

使用VRML建構三維醫學影像系統 A VRML-based 3D Medical Image System

楊東麟 劉豐明
D.L. Yang, F.M. Liu

逢甲大學 資訊工程研究所
Dept. of Information Engineering
Feng Chia University, Taichung, Taiwan

彭振興 溫嘉憲
C.H. Peng, C.H. Wen

台中榮民總醫院 資訊室
Computer Center
Taichung Veterans General Hospital, Taiwan

摘要

本論文討論在網際網路上建構一個三維的醫學影像系統，用來協助醫生透過網際網路進行診療，並解決一般醫學影像系統無法在不同軟硬體平台上瀏覽相同資料的問題，做為未來遠程醫療及群組醫療系統的基礎。在本系統中我們將一系列影像經過前置處理後，把資料轉換成VRML的語法並且加入JAVA語言對物件的控制，再用表面描繪法在網際網路的瀏覽器上展示出所重建的三維物體。整個流程分為：骨骼資料的粹取、邊緣的偵測、群組關係的建立、控制點的選取及三維物體的產生等五部份。目前我們主要是以人體關節的電腦斷層掃描影像的處理為主，未來希望將應用擴及其他器官和不同種類的影像，讓醫生在遠端就可透過網際網路會診病情，增加醫療資源的效益。本研究的貢獻除了建構VRML的三維醫學影像系統以外，也針對物件群組化及多邊形過多的問題做進一步的探討。

關鍵字：三維視覺，電腦斷層掃描影像，虛擬實境，
虛擬實境模型語言

Abstract

In this research we construct a three-dimension medical image system in the internet environment to assist doctors diagnose disease at remote sites. We also solve software/hardware dependence problems on medical image visualization with WWW technologies. This can pave our way to future telemedicine and group diagnosis services. After processing input images, we use VRML and JAVA to construct and manipulate the resultant object with surface rendering. The system has five parts: bone data extraction, edge detection, relation grouping, control point selection, and 3D-object generation. In our prototype we use the computed tomography image data of hip joint. In the future we hope to apply our system to other parts of human body as well as different kinds of image data. Doctors can use our system on the internet to make diagnosis from remote areas to better utilize medical resources. Here we also resolve the problem of object grouping and the reduction of polygon numbers.

Keyword: 3D Visualization, CT Image, Virtual Reality, VRML

1. 前言

電腦科技的快速進步已經能用來幫助醫生做更正確和快速的診療，以及輔助新進實習醫生的訓練，於是我們想要發展一系列應用電腦處理的醫學影像系統來提供這些功能。其中一部份就是要發展三維的醫學影像處理系統，並且導入虛擬實境的應用。但是在醫院方面會有許多方面的考量，第一是在經濟上的因素，因為在目前許多已經發展成型的系統幾乎都是在昂貴的圖形工作站上，如此若要在院內各科推廣，勢必需要花費大量的經費，因此若能夠發展在個人電腦上的系統，那就有利於推廣使用。第二個考量的是網路問題，如果能夠發展一套能在網路上使用的系統，甚至透過網際網路(Internet)來傳遞的話，那就比較容易達到遠程醫療的目的。第三是使用者界面的透通性，如果我們能夠利用可攜性高的語言來發展，讓我們的系統能在大部份的軟硬體平台運作，並且可使用相近的使用者介面，那對系統的推廣將有更良好的影響。所以在整體系統的考量上，我們將利用成本低的個人電腦、具有標準界面的Web Server及VRML、Java語言來建構系統，然後利用現有的網際網路做為傳輸媒介達到廣泛使用的目的，希望能對醫生的訓練及病患的診療有所幫助。

