

저가형 센서를 이용한 간접 칼만 필터 기반 이동로봇의 위치 추정

김태은, 좌동경, 홍석교
아주대학교 전자공학과

Localization of Mobile Robots using Indirect Kalman Filter based Lowcost sensor

Taeun Kim, Dongkyoung Chwa, Suk-Kyo Hong
Department of Electrical and Computer Engineering, Ajou University, Suwon, Korea

Abstract - 위치 추정기술은 이동 로봇에 있어 매우 중요한 문제이다. 위치 인식을 위해 사용되는 센서는 고가의 센서일수록 정확한 위치정보를 얻을 수 있지만 원가 절감 등의 이유로 저가의 센서를 사용할 경우 오차가 커지고 신뢰도가 하락한다. 오차를 보상하기 위해 본 논문에서는 센서의 잡음 특성을 세분화 하여 고려한 칼만 필터 기반의 위치 추정 알고리즘을 제안한다.

누적되어 시스템에 악영향을 미치게 된다. 분해능에 따라 가격편차가 있으나 필터 설계 시 절대 위치로 사용하기 위하여 고 분해능의 엔코더를 사용하였다.

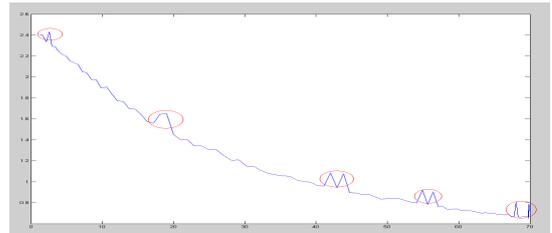
1. 서 론

최근 활발한 연구가 진행되고 있는 이동 로봇 분야는 무인 자동차 같은 실외 로봇과 안내 로봇, 산업용 로봇과 같은 실내 로봇들에서 성과를 보이고 있다. 이러한 이동 로봇들에는 위치 추정, 경로 생성, 장애물 회피 등 많은 기술들이 결합되어 있는데 그중에서도 위치 추정 기술은 다른 기술들의 기반이 되는 중요한 기술이다. 위치 추정에는 GPS, IMU, 비전 센서, 초음파 센서 등 많은 종류의 센서들이 사용되는데 산업용 로봇이나 다 개체의 협력 제어에 사용되어지는 로봇의 경우에는 단가의 절감을 위해 저가의 센서를 사용하게 된다. MEMS 기술의 발달로 인해 가격 면에서 장점을 가지는 반면 바이어스나 잡음 특성이 불확실하여 중, 고가의 센서들에 비해 정확도, 신뢰도 면에서 문제가 된다. 이와 같은 문제를 해결하기 위한 방법으로는 바이어스를 직접 추정하여 보상의 방법이나 다른 센서와의 융합을 통해 추정하는 방법들이 있다.

2.2.1 적외선 센서

적외선 센서는 출력 값이 측정하는 물체의 색깔에 영향을 많이 받므로 실험장비에는 흰색 표지기를 부착 하였다. 같은 종류의 센서라도 저마다 센서 특성이 다르므로 실험 장비의 카트를 등속으로 움직이면서 전압-거리 데이터를 얻고 그래프로 표시하였다. <그림 2>의 붉은 색 동그라미로 표시된 부분은 센서의 잡음이 두드러지게 나타난 부분들로 노이즈 특성을 구하기 위하여 0.56V-2.44V의 구간을 10개로 나누어 각 구간에서 측정된 3만개의 데이터로부터 평균전압, 표준편차, 분산을 구하였다.

본 논문에서는 저가의 센서 사용 시 발생하는 오차를 보상하기 위하여 센서의 범위를 일정 구간으로 나누어 실험적으로 잡음 특성을 구하고 이를 적용한 간접 칼만 필터를 제안 한다. 제안된 알고리즘의 검증은 위하여 시뮬레이션을 수행하고 실제 실험을 통하여 오차가 보상되는 것을 보인다.

