

다공질 압전 소자로 제작한 초음파 트랜스듀서의 물체복원

조현철^o · 이수호^{*} · 박정학^{**} · 최현일^{**} · 사공 건^{**}
경북전문대학 전자과^o · 영월공업전문대 전기과^{*} · 동아대학교 전기공학과^{**}

Object Recognition of Ultrasonic Transducer fabricated with Porous Piezoelectric Ceramics

Hyun-Chul, Cho^o · Su-Ho Lee^{*} · Jung-Hak Park^{**} · Heon-Il Choi^{**} · Geon Sa-Gong^{**}

^o Dept. of Electronic Eng., Kyung Pook Junior College

^{*} Dept. of Electrical Eng., Young Wol Technical Junior College

^{**} Dept. of Electrical Eng., Dong-A Univ.

Abstract-In this study, Object restoration of ultrasonic transducer fabricated with porous piezoelectric ceramics using Modified SCL(Simple Competitive Learning) neural networks are presented. Using the acquired object data 16×16 pixels, Modified SCL neural networks using the 16×16 low resolution image was used for object restoration of 32×32 high resolution image. The experimental results show that the ultrasonic transducer fabricated with porous piezoelectric ceramics could be applied for sonar system.

1. 서 론

물체 인식과 복원을 위한 초음파 트랜스듀서의 영상 시스템은 카메라의 광학적 시스템과 더불어 무인 자동화 시스템의 지능기술 분야와 수중탐사의 정밀계측기술 분야에 많이 요구되고 있다. 특히 물속은 혼탁하며 해변근처에는 혼탁도가 더욱더 심하여 광학적 비전시스템을 사용하는 경우 시야가 1~6m로 제한되기 때문에 음파 비행시간을 이용하는 초음파 트랜스듀서의 영상시스템이 널리 사용된다.[1]

초음파 트랜스듀서는 압전 및 전기기계 결합특성이 우수한 PZT 세라믹스 재료가 많이 사용되고 있다. 그러나 PZT 단일상만으로 제작된 초음파 트랜스듀서는 단일상이 갖는 한계성과 높은 유전율로 인하여 수중의 성능지수가 작으며, 밀도가 높아 수중에서 유향임피던스 정합(matching)이 어렵다. 그러므로 정합개선을 위해 저밀도이면서 압전성이 우수한 새로운 소재의 초음파 트랜스듀서의 개발이 요구되고 있다.

본 연구에서는 용융염합성법으로 제조한 PZT분말과 폴라스틱 구체(PVA)를 사용하여 BURPS법에 의해 제조된 다공질 압전 초음파 트랜스듀서를 제작하고 수중에서 응용될 때의 제특성을 조사하였다. 아울러 수중 물체의 3차원 복원을 수행해 봄으로써 초음파 트랜스듀서로서의 활용 가능성을 검토하였다.

2. 실험방법 및 특성측정

2.1 다공질 압전 PZT 제조

PbO, ZrO₂, TiO₂를 출발원료로 사용하여 상조성경계(MPB)를 갖는 PZT[Pb(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O₃] 분말을 용융염합성법으로 합성하였다. 다공질 PZT 세라믹스의 기공 형성을 위해 폴라스틱 구체로서 74~88(μm)의 크기를 갖는 PVA를 사용하였다. PZT와 PVA 중량비를 92.5 : 7.5(wt.%)로 건식 혼합하여 20,000(psi)로 등압 성형하고, 1,150(°C)에서 1시간 소결하여 다공질 압전 PZT시편을 제조하였다.[2]

압전정수 d_{33} 는 Berlincourt Piezo d_{33} -meter(Model CPDT 3300, Channel Products, Inc., OII 44022)로 측정하였고, 정수압 압전전압정수 g_{33} 는 pseudo dynamic g_h 측정법에 의해 구하였다.

LF 임피던스 분석기(HP4192A)를 사용하여 공진주파수 및 공진임피던스를 측정하여 유향임피던스를 계산하였고, 탄성컴플라이언스는 EMAS의 규정에 의해 구하였다.

2.2 초음파 트랜스듀서 제작

그림 1~4는 전처리된 저해상도의 원시데이터 16×16 픽셀의 3차원 물체윤곽과 신경회로망 학습에 의한 32×32 픽셀의 고해상도 3차원 물체 윤곽 검출 결과를 나타내었다. 그림에서 3차원 물체 윤곽을 비교적 선명하게 추출할 수 있음을 알 수 있었다.

