

# 좌심실 움직임 측정을 위한 새로운 시각화 방법

송 인희  
한국 산업 기술 대학교  
ihsong@kpu.ac.kr

## A New Way of Visualizing Left Ventricular Wall Motion

Inhee Song  
Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University

### 요 약

건강과 장수에 관심이 많은 현대인에게 심장 질환은 꾸준히 증가하고 있다. 심장 질환을 측정하기 위하여 정확한 진단은 꼭 필요한 부분인데, 정확한 측정을 위해서 원하는 부분의 정확한 이미지 획득은 중요한 부분이다. 기존의 M-mode 이미지와 2차원 이미지는 각자의 장점과 단점을 가지고 있는데, 이 이미지들을 이용하여 정확한 결과를 얻기는 어려운 일이다. 본 논문에서는 기존의 두 이미지의 장점을 혼합하여 새로운 이미지를 생성하였다. 즉, Synthetic M-mode 이미지라고 불리는 새로운 좌심실 이미지는 사용자가 측정하고 싶은 부분의 이미지를 정확히 재 생성하여 보다 좋은 결과를 얻게 하고 있다.

## 1. 서 론

인체의 여러 기관 중 심장은 가슴에서 대각선 방향에 위치한 타원형 모양의 기관이다. 혈액을 전신으로 보내는 역할을 하는 심장은 이동(translation)과 회전(rotation)의 비선형 운동을 쉬지 않고 계속적으로 하고 있다. 심장의 수축운동을 통해 신체의 머리부터 발끝까지 모든 부분에 신선한 산소가 포함된 혈액을 보내는 일을 한다. 심장의 수축운동 중에 심장의 내부가 확장되거나 수축되는 일이 반복이 되면서 심장 벽의 두께도 변화하게 된다. 심장 벽의 두께 변화에 따라 심장 벽의 움직임을 측정할 수 있는데, 측정된 결과로 심장의 질병을 진단할 수 있어 심장 벽의 움직임 측정은 심장 질환을 측정하는데 중요한 요소라고 할 수 있다.

본 논문에서는 심장 중에서 실제로 혈액 순환을 가능하게 하는 좌심실의 이미지를 기존의 이미지를 사용하여 새롭게 형성하여 기존이미지가 가지고 있는 단점을 보완하여 좀 더 정확하고 빠른 진단을 가능하게 하고자 하는 알고리즘 개발을 위한 것이다.

## 2. 초음파 심장 이미지의 형태

심장은 2종류의 방으로 구성되어 있는데, 심방(atria)과 심실(ventricle)로 각 방은 좌, 우로 나뉘어져 있다. 그 중 좌심실(left ventricle)은 신선한 혈액을 신체의 모든 장기로 보내는, 즉, 혈액 순환을 하게 하는 중요한 기

관이다. 좌심실 벽은 내벽(endocardium), 근육의 중간벽(myocardium), 그리고 외벽(epicardium)으로 이루어

져 있다. 좌심실의 심 벽의 움직임과 심 벽의 두께 변화는 심장 질환의 증거를 제공 해 준다. 승모판(mitral valve)이 열려서 혈액이 심장에 있을 때는 심장의 내부가 가장 확장되어 있을 때로써, 이러한 상태를 심장 확장기(diastole)이라고 한다. 심장이 수축을 시작하여 혈액을 신체에 보낼 때는 심장 내부의 크기가 줄면서 혈액을 심장 밖으로 보내게 되는데, 이러한 상태는 심장 수축기(systole)이라고 한다. 심장내부가 가장 확장되어 있는 순간(the end-diastole)에는 심 벽의 두께가 가장 얇고 크기가 가장 크고, 반대로 심장 내부가 가장 축소되어 있는 순간(the end-systole)에는 심 벽의 두께가 가장 두꺼워져 있으면서 심장 내부의 크기가 가장 작다.

