

幾何與視覺運算之研究(II)

Research on Geometric and Visual Computing (II)

計畫編號：NSC-87-2213-E-009-059

執行期限：86/08/01 - 87/07/31

主持人：莊榮宏 交通大學資訊工程系

一、摘要

中文摘要：

(A) 參數曲面間的端點調合曲面計算

調合曲面一直是電腦輔助幾何設計中重要的研究課題，其最主要的是由邊線調合曲面與端點調合曲面組合而成。邊線調合曲面通常可以用一個曲面完全得表示，而一個端點調合曲面則需由數個小曲面組合而成，因此曲面與曲面之間的連續性關係著調合曲面的品質。本論文將針對端點調合曲面的計算，提出一種可行作法，並實作測試。主要方法是使用 setback 的概念，將端點調合曲面分割為數個小曲面，再利用基底曲面與邊線調合曲面上取得一的資訊，建立每個小曲面，並且將其維持在 G^1 連續性上。最後每個小曲面最後將以 NURBS 表示。

(B) 具多層次精細度的輻射法運算

目前可用的繪圖加速技術上，以貼圖方式可以與 Gouraud 描繪法的速度相當。在本計劃中，我們提出一個以漸近式熱輻射法為主的描繪架構，並且實際應用貼圖技術於此架構當中。在熱輻射環境中，使用多層次精細度(LOD)的方法，可減少多邊形流饋給描繪管道的數量(rendering pipeline)。我們的方法，是藉由硬體的 mipmapping 以及 bicubic filtering，使用照明貼圖(Illumination as texture maps)來重新建構一個包含了複雜幾何，以及所需調整多層次精細度的熱輻射函數。結果有兩個重大的意義。第一，是網格上每個單元明顯的減少了，第二，多層次精細度可以在照明貼圖上面達成。

英文摘要：

(A) Vertex blending for parametric surfaces

Blending surface is an important research topic in computer aided geometric design. It composed by edge blending surfaces and vertex blending surfaces. For an edge blending surface, it can use a single surface to represent it. But, for a vertex blending surface, it may compose by several small patches. So, continuity between

each patches emblemize quality of vertex blending surface. In this paper, we discuss some methods that generate the vertex blending surface and propose a method to implement and test. The major method is subdivided vertex blending surface to several sub-patches by concept of setback split, and get some information from base surface and edge blending to construct then. Each sub-patches with G^1 -continuity. Finally, we represent the resulting surface in NURBS form.

(B) Radiosity Computing for Scenes with LOD modeling

In this project, we propose a rendering framework based on progressive radiosity that lends itself to practical applications in currently available graphics accelerators where texture mapping is as cost effective as Gouraud shading. We present a method aimed at the reduction of polygon flow fed into rendering pipeline as well as the ultimately support for levels of detail (LOD) in radiosity environments. In our method, illumination as texture maps is employed to reconstruct radiosity function in regions both involving complex geometry and requiring adjustment of LOD by means of hardware mip-mapping with bicubic filtering. As a result, the significance is twofold. The mesh elements can be drastically reduced, and LOD in illuminations as texture maps can be achieved.

二、計劃緣由與目的

(A) 參數曲面間的端點調合曲面計算

調合曲面就是找出一個曲面能平滑地連接兩個或三個以上不同的基底曲面，如此的一個連接曲面就稱為調合曲面。邊線調合曲面一般僅針對兩個基底曲面產生調合曲面；而端點調合曲面則對三個或以上的基底曲面，產生一個在相交的端點處可以完全平滑連接所有基底曲面的曲面。對一實體而言，它有很多區域需要做邊線調合曲面及端點調合曲面，所謂 global blending 就是對於一個實體的基底曲面，尋找出所有需要進行調合計算的地方，包

含所有的邊與端點，更進一步考慮各調合曲面彼此間的影響及拓撲關係，進而構建整個實體的調合曲面。

(B) 具多層次精細度的輻射法運算

越真實的顯像，越需要考慮整體照明模型中，表面與表面之間對於間接光線 (indirect light) 敏感的變化。在漫遊 (walk-through) 靜態場景應用環境中，熱輻射法已經是被公認能提供有效的整體照明效果。有很多以熱輻射法為基礎的應用軟體，如視覺模擬與虛擬實境，計算大都著重在複雜的網格上，因此虧損了他們在描繪與顯示上的速度。在標準掃描轉換 (scan-conversion) 的硬體上以 Gouraud 描繪法執行這些運算，會造成的負擔。因此，我們採用適當可行的貼圖技術，可減少多邊形的數目，這樣可以明顯地加速描繪管道，而且同時也在視覺上保持了幾何複雜度，或甚至可以增加觀測場景的真實度。

