

行政院國家科學委員會補助
大專學生研究計畫研究成果報告

* ***** *
* 計畫：針對 Android 行動平台所設計以互動式擴增實境為基 *
* 名稱：礎的數位學習系統 *
* ***** *

執行計畫學生： 楊佳霖
學生計畫編號： NSC 101-2815-C-009-040-E
研究期間： 101年07月01日至102年02月28日止，計8個月
指導教授： 方凱田

處理方式： 本計畫可公開查詢

執行單位： 國立交通大學電機工程學系（所）

中華民國 102年03月24日

目次

摘要	3
前言	3
文獻探討	6
甲. Android	
乙. 擴增實境	
丙. YCrCb	
架構與原理	8
甲. MPR 架構與概念	
乙. VOT 架構與概念	
數位學習系統之開發與應用	13
成果與討論	14
結論與展望	16
參考文獻	16

(一) 摘要

隨著手機平台的運算能力的提升，許多人爭先恐後的想要將各式各樣的技術移植到智慧型手機之上，擴增實境 (augmented reality, AR) 是一套具有相當希望能強化使用者體驗 (user experiences, UX) 的技術，擴增實境將虛擬資訊例如影片或是 3D 圖像套入以現實世界為基底的影像之中，這種虛擬與現實結合的技術，可以讓使用者感受到一種前所未有的體驗，而我們可以藉將現實生活以數位方式顯示並適度地套上可互動式擴增實境來強化使用者的體驗。

我們相信使用者體驗的提升在數位學習系統中相當重要，對於教育的成效有著極大的增益。目前多將擴增實境技術應用在商業與娛樂之上，較少人將其套用在教育領域之中，因此我們設法將 AR 的技術更完整的應用在智慧型手機(平板)之上，強化現有的 AR 技術，增加其互動性功能，以增加其未來在發展上的擴展性。本專題主要著重於設計手部的互動實現，因此擴增實境的實踐上，使用了 Qualcomm Vuforia[1]套件做為開發套件，應用膚色辨識加上基於速度的物體追蹤 (velocity-based object tracking, VOT) 的方式完成手部追蹤，以並實踐在 Android 行動平台之上，已完成互動式擴增實境為基礎的數位學習系統 (interactive augmented reality-enhanced learning system, IARL system)，希望能提升使用者的體驗來增進數位學習的成效。

(二) 前言 與 簡介

現今是一個資訊發展與探索相當蓬勃的時代，教育已不再被侷限在教室之中，死板板的教科書已儼然成為舊時代的工具，現在的學生們能自由的在網路上搜尋與吸收著各式各樣的知識，各式生動的電子教材正用著與過去截然不同的方式，設法以互動的方式帶給學生們深刻的體驗，數位學習對於教育成效所帶來的增益，已讓他成為了未來教育的新趨勢。

數位學習最早是為了提供沒辦法入學，或是時間無法配合的社會人士一種遠距的教學方式，然而因為當時的網路不夠普及與發達，數位學習型態多為錄影或

是光碟，此兩種方式，一來寄送不便，二來版本無法做及時的更新，都阻礙與限制了數位學習的發展。但隨著資訊與網路的發展與普及，網路成為了一個更有效率的媒體，早期數位學習所面臨的問題都已迎刃而解，這使數位學習得以快速成長，現今使用者可以透過網路，連接到數位學習提供者的網站或是伺服器，以線上或是下載的方式獲得第一手最新的內容，也能輕鬆的與提供者做交流，向其提出問題或是提供意見，讓使用者與教育者能有緊密的互動與交流，改善並增進教學的品質。

數位學習可以隨時、隨地學習的好處，打破了傳統教育的限制，使其不再被受限於教學的地點、上課的時間與尋找老師的困擾。數位學習還有最重要的一個特性，為傳統教育所不曾重視過的一塊，那便是”個人化”與”互動性”，藉由結合教育研究與資訊技術，數位學習可以針對每個人提供不同的教育方式，按照使用者的程度，安排不同難度的教學，或依照使用者的喜好來調整教材外觀，讓學習者的排斥感下降，好感度上升，並可以依學習者的特性來安排適當的互動性課程，讓學習者能再與教材的互動當中化學習者體驗，使其更加深刻地去體悟與記憶，這些都是數位學習的重要指標。

而近期，隨著行動裝置的運算能力大增，各式各樣的應用程式如同雨後春筍般出現，儘管受限於運算單元的限制，其程式複雜度大不如一般個人電腦上的軟體，但是其發展與普及速度之驚人，卻是大家有目共睹的，而讓其可以如此風靡的關鍵點，便是智慧型行動裝置擁有”攜帶方便性”與令人著迷的”使用者體驗”。攜帶的方便性是從以前就在追求的一項發展，但是智慧型行動裝置最引人入勝的，是它所帶給使用者前所未有的體驗，藉由觸控螢幕與內建的各项感應器，讓使用者能夠與程式互動，比起傳統的滑鼠與鍵盤，更加帶給人們親切的感覺，相信這是使得智慧型行動裝置成為了未來趨勢。在智慧型手機或是平板普及之前，數位學習系統大多應用於桌上型電腦或筆電之上，然而這些裝置的攜帶與互動性有限，在方便性與使用者體驗方面有所限制。但是如今行動平台的運算能力大增，