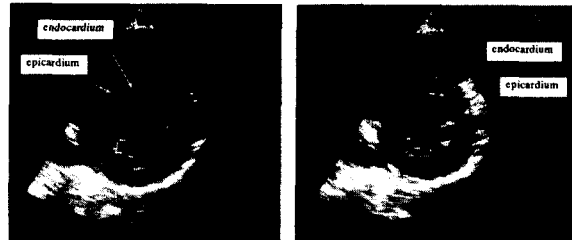


그림 1 좌심실의 확장기와 심장 축소기

초음파로 얻어진 디지털 심장 이미지(echocardiography)는 관상 동맥 질환(coronary artery disease)의 정확한 진단을 위해서 사용되어진다. 그리고, 관상 동맥 질환은 치명적인 심장 질환중의 하나이다. 관상 동맥 질환은 좌심실의 국부적 기능으로 진단을 내릴 수 있는데, 국부적 좌심실 기능(Regional left ventricle function)의 분석은 초음파 심장 이미지에서 가장 중요한 의료적 사용 방법 중 하나 이다. 국부적

좌심실 기능 분석은 심장 수축기 동안의 좌심실의 국부적(regional) 비정상적 움직임 (abnormal movement)을 검토하는 진단 방법이다.

국부적 좌심실 기능의 정량 분석 (quantitative analysis)에는 두 가지의 기본적인 방법이 있다. 그 중 하나는 심장내막, 특히 좌심실 움직임의 측정이고, 또 다른 하나는 심장 박동 중의 좌심실 벽의 두께 변화를 측정하는 것이다. 치명적인 결과를 초래할 수 있는 비정상적인 좌심실의 움직임은 심 벽의 두께 변화로 진단할 수 있다.

좌심실의 국부적인 심장 벽 움직임과 두께 변화를 측정하기 위하여, 심실 벽의 정확한 위치 추정을 해야 한다. 심장의 한 부분의 움직임을 파악하기 위해서는 측정을 위한 기준점이 있어야 한다. 즉, 정해진 기준점의 심 벽이 어떻게 움직이고 두께가 변화되는지를 측정해야 한다. 기준점은 고정되어진 기준 점과 변화하는 기준 점, 두 종류의 기준 점을 사용할 수 있다. 심장의 움직임은 평행 이동과 회전이 함께 일어나기 때문에 고정된 기준 점보다는 변화하는 기준 점을 사용하는 것이 더 신뢰할 수 있다. 즉, 심장의 움직임에 따라 기준점이 이동을 하여 매 순간 새로운 기준 점에서 측정을 한다. 이 방법은 더 좋은 결과를 얻을 수 있지만, 구현하기가 어렵다는 단점이 있다.

좌심실의 움직임을 측정할 때는 몇 가지의 요소가 있을 수 있다. 심벽의 두께의 변화를 측정하여 움직임을 파악하거나, 좌심실을 일정하게 분배하여 각 부분의 면적의 변화로써 움직임을 파악할 수도 있다. 두 종류의 초음파 이미지(echocardiography) 모드가 이러한 측정을 위해서 사용되어진다. 하나는 M-mode 이미지이고, 또 하나는 2차원 이미지 (2D cineloop)이다. M-mode 이미지는 심장의 한 부분의 움직임을 측정할 수 있는데, 이것은 시간을 기준으로 출력되어진다. M-mode 이미지는 시간의 연속성에 대해서 좋은 결과를 얻을 수 있지만, 제한된 시각의 범위 안에서만 이미지를 얻을 수 있다. 그리고, 한 이미지 스캔 라인에 대해서만 결과를 얻을 수 있고, 주어진 선 주변의 움직임은 고