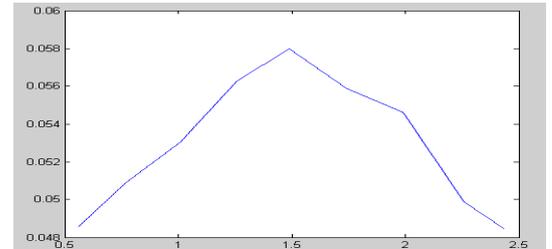


<그림 2> 적외선 센서의 전압-거리 특성

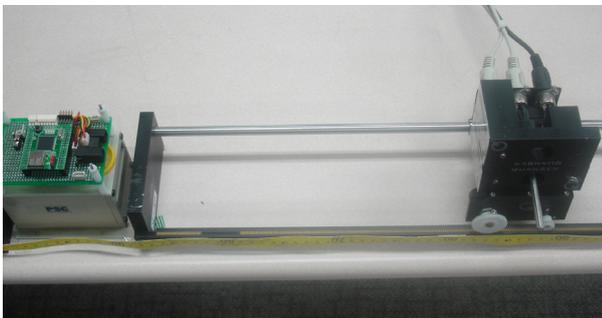
2. 본 론

2.1 실험 장비

<그림 1>은 본 논문 연구에 사용된 실험 장비이다. 위치 측정을 위한 센서로는 SHARP사의 GP2Y0A02YK를 사용하였고, 레일 위에 올려진 카트에 반사판을 설치하여 거리에 따른 측정값을 획득 하였다. 데이터 수집에는 National Instrument 사의 ELVIS-II(16 bit ADC)를 사용하였고 소프트웨어로는 동일 회사의 Labview 8.5를 사용하였다.



<그림 3> 실험적으로 구한 표준편차



<그림 1> 실험 장비 구성

2.2 센서 모델링

2.2.1 엔코더

엔코더는 이동 로봇에 사용되는 대표적인 센서로 이동 로봇의 주행 거리와 속도를 연속적으로 얻을 수 있으나 바퀴의 크기 차이, 바퀴 축의 뒤틀림, 슬립 현상 등으로 인해 오차가 발생할 수 있고 이러한 오차들은

2.3 간접 칼만 필터 설계

위의 센서들로부터 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} x_{encoder}(k+1) &= x_{encoder}(k) + t \times v(k) \\ x_{sensor}(k+1) &= x_{sensor}(k) + n(k) \end{aligned} \quad (1)$$

위 수식에서 $x_{encoder}$ 는 엔코더로부터 얻은 위치 데이터이고 x_{sensor} 는 적외선 센서로부터 획득한 위치 데이터이다. 실험 장비의 카트가 톱니 레일 위에 있으므로 엔코더에 작용할 수 있는 오차 요인들이 사라졌다고 가정하고 절대위치 x_{ideal} 로 사용하기로 한다. x_{ideal} 은 간접 칼만 필터 설계에 필요한 오차 방정식에 사용되고 t 는 샘플링 타임, v 는 엔코더로부터 얻을 수 있는 속도성분이 된다. x_{sensor} 는 적외선 센서로부터 얻은 데이터 값이고 n 은 센서에 포함된 잡음 성분이다.

$$\begin{aligned} err(k) &= x_{ideal}(k) - x_{sensor}(k) \\ z(k) &= err(k) + w(k) \end{aligned} \quad (2)$$

수식 (2) 와 같은 오차 방정식을 사용하는 간접 칼만 필터는 예측 부분과

$$\begin{aligned} err(k+1|k) &= err(k|k) \\ x_{sensor}(k+1|k) &= x_{sensor}(k|k) + Q \end{aligned} \quad (3)$$

업데이트 부분

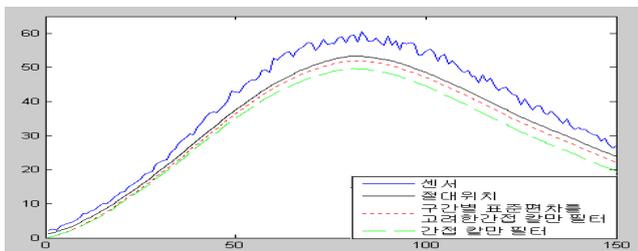
$$\begin{aligned} K &= \frac{x_{sensor}(k+1|k)}{x_{sensor} + R} \\ err(k+1|k+1) &= err(k+1|k) + K(z(k|k) - err(k+1|k)) \\ x_{sensor}(k+1|k+1) &= (1-K) \times p(k+1|k) \end{aligned} \quad (4)$$

으로 구성된다. 이때 Q는 연산 잡음의 표준편차이고 R은 측정 잡음의 표준편차이다.

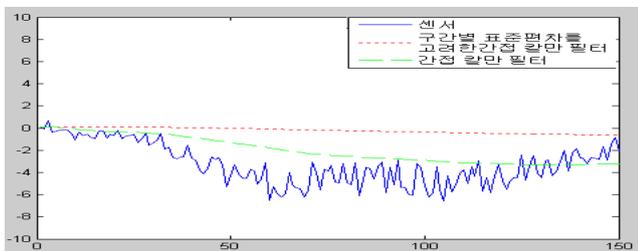
2.4 시뮬레이션 및 실험

2.4.1 시뮬레이션

시뮬레이션에는 MATLAB을 사용하였고 카트가 60cm 이동 후 역방향으로 35cm 만큼 이동하는 것으로 가정하였다. <그림4>, <그림 5>는 시뮬레이션을 통해 얻은 거리와 오차에 대한 그래프이고 <표 1>에서 오차 값을 확인할 수 있다. 시뮬레이션 결과 제안한 알고리즘이 기존의 간접 칼만 필터보다 오차가 적음을 알 수 있다.