其軟體發展的限制也大幅下降，開始有不少教育者在其之上開發著各式數位學習系統，行動裝置上的數位學習系統已儼然成為了未來教育的一大重點。

在數位學習的潮流之中，我們注意到了一項正在興起了技術，具有相當大的潛力能強化數位學習，那便是”擴增實境”。擴增實境結合了現實影像與 3D 虛擬模型或是 2D 影片，再透過行動裝置或是桌上型電腦的螢幕顯示出來，如電影當中的動畫特效出現在眼前一般，比起純粹的虛裡實境，更讓人有與現實相結合的親切感。擴增實境的重點在於能辨識出 2D 的圖形，並判斷出圖形與攝影裝置的相對距離與傾角，隨後營造出從螢幕上 3D 物件是出現在圖片之上的感覺。擴增實境的特性，相當適合用在做 2D 書籍的輔助應用，或是設計互動式的教材，在商業之上，許多雜誌或是娛樂性書籍如汽車雜誌等，都正在設計出屬於自己的擴增實境應用，例如能辨識雜誌上的 2 維條碼或是圖片之後，在其之上出現汽車的 3D 模型等等，各式的商業與娛樂性的應用相繼推出，然而在教育之上的應用卻依舊不足。

在教育的層面上，過去的建築或是雕塑書籍，讀者都只能看著 2D 的照片去自行想像這些 3D 空間的物件，對於這類以 3 維空間為主的介紹，讀者能夠得到的體悟與理解相當有限，對於其內容的體悟也普遍的不足，這使得年紀較小或是相關能力較為不足的人難以從這類書籍上手，其書籍的排版與設計可能對於年級較小的孩子，相對的枯燥乏味，難以引起其學習的興趣，讓有些孩子錯失激發對於這些領域熱情的大好機會。如果可以在教材的編制當中，一併設計出配合的擴增實境應用，讓使用者能在 2D 的書籍上，看到實際的 3D 模型，使其對這類的 3D 物件能有更加深刻的印象與體悟，更期許能激發孩子的學習欲望，培養其熱情與潛能。在更一步，如果能加上與 3D 物件的互動性，那對於提升使用者興趣與學習成效更是有著飛躍性的提升，因為對於人來說，最有效的學習方式便是親自去接觸，親自接觸有助於增加學習樂趣，也會強化使用者的印象與體悟，以雕塑應用為例，如果可以讓雕塑之 3D 模型，隨使用者的動作旋轉，讓使用者因有

趣且可與其互動，而增加對其細節或是整體造型的更進一步研究，甚至是更多更複雜的互動方式，都可以讓數位學習成為能讓激發孩子學習與熱情的關鍵。

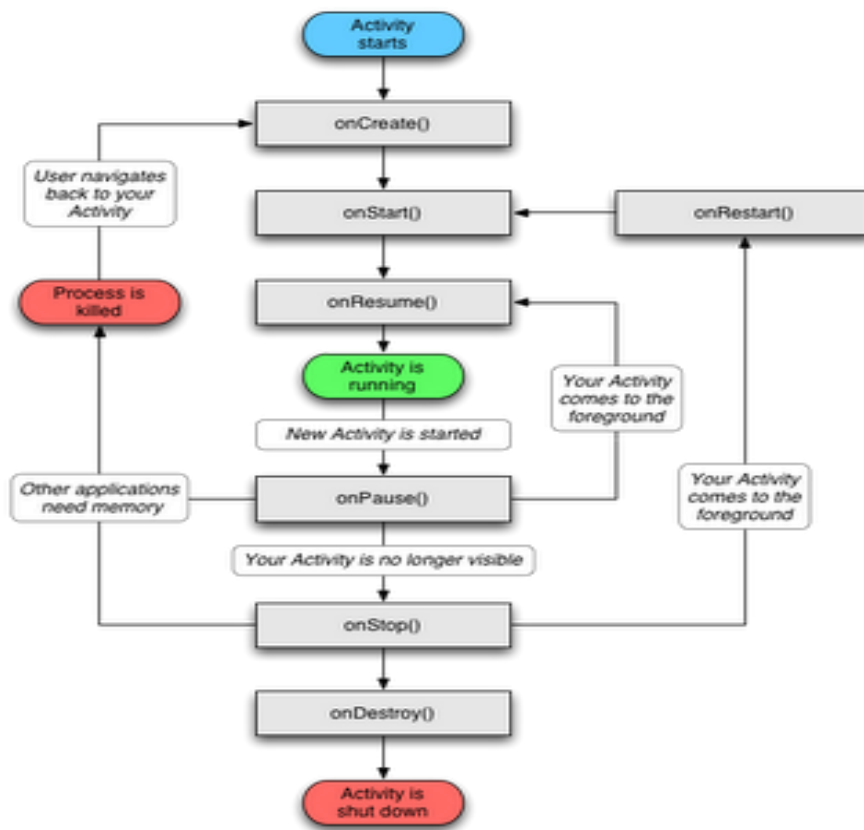
為此本專題所希望做出的，是以互動式擴增實境為基底的教育系統，擴增實境的互動將成為本專題最大的創新部分，當使用者藉由行動裝置上的攝影機捕捉到書本上的目標圖片時，在螢幕之上 IARL 系統將建構起相對應的 3D 物件，同時 IARL 系統的設計將允許使用者與 3D 物件進行互動以提升學習效率，例如藉由手部的移動來轉動 3D 模型。當能夠實現 IARL 系統在行動裝置上時，就代表已經建立起了以顏色為基礎，運算複雜度更低的追蹤方式，然而以顏色為基礎的追蹤方式相當容易因為背景當中出現了類似手部膚色的物件，而造成偵測錯誤或失敗，因此基於速度的物體追蹤 (velocity-based object tracking, VOT) 考慮了手部的移動速度，相當適合應用於強化手部膚色追蹤，而為了實踐 VOT 演算法，將會用此演算法偵測手部的移動，依移動的幅度對 MPR 所建起的 3D 模型做旋轉。IARL 系統的設計將在教育上開闢一條全新的道路，應用行動裝置將平面的圖片轉換成 3D 的擴增實境物件，並能與其互動，必然能比傳統教材更加的吸引讀者注意，增強學習的成效。