再者，對每一個物體使用多層次精細度，是另一個可使描繪速度更佳的考量方向。傳統上，使用多層次精細度，就是根據使用者的觀點與方向，對同一個表面選取不同層次精細的相似替代物。越低層次的表面精細度，使用越少的三角形來趨近原表面，這樣在觀測者離物體越遠時，可以減少描繪速度上的限制；而在另一方面，越高層次的表面精細度，使用越多的三角形較精確地趨近原表面，這可使物體平順的移動，和有更好的視覺效果。所以說，將多層次精細度的觀念使用在照明貼圖上，代替原來複雜的表面資料，對於漸近式熱輻射來說，是一個很自然的延伸。這就是我們計劃的重心。

一直到 Heckbert [Heck90] 在 1990 年提出使用貼圖來代替原來網格為主的熱輻射，貼圖式的熱輻射原理才開展出它的應用。Myszowski 和 Kunii [MK94] 發表了一套方法。他們將較複雜的熱輻射區域，從繪圖主要緩衝區 (frame buffer) 直接擷取下來，然後形成貼圖。在某些情況下，這種方式會產生網格上的瑕疵，於是我們會採用取樣為主要的方式重新計算貼圖，然後以此取代瑕疵。Möller96 [Möller96] 描述了一個對 NURBS 模型採用單一貼圖的方法來代替熱輻射法，並且對各種可能的多層次精細度，藉者將描繪法與幾何模型的關係分隔出來，我們只需要一次熱輻射的運算，於是這方法也提供了多層次精細度。近年來，一個漫遊靜態場景的加速方法被提出來，而且被用在北卡羅林娜大學的漫遊計劃 (Walkthrough Project [Goslin95]) 當中。

在本計劃中，我們的方法不僅能從熱輻

射網格中取樣產生照明貼圖，並且也能利用硬體的 bicubic filtering，結合 OpenGL 的 Mipmapping 的技術，自動產生不同層次精細度的貼圖。與前面所提的方法，我們的研究方法較直接而且有效。

三、研究方法與成果

(A) 參數曲面間的端點調合曲面計算

對於端點調合曲面而言，可由邊線調合曲面產生一組封閉的 boundary curve，再根據這些 boundary curve，以及在 boundary curve 上的 cross tangent 的資料，作 n-sided patch interpolation 以產生一個端點調合曲面。

處理端點調合曲面的關鍵問題在於如何處理 n-sided patch。主要有兩種方式：center split 與 setback center split。Setback center split 的好處是中心點處的連續性易維持，根據 [VaRo97] 中所說明，不會有 twist incompatibility 的問題。在介紹詳細的作法之前，先對各部分的名稱加以定義，參考圖 3-1。

本計畫處理方法基本架構採用 setback 的分割方式，步驟如下：

- (1) 計算各曲面間的曲面交線，依照 setback 值決定參考曲線的長度，再計算邊線半徑調合曲面。
- (2) 計算 profile curve 與 spring curve，以及其 cross tangent。
- (3) 計算 internal boundary curve，以及其 cross tangent。
- (4) 計算 transitional 曲面。
- (5) 計算 center subdivision curve，以及其 cross tangent。
- (6) 計算 center surface。

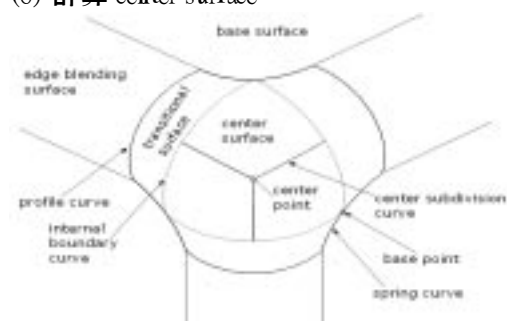


圖 3-1 各部分名稱說明

在 [VaRo97] 中也是使用類似的步驟處理，與其不同的是 [VaRo97] 中使用 control frame 的架構，以 polygon mesh 的方式表示 vertex blending，而在本論文中將以 NURBS 形式表示分割後的每一個小 patch 且區面的連續性處理亦不同。

