

發展虛擬實境維修訓練課程之精進研究

作者／黃彥翔、張漢賓

提要

- 一、本精進研究整合虛擬實境與多點觸控互動技術，結合故障植入設計，精進虛擬實境數位教材之設計流程與呈現方式。
- 二、改善虛擬實境維修訓練課程呈現方式，以多樣的訓練課程選擇與分類，提供教官與使用者更加明確的訓練主軸。
- 三、整合後勤補保資訊，建立伺服器端的後勤資訊資料庫，可與虛擬實境維修訓練系統相連結。
- 四、提出練習模式操作的演算法與半自動化攝影機控制功能，改善系統操作難度過高問題，並改善人機操作介面，降低使用者操作門檻。
- 五、改善圖形化介面設計方法，提高虛擬實境維修訓練課程開發效率，並提供更良好的視覺效果。

關鍵詞：虛擬實境、數位學習、互動式教學、電腦輔助訓練。

前言

以虛擬實境(Virtual Reality, VR)技術輔佐人員訓練的教學體系，在各種產業界蓬勃發展，醫學方面，Isabelle Killane¹等人為帕金森氏症患者，結合醫療器材與身體感測，開發虛擬實境醫療系統。學界方面，Peberltli Nils Alho Barata²等人也專門為鮮少有機會實地操作電力機台的學生發展虛擬實境學習平台，彌補產界與學界的實機操作經驗差距。軍事方面，2015 年的台北國際航太暨國防工業展中展出：步槍射擊模擬系統、機動載具武器模擬系統、戰鬥機訓練模擬器，以及結合虛擬實境及身體感測的人員聯合攻堅訓練等，不難體會此種教學體系已逐漸被各方信任且具有成效。

本研究承接過往研究目的³，以後勤補保與人員訓練的角度發展以虛擬實境

¹ Isabelle Killane, Conor Fearon, Louise Newman, Conor McDonnell, Saskia M. Waechter, Kristian Sons, Timothy Lynch, and Richard B Reilly, "Dual Motor-Cognitive Virtual Reality Training Impacts Dual-Task Performance in Freezing of Gait", IEEE JOURNAL OF BIOMEDICAL AND HEALTH INFIRMATICS, Vol. 19, No. 6, NOV.2015, pp. 1855~1861.

² Peberltli Nils Alho Barata, Manoel Ribeiro Filho, and Marcus V. Alves Nunes, "Consolidating Learning in Power System: Virtual Reality Applied to the Study of the Operation of Power Transformers" IEEE Transactions on Education, Vol. 58, No. 4, Nov.2015, pp255~261.

³ 黃彥翔，〈電腦輔助訓練維修課程之故障排除功能實務研究〉《陸軍通資半年刊》，第 121 期，民國 103 年 4 月，頁 67-79。

互動技術為基礎的維修訓練課程。利用 Autodesk 公司之軟體：Maya 製作課程所需的裝備三維(Three Dimension, 3D)立體模型及虛擬實境場景，再進行虛擬實境互動功能的開發與測試，並依照技術手冊建立訓練課程的裝備維修程序，結合故障植入設計，最終發布虛擬實境維修訓練的數位教材。

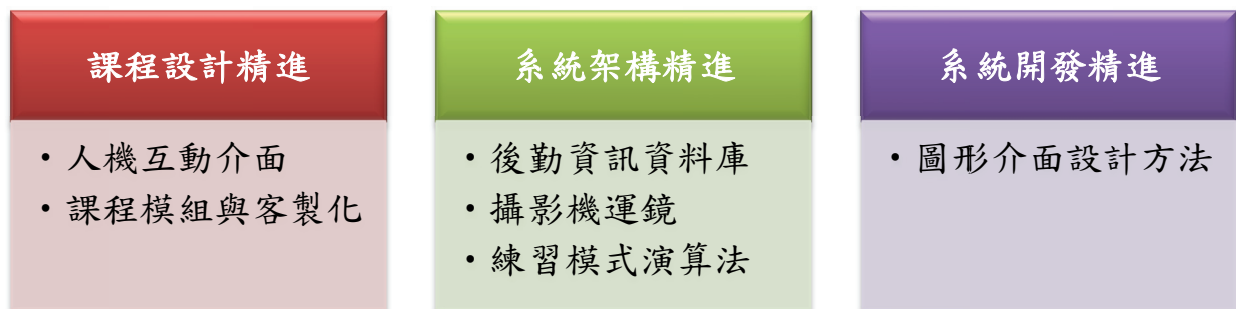
黃彥翔的論文⁴中已提出許多以 VR 技術實作電腦輔助教學(Computer Based Training, CBT)系統時所需要的技術與設計概念，例如：CBT 系統所應包含三種模式：供教官與初學者所使用的教學模式；讓對裝備已有基本認識的學員進行自主練習的練習模式；以及提供測試學員對裝備維修程序熟悉度的測驗模式。但在功能性的表現上仍有進步的空間，例如：系統操作的不便性、後勤資料呈現不足以及人機介面設計效率不良等，都列為本研究之改善精進項目。

