

行動擴增實境於同儕互評上的應用 —以基礎設計課程為例

趙國宏 藍中賢 王冠傑
國立師範大學資訊教育研究所
桃園創新技術學院
stefan@tiit.edu.tw
chlan@tiit.edu.tw
nanya1226129@gmail.com

摘要

本研究主要是將行動擴增實境(Augmented reality, AR)技術融入同儕互評系統，其突破藝術性創作課程作品評量時的時間與空間的侷限性，並提供學生更多元且豐富的資訊。藉由行動載具科技與擴增實境技術整合起來的特質，美術設計相關科系的學生作品可以依照所處的位置與情境來呈現不同的樣貌。而研究中建構的同儕互評系統結合擴增實境技術於檢視與評量同儕的藝術創作作品，這個機制強化了學生闡釋作品、分享創作想法、切磋製作技術時的互動行為，並將獲得的認知知識反饋回自己的作品。再者，行動 AR 系統提供個人化與位置導向的適性化內容，會讓個別的使用者與真實環境中的虛擬資訊進行互動，並讓學生在不同的觀點與情境中觀賞作品，從中獲取不同角度的觀點與設計理念，從而培養深度思考與認知的能力，進而增進創意設計。

關鍵詞：擴增實境，同儕互評，行動學習。

1. 背景簡介

教育界採用同儕互評的例子越來越多，只因其具備支援小組學習以及強化學習效能的因素。在執行同儕互評的過程中，學生參與了許多的認知活動，包括做作業、分解作業項目、討論、整理、釐清疑問、提供反省回饋、診斷錯誤、找出遺漏的知識以及互相評量作品的價值[1][2][3]。早期關於同儕互評的研究大多強調在互評時的實況、方法與產出，並且專注於學生作品的品質、專業技能與互評的技巧[4]。近幾年來，行動科技展現了提供學生經歷創意學習的潛力；學生可以藉由手上的手持式裝置隨時隨地即時取得學習的素材、分享想法創意，以及建構出所需的知識。為了降低空間與時間上限制，利用行動裝置進行同儕互評立即對過程中互評的方法與結果產生了正面的影響，並且能讓學生可以很方便地隨時呈現自己的作品，互相觀摩同學的作品，最後彼此給予建議回饋。

然而，在互評的過程中若是可以讓學生隨時取

得彼此想要呈現的正確資訊，對於互評活動會有更好的助益。擴增實境技術提供了在合適的時間與地點提供正確資訊的功能，而將此技術植入於行動裝置後，藉由整合位置導向與情境感知式學習的方法，行動式 AR 可以將虛擬的物件與訊息重疊在真實世界的影像上，因此提供學生豐富的有用資訊與有意義的作品展現情境。研究也發現，在利用行動式 AR 技術觀賞過其他同學的作品之後，學生將吸收到的知識與體驗反映到自己的作品上，會有正面的成長。

為了對整個同儕互評過程有個有效且全面性的觀察，受評作品的呈現內容與互評的方法也需要更多的關注。因此，本研究呈現一個概念性的架構，其藉由結合 AR 技術來強化作品的展示與提升同儕互評的效率，使人工智能與行動載具的加入能更具效果。在這個架構中，學生可以用許多不同的方式來觀賞同學的作品，並且立即取得互評的結果。如此，如何了解同儕設計作品時的理念並給予評量所遇到的困難，都可以藉此解決，而充分且合適的資訊呈現將使互評的工作更加的準確。最重要的是，合宜對應的互評機制及對作品的回饋，將使學生將這些正面的認知反映到自己的作品，在家以精緻化，提升作品的品質。

2. 行動學習與同儕互評

在教學活動中讓學生彼此評量作品並給予回饋意見，這種同儕互評的方式已經被公認為具有教育效能的機制[5]，並且在合作學習的領域中，也是一種改善學生學習效能的學習工具[6]。在高等教育中，於各種關於教育、商業、醫療與科學等領域的個人評量與同儕互評的研究紛紛被提出[7][8][9][10]。這些研究都提到學生若融入這種互動性很高的互評活動之中，可以提升學生表達與即時反應的能力。考量到如何讓學生有效率的融入到互評活動當中，互評程序中必須包含評量標準的訂定、作品的展示活動、評量的方法、評量與取得回饋意見之間的循環...等等[11][12]。大多數的研究著重於互評的狀態、方法與結果[4]，並且都提出了數位導向的互評系統來支援同儕互評的過程[13]

