

網絡縮減對逆向工程與快速原型間產品模型設計之研究

王中行* 張庭瑞** 賴後權***

* 東海大學工業設計系所
e-mail: cswang@mail.thu.edu.tw

** 南開技術學院工業工程與管理系
e-mail: t237@nkc.edu.tw

*** 中央大學機械工程研究所
e-mail: 92343030@cc.ncu.edu.tw

(收件日期: 92年04月25日; 接受日期: 92年10月24日)

摘要

逆向工程設計與快速原型技術，近年來已廣泛應用於產品開發與造型設計，一般在逆向工程為求得產品模型尺寸精確，對物件輪廓點群量取資料量均相當大，而造成由點群資料匯入快速原型機前，所轉出的標準 STL 三角網絡檔，也相對的龐大，進而影響模型於快速原型機中成型速度。本研究即針對逆向工程與快速原型機所支援的 STL 三角網絡檔進行縮減之研究，在不影響模型尺寸精度條件下，藉由搜尋整個 STL 參考網絡與其封閉網絡方式，依個數比例或差值比例法建立一套權重值法則來判斷執行刪減；網絡經過縮減後，將可減少部分非必要的網絡，達成 STL 三角網絡的數量縮減與形狀平滑化的目標，而有利於縮短快速原型成型的時間，或在進行網絡化產品設計與製造時，縮短檔案傳輸的時間。

本文以自行發展的 STL 三角網絡縮減程式，完成網絡 STL 檔縮減，並以兩組不同的實例，說明網絡縮減對不同產品模型的探討，以驗證經由本研究所得的網絡縮減結果與產品原型相較，在產品精度要求範圍下，網絡可適當縮減，而達到令人滿意的程度。本研究在逆向工程與快速原型產品開發上，具有相當的應用價值，並可提供產、學界相關領域應用的參考。

關鍵詞：逆向工程、快速原型、STL 三角網絡縮減、權重值法則

一、緒論

以往在產品開發或造型設計上，多採用直接由 CAD 軟體建構產品模型的正向工程(Forward Engineering)設計來達成，但由於產品本身複雜度日益提高及產品開發週期的縮短，以採用逆向工程(Remote Engineering, RE)的設計方式，就更被廣泛使用[6]；另一方面，在模型製作上，以疊層製造(Layered Manufacturing)為基礎的快速原型(Rapid Prototyping, RP)製造，可『所見即所得』(WYSIWYG)方式完整呈現模型，而更能因應市場的快速反應，達到加速產品開發上市的時間。

在逆向工程設計與快速原型過程中，成型精度與成型速度一直被視為最具影響的兩項重要因素，當要求產品實體有較高的表面精度時，則需要較慢的堆疊速度，而如何在兩者間做一取捨，STL(Stereo Lithography)格式，扮演一相當重要的角色，STL 被視為逆向工程轉換到快速原型的一種公認標準，當模型由 CAD 或逆向軟體建構完成後，藉由產生的 STL 格式，即可直接輸出於快速原型機建構實體成品，見圖 1，而快速原型機的成品建構速度除受模型本身的複雜度影響外，模型所產生的 STL 三角網格檔的複雜度及數量，也將間接影響快速原型機的成型速度。

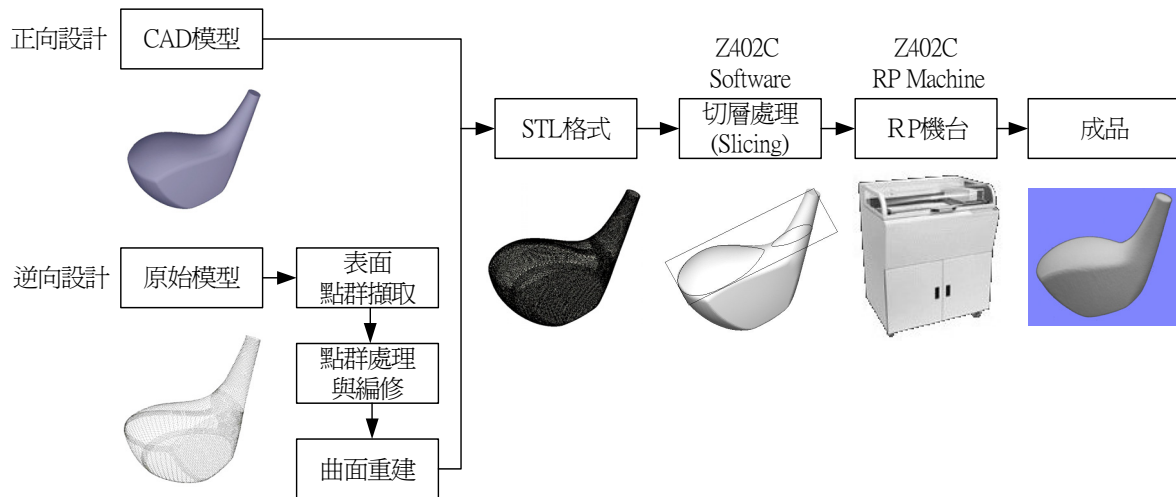


圖 1 STL 三角網格設計、逆向工程設計與 RP 機台間扮演的角色

本文目的即針對由逆向工程設計所產生支援快速原型機的 STL 三角網格進行討論，藉由網格的刪減與重建，以達成 STL 三角網格較佳的目的。在網格刪減上，可藉由個數或比值比例權重值(Weighting Factor)的建立來判斷，網格經過刪減後，變成由周圍數點所包圍的封閉區域，再依據 STL 建構方式來重建網格，達成 STL 三角網格的數量刪減與形狀平滑處理，經縮點後的 STL 網格，在不影響資料的正確性以及不使模型失真（可接受的精度範圍）條件下，可達成加速快速原型機成型速度，或 STL 檔案於網路傳輸的速度，進而加快產品開發流程與時間。本研究並以人臉面具模型以及鞋楦 STL 檔為例，進行不同網格縮減比例的驗證，找出不同模型產品所適合的網格刪減方法，以說明經由本研究網格縮減發展軟體所開的 STL 格式，可達成令人滿意的結果。

