

應用非即時算圖技術提昇虛擬攝影棚之影像品質

李振棠^{1*} 鐘世凱²

1：國立台灣藝術大學多媒體動畫藝術研究所研究生

2：國立台灣藝術大學多媒體動畫藝術研究所助理教授

摘要

隨著高畫質電視及數位電視時代的來臨，未來電視節目將更能呈現細微的光影及材質，虛擬攝影棚的適時出現，提供了許多節目製作的新方向，它成爲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，充分結合了最新科技及藝術，也改變了傳統節目製作及畫面呈現的方式。雖然它解除許多製作節目的限制，然而畫面品質的提昇，仍是目前虛擬攝影棚首先必須克服的難題。由於受限於電腦即時運算的能力，往往爲了良好的執行效能而犧牲畫面品質，然而畫面品質的提昇方式，除了等待軟硬體的效能提昇外，非即時算圖方式是一個相當值得研究的方向。

本研究以虛擬攝影棚的原理及相關技術爲基礎，分析及研究以非即時算圖的方式，進行提昇製作品質爲研究範疇，期望能對於國內的學界及業界有所助益。

關鍵字：虛擬攝影棚、非即時算圖、數位製作、光影、材質。

Applying Non-Real-Time Rendering to Improve the Image Quality of Virtual Studio

Chentang Lee¹ Shih-Kai Chung²

1：Department of Multimedia and Animation, National Taiwan University

2：Department of Multimedia and Animation, National Taiwan University

Abstract

With the coming of HDTV and digital TV, TV programs will have subtle light and texture in design of the content. The coming of the Virtual Studio has recently become one of the most developmental digital products, which not only offers a new direction for many TV programs to be designed, but also combines the arts and the new technologies to make it more efficient and easier to create a scene that is difficult to make it happen by traditional methods. However, there is a critical problem needed to be solved for using Virtual Studio in creating TV contents - the improvement of the image quality of the scenes. The reason is the performance limitation of computing hardware available. In order to get better production efficiency, most of the time the designers will have sacrificed the image quality of the scenes to ease the computation load. Thus, except for waiting for the advancement of the software and hardware, using non-real-time rendering provides a new direction of study in this field.

* 多媒體動畫藝術研究所研究生 地址：板橋市大觀路一段 59 號 TEL：02-22722181
E-mail：kyle@mail.ntua.edu.tw

The study is based on the theory of Virtual Studio and other related technologies. The possible non-real-time rendering technologies are analyzed and then integrated to the production pipeline to improve the image quality of a Virtual Studio. This study is expected to be helpful to the groves of academe and industrial markets.

Keywords : Virtual Studio, non-real-time rendering, digital production, lighting, texturing.

壹、緒論

隨著電視畫面品質的提昇，未來高畫質的節目將可看到更細緻的材質及光影變化，傳統節目製播的流程及方式也必須改變，以符合現在及未來趨勢。然而目前的虛擬攝影棚雖然呈現新的錄影製播方式，但影像品質還有相當大的進步空間，好的節目構想及企劃，必須有好的技術及品質作為基礎，本篇論文以最高階的即時運算 3D 虛擬攝影棚為研究目標，除了更深入了解國外最新的虛擬攝影棚技術外，另外以非程式設計的方式來研究如何提昇影像品質。然而所能參考的相關文獻相當稀少，因為最新的相關技術，幾乎都環繞在軟硬體的開發與新的理論架構，幾乎沒有從其它角度去探討如何讓整個虛擬攝影棚呈現更完美的相關研究，而且虛擬攝影棚的使用者，大多只應用軟體所提供的功能設計場景，鮮少嘗試其他的可能性。由於台灣在這方面的研究相當稀少，期望能累積這方面的相關研究，以開創嶄新的運用方式，甚至引導相關技術的開發。

貳、研究架構

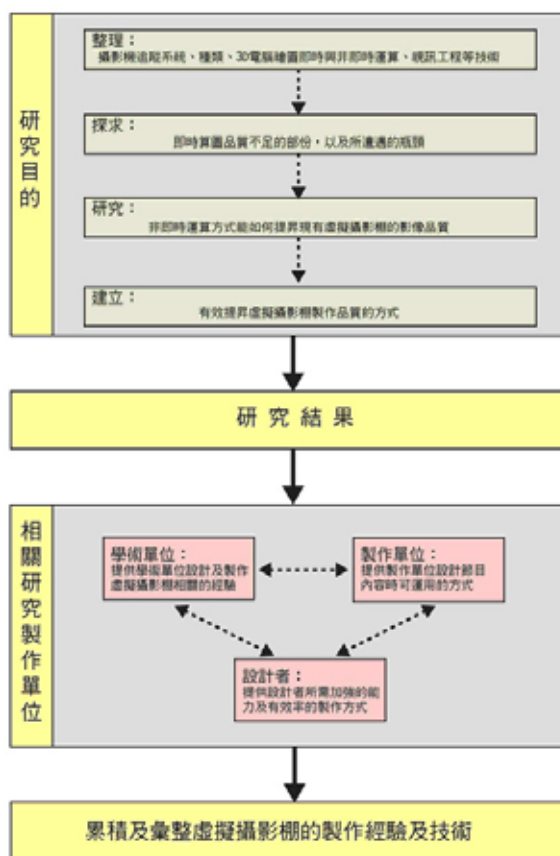


圖 1：研究架構圖

本研究在整合出一有效改善現有虛擬攝影棚之影像品質的作法，研究架構如圖 1 所示。研究首先整理虛擬攝影棚相關之運用及 3D 電腦繪圖畫面即時與品質提升的技術，透過文獻的整理與虛擬攝影棚實務的操作，探討出目前虛擬攝影棚影像品質所遭遇的困難，進行影像品質提昇的研究，並整合出以非即時算圖技術為架構之改善影像品質作法。

研究目的溯源自作者虛擬攝影棚實務操作所遭遇之瓶頸，透過業界製作單位與設計者實務上的探討，歸納出研究的主要方向與可行的作法。最後研究之結果再與學術、製作單位與使用者進行整合，以期彙整累積虛擬攝影棚的製作經驗及技術。

