

1-3형 복합압전체 초음파 센서를 이용한 3차원 수중 물체인식

조현철* · 이기성**
 경북전문대학 전자과* · 홍익대 전자전기공학부**

3-D Underwater Object Recognition Using Ultrasonic Sensor
 Fabricated with 1-3 Type Piezoelectric Composites

Hyun-Chul Cho* · Keeseong Lee**
 Kyungbuk College* · Hong-Ik University**

Abstract-The SOFM neural network as the recognizant algorithm of 3-D underwater object with ultrasonic sensor had the recognizant rate of 100%.

뉴런문제를 해결하기 위해 입력벡터들 자체에서 표본추출하여 초기화한다. 학습초기에 이웃반경 N_j 를 모든 뉴런들이 포함될 수 있도록 충분히 크게 잡았다가 점차로 줄인다.

1. 서 론

신경회로망은 지능로봇, 영상처리 및 3차원 물체인식 등 지능제어분야에서 널리 사용되고 있으며, 그것은 입력값과 목표 값을 함께 학습하는 지도학습(Supervised learning)신경회로망과 입력데이터만을 이용하여 학습하는 자율학습(Unsupervised learning)신경회로망으로 크게 분류된다.

한편 3차원 물체인식에는 센서에서 물체까지의 거리정보를 이용하는데, 거리정보 추출에는 스테레오 비전과 레이저 거리센서를 이용한 광학적 방법, 레이더 등 전자파를 이용하는 방법 및 초음파를 이용하는 방법 등이 제안되고 있으나 사용환경에 따라 능률은 달라진다.

비전시스템은 빛의 영향으로 사용환경에 제한을 받으며, 투명물체의 인식은 어렵다. 그리고 수중의 염분은 빛의 에너지를 심하게 감쇠시켜 먼거리의 측정을 어렵게 한다[1]. 레이더 등의 전자파를 이용하는 방법은 전자파의 전파속도가 너무 빨라 근접한 거리의 검출은 어렵고 유리와 같은 투명물체는 투과하므로 검출이 불가능하다.

이들에 비하여 초음파 센서는 초음파의 비행시간을 이용하여 물체에 대한 정보를 획득하므로 검출물체의 제한이 없으며, 빛의 양과 방향 등의 영향을 받지 않아 카메라 사용이 적합하지 못한 환경에서도 물체인식이 가능하다. 그리고 해수에서는 염분에 의한 음파에너지의 감쇠가 적어 먼거리의 물체정보 획득이 가능하고, 데이터 처리가 간단하여 수중음파 영상처리, 깊이측정 및 어군탐지 등에 널리 사용되고 있다[2].

본 연구에서는 압전세라믹-고분자 1-3형 복합압전체를 이용하여 초음파 센서(이하 1-3형 초음파 센서라 칭한다)를 제작한다[3]. 그리고 제작된 초음파 센서를 이용한 3차원 수중 물체인식 알고리즘으로서 자율학습 신경회로망계열의 SOFM(Self Organizing Feature Map)신경회로망을 제안한다.

2. SOFM 신경회로망

SOFM 신경회로망은 자율학습의 대표적인 신경회로망으로서 다음과 같은 학습알고리즘을 가진다[2].

- step 1. 연결강도를 초기화한다.
 V 개의 입력벡터와 $N \times N$ 개의 출력뉴런 사이의 연결강도는 학습이 이루어지지 않는

- step 2. 새로운 입력벡터를 입력한다.

$$V = [x_1 \ x_2 \ x_3 \ \dots \ x_i]^T \quad (1)$$

- step 3. 입력벡터와 모든 뉴런들 사이의 유클리드 거리를 계산한다.
 입력과 출력뉴런 j 사이의 거리 d_j 는 식 (2)와 같이 계산한다.

$$d_j = \sum_{i=0}^{V-1} [x_i(t) - w_{ij}(t)]^2 \quad (2)$$

여기서 $x_i(t)$ 는 시각 t 에서의 i 번째 입력벡터이고, $w_{ij}(t)$ 는 시각 t 에서의 i 번째 입력벡터와 j 번째 출력뉴런 사이의 연결강도이다.

