http://omnixri.blogspot.com/2017/11/xrextended-reality.html>，(檢索日期：2020年5月26日)。
- 十一、微軟，〈DirectX 程式設計的基礎〉，《Windows 開發人員中心》，<https://docs.microsoft.com/zh-tw/windows/uwp/gaming/directx-fundamentals>，2017/02 /08，(檢索日期：2019年12月21日)。
- 十二、Ronald T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality(Canada)," In Presence: Teleoperators

and Virtual Environments, Vol.6, No.4, 1997.

- 十三、Gochfeld, David & Brenner, Corinne & Layng, Kris & Herscher, Sebastian & DeFanti, Connor & Gospodarek, Marta & Shinn, David & Riggs, Stephanie & Fernández-Vara, Clara & Perlin, Ken, “Holojam in Wonderland : Immersive Mixed Reality Theater(USA),” Leonardo Vol.51, 2018.
- 十四、Paul Milgram, Haruo Takemura, Akira Utsumi, Fumio Kishino, “Augmented reality: A class of display on the reality-virtuality continuum(Japan),” Telemanipulator and Telepresence Technologies, SPIE Vol. 2351, 1994.
- 十五、Wang Jian-tung, Shyi Chia-Nian, Hou T.-W., Fong C. P., “Design and Implementation of Augmented Reality System Collaborating with QR Code,” 2010 International Computer Symposium (ICS2010), 2010.
- 十六、H. Papagiannis, “Wonder Turner” and “The Amazing Cinemagician” augmented reality and mixed reality art installations,” 2010 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality-Arts, Media, and Humanities, Seoul, 2010.
- 十七、Bimber, O. and Raskar, R., “Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds(USA),” A. K. Peters, Ltd., Wellesley, MA, Chap.1, 2005.
- 十八、Dave Shreiner, Graham Sellers, John Kessenich, Bill Licea-Kane, “The Khronos OpenGL ARB Working Group Eighth Edition, OpenGL Programming Guide,” USA, 2013.
- 十九、René ter Haar, “Virtual Reality in the Military: Present and Future,” Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science University of Twente, the Netherlands, 2005.
- 二十、Sri Lanka, “Usage of Mixed Reality for Military Simulations(India),” IEEE International Conference on Current Trends toward Converging Technologies, 2018.
- 二十一、S. Henderson and S. Feiner, “Exploring the Benefits of Augmented Reality Documentation for Maintenance and Repair,” in IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol.17, No.10, 2011.
- 二十二、F. Wientapper, H. Wuest and A. Kuijper, “Reconstruction and Accurate Alignment of Feature Maps for Augmented Reality(Hangzhou),” 2011 International Conference on 3D Imaging, Modeling, Processing, Visualization and Transmission, 2011.
- 二十三、Indika Wijesooriya, Damith Wijewardana, Tharindu De Silva, Chandana Gamage, Malith Jayaweera, “Demo Abstract: Enhanced Real-Time Machine Inspection with Mobile Augmented Reality for Maintenance and Repair,” IEEE/ACM Second International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation, 2017.
- 二十四、W. Piekarski, B. Gunther and B. Thomas, “Integrating virtual and augmented realities in

an outdoor application(USA),” Proceedings 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR'99), San Francisco, CA, 1999.

二十五、Nilsen, T., and Looser, J., “Tankwar-Tabletop war gaming in augmented reality,” In Proceedings of 2nd International Workshop on Pervasive Gaming Applications, 2005.

二十六、Julian Abich, Morgan Eudy, Jennifer Murphy, Christopher Garneau, Yasmina Raby, and Charles Amburn,” Use of the Augmented REality Sandtable (ARES) to Enhance Army CBRN Training,” HCI International 2018-Posters' Extended Abstracts, 2018.

二十七、Charles R Amburn, Nathan L Vey, Michael W Boyce, and MAJ Jerry R Mize, “The Augmented REality Sandtable (ARES),” US Army Research Laboratory, ARL-SR-0340, 2015.

二十八、STEAM, “America's Army: Proving Grounds,” https://store.steampowered.com/app/203290/Americas_Army_Proving_Grounds/, (2019/11/29).

二十九、OpenStreetMap, “OpenStreetMap,” <https://www.openstreetmap.org/>, (2020/02/04).

三十、ARToolworks, “ARToolKit,” <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>, (2019/11/29).

三十一、bHaptics, “Experiences with TactSuit,” <https://www.bhaptics.com/tactsuit>, (2020/01/14).

三十二、Microsoft, “HoloLens 2,” <https://www.microsoft.com/en-us/hololens/apps>, (2020/02/04).

三十三、Pokémon Company, “Pokémon GO,” https://pokemongolive.com/zh_hant/, (2020/02/04).

三十四、Michael Romilly, “12 Best Augmented Reality SDKs,” Introducing the 2019 Kubernetes and CI/CD Trend Report, <https://dzone.com/articles/12-best-augmented-reality-sdks>, (2020/01/08).

三十五、Limpid Group, “Limpidarmor, 360° View through Armor,” <https://limpidarmor.com/>, (2020/03/13).

作者簡介

李蒼昱少校，指職軍官91年2梯、國防大學理工學院資訊工程所101年班、國防大學陸軍指揮參謀學院109年班。曾任副庫長、分庫長、通補官。現任陸軍通信電子器材基地勤務廠科長。

李建鵬中校，中正理工學院電機系87年班、國防管理學院指參班101年班。曾任電子官、修護組長、通參官、資參官、電戰官、教官。現任國防大學教官。