[14]。適當的科技應用於同儕互評系統中可以協助觀察與評量的這兩個工作。而電腦網路則是提供了學生在任何時間與地點來參與評量的活動，而老師則可以藉此觀察到學生互評的整個過程與進展。線上即時互評系統可以消除在教室中舉行互評時無法同時舉行多種互評的限制，如此可以縮減互評活動所需要的時間，降低與同學們溝通、列印成果與列印評分表格等所需的成本。

近幾年來，學生們嘗試在各種地方進行學習的活動，因此行動學習的方式越來越廣泛。行動載具中的科技具有提供任何地方任何時間可行的創新學習方式的潛力[15]。由於行動載具科技的特性，例如體積小、隨處可用、學生買的起、具有無線網路，使得越來越多的研究者在行動手持系統上，例如智慧手機、平板電腦與 PDA，開發了可以協助學習活動的應用程式。一些研究已經提出如何利用行動載具來增進評量效率的關鍵議題 [16][17]。學生可以在教室內或戶外靈活地利用行動載具來實施專案導向(project-based)的學習活動。數個研究也提出如何應用行動科技於個人或同儕互評的發現 [11]。陳認為結合行動科技與小組展示概念(round-table presentations)，行動評量系統可以協助老師更穩定的管理評量的活動，並讓學生更願意在互評的過程中展示他們自己的作品、參與互動與回饋意見。然而，大部分的研究著重在探查評分標準的項目、評分過程與宣傳回饋的結果，藉此提升評量的效能與回應。事實上，在互評的過程中可以讓學生仔細的解說與展示他們的作品是很重要的關鍵。經由觀賞別人的作品，學生可以瞭解如何評量自己的作品並把別人的回饋意見對應至自己的作品上，並做修正。

藉由行動科技的特性，學生可以依照所處的不同地點與情境，用不同的方式來展示自己的作品，並且可以與同學在任何時間地點一同溝通討論作品的好壞。本研究提出一個整合擴增實境技術至互評與展示過程的行動同儕互評系統，這個機制可以讓學生容易地展示作品、增加互動的機會、重複說明自己的製作理念，並將回饋反應回自己的作品。經過這樣的觀察與互動的過程，評量的正確性與品質都相對提昇。整體來說，整個過程讓學生培養深度思考技巧與提升有意義的學習，都更加的容易了！

3. 行動擴增實境在同儕互評的應用

擴增實境技術可以針對某個特定的人在特定合適的時間地點對於適當的設備展示正確的資訊 [18][19]。此技術可以將虛擬物件疊合在真實物件的影像上，讓使用者產生沈浸融入的效果，並讓人們的日常生活也可以藉由設備而充滿了數位的資訊、影像、聲音及其他可以獲取到的訊息。簡單來說，藉由在現實世界影像上置入一層虛擬數位資訊的圖層，擴增實境技術可以將虛擬的物件擬真化，

就如同這物件在正確的地方真實的呈現。廣泛對於擴增實境的定義如下：“擴增實境讓使用者看見真實世界中，具有虛擬的物件疊合或合成於其中。AR讓真實世界中增加資訊，而不是將真實物件完全移除取代[20][21]。擴增實境技術與傳統方法比較起來，被認為是取得與呈現數位資訊的好方法[22]。