對此我們將對其中的 CBT 練習模式提出精進作為，於第一節精進研究項目中探討 CBT 練習模式的各項精進議題，並將之分類為課程設計精進、系統架構精進及系統開發精進三種項目，並於第二節呈現各項精進成果。

精進研究項目

本研究採用 Unity Technologies 公司的遊戲引擎：Unity⁵做為開發虛擬實境互動功能及系統之平台，並對 CBT 課程中的練習模式進行精進研究，項目分成三大類別：課程設計精進、程式架構精進及系統開發精進。各類別中的精進項目如圖一。

圖一 CBT 教學模式精進項目



資料來源：本研究整理

一、課程精進項目

(一)人機操作介面

固有 CBT 課程中是以鍵盤及滑鼠為主要操作方式，其中練習模式的操作特色，是讓使用者可於虛擬實境中自在地控制物件與鏡頭的動作。但因訓練課

⁴ 黃彥翔，〈虛擬維修訓練之故障植入設計研究〉《新新季刊》，第 42 卷第 2 期，民國 103 年 4 月，頁 222-224。

⁵ Unity Technologies, <http://unity3d.com>, 2015/11/20.

程的操作複雜度十分繁複，動作包含有：X 軸移動、Y 軸移動、Z 軸移動、X 軸旋轉、Y 軸旋轉。以鍵盤及滑鼠難以完成流暢操作，操作複雜度問題於練習模式中更加顯著。

為改善此問題，本研究以多點觸控方式為出發點，參考現階段智慧型裝置觸控模式，利用觸控手勢辨識降低使用者的操作複雜度，同時亦考慮系統執行的流暢性，採取適當的半自動化措施以求達到提升操作流暢度精進目標。

(二) 課程模組化與客製化

本研究依舊將裝備每日開機保養的概念納入練習模式中。但在課程呈現上，不再採用如前系統將多項裝備之維修訓練的模擬同時實作於單一課程的方案，例如：飛彈發射車上裝載著通信系統、發電機系統及配電系統。前系統之作法是將三種系統之維修訓練都實作於單一課程中，這種呈現手法將使訓練課程變的複雜、課程主旨模糊不明確，甚至產生開發時程可能延宕的問題。

本研究改採為依照裝備操作的關聯性進行分類，分別為各裝備設計專有課程，互無關聯的裝備操作與訓練模擬將不再集合於單一課程中，而是提供多樣的課程選單，可供教官根據學員需求選擇適當課程內容。此作為能使課程主題更加明確，系統使用者也能更集中注意力在課程內容。開發團隊也能根據明確的系統需求，進一步設計更精緻且客製化的訓練課程，使訓練課程內容更加貼近使用者所好。

二、系統架構精進

為了提升開發效率及因應新系統功能之添加，本研究將 CBT 練習模式架構做部分整合以及重新增修，其 CBT 系統練習模式現有架構改為如圖二，並針對變動幅度較大的模組如：後勤資訊資料庫、互動演算法等進行介紹。

圖一 CBT 練習模式系統架構



資料來源：本研究整理

(一) 後勤資訊資料庫

在執行訓練課程時，系統使用者可在訓練課程中看見並操作任何裝備，但裝備的細部資訊卻未呈現，如使用者未搭配手冊或是電子技令，當虛擬實境維修訓練課程涉及多項裝備時，可能造成使用者無法及時理解課程中所呈現的物件究竟為何種裝備之狀況。