二、文獻探討

逆向工程與快速原型近年來的應用已經相當廣泛，逆向工程被視為快速原型的前處理程序，而 STL 三角網格更可視為兩者之間的轉換介面，在相關研究探討上，大致可分為兩者間的整合應用研究以及如何進行 STL 三角網格刪減與重建等兩方面說明。

在以逆向工程與快速原型作為產品開發應用貢獻上；謝峻超[3]以逆向工程概念，結合造形參合理論，來建立一套逆向工程應用於形態漸變(Morphing)設計的模式，在研究上，其先以非接觸式雷射掃描機，量取原始模型外觀，取得點群資料(利用 PolyWorks 軟體)後，再以點資料處理軟體(Surfacar 軟體)進行點群斷面資料擷取及相關處理，最後透過其自行發展之可依據原始點群資料自動漸變生成新點群的程式，使設計師能透過相關參數輸入與調整，經由造形均勻化法則來進行點群的外形輪廓修正，最後將所得之新點群輸出到其它 CAD 系統(Ideas 軟體)作為曲面建構依據，故工業設計師只要輸入兩組實體模型的量測點群，就能在最短的時間內衍生出一系列具有不同比例，並保有原設計概念的 3D 模型圖檔，以

提供設計師達成更快速的提案構想產生，並可立即透過快速原型機製作出實體模型，其中整個研究過程中，STL 檔案格式僅為其轉換介面，而並未加以細部探討。許智超[4]以暹開 STL 格式的方式，直接將量測點資料讀入，藉由 NURBS 曲線擬合方式，建立掃描線後，即直接對掃描線進行適應性切層運算，而取得輪廓點，再以曲線擬合方式產生輪廓線，直接輸出成 HPGL 格式，進行 RP 成型製作，此方法，對於規則的曲面結構尚屬有效，唯對於自由曲面因為需多次進行曲線擬合，誤差量較大，其雖然暹開了 STL 格式的缺點，但反而使其無法與其他軟體相容，而無法繼續使用。江俊禹[1]以鞋楦模型為例，自行發展一套專用於鞋楦量測之逆向工程處理軟體，以進行完整的 CAD 模型重建，並與現有商業型逆向工程軟體進行比較其優缺點，其研究亦僅止於點群的逆向處理，並未探討到 STL 的轉換與縮減。姚立隆[2]等，利用逆向與快速成型技術進行傳統文化藝術品（布袋戲偶）的設計與製作，算是將此一技術較早用於傳統與創新的一項應用。

有關 STL 三角網絡縮減處理，其主要方法可分為(1)移除頂點(2)移除邊緣線(3)移除三角網絡(4)重建網絡等。相關研究中，陳俊彥[5]係依網絡頂點的幾何型態來判斷網絡中那個頂點可以刪除與網絡重建，並加入特徵值的門檻做為參考，將具有較大曲率或斜率的網絡區域排除，以避免簡化後造成模型中複雜區域產生幾何上的失真。Mark 和 Steve[15]採用移除網絡邊緣的簡化方法，當移除一個網絡邊時，構成此邊緣之兩頂點相關的網絡都會被移除，進而產生一個多邊形，此時會被移除的網絡邊緣的中點產生一個新頂點，再以此新頂點與多邊形建立新的三角網絡即完成網絡簡化的動作。Kalvin[13]、Chen[7]與 Gieng[11]等皆提出選擇移除三角網絡的簡化方法，其中 Gieng 所用的方法與 Mark 採用的移除網絡邊緣的方法類似，若選定一個要移除的三角網絡，則與此三角網絡頂點相關的網絡都會被移除，進而產生一個多邊形。此時再選擇該三角網絡形成做為新的頂點，利用這個新頂點與多邊形產生新網絡。Zhang[18]等更提出以壓縮檔案方式以縮減 STL 網絡，以符合在網路上進行 STL 格式之網路設計與製造新趨勢。而網絡重建的目的，在於將經過網絡刪減後所造成的網絡缺陷，重新建立新的三角網絡。相關研究中，Hur[12]等，以採用迪氏三角形(Delaunay Triangulation)進行三角網絡的刪減與重建，其利用迪氏三角網絡中最大與最小角法則和迪氏外接圓原則為基礎，來重建新的三角網絡。Chen[8]、Tien[17]等則以基因演算法進行 STL 三角網絡的搜尋、最佳化與重建的應用。

三、研究方法

直接由逆向工程轉換出來的 STL 網絡模型，其數目往往非常的龐大，從數千個到上百萬個都有，有些多餘的網絡對於模型在快速原型製作時並不會有太大的幫助，反而增加電腦硬體的負荷，故要能夠有效縮減數量及保留模型特徵，方能達成網絡模型最佳化的目的[16]。本文在研究方法上，首先進行整個 STL 網絡的搜尋，找出所有符合刪除條件的參考網絡與其包圍網絡，重新計算 STL 網絡間每個網絡的誤差量，再依個數比例或誤差值比例，定義權重比例值，進行網絡刪減，以達成 STL 網絡縮減與形狀平滑處理的目標。

3-1 STL 格式

STL 檔案是由眾多的三角平面所結合，目前快速成型機所支援的格式大都以 STL 三角網絡檔為主，並以其作為 CAD 或逆向工程與快速成型系統間共用的檔案轉換格式[10]。STL 檔案格式，為許多三角平面(Facet)集合所構成，每個三角平面是由它的三個頂點與所屬的單位法向量所描述，每個三角頂點皆有一組 x, y, z 座標，且頂點依照逆時鐘的方向排列，並可以利用右手定則的特性決定單位法向量的方向，

