

압전 초소형 초음파 트랜스듀서(pMUT)를 이용한 파라메트릭 어레이의 빔 조향 시스템

Digital beam-steering of parametric array sound beams using piezoelectric micromachined ultrasonic transducers

제엽*, 황용환*, 이종현**, 김원호***, 문원규†

Yub Je, Yonghwan Hwang, Chonghyun Lee, Wonho Kim, Wonkyu Moon

1. 서 론

초음파를 이용한 거리센서는 가격이 저렴하며 적용이 쉬워 지금까지 위치 측정 및 장애물 파악 등에 많이 이용되고 있다. 하지만 상용화된 초음파 거리센서는 큰 지향각(80°~12°)을 가지기 때문에 공간 해상도가 떨어진다는 단점이 있다.⁽¹⁾ 이러한 문제를 극복하기 위해 고지향성 음파 발생 기술인 파라메트릭 어레이(parametric array)를 사용한 초음파 거리센서의 연구가 이루어지고 있다.⁽²⁾

파라메트릭 어레이는 매질의 비선형 현상을 이용한 고지향성 음파 발생기술로, 1963년 Westervelt에 의해 처음 발표된 후⁽³⁾, 수중에서는 능동소나에서 고지향성 저주파 발생기술로 많이 사용되어 왔다. 충분히 큰 음압을 가지는 두 가지 주파수 성분의 신호가 매질을 진행할 경우, 매질의 비선형성에 의해서 두 가지 주파수의 차 주파수 성분을 가지는 차음이 발생하게 된다. 이때, 매질이 라인형태의 가상음원 역할을 하므로 이를 파라메트릭 어레이라고 하고 발생하는 차주파수는 고지향성 특성을 나타낸다.

파라메트릭 어레이를 이용한 고해상도 초음파 거리센서를 모바일 로봇의 거리센서나 장애물 탐지센서로 사용하기 위해선 공간상의 목표물을 탐지하는 3D 매핑 시스템이 필요하다. 이를 위해 일반적으로 센서를 움직여 줄 수 있는 기계적인 시스템을 사용하거나 모바일 로봇 자체가 움직이면서 매핑하

는 방법을 사용하였다. 이는 로봇이 움직이거나 센서를 원하는 위치로 움직일 수 있는 추가시스템이 필요하다는 단점이 있다.

본 논문에서는 단일 트랜스듀서로 구성되어 있는 어레이 트랜스듀서의 페이즈를 조절하여 음향 빔을 원하는 방향으로 조향할 수 있는 시스템을 사용하여, 원하는 방향에서 차주파수 성분이 발생 가능함을 측정해 보았다.

2. 빔 조향 시스템 구성

2.1 트랜스듀서

파라메트릭 어레이 현상은 2차 오더의 비선형 현상을 이용하므로 발생시킨 1차 주파수에 비해 발생하는 차주파수 성분의 크기가 상대적으로 작다. 특히 공기 중 파라메트릭 어레이는 비선형 현상이 물속에 비해 상대적으로 낮고 감쇄계수가 크며 공기와 트랜스듀서의 임피던스 차이가 크기 때문에 고과워, 고효율 트랜스듀서의 선택이 중요하다. 따라서 본 연구진에 의해 개발된 압전 초소형 초음파 트랜스듀서를 사용하였다.⁽⁴⁾ 이 트랜스-듀서는 얇은 필름 형태의 구조를 가지기 때문에 트랜스듀서의 기계적 임피던스가 작아 공기와의 임피던스 매칭이 용이하며, 트랜스듀서의 공진에서 기계-음향 변환 효율이 약 80%로 측정되어, 본 연구의 목적에 맞는 고효율, 고과워 트랜스듀서로서 사용 가능함을 알 수 있었다.

트랜스듀서의 디자인은 그림1(a)와 같이 4개의 유닛으로 구성되어 있고 하나의 유닛은 그림 1(b)와 같이 4개의 채널로 구성되어 있어, 전체 트랜스듀서의 구성은 16채널로 이루어져 있다. 트랜스듀서는 2개의 공진을 가지도록 구성되어 있으며 이는 초음파 거리센서를 목적으로 하는 차주파수 생성을 위해 설계되었다.