本篇論文主要是探討如何在網際網路的環境上，建立一個三維空間的醫學影像系統，並探討其中所用到的幾項技術，包括：

(一) 影像資料的粹取及邊緣的偵測：由於為了減少計算時間，採用表面描繪法，所以必須將所要描述的資料取出並計算出其邊緣資料。

(二) 建立影像群組：因我們擷取到的二維醫學影像重建成三維後，實際上是有數個獨立的子物件，因此若我們要求能控制這些物件，就必須先對這些影像群組化，才能在重建後區分出子物件。

(三) 三維物體瀏覽：由於我們希望能在網際網路上親視我們所重建的物體，所以使用VRML語言來展示物體，透過網際網路的VRML瀏覽器來觀

視，並且利用VRML具有三維空間遊走的特性，用來對物體做任意角度且即時的觀察，然後再利用Java語言來對三維空間的物件做控制，如此可選擇所要檢視的全部或部份物件，更方便醫生對病情的診斷。

未來希望能夠以此為基礎發展出可辨別疾病或骨折的醫療輔助系統，以及所發展的模式能成為一標準化的方法，對於不同部位、不同的影像有一套共通的方法來處理。我們研究結果的主要貢獻除了探討如何以VRML語言來建構一個三維的醫學影像瀏覽系統之外，並且針對下列兩點深入的探討：

(一)物件群組化(Grouping)：在我們重建三維物體的過程中，如何對於不同群組的物件來做區分，以便在物體重建後可以使用Java語言的指令來控制每一個獨立物件。

(二)多邊形個數的減少：在我們重建三維物體時，由於是採用多邊形組合來表示物件，但是多邊形的數量是否過多？可否用更少量的多邊形來表示相同的物件？減少這些多邊形數量所花的時間是否值得？等問題的討論。

2. 相關的研究

目前主要常用的醫學影像有幾種，如電腦斷層掃描(CT)、核磁共振掃描(MR)、超音波(Ultrasound)、X光(X-ray)等，依其成像原理的不同，有著不同的應用，如電腦斷層掃描用在骨科、核磁共振掃描用在內臟、超音波用在婦產科、X光用在胸腔科等。而電腦就依這些不同的應用而有著不同的研究。綜合來說，大致有下列幾種：

(一)影像的segmentation：不管是何種醫學影像，醫生拿到時都必須判別出影像中每一部份是人體中的何種器官，但這並不容易，必須經過長久的訓練，因此經由電腦segmentation之後，可幫助醫生判別器官，甚至幫助醫生判別病症，非常有用，但並不容易。因為影像中可以用來判斷的資訊並不多，大致來說有每一pixel的值、pixels的Gradient及pixels間的相關位置等[1]，除此之外，尚可利用類神經網路及知識庫等方法[2]。

(二)三維物體的成像技術：目前三維物體的成像技術主要可分兩種，表面描繪法[3]及體積描繪法[4,5]。表面描繪法主要又可分兩種：(a)先計算出可表示物體表面的多邊形的控制點，再由這些控制點形成物體表面來表示物體。(b)利用Marching Cubes的演算法找出物體表面來表示物體[6]。利用表面描繪法可節省資料存放的空間，加快物體旋轉及顯示的時間，但無法對物體做切割，因為沒有記錄物體表面下的資料。而體積描繪法是將所有資料，包括影像間必須計算出來的資料全部保留並顯示到螢幕上，如此可對物體做切割展示其內部，但由於計算量龐大，物體旋轉

及顯示速度均較慢。

(三)利用前述的技術可用來進一步發展手術模擬的計劃與手術後病情的評估[7,8]。

(四)平行處理：前述影像處理的每一步驟都很耗時，因此若能利用平行處理的方法來加速運算，那系統將可能達到real-time的目標[9]。

在我們實作的系統中是將影像經由segmentation的技巧找出屬於骨骼的部份及其邊，再計算出所有邊上的控制點來當作物體表面的多邊形的控制點，然後以表面描繪的方式來繪出物體，再利用VRML的語法在網際網路上展示出來。目前我們先由骨科的應用開始，並針對人體骨骼中較複雜的髖關節部份來做為研究對象。因為髖關節若發生病變或骨折，只用少許幾張影像無法做完整的病因診斷，必須利用一連串的電腦斷層掃描片來診斷。但是這對資淺的醫生來講是一大考驗，經常是需要長時間的訓練，培養其判讀斷層掃描片與實際立體髖關節的聯想力，才能做正確的判讀，所以目前許多研究均是針對髖關節。

