

초음파를 이용한 의료진단 기술

■ 김형석 / 광운대학교 전기공학과 교수

1. 개요

일반적으로 인간은 20Hz에서 20KHz 사이 주파수 영역의 “음파(acoustic wave)” 혹은 “소리(sound)”를 들을 수 있다. 이러한 가청 주파수보다 높은 주파수 영역의 모든 음파를 “초음파(ultrasound)”라고 부르며, 알려진 바와 같이 박쥐나 돌고래 등은 초음파 영역(가청 주파수보다 조금 높은 주파수 영역)의 소리를 이용하여 장애물을 감지하거나 서로 의사소통을 하기도 한다. 의료영상 분야에서 사용 되는 초음파는 일반적으로 가청 주파수 영역보다 훨씬 높은 주파수 영역인 수 MHz에서 수십 MHz 사이의 주파수를 갖는 음파로서, 다른 의료영상 기법들(CT, X-ray, MRI)에 비해 인체에 가장 안전하고, 경제적이며 이동성이 큰 장점을 가지고 있다. 본 고에서는 의료영상 분야에서 활발히 연구되고 있는 의료 초음파 지수(medical ultrasonic parameter)를 소개하고, 이를 이용한 초음파 의료진단 분야에 대해 설명한다.

2. 의료 초음파 (Medical Ultrasound)

음파(acoustic wave)는 “공기나 그 밖의 매질이 발음체의 진동을 받아 생기는 파동”으로 정의되며, 매질의

진동 방향이 음파의 전파 방향과 동일한 종파(longitudinal wave)의 일종이다. 이러한 음파의 공학적인 초기 응용기술은, 가청주파수 대역의 음파를 이용하여 물 위를 항해하는 선박에서 물 속의 장애물을 탐지하는 SONAR (Sound Navigation and Raging) 분야에서 먼저 시작되었으나, 압전 효과(Piezoelectric effect)를 이용한 초음파 장비의 개발을 계기로 의료영상 분야로까지 그 영역이 확대되었다.

압전효과란, 특정한 종류의 결정판(crystal)에 일정한 방향에서 압력을 가하면 가해진 외력에 비례하는 양음의 전하가 결정판 양면에 나타나는 물리적 현상으로, 1880년 프랑스의 자크 퀴리(Jacque Curie)와 피에르 퀴리(Pierre Curie) 형제에 의해 처음 발견되었다. 일상생활에서 흔히 볼 수 있는 수정발진기나 마이크, 스피커 등이 이와 같은 압전 효과를 이용한 응용기술이라 할 수 있다. 의료 초음파 분야에서는 일반적으로 세라믹 소자(PZT : Lead Zirconate Titanate)의 압전 효과를 이용하여 원하는 주파수 대역의 초음파를 발생시키는 장비를 많이 사용하고 있다.

이와 같이 발생된 초음파는 인체 내부의 다양한 구조와 세포조직, 기관(organ)의 경계면 등을 통해 반향(reflect)된다. 일반적으로 현재 가장 널리 사용되는 의료 초음파 시스템은, 전송된(transmit) 초음파가 인체

