

신경 회로망을 이용한 이동물체의 실시간 위치측정에 대한 연구

노재희¹, 이운근², 노영식³
 삼창기업(주)¹, 부산대², 울산대³

A study on the real-time position measurements of mobile object using neural network

Jae H. Ro¹, Un K. Yi², Young S. Ro³
 Samchang Enterprise Co., Ltd.¹, Busan National Univ.², Ulsan Univ.³

Abstract - This paper is a study on the real-time position measurements of mobile object using n network. 2-D PSD sensor is used to measure the position of moving object with light source. Position Sensitive Detector(PSD) is an useful which can be used to measure the position of incidence light in accuracy and in real-time. The position of light source of moving target, neural network technique are proposed and applied. Real-time position measurements of the mobile robot with light source is examined to validate the proposed method. It is shown that the proposed technique provides accurate position estimation of the moving object.

1. 서 론

이동하는 물체의 공간상의 위치 정보를 얻기 위한 시각 서보 기술은 산업현장이나 자동화 조립 라인 등 여러 가지 로봇 응용분야에서 중요한 역할을 하며 꾸준히 연구되어 오고 있다[1]. 특히, 이동하는 이동물체에 대한 실시간 시각추적은 대표적인 시각 서보 문제로서 반드시 시각정보 처리과정을 거쳐야만 한다. 시각정보 처리는 일반적인 경우에 비전 카메라를 시각센서로 사용하므로 카메라 교정 및 실시간 영상정보 처리에 관심이 집중되어 있지만 이는 주위 환경에 영향을 많이 받고, 측정 정밀도가 떨어지며, 긴 처리시간으로 인해 실시간 측정이 어렵다[2][3]. 한편 입사된 광의 위치를 아날로그 방식으로 매우 정밀하게 검출할 수 있는 반도체 소자인 PSD(Position Sensitive Detector)가 개발되었으며 PSD를 이동물체의 위치 측정을 위한 센서로 사용하는 경우 물체에 광원을 부착해야 하는 번거로움이 있으나 실시간으로 이동물체의 위치 측정이 가능한 장점이 있다.

본 연구의 목적은 수 미터 떨어져 움직이는 2차원 공간상의 이동물체 위치를 실시간으로 측정할 수 있는 PSD 센서 시스템을 개발하는 것이다. 먼저 이동물체에 적외선 광원을 설치하고 이 광원으로부터 적외선 광이 PSD 센서에 입사 되도록 한다. 센서에 입사된 적외선 광은 2차원 PSD에 의하여 2차원 위치 정보를 포함하는 광전류를 발생시키고 이를 신호처리함으로써 광원의 위치에 대한 정보를 얻는다. 이때 얻어진 위치 정보와 실제 광원의 위치 정보와는 비선형 관계가 있으므로 실제 광원의 위치를 계산하기 위해 비선형 관계를 학습할 수 있는 신경 회로망을 이용한다. PSD 센서를 이용하여 위치 측정을 실시하고 이동물체를 실시간으로 측정할 수 있음을 보이기 위하여 PSD 센서를 이동공간 상부에 고정시키고 이동로봇 상에 적외선 광원을 위치시킨 후 이동 중에 있는 로봇의 위치를 측정한다.

2. PSD 센서 시스템

2.1 PSD 센서 시스템의 구조

PSD는 표면층이 광전효과를 지닌 반도체 소자이다. PSD 표면의 한 점에 입사된 광은 광전류를 발생시키고 이를 여러 위치에 설치된 전극으로부터 검출하여 연산처리함으로써 광의 입사위치를 정밀하게 측정할 수 있다. 본 연구에서 사용한 PSD 센서 시스템은 광검출부와 신호 처리부로 이루어져 있다. PSD 센서의 광검출부는 그림 2.1과 같이 PSD, 파장 920nm의 광원 이외의 외란광(자외선, 형광등광 등)을 제거하는 적외선 필터(IR filter), 입사광을 PSD 상의 한점에 모아주는 렌즈, 렌즈의 초점을 조정하기 위한 고정부(mounter)들로 구성되는데 사양은 표 2.1과 같다.

