

# 스네이크를 이용한 심근 SPECT short-axis 영상의 내외벽에 대한 경계선 추출

김령주<sup>o</sup>, 김영철, 손병환, 이병일, 최흥국  
인제대학교 의료영상과학 대학원<sup>o</sup>, 인제대학교 정보컴퓨터 공학부

## Boundary extraction about endocardial and epicardial of myocardial SPECT short-axis images using snakes

Ryeong-Ju Kim<sup>o</sup>, Young-Chul Kim, Byong-hwan Son, Byeong-il Lee, Heung-kook Choi  
Department of Medical Image Science, Inje University<sup>o</sup>  
Department of information & computer engineering, Inje University

E-mail : juyanfe@mitl.inje.ac.kr, kimofe@mitl.inje.ac.kr, sonstein@mitl.inje.ac.kr  
kleo@mitl.inje.ac.kr, cschk@ijnc.inje.ac.kr

### 요 약

게이트 심근 SPECT 영상은 좌심실 구혈률(EF), 확장기말 부피(end-diastolic volume), 수축기말(end-systolic volume)부피 등의 지표로 심근의 기능을 평가하는데 널리 이용된다. 이러한 지표들을 구하기 위해서는 심근 안팎의 경계선을 추출해야 한다. 본 연구는 좌심실의 SPECT short-axis 영상에서 전처리 과정을 거친 영상을 Hough Transform을 이용하여 초기점 설정한 후 심실 내외벽의 경계선을 추출하기 위해 Williams 가 제안한 Active Contour Model(snakes)을 이용하여 심근의 경계선을 자동으로 추출하였다.

### 1. 서론

게이트 심근 SPECT 영상은 심근의 기능을 평가하는데 널리 이용된다. 게이트 심근 SPECT에서는 좌심실 구혈률(left ventricular ejection fraction: EF), 확장기말 부피(end-diastolic volume), 수축기말(end-systolic volume)부피 등의 지표를 구할수 있다. 이러한 지표들은 수축기말과 확장기말의 심근 안팎의 경계를 구해서 계산되므로 게이트 SPECT 심

장 영상에서 심근의 경계선 추출은 중요하다. 그리고, SPECT 영상에서 심근의 activity가 높은 부분은 밝게 나타나고 심근의 activity가 낮은 부분은 어둡게 나타난다[1].

물체의 윤곽선을 추출하기 위해 Kass는 스네이크(Active Contour Model)라는 능동적 윤곽선 모델을 제안하였다[2]. 스네이크는 벡터의 집합으로 이루어진 곡선으로 영상내 관심영역의 주변에 초기화 된 후, 에너지 최소화 알고리즘에 의해 물체의 윤곽

선으로 접합된다. 이 때 사용되는 최소화 알고리즘에 따라 결과는 조금씩 달라진다. Amini는 반복을 위한 방법으로 Dynamic Programming을 제안하였고 Cohen은 스네이크의 연속성에 대한 함수의 특성을 이용한 풍선(Balloon) 모델을 제안하였다[3][4]. Williams는 여러가지 곡률 계산법에 대해 연구하였으며 에너지 최소화 알고리즘의 복잡성을 간소화하고 속도를 향상시킨 Greedy 알고리즘을 제안하였다[5].

그러나 제안된 방법들은 여러가지 단점을 가지고 있다. 가장 큰 문제점은 스네이크가 불룩하고 오목한 모양을 지닌 물체의 윤곽선을 추출하지 못한다는 것이고 초기 스네이크의 위치와 모양에 대해 높은 의존성을 지닌다는 것이다. 그리고 에너지 최소화 알고리즘의 복잡성에 의해 속도가 느리다는 것이다.

본 논문에서는 심근 SPECT 영상에서 심장내벽과 외벽의 경계선을 구하기 위해 Williams가 제안한 에너지 함수를 이용하여 snakes를 사용하였다. 그리고 snakes의 초기값을 자동으로 구하기위해 Circle Hough Transform 을 이용하였다.