(三) 文獻探討

甲. Android [2][4][6][7]

最早是由 Andy Rubin 所創辦的，其主體是一種以 Linux 為基礎的 Open source 作業系統，隨後被 GOOGLE 所收購，與其他廠商一同做開發與改良。他的內核基於 Linux，而中介層與資料庫元則是用 C 語言編寫的 API 以及應用程式框架，Android 的應用程式通常以 Java 資料庫元為基礎編寫，運行程序時，應用程式的代碼會被即時轉變為 Dalvik dex-code (Dalvik Executable)，之後 Android 操作系統通過使用即時編譯的 Dalvik 虛擬機來將其運行。

雖然在表面上看來，Android 語法與 JAVA 極為相像，但是在程式結構上，這兩者卻有著極大的差異，Android 是在其特殊結構上使用 JAVA 的基本語法來做撰寫(JAVA 的某些語法無法直接應用在 Android 上)，在 Android 上一個 Android 應用程式由數個 Activity 組成，而每個 Activity 則有其各自的生命週期，概念類似 Finite-state machine (FSM)，下圖為 Activity 生命週期的示意圖[3]：



乙. 擴增實境[5]：

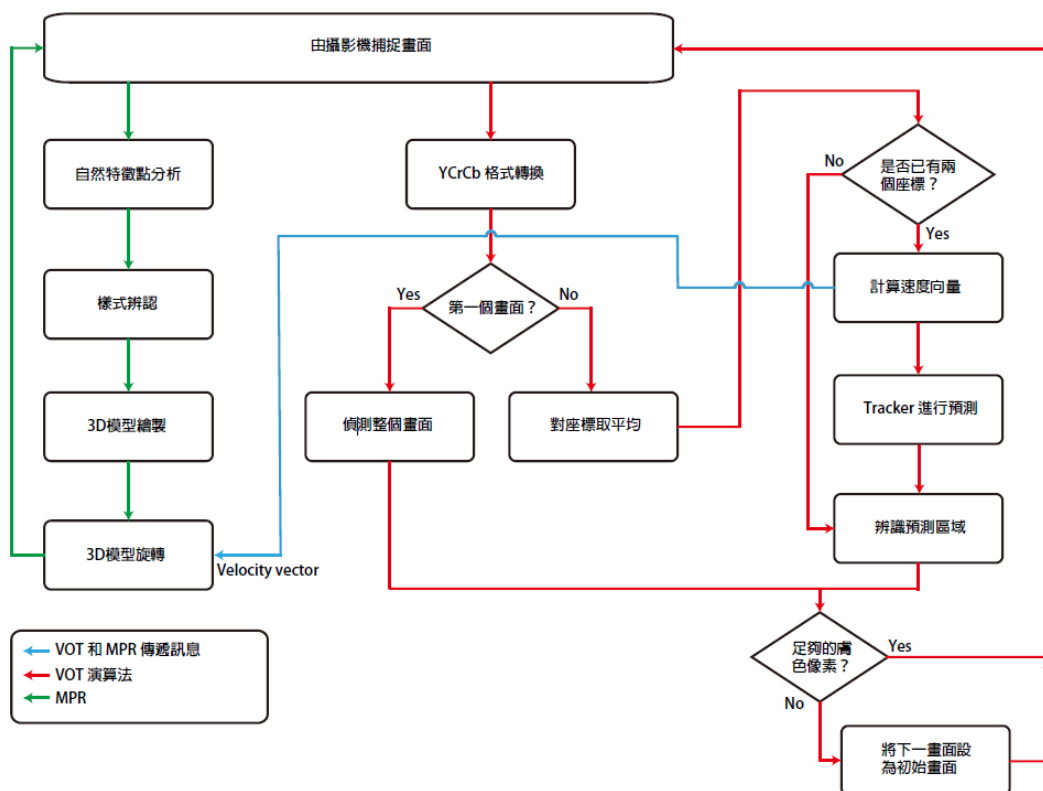
AR (augmented reality) 中譯為實境擴張或是擴張實境，是一種將現實的影像資料輸入電腦，在電腦裡經過資料的辨識後，之後混合新的元素，螢幕呈現出來的就是原本的現實世界加上辨識之後的動畫資料，再進階一點還可以和擴張的資料進行互動。AR 不需建出虛擬的場景，而是取用實際場景，只有在”人物”或”人機”互動時，才須建立出所需的物件，這樣一來 AR 的應用對於電腦在圖形處理的需求與負擔都較 VR 低，非常適合運用在網路