려하지 않는 단점이 있다. 심장 벽에서 현 위치의 주변의 움직임은 진단에 도움을 줄 수 있는 움직임의 예측을 가능하게 한다. 반면에 2차원 연속 이미지는 심장의 해부 구조의 평면 이미지를 시간의 흐름에 따라 심장의 움직임을 동영상상으로 볼 수 있다. 또한, 각 정지 프레임에서는 초음파의 관점에 따라서 여러 다른 모습의 심장의 이미지를 얻을 수 있다. Parasternal short-axis 관점에서 본 이미지에서는 좌심실의 심실내와 심벽, 심실 외벽을 관찰할 수 있다. 2차원 이미지는 좌심실의 전체 움직임의 이미지를 볼 수는 있지만, 2차원 이미지는 공간적 또 시간적 제한이 있는데, 각 프레임 사이의 시간적 연속성을 잃을 수가 있다. 즉, 40 ~ 50 Hz의 프레임율로 저장된 이미지는 분당 40 내지 50개 정도의 프레임을 출력할 수 있는데, 각 프레임사이의 연속적인 움직임을 잃어버리게 된다. 따라서, 두 프레임 사이의 드라마틱한 변화가 생길 수 있다.

### 3. Synthetic M-mode image 생성

본 논문에서 소개되는 새롭게 생성되는 좌심실의 이미지, 즉 Synthetic M-mode 이미지는 2차원 이미지에서 생성된다. 생성된 이미지의 모습이 기존의 M-mode 이미지의 형태를 가지고 있기 때문에, Synthetic M-mode 이미지란 이름이 붙여졌다.

2차원 이미지에서 심실 벽의 두께 변화를 측정하고 싶은 부분에 임의의 sampling line을 위치하여, 각 프레임에서 그 위치에 있는 점들의 값을 이용하여 생성된다. 놓여진 선들의 점들은 Bresenham 알고리즘을 이용하여 찾는다. 즉, sampling line의 초기 점에서 시작하여, 다음 점을 찾게되는데, 현재의 점과 가장 가까운 점이 다음 점으로 선택되어 나아가서 마지막 점까지 찾는다.

첫 번째 frame의 sampling line 은 Synthetic M-mode 이미지의 첫 번째 선으로 놓여진다. 그리고 각 frame에서 찾아진 선들의 점들이 순서대로 놓여진다. 이때, 기존의 M-mode 이미지의 장점인 시간적 연속성을 주기 위하여, frame 사이의 값들이 새롭게 생성되어서 이미지가 만들어진다. Frame 사이의 값들은 각 frame의 가중치에 의해서 결정되어지는데, 이 가중치는 frame의 출력시간에 의해서 주어진다. 즉, 출력시간이 긴 frame인 경우에는 높은 가중치가 주어져서 더 많은 수의 line들이 다음 frame 까지 만들어지고, 출력시간이 짧은 frame인 경우에는 낮은 가중치가 주어져서 더 적은 수의 line들이 다음 frame까지 만들어져서 놓여진다.

이렇게 만들어진 Synthetic M-mode 이미지는 사용자가 위치한 sampling line 위의 점들의 질에 의해서 결정되어질 수 있는데, 이미지의 선명함을 높이기 위하여 단지 sampling line위의 점들로만 구성하지 않고, 주변의 점들의 값을 함께 계산하여 이미지의 질을 향상시켰다.



(a) M-mode 이미지 (b) 2차원 이미지

그림2 좌심실의 2종류의 이미지

이렇게 생성되어진 Synthetic M-mode 이미지의 결과는 다음의 그림3과 같다.

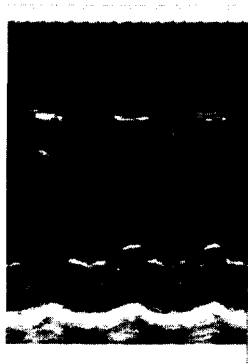


그림3 생성된 Synthetic M-mode 이미지

#### 4. 결과 분석

Synthetic M-mode 이미지를 이용한 좌심실 벽의 최대 두께를 측정하여 기존의 hard copy M-mode 이미지와 2차원 이미지에서 측정된 값을 비교하였다. 14명의 환자들의 초음파 parasternal short axis에서 측정된 이미지를 사용하여 결과를 분석했다.

