

PSD와 전자나침반을 이용한 장애물 에러 보정 알고리즘 개발

*임신택, 정길도, 김영철
전북대학교 전자정보공학부

e-mail : mirr46@chonbuk.ac.kr, kildochong@chonbuk.ac.kr, yckim@kunsan.ac.kr

A Development of the Obstacle Error Correction Algorithm using PSD And Electronic Compass

*Shin-Taek Lim, Kii-Do Chong, Young-Chol Kim
School of Electronic and Information Engineering
Chonbuk University

Abstract - 이 논문은 실내에서 로봇의 주행 시 생기는 오차를 수정하는 것이다. 실내에 있는 장애물(문턱)을 넘을 경우 슬립에 의하여 주행거리와 실제거리의 오차가 생기고 또한 헤드 앵글 값이 변화함에 따라서 차후 엄청난 주행 오차를 발생시키게 된다. 그에 따라 PSD 센서를 이용하여 장애물을 감지하고 감지 후 장애물을 넘을 수 있도록 모터를 제어한다. 또한 PSD를 이용하여 장애물의 크기를 계산한 후 로봇이 장애물을 넘는 동안에 엔코더 값을 받아 들어서 장애물을 넘는 동안에 로봇이 실제 이동한 거리를 측정한다. 그리고 장애물을 넘은 후에 PSD로 계산한 장애물의 크기 값과 엔코더에서 받아들인 값을 비교하여 거리오차를 수정한다. 또한 전자 컴퍼스를 이용하여 장애물을 넘기 전에 로봇의 헤드 앵글 값을 구하고, 장애물을 넘은 후에 로봇의 헤드 앵글 값을 구하여 두 개의 값을 비교한다. 두 개의 값의 차이를 측정하여 수정함으로써 헤드 앵글을 오차를 수정할 수 있다.

1. 서 론

미래는 인간과 로봇이 공존하는 사회가 될 것이라는 예측을 하고 있는데, 앞으로 로봇분야에 많은 관심과 발전이 있을 것으로 예상하고 있다. 이는 향후 로봇시장이 초기(2005년-2008년)에 형성되어, 2020년에는 자동차 산업의 규모를 상회할 것으로 예측하고 있다[1]. 현재의 로봇은 기존의 단순 반복 작업을 하는 로봇에서 발전하여 스스로 판단하고 자율적으로 이동하는 지능형 로봇이 요구되어지고 있다. 이러한 연구는 인간에게 편리한 시스템의 제공뿐만 아니라 의료산업, 공업 및 교통 문제, 나아가 국방에 쓰이는 로봇까지 폭넓게 응용될 수 있는 필수적인 연구이다.

이와 같은 지능형 로봇의 기술에는 크게 무인자율주행, 다중정로 계획 등이 있다. 이 중에서 현재 무인자율주행이 가장 활발하게 연구가 이루어지고 있다[2]. 현재 로봇의 주행은 실외에서의 자율주행과 실내에서의 자율주행으로 나누어진다. 실외의 자율주행에서는 GPS를 기반으로 여러 센서를 이용한 자율주행을 하고 있다. 그에 반해서 GPS를 사용하지 못하는 실내의 자율주행에서는 랜드마크, 레이더, 초음파센서, 레이저센서 등을 이용하여 실내에서의 자율주행을 하고 있다. 자율주행을 위해서는 자기 위치를 정확히 인식하고 앞으로 가야할 위치를 정확히 인식하여야 한다. 실내는 실외보다 자율주행에 방해가 되는 여러 가지 장애물이 존재한다. 그 여러 가지 장애물 중에서 우리나라 실내에 존재하는 문턱을 로봇이 넘을 경우 생기는 오차에 대하여 문턱을 정확히 감지하고 그 크기를 측정하여 로봇이 장애물을 넘을 경우 생기는 오차를 측정하고 보정한다.

