

# 지능형 이동로봇을 위한 PSD센서기반 거리계측 시스템의 개발

## Development of PSD Sensor Based Distance Measuring System for Intelligent Mobile Robot

김유찬\*, 유영재\*, 장영학\*, 송정곤\*\*, 이주상\*\*

\*목포대학교 제어시스템공학과, \*\*전남대학교 전기공학과

Yu-Chan Kim, Young-Jae Ryoo, Young-Hak Chang, Jeong-Gon Song, Ju-Sang Lee

\*Department of Control System Engineering, Mokpo National University

\*\*Department of Electrical Engineering, Chonnam National University

E-mail : yukim@mokpo.ac.kr, yjryoo@mokpo.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 이동로봇의 저가형 위치인식센서로 적합한 PSD(Position Sensitive Detector)센서를 이용하여 거리계측시스템을 개발하였다. PSD센서는 거리-전압 출력이 비선형적인 단점을 가지고 있어 센서의 특성실험을 통해 선형화가 가능한 변환함수를 제안하였다. 제안한 방법을 검증하기 위하여 거리계측시스템의 하드웨어 및 소프트웨어를 구성하였다. 또 피측정체의 색상 및 재질에 따른 출력특성을 실험하고 거리-전압 데이터를 측정하였다. 실측한 데이터를 바탕으로 제안한 선형화함수의 계수를 추출하였다. 마지막으로 제안한 함수에 의한 거리와 실제거리를 비교하여 시스템의 성능 및 정확성을 검증하였다.

### 1. 서론

최근 지능형 로봇산업은 국가 성장 동력산업으로 지정되어 정책 및 산업적인 지원이 지속적으로 이루어질 전망이다. 특히 가정용로봇은 전 세계적으로 시장 규모가 크고 관련기업들이 시급히 제품화하고자 하는 분야이다[1,2]. 이러한 로봇들의 보급을 위해서는 저가형 위치인식시스템이 가장 중요한 부분을 차지한다.

이동로봇의 위치인식방법은 상대위치인식법과 절대위치인식법 두 종류가 있다. 상대위치인식은 대표적인 방법으로 모터의 회전수를 검출하여 거리와 방향각을 구할 수 있는 엔코더와 각속도를 이용한 방향각 보정을 할 수 있는 자이로스코프가 있다[3]. 먼저 엔코더는 로봇이 이동하면 방향각 오차가 누적되어 위치오차를 유발하는 단점이 있다. 자이로스코프는 고가이며 현재위치를 계산하기위해서 센서의 출력을 적분하게 되는데 작은 오차가 적분 과정을 통해서 큰 위치오차를 발생시킨다는 단점이 있다. 이와 같은 상대위치인식법의 단점을 극복하기 위하여 절대위치인식법이 사용된다.

절대위치인식법에는 초음파센서나 카메라의 영상을 이용하여 로봇주변의 지도를 작성하고 거리 정보를 구하는 방법 등이 있다[4]. 초음파센서는 측정분해능이 좋지 못해 각 물체에 따른 반사파 신호의 오차가 크다. 그러므로 정확한 거리 정보를 주지 못한다. 카메라를 이용하는 방법은 영상을 처리하기 위하여 고가의 장비가 필요하다. 또한 영상을 처리하는데 많은 시간이 소요되어 실시간 처리가 어려운 단점이 있다.

이러한 단점들을 보완하기 위하여 PSD센서를 이용한 방법이 연구되었다[5]. 이 방법은 PSD센서를 이용하여 거리정보를 추출한다. 이때 사용된 PSD는 2차원 구조로 매우 고가이기 때문에 상용화가 어려운 한계를 가지고 있다. 따라서 저가형 1차원 구조의 PSD센서를 이용한 거리계의 개발이 요구되고 있다. 하지만 이 센서는 전압 출력이 비선형적인 특징을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 이러한 비선형적인 특성의 PSD센서로부터 선형화 함수를 추출하여 거리계측시스템에 적용하고 개발하고자 한다.