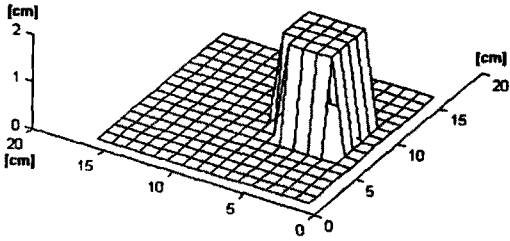


그림 1. 우 4cm 이동된 정사각형의 저해상도 윤곽추출
Fig. 1. Contour extraction of square object translated right 4cm

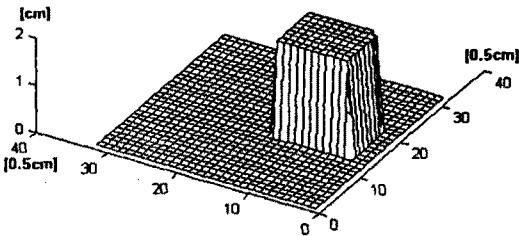


그림 2. 우 4cm 이동된 정사각형 물체의 고해상도 복원
Fig. 2. Contour extraction of square object translated right 4cm

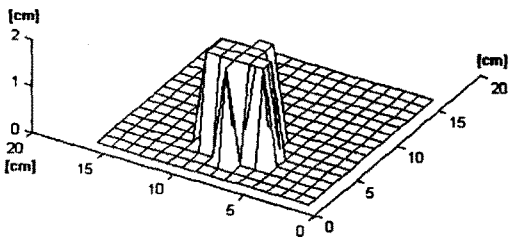


그림 3. 상 4cm 이동된 원통형 물체의 저해상도 윤곽추출
Fig. 3. Contour extraction of cylinder object translated up 4cm

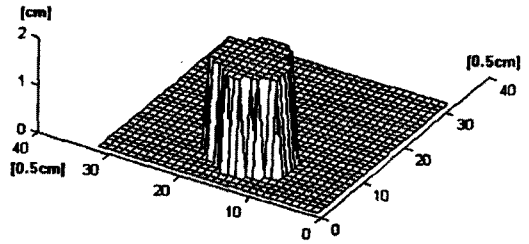


그림 4. 상 4cm 이동된 원통형 물체의 고해상도 복원
Fig. 4. High resolution restoration of cylinder object translated up 4cm

4. 결론

다공질 압전소자로 제작된 초음파 트랜스듀서를 사용하여 수중 물체인식 과정의 일부인 3차원 물체복원을 실험한 결과 선명한 물체윤곽을 추출할 수 있었다. 이는 음향임피던스가 작은 다공질 소자를 사용함으로써 트랜스듀서의 성능지수가 커져 송·수신허성이 향상되었기 때문으로 생각된다. 따라서 수중에서 초음파 트랜스듀서로서의 적용 가능성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] JERRY L. SUTTON, "Underwater Acoustic Imaging", Proceedings of the IEEE. Vol. 67, No.4, pp.229~241, April 1979.
- [2] 박정학, 이수호, 사공건, 배진호, "수중청음기 응용을 위한 다공질 PZT 세라믹스의 압전특성", 대한전기학회, Vol. 45, No. 4, pp. 558~561, 1996.
- [3] 이기성, "초음파센서 배열을 이용한 3차원 물체인식과 복원", 대한전기학회, Vol.44, No.5, pp. 671~677. 1995
- [4] S.Y. Lynn and R.E. Newnham and K.A. Killer and K. Rittenmyer and A. Safari and W.A. Schulze, "Ferroelectric Composites for Hydrophone", Ferroel., Vol. 38, pp. 955~958. 1982.

제조된 다공질 PZT 세라믹스를 진동자로 사용하여 수중 초음파 트랜스듀서용 탐촉자를 제작하였다. 이 탐촉자는 음향임피던스가 비교적 큰 동파이프를 사용하였으며, 내경은 15[mm]이다. 그리고 탐촉자의 한쪽은 진동자를 고정하였고, 다른 한쪽은 BNC 컨넥터를 부착하였다. 진동자 주위는 각종 초음파 특성을 조사할 수 있도록 실리콘 고무로 밀폐시켰다. 이때 진동자의 시효(aging)발생을 감소시키기 위하여 (+)전극을 안쪽으로 향하게 하였고, 신호선(signal line)은 은선(silver wire)을 사용하였다. 또 바깥면에는 접지선을 BNC 컨넥터로 접속하고 가능한 한 음성 접촉이 되도록 하기 위하여 은전극을 사용하여 접착시킨 후 에폭시를 얇게 덧입혔다.

