
신경망과 초음파를 이용한 크레인의 충돌방지 시스템

이병로* · 김현덕**

Anti-Collision System of Crane Using Neural Network and Ultrasonic

Byeong-Ro Lee*, Hyun-Deok Kim**

요 약

크레인의 운영에 있어 효율적인 운전과 안전을 위한 장비 중의 하나가 충돌 방지 시스템이다. 이 시스템의 대부분은 초음파를 이용하여 거리를 측정하여, 크레인의 위치와 충돌을 방지하기 위해 사용되고 있다. 그러나, 초음파를 이용한 충돌 방지 시스템은 온도와 습도의 변화에 의해 성능의 신뢰성이 저하된다. 따라서 본 연구에서는 온/습도 변화에 따른 거리측정의 성능과 안정성의 개선을 위해 신경망을 이용한 크레인 충돌방지 시스템을 제안하고 성능을 평가하였다. 실험의 결과에서 제안된 기법이 기존의 온도 보상의 기법보다 안정성과 정밀도가 향상됨을 보였다.

ABSTRACT

The anti-collision system is one of units for effectual operation and safety in crane operation. Most of the system have used ultrasonic to measure position and to prevent collision of crane. But, the anti-collision system using ultrasonic is fallen the reliability of performance by the change of temperature and humidity. Hence, this study proposes neural network applied to anti-collision system to improve accuracy and stability of the measured distance data, and we evaluate performance of the system. In results of experiments, the proposed method was seen that stability and accuracy of data are improved than that of the temperature compensation method.

키워드

Crane, Anti-collision system, Neural network, Ultrasonic, Bluetooth

I. 서론

일반적으로 중대기업의 대부분 물자 수송을 위해 크레인을 운영하고 있으며, 선박 제조에는 필수로 필요한 장비가 대형 크레인으로서 주로 사용기기 및 자재 등을 운반, 조립하는데 사용하고 있다. 이와 같이 산업 전반에 걸쳐 사용되고 있는 크레인의 운영에 있어 효율적인 운전과 안전에 직결되어 있는 장비중이 하나가 충돌방지

시스템이다. 이 시스템은 초음파를 이용하여 거리를 측정하여, 크레인간의 거리 측정과 물체의 유무를 판단하여 충돌을 방지하는데 사용되고 있으나, 초음파를 이용한 충돌방지 시스템은 대기 온도, 습도 등에 따라 성능이 저하되어 정확한 거리 측정이 어렵다[1][2]. 따라서 본 연구에서는 이러한 크레인의 이동 검출과 거리 검출 충돌방지를 위한 충돌방지 시스템의 측정 성능을 향상시키기 위해 비선형 함수 근사화(function approximation)에

* 진주산업대학교 전자공학과, 교신저자

** 진주산업대학교 전자공학과

해 음속이 변화한다. 이 변화로 초음파 거리 측정에 있어 대기 상태에 따라 정확도가 저하되는 현상이 발생한다. 이러한 거리 측정에서의 성능저하를 개선하기 위해 본 연구에서 인공신경망(artificial neural network)을 이용하여 대기환경에 따른 초음파 거리측정 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘은 1차적으로 측정된 초음파 거리값 L 과 대기의 온도 T 습도 H 값을 기초로 하여 서로 상관성을 결부시켜 신경망 입력 벡터로 사용하였다. 이 입력 벡터는 다음의 식과 같다.

$$\vec{X} = [L \ T \ H \ LT \ LH \ HT] \quad (2)$$

이 입력 벡터를 기초로 본 연구에서는 함수적인 맵핑을 위해 함수 근사화에 우수한 성능을 보이는 다층신경망(Multi-Layer Neural Network)을 사용하였으며, 신경망의 구조는 그림 2와 같다.

