

무인 지게차의 정밀 좌표 생성을 위한 센서 융합 Sensor Fusion for accurate localization in Unmanned Forklift

*이상협¹, #이석¹, 김만호², 이경창³

*Sang-Hyob Lee¹, #Suk Lee(slee@pnu.edu)¹, Man Ho Kim², Kyung Chang Lee³
¹부산대학교 기계공학부, ²차세대물류IT기술연구사업단, ³부경대학교 계측제어공학과

Key words : Unmanned forklift, Localization system, Sensor fusion, Dead reckoning, Kalman filter

1. 서론

산업 현장 및 물류 창고에서 선반(rack)에 있는 원자재 및 제품을 적재하고 운반하는 지게차(forklift)와 운반 차량은 물류 시스템에서 중요한 요소 중에 하나이다. 하지만, 위험한 작업 현장에서 지게차에 의해 발생하는 산업 재해와 방사선 폐기물과 같은 인간이 직접 지게차를 운전할 수 없는 작업 환경이 증가함에 따라 지게차나 운반 차량의 무인화에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있다.¹

지게차를 무인으로 움직이기 위해서는 다양한 요소 기술이 요구된다.¹ 우선, 지게차의 위치를 인식할 수 있는 기술이 필요하다. 특히, 지게차는 실외 환경뿐만 아니라 실내 환경에서 많이 사용되기 때문에 실내 환경에 맞는 위치 인식 시스템이 요구된다.

본 논문의 저자들은 무인 지게차의 위치 인식을 위하여 레이저 기반의 NAV200을 이용한 방법을 제안한 바 있다.¹ 선행 연구에서 사용된 레이저 기반의 NAV200은 수 mm 이내의 매우 높은 정도로 무인 지게차의 위치를 인식할 수 있기 때문에, 상당히 많은 상용 AGV 등에서 사용되고 있다. 그러나 NAV200은 측정 주기가 약 135ms이기 때문에, 무인

지게차가 고속 주행하거나 고속 선회하는 경우 정밀한 위치 인식이 어렵다는 단점이 있다.² 즉, NAV200은 고속 선회 시 측정 오류로 인하여 정보 값이 출력되지 않거나, 일정 기간 동안 잘못된 정보 값이 출력되는 경우가 발생하였다.

2. 무인 지게차의 위치 정보 획득 시스템

2.1 무인 지게차 개요

무인 지게차에서 NAV200이 가진 문제를 해결하기 위한 센서 융합 시스템은 주 제어 모듈에 위치하며 그림 1과 같은 구조를 가지고 있다. 그림에서, 무인 지게차의 위치 정보는 추측 항법과 Kalman 예측을 사용하여 생성한다. 추측 항법은 이동하는 플랫폼에 설치된 조향각 센서와 엔코더를 이용하여 무인 지게차의 방위와 이동거리를 검출하여 위치를 계산하여 추측하는 방법이다. 추측 항법을 이용한 위치 검출 방법은 거리와 방위 센서의 측정 주기가 짧기 때문에 NAV200과 비교하여 상대적으로 짧은 측정 주기를 가질 수 있다는 장점을 가진다. 반면, Kalman 예측은 측정 오류를 최소화하는 추정과 보정 과정을 반복하기 때문에 관측기의 잡음 성분을 포함하는 모델에서 효율적인 추정 방법이다.

2.2 추측 항법을 이용한 위치 정보

본 논문에서는 그림 2와 같은 무인 지게차의 기구학적 구조에서 조향 휠 각도(S_θ)를 이용하여 회전 반경(R)을 측정하고 엔코더를 이용하여 이동 거리를 측정하여 추측 항법으로 위치 정보를 생성하였다.

θ 는 각도 변화량을 의미하고, θ 는 지게차의 현재 진행방향이라고 할 때, 이동 거리를 이용하여 무인 지게차의 다음 위치를 추측 항법을 이용하면 식(1)와 표현할 수 있다.

$$X_d(k+1) = X_d(k) + R_f \sqrt{2(1 - \cos \theta')} \times [\cos \theta, \sin \theta]^T \quad (1)$$

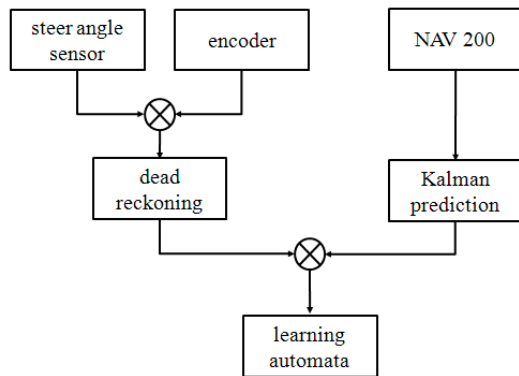


Fig. 1 Structure of the sensor fusion system for localization system of unmanned forklift

2.3 Kalman 예측을 이용한 위치 정보

Kalman 필터는 수학적인 모델을 기반으로 측정 오류 공분산(error covariance)을 최소화하는 추정과 보정 과정을 반복하기 때문에 NAV200에서 발생하는 불확실성을 제거할 수 있다. Kalman 예측은 후 추정값을 전 단계에서 추정한 $X^k(k)$ 에 관측기에서 측정한 $z(k)$ 와 측정 추정값 $H(k)$, $X^k(k)$ 의 차이를 선형관계로 나타내는 과정에서 선 추정값을 이용하여 위치 정보를 추정한다. 따라서 Kalman 예측에서는 오차 공분산을 갱신하는 과정에서 사용되는 선 추정 값을 추정 좌표로 사용한다.

