

## 超音波影像切割之研究

邱孝賢

成功大學 工程科學系

e-mail:

tomwolf@graphic.es.ncku.edu.tw

陳淵琮

成功大學 工程科學系

e-mail:

王明習

成功大學 工程科學系

e-mail:

mawang@mail.ncku.edu.tw

### 摘要

超音波檢測技術近幾年來，在醫療檢測上被廣泛的應用，但是由於超音波影像上有大量的超音波雜訊、邊界模糊等現象，使得影像上邊界的部份較為模糊。在本篇論文中，提出一種尋找邊界的方法論。首先，先在影像上圈選一初始的封閉曲線，透過封閉曲線上取樣點邊界參考值(以下簡稱邊界值)的大小來判斷此取樣點是否位在待測物體的邊界上，並在選取取樣點所要前進之候選點時，提供加速整體曲線變動的方法。最後並以半自動的模式來找尋連續影像上待測物體的邊界部份。

關鍵字: 超音波、雜訊、邊界、半自動、封閉曲線

## 1. 簡介

由於超音波影像中擁有大量的超音波雜訊，並且在物體邊界的部份會產生模糊的現象[1][2]，所以要在超音波影像中正確地找出物體邊界的部份是一件相當不容易的事。大部分尋找邊界所用的方法是動態邊界搜尋法(Active Contour)，也就是所謂的 Snake 演算法。Snake 演算法最早是由 Michael Kass 於 1987 年所提出的[3]，其原理是以能量的觀點來變動整個曲線，並求得一最小能量之曲線為物體之邊界。然而，在使 Snake 演算法時需要對於不同的影像調整出適合該張影像的係數。而在選擇係數的判斷上亦沒有一定的規則，大多以實驗結果來做為選擇係數的依據，尤其在連續的二維影像集合中，Snake 演算法無法即時地找出適合的係數，即因為如此，使得 Snake 演算法在實際的運用上極不方便。

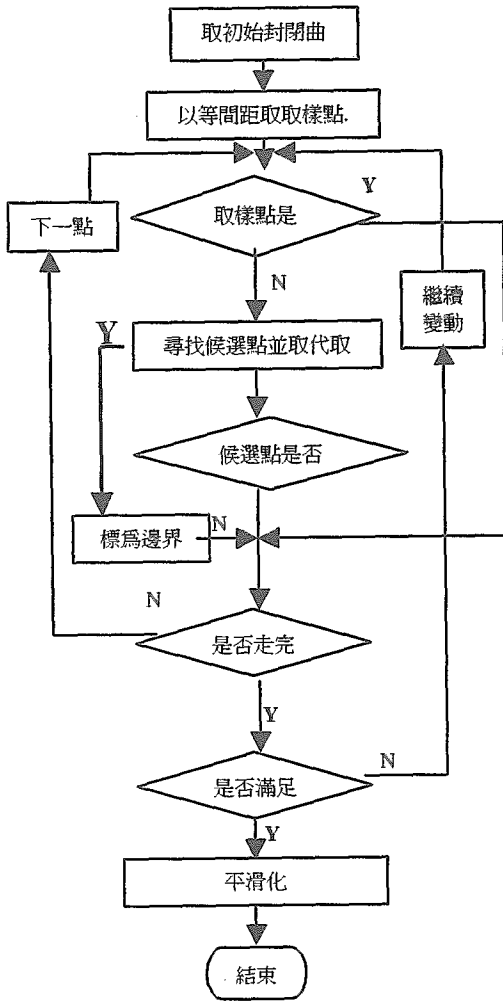
在本篇論文中提出一演算法，此演算法不需要像 Snake 的方式，以大量的實驗結果來決定係數的設定，而以較為直觀的方式，運用邊緣(edge)部份的灰階值變化較大的特性來尋找邊界。首先，對影像中給定一條初始的封閉曲線(closed curve)，由曲線中以固定距離擷取取樣點(sample point)，利用取樣點之間的夾角決定

取樣點行進的方向，並且從此方向上的點之間灰階值的變化來判斷取樣點是否落於待測物體之邊界上。假設取樣點並非是屬於邊界上的點時，則要從行進的方向上找尋候選點來取代取樣點。當絕大多數的取樣點均屬於邊界上的點時，則停止曲線的變動。而此種模式中對於參數的設定則直接透過影像上的灰階值來決定，如此便可以達到即時性、一般性與實用性的效果。

