

虛擬攝影棚的現況及未來的發展方向

李振棠

國立台灣藝術大學多媒體動畫藝術研究所研究生

0922074521@sinamail.com

鐘世凱

國立台灣藝術大學多媒體動畫藝術研究所助理教授

kyle@mail.ntua.edu.tw

摘要

虛擬攝影棚 (Virtual studio) 為最近幾年來在電視製作上較具突破性發展的數位產品之一。它的原理其實只是運用不同的攝影機追蹤方式，確定攝影機、場景以及表演者在空間中的絕對座標及相對座標，剔除現場拍攝畫面不要的部分，然後偵測攝影機的位移、旋轉、鏡頭縮放等變化資訊，以即時的方式傳送給電腦，而電腦以快速的更新頻率，將攝影機的變化情況，以同步的方式更新電腦所產生的畫面，此即為虛擬攝影棚的基本原理。為迎接高畫質電視 (HDTV) 的來臨，傳統的攝影棚搭建方式已有部分被虛擬攝影棚取代，它一改傳統攝影棚需拆搭景，以致於造成景片的刮傷毀損，以及畫面呈現受場地大小的限制等缺點，更加上它獨有的特點，如不同景片的更換非常迅速、場景修改方便、不受限於目前的施工技術及材質、與現場的互動性強、甚至衍生出虛擬廣告等不同的應用方式等，虛擬攝影棚的未來還有非常大的發展空間。

本文將針對虛擬攝影棚的架構及原理作四大部分的研究探討：(1) 虛擬攝影棚的製作原理及流程 (2) 不同處理方式的攝影機追蹤系統：包括電子機械式追蹤系統 (Electromechanical camera tracking system)、網格辨識系統 (The pattern recognition camera tracking system)、超聲波定位系統 (Ultrasonic tracking system) 及紅外線追蹤系統 (Infrared sensor camera tracking system)；(3) 虛擬攝影棚的優缺點 (4) 目前的應用方式及未來的發展方向。

關鍵詞：虛擬攝影棚、高畫質電視、電子機械式追蹤系統、網格辨識系統、超聲波定位系統、紅外線追蹤系統。

壹、緒論

黑白電視時代的來臨，使得人們從日常書報的平面閱讀習慣，轉為動態影像的收視習慣，當時已開始將畫面中最亮或最暗的部份抽離，此種技術即為亮度嵌空 (Luminance key)。再合成不同的影像，以產生不同的視覺效果。

彩色電視時代迄今，更可看見各種不同的電視型態及方向，正在蓬勃的發展，許多技術被廣泛的利用及開發，其中將整個攝影棚漆成同一顏色 (通常為藍色或綠色)，將整個畫面的此種顏色抽離，合成不同的動態畫面或靜態影像，此種技術即為色彩嵌空 (Chroma-key)，為現今電影或電視最常採用的合成方式。

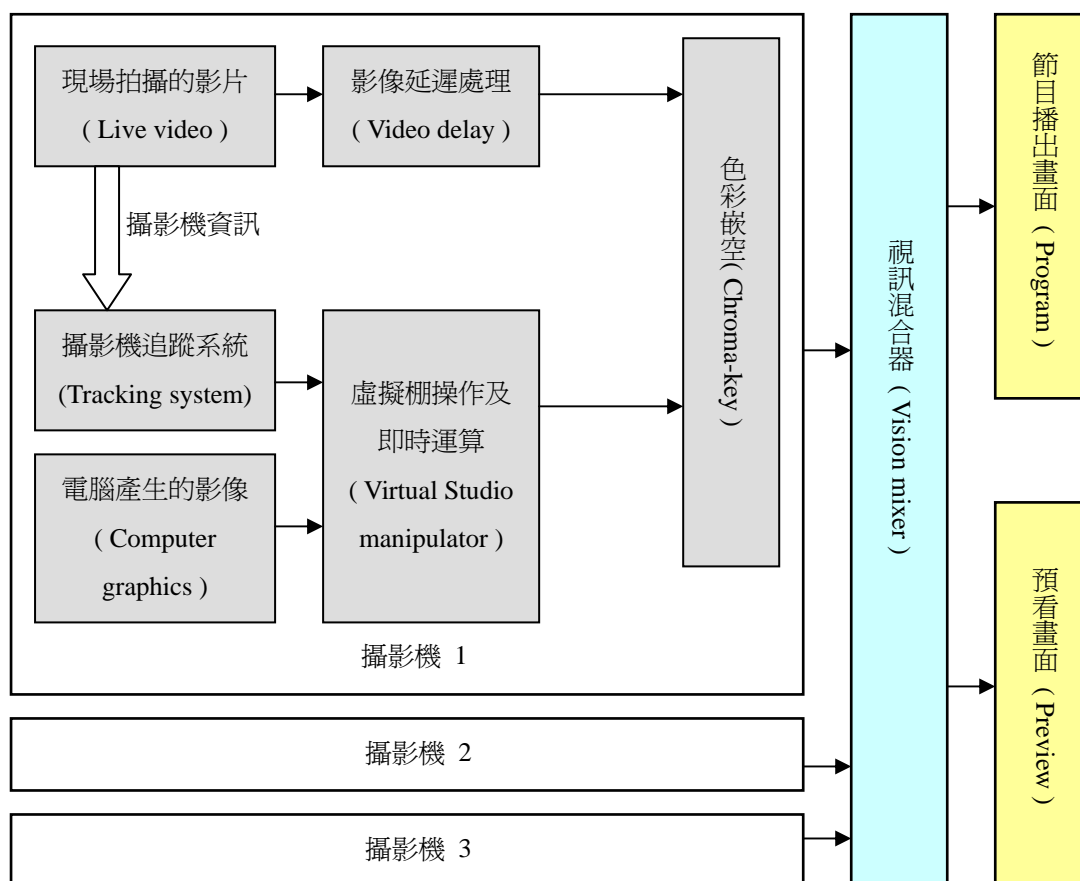
雖然 Chroma-key 廣泛的運用在新聞節目、氣象播報、娛樂性節目等不同的電視型態 (蕭明，1999)，但使用 Chroma-key 時，攝影機只能固定在原地，不能做任何的運鏡，否則會出現前後景不同步移動及縮放的穿幫現象，為了迎合市場的需求，西元 1994 年阿姆斯特丹所舉辦的國際廣播會議 IBC (International Broadcasting Convention)，第一次將虛擬攝影棚呈現於世人眼前，它可算是 Chroma-key 的進一步應用 (Moshkovitz, Moshe, 2000)，也大大的影響傳統攝影棚的製作方式及流程，但當時的虛擬攝影棚處於草創期，許多技術不完備，操作困難且過於昂貴，但許多人相信這是未來攝影棚的發展方向，於是各家廠商投入相當大的人力物力，從事研發工作，從西元