在行動學習方面，定位科技的發展讓追蹤到學生的即時位置是可行的，並針對學生所處地點立即提供量身訂做的學習內容。更進一步來說，位置導向式(location-based)學習提供學習者個人化的學習經驗並協助學習者融入學習的活動與學習情境當中，藉此提高學習的效率[23]。先前的研究指出，結合位置導向式(location-awareness)學習與環境導向式學習(contextual learning)的教學策略，能讓學生更有能力地將各種知識概念有意義的整理建構起來[24][25]。為了能讓教學情境中的虛擬資訊能在真實世界正確的地方出現，可供辨識位置用的標籤或標誌是需要的。AR技術會辨識出這些標籤後將這些標籤的位置當作虛擬資訊該出現的位置。而這些標籤大略分成兩大類：一個是“AR ToolKit marker”，它是一個由正四方框所圍起來的黑白圖形；另一類則是全圖像辨識。當“AR ToolKit marker”的正四方形框在真實世界依不同觀察角度而投射到拍攝畫面時會變形成平行四邊形，藉由反轉這樣的程序，將平行四邊形轉變成正四方形的方式，這個四方形標籤位於真實世界的位置與方向就可以推測計算出來，因此虛擬資訊便可以在行動裝置的螢幕上，依所拍攝的真實世界影像中出現在正確的方位了。然而，真實物件可以依不同的角度被觀察，所以利用真實物件當作全圖標籤的方式，是比較困難的。因此，在現階段利用真實物件全圖標籤技術偵測物件方位的技術尚未被廣泛使用，但已經有研究正在進行當中。由於真實物件全圖標籤偵測不需要製作額外的標籤放於真實的世界，在過不久的將來，這方法成熟後應該是會成為主流的虛擬物件位置偵測技術。

在幾年前，如果有人想要在真實物件上顯示虛擬的資訊，必須在身上穿戴許多設備。其中包含一台相機來擷取真實世界的影像，一台無線網路路由器來傳送影像到資料庫，並把相關資訊從資料庫傳送回使用者身上的機器，再把這些數位虛擬訊息與真實世界的影像確實無誤的整合在一起，再有一台投影機將這些虛擬訊息投射到真實世界的物件上。然而，這樣的裝備實在是不方便操作。近幾年來，在行動科技與無線網路通訊科技的長遠進展助益之下，讓具備許多實用功能的手持式系統成了展示AR技術最方便與合適的平台。手持系統上的攝影鏡頭可以擷取真實世界的即時影像，電子羅盤可以偵測使用者所面對的方向，衛星定位系統GPS可以定位使用者所處的位置，而裝置上的螢幕可以顯示AR系統與真實世界合成完畢所要展示的虛擬資訊，其可以是文字、影像、表格、影片，甚至是多媒體的整合。更甚的是，例如按鈕或互動式表格等

額外的元件也可以加入做為互動時的人機介面。這樣的行動擴增實境系統提供了流暢的行動性功能，並且絕不限制使用者在某些固定的地點才可以獲取學習的服務資訊，隨時隨地都可以進行學習的活動。根據 NMC Horizon Report 2012 年 K-12 的版本，AR 技術在教育領域提供了視覺上與學習活動的互動性上有了很好的支援。藉由使用者輸入資料與系統互動後系統相對應產生的即時虛擬資訊，學生可以因這些資訊建構出新的認知基礎 [26]。許多的研究也支持 AR 技術是可以協助學生的學習，例如教育遊戲、語言學習、電子書、故事講演、駕駛導引...等等 [20] [11] [27]。如此一來，AR 技術成為數位資訊在人們眼前展示的革命性技術的可能性，並且在客製隨選、內容感知及合作式訓練的領域上，都具有很大的潛力 [28]。另外，行動擴增實境技術提供個別學生個人化與位置導向的適性化學習內容，使其可以在行動瀏覽環境上做互動式的學習，而且觀賞自己的作品在現今的位置上未來可以與這環境如何的融合在一起。

根據上面所述，行動擴增實境技術明顯可以支援學生在同儕互評的過程中檢視同儕的作品。在以前傳統的設計課程，學生在檢視作品時只在意評量的準則，例如獨創性、製作技巧、色彩表現等等，卻沒能讓評量者在當地觀察到在這環境中此作品未來能有什麼可用之處、能否合適的裝飾這個空間。一個位置導向行動擴增實境技術的最大功能，就是依照使用者所處的位置提供合適的資訊。當學生手持此系統走進某些特定區域，行動擴增實境系統便會自動將切合學習主題的資訊呈現出來。舉例來說，一張作品圖是當作一幅畫掛在牆上亦或當成一幅巨大壁畫，或者一個手工勞作被重建成巨大雕塑可否融入這個空間環境，系統都可以利用 AR 技術在現場呈現出來。「整合了 GPS 定位系統、無線網路接收、羅盤方向偵測、加速度器感應動作、聲音與影像辨識等豐富的偵測裝置於現今的智慧型手機當中，便啟動了人們與環繞於其四周世界萬物互動的新方法」 [29]。行動擴增實境技術將可以連接數位資訊與實體世界，使得位置、內容與事件導向的情境教學可以無縫的整合創建出來。在本研究，在同儕互評的過程裡，評量者不只評量放在眼前的實體作品，更可以看見作品未來的應用與前景。因此，評量者評斷的不只是設計者製作作品的技巧與功力，更需要評判這作品的實用性與未來的可能性。

