

자기변형 현상을 이용한 전 방향 전단파 트랜스듀서 개발

Development of an omni-directional shear-horizontal wave transducer by using the magnetostrictive phenomenon

승홍민† · 김희웅* · 김윤영*

Hong Min Seung, Hoe Woong Kim and Yoon Young Kim

1. 서 론

전 방향 트랜스듀서는 모든 방향으로 동일한 크기와 모드를 갖는 파동을 발생시킬 수 있어 위상배열 시스템에 적용될 경우, 모든 방향에 대하여 동일한 알고리즘 (Algorithm)으로 효율적인 파동 집속이 가능한 장점을 가지고 있다⁽¹⁻²⁾. 하지만 기존의 전 방향 트랜스듀서들은 주로 Lamb 파 (Lamb wave) 만을 발생 및 측정하였고, 비분산 특성을 갖는 전단파 (Shear-horizontal wave)를 전 방향으로 발생 및 측정할 수 있는 트랜스듀서에 관한 연구는 아직 보고된 바가 없다. 이에 본 연구에서는 전 방향 전단파를 효율적으로 발생 및 측정할 수 있는 자기변형 패치 트랜스듀서를 제안하고, 그 성능을 실험을 통하여 검증하고자 한다.

2. 전 방향 전단파 트랜스듀서

2.1 트랜스듀서의 구성과 원리

자기변형 패치 트랜스듀서 (Magnetostrictive Patch Transducer: MPT)는 정자기장과 동자기장이 서로 수직하게 자기변형 패치에 형성되었을 때, 패치에 생성되는 전단 변형에 의해 전단파를 효과적으로 발생시킬 수 있다⁽³⁾. 이러한 원리에 착안하여 Fig. 1과 같이 코일이 환상 형태 (Toroid)로 감겨진 환형의 자기변형 패치 위에 중앙을 맞추어 원형 영구자석을 배치하여 트랜스듀서를 구성하였다. 따라서 영구자석에 의한 정자기장은 반경 방향으로, 코일에 흐르는 교류 전류에 의한 동자기장은 원주 방향으로 서로 수직하게 패치에 형성되어

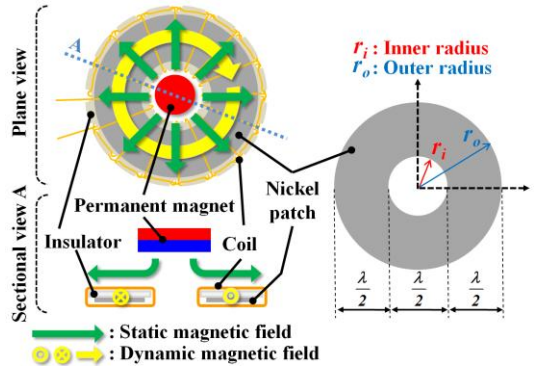


Fig. 1 Configuration and important features of the developed transducer.

전 방향으로 동일한 크기의 전단파를 발생시키게 된다. 이 때, 패치의 내반경 (r_i)과 외반경 (r_o)의 차이와 내경을 모두 발생시키고자 하는 주파수에서의 전단파의 반파장 ($\lambda/2$)과 동일하게 설정함으로써 보강 간섭 (Constructive interference)에 의해 발생 및 측정되는 전단파의 크기가 향상되도록 하였다.

본 연구에서는 1 mm 두께의 알루미늄 평판에서 150 kHz의 전단파를 효율적으로 발생 및 측정하도록 트랜스듀서를 제작하였다. 이 조건에 해당하는 전단파의 반파장은 약 10 mm 이며, 이를 고려하여 자기변형 패치의 크기를 $r_i = 5$ mm, $r_o = 15$ mm 로 하였다. 자기변형 패치의 재질로는 0.15 mm 두께의 니켈이 사용되었고, 코일의 감은 수는 18 회이다. 영구자석은 외경 20 mm, 두께 5 mm 의 네오디뮴 (Neodymium) 자석을 사용하였고, 자기변형 패치에 형성되는 정자기장의 분포와 세기를 전단파의 효율적인 발생 조건에 맞추기 위하여 패치로부터 수직 방향으로 8 mm의 공간을 두고 배치 하였다⁽⁴⁾.

