

고막형 보청기를 위한 초음파 트랜스듀서의 배열 변화에 따른 방향성 변화 연구

석진완*, 김도연*, 강하림*, 나승대**, 김명남***

*경북대학교 대학원 의용생체공학과

**경북대학교 칠곡병원 의공학센터

***경북대학교 의과대학 의공학교실

e-mail : kimmn@knu.ac.kr

Directionality Change Study according to Array Change of Ultrasonic Transducer for Completely in the Canal Hearing Aids

Jin-Wan Seok*, Do-Yeon Kim*, Ha-Lim Kang*, Sung-Dae Na**, Myoung-Nam Kim***

*Department of Medical & Biological Engineering, Graduate School, Kyungpook National University

**Department of Biomedical Engineering, Center, Kyungpook National University Chilgok Hospital

***Department of Biomedical Engineering, School of Medicine, Kyungpook National University

요 약

산업화와 노령화로 인하여 난청 환자가 증가되고 있으며, 난청의 정확한 진단과 재활이 중요시되고 있다. 난청을 재활하기 위한 대표적인 도구에는 보청기가 있으며, 다양한 종류의 보청기 중에서 기존 고막형 보청기는 음성 신호의 효율이 저하되는 문제가 있다. 본 논문에서는 기존 고막형 보청기의 단점을 보완하기 위하여 파라메트릭 스피커를 소형화한 초소형 초음파 트랜스듀서를 제안하였다. 제안한 방법은 고지향성 음파를 발생시킬 수 있으므로 고막의 특정 부위를 효과적으로 자극 할 수 있으며, 트랜스듀서의 배열 개수에 따라 지향성 특성이 달라진다. 방향성 측정 실험을 통하여 고효율의 트랜스듀서를 검증하였으며, 제안한 방법은 향후 다양한 청각 재활장치에 이용될 것으로 예상된다.

1. 서론

산업화와 노령화 사회가 도래하면서 노인성 난청환자가 증가되고 있으며, 다양한 멀티미디어 장치의 개발로 인하여 청·장년층에서도 난청이 증가되고 있다. 이러한 난청이 지속되면 의사소통의 어려움, 행동장애 및 사회·심리적 장애를 겪게 된다. 난청의 재활을 위한 도구에는 보청기가 있으며, 보청기는 공기전도 보청기, 골전도 보청기로 구분할 수 있다. 현재 대부분의 난청 환자들은 공기전도 보청기를 사용하여 난청을 극복하고 있으며, 공기전도 보청기는 귀걸이형, 귓바퀴형과 고막형 보청기 등 다양한 형태로 분류할 수 있다[1]. 고막형 보청기는 귓속에 완전한 삽입이 가능하여 외관상의 문제를 해결할 수 있으며, 귀걸이형과 귓바퀴형 보청기에서 발생하는 음향 피드백 문제를 보완할 수 있다. 그러나 고막의 전체를 자극하는 구동 방식으로 비효율적인 방식으로 소리 전달을 하게 된다.

본 논문에서는 기존 고막형 보청기의 비효율적인 단점을 보완하기 위하여 고지향성 음파를 발생시키는 파라메트릭 스피커를 소형화한 초소형 초음파 트랜스듀서를 제안하였다. 제안한 방법은 스피커를 구성하는 트랜스듀서의 배열 개수 및 배치 방법에 따라 음파의 지향성이 달라지며, 이러한 특성을 고려하여 배열 개수에 따른 방향성의 변화를 실험을 통하여 검증해보았다.

2. 파라메트릭 스피커

인간이 들을 수 있는 가청 대역의 고지향성 음파를 발생시키기 위한 방식으로 파라메트릭 스피커가 있다. 파라메트릭 스피커는 음원 평면상에 규칙적으로 배열된 다수의 초음파 트랜스듀서를 사용하여 구동되어지며, 각각의 트랜스듀서에서는 두 초음파의 비선형 상호작용으로 인하여 가청 대역의 음파가 발생된다[2]. 또한 생성된 가청 주파수 음파는 파라메트릭 스피커의 특성으로 고지향성을 가지게 된다. 이러한 파라메트릭 스피커를 소형화할 경우, 기존의 비효율적인 방식인 고막 전체를 자극하는 방법을 고막의 특정 부위 자극하는 방법으로 보완 가능하다.

3. 제안한 초소형 초음파 트랜스듀서

제안한 트랜스듀서는 기존 고막형 보청기의 음성 신호 효율 저하를 보완하기 위하여 파라메트릭 스피커를 소형화한 것으로 귓속에 삽입을 위해서는 외이도의 해부학적 구조를 고려하여야 된다. 외이도는 해부학적 구조상 폭 약 6.2~8 mm, 높이 약 6 mm 그리고 길이 약 26.9 mm이다 [3]. 또한, 제안한 방법에 의하여 발생된 고지향성 음파는 트랜스듀서 배열 개수에 따라 지향성 특성이 달라진다. 배열된 트랜스듀서는 수의 변화에 따라서 각각의 트랜스듀서 유닛에서 발생하는 고지향성 음파들이 변하여 특정

영역 내에 음압이 집중 또는 감소되므로 원하는 지향성 특성 생성가능하다[4]. 따라서 제안한 방법을 이용하여 원하는 부위를 자극 가능한 고지향성 음파를 생성하기 위하여 배열 개수를 조절하여 실험을 진행하였다.