一般而言，對單張影像來尋找邊界，其實用功能與效果並不顯著；然而，若對於一連續的二維影像集中來尋找其邊界，便可將其邊界資訊提供做為三維重構的資料，並可以幫助醫療上之診斷。所以本篇論文採用的模式為在尋找下一張影像待測物體之邊界之前，參考目前影像中所擷取出來的邊界，並自動地給定下一張影像中的初始封閉曲線，並藉由此曲線來尋找邊界，如此便能自動地連續擷取出影像之邊界。

## 2. 找尋邊界演算法

圖一即為本論文之找尋邊界的演算法之流程圖。接下來將對流程圖中的步驟做一概略之介紹，並對於其中邊界的判斷方式、選擇候選點的過程與結束條件的設定做更進一步的描述。

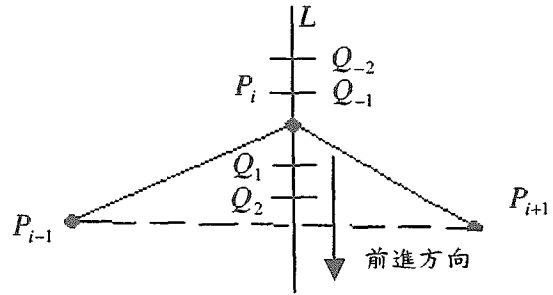


圖一 尋找邊界流程圖

首先，對於影像上以手動的方式藉由滑鼠對在影像上圈選一初始的封閉曲線，並且在此曲線上以固定距離來擷取出取樣點。接著對於曲線中每一個取樣點判斷其是否屬於邊界上的點，若是，則不改變其位置；若不是，則找出一候選點並改變取樣點的位置。直到絕大多數的取樣點均落在邊界上時則結束變動的情形，並假設待測物體之邊界是平滑的，所以對曲線以 B-Spline 的方式加以平滑化。

### 2.1 邊界的判斷方式

在二維影像中，其每一點均會有一灰階梯度向量 (Gradient Vector) 與灰階梯度值 (Gradient Value)，梯度向量代表位於此點灰階度最大變化量的方向，而越靠近邊界的點其梯度值也越大。而我們利用此種現象來判斷取樣點是否落在邊界上。



圖二 邊界的判斷

如圖二所示，假設  $P_{i-1}, P_i, P_{i+1}$  為封閉曲線上之連續三點，又設  $L$  為一垂直於  $\overline{P_{i-1}P_{i+1}}$  並且通過  $P_i$  的直線。 $Q_j$  ( $j$  為正整數) 是在  $L$  線上落於  $P_i$  的其中一側的點，而  $Q_j$  則是在  $L$  線上落於  $P_i$  另一側的點。於是我們定義邊界值的函式如下：

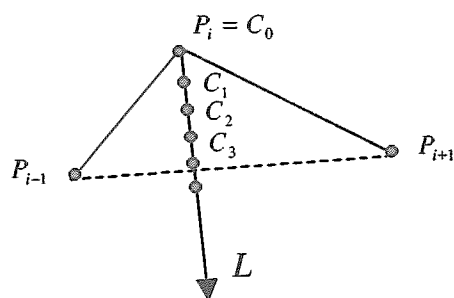
$$I(P_i) = \left| \sum_{j=0}^n [f(Q_{+j}) - f(Q_{-j})] \right| / n \quad (1)$$

則  $P_i$  越接近邊界則  $I(P_i)$  值會越大。其中函式  $f(Q)$ ，其用意在於透過濾波器來取得點與周圍其他點相互作用後的灰階值，使其較為接近無雜訊時的灰階值，有些論文使用峰值濾波器 (mode filtering) [6] 或適應性濾波器 (adaptive filtering) [7] 來減少雜訊的影響，而本篇論文則以中值濾波器 (median filtering) 當作  $f(Q)$ ，因為其效果較佳。

### 2.2 候選點的選取

假設取樣點所在的位置並不滿足邊界點的條件時，便要尋找出一候選點，使其較為接近邊界的部份，但是不會使得曲線產生大角度曲率的現象，並且取代原取樣點的位置，使得曲線得以變動。