並指出每個三角平面，何面為內側與外側，圖 2 說明單一個三角平面的 STL 格式、三頂點及其法向量，且可依公式算出所屬之法向量與單位法向量值。各個三角網格面在組合時，需依照下述三個規則進行，以形成一個封閉的 STL 模型[9]。

- (1)頂點對頂點。
- (2)一個邊只能被兩個三角平面所共用。
- (3)相鄰三角面之單位法線之方向指向需同向。

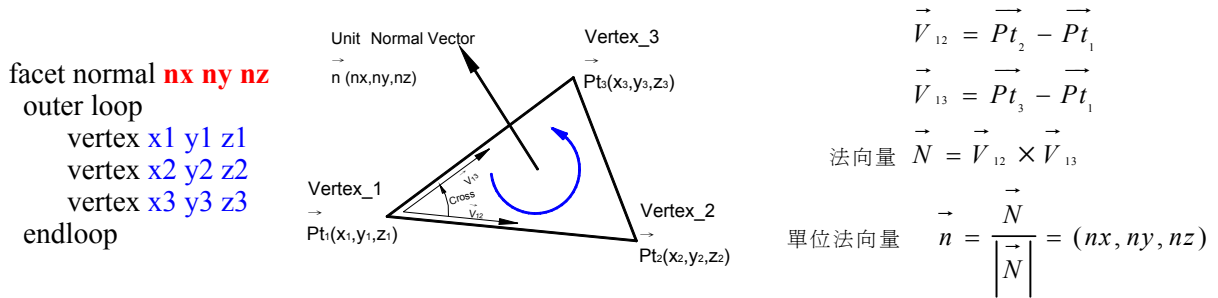


圖 2 STL 三角網格檔案格式、三頂點排列圖示及其單位法向量

3-2 系統架構

本研究首先以非接觸量進行模型點群掃描，再以逆向工程軟體處理點群，而得到初步的 STL 檔案，便進入研究系統之架構，本研究提出下列主要步驟來達成網格縮減的設計，其系統架構，如圖 3 所示。

- (1)搜尋整個 STL 網格，找出所有參考網格與包圍網格，作為建立初始可刪減的網格資料。
- (2)以選定的個數比例、數值比例，定義不同的權重比，完成所有符合權重比的參考網格與包圍網格刪除。
- (3)比較、判定所完成選定的個數比例、數值比例 STL 網格，何者為最佳的網格刪減結果，再進行網格重建，並與原始圖形進行比較。

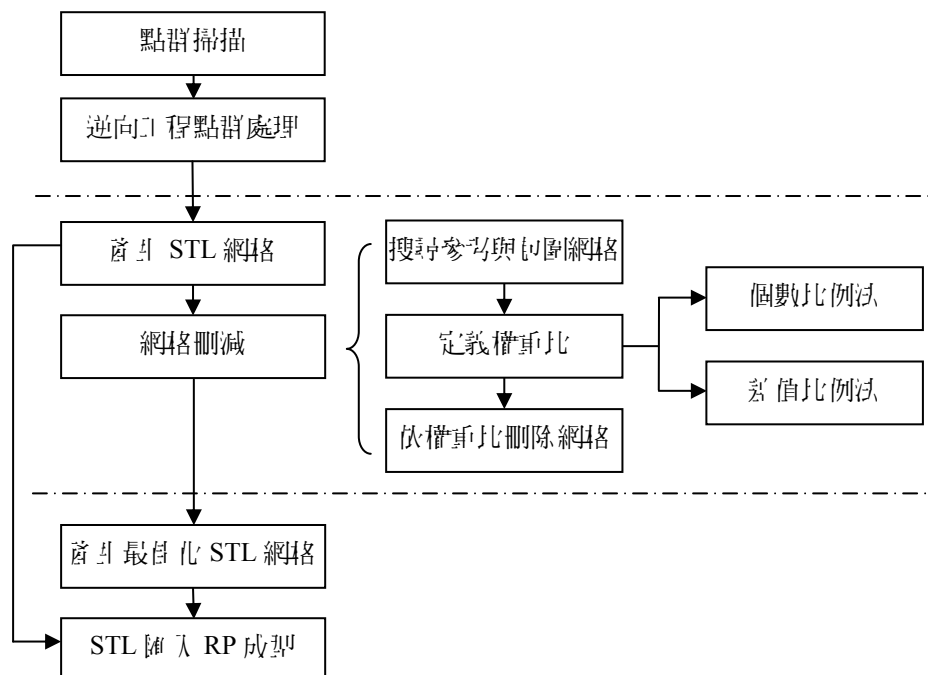


圖 3 本研究系統架構圖

3-3 網絡刪減

在網絡刪減中，所利用的刪減方法為權重比例法(Weighting Factor)，在作刪減之前需先對網絡作搜尋的動作，搜尋所有網絡中的頂點，尋找並標示出網絡中其頂點皆被共用的三角網絡，並定義成參考網絡(Referenced Mesh)，其周圍所包含的網絡稱為包圍網絡(Surrounded Mesh)，首先，計算包圍網絡與參考網絡之單位法向量的差值，再依所給定刪減的差值權重比，將欲刪減的參考網絡與包圍網絡給刪除，其刪減流程如圖 4 所示[14]。

