

2층 구조 압전 트랜스듀서의 주파수 특성 변화를 이용한 물리계측법의 제안

김정호*, 김무준**, 하강열**, 이채봉***, 김천덕****

* 부경대학교 대학원 음향동공학과

** 부경대학교 물리학과

*** 동서대학교 정보시스템공학부

**** 부경대학교 전기·제어계측공학부

Measurement Method Using Change of Frequency Characteristics in Two-Layered Piezoelectric Transducer

Joung-Ho Kim*, Moo-Joon Kim**,

Kang-Lyeol Ha**, Chae-Bong Lee***, Chun-Duck Kim****

* Dept. of Acoustic and Vibration Eng. Pukyong National Univ.

** Dept. of Physics Pukyong National Univ.

*** Division of Information Systems Eng. Dongseo Univ.

**** Division of Electrical and Control Eng. Pukyong National Univ.

요 약

수중에서와 같이 전자기파의 사용이 곤란한 환경에서 정보의 전달 방법으로 초음파를 사용하는 것이 일반적이다. 그러나 기존의 방법은 음파의 전파 경로 상에 있어서 잡음, 온도, 음속 등의 환경에 많은 영향을 받기 때문에 정확한 정보의 전달이 곤란한 경우가 있다.

본 연구에서는 전기적 용량으로 특성을 제어할 수 있는 2층 구조 압전 트랜스듀서에 있어서 전기적 용량 변화에 따른 공진 모드간의 효율 비의 변화를 이용하여 전파 경로 상의 환경 변화에 독립적인 원격 물리 계측법을 제안하고 그 가능성을 확인하였다.

1. 서 론

음파는 수중에서 급속히 흡수되어 버리는 전자기파와는 달리 적절한 조건하에서는 수백 또는 수천미터까지 전파될 수 있다. 따라서 전자기파를 이용하는 레이다가 공기중에서 수행하고 있는 역할을 수중에서는 음파 및 소나가 담당하게 된다.

최근에는 음파를 이용하여 해양의 온도 변화나 강, 하천등의 유속 측정에 많은 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나 측정자가 직접 측정이 곤란한 경우, 심해 등과 같이 유선 통신이 곤란한 경우, 지속적인 측정이 요구되는 경우는 전달 환경의 변화에 독립적인 무선 통신 시스템이 요구된다.

본 연구에서는 2층 구조 압전 트랜스듀서의¹⁾ 전기적 용량의 변화에 의해 송신기인 2층 구조 압전 트랜스듀서의 특성 변화를 수신기에서 수신하여 송신기의 기본 모드와 제 2차 모드의 비의 변화를 분석하여 관측점의 물리량을 측정할 수 있는 원격 계측법을 제안하였으며, 본 연구에서는 관측점의 물리량을 전기적 용량으로 변환하는 가변 콘덴서의 개발과 제작한 가변 콘덴서와 2층 구조 트랜스듀서 특성의 관계를 고찰하였다.

2. 2층 구조 트랜스듀서의 구조와 특성

본 연구에서 제안한 원격 시스템에 있어서 송수기로 사용한 2층 구조 트랜스듀서는 그림 1과 같다.

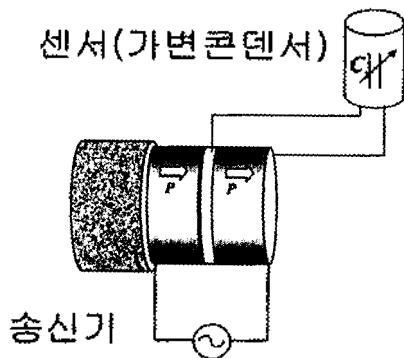


그림 1. 2층 구조 트랜스듀서의 구조

2층 구조 트랜스듀서의 구성은 동일한 특성을 갖는 지름 50[mm], 두께 3[mm], 공진주파수 705[kHz]의 PZT 압전 세라믹을 사용하였다. 이 두 장을 접착하고 전기적인 용량 C_X 를 한 쪽의 압전체 전기단자에 부가하여 제작하였다. 그리고 배면체로는 에폭시를 사용하였다. 제작한 2층 구조 트랜스듀서의 등가회로를 그림 2와 같이 Pspice 프로그램으로 나타내었다.²⁾

제작된 압전 트랜스듀서의 주파수 특성을 측정하기 위해, 신호발생기에서 펄스폭 10[μs], 전압 5[V]의 펄스 신호를 압전 트랜스듀서에 인가하여 주파수 특성을 분석하였다. 전기단에 부가한 전기적인 용량 C_X 의 변화에 따른 제작한 트랜스듀서의 주파수 응답 특성 변화의 실험결과를 그림 3에 나타내었다.