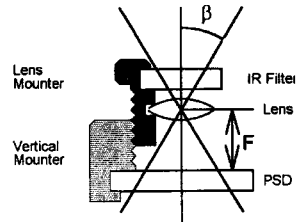


그림 2.1 광 검출부
 Figure 2.1 A light detector part

표 2.1 광 검출부의 사양
 Table 2.1 Specification of the light detector part

항목	기호	값	단위
중심 파장	λ	920	nm
유효 반경	r	0.01	m
측정 정밀도	σ_{psd}	50	nm
초점 거리	F	0.01335	m
최대 감지 각도	β	25°	deg

2.2 PSD 센서 시스템의 동작 원리

PSD의 표면에 두개 이상의 광이 동시에 입사되는 경우 위치 측정이 불가능해진다. 따라서 시분할(time division multiplexing)기법으로 한 순간에 하나의 광만

PSD에 입사하도록 제어하는 것이 필요하다. 여기서 시분할 기법이란 광원 제어부에서 다수의 광원을 교대로 한 개씩 동작시키는 것을 말한다.

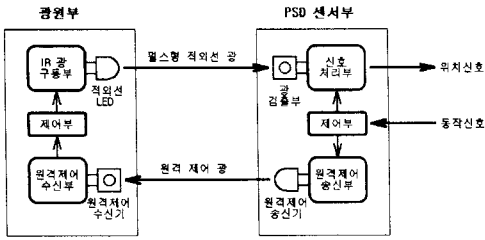


그림 2.2 PSD 센서 시스템 구성
Figure 2.2 Structure of the PSD sensor system

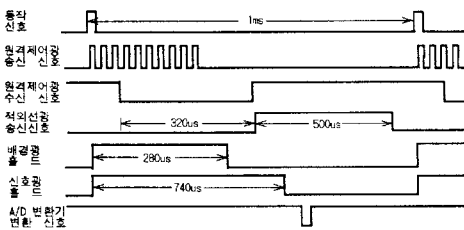


그림 2.3 PSD 센서 시스템의 동작 타이밍도
Figure 2.3 Timing diagrams of the PSD sensor system

그림 2.2는 시분할 기법을 이용한 PSD 센서 시스템의 구성을 보여주고 PSD 센서 시스템의 동작 타이밍도는 그림 2.3과 같다. PSD 센서 제어부는 38kHz의 원격 제어광을 250 μs 동안 광원부로 송신하고 광원부는 원격 제어 광을 수신한 후 320 μs 지나서 펄스 폭이 500 μs, 파장이 920nm인 적외선광을 센서부로 송신한다. 센서부는 동작 신호를 받은 후 280 μs가 지나면 배경광에 의한 PSD 전극에 나타난 신호를 유지하고 740 μs가 지나면 입사광에 의해 PSD 전극에 나타난 신호를 유지한다. 배경광의 영향을 제거하기 위하여 두 신호의 차이를 구하고 아날로그 연산기에 의해 입사광의 위치에 비례하는 아날로그 신호를 발생시킨다. 이 신호는 PSD 센서의 신호 처리부에서 위치 신호로 계산되고 계산된 아날로그 위치 신호는 A/D 변환기에 의하여 디지털 신호로 변환된다.

3. PSD 센서 시스템을 이용한 위치측정

3.1 신경 회로망에 의한 위치측정

입사 된 광원의 PSD 상의 위치와 PSD 센서의 출력은 정확하게 비례 관계에 있지 않고 비선형을 갖는다. 따라서 보다 정밀한 위치 측정을 위해서는 비선형 관계식을 알아야 한다. 본 연구에서는 이러한 비선형 해석에 좋은 성능을 발휘하는 신경 회로망을 이용한 위치 측정 방법을 제시한다.

3.2 신경 회로망의 구조

본 연구에서 사용한 신경 회로망은 그림 3.1에 나타난 것과 같은 구조를 가진다. 신경망의 입력을 2개(센서에서 감지된 광원의 2차원 위치(X_{ads}, Y_{ads})), 출력을 2개(광원의 실제 2차원 위치(X_m, Y_m)), 은닉층 뉴런은 20개로 구성하였고, 이 신경 회로망은 2-20-2의 다층퍼셉트론(Multilayer Perceptron)구조를 가진다. 은닉층의 뉴런의 개수는 입력층과 출력층의 뉴런의 수를 참조하여 경험적으로 구하였다.