4. 구현

그림 1은 제안한 초소형 초음파 트랜스듀서를 보이고 있다. 그림과 같이 외이도의 해부학적 구조를 고려하여 직경 6 mm의 원형, 두께는 0.1 mm로 제작되었으며, 배열 개수에 따른 효율성을 검증하기 위하여 3×3과 4×4 배열로 트랜스듀서 유닛을 두 가지 형태로 제작하였다. 방향성 측정을 위한 거리는 외이도의 해부학적 평균 길이인 27 mm 그리고 음원의 축을 기준으로 $\pm 60^\circ$ 에서 10° 간격으로 소음계를 회전시켜 음압 레벨의 변화를 측정하였다.

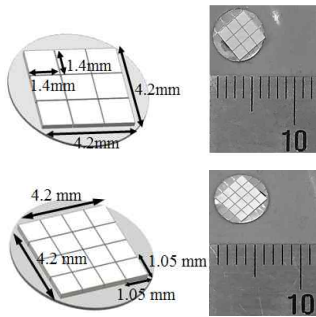


그림 1. 제안한 초소형 초음파 트랜스듀서

그림 2는 방향성 측정 결과를 보이고 있다. 그림 2 (a)는 3×3 트랜스듀서에서 발생된 차 주파수의 각도에 따른 방향성 그래프를 보이고 있으며, 0° 에서 최대 음압인 59.8 dB를 나타냈다. 또한, 전체적으로 부엽 성분이 적은 높은 방향성의 패턴을 확인하였다. 그림 2 (b)는 4×4 트랜스듀서에서 발생된 차 주파수의 방향성 그래프를 보이고 있으며, 0° 에서 최대 음압인 64.1 dB를 나타냈다. 실험 결과와 같이 배열의 개수가 많은 4×4 트랜스듀서에서 높은 음압과 높은 방향성 특성을 가지는 것을 확인하였다.

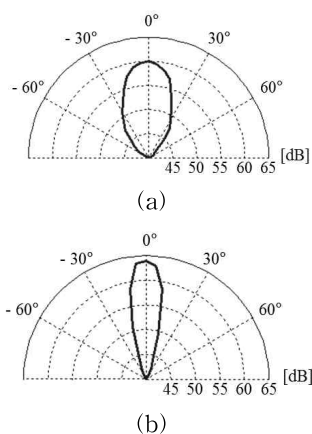


그림 2. 제안한 트랜스듀서의 방향성 측정 결과, (a) 3×3 트랜스듀서 (b) 4×4 트랜스듀서

5. 결론

현대 사회에서는 다양한 원인으로 인하여 난청 환자가 증가되고 있으며, 난청의 정확한 진단과 재활이 중요시되고 있다. 이러한 난청을 재활하기 위한 대표적인 도구에는 보청기가 있으며, 기존의 고막형 보청기는 고막의 전체 부위를 자극하는 구동 방식으로 인하여 비효율적인 전달 방법을 사용하고 있다. 본 논문에서는 이러한 고막형 보청기의 단점을 보완하기 위하여 파라메트릭 스피커를 소형화한 초소형 초음파 트랜스듀서를 제안하였다. 제안한 방법은 파라메트릭 스피커를 외이도 내에 삽입 가능하도록 소형화한 것으로 고지향성 음파를 발생시킬 수 있으며, 발생된 음파의 고지향성 특성을 이용하여 고막의 특정 부위를 효율적으로 자극할 수 있다. 또한, 제안한 방법은 트랜스듀서의 배열 개수에 따라 발생하는 음파의 지향성 특성이 달라진다. 따라서 배열 개수에 따른 효율성과 고막의 특정 부위 자극 가능성을 검증하기 위하여 방향성 측정 실험을 수행하였다. 실험 결과 통하여 고지향성 특성을 가지는 결과물을 확인하였으며, 4×4 트랜스듀서가 더 높은 방향성 특성을 가지므로 더 높은 효율을 가지는 것을 확인하였다. 제안한 방법은 향후 지향성을 요구하는 다양한 산업분야 및 의료분야에서 활용될 수 있으며, 고품질의 음향이 요구되어지는 멀티미디어 분야 및 기기에 적용될 것으로 예상된다. 또한, 추가적인 연구를 통하여 음파의 고조파 왜곡을 줄이기 위한 다양한 방식들에 대한 연구를 통하여 효율을 향상시키는 것이 요구되어진다.

Acknowledgements

This study was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIP) (No. 2017M3A9E2065284, 2018R1A2B2001434, 2019R1C1C1009013).

참고문헌

- [1] S.H. Lee, "Implantable Hearing Aid," *Korean Journal of Audiology*, Vol. 9, pp. 113-124, 2005.
- [2] P.J. Westervelt, "Parametric Acoustic Array," *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 119, No. 4, pp. 535-537, 1963.
- [3] Hearing, Health and Technology Matters, Dimensions of the Ear Canal Surperimposed on an Ear Impression of the Complete Human Ear Canal, <http://hearinghealthmatters.org/waynesworld/2014/ear-canal-dimensions/> (accessed Apr., 14, 2019).
- [4] Design of Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducer(CMUT) Linear Array for Underwater Imaging, <https://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.1108/SR-05-2015-0076> (accessed Apr., 14, 2019).