

M-Mode 초음파 영상을 이용한 태동의 자동 검출

권중혁, 강동주, 김새별, * 박문일, 김선일
 한양대학교 의용생체공학과, * 한양대학교 의과대학 산부인과

Automatic Detection of Fetal Movement Using
M-Mode Ultrasonography

J. H. Kwon, D. J. Kang, S. B. Kim, * M. I. Park, and Sun. I. Kim
 Department of Biomedical Engineering, Hanyang University

* Department of Obstetrics and Gynecology, Medical Center, Hanyang University

ABSTRACT

In this paper, we propose an algorithm to detect fetal movements using M-mode ultrasonography. To do this work automatically, we find the crosscorrelation between the current data vector of the depth direction of M-mode image and the previous one. In the crosscorrelation estimator, the variations of time lag τ at maximum crosscorrelation value means fetal movements. A woman in the 37th week of pregnancy was monitored and the ultrasonic image of fetus was recorded over 20-minute period to detect fetal movements using B-mode and M-mode ultrasonography simultaneously. And the presented method was compared with maternal perception and B-mode ultrasonography observed by clinician. The maternal perception method detected only 57% of all fetal movements observed by clinician. The detection of the presented method corresponds to the clinician's detection result.

서 론

후기 임신 기간동안의 태동을 측정하는 것은 산과 영역에서 대단히 중요한 과제 중 하나이다. 태동은 태아의 안녕을 평가하는 유용한 정보를 제공한다. 태동과 관련된 태아심음 주기의 증가는 건강한 태아상태를 단적으로 보여준다.

태아의 태내에서의 움직임을 검출하기 위해, 지금까지는 주로 산모의 자가 인식법, 자궁수축압 검사, 도플러 초음파 검사 및 실시간 초음파영상 진단법 등을 이용하였다[1]. 각 방법들은 나름대로 한계가 있지만, 이중에서도 실시간 초음파 영상을 보는 방법이 가장 정확하다고 알려져 있다. 그러나 이 방법은 초음파영상을 숙련된 임상가의 직접 보고 태동을 판별해야 하는 어려움이 있다. 또한 태동의 판별이 임상가의 주관적인 의견에 의존하고 있다. 객관적인 방법으로는 도플러 초음파신호를 가

지고 태동을 판별하는 방법이 있으나, 초음파영상 진단법에 비해 상대적으로 감도가 낮다[2]. 본 논문에서는 태동 검출의 감도와 신뢰성을 높이기 위하여, M-mode 초음파영상을 이용하여 태아의 움직임의 자동 검출하는 알고리즘을 제시한다.

방 법

초음파 장비의 M-mode는 초음파를 주사하는 한 직선에 대한 반사된 신호의 세기를 시간에 따른 변화를 볼 수 있도록 화면에 표시하는 형태이다. 예를 들어, X축 방향은 시간에 대한 변화를, Y축 방향은 초음파를 주사하여 보고자하는 직선, 즉 깊이를 나타내게 된다. M-mode에서, 태아의 뼈에 대한 특성 임피던스는 다른 기관에 비해서 4배 이상 크기 때문에, 그곳에서 반사된 M-mode 초음파 신호는 높은 intensity와 SNR을 가진다[3]. 태아의 움직임은 뼈의 움직임을 수반하고, 강한 세기의 반사신호의 변화를 추적하여 태동 여부를 판별할 수 있다.

우선, 전처리과정으로 M-mode 영상에서 태아의 모습이 나타나는 영역을 추출하고, 문턱치 처리를 수행하여, 노이즈 및 불필요한 신호를 제거한다. 그리고 나서 깊이 축에 대한 Δt 시간사이의 M-mode의 상관함수를 구하게 된다. 그림1은 M-mode의 구성도를 나타낸 것이다

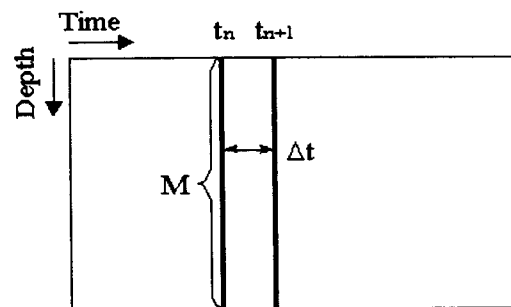


그림 1 M-mode의 구성도

$$\begin{aligned}
 X_n &= \{x_{n,1}, x_{n,2}, \dots, x_{n,M}\} \\
 X_{n+1} &= \{x_{n+1,1}, x_{n+1,2}, \dots, x_{n+1,M}\} \\
 \Delta t &= t_{n+1} - t_n
 \end{aligned}$$

여기서 X_n, X_{n+1} 은 각각 시간 t_n, t_{n+1} 에서 깊이 축에 대한 데이터 벡터를 나타낸다. 시간 t_n 과 t_{n+1} 사이의 태아의 움직임을 이러한 변이를 구하기 위한 상관함수의 식은 아래와 같다.

