

복부 MRI 영상에서의 인페인팅 기법을 활용한 간 혈관 검출 방법

Liver Vessel Extraction based on In-painting Method in Abdominal MRI Images

은 성 증, 황보 태근*)
경원대학교 IT대학

Sung-Jong Eun, Taeg-Keun Whangbo
College of Software, Kyungwon Univ.

요약

복부 MRI 영상에서 간의 인식은 간에 존재하는 질병을 파악하는 것뿐만 아니라 간에 대한 치료 방법이나 수술 방법을 결정하는 중요한 정보를 제공한다. 따라서 본 논문은 복부 MRI 영상에서 이러한 간 영역과 간의 혈관을 자동으로 검출하는 알고리즘을 제안한다. 제안 알고리즘은 1단계로 Region Growing의 개선된 방법으로 초기 설정된 간 영역의 외곽선 정보를 이용하여 씨앗점을 설정해 간 영역을 초기 분할한다. 2단계로 분할된 영역 경계선의 지역적 최소값을 이용하여 경계선의 보정 작업을 수행한다. 이후 3단계로 추출된 간 영역을 기반으로 영상 개선 후, 인페인팅(In-painting) 기법을 활용하여 간 영역 내부의 혈관 부분을 검출하게 된다. 제안 알고리즘의 평가는 전문의의 수작업 결과와 비교하였고, 결과 82.5%의 평균 정확도를 보여 제안 알고리즘의 효과적인 간 혈관 검출을 확인하였다. 향후 본 연구의 확장으로 검출된 혈관 영역의 3D Volume Rendering 연구를 수행할 예정이다.

I. 서론

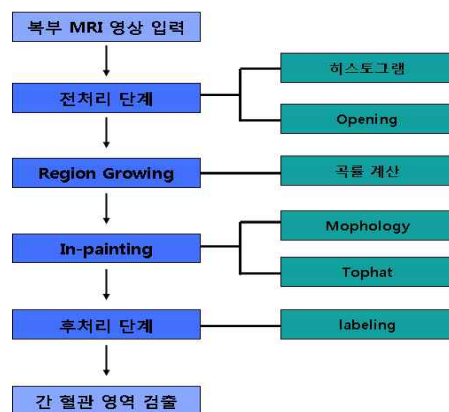
자기 공명 영상 (MRI : Magnetic Resonance Image) 은 단층 사진 (CT : Computerized Tomography), 양전자 방사 단층 사진 (PET : Positron Emission Tomography), 초음파 (US : Ultrasound) 등과 같은 의학 영상 장치의 출현과 함께 객체 모델링, 디스플레이 방법들을 통해 의학적 형태와 구조, 실제 객체와 다른 특성들을 추출하는데 사용되고 있다[1]. 이러한 MRI 영상을 통해 얻어진 인체 내부의 단면 정보를 이용하여 특정 장기의 분리와 같은 의료영상 처리기술은 치료나 수술을 위한 계획이나 방법 등을 결정하는데 매우 중요한 역할을 한다. 복부 영상에서 간의 인식은 간에 존재하는 질병을 파악하는 것뿐만 아니라 간에 대한 치료 방법이나 수술 방법을 결정하는 중요한 정보를 제공한다.

기존의 간 영역 검출 방법은 장기를 구성하는 명암값으로 임계치를 부여하여 추출하는 방법, 히스토그램 분석과 모델 기반 외곽선 추출 방법, Co-occurrence Matrix를 이용한 추출 방법, Template Matching, Region Growing[2], 모폴로지컬 특성에 기반한 분할 방법 등이 제시되었다. 이러한 간 영역 검출 방법들 중 일반적으로 씨앗점의 설정으로 분할 영역이 결정되는 Region Growing 방법이 의료 영상 분야에서는 널리 쓰이고 있다. 본 논문은 이러한 Region Growing 방법의 씨앗점 설정을 달리하여 간 영역에 대한 검출 작업 후, 인페인팅(In-painting)[3] 기법을 활용하여 간의 혈관

검출을 하고자 한다.

II. 인페인팅 기법을 활용한 간 혈관 검출 방법

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 다음 그림 1과 같이 구성된다.



▶▶ 그림 1. 본 논문의 제안 알고리즘

2.1 Region Growing 방법을 이용한 간 영역 검출

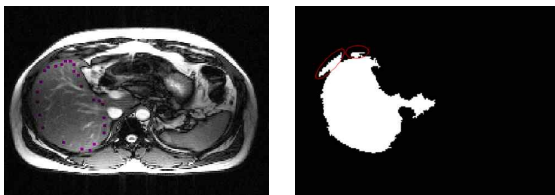
우선 그레이 입력영상에서 가우시안 필터를 통하여 잡음 제거를 수행하고 히스토그램 분포를 이용한 초기 간 영역 검출을 수행한다. 원본 입력 영상의 비균일한 밝기 값 분포를 고려하여 Gray level 50~170 정도를 갖는 밝기 값 분포를 이용하여 초기 간 영역의 분할을 수행한다. 이후, 간 영역 검출을 위해 Opening 연산을 통하여 초

1) 경원대학교 IT대학 교수 tkwhangbo@kyungwon.ac.kr (교신저자)

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2011-C6150-1101-0001)

기 간 영역을 검출하고 검출된 영역의 코너를 통해 씨앗 점을 설정한다. 이후 설정된 씨앗점을 기준으로 Region Growing 방법을 적용하여 간 영역을 검출한다. 해당 코너를 검출하는 방법은 인접한 픽셀의 기울기 차와 유클리디안 거리 값을 이용하여 곡률을 계산해 추출하였다. 해당 곡률값의 추출 임계치는 평균 곡률값으로 하여 검출하였다. 다음 식 1은 곡률 계산 방법을 나타내는 것으로 g 는 기울기 값을 말하고, d 는 유클리디안 거리를 나타내고, 그림 2는 곡률 계산을 통한 씨앗점 결과와 검출 결과를 나타낸다.