因此，本研究嘗試整合後勤資訊，例如：該裝備的中文標準品名、料號及件號等資訊，增添至該裝備的基本屬性之中。使用者能藉由特定的觸控手勢，瀏覽指定裝備的相關後勤資訊，後勤資訊如表一範例。藉由 SQL 資料庫，將後勤資料庫建立於伺服器，可同時提供多個客戶端使用，在發布課程時也不需考慮用戶端檔案管理權限或檔案路徑的問題，可方便管理及維護資訊版本。

表一 後勤資訊資料庫範例

資料庫欄位	欄位資訊
中文標準品名	繼電器模組
統一料號	5945YET086949
件號	RB-2-3G
修復來源碼(SMR Code)	PAODD

資料來源：本研究整理

(二) 攝影機運鏡

根據鄭彥博的論文⁶，此子系統負責執行所有攝影機的運鏡形式，可控制包含：速度、角度及視野(Field of View)等攝影機數值，搭配觸控手勢辨識，可衍伸出各種運鏡技巧；也可配合練習模式演算法，切換各種運鏡及轉場效果，練習模式演算法之說明將於下一節提出。搭配的攝影機運鏡之基本技巧如表二，所有的運鏡形式不脫離下列 5 項，在課程設計時經常是組合使用。

表二 攝影機運鏡方式列表

運鏡方式	中文描述
CUT	攝影機固定時所獲取畫面
PAN	水平或垂直攝影之畫面
DOLLY	攝影機拉近或遠離目標物
ARC	曲線運動攝影之畫面
ZOOM	放大或縮小之畫面

資料來源：本研究整理

⁶ 鄭彥博，〈虛擬維修課程之攝影機控制與動作設計〉，International Conference on Safety & Security Management and Engineering Technology，2013 年，頁 300-304。

(三) 練習模式演算法

此演算法是為改善攝影機運鏡及人機互動介面而提出的改良方案，即為前述章節中所提的半自動化控制機制。在固有訓練課程的練習模式中，攝影機運鏡的控制是完全交由系統使用者去操作。如同上節所述，複雜的操作維度使得鏡頭控制門檻相當高，即使將操作介面更換為觸控螢幕，並搭配觸控手勢辨識，此問題依舊還有改善空間。

上述提出之練習模式課程設計方法，需要使訓練課程之重點集中在特定裝備，因此開發者需進一步地將攝影鏡頭集中在課程所需操作的裝備上，再透過半自動化攝影機控制機制，可讓練習模式的攝影機控制問題得以簡化。如此一來使用者無需再克服複雜的攝影機控制技巧，攝影機控制之議題將從使用者轉移至課程開發團隊上。配合攝影機運鏡與人機互動介面的精進，使得操作方式更加直覺便利。至此練習模式演算法的設計目標可統整以下三點：

1. 操作項目集中化：由於課程模組化，使用者只會明確地模擬操作某幾項裝備，且該裝備必須是該課程所需操作的重要互動裝備，其餘不屬於課程內容之裝備，此演算法將不給予系統使用者互動之可能。

2. 降低操作複雜度：由於已明確定出何項裝備為課程主要互動項目，本研究搭配攝影機運鏡中的 ARC 及 DOLLY 兩種方式，讓攝影機始終鎖定課程的互動裝備，並配合適當的參數設定，提升操作流暢度。

3. 建立半自動化機制：根據使用者互動情形，建立可半自動切換鏡頭 CUT 目標物，或是切換運鏡方式的機制，對練習課程的操作增添彈性。

(四) 故障植入、人機介面與物件行為描述

故障植入、人機介面與物件行為描述與黃彥翔的論文⁷相似。故障植入負責設定裝備是否妥善的參數設定；人機介面則是隸屬圖形化介面設計的領域，將會在下一節系統開發精進中介紹；而物件行為描述統合物件的所有行為描述，包括特定物件的聲光回饋描述，例如：火箭發射音效、燈號顯示等。

本研究也重新定義裝備的行為模式為「操作行為」與「保修行為」兩類。「操作行為」是泛指對物件進行位移、旋轉以外的行為，例如：使用者對顯示器之內容的互動行為；而「保修行為」則是定義對物件進行拆換的物理性行為。

