

# 시간 영역에서 획득된 초음파 영상의 심내강 영역에 대한 3차원 표현

원철호, 채승표, 구성모\*, 김명남\*\*, 조진호  
경북대학교 공과대학 전자공학과

## 3-D Representation of Cavity Region from Ultrasonic Image Acquired in the Time Domain

C. H. Won, S. P. Chae, S. M. Koo\*, M. N. Kim\*\*, and J. H. Cho  
Department of Electronic Engineering, Kyungpook National University  
\*Department of Radio Communication, Doowon Technical College  
\*\*Department of Biomedical Engineering, Kyungpook National University Hospital

### ABSTRACT

In this paper, we represented the variation of heart cavity area in the space domain by 3-d rendering. We arranged the 2-d sequence of ultrasonic image acquired in the time domain as volumetric data, and extracted heart cavity region from 3-d data. For the segmentation of 3-d volume data, we extracted the cavity region using the method of expanding the cavity region that is same statistical property. By shading which is using light and object normal vector, we visualized the volume data on image plane.

### 서론

각종 의료 장비로부터 얻어진 데이터열(data sequence)은 2차원 단면 슬라이스로서 물리적, 공간적으로 유용한 3차원 정보를 포함하고 있기 때문에 생체의 해부학적 구조를 인식하는데 도움을 준다. 이러한 영상열로부터 컴퓨터에 의한 3-D 표면의 시각화(visualization)에 대한 연구들이 필요하다. 특히, 해부학적 영상은 영상처리 기술 및 컴퓨터 그래픽 기법을 이용하여 그 활용 가능성을 높일 수 있다. 단층 영상의 3차원 재구성은 정형, 외상 의학의 각분야에서 이용될 수 있기 때문에 진단의학용 영상의 분석을 위하여 체적 데이터를 시각화하기 위한 많은 연구들이 이루어져 왔다<sup>1)-3)</sup>.

체적 데이터의 시각화는 대상 객체와 배경 부분을 구별하기 위한 영상 분할을 수행한 후에 대상 객체에 대한 공간적 모델을 체적 렌더링(volume rendering)함으로써 이루어진다. 영상 분할은 2차원 또는 3차원 체적 데이터로부터 대상

객체를 추출하는 과정으로써 3차원 데이터 형태의 의학 영상을 위해서는 복셀 공간에서의 분할이 필요하다. 추출된 대상 객체를 이미지 평면상에 나타내기 위하여 시점으로부터 체적 데이터로 픽셀 레이를 투사하여 각 지점에서 셰이딩(shading)을 한다. 셰이딩을 함으로써 이미지 평면상에 표시하기 위한 색상(color)을 획득하여 체적 렌더링을 수행한다. 대상 객체만의 3차원 재구성을 위하여서는 복셀 데이터의 폐곡면 검출이 매우 중요하다고 하겠다. 이를 위하여 임계치 설정(thresholding)<sup>4)</sup>에 의한 영상 분할법이 있지만 관심 객체를 배경과의 완전한 분리가 힘들며 대상 객체만을 추출하기가 곤란하다.

본 논문에서는 시간영역에서의 심내강 단면적의 변화를 정량화하여 이를 공간상에 3차원적으로 표현함으로써 심장의 변화 양상을 관찰할 수 있도록 하였다. 시간 영역에서 획득된 초음파 영상의 2차원 단면을 공간상에 배열한 후에 영역 확장에 의해 심내강 영역을 추출하여 이를 공간에서의 3차원 형상으로 표현하였다. 3차원 데이터의 심내강 영역 분할을 위하여 동일한 통계적 특성을 가지는 영역을 확장하여 대상 물체만을 추출하도록 하였다. 중심의 복셀을 기준으로 하여 수평으로 4복셀 및 수직으로 2복셀에 대한 탐색을 하여 주변 복셀의 통계적 특성이 주어진 조건을 만족하면 영역에 포함시켜 영역을 확장시킴으로써 대상 객체를 추출하였다. 추출된 심내강 영역에 대하여 광원과 객체의 법선을 이용한 셰이딩을 수행함으로써 이미지 평면상에서 심내강 체적 데이터를 시각화할 수 있었다.

### 방법

- 1) 체적 데이터에서의 심내강 영역 추출  
2차원 영역에서 영역의 성장은 주변 4화소에

대한 영역을 성장시켜 영역을 분할하지만<sup>5)</sup> 3차원 체적 데이터일 경우 확장이 필요하다.

2차원 시간영역에서 공간영역으로 확장된 3차원 초음파영상일 경우 아래 그림과 같은 6방향에 대한 영역을 탐색을 수행해야 한다. 즉, 초기 좌표로부터 주변의 6복셀을 탐색하고, 이때 주변 복셀의 통계적 특성이 주어진 조건을 만족하면 영역에 포함시키고, 이를 다음 복셀을 탐색하기 위한 시드로 삼아 복셀에 대한 영역 성장을 계속하게 된다.

