

Fuzzy Stretching 기법과 Monotone Cubic Spline 보간법을 이용한 초음파 영상에서 간과 신장 영역 분석

이대우*, 이민정*, 홍동진**, 김광백*

*신라대학교 컴퓨터공학과

**부산대학교 컴퓨터공학과

Analysis of Kidney and Liver from Ultrasonography Images by Using Fuzzy Stretching and Monotone Cubic Spline

Dae-Woo Lee*, Min-Jung Lee*, Dong-Jin Hong**, Kwang Baek Kim*

*Dept. of Computer Engineering, Silla University

**Dept. of Computer Engineering, Pusan National University

e-mail: eodn753@nate.com, min_jung49640@naver.com, sstarforharmony@gmail.com,

gbkim@silla.ac.kr

요 약

초음파 검사를 이용한 지방간의 등급을 분류하는 진단 결과는 검사자의 주관적 판단으로 시행하므로 검사자 간의 불일치가 발생하여 초음파 검사의 진단 결과에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 본 논문에서는 환자와 검사자에게 지방간 등급을 보다 정확하게 진단하기 위한 진단계로서 초음파 영상에서 간과 신장 영역을 추출하는 방법을 제안한다.

제안된 방법을 다양한 초음파 영상에 적용한 결과, 간과 신장 영역이 비교적 정확히 추출되는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 제안된 방법이 초음파 영상에서 지방간을 분석하는데 적용할 수 있다.

Keyword

지방간, 초음파 영상, 간, 신장, 지방

I. 서 론

지방간의 진단은 초음파(Ultrasonography), 컴퓨터 단층 촬영(Computed Tomography, CT), 자기 공명 영상(Magnetic Resonance Imaging, MRI)같은 영상으로 진단을 한다. 지방간 진단에 있어 초음파의 민감도는 82~89%, 특이도는 93%이다. 컴퓨터 단층 촬영은 초음파보다 민감도가 낮으며 더 많은 비용이 든다[1].

그러나 이러한 진단방법(초음파, CT, MRI)으로는 지방증과 지방간염을 감별할 수 없으며, 가장 정확한 검사방법은 간 조직을 검사하는 것이다[2]. 하지만 간 조직 검사는 지방간을 확진하는 가장 좋은 방법이지만 단순히 지방간 진단을 위해 간 조직 검사를 하지 않는다[3,4]. 이러한 이유로 지방간 경과를 평가하기 위해 정확한 간 조직 생체검사가 필요하지만, 대부분 임상 경험에 의존하여 검사한다[5]. 초음파 검사는 검사자의 임상 경험을 바탕으로 주관적으로 판단하기 때문에 검사자 간의 불일치가 발생할 뿐만 아니라 초음파 검사 결과에 대해 오진을 범할

수 있다.

따라서 본 논문에서는 검사자가 지방간 등급을 객관적이고 정확하게 진단하기 위한 진단계로서 초음파 영상에서 간과 신장 영역을 추출하는 방법을 제안한다.

II. 간과 신장 영역 추출

그림 1과 같이 간과 신장을 촬영한 초음파 영상에서 신장 영역은 대체로 명암도가 낮으며 타원형의 특징을 지니고 있으며 신장의 내부에는 다양한 형태의 지방이 존재한다. 신장 내부 영역에 존재하는 지방은 명암도가 높게 나타나는 특징이 있다. 그리고 신장을 기준으로 대각선 상단에는 간 영역이 존재하며, 간과 신장의 경계에는 대체적으로 높은 명암도의 경계막이 존재한다. 또한 간 영역의 상단에는 복부 근육과 근막이 존재한다. 간과 신장 영역을 분리하기 위해서는 간과 신장의 경계막과 신장 내부에 존재하는 지방 영역을 추출한 후에 신장의 경계막

을 기준으로 왼쪽에서는 간 영역의 측정 범위를 설정하고 오른쪽에서는 신장 영역의 측정 범위를 설정한다.