- step 4. 최소거리에 있는 출력뉴런을 결정한다.
 식 (2)의 거리 값이 최소인 출력뉴런 j 를 승자 뉴런 $j(c)$ 로 선택한다.

- step 5. 승자뉴런 $j(c)$ 와 그 이웃들의 연결강도를 재조정한다.
 승자뉴런 $j(c)$ 와 그 이웃반경내의 뉴런들의 연결강도를 식 (3)에 의해 재조정한다. 여기서 학습률 $\alpha(t)$ 는 시간에 따라 점차 감소하는 단조감소함수이다.

$$\omega_r(t+1) = \omega_r(t) + \alpha(t) \cdot N_j(t) \cdot [V(t) - \omega_r(t)] \quad (3)$$

- step 6. step 2로 가서 반복한다.

3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치의 구성

3차원 수중 물체인식을 위한 실험장치는 수조, Pulse Receiver(1010PR, Accu-tron Inc.) 및 초음파센서 분 석용 소프트웨어(Testpro System, Infomatics Inc.)로 구성한다. 그림 1은 실험장치 구성도를 나타내며 표 1은 수중 물체인식 실험에 사용된 물체의 종류와 크기를 나타낸다.

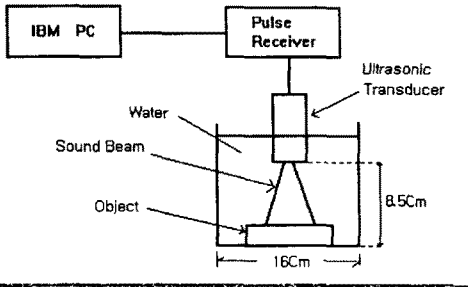


그림 1. 수중 물체인식 실험 장치도

표 1. 실험물체의 종류 및 크기

종 류	재 질	크 기
원 통	S45	D8.5cm×H2cm
직사각기둥	S45C	W11cm×L8cm×H2cm
정사각기둥	S45C	W7.3cm×L7.3cm×H2cm
정삼각기둥	S45C	L5cm×H2cm

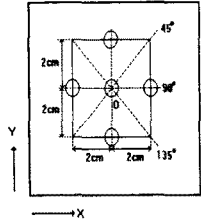


그림 2. 수중 물체인식 실험의 작업영역

3.2 실험방법

자체 제작된 1-3형 초음파 센서(3)의 중심을 기준으로 먼저 y축으로 1cm간격으로 16 step 이동 시킨 후 x축으로 1cm 이동시키는 동작을 반복하여 수조내의 물체의 거리정보를 픽셀당 x축으로 1cm, y축으로 1cm의 크기를 갖는 16×16픽셀로 획득한다.

본 실험의 x, y 좌표 값은 초음파 센서 중심의 고정된 값이므로 초음파 센서는 직진성만을 가진다고 가정하여 측정 범위에서 벗어난 수중 물체의 거리정보들은 제거한다.

수중 물체의 거리정보는 초음파 센서에 가해진 임펄스 전기신호에 의한 음파의 비행시간을 검출하여 계산하였으며, 거리정보 검출방법으로는 one-pulse echo mode를 이용한다.

실험장치로부터 획득된 원시데이터 16×16 픽셀의 3차원 수중 물체정보는 실험환경의 온도변화 등에 따른 noise를 포함하고 있어 이를 제거하고 물체정보를 일정한 픽셀로 전처리 한 후 이를 SOFM 신경회로망의 입력으로 사용한다.

정사각기둥 30개, 직사각기둥 30개, 원통형 30개, 정삼각기둥 30개의 데이터인 총 120개의 원시데이터를 추출하여 일정한 픽셀로 전처리한다. 이 중에서 72개는 SOFM 신경회로망의 학습(training) 데이터로 이용하고, 나머지 48개는 시험(testing)데이터로 사용한다.

