

MDCT 영상에서 간의 추출

서정주*, 류강민, 양비, 박종원

충남대학교 정보통신공학과

jjseo@civic.cnu.ac.kr*, gmryu@crow.cnu.ac.kr, fei_ya8421@hotmail.com,

jwpark@crow.chungnam.ac.kr

Segmentation of Liver on MDCT Image

Jeongjoo Seo*, Gangmin Ryu, Yang Fei, Jongwon Park

The Dept. of Information and Communication Engineering at Chungnam National University

요 약

제안된 연구에서는 기존의 일반 CT(Computerized tomography) 영상이 아닌 MDCT(Multi Detector CT) 영상을 이용하여 장기 추출에 관한 연구를 진행하였다. 조영제를 이용한 복부 MDCT 영상으로부터 모폴로지(morphology) 기법을 통해 간에 근접한 노이즈를 제거하고, 기존의 Otsu threshold를 개선하여 간의 영암값 분포를 구분할 수 있는 임계치를 구하였다. 찾아진 임계치를 이용하여 영상을 이진화하고, 최종적으로 위치정보를 이용하여 간에 해당하는 부분들을 추출하였다. 이러한 방식은 영암값과 위치정보를 이용하여 간을 추출한 후 다시 노이즈 문제를 해결하는 기존의 알고리즘과 비교했을 때, 처리 방식이 단순해지고 속도가 향상되었다. 추출된 간은 간 이식술이나 절제술에 필요한 간 내부의 혈관 인식과 간의 부분체적 계산 연구에 중요한 정보로 사용될 수 있을 것이다.

1. 서론

일반적으로 의학영상을 처리하는 프로그램은 보이는 상태의 단순한 재구성뿐만 아니라, 해당 영상이 갖고 있는 의미를 해석하는 경우까지도 포함한다.

복부 영상에서 간의 인식은 간에 존재하는 질병을 파악하는 것뿐만 아니라 간에 대한 치료 방법이나 수술 방법을 결정하는 중요한 정보를 제공한다. 간에 대한 수술은 질병으로 간의 일부분을 제거해야 하는 경우도 있고, 간을 이식해야 하는 경우도 있다. 이런 경우에 필요한 것이 간의 체적을 구하는 일이다. 간 이식술에서는 부분체적을 구하기 위하여 혈관의 인식도 필요할 수 있는데, 이러한 혈관인식이나 체적계산에 있어서 반드시 선행되어야 하는 간 추출은 간과 관련된 영상의 처리에 있어서 필수적인 작업이라고 할 수 있을 것이다.

현재까지는 일반 CT의 사용이 많았고, CT 영상을 사용한 장기 인식 프로그램[1]이 주를 이루었다. 최근에는 MDCT 영상의 고해상도와 3D 접근이 간단하다는 특징 때문에 MDCT의 사용이 늘고 있는 추세이다. MDCT 영상 자체가 갖고 있는 이러한 기술적 장점들과 더불어 영상처리 프로그램의 개선이 이루어진다면, 빠르고 정확한 진단에 도움이 될 수 있을은 물론, 의료인들의 필요에 보다 부합하는 판단의 근거를 제시할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 MDCT 영상을 이용하여 morphology 기법[2][3]과 Otsu threshold[4]를 활용하여 보다 간단하고 빠르게 간을 자동 추출하는 방법을 제시하고자 한다.

2.1 Morphology를 이용한 노이즈 제거

간에 근접하여 존재하는 노이즈들을 제거하고 간을 다른 장기와 구분하기 위하여, 원 영상에 기본 3x3 structure element를 이용하여 erosion과 dilation을 실행하는 morphology[2][3] 기법을 이용하였다.

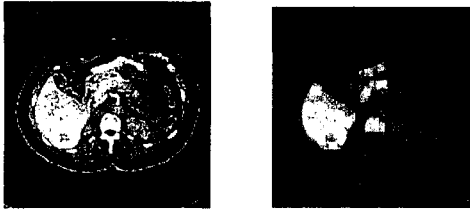
Image I의 한 화소 p에 대한 화소값을 p 라고 하고, 한 화소 p에 structure element를 적용하여 얻어진 이웃하는 영역을 $N_{SE}(p)$ 라고 한다. 이 경우 다음 식(1)과 같은 erosion을 화소 p에 실행한다.

$$Erosion_{SE}(p) = \{ \wedge value(p') | p' \in \{p\} \cup N_{SE}(p) \} \quad (1)$$

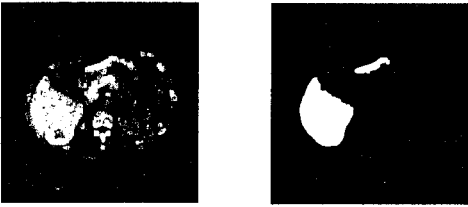
Erosion을 8회 반복 실행하여 크기가 작은 다른 장기나 조직들과 노이즈를 대부분 제거할 수 있었다. 그러나, 다음 그림 1의 (b)에서 알 수 있듯이 많은 횡수의 erosion으로 인해 간의 경계선이 손상되어 있어, 동일한 수의 dilation을 실행하더라도 간의 경계선을 정확히 복원할 수 없었다. 다음 그림 1의 (c)와 같이 Erosion을 4회 실행한 영상은 간의 경계선 형태가 보다 선명하고 간과 근접한 다른 조직들도 충분히 구분되었으므로, Erosion을 4회 실행한 영상에 erosion을 8회 반복 실행시킨 결과를 적용시켜 두 영상에 공통적으로 남아있는 부분들만을 선택한 후, 다음 식(2)와 같이 dilation을 4회 반복 실행하여 원 상태의 간을 회복할 수 있었다.

