

초음파 트랜스듀서를 사용한 근접거리변동 측정용 센서개발에 관한 연구

A Study on the Sensor for Measuring Near-distance Variation by using Ultrasonic Transducer

양 윤석*, 신영록, 김철한*, 사공 건*

*동아대학교 전기공학과

Yun-Suk Yang*, Young-Lok Shin*, Chul-Han Kim*, Geon Sa-Gong*

*D*Dept. of Electrical, Electronic & Computer Engineering, Dong-A University, Dong-A Univ,

Abstract

In this study, the ultrasonic transducer was fabricated with piezoceramic-polymer 1-3 type composites. Pulse-echo response of that transducer in water was investigated with variable water-level. Output of LED was under the control of the signal, which was analyzed by the self-made Electric Unit.

This paper represents automatically water-detecting system with variable water level. There was in good agreement water level between the virtual level and output signal by using the self-made water-detecting system.

1. 서 론

초음파 센서는 유량·유속센서, SONAR, 가속도 센서, 습도 센서 등 여러 분야에 널리 사용되고 있으며 일렉트로닉스 기술의 혁신에 의하여 기기나 시스템의 고성능화가 급속히 진전되면서 그 중심적 역할을 하는 소자로서 각광을 받고 있다.¹⁾ 특히, 거리측정용 센서로 사용될 경우 초음파 센서는 기계적 작동부가 없으며, 유지 및 보수가 용이하고, 장기간 사용이 가능한 장점이 있다. 또한 초음파의 펄스-에코 신호를 이용하므로 공장자동화, 무인시스템 등에 응용이 가능하며, 국내 산업계에도 널리 쓰이고 있다.

그러나 국내 기반 기술의 부족으로 대부분 외국의 제품을 수입하여 사용하고 있는 실정이며, 국내 기술력 재고 및 외국과의 경쟁력을 키우기 위해서는 차별화된 연구가 필요한 현실이다.

본 연구에서는 초음파 트랜스듀서를 거리측정용 센서로 사용하여 비교적 가까운 거리에서의 피측정물의 수위의 변화를 원격으로 감지하는 시스템 개발에 대한 기초연구를 행하였다. 이를 위해 초음파 트랜스듀서는 음향임피던스 정합을 고려하여 압전성이 큰 세라믹과 비유전율이 작은 고분자 매질을 복합화한 Ceramic/Polymer 1-3형 복합압전체(Composite)²⁾를 제조하여 진동자로

사용하였으며, 수중에서의 초음파 트랜스듀서의 펄스-에코 신호를 자체 제작한 Electric Unit의 입력신호로 사용하였고, LED의 출력을 통하여 피측정물의 수위변화를 감시하였다.

2. 실험 방법

2.1 초음파 트랜스듀서의 제작

자체 제작한 1-3형 복합압전체 소자를 진동자로 사용하여 초음파 트랜스듀서용 탐촉자(probe)를 제작하였으며, 그림 1에 그 구조를 나타내었다.³⁾ 이 탐촉자는 음향임피던스가 비교적 큰 동(copper)파이프를 사용하였으며, 내경은 15(mm)이다. 그리고 탐촉자의 한쪽은 진동자를 고정하였고, 다른 한쪽은 BNC 콘넥터를 부착하였으며, 진동자 주위는 실리콘 고무로 얇게 덧입혀 각종 특성을 조사할 수 있는 구조로 제작하였다. 이때 진동자의 시효(aging)발생을 감소시키기 위하여 (+)전극을 안쪽으로 향하게 하였고, 신호선(signal line)으로는 은선(silver wire)을 사용하였다. 또 바깥면에는 접지선을 BNC 콘넥터로 접속하고, 가능한 옴접촉(ohmic contact)이 되도록 하기 위해 은전극을 사용하여

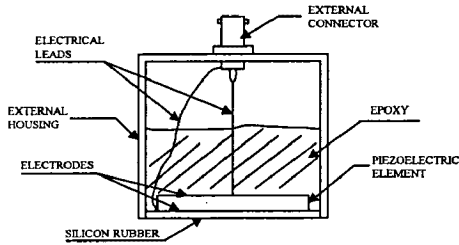


그림1. 초음파 변환기의 구조

접착시켰다. 그리고 수중에서의 측정을 위해 실리콘 고무와 테프론 테이플을 사용하여 탐촉자를 완전 밀폐하였으며, 약 1m정도의 리드선을 부착하였다.