SOFM 신경회로망은 1-3형 초음파 센서에 의해 획득된 수중 물체의 거리와 위치정보들을 입력받아 3차원 수중 물체운곽 특징을 추출하여 정사각기둥, 직사각기둥, 원통형, 정삼각기둥인 4종류의 물체입력데이터를 분류한다.

본 실험에서는 SOFM 신경회로망의 출력 Neuron space 크기를 10×10, 입력벡터 V는 256(16×16)차원으로 구성하고 50회 반복학습 시킨다.

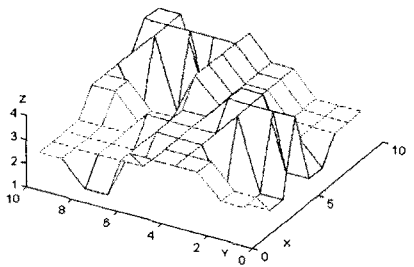


그림 3. 출력 Neuron 10×10인 SOFM신경회로망의 수중 물체분류지도영역

표 2. 50회 반복학습 후의 수중 물체인식률

수중 물체	인식률		인식률	
	데이터 수	인식률	데이터 수	인식률
정사각기둥	18	100%	12	100%
직사각기둥	18	100%	12	100%
원 통	18	100%	12	100%
정삼각기둥	18	100%	12	100%

4. 실험결과

본 연구에서 제안한 수중 물체인식 알고리즘은 표 2에서 보는 바와 같이 짧은 학습시간으로도 학습데이터와 실험데이터 모두 100%의 인식률을 나타내었다. 이는 경쟁학습규칙을 이용하는 SOFM신경회로망은 데이터 분포 특성에 따라 히든 층을 변화시키는 Backpropagation 신경회로망[4]에 비해 학습시간이 적게 소요되었다.

한편 자체 제작된 1-3형 초음파 센서는 수중 음향임피던스 매칭이 좋고, 성능지수가 높은 성능을 가지고 있음을 이 실험을 통해 확인할 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 초음파 센서를 이용한 3차원 수중 물체인식 알고리즘으로서 SOFM신경회로망을 제안하고, 실험하였다. 그리고 이와 더불어 자체 제작된 1-3형 초음파의 성능을 실험하였다.

제안한 SOFM 신경회로망은 학습 및 실험데이터 모두 100%의 인식률을 나타내었다. 그리고 그의 학습시간은 공기 중의 물체인식에 이용된 Backpropagation 신경회로망[4]에 비해 훨씬 짧음을 확인할 수 있었다.

따라서 본 연구에서 제안한 신경회로망은 수중 물체인식 알고리즘으로서 유용할 것으로 생각된다. 이와 더불어 자체 제작된 1-3형 초음파 센서는 수중용 초음파 센서로서의 응용 가능성이 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 본 연구는 인식 대상 물체의 수가 적으며, 센서 또한 거리검출이 제한되어 있다. 차후에는 본 연구의 인식 알고리즘에 인식 대상 물체 수를 확대 적용하는 연구와 먼거리의 물체정보도 획득할 수 있는 초음파 센서의 개발이 진행되어야 한다.

(참 고 문 헌)

- [1] JERRY L. SUTTON, "Underwater Acoustic Imaging", Proceedings of the IEEE, Vol. 67, No. 4, pp.229~241, April 1979.
- [2] 김대수, "신경망 이론과 응용(II)", 하이테크정보, pp. 229~246, 1993.
- [3] 조현철, 이기성, 최헌일, 사공건, "1-3형 복합압전체로 제작한 초음파 트랜스듀서와 신경회로망을 이용한 3차원 수중 물체복원", 대한전기학회논문지, Vol. 48, No. 6, 1999. 6.
- [4] S. Watanabe and M.Yoneyama, "An Ultrasonic Visual Sensor for Three Dimensional Object Recognition using Neural Network", IEEE Transaction on Robotics and Automation, Vol. 8, No. 2, pp. 240-249, 1992.