或者是手機上。

丙. YCrCb :

亦稱為 YUV 格式，YCrCb 是利用亮度和色彩分離的關係來做做影像分割，其組成分別為一個亮度元素 Y 以及兩個彩色元素 Cb 與 Cr，此種格式多用來描述數位影像訊號，與 RBG 格式相比，其所需空間與傳輸所需頻寬較少。在膚色的辨識應用當中，此中隔是相當成被應用，因為一般的圖像多使用 RGB 格式儲存，但由於 RBG 格式對於光線的變化相當敏感，對於膚色與非膚色的分析相當困難，容易造成分析之後，膚色點過於分散以至於難以辨識輪廓，因此在做膚色辨識之時，多會將 RGB 轉換為 YUV 格式，由於可以忽略代表亮度的 Y 成分，光線對於膚色的影響將大幅降低，便有機會獲得更好的分析結果。

(四) 架構與原理



上圖為整個互動式 AR 數位學習系統的流程圖，在此系統之中分成了兩大部分，左半部的非條碼式樣本辨識 (markerless pattern recognition, MPR) 與右半部的 VOT。MPR 是為了實現能不必使用類似 QR code 的標記，做為辨識樣本，並定位出樣本的位置進而在其之上建立 3D 模型，第一步分析樣本之自然特徵點，並分析攝影機每次所拍攝進來的畫面中，自然特徵點的分布並儲存，隨後第二步將利用先前所分析出得自然分布點做比對，已決定目標圖片是否存在於現在畫面之中，如果存在，則在第三步建立起 3D 模型。在此測試當中，我們希望能讓 3D 模型會隨著手部的左右移動而做不同方向的旋轉，所以當 MPR 演算法辨識到了目標圖片並顯示 3D 模型於其之上時，便利用 VOT 手部追蹤演算法決定模型是否旋轉、轉向與轉幅。在 VOT 演算法之中，會需要將攝影設備所捕捉出的畫面，轉化成 YCrCb 的格式，在此格式當中，Y 代表者亮度而 CrCb 則是彩度的參數。當開始偵測第一個畫面時，它將會轉換並掃描整個畫面後定位手部座標作為初始參數，隨後系統將只會掃描先前手部座標周圍一定比例的範圍，當發生了連續的座標變化時，系統便會計算出手部的移動速度，並將此參數套入 MPR 中以旋轉 3D 模型，接下來將詳細介紹 MPR 與 VOT 的細節概念。

甲. markerless pattern recognition 架構與概念

本專題使用 Qualcomm Vuforia 套件來實現此部分，該套件是藉由自然特徵點來做圖片辨識，藉由行動裝置上所內建的攝影裝置，捕抓一張一張的畫面，及時找出此畫面得自然特徵點並與樣本作比對。在辨識之前，必須先將樣本作自然特徵點分析之後，以陣列方式儲存做為比對依據。而所謂的自然特徵點是為了化簡圖片辨識的複雜度而想出的解決辦法，傳統的圖片辨識，大多是針對整張圖片最完全的比對與分析，如此自然可以達到最大的精準與最低機率的誤判，然而這樣的作法費時費力，並無法應用在即時的辨識之上，為了化簡運算量，最好只需辨識少數重要的點，而自然特徵點便是在找出一張圖當中，所有明顯的”邊界

點”，而這些邊界點正是此圖當中兩種在色彩上相對的顏色（例如黑與白）邊界上曲度不連續點，舉例而言，在白色背景之上，有一黑色正方形，那其自然特徵點將會在正方形的四個角之上，因為那邊會是兩對比色的邊界曲度不連續點；假如現在是一個黑色的圓形在白底之上，那將辨識不出任何自然特徵點。有了自然特徵點的輔助，MPR 的運算便可以大幅化簡以達到能及時辨識，並可依據自然特徵點的分布做線性代數運算，以判斷出目標圖片的距離與傾度，依此數據就可對 3D 模型做縮放、平移、旋轉等，以製造出在螢幕上，3D 模型是出現在目標圖片之上的視覺效果。