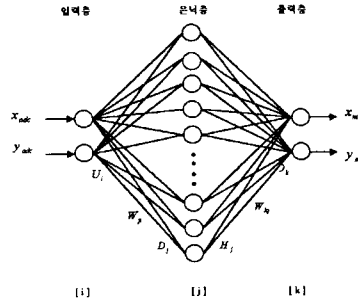


그림 3.1 신경 회로망의 구조
Figure 3.1 Structure of the neural network

입력층 뉴런들에는 전이함수(transfer function)를 사용하지 않으며 은닉층과 출력층에는 탄젠트 시그모이드(tangent sigmoid) 전이함수를 사용한다.

3.3 신경 회로망의 학습 알고리즘

신경 회로망은 출력이 목표값과 일치하도록 연결강도를 조정할 필요가 있는데 이를 학습에 의해 변화시킬 수 있다. 신경 회로망의 학습 알고리즘은 Back-Propagation 방법을 사용하였다. 그림 3.2는 본 연구에서 사용한 신경 회로망의 학습에 대한 블록 다이어그램을 나타낸다.

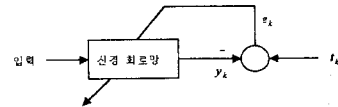


그림 3.2 신경 회로망의 학습법
Figure 3.2 Learning method of the neural network

Back-Propagation 학습 알고리즘을 통해 신경 회로망의 연결강도의 변화량을 구해보면 오차함수는 식(3-1)과 같다.

$$E = \frac{1}{2} \sum_k e_k^2 = \frac{1}{2} \sum_k (t_k - y_k)^2 \quad (3-1)$$

오차 함수를 점근적으로 최소화시키기 위한 연결강도의 변화량은 식(3-1)과 같다.

$$w(n+1) = -\eta \frac{\partial E}{\partial w} + w(n) \quad (3-2)$$

위 식에 의해서 연결강도의 변화량을 구할 수 있고 이로 인해 학습이 가능하게 된다. 전체적인 신경 회로망의 학습 알고리즘을 나타내면 다음과 같다.

- [Step1] 연결강도와 바이어스값을 랜덤하게 초기화 한다.
- [Step2] 신경 회로망에 입력을 인가해서 출력을 발생시킨다.
- [Step3] 목표값과 실제 출력값 사이의 오차를 얻는다.

[Step4] 오차가 감소하도록 각층의 연결강도를 조절한다.
 [은닉층과 출력층사이의 연결강도의 변화량 결정]

$$w_{ij}(n+1) = -\eta \frac{\partial E}{\partial w_{ij}} + w_{ij}(n) \quad (3-3)$$

[입력층과 은닉층사이의 연결강도의 변화량 결정]

$$w_{jk}(n+1) = -\eta \frac{\partial E}{\partial w_{jk}} + w_{jk}(n) \quad (3-4)$$

[Step5] 학습된 연결강도를 이용한 출력을 얻는다.

[Step6] Step 2를 반복한다.

4. 실험 및 결과고찰

본 연구에서 제안한 PSD 센서 시스템은 그림 4.1과 같다.

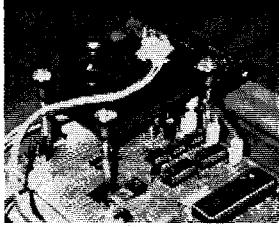


그림 4.1 PSD 센서 시스템
 Figure 4.1 The PSD sensor system

이동물체를 실시간으로 측정할 수 있음을 보이기 위하여 PSD 센서를 이동공간 상부에 고정시키고 이동로봇 상에 적외선 광원을 위치시킨 후 2차원 평면상에서 이동로봇이 원궤적을 그리며 이동하는 동안 이동로봇의 위치를 실시간으로 측정하였다. 그림 4.2는 이동로봇의 초기 위치는 원점에 가깝고 2차원 평면상에서 약 250mm/sec의 속도로 원궤적을 통해 얻어진 PSD 센서 출력신호를 나타내고, 이 출력신호는 신경 회로망의 입력으로 사용된다.