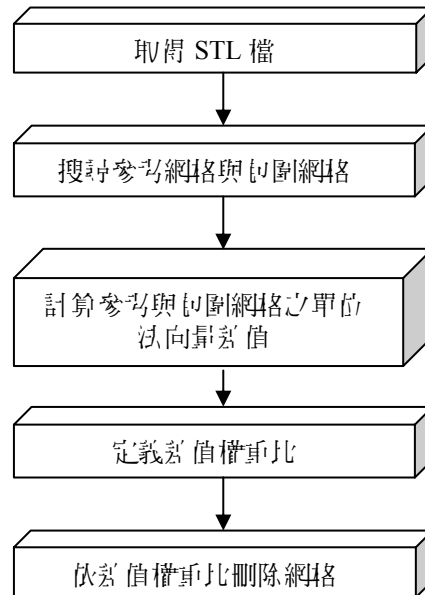


圖 4 網絡刪減流程

3-3.1 參考網絡搜尋

參考網絡是一個單一的 STL 網絡，其圖形為封閉的三角網絡所構成，且網絡的三邊均與其它網絡互相共用，其三個頂點亦被鄰近的網絡所共用。在本研究中，就是利用頂點共用的特性，來搜尋 STL 三角網絡內所有同時三頂點皆被共用的網絡並定為參考網絡，達成利用三頂點座標比較的方式來作定義完成搜尋法則。圖 5 說明，假設 STL 網絡中，其中一部分 STL 網絡群共有 13 個網絡，其搜尋到的參考網絡號碼為 12，其三頂點分別為 p1, p2, p3，且與 p1 點共用的網絡為 6、7、8、9、10，與 p2 點共用的三角網絡為 4、5、6、11、13，與 p3 點共用的為 1、2、3、10、11。STL 網絡群的搜尋，係依照 STL 檔案的順序，依序搜尋，當網絡被搜尋成為參考網絡後，其周圍環繞的網絡，就規劃成為包圍網絡，而不會再成為參考網絡。全部 STL 網絡群搜尋結果示意圖，如圖 6 所示，其中斜實線三角代表參考網絡，虛線多邊形代表所有構成的包圍網絡。

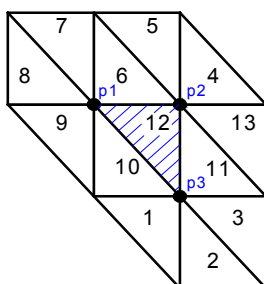


圖 5 參考網絡與包圍網絡關係圖

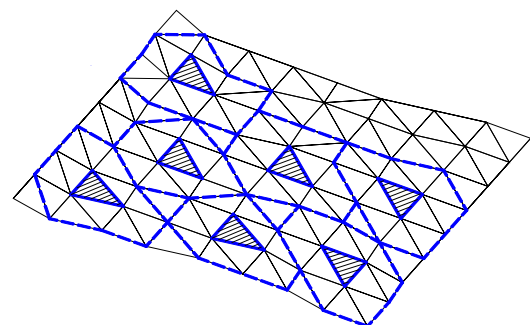


圖 6 網絡搜尋結果示意圖

3-3.2 權重比

若取出一組參考網絡與包圍網絡的單位法向量，如圖 7 所示，參考網絡之單位法向量為 U ，包圍網絡之單位法向量為 $V_1 \sim V_n$ 。單位法向量權重值計算為，① 計算單位法向量差值 $d_1 \sim d_n$ ，如公式(1)(2)式所示，② 計算差值平均數 \bar{d} ，如公式(3)所示，③ 最大與最小差 d' ，如公式(4)所示，④ 定義權重值 Δd ，如公式(5)所示。

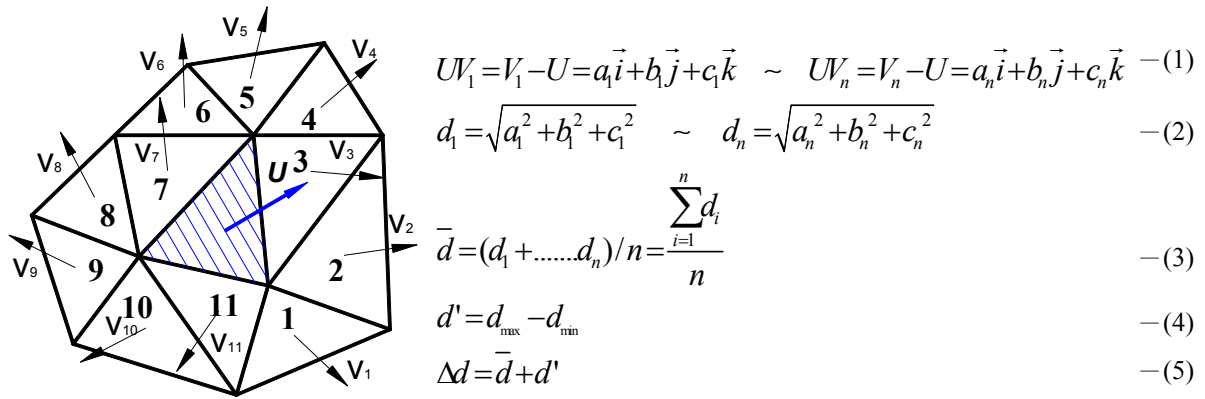


圖 7 參考網絡與包圍網絡單位法向量之權重值計算

權重比的設定值為 $w\%$ ，是依據權重值的大小作參考，在本研究中，所提出的權重比例法有兩種。

(1) 個數比例法，係依照公式(5)，先求出所有欲刪除網絡之權重值 Δd ，其中由最小權重值 Δd_{min} 與最大權重值 Δd_{max} 之間，設定比例個數來刪減網絡數，假設有 n 組權重值，設定權重比為 $w\%$ ，則會刪減的網絡群個數為由最小權重值算起的 m 組，如公式(6)與圖 8 所示。

