

UKF를 이용한 위치측정 센서의 융합방법

이준하* · 정경훈* · 김정민* · 김성신**

*부산대학교

Fusion Method of Localization Sensor using Uncented Kalman Filter

Junha Lee* · Kyunghoon Jung* · Jungmin Kim* · Sungshin Kim**

*Pusan National University

E-mail : {hattie, hooraring, kjm16, sskim*}@pusan.ac.kr

요 약

본 논문은 UKF(uncented Kalman filter)를 이용한 이동체의 위치측정 정밀도 향상에 관한 연구이다. 기존에 사용된 위치측정 기술로는 유선과 마그네틱 유도 방식들이 있다. 하지만 이러한 방식들은 높은 유지·보수비용으로 인해 최근에는 레이저 내비게이션이 많이 이용되고 있다. 하지만 레이저 내비게이션은 헤더가 회전 하면서 반사체를 인식하여 위치를 계산하는 구조로써, 응답속도가 느리고 주행 속도에 따라 정밀도가 크게 떨어지는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 느린 응답속도와 위치측정 오차를 해결하기 위해서 UKF를 이용한 센서융합 방법을 제안한다. 제안한 방법의 실험은 차속구동 방식의 지게차를 이용하여 레이저 내비게이션의 위치측정 결과와 비교하였다. 실험 결과, 제안된 방법이 레이저 내비게이션에 의해 계속된 위치측정 데이터보다 정밀도가 향상됨을 확인하였다.

키워드

센서융합, NAV200, UKF, 위치측정, 이동체

I. 서 론

최근, 무인이송 기술의 발전으로 무인으로 자율 이동하는 장치에 대한 수요와 관심이 증가되고 있다. 자율 이동체가 작업을 위해 목표 위치로 정확히 이동하기 위해서는 높은 수준의 위치측정과 기술이 요구된다. 특히, 위치측정 기술은 주행 정밀도와 관련되는 매우 중요한 기반기술로써, 대표적인 기술로는 GPS(global positioning system), 유선 유도, 마그네틱 유도 방식들이 있다. 하지만 GPS를 이용한 방식은 수십 m 이상의 위치측정 오차가 발생하였고, 유선 유도와 마그네틱 방법은 바닥에 센서를 매설하기 때문에 유지·보수비용과 경로 수정이 어려운 단점이 있었다. 이러한 문제들로 인해, 최근에는 높은 위치측정 정밀도와 작업경로 및 환경변화에 유연한 레이저 내비게이션이 선호되고 있다.

레이저 내비게이션은 헤더가 360°회전하며 벽면에 설치된 반사체를 측정하여 위치를 측정하는 장치이다. 이는 헤더가 회전하며 반사체를 찾는 구조이기 때문에 응답속도가 느리고 외란에 의해 정밀도가 크게 떨어지는 단점을 가졌다. 이에, 본 논문에서는 응답속도가 빠르고 외란에 강한 지

역위치센서들을 레이저 내비게이션과 함께 이용하는 센서융합에 관해 연구하였다.

제안된 방법은 UKF를 이용하여 레이저 내비게이션과 자이로, 엔코더를 융합하고 비선형모델의 선형화하는 과정에서 발생 할 수 있는 필터의 발산을 억제하는 센서융합 방법이다.

II. 계측 시스템

본 논문에서는 제안한 센서융합의 실험을 위해, 실내에서 전역위치측정이 가능한 레이저 내비게이션을 통해 이동체의 절대적인 위치를 측정하였다. 그리고 이동체의 구동모터에 부착된 엔코더와 자이로 센서를 이용하여 상대적인 이동변위를 측정 하였다. 그림 1은 이동체의 주행 및 데이터 계측의 간략한 전체 시스템 구성을 보여준다.

사용된 센서들은 AVR를 이용하여 계측하였고, 차속구동 방식 이동체의 주행을 위한 구동부 제어는 DAQ 방식을 이용하였다.AVR에서 계측된 센서들의 데이터는 SCI(serial communication interface)통신을 이용해 산업용pc로 전송된다.

