

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

精確頭型模塑：

三維掃描器深度資料之接合與表面網格減量

Accurate Human Head Modeling:

3D Scanner Depth Data Integration and Surface Mesh Reduction

計畫編號：NSC 90-2213-E-002-089

執行期限：90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日

主持人：歐陽明 教授 國立臺灣大學資訊工程研究所

一、中文摘要

我們在本研究中設計與實做了一個處理人類頭型模塑的軟體流程。在本設計中，我們從最初利用三維雷射掃描器做臉部模型擷取，利用改良的 ICP 演算法做網格接合，到後來將產生出來的網格做三角形數量簡化。

關鍵詞：人類頭型、三維物體掃描、網格對齊、網格接合、網格減量。

Abstract

We implement a pipeline to process human face model here. In the pipeline design, the system consists of modules from the low-level face model data retrieval, mesh registration and merging, to the high-level mesh optimization.

Keywords: Human Head, 3D Object Scanning, Mesh Registration, Mesh Stitching and Mesh Reduction.

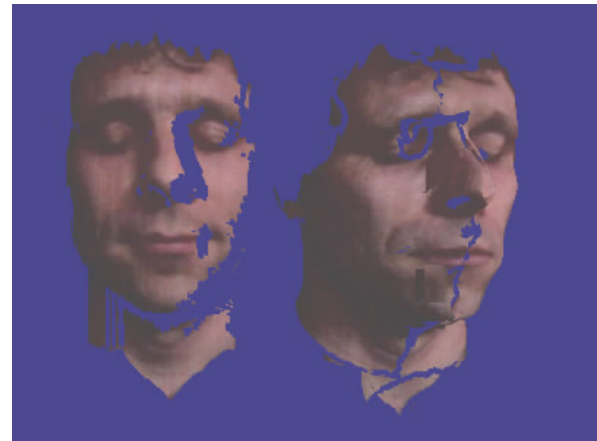
二、緣由與目的

在電腦繪圖與虛擬實境的領域裡，臉部動畫總是一個十分重要的課題。在目前的娛樂應用上（如電影、電腦遊戲等），也需要精確且生動的臉部動畫。因此，目前在世界上數個電腦動畫研究群就將其研究目標主要對準了臉部動畫。臉部動畫最基本的需求就是需要正確的臉部模型，因此我們在本計劃中利用了三維雷射掃描器來擷取實驗對象的臉部模型。由於本掃描器只有一個自由度(DOF, Degree Of Freedom)，所以我們無法一次擷取下來整個臉部的資料。因此，由數個不同的角度擷取下來的臉部三維資料必須要再利用其他的技術來接合。我們改良了由 Besl 所提出的 Iterated Closet-Point (ICP)來對齊我們的臉部網格，最後在做接合作。最後，由於從三維雷射掃描器所產生出來的資料量（三角形數目）太大，假設如果要將臉部資料運用在如電腦遊戲等應用軟體時，則適當的將網格三角形數目減量是非常必要的。在此我們也實作了網格減量的技術。

三、臉部模型建立

3.1 臉部資料擷取

目前市面上有許多三維雷射掃描器的產品，但是各種不同類型的掃描器價差十分的大。較好的機型具有較高的自由度，可以利用一次掃描擷取到完整的三維物體資料，但是這種機型相對的也價格較高。普通的機型只有一個自由度（如我們所使用智泰科技所出品的雷射掃描器），所以必須利用數個不同的視角將完整三維物體資料擷取下來。由於每個視角所含的資料並不完整，這些資料必須利用後續的處理來組合在一起。



圖一：由三維雷射掃描器擷取下來的兩個不同視角的臉部網格資料。

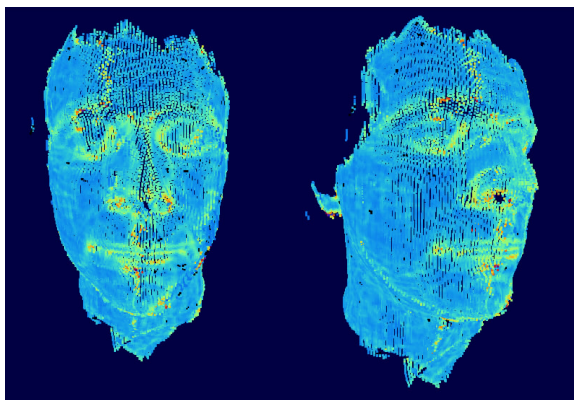
3.2 臉部資料網格對齊

首先我們必須先將數塊不同視角的臉部網格資料對齊，在這邊我們是利用改良版的 Iterated Closet-Point 演算法 [3] 來對齊。假設我們要對齊網格 M_A 和 M_B 。 M_A 和 M_B 的每一個節點都有三維座標與其顏色的資訊，其演算法的步驟如下：

1. 對於每一個在網格中的節點，我們計算其三維的曲率，如果此節點的曲率大於某個門檻值 k ，我們將這個節點定義屬於為特徵組(feature set) F 。我們將會在 5.1 節討論到如何去計算曲率。
2. 利用步驟一去處理 M_A 與 M_B 然後得到兩個特徵組 F_A 與 F_B 。
3. 對 F_A 與 F_B 進行 Modified-ICP。我們將 ICP 內的距離公式改為：