參、文獻探討

一、即時運算基本原理

由於負責虛擬攝影棚即時運算的部份是 OpenGL，在應用時必需對它有一定程度的瞭解，才能達到最佳的效率。OpenGL 並非程式語言，它的前身是視算科技的 IRIS GL。OpenGL 是一種應用程式設計師介面 (Application Programmer's Interface, API)，它的正式定義是繪圖硬體的軟體介面，目前是即時 3D 繪圖的業界標準，OpenGL 是程序式 (Procedural) 而非描述式 (Descriptive) 的繪圖 API。程式設計師不需描述場景，而必須規定出達到外觀某個特定效果的步驟，這些步驟就是對整套 API 的呼叫，其中包含了可攜性極高，超過 200 個指令與函數，這些指令可畫出點線面等基本圖形，也支援燈光、陰影、材質貼圖、混合、透明度、動畫以及其他許多特效。基本上它是 3D 繪圖的模型程式庫，它提供許多包裝好的功能函數以供呼叫，既迅速又可移植 (Richard Wright, 1999)，可廣泛的運用在許多不同層面。

二、光源與模型表面的相互關係

在即時運算的環境下，光源主要用途是提供照明，擬真的程度並不是很好，主要是軟硬體的设计上為了達到即時計算的要求，基本上所採取的都是區域照明 (Local Lighting) 的方式，光源照射到模型表面後就直接進入經過剪裁的矩形投影平面，而不去計算光源的能量在不同表面的反射。然而在真實環境中，有許多的光源來自物體表面的反射。要更精準呈現全部的光源時，我們會採用全域照明的方式。全域照明時，光源照射到模型表面後，光子會在具有反射能力的材質表面進行反射，直到衰減至難以計算，最後才進入攝影機。由於全域照明的燈光模擬方式，可大幅提高真實程度，但是對於目前的軟硬體而言，還是需要經過非即時的算圖著色方式才能完成。

OpenGL 支援四種基本光源：環境光源 (Ambient light)、點光源 (Point light)、聚光燈 (Spotlight) 與方向光 (Direct light)，並且允許使用至少八個光源。因為材質的屬性不同，燈光與材質表面之間的關係主要分成三大類：反射表面 (Specular surface)、散射表面 (Diffuse surface) 與半透明表面 (Translucent surface)。Shading 是計算物體表面亮度及顏色的程序，OpenGL 主要採用了三種不同的模式，包括以面為計算單位的 Flat Shading、以頂點為計算單位的 Gouraud Shading 和使用頂點內插法以像素為計算單位的 Phong Shading。

燈光在真實及虛擬場景中都是相當重要的部份，它除了照明的作用讓我們看見物體及顏色之外，它的亮度、顏色、強度、照明範圍、燈光分佈等不同因素，會對整個場景的氣氛營造造成戲劇性的變化，除了要瞭解真實燈光的效果外，也需搭配藝術家的美感及所需要的技巧，才能讓整個場景所呈現的效果，

達到預定的目標。

頂點(Vertex)是模型的最小單位，它可同時具有燈光、顏色及透明度的屬性，頂點燈光(Vertex lighting)是模仿燈光效果的方法之一，頂點的數目愈多，燈光效果愈準確，但所需的模型面數更多。模型頂點的數量與分佈，對於光源品質有直接的影響，頂點越少則越不能呈現燈光真實的照明效果，頂點越多則燈光照明效果越準確。當照射角度小，表示光源與點的法線接近平行，則因直接照射而使得點被照亮，反之照射角度大，表示光源與點的法線接近垂直，則點呈現未被照亮的陰暗狀態。

個別像素照明方式(Per-Pixel lighting)是針對畫面中的每一個像素來作色彩處理，而像素是螢幕顯示的最小單位，個別像素照明方式比頂點照明方式的燈光效果更為精準，已可大幅提昇即時算圖的品質，但伴隨而來的代價是它會消耗相當多的記憶體及中央處理器效能，電玩製作常採用個別像素照明方式及頂點照明方式這兩種方式的混合模式。現今即時運算的材質部份已陸續採用個別像素照明方式，例如法線貼圖(Normal maps)就是採用個別像素照明方式，虛擬攝影棚也將陸續採用這種照明方式。

三、畫面品質與效能的最佳化

即時運算的首要考量要素有兩點，分別為材質記憶體的與中央處理器的承受能力與極限，在確定極限之後，盡可能的找出整體效能的最佳化，目前的即時運算速度不停的提昇，但是對於模型面數與材質大小還有許多限制，所以在電玩遊戲製作及虛擬實境部份，往往為了執行速度而犧牲畫面品質。然而虛擬攝影棚除了畫面更新速度要達一定程度之外，因為是主要的播出平台是電視，就必須至少達到廣播級的品質，才能為市場所接受。若在不超過硬體負荷，又想要超越目前即時運算品質的極限，除了軟體功能的增強外，如何竭盡所能運用美術設計的方式來達成，則是另一種思考及製作方向。

虛擬攝影棚的效能考量與一般的線上遊戲不同，遊戲製作時常要設定較為低標準的硬體執行效率為測試平台，因為大多數使用端個人電腦的配備並非都是頂尖產品，包括顯示卡、中央處理器、螢幕解析度、網路頻寬等因素。然而虛擬攝影棚與大型遊戲機台的硬體考量方向類似，由於只需考量單機執行的最大效率，可採用當前可取得最新最好的各種硬體設備及技術，現今的硬體廠商無不致力於提昇硬體的效能及即時運算速度，然而目前最常採用的方式仍為支援一層的貼圖方式，不像目前主流的3D繪圖軟體可提供多層次的貼圖方式，包括顏色、透明度、反射、凹凸貼圖等許多部份都可用貼圖的方式，再經由算圖方式達到擬真的效果。硬體效能的再提昇，讓影格更新速率(Frame rate)達到正常播放速度，則可讓目前許多需要經由算圖的影像，例如多層次的貼圖方式，未來可以即時運算的方式，呈現同樣的效果。

材質貼圖大概是過去十多年來，電腦繪圖界最大的進步之一。當貼圖紋理指定給幾何模型時，是把一個二維的圖形包覆在三維的模型上，將紋理用包覆或投射的方式貼圖到模型上。單純運用高面數的模型來產生光影效果，用以模擬真實的物件，除了效果不好之外，也同時造成硬體的不必要負擔。充分的運用材質對應(Texture mapping)的方式，將木紋等不同材質的影像加諸於多邊形上，除了可大幅降低多邊形的面數外，更可提高真實程度，然而硬體在即時運算的材質貼圖有記憶體的容量限制，超過限制會產生Texture Swapping的現象，影響即時運算的效能。