2. 본 론

2.1 Robot

본 연구에서 사용하는 로봇은 원형 모형이다. 구동부는 BLDC 모터를 사용하며, 모터에는 엔코더를 장착하여 모터의 회전수를 피드백하고 있다. 또한 초음파센서를 전방에 6개 후방에 2개를 설치하여 로봇의 위치가 회전각을 측정 가능하게 되어있다. 통신은 RS232 통신을 사용하며[6], Single board에 Embedded XP 프로그램을 탑재하여 센서를 작동 시킨다. Embedded XP는 기존의 XP에서 사용자가 원하는 부분만 프로그램을 설치하여 쓰는 XP 프로그램이다. 이렇게 사용함으로써 XP 프로그램의 용량을 줄일 수 있으며, 처리량이 적어 프로그램을 빠른 시간에 처리가 가능하다

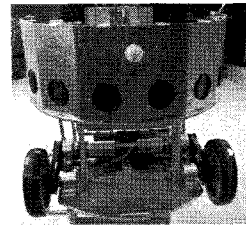


그림 1 실험에 사용되는 로봇

2.2. PSD

PSD 센서는 간단한 계측 구조 및 사용 방법, 저렴한 가격, 그리고 빠른 측정 속도와 같은 장점을 가진다. 특히 비슷한 특성과 용도를 가지는 초음파 거리센서가 낮은 해상도로 인하여 다양한 해결 방안이 제시되고 있는데 비해[3], PSD는 대부분 적외선 광을 사용하므로 높은 지향성과 해상도를 가진다. 로봇의 활용에 있어 PSD와 같은 적외선 거리 센서는 주로 장애물 감지 및 거리 측정과 같은 단순한 용도로 사용되고 있으나[4], 본 논문에서는 장애물 감지 및 거리 측정뿐만이 아닌 장애물의 크기를 측정함으로써 장애물의 크기와 로봇이 장애물을 넘을 동안에 이동한 거리를 비교 측정함으로써 장애물을 넘을 경우에 생기는 거리오차를 수정한다.

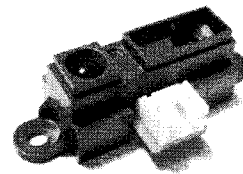


그림 2 실험에 사용되는 PSD 센서

2.2.1 PSD를 이용한 거리 계측

사용된 PSD 센서의 출력은 센서의 사용 측정 범위 내에서 비선형 출력 특성을 가지고 있다. 이러한 특성을 이용하여 거리 측정하기 위해 선형 및 비선형의 두 가지 방법으로 센서 특성을 모델링 하였다. 먼저 선형의 반비례 식으로 모델링 하면

$$D = \frac{m}{V-b} + a \tag{1}$$

이 식을 얻는데, V는 출력 전압, D는 AFNCP까지의 거리. m과 a,b는 미지수의 계수이다. 계수를 결정하기 위해 식 (1)을 정리하면 다음과 같고

$$bD + aV + (m-ab) = DV \tag{2}$$

이는 n개의 보정용 데이터를 사용한 행렬식으로 다시 아래와 같이 쓸 수 있다.

$$LX = R \tag{3}$$

$$\text{단, } R = \begin{pmatrix} D_1 & V_1 \\ D_2 & V_2 \\ \vdots & \vdots \\ D_n & V_n \end{pmatrix}, L = \begin{pmatrix} D_1 & V_1 & 1 \\ D_2 & V_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ D_n & V_n & 1 \end{pmatrix}, X = \begin{pmatrix} a \\ b \\ m-ab \end{pmatrix} \text{이다.}$$

이 식은 다음과 같이 풀 수 있다.

$$X = L^{-1}R \tag{4}$$

여기서 \dagger 는 행렬의 의사역(pseudo-inversion)을 의미한다. 일단 X 를 구하면, 미지의 계수는 다음과 같이 결정 된다.