## 2. 본론

### 2.1 전처리

게이트 심근 SPECT 영상은 resolution이 낮은 영상이기 때문에 전처리 과정이 매우 중요하다. 일반적으로 smoothing 과정을 거치고 50%로 thresholding을 한다[6]. 본 연구에서는 64x64인 심장의 short-axis SPECT 영상을 평균값 보간법을 사용하여 2배 확대시킨 후 intensity value 130 이하의 잡음을 제거하여 전처리를 하였다.

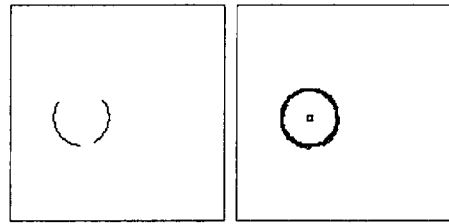


[그림 ] 원 영상

### 2.2 초기화

초기 스네이크의 방법들은 관심영역의 윤곽선에 인접하여 초기화 되지 않을 때 올바른 윤곽선을 추출하지 못하는 경우가 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 Circle Hough Transform을 이용하여 물체의 위치를 측정하여 스네이크를 초기화 시켰다.

Hough Transform은 영상의 윤곽이나 곡선 또는 선이 매개변수로 표현될 수 있는 경우 또 선에 끊어진 점이 있거나 노이즈가 있을 경우 윤곽선을 찾는 데 좋은 방법이다[7]. 그림 2는 끊어진 원을 잇는 Hough Transform의 예를 보여준다.

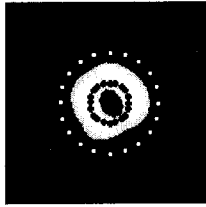


[그림 2] Hough Transform

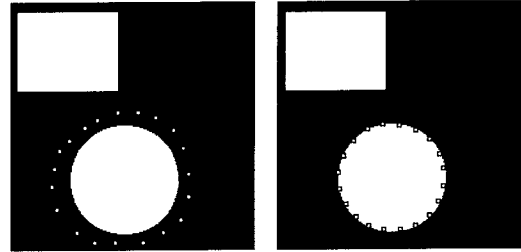
원의 방정식으로 심장외벽의 중심과 반지름을 구한 다음 반지름 보다 크고 작은 원으로 각각 20개의 점으로 초기화를 시켰다. 식 1의 매개변수 A 와 B는 원의 중점이고 C는 반지름이다.

$$(x - A)^2 + (y - B)^2 = C \quad \text{[식 1]}$$

하지만 Hough Transform은 많은 수행시간을 필요로 하며 Hough Transform이 잘못 이루어졌을 경우 snakes 또한 물체의 윤곽선을 올바르게 추출하지 못하는 경우가 발생한다. 그림 3은 심장의 내벽과 외벽의 윤곽선을 찾기 위해 Hough Transform을 실행한 후 20개의 점으로 두개의 원으로 초기화 한 그림이다.



[그림 3] 스네이크 초기화



[그림 4] Greedy 알고리즘을 적용한 영상

### 2.3 에너지 함수

Williams가 제안한 에너지 함수는 식2와 같다.

$$E = \int (\alpha(s)E_{con} + \beta(s)E_{corv} + \gamma(s)E_{image}) ds$$

[식 2] Energy 함수

snakes를 이루는 points의 각 위치  $v(s)=(x(s),y(s))$ 로 표현하고  $s$ 는 호의 길이를 나타낸다. 에너지의 첫번째 항은 continuity term =  $\bar{d} - |v_i - v_{i-1}|$  이다.