UV是幾何模型上的貼圖座標，U及V是簡單的參考點，用0到1來定義U及V的紋理空間，經由模型與貼圖軸上點的對應，達成幾何模型的貼圖。然而在把材質影像畫到多邊形上之前，我們必須先定義該影像，OpenGL標準中要求材質影像的長寬必須是2的整次方，2、4、8、16、32、64、128、256、

512、1024、2048、4096 等。

爲了減少材質記憶體(Texture Memory)的負擔，使用具有重覆性的連續貼圖，是最簡便且可有效降低材質記憶體的負擔，這種可重複拼貼的方式也常稱爲無接縫貼圖(Seamless Texture)，如何避免規律的貼圖造成視覺重複不自然的現象，連續貼圖的紋理需比較沒有特性，因爲特定的紋理會在拼貼時會非常明顯。降低及隱藏重覆性是使用連續貼圖時非常重要的觀念。

製作好的材質可依照 UV 的軸向，做重複(Repeat)或鏡射(Mirror)兩種連續貼圖的方式，採用這種貼圖的好處是可使用一小塊的貼圖紋理，涵蓋到非常大的面積，例如地板、牆面、草地等具有重覆性質的材質(如圖 2)。



圖 2：連續貼圖的應用

四、模型與貼圖的相互搭配

在即時運算的虛擬攝影棚，模型面數與材質貼圖有一定的限制，然而模型面數的多寡取決於相當多的因素，包括 Polygon 的大小、點線面數的數量、物件透明度、燈光的數量等。

爲了減少貼圖材質的變形與扭曲，模型的投影貼圖有以下常用的方式(如圖 3)，包括平面貼圖法(Planar mapping)、箱型貼圖法(Box mapping)、圓柱貼圖法(Cylindrical mapping)、球型貼圖法(Spherical mapping)。在比較複雜的一體成型的模型會同時採用多種投射貼圖的方式(如圖 4)。

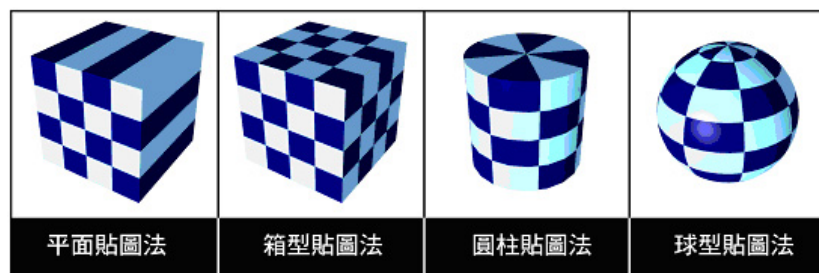


圖 3：投影貼圖常見的方式

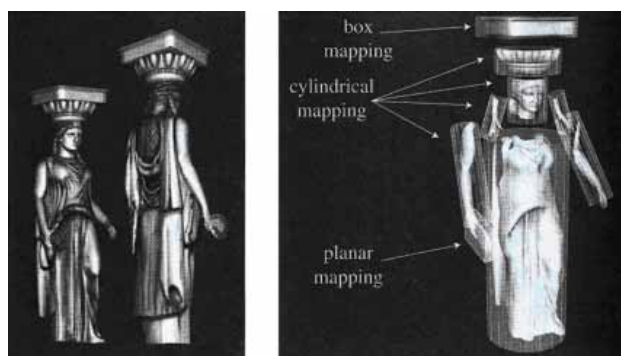


圖 4：多種投射貼圖方式的綜合使用

圖片來源：Tomas Akenine-Moller & Eric Haines, 2002

在材質記憶體有限制的即時運算環境，如何有效率的運用材質貼圖是非常重要的事，依照幾何模型的重要性及可視程度決定貼圖的大小，越重要的或距離鏡頭越近的部份，可運用更高的模型面數與更精細的貼圖，然而模型與貼圖之間的互相搭配也是非常重要的部份，運用預先設計好的網格，可在製作模型階段就發現網格的排列是否產生扭曲現象，盡可能保持幾何物體為平均分布的網格狀，否則會增加貼圖編輯及打燈的困難度，也盡可能降低貼圖的扭曲與變形，保持貼圖與模型形狀的一致性，任意三個不共線的頂點能決定一個三角形及所在平面，軟硬體通常在支援三角面型態，其著色速率及正確性遠比多邊形所構成的面好的多，在建構多邊形模型時，儘量有規律的建構模型，避免網格不必要的扭曲現象，建構一致性的網格面可使燈光效果更趨近自然燈光效果的一致性。

OpenGL 在即時運算方面只能提供到 Gouraud Shading 的算圖方式及效果，所以模型表面會呈現明顯的多邊形，當邊線遇到頂點時，它們可有共用或不共用頂點法向量，這可造成多邊的不同表面特徵。若是輸出的模型共用頂點的法向量 (Vertex Normal)，OpenGL 則會運用內插法計算出 Phone Shading 般平滑的多邊形表面，若未共用頂點法向量則因每個頂點都有四個不同的頂點法線，則可明顯呈現多邊形刻面的構成狀態。

五、陰影的呈現

陰影的呈現對於場景中物件的空間配置關係，有著極佳的註解。在虛擬攝影棚的應用中，多數需倚賴前景、背景的影像合成(Image Composition)，而前景物件陰影的呈現，對於前景、背景的聯結便有甚大助益。然而高畫質的陰影，如柔邊化的半影效果，在電腦繪圖學來說，通常需藉由全域照明(Global Illumination)來達成，而這類的打光照明方式意謂著昂貴的計算資源消耗。針對即時運算的柔化陰影，Hasenfratz 在其研究論文(Hazenfratz, 2003)廣泛的探討各式的陰影計算方法。Laine et. al. (Laine et. al., 2005)更以改良簡化的光跡追蹤方式，成功的快速計算出高畫質的柔化陰影。

縱然即時的柔化陰影計算方法已日趨成熟，但這些作法或有其應用的限制，而所謂的”即時”通常意謂著僅限於陰影的計算，對於虛擬攝影棚的應用則有其限制，因為虛擬攝影棚的製作與運用涉及多方面的電腦繪圖運算，不可能一味地追求陰影效果而犧牲其他重要的畫面效果。