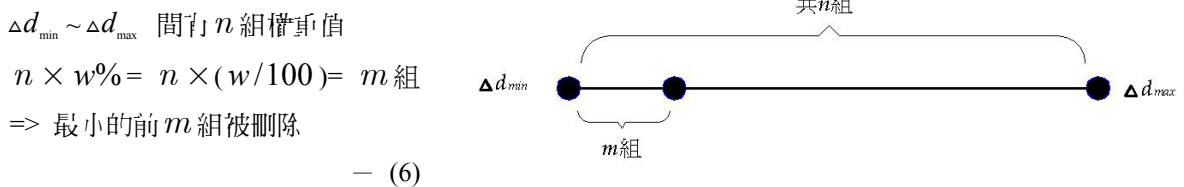


圖 8 個數比例法刪減圖

(2) 差值比例法，為由最小權重值與最大權重值之間依比例差值來決定適當的權重值，假設最大權重值為 Δd_{max} ，最小權重值為 Δd_{min} ，設定權重比為 $w\%$ ，則可算出參考差值為 Δdm ，也就是說當權重值介於 $\Delta d_{min} \sim \Delta dm$ 之間，則所屬的網絡群就會被刪除掉。如公式(7)與圖 9 所示。

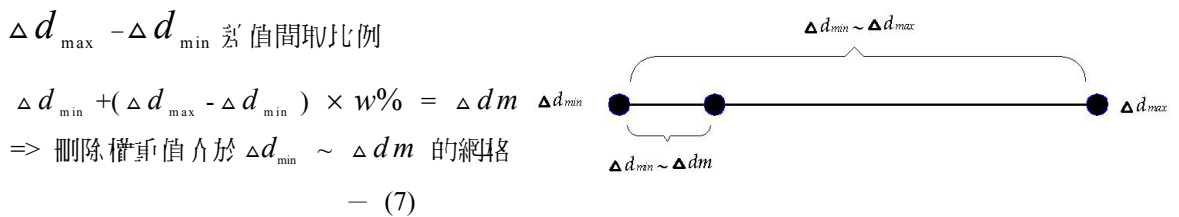


圖 9 差值比例法刪減圖

如果當包圍網格群中的網格較為平滑時，則所表現出的單位法向量差值也就是權重值就會較小，亦即表示說該網格群被刪滅的比率就會相對的增高。相反的，如果網格群內的網格單位法向量差值(權重值)較大時，則表示網格群內的網格彼此之間變化量較大且該網格群可能位於曲面特徵較大處，所以該網格群被刪滅的比率則會降低。利用權重比的計算，就可以明確的定義出網格群內網格彼此的變化率，達到平滑的網格群可作刪除，變化大的網格群作保留的目的。圖 10 為由圖 6 經搜尋所得的七組周圍三角網格，以權重比例法計算後，可刪滅其中兩組包圍網格後所得的結果。

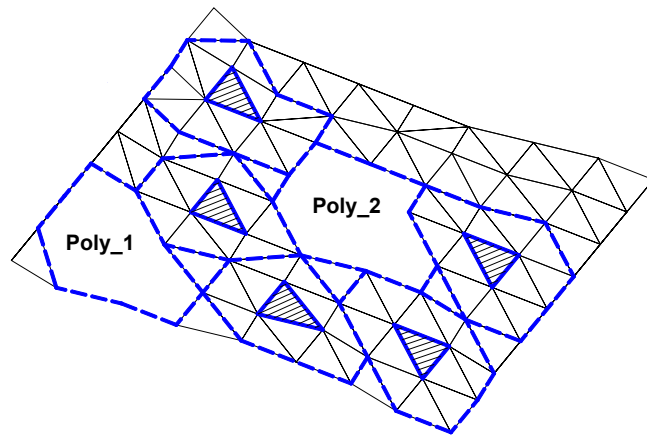


圖 10 網格群刪滅結果示意圖

四、實例驗證

本研究是藉由 STL 網格刪滅，以移除其用參考網格與其包圍網格，再重建以求得最佳的新網格方法。研究中以面具模型、鞋楦模型等兩個 STL 網格為例，依照先前所敘述之網格刪滅法則進行。研究中，利用 Visual Basic 語言撰寫系統應用程式，並依不同的網格刪滅比例(內定刪除比例 5%, 10%, 20%, 30%, 50%, 70%, 80%以及 All 全刪)，以達成重建新網格，圖 11 為所撰寫之網格刪滅執行畫面。表 1 列出使用的面具模型、鞋楦模型在網格縮減程式執行後，縮減之 STL 網格大小，以及其相對應的原始檔案大小、原始 STL 網格數。

表 1 實例驗證結果

	原始檔案大小	原始 STL 網格數	縮減後網格數與檔案大小			
			10%個數比例	30%個數比例	10%差值比例	30%差值比例
面具模型	1,515 kB	9,900 個	9,091 個 1,321 kB	7,468 個 1,083 kB	9,673 個 1,407 kB	7,131 個 1,035 kB
鞋楦模型	2,947 kB	15,933 個	14,706 個 2,669 kB	12,296 個 2,229 kB	6,945 個 1,260 kB	4,616 個 837 kB

4-1 實例一：面具模型

原始的面具模型 STL 網格及其彩現圖，如圖 12(a)所示，其網格數為 9900 個，在考慮模型精度誤差範圍下，選定以 10%與 30%的比例進行網格刪滅比較驗證，其結果為，以個數比例法縮減 STL 網格，可