1995 年至 2000 年，是第一次百家爭鳴的時刻，各種不同規格及技術的虛擬攝影棚陸續出現，經由市場的洗禮及公司的合縱連橫，目前主流市場僅剩數家技術成熟的公司繼續開發虛擬攝影棚及其延伸產品，本文將從虛擬攝影棚製作流程及系統架構、不同的攝影機追蹤方式、虛擬攝影棚的優缺點、及製作上的應注意事項、到目前的應用方式及未來的發展方向，做進一步的研究探討。

貳、虛擬攝影棚的製作原理及流程

虛擬攝影棚的製作橫跨了數個不同的專業領域，包括了攝影機追蹤技術、Chroma-key 的進階使用、視訊及電腦動畫的即時處理等。它的原理其實只是運用不同的攝影機追蹤方式，確定攝影機、場景及表演者在空間中的絕對座標及相對座標，剔除現場拍攝畫面不要的部分，然後偵測攝影機的位移、旋轉、鏡頭縮放等變化資訊，以即時的方式傳送給電腦，而電腦以快速的更新頻率，將攝影機的變化情況，以同步的方式更新電腦所產生的畫面，此即為虛擬攝影棚的基本原理。

不同系統的虛擬攝影棚，因採用不同的技術，故在系統架構上也略有差異，但都不脫離以下的製作流程（如圖一）。



圖一：虛擬攝影棚製作流程

參、攝影機追蹤系統 (Camera Tracking System)

攝影機追蹤系統計算在虛擬攝影棚中攝影機機身及鏡頭的移動量，此移動量包括攝影機外部的旋轉及位移，有六個不同自由度的旋轉方向 (PAN、TILT、ROLL)，三個不同軸向的移動方式 (X,Y,Z)，及兩個鏡頭內的變化 (ZOOM、FOCUS)。將此數值以資料的傳輸協定 (RS-232、RS-422) 傳送給電腦，這就是攝影機追蹤系統的任務，攝影機追蹤系統依其追蹤方式的不同，可

分為以下四種不同的類型：

一、電子機械式追蹤系統（Electromechanical tracking system）

（一）原理：利用安裝在鏡頭及角架雲台上的機械式感應器，藉由齒輪的轉動而得知攝影機內部的鏡頭變化及外部的旋轉狀況（如圖二），而位移的部份也是運用相似的原理，攝影機可在軌道上運行（如圖三），而系統可得知目前的位移量，進而將這些資訊傳送給電腦，有些較先進的系統已不使用軌道的方式移動，而採用專門設計的腳架。



圖二：攝影機鏡頭的電子機械式追蹤系統（Zoom、Focus）
（圖片來源：中科大洋使用手冊電子檔）



圖三：電子機械式追蹤系統所採用的軌道及攝影機搖臂
（圖片來源：THOMA 公司網頁）

（二）特點：

1. **精確度高且兼容性大**：因採用機械追蹤的方式取得目前攝影機的所在位置，故不會受場地、燈光、攝影機拍攝範圍等因素的干擾，而導致精確度降低，目前已經非常精準，其刻度密度如下：旋轉 360 度可達一百萬個刻度、上下（Tilt）已達 70 萬個刻度、鏡頭縮放（Zoom）有 4000 個刻度、焦聚（Focus）有 300 個刻度。因為精確度高，故其系統常與此系統搭配使用，故在兼容性上比其他系統大。
2. **拍攝範圍較不受限制**：只要電纜線可以達到的範圍，均可以進行拍攝，可拍攝藍板外的範圍，以鏡頭來描述整個場景的相關位置，通常可用來表現場景的壯闊及氣勢。
3. **攝影機的機動性較弱**：依照攝影機能否做位移上的變化，可分為腳架固定式及軌道移動式兩種。腳架固定式無法作位移上的改變，只能做鏡頭的左右、上下、鏡頭縮放的