그림 3을 보면 트랜스듀서에 전기적 용량 C_X 를 부가하는 것에 의해 제 2차 모드가 발생하고 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서, 2층 구조 트랜스듀서는 부가하는

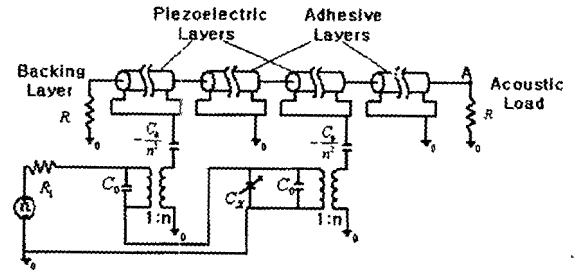


그림 2. Pspice에서 2층 구조 트랜스듀서의 등가회로

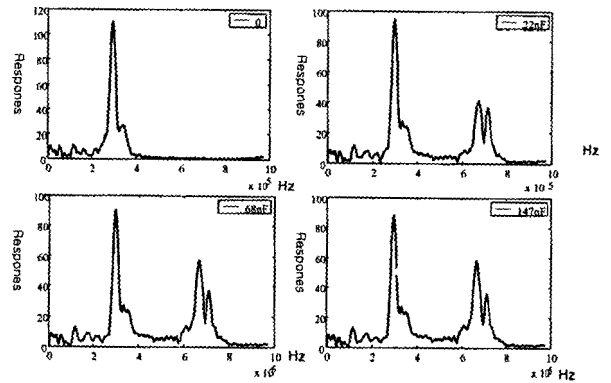


그림 3. C_X 에 따른 2층 구조 트랜스듀서의 특성

전기적 용량 C_X 에 의해 그 특성이 제어된다. 그러므로 관측점의 물리량을 전기적 용량으로 변환하면, 변환된 전기적 용량은 송신기인 2층 구조트랜스듀서의 특성을 결정하게 되고 이것을 수신기에서 수신하여 분석하면 그 관측점의 물리량을 알 수 있다. 2층 구조 트랜스듀서의 전기적 용량의 변화에 따른 특성 변화를 기본 모드와 제 2차 모드의 효율비로 나타내었으며, 전기적 용량 C_X 변화에 따른 효율비를 그림 4에 나타내었다.

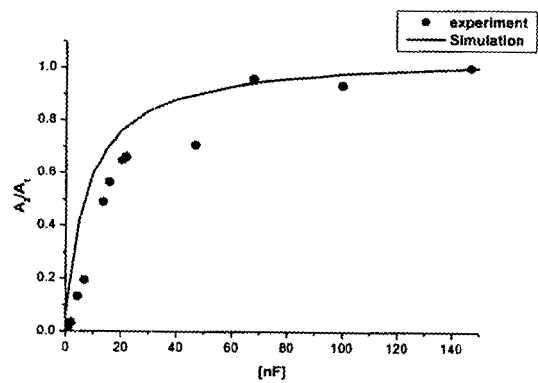


그림 4. C_X 에 따른 기본모드와 제 2차 모드의 효율비

여기서, A_1 는 기본 모드의 효율이며 A_2 는 제 2차 모드의 효율이다. 그림 4에서 C_x 에 따른 효율비는 약 0~100[nF]까지 급격히 변화하며 그 이후로는 완만한 것을 볼 수 있다. 그러므로 정도 높은 측정을 위한 센서로는 0~100[nF]까지 변화할 수 있는 가변 콘덴서가 요구된다.

3. 가변 콘덴서의 구성

본 연구에서는 압력을 감지하여 2층 구조 트랜스듀서의 특성을 변화시키는 센서인 가변 콘덴서를 그림 5와 같이 구성하였다.

그림 5의 가변 콘덴서의 구성은 원통에 용량 40[nF]의 세라믹 판 4장과 구리판 2장을 배열시키고, 아래 부분은 물이 채워져 있는 형태이다. 이 가변 콘덴서의 원리는 압력에 의해 원통이 기울어지면, 물은 배열시킨 세라믹과 구리판 사이로 유입된다. 유입된 물은 세라믹의 한 측면의 전극의 역할을 하게 되고 구리판과 도통이 되어 전기적 용량은 증가하게 된다. 이런 원리로 관측점의 압력이 전기적 용량으로 변환이 되고 변환된 전기적 용량은 2층 구조 트랜스듀서의 특성을 변화시키게 된다. 그림 6은 가변 콘덴서의 단면도이다. 물이 기울어진 각도 θ 에 의해 물이 유입되어 세라믹 판의 전극의 넓이가 결정된다. 각도 θ 에 대한 세라믹 판 전극의 넓이는 식 (1)과 같다.

$$\left\{ \begin{array}{ll} \int_{x_1}^{x_2} \tan \theta dx & 0 \leq \theta \leq \theta_1 \\ \left(\int_{x_1}^{x_2} \tan \theta dx \right) - \frac{1}{2} x' (y_2 - y_1) & \theta_1 < \theta \leq \theta_2 \end{array} \right. \quad (1)$$

여기서, $x' = \frac{y_2 - y_1}{\tan \theta}$ 이다.

4장의 세라믹 판을 병렬로 구성하면 그 용량은 160[nF]이지만, 제작한 가변 콘덴서의 최대 용량은 약 90[nF]이다. 이것은 물이 한쪽의 전극 역할을 하고 있으므로 물의 도전율에 의한 것으로 생각된다.