$$Dilation_{SE}(p) = \{ \vee value(p') | p' \in \{p\} \cup N_{SE}(p) \} \quad (2)$$

2. 간의 추출



(a) (b)



(c) (d)

그림 1 morphology 연산 처리 결과 (a)원 영상 (b)8회 erosion 실행 후 dilation으로 복원한 결과 (c)4회 erosion 실행 후 dilation으로 복원한 결과 (d)8회 erosion과 4회 erosion에서 공통부분 처리 후 위치정보에 의하여 얻어진 이진 영상

2.2 개선된 Otsu threshold를 이용한 영상의 이진화

morphology 기법을 통해 얻은 영상으로부터 다른 장기들을 추가적으로 제거하고 간의 경계선을 명확하게 결정하기 위하여, Otsu threshold[4]를 이용하였다. 전형적인 Otsu threshold[4] 방식은 단순하게 배경과 장기들을 구분하므로 원하는 장기만 추출하기 위해서는 임계치를 조정해야만 했다. 간에 해당하는 명암값을 구분할 수 있도록 Otsu threshold[4]에서 찾아지는 값들을 변형시켜 임계치를 결정하고 이진화 영상을 표현하였다. 추출하고자 하는 장기의 화소값들의 비율을 W_0 , 평균 명암값을 U_0 라 하고, 배경의 화소값들의 비율을 W_1 , 평균 명암값을 U_1 이라고 할 때, 영상의 평균 명암값은

$$U = W_0 * U_0 + W_1 * U_1 \quad (3)$$

가 된다. 영상 전체의 평균 화소값을 U , 배경과 장기를 구분하기 위한 화소값의 임계치를 t 라고 했을 때, Otsu threshold[4]는 제곱 편차의 정의로부터 식(3)을 이용한 다음 식(4)를 제안하고, 영상의 최소 명암값부터 최대 명암값까지의 범위 내에서 G 값을 최대로 만드는 최적의 임계치가 된다고 가정한다. 이러한 임계치로 배경과 원하는 장기를 구분하였다.

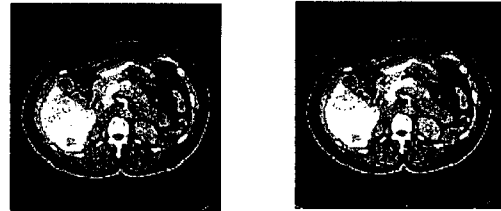
$$G = W_0 * (U_0 - U)^2 + W_1 * (U_1 - U)^2 \quad (4)$$

본 연구에서 이와 같은 Otsu threshold[4]로는 다음 그림

2의 (a)와 같이 만족스러운 결과를 얻을 수 없었기 때문에, 기존의 Otsu threshold[4] 기법을 이용하여 본 연구에 적합한 임계치를 구하고 결과를 개선하고자 하였다. 제곱 편차는 명암값의 분포를 영역별로 고르게 하여 그 값이 높아질수록 배경과 명암값이 높은 간의 구분이 확실해지므로, 화소들의 명암 차이를 강화시키기 위하여 영상의 모든 화소값에 같은 비율의 계수를 곱하였다. 영상의 모든 화소에 계수로 30, 50, 80, 100을 각각 곱하여 Otsu threshold[4] 기법으로 처리해 본 결과 각각의 경우에 대하여 다음 그림 2의 (b), (c), (d), (e)와 같은 결과를 얻었다.



(a) (b)



(c) (d)



(e)

그림 2 화소의 명암값 변화에 의한 결과 (a)1배의 명암값으로 찾아진 결과 (b)30배의 명암값으로 찾아진 결과 (c)50배의 명암값으로 찾아진 결과 (d)80배의 명암값으로 찾아진 결과 (e)100배의 명암값으로 찾아진 결과

적용한 영상에 따라 결과도 다양하게 나타났으나, 일반적으로 계수가 100일때 최적의 상태에 접근하는 임계치를 찾을 수 있었다. 이러한 배열 하에서 얻은 임계치는 그림 2의 (e) 결과처럼 비교적 정확하게 간을 추출할 수 있었다. 이러한 임계치를 기준으로 다시 영상의 본래 화소값에 맞는 더욱 정확한 임계치를 찾아 모든 영상에 적용한 결과 간의추출이 가능했다.

x좌표값이 i , y좌표값이 j 인 영상 I 의 한 화소를 $I(i,j)$ 라고 할 때, 위와 같은 과정을 통해 찾은 임계치 t 를 이용하여 다

음 식(5)와 같은 방법으로 영상을 이진화 하였다.

$$I(i,j) = \begin{cases} 255 & \text{when } I(i,j) \geq t \\ 0 & \text{when } I(i,j) < t \end{cases} \quad (5)$$

2.3 간의 위치정보 처리

이진화 된 영상으로부터 최종적인 간을 추출하기 위하여 위치정보를 이용하였다. 복부 단층촬영 영상에서 위치 정보를 이용하여 간을 추출하는 방법[1]은 이미 알려져 있다.