3. 系統環境與軟硬體架構

3.1. 系統環境

在網路的環境上，我們期望能夠以現有的網路為基礎，可以節省成本，也讓系統管理者免於維護新的環境。而目前由於網際網路的盛行，再加上Intranet未來將有可能成為辦公室資訊化的一種潮流，所以若能將系統架設在網際網路上，不但可順應潮流，並且對未來在遠程醫療上，也會有所幫助。硬體方面我們利用一部Pentium 90雙CPU的個人電腦來做影像的處理及VRML資料的產生，然後透過網路將處理過的資料放到Web伺服器上，大家即可透過網際網路連接到伺服器上讀取所要的資料。

在作業系統的選擇上，我們是採用Windows NT，它能支援OpenGL的函式庫和提供三維空間的繪圖能力，雖然我們最終是以VRML語言展示，但是可利用此繪圖能力來幫助我們監看系統處理的中間過程。至於開發工具，則是用Visual C++程式語言來發展，整個系統環境如圖3-1所示。

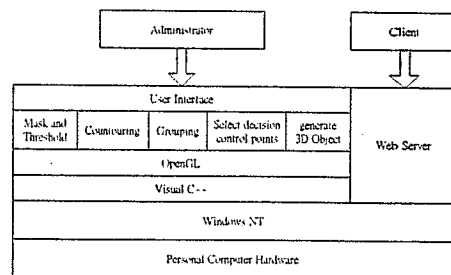


圖3-1系統環境

3.2. 系統架構

本系統分為：骨骼資料的粹取、邊緣的偵測、群組關係的建立、控制點的選取及三維物體的產生等五個主要部份，現在分述於下：

(一)骨骼資料的粹取：主要是利用一遮罩影像，將一連串的影響過濾，去除文字及其它無關的資訊，保留人體組織器官的影響，然後再將所留下影像以一閾值粹取，以獲得骨骼部份的資訊 [10]。

(二)邊緣的偵測：對於(一)所得影像再利用 Sobel Operator Masks [11] 演算法取出骨骼部份的邊，由於我們必須決定那些邊為同一 group 以決定多邊形的控制點，因此在每一骨骼此部份取出的邊均須為連續的。

(三)群組關係的建立：當邊取出之後，我們將每一連續邊設為單一組，由於斷層掃描片為骨格之橫截面，所以有可能上一張中的某些群組與下一張某些群組實際上為同一物體的一部份，因此我們必須找出群組與群組間的關係，如此我們最後展示時就可利用此一關係來決定那些是屬於同一個物件以及是否將所有的物體全部顯示出來。

(四)控制點的選取：當群組間的關係確定後，我們即可參考此一關係來決定物體表面多邊形的控制點及多邊形控制點的配對，這些控制點取的多或少，決定了物體表面由多少多邊形所組成，多邊形愈多愈能表現出物體的真實形狀，但在速度上也會變慢，所以控制點取的數目需視物體表面的變化情況來決定。

(五)三維物體資料的產生：當所有的控制點及控制點的配對決定之後，我們將這兩部份的資料以 VRML 語言記錄，在記錄時若同一群組則記錄在一起，若不同則分別記錄，如此即可區分出個別物件，然後每一個別物件再加入 Java 語言的控制，如此在瀏覽時即可做互動的處理。