신경 회로망은 PSD 센서 데이터가 입력될 때 정확한 광원 위치가 출력되도록 학습되었다. 학습율은 0.01로 하였으며 초기 연결강도는 -1~1사이 범위로 랜덤하게 하였으며 종료 임계값은 0.00001로 하였다. 그림 4.3은 신경 회로망에 의한 이동로봇의 위치를 보여준다.

그림 4.3에서 보이는 원궤적의 오차는 이동로봇의 이동속도에 기인한다. 이동로봇의 회전속도는 약 250mm/sec로 비교적 빠른 편이므로 원의 전체적인 모양에서 벗어나 다소 일그러진 형태를 가지게 된다. 이동로봇의 속도를 더욱 빨리 하면 원은 더욱 일그러진 형태를 가지게 된다.

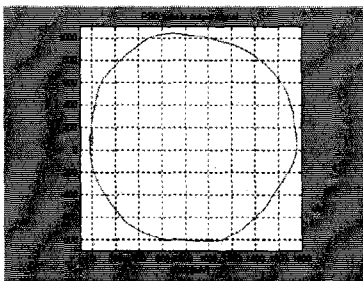


그림 4.2 PSD 센서 출력신호
 Figure 4.2 The PSD sensor output signal

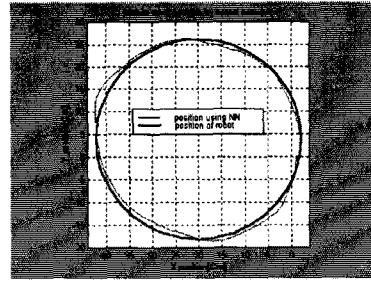


그림 4.3 신경 회로망에 의한 이동로봇의 위치
 Figure 4.3 Position of mobile robot by neural network

5. 결론

본 연구에서는 수 미터 떨어져 평면상에 움직이는 물체의 위치를 실시간으로 측정할 수 있는 센서 시스템을 제안하였다. 이동 물체상에 설치된 적외선 광원으로 부터 센서에 입사되는 적외선광은 2차원 PSD(Position Sensitive Detector)에 의하여 2차원 위치정보를 포함하는 광전류를 발생시키고 이를 신호처리 함으로써 광원의 위치에 대한 정보를 얻었다. 이 때 얻어진 위치정보와 실제 광원의 위치 정보와는 비선형성이 있으므로 실제 광원의 위치를 계산하기 위해 신경 회로망을 이용한 위치측정방법을 제시하였다. 이동물체의 위치측정 실험을 위해 이동로봇 상에 적외선 광원을 위치시키고 250mm/sec의 속도로 원궤적 주행을 수행하였다. PSD 센서와 신경회로망으로 이동로봇의 평면상의 이동 위치를 실시간으로 측정한 결과 약간의 경로오차가 있었지만 비교적 정확한 측정을 할 수 있었다.

비록 본 연구에서는 평면상의 이동위치를 측정하였으나 향후 두 개의 PSD 센서를 사용한 3차원 공간상의 이동물체 위치를 측정하는 연구를 통하여 산업용 로봇(매니퓰레이터)의 최종 작용부 위치 측정 및 자세보정, 크레인 위치제어 등에 응용할 수 있으리라 본다.

(참고문헌)

- [1] Takashi Oya, Hideki Hashimoto, Fumio Harashima, Predictive Filtering for Visual Tracking, IECON, pp. 1781-1723, 1993
- [2] G. C. Buttazzo, B. Allotta, F. P. Fanizza, Mousebuster : A Robot for Real-Time Catching, IEEE Control Systems, Feb. 1994
- [3] A. J. Koivo, N. Houshangi, Real-Time Vision Feedback for Servoing Robotic Manipulator with Self-Tuning Controller, IEEE Trans, Sys. Man and Cyber. Vol. 21, no. 1, Jan. 1991
- [4] John T. Feddema, Owen R. Mitchell, Vision-Guided Servoing with Feature-Based Trajectory Generation, IEEE Trans. On Robotics and Automation. Vol. 5, No. 5, Oct. 1989
- [5] Peter K. Allen, et al. Trajectory Filtering and Prediction for Automated Tracking and Grasping of a Moving Object, Proc. Of the IEEE international Conference on R&A, pp 1850-1856, 1992