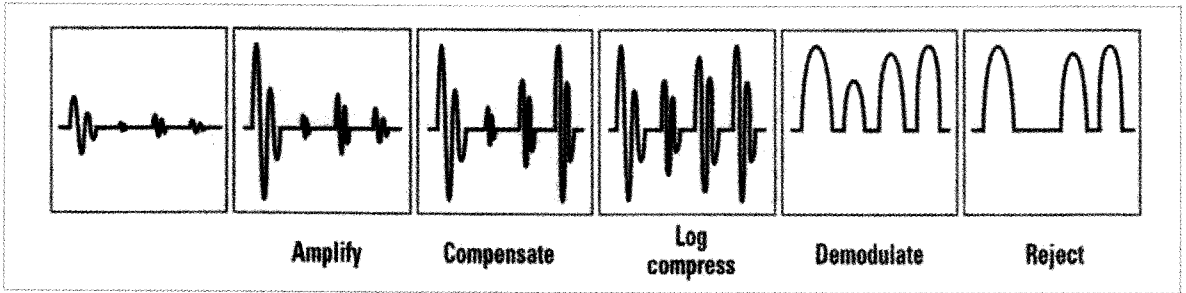


그림 1 의료 초음파 시스템 신호 처리 과정

를 통해 전달되면서 진행방향에 대해 180도 방향으로 반향 되는 초음파를 이용하는 pulse-echo 방식으로서, 초기 증폭(amplification) 단계를 거쳐 전송거리에 따른 감쇄를 보상에 주는 이득보상(TGC : Time-Gain Compensation) 과정을 거치게 된다. 수신된 음파는 상대적으로 아주 큰 동적 활동영역 (dynamic range)을 가지고 있으므로, Log 압축 과정을 거쳐 시각적으로 재생 가능한 범위로 좁혀지게 된다. 이와 같은 신호의 envelop를 검출하고 잡음을 제거하면, 각 깊이의 초음파 반향 특성이 나타난 최종 신호를 얻을 수 있다. 아래의 그림 1은 일반적인 의료 초음파 시스템의 신호 처리 과정을 나타낸다.

3. 의료 초음파 지수 (Medical Ultrasonic Parameter)

초기의 초음파 의료진단 기술의 기능은 인체 내부의 여러 기관을 영상(image)을 통해 보여주는 것이었다. 이를 위해 다양한 영상처리(image processing) 기술을 이용하여 잡음을 제거하거나 윤곽선을 개선하여 재생된 초음파 의료영상의 시각적 품질을 향상시키기 위한 많은 연구가 진행되었다. 그러나 단순한 영상만으로는 초음파 대상 영역의 정확한 임상적 판단이 어려운 단점이 있어 왔다. 최근 들어 반향된 음파를 영상으로 재생하기 전 과정에서 반향된 초음파 radiofrequency 신호를 직접 이용하여, 초음파 대상 영역의 다양한 병리학 특성을 정량적으로 분석하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이와 같은 정량적 초음파 분석을 "Quantitative Ultrasound Analysis" 라고 부르며, 이를

위해 임상적으로 의미가 있는 의료 초음파 지수를 선정하고, 이를 검출하거나 예측함에 있어 정확성 (accuracy)과 정밀성(precision)을 높이고자 하는 많은 연구가 활발히 진행되고 있다.

대표적인 의료 초음파 지수로는 감쇄지수 (attenuation), 음파속도(speed of sound), 후방산란자 크기(backscatterer size), 탄성계수(elasticity) 등이 있다. 일반적으로 의료 초음파 지수는 각 매질의 고유한 값이지만, 병리학적인 상태 (pathological status)에 따라 정상인과 비정상인이 차이가 나타날 수 있다. 이 같은 경우 의료 초음파 지수의 예측을 통해 전문 의료인의 의학적 판단에 큰 도움을 줄 수 있다.

감쇄지수는 가장 대표적인 의료 초음파 지수의 하나로, 인체의 내부로 전파되는 초음파의 세기가 반사 (spectral or diffuse reflection)와 산란(scattering), 열 에너지로의 변환(absorption) 등의 과정을 통해 감소하는 값이다. 이와 같은 감쇄지수의 경우, 예를 들어 정상인과 달리 지방간(fatty liver)을 가진 환자의 경우에는 지방성분으로 인한 음파의 감쇄가 상대적으로 더 많이 진행되어 감쇄지수가 더 높게 나올 수 있다.