4. 系統實作與範例說明

4.1 系統架構

擴增實境可以定義為在現實環境中，部分的分是由電腦感應器感觸輸入而產生，例如聲音、影像或 GPS 定位系統的資料。在教育的領域，有許多操作或展示的過程是無法在實體教室中讓學生直接體驗的，而擴增實境技術則是現有可以針對學生特殊需求而允許並修改學生學習經驗的方式。到底

擴增實境技術能做到什麼，簡單說就是在攝影機與顯示器的協助下，在現實環境中可以觀賞到虛擬的數位物件。接下來，藉由擴增實境技術強化的行動同儕互評系統是探討的重點。描述的過程將展示擴增實境技術在互評的過程中如何強化觀察作品與評量作品的效能。

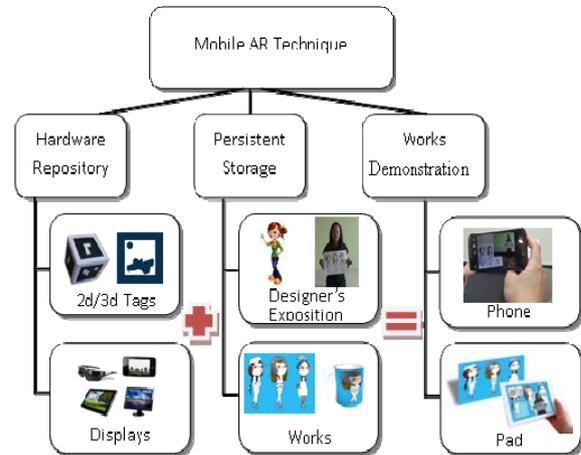


圖 1 行動 AR 系統架構

這個行動擴增實境技術的架構包含了三大部分，其為硬體平台、資料儲存單元與作品展示單元，如圖 1 所示。在硬體平台部分，辨識與展示虛擬物件的正確位置所必需的平面或立體標籤是需要的，並加上要將其展示出來的螢幕裝置。學生的作品及設計者對此作品的介紹，全都數位化與系統化的儲存在資料儲存單元中。這些素材將提供虛擬物件額外的展示訊息。在作品展示的部分，疊合虛擬訊息的真實環境影像可以呈現在手持系統的螢幕之上，例如智慧型手機或平板電腦。經由整合行動擴增實境技術與同儕互評系統，圖 2 中展示了行動擴增實境同儕互評系統 (mobile-AR peer-assessment system, MARPAS) 的執行流程與系統框架。