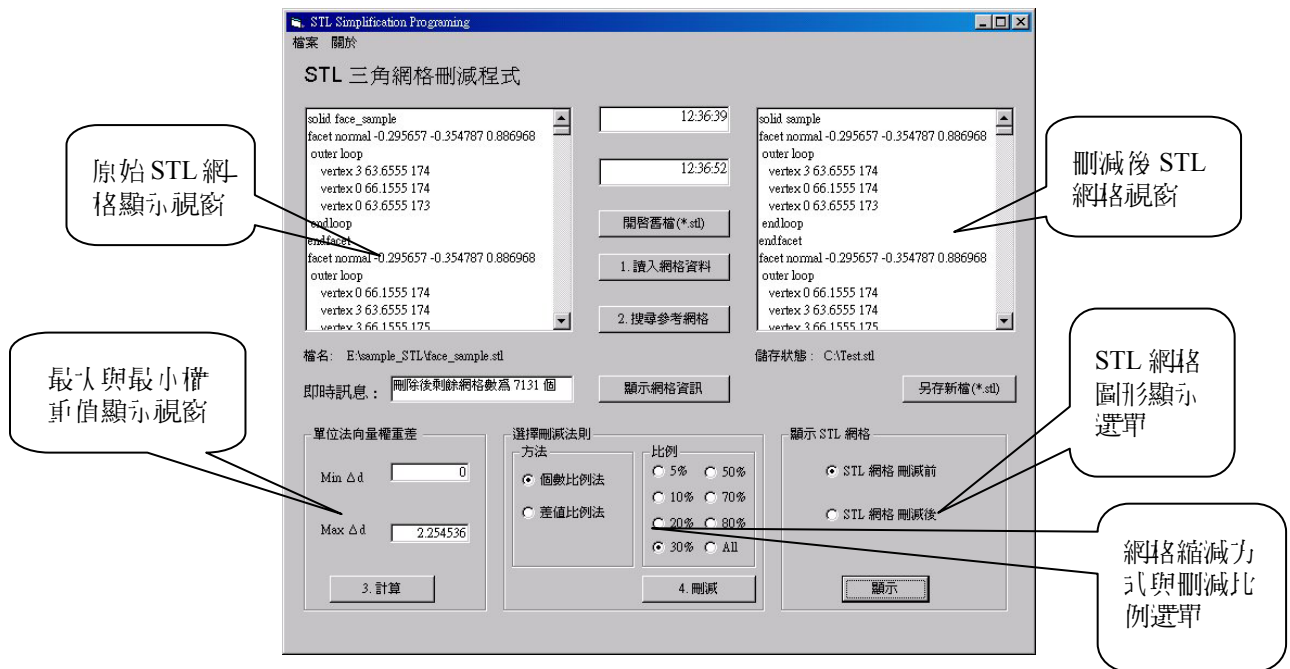
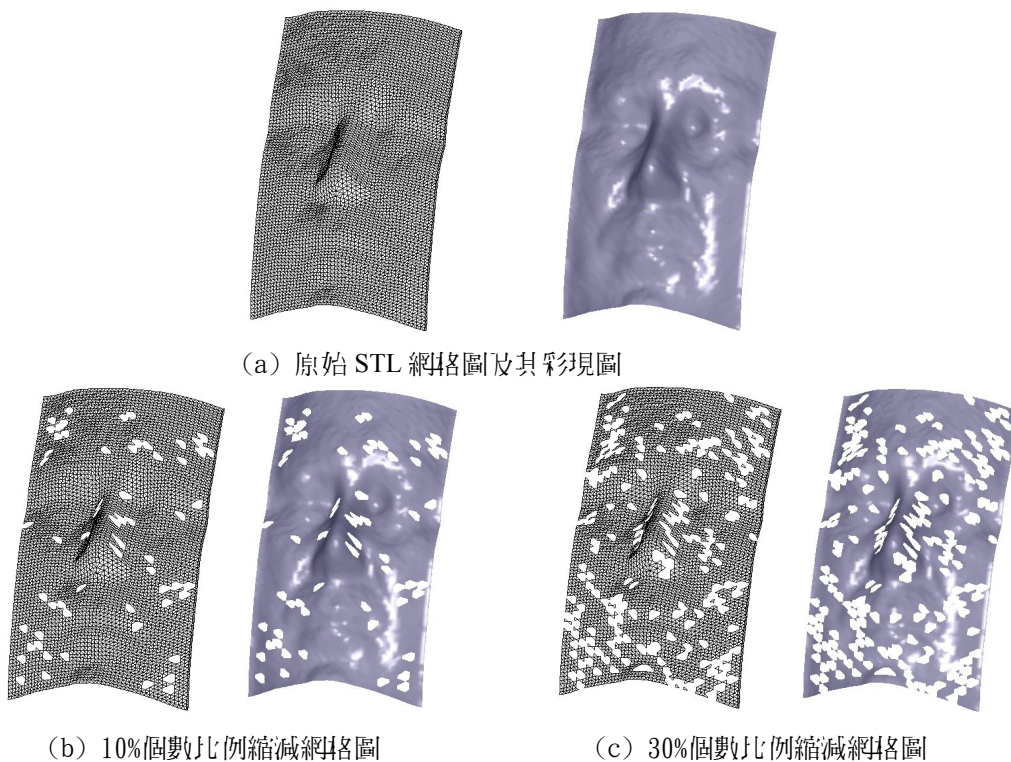


圖 11 自行發展之網格刪減發展軟體

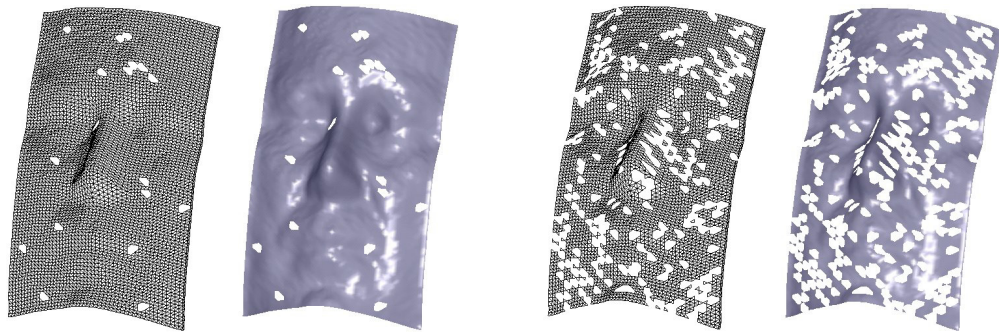
得到如圖 12(b)、12(c)所示，其網格數分別縮減為 9,091 個與 7,468 個，而以差值比例法縮減 STL 網格，可得到圖 12(d)、12(e)，其網格數分別縮減為 9,673 個與 7,131 個。由圖形觀察，30%的網格刪除，圖形破損尚可接受，故可選定檔案較小的差值比例結果來顯示。圖 13 即為面具模型之原始模型與 30%差值比例縮減後，再進行重建網格結果比較。