此外，不同於 [VaRo96] 的部分有：

- 對邊數大於 5 的例子提出多階段的

setback split，以確保中心曲面的個數維持在奇數個或小於 6。

- 考慮 spring curve 與基底曲面的連續性，採用類似於 [FTP93] 所提出的方法，確保沿著整段 spring curve 調合曲面與基底曲面間的誤差都維持在臨限值之下。
- 延伸 setback 的概念，計算無實際端點的調合曲面。

3.1 邊線調合曲面計算

首先計算各基底曲面間的交線，使用曲面交線的起點作為處理邊線調合曲面的開始點及參考曲線，沿著參考曲線計算邊線調合曲面，直到接近曲面共同交點距離為使用者所給定的 setback 值時，停止邊線調合曲面的處理

3.2 端點調合曲面計算

(1) Profile curve 的產生 a

取出邊線調合曲面在 domain(0,1) 到 (1,1) 的邊緣曲線既為 profile curve。

(2) Spring curve 的產生

Spring curve 是原先 Hermit curve 上取一些點投影到基底曲面上經 curve fitting 所得到的 spring curve，並不保證整段都會在基底曲面上。所以要經過檢查若發現超過誤差值，則在此一區間以 knot insertion 方式加入一個點。經如此的修正，雖無法確保 spring curve 完全在基底曲面上，但可保證整段 spring curve 在每個 span 區間與基底曲面的誤差都維持在一個限定誤差之下。

(3) Internal boundary curve 的產生

產生 Internal boundary curve (簡稱 IB curve) 要先決定起始點位置，方法就是以 spring curve 的 domain 中點做為 IB curve 的兩端點。類似於 spring curve 的產生方法，先從邊線調合曲面上找出切線向量 a 與 b ，而這個切線向量可設為 profile curve 的切線向量。由 a 、 b 的交點或最接近點做為 IB curve 的 control point。

(4) Transitional surface 的產生

Transitional surface 為邊線調合曲面延伸出來的曲面，其邊緣曲線是由 profile curve、internal boundary curve 與兩條 spring curve 所組成。可將 transitional surface 視為邊線調合曲面延伸出來的曲面，可以維持與邊線調合曲面。

(5) 中心分割線的產生

center surface 的 boundary curve。其中的兩邊可以分別由二分之一的 IB curve 直接取得，而其他兩邊，稱為 center subdivision curve，可以由 IB curve 中點所延伸出的 cross tangent 找出交點，進而求出。

(6) 中心曲面的產生

M 與 N 兩邊的 cross tangent curve 可以由 transitional 曲面上直接取得，至於 S 與 T 兩邊

的 cross tangent curve 可以先找出頭尾兩點的 cross tangent，而中間以線性內差的方式算出。

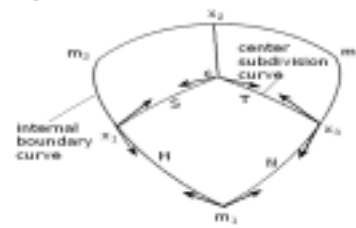


圖 3-2 Center surface

接下來就是計算四個頂點的 twist，在這裡四個端點的 twist 先假設為零，經 Coons' patch 計算出曲面後，再依照後面所敘述的方式調整與 twist 相關的曲面控制點。

首先考慮在 base point m 及附近與 twist 相關的控制點，因為 internal boundary curve 是由計算三平面交點所得到的，所以 e_1^1 、 e_4^3 與 m 所組成的平面也就是 m 點在基底曲面的切平面。所以 $C_{11}^1 m_1 = e_1^1 m_1 + e_4^3 m_1$ ，因此可解出 C_{11}^1 點，如此做出的曲面的 twist 將為 0。根據 [DuSc88] 的滿足 twist compatibility 的限制條件式檢查相關控制點。