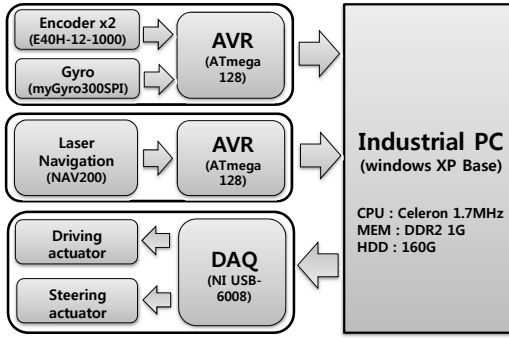


그림 1. 시스템 구성

III. UKF를 이용한 위치측정 정밀도 향상

주행제어와 같은 정밀한 위치측정을 요구하는 작업은 정확한 위치측정 데이터가 필요하다. 하지만 EKF(extended Kalman filter)를 사용하는 센서 융합 방법은 비선형모델을 선형화 하는 과정에서 따른 필터의 발산이 일어 날 수 있어 안정적이지 않다. 따라서 본 논문에서는 비선형 시스템에 적용 가능한 UKF를 이용하여 전역위치센서와 지역 위치센서의 센서융합 방법을 제안한다.

3.1 UKF(Uncented Kalman Filter)

KF(Kalman filter)는 시스템의 운동 모델과 관측 모델로부터 얻는 확률정보를 바탕으로 최소분산추정 값을 제공하고, 이는 현재 관측 값을 사용하는 실시간 추정에 강한 이점이 있다[4-6]. UKF는 EKF와 동일한 비선형 모델에 적합한 KF이다. 하지만 EKF는 비선형 모델을 자코비안 행렬을 통한 선형화 과정을 거쳐 KF에 적용한다. 이 때, 비선형 모델을 선형화 하는 과정에서 자코비안 행렬을 테일러급수 전개하는 과정에서 고차항을 버림으로써 오차가 발생하는 단점이 있어서 안정적이지 못하다. 하지만 UKF는 선형화 과정 없이 비선형 모델의 값을 평균과 공분산에 맞게 확률분산표본을 선점 하여 비선형 방정식을 그대로 사용하기 때문에 EKF의 비선형 모델을 선형화 하는 과정에서 발생 되는 오차를 줄일 수 있다.

3.2 시스템 모델

운동 모델의 현재 입력은 엔코더와 자이로의 데이터를 이용하여 선속도(v_k)와 각속도(ω_k)를 계산한다. 운동 모델은 식 (1)과 같은 비선형 형태로 표현 할 수 있다.

$$x = \begin{bmatrix} x_k^{pos} \\ y_k^{pos} \\ \theta_k^{pos} \end{bmatrix} + w = \begin{bmatrix} x_{k-1}^{pos} + v_k \cos(\theta_{k-1} + \omega_k) \\ y_{k-1}^{pos} + v_k \sin(\theta_{k-1} + \omega_k) \\ \theta_{k-1}^{pos} + \omega_k \end{bmatrix} + w \quad (1)$$

관측 모델(z)은 레이저 내비게이션에서 계측된 데이터를 이용한다. 레이저 내비게이션은 주위 반사체를 이용하여 현재 위치(x, y) 및 각도(θ)를 계산한다.

$$z = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_k^{nav} \\ y_k^{nav} \\ \theta_k^{nav} \end{bmatrix} + v \quad (2)$$

IV. 실험 및 결과

4.1 실험 환경

실험은 2200 cm × 2130 cm 크기의 공간에서 수행하였으며, 총 15개의 반사체를 설치하여 ㈜아티스(ATIS)에서 제공한 150 cm × 210 cm 크기의 차축 구동 지게차에 레이저 내비게이션을 설치하여 위치를 측정하였다. 그림 2는 제안된 방법의 성능 평가 실험을 위해 사용된 공간을 나타낸다.

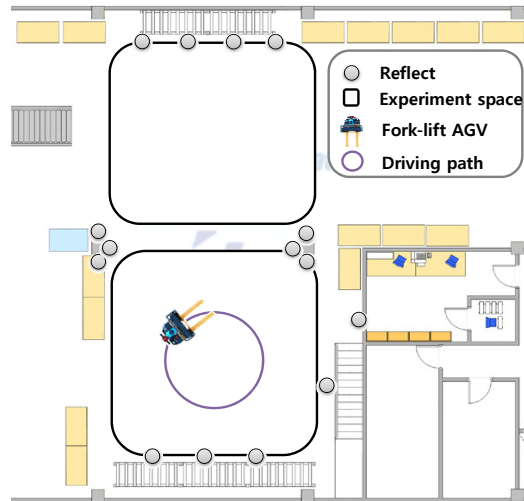


그림 2. 실험 환경

사용된 반사체는 반사율을 극대화하기 위해 지름이 9cm에 높이 80cm 높이인 원통에 부착하여 벽에 15개를 설치하였다.