變化；軌道移動式因攝影機是架設於軌道上，故受軌道範圍的限制，無法很自由的隨意拍攝，因此攝影機的機動性較弱。

4. **校正時間較長但延遲時間短**：校正過程較為複雜，且攝影機軌道移動過都需再經過校正，故所需的調校時間較長。而此系統因為直接採用機械運動產生的數據，故延遲時間較短，通常是一格影格（Frame）的延遲，此處指的是視訊延遲（Video delay）。
5. **多機拍攝時成本較高**：因每增加一臺攝影機的拍攝，則需新購一套追蹤系統，若採多機拍攝時，成本會迅速增加（黃鈴翔，2002），包括攝影機軌道（Rails）、滑車（Dollies）、搖臂（Cranes）、吸頂式活動攝影機（Ceiling mounted moving camera）。

二、網格辨識系統（The pattern recognition camera tracking system）

- （一） **原理**：在虛擬攝影棚的藍幕上，將已經過校正過不同粗細及間格的淺藍網格線，直接貼在藍幕上，這不同粗細及間隔的網格線，各自代表了在此平面範圍的座標位置，經由攝影機傳回電腦的網格畫面，與原本電腦內 3D 空間已設計好的網格線範圍，做位置、大小等不同項目的校正，當攝影機拍攝到網格線的不同部份，則可確定攝影機目前的位置、鏡頭的伸縮等不同的攝影機相關資訊（如圖四）。



圖四：網格辨識系統在藍幕前的現場拍攝及節目播出畫面

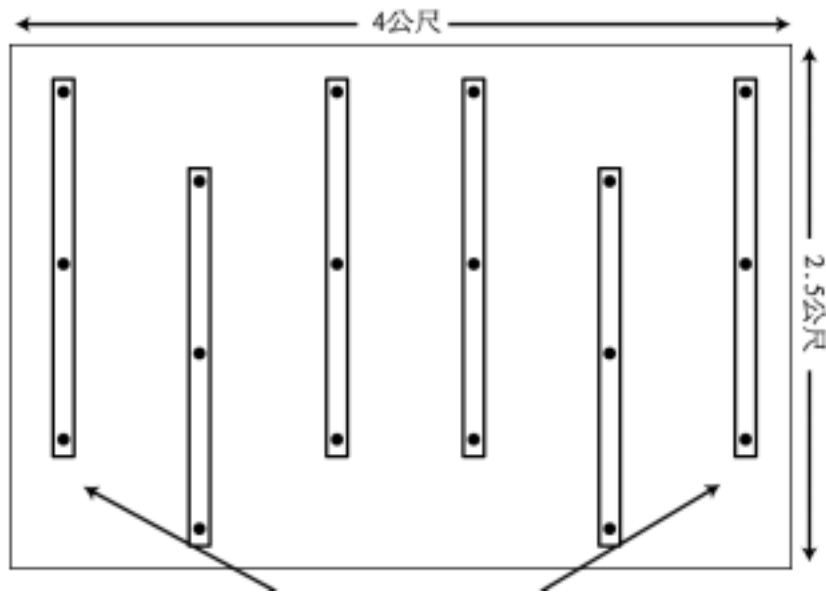
（二） 特點：

1. **攝影機的自由度大且價格效能比較高**：攝影機可以非常自由的移動及運鏡，可將攝影機採用手持式（Hand-held）、肩置式（Shoulder-mounted）、或是用攝影機吊臂（Crane）。相較於其他系統，場地的加大及攝影機的增加，都不需另購許多器材，故其價格效能比（Cost performance ratio）較高（ORAD 公司網頁）。
2. **校正時間短但延遲時間長**：因網格都是經過特別設計，故不需要做繁複程序的校正步驟，且更換及移動攝影機也不需要經過繁複的調校，故有校正時間短的特性；但因網格的計算過程較為複雜，故延遲時間較長，通常可達 2 至 4 格影格的延遲時間。
3. **拍攝區域受網格範圍限制**：鏡頭的拍攝畫面，網格所佔畫面的比例，必須有近三分之一左右，否則瞬間無法進行網格的定位，進而造成畫面跳動的現象。故欲採用特寫鏡頭時，可用不同攝影機的切換，以避免跳動現象。為彌補拍攝角度的不足，廠商遂開發出兩面及三面網格系統，三面網格系統攝影機旋轉範圍可達 270 度。
4. **較容易失焦且光源必須足夠**：因為採用網格定位方式，網格的部份須時時清晰可辨，故表演者有時會出現失焦的情形。然而在光源不足的情況下，攝影機容易產生網格辨識不易，進而造成資訊的失真。
5. **可用於戶外**：由於採用網格辨識的追蹤方式，所以只需要做網格的定位，即可進行拍攝，故此系統不受拍攝範圍、軌道等限制。為了方便攜帶，於是開發出縮小板的系統，例如虛擬告示板（Virtual billboard），可於其上呈現影像、圖片、表格等不同資訊。使

