

# 굴곡형 선형 배열 탐촉자의 음장에 미치는 구조 파라미터의 영향

송행용, 하강열, 김무준, 김동현\*, 이수성\*

부경대학교 물리학과, \* (주) 프로소닉 부설연구소

## Effect of Structural Parameters on Acoustic Field of A Curved Linear Array Transducer

Heang-Yong Song, Kang-Lyeol Ha, Moo-Joon Kim, Dong-Hyeon Kim\*, Soo-Sung Lee\*

Dept. of Phys. in Pukyong Nat'l Univ., \* Prosonic Electronics Co. Ltd.

### Abstract

현재 복부용 초음파 진단장치에 가장 일반적으로 사용되고 있는 3.5MHz의 굴곡형 선형배열(curved linear array) 탐촉자에 대하여, 탐촉자 요소의 폭과 높이, 측 방향 및 높이 방향의 곡률 반경 등의 구조적인 파라미터 변화가 음장에 미치는 영향을 시뮬레이션을 통하여 체계적으로 해석하였다. 시뮬레이션에 있어서, 탐촉자는 128개의 요소변환자 중 32개에 의해 초음파 빔을 형성하며, 매질 중에 방사된 파형은 묘사인 포락선을 갖는 3 주기의 펄스인 것으로 일정하게 가정하였다. 시뮬레이션의 결과, 탐촉자의 측 방향 및 높이 방향 곡률보다는 탐촉자 요소의 폭 및 개구높이가 음장에 더 많은 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

### I. 서론

초음파 영상장치에 있어서 매질 중에 형성하는 음장의 해석은 음파의 전파방향에 해당하는 측 방향 및 그 측 방향에 대한 시스템의 해상도를 종합적으로 예측하는 가장 좋은 방법이라고 할 수 있다. 초음파 음장은 연속 파에 의한 정상음장과 펄스파에 의한 과도음장으로 구

분되는데, 대부분의 초음파 영상장치는 짧은 펄스파를 이용하고 있으므로 과도음장을 형성하며, 이에 대한 연구는 1980년대 이후부터 활발히 수행되어져 왔다[1, 2].

본 연구는 현재 복부용 초음파 진단장치에 가장 일반적으로 사용되고 있는 3.5MHz의 굴곡형 선형배열 탐촉자가 생체 중에 형성하는 과도음장을 시뮬레이션을 통해 체계적으로 해석하였다. 기존의 전형적인 탐촉자 구조를 기준으로, 요소변환자의 폭 및 개구 높이, 측 방향 및 높이 방향 곡률반경 등의 구조적인 파라미터의 변화에 따른 과도음장의 특성을 시뮬레이션을 통해 분석하였다.

### II. 기존 탐촉자의 음장

표 1은 기존의 3.5MHz 굴곡형 선형배열 탐촉자의 전형적인 형태에 대해 그 구조와 관련한 몇몇 주요 파라메

[표 1] 기존의 굴곡형 선형배열 탐촉자의 구조 파라미터

Element Width (mm)	0.5
ROC (mm)	65.0
Radius of Lens (mm)	80.0
Elevational Aperture (mm)	16.0
Number of Beamforming Elements	32

타를 나타낸다. 파라메타 중 ROC는 탐촉자 배열의 굴곡에 대한 곡률반경이며, 렌즈곡률(Radius of Lens)은 높이 방향의 고정곡률에 의해 주어지는 초점거리를 나타낸다. 여기서 초음파 빔을 형성하는 요소변환자의 수는 32개로 하였고, 전기적인 위상변화, 즉 electronic focusing에 의해 결정되는 축 방향의 초점거리는 기본적으로 렌즈곡률과 같은 것으로 하였다. 또한, 구동시 변환자로부터 매질 중에 방사된 펄스신호의 형태는 코사인 포락선을 갖는 3주기의 펄스로 가정하였다[3].