시스템의 구현을 위해서는 첫째 PSD센서의 비선형 특성을 분석하고 거리에 따른 출력 전압을

획득한다. 둘째 획득한 데이터로부터 선형화 전압-거리 변환함수를 만들고 각각의 계수를 추출한다. 그리고 거리측정 시스템을 구성하여 선형화 함수를 적용하고 거리-전압 값을 구한다. 마지막으로 변환함수에 의해 얻어진 데이터와 실제 거리 데이터의 비교 분석을 통해 본 시스템의 성능을 평가한다.

## 2. PSD센서의 특성

### 2.1 PSD센서의 동작원리

그림 1은 PSD센서의 동작원리를 나타낸다. LED Drive Circuit을 통해 적외선이 발산되면 물체에 반사되어 PSD의 IR 수광부로 입사된다. 입사된 적외선은 Signal Processing Circuit과 Output Circuit을 통해서 전압으로 출력되는 구조를 가지고 있다. PSD 센서는 물체 A와 B에 반사된 적외선이 거리에 따라 입사각의 위치가 달라지는 원리를 이용하여 신호가 출력된다.

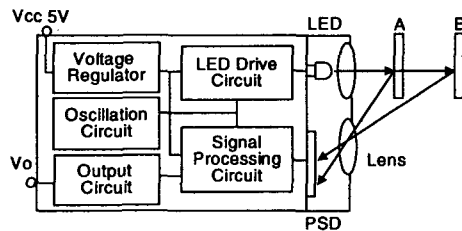


그림 1. PSD센서의 동작원리.

### 2.2 PSD센서의 특성

본 논문에서는 사용한 PSD 센서는 측정거리가 20~150[cm]까지 가능하며 그림 2는 센서의 특성을 실험한 결과이다. 거리-전압의 특성이 비선형적으로 나타나는 것을 볼 수 있다. 이러한 비선형 특성은 실제거리 변화에 대한 출력전압이 일정하지 않다. 단점을 개선하기 위해 선형화 거리-전압 변환함수가 요구된다.

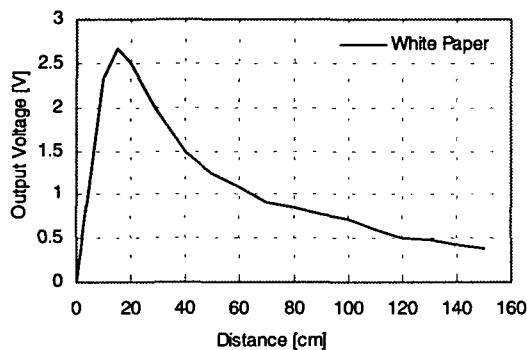


그림 2. PSD센서의 출력 특성.

### 2.3 선형화 변환함수

그림 3은 전압-거리에 따른 선형화 변환유도 과정을 나타낸다. 먼저 실험을 통해 거리-전압

데이터를 획득하였다. 그림 2의 특성곡선을 살펴보면 센서의 사용측정 범위인 20~150[cm] 구간에서 반비례 특성을 나타냄을 볼 수 있다. 따라서 반비례 특성을 선형화 방정식으로 변환하고자 한다.

먼저 센서의 반비례 방정식을 다음과 같이 정의한다.

$$V = \frac{1}{(D+K)} \quad (1)$$

여기서,  $V$ = 출력전압,  $D$ = 거리,  $K$ = 오차계수이다.

위의 반비례 특성방정식을 선형화 함수인 직선의 방정식 ( $y = m \cdot x + b$ )으로 나타내면 다음과 같다.

$$\frac{1}{(D+K)} = m \cdot V + b \quad (2)$$

여기서,  $m$  = 기울기,  $b$  =  $y$ 절편이다.

위 식을 거리에 따른 식으로 정리하면 다음과 같다.

$$D = \frac{1}{(V \cdot m) + b} - K \quad (3)$$

유도된 함수를 사용하기 위해서는 적절한 계수  $m$ ,  $b$ ,  $K$ 를 선정해야 한다. 이 값들은 실측데이터를 이용한 LMS(Least Mean Square)법을 이용하여 추출 가능하다.