3. 학습 오토마타를 이용한 센서 융합

학습 오토마타는 선택할 수 있는 행동들의 집합과 각각의 행동을 선택할 확률로 구성되어 있다. 각각의 행동에 대한 확률이 그 행동이 선택되었을 때 학습 오토마타와 상호 작용하는 환경이 나타낸 반응에 따라 강화 알고리즘의 작용에 의하여 계속적으로 조절된다. 예로, 추측 항법과 Kalman 예측에서 추출된 좌표 중에서 추측 항법의 좌표를 높은 확률로 무인 지게차의 좌표 값을 결정하여 실행했을 때 보다 오차가 작은 좌표로 판단되면 다음 좌표를 선택하기 전에 강화 알고리즘은 추측 항법을 이용한 좌표를 선택할 확률을 증가시키고 Kalman 예측을 이용한 좌표를 선택할 확률을 감소시킨다. 이와 같은 과정을 반복하는 과정에서 가장 오차가 작은 좌표를 선택할 확률은 점차 증가하고

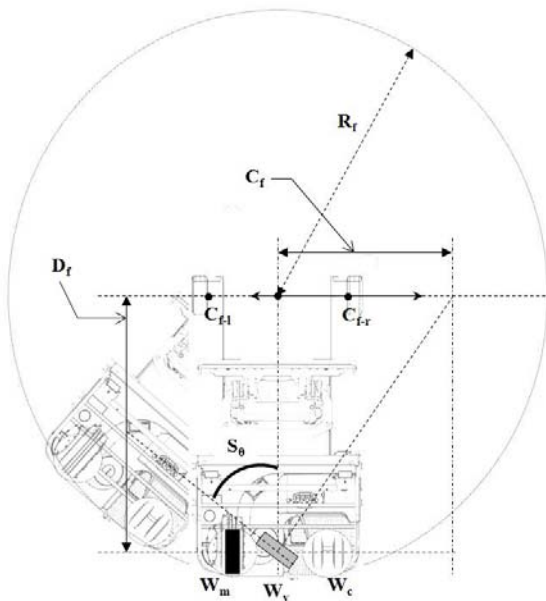


Fig. 2 Kinematics analysis of unmanned forklift

오차가 증가하는 좌표를 선택할 확률을 감소하게 되어서 고속 주행하거나 고속 선회하는 경우 정밀한 위치 인식이 어렵다는 NAV200의 문제를 효과적으로 해결할 수 있다.

추측 항법과 Kalman 예측을 이용하여 연산한 위치 좌표의 오차를 각각 연산하여 융합계수를 구하고, 학습 오토마타를 이용한 센서 융합 위치 좌표를 확률 평균을 이용하여 연산한다.

4. 결론

무인 지게차의 위치 정보를 제공하는 NAV200과 같은 기존의 위치 정보 시스템은 고속 선회할 때 잘못된 위치 정보를 제공하거나 위치 정보를 제공하지 못하는 경우가 빈번하게 발생하고, 상대적으로 느린 위치 정보 발생 주기를 가지고 있기 때문에 고속 위치 제어에 한계가 있다.

따라서 무인 지게차의 고속 주행을 가능하도록 NAV200이 가진 문제를 해결하기 위하여 NAV200의 위치 정보 출력에 추측 항법과 Kalman 예측을 사용하여 위치 정보를 획득하였다. 획득된 정보를 이용하여 학습 오토마타를 이용하여 보다 정확한 무인 지게차의 위치 정보를 생성하는 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 학습 오토마타를 이용한 센서 융합 방법을 이용하면 NAV200의 위치 정보가 잘못되거나 발생하지 않는 경우에도 상대적으로 정확한 위치 정보를 제공해 줄 수 있다.

하지만, 본 연구는 기존의 위치 정보 시스템의 위치 정보를 이용하기 때문에 기존의 시스템의 상태에 영향을 받는 한계가 있다.

후기

이 논문 또는 저서는 2010년 교육과학기술부로 부터 지원받아 수행된 연구임(지역거점연구단육성사업/차세대물류IT기술연구사업단)

참고문헌

1. Song, Y. H., Park, J. H., Lee, K. C. and Lee, S., "Network-based distributed approach for implementation of an unmanned autonomous forklift," Journal of Institute of Control, Robotics and Systems, Vol. 16, No. 9, pp. 898-904, 2010.
2. NAV200 Laser Positioning Systems for Navigational Support, SICK Inc., 2010.