乙. velocity-based object tracking 架構與概念

此部分為本次專題最核心的部分，為了實現能以手部進行互動，VOT 演算法之中應用了 Bayesian estimation 的概念來定位手部座標，而膚色將是用來估計手部位置的依據，每當攝影機捕捉了一個畫面，系統會逐一偵測每個像素以找出膚色區域。然而在偵測膚色以定位手部位置的過程中，必然會受到其他背景的“類膚色”干擾，或突然有其他人的手跑入畫面之中造成定位偏差等問題，為了能強化手部的辨識表現，我們將在 VOT 演算法當中應用 Bayesian estimation 的公式：

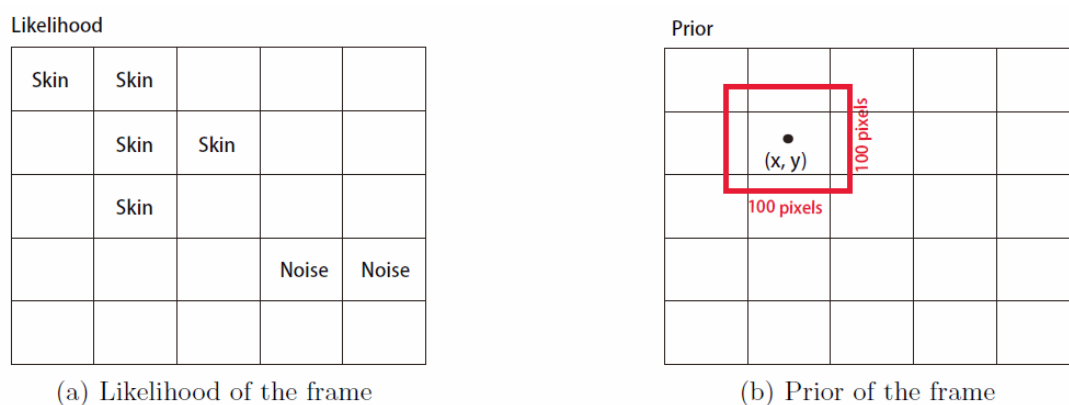
$$P(\mathbf{x} | \mathbf{y}) \propto P(\mathbf{y} | \mathbf{x})P(\mathbf{x}) \quad (1)$$

\mathbf{x} 為手部的位置，而 \mathbf{y} 代表著從攝影機所抓出的畫面顏色， $P(\mathbf{x} | \mathbf{y})$ 是從所捕捉到的像素當中，所得到的手部位置事後機率（posterior probability）， $P(\mathbf{y} | \mathbf{x})$ 則是定義為由攝影機所捕捉出的畫面中膚色分布的 likelihood function， $P(\mathbf{x})$ 則為事先機率（prior probability），代表著在先前畫面當中的手部區域資訊。

透過 Bayesian estimation 的概念，從先前畫面之中手部區域所估計的事先資訊（prior information），與基於所捕抓到畫面的 likelihood function，將影響了手部位置的事後機率，而事後機率將可以有效的增強對於手部追蹤的表

現。當我們針對全部畫面做手部位置偵測時，一些不被需要的”類膚色”物件也許會被包含在畫面之中，如圖 3 (a)所示，左上角的部分為手部的區域，然而右下角依舊是有著我們視為”雜訊”的類膚色物件，這時如果說已經有了從先前畫面所估計出的手部位置，如圖 3 (b) 中間的紅色方框是代表著手部位置的事先資訊，如果將圖 3 的事先資訊與 likelihood function 做比對，那就可以排除掉手部在右下角的可能性，因此 Bayesian estimation 確實可以提升整個追蹤演算法的效能。

此外，手部進行等速移動之情況也可以適用此估計法，當我們假設移動在一個時間區間之中為等速時，即可以藉此估計速度來預測手部的未來位置，移動位置的變動當成事先資訊，事先資訊的手部區域將會移動到所預測移動的座標，舉例來說當我們根據所估計的速度去預測說下一步的位置時，圖 3 (b) 的紅色方框（即手部位置）將會移動到所預測之座標，隨後在與 likelihood function 做比對以求出手部位置的最可能位置，如此整體系統將有機會比無速度預測的系統更加快速，且有效提升辨識的精準度與可能性。



在介紹完 Bayesian estimation 的應用後，接下來將更詳細的去介紹 VOT 演算法的細節。此演算法第一步，會將所捕抓進來的畫面，轉化為 YCrCb 的格式，其用意將在後面詳述，隨後再將整個畫面分割為 16x16 個區塊，每個區塊所含有的像素與長寬會與整個畫面的解析度有關。而之所以需轉換成 YCrCb 格式，是因

