

# 초음파 집속 장치를 이용한 음향 해석에 관한 연구 A study on Acoustic Analysis using Ultrasound Focusing Device

\*문종현<sup>1</sup>, 박건후<sup>1</sup>, #정상화<sup>2</sup>

\*J. H. Moon<sup>1</sup>, G.H.Park<sup>2</sup>, #S. H. Jeong(shjeong@chosun.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 일반대학원 기계공학과, <sup>2</sup>조선대학교 기계공학과

Key words : ultrasound, acoustic, focusing, transducer

## 1. 서론

일반적으로 인체에 무해한 것으로 알려져 있는 초음파는 의학적 진단 및 치료의 목적으로 널리 사용되어 왔다. 최근 음향 집속 기술을 이용한 강력 초음파에 대한 연구 결과로 온열 치료, 쇄석술, 고강도 집속 초음파술(High Intensity Focused Ultrasound, HIFU) 등의 기술이 개발되었다. 고강도 집속 초음파술은 고강도의 초음파에너지를 한 곳에 모을 때 초점에서 발생하는 65~100℃의 고열을 이용해 조직을 태워 없애는 기술이다.<sup>1</sup> 초음파 치료의 경우 안전성에 대해서 많은 연구가 진행되어 왔으며, 초점 부근의 집속효과 및 초점 영역의 음향학적 특성을 고려하지 않을 수 없다.

본 연구는 이론적인 해석을 바탕으로 근위장(near-field)에 형성되는 음향 시뮬레이션과 초음파 집속 장치를 이용하여 초점 부근의 집속 실험을 통해 음향학적인 특성을 해석하고자 한다.

## 2. 이론적인 해석

Fig. 1은 초음파 변환기를 구형으로 표면을 형상화하여 초음파 방사 할 경우 집속이 되는 거리를 나타낸 그림이다. 기하학적 초점거리를  $R_0$ 라 하고 실제 초점거리를  $z$ 라 한다. 압력이 최대인 위치는 식 (1)을 이용하여 구할 수 있다.<sup>2,3</sup>

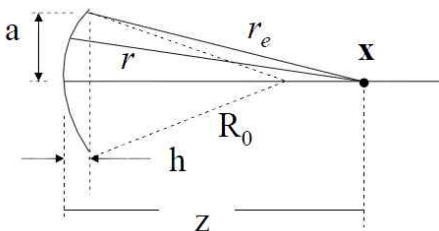


Fig. 1 Spherically focused transducer radiating

$$p(X, \omega) = \frac{\rho c v_0}{q_0} [\exp(ikz) - \exp(ikr_e)] \quad (1)$$

여기에서,  $q_0 = 1 - z/R_0$   
 $r_e = \sqrt{(z-h)^2 + a^2}$

$p$ 는 압력,  $\rho$ 는 밀도,  $c$ 는 음속,  $v_0$ 는 등속도이다.

구형 트랜스듀서의 압력 최대 위치를 계산하기 위해 MATLAB을 이용하였고, 계산에 사용된 입력 값은 Table 1과 같다. 해석 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 기하학적인 초점거리는 63mm이고, 초점거리와 압력 최대 위치의 비( $z/R_0$ )<sub>max</sub>는 0.992로 최대 압력 위치는 62.496mm이다. 해석결과와 같이 기하학적인 초점거리와 압력 최대 위치가 일치하지 않기 때문에 이에 대한 해석이 필요하다.

Table 1 Simulation parameters

Radius of the transducer (mm)	35
Wave speed (m/s)	1480
Frequency (MHz)	1.1
Focal length (mm)	63

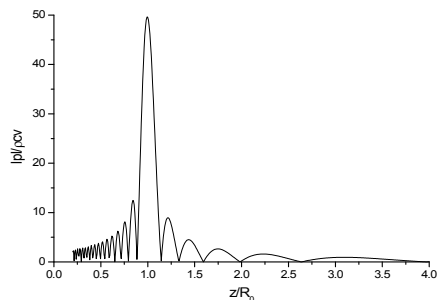


Fig. 2 One-axis pressure versus  $z/R_0$

### 3. 초점 영역에서의 강도 해석

이론적인 해석을 바탕으로 다중 물리 시뮬레이션 프로그램(COMSOL)을 이용하여 변환기의 표면 형상을 모델링하여 초점 영역에서 음향학적인 특성을 분석할 수 있다. z축을 기준으로 초점 부근에서의 강도 분포를 Fig. 3에 나타내었다. 최대강도는  $7.5 \times 10^5 (W/m^2)$  이고, 위치는 65mm이다. 최대강도는 초점영역 부근에서 나타나고, 근위장에서는 초음파 변환기에 가까운 부위로서 최대 강도와 최소 강도가 규칙적으로 분포하고, 마지막 최대 강도가 나타난 이후 강도가 급격히 감소하는 것을 알 수 있었다.

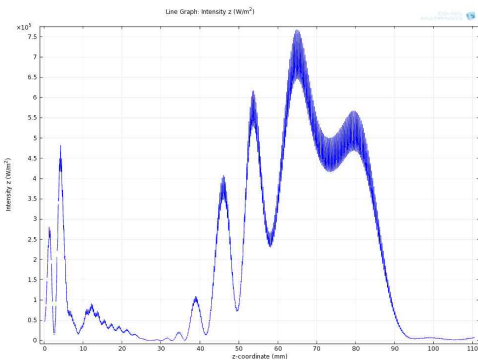


Fig. 3 Distance of the maximum of intensity on the beam axis

### 4. Ultrasound focusing

Fig. 4와 같이 초음파 집속장치를 이용하여 초음파를 가진했을 때 초음파 빔이 형성된 사진이다. 앞서 식 (1)에 의해 기하학적인 초점거리와 실제 초점거리가 다른 것을 알 수 있었는데 실제 실험을 통해 초점거리에 집중되는 것을 볼 수 있다.

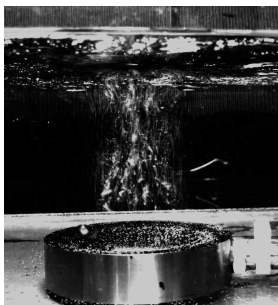


Fig. 4 Ultrasound beam generated using ultrasound focusing device

### 4. 결론

초음파는 의학적 진단 및 치료에 목적을 둔 기술로서 본 연구에서는 음향 집속 기술에 중점을 두어 연구를 하였다. 이론적으로 집중되는 초점거리를 분석하여 실제 실험을 통해 초점거리가 다른 것을 검증하였고, 향후 연구에서는 초음파 집속장치를 이용하여 생체조직에서의 온도 변화 및 맥동초음파 신호를 통해 안전성에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

### 후기

본 연구는 지식경제부에서 시행한 산업원천기술 개발사업의 일환으로 수행하였음. (NO.10030037, 만성완전협착 치료용 마이크로로봇 개발)

### 참고문헌

1. Woo, J., Noh, S., Park, M., Min, H., Park, J. and Choi, H., "The implementation of TMM test phantom for evaluating the thermal performance in high intensity focused ultrasound system", Conference on Information and Control System, 484-485, 2008.
2. Warriner, R. K. and Cobbold, R. S. C., "Focused, phased-array plane piston and spherically-shaped concave piston transducers: Comparison for the same aperture and focal point", Ultrasonics, 52, 503-507, 2012.
3. Makov, Y. N., Sanchez-Morcillo, V. J., Camarena, F., and Espinosa, V., "Nonlinear change of on-axis pressure and intensity maxima positions and its relation with the linear focal shift effect", Ultrasonics, 48, 678-686, 2008.