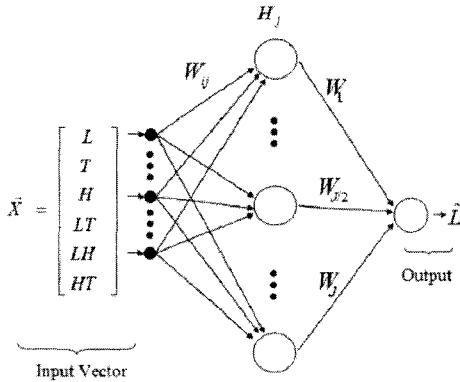


그림 2. 거리 추정을 위한 다층 신경망의 구조
Fig. 2 The structure of multi-layer neural network to estimate distance.

그림 2의 신경망 구조는 특정 벡터의 크기에 따른 I 개의 입력 뉴런과 J 개의 은닉 뉴런, 1개의 출력 뉴런을 가지도록 하였다. 순방향 연산 처리는 식(2)의 입력 벡터에 의해 식(3)과 같이 신경망 은닉층의 출력을 구하였다.

$$H_j = f_h \left(\sum_{i=1}^I W_{ij} X_i \right) \quad (3)$$

식(3)에서 활성화 함수는 마이크로컨트롤러에서 구현

이 용이하게 선형함수를 사용하였고, 이 활성화 함수의 기울기를 1로 설정하였다. 결론적으로 은닉층의 출력은

$$H_j = \sum_{i=1}^I W_{ij} X_i \quad (4)$$

로 정의하여 사용하였다. 그리고 보상된 거리 측정값 \hat{L} 을 출력하는 신경망의 출력층 또한 기울기가 1인 선형함수를 사용하였다.

$$\hat{L} = \sum_{j=1}^J W_j H_j \quad (5)$$

그리고 대기 환경에 따른 거리추정을 위해 신경망 학습은 감독학습으로 오류역전파 알고리즘을 사용하였으며, 학습 알고리즘에 대한 가중치의 변화량 ΔW_{ij} , ΔW_j 는 식(7), (8)과 같이 구하였다.

$$E = \frac{1}{2} [L_d(k) - \hat{L}(k)]^2 \quad (6)$$

$$\Delta W_j = -\eta_1 \frac{\partial E}{\partial W_j} = \eta_1 [L_d(k) - \hat{L}(k)] H_j \quad (7)$$

$$\Delta W_{ij} = -\eta_2 \frac{\partial E}{\partial W_{ij}} = \eta_2 X_i W_j [L_d(k) - \hat{L}(k)] \quad (8)$$

$$W_{ij} = W_{ij} + \Delta W_{ij}, W_j = W_j + \Delta W_j \quad (9)$$

식(7)과(8)에서 η_1 , η_2 는 학습 상수이고, k 는 학습 데이터의 인덱스이다. 학습 완료 후, 학습 결과인 각 층의 가중치 W_{ij} 와 W_j 를 마이크로컨트롤러에 적용하여 사용하였다.

III. 하드웨어 구현 및 실험

본 연구에서 제안한 신경망 알고리즘을 적용한 크레인 충돌 방지용 초음파 거리 시스템을 그림 3과 같이 구현하였다. 구현에서 사용된 초음파 송수신 모듈은 초음파 진동 주파수가 50KHz, 음파 빔 각이 15[deg.]인 Sens Comp사의 SE-600-1[4]를 사용하였으며, 온도센서는 Sensirion사의 SHT11[5]를 사용하였다. 음파를 송신하고

수신하기 위한 제어는 Microchip 사의 PIC16F873을 사용하였으며, 마이크로컨트롤러에 신경망 연산처리 및 학습된 가중데이터를 프로그램하여 구현하였다.

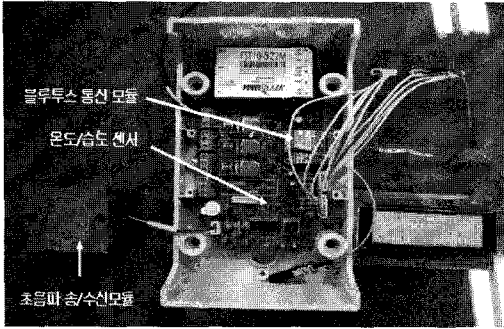


그림 3. 신경망과 초음파를 이용한 거리측정 장치
Fig. 3 Distance measurement device using neural network and ultrasonic.