肆、研究方法

一、研究對象

虛擬攝影棚有 2D、2.5D 及 3D 不同的種類，由於 2D 及 2.5D 的技術門檻較低，為了使研究更具價值，遂選定 3D 即時運算的虛擬攝影棚為研究對象，然而虛擬攝影棚這方面的研究，卻集中於軟體及硬體效能的提昇，鮮少研究以其他的方式來提昇影像品質，故本篇論文以應用及研究非即時算圖方式，提昇虛擬攝影棚影像品質為研究的對象。

二、研究方法與設計

整個研究方法與設計，可分為兩個主要的階段：

(一)、資料收集與整理階段

由於虛擬攝影棚是運用新的科技呈現方式，與其相關的專業領域相當多，故在研究初期大量收集及整理許多與虛擬攝影相關的文獻資料，包括資料如下：虛擬攝影棚相關技術理論的研究、即時運算的原

理與限制、非即時運算的原理與應用、攝影機追蹤系統、虛擬實境、數位電視與高畫質電視、電視工程、即時電玩遊戲。

由於研究者本身服務於電視台從事動畫設計及製作方面的工作，於是就近請教許多相關領域的專業人士，包括製作單位、研發廠商的系統工程師、電視工程人員、電玩遊戲製作人員等，並從其中獲得許多相關專業知識與經驗。整個研究的重點環繞在即時運算技術與非即時運算技術兩個主要的主題上，由於這些部份需要許多技術及觀念的輔助，在整理相關的文獻時，運用相當多方面不同的資料，以期獲得最新最正確的資料，例如運用網路討論區可得到許多相關使用者的非正式資料，其中不乏一些值得參考的建議。

(二)、理論的運用及實作階段

在資料的收集與整理階段，整理出可提昇影像品質的非即時運算方式，進入研究實作及驗證的部份，研究者從歸納的資料中，以研究觀察及實作的方式，驗證方式或原理的可行性及結果的正確性，研究過程中若有疑慮的部份，則直接與相關的專業人士以電話或網路直接討論，以降低研究的偏差與錯誤。

伍、研究分析

虛擬攝影棚若能產生更多細膩的真實度，將有助於提高被接受度，有許多小方法可以改善畫面品質，為了有效率的研究，遂採取直接定義研究範圍，針對主要的方式做研究，包括陰影效果、即時反射、頂點色彩、烘焙紋理、透明貼圖的運用、繪製貼圖及真實照片的運用，六項主要研究範圍。

一、陰影效果的處理

光源因為有方向性而產生亮部與暗部的視覺立體感，即時的陰影效果，可讓 3D 模型產生重量感與立體感，若無陰影產生的場景，會產生模型之間並無實際接觸的滑動或漂浮感。而光源的距離與方向，決定了影子的形狀與大小，就視覺上的效果來說，一個不完全正確的陰影效果，比完全沒有陰影產生的場景真實度更高。

一般來說，影子分為全陰影（umbra）和半陰影（penumbra）。全陰影具有明顯的邊緣線，是被物體遮住，完全不受光源的照射，所以顏色最為黑暗；半影則會因為光量的不同，而產生由暗到亮不同色階的漸層，色階越多表示陰影越柔和。在真實世界中，由於光源都有不同的尺寸，因此能產生比較柔和的陰影，而且光源的尺寸越大，陰影越柔和（如圖 5）所示，有些區域完全位於陰影中，有些區域則位於部分陰影中。

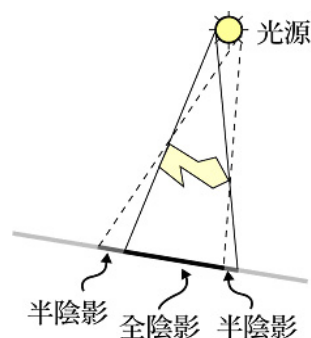


圖 5：具有尺寸的光源所產生的陰影

現在的軟硬體技術要做到即時運算的陰影，若場景中有許多模型都要產生陰影，則相當的耗費系統資源，所以虛擬攝影棚軟體採取以指定模型的方式產生陰影，只針對較容易被注目的模型產生陰影，以減輕系統的負擔，然而所產生硬邊的陰影 (Hard-edged shadow) 真實感並不足夠，雖然即時運算的柔化陰影 (Soft-edged shadow) 效果 (Hasenfratz et. al. 2003, Laine et. al. 2005) 的研究已有相當成效，但與現有軟硬體作直接有效的整合，則尚未見諸於虛擬攝影棚的應用。一般程式設計常採用三種製造陰影的方式：Stencil buffer shadowing、Projected textures、Shadow maps (depth map)。為了解決陰影問題，本研究運用了以下三種不同的非即時運算的解決方式：

(一)、運用燈光群組產生柔邊陰影

可運用多盞水平位移的燈光群組，以模擬一個有尺寸的光源，每一個光源都產生硬邊的陰影，當數個光源的陰影重疊時，可產生陰影的色階，仿如陰影的柔邊 (如圖 6)，理論上燈光數目越多，所產生的陰影效果越柔和，但受限於 OpenGL 的燈光限制，最多可同時使用 8 盞燈光。

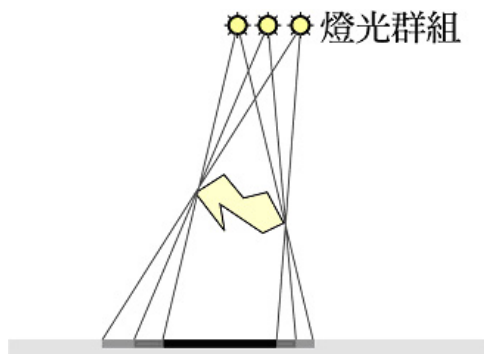


圖 6：運用燈光群組所產生的陰影色階

(二)、以透明貼圖製造假陰影

在程式設計時，會採用將物體壓扁成平面的方式，模擬陰影的產生，然而在即時著色的環境中，也可以用類似的原理模擬陰影的產生，步驟如下：

- 1、在 3D 軟體中的上視圖，以算圖的方式取得模型的透明遮罩 (Alpha channel)，裁切至最佳化的大小 (如圖 7)。
- 2、在投射陰影的平面上方，以些微垂直位移的方式建立一多邊型。
- 3、至影像處理軟體中針對透明遮罩做模糊效果，以模擬柔邊現象。
- 4、至 3D 軟體中，將此貼圖貼於地板上多邊形，運用些微的錯位模擬光源的方向將陰影以透明貼圖方式呈現。
- 5、將檔案輸出至虛擬攝影棚即告完成 (如圖 8)。