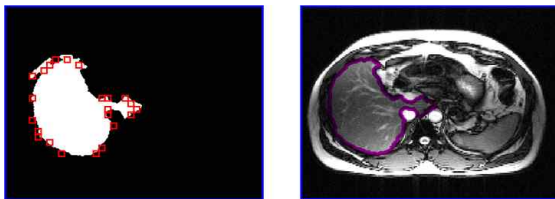
$$\begin{aligned}
 Curvature(N) &= (g(N+1) - g(N-1))^2 / d((N+1) - (N-1)) \\
 &+ (g(N+2) - g(N-2))^2 / d((N+2) - (N-2)) \\
 &+ (g(N+3) - g(N-3))^2 / d((N+3) - (N-3)) \\
 &+ (g(N+4) - g(N-4))^2 / d((N+4) - (N-4))
 \end{aligned} \tag{1}$$



▶▶ 그림 2. 곡률 씨앗점(左)과 검출 결과(右)

2.2 지역적 최소값을 이용한 경계선 보정

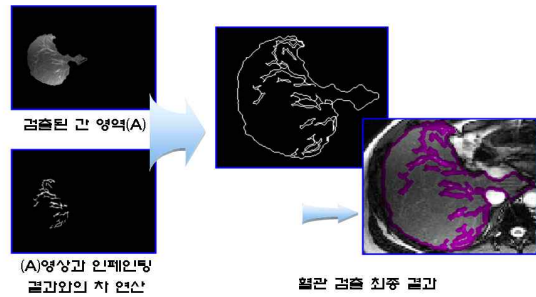
작업 결과 대체적으로 간 영역에 해당되는 부분은 검출이 되었다. 다만 위 그림의 빨간 타원 부분의 경우 부적절한 결과가 검출된 것을 알 수 있다. 이를 위해 초기 검출된 경계선 근처의 지역적 최소값을 검출하여 검출 경계선의 보정작업을 수행한다. 보정에 필요한 최소한의 지역적 최소값 검출을 위해 K-mean 군집화를 통한 해당 군집의 중심 최소값을 보정에 사용하였다. 다음 그림 3은 후처리 결과(왼쪽)와 원본 영상과의 오버레이 결과(오른쪽)이다.



▶▶ 그림 3. 지역적 최소값 위치(左)와 보정결과(右)

2.3 인페인팅 기법을 활용한 간 혈관 검출 방법

해당 혈관을 검출하기 위해서 본 단계에서는 크게 3가지 단계로 나누어 처리하였다. 첫 번째로, 영상 개선을 위해 Tophat 연산과 Bottomhat 연산을 이용한 컨트라스트 개선 작업, 두 번째로 개선작업으로 인해 생긴 임펄스 잡음을 제거하기 위해 미디언 필터(Median filter)를 적용하고 Tophat 연산을 통해 혈관의 초기 영역을 검출하는 작업, 세 번째로, 정확한 혈관 검출을 위해 인페인팅 기법을 활용하여 정확한 혈관 영역의 검출을 수행한다. Tophat 영역을 통해 인페인팅 기본 마스크로 사용되고, 인페인팅 적용 결과와 적용 전 영상의 차 연산을 통하여 혈관 영역을 검출한다. 이후 돌출화소의 제거 및 레이블링 작업을 통한 후처리 작업을 수행하여 최적의 혈관 영역을 검출하고자 하였다.



▶▶ 그림 4. 최종 검출 결과

III. 실험

본 논문에서 제안한 알고리즘을 평가하기 위해 각 복부MRI 영상들의 전문의 수작업 평가와 비교하였다. 평가 기준은 총 30장의 복부 MRI 영상의 전문의 수작업 결과를 이용하였으며, 추출한 간, 혈관 영역과 전문의 결과의 비교를 통해 추출된 면적을 성능 비율로 계산하였다. 입력된 복부 MRI 영상의 간 혈관 영역 추출 성공률은 다음 표1과 같다.

표 1. 간 영역 추출 정확도

구분	성공	실패
영상 수	25	5
평균 정확도	82.5%	69.2%

IV. 결론 및 향후 연구

본 논문은 복부MRI 영상에서의 간의 혈관 영역을 검출하기 위하여 인페인팅 기법을 활용하였다. Region Growing 적용시 씨앗점의 설정으로 초기 검출된 간 영역을 이용한 부분이 간 영역 검출 정확도 향상에 크게 기여하였으며, 인페인팅 기법을 통해 복잡한 혈관 영역의 검출 성공률을 높이는데 성공하였다. 성능 평가 결과 30장의 복부 MRI 영상에서 25장의 성공으로 82.5%의 정확도를 보였다. 추가로 제안 알고리즘의 확장 영역으로, 해당 영상을 이용한 볼륨 렌더링(Volume Rendering)을 통하여 3차원 영역 확장 방법을 연구할 계획이다.

■ 참고 문헌 ■

[1] Lih-Shyang Chen and Marc R. Sontag, "Representation, Display, Manipulation of 3D Digital Scene and Their Medical Application," Computer Graphics and Image Processing 48, pp.190-216, 1992

[2] Robert M. Haralick and Linda G. Shapiro, "Image Segmentation Techniques," Computer Vision, Graphics and Image Processing, Vol.29, pp.100-132, 1985

[3] M. Elad a., J.-L. Starck b, P. Querreb, D.L. Donoho, Simultaneous cartoon and texture image inpainting using morphological component analysis (MCA), Appl. Comput. Harmon. Anal. Vol.19, pp.340-358, 2005