중심의 복셀을 기준으로 하여 그림 1과 같이 수평으로 4복셀 및 수직으로 2복셀에 대한 탐색을 하게 된다.

$$(0, -1, 0), (-1, 0, -1), (1, 0, 1), (0, 1, 1), (0, 0, -1), (0, 0, 1)$$

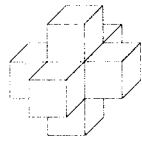


그림 1. 영역성장을 위한 6방향 복셀  
Fig. 1. 6-directional voxels for region expanding.

if( vol(i) is included OBJECT )  $i = 1, \dots, 6$   
OBJECT = vol(i)

영역 확장 과정을 통하여 심내강에 포함되는 복셀은 확장을 위한 새로운 중심이 되고 이의 과정을 반복하면서 전체 영역에서 대상 객체인 심내강 영역을 추출할 수 있게 된다. 위 과정을 아래 흐름도에서 보았다.

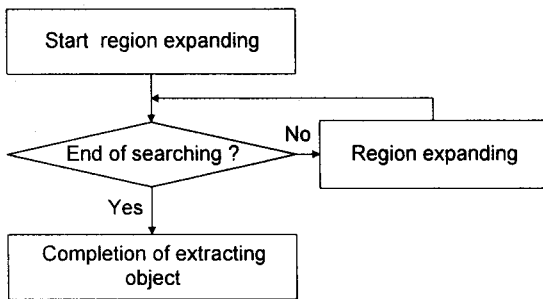


그림 2. 객체 추출을 위한 흐름도  
Fig. 2. Flowchart for extraction of object.

영역 추출에 의하여 얻은 이진화된 심내강 체적 데이터는 형태학(Morphology)적인 필터링을 통하여 잡음을 제거하게 된다. 이때 식 (1)의 Erosion과 Dilation 연산의 결합인 Opening 연산<sup>6)</sup>에 의하여 잡음을 제거하고 심내강 영역만을 추출할 수 있다.

$$A \cdot B = (A \ominus B) \oplus B \quad (1)$$

Erosion 연산:  $A \ominus B = \{ x(B)_x \subseteq A \}$

Dilation 연산:  $A \oplus B = \{ x(B)_x \cap A \neq \emptyset \}$

여기서,  $x$ 는 위의 조건에 합당하는 복셀을 의미하고,  $A$ 는 이진화된 체적 데이터이고,  $B$ 는 구조 요소(structuring element)로서 체적 데이터에 대해서는 다음과 같은 형태를 가지도록 하였다.

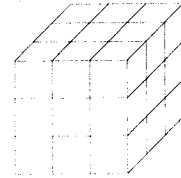


그림 3. 구조 요소  
Fig. 3. Structuring element.

2) 추출된 심내강 영역의 3차원 시각화  
추출된 객체인 심내강 영역을 이미지 평면상에 나타내기 위하여 시점으로부터 3차원 체적 데이터로 픽셀 레이를 투사하여 각 지점에서 이미지 평면상에 표시하기 위한 색상(color)을 획득한다<sup>7)</sup>.

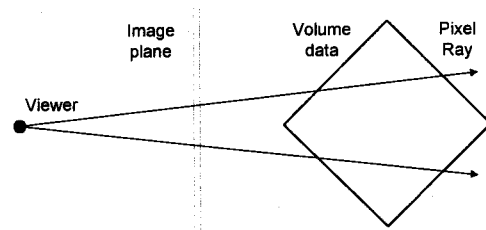


그림 4. 투시변환에 의한 물체의 표현  
Fig. 4. Visualization by perspective transform.

시점에서 대상 물체를 관측할 때 이미지 평면상에 물체가 표현된다. 투영 변환을 하게 되고 이때 픽셀 레이는 관측자로부터 이미지 평면을 거쳐 3차원 데이터를 투과하여 각 지점에서 계산된 웨이딩의 값으로 이미지 평면상에 나타내게 된다. 체적 데이터로 투과되는 픽셀 레이는 전처리 과정에서 추출된 대상 객체와 교차하게 되는데 이 지점에서 객체의 색상을 얻기 위한 웨이딩을 한다.

