의료 초음파 영상에서 조영증강 패턴의 가시화 기법

이준용*, 정중은**, 김호준*
*한동대학교 전산전자공학부
**한동대학교 정보통신공학과
e-mail : hjkim@handong.edu

Visualization of Contrast Enhancement Patterns in Ultrasound Images

Jun-Yong Lee*, Joong-Eun Jung**, Ho-Joon Kim*
*Dept. of Computer Science and Electrical Engineering, Handong University
**Dept. of Information and Communication, Handong University

요 약

본 연구에서는 조영증강 초음파 진단에서 혈류의 패턴을 효과적으로 판단할 수 있게 하기 위하여 조영제의 확산패턴을 영상으로 표현하는 방법론을 제안한다. 초음파 영상에서 조영제의 전이 시간에 대한 파라미터의 가시화 기법과, 단계별 전이패턴을 단일 영상으로 표현하는 방법을 제시함으로써, 병변의 진단 및 분석과정에서 대상 영역 내 혈류의 형태와 속도를 효과적으로 판별할 수 있게 한다. 분석과정의 필요에 따라 영상에서 정밀도를 선택적으로 적용할 수 있도록 하였으며, 노이즈 제거를 위한 필터링 과정과 단계별 전이 시점의 위치에 대한 영역 분할 과정을 거쳐 영상 생성 결과를 개선할 수 있도록 하였다.

1. 서론

조영증강 초음파 진단은 간 질환에 대한 비침습 진단방법으로서 그 유용성이 증가하고 있다. 최근의 연구에서 B 형 간염환자에 대하여 간 문맥 및 정맥간의 조영제 전이 시간이 간 섬유화 정도를 판별하는 중요 파라미터가 됨이 연구된 바 있다[1]. 또한 병변 영상에서의 조영증강 패턴을 6 종류로 분류하여 병변의 특성을 분석하는 연구가 보고 된 바 있다[2]. 그런데 이러한 과정에서 사용되는 초음파 동영상은 다양한 변이를 포함하며, 영상의 변화속도가 매우 빨라 육안으로 정확한 판단을 내릴 수 없는 경우가 많다. 이에 본 연구에서는 조영증강 효과의 동적 특성을 한 개의 영상으로 표현하는 방법론을 제안한다.

초음파 영상에서 조영제의 도달시간(arrival time)과 감쇄 시점은 병변의 특성을 판별하는 주요 인자가 될 수 있다[3]. 본 연구에서는 이러한 상대적 시점의 정보를 영상으로 표현하는 방법을 제시한다. 또한 조영제의 확산 패턴에 대하여 단계별로 그 방향을 표시하는 가시화 기법을 제안한다.

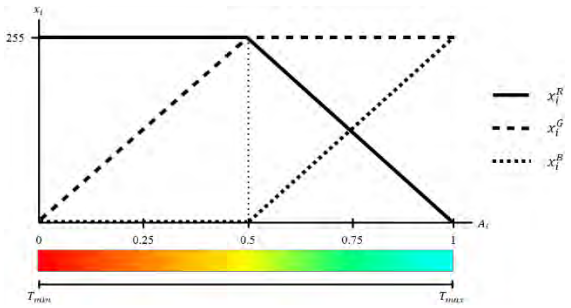
2. 전이시간 데이터의 영상 표현

초음파 진단 영상에서 관심 영역내의 각 위치에 대한 조영제의 전이에 대한 절대적 시점 데이터는 정상 조직과의 비교 및 분석에 사용되는 반면, 각 위치 상호간의 상대적인 순서 데이터는 혈류의 형태를 판단하는 데 사용될 수 있다. 이에 본 연구에서는 이 두 정보를 영상으로 표현하는 방법을 구현하였다.

이는 (그림 1)에 보인 바와 같이 최소값 및 최소값의 범위 내에서 적색과 청색사이의 값으로 선형 변환하여 생성하였다. 측정된 전이시간에 대한 픽셀값 A_i는 식 (1)과 같이 산출된다.

$$A_i = \frac{T_i - T_{min}}{T_{max} - T_{min}}, \qquad (1)$$

식에서 T_i 는 i 번째 픽셀에 대한 전이시간을 의미하며, T_{min} 및 T_{max} 는 각각 측정된 최소 및 최대값을 의미한다. 표현된 영상으로부터 전체적인 전이시간의 분포를 쉽게 파악할 수 있는 반면 빠른 속도로 진행되는 혈류의 패턴을 파악하기가 쉽지 않다. 이에 본 연구에서는 히스토그램 평활화 과정으로 영상을 재구성함으로써 이를 선택적으로 개선할 수 있게 하였다.