三、系統開發精進

此分項主要是為改善圖形化介面 (Graphic User Interface, GUI) 設計，由於原有訓練課程的 GUI 設計方法繁複且效率甚差，系統所呈現的 GUI 動態效果也

⁷ 同註 1。

大受限制，開發實屬不易。此次改採用業界開發者推薦的非官方 GUI 設計套件：Daikon Forge GUI Library (DF-GUI)⁸，此套件提供開發者在短時間內建立精緻的圖形化介面。

精進研究成果

本次研究以 42 吋觸控螢幕搭配 Windows 7 作業系統為載台，實機如圖三，並以飛彈發射車之飛彈發射功能確認之訓練操作為展示課程。

圖二 CBT 系統載台



資料來源：本研究整理

人機操作方式也大幅更動，設計來源是參照智慧型裝置的操作模式並稍加修改，此次 CBT 系統操作方面則可參照表三。

表三 輸入模式說明

輸入模式	說明
平移(Drag)	控制鏡頭，移動方式為 ARC
點擊(Single Tap)	點選物件、點選 GUI
長按(Long Press)	對物件長按，開啟該物件之後勤資訊
開合(Pinch & Spread)	控制鏡頭，移動方式為 DOLLY

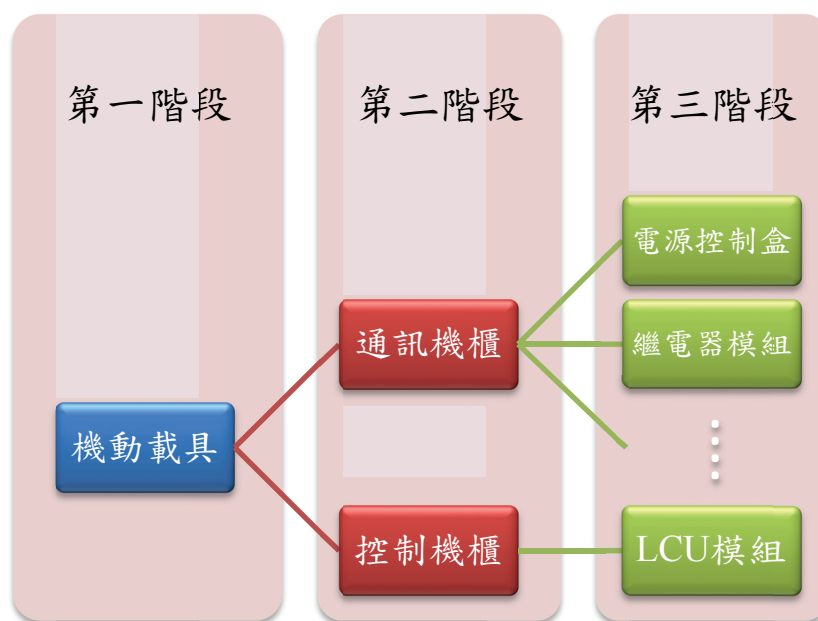
資料來源：本研究整理

⁸ Daikon Forge GUI Library, <http://daikonforge.com/dfgui>, 2015/11/20.

課程展示方面，當虛擬實境維修訓練課程執行之初，系統將自動隨機植入一項未知的故障原因，而使用者之目標則是藉此訓練課程，藉由每日開機保養的自我訓練中，發現失效模式並排除任何可能失效原因，使裝備恢復正常狀態。

訓練課程之流程則是參考有限狀態機⁹的機制呈現，將根據使用者輸入及現有狀態，判別下一階段應轉移至何種狀態，可根據內容複雜度將練習課程分為若干階段執行，並定義裝備應隸屬於何種階段之下。本案例則是將課程分為三階段，如圖四。階層與裝備為逐層展開的關係，階層愈深，使用者就將能看到愈底層的子系統模組；階層愈淺，使用者只能觀察裝備或載具等主要模組。