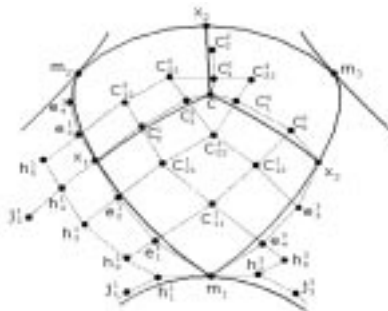


圖 3-3 計算 base point 上與 twist 相關控制點

接著再考慮在 x_i 點及附近與 twist 相關的控制點。圖 3-3 中，為了在 x_i 點滿足 twist compatibility，其附近的控制點必須滿足下列兩組條件：

$$\begin{aligned} (e_3^1 - x_1) + \beta_1(e_2^1 - x_1) + \gamma_1^0(h_4^1 - x_1) &= 0 \\ (C_2^1 - x_1) + \beta_2(h_4^1 - x_1) + \gamma_2^0(e_3^1 - x_1) &= 0 \end{aligned} \quad (3.1)$$

$$\begin{aligned} (e_2^1 - x_1) + \beta_3(e_3^1 - x_1) + \gamma_3^0(C_2^1 - x_1) &= 0 \\ (h_4^1 - x_1) + \beta_4(C_2^1 - x_1) + \gamma_4^0(e_2^1 - x_1) &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (h_5^1 - h_4^1) + \beta_1(h_3^1 - h_4^1) + \gamma_1^0 \frac{m-1}{m} (j_2^1 - h_4^1) + \gamma_1^1 \frac{1}{m} (x_1 - h_4^1) &= 0 \\ (C_{12}^2 - e_3^1) + \beta_2(h_5^1 - e_3^1) + \gamma_2^0 \frac{m-1}{m} (e_4^1 - e_3^1) + \gamma_2^1 \frac{1}{m} (x_1 - e_3^1) &= 0 \\ (C_{21}^1 - c_2^1) + \beta_3(C_{12}^2 - c_2^1) + \gamma_3^0 \frac{m-1}{m} (C_1^1 - C_2^1) + \gamma_3^1 \frac{1}{m} (x_1 - C_2^1) &= 0 \\ (h_3^1 - e_2^1) + \beta_4(C_{21}^1 - e_2^1) + \gamma_4^0 \frac{m-1}{m} (e_1^1 - e_2^1) + \gamma_4^1 \frac{1}{m} (x_1 - e_2^1) &= 0 \end{aligned}$$

(3.2)

其中 $\beta_i = \frac{[(c_{j+1}-o) \times (c_j - o)] \cdot \vec{n}}{[(c_j - o) \times (c_{j-1} - o)] \cdot \vec{n}}$ ， \vec{n} 為 x_i 點的

單位法向量， m 為曲線的 degree。經計算 $\beta_i = -1$ ，若 $\gamma_i^0 = \gamma_i^1 = 0$ ，式子(3.1)與(3.2)可被滿足。 γ_i^0 與 γ_i^1 為零的原因是，原先為了計算中心曲面，所以將 IB curve 用 curve subdivision 分割為兩段，所以 e_3^1 、 x_1 與 e_2^1 三點共線，而 transitional surface 為配合 IB curve 也做相同的處理，在 u 方向將 transitional surface 分割為兩個，所以 h_5^1 、 h_4^1 與 h_3^1 三點共線。另外，因 h_5^1 與 h_3^1 為 transitional surface 上已知的控制點，所以可以直接解出 C_{12}^2 與 C_{21}^1 。

綜合上面兩點，考慮 transitional surface 與 center surface 的連續性。在之前我們已經確定在 m 與 x_i 點達到 twist compatibility，所以只要再檢查，曲面將接的邊上控制點 C_{11}^1 、 e_1^1 、 h_2^1 與 C_{21}^1 、 e_2^1 、 h_3^1 都三點共線，就可確定 transitional surface 與 center surface 達到 G^1 -continuity。

