

擴增實境技術應用於偏鄉原住民國小學童教材之開發設計 -以彈簧遊戲為例

陳珍源¹ 劉傳璽² 李遠坤³

¹銘傳大學電子工程學系

²國立台灣師範大學機電科技學系

³銘傳大學資訊工程學系

Email: jychen@mail.mcu.edu.tw

摘要

本研究提出以 C++Builder XE2 軟體結合以視訊攝影機為基礎的擴增實境與影像處理技術，並融入遊戲式學習的概念，設計適合學習彈力的互動式科學遊戲，在擴增實境技術方面，利用影像擷取、虛擬物件載入、影像鏡射及影像偵測技術來區別前景與背景，以完成虛擬物件結合真實世界的場景；為了輔助使用者思考遊戲中的科學觀念；本研究改進了傳統紙本教育的知識單向傳遞，開發了重於互動且寓教於樂的數位多媒體科學教育遊戲。

關鍵字：擴增實境、影像處理技術、教育遊戲。

Abstract

This paper proposes the video camera-based augmented reality and image processing technology with the C++ Builder XE2 platform. The designed interactive stretch game incorporates the concepts of game-based learning with the augmented reality. In augmented reality technology, the image capture, virtual objects loading, mirror imaging and the image detection technology were used to distinguish the difference between the foreground and the background of video image, and then to complete the virtual objects embedded in real-world scenarios. Furthermore, in order to assist the users to study the scientific concepts in the designed game, this study emphasizes how to promote the learning interesting in classroom to achieve both entertaining and educational/informative.

Keywords: Augmented Reality, Image Processing Technology, Educational Games

1. 前言

市面上大部分數位遊戲採用滑鼠、鍵盤、搖桿等裝置操控虛擬角色動作，並模擬人類行為運動，但是滑鼠、鍵盤、搖桿並不能真實模擬出人類的動作，因此，能展現即時互動及虛擬物件呈現的擴增實境技術近年來越受矚目。擴增實境是一種將虛擬物件與真實世界結合的影像處理技術，利用電腦設

影與使用者產生互動[1][2][3]，讓使用者與現實環境中無法實際帶到現場、無法實際觸摸、或必須放大的物件即時互動，給使用者帶來一種思考上的驚喜，使用者可與自身的生活經驗互相連結，使得使用者的體驗分外深刻，溝通更為有效[4]；Azuma 對擴增實境下了個定義：(1)同一個界面空間結合虛擬和真實物件。(2)立即性的互動。(3)虛擬物件在真實的三維空間中與使用者互動[5]。許多擴增實境在教學上的應用，證明擴增實境是一種新型態的學習方式，研究學者認為模擬學習對學習有加分的效果，也都抱持著正向的態度[6][7]，並認為融入良好的互動模式或是遊戲性，可以增強學習過程的參與性與持續性，並強化學習效果。抽象的彈簧彈力觀念不易用紙本教學呈現，本研究的主要目的為結合以視訊為基礎的擴增實境與影像處理技術，並融入遊戲式學習的概念，設計一套可用於學習彈簧彈力觀念的互動式科學遊戲，讓使用者以輕鬆的方式去學習，透過遊戲的觀察與體驗，提升學習興趣及學習專注力。

2. 研究方法

本研究為了設計「擴增實境遊戲」結合「彈簧彈力觀念」，研究方法共分成兩個部份，第一個部份是擴增實境技術的部分，主要說明開發遊戲所應用的影像處理，例如：影像擷取、虛擬物件載入、互動技術、影像鏡射。第二個部份是遊戲腳本設計，將說明遊戲內容如何引入彈簧彈力的科學觀念，讓使用者可以藉著遊戲學習到彈簧彈力的科學觀念，並增加對於科學的興趣。系統架構圖如圖 1。