圖 7：上視圖模型與上視圖模型的透明遮罩

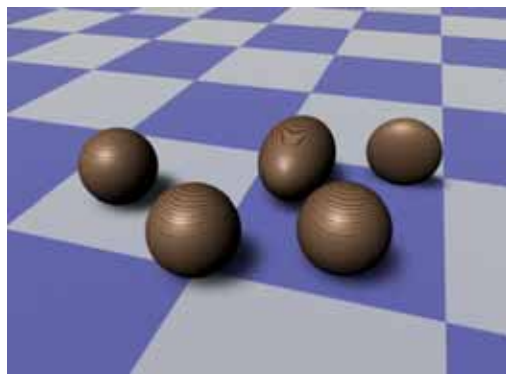


圖 8：陰影效果的呈現

(三)、以模型取代陰影

運用與方法二類似的方式，所不同處是運用模型來模擬陰影的呈現，而陰影衰減的效果可運用頂點的色彩或透明度產生。

二、即時反射的運用

(一)、使用或模擬環境貼圖

環境貼圖法 (Environment Mapping) 是模擬對環境即時反射的方式之一，立方體環境貼圖法 (Cube Environment Mapping) 在 1986 年提出 (如圖 9)，比球體環境貼圖法 (Spherical Environment Mapping) 還早，但由於計算較為複雜，故球體環境貼圖法率先採用於即時運算的應用，但是立方體環境貼圖法卻首先受到硬體的支援，這兩種不同的貼圖法適用於不同形狀的模型，以減少變形及扭曲為原則。

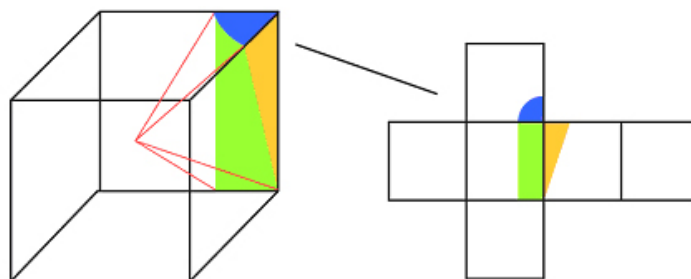


圖 9：立方體的環境反射貼圖方式與展開示意圖

有些虛擬攝影棚的軟體有提供環境反射貼圖的功能，用以模擬周遭的環境，若軟體未提供此功能，可於高反差的物件外複製平行位移的模型，用透明度高的貼圖或使用頂點透明度來模擬對週圍環境的反射 (如圖 10)。

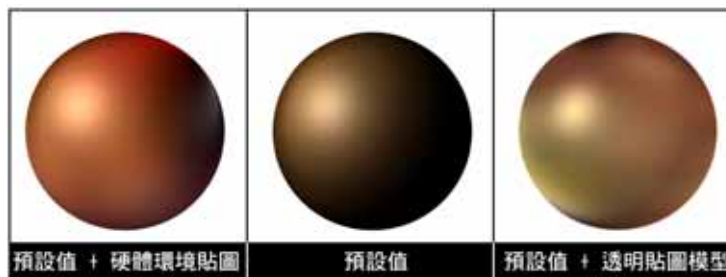


圖 10：兩種不同方式的即時反射模擬比較圖

(二)、複製模型鏡射模擬即時的反射效果

平面鏡射 (Planar reflection)是指提供反射的平面，有如鏡子般的反射效果，這是較簡單且容易模擬的反射效果之一，由於倒影也是真實模型，故攝影機可自由拍攝而無穿幫之虞。一個完美的鏡射環境，以反射平面的法向量為中心，入射角等於反射角，其基本原理（如圖 11）所示。

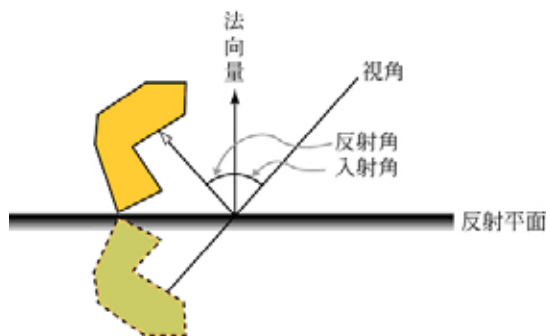


圖 11：平面鏡射的原理

以反射平面作為鏡射模型的軸心，複製且鏡射真實的幾何模型，在反射平面上使用少許的透明度，除了可以產生即時反射的假像，更可同時降低鏡射模型的彩度及亮度，更提高模擬的真實程度，這適用於反射性高的地板、鏡面、靜態的湖面等（如圖 12、13）。

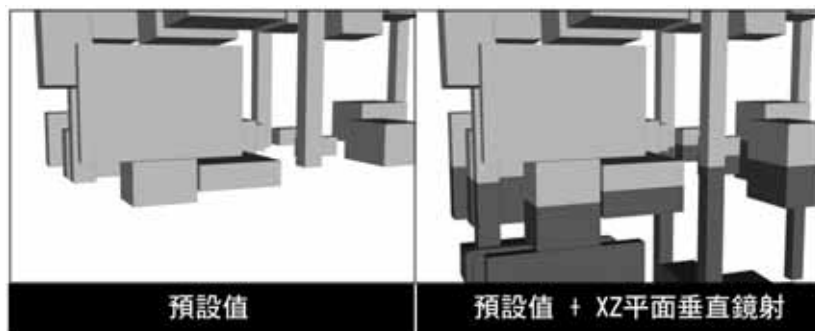


圖 12：平面鏡射模型示意圖



圖 13：平面鏡射模型與烘焙紋理

由於用模型產生的倒影較為銳利，在系統效能可負擔的情況下，在反射平面下，指定垂直方向黑色或深色霧的效果，用以模擬真實倒影效果，隨著與反射平面距離的增加，越遠則彩度越低、明度越低，模糊程度越大。

(三)、以預先算圖的鏡射貼圖模擬反射

運用相同的原理，所不同的部份是運用材質貼圖來模擬反射效果，可將反射面上的模型，利用算圖的方式算成一張貼圖，在影像處理軟體中處理水紋等不同的扭曲效果。用這張貼圖當成倒影即可，優點是可產生更真實的倒影，缺點則是因為是採用一張 2D 貼圖作為倒影，最好整個反射模型有整齊的平面以供對齊，攝影機在運用上有角度上的限制以避免穿幫。