(a) 原始 STL 網格圖及其彩現圖

(b) 10%個數比例縮減網格圖

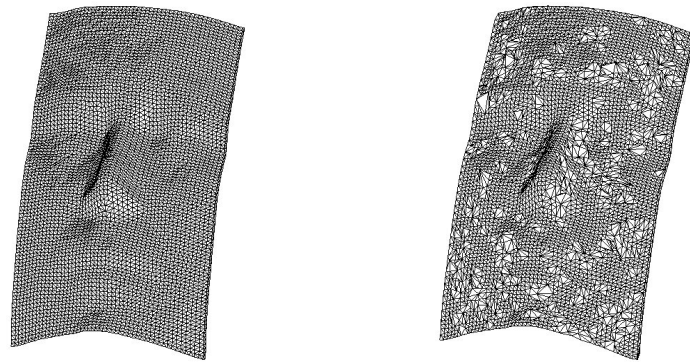
(c) 30%個數比例縮減網格圖



(d) 10% 彎曲值比例縮減網絡圖

(e) 30% 彎曲值比例縮減網絡圖

圖 12 (a)~(e) 面具模型依彎曲值與個數比例作網絡縮減結果



(a) 原始模型

(b) 30% 彎曲值比例縮減網絡後再進行網絡重建結果

圖 13 面具模型之原始模型與 30% 彎曲值比例縮減後再進行重建網絡結果比較

4-2 實例二：鞋楦模型

實例二 為鞋楦模型，仍分別以 10% 與 30% 的個數比例法與彎曲值比例法作網絡刪減與重建新網絡，且相互比較。鞋楦模型原始 STL 網絡圖形及其彩現圖，如圖 14(a) 所示。以 10% 與 30% 個數比例法作網絡刪減，所得到的結果，如圖 14(b)、14(c) 所示，以 10% 與 30% 彎曲值比例法所得到的結果如圖 14(d)、14(e) 所示。由圖 14 顯示之彩現圖觀察可知，無論以 10% 或 30% 彎曲值比例法所得的圖形，均「嚴重破損」，故選用 30% 個數比例法進行網絡重建，並顯示。圖 15 即為鞋楦之原始 STL 網絡模型與 30% 個數比例縮減後再行網絡重建結果比較。

4-3 案例結果討論

經由上述兩案例，所得的檔案大小與圖形顯示可知，網絡刪減比例值與網絡刪減方式的選定，將決定 STL 網絡刪減後，可以接受的程度。當選擇網絡刪減比例時，可以先觀察模型本身的複雜程度，以決定所需要的刪減比例，當模型外型曲率變化較大時，使用低比例刪減比，可確保外型特徵處之網絡不會被刪減，而外型變化率較小時則反之，以避免 STL 模型失真之情形。在二種網絡縮減方法中，使用個數比例法縮減時，可以有效掌握所刪減的網絡個數，且能確保所刪除的網絡為曲率變化最低處(權重彎曲值最小)；彎曲值比例法則能夠得到較多網絡的縮減，但是卻容易造成網絡不平滑現象，尤其當網絡間權重彎



圖 14 (a)~(e)虧值與個數比例作網絡縮減結果

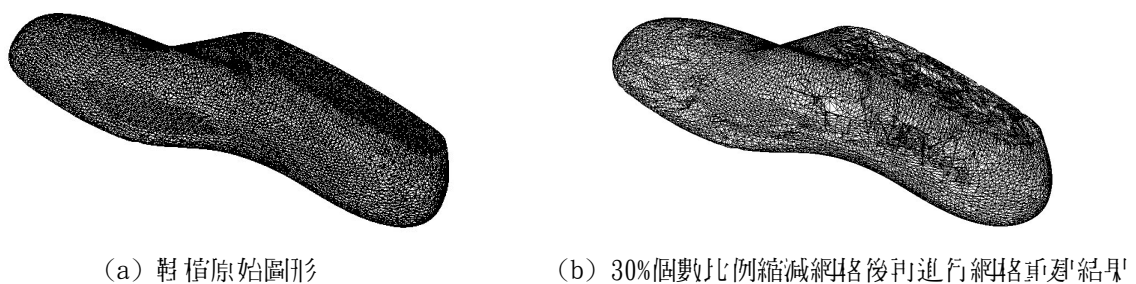


圖 15 鞋楦之原始模型與 30%個數比例縮減網絡網絡重建結果比較

值變化較小(權重虧值集中曲率值時)的 STL 模型最為明顯,在選擇上,可以依下列兩個準則來決定選擇個數比例法或虧值比例法。

- (1)個數比例法:當模型中的三角網絡整體曲率變化較平滑時,可選擇個數比例法,以確保曲率較接近的網絡不會被大量刪除,如實例一鞋楦模型,最佳的刪減方法為個數比例法。
- (2)虧值比例法:當模型中的三角網絡整體變化較不平滑時,可選擇虧值比例法,以確保被刪除的網絡,為曲面間較平滑處的,如實例一面具模型,最佳的刪減方法為虧值比例法。

五、結論

本研究，已完成將複雜的 STL 模型進行網絡縮減與重建，其不僅可以處理經由逆向工程所得的 3D 量測點資料，所轉換得到的 STL 檔，亦可以處理經由 CAD 系統繪製轉換的 STL 檔。本研究具體達成下列目標：

