

Fuzzy 기반 주행 기법을 이용한 고속 자율 주행 지게차 구현

High-speed Autonomous Forklift using Fuzzy based Driving Method

*이주경¹, #이석¹, 전종기¹, 이경창²

*J. K. Lee¹, #S. Lee(slee@pnu.edu)¹, J. K. Jeon¹, K. C. Lee²

¹부산대학교 기계공학부, ²부경대학교 제어계측공학과

Key words : autonomous control, unmanned autonomous forklift, embedded control system, Fuzzy Control

1. 서론

제조 설비나 자동 창고에서 물자를 적재하고 운반하는 데 사용되는 지게차나 운반 차량은 물류 시스템에 있어서 중요한 요소 중의 하나이다. 수십 년 동안 물류 시스템의 생산성을 향상시키기 위하여, 지게차나 운반 차량의 무인화에 대한 연구와 개발이 지속적으로 진행되어 왔다. 가장 대표적인 형태인 자율 주행 지게차는 팔레트를 적재할 때는 운전자에 의하여 조정되고, 이동할 때는 바닥에 설치된 바닥 유도선이나 페인트 띠 등을 따라 정해진 경로를 따라 자동으로 움직인다.

자율 주행 지게차와 같은 무인 운반 차량을 구현하기 위해서는 차량의 주행 및 조향 제어, 차량의 위치 인식, 환경 인식, 장애물 감지 및 회피, 작업 할당, 경로 계획, 팔레트 인식 등과 같은 다양한 요소 기술들이 필요하다. 그리고 자율 주행 지게차의 고속화를 위해서는 효율적인 주행 알고리즘이나 제어가 필요하게 된다. 따라서, 본 논문에서는 자율주행 지게차의 고속화와 효율적인 주행을 위해 Fuzzy 제어 시스템을 이용한 주행기법에 대하여 제안한다.

2. 고속 자율 주행 지게차를 위한 Fuzzy 제어 시스템

고속 자율 주행 지게차를 위해서는 다양한 요소 기술들이 필요하다. 첫째, 가장 기초적인 요소 기술 중의 하나는 위치 인식 기술이다. 둘째, 장애물 감지나 포크 제어 등을 위해 센서의 입력을 위한 센싱 기술이 필요하다. 셋째, 보다 더 능동적인 장애물 감지나 포크 제어를 위해 vision 기술이 필요할 수도 있다. 넷째, 원활하게 움직이기 위해서는 map building 과 path planning 기술이 필요 하

며, 원활한 작업을 위하여 작업 할당 기술이 필요하다. 다섯째, 지게차의 가장 중요한 기술은 경로 추종 제어나 장애물 회피 제어, 포크 적재 및 하역 제어이다. 이러한 기술에는 원하는 기능이 수행될 수 있도록 센서로부터 수집된 정보를 이용하여 모터 제어 시스템을 동작시키는 기능이 포함된다.

지게차의 주행기법은 센서 입력 값의 특성에 따라 출력을 결정한다. 주행 성능을 향상 시키기 위한 방법으로 Fuzzy 이론을 적용하여 출력 값을 생성하기 위해서는 위치인식 센서인 NAV200의 입력 값의 특성에 따른다. Fuzzy 검출기에서 출력값을 결정하기 위한 Fuzzy 규칙은 Fuzzy 언어변수와 언어 값으로 변환하는 Fuzzifier, 전문가의 경험을 바탕으로 생성한 Fuzzy 룰을 이용하여 Fuzzy 출력을 추론하는 추론 엔진과 추론 결과를 동적 출력 값으로 변환화하는 defuzzifier 로 구성된다.

3. 자율 주행 지게차의 주행 성능 평가

Fuzzy 제어 시스템의 추론 과정을 위하여 몇 가지 실험을 수행하고 이를 자율 주행 지게차의 주행기법에 적용 하였다. 자율 주행 지게차에 Fuzzy 제어 주행을 위하여 사용한 입력 변수는 Fig. 1의 구조와 같이 지게차의 거리와 각도, 출력 변수는 steer의 각도와 지게차의 속도로 정의 하였다. 소속 함수 (membership function)는 측정된 구동결과를 바탕으로 Table 1에 정의 하였다.