三、頂點色彩 (Vertex color)的運用

在 OpenGL 中，每一個頂點都可以有個別的颜色，如果一線段的兩端點顏色不同，OpenGL 會在顯示此線段時會以內插法 (Interpolation)的方式決定顏色，同樣方式也用來處理多邊形（如圖 14）。

在一般從事製作電影特效或動畫的使用者，是很少有機會接觸到頂點色彩部份，因為在非即時運算的製作環境，幾乎沒有存在模型面數、貼圖量與燈光數量的問題，而且頂點色彩只能經由顯示卡的即時運算方式顯現，一般的非即時運算並不能計算出頂點的色彩資訊。



圖 14：未指定頂點色彩與指定頂點色彩的三角面模型

頂點色彩與幾何物件上的材質可同時存在，它像是在材質上放置有顏色的玻璃一般，兩者顏色有相加的作用（如圖 15）。在許多的遊戲中，頂點色彩是經常應用於光影模擬的方式，這種便宜的模擬方式，非常有效的將顏色燒到幾何物件上，因為每一個頂點原本就包含了頂點資訊，大多的軟體以白色或灰色當作預設值，所以是不會耗費系統資源，就可以達到相當好的效果呈現。

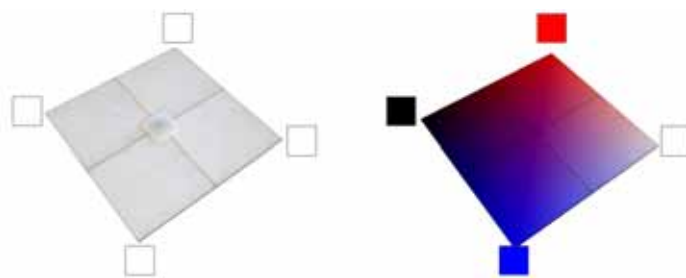


圖 15：頂點色彩與材質的相加效果

藉由給予不同的頂點不同的色彩屬性，以模擬真實場景中的亮暗及色彩的變化，如果我們能使用頂點色彩來模擬燈光照明的視覺效果，將可省下大量的記憶體（如圖 16）。日常生活的光源來自各個不同方向，所以能產生許多的細微光影變化，頂點色彩也可用於模擬自然現象的不規律性，避免一般電腦繪圖所產生太過乾淨與完美的畫面，它也可產生同一材質的不一致性，例如用來破壞重覆貼圖的連續性。



圖 16：頂點色彩的光影效果呈現

四、烘焙紋理(Baking-Texture)的運用

烘焙紋理是採用即時算圖的方式中，燈光效果最準確且效果最好的方式之一，它有許多不同的類似名稱，如燈光貼圖 (Lightmaps)、陰影貼圖 (Shadowmaps)、燈光烘焙 (Light baking) 等不同名稱，它是將經由算圖過後的光影效果，以貼圖的形式貼於幾何物件上。在真實的環境中，有許多不同的光源來照亮整個場景，除了直射的光源外，不同材質的物件對光源的反射、吸收、漫射及折射也讓整個場景多了許多的細節，透明度、反射及陰影都是全域照明的特性。全域照明即是為了模擬真實環境所採用的算圖方式，目前已發展出相當多樣化的全域照明 (Global Illumination) 方式，其中光跡追蹤法與熱輻射演算法是全域照明初期相當具有代表性的算圖方式。

在即時運算的環境下，以未使用任何燈光時，最能呈現準確的烘焙紋理的效果，可用來呈現全域照明的真實燈光模擬，例如熱輻射演算、影像照明 (Image-base Lighting) 等不同算圖效果，適用於不會產生動態的模型，例如建築物、地面及靜止的物件，若物件會移動則不適合採用此法，因為光影並不會隨著物件的移動而有所改變，例如物體已經產生位移，影子卻還停留在原地等非常不合邏輯的畫面。在即時運算時，可同時採用烘焙紋理和燈光的運用，以增進真實的互動性，例如使用照明範圍小且光源衰減值高的燈光，用以模擬物體之間即時的光源變化。以下是運用 MentalRay 算圖引擎做烘焙紋理的測試，經由非即時運算的全域照明的方式，計算光子在不同物體表面反射以及能量衰減所產生的照明狀況 (如圖 17)。

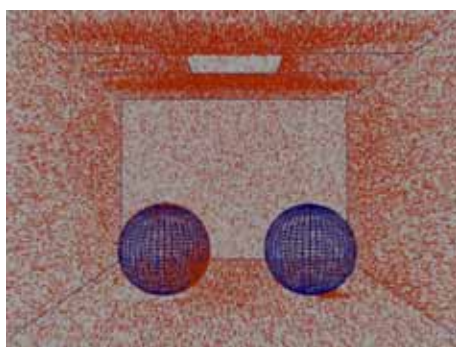


圖 17：光子在不同物體表面反射所產生的照明方式

在製作烘焙紋理的貼圖之前，很重要的部份就是模型網格編排 (UV Layout)，盡可能的避免網格產生不必要的扭曲現象，也盡可能有效率的運用整張貼圖的最大面積，經由烘焙紋理後可將整體的光影變化，變成一張張的 UV 貼圖 (如圖 18)，直接將烘焙好的材質指定給模型，再將檔案輸出至虛擬攝影棚即可 (如圖 19)。

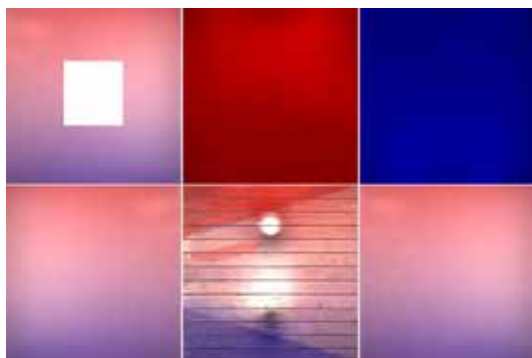


圖 18：立方體空間的烘焙貼圖展開圖

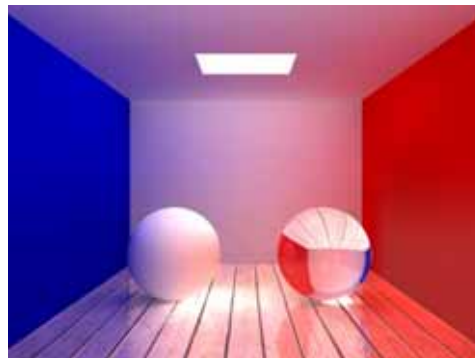


圖 19：烘焙紋理效果呈現

在沒有光源的即時運算環境，烘焙貼圖可幾乎完全呈現非即時運算的效果（如圖 20）。目前有些功能強大的非即時運算的算圖著色引擎，為了提供即時運算的應用，都有提供烘焙紋理的輸出方式，包括材質貼圖的透明度也可一同輸出。