그림 1은 매질이 생체의 평균 등속도에 해당하는  $c = 1540[m/s]$ 로 일정하며, 감쇠가 없는 경우에 대해서 기존의 탐촉자가 초점부근에 형성하는 X-Z 및 Y-Z평면의 초음파 음장을 나타낸다. 그림 1에서 (a)와 (b)는 선형스캐일에 의한 color code로 표시한 것이며, (c)는 초점의 크기를 파악하기 위하여 피크치에 대한 -3~-6dB 범위의 등고선을 1dB 단위로 표시한 것이다. 그림 1(a), (b)에서 side lobe의 영향으로 인하여 초점부근 영역 전체에 걸쳐 X 또는 Y 방향으로 길게 뻗은 형태로 음압의 분포가 나타나고 있는 것을 볼 수 있다. 일반적으로 초음파 영상의 분해능은 초점영역의 크기에 의존하며, 초점영역이 작을수록 분해능은 증가한다. 또한, 초점영역 이외의 side lobe의 영향으로 인한 작은 음압의 분포는

초음파 영상에 악영향을 끼치는 것으로 spurious한 영상을 배경에 형성시키는데 기여한다. 여기서, 최대치에 대해 -6dB인 영역을 초점영역으로 정의할 때, 그림 1(c)에서 초점영역의 크기는 Z 방향으로 약 0.7mm, X 또는 Y 방향으로 약 3.2mm임을 알 수 있다.

### III. 파라메타 변화에 따른 음장 시뮬레이션

표 1에 나타낸 기존의 굴곡형 선형배열 탐촉자의 구조 파라메터를 중심으로 각 파라메터들을 아래와 같이 변화시켜가면서 그 변화가 음장에 미치는 영향을 비교, 분석한 결과는 다음과 같다.

#### III-1. 요소변환자의 폭

요소변환자의 폭만을 기존의 0.5mm를 중심으로 하여, 0.1~0.9mm 범위에서 변화시켰을 때 X-Z평면의 음장의 변화 양상을 파악하였다. 그림 2(a)~(d)의 결과에서 알 수 있는 바와 같이 초점영역의 크기는 Z 방향과 X 방향 모두 폭이 커질수록 작아지는데, Z 방향의 변화 폭은 비교적 작아 0.8~0.5mm의 값을 가지고 있으나, X 방향으로서는 13.6~1.8mm의 큰 변화를 나타낸다.

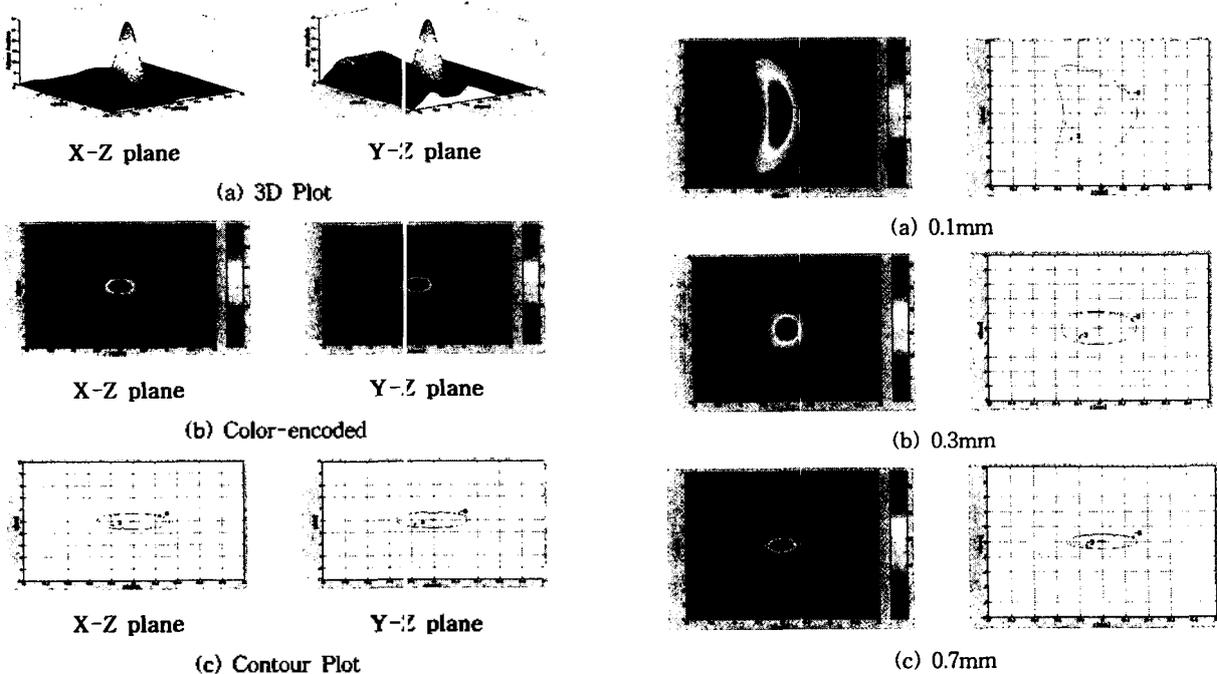
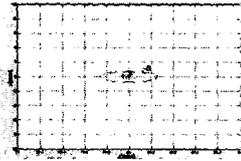