為 YCrCb 格式相較於一般常見 RGB 格式而言，對於光線變化的敏感度較低許多，YCrCb 的組成是由代表亮度的 Y 與代表彩度的 Cr、Cb 所構成，而光線的變化大多只會影響亮度 Y 的變化，對於彩度 Cr、Cb 的影響有限，反過來看 RGB 格式，一旦亮度變化，其紅藍綠的數值變動相當難以估計，這勢必會大幅影響辨識的效率，因此以 YCr、Cb 作為影像的格式較為合適。在此專題中，Cr 與 Cb 皆是數值範圍在 0~255 的 8 位元資料，而在 VOT 演算法當中，當像素符合以下的範圍，將被判定為皮膚的像素

$$\text{skin color} : \begin{cases} 77 \leq \text{Cb} \leq 127 \\ 133 \leq \text{Cr} \leq 173 \end{cases} \quad (2)$$

一旦我們先前所分割的區塊內所擁有了膚色像素超過一個標準的值，例如 60%或是一半等等，該區塊便會被判定為膚色區塊，最後手部座標的估計，將以所有膚色區塊的座標做平均來得到，如同下面式子所示

$$(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i, y_i)}{N} \quad (3)$$

(x; y)代表的手部座標，(xi; yi)為各個膚色區塊的座標，N則是膚色區塊的總數。

在經過了第一次的畫面偵測後，所獲得的手部座標，其附近一定範圍之內的區域，將我們當作下一次偵測時的事先資訊，就如圖 3 (b) 的紅色方框，它就是以上一次偵測所得之手部座標為中心，長寬皆設定為 100 像素（因應不同的解析度而異）的正方形區域。以圖 3 (b) 的紅色方框做為事先資訊，此區域之外的部分，其事先機率皆為 0，因此當進行第二次偵測之時，膚色的辨識將只會專注於事先機率不為 0 的部分——代表事先資訊的紅色方框內。在此演算法下，只要是出現在非事先資訊區域之中的”類”膚色物件，皆會被過濾掉，如此一來，可以減少追蹤錯誤的機率與計算的複雜度。

隨後手部的位置不一定會持續待在一開始的地方，因此便必須著手去偵測與

預估手部下一個時間可能所在的位置。從兩個連續的時間區間當中，我們可以用以下的公式求出速度，

$$(v_x^n, v_y^n) \propto [(x^{n-1}, y^{n-1}) - (x^{n-2}, y^{n-2})] \quad (4)$$

V_x^n 代表著在第 n 個畫面的 x 方向速度， V_y^n 代表著在第 n 個畫面的 y 方向速度， x^n 與 y^n 為手部的座標，藉由計算兩個連續畫面之中，手部位置差異與兩畫面的時間間隔，即可以估計出目前手部的移動速度。將公式 (4) 帶入以下式子，我們可以預測第三個畫面的手部座標，

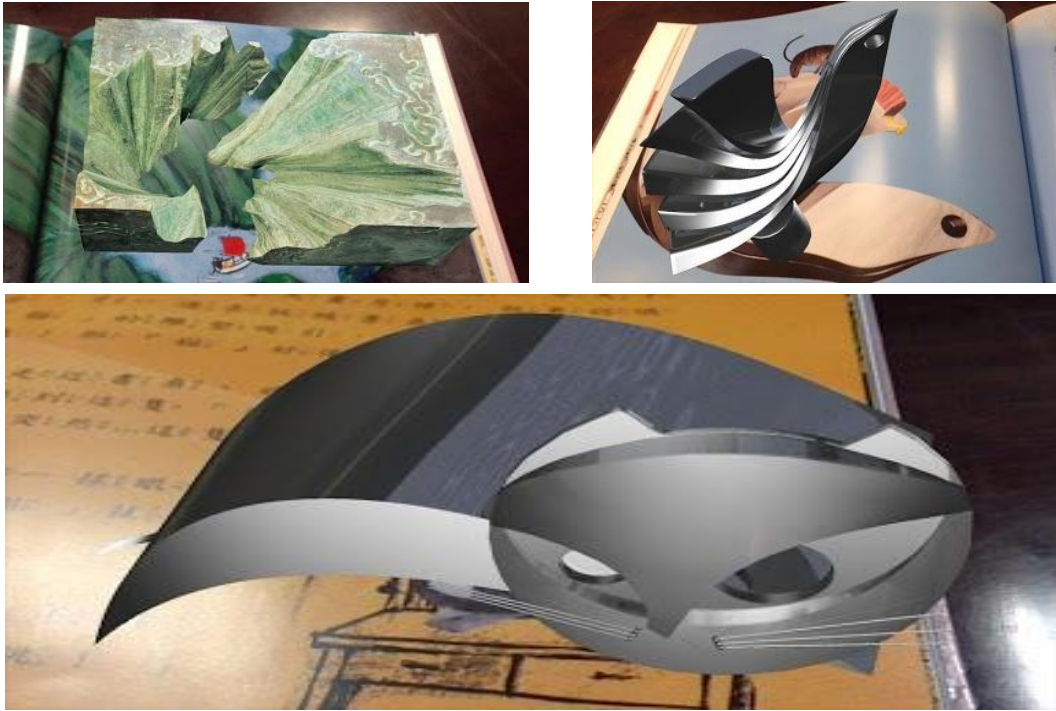
$$(x^n, y^n) \propto (x^{n-1}, y^{n-1}) + (v_x^n, v_y^n) \quad (5)$$