圖 20：烘焙紋理於虛擬攝影棚的應用

圖片來源：<http://www.aga3d.com>

五、透明貼圖的運用

在顏色的加法原理中，紅綠藍三原色可混合成任何一種顏色，然而四色（RGBA）系統中的第四種顏色，即是我們習慣稱之為透明貼圖的 alpha channel（如圖 21）。透明貼圖雖然只是灰階的畫面，白色的部分 alpha=1，表示完全不透明；黑色的部分 alpha=0，表示完全透明，它的優點是非常容易使用，並且可大幅加強及豐富整體場景的複雜程度及真實程度，電影或動畫在製作大場景的畫面時，也大量運用透明貼圖的方式來提昇真實程度與降低模型面數，如果使用透明貼圖的位置夠小或夠遠，而且攝影機不會近距離穿越或產生大角度的變化，一般是不容易發現幾何模型是用透明貼圖所取代。

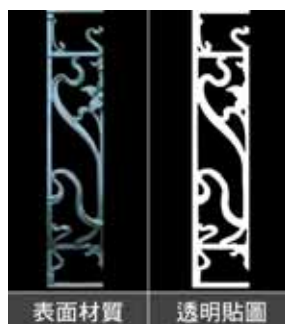


圖 21：透明貼圖使用方式

透明貼圖可運用在許多不同的場合，因使用上的不同可分為以下三種主要的用途：

(一)、取代高面數的幾何模型

即時運算由於有模型面數的限制，在製作場景時常有許多高面數的幾何模型，例如樹木、動物、鋼鐵支架等，在這種情況下，可採用透明貼圖的方式取代高面數的模型，特別是具有重覆性的模型，更可僅用少數的貼圖來完成相當複雜的模型（如圖 22）。

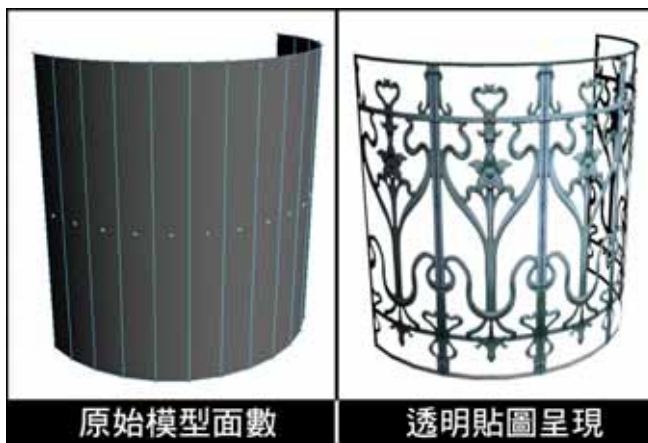


圖 22：透明貼圖用於取代高面數的幾何模型

(二)、模擬光源及粒子效果 (Particle Effect)

採用多邊形的建模方式，可以建構許多現實生活的物件，然而採用這種方式所建構的模型都有明顯的邊緣，有許多自然的效果很難用多邊形的模型來模擬，例如雲、毛髮等。目前的虛擬攝影棚大多具有粒子特效的部份，包括煙、火、爆炸、噴泉等不同效果，只是真實度上無法與經由軟體算圖的效果相比，其中的一種方式即是採用一群面向攝影機，帶有透明貼圖的廣告看板 (Billboard)，以控制生命週期、大小、速度及重力等方式來模擬粒子效果。

在即時運算的虛擬攝影棚的操作軟體中，雖然提供了 OpenGL 的光源可照亮場景，包括方向燈光 (Directional Light)、環境燈光 (Ambient Light)、聚光燈 (Spotlights)、點光源 (Point Lights)，但是光源的光暈、光斑、光環、亮度衰減等真實效果，卻無法以即時方式呈現，透明貼圖因為具有灰階的特性，同時使用混合不同透明貼圖及動態貼圖，可用於模擬光源的特性以產生例如火炬、爆炸等特效，往往有非常擬真的效果（如圖 23）。



圖 23：光源的呈現效果
圖片來源：Matthew Omernick, 2004

(三)、群體的模擬

廣告看板只是一個非常簡單的平面，重點是它的法線平行於攝影機，會隨著攝影機角度的改變而產生即時的改變，永遠面對攝影機，可避免因為攝影機角度及位置的改變，而造成穿幫的現象。透明貼圖運用時常與廣告看板搭配使用。然而運用與粒子效果類似的方式，也可運用一些大小、位置不同的廣告看板，以帶有透明貼圖的方式來模擬群體，例如雲層、樹林、都市、人群等不同效果（如圖 24）。

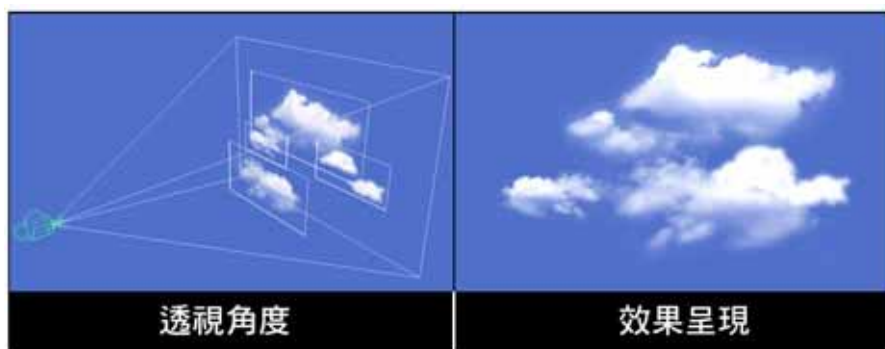


圖 24：雲層的模擬

六、繪製貼圖及真實照片的運用

在電腦即時繪圖能力尚未達到所要求的水平前，直接繪製材質貼圖，仍然是一種非常有效且重要的提昇畫面品質的方式，不用複雜的光源及著色方式，也不用製作許多高面數的模型，非常簡單的多邊形就可產生如此多的細節。直接運用影像合成的方式，將已拍攝或掃描過的真實材質，使用影像處理軟體來製作細節的部分，如畫家一般的作畫方式，依靠視覺經驗直接繪製光影的變化（如圖 25）。