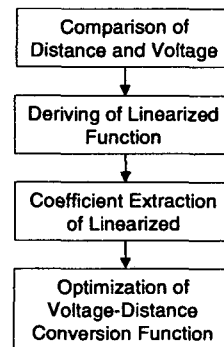


그림 3. 변환함수 유도과정.

## 3. 거리계측시스템의 구성

### 3.1 거리계측시스템의 구조

그림 4는 개발한 거리계측시스템의 전체 구조를 나타낸다. PSD센서로부터 측정된 신호가 입력된다. 신호는 증폭한 후 A/D컨버터를 통해 디지털 값으로 변환된다. 변환된 값은 전압-거리 선형화 함수에 적용되어 거리 값이 된다. 적절한 계수가 결정되면 최적의 변환함수로 사용할 수

있다.

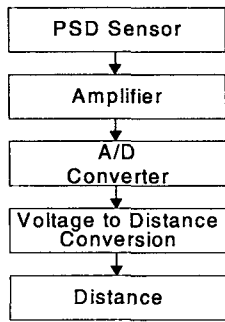


그림 4. 거리계측시스템 구조.

### 3.2 거리계측시스템의 하드웨어 구성

그림 5는 구현된 PSD기반 거리계측 시스템의 하드웨어 구성장치이다. 미세한 신호를 증폭하기 위하여 Amplifier를 구성하였다. NI사의 LabView를 이용하여 Program을 개발하였다. 또한 A/D 변환을 위해 DAQCard-6062E를 사용하였다.

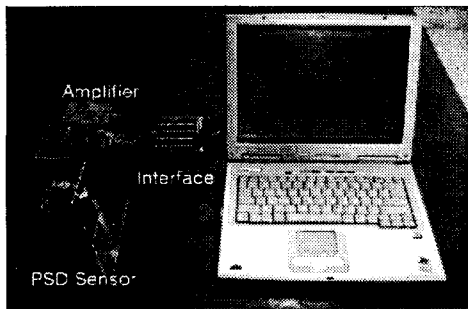
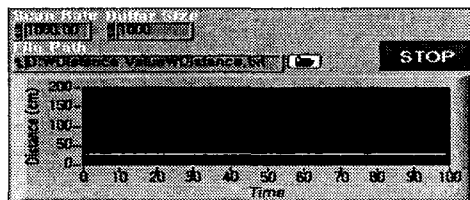


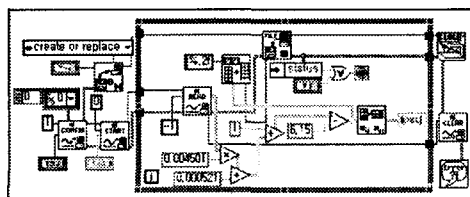
그림 5. 개발한 거리계측시스템.

### 3.3 거리계측시스템의 소프트웨어 구성

그림 6은 구성된 거리계측 시스템의 프로그램이다. (a)는 User Interface Program 이고 (b)는 그래픽 기반 알고리즘을 나타낸다. 거리-전압 값이 입력되어 선형화 함수에 적용된 후 그래프에 표시된다. 동시에 파일 저장이 이루어진다.



(a)



(b)

그림 6. 개발된 거리계측 프로그램.

## 4. 실험결과 및 분석

### 4.1 피측정체의 색상과 재질에 따른 출력 특성

PSD센서가 피측정체의 색상과 재질에 따른 출력 변화를 파악하기 위하여 다음 세 가지 조건으로 실험 하였다. 먼저 흰색 종이(White Paper)와 검은색 종이(Black Paper)의 출력 전압특성을 측정하였다. 다음으로 갈색나무(Brown Wood)의 출력 전압의 특성을 측정하였다. 그 결과, 그림 7과 같이 PSD 센서의 출력 값이 유사하게 나타났다. 이러한 결과로 본 논문에서는 흰색종이(White Paper)를 기준으로 실험을 한다.