2.3 수중 물체의 고해상도 복원 신경회로망

초음파 트랜스듀서에 의해 획득된 물체정보는 16×16 픽셀의 저해상도이므로 해상도를 향상시켜 물체를 복원하는 것이 필요하다. 16×16 픽셀의 원시데이터를 입력 받아 32×32 픽셀의 해상도로 향상시키며 3차원 물체 윤곽을 복원하는데 사용된 알고리즘은 2상(two-phase) SCL(Simple Competitive Learning)수정형 신경회로망으로서 식(4)와 같은 학습 알고리즘을 가진다.[3]

$$\omega(t+1) = \omega(t) + \varepsilon(t) \exp\left(-\frac{|L(\omega'(t)) - L(\omega(t))|^2}{\sigma^2(t)}\right) \times [\omega'(t) - \omega(t)] \quad (4)$$

여기서 $\omega'(t)$ 는 기준 weight 벡터, $\omega(t+1)$ 는 update 할 weight 벡터, $L[\omega(t)]$ 는 $\omega(t)$ 의 2차원 index에 의해 구해지는 입력공간의 위치, $\sigma(t)$ 는 임의의 값에서 0으로 줄어드는 가변 분산을 나타낸다.

2.4 3차원 수중 물체복원 실험방법

표 1의 실험장치와 자체 제작한 다공질 초음파 트랜스듀서를 사용하여 트랜스듀서의 중심을 기준으로 먼저 y축으로 1cm간격으로 16step이동시킨 후 x축으로 1cm이동시키는 동작을 반복하여 한 픽셀의 크기가 x축으로 1cm, y축으로 1cm인 16×16픽셀의 실험물체 거리정보를 획득하였다. 작업영역의 가로, 세로, 높이는 16cm×16cm×7.5cm이다.

표 1. 실험장치

Table 1. Experimental equipments

실험장치명	모델명	회사명
수조	upk-T	Physical Acoustics Co.
Pulse Receiver	1010PR	ACCU-TRON Inc.
Software	Testpro System	Infomatics Inc.

본 실험의 x, y좌표 값은 초음파 트랜스듀서의 중심의 고정된 값이므로 초음파 트랜스듀서는 직진성만 가진다고 가정하여 측정범위에서 벗어난 물체정보들은 제거하였다. 물체의 거리정보는 초음파 트랜스듀서에 가해진 임펄스 전기신호에 의한 음파의 비행시간을 검출하여 계산하였으며, 거리정보 검출방법으로는 one-pulse echo mode를 이용하였다. 실험에 사용된 물체는 정사각형[cm](W5×L5×H2), 직사각형[cm](W4×L5×H2), 원통 [cm](D5×H2), 정삼각형 [cm](L5×H2) 등 4종류이다.

실험장치로 부터 획득된 원시데이터 16×16 픽셀의 3차원 물체정보를 이용하면 물체의 윤곽은 표현되지만 해상도가 떨어져 선명한 물체윤곽 추출이 어렵다. 원시데이터를 0.5cm×0.5cm를 한 픽셀 크기로 하는 32×32픽셀로 해상도를 향상시키면서 3차원 물체복원을 위해 2상 SCL 수정형 신경회로망을 이용하였다. 물체의 원시데이터는 실험환경의 온도변화 등에 따른 noise를 포함하고 있어 이를 제거하고 일정한 픽셀로 재구성한 후 신경회로망에 입력하고 30번 반복학습 시켰다.

3. 실험결과 및 고찰

표 2는 PZT와 PVA의 중량비 92.5 : 7.5(wt.%)로 제작된 다공질 압전 초음파 트랜스듀서의 제특성을 나타내었다. 본 연구에서 제작한 다공질 초음파 트랜스듀서는 수중 초음파 트랜스듀서의 요구조건[4]을 비교적 잘 만족하고 있다.

표 2. 다공질 압전 초음파 트랜스듀서의 제특성
Table 2. Characteristics of porous piezoelectric ultrasonic transducer

특성	측정값
밀도	6.6(g/cm ³)
압전계수 d_{33}	350 ($\times 10^{-12}$ C/N)
기계적 품질계수 Q_m	5.8
두께방향 결합계수 K_t	0.57
탄성컴플라이언스 S_{33}^D	15 ($\times 10^{-12}$ m ² /N)
수중음향 임피던스	17.8(Mrayl)
성능지수 FOM	3500($\times 10^{-15}$ m ² /N)