그리고 현재 거리 상태를 문자 LCD를 통해 확인할 수 있게 하였다. 1차적인 측정된 거리 값으로부터 신경망으로 보상하여 이 값과 현재 거리에 따른 크레인의 충돌 상태 여부의 정보 등을 Initium사의 Promi-ESD01 블루투스 모듈[6]을 사용하여 원격 모니터링 시스템이 정보를 전송하게 하였다. 그리고 원격 모니터링 장치는 현재의 거리와 크레인 충돌 여부 등을 표시하게 하였다. 실험의 결과에서 신경망으로 보상하기 전에 각 0.3[m]에서 1[m]간격으로 10[m]까지 각각 10회 측정하여 분석한 결과, 그림 5와 같이 평균오차가 0.0282[m]이지만, 최대 오차는 0.173[m], 최소측정 오차는 -0.1748[m]로 나타나 최대 35[cm]의 측정 변화폭을 보였다.

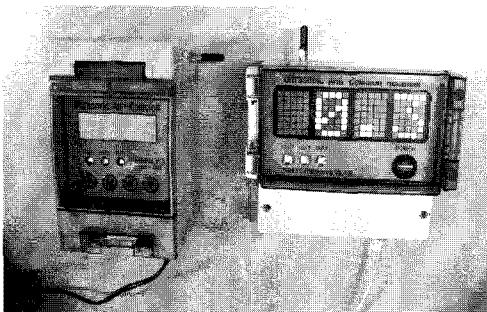
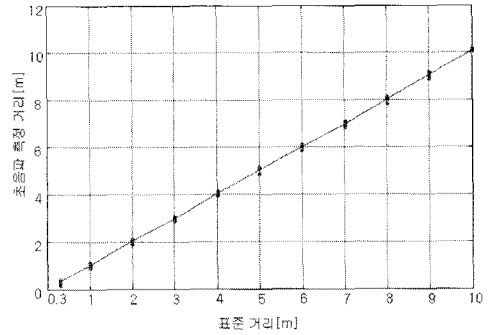
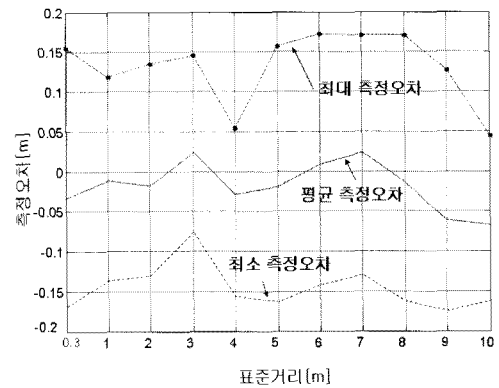


그림 4. 구현된 크레인 충돌 방지 시스템
Fig. 4 The Implemented anti-collision system for crane.



(a) 신경망의 보상전의 측정값



(b) 측정 오차

그림 5. 신경망 연산 이전의 거리측정 결과
(측정환경 : 대기온도 18℃, 습도 67%)
Fig. 5 Results of distance measurements before neural network operation.

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서 제안한 신경망 거리 보상 기법을 PIC16F873 마이크로컨트롤러에 프로그램 하였다. 마이크로컨트롤러에 적용하기에 앞서 각각의 온도변화와 습도변화에 따른 거리 측정을 10회 측정하여 신경망 학습 데이터로 사용하였고, 신경망 학습은 Matlab의 NNTOOL을 이용하여 학습시켰다. 학습을 위한 신경망 구조는 입력 뉴런을 6개, 은닉층 뉴런을 5개, 출력층 뉴런을 1개, 각 층의 활성화 함수는 선형함수, 학습 상수는 각각 0.001로 설정하여 사용하였다. 그리고 학습은 Epoch가 15회일 때 학습을 완료하였고, 이때 성능오차가 0.0031로 나타났다. 이 학습된 신경망 구조와 신경망 가중치를 토대로 마이크로컨트롤러에 신경망 순방향 연산 처리 프로그램을 구현하여 실험하였다.