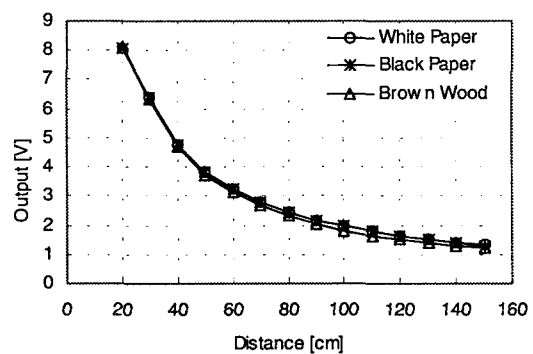


그림 7. 매질의 종류와 색상의 따른 출력 특성.

### 4.2 거리-전압 실측데이터

그림 8은 거리-전압의 실측 데이터를 그래프로 나타낸 것이다. 그래프는 물체를 10[cm] 간격으로 20~150[cm] 까지 총 10회 반복하였다. 오차 값이 큰 차이가 없어 그래프 상에 데이터들이 겹쳐진 것을 볼 수 있다. 이를 평균한 값을 가지고 변환 함수 식을 유도하는데 적용한다.

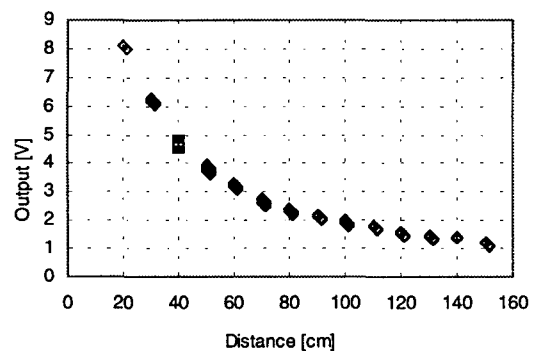


그림 8. 거리-전압 실측데이터.

### 4.3 선형화 계수의 추출

본문 4.2에서 분석된 실측 데이터를 식(1)의 반비례 방정식을 이용하여 선형화한다. 그림 9는 전압-거리의 선형화된 그래프다. 식(3)의 기울기  $m$ 과  $y$ 절편  $b$ 값은 그래프의 데이터를 통해 얻게 된다. 기울기  $m$ 값은 0.004501이며,  $y$ 절편  $b$ 값은

0.000521이 된다.

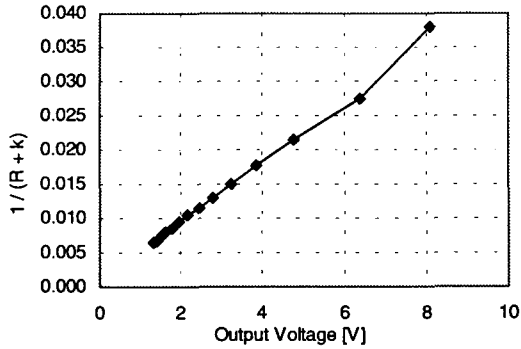


그림 9. 선형화된 특성곡선.

이러한 과정을 통해 오차계수  $K$ 의 값도 구할 수 있다. 그러나  $K$ 의 변화는 전압-거리 변화에 큰 영향을 주기 때문에 선형화의 산출데이터를 가장 작은 오차  $K$ 로 선정해야 한다.  $K$ 값을 구하는데 가장 적절한 식으로는 SSE(SUM of Squared Error)이며, 다음과 같이 정의 한다.

$$SSE = \sum E = \sum_{d=20}^{150} (\text{실측거리} - \text{변환거리})$$

그림 10은  $K$ 를 5에서부터 8까지 대입한 SSE 값을 보여주며 오차계수  $K$  즉, 사용한 센서에 가장 적은 오차를 보여주는 평균값은 6.15 이다.