最後考慮中心點 C 及附近與 twist 相關的控制點。圖 3-3 中，為了在 C 點滿足 twist compatibility，其中的控制點必須滿足下列兩組條件：

$$\begin{aligned} (C_1^3 - C) + \beta_1(C_1^1 - C) + \gamma_1^0(C_1^2 - C) &= 0 \\ (C_1^1 - C) + \beta_2(C_1^2 - C) + \gamma_2^0(C_1^3 - C) &= 0 \quad (3.3) \\ (C_1^2 - C) + \beta_3(C_1^3 - C) + \gamma_3^0(C_1^1 - C) &= 0 \\ (C_{22}^3 - C_1^2) + \beta_1(C_{22}^2 - C_1^2) + \gamma_1^0 \frac{m-1}{m}(C_2^2 - C_1^2) + \gamma_1^1 \frac{1}{m}(C - C_1^2) &= 0 \\ (C_{22}^1 - C_1^3) + \beta_2(C_{22}^2 - C_1^3) + \gamma_2^0 \frac{m-1}{m}(C_2^3 - C_1^3) + \gamma_2^1 \frac{1}{m}(C - C_1^3) &= 0 \\ (C_{22}^2 - C_1^1) + \beta_3(C_{22}^2 - C_1^1) + \gamma_3^0 \frac{m-1}{m}(C_2^1 - C_1^1) + \gamma_3^1 \frac{1}{m}(C - C_1^1) &= 0 \end{aligned} \quad (3.4)$$

若 $\beta_i = 1$ 、 $\gamma_i^0 = 1$ 與 $\gamma_i^1 = 0$ 時式子 (3.3) 與 (3.4) 可被滿足。因此可由式子(3.4)解出 C_{22}^1 、 C_{22}^2 與 C_{22}^3 。

接著考慮 center surface 與 center surface 彼此間的連續性。類似於先前的方法，我們檢查相接邊上的控制點，使得 C_{12}^2 、 C_{21}^1 、 C_{22}^1 與 C_{22}^2 、 C_{21}^1 、 C_{22}^3 都三點共線，就可確定 center surface 與 center surface 達到 G^1 -continuity。

(B) 具多层次精細度的輻射法運算

在我們的方法中，我們有兩種貼圖的形式。一種是標準的貼圖，另一種是照明用貼圖。對於標準的貼圖，方法 [CG86] 是用來一個像素(pixel) 在影像平面的熱輻射值：

$$B_{pixel} = B_{average} \frac{R_{pixel}}{R_{average}}$$

其中，

B_{pixel} : 像素最終的熱輻射值

$B_{average}$: 從單元熱輻射中導出的熱輻射值

R_{pixel} : 從貼圖當中取得反射係數值給此像素

$R_{average}$: 此貼圖的平均反射係數

標準的貼圖對於擁用大量精細表面的環境中，像木頭材質或房間中的瓷磚，非常有用。在下面的章節，我們將討論照明貼圖，以及我們的方法是如何使用在多層次精細度模型上面。最後，我們會舉一些實驗性的成果。

3.1 照明貼圖的產生 (I A T M)

標準的熱輻射法是從最後被分割完的多邊形網格中取出頂點的熱輻射值 (vertex radiosities) 來重新建構熱輻射函數，最後使用硬體的 Gouraud 描繪法將顏色資訊用內插法算出。目前中階到高階的繪圖工作站都提供貼圖的硬體，因此我們便可以使用以貼圖為主體，而不以傳統的 Gouraud 描繪法來做熱輻射影像的快速描繪。

在重新建構熱輻射函數時，點的取樣必須小心選擇，才能有好的照明貼圖。對於取樣點上面的熱輻射值，我們用 Wallace 等人在 [WEH89] 中所提出的光跡追蹤法來計算。在我們的實作上，我們對已等分分割好的多邊形網格上的頂點作取樣，此多邊形網格上的頂點是全四元樹上的樹葉節點。在全四元樹中，我們可以注意到它可以扁平化成為一個正方形格子點(即圖 3-3)。當有一些部分分割好的網格會產生不平衡的四元樹時，我們使用[Goslin95]所用的內插法來計算全四元樹漏失的部分。於是，藉由簡單地填入正方形格子點正確的圖案值(texel) 照明貼圖可以很輕易的得到。