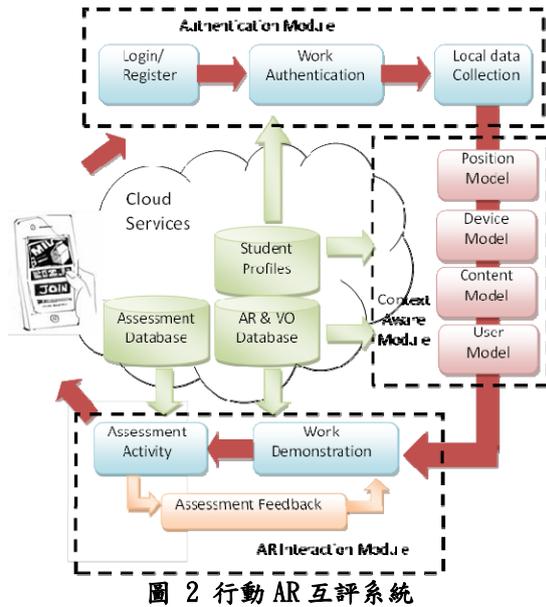


圖 2 中在雲端共有三個資料庫，包含學生資料庫、擴增實境虛擬資訊資料庫與互評結果資料庫。在互評的活動一開始，學生必需登入系統來辨識身份並決定自己要扮演的角色，是學生上傳作品相關資料，還是評量者參與評量活動，另或是老師進入系統進行評量或觀察評量活動，而所有與學生相關的資料都已經事先建立於學生資料庫中。接下來目標作品將會呈現在評量者的面前，而 MARPAS 系統持續進行收集與使用者相關的資訊，包括評量者的位置、面向方位以及在室內或戶外等等狀況。這些即時的在地訊息將由手持式裝置收集獲得後傳送到系統之中。在進行同儕互評的過程中，程序會分成三個模組，包含身份鑑別模組、內容感知模組與 AR 擴增實境互動模組。身份鑑別模組讓正確的人獲得正確的資訊來評量正確的作品。內容感知模組讓評量者使用正確的工具取得正確的資訊來做評量的工作；在內容感知模組中，系統判別與過濾當地資訊之後在虛擬物件資料庫中選擇合適的資訊呈現給評量者。所有的資料將會準備齊全之後交由 AR 擴增實境互動模組，讓這些虛擬資訊疊合在真實環境的影像之上，因此評量者的評分工作將會更方便與直覺，也更加正確。最後在 AR 擴增實境互動模組讓評量者方便且直覺地觀看同儕的作品，並可以讓評量的方式與主題更具多樣化與彈性，最後給予回饋的意見，讓每個受評者可以在這過程中學習更多，更加認識自己與別人的作品。

4.2 實例操作

同儕互評系統大多以三到四人的小群組方式在推行。這些參與的學生將會更加的能夠從同儕的回饋意見中找到作品與主題或目標的關連性[29]。因此在本研究中，50 位視傳系的大一學生在基礎設計課程中參與了這項實驗，並隨機被分成了數個小

組。課程教師指定了一個會話主題的作業之後，學生會在自己的手機或平板電腦上收到相關的訊息與通知。學生會有三個星期的時間製作作品並錄製對作品設計理念的介紹與說明，這些全部要上傳到行動擴增實境同儕互評系統(MARPAS)當中。其中，AR 擴增實境技術建立了作品與解釋說明影片之間的連結與互動關係。接著，在互評的過程，教師設計兩個情境讓學生在室內與戶外兩個環境作評量的活動。學生的作品數位化之後會縮小印出當成判別虛擬物件呈現位置的標籤，並貼在一個室內的展示會場與一個戶外的牆上。這兩個室內與戶外的互評活動情境與行動擴增實境同儕互評系統(MARPAS)呈現在下面圖 3。

在室內的情境，評量者到達展示會場並利用自己的手持式系統上的攝影機辨識會場中個別的作品標籤，然後就可以在螢幕中看見此作品在真實環境中真實的呈現出來。過程中，受評者對自己作品