圖三 CBT 練習模式攝影機狀態切換示意圖



資料來源：本研究整理

課程的起始階段皆為第一階段，攝影機 CUT 之目標物定為飛彈發射機動載具。如欲進入第二階段，則只需選擇屬於第二階段的目標物，攝影機將自動執行事先定義的運鏡模式移動至指定位置，並將互動階段變更為第二階段，並保持著 ARC 與 DOLLY 的運鏡手法。同理欲進入第三階段，也是以同樣方式進行狀態與目標物的切換。唯一的限制則是當使用者欲切換的目標物屬於同一階段時，則必須先返回至上一階段，再進行目標物切換行為，目標物切換的路徑可視為圖四中各裝備的連結 (Links)。

練習模式演算法與攝影機運鏡的關係密不可分，演算法是為了有效率且能半自動化切換攝影機運鏡而生的項目；攝影機運鏡也因為練習模式演算法，克服了在 CBT 練習模式使用者操作難度甚高的問題。

⁹ 《維基百科》，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/有限狀態機>，2015 年 12 月 2 日。

使用者於訓練課程中亦可隨時利用觸控手勢辨識，檢視裝備的後勤資料。操作方式是將手指對準目標物進行長按，展示結果如圖五。展示內容則可視需求擴充或刪減。

圖四 後勤資訊示意圖



資料來源：本研究整理

結論

本研究對虛擬實境維修訓練課程精進提出三種改善方向：一是提升使用者體驗，從系統載台、人機操作介面到課程內容都進一步的改良；二是系統架構的重新定義，此次以使用者的角度定義系統功能，整合固有系統相似功能，並增加後勤資訊資料庫，使系統功能更添多元化；最後則是系統效能精進，提升 CBT 系統開發及運作效率，比較項目可參考表四。

本次精進研究在 GUI 開發流程中，大幅縮短開發時程並有更精良的視覺效果；在訓練課程表現上，因為練習模式演算法與攝影機運鏡的開發，以及改以多點觸控為操作平台，操作性也更精簡，且更加直覺。

表四 新舊系統比較

比較項目	舊系統	新系統
人機介面	鍵盤、滑鼠、螢幕	多點觸控螢幕
課程展示	各項裝備之訓練模擬集中於單一課程	各裝備之訓練模擬實作於各獨立課程，主題明確
後勤資訊	無	有(伺服器端)
練習模式演算法	無	有
運鏡控制	全交由使用者控制 操作難度高	開發者定義控制方式 操作難度高
GUI 設計	設計不具彈性 開發時程長	設計具彈性 開發時程短

資料來源：本研究整理

軍方之人員教育訓練可說是整備後勤最重要的項目之一，製作一份良好的訓練教材，可為教育訓練縮短教育時程，提高學習興趣且更進一步的提升教育訓練的效率。本研究所提出之虛擬實境維修訓練系統，有自信能提供更完善且精良的訓練課程給學習者及授課教官。

參考文獻

- 一、黃彥翔，〈電腦輔助訓練維修課程之故障排除功能實務研究〉《陸軍通資半年刊》，第 121 期，民國 103 年 4 月。
- 二、黃彥翔，〈虛擬維修訓練之故障植入設計研究〉《新新季刊》，第 42 卷第 2 期，民國 103 年 4 月。
- 三、Unity Technologies, <http://unity3d.com>, 2015/11/20。
- 四、鄭彥博，〈虛擬維修課程之攝影機控制與動作設計〉，International Conference on Safety & Security Management and Engineering Technology, 2013 年。
- 五、Isabelle killane, Conor Fearon, Louise Newman, Conor McDonnell, Saskia M. Waechter, Kristian Sons, Timothy Lynch, and Richard B. Reilly, “Dual Motor-Cognitive Virtual Reality Training Impacts Dual-Task Preformance in Freezing of Gait”, IEEE JOURNAL OF BIOMEDICAL AND HEALTH INFIRMATICS, Vol. 19, No. 6, NOV. 2015.
- 六、Pebertli Nils Alho Barata, Manoel Ribeiro Filho, and Marcus V. Alves Nunes, “Consolidating Learning in Power System: Virtual Reality Applied to the Study of the Operation of Power Transformers” IEEE Transactions on Education, Vol. 58, No. 4, Nov. 2015.
- 七、Daikon Forge GUI Library, <http://daikonforge.com/dfgui>, 2015/11/20。
- 八、Wagner, F., “Modeling Software with Finite State Machine:A Practical Approach,” (Auerbach Publications, 2006).