그림 1. 기존탐촉자의 음장특성



(d) 0.9mm

그림 2. 요소변환자의 폭에 따른 음장변화

그림 3은 요소변환자의 폭과 X 방향의 초점영역의 크기를 나타내는데, 그 변화가 지수함수에 따르는 것을 알 수 있다.

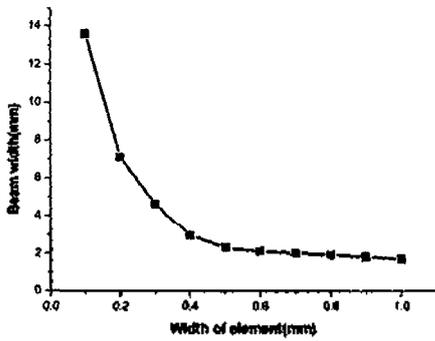
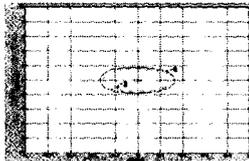


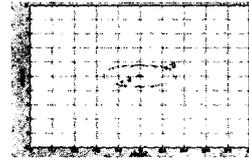
그림 3. 요소변환자의 폭과 초점영역의 크기와의 관계

### III-2. 요소변환자의 개구높이

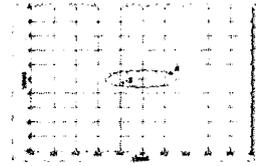
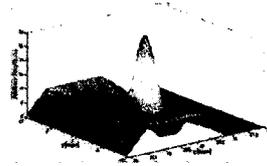
요소변환자의 개구높이만을 기준의 16.0mm를 중심으로 하여, 12.0~20.0mm 범위에서 2.0mm 단위로 변화시켰을 때의 Y-Z 평면의 음장의 변화 양상을 파악하였다.



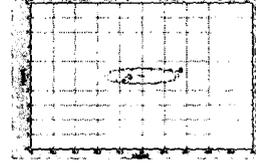
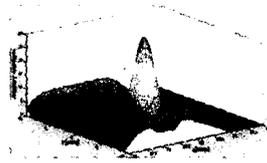
(a) 12mm



(b) 14mm



(c) 18mm



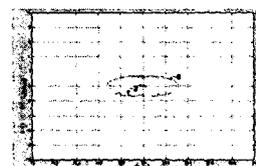
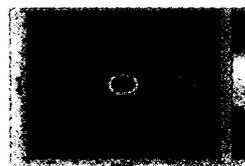
(d) 20mm

그림 4. 요소변환자의 개구높이 따른 음장변화(Y-Z 평면)

그 결과는 그림 4(a)~(d)에서 알 수 있는 바와 같이, Z 방향의 초점영역의 크기는 요소변환자의 폭과는 무관하므로 약 0.7mm로 거의 일정하나, X 방향은 요소 변환자의 개구높이가 클수록 3.5~2.0mm로 작아진다. 그러나, color code 그래프에서 알 수 있는 바와 같이 개구높이가 증가함에 따라 Y 방향으로의 grating lobe가 증가하면서 main lobe에 접근함을 볼 수 있다. 결국, 개구높이를 크게 하면 Y 방향 분해능은 다소 증가하나 spurious 한 영상을 형성시켜 영상의 질을 떨어뜨리게 된다.

### III-3. 탐촉자의 곡률반경(ROC)

그림 5는 굴곡형 진단탐촉자의 볼록면에 대한 곡률반경(ROC)을 기준의 65mm를 중심으로 35~95mm범위에서 15mm의 간격으로 변화시켰을 경우에 대한 X-Z 평면의 음장 해석결과이다. 이 결과로부터 ROC는 초점영역의 음장 형성에 그다지 영향을 미치지 못하고 있음을 알 수 있는데, 그 원인은 ROC의 변화분이 electronic focusing에 의해 자동적으로 보상되어지므로 수중에 형성되는 파면의 형상은 ROC와 무관하게 동일하기 때문이다. 실제 제작에 있어서는 진단의 목적에 따라 ROC가 결정되는데, 접촉면적을 작게 한다는 측면에서는 ROC가 작은 것이 좋다.



