

방사선 치료 계획 장치를 위한 의료 영상의 3차원적 자동 경계선 검출에 관한 연구

최은진, 서덕영
경희대학교 전자공학과

(A Study on 3Dimensional Automatic Boundaries Detection on Medical Images for Radiation Therapy Planning)

Choi Eun-Jin, Suh Doug-Young
Dept. Electronics Eng., Kyunghee Univ.

Abstract

Outline contour is detected firstly to simulate dose distribution in radiation therapy planning system.

In this paper, we developed automatic contour detection system using temporal and spatial relationships of image sequences.

The low level image analysis involves the use of directional gradient edge operators and Laplacian operator. The High level portion of algorithm uses a knowledge-based strategy that incorporates fuzzy reasoning method.

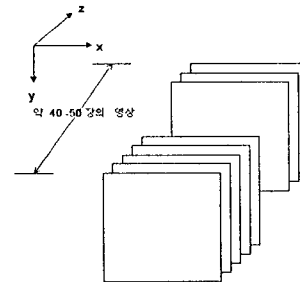
1. 서론

방사선 치료 계획 장치(RTP: Radiation Therapy Planning)에서, 방사선 통과율에 대한 정보를 제공하고 인체의 정확한 형태를 파악하기 위해서 인체와 외부와의 경계, 병소, 기관의 경계를 찾는 과정과 영상을 재구성하는 과정이 필수적이다. 기존의 치료 계획 장치에는 의료 영상의 정성적인 분석을 위하여 마우스 등을 이용하여 수동으로 경계선을 그려주기도 한다. 그러나 이러한 방법은 50 여장이나 되는 많은 영상을 분석하기에 상당한 시간이 소요될 뿐만 아니라 숙련된 계획자가 있어야 한다. 본 논문에서는 컴퓨터 비전의 일반적인 구조인 낮은 단계의 처리, 중간 단계의 처리, 높은 단계의 처리를 통하여 연속되는 영상에서 시간적, 공간적 상관성을 이용하여 인체의 외부 경계선을 자동으로 검출하는 시스템을 개발하였다. 낮은 단계의 처리에서는 일반적인 영상 분할 기법을 과정을 통해 영상을 분할하였고 중간 단계의 처리에서는 낮은 단계를 거쳐서 분할된 영상에서 라인 세그먼트를 검출하여 데이터 베이스화 하였다. 높은 단계의 처리에서는 외부경계선을 추정 하기 위해 중간 단계에서 얻은 몇 가지의 측정치를 지식 기반으로 부분적 혹은 전체적으로 결합하는 퍼지 추론 기법이 이용되었다. 2 장에서는 의료영상의 특징과 전체 시스템의 구조에 대해서 3 장에서는 전처리 과정과 형상 추출기법에 관하여 4 장에서는 지식을 기반으로 한 윤곽선 검출에 관하여 언급하였고 5 장에서는 결과를 6 장에서는 마지막으로 결론에 대하여 언급하였다.

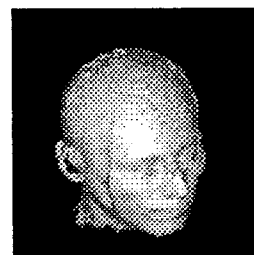
2. 연구 배경

2.1 의료 영상의 특징

CT 나 MR 에서 얻어지는 영상은 신체의 특정 부위를 스캔하여 그 조직의 특성을 나타낸 2차원적 단면도이다. voxel의 집합체를 이루는 3차원적 목적물은 X, Y, Z 공간좌표계로 나타낼 수 있다. k 번째 슬라이스라함은 z축으로 k 번째의 평면을 의미하고 그 평면내의 한 voxel은 (i, j, k)로 정의할 수 있다. 본 논문에서 사용된 영상은 픽셀 공간 512x512 배열 내의 명암도 0 - 255 사이의 그레이 레벨 값의 CT로부터 획득된 환자의 머리 부분의 영상으로 모두 3차원 좌표값을 갖는다. [그림 2-2]는 여러 장의 2차원 CT 영상을 3차원적으로 구성한 그림이다. 입력 영상은 3차원적으로 구성되어 있다.