웨이딩(shading)은 기본적으로 대상 객체의 법선과 광원만을 고려하였으며,  $x_i$  위치에서의 웨이딩값은 광원 벡터와 표면 법선 벡터의 곱으로 이루어진다.

$$c(x_i) = N(x_i) \cdot L \quad (2)$$

여기서,  $L$ 은 광원 법선 벡터이고,  $N(x_i)$ 은 표면

법선 벡터로서 다음 식과 같다.

$$N(x_i) = \frac{\nabla f(x_i)}{|\nabla f(x_i)|} \quad (3)$$

여기서, 기울기 벡터(gradient vector)  $\nabla f(x_i)$ 는 x축, y축 및 z축 좌표 각각에서의 두 복셀간의 차로써 아래의 식과 같이 나타낸다<sup>8)</sup>.

$$\nabla f(x_i, y_j, z_k) \approx \left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{2}[f(x_{i+1}, y_j, z_k) - f(x_{i-1}, y_j, z_k)], \\ \frac{1}{2}[f(x_i, y_{j+1}, z_k) - f(x_i, y_{j-1}, z_k)], \\ \frac{1}{2}[f(x_i, y_j, z_{k+1}) - f(x_i, y_j, z_{k-1})] \end{array} \right\} \quad (4)$$

여기서,  $f(x_i, y_j, z_k)$ 는 3차원 복셀 데이터의 값이다.

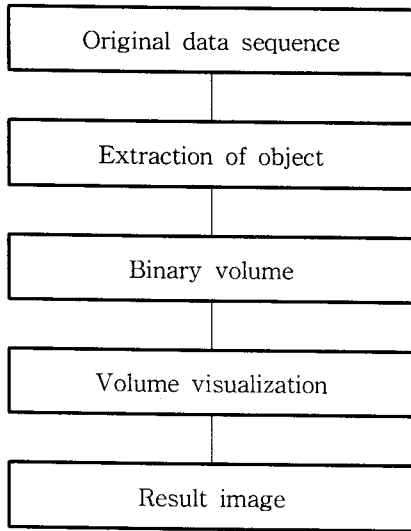


그림 5. 알고리즘의 흐름도  
Fig. 5. Flowchart of algorithm.

원래의 3차원 초음파 영상의 데이터열로부터 영역 확장을 통하여 심내강 영역을 추출하고 이진화된 체적을 얻는다. 영상의 렌더링에 의하여 추출된 심내강 영역의 시각화를 수행하여 결과 영상을 얻을 수 있다. 이의 과정을 그림 5에 흐름도로써 나타내었다.

### 실험 결과 및 토의

그림과 같은 임의의 모양을 구성하였다. 영상의 크기는 80×80의 2차원 영상에 대하여 80개의 슬라이스를 구하여 얻은 렌더링한 3차원 영상이다. 테스트 패턴에 대하여 렌더링한 영상으로서 사각기둥, 평판 및 원기둥을 잘 표현하고 있음을 알 수 있다. 정상인으로부터 2.25MHz 트랜스듀스로

구성된 표준 스캐너(Meridian, IREX)를 이용하여 단축 단면의 B 모드 심초음파 영상을 0.5인치 VCR에 녹화하였다. 이 심초음파 영상으로부터 정지 영상을 얻기 위해 동적 트랙 추적 기능이 있는 1인치 VTR(Sony, BVH-1100A)로써 한 필드씩 순차적으로 재생시켰으며, 이를 프레임 그래버(Data Translation, DT-2853)로 8비트로 양자화한 256×256영상을 획득하여 실험에 사용하였다.

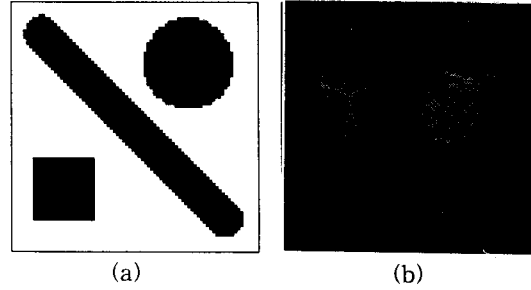


그림 6. (a) 실험 패턴 (b) 3차원 재구성  
Fig. 6. (a) Test pattern and (b) 3-dimensional reconstruction.

시간 영역에서 획득한 38프레임의 초음파 영상을 공간 영역에 순차적으로 배열하여 이를 체적 데이터화 하여 이를 처리하였다.

그림 8(a)의 초음파 영상열의 체적 데이터를 3차원 영역 확장에 의하여 검출된 심내강 영역의 슬라이스를 그림 7에 보였다.

