

관심 객체 분할을 위한 삼차원 능동모양모델 기법

임성재, 호요성
광주과학기술원 정보통신공학과

Three-dimensional Active Shape Model for Object Segmentation

Seong-Jae Lim, Yo-Sung Ho
Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)
E-mail : sjlim@gist.ac.kr, hoyo@gist.ac.kr

Abstract

In this paper, we propose an active shape image segmentation method for three-dimensional(3-D) medical images using a generation method of the 3-D shape model. The proposed method generates the shape model using a distance transform and a tetrahedron method for landmarking. After generating the 3-D model, we extend the training and segmentation processes of 2-D active shape model(ASM) and improve the searching process. The proposed method provides comparative results to 2-D ASM, region-based or contour-based methods. Experimental results demonstrate that this algorithm is effective for a semi-automatic segmentation method of 3-D medical images.

I. 서론

능동모양모델(active shape model)[1]과 같은 통계적 모델기반 알고리즘은 이차원 영상에서 객체의 인식 및 분할 분야에서 폭넓게 사용된다. 능동모양모델은 훈련(training) 데이터로부터 유도된 사전 지식을 이용하여 유동적이며 밀집도가 큰 모델을 생성하여 객체를 효율적으로 분할한다. 또한 객체의 모양과 외관이 큰 변이를 가지고 있을 때에도 관심객체의 분할을 효율적으로 수행할 수 있다. 삼차원 모델기반 기법은 이차원 기법에 비해 객체 경계를 인식하고 추출하는데 실제적인 모양 구속력을 갖는다는 점에서 더욱 정확하고 신뢰성 있는 결과를 만든다. 그러나 훈련 데이터로부터의 삼차원 모양모델 생성 작업은 현재까지도 커다란 도전 과제로 남아있다.

본 논문에서는 제안된 삼차원 통계적 모양모델 생성 기법[2]을 이용하여 삼차원 영상 데이터에서 관심객체를 분할하는 삼차원 능동모양모델 기법을 제안한다. 제안된 능동모양모델 기법은 기존의 경계점 탐색 처리를 개선하였다. 실험을 위해서 일반적으로 모양 변이가 큰 복잡한 객체들을 포함하고 있는 의료영상을 사용하였다. 본 논문은 삼차원 복부 CT 영상에서 능동모양모

델 기법을 이용하여 관심 객체인 간(liver)을 분할하는 알고리즘을 제안한다.

II. 삼차원 능동모양모델 기법

삼차원 모양모델 생성에서 가장 중요한 단계는 포인트 분산모델(PDM)[3]을 생성하는 것이다. PDM 생성을 위해 상응하는 특징점(landmark)이 모든 훈련 데이터에서 정확하게 선택되어야 한다. 현재까지 많이 사용되는 특징점의 수동 선택은 많은 시간이 소비되며, 많은 오류를 발생시킨다. 또한 기존의 자동 분할 기법들은 다룰 수 있는 모양의 종류가 매우 제한되어 있다.

삼차원 모델은 주어진 훈련모양 데이터에서 다음과 같은 방법을 이용하여 생성된다. 먼저, 거리 변환(distance transform) 기법을 이용하여 모든 훈련 데이터의 평균(mean) 모양을 생성하고, 생성된 평균 모양에서 사면체(tetrahedron) 기법을 사용하여 자동으로 특징점을 선택한다. 마지막으로 거리 표식(distance labeling) 기법을 이용하여 선택된 특징점을 각 훈련 데이터로 전파(propagation)한다[2].

평균 모양을 생성하기 위해, 모든 훈련 데이터 집합은 삼차원 유사 변환(affine transform)을 통해 정렬되고 크기 변환(scaling)된다. 특징점 결정은 기존의 기법들이 갖는 위상학적 및 기하학적 제한 요소를 극복하기 위해 다음과 같은 사면체 기법으로 평균 모양의 표면에서 자동 결정된다. 평면을 이용한 표면의 하위 분할과 그 평면으로부터 특정 허용 한계 값을 만족하는 가장 먼 거리에 있는 점을 검출하는 과정을 반복적으로 수행한다. 이때 검출된 점을 특징점으로 결정한다. 제안된 알고리즘은 객체의 표면 곡률에 기반하여 특징점을 자동으로 결정한다. 통계적 모델 생성을 위해 모든 훈련 데이터에서 유사한 위치에서 대응하는 특징점이 결정되어야 하므로, 각 훈련 데이터에 거리 표식기법을

이용하여 각 특징점을 전파한다. 이는 평균 모양의 각 특징점에 가장 가까운 포인트를 각 훈련 데이터에서 찾는 방식이다.