$$a=X(1) \quad (5.1)$$

$$b=X(2) \quad (5.2)$$

$$m=X(3)+X(1)X(2) \quad (5.3)$$

두 번째 방법으로 출력전압과 측정거리 사이의 관계를 지수 함수에 의한 비선형 식으로 아래와 같이 모델링 하였다.

$$V=e^{-r(D-p)}+q \quad (6)$$

단 r, p, q 는 시스템 계수이다. 여기서 $\frac{1}{r}$ 을 h 라고 정의하고, $p+\frac{\log q}{r}$ 를 k 라고 정의한 후, 거리 D 에 대해 식을 정리하면 다음과 같고,

$$D=h \log V+k \quad (7)$$

보정용 데이터를 사용한 행렬식은 아래와 같다.

$$LX=R \quad (8)$$

$$\text{단, } R=\begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \\ \vdots \\ D_n \end{pmatrix}, L=\begin{pmatrix} \log V_{11} \\ \log V_{21} \\ \vdots \\ \log V_{n1} \end{pmatrix}, X=\begin{pmatrix} h \\ k \end{pmatrix} \text{이다.}$$

이제 미지의 계수는 다음 행렬식으로부터

$$X=L^{-1} R \quad (9)$$

아래와 같이 결정될 수 있다.

$$h=X(1) \quad (10.1)$$

$$k=X(2) \quad (10.2)[5]$$

3. 구현 및 시뮬레이션

구현에 사용된 시스템은 시리얼 통신을 이용하여 cubloc을 통하여 PSD 센서의 값을 읽고 그에 따라서 motor driver를 컨트롤하여 Motor를 구동함으로써 로봇을 이동시킨다. 또한 전자나침반의 값을 통하여 로봇의 헤드 앵글 값을 받아들이게 된다. 기존의 주행속도로 운동을 하던 중에 PSD센서를 통해서 장애물을 감지하게 되면 로봇이 장애물을 넘을 수 있는 속도로 속도 변환을 하게 된다. 또한 전자나침반으로 로봇의 헤드 앵글 값을 읽어 들인다. PSD센서를 통하여 장애물을 계속 감지하여 이동로봇이 진행하는 방향으로의 장애물 폭을 계산하게 된다. 그러한 이후에 장애물을 넘는 동안 실제 로봇의 이동거리를 엔코더 값을 통해 읽어 들이고, PSD센서를 통해 얻은 장애물의 폭과 넘는 동안 구해진 엔코더의 값을 비교 분석 함으로써 오차를 계산해 낼 수 있다. 넘은 이후에 그 오차를 계산함으로써 장애물을 넘을 경우 생기는 오차를 수정할 수 있다. 다음에 그림 3은 헤드 앵글 값을 제외한 거리오차 발생을 경우를 보여준다. 장애물은 5m 거리에 있다.