4. 系統設計與實作

4.1. 骨骼資料的粹取

當斷層掃描片的影像從擷像系統中取出時，擷像系統會在影像周圍加入一些患者的基本資料，而這些文字對我們來說並不需要，因此我們利用一遮罩影像，這影像中將我們所要保留的地方設為 255，而不保留的地方設為 0，然後將這影像與原始影像做 AND 的邏輯運算，即可得到所需的影像。然後，我們為了將影像中除了骨骼之外組織器官的資料除去，因此我們利用一閾值過濾分割，保留下骨骼部份的資料。最佳閾值的擷取乃使用 N.Otsu [12] 所提出來的的方法。

4.2. 邊緣的偵測

我們使用 Sobel operator masks 來找出物體的

邊界，此法主要是針對每一點計算出其水平方向及垂直方向的加權值，然後將這加權值經由上下限值過濾後所留下的點即為邊上的點，利用此法我們可以對所有的影像建立一個通用法則，以相同的方法取出各張影像的邊(如圖4-1)。

4.3. 群組關係的建立

當我們得到了邊的資料之後，我們會將圖形的資料轉為文字的記錄，也就是將所得到的邊以連續點的方式記錄其座標，形成一 chain code，而每一連續邊設為一群組，並記錄每一張影像中有多少群組及每一群組內有多少點。在表4-1中，no 是代表這一點是這一群組的第幾點，x、y 是代表此點在此一影像中的 x、y 座標，group 是代表這是影像中的那一個群組。

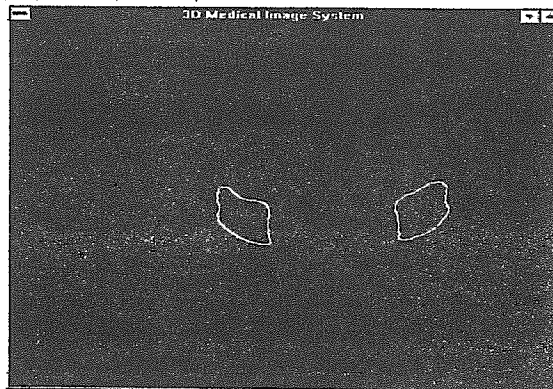


圖4-1處理後的邊緣資料

group	x	y	no	group	x	y	no
1	396	222	1	1	403	225	11
1	397	222	2	1	404	225	12
1	398	222	3	1	404	226	13
1	399	222	4	1	404	227	14
1	400	222	5	1	404	228	15
1	401	222	6	1	405	228	16
1	401	223	7	1	405	229	17
1	402	223	8	1	406	229	18
1	402	224	9	1	406	230	19
1	402	225	10	1	405	231	20

表4-1 由圖4-1產生之部份 chain code

當所有影像中的每一群組找出來後，我們就可以著手找出群組與群組間的關係，其方法如下：

假設 $f(i,j,s)$ 是指以第 s 張影像的第 j 群組，以群組內每一點為中心，在一個 5×5 的 mask 範圍內，對應到下一張影像，並且計算在這範圍內，含有下一張影像中第 i 個群組的點數。 $g(i,j,s)$ 是指所對應的總點數中，第 i 群組點數所佔的比率。

$nextgroup(x,y)$ 是指以 x,y 座標點為中心，對應到下一張影像的 (x,y) 座標點是屬於第幾個群組。下面的演算法則是用來計算每一群組的 $f(i,j,s)$ 值。

```
for s=1 to total_CT_numbers
  for j=1 to group_number_of_s_image
```

```

while (point(x,y) != the last point of j group)
  for (m=-2 to 2)
    for (n=-2 to 2)
      begin
        i=nextgroup(x-m,y-n)
        f(i,j,s)=f(i,j,s)+1
        total(j,s)=total(j,s)+1
      end

```

計算後f(i,j,s)的值就代表這一群組所對應下一張影像中，屬於第i個群組的有多少個點。所以 $g(i,j,s)=f(i,j,s) / total(j,s)$ 。