圖 1 系統架構圖

2.1 擴增實境技術

擴增實境的互動類別有兩種，一種是藉由圖樣或標籤識別的標記式擴增實境，另一種是以特定形

狀、顏色或區域識別的無標記式擴增實境，考量遊戲時使用者操作的簡便性，選擇無標記式擴增實境作為遊戲的互動方式，並以常見的視訊鏡頭作為影像擷取的工具，最後遊戲畫面可以呈現在液晶顯示器或投影至大布幕上。本擴增實境是將電腦產生的虛擬物件結合真實世界的場景，亦即將虛擬物件的圖片顯示在視訊鏡頭的擷取影像中，讓使用者從影像中看到虛擬物件，彷彿該物件存在於真實環境中。市面上的視訊攝影機大多為 YUV 格式，而 C++ Builder XE2 程式所載入的虛擬物件圖檔格式為 RGB 格式，為了讓影像傳輸速度加快，本研究統一採用 YUV 格式，因此必須將 RGB 格式轉換成 YUV 格式，其轉換公式如 (1) 式。

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.14713 & -0.28886 & 0.436 \\ 0.615 & -0.51498 & -0.10001 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

虛擬物件載入時，虛擬物件的背景影像也會一併載入，為了讓虛擬圖片更加真實及美觀，本研究事先將圖片的背景以純紅色 (255,0,0) 取代，並在虛擬物件載入時，判斷該物件顯示的顏色是否為純紅色，非純紅色的部分就會顯示於畫面，純紅色的部分則不顯示，因此除了圖片背景的純紅色外，其於圖片顏色都會顯示在影像中，達到圖片去背的效果。研究的互動技術採背景相減法，其原理是先建立一個固定的背景影像模型，再與背景模型建立後所擷取到影像進行相減，若差異值大於預設的臨界值，表示攝影機擷取的影像與背景模型有差異，其影像中可能有移動的物體存在；反之則表示此影像無變化。一般來說，視訊鏡頭連續擷取兩張相同的影像，影像像素值應該會是一模一樣的，但事實上，周遭的環境因素（光線變化、灰塵漂浮）很容易影響視訊鏡頭擷取的影像，因此本研究將取連續三十張影像的平均像素值作為背景影像模型，不僅減少雜訊的干擾，更有助於提高辨識的準確性，其背景影像模型的公式如 (2) 式。其中 k 代表影像的第 k 張數、 (i,j) 代表影像在第 (i,j) 坐標 RGB 的像素值，每張影像的像素值加總後平均，可得到我們所需的背景影像資訊模型。

$$\begin{aligned} R(i,j) &= \frac{1}{30} \sum_{k=1}^{k=30} R_k(i,j); G(i,j) = \\ & \frac{1}{30} \sum_{k=1}^{k=30} G_k(i,j); B(i,j) = \frac{1}{30} \sum_{k=1}^{k=30} B_k(i,j) \end{aligned} \quad (2)$$

為了提升背景相減法的辨識度，除了建立正確的背景影像模型外，判斷是否有變化的臨界值大小也是很重要一環。透過與背景影像模型相減，如果差異過大將其判斷為前景物件並對擷取的前景物件進行二值化的步驟，如 (3) 與 (4) 式，先將目前影像與背景影像模型進行相減，當像素值差異大小超過臨界值時為 1 代表有影像差異；反之為 0 代表無影像差異，其中 $BG(y)$ 、 $BG(u)$ 和 $BG(v)$ 是背景影像模型的 YUV 像素值， $In(y)$ 、 $In(u)$ 和 $In(v)$ 是目前影像的 YUV 像素值， D 表示相減後的差異像素值大小，是背景相減的二值化臨界值，表示目前影

