

## 광유도식 AGV를 위한 제어시스템 실현

\*양직현\*, \*이제희, \*\*김진환, \*허옥열  
\*인하대학교 전기공학과 \*\*두원 전문대 컴퓨터 응용제어과

### Implementation of Control System for Optically Guided AGV

\*J.H.Yang\*, \*J.H.Lee, \*\*J.H.Kim, \*U.Y.Huh

\*Dept. of Electrical Engineering, Inha University, \*\*DooWon Technical College

#### Abstract

This paper deals with design and implementation of the controller for optically guided AGV. When AGV has only three photo sensors in front of body, AGV doesn't know how much the entry angle to guide line is. In this case, it is difficult to compensate the tracking error. To make sure that the AGV does not secede the guide line in tracking, PI controller and fuzzy logic controller is proposed. The proposed controller was verified and experienced through real AGV system.

#### 1. 서론

기존의 실용화된 유도식 AGV의 제어알고리즘은 On-Off 제어가 일반적이다. On-Off 제어는 제어알고리즘이 간단하여 구현하기 쉽지만 주행시에 발생하는 다양한 오차를 효과적으로 보상하지 못하고 추적오차가 항상 존재하며 주행속도를 높일 경우 경로를 이탈할 가능성이 크다. 또한 용량이 작은 모터로는 관성에 의한 차체의 쓸림을 막기 어려워 차체와 부하의 중량에 의한 관성을 이기기 위해 큰 용량의 모터를 필요로 한다. 기존 제어기의 문제점들을 파악하기 위해 우선 On-Off 제어기에 의한 AGV의 운동특성을 관찰한 결과 관성이 큰 시스템은 발산하여 경로를 이탈하는 예가 많았다. 시스템에 미치는 관성의 영향을 작게 하기 위해서는 큰 용량의 모터를 사용하면 되지만 한정된 전력과 DC 전압을 사용하는 AGV에서는 제작비용이 상승하며 효율적이지 못하다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위한 한 방법으로 속도 제어를 위해 PI 제어기를 사용하고 차체가 유도선으로 진입 후 다시 재이탈하는 것을 방지하기 위해 퍼지 제어기를 사용하여 오차를 보상하는 방법을 제안하였으며 Differential Steering 방식의 AGV

에 적용하여 그 결과를 검증하였다.

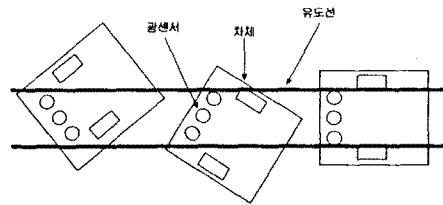


그림 1 AGV의 유도선내에서의 위치

#### 2. AGV의 주행특성

실험에 사용된 AGV는 양바퀴의 속도차를 이용하여 조향을 하는 Differential Steering 방식이며 전방에 3개의 광센서가 10cm의 폭으로 설치되어 있다. 이러한 구조에서는 AGV가 유도선에 진입 또는 이탈 할 때의 각도를 알 수가 없다. 그림 1에서 보는 바와 같이 센서가 모두 유도선내에 존재하더라도 차체의 위치는 유도선과 임의의 각도로 놓여질 수 있고, 이 경우 그대로 주행하면 유도선을 이탈하게 된다. 센서를 추가하여 설치하면 차체가 놓여있는 각도를 알 수 있지만 고가격의 센서는 제작비용이 상승하는 요인이 되어 경제적이지 못하다. 이런 구조를 가지는 AGV를 On-Off 제어기를 사용하여 주행시켰을 때의 운동특성은 그림 2의 왼쪽그림에서 보는 것과 같이 추적오차가 크다. 추적오차를 감소시키기 위해 AGV가 이탈 후에 다시 재진입 하는 동작을 관찰하여 본 결과 이탈해 있는 시간에 비례하여 진입할 때 각도가 결정되는 경향을 보였다. 즉 이탈시간이 크면 진입할 때 유도선과 작은 각도를 이루며 이탈시간이 작으면 유도선과 큰 각도를 이루며 진입하였다.