而由於每一個群組大小不一，因此我們用百分比來計算，在此我們可以用所佔百分比的多寡來決定此一群組與下一張影像的第i個群組是否相連，因此我們會找出一個lowerbound值，當g(i)大於此一lowerbound時，就代表這此一群組與下一張影像中的第i群組相連。當g(i)大於lowerbound值的個數，我們可以找出下列關係：

(一) g(i)大於lowerbound值的個數只有一個且此i值與在同一張影像中其它群組大於lowerbound之g(i)值的i值不相等時，表示下一張影像只有一群組與此群組相連，我們就將此一i值記錄，也就是單純疊合。

(二) g(i)大於lowerbound值的個數只有一個且此i值與在同一張影像中其它群組大於lowerbound之g(i)值的i值相等時，表示下一張影像有一個群組與這些相同i值的群組相連，也就是合併疊合，我們將此一i值加上p值之後記錄。

(三) g(i)大於lowerbound值的個數不只一個，表示下一張影像中有一個以上的群組與此一群組相連，也就是分裂疊合，我們就將此一i值加上q值之後記錄。

(四) g(i)大於lowerbound值的個數為0，那就表示下一張影像中沒有群組與此一群組相連，我們以r值記錄。

在上面幾個情況中將i值加上一些值後再記錄的原因只是讓我們在以後處理此一表格時，有辦法判別這是何種型態的疊合而已。由產生的關係表4-2中，我們就可以看到那一群組會分裂成兩個群組，或是那兩個群組會合併成一個群組，或是群組和群組直接相連等關係。

No	j1	j2	j3	j4	j5	j6
1	1	2				
2	1	2				
3	1	2				
4	1	2				
5	1	2				
6	1	2	3	4		
7	1	2	3	4		
8	1	2	3	4		
9	1	2	3	4		
10	1	2	3	4		
11	1	2	3	4+p	5	4+p
12	1	2	3+p	4	3+p	
13	1	2	3	4		

14	1	2	3	4		
15	1+p	2+p	3	5		
16	1	2	3	5	4	6
17	1	2	3	4	5	6
18	1	2	3	4	5	6
19	2	1	3	4	5	6
20	2	1	3	4	5	6
21	1	2	3	4	5	6
22	1	2	3	4	5	6
23	1	2	3	4	5	6
24	1+p	2+p	3	4	1+p	2+p
25	1	2	3	4		
26	1	2	3	4		
27	1	2	3	4		
28	1	3	2	4		
29	2	1	4	3		
30	1	3	2	4		
31	1	2	3	r		
32	1	2	r			
33	1	2				
34	1	2				
35	r	r				

表4-2 由1至total_CT_numbers張影像中，所有群組的關係表

在表4-2中每一行的第一個數字(No)代表第幾張影像，接下來第k個數字代表影像中第k-1個群組，而k所代表的數字 j_k 是：

(一) 當 j_k 小於r時，表示下一張影像中第j個群組與此一群組有單純疊合的關係，我們可以看到表4-2的第6行及第7行，其每一個j值均小於9，所以圖4-2中的每一群組皆是單純疊合的關係，由圖也可直接看出。

(二) 當 j_k 大於p而小於q時，在同一行中一定也有另一相同的 j_k 值，代表這兩個群組與下一張影像中的第 $j_k - p$ 個群組相疊合，也就是有合併疊合的關係，我們可以看到表4-2的第24行第1及第5個群組 j_k 值均為1+p，表這兩個群組和第25張影像中的第1個群組相疊合，同理第2及第6個群組也和第25張影像中的第2個群組相疊合。