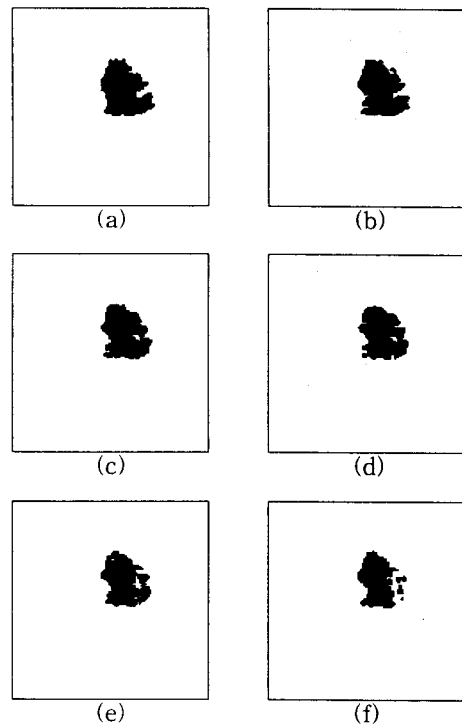


그림 7. 영역 확장에 의해 분할된 심내강 영상  
Fig. 7. Cavity image by region expanding.

영역 확장을 위한 조건으로서는 심내강영역이 심근 영역보다 어둡기 때문에 회색 준위의 분포가 0~255인 초음파 영상에서 20보다 작은 영역을 심내강 영역으로 판단하였다.

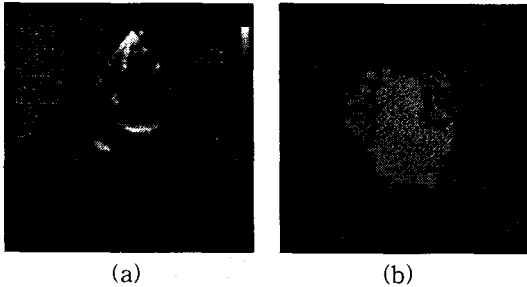


그림 8. (a) 초음파 영상 (b) 체적 렌더링한 영상  
Fig. 8. (a) Ultrasonic image and (b) volume rendering image.

추출된 심내강 체적 데이터에 대상 객체의 법선과 광원만을 고려한 셰이딩 처리를 하여 체적 렌더링을 수행하여 그림 8에 보였다.

### 결 론

본 논문에서는 시간영역에서의 심내강 단면적의 변화를 정량화하여 이를 공간상에 3차원적으로 표현함으로써 심장의 변화 양상을 관찰할 수 있도록 하였다. 시간 영역에서 획득된 초음파 영상의 2차원 단면을 공간상에 배열한 후에 영역 확장에 의해 심내강 영역을 추출하여 이를 공간 영역에서의 3차원 형상으로 표현하였다. 3차원 데이터의 심내강 영역 분할을 위하여 동일한 통계적 특성을 가지는 영역을 확장하여 대상 물체만을 추출하도록 하였다. 중심의 복셀을 기준으로 하여 수평으로 4복셀 및 수직으로 2복셀에 대한 탐색을 하여 주변 복셀의 통계적 특성이 주어진 조건을 만족하면 영역에 포함시켜 영역을 확장시킴으로써 대상 객체를 추출하였다. 추출된 심내강 영역에 대하여 광원과 객체의 법선을 이용한 셰이딩을 수행함으로써 이미지 평면상에서 체적 데이터를 시각화할 수 있었다.

공간 영역에서의 초음파 체적 데이터에 대한 렌더링의 전단계로서 시간영역의 데이터열에 대한 처리를 하였다. 3차원 공간 영역에서 획득한 체적 데이터에 대하여 대상 객체를 정확히 표현할 수 있는 분할 기법과 렌더링 기법에 대한 연구가 필요하다.

### 참고문헌

1. M. Levoy, "Display of surface from volume data," *IEEE trans. on computer graphics and application*, vol. 8, no. 2, pp. 29-37,

- May 1988.
2. M. Bomans, K. H. Höhne, U. Tiede, and M. Riemer, "3-D segmentation of MR images of the head for 3-D display," *IEEE trans. on Medical imaging*, vol. 9, no. 2, pp. 177-183, June 1990.
3. U. Tiede, K. H. Hoehne, M. Bomans, A. pommert, M. Riemer, and G. Wiebecke, "Investigation of medical 3D-rendering algorithms," *IEEE trans. on computer graphics and application*, pp. 41-53, Mar. 1990.
4. T. R. Nelson and T. T. Elvins, "Visualization of 3D ultrasound data," *IEEE trans. on computer graphics and application*, pp. 50-57, Nov. 1993.
5. 원철호, 김명남, 조진호, "초음파 영상의 통계적 특성에 근거한 심내벽 윤곽선 검출," *의공학회지논문지*, 제 17권, 제 3호, pp. 365-371, 1996.
6. R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital image processing*, Addison Wesley, 1992.
7. A. Watt, *3D computer graphics*, Addison Wesley, 1993.
8. K. H. Höhne and R. Bernstein, "Shading 3D-images from CT using gray-level Gradients," *IEEE trans. on Medical imaging*, vol. MI-5, no. 1, pp. 45-47, Mar. 1986.