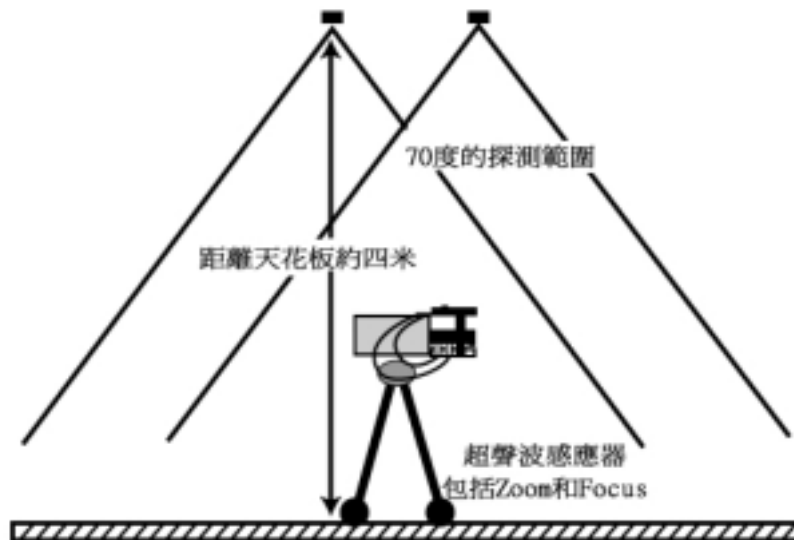
用方向以機動式的播報為主，例如可用於攝影棚外的氣象預報，將氣象局所提供的氣象衛星影像，於虛擬告示板上呈現，直接於戶外做氣象的解說。

三、超聲波追蹤系統 (Ultrasonic tracking system)

- (一) **原理：**在離地面約四公尺高度的天花板上，安裝專門設計的超聲波金屬桿，每個金屬桿均附有 3 個超聲波發射器，每個發射器均有其獨立的號碼以供識別，並以等距離間隔安裝（如圖五），故攝影棚的大小影響安裝數量的多寡，而每個超聲波發射器以接近 70 度的角度向下發射超聲波，進而探測安裝在攝影機上的感應器的移動距離及旋轉角度（如圖六），而攝影機內部的鏡頭縮放及焦距變化，則是採用電子機械式的追蹤系統進行追蹤（VINTEN 公司網頁），再將所有相關數據傳回至電腦做處理。



圖五：超聲波追蹤系統分佈狀況示意圖（上視圖）



圖六：超聲波追蹤系統探測角度與距離示意圖（正視圖）

(二) **特點：**

1. **精確度高：**在長寬各六公尺的場地內，誤差值不超過 1mm。
2. **攝影機的機動性較強：**在超聲波範圍內，攝影機可採用肩置式、手持式等方式進行拍

攝，不受軌道、腳架等限制（BRAINSTORM 公司網頁）。

3. **延遲時間短**：由於計算時間短，影像的延遲也較少，每秒約有兩格的延遲，聲音及影像的延遲過多，會造成影音不同步的現象。
4. **訊號受干擾的程度小**：訊號由超聲波傳送及接收，不易受現場燈光、道具等影響，且訊號可繞過遮蔽物傳送聲波，可大幅降低因為訊號接收不良，而導致資料不正確的機率（中科大洋公司網頁）。
5. **對人體及攝影機無傷害**：超聲波發射器發射微量的超聲波，並不會對人體產生傷害。

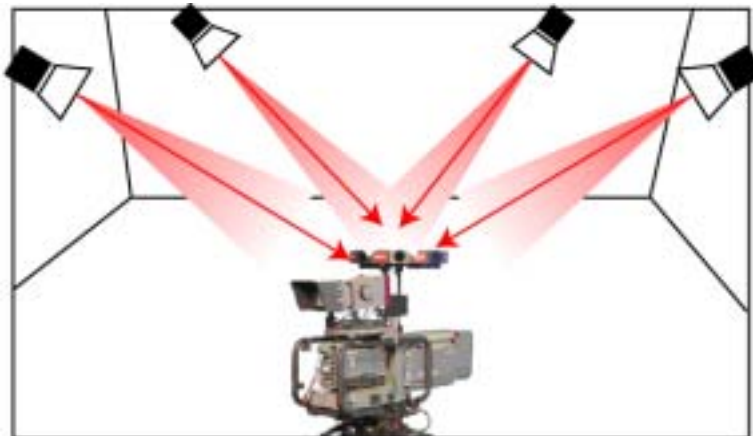
四、紅外線追蹤系統（Infrared sensor camera tracking system）

