

배관의 검사를 위한 자기변형 패치 트랜스듀서 기반의 위상배열 시스템

Phased array system for pipe inspection by using magnetostrictive patch transducers

김희웅* · 이주경** · 김윤영†

Hoe Woong Kim, Joo Kyung Lee and Yoon Young Kim

1. 서 론

위상배열 시스템은 파동을 원하는 지점에 집중시킴으로써 높은 해상도와 신호 대 잡음 비를 얻을 수 있어, 배관의 2차원 검사에 효율적으로 적용되고 있다^(1, 2). 하지만 대부분의 위상배열 시스템에서는 압전 트랜스듀서 또는 전자기 음향 트랜스듀서가 사용되어 왔고, 최근에서야 자기변형 패치 트랜스듀서를 사용하여 평판에서 위상배열의 가능성을 확인한 연구가 보고되었다⁽³⁾. 본 연구에서는 앞서 보고된 가능성을 기반으로 배관의 2차원 검사에 적합한 자기변형 패치 트랜스듀서 기반의 유도초음파 위상배열 시스템을 제안하고, 실험 및 해석을 통하여 그 성능을 확인하고자 한다.

2. 위상배열 시스템 개발

2.1 제안된 위상배열 시스템의 구성

제안된 위상배열 시스템의 구성이 Fig. 1에 나타나 있다. 6개의 분절형 자기변형 패치 트랜스듀서가 배관의 원주방향으로 균일하게 부착되어 있고, 각 트랜스듀서는 자기변형 패치와 영구자석 그리고 미앤더 코일로 구성되어 있다. 영구자석에 의한 정 자기장과 미앤더 코일에 의한 동 자기장이 수직하게

형성되기 때문에 자기변형 패치에 전단 변형이 발생되고, 배관을 따라 전단파가 전파된다.

각 트랜스미터에서 발생하는 전단파의 크기 및 시간을 조절하기 위하여 FPGA (Field Programmable Gate Array)와 DAC (Digital Analog Converter)로 구성된 6채널 함수 발생기를 구현하였다. 함수 발생기에서 발생한 신호는 6채널의 파워 앰프를 통해 증폭되어 각 트랜스미터에 전달된다. 트랜스미터에서 발생한 신호는 6개의 리시버에서 측정되고, 6채널의 프리 앰프를 통해 증폭된 후, 다채널 오실로스코프에 입력된다.

2.2 시간 역전 기법을 이용한 전단파 집중

각 트랜스미터에서 발생하는 전단파의 크기와 시간 지연을 예측하기 위해 시간 역전 기법⁽⁴⁾을 적용한 파동 시뮬레이션을 수행하였다. 하나의 트랜스미터를 이용하여 전단파를 발생시키고, 정해진 집중 거리에서 원주 방향으로 60° 간격으로 균일하게 설치된 6개의 리시버로 전단파를 측정하였다. 파동 시뮬레이션을 이용하여 측정된 신호가 Fig. 2에 나타나 있다. 측정된 신호들의 최대 피크 값 (A_i)과

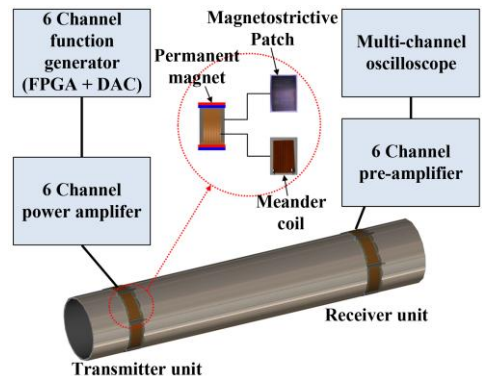


Fig. 1 The configuration of the suggested phased array system.

† 교신저자; 정희원,
서울대학교 기계항공공학부 WCU 멀티스케일
기계설계전공

E-mail : yykim@snu.ac.kr
Tel : (02) 880-7154, Fax : (02) 872-5431

* 서울대학교 차세대 기계항공시스템 창의설계 인력양성사업단

** 서울대학교 기계항공공학부 WCU 멀티스케일 기계설계전공 대학원

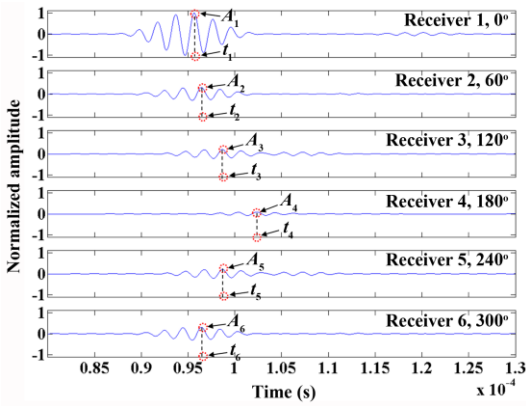


Fig. 2 Simulation of measured-signals at 300 mm away from the transmitter.