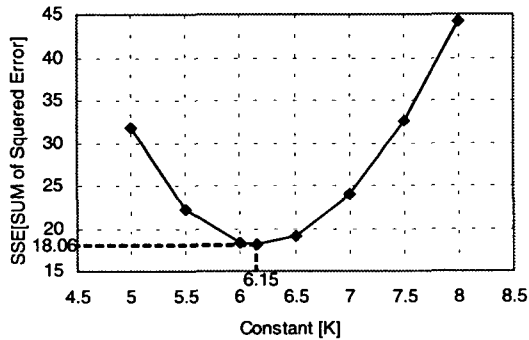


그림 10. K의 오차분포.

#### 4.4 변환거리와 실측거리의 성능비교

제안한 선형화 전압-거리 변환함수를 이용한 변환거리의 성능을 평가하기 위하여 실측데이터와 비교하였다. 그림 11은 변환거리와 실측거리와의 비교 데이터를 보여주고 있다. 실선은 실제 거리를 점선은 변환거리를 나타낸다. 또한 두 데이터의 Error 값을 나타내고 있다. Error 값을 보면 변환거리와 실제거리가 최대 2[cm] 내에서 일치함을 알 수 있다. 그러므로 개발된 거리계측 시스템은 사용범위 20~150[cm]거리에서 최대 오차 2[cm] 내의 우수한 성능을 가진 것으로 볼 수 있다. 따라서 개발된 시스템은 저가형 지능형

이동로봇에 적용하기에 적합하다고 사려 된다.

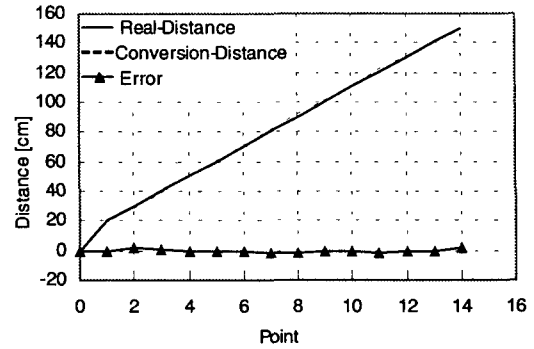


그림 11. 변환거리와 실측거리의 비교.

### 5. 결론

본 논문에서는 지능형 이동로봇을 위한 저가형 거리계측시스템을 개발하였다. 먼저 실험을 통한 거리-전압 데이터를 획득하였다. 획득한 데이터를 이용해 비선형적인 출력 특성을 분석하고 선형화 함수에 적용하여 변환하였다. 또 선형화 함수에 따른 계수들을 추출하여 정확한 거리 값을 산출하였다. 마지막으로 획득한 거리데이터와 실측 거리데이터의 비교 및 분석을 통해 시스템의 정확성을 검증하였다. 향후 개발한 거리계측시스템을 이용하여 로봇주변의 2차원 거리지도를 생성할 수 있는 거리계측시스템을 이용하여 Range Finder System으로 적용하고자 한다.

감사의 글 : 본 논문은 (주)삼성광주전자의 지원으로 연구되었으며 이에 감사드립니다.

### 6. 참고문헌

- [1] 이호길, 박상덕, “산업자원부 지능형 로봇산업 발전 전략”, 한국로봇공학회지 로봇과 인간, pp. 5-14, 2004.
- [2] 오상록, “네트워크기반 지능형 서비스 로봇” 한국로봇 공학회지 로봇과 인간, pp. 21-32, 2004.
- [3] 정학영, 박규철, “서비스로봇을 위한 보급형 위치정보시스템”, 제어·자동화·시스템공학회지, 제 8권, 5호, pp.23-29, 2002. 9.
- [4] 정인수, 조형석, “전방향 능동 거리센서를 이용한 2차원 거리 측정”, 제어·자동화·시스템공학회 논문지, 제5권, 제4호, pp.437-445, 1999. 5.
- [5] 노영식, “이동 로봇의 위치측정을 위한 PSD 센서 시스템에 관한 연구”, 제어·자동화·시스템공학회 논문지, 제2권, 제4호, pp.330-336, 1996. 12.