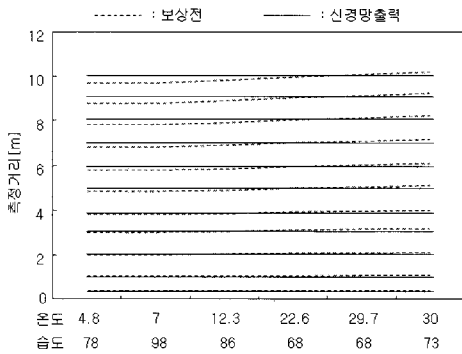


그림 6. 온도와 습도 변화에 의한 신경망 출력
Fig. 6 Outputs of neural network from changes in temperature and relative humidity.

표 1. 제안된 시스템의 통계적 분석결과
Table 1. Statistical analysis results about performance of the proposed system.

평균오차 [m]	온도[°C]/습도[%]					
	4.8 78	7.0 98	12.3 86	22.6 68	29.7 68	30.0 73
보상전	0.160	0.156	0.114	0.060	0.091	0.147
신경망출력	0.049	0.049	0.048	0.048	0.048	0.048

구현된 신경망의 거리측정 결과는 그림 6과 같이 온/습도 변화에 따른 보상전의 거리측정 결과보다 신경망 거리측정결과가 보다 안정적인 것을 확인 하였다. 그리고 각 온도와 습도 변화에 따른 초음파 거리 측정의 결과 (표 1)를 통계적으로 분석한 결과 제안된 기법이 보안 안정성이 높을 뿐만 아니라, 정밀도도 향상됨을 보였다.

IV. 결 론

본 연구에서는 이러한 온/습도 변화에 따른 초음파 거리 측정의 정밀도와 측정 데이터 안정성을 위해 신경망을 이용한 새로운 초음파 거리 측정 알고리즘과 무선 크레인 충돌방지 시스템을 제안하고 개발하였다. 그리고 제안된 크레인 충돌방지 시스템에 제안된 인공 신경망 기법을 적용하여 그 성능을 평가한 결과 기존의 온도 보상의 초음파 거리 측정 기법보다 데이터의 안정성과 정밀도가 향상됨을 확인하였다. 이와 같이 제안된 기법의 시스템은 선박 제조 또는 기타 크레인을 이용한 제조 시

스템에 적용시, 그 효율이 높을 것이라 사료된다.

참고문헌

- [1] Airmar Technology Corporation, Overview for Applying Ultrasonic Technology, Application Note, 2005.
- [2] 임영철, 김의선, 외2, 대기조건에 둔감한 초음파 거리 측정 시스템의 설계, 센서학회지, 제 2권, 1호, 1993년.
- [3] Chin Teng Lin, George Lee, Neural Fuzzy System, Prentice Hall, 1996.
- [4] SensComp Inc. "Series 600 Instrument Grade Transducer", Datasheet, 2004.
- [5] Sensirion Co., SHT1x / SHT7x Humidity & Temperature Sensor, Datasheet, V2.02, July, 2004.
- [6] Inition Co., "Promi-ESD01/ESD02 초소형 블루투스 송수신 모듈 사용설명서", Ver. 2.0, 2005.

저자소개

이병로(Byeong-Ro Lee)



1995년 : 동아대학교 전자공학과 (공학석사)
1998년 2월 : 경상대학교 전자공학과 (공학박사)

현재 : 진주산업대학교 전자공학과 부교수
*관심분야: 신호처리, 멀티미디어 이동통신, 전자응용 시스템.

김현덕(Hyun-Deok Kim)



1976년 : 동아대학교 전자공학과 (공학사)
1985년 : 동아대학교 전자공학과 (공학석사)

1996년 : 경남대학교 전기공학과(공학박사)
1989년-현재 : 진주산업대학교 전자공학과 교수
2007년-현재 : 한국해양정보통신학회 회장역임
*관심분야 : 디지털 신호처리, 신경회로망, 지능형 신호처리