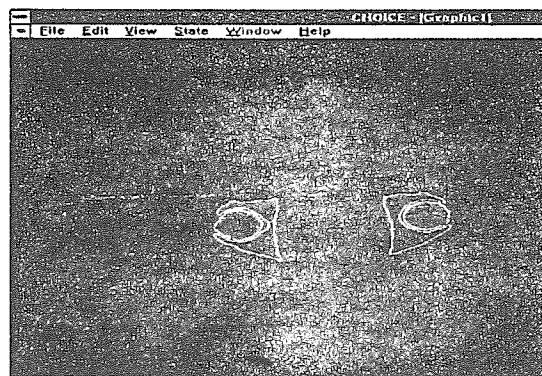


圖4-2第6張影像

(三) 當 j_k 大於q時，表此一群組在下一張影像

時會分裂成兩個群組，分裂成那兩個用表4-3記錄，所以在表4-2中，第15行中第一個群組其 j_k 值為 $1+q$ ，而其在第16張影像中相連的群組為第1及第5群組(g_1, g_2)，而第2個群組在下一張影像中相連的為第2及第6個群組(g_1, g_2)。

j_k	g_1	g_2
$1+q$	1	5
$2+q$	2	6

表4-3分裂疊合的群組關係表

(四)當 j_k 值等於 r 時，表示為最終群組，下一張影像無任何群組與其相疊合，表4-2中第31行第4個群組、第32行第3個群組、第35行的兩個群組皆是。

4.4. 多邊形控制點的選取

當群組關係確立後，就必須決定每一群組要取出多少控制點，點數的多少影響物體形狀表現的真實性及顯示的速度。雖然我們希望愈多控制點來表現物體原始的形狀，但在顯示的速度上就會愈慢，因此希望能取用一較佳的平衡點，雖然我們想要系統能達到即時顯示，但先決條件還是以物體的形狀不失真為原則。以目前系統來說，當每一群組控制點約在50點以下時，許多物體原始形狀的凹凸面就無法表現，雖然顯示速度還不錯，以30個控制點來說，每個frame的顯示約須1-2秒，但形狀失真就比較嚴重。但若控制點多到100點以上時，物體形狀的表現就不錯，但每個frame顯示約需6-7秒，而且會產生較多共平面的多邊形造成浪費，我們將結果列於表4-4。其中包括控制點點數、產生之多邊形數、共平面的多邊形數、顯示速度及物體形狀的表現等。

控制點點數 (點數/群組)	多邊形數	共平面多邊形數	顯示速度(秒)	物體形狀表現
30	8640	117	1-2	差
50	14400	472	3-4	尚可
100	28800	1567	6-7	佳

表4-4控制點點數與顯示速度及形狀表現之相互關係

4.5. 三維物體的產生

三維物體的產生是將前面許多處理程序所得到的結果整合，主要是將控制點的座標及多邊形控制點的配對，以VRML的語法記錄下來，並加入光源的資料及Java對物體的控制。在光源的給法上，我們是利用VRML語言現成的語法，但必須設定光源的強度及光源的位置，可是上述兩種資料並無法由物體本身的資料來求出一最佳化的結果，而是經由測試及主觀意識上的認定而得到。目前在系統內，我們是採用多個光源及不同光源強度來表現立體效果(如圖4-3)，效果雖不是很滿意但尚可被接受。

另外在Java對物體的控制部份，在以VRML語言記錄物體資料時，我們即利用之前找出的群組關係表，將相關的群組記錄在一起，不相關的分別記錄，如此可區分出數個獨立的物體，每個獨立的物體也就是影像中的一塊骨頭，如此即可用Java針對不同的物體作移動或轉動的控制。