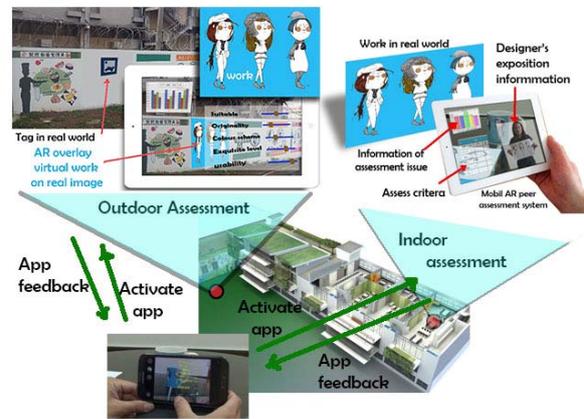


圖 3 MARPAS 系統操作

的說明與設計理念介紹會在作品旁出現，而評分標準以及已經完成的評分與回饋意見也會在系統中當成虛擬訊息在真實環境中展示出來。在戶外的情境中，評量者到戶外場地的牆上擷取作品標籤，則學生作品將會在真實環境中的牆面上呈現出來。評量者依然可以像室內情境一般看見受評者的介紹與評分標準等訊息。但是，評分標準將會依照所處的不同情境而有所不同。舉例來說，室內情境的標準是切題性、創意、色彩表現，然後評分者在各項目給予分數。在戶外的情境，評分標準則改為切題性、精緻度以及在此環境的合適度，藉由這種方式，評量者可以在現場評量作品是否搭配周遭的環境而畫在這面牆上。另外，所有針對這個作品的評量結果都在完成後同步顯示在 AR 擴增實境系統中以虛擬物件的方式出現於真實環境之上，如圖 4 所示，因此評量者可以參考到其他不同評量者的意見，受評者則可以收到大家給予的回饋意見與評量結果。

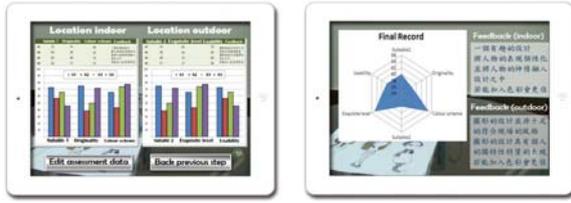


圖 4 評量結果展示與提供回饋

依據四周環境的不同，學生不只可以隨時取得與作品相關的介紹與展示，還可以依不同但情境合適的評分標準來評量其他同學的作品，產生不同的評量結果與回饋意見。行動擴增實境同儕互評系統(MARPAS)增進了學生觀賞其他同儕的作品意願與評量後的回饋意見，因此，學生便能依照所獲得的正向回饋意見反映到自己的作品，再修改自己的作品，這種方式將使學生更加能學習到不同面向的知識。

5. 結論

本研究提出了一個具備智能與行動力的架構來強化同儕互評系統，使得在時間上、空間上與設備上常見的限制都可以消除了。在這個架構中學生可以利用擴增實境技術將虛擬訊息與真實環境結合的協助來檢視與評量同儕的作品。行動擴增實境技術提供穩定的行動科技以及位置導向的適性化資訊，讓個別的學生們可以因此與許多的作品在真實環境中互動，學生可以利用自己的手持式裝置在合適的情境中來擷取標籤並在正確的位置正確的時間點取得正確的訊息。藉由整合 AR 擴增實境技術，前面所提的架構讓學生可以在不同的情境下檢視作品並立即取得互評的結果與回饋，所以檢視同儕作品並瞭解設計者原先設計理念的瓶頸都逐一解決了，而且充足的資訊更讓整個互評的結果更加正確與具有更高的效能。另外，合適的評分標準與充分的回饋意見促使學生將這些正向意見回應到自己的作品上，再繼續增進作品的品質。雖然這個架構證明了在同儕互評系統中加入 AR 擴增實境技術的許多正面影響，其中仍有許多工作需要去執行，包括大量的樣本實驗實作與適性化資料能自動分析與記錄。

參考文獻

[1] Liu, E. Z., Lin, S. S., Chiu, C. H., & Yuan, S. M. (1999). Student Participation in Computer Sciences Courses via the Network Peer Assessment System, *Advanced Research in Computers and Communications in Education*, 2, 744-747.

[2] Sitthiworachart, J., & Joy, M. (2003). Web-Based Peer Assessment in Learning Computer Programming, *Proceedings of IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 180-184.

[3] Van Lehn, K. A., Chi, M. T., Baggett, W., & Murray, R. C. (1995). Progress Report: Towards a Theory of Learning during Tutoring, Learning Research and Development Center, Univ. of Pittsburgh.

[4] Van Zundert, M., Sluijsmans, D., & Van Merriënboer, J. (2010). Effective peer assessment processes: Research findings and future directions. *Learning and Instruction*, 20(4), 270-279.

[5] Van den Berg, B. A. M., Admiraal, W. F. & Pilot, A. (2006) Peer assessment in university teaching: evaluating seven course designs, *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 31, 19-36.