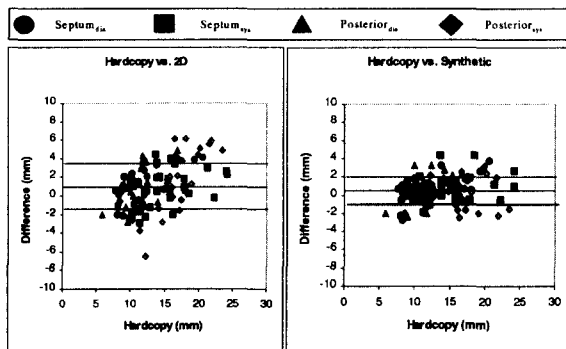


그림4 Diastole과 최대 벽두께 측정 결과

그림의 중심의 가로선은 hardcopy M-mode와 2차원 또는 Synthetic M-mode 이미지와의 평균차를 나타낸다. 그리고, 위쪽과 아래쪽의 가로선은 이 평균차의 표준편차를 나타낸다.

이 결과에서 보듯이 2차원 이미지에서 측정된 결과보다 Synthetic M-mode 이미지에서 측정된 결과의 편차가 훨씬 작은 것을 볼 수 있다. 즉, 기존의 2차원 이미지에서의 측정보다 정확한 결과를 얻을 수 있다.

#### 5. 결론

본 논문에서는 좌심실의 움직임을 측정하기 위한 새로운 visualizing 방법을 제시하였다. Synthetic M-mode 이미지는 사용자가 쉽고 빠르게 생성할 수 있어서, 좌심실의 벽두께 및 두께의 변화율을 측정하는데 도움을 줄 수 있다. 우리는 여기서 사용자가 선택한 sampling line을 2차원 이미지의 다른 frame에 그대로 적용하여 이미지를 생성하였는데, 앞으로 이 sampling line을 좌심실의 움직이는 방향에 따라 함께 움직여서 보다 섬세하고 정확한 Synthetic M-mode 이미지를 생성하는 알고리즘연구를 계속할 계획이다. 본 논문이 좌심실의 질병을 진단하는데 도움이 되어, 정확한 결과 측정 및 분석을 하게 되기를 바란다.

#### 6. 참고 문헌

- [1] Bauer, M., Soble, J.S., Song, I., Neumann, A., Leibson, P., Parrillo, J., Roberge, J., Marcus, R.H., "Accuracy of computer-generated synthetic M-mode for left ventricular wall thickening", JACC 27(2A):7, 1996
- [2] Song, I., Roberge, J., Neumann, A., Marcus, R.H., Soble, J.S., "Tracking regional left ventricular wall movement using 2-D echocardiographic cine-loops in concert with synthetic M-mode images", IEEE Computers in Cardiology, pp269 - 272, 1996
- [3] Waymann, A., "Physical principles of ultrasound", Principles and practice of echocardiography, second edition, Lea and Febigar, 1994
- [4] Konstadt, S.N., Abrahams, H.P., Nejat, M., Reich, D.L., "Are wall thickening measurements reproducible?", International Anesthesia Research Society, 78:619-623, 1994
- [5] Assman, P.E., Slage, C., van der Borden, S.G., Tijssen, J.G.P., Oomen, J.A., Rolandt, J.R.; "Comparison of models for quantitative left ventricular wall motion analysis from two dimensional echocardiograms during acute myocardial infarction", Am J Card 71:1262-69, 1993
- [6] Edward, A.G., "Echocardiography: Physics and Instrumentation", n.p., 1989
- [7] Goldberg, S., "Analysis and interpretation of thickening and thinning phases of left ventricular wall dynamics", Ultrasound in Med. & Biol. vol. 10, no. 6, pp797-802, 1984