(a) ROC = 35mm

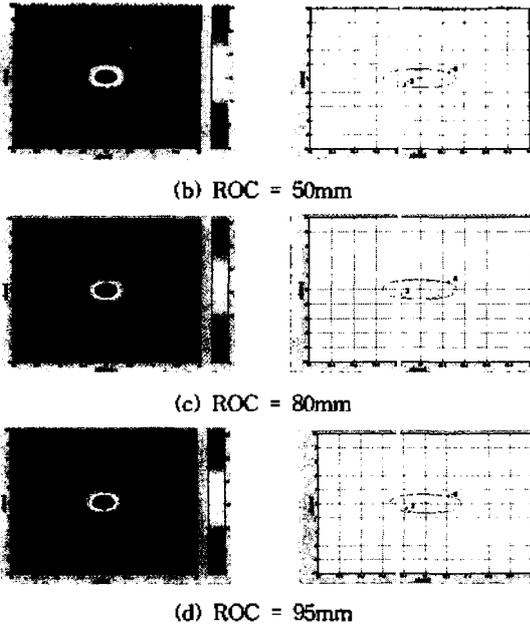


그림 5. 요소변환자의 곡률반경 변화에 따른 음장변화

### III-4. Lens Focus

그림 6에서는 기존의 Lens focus 80mm를 중심으로 4mm씩 변화시켜 가며, 음장의 변화를 관측하였다. 값이 증가할수록 빔의 모양이 최고치에서 조금씩 빔의 폭이 넓어진다는 것을 알 수 있다.

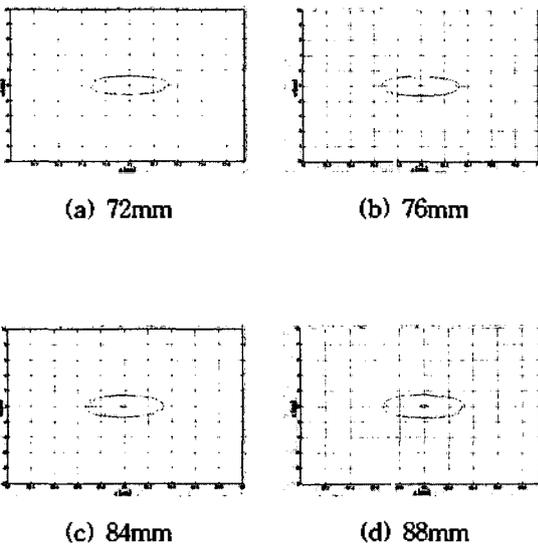


그림 6. Lens Focus의 변화에 따른 음장변화

## IV. 결론

본 논문에서는 현재 복부용 초음파 진단장치에 가장 일반적으로 사용되고 있는 3.5MHz의 굴곡형 선형배열 진단탐촉자가 생체 중에 형성하는 과도음장을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 체계적으로 해석하였다. 앞에서 살펴본 바와 같이 높이, pitch의 변화는 음장에 많은 영향을 미치고 있음을 알 수 있었고, ROC의 변화는 electronic focusing에 의해 자동적으로 보상되어지므로 ROC의 변화와 무관하게 음장의 형태는 동일하게 나왔다. 그리고, Lens focus의 변화는 Lens focus가 커질수록 음장의 최고치가 점점 넓어짐을 알 수 있다.

## 참고 문헌

1. N. Denisenko, M. Pappalardo, E. D'Ottavi, and M. Matteucci, "An Approximated Closed Form of the Transient Acoustic Pressure Distribution Generated by a Linear Source", J. Acoust. Soc. Am., Vol. 75, pp. 1896-1899, 1984.
2. N. Denisenko, G. Scarano, M. Matteucci, and M. Pappalardo, "An Approximate Solution of the Transient Acoustic Field", IEEE Trans. Son. & Ultrason., Vol. SU-32(6), pp. 821-827, 1985.
3. K. B. Ocheltree and L. A. Freezzell, "sound Field Calculation ofr Rectangular Sources", IEEE Trans. Ultrason. Ferroelect. Freq. Contr., Vol. 36(2), pp. 242-248, 1989.z