[그림 2-1] 의료 영상의 3차원적 구조

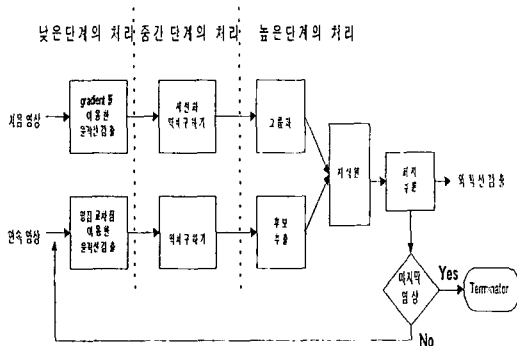


[그림 2-2] 3차원 입력 영상

2.2 형상 인식 시스템의 구성요소

입력은 여러 장의 컴퓨터 단층촬영 영상이고 출력은 방사선 치료 시 유용한 정보인 인체의 외곽선에 대한 정보이다. 낮은 단계의 처리에서는 기준이 되는 영상에 대해서 방향성 있는 미분 필터를 이용하여 엣지를 검출하는 과정과 연

속 영상에서는 영점 교차점을 이용하여 세선화 과정, 그룹화 과정을 거치게 된다. 중간 단계의 처리는 높은 단계의 처리를 위한 전단계로써 의미있는 정보를 데이터베이스화 하는 단계이다. 이 단계에서는 낮은 단계를 통해서 얻은 기준이 되는 영상에 대해 정교하게 처리한 정보를 저장하고 다음 장에 대해 zero-crossing 을 이용하여 얻은 대략 얻은 라인 세그먼트에 대해 레이블하여 높은 단계의 처리를 하기 위한 데이터베이스를 구축한다. 높은 단계의 처리에서는 후보 세그먼트에 대하여 거리에 관한 정보, 그레이 레벨의 분포에 관한 정보등을 이용하여 퍼지 추론을 하고 의미있는 외부 경계선을 만들기 위하여 연결 과정을 거친다. [그림 2-3] 제안된 시스템의 개요도이다.

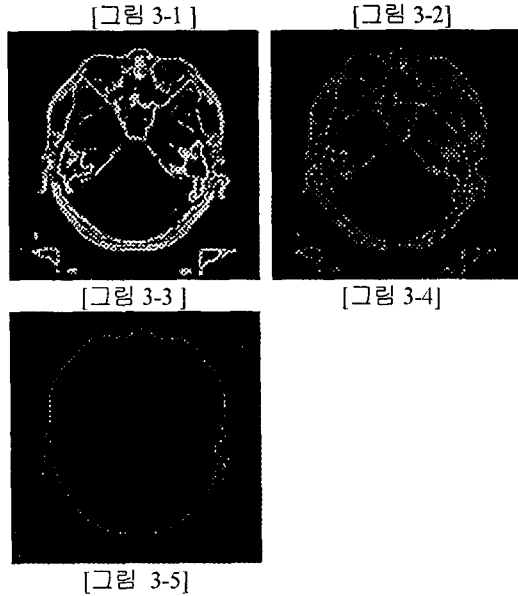
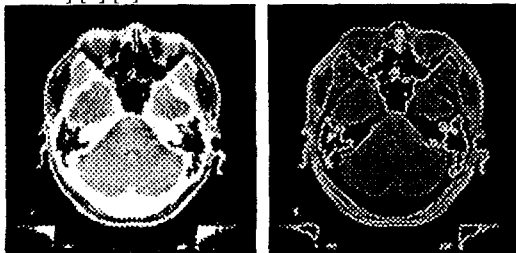