#### 3. 제어기의 구성

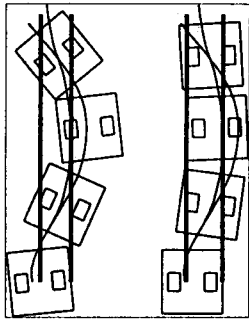


그림 2 AGV의 주행특성

관계를 퍼지 규칙으로 만든 후 퍼지 제어를 구성하였다. 퍼지 제어기는 차체가 진입한 후 다시 이탈하기 전에 적절한 제어입력을 반대측의 구동륜에 가하여 재이탈을 방지한다. 적절한 제어입력의 양은 퍼지 제어기의 출력값에 의해 결정된다. 그림 2의 우측 그림처럼 추적오차가 감소하도록 하는 것이 퍼지 제어기의 기능이다. 퍼지 규칙은 표 1과 같이 정하였다. 센서입력값과 이탈시간을 전건부 변수로, 진입각도를 후건부 변수로 잡았다.

표 1 퍼지 규칙

| Time<br>Sensor | S  | M  | B  |
|----------------|----|----|----|
| LC             | PB | PM | PS |
| RC             | NB | NM | NS |

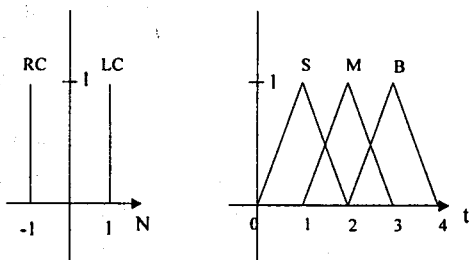


그림 3 전건부 변수의 퍼지 멤버십 함수

멤버십 함수는 계산의 간편을 위해 삼각형 멤버십 함수를 사용했다. 그림 3은 전건부 변수의 멤버십 함수이다. 좌측 그림은 센서 입력으로 차체가 어느 방향으로 이탈 했는가를 알려준다. 센서는 중앙에 1개, 좌우에 1개씩밖에 없으므로 이탈된 좌우측 센서는 1개씩밖에 존재하지 않는다. 우측 그림은 이탈시간의 멤버십 함수이며 small, medium, big 세가지의 범위

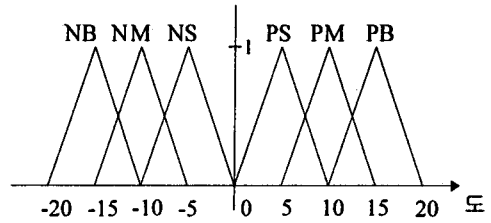
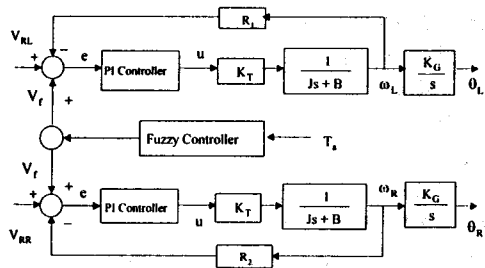


그림 4 후건부 변수의 퍼지 멤버십 함수

로 정했다. 그림 4는 후건부 변수의 퍼지 멤버십 함수이며 + 는 차체가 우측으로 진입했을 경우이고 - 는 좌측으로 진입했을 경우이다. Product inference engine에 의해 퍼지 추론을 행하였고 singleton fuzzifier, center average defuzzifier를 이용하여 제어를 구성하였다. 퍼지 제어기의 출력은 이탈 각도이므로 이 데이터를 기반으로 실험에서는 제어입력으로 환산하여 프로그램 하였다. AGV의 속도제어를 위해 PI 제어기를 사용하였다. AGV의 구조상 속도는 조향각에 영향을 주므로 기준속도로 정확하게 수행하는 것은 매우 중요하다. AGV는 기계적인 파라미터의 부정확함과 구조상의 오차가 필연적으로 존재하므로 모터에 계단입력을 주고 그에 따른 출력값을 모니터링 하면서 PI 제어기의 계수를 조정하였다. 그림 5에 전체 제어기의 블록선도를 나타내었다. 센서가 유도선내에 모두 존재하면 PI 제어기에 의해 속도제어만 이루어지고 센서가 유도선을 이탈하면 퍼지 제어기에 의해 오차가 보상된다.