- (1)自行發展建立一套 STL 網絡縮減程式，以較佳的人機介面選單方式，來進行 STL 網絡縮減程序。
- (2)建立一套完整的 STL 網絡縮減處理法則，可依不同模型曲面曲率變化進行網絡刪減。並以實例驗證說明，對平滑曲面可選擇個數比例權重法，對曲率變化較大的曲面可選擇密度比例權重法，來進行 STL 網絡的刪減。
- (3)可有效達成網絡縮減的目的與加速快速原型處理模型的效率與成本。
- (4)提供在產品開發過程中，進行網路設計與製造時，可有效縮短 STL 檔案傳輸的時間。

參考文獻

1. 江俊禹，2001，韌積逆向CAD模型重建技術探討，中央大學機械工程研究所碩士論文。
2. 姚允隆、高世安、李定穎，2002，文化藝術品（布袋戲偶）之快速設計與製作，機械月刊，Vol.28, No.2, pp.264-271。
3. 莊峻超，2001，應用逆向工程於型態漸變設計模式建立之研究，成功大學工業設計研究所碩士論文。
4. 許智超，2000，逆向工程與快速成型系統整合之研究，台灣大學機械工程研究所碩士論文。
5. 陳俊彥，2000，利用3D多重掃描資料建構多面體架構之實體模型，中央大學機械工程研究所碩士論文。
6. 黃允治、邊守仁，2003，應用逆向工程導入以使用習為核心之創新產品設計研究—以手持式條碼掃描機為例，2003創新設計研討會，台北，pp.52-58。
7. Chen, Y.H., Ng, C.T., and Wang, Y.Z., 1999, "Generation of and STL File from 3D Measurement Data with User-Controlled Data Reduction", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 15, pp.127-131.
8. Chen, Y.H., and Wang, Y.Z., 1999, "Genetic Algorithms for Optimized Re-triangulation in the Context of Reverse Engineering", Computer Aided Design, Vol.31, pp.261-271.
9. Chua, C.K. and Leong, K.F., 2000, Rapid Prototyping: Principles & Applications in Manufacturing, Ch 6, John Wiley & Sons.
10. Furrens, K.K., 1999, "Standards for the Rapid Prototyping Industry", Rapid Prototyping Journal, Vol.5, No. 4, pp.169-178.
11. Gieng, T.S., Joy, K.I., Schussman, G.L., and Trotts, I.J., 1998, "Constructing Hierarchies for Triangle Meshes", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol.4, No.2, pp.145-161.
12. Hur, S.M., Kim, H.C., and Lee, S.H., 2002, "STL File Generation with Data Reduction by the Delaunay Triangulation Method in Reverse Engineering", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol.19, pp.669-678.
13. Kalvin, A. D., Taylor, R. H., 1996, "Surfaces: Polygonal Mesh Simplification with Bounded Error", IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.16, No.3, pp.64-77.
14. Kim, H.C., Hur, S.M., and Lee, S.H., 2002, "Segmentation of the Measured Point Data in Reverse Engineering", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol.20, pp.571-580.
15. Mark, E., and Steve, M., 2001, "Triangle-Mesh Simplification using Error Polyhedra", Proceedings of Euro Graphics UK 2001, University College London, pp.3-5.
16. Pham, D.T., Gault, R.S., 1998, "A Comparison of Rapid Prototyping Technologies", International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol.38, pp.1257-1287.
17. Tian, X.D., Wang, Y.X., Zhou, X.H., and Ruan, X.Y., 2002, "Mesh Simplification Based on Super-Face and Genetic Algorithm in Reverse Engineering", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol.20, pp.303-312.
18. Zhang, L.C., Han, M., and Huang, S.H., 2003, "CS File – An Improved Interface between CAD and Rapid Prototyping Systems", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol.21, pp.15-19.

誌謝

感謝國科會提供本研究計畫所需之經費（計畫編號 NSC90-2212-E-212-025），使得本研究得以順利完成，特此致以萬分的謝意。

Mesh Reduction for Product Model Design in Reverse Engineering and Rapid Prototyping Process

Chung-Shing Wang* Teng-Ruey Chang** Hou-Chuan Lai***

* Department of Industrial Design, Tung Hai University
e-mail:cswang@mail.thu.edu.tw

** Department of Industrial Engineering and Management, Nan Kai College
e-mail:t237@nkc.edu.tw

*** Department of Mechanical Engineering, National Central University
e-mail:92343030@cc.ncu.edu.tw

(Date Received : April 25,2003 ; Date Accepted : October 24,2003)

Abstract

Reverse engineering design and rapid prototyping technology are widely used in today's product development and shape design. For higher dimensional accuracy in model construction, the point data must be scanned in a large amount for the reverse engineering process. This will cause the standard imported STL file to the rapid prototyping machine relatively large and complicated. This paper presents how to simplify the STL mesh in the reverse engineering and rapid prototyping process. First, the whole STL triangles are searched for finding all the reference triangular meshes and surrounding meshes in advanced. Secondly, either by percentage amount method or by deviation value method as the weighting factor can be set for reducing the surrounding meshes. After reducing the STL mesh file, some redundant mesh can be deleted and a smoother shape can be achieved. The main profits for this research are reducing the time for rapid prototyping machine forming and the time for STL file transferring for web design and manufacturing.

By using the self developed STL triangular mesh reduction program in Visual Basic, STL file can be reduced according to the desired ratio. Two examples are introduced to examine the process of STL file reduction for the reverse engineering and rapid prototyping process. A good result can be reached after the mesh reduction. The results can be used both in industry and research field for reverse engineering and rapid prototyping.

Keywords: Reverse Engineering, Rapid Prototyping, Stereo Lithography File (STL) Triangular Mesh Reduction, Weighting Factor Algorithm.