2.2 다른 모드의 영향

제안된 트랜스듀서가 다른 모드의 영향 없이 전단파만을 잘 발생 및 측정하는 지를 확인하기 위하여 Fig. 2(a)와 같은 구성으로 파동 전파 실험을 수행

† 교신저자; 서울대학교 기계항공공학부
E-mail : shm@snu.ac.kr
Tel : (02) 880-1689, Fax : (02) 872-5431
* 서울대학교 기계항공공학부

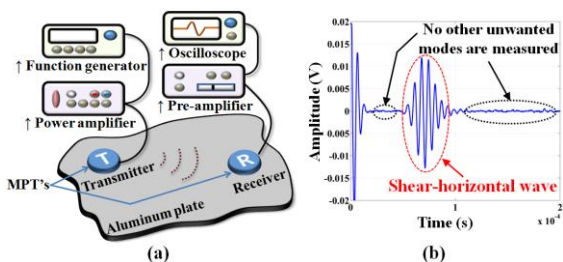


Fig. 2 (a) Experimental setup for wave transduction by using developed transducers (b) Measured signal at 150 kHz by using the developed transducers

하였다. 1 mm 두께의 알루미늄 평판에 150 kHz의 전단파를 발생 및 측정하도록 제작된 두 개의 제안된 트랜스듀서를 200 mm 간격으로 설치한 후, 파동을 발생 및 측정하였고, 그 결과를 Fig. 2(b)에 나타내었다. 측정 결과로부터 제안된 트랜스듀서가 Lamb 파와 같은 다른 모드의 영향 없이 전단파만을 잘 발생 및 측정할 수 있음을 확인할 수 있다.

2.3 전 방향성 측정 실험

제안된 트랜스듀서의 전 방향 전단파 발생 및 측정 성능을 확인하기 위해 Fig. 3(a)와 같은 구성의 파동 전과 실험을 수행하였다. 1 mm 두께의 알루미늄 평판에 제안된 트랜스듀서를 설치하고, 300 mm 떨어진 지점에 단선 코일로 구성된 전단파 자기변형 패치 트랜스듀서를 15° 간격으로 설치하였다.

먼저 제안된 트랜스듀서를 사용하여 전단파를 발생시키고 단선 코일 트랜스듀서를 이용하여 측정

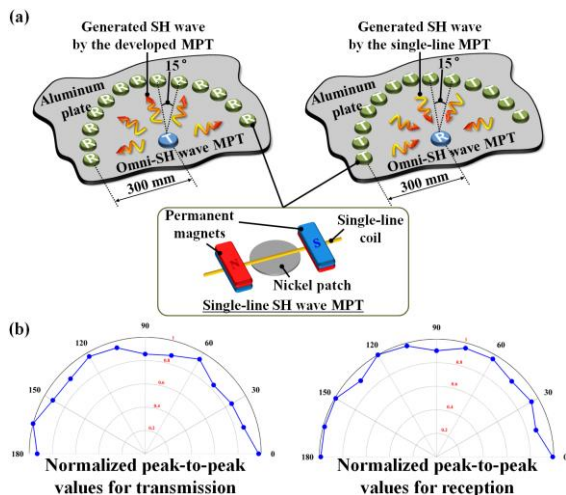


Fig. 3 (a) Experimental setups for evaluating omnidirectional transmission and reception performances and (b) results

하였고, 동일한 실험을 두 트랜스듀서의 역할을 바꾸어 수행한 후, 측정 신호들의 Peak-to-peak 값을 추출하여 Fig. 3(b)에 각각 나타내었다. 측정 결과로부터 제안된 트랜스듀서가 전 방향으로 고르게 전단파를 발생 및 측정할 수 있음을 확인할 수 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 전 방향으로 동일한 크기의 전단파를 발생 및 측정할 수 있는 자기변형 패치 트랜스듀서를 제안하였다. 먼저 제안된 트랜스듀서가 다른 모드의 영향 없이 전단파만을 효율적으로 발생 및 측정할 수 있음을 두 개의 제안된 트랜스듀서를 이용한 파동 전과 실험을 통해 확인하였고, 여러 각도에 대하여 전단파를 발생 및 측정함으로써 제안된 트랜스듀서가 전 방향으로 고르게 전단파를 발생 및 측정할 수 있음을 성공적으로 검증하였다.

후 기

본 연구는 교육과학기술부의 도약연구지원사업 (과제번호: 2012-0005693)과 원자력연구개발사업 (과제번호: 2012-0006397), WCU(과제번호: R31-2008-000-10083-0)의 지원을 받은 것으로 이에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- (1) Wilcox, P., 2003, Omni-directional guided wave transducer arrays for the rapid inspection of large area of plate structures, IEEE transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency control, 50, 699-709
- (2) Wilcox, P., Lowe, M. and Cawley, P., 2005, Omni-directional guided wave inspection of large metallic plate structures using an EMAT array, IEEE transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency control, 52, 653-665
- (3) Cho, S. H., Lee, J. S. and Kim, Y. Y., 2007, Guided wave transduction experiment using a circular magnetostrictive patch and a figure-of-eight coil in nonferromagnetic plates, Applied Physics Letter. 88, 224101.
- (4) Ribichini, R., Cegla, F., Nagy P. B. and Cawley P., 2010, Quantitative modeling of the transduction of electromagnetic acoustic transducers operating on ferromagnetic media, IEEE transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency control, 57, 2808-2817