압력에 의한 원통의 기울어진 각도 θ 에 대한 가변 콘덴서의 용량 변화를 그림 7에 나타내었다. 그림 4와 그림 7의 결과에 의해 가변 콘덴서의 기울어진 각도와 기본 모드와 제 2차 모드의 효율비의 관계는 그림 8과 같다.

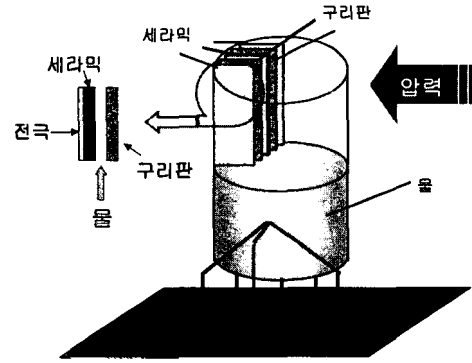


그림 5. 가변 콘덴서의 구성

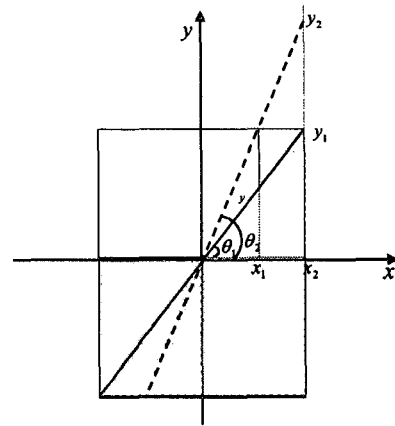


그림 6. 가변콘덴서의 단면도

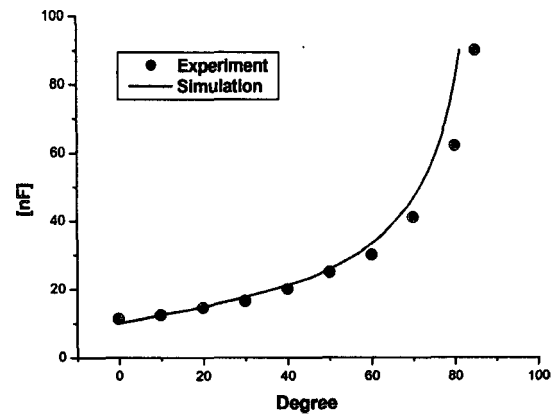


그림 7. 각도에 변화에 따른 콘덴서 용량

그러므로, 수신기에서 송신기의 특성을 분석하여 그림 8의 결과와 비교하면 가변 콘덴서의 기울어진 각을 알 수 있어, 관측점의 압력을 추정할 수 있다.

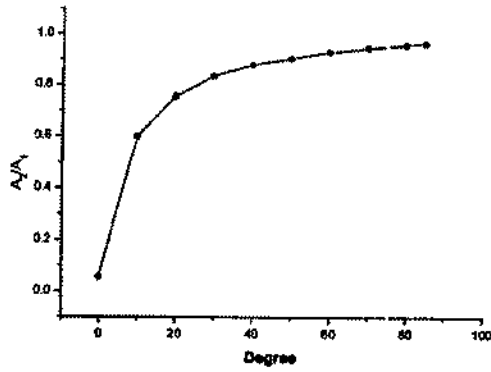


그림 8. 각도 변화에 따른 기본모드와 제 2차 모드의 효율비

4. 결론

본 연구에서는 2층 구조 압전 트랜스듀서의 전기적 용량 변화에 따른 공진 모드간의 효율 비의 변화를 이용하여 전파 경로 상의 환경 변화에 독립적인 원격 물리 측정법을 제안하고, 관측점의 물리량을 전기적 용량으로 변환하는 가변 콘덴서의 개발과 제작한 가변 콘덴서와 2층 구조 트랜스듀서의 관계를 고찰하였다.

제작한 2층 구조 트랜스듀서가 요구하는 가변 콘덴서의 용량은 100[nF]이며, 가변 콘덴서는 비 유전율이 높은 세라믹 판을 이용하여 제작하였다. 제작한 콘덴서를 이용하여 2층 구조 트랜스듀서의 특성과의 관계를 검토하였다. 그 결과 2층 구조 트랜스듀서의 기본모드와 제 2차 모드가 가변 콘덴서에 의해 제어되어, 이것을 이용하면 관측점의 물리량을 원격적으로 측정이 가능하다고 기대된다.

참고문헌

- [1]. J. Kim, M. Kim, K. Ha, and C. Kim, "Two Layered PZT Transducers for Measurement of Nonlinearity", Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 40, No. 5B, pp.3652-3653, 2001.
- [2]. E. Maione, P. Tortoli, A. Nowicki, and J. M. Reid, "Pspice Modelling of Ultrasound Transducers: Comparison of Software Models to Experiment", IEEE Trans. Ultrason., Ferroelect., Contr., 46, pp.399-405, 1999.