2.2 Electric Unit

본 연구에서는 자체 제작한 초음파 변환기의 펄스-에코 응답신호를 이용하여 수위의 변화를 감시하였다. 변환기의 송수신 신호의 시간차를 전압으로 연산하기 위하여 Electric Unit을 자체 제작하였으며, 이들의 블록선도를 그림 2에 나타내었다. 초음파 변환기의 발진부는 LM555(비안정 발진기)를 사용하였으며, 발진신호를 임펄스화하기 위하여 단안정 발진기와 펄스트랜스를 사용하였다. 수신된 펄스신호는 clamping부와 증폭기를 거쳐 comparator에 의해 기준레벨(0.01V)과 비교하여 선택된다. 이 신호들은 gate와 적분기를 거쳐 sample holder에 의해 저장되며, 초음파 트랜스듀서의 자체 공진에 의한 dead time을 보

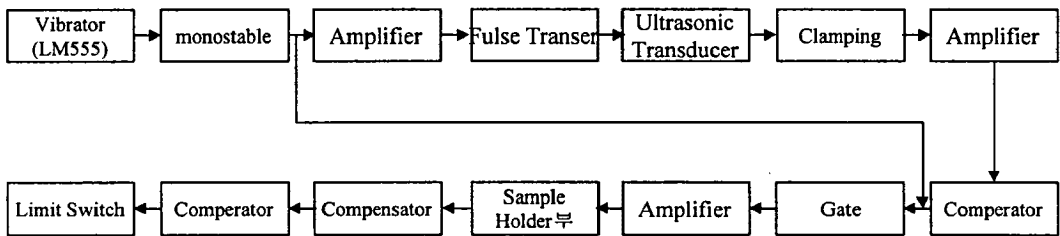


그림2. Electric Unit의 블록선도

하는 보상기를 거쳐 피측정물의 수위를 측정하게 된다.

2.3 측정 방법

본 연구에서의 수위 변화를 감지하기 위한 시스템의 블록선도는 그림 3과 같다. 5m×5m의 수조 내에 자체 제작한 1-3형 초음파 트랜스듀서를 설치하였고, 펄스-에코 신호는 RS232 통신프로토콜을 사용하여 오실로스코프(Tektronix TDS 3021, 100MHz, 1.25GS/s)와 컴퓨터를 interfacing하여 확인하였다. 그리고, 수위의 변화에 따른 펄스-에코 신호를 이용하여 Electric Unit부에서 연산된 실제 측정값을 변환기와 수위와의 기준 거리값과 Time Comperator로서 비교하여 변화된 수위를 검출할 수 있도록 하였다. 또한, 수위의 증감 변동을 시각적으로 확인하기 위하여 수위가 상승할 경우 BLUE LED, 하강할 경우 RED LED가 점등하도록 하였다.

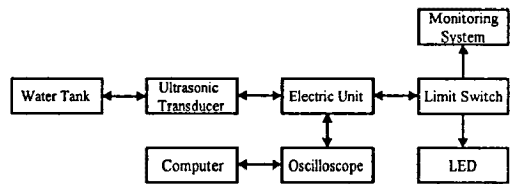


그림 3. 수위변화 감시 시스템의 블록선도

3. 결과 및 고찰

3-1. 1-3형 변환기의 공진특성

본 연구에서 제조한 1-3형 복합압전체 시편의 주파수 변화에 따른 공진특성을 나타낸 것이다. 공진주파수는 약 180kHz와 1.5MHz에서 일어났으며, 거리분해능이 우수한 쥘 두께모드 진동인 1.5MHz를 사용하였다.

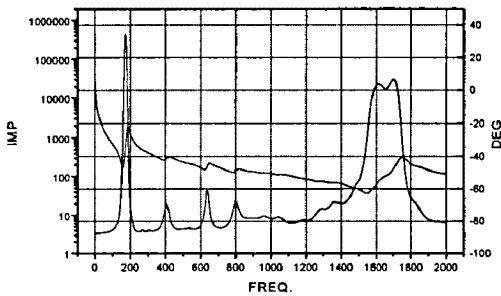


그림 4. 공진특성

3-2. 펄스-에코 특성

본 연구에서는 초음파 트랜스듀서에 그림 5와 같은 임펄스(Impulse)를 인가하여 pulse-echo 응답특성을 얻었으며, 이때 인가된 임펄스 신호의 크기는 1/100으로 감소시킨 것이다

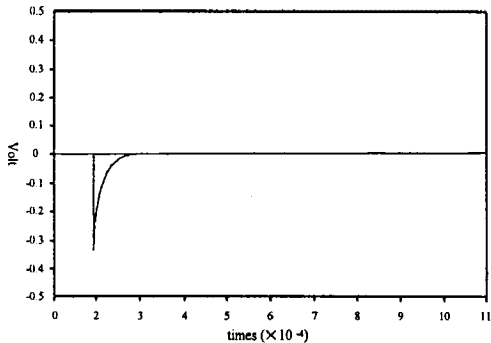
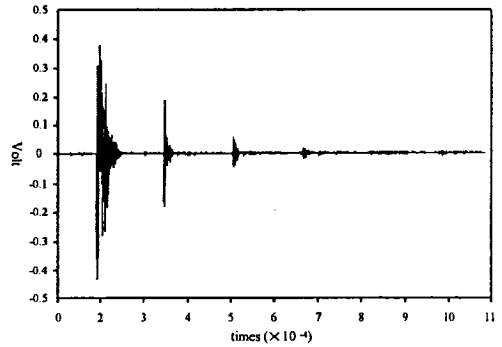
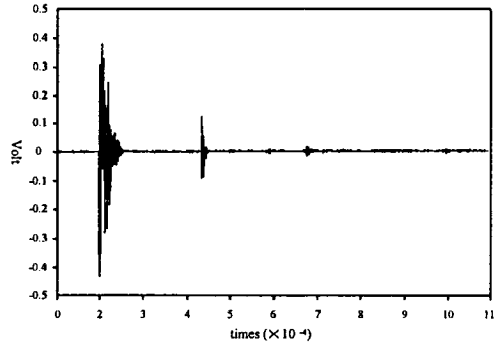