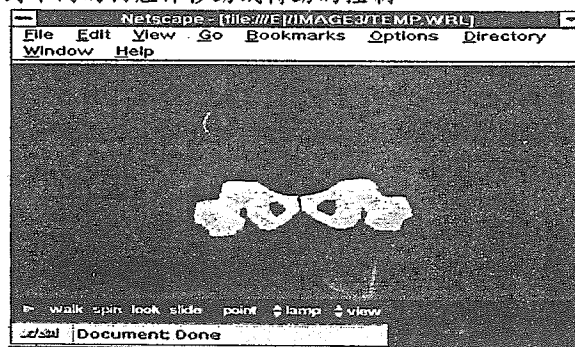


圖4-3 由所有影像產生之髌關節

5. 結論

本研究的主要目的是針對人體髌關節為對象，以斷層掃描影片經由一連串的影響處理及圖學技術，將影像以表面描繪法重建成三維的物體，並且透過網際網路來做資料的傳遞和展示，希望能夠以此做為未來發展遠程診療系統的一個基礎研究。在系統中我們以表面描繪法使用多邊形來表示三維物體，並且利用VRML語言建立三維物體，再配合Java語言來做物體移動的控制。而其中多邊形資料的產生是從前後兩張影像內每張的骨骼邊緣資料中找出相對的控制點，以控制點的配對來決定出一個面，而控制點配對的方法是利用所求出之群組關係表來決定其是否配對，群組關係表是我們將上下兩張影像重疊後，其群組吻合的百分比來決定其是否相連，而每一群組也就是骨骼邊緣的資料是利用閾值及Sobel Operator Masks所找出。

本篇論文主要的貢獻在於建置一網際網路環境下的三維醫學影像系統，並且對重建的三維物體做出分割，如此可單獨觀察一部份的物體，我們在其中並針對物體重建後，是否會有過多的多邊形產生而必須做多邊形刪減之問題做一討論，並且希望以此系統作為未來遠程醫療及手術模擬的一項基礎。

5.1. 系統評估

對於目前的系統，由於所產生三維影像的形狀上與原始影像無法直接比較，因此只能藉由醫生來評定，藉由調查來得知品質的程度，這是必須再加強的。而且，由於是以VRML語言來幫助我們處理網際網路中展示的問題，因此在許多方面都會受到限制，如光源的部份。由於光源的設定頗為困難，我們並無法從所產生的物體資料找出最佳的光源及強度，所以我們目前是給予多重光源，用以降低陰影的影響。再者就是VRML瀏覽器本身在速度上並不够快，雖然我們已經採用表面描繪法來降低

資料量，但在旋轉時，以Pentium 90的個人電腦尚且會延遲3秒多鐘，在載入時需花費約3分鐘左右，而若以Pentium 180的個人電腦，才可達到平順的效果。上述的問題未來在VRML瀏覽器的發展上應該會有所改進。

至於在VRML語言的發展上，雖然已經到2.0版，但其中所含語法大部份均為架構三維環境所設計的，加上其它一部份多媒體的指令，而在目前並無良好之功能來對三維的物件做控制。因此在我們的系統內是配合Java語言來控制物體的移動，但是目前支援VRML 2.0及Java語言的瀏覽器並不多，而且兩種語言搭配的用法在各家瀏覽器上也有些許不同。這有兩種解決方法，第一是對於VRML語言制定更詳細、完整且共通的標準，讓各家廠商的瀏覽器使用的語法差異性減少。第二是在Java語言中提供完整的3D API，由於Java語言目前在規格的制定上是由Sun公司在主導，因此才能免除各家瀏覽器語法差異性的存在，所以如果有完整的3D API提出，或許我們的系統也可以改由Java語言來製作。可是以上兩種方法都不是我們所能夠控制的。

再者，我們目前的系統並不算真正三維系統，只能說是2.5維而已，因為其立體的感覺是由想像所得到，而不是由眼睛所觀視而感覺到，雖然目前市面上已經有發展立體眼鏡及所搭配的應用系統，但是目前VRML瀏覽器並不支援，而應用系統本身也不支援VRML語法，所以目前並無法在我們所製作的系統上使用立體眼鏡。這個問題可用兩種方式解決，第一是我們自行利用立體眼鏡的特性，在螢幕上自行設計出兩個形狀相同但位置不同的物體創造出視差效果，如此利用立體眼鏡時，即可產生立體效果，但是如此會造成系統多了近一倍的負擔，這對我們目前系統顯示速度並不夠快的同時，此法並不可行。第二是自行開發VRML的瀏覽器支援立體眼鏡，否則也只能交給廠商解決了。