그 때의 시간 (t_i)을 추출한 후, 이를 각 리시버의 입력 신호로 사용하여 전단파를 발생시키면, 원래의 트랜스미터 지점으로 전단파가 집중되게 된다.

2.3 전단파 집중 실험 및 결과

트랜스미터로부터 거리가 300 mm인 지점에 제안된 위상배열 시스템을 이용하여 전단파를 집중하고, 하나의 트랜스미터만을 가진하여 측정된 원주방향 방사 패턴과 비교하였다. 파동 집중 실험을 위해서 앞서 수행한 시뮬레이션을 이용하여 집중 지점에 대한 각 트랜스미터에서의 시간 지연 및 발생 신호의 크기를 예측하였다. 발생된 전단파는 원주방향으로 첫 번째 트랜스미터를 중심으로 15° 간격으로 총 24개 지점에서 트랜스미터와 동일 구성의 리시버를 사용하여 측정하였다. 측정된 신호들의 최대 피크 값을 이용하여 원주방향의 방사 패턴을 구하여 Fig. 3에 실었다. 각 그림에서 실선은 파동 시뮬레이션을 이용하여 예측한 결과이고, 점들은 실험을 통해 측정된 결과를 나타낸다. 제안된 위상배열 시스템을

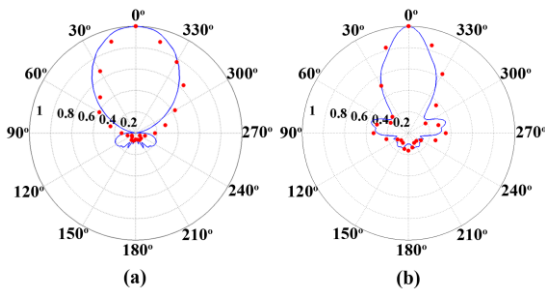


Fig. 3 Angular profiles of (a) the single transmitter and (b) the suggested phased array at 300 mm.

사용하였을 경우, 하나의 트랜스미터만을 이용한 경우에 비하여 원하는 지점(0°)에 파동 에너지가 보다 잘 집중되는 것을 확인할 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 배관의 검사를 위한 자기변형 패치 트랜스듀서 기반의 위상배열 시스템을 제안하였다. 시간 역전 기법을 적용한 파동 시뮬레이션을 통하여 각 트랜스미터에서 발생하는 전단파의 크기 및 시간 지연을 예측하였고, 집중 실험을 통하여 제안된 위상배열 시스템의 성능을 확인하였다. 향후, 제안된 위상배열 시스템을 이용하여 높은 해상도를 갖는 배관의 2차원 검사가 가능할 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 2011년도 2단계 두뇌한국21사업, 교육과학기술부 첨단비파괴 검사기술 사업과 WCU (과제번호: R31-2010-000-10083-0)의 지원을 받은 것으로 이에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- (1) Sun, Z., Zhang, L. and Rose, J. L., 2005, "Flexural torsional guided wave mechanics and focusing in pipe", *Journal of Pressure Vessel Technology*, Vol. 127, pp. 471-478.
- (2) Deng, F., Wu, B. and He, C., 2008, "A time-reversal defect-identifying method for guided wave inspection in pipes", *Journal of Pressure Vessel Technology*, Vol. 130, art. no. 201503
- (3) Lee, J. K., Kim, H. W., Lee, H. C. and Kim, Y. Y., 2011, "Basic experiment for Lamb wave focusing by phased magnetostrictive transducers in a plate", *Transactions of the Korea Society for Noise and Vibration Engineering*, Vol. 21, No. 3, pp. 227-233.
- (4) Fink, M., 1992, "Time reversal of ultrasonic fields-Part I: Basic Principles", *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, Vol. 39, No. 5, pp. 555-566.