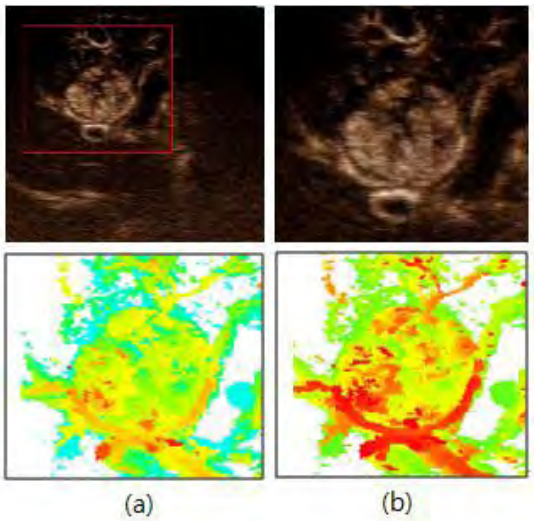
(그림 1) 전이시간 영상을 위한 픽셀 값의 매핑

3. 조영증강 패턴의 가시화 기법

조영증강 초음파 영상은 혈관의 형태와 혈류의 패턴에 대한 정보를 포함하고 있지만 그 변화가 매우 빠른 속도로 이루어져 육안으로 판별하기가 어렵다. 이에 본 연구에서는 초음파 동영상을 단계별로 분석하고 조영패턴에 대한 동적 정보를 한 개의 영상으로 표현하는 방법론을 제안하였다. 영상에서 대상영역(ROI)에 대한 조영제의 도달시점부터 포화 시점까지의 확산 패턴을 분석하여 그 흐름을 표시한다. 확산 단계의 시점을 일정개수의 단계로 구분하고 두 개의 연속단계에서 인접하는 위치로의 전이 방향을 화살표로 표시하였다. 또한 각 단계의 전이시간을 수치로 표시하여 전이 순서와 흐름을 파악할 수 있도록 하였다. 이는 빠른 시간에 전환되는 동영상에서 혈관의 구조와 조영 패턴을 정적인 영상으로 파악할 수 있게 함으로써 병변의 특성 분석을 위한 의학적 판단과정에 도움을 줄 수 있게 한다.

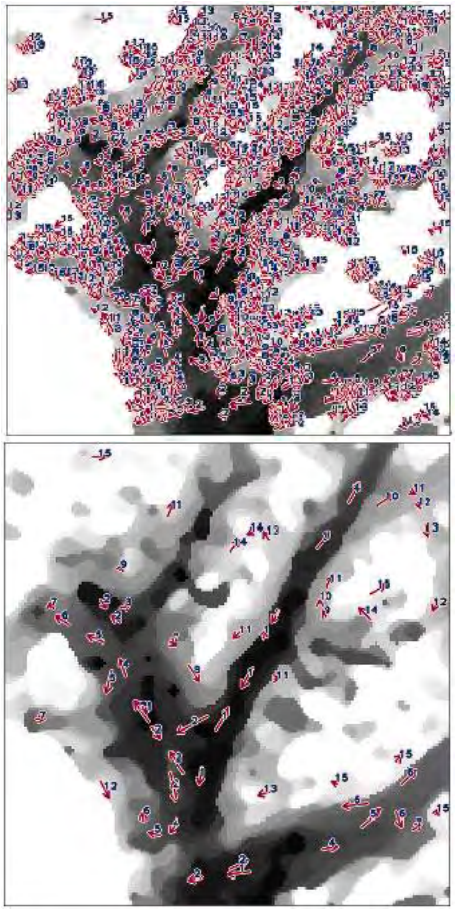
4. 실험 결과 및 결론

제안된 영상 생성 기법에 대하여 실제 초음파 데이터를 사용한 실험과정을 수행하였다. (그림 2)는 조영제 전이 시간에 대한 파라미터 영상생성 결과의 예이다. 그림에서 (a)는 전이시간 정보를 그대로 표현한 영상이며 (b)는 히스토그램 평활화 과정을 수행한 결과 이다. 전이시간의 상대적 시점에 대한 정보는 (a)를 통하여 파악할 수 있으며, 혈류의 방향과 전이 순서에 대한 정보는 (b)에서 좀 더 상세하게 판정할 수 있게 된다.



(그림 2) 전이시간 정보의 가시화 실험 결과

(그림 3)은 조영 증강 패턴에 대한 가시화 기법을 적용한 실험 결과이다. 필요에 따라 각 위치의 정밀도를 선택할 수 있으며, 노이즈 제거 및 영역 분할 등의 과정을 거쳐 패턴을 세분화 및 단순화 시킬 수 있음을 보인다. 그림에서 수치 표시는 해당위치에 대한 전이시점의 단계를 표시하며, 화살표는 전이의 방향을 나타낸 것이다. 이러한 연구를 통하여 병변의 형태 및 병변내 조직의 특성들을 분석하는 의학적 판단에 도움을 주는 기법으로 사용될 수 있다. 향후 연구로는 호흡에 의한 흔들림 현상을 보정하는 방법과 결합하여 정확도를 개선하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.



(그림 3) 조영 증강 패턴의 가시화 기법 실험 결과

◈ 본 연구는 교육부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임 (No. 2012H1B8A2025800).

참고문헌

[1] C. F. Dietrich, “Characterisation of Focal Liver Lesions with Contrast Enhanced Ultrasonography,” European Journal of Radiology, Vol.51, pp. 9-17, 2004.

[2] Na Li, Hong Ding, Peili Fan, Xiuan Lin, Chen Xu, Wenping Wang, Zhizhang Xu, and Jiyao Wang, “Intrahepatic Transit Time Predicts Liver Fibrosis in patients with Chronic Hepatitis B : Quantitative Assessment with Contrast-Enhanced Ultrasonography,” Ultrasound in Med. & Biol. Vol.36, No.7, pp.1066-1075. 2010.

[3] N. G. Rognin, M. Arditi, L. Mercier, J. Peter, A. Frinking, M. Schneider, G. Perrenoud, A. Anaye, J. Meuwly, and F. Tranquart, “Parametric imaging for characterizing focal liver lesions in contrast-enhanced ultrasound,” IEEE Transaction on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, Vol. 57, pp. 2503-2511, 2010.