[그림 2-3] 전체 시스템 개요도

3. 전처리 과정과 형상 추출

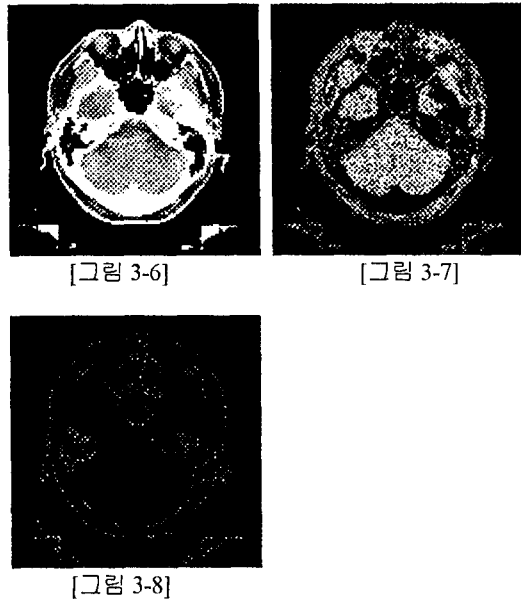
3.1 처음 영상에 대한 윤곽선 추출기법

윤곽선을 검출하기 위하여 처음 영상 [그림 3-1]에는 [4]에서 제안한 6 방향 미분 필터를 이용하여 윤곽선을 검출하였다.[그림 3-2] 물리적으로 명암도의 차이가 큰 부분을 검출하였고 그레이 레벨의 분포를 조사하여 임계값을 주어 이진 영상[그림 3-3]으로 만든 후 세선화 과정을 거쳐 두꺼운 윤곽선에서 중심 골격선만 남기고 나머지는 제거하였다. [그림 3-4] 세선화 과정을 거친 후 외곽선을 추출하기 위해서 출발점으로부터 추적하여 골격선을 하나의 그룹으로 만든 후 그룹 중에 외곽선에 해당하는 그룹을 선택하여 인위적으로 인체와 외부의 경계선을 검출한다. [그림 3-5] [4] [5]



3.2 연속 영상에 대한 윤곽선 추출기법

연속 영상[그림 3-6]에는 Gaussian-Laplacian 연산자를 이용하여 영점교차점을 구하여 윤곽선을 검출한다.[2] [그림 3-7] 지역적 분산을 구하여 불필요한 윤곽선을 제거하고 라인 세그먼트를 추출한다. [그림 3-8] 추출된 라인 세그먼트를 중심점을 기준으로 5도 간격씩 72 개의 영역을 분할한 후 각 영역별로 후보자 라인 세그먼트를 명칭화 과정을 통해서 결정한다. 명칭화 과정은 후보자 라인 세그먼트 특성값에 대한 데이터 베이스를 만들기 위해 선행되는 작업이다.



4. 지식 기반의 외곽선 검출

4.1 지식원

영상의 내부 지식원은 다음 [그림 4-1]과 같이 나타낼 수 있다. 현재는 단면 영상에 대하여 시간적 특성과 공간적 특성으로 나눌 수 있으며 시간적 특성은 연속 되는 영상에서 앞, 뒤 영상 간의 관계에서 얻을 수 있고 공간적 특성은 방향, 거리, 그레이 레벨, 곡률과 같은 특성치이다. 외부 지식원은 지식 데이터를 기반으로 경험과 주관에 따라서 결정한다. 외부 지식원은 다음과 같이 정의할 수 있다.

- 1) 외곽선의 위치는 이전 영상의 외곽선의 위치와 비슷하다:
- 2) 외곽선을 경계로 하여 그레이 레벨의 분포는 이전 영상의 분포와 유사하다.

4.2 퍼지 추론

인간의 애매한 표현 이론적으로 유용한 자료로 만들기 위한 접근 방법이 퍼지 이론이다. 퍼지 집합의 경우는 집합의 각 원소가 집합에 속하거나 속하지 않는 두 가지 중에 하나로 결정되지 않고 각각에 대한 귀속도를 취하는 원소들로 구성된다. 귀속도는 전체 집합에 퍼지 집합이 속하는 정도로 단위 구간 [0,1] 사이의 실수값으로 표현한 값이다. “이 라인 세그먼트는 외곽선이다” 라는 언어적 진리값을 구하는 것이 목적이다. 외곽선은 경계선 라인 세그먼트 후보들의 지식원의 측정치를 조합하여 결정할 수 있다. 퍼지 추론을 위하여 다음과 같은 귀속함수를 각 지식원에 대하여 정의하면 다음과 같다.[1]

- 1) 거리에 대한 지식원에 관한 귀속함수: π_r
 외곽선의 위치는 후보 라인 세그먼트 중 대상 객체와 거리차가 가장 적은 후보일 가능성이 가장 크다는 명제에 대하여 [식 4-1], [식 4-2]에서 구한 값을 [그림 5-2]와 같이 귀속함수를 이용하여 귀속도를 구한다.

$$D_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n |p_{center} - p_k| \quad [식 4-1]$$

D_{ij} : i 번째 객체 내의 j 번째 후보 라인 세그먼트를 구성하고 있는 픽셀들의 중심으로부터 떨어진 거리들의 평균값

$$x_{rj} = |D_i - D_{ij}| \quad [식 4-2]$$

x_{rj} : i 번째 대상 객체의 평균 거리와의 차

- 2) 그레이 레벨에 대한 지식원에 관한 귀속함수: $\pi_{gray} \cdot \pi_{pout}$

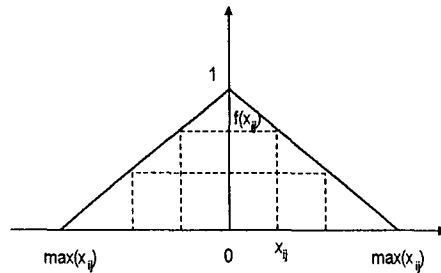
외곽선의 그레이 레벨 분포는 외곽선을 경계로 그레이 레벨의 분포가 유사하다는 명제에 대한 식은 [식 4-3], [식 4-4] 와 같다.