5.2. 未來的研究

雖然我們目前的系統主要是針對關節的CT影像作處理，不過此系統並不限制在一種應用層面而已，我們希望在未來系統加強資料粹取部份的多元化後，能夠將其應用到身體其它器官或是使用別種醫學影像(如MRI等)，讓這系統有更寬廣的發展。關於控制點的選取上，在數量或者是點的位置方面我們並沒有做到最佳化的程度，若是能在不同的邊上選取不同的點數，且在控制點間的距離不限於等距，而又能正確的將其配對產生多邊形，如此可達到更佳的效果，而且如此或許在多邊形的數量上也可減到最少的程度，以減少計算時間，加快顯示速度。

目前VRML及不少的瀏覽器已經支援多使用者的環境，因此在未來我們可利用此一環境發展跨網路的群組討論式醫療系統，在各地方的醫生可以使用這套系統對病情做群組式的討論，如此對病人將

可得到更好的醫療服務，也可節省許多醫療資源。另外若未來在系統的互動性上和系統速度有所提升時，希望能以目前發展的系統為基礎，進一步發展手術模擬的系統，利用這樣的系統來輔助教學或對較困難的手術先進行練習，以提高手術的成功率。甚至若再配合多使用者環境，可模擬醫生在不同地方而可以一起透過網路做手術的環境，如此更能發揮醫療資源的效益。

參考資料

- [1] K.H. Hoehne and R. Bernstein, "Shading 3D Images from CT Using Gray Level Gradients", *IEEE Trans. Medical Images*, vol.5, no.1, pp. 45-47, March, 1986.
- [2] P.C. Chung, C.T. Tsai, E.L. Chen and Y.N. Sun, "Polygonal Approximation Using a Competitive Hopfield Neural Network", *Pattern Recognition*, pp.1505-1512, May 1994
- [3] E. Artzy et al., "The Theory, Design, Implementation and Evaluation of a Three Dimensional Surface Detection Algorithm", *Computer Graphics & Image Processing*, vol. 15, no. 1, pp. 1-24, 1981.
- [4] E.K. Fishman et al., "Volumetric Rendering Techniques: Applications for 3-D Imaging of Hip", *Radiology*, vol. 163, no. 3, pp. 737-738, June 1987.
- [5] Robert A. Drebin, Loren Carpenter, Pat Hanrahan, "Volume Rendering", *Computer Graphics*, vol. 22, no. 4, pp. 65-74, Aug. 1988.
- [6] W. E. Lorrensens and H. E. Cline, "Marching cubes: A high-resolution 3D surface construction algorithm", *Computer Graphics*, vol. 21, no. 4, pp. 163-169, July 1987.
- [7] M.W. Vannier, J.L. Marsh and J.O. Warren, "Three Dimensional Computer Graphics for Craniofacial Surgical Planning and Evaluation", *Computer Graphics*, vol. 17, no. 3, pp. 263-273, July 1983.
- [8] Linda J. Brewster, Sushma S. Trivedi, Heang K. Tuy, Jayaram K. Udupa, "Interactive Surgical Planning", *IEEE Computer Graphics Applications*, vol. 4, no. 3, pp. 31-40, March 1984.
- [9] D. Ibaroudene and R. Acharya, "Parallel display of objects represented by linear octrees", *IEEE Trans. on Parallel and Distributed Systems*, vol. 6, no. 1, pp. 79-85, 1995.
- [10] S. S. Trivedi, G. T. herman, and J. K. Udupa, "Segmentation into Three Class Using Gradients", *IEEE Trans. on Medical Imaging*, vol. MI-5, pp. 116-119, June 1986
- [11] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Publishing Company
- [12] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms", *IEEE Trans. On System, Man, and Cybernetics*. vol. SMC-9, no. 1, pp.62-67, January 1997