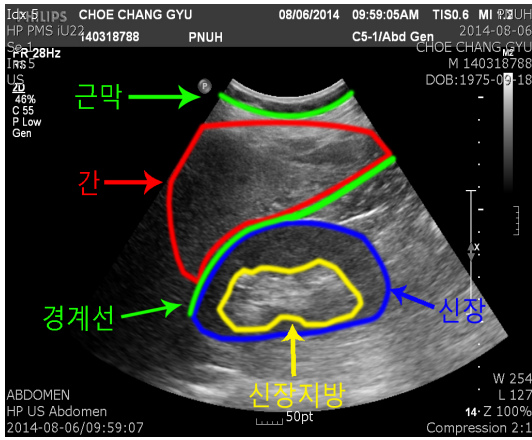


그림 1. 초음파 영상

기존의 방법[6]은 각각의 초음파 영상에서 간과 신장이 함께 존재하는 초음파 영상으로 지방간을 분석하였다. 그러나 기존의 방법은 신장 내부의 지방과 간 영역의 지방이 일부 손실되어 지방간 등급을 분류하는데 정확성이 낮아지는 문제점이 발생하였다. 따라서 본 논문에서는 주관적인 판단을 최소화하고 기존의 방법보다 정확한 지방간을 분석하기 위한 전단계로 간과 신장 영역을 추출하는 방법을 제안한다. 그림 2는 초음파 영상에서 간과 신장 영역을 추출하는 과정을 나타낸 순서도이다.

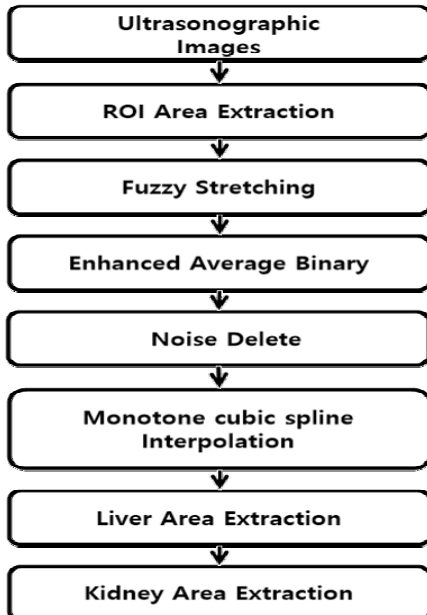
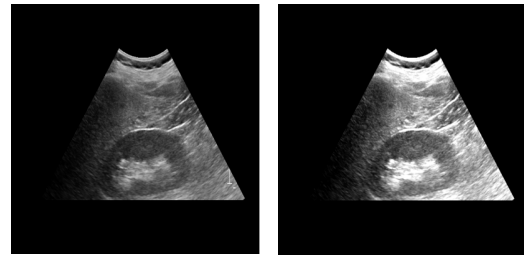


그림 2. 간과 신장 영역 추출 과정

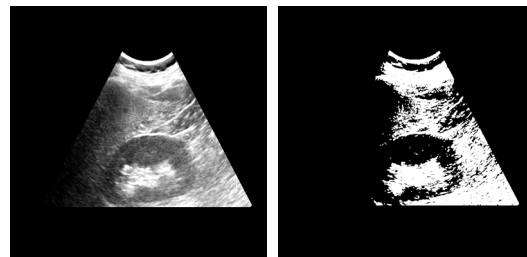
간과 신장을 촬영한 초음파 영상에서 영상 정보와 눈금자 영역을 제외한 ROI(Region of Interest) 영역을 추출한다. 추출된 ROI 영역에 명암 대비를 강조하기 위해 Fuzzy Stretching 기법을 적용한다. Fuzzy Stretching된 영상에서 간과 신장 영역을 부각시키기 위해서 Sharpening 기법을 적용한 후, 0보다 큰 픽셀들을 대상으로 평균 이진화 기법을 적용한다. 이진화가 적용된 ROI 영역에서 Edge Tracking 기법을 통해 Labeling 하여 잡음을 제거한 후, Monotone Cubic Spline 보간법을 이용하여 간과 신장 영역의 경계선을 추출한다. 추출된 경계선의 왼쪽 영역에서 Edge Tracking 기법을 적용하여 근막을 추출하여 이 근막 정보를 이용하여 간 영역을 추출하고 경계선의 오른쪽 영역에서도 Edge Tracking 기법을 적용하여 신장 내부의 지방 영역을 추출한다. 추출된 신장 내부의 지방 영역의 중심점을 구하고 중심점을 기준으로 타원형의 신장 영역을 추출한다.