4.2 위치측정 정밀도 실험

이동체를 조향각도와 주행속도를 고정시켜, 일정한 회전 주행이 가능하도록 설정하였다. 각 실험 당 10회를 회전시켜 총 10번을 주행하여 데이터를 계측하였다. 그림 3은 레이저 내비게이션의 제안된 방법의 위치측정 결과를 비교한 그림이다. 이동체의 주행 궤적은 조향 각도가 고정된 상태에서 주행을 하고 있기 때문에 원에 가까울수록 위치측정 오차가 적다.

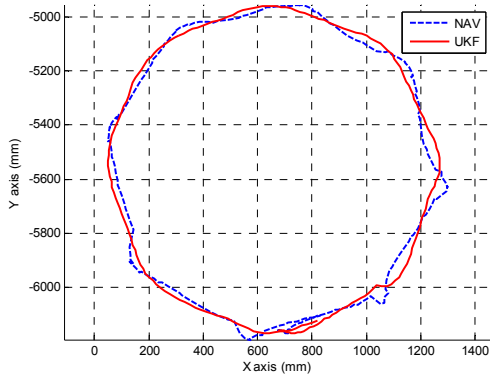


그림 3. 센서융합 비교 결과

제안된 방법으로 계산된 주행 궤적과 기구학 계산을 통해 얻어진 주행 궤적과의 오차를 계산해 본 결과, 레이저 내비게이션의 결과보다 RMSE가 5.57 mm 만큼 줄어 든 것을 확인 할 수 있었다. 이는 제안된 방법이 이동체의 시스템 모델과 관측 모델의 오차 확률 정보를 바탕으로 위치 정보를 추정하는 과정에서, 레이저 내비게이션의 오차가 많이 발생하는 부분이 엔코더와 자이로를 이용하여 보정되기 때문이다.

V. 결 론

본 논문에서는 UKF를 이용하여 이동체의 위치 측정 정밀도를 향상 시키는 방법에 관하여 이야기 하였다. 제안된 방법의 실험을 위해 레이저 내비게이션과 엔코더, 자이로센서를 이용하여 이동체의 위치를 측정하였다. 위치측정 정밀도 향상을 위해 UKF를 통한 센서융합 이용하여 위치측정 오차를 최소화시켰다. 오차가 가장 많이 발생하는 회전 주행을 바탕으로 레이저 내비게이션 센서를 이용한 위치측정과 비교한 결과 제안된 방법이 이전 방법보다 정밀도가 향상되었음을 확인 할 수 있었다.

감사의 글

“본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 로봇 전문 인력양성 프로그램 지원사업의 연구결과로 수행되었음”

(NIPA-2010-(C7000-1001-0009))

“본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 특수환경 Navigation/Localization 기술연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음”

(NIPA-2010-(C7000-1001-0004))

“이 논문 또는 저서는 2011년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임”

(지역점연구단육성사업/차세대물류IT기술연구사업단)

참고문헌

- [1] J. Borenstein, “The OmniMate: A Guidewire and Beacon-free AGV for highly Reconfigurable Applications,” *International Journal of Production Research*, Vol. 38, No. 9, pp. 1993-2010, 2000.
- [2] I. A. Vis, “Survey of Research in the Design and Control of Automated Guided Vehicle Systems,” *European Journal of Operational Research*, Vol. 170, No. 3, pp. 677-709, 2006.
- [3] C. Y. Chan, “A System Review of Magnetic Sensing System for Ground Vehicle Control and Guidance,” *California PATH Research Report*, UCB-ITS-PRR-2002-20, 2002.
- [4] D. Lee and K. T. Alfriend. “Precise Real-Time Orbit Estimation Using The Unscented Kalman Filter,” *Advances in the Astronautical Sciences*, Vol. 114, No. 3, pp. 1853-1872, 2003.
- [5] 엄기환, 강성호, 김주웅, “자율이동 로봇의 위치추정을 위한 변형된 칼만필터 방식,” *한국해양정보통신학회논문지*, Vol. 12, No. 4, pp. 781-790, 2008.
- [6] 이연석, “칼만필터의 잔류오차에 최소적응알고리즘을 적용한 이동로봇의 위치추정오차 검출기법,” *한국해양정보통신학회논문지*, Vol. 10, No. 7, pp. 1332-1337, 2006.