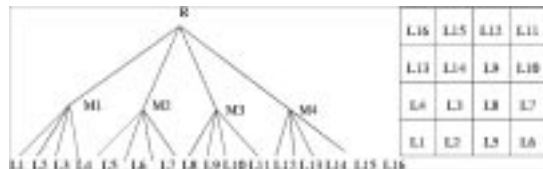


圖 3-3 全四元樹與扁平化正方形格子點

在後續處理程序中，照明貼圖可以應用在高密度單元的區域上。事先算好的熱輻射多邊形，可以藉由讀取每個平面的四元樹的樹根節

點來重新產生。藉由調整門檻值來產生貼圖並減少網格單元，使用者可以來控制最終照明貼圖的數目和多邊形的數目。

3.2 多層次精細度模型的支援

在我們的方法中，對於不同層次的照明貼圖，實現了多層次精細度。一旦這些照明貼圖的物體遠離觀測點時，貼圖的大小必須跟著投影在影像平面上的面積變小而變小。若不使用事先產生出來的多層次精細度的貼圖，畫出來的貼圖可能會在某處改變時特別大，造成視覺感官上的突兀。為了消除這些瑕疵，我們產先一系列事先過濾好的照明貼圖（即 mipmap），並且在描繪時可以自動地選擇所需要的貼圖。為了將 mipmap 的技術應用在多層次精細度的照明貼圖，我們使用硬體的 mipmap 技術，加上 bicubic filtering 的技術，以及貼圖時透視修正的技術。這個技術使得在漫遊場景，以及動畫應用程式上的各種轉換產生時，能維持視覺上的穩定度。

3.3 實驗性的結果

我們提出的方法中，最主要的目標是綜合照明貼圖及多層次精細度的使用來產生影像，這樣的影像可以和原來全部用 Gouraud 描繪法來產生的影像品質一樣好，而且本質上可以加快速度。因為在速度上使用繪圖硬體的貼圖的影響相對地變小，於是使用越少的多邊形，則會有越好的描繪速度。換句話說，顯像的加速幾乎是與用貼圖來代替多邊形的數目成正比。

所有的時間上統計和影像的描繪都是在 SGI 工作站執行的。首先，利用硬體打光，Gouraud 描繪法，及多層次貼圖，在圖 3-4 和圖 3-5 中，採用不同觀測點和方向，所描繪出來的影像，因為使用了硬體 mipmap 和 bicubic filtering 的使用，我們看不出兩者視覺上的不一致。接下來，我們在表 3-1 列出用原來熱輻射法與熱輻射法加上照明貼圖的時間統計，我們可以由表中看見當場景某些物體多邊形數目以貼圖代替時，顯像速度的增加與多邊形減少的數目成比例，且也與觀測點與物體距離成比例。圖 3-6 與圖 3-7 分別代表使用純 Gouraud 描繪法與 Gouraud 描繪法加上照明貼圖的例子，圖 3-7 當中球狀燈形物，牆壁，地板，均使用照明貼圖、圖 3-8 是圖 3-7 當中所有照明貼圖的集合。

表 3-1

Model Name	Polygon	Frame	Texture
------------	---------	-------	---------

	number	Rate(hz)	Number
Office(orig)	11832	24.07	0
Office(IATM)(near)	11222	24.07	5
Office(IATM)(far)	11222	26.46	5
Box Room(orig)	3661	36.11	0
Box Room(IATM)	36	72.25	30
CornellRoom(orig)	2161	40.91	0
CornellRoom(IATM)	711	52.94	12