기존의 위치 정보를 이용하는 알고리즘[1]은 모든 장기가 존재하는 영상에 대한 처리이므로 위치탐색좌표를 설정하고 8 방향 탐색을 진행시키는 방법으로 위치 정보에 적합한 원하는 장기에 접근하여 판단하는 방법이었다.

본 연구에서는 이미 간에 대한 정보를 충분히 확보한 영상이므로 간단하게 위치정보를 이용하여 간에 해당되는 부분들을 판단하는 방법으로 진행하였다. 이러한 처리과정은 좌엽의 작은 조각을 추출하고 정확한 간 추출을 위한 간의 위치 확인 과정이 되었다. 다음 그림 4에서는 간 추출 결과를 보인다.

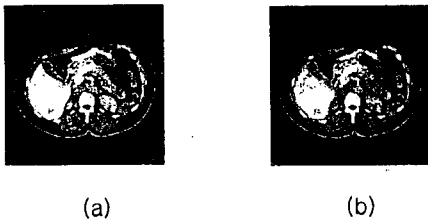


그림 4 위치정보를 처리한 결과(a)원 영상 (b)간 추출 결과

3. 처리결과

복부 MDCT 영상에서 morphology 기법과 명암값과 위치 정보를 이용하여 간을 추출하였다. 그 결과는 다음 그림 5에서 보여준다. 다음 그림 5의 (a)는 조영제를 투여한 원 복부 MDCT 영상이다. (b)는 원 영상에 대하여 Otsu threshold[4]를 이용하여 간을 추출하기 위해 찾아진 임계치를 적용한 이진 영상이다. 간에 대한 추출이 가능한 임계치를 사용하고 있는 것을 확인할 수 있었다. (c)는 morphology 연산을 적용시킨 후 간 주변의 노이즈가 제거된 상태에서 찾아진 임계치와 위치 정보를 이용하여 이진화 한 영상이다. 이 결과는 추출하고자 하는 간의 결과이기도 한 동시에 원 영상에서 (d)와 같은 간의 경계선을 표현하는 자료로 사용되었다.



(c) (d)

그림 5 간 추출과정에서 보여지는 결과 영상들 (a)원 영상 (b)개선된 Otsu threshold로 처리한 이진화 영상 (c)Morphology 연산 처리 후 개선된 Otsu threshold로 처리한 이진화 영상 (d)추출된 간의 경계선을 표현한 영상

4. 결론 및 향후 연구 방향

Morphological 접근방법에 기초하여 개선된 Otsu threshold를 제안함으로써 간단하고 빠르게 간을 추출할 수 있었다.

기존의 간 추출 프로그램[1]은 간에 접근하기 위하여 피하지방층과 근육, 근육층을 제거하는 전 처리 과정이 필요했지만, 제안된 연구에서는 morphology 기법을 이용하여 이러한 과정 없이 간에 직접적으로 접근할 수 있었다. 기존의 방법[1]에서는 간을 추출한 후에도 간의 경계선을 처리하기 위하여 간 내부의 흠을 채우는 과정이 추가적으로 필요하였으나, 제안한 알고리즘에서는 간을 구분하기 위하여 morphology 기법을 사용하면서 이러한 과정이 불필요하게 되었다.

MDCT 영상은 고해상도이므로 채우기에 의한 처리[1]는 사람마다 다양한 형태로 존재하는 흠의 파악에 좋지 않은 결과가 나타날 수 있었다.

본 연구에서도 간에 붙어 있어 식별이 불가능한 노이즈들은 완전하게 제거할 수 없었다.

향후 연구 과제로는 추출된 간에 관련된 사항이 될 것이다. 사람들마다 간의 모양이나 크기, 그리고 간 내부의 혈관모양이 상이하므로, 간 이식술이나 간 절제술에 사용될 수 있는 혈관 인식이나 부분 체적 계산을 포함하는 자동화 시스템이 간에 대한 진단과 수술 전에 필요한 정보 획득의 효과적인 수단이 될 수 있을 것이다.

참고문헌

[1]유승화, 성운창, 조준식, 노승무, 신경숙, 박종원, "명암값 분포를 이용한 자동화된 간과 비장의 정교한 추출," 정보과학회논문지:시스템 및 이론, 제28권, 제 1호, p20-32, 2001.2
 [2]James R. Parker, *Algorithms for Image Processing and Computer Vision*, John Wiley & Sons, New York, 1997
 [3]Howard E. Burdick, *Digital Imaging Theory and Applications*, McGraw-Hill, New York, 1997
 [4]劉健庄, 栗文青, "灰度圖像的二維 Otsu 自動化分割方法[J]," 自動化學報, 1993, 19 (1) p101~105