

# 심근의 기능 평가를 위한 반자동 분할 및 정량적 데이터의 시각화\*

이유경<sup>0</sup> 최수미 김명희  
이화여자대학교공과대학컴퓨터학과  
(lyk47, choism, mhkim)@mm.ewha.ac.kr

Semi-automatic segmentation and quantitative  
data visualization for evaluation of myocardial function

Yu-Kyung Lee<sup>0</sup> Soo-Mi Choi Myoung-Hee Kim  
Dept. of Computer Science and Engineering, Ewha Womans University

## 요 약

본 논문에서는 단일광자방출 전산화 단층촬영영상(SPECT)을 이용하여 심근의 기능을 보다 쉽고 정확하게 평가하기 위해 반자동 분할 및 정량적 데이터를 시각화하는 인터페이스를 구현하였다. 먼저 반자동 분할에서는 환자영상에서 보여지듯이 심근 기능이 저하되어 부분적으로 심근이 불연속적으로 나타나는 영상에서도 내·외벽의 외곽을 연속성을 가지고 견고하게 분리할 수 있도록 사용자가 간단히 조작할 수 있는 반자동 분리 인터페이스를 구현하였다. 또한 내·외벽으로 분리된 외곽선들을 이용하여 측정된 지역적 모션 데이터를 사용자가 보다 이해하기 쉽도록 Bull's eye 그래프를 이용하여 가시화하였다. 본 논문에서 구현한 반자동 분할 및 정량적 데이터의 시각화 인터페이스는 환자의 심근에 대한 기능 영상처럼 분석이 어려운 영상에서도 보다 견고하고 정확한 평가를 할 수 있도록 해준다.

## 1. 서론

현대의 컴퓨터 기술의 발전과 더불어 병원이나 기타 의료기관 등에서 컴퓨터를 이용한 환자의 분석, 진단 등이 점점 활발해지고 있다. 특히, 의료영상을 이용하여 심장 기능의 이상여부를 판단하기 위해서는, 심벽 두께(wall thickness)나 심벽 운동량(wall motion)과 같은 임상적으로 유용한 측정치들을 정확히 구하고, 그 결과를 사용자가 빠르고 쉽게 이해할 수 있도록 해야 하기 때문에, 현재 medis나 piecass에서는 이러한 추세에 발맞추어, Mass[1,2], CAASII의 LVA package[3]등을 내놓아 정량 분석을 위한 여러 가지 도구들을 제공하고 있다.

본 연구에서는 심근의 기능을 영상화한 단일광자방출 전산화단층촬영영상(single photon emission computed tomography, SPECT)으로부터 심장의 기능을 분석하고자 할 때, 정상인과는 달리 심근이 끊어진 환자의 영상에 대해서도 내·외벽을 보다 견고하게 분리할 수 있는 인터페

이스를 구현하고, 분석된 정량 데이터를 시각화 하는 데 널리 사용되는 Bull's eye 그래프를 이용하여 분석 결과를 보다 효과적으로 보여주고자 한다.

## 2. 좌심실 내·외벽의 이중 모델링과 운동 추적

내외벽의 점들이 분리된 후 이로부터 심근의 내외벽을 이중 모델링 하고, 운동을 추적하는 방법은 본 연구진에 의해 이미 발표된 논문을 참조하도록 한다[5]. 이중 모델링과 운동 추적에 대한 방법을 간단히 요약하면 다음과 같다.

좌심실의 내외벽을 고무와 같은 탄성을 지닌 블롭(blob)의 형태로 간주하고, 기하학적 정보와 물리적 정보를 통합한 두개의 동적 가우시안 블롭으로 내외벽의 3차원 형태로 각각 적합한다. 동적 가우시안 모델에서, 각 점의 위치는 물체 중심 변동 좌표계를 사용하였고, 좌심실의 운동을 외부의 힘과 물질 특성간의 연속함수로 보고 유한요소접근방법을 사용하였다.