像與背景影像模型差異的二值化情形。

$$D = |BG(y) - In(y)| + |BG(u) - In(u)| + |BG(v) - In(v)| \quad (3)$$

$$S = \begin{cases} 1, D > Td_1 \\ 0, D \leq Td_1 \end{cases} \quad (4)$$

臨界值較低時，容易有太多不必要的雜訊點，而臨界值太高時，一些細微的移動或物體本身會直接被忽略，因此臨界值的設定不宜過高或過低，才不會影響系統判斷差異的資訊。為了解決臨界值造成的判斷誤差，本研究將 640*480 大小的視訊影像，以 8*8 大小為一個單位，將影像分割切成 80*60 的區塊方塊，讓 640*480 大小的影像視窗切割成 64 個等大的區塊方塊。互動的呈現方式有很多種，例如改變虛擬物件的外觀、改變虛擬物件的位置、虛擬物件消失或顯示，在互動過程中亦可適時加入音效或音樂增添效果，而改變虛擬物件的外觀為本研究最常使用的程式撰寫技巧，改變虛擬物件的外觀是在影像相同的位置上，顯示另一張虛擬物件的圖片，而原本那張圖片則不顯示。本研究在開發擴增實境遊戲的過程中，視訊鏡頭的位置會面向使用者，所擷取的影像在螢幕中顯示時會與現實影像的方向左右相反，導致使用者無法直觀的進行操作，因此必須將顯示的影像進行鏡射處理。鏡射處理就如同照鏡子一般，所呈現的方向將與原始影像的方向相反。將影像進行鏡射處理，必須利用影像正中間的鏡射軸區分左右兩邊影像，再依序將左邊影像與右邊影像的記憶體位置互調，即可完成鏡射處理。鏡射方程式如(5)所示，其中 R,GB 為畫面的 RGB 值； i, j 為畫面的 X 座標與 Y 座標； $m=640-j$ 。

$$\begin{bmatrix} R_{ij} \\ G_{ij} \\ B_{ij} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{im} \\ G_{im} \\ B_{im} \end{bmatrix}; i = 0,1,2 \dots 480; j = 0,1,2 \dots 640 \quad (5)$$

若需將虛擬影像隨著方程式的軌跡移動，則必須先將我們所熟知的直角座標系轉換成視訊所使用的座標軸，其中最大的差異如圖 4 所示，因視訊的座標軸與熟知的直角座標軸不一樣，左上角為座標 (0,0) 右下角則為座標 (640,480)。故需將視訊座標軸轉為直角座標軸，並將方程式也跟著轉換如(6)式與(7)式，才能使虛擬影像以拋物線方程式軌跡順利移動，其中 X 為視訊座標軸之 X 座標；Y 為視訊座標軸之 Y 座標； X_1 為對應直角座標之 X 座標； Y_1 為對應直角座標之 Y 座標。

$$X = X_1 \quad (6)$$

$$Y = -(Y_1 - 480) \quad (7)$$

2.2 遊戲腳本

本研究根據教育部自然與生活科技課程大綱，瞭解彈力單元所要傳授的科學概念後，設計具有教育意涵的擴增實境遊戲，且需讓使用者能對遊

戲產生興趣，並學習到彈力觀念，故腳本是設計上很重要的一環，因此，如何營造遊戲的情境是本研究的一大重點。表 1 為本研究設計之遊戲所要傳授的科學概念。

表 1、科學概念

<p>使用者必須了解弓箭可射到蘋果的力量「大小」與彈簧「壓縮程度」的關係：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 彈簧壓量大(蓄力較多)會使弓箭發射的速度快。 2. 彈簧壓量小(蓄力較少)會使弓箭發射的速度慢。
--

本遊戲進行時包含 6 項物件，分別如圖 2 所示。其將會觸發相關物件或事件的進行，說明如下：彈簧：可根據使用者按壓的時間呈現不同的壓縮程度，壓縮得越深弓箭射出速度越快；壓縮得越淺弓箭射出速度越慢。計分：為剩餘蘋果數量，當剩餘 0 顆時即可過關。計時：為操作遊戲所花費的時間，時間將由 60 秒開始倒數，倒數至 0 且未將 4 顆蘋果擊落者，代表闖關失敗。觸發互動區(射擊)：使用者可透過觸碰射擊按鈕按壓彈簧，使彈簧有不同的壓縮程度，若將手移開按鈕範圍外，即發射弓箭。觸發互動區(方向)：方向鍵按鈕，可控制彈簧左右移動。目標物：為目標蘋果，此關共有 4 顆蘋果待使用者射擊。