選擇取樣點的方式如圖三所示，其中射線  $L$  如圖二中之直線  $L$  一樣垂直於  $\overline{P_{i-1}P_{i+1}}$ ，其方向則是由  $P_i$  往  $\overline{P_{i-1}P_{i+1}}$  之方向，在  $L$  上找出預備候選點  $C_0, C_1, \dots, C_n$ ，並從這些預備候選點當中選出候選點，選擇的過程說明如下：



圖三 候選點選擇方式

設兩個門檻值  $LowThreshold$  與  $HighThreshold$ ，且  $LowThreshold < HighThreshold$

1. 對所有的預備候選點均算出其邊界值  $I(C_0), I(C_1), \dots, I(C_n)$ 。找出其中最大值  $I_{max}$ ，假設  $I_{max} = I(C_k)$ 。
2. If ( $I_{max} > HighThreshold$ ) {  
*/\* $I(C_k)$  大於或等於  $HighThreshold$  時，則表示  $C_k$  為邊界上的點。\*/*  
 將  $P_i$  的位置換成  $C_k$  的位置並將其標示為邊界點  
 }EndIf
3. If ( $LowThreshold \leq I_{max} < HighThreshold$ ) {  
*/\*在  $LowThreshold$  與  $HighThreshold$  的範圍內，則表示  $C_k$  已接近邊界。\*/*  
 從預備候選點中以合理的角度內找出一具有最大邊界值的點  $C_l$ ，將  $P_i$  的位置換成  $C_l$  的位置。  
 }EndIf
4. If ( $I_{max} < LowThreshold$ ) {  
*/\*表示所有預備候選點均遠離邊界\*/*  
 從預備候選點中以合理的角度中找出一離取樣點  $P_i$  距離最大的點  $C_m$ ，將  $P_i$  的位置換成  $C_m$  的位置。  
 }EndIf

以此種方式尋找候選點有下列兩項優點：

- a. 可以限制曲線變動的幅度。
  - b. 當離邊界區域較遠時則以較快的方式移動。
- 當走完曲線上所有取樣點一遍之後，需要決定是否要結束整個曲線的變動。

### 2.3 結束條件的判斷

由於曲線在變動時，往往會因為曲線上極少數的取

樣點不滿足邊界點的條件而持續的變動，以致於花費大量的時間。所以，吾人設定取樣點變動比例的門檻值用以提前結束曲線的變動，將極少數點的修正交付於後續平滑化的動作。取樣點變動比例  $R$  的計算方式如下：

假設

$M$ ：移動過取樣點的個數。

$T$ ：曲線上所有取樣點的個數。

則

$R = M/T$ ：移動過的點佔所有點的比例。

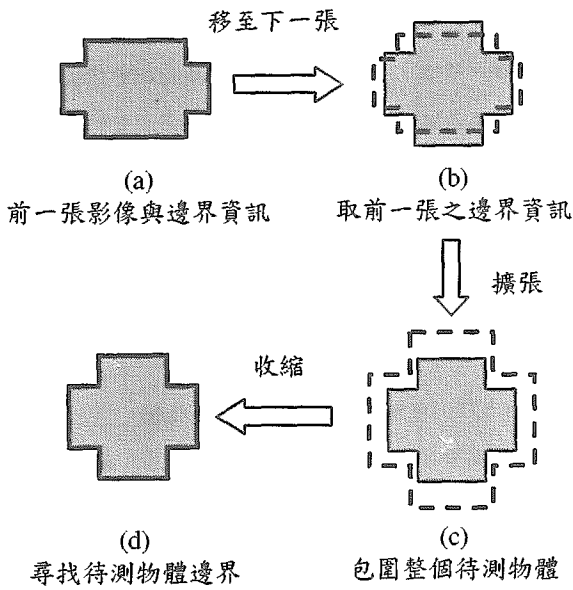
在本篇論文中，吾人將其門檻值設為 0.01 也就是當  $R < 0.01$  時則結束曲線的變動。