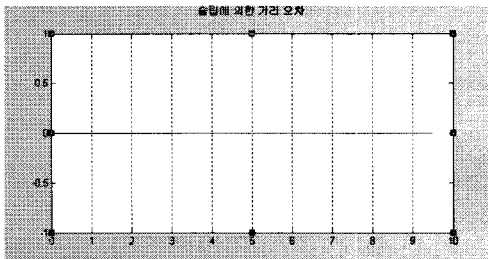


그림 3 슬립에 의한 거리 오차

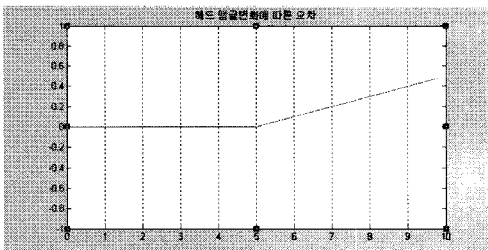


그림 4 헤드 앵글 변화에 따른 오차

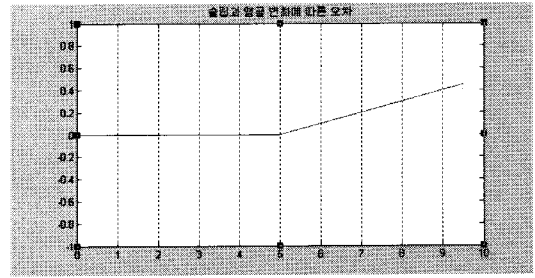


그림 5 슬립과 앵글 변화에 따른 오차

위의 그림들은 장애물을 넘는 경우에 생기는 오차를 나타낸 것이다. 첫 번째 그림은 앵글 변화를 무시한 슬립에 의한 거리 오차만을 나타낸 그림으로써 슬립에 의하여 실제 이동 거리가 목표 이동 거리보다 적은 경우이다. 이와 반대로 슬립에 의하여 실제 이동거리가 목표 이동 거리보다 더 멀리 갈 수도 있다. 두 번째 그림은 앵글 변화에 따른 오차를 나타낸 그림으로써 장애물을 넘을 때 슬립에 의하여 헤드 앵글 값이 변화 한 것이다. 처음에는 작은 값이지만 목표지점에 도달해서는 큰 오차가 발생하게 된다. 위의 시뮬레이션은 한 가지 방향으로 나타낸 것이지만 어떠한 각으로도 불규칙하게 매 상황에 발생하게 될 것이다. 그리고 마지막 그림은 두 가지 오차가 같이 발생 했을 경우 나타낸 그림이다. 헤드 앵글의 오차와 거리의 오차가 발생 함으로써 실제 목표지점과 많은 오차가 발생함을 알 수 있다. 위의 시뮬레이션 값은 한쪽 방향으로 오차가 발생했을 거라는 가정을 하고 나타낸 것이다.

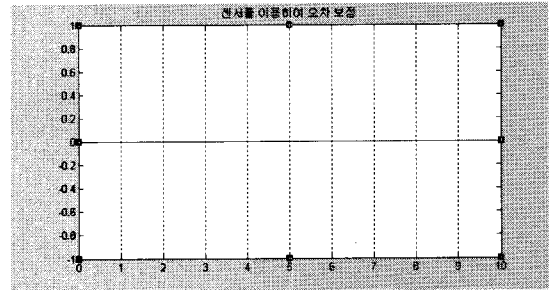


그림 6 센서를 이용한 오차 보정

위의 오차를 이 논문에서 제시하는 방법을 이용한다면 위와 그림과 같이 오차를 수정하게 될 것이다.

실내 주행 로봇에서 장애물에 대한 주행 오차가 많은 문제가 되고 있는 부분이다. 또한 실외의 경우에도 많은 장애물이 있다 그것을 넘어가야 하는 경우 오차가 발생하고 그에 따라서 로봇 제어에 많은 어려움이 있다. 이러한 오차를 줄이는 방법을 고안하기 위하여 본 연구를 진행 중이다. 로봇의 주행 중에 발생하는 오차가 누적되면 처음에는 작은 오차이지만 큰 오차를 수정하지 않고 주행을 계속 하게 된다면 나중에는 엄청난 오차로 변화하게 된다. 이러한 이유로 인하여 본 연구에서는 장애물을 넘을 경우 슬립에 의하여 발생하는 거리오차와 앵글 값의 오차를 보정하는 것이 중점을 두었다.

4. 참고 문헌

- [1] N. DeSouza, Vision for Mobile Robot Navigation, 2002.
- [2] 김정민, 센서융합과 확장 칼만 필터를 이용한 로봇의 정밀위치 측정, 2008
- [3] 나승유, 박민상, "다단 송출전압을 이용한 초음파센서 시스템의 분해능 개선", 센서학회지, 제6권, 제4호, PP.298-306, 1997.
- [4] I. Matijevics, "Infrared sensors microcontroller in-interface system for mobile robots", Proc. Int'l Symp. Intelligent System and Informatics, pp. 177-181, 2007.
- [5] 김종만, 도용태, "이동 물체의 3차원 계측을 위한 PSD 센서 배열 설계", 한국센서학회, pp.106-113 2008