† 포항공과대학교 기계공학과

E-mail : wkmooon@postech.ac.kr

Tel : (054)279-2184, Fax : (054)279-2887

* 포항공과대학교

** 제주대학교

*** 국방과학연구소

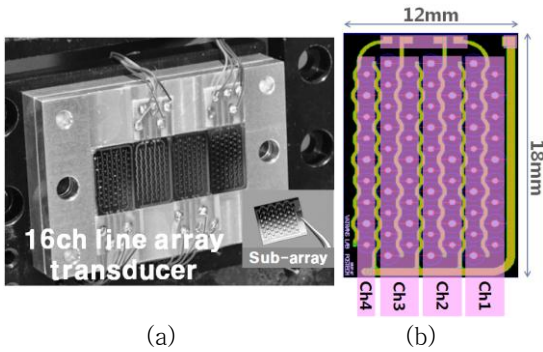


Fig 1. Transducer design

(a)One hole array actuator (b)Sub-array design

2.2 실험 시스템 구성

그림 2는 파라메트릭 어레이의 빔 조향 시스템의 구성을 나타낸다. 사용된 트랜스듀서의 16채널의 페이즈를 조절하기 위해 LabView 시스템을 이용한 디지털-아날로그 컨버터를 사용하여 파워 앰프에 1차 음압의 신호를 인가하였다. 인가된 신호에 의해 발생된 1차 음파와 비선형 현상에 의해 발생된 차음은 1/8인치 마이크로폰에서 측정되어(type 4138, B&K) 차지 앰프를 통해 증폭된다. 증폭된 신호는 오실로스코프를 이용하여 측정하였다. 모든 음향실험은 반무향실(2x2x3m)에서 수행되었다.

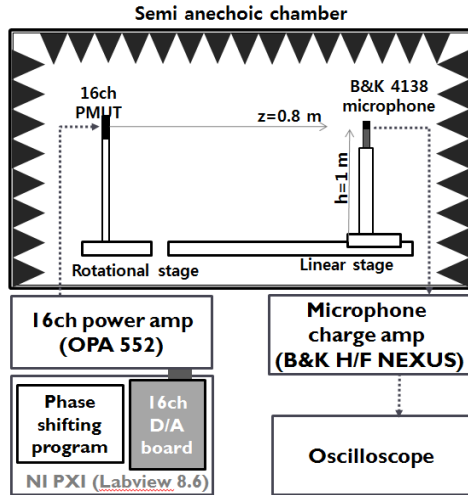


Fig 2. Block diagram of beam-steering system using parametric array

2.3 실험 및 결과

사용된 트랜스듀서의 정확한 분석을 위해 주파수 분석을 통한 공진 위치를 측정하였다. 가장 높은 진폭을 가지는 공진 주파수는 각각 100.8 kHz, 147.7

kHz로 측정되었고 따라서 차음을 발생시키기 위한 1차 음압의 주파수를 결정할 수 있었다.

그림 3은 0.8m 떨어진 거리에서 각각 0, 10, 20, 30°로 트랜스듀서를 조향했을 때의 차주파수 신호를 측정한 그래프이다.

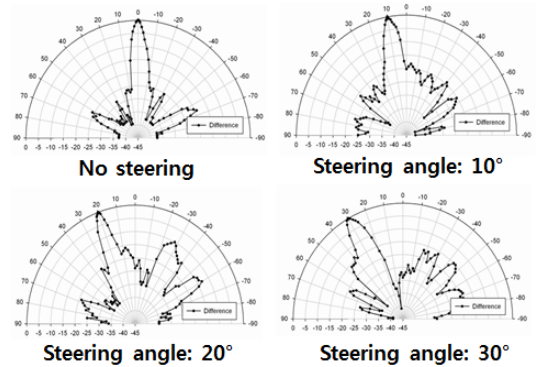


Fig 3. Beam steering

3. 결 론

본 논문에서는 공기중 파라메트릭 어레이를 이용해 고해상도 초음파 센서의 빔 조향 시스템을 구축하고 차주파수를 측정하였다. 발생된 차주파수는 원하는 조향각에서 좁은 빔 패턴을 가지며 측정되었고 이는 목표로 했던 고해상도 초음파 센서를 위한 조향시스템으로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다.(계약번호 UD10002KD)

참고문헌

- (1) Sv. Noykov, Ch. Roumenina, "Calibration and interface of a Polaroid ultrasonic sensor for mobile robots," Sens. Actuators, A 135, 169-178 (2007)
- (2) W. Moon, H. Lee, "Ultrasonic ranging system and method thereof in air by using parametric array," U.S. Patent No. 7,196,970 (2007)
- (3) P.J.Westervelt, "Parametric acoustic array," J. Acoust. Soc. Am. 35, 535-537 (1963)
- (4) H. Lee, D. Kang, W. Moon, "A micro-machined source transducer for a parametric array in air," J. Acoust. Soc. Am. 125, 1879-1893 (2009)