## 3. 半自動尋找連續影像中之邊界

### 模式

半自動模式主要是利用連續影像中。兩兩影像間待測物體之輪廓變化量較小之現象來幫助邊界的尋找。此模式除了需要對其中一張影像以手動的方式圈選初始的封閉曲線之外，其餘的影像均以自動的方式設定初始的封閉曲線，並進而找出邊界的資訊。

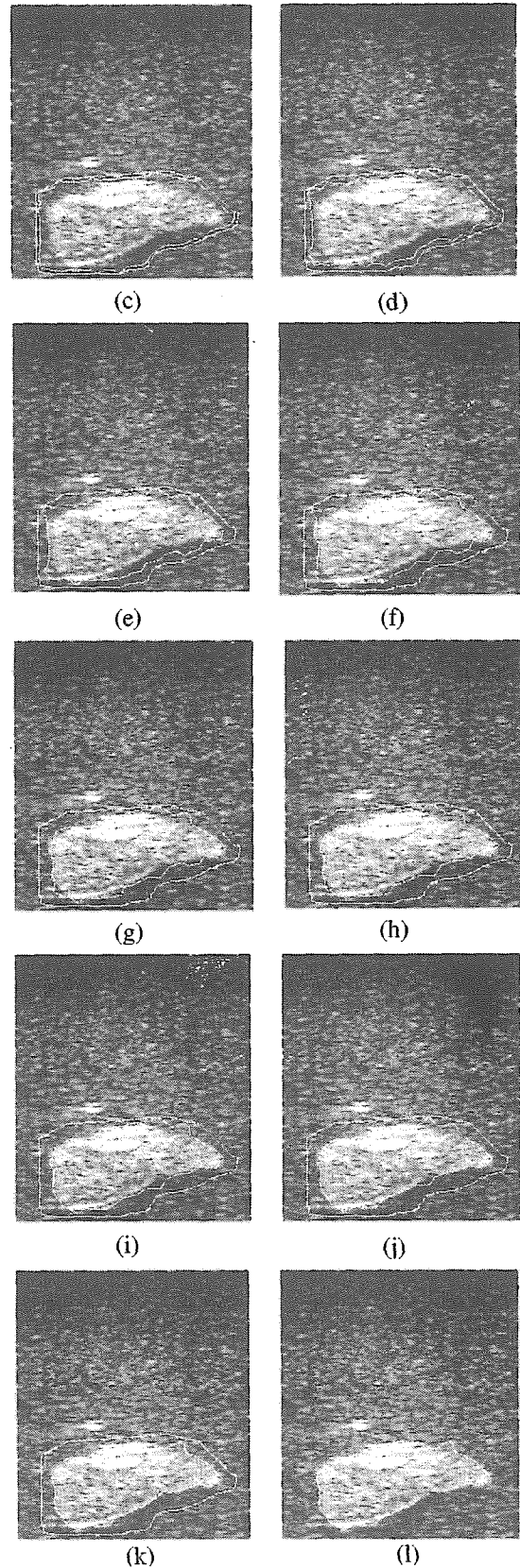
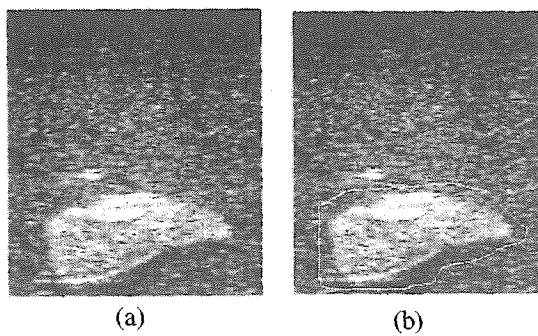
圖四即在說明半自動模式進行的方式。假設已找到其中一張影像的邊界資訊(圖(a)所示)，接下來移至下一張影像並載入上一張的邊界資訊(圖(b)中虛線的部份所示)，並以圖三所描述之方式向外擴張，直到曲線上所有的取樣點的邊界值均小於 2.2 節中所提及的  $LowThreshold$  值，此時曲線即可視為是以手動方式所圈出之初始封閉曲線(圖(c)所示)，再以 2.1 節所描述的演算法來尋找待測物體之邊界(圖(d)所示)。之所以稱為半自動在於其尋找的過程當中可以隨時中斷之，並改以手動的方式圈選初始封閉曲線而加以即時地修正。