（一）**原理**：紅外線追蹤系統，依其追蹤方式的不同，可分為主動式及被動式兩種，主要差別是在攝影機上的追蹤資料的傳輸方式。

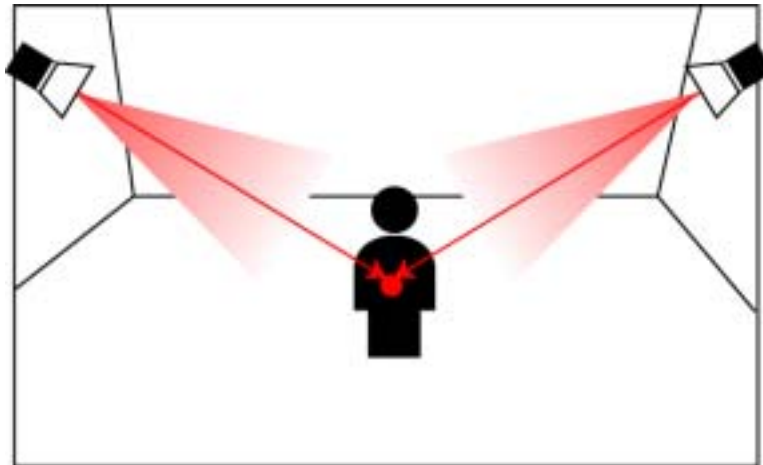
1. **主動式紅外線追蹤系統**，於攝影棚的天花板或牆面上安裝 12 至 15 個監視攝影機（Surveillance cameras），而攝影機上裝設有紅外線發射器（Infrared emitter），將數個發射器以圓形排列的方式，安置於攝影機上（如圖七），此系統之所以使用如此數量的監視攝影機及紅外線發射器，主要是要確定同時間內至少有兩個監視攝影機，可判讀三個發射器位置，如此可確定攝影機外部的移動及旋轉資訊（如圖八）；而攝影機內部的鏡頭縮放及焦距，則是由裝設在鏡頭的機械式解碼器（Encoder），負責傳送資料。採用同樣原理，將發射器置於表演者身上，只要兩個監視攝影機，即可用三角定位（triangulation）的方式，獲知表演者的所在位置（如圖九）。



圖七：攝影機及裝置完成的紅外線發射器
（圖片來源：XYNC 公司網頁）



圖八：主動性紅外線追蹤系統示意圖



圖九：追蹤表演者的主動性紅外線追蹤系統示意圖

2. **被動式紅外線追蹤系統**，則是紅外線監視攝影機探測反射點（Reflector）的所在位置，將紅外線接收器，架於攝影機上數根長短不一的金屬桿的尾端，因整組金屬桿已經過校正，各有其各自的相對座標，利用兩組紅外線攝影機固定頻率發射紅外線（約 50~60 Hertz），得知計算目前攝影機上數個紅外線接收器的的位置，進而得知攝影機的位移及旋轉狀況（如圖十），而鏡頭縮放及聚焦狀況也是採用電子機械式的追蹤方式。



圖十：被動式紅外線追蹤系統（圖片來源：THOMA 公司網頁）

（二）特點：

1. **攝影機的自由度大**：沒有軌道等限制，有 X,Y,Z,PAN,TILT,ROLL 六個自由度。
2. **可安置於表演者身上**；可在表演者身上佩帶紅外線發射器，進而得知表演者所處的深度位置，電腦遂計算出是否會被物件遮住。
3. **延遲時間適中**；約有兩格影格的延遲時間。
4. **可能對眼睛造成傷害**：因紅外線攝影機以固定頻率射出紅外線，當光線交織時容易產生眩光，可能對現場的主播及攝影師造成視力上的傷害。
5. **較易受現場燈光影響**：紅外線的發射及接收，有可能受現場燈光的影響，而造成資料不正確的現象。
6. **攝影棚大小及高度的限制**；攝影棚太大會造成監視攝影機大量增加，投資成本大幅增加；攝影棚高度過低，則追蹤角度會過於傾斜，造成追蹤上的困難。

肆、虛擬攝影棚的優點

隨著電腦中央處理器、顯示卡等資訊相關產品運算速度的大幅提高，即時的虛擬技術便成為當今電腦動畫領域的顯學之一，相關技術廣泛的應用於科學模擬、電玩產業、網路及多媒體等不同領域，而應用於電視傳播領域的虛擬實境，即為虛擬攝影棚。

為因應在價位及功能上不同的需求，虛擬攝影棚可分為入門級的 2D 及進階級的 3D 兩種不同系統，限於文章篇幅，本文以 3D 虛擬攝影棚為研究重點。然而虛擬攝影棚和傳統攝影棚的關係，就像數位相機與傳統單眼相機的關係一般，在真實度及質感上，雖然還達不到傳統的呈現方式，但隨著時間及科技的進步，差距正在快速的縮小，可預見的未來將可迎頭趕上並超越。相較於傳統攝影棚的搭建及運作模式，虛擬攝影棚具有如下的優勢：

一、有效率的空間利用及成本的大幅降低：

虛擬攝影棚可以搭建比實際空間大非常多倍的攝影棚，而且許多不同的場景可共同使用同一個場地，而不需要如傳統攝影棚般，若需共用同一攝影棚，則需要重覆的拆搭景片，且浩費龐大的景片存放空間來堆放舊景片，然而在經過長時間的使用後，虛擬攝影棚的經濟價值將充分顯現，使得製作時的場景搭建成本將大幅降低。

二、可搭建出傳統攝影棚無法建構的場景

一般搭建傳統攝影棚時，經費、場地大小、建材、施工技術及時間會影響場景的設計及搭建，而虛擬攝影棚不需要考慮這些因素，可天馬行空的設計傳統攝影棚無法搭建的場景，因此與電腦動畫的製作大同小異，唯一受限的是使用者的想像力，雖然目前虛擬攝影棚的成熟度還不夠，但可運用一些相關技巧來掩飾缺點，完成所欲搭建的場景。