$MD(X, Y) = s \times D(C_x, C_y) + (1 - s) \times D(X, Y)$
 $MD(X, Y)$ 為我們改良的距離公式。X 與 Y 為兩個不同的節點。s 為一個給定值。 C_x 與 C_y 為兩個節點所屬的顏色。D 為 Euclid 距離公式。利用其所得到的 ICP 矩陣來求得 M_A 的旋轉與平移向量。我們將持續重複步驟三直到收斂為止。

4. 最後當 Modified-ICP 收斂後，我們在利用 ICP 演算來來得到更精確的對齊結果。



圖一：利用顏色來代表的曲率分布。顏色較淡的區域曲率較高。

3.3 臉部資料網格接合

當兩個網格資料對齊好之後，接下來就是要將兩個網格資料合而為一。我們所使用的演算法如下：

1. 對於兩個已經對齊好的網格 M_A 與 M_B ，對於 M_A 中的每一個節點 A，在一定的範圍 r 內我們從 M_B 中利用上述函式 MD 找一個距離最近的點。假設 m 是一個很小的值，我們定義：

$$\vec{d} = B - A$$

$$A = A + \frac{1}{m} \times \vec{d}$$

2. 將 M_A 與 M_B 對調，重複步驟 1 直到收斂。
3. 重建三角形的表格與節點資料表格。



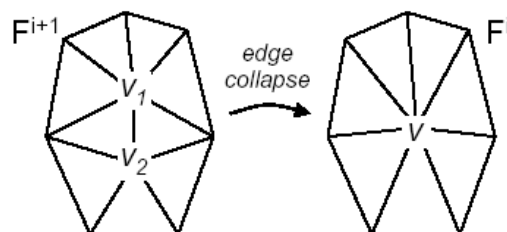
圖三：從兩個不同視角觀察接合好的臉部網格資料。

四、臉部網格減量

首先我們必須先將數塊不同視角的臉部網格

資料對齊，在這邊我們是利用改良版的 Iterated Closet-Point 演算法來對齊。假設我們要對齊網格 M_A 和 M_B 。 M_A 和 M_B 的每一個節點都有三維座標與其顏色的資訊，其演算法的步驟如下：

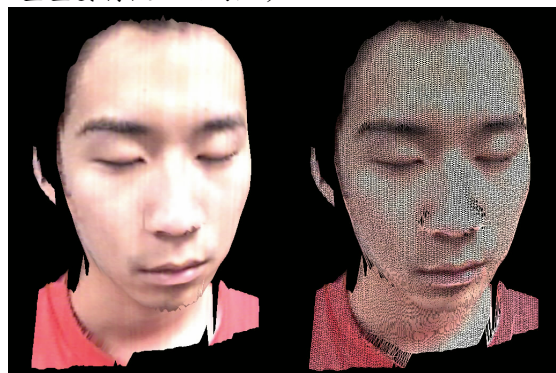
我們使用 Progressive Meshes 來減少網格的三角形數量，主要是參考一篇論文”Surface simplification using quadric error metrics.”[4]，這篇論文的簡化基礎是採用將點和點之間的邊移除的方法，如下圖。



此演算法將會得到一個幾何上近似，但三角形數量減少許多的一個網格輸出。整個演算法如下：

1. 先對整個三維模型作分析，取得每一個點的錯誤矩陣。
2. 利用前一個步驟取得的資訊計算出每一個邊被移除時所需花費的成本。
3. 取出成本最小的邊，將它移除，並記錄下來。
4. 改變其他受影響的邊的成本大小。
5. 重覆步驟 3~4，直到不能再簡化為止。

我們可以手動的去調整某些節點的移除標準，使得這些點在簡化過程中比較不容易被移除（像是一些重要特徵上面的點）。



(a)



(b)

圖四：比較簡化前後網格的變化。(a)原始的網格，具有 14137 個節點與 27813 個三角形。(b)簡化過後

的網格，具有 3763 個節點(26.62%)與 7024 個三角形(25.25%)。

五、參考文獻

- [1] I-Chen Lin, Jeng-sheng Yeh, Ming Ouhyoung, "Reliable Extraction of Realistic 3D Facial Parameters from Mirror-Reflected Multi-view Video Clips", pp. 72-80, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 22, No. 6, Nov., 2002
- [2] I-Chen Lin, Jeng-Sheng Yeh, Ming Ouhyoung, "Realistic 3D Facial Animation Parameters from Mirror-Reflected Multi-View Video", Proc. IEEE Computer Animation 2001, pp. 2-11, Seoul, Korea, Nov. 2001. ISBN 1087-4844
- [3] Paul J. Besl and Neil D. McKay, "A Method for Registration of 3-D Shapes," in IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 14, No.2, Feb. 1992.
- [4] Garland, M., and Heckbert, P. Surface simplification using quadric error metrics. Computer Graphics (SIGGRAPH '97 Proc.) 1997.