그림 3(a)은 추출한 ROI(Region Of Interest) 영역이며 그림 3(b)은 Fuzzy Stretching 기법을 적용하여 명암대비가 강조된 ROI 영역이다.



(a) ROI 영역 (b) Fuzzy Stretching
그림 3. Fuzzy Stretching된 ROI의 결과

그림 4(a)는 Fuzzy Stretching이 적용된 영상이고 그림 4(b)는 Sharpening 기법이 적용된 ROI 영역을 이진화한 결과이다.



(a) Fuzzy Stretching 결과 (b) 이진화 결과
그림 4. ROI 영역 이진화 결과

추출된 신장 내부의 지방 영역에서 중심점을 구한다. 구해진 중심점을 기준으로 타원을 그려 신장 내부의 지방 영역이 포함된 신장 영역을

추출한다[7]. 타원의 방정식은 식 (1)과 같다.

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (1)$$

식(1)에서 a는 수평 반지름이고 b는 수직 반지름이다. 식 (1)을 이용하여 제 1 사분면에서 타원을 지나는 임의의 점 (x_a, y_a) 는 식 (2)와 같다.

$$x_a = \frac{a^2}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$

$$y_a = \frac{b^2}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (2)$$

현재점 (x_a, y_a) 에서 가능한 다음 점은 $(x_a + 1, y_a)$ 또는 $(x_a + 1, y_a - 1)$ 이다. 따라서 다음 점을 결정하기 위한 판별식 D는 $F(x_a + 1, y_a - 1/2)$ 은 식 (3)과 같다.

$$F(x_a + 1, y_a - 1/2)$$

$$= b^2(x_a + 1)^2 + a^2(y_a - \frac{1}{2})^2 - a^2b^2 \quad (3)$$

D에 따라 타원의 내부와 외부로 결정한다. D의 조건은 식 (4)와 같다.

$$D < 0 \text{ 이면 } (x_a + 1, y_a)$$

$$D > 0 \text{ 이면 } (x_a + 1, y_a - 1) \quad (4)$$

현재 좌표의 판별식은 D_1 이고 다음 좌표에 대한 판별식은 D_2 이다. 따라서 판별식 D_2 는 D_1 에 따라 달라지므로 판별식을 갱신할 수 있다. D_2 는 식 (5)와 같다.

$$D_1 < 0 \text{ 일 때}$$

$$D_2 = F(x+2, y)$$

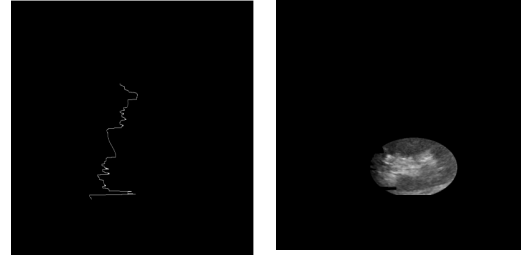
$$= d_1 + 2b^2(x+1) + 1$$

$$D_1 > 0 \text{ 일 때}$$

$$D_2 = F(x+2, y-3/2)$$

$$= d_1 + b^2(2x+3) - 2a^2(y-1) \quad (5)$$

식 (5)를 적용하여 구해진 제 1사분면의 점들을 통해 대칭성을 이용하여 그림 5(a)는 Monotone Cubic Spline 보간법이 적용된 ROI 영역이고, 그림 5(b)는 같이 신장 내부의 지방이 포함된 신장 영역을 추출한다.



(a)Cubic Spline 보간법 결과 (b)신장 영역 추출
그림 5 .Monotone cubic spline 보간법을 이용한 신장 영역 추출 결과

III. 실험 및 결과 분석

본 논문에서는 초음파 영상에서 지방간을 분석하기 위한 전단계로 간과 신장 영역을 추출하는 제안된 방법을 Pentium(R) Dual-Core CPU T4200 2.00GB RAM이 장착된 PC 상에서 Visual Studio 2010으로 구현하였으며, 1024X768 크기를 가진 각기 다른 Normal Level, Mild Level, Moderate Level 환자의 초음파 영상을 대상으로 실험하였다.