이렇게 생성된 삼차원 모양 모델을 기반으로 모양 모델 훈련과 그레이 레벨 모델링 과정을 통해 관심객체를 분할한다. 삼차원 모양 모델은 각 특징점의 그레이 레벨 정보를 얻기 위해 x, y, z 좌표로 사상된다. 또한 각 특징점에서 프로파일 정보를 얻기 위해 표면에 대한 법선 벡터를 계산해야 한다. 이는 이차원 능동모양모델과는 다르게 이웃하는 여덟 개의 점을 중심으로 삼각형화 기법을 이용하여 특징점의 표면에 대한 법선 벡터를 예측한다. 입력된 목표 영상에서 관심객체를 분할하기 위한 탐색 처리에서 기존의 기법과는 달리, 각 특징점의 그레이 레벨 정보를 기반으로 정의된 임계값 이상인 특징점을 결빙점(frozen point)으로, 그 이하는 유동점(flexible point)으로 놓고 탐색 처리를 반복 실행하여 정확한 경계점을 찾는다.

III. 실험 결과

그림 1은 간에서의 특징점 검출 결과를 나타낸다. 특징점의 수는 120개이고, 표면 크기는 12757 픽셀이다. 그림 2는 생성된 모델의 가장 큰 변이 모드 모델과 평균 모양을 블록 홀(convex hull) 알고리즘을 통해 재구성한 결과이다. 그림 3은 삼차원 능동모양모델을 사용하여 객체를 분할한 결과와 전문가에 의해 수동으로 분할된 결과를 나타낸다. 이차원 기반 기법에 비해 약 20%의 정확도 향상을 나타냈다. 표 1은 제안된 삼차원 ASM 기법과 영역 기반 및 윤곽선 기반 기법, 그리고 이차원 ASM 기법의 분할결과를 나타낸다. 정량적 평가를 위해서 true positive(TP)와 false positive(FP)의 평균과 편차를 비교한 것이다.

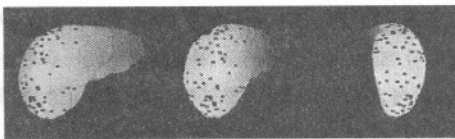


그림 1. 간의 특징점 검출 결과



그림 2. $-3\sqrt{\lambda_1}$ 평균모양, $3\sqrt{\lambda_1}$ 의 표면 재구성

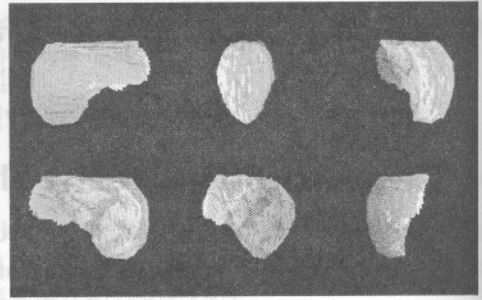


그림 3. 간 분할 결과 (전문가:황색, 알고리즘:녹색)

표 1. FPVF와 TPVF의 평균과 편차

	Region	Contour	2-D ASM	3-D ASM
FPVF	0.82 ± 0.05	0.79 ± 0.07	0.94 ± 0.03	0.96 ± 0.05
TPVF	88.15 ± 1.42	90.71 ± 1.93	89.26 ± 1.52	93.87 ± 1.08

IV. 결론

본 논문에서는 능동모양모델 알고리즘을 위한 삼차원 모델생성 기법과 생성된 모델을 이용하여 삼차원 객체 분할을 수행하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 기존의 영역기반 및 윤곽선기반 기법과 이차원 ASM 기법에 비해 약 20%-30%의 정확도가 향상되었고, 다양한 삼차원 데이터에 적용할 수 있는 일반적인 기법이다.

감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업 (IITA-2005-C1090-0502-0022)인 광주과학기술원 실감방송연구센터의 연구결과로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] T.F. Cootes, C.J. Taylor, D.H. Cooper and J. Graham, "Active Shape Models - Their training and application", *Comput. Vis. Image Understanding*, vol. 61, no. 1, pp. 38-59, 1995.
- [2] S.J. Lim, J.K. Udupa, A. Souza, Y.Y. Jeong, Y.S. Ho, D. Torigian, "A new, general method of 3D model generation for active shape image segmentation," *SPIE Proc.*, vol. 6144, pp. 1381-1388, 2006.
- [3] A.F. Frangi, D. Rueckert, J.A. Schnabel, and W.J. Niessen, "Automatic Construction of Multiple-Object Three-Dimensional Statistical Shape Models: Application to Cardiac Modeling," *IEEE Trans. Med. Imag.*, vol. 21, pp. 1151-1166, Sep. 2002.