[6] Topping, K. J., Smith, E. F., Swanson, I., & Elliot, a. (2000). Formative Peer Assessment of Academic Writing Between Postgraduate Students. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 25(2), 149-169.

[7] Ballantyne, R., Hughes, K., & Mylonas, A. (2002). Developing procedures for implementing peer assessment in large classes using an action research process. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 27(5), 427-441.

[8] Price, M., & O'Donovan, B. (2006). Improving performance through enhancing student understanding of criteria and feedback, *Innovative Assessment in Higher Education*, 100-109.

[9] Prins, F. J., Sluijsmans, D. M. A., Kirschner, P. A., & Strijbos, J.-W. (2005). Formative peer assessment in a CSCL environment: A case study, *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 30(4), 417-444.

[10] Searby, M., & Ewers, T. (1997). An Evaluation of the Use of Peer Assessment in Higher Education: A Case Study in the School of Music, Kingston University, *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 22, 371-383.

[11] Chih-Ming Chen, C. M., & Tsai, Y. N. (2010). Interactive Location-based Game for Supporting Effective English Learning, *International Journal of Intelligent Information Technology Application*, 3(1), 44-50.

[12] Lan, C., Lai, K. R., Chou, C., & Chao, K. (2012). A Study in Negotiation-based Peer Assessment: Natural Language Applied in Assessment Representation. *International Conference on Computers in Education(ICCE)*.

[13] Davies, P. (2000). Computerized Peer Assessment. *Innovations in Education & Training International*, 37(4), 346-355.

[14] Lin, S. S. J., Liu, E. Z. F., & Yuan, S. M. (2001). Web-based peer assessment: feedback for students with various thinking-styles. *Journal of Computer Assisted Learning*, 17, 420-432.

[15] Chang, W., & Tan, Q. (2010). Augmented Reality System Design and Scenario Study for Location-Based Adaptive Mobile Learning, *Proceedings of IEEE International Conference on Computational Science and Engineering*, 20-27.

[16] Penuel, W. R., Lynn, E., & Berger, L. (2007). Classroom assessment with handheld computers, *Ubiquitous Computing in Education*, 103-125.

[17] Shin, N., Norris, C., & Soloway, E. (2007). Findings from early research on one-to-one handheld use in K-12 education, *Ubiquitous Computing in Education*, 19-39.

[18] Chang, W., Tan, Q., & Tao, F. W. (2010). Multi-Object Oriented Augmented Reality for Location-Based Adaptive Mobile Learning, *Proceedings of IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 450-451.

[19] Chen, C. (2010). The implementation and evaluation of a mobile self- and peer-assessment system. *Computers & Education*, 55(1), 229-236

[20] Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.

[21] Azuma, R., Baillyot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality, *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21, 34-37.

- [22] Anastassova, M. (2007). User-Centred Design and Evaluation of Augmented Reality Systems for Industrial Applications: Some deadlocks and breakthroughs, *Proceedings of IEEE International Conference on Virtual Reality*, 215-224.
- [23] Chen, C., Li, Y., & Chen, M. (2007). Personalized Context-Aware Ubiquitous Learning System for Supporting Effectively English Vocabulary Learning, *Proceedings of IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 1-3.
- [24] Michie, M. (1998). Factors influencing secondary science teachers to organise and conduct field trips, *Australian Science Teacher's Journal*, 44(4), 43-50.
- [25] Patten, B., Sanchez, I. A., & Tangney, B. (2006). Designing collaborative, constructionist and contextual applications for handheld devices, *Computers & Education*, 46, 294-308.
- [26] NMC Horizon Report (2012). *NMC Horizon Report: 2012 K-12 Edition*, <http://www.nmc.org/publications/2012-horizon-report-k12>.
- [27] Van Krevelen, D. W. F., & Poelman, R. (2010). A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations, *The International Journal of Virtual Reality*, 9(2), 1-20.
- [28] Hollerer, T., Feiner, S., Hallaway, D., & Bell, B. (2001). User Interface Management Techniques for Collaborative Mobile Augmented Reality, *Computers and Graphics*, 25(5), 799-810.
- [29] Nokia Research Center, NRC. (2009). Mobile Mixed Reality: The Vision, *Nokia Technology Insights Series*.