事先資訊區域的中心將會被移動到預測座標，隨後整個 VOT 演算法將針對該區域座偵測，以求得膚色的區塊。因為事先資訊當中，已不再只是單純的紀錄上一次的手部位置，更結合了與速度有關了手部預估座標，因此在手部定位的追蹤上，可視為定速移動模型，藉由在接下來的畫面中不斷重複以上步驟，將會更可靠地估計出使用者的手部位置，且運算的複雜度將可以有效的減少。在追蹤的過程之中，有可能會因為一些因素而導致一時丟失了目標的位置，例如手的移動速度太快以至於電腦運算速度不及，為了處理這個問題，當發現事先資訊區域內的膚色像素的數量少於一定比例時，VOT 將自動重新偵測整個畫面，以重新定位手部的座標做為下一個畫面的事先資訊。

(五) 數位學習系統之開發與應用

在研究的過程之中，本專題亦參與了國立交通大學數位內容製作中心所主持“楊英風雕塑繪本” 嘞嘞奇遇記—楊英風藝術之旅” 的擴增實境 APP 開發計畫，此計畫與本專題的主題與方向相同，皆為在傳統的平面教育書籍上，開發出以擴增實境為基底的數位學習系統，對本專題而言是相當合適的實踐與學習的機會。嘞嘞奇遇記 APP 主要是作為同名的兒童美術教育繪本的周邊應用，希望能藉由擴增實境來增加其生動性與閱讀樂趣，以轉換平面圖片成 3D 模型的方式，針

對低年齡層可提升其學習的興趣，並可以讓父母亦參與其中。



(六) 成果與討論

整個 IARL 系統包含了 MPR 與 VOT 在 Android 系統上的實踐，首先在 MPR 的展示將著重於樣本比對與 3D 模型的建立，圖 4 (a) 為一本平面書籍上的圖片，而圖 4 (b) 中，藉由了 MPR 技術讓同一張圖片上面出現了該雕塑品的 3D 模型，在此應用當中，當攝影機捕抓到了還有特定目標圖片的畫面時，便會在其之上建立起相對應的雕塑 3D 模型。這個成果展現了峽谷雕塑的模型能夠顯示在所捕捉到的平面峽谷雕塑圖片之上，如圖 4 (b) 所示，在行動裝置的顯示裝置上，3D 模型被建立且覆蓋在平面圖片之上，而 3D 物件的座標空間將會藉由即時的距離與傾角來獲得，只需移動攝影機的拍攝角度，即可以觀看 3D 模型的不同面向。

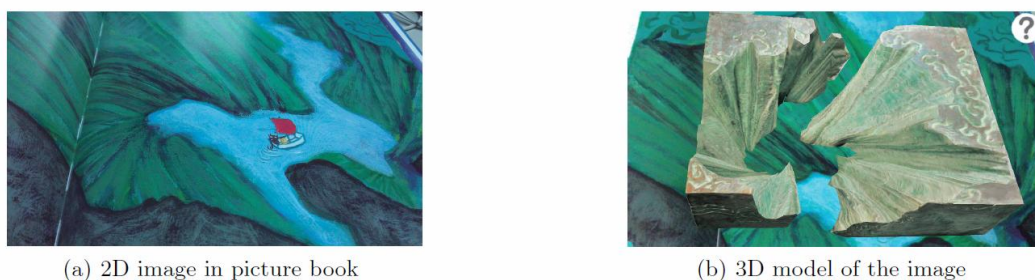


Figure 4. Results of the proposed MPR algorithm

再來為了討論 VOT 演算法的效率，在圖 5 當中，將會比較 Bayesian estimation 有無包括速度資訊的差異，現在假設了一個使用者將手由右向左移動，就如圖 5 (a) 到圖 5 (d) 所示，綠色再代表著沒有包括速度資訊的演算法，而藍色則是包含了速度資訊與位置預測的演算法，原點是偵測到的手部位置，而方框則是事先資訊區域。當手部為靜止時，藍色與綠色的點為重合，但當手部開始移動時，如圖 5 (b) 到圖 5 (d)，藍點可以預測手部下一畫面的所在位置，並搶先一步移動至該位置，由此可見 VOT 演算法的預測機制提升等速移動物的追蹤表現，比起沒有速度資訊與預測的純 Bayesian 演算法，更加適合應用在移動物件的追蹤之上。