$$\rho_{X_n X_{n+1}}(\tau) = \frac{1}{\Delta t} \frac{r_{X_n X_{n+1}}(\tau)}{[r_{X_n X_n}(0) r_{X_{n+1} X_{n+1}}(0)]^{1/2}} \quad (1)$$

$$-M \leq \tau \leq M$$

Δt 는 시간 간격을 나타낸다. 상관함수 $\rho_{X_n X_{n+1}}$ 의 값이 실험적인 문턱치 값보다 더 크면 태동이 발생했다고 볼 수 있다. 이러한 태동의 문턱치는 실험적으로 다음과 같이 결정하였다.

$$E_{\min} + \sigma_{\text{margin}} < \rho_{\max} \quad (2)$$

E_{\min} 은 태아의 수면상태의 상관함수 $\rho(\tau)$ 의 평균을 나타내고 σ_{margin} 은 $\rho(\tau)$ 의 분산을 나타낸다. 또 다른 방법으로, 상관함수 $\rho_{X_n X_{n+1}}(\tau)$ 가 최대값을 가질 때의 시간 지연값 τ 의 변화를 가지고 태동을 판별할 수 있다.

$$\tau_{\max} = \arg \left[\max_{\tau} (\rho_{\max}(\tau)) \right] \quad (3)$$

결과 및 고찰

37주의 산모로부터 20분 동안의 태아의 M-mode와 B-mode 초음파영상을 동시에 기록하였다. 그림 2(a)는 산모가 감지한 태동이 나타난 M-mode 영상이다. 그림 2(b)는 임상의로는 판별하였으나, 산모는 감지하지 못한 태동의 M-mode 영상을 나타낸다. 그림 2(c)와 2(d)는 각각 (a)와 (b)에 대한 상관함수값이 최대일 때의 지연값 τ 의 시간에 따른 그래프이다. 그림 2(d)의 그래프는 제안된 방법에 의해 미세한 태동이 판별될 수 있음을 보여준다.

제안한 방법의 성능을 평가하기 위해, 산모의 태동 감지와 초음파 영상의 B-mode를 통한 관찰 결과와 제시한 방법에 의한 태동의 검출 회수를 비교 평가하였다. Table 1은 전체 20분 동안의 산모 감지와 초음파 영상에 의한 판별, 그리고 자동 판별에 의한 검출 회수를 나타낸 것이다. 산모 감지법은 임상의로가 판별한 태동의 57%만을 감지하였다. 제안된 방법의 태동 판별 비율은 임상 전문의의 단독 결과와 매우 근접함을 알 수 있다.

본 연구에서는 M-mode 초음파영상에 상관함수를 이용하여 태동을 판별하는데 사용했다. 이 결과를 좀 더 발전시키면, 객관적이고 정확한 태동의

판별이 가능하다. 그러기 위해 본 알고리즘을 실시간으로 처리할 수 있는 방법이 요구된다.

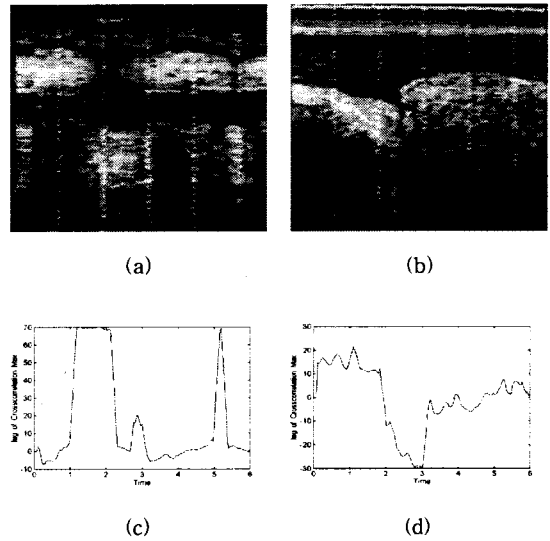


그림 2 M-mode 영상과 τ_{\max} 의 그래프

Method	Maternal perception	Ultrasonography (by clinician)	Crosscorrelation method
Fetal movement	8	14	13

Table 1. 세가지 방법에 의한 태동 횟수 측정

참고문헌

- [1] W. F. Rayburn : Fetal Movement Monitoring: Clinical Obstetrics & Gynecology 38 : 59-67, 1995
- [2] Richard E. Besinger and Timothy R. B. Johnson : Doppler recording of fetal movement: clinical correlation with real time ultrasound : Obstetrics & Gynecology 74 : 277-80, 1989
- [3] Rudy E. abbagha : Diagnostic Ultrasound applied to Obstetrics and Gynecology : 3rd Edition

※ 이 연구는 1998년도 보건복지부 G7 의료기술 개발사업의 연구지원에 의해 수행되었음.