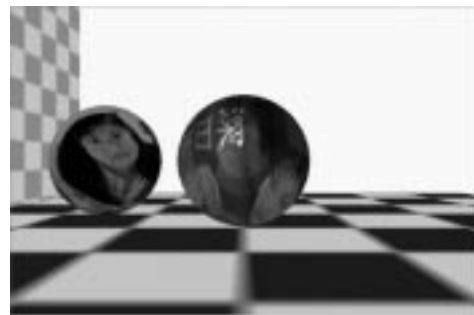


圖 3-4

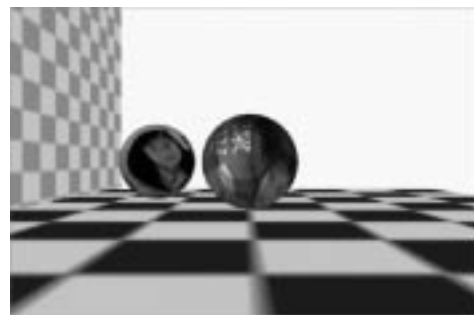


圖 3-5

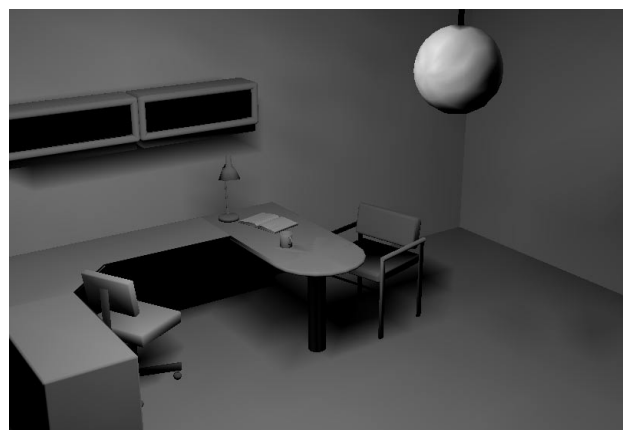


圖 3-6 Gouraud 描繪法的 office 模型

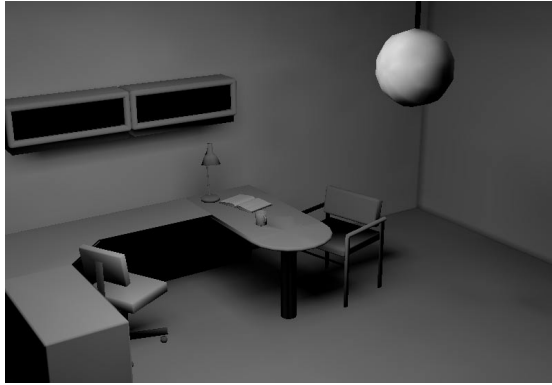


圖 3-7 純 Gouraud 描繪法部分以貼圖代替的結果(圖中球形燈, 牆壁均簡化過)



圖 3-8 從模型中擷取出來的貼圖(共五張,分別代表球狀燈, 地板, 三面不同的牆壁)

四、結論與討論

(A) 參數曲面間的端點調合曲面計算

在計畫中探討了各種形式的端點調合曲面, 包括 setback 與 non-setback。使用 setback 的分割方式將 N-sided patch 分割為數個小曲面, 每個小曲面都以 NURBS 形式表示。對於各曲面交接的邊界部分, transitional 曲面與基底曲面只達到近似 G^1 連續, 邊線調合曲面與 transitional 曲面可達到完全 G^1 連續, transitional 曲面與 center surface 也可達完全 G^1 連續, 且在 base point 上達到 twist compatibility。對於 center surface 與 center surface 交接部分則達到完全 G^1 連續與 twist compatibility。此外, 對於一些特殊的例子, 在計畫中也提出修正的方法使一般方式能處理這些特殊的例子。對於基底曲面而言可以是相交或是不相交, 對於不相交的基底曲面而言, 並沒有明確的端點做依據, 因此在計畫中延伸 setback 的觀念處理這種情形, 也得到不錯的結果。由結果可以看出, setback 端點調合曲面計算方式是一個很好的概念, 延伸此一概念可以處理大部分的狀況, 而對於分割後曲面相接的邊緣部分, 如何達到更高的連續性與精確度, 尋找相容的分割法或其他曲面表示法, 避免傳統上的問題, 是達到目標的方法之一, 更是一個需要再深入研究探討的問題。

(B) 具多层次精細度的輻射法運算

越來越多的繪圖系統提供硬體上的貼圖

功能。因為硬體貼圖和 Gouraud 描繪法的速度一樣快, 當很多網格單元可以置換成一張照明貼圖時, 描繪速度在本質上就加快了。因此, 我們所提出的方法的原理, 就是以貼圖所需的花費, 替換減少 Gouraud 描繪法用的多邊形的花費。在我們所提出的方法, 我們使用照明貼圖來代換場景中照明較複雜的區域, 而且, 我們使用硬體的多次貼圖 (mipmapping) 和 bicubic filtering 實現了照明貼圖的多層次精細度 (LOD)。

有一些議題上文中沒有提到, 需要更進一步的研究。以下我們列舉出三項重要議題:

1. 貼圖的放大: 放大的貼圖會造成細節模糊。我們需要一些機制來控制或消除模糊的程度。
2. 貼圖的結合: 在同一平面上若有多個貼圖時, 實際應用上我們會需要一些結合或調合的方法。
3. 鏡射的效果: 為了增加真實度, 整體照明當中, 鏡射 (specular) 的效果也應當結合在照明貼圖當中。