三、場景修改容易

傳統攝影棚在景片已製作出來後，只能做極小幅度的修正，真要做到大幅度的修改，只有景片重做一途。而虛擬攝影棚全都是電腦檔案，因此在修改上極為方便，話雖如此，事前詳細的規劃及設計仍極為重要，勿因修改上的方便，而本末導置的等場景設計出來後，才做一連串的修改。

四、互動性強呈現嶄新的視覺效果

傳統攝影棚在景片設計出來後，往往只是將景片放在攝影棚的某一處，表演者與場景，幾乎沒有互動的部份。而虛擬棚則不然，可設計許多道具及場景與表演者發生互動，例如美伊戰爭時，許多使用虛擬棚的電視台，即採用非常生動的方式做沙盤推演，描述美軍的進攻方向、策略及使用的武器。

五、虛擬與真實的結合

除了即時合成現場真實的前景，與電腦虛擬的背景外，有些系統允許虛擬攝影機與真實攝影機做同步的互動及聯結，如此可巧妙地從電腦動畫較為誇張的運鏡方式，連接真實的運鏡，一般可用於節目的開場，或是片頭動畫直接進入現場錄影節目中，會讓人無法辨別真假。

六、重覆再利用性高

傳統攝影棚雖然有部分景片，在經過修改後可再重複利用，但重複再利用的部分，卻遠遠比不上虛擬攝影棚。虛擬攝影棚只需要一個藍色攝影棚，只要在錄影時間不重疊的情況下，它可容納無數個場景，而且場景的轉換只不過是開啓不同的檔案，故只需要幾秒的時間即可完成場景的轉換，可將 3D 場景中的各個模型與材質，儲存整理為專屬的檔案資料庫，當需要用到時只要

在場景中置入即可。

伍、虛擬攝影棚的限制及缺點

一、真實度有待提昇

虛擬攝影棚最常被指出的缺點，即是真實度不足的問題，癥結點在於目前即時運算速度的不足。畫面呈現主要倚靠繪圖卡的運算能力，不管是目前 OpenGL、Direct 3D，或是檔案支援格式（如 VRML2），其畫面呈現的真實度，均還未到達廣播級的水準，例如無法即時運算過於複雜的場景、無法支援高真實度的算圖方式（如 Raytrace、Radiosity）等。目前看到許多做的還不錯的虛擬攝影棚場景，其實是靠繪圖設計人員的巧思及經驗，以許多做假的方式來欺騙觀眾的眼睛，如假貼圖（包括材質屬性、光源、陰影、反射等）。新技術的出現及時間的等待，可能是目前所知的主要解決方式。

二、攝影棚大小的限制

虛擬攝影棚中，太大或太小都會衍生出不同的問題，長寬各勿小於 6 英尺，以方便表演者的活動及走位；面積則不超過 3000 平方英尺，否則隨著場景的加大，在經費的需求及使用上的困難度都相對增加。例如紅外線追蹤系統，當涵蓋範圍越廣，為確定有足夠的資訊判定攝影機的旋轉狀況，監視攝影機則需要更多，如此會使得原本已屬高價位的虛擬攝影棚，在採購的預算上更顯龐大。

三、表演者人數的限制

人數的多寡也會影響虛擬攝影棚的使用，當在攝影棚的表演者人數超過 15 人，則在光源的配置上，易因表演者交互重疊，造成因色階過多，導致無法將藍色的背景乾淨的去除，造成後續工作，如影像合成等困擾，而且因人數眾多，會對網格辨識系統造成判讀上的問題。

四、錄影耗費時間長

在虛擬攝影棚錄影之前，現場的表演者、攝影師、場景設計、導播等人員，都需要熟悉整個虛擬的場景，尤其是互動性越高的節目，因為現場全都是藍色，為避免穿幫現象及與虛擬場景互動的自然程度，愈需要一再事先的彩排，尤其是表演者，所以錄影時間會比一般節目多出許多。

五、直覺性較差

在傳統的攝影棚錄影時，所見即所得；在虛擬攝影棚錄影時，現場雖然可以從螢幕中看到合成的結果，但表演者無法一直觀看合成的畫面，以免眼神表情不自然，若不再參考畫面上的位置，又容易產生穿幫的現象，雖然可以在虛擬棚的地板及牆面作記號，有些系統甚至提供虛擬提示燈（Virtual prompt light），但使用的直覺性上，仍比不上傳統攝影棚。

陸、如何提昇目前虛擬攝影棚的真實程度

虛擬攝影棚以目前的技術雖還不能與已經算圖（Render）過後的電腦影像媲美，但隨著中央處理器速度的提昇，繪圖運算卡能力的加強，可以預知未來電腦即時計算的能力，將超越目前經由後製算圖的影像品質。而在此階段，可運用以下方式提昇真實程度。

一、運用已製作好的燈光材質作假貼圖

由於即時計算能力的提昇，還需要時間及技術的醞釀才能達成，目前可運用 3D 動畫軟體，先將場景中的畫面經由事先算圖，將材質、燈光都算成一張張的貼圖（可運用 Raytrace、Radiosity 等不同算圖方式），再將已經過運算的材質，貼於虛擬攝影棚的場景中，如此則可降低即時運算