<그림 4> 시뮬레이션에 의한 거리 그래프



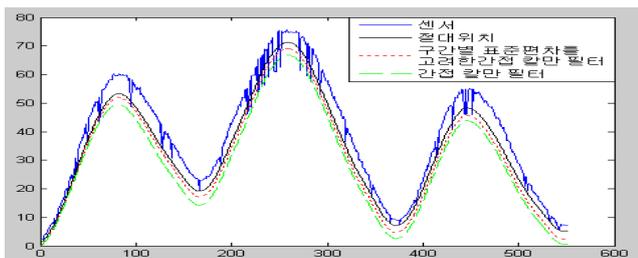
<그림 5> 시뮬레이션에 의한 오차 그래프

<표 1> 시뮬레이션의 오차 결과

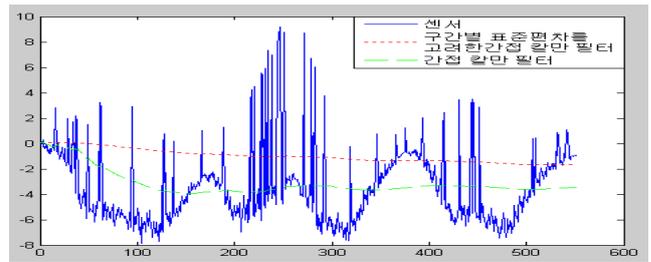
오차 값	간접 칼만 필터(cm)	제안된 알고리즘(cm)
	-3.1809	-0.60322

2.4.1 실험 결과

<그림 1>과 같이 구성된 실험장비에 진행방향을 바꿔가며 실험을 수행하고 각 알고리즘들을 적용한 결과를 비교해 보았다.



<그림 6> 실험에 의한 거리 그래프



<그림 7> 실험에 의한 오차 그래프

<표 2> 실험 결과의 오차 결과

오차 값	간접 칼만 필터(cm)	제안된 알고리즘(cm)
	-3.4359	-1.6644

실험 결과를 분석 하자면 제안된 알고리즘은 전 영역에 걸쳐 성과를 보이지만 기존의 간접 칼만 필터의 경우 초반 30-110단계 사이의 영역에서 원하는 만큼의 성능을 보이지 못하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 초기의 낮은 전압 값에 대한 표준편차를 적용하지 못한 때문으로 실험 결과에 의해 제안된 알고리즘이 우수함을 검증할 수 있었다.

3. 결 론

본 논문에서는 저가 센서의 잡음특성을 파악해 간접 칼만 필터에 적용하는 알고리즘을 제안 하였다. 시뮬레이션과 실제 실험결과를 통해 제안한 알고리즘이 타당함을 보였다. 이를 통해 잡음이 포함된 센서를 이용한 위치 추정 가능성이 보였고 초음파 센서, 비전 센서 등 오차와 잡음 특성을 구할 수 있는 저가의 센서들에도 적용이 가능하므로 여러 분야의 이동 로봇들에 사용할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 박문수, 홍석교, “저가 관성센서의 오차보상을 위한 간접형 칼만 필터 기반 센서융합과 소형 비행로봇의 자세 및 위치결정,” Journal of Control, Automation, and Systems Engineering, Vol 13, No.7, pp637-648, 2007
- [2] 권지욱, 박문수, 김태은, 좌동경, 홍석교, “간접 칼만 필터 기반의 센서융합을 이용한 실외 주행 이동로봇의 위치 추정,” 제어. 로봇. 시스템 학회 논문지, 14권, 8호, 800-808, 2008
- [3] B. Sinooli, L.Schenato, and M.Franceschtt, et al, “Kalman filtering with intermittent observations,” IEEE Trans. on Automatic Control, Vol.49, No.9, pp.1453-1464, 2004
- [4] N. S. Kumarand T. Jann, “Estimation of attitudes from a lowcost miniaturized inertial platform using Kalman filter based sensor fusion algorithm,” Sadhana-Academic Proceedings in Engineering Sciences, Vol.29, pp.217-235, 2004

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구[과제 번호: 2009-0069742]의 지원으로 이루어 졌습니다.