그림 6(a)은 Mild Level 초음파 영상이며, 그림 6(b)는 Mild level 초음파 영상에서 간 영역을 추출한 결과이며, 그림 6(c)는 Mild level 초음파 영상에서 신장 영역을 추출한 결과이다.



(a) 원본 영상



(b) 간 영역 추출



(c) 신장 영역 추출

그림 6. Mild Level 결과 영상

IV. 결론

본 논문에서는 환자와 검사자에게 지방간 등급을 보다 정확하게 진단하기 위한 진단계로서 초음파 영상에서 간과 신장 영역을 추출하는 방법을 제안하였다.

지방간 초음파 영상에서 촬영 정보나 눈금자 등과 같이 필요 없는 부분을 잡음으로 제거하고 ROI 영역을 추출하였다. 추출된 ROI 영역에서 명암대비를 강조하기 위해 Fuzzy Stretching 기법을 적용하였다. Fuzzy Stretching 기법이 적용된 ROI 영역에서 간과 신장 영역을 부각시키기 위하여 Sharpening 기법을 적용하였다. Sharpening 기법이 적용된 영상에서 Edge Tracking 기법을 적용하여 신장 내부의 지방 영역을 추출하였다. 그리고 간 영역과 신장 영역을 구분하기 위해 추출된 신장 내부의 지방 영역을 기반으로 Fuzzy Stretching 기법이 적용된 ROI 영역에서 Monotone Cubic Spline 보간법을 적용하여 간과 신장을 구분하는 경계선을 검출하였다. 검출된 간과 신장 사이의 경계선을 기준으로 경계선의 왼쪽에 위치한 영역에서 간 영역을 추출하였고 오른쪽에 영역에서 신장 영역을 추출하였다.

향후 연구 과제는 추출된 간과 신장 영역을 이용하여 지방간 농도 수치를 분석하여 지방간 등급을 분류할 것이다. 그리고 제안된 방법으로 Moderate Level 초음파 영상에서 간과 신장 영역을 추출하는 단계에서 일부 영역이 손실되어 추출되는 문제점을 개선하기 위해 퍼지 추론 기법을 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] J. York and Y. Kim, "Ultrasound processing and computing: review and future directions, " *Annu. Rev. Biomed. Eng.*, Vol.1, pp.559-588, 1999.
- [2] p. Angulo, I. C. Keach, K. P. Batts, K. D. Lindor. "Independent predictors of liver fibrosis in patients with nonalcoholic steatohepatitis," *Hepatology*, Vol.30, No.6, pp.356-1362, 1999.
- [3] R. Ribeiro, R. Marinho, J. Velosa, F. Ramalho, J. M. Sanches, "Diffuse Liver Disease Classification from Ultrasound Surface Characterization, Clinical and Laboratorial Data," *Pattern Recognition and Image Analysis: LNCS*, Vol.6669, pp.167-175, 2011.
- [4] A.E.A. Joseph, S. H. Saverymuttu, S. Al-Sam, M. G. Cook, J. D. Maxwell, "Comparison of liver histology with ultrasonography in assessing diffuse parenchymal liver disease,"

Clinical Radiology, Vol.43, Issue 1, pp.26 - 31, 1991.

- [5] C. C.-T. Norberto, L. -C. Javier, P. -B. Oliver, H. R.-O. Martha , and M. Uribe, "Smoking is not associated with nonalcoholic fatty liver disease," *World Journal of Gastroenterology*, Vol.12, No.32, pp.5192-5200, 2006.
- [6] H. S. Park, M. S. Han, Y. H. Kim, K. B. Kim, "The Classification of Fatty Liver by Ultrasonography Images using SOM Method", *Proceedings of The Korea Society of Computer and Information* Vol.22, No.1, pp.419, 2014.
- [7] <http://blog.hansune.com/95>