的計算量，並有效率的提昇整體的質感。

二、運用局部的真實場景道具

如電腦動畫一般，在質感無法完全擬真實，可運用局部真實的物件（如盆栽、字畫、主播台等），混淆觀眾對於真實物件及虛擬道具的辨識程度，如此可讓真實度提高許多。

三、燈源及色溫的一致性

目前所見的虛擬攝影棚，常有現場人物與場景不是非常搭配的現象，其實仔細探究，常常是虛擬攝影棚與現場攝影棚在色溫及燈源的方向性不一致所造成，可行的做法是在現場表演者的後方打一盞色光（虛擬棚電腦背景的主色調），亮度雖然不是很亮，卻讓虛擬攝影棚與現場產生顏色上的互相渲染的效果，用以模擬真實光源在環境中的反射現象。冷光（Cold light）是較被建議的光源，因為冷光照明均勻、陰影柔和、較不會對前景物體反射藍色、且長時間的錄影不會讓整個攝影棚溫度非常酷熱。

四、陰影效果的產生

陰影是在日常生活中最常見，也最不被注意的部份，陰影可讓人物產生重量感及立體感，而不會產生人物漂浮在場景中的不真實感，在虛擬攝影棚產生陰影有以下兩種方式：

（一）真實陰影（Real Shadow）的產生

現場的燈光各有其獨特的屬性及目的（如主光源、邊緣光、背光等），通常是用主光源產生陰影，再調整 Keyer 的 Level，將主播即陰影一起 Key 出來，即可得真實的陰影，重點是降低光源的互相影響程度，以免陰影無法產生。

（二）虛擬陰影（Virtual Shadow）的產生

有些虛擬攝影棚軟體，有支援虛擬陰影的功能，所以主播或現場的道具等，可以在虛擬的場景及虛擬的物件上產生陰影，而不僅止於地面上產生陰影。

五、景深效果（Depth of field effect）

在一般攝影棚錄影時，若場景夠大則可在畫面上呈現聚焦（Focus）及失焦（Defocus）的效果，有景深的場景可讓表現主體明顯，且畫面層次更顯豐富（VIZRT 公司網頁）。而虛擬攝影棚在拍攝的前景及電腦送出的背景，往往畫面都過於清晰，以致於真實度不夠。有些追蹤系統可提供焦聚變化的選項，即時就可看到景深的變化；另外一種常用的方式就是將電腦送出的畫面，在算圖時即將景深部份一起計算，或用影像處理軟體將較遠的部份處理成模糊化的影像、降低色彩飽和度、降低明亮程度，以模擬真實景深的效果。

六、反射效果（Reflection）

當靠近反射程度高的材質時（如大理石、鏡子、金屬），會產生物體的反射，在虛擬攝影棚產生反射的效果有以下三種方法：

（一）軟體本身提供

有些軟體為了產生即時的反射，而將現場的影像，以鏡射的方式當成虛擬物件的材質。

（二）使用透明反射的真實材料

為了取得現場立即影像的反射部份，常見將透明且具有反光性的材質（透明塑膠片、透明壓克力），鋪於地板或牆面，如此可馬上獲得現場人物或物件的倒影，在用此種方式取得反射時，需花費較多時間於燈光的方向及角度，以及 Chroma key 的微調。

（三） 使用動態材質及假貼圖

可將貼於物件上貼圖處理成動態材質，如此可模擬一些反射的效果（如黑白漸層可用來做金屬的光澤變化）；或是直接將立體場景以算圖的方式，將反射、折射等無法即時計算的部份，計算成一張張貼圖，貼於現場的 3D 立體模型中。

七、完美的藍幕（Blue screen）設計

爲了取得最佳狀況的 Chroma key，現場攝影棚的搭建也有許多應注意事項：包括油漆的選定（有特殊不反光的專用漆）、牆面之間圓角的角度（PROCYC 公司網頁），或是委託專業廠商搭建。

柒、選擇虛擬攝影棚應考慮的要素

選擇追蹤系統時，應針對應用需求考慮有哪些部分是必須的，目前爲止沒有一套系統可涵蓋所有的優點，以下是選擇虛擬攝影棚時必須考慮的要素：

一、精確度

尤其是特寫鏡頭，更能顯出精確程度的重要性。目前精確程度最高的可算是電子機械式（Electromechanical sensors），例如它可達到旋轉 360 度，高達一百萬個刻度的準確度。

二、資料傳遞及更新速度

當節目的節奏較快速時（如電玩或即興節目），鏡頭常會做快速的運鏡，此時若虛擬攝影棚資料更新不夠快速，則會產生拍攝的前景與電腦產生的背景不同步的現象，導致表演者或物件在場景中產生漂浮及滑動的現象，一般至少要達每秒 60 次的資料更新。例如電子機械追蹤系統不像網格辨識系統需要較爲複雜的計算過程，故資料傳輸速度更爲快速。

三、價格效能比

2D 及 3D 的虛擬攝影棚價格相差非常多，追蹤系統也是如此，例如電子機械式追蹤系統每增加一臺攝影機，就要增加一套追蹤系統，網格辨識系統則不需添購太多設備，每一套設備均有其優缺點，確定所要達到的目的及效果，再考慮何者符合操作及成本需求。