그림 5. 변환기에 인가된 임펄스의 파형

그리고 인가된 임펄스에 의해서 초음파 변환기에서 얻어진 펄스-에코 신호를 LED의 입력으로 사용하였으며, LED의 출력을 통하여 피측정물의 수위변화를 감시하였다. 이때, 기준수위는 20cm로 하였으며 이것을 기준으로 피측정물의 수위가 10cm이상 증가할 경우에는 BLUE LED가 점등하고(상한기준수위:10cm), 수위가 6cm이하로 감소할 경우에는 RED LED가 점등하도록(하한기준수위:6cm) 하였다.



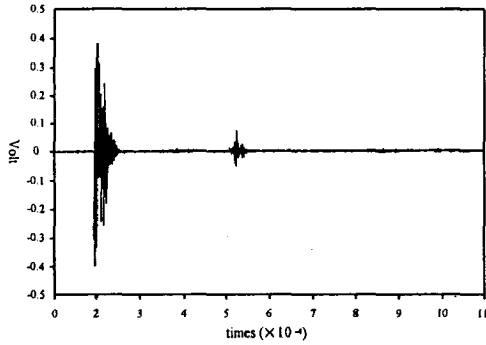
(a) 피측정물의 수위가 9cm 하강하였을 경우



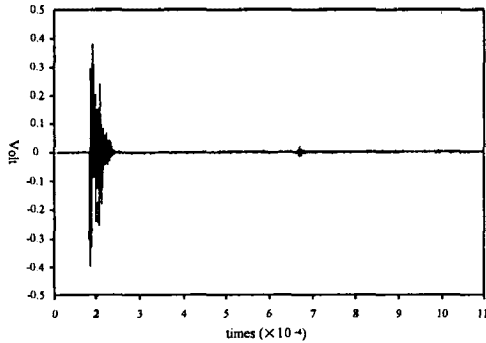
(b) 피측정물의 수위가 3cm 하강하였을 경우

그림 6. 펄스-에코 응답 특성(수위감소시)

그림 6은 수위가 하강하였을 경우의 펄스-에코 응답특성을 나타낸 것으로, 그림 6(a)는 피측정물의 수위가 9cm 하강하여 하한 기준수위를 벗어난 경우로 RED LED가 점등하였다. 그리고 그림 6(b)는 피측정물의 수위가 3cm 하강하여 하한 기준을 벗어나지 않았으므로 LED의 출력은 나타나지 않았다.



(a) 피측정물의 수위가 4cm 증가하였을 경우



(b) 피측정물의 수위가 14cm 증가하였을 경우

그림 7. 펄스-에코 응답특성(수위증가시)

그림 7은 수위상승시의 펄스-에코특성을 나타낸 것으로, 그림 7(a)는 피측정물의 수위가 4cm 상승하였을 경우로 LED출력이 나타나지 않았고, 그림 7(b)는 피측정물의 수위가 14cm 상승하였을 경우로서 BLUE LED가 점등하였다.

표1은 피측정물의 수위변동에 따른 LED의 출력을 나타낸 것으로, 실제 측정값과 비교적 잘 일치하였다.

표1. 수위변동에 따른 LED의 출력

수위 변화	감 소		기 준 레 벨	증 가	
	←	→		←	→
검출 신호	9cm	3cm	0	4cm	14cm
RED LED	○	×	×	×	×
BLUE LED	×	×	×	×	○

(○: 점등, ×: 소등)

4. 결 론

본 연구에서 자체 제작한 근접거리 변동 측정 시스템을 사용한 비교적 가까운 거리범위(수 cm~수십cm)에서의 피측정물의 수위변동에 대한 LED의 출력결과는 다음과 같다.

1. 수위가 상승할 경우 기준레벨 이상과 상한 레벨 미만의 범위에서는 출력이 나오지 않았으며, 상한 레벨 이상일 경우 검출신호가 나타났다.
2. 수위가 하강할 경우 기준레벨 이하와 하한레벨초과의 범위에서는 출력이 나오지 않았으며, 하한레벨이하일 경우 검출신호가 나타났다.
3. 수위의 변동에 따른 검출신호가 비교적 정확하여 비교적 근접한 거리에서 피측정물의 변화만을 감시하고자 하는 시스템에 적용이 가능함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 황규변, "센서활용기술", 機電硏究社, pp 134~139, 1995
2. R.E. Newnham, A. Safari, G. Sa-Gong & I. Giniewicz, "Flexible Composites Piezoelectric Sensors", IEEE Proc., Int'l Ultrason. Sympo., p.501, 1984.
3. 최헌일, 사공건, "사전분극처리된(Prepoled) 유연한 1-3 세라믹/고분자 복합압전체의 PZT 체적비에 따른 전기적 특성", 대한전기학회 논문지, 42권 11호, pp.100~106, 1993.