음파속도는 매질의 단단함(stiffness)과 밀접한 관련이 있는 초음파지수로서, 인체의 특정 기관을 통과하는데 걸리는 시간(또는 속도)은 초음파 대상의 병리학적인 상태와 깊은 관계를 가진다. 이러한 경우 음파속도도 단순한 초음파 의료영상에서는 얻을 수 없는 정량적인 판단근거를 제공할 수 있는 좋은 의료 초음파 지수가 될 수 있다. 또한 초음파 대상영역의 여러 부분이 서로 다른 음파속도를 나타내는 경우, 이를 정확

히 예측하여 보상한다면 보다 정확한 (또는 정밀한) 초음파 영상을 얻을 수 있다.

후방산란자 크기는 초음파 대상의 특정 영역의 구조(structure)와 밀접한 관계를 가지는 초음파 지수로서, 일반적으로 특정 질병이 있는 경우에 정상인과 비정상인 사이의 차이가 크게 나타나는 경향이 있다. 예를 들어 유방암 진단의 경우, 초음파 영상(image)으로 확인한 여러 종류의 종양(tumor)가 후방산란자 크기를 예측하여 양성인지 악성인지 분류해 낼 수 있다. 이와 같은 정량적 초음파 분석은 영상만으로 구분해 낼 수 없는 양성 종양과 악성 종양을 구분해 내므로써, 생체검사(biopsy)에 따른 많은 사회적 비용과 시간, 환자의 수고를 줄일 수 있어 미국을 중심으로 활발히 연구되고 있는 실정이다.

초음파 대상의 탄성계수도 영상에서 육안으로 구별해 낼 수 없는 많은 초음파 대상의 특성을 정량적으로 나타내 주는 의료 초음파 지수이다. 초음파 대상의 탄성계수를 예측하기 위해서는 외부에서 적당한 압력을 주기적으로 가하면서, 이에 따라 반향 되는 초음파 신호의 변화를 분석하게 된다. 탄성계수를 예측함으로써 초음파 대상 영역의 상대적 강도를 정량화해 표시할 수 있을 뿐만 아니라, 외부 압력을 초음파 진행방향과 수직으로 주어 초음파 대상 종양의 특성도 알아볼 수도 있다. 예를 들면 암과 같은 악성 종양의 경우, 일반적인 양성 종양과는 달리 주변을 둘러싼 세포조직과 많은 연결을 가지고 있는 특성이 있으므로, 수평방향의 외부 압력에 대해 양성 종양의 경우보다 크게 나타날 수 있다.

이외에도 다양한 의료 초음파 지수들이 초음파 대상의 병리학적 상태에 따라 정량적인 임상판단의 근거를 제공하기 위하여 활발히 연구가 진행되고 있다.

4. 결 언

초음파를 이용한 의료진단 기술은 다른 여러 가지 의료영상 기법에 비해 안전성, 경제성, 이동성 등의 장점을 가지고 있다. 또한 지금까지의 단순한 영상 재생의 단계를 넘어, 의료 초음파 지수를 통해 초음파 대상의 병리학적인 단계를 정량적으로 표현할 수 있어 전문 의료인의 임상적 판단에 중요한 역할을 할 수 있다. 앞으로 보다 다양한 의료 초음파 지수를 개발하고, 예측된 의료 초음파 지수의 다차원 분석(multidimensional analysis) 방법을 활용하면 보다 정확한 의료진단 기술 - tissue characterization - 로 발전할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Zagzebski, J. A. (1996). Essentials of Ultrasound Physics, Mosky.
- [2] Woo, J. (1998). A short History of the development of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology. Available at <http://www.ob-ultrasound.net/history1.html>
- [3] Lizzi, F. L., Astor, M., Feleppa, E. J., Shao, M., and Kalisz, A. (1997). Statistical Framework for ultrasonic spectral parameter imaging. Ultrasound Medicine and Biology, vol. 23(9), pp. 1371-1382.
- [4] Oelze, M. L. and O'Brien, W. D. (2002). Method of improved scatterer size estimation and application to parametric imaging using ultrasound. Journal of Acoustic Society of America, vol. 112(6), pp. 3053-3063.