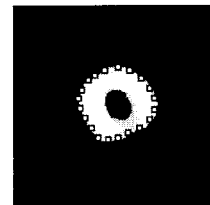
$\bar{d}$ 는 points간의 평균거리 이고  $|v_i - v_{i-1}|$ 는 이전의 점과 현재의 점과의 거리를 나타낸다. 이 항은 point들이 서로 동일한 거리를 유지하도록 한다. 이 값은 point가 움직일수 있는 주변 이웃 픽셀들 중 가장 크게 나타나는 값으로 나누어서 0 과 1사이의 값으로 정규화시킨다. 두번째항은 curvature term =

$|v_{i-1} - 2v_i + v_{i+1}|^2$  이다. 이 값 또한 0 과 1사이의

값으로 정규화 시킨다. 세번째 항은 image force 는 gradient magnitude 이다. 이 값은 점들을 관심영역의 윤곽선으로 이동시키는 역할을 한다. 이 값은 (min-mag)/(max-min) 으로 정규화 되고 max는 point의 주변 이웃 픽셀들 중 가장 큰 밝기 값의 기울기를 나타내며 min은 가장 작은 밝기 값의 기울기를 나타낸다. 이 값은 0 과 1 값으로 정규화 한다.  $\alpha, \beta, \gamma$ 는 항들의 상대적인 중요성을 제어하는 가중치를 나타낸다.

그림 4는 Williams가 제안한 Greedy 알고리즘을 적용시킨 영상이다. 왼쪽은 수동으로 20개의 점을 초기화시킨 영상이고 오른쪽은 결과영상이다.

본 논문에서는 Hough Transform에서 나온 반지름 보다 크게 적용시킨 초기점으로 심장 외벽의 윤곽선을 추출하였고, 반지름 보다 작게 적용시킨 초기점으로 심장의 내벽의 윤곽선을 추출하였다. 내외각의 초기점들은 각 픽셀에 대한 에너지를 계산하여 가장 작은 에너지를 가지는 픽셀의 위치로 초기점을 이동시키므로서 관심영역의 윤곽선을 검출한다. 그림 5는 snakes를 이용하여 심근 SPECT 영상에서 심근의 내벽과 외벽의 경계점을 추출한 그림이다.



[그림 5] 내외벽의 경계점추출

### 3. 결론 및 앞으로의 방향

본 연구에서는 snakes를 이용하여 심근의 내벽, 외벽을 자동으로 추출할 수 있었다. 그러나 snakes의 초기값을 자동으로 결정하기 위해 사용한 Hough Transform이 수행시간이 오래 걸린다는 단점이 있다.

앞으로의 연구방향은 SPECT 영상의 전처리 과정과 초기값에 따라서 snakes의 결과에 많은 영향

을 미치기 때문에 전처리 방법과 초기값 설정 방법을 최적화할 수 있는 알고리즘을 연구하고, 심장 SPECT short-axis 영상에 대해 3차원적으로 적용할 수 있는 volumetric snakes model에 대한 연구가 필요하다.

**[참고문헌]**

- [1] 김경민, 이동수, 김유경, 천기정, 김석기, 정준기, 이명철, 게이트 심근 SPECT 를 이용한 비침습적 심실 수축력 측정방법의 재현성 .Korea J Nucl Med Vol .35,pp.152-160, 2001
- [2] Michael Kass, Andrew Witkin, and Demetri Terzopoulos: "Snakes: Active Contour Models", International Journal of Computer Vision, pp. 321-331, 1988
- [3] Amit A. Amini, Saeid Tehrani, and Terry E. Weymouth, "Using Dynamic Programming for Minimizing the Energy of Active Contours in the Presence of Hard Constraints", IEEE, pp. 95-99, 1988
- [4] A. H. Coehn, L. D. Cohen, and N. Ayache, "Using deformable surfaces to segment 3-D images and infer differential sutructures." CVGIP:Image Understanding, Vol. 56(2), pp. 242-263, Sept. 1992
- [5] Donna J. Williams and Mubarak Shah, "A Fast algorithm for Active Contours and Curvature Estimation", CVIP: Image Understanding, Vol. 55, No.1, pp. 14-26, Jan . 1992
- [6] Jasjit S. Suri, "Computer Visioin, Pattern Recofnition and Image Processing in Left Ventricle Segmentation: The Last 50 Years.", Pattern Analysis & Applications, Vol. 3, pp. 209-242, 2000
- [7] D. H. Ballard, "Generalizing the Hough transform to detect arbitrary shapes", Pattern Reconition Vol.13, pp. 111-122, 1981