五、成果自評

本計劃兩項子項皆符合預期目標。端點調合曲面部分能很方便與邊線調合曲面技術結合, 且不受邊數的限制。另外也考慮端點調合曲面與基底曲面及邊線調合曲面之間的連續性。針對具多层次精細度模型的場景之輻射法運算, 則驗證以貼圖方式結合其本身之 LOD 調整可以獲得不錯的加速效果。

六、參考文獻

- [Bar93] R. E. Barnhill, Coons' patches and convex combinations, *Fundamental developments of computer-aided geometry modeling*, page 135-162, Academic press 1993.
- [BMH96] Rui Bastos and Michael Goslin and Hansong Zhang. *Efficient Rendering of Radiosity using Textures and Bicubic Reconstruction*. Technical Report TR92-025, Department of Computer Science, University of North Carolina at Chapel Hill, May 1996.
- [Bra97] I. C. Braid. Non-local blending of boundary models. *Computer Aided Design*, Vol. 29, No. 2, page 89-100, 1997.
- [CGI86] M. F. Cohen, D. P. Greenberg, and D. S. Immel. An efficient radiosity approach for realistic image synthesis. *IEEE Computer Graphics & Applications*, 6(2):26-35, 1986.
- [CLH95] J. H. Chuang, C. H. Lin, and W. C.

- Hwang. Variable-radius blending of parametric surfaces. *The Visual Computer*, Vol 11, page 513-525, 1995.
- [DuSc88] W.H.Du and F.J.M.Schmitt. New results for the smooth connection between tensor product Bezier patches. *New Trends in computer graphics. Proceedings of CG internal '88*. Page 351-363. 1988.
- [Far93] G. Farin. *Curves and surfaces for Computer Aided Geometric Design A Practical Guide* Third edition. 1993, Academic press, inc.
- [Fil89] D. J. Filip. Blending parametric surfaces. *ACM Transactions on Graphics*, 8(3), page 164-173, 1989.
- [FTP93] P. C. Filkins, S.T. Tuohy, N.M. Patrikalakis, *Computational methods for blending surface Approximations, Engineering with computers*, page 49-62, Springer verlag london limited, 1993.
- [GLZ90] J. A. Gregory, V. K. H. Lau, and J. Zhou. Smooth parametric surfaces and n-sided patches. In M. Gasca and C. A. Miccheli, editors, *Computation of Curves and Surfaces*, pages 457-498. Kluwer Academic Publishers, 1990.
- [Goslin95] Michael Goslin. *Illumination as texture maps for faster rendering*. Technical report, Department of Computer Science, University of North Carolina at Chapel Hill, 1995.
- [Heck90] Paul Heckbert. Adaptive radiosity textures for bidirectional ray tracing. In *SIGGRAPH '90 Proceedings*, page 145-154, August 1990.
- [HoLa93] J. Hoschek, D. Lasser. *Fundamentals of Computer aided Geometric Design*. Page 331-370, A K Peters Wellesley press, 1993.
- [Kop91] P. Koparkar. Parametric blending using fanout surfaces. In *Symposium of Solid Modeling Foundations and CAD/CAM Applications*, 1991.
- [Möller96] Tomas Möller. Radiosity techniques for virtual reality - faster reconstruction and support for levels of details. In *WSCG'96*, August 1996.
- [MK94] Karol Myszkowski and Toshiyasu L. Kunii. Texture Mapping as an alternative for meshing during walkthrough animation. In *Proceedings of Fifth Eurographics Workshop on Rendering*, June 1994.
- [PiTi95] L. Piegl and W. Tiller, *The NURBS books*. Springer-Verlag, 1995.
- [Sab83] M. A. Sabin, Non-rectangular surface suitable for inclusion in a B-spline surface, *Eurographics'83*, page:57-69,1983
- [Tuo91] S. T. Tuohy, *Sculptured shape creation, approximation, and interrogation* Engineer's thesis, Massachusetts Institute of Technology Cambridge, 1991.
- [WEH89] J. R. Wallace, K. A. Elmquist, and E. A. Haines. A ray tracing algorithm for progressive radiosity. *Computer Graphics*, 23:315-324, 1989.
- [ZhBa97] J.J.Zheng and A.A.Ball, Control point surfaces over non-four-sided areas, Vol 14(9), page 807-821, *Computer aided geometric design*, 1997.