$$G_r = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n G_{ij} \quad [식 4-3]$$

G_{ij} : i 번째 객체 내의 j 번째 후보 라인세그먼트를 구성하고 있는 픽셀들의 그레이 레벨의 평균값

$$x_{g_j} = |G_i - G_{ij}| \quad [식 4-4]$$

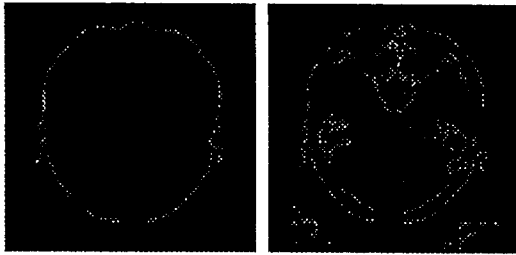
x_{ij} : i 번째 대상 객체의 평균 그레이 레벨의 차 지식원에 귀속도는 [그림 4-1]의 귀속함수를 이용하여 각 후보에 값을 매긴다. 퍼지 추론을 위해서 각 지식원을 조합하여 낮은 단계의 처리에서 얻은 기준 객체와 가장 유사한 후보 라인을 추론한다.



[그림 4-1] 귀속 함수

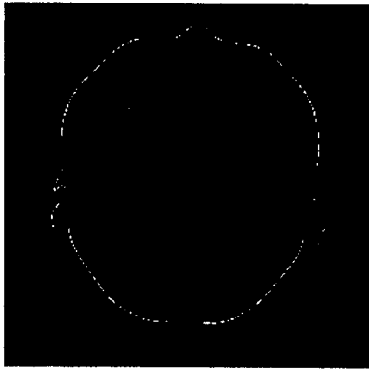
5. 결과

각각 객체에 대하여 후보 라인 세그먼트에 대해 퍼지 추론하여 외곽선 라인을 추출하기 위해 귀속함수를 구한 결과이다. 어떤 지식원을 이용하느냐에 따라 추론의 결과가 달라지는데 본 연구에서는 거리와 그레이 레벨에 대한 지식원을 이용하여 귀속도를 구하여 추론하였다. [그림 5-1]은 처음 영상에 대하여 검출한 외곽선에 대한 결과이고 [그림 5-2]는 연속 영상에 대하여 라인 세그먼트를 추출한 영상이다. 처음 영상에서 추출된 외곽선 정보에 대하여 영상들간의 공간적 상관성을 정량화 한 후 퍼지 추론 기법에 적용하여 연속 영상에서 외곽선을 검출한 결과는 [그림 5-3]이다. 본 연구를 통하여 여러 장의 영상에 대하여 보다 빠르게 인체와 외부의 경계선을 검출할 수 있었다. 본 연구는 window 95 펜티엄 166MHz 환경에서 Visual C++ 5.0을 이용하여 512 × 512 CT 영상에 대하여 실험하였다. 처음 영상에 대해서는 경계선을 검출하는 데는 약 10초가량의 시간이 걸리고 연속 영상에 대해서는 약 5초 가량이 걸리므로 10장의 영상에 대하여 경계선을 검출하는데 약 50초가량의 시간이 걸리는 결과를 얻을 수 있었다.



[그림 5-1]

[그림 5-2]



[그림 5-3] 퍼지 추론을 통해 검출된 외곽선

6. 결론

방사선 치료시 유용한 정보인 인체와 외곽선의 경계선을 연속되는 영상에서 자동으로 검출함으로써 방사선 치료계획장치의 한 모듈에 해당하는 영상처리 모듈을 실험적으로 구현하였다.

참고 문헌

- [1] 서덕영 박사학위 논문집, “ Knowledge-based Boundary Detection System : on MRI cardiac image sequences”, June, 1990
- [2] Rafael C. Gonzalez , Richard E. Woods, “ Digital Image Processing”, Addison Wesley, 1992
- [3] James S. Duncan, “Knowledge Directed Left Ventricular Boundary Detection in Equilibrium Radionuclide Angiocardigraphy”, IEEE Tran. On Medical Imagings, Vol.MI-6, No. 4, December, 1987
- [4] Ramakant Nevatia, K. Ramesh Babu, “Linear Feature Extraction and Description”, Computer Graphics and Image Processing, vol. 13. Pp257-269, 1980
- [5] 김승기, “ 영상인식”, 생능출판사, 1993