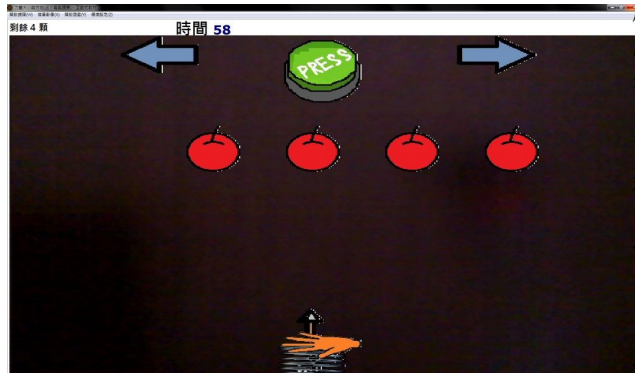


圖 2. 遊戲介面

在「射擊蘋果」遊戲中所賦予的科學概念為彈力的觀念，讓使用者可以從彈簧不同的壓縮的狀態，瞭解彈簧有蓄力的概念，遊戲中，使用者需使用彈簧發射弓箭，讓弓箭沿著 y 軸移動，彈簧的壓縮程度不同，弓箭飛行的速度也不同，利用虎克定律(8)式與牛頓第二運動定律(9)式可得到(10)式，可知彈簧壓縮的程度與 dx 與弓箭加速度 a 之關係，本論文中彈簧彈力系數 k 為 20；弓箭質量 m=10。弓箭射出後的運動為等加速度運動，加速度 g 為 10，故可獲得弓箭飛行的速度 V_y ，如(11)式；其中 V_0 為弓箭之初速度。

$$F = k \cdot dx \quad (8)$$

$$F = m \cdot a \quad (9)$$

$$a = \frac{k \cdot dx}{m} \quad (10)$$

$$V_y = V_0 - gt \quad (11)$$

3、研究成果

本研究利用擴增實境設計出具有科學意義的遊戲，並讓使用者提升對科學的學習興趣與科學的喜愛程度，因而設計遊戲的腳本，遊戲方式是使用者必須運用壓縮彈簧射中蘋果，使用者需瞭解彈簧的壓縮程度，會影響弓箭發射的速度。若順利完成擊中目標物，即可過關，因此必須在射擊時，嘗試不同的彈簧壓縮程度，方能順利擊中目標物，完成本研究所設計之互動式遊戲。故遊戲過關後，不但學習者已經領悟遊戲中所欲傳授的科學概念，且透過在遊戲中反覆思考，增加學習印象，以達到遊戲學習的目的。

4、結果與討論

本研究使用影像處理的技術，包括了擷取背景影像、虛擬物件載入、背景相減法、互動技術、影像鏡射等處理工作，進行遊戲式擴增實境的研究與開發，並依據研究內容所設計，透過互動式遊戲讓使用者學習彈力的科學觀念，以達到互動式教學遊戲的目的，因此本研究所開發出的擴增實境彈力遊戲能讓使用者透過視訊鏡頭與虛擬物件互動，學會利用「彈簧的壓縮程度，會影響弓箭發射速度快慢」的概念完成遊戲，達到習得彈力科學觀念之目的，放進了傳統紙本教育的知識單向傳遞，讓學習科學概念邁向多元化。

誌謝

感謝中華民國科技部 (NSC 102-2511-S-130-002-MY4) 對本研究之補助與支持。

參考文獻

- [1] K. Asai, H. Kobayashi, and T. Kondo, "Augmented instructions- a fusion of augmented reality and printed learning materials," 5th IEE international Conference on Advanced Learning Technologies, 2005.
- [2] B. E. Shelton, "Augmented Reality and Education Current Projects and the Potential for Classroom Learning," New Horizons for Learning, vol. 9, no. 1, 2002.
- [3] C. Kirner, E. R. Zorzal, and T. G. Kirner, "Case Studies on the Development of Games Using Augmented Reality," International Conference on Systems, Man and Cybernetics, vol. 1, pp. 61-64, 2006.
- [4] J. G. Hogle, "Considering Games as CognitiveTools: In Search of Effective "Edutainment". University of Georgia, Department of Instructional Technology," ERIC Clearinghouse, 1996.

- [5] R.T. Azuma, "A survey of augmented reality", Presence: Teleoperators and Virtual Environments, pp. 355-385, 1997.
- [6] M. Billinghurst, D. Belcher, A. Gupta, and K. Kiyokawa, "Communication Behaviors in Colocated Collaborative AR Interfaces," International Journal of Human-Computer Interaction, vol. 16, pp. 395-423, 2003.
- [7] T. Iwata, T. Yamabe, and T. Nakajima, "Augmented Reality Go: Extending Traditional Game Play with Interactive Self-Learning Support," Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications, vol. 1, pp. 105 -114, 2011.