$V_{RL}$ : 좌측바퀴기준속도     $R_1$ : 좌측바퀴의 반경     $T_s$ : 센서입력  
 $V_{RR}$ : 우측바퀴기준속도     $R_2$ : 우측바퀴의 반경     $K_T$ : 전류이득  
 $V_f$ : 퍼지제어기출력     $K_G$ : 기어비     $u$ : PI 제어기출력

그림 5 제어기의 블록선도

#### 4. 실험 결과

실험에 사용된 AGV는 600mm×700mm의 크기를 가지며 전륜에 구동모터가 장착되어 있으며 후륜은 자유회전바퀴로 되어 있다. 구동토크를 확보하기 위해 25:1의 기어를 사용하였다. AGV를 제어하는 주프로세서는 i80C196KC를 사용하였다. 이 프로세서는 20MHz의 클럭으로 동작하며 프로세서 내부에 각종 주변 디바이스가 내장되어 있어 회로가 간단해지고 동작의 신뢰성이 높다. 프로세서의 연산결과를 PC에서 모니터링 할 수 있도록 모니터 프로그램을 작성하여 프로그램의 효율적인 개발이 가능하도록 하였다. 실험은 open loop 응답, on-off 제어기 응답, 본문에서 설계된 제어기 응답의 순으로 하였으며 데이터를 PC에서 받아 plot 하였다.

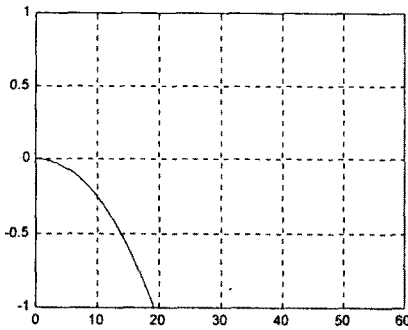


그림 6 Open Loop 일 때의 AGV의 궤적

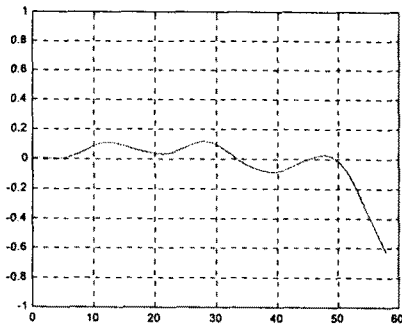


그림 7 on-off 제어기를 사용한 AGV의 궤적

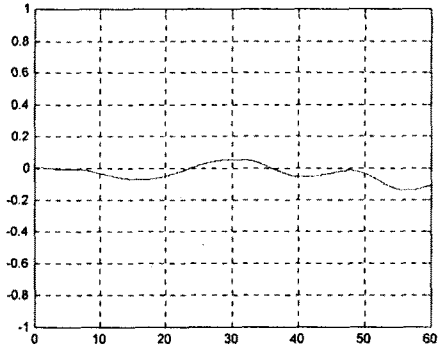


그림 8 제안된 제어기를 사용했을 때의 AGV의 궤적

#### 5. 결론

AGV의 주행을 위한 제어기로 PI 제어기와 퍼지 제어기를 사용하였을 경우 on-off 제어기보다 작은 추적 오차를 가지고 주행함을 실험에 의해 알 수 있었다. 따라서 본 논문에서 설계된 제어기가 추적오차를 보상하는 데 있어 on-off 제어기보다 효과적이었음이 입증되었다.

#### 참고 문헌

- [1] Li-Xin Wang, "A course in fuzzy systems and control", Prentice Hall, 1997
- [2] Benjamin C. Kuo "Automatic Control System", Prentice Hall, 1991
- [3] Electro-Craft Corporation, "DC Motors Speed Controls Servo Systems", Pergamon Press, 1977
- [4] L.Feng, Y.Koren, J.Borenstein, "Cross-Coupling Motion Controller for Mobile Robot", IEEE Control Systems Magazine, pp. 35-43, Dec. 1993
- [5] 菅野道夫 著, 박민용, 최항식 譯, "퍼지 제어 시스템", 대영사, 1990