四、攝影機的自由程度

攝影機的自由運鏡，常可爲電視畫面帶來不同的視覺效果，不同的追蹤系統，在攝影機的自由程度也有所不同，現今電視節目攝影機多固定在原地，只有旋轉（Pan、Tilt）及鏡頭的變化，而沒有位移上的變化，僅有少數攝影機做位移上的變化（如肩置式、攝影機吊臂等），因此攝影機的自由程度，會在價位上有不少的差距，建議採用混合搭配的方式，一方面可降低採購預算，一方面又可展現攝影機的自由運鏡方式。

五、支援市場上的主流規格

應能支援大多專業攝影機、鏡頭等攝影相關設備，否則將因相容性問題被主流市場所淘汰。

捌、虛擬攝影棚的未來發展方向

目前虛擬攝影棚發展的兩種方向，與電腦動畫的發展雷同，一爲模擬真實，力求真實度能達到肉眼難辯的程度；一爲創造虛幻，無限擴展人們的想像空間。

一、即時的虛擬角色與互動部分的增加

目前的虛擬攝影棚的已廣泛的使用動作擷取系統 (Motion capture system)，來產生虛擬角色的動作，但因受限目前影像即時運算的限制，所產生的虛擬角色精緻程度還不夠，所以有些採取後製算圖的方式，將虛擬角色運用於虛擬棚，但其中所耗費的時間及人力相當可觀，且無法針對目前正在發生的事件，做立即的反應。但未來可望看到足以擬真的虛擬角色以即時的方式參與配合節目的演出。

二、虛擬出席

在未來可望將攝影機追蹤系統的資料，經由衛星或網路的資訊傳輸，與虛擬棚產生現場的即時互動，故身處不同地的主持人與來賓，可於虛擬攝影棚非常自然的交談等互動。

三、真實度的提昇

科技的快速進步，讓目前虛擬攝影棚真實度不足的問題，可望在未來的數年內被解決，廠商已陸續開發出可支援到高畫質電視甚至電影的虛擬攝影棚，

四、應用範圍更廣

目前已廣泛的運用在體育賽事、新聞、氣象播報、音樂、電玩及兒童節目，隨著科技的快速進步，更為複雜的即時互動將被運用在虛擬攝影棚中，為了有效降低場景搭建費用、節省大量後製處理時間、以及提高拍攝時的準確性，未來可望用於電視節目、廣告、音樂錄影帶及電影的製作，以及大型戲劇節目及舞台劇的應用。

五、普遍性的提昇

虛擬攝影棚雖然只有幾年的歷史，價格效能比也在快速的提昇中，例如等級較低的入門級 (Entry level)，價格從幾年前的 50 萬美金，到今日的 10 萬美金左右，且功能更形提昇，因為價格效能比的快速提昇，會造成普遍性的大幅提高，一般中小型的製作及傳播公司也將陸續採用。

六、跨越國界的場景設計

由於整個場景設計以數位的方式完成，故場景設計人員可藉由一般的 3D 動畫軟體，如 Maya、3D Studio Max、Softimage | XSI 等套裝軟體，即可完成整個場景及物件的設計。檔案可經由光碟片等方式儲存及複製，更方便的是可經由網路傳輸的特性，傳送及修改檔案。尤其是當虛擬攝影棚即將普及化之時，許多公司為尋求最專業的設計、及降低公司內部的人事成本，會將整個設計部份委外處理。國外目前已有有些專業設計公司，開始以跨國接案的方式承攬業務。

玖、結論

虛擬攝影棚的發展，與網路產業有許多相似之處，他們歷經了快速的成長期展露鋒芒，公司與技術的合併期，到目前的蟄伏期，他們是未來的明星產業，等待的是歷經時間的洗鍊，與技術的再次革新。相較於美國、日本的動畫製作環境，有電影工業及大型電玩產業，而韓國有政府的大力扶持，在此種資金、人才及技術高度密集的國際性競賽中，台灣的動畫學習及製作環境相對十分艱苦，身為台灣動畫設計的人員，除了持續於專業領域專研外，更需注意產業及趨勢的潮流，跨足相關領域，尋求新的製作方向及流程。以傳播領域為例，許多數位視訊設備的整合與簡化 (包括虛擬攝影棚)，將讓傳統的節目製作方式，在未來將產生重大的衝擊及轉變。從前期作業的拍攝剪接、後期作業的視覺效果處理、聲音控制以至於整個節目的播出，都朝向一人化的作業模式。虛擬攝影棚是未來發展的方向之一，也是本人未來研究方向的第一步。

參考文獻

中科大洋公司網頁；<http://www.dayang.com.cn>

中科大洋使用手冊電子檔

黃鈴翔（2002）：〈虛擬攝影棚追蹤技術探討〉，《數位視界 2002 年七月刊》。台北：國立臺灣師範大學圖文傳播研究所研究生。

蕭明（1999）：NAB SHOW VR（虛擬實境）報告。台北：公共電視。

Moshkovitz, Moshe（2000）. The Virtual Studio Technology & Techniques.

BRAINSTORM 公司網頁：<http://www.brainstorm.es>

ORAD 公司網頁：<http://www.orad.co.il/>

PROCYC 公司網頁：<http://www.procy.com/main.htm>

THOMA 公司網頁：<http://www.thoma.de>

VINTEN 公司網頁：<http://www.vinten.com/en/>

VIZRT 公司網頁：<http://www.vizrt.com/>

XYNC 公司網頁：<http://www.xync.com/>