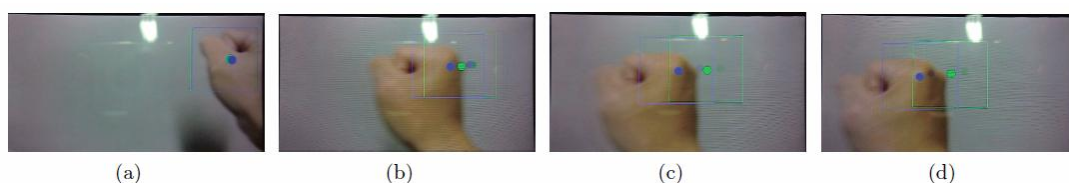


Figure 5. Results of the proposed VOT algorithm

最後，圖 6 是我們結合了 MPR 與 VOT 演算法所實作出的 IARL 系統，藉由手部的移動可與擴增實境的 3D 模型進行互動，如圖 6 所示，使用者能藉由向左或是向右移動其手部，來使得經由辨識 2D 圖片所建立的 3D 模型進行順時鐘或是逆時鐘的旋轉，在圖 6 (a) 到圖 6 (d) 之中，鳳凰雕塑的 3D 模型對應著使用者的手部由右移動到左而做順時鐘旋轉，這個例子證明了 IARL 系統能在行動裝置之上與 3D 擴增實境模型互動。

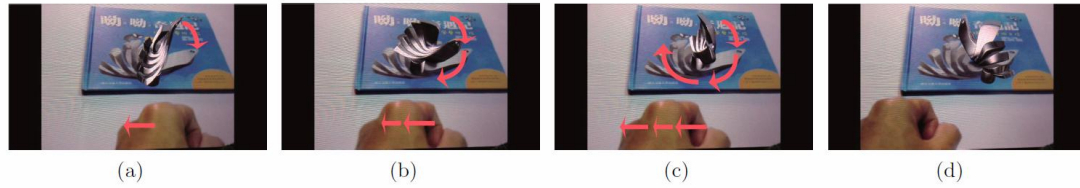


Figure 6. Results of the proposed IARL system

(七) 結論與展望

這套以互動式擴增實境為基礎的數位學習系統成功的被實現在 Android 行動平台之上，非條碼式樣本辨識 (MPR) 演算法能成功的辨識，從攝影機捕捉到畫面中的特定目標，並將之轉換成 3D 的擴增實境物件，且基於速度的物體追蹤 (VOT) 演算法也能藉由結合膚色偵測與速度資訊來追蹤移動物體。透過這套以互動式擴增實境為基礎的數位學習系統，使用者不只能夠享受平面書籍的閱讀樂趣，更可以進一步地過行動裝置，讓 2D 圖片可以如同魔法一般的變成 3D 模型，並藉由手部的移動來與 3D 的擴增實境物件作互動，互動能夠更加吸引使用者的注意力與興趣，或藉此開發出一套全新的學習方式，以此增強使用者體驗。

此 IARL 系統的價值與目的，在於融合了平面書籍與數位學習，這兩個形式相異的教育方式。書本在閱讀上，有著難以取代的樂趣，那種實際將書拿在手上，滿懷期待翻開下一頁的動作，不是數位裝置可以取代的，但是在多媒體的性質與互動性，數位學習卻是遠勝於傳統書本。現在 IARL 系統能同時將兩者統合，讓使用者在享受著傳統書本的閱讀時，亦可使用行動裝置讓平面的圖片變成 3D 模型並與之互動，讓多媒體性與互動性可以融入傳統書籍的教育之中，兩者相輔相成，相信可以對於教育與學習都能帶來更大的成效。

(八) 參考文獻

- [1] Vuforia Developer, Qualcomm.
- [2] Wiki for Android <http://zh.wikipedia.org/wiki/Android>
- [3] 史丹利部落格 <http://stenlyho.blogspot.com/2008/09/activity.html>

- [4] 高煥堂，李立文 Android 應用軟體架構設計 第二版
- [5] 點子股份有限公司 <http://www.pcexpert.com.tw/AR/AR.htm>
- [6] Reto Meier Professional Android Application Development
- [7] Rick Rogers, John Lombardo, Zigurd Mednieks, Blaker Meile
Android Application Development
- [8] Kai-Ten Feng, Po-Hsuan Tseng, Pei-Shuan Chiu, Jia-Lin Yang, and
Chun-Jie Chiu “3-D Interactive Augmented Reality-enhanced Digital
Learning Systems for Mobile Devices” , in Proc. SPIE, The Engineering
Reality of Virtual Reality, Feb. 2013.
- [9] S. Malik, “Real-time Hand Tracking and Finger Tracking for
Interaction,” tech. rep., Department of Computer Science, University
of Toronto, 2003.
- [10] Introduction to probability, 2nd edition. Dimitri P. Bertsekas/John
N. Tsitsiklis, 2008