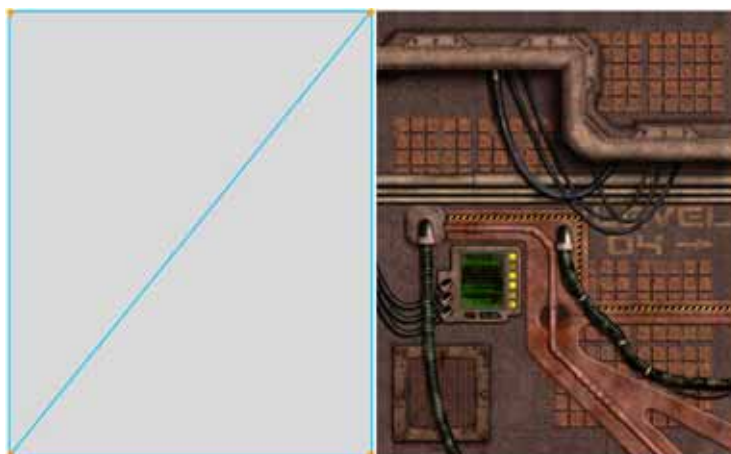


圖 25：運用貼圖繪製的方式製作場景

圖片來源：David Franson, 2004

電腦繪圖中增加真實度的方法有許多，其中一種非常有效且簡單的方式，就是以照片或真實影像來增加真實度，在虛擬攝影棚中以真實影像可用來取代許多細部模型的製作，除了減少模型製作量外，往往對於整體的真實度有加分效果，（如圖 26）以非常簡單的幾何模型，運用真實照片當作多邊形的貼圖所呈現的即時效果。



圖 26：運用真實照片的效果呈現

陸、結論

目前的硬體限制，OpenGL 在即時運算方面只能提供到 Gouraud Shading 或 Phone Shading 的算圖方式及效果，而且基本上是採取一次貼圖的方式，以這相當簡易的即時運算方式，要媲美功能強大且需經算圖過程的 3D 繪圖軟體，是相當不容易的挑戰。軟體只是應用的工具，好的創意不應該受限於軟硬體的功能，本研究在整合出一有效改善現有虛擬攝影棚之影像品質的作法。研究首先整理虛擬攝影棚相關之運用及 3D 電腦繪圖畫面即時與品質提升的技術，透過文獻的整理與虛擬攝影棚實務的操作，探討出目前虛擬攝影棚影像品質所遭遇的困難，進行影像品質提昇的研究，並整合出以非即時算圖技術為架構之改善影像品質作法。

本研究以非即時運算的方式，嘗試以非程式設計的方式來突破影像品質的限制，也許能提供非程式背景的藝術應用者，除了創作外另一種方向的思維。許多從事電腦藝術工作者，都各自有不同解決問題的方式，然而這些方式卻相當可惜沒有進一步的匯集整理，成為一些原理或原則，期望本篇的研究結果能對學界或業界有所助益。

參考文獻

一、中文部份

- 大新資訊（2000）。"OpenGL 超級手冊"（Richard S.Wright,Jr.和 Michael Sweet 原著,2000 年出版）。台北市：碁峰資訊,9-43。
- 王建柱（2002）"室內設計學"。台北市：藝風堂出版社,43-69。
- 朱柔若（2002）"社會研究方法質化與量化取向"（W. Lawrence Neuman 原著,1997 年出版）台北市：揚智文化事業股份有限公司,605-709。
- 黃加佩（1998）"互動式電腦繪圖與 OpenGL 實作"（Edward Angel 原著,1998 年出版）。台北市：儒林圖書,20-47。
- 葉春華（1999）"錄影製作觀念、原理與科技"（Herbert Zettl 原著,1998 年出版）。台北市：亞太圖

書出版社, 234-315。

蔡駿康 (1997): "電視工程"。台北市: 中華民國電視學會, 57-122。

賴柏洲 (2003): "數位電視廣播與製作系統"。台北市: 全華科技圖書股份有限公司, 1-46。

蕭明 (1999): "NAB SHOW VR (虛擬實境) 報告"。台北市: 公共電視。

二、外文部份

T. Akenine-Moller & E. Haines (2002). "Real-time rendering". 313-344. A K Peters.

J. Birn (2000). "Digital lighting & rendering". 193-220. New Riders.

L. Blond' e (1996). "A virtual studio for live broadcasting: The Mona Lisa Project." Institution of Electrical Engineers, 18-28.

D. Brooker (2003). "Essential cg lighting techniques". 75-119, Focal Press.

D. Franson (2003). "2d artwork and 3d modeling for game artists". 606-629. Premier Press.

D. Franson (2004). "The dark side of game texturing". 83-117, Premier Press.

S. Gibbs (1998). "Virtual studios: an overview" Institution of Electrical Engineers, 18-35.

E. Hanson (2003). "Maya 5 killertips". 58-70. New Riders.

J. Hasenfratz, M. Lapierre, N. Holzschuch, and F. Sillion, (2003). "A Survey of Real-Time Soft Shadows Algorithms". Computer Graphics Forum 22, 4, 753-774.

M. Hayashi (1998). "Image compositing based on virtual cameras" Institution of Electrical Engineers, 36-48.

S. Laine, T. Aila, U. Assarsson, J. Lehtinen and T. Akenine-M"oller (2005). "Soft Shadow Volumes for Ray Tracing". Computer Graphics, 24, 1156-1165.

R. Linde (2005). "Game art: creation, direction, and careers". 186-227. Charles Ruvet Media.

R. Lowell (2000). "Matters of light & depth". 66-113, Lowell-light Manufacturing, Inc.

M. Mckinley (2005). "The game artist's guide to maya". 87-117. SYBEX.

T. McCreynolds & David Blythe (2005). "Advanced graphics programming using opengl". 403-480. Elsevier.

M. Moshkovitz (2000). "The virtual studio vechnology & techniques". 1-79. Focal Press

M. Omernick (2004). "Creating the art of the game". 175-195. New Riders.

M. Rothaler (1996). "Virtual Studio Technology: An Overview of The Possible Applications in Television Poogramme Production". EBU Technical Review.

A. Watt (2000). "3d computer graphics (3rd ed)". Addison-Wesley.