먼저, 주축과 같은 기울기와 무게중심을 가지는 Superellipsoid 형태의 참조 물체를 만들고, 삼각분할을

\* 본 연구는 과학기술부 국가지정연구실 사업과 정보통신부 정보통신연구센터 사업에 의해 지원받았음

한다. 유한 요소 노드들을 초기 물체에 걸쳐 놓은후, 질량, 감쇠, 경직 행렬을 구하면, 3차원 자료점과 모델점들 간의 대응되는 가상적인 힘을 얻어낼 수 있다. 시간 T에서 모델을 3 차원 자료점에 적합하기 위해서는 가중 최소 제곱법을 이용하여, 모달 변위 벡터를 구하고, 이를 노달 변위벡터로 변환시키면, 보간 함수에 의해 노드 변위벡터로부터 모델점들의 이동된 위치를 계산해 냄으로써 초기 모델을 변형시켜 내외벽의 형상을 생성할 수 있다. 또한 좌심실의 운동을 비강체(non-rigid) 운동과 강체 운동(rigid)으로 분리하여 추적을 하는데, 좌심실 운동을 크게 평행이동, 회전이동, 비강체 변형으로 나누어 분석하였다. 전역 운동으로써의 평행이동은 심장 박동 주기 각 단계에서 얻은 윤곽점들의 무게중심에서 추정할 수 있고, 회전이동은 연속되는 운동에서 추측들의 상대적인 방향 변화로부터 추정할 수 있다. 또한, 비강체 변형은 매 시각에서 이동된 유한요소 노드들의 위치에 따라 질량 및 경직행렬, 모드형태 벡터들을 새로이 구하면 된다.

3. 반자동 분할

SPECT영상은 특정 조직에서 일어나는 생화학적인 변화를 영상화하는 방법으로써, 핵 의학 검사의 일종이며 대장기관의 기능적인 정보를 제공하기 때문에, 환자와 같이 심장의 특정영역이 기능을 제대로 수행하지 못하는 경우에는 영상에 나타나지 않아 영상이 끊어지게 된다. 따라서, chain code와 형태에 기반을 둔 기존의 방법으로는 내·외벽을 나눌 수 없고, 보다 정확한 환자의 진단을 위

해서는 전문가의 개입이 필요하다. 그러므로 그림1,2와 같은 사용자 인터페이스를 제공함으로써 사용자가 쉽게 내 외벽을 분리할 수 있도록 하였다.

사용자는 각각의 내·외벽에 해당하는 컨트롤 포인트를 찍으면 커브는 자동적으로 그려지고, 내·외벽 커브가 모두 그려지면, 심근을 나타내는 각 점은 내·외벽을 나타내는 커브와의 거리 계산으로 가장 가까운 커브, 즉 내 벽인지 외벽인지 찾아내서, 자동적으로 그림 3처럼 내·외벽으로 서로 분리가 된다

여기서 curve는 Cardinal curve를 사용하였다. 그 이유는 선을 구성하는 컨트롤 포인트를 지나기 때문에, 특정한 지점을 지나는 커브를 그리기 위해서는 사용자가 간단히 그 지점에 컨트롤 포인트를 위치시키면 된다는 장점을 지니고 있기 때문이다.

$$C(t) = T \cdot M_c \cdot P = T \cdot \begin{bmatrix} -a & 2-a & -2+a & a \\ 2a & -3+a & 3-2a & -a \\ -a & 0 & a & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{i-1} \\ P_i \\ P_{i+1} \\ P_{i+2} \end{bmatrix} \quad 식(1)$$

- t : 매개변수  $0 \leq t \leq 1$
- $M_c$  : cardinal matrix ,
- P : control point

아래의 그림에서 첫번째 줄은 기존의 방법으로 내·외벽을 분할한 결과이고, 2번째와 3번째 줄이 바로 반자동 분할에 의해 나온 결과이다.

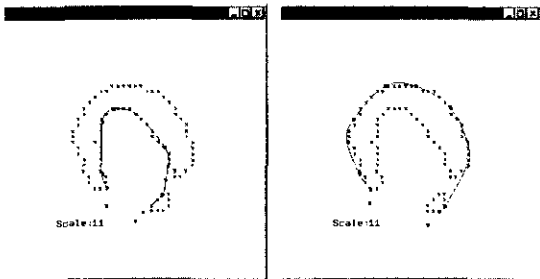


그림 1. 내벽

그림 2. 외벽

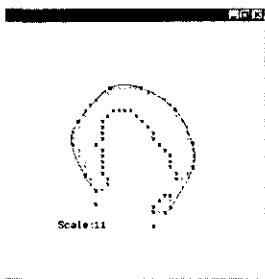


그림 3. 내·외벽으로 분할

원영상	윤곽선	외벽	내벽

그림 4. 분할 결과

4. 정량적 데이터의 시각화

좌심실의 지역별 평균 움직임을 계산하기 위해서, 심근을 24개의 조각으로 나누었다. 먼저, 좌심실을 크게 3 등분으로 나눈 다음, 각 부분을 8개의 작은 조각으로 다시 나눈다.