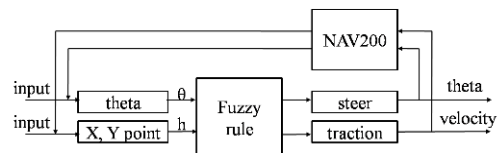


Fig. 1 Structure of Fuzzy control system

Table 1 Fuzzy rule table

θ_e \ H	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	PB	PB	PB	PB	PM	PS	ZO
NM	PB	PB	PM	PM	PM	ZO	NS
NS	PB	PM	PS	PS	ZO	NM	NM
ZO	PB	PM	PS	ZO	NS	NM	NB
PS	PM	PM	ZO	NS	NS	NM	NB
PM	PS	ZO	NM	NM	NM	NB	NB
PB	ZO	NS	NM	NB	NB	NB	NB

Fig. 2 에서 지게차의 중심과 도착지점의 거리는 식(1)과 같이 계산된다.

$$\ell = \sqrt{(X_e - X_s)^2 + (Y_e - Y_s)^2} \quad (1)$$

좌표 각과 방향각은 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\theta_e = \text{angle}(\text{global}) - \theta_s \quad (2)$$

$$\theta_s = \arctan\left(\frac{Y_l - Y_s}{X_l - X_s}\right)$$

지게차의 주행을 제어하는 steer 의 각도 변화에 따른 거리는 식(3)과 같이 계산되며 각도와 거리에 따라 Fuzzy 룰을 적용하여 steer 각도를 출력한다.

$$l = \sqrt{(X_l - X_e)^2 + (Y_l - Y_e)^2} \quad (3)$$

$$h = l * \sin(\arctan\left(\frac{Y_l - Y_e}{X_l - X_e}\right) - \theta_s)$$

지게차 주행 알고리즘을 적용한 실험을 실시한 결과를 Fig. 3 에 나타내었다. 기존의 주행기법으로 실험한 결과와 Fuzzy 제어 주행기법을 적용하여 얻은 결과이다. 좌표를 고정된 상태에서 주행 시 획득한 좌표 출력신호로부터 주행 오차의 평균값을 비교하여 결과를 도출하였으며 그 결과 기존 방법을 통한 주행 시 평균 주행오차는 22.66(SD : 2.38)cm

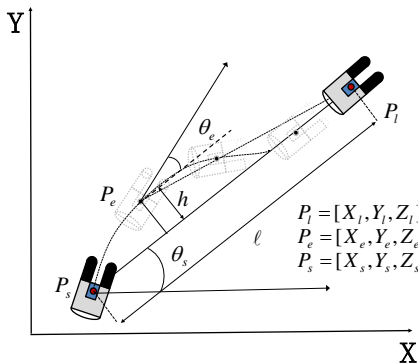


Fig. 2 fuzzy control method of forklift

으로 확인하였다. 하지만 제안된 Fuzzy 제어 주행기법의 평균 오차 값은 5.86(SD : 0.65)cm 으로 기존의 주행기법에 비하여 상대적으로 낮은 오차를 확인하였다. 또한, 단위 시간당 이동거리가 1.2 배 향상된 것을 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 무인 지게차의 고속 자율주행을 위한 방법으로서, Fuzzy 제어 시스템을 이용한 자율 주행 기법에 대하여 제안하였다. 또한, Fuzzy 제어 주행을 위하여 센서 값에 따라 방향을 제어 하는 steer 와 구동 속도를 결정하는 주행을 제안하였다. 마지막으로, 일반적인 주행 기법과 본 논문에서 제안한 Fuzzy 제어 기반의 주행을 비교하여 성능을 평가 하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

본 논문에서 제안한 주행 기법은 일반적인 주행 기법과 비교하여 상대적으로 우수한 성능을 가짐을 확인 하였다. 특히, Fuzzy 룰을 이용하여 센서 값의 특성에 따라 적절한 출력 값을 결정하는 방법을 제안하여 안정적인 고속 자율주행을 확인하였다.

그러나, 본 논문에서는 주行的 성능만을 검증하였기 때문에 장애물 회피에 대한 문제를 고려하지 못하였다. 또한 경로계획에 대한 충분한 연구도 필요하다.

후기

“이 논문은 2010 년 교육과학기술부로부터 지원 받아 수행된 연구임”(지역거점연구단육성사업/차세대물류 IT 기술연구사업단)

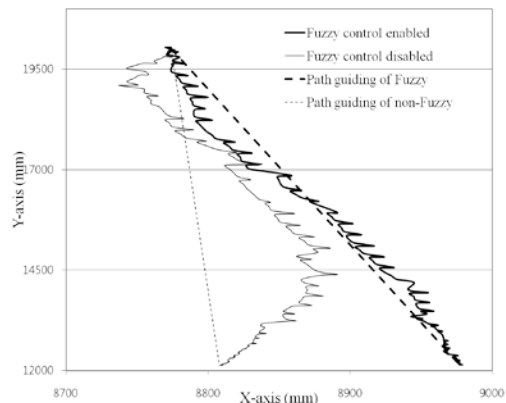


Fig. 3 Comparison of driving result