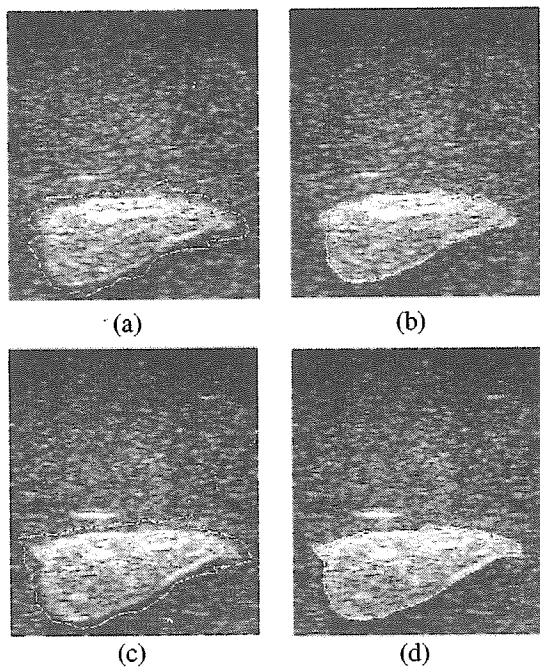
圖四 半自動模式

#### 4. 實驗結果

本篇論文所實驗的對象為一筆由工研院量測中心所提供之豬肝的超音波影像資料，圖五為其中一張影像尋找待測物體邊界的過程。(a)圖為原圖，(b)圖為圈選初始封閉曲線，(c)圖~(f)圖因為曲線離邊界較遠所以變動的速度較快，而(g)圖~(k)圖即在做大幅度的變動，(l)圖為平滑化後的結果，其中(c)圖~(k)圖中有兩條曲線，外圈的部份是初始的曲線，而內圈的部份為變動的曲線。圖六則是以半自動模式對接續的兩張影像設定初始的封閉曲線，(a)圖為透過圖五所找尋到邊界資訊擴張後之結果，而(b)圖則由利用(a)圖中的曲線找到邊界。(c)圖為透過(a)圖所找尋到邊界資訊擴張後之結果，而(d)圖則由利用(c)圖中的曲線找到邊界。



圖五 邊界尋找的過程



圖六 半自動模式設定初始封閉曲線

## 5. 結論

本論文中所提出的演算法可以參考影像上待測物體之邊界灰階值來設定演算法中之 HighThreshold 與 LowThreshold 兩個參數，所以對於同一台超音波儀器所掃描出之連續影像只需要調整一次參數，比起 Snake 演算法的方式較為簡易且花費較少的時間。而半自動的模式雖然受到輪廓變化大小的限制，但是其可以連續地找尋待測物體的邊界，減少許多在圈選初始封閉曲線上所耗費的人力與時間。

## 6. 參考文獻

- [1] P.N.T. Wells and M. Halliwell, "Speckle in ultrasonic image," *Ultrasonics*, Vol. 19, No. 5, September, 1981, pp 225 -229.
- [2] Robert F. Wagner, Stephen W. Smith, John M. Sandrik, and Hector Lopez, "Statistics of speckle in ultrasound B-Scans", *IEEE Transactions On Sonics and Ultrasonics*, Vol. 30, No.3, 1983, May,

pp.156-163

- [3] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snake: Active contour models." *Int. J. Comput. Vision*, Vol. 1, 1987, pp321-331
- [4] T. McInerney and D. Terzopoulos, " Topologically adaptable snakes," in *Proc. ICCV'95*, June, 1995, pp.840-845.
- [5] A.N. Evans and M.S. Nixon, "Mode filtering to reduce ultrasound speckle for feature extraction," *IEE Proc.-Vis. Image Signal Process*, Vol.142, No, 2, April 1995, pp. 121-130.
- [6] J.C. Bamber, and C. Daft, "Adaptive filtering for reduction of speckle in ultrasonic pulse -echo images," *Ultrasonics*, ,Vol. 24, No. 1, 1986, Jan., pp.41-44.
- [7] J.J. Giesey, "Speckle reduction in pulse -echo ultrasonic imaging using a two -dimensional receiving array," *IEEE Trans. Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control*, Vol. 39, No. 2, 1992, pp.163-172.