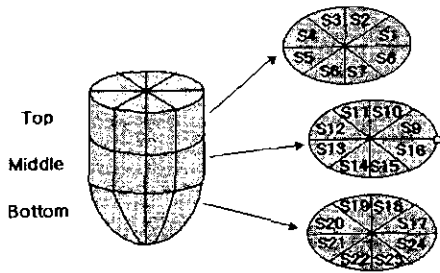


그림 5. 좌심실의 지역별 wall segment

심근 기능을 정량 분석한 결과를 보여주는 방법 중 대표적인 방법으로는 Bull's eye 그래프를 들 수 있다. 본 실험에서는 정상 심근 부위의 지역별 움직임 값들을 아래와 같은 형식의 Bull's eye 그래프를 통해 표현하였다. 여기서 Bull's eye는 3개의 ring과 24개의 조각으로 나뉜다. 각 ring은 그림 5의 top(outer ring), middle, bottom(inner ring)을 나타내고 각 ring에 있는 8개의 조각은 각 등분 안에 있는 작은 세그먼트를 나타낸다. 그림 6과 그림 7은 내벽과 외벽의 각 최대 수축기(phase 2)와 최대 확장기(phase 8)에서 분석된 지역별 움직임을 Bull's eye 그래프로 나타낸 것이다.

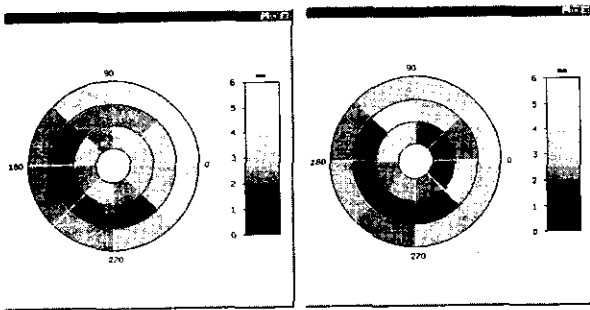


그림 6. 내벽의 지역별 움직임

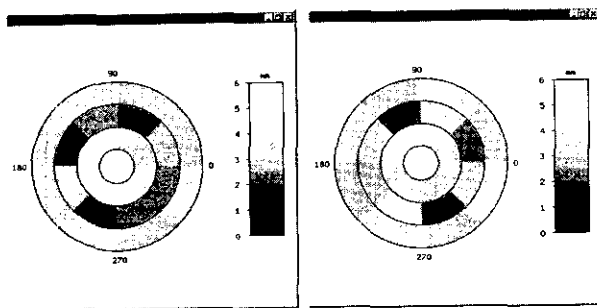


그림 7. 외벽의 지역별 움직임

### 5. 결론

환자 영상처럼 내외벽의 분리가 어렵고 또한 전문가의 정확한 진단이 필요한 영상에 대해서도, 본 논문에서 제시한 반자동 분할을 이용함으로써 내·외벽을 효과적으로 분할 할 수 있고, 그로 인해 심근에 이상이 있는 심근 경색이나 허혈과 같은 질환 진단을 도울 수 있다. 또한 Bull's eye 그래프를 이용하여 정량 분석 결과를 보다 이해하기 쉽게 표현하여 분석을 용이하게 하는 장점이 있다.

### 6. 참고문헌

- [1] <http://www.medis.nl/MainFrameProducts/MRIMASS.htm>
- [2] <http://www.medis.nl/MainFrameProducts/MRIFLOW.htm>
- [3] [http://www.piecaas.com/products/PML\\_prod\\_frame.htm](http://www.piecaas.com/products/PML_prod_frame.htm)
- [4] A. Pentland and B. Horowitz, "Recovery of Nonrigid Motion and Structure," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 13, pp. 730-742, 1991.
- [5] C. W. Chen, T. S. Huang and M. Arrott, "Modelling, Analysis, and Visualization of Left Ventricle Shape and Motion by Hierarchical Decomposition," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 16, pp. 342-356, 1994.
- [6] D. Mele, W. Fehske, J. Mahle et al., "A Simplified, Practical Echocardiographic Approach for 3-Dimensional Surfacing and Quantitation of the Left Ventricle: Clinical Application in Patients with Abnormally Shaped Hearts," *Journal of the American Society of Echocardiography* 11, pp. 1001-1012, 1998.
- [7] J. M. Gorce, D. Friboulet and I. E. Magnin, "Estimation of three-dimensional cardiac velocity fields : assessment of a differential method and application to three-dimensional CT data," *Medical Image Analysis*, 1, pp. 245-261, 1996.
- [8] 최수미, 이유경, 김명희, "역동적 변형 솔리드를 이용한 좌심실의 내·외벽의 운동 가시화" 한국정보과학회 봄 학술발표 논문집 Vol. 27, No. 1, pp 670-672, 2000