

## 퍼지 논리를 이용한 추종 Mobile Vehicle의 지능적 Control 구현

최 우 경, \*서 재 용, \*\*김 성 현, 전 홍 태  
중앙대학교 전자전기공학부, \*한국기술교육대학교, \*\*동원대학  
전화 : 02-820-5297 / 핸드폰 : 017-335-6366

### Intelligent Control for the Tracing Mobile Vehicle Using Fuzzy Logic

Woo-Kyung Choi, \*Jae-Yonh Seo, \*\*Sung-Hyun Kim, Hong-Tea Jeon  
School of Electrical and Electronic Engineering Chung-Ang University  
\*Korea University of Technology and Education, \*\*Tongwon Collage  
E-mail : chwk001@hanmail.net

#### Abstract

The paper proposed the intelligent inference method which keeps MV(Mobile vehicle) a little way off from men and makes it follow them using fuzzy controller. Recognizing positions of MV and Men and distance between them was used to infer movement angle and speed of the MV with multi-ultrasonic sensor and USB camera. The very important thing is that the MV needs to obtain surrounding information from the sensor and the camera, then it needs to represent those circumstances. MV was controlled by inference from the speed and angle which are obtained from sensor and camera.

Traveling simulation with a real MV was performed repeatedly to verify the usefulness of the fuzzy logic algorithm which was proposed in this paper. And a successful result of the experiment demonstrated the excellence of the fuzzy logic controller

폭 넓게 사용되어 왔다[1][2]. 요즘은 이 목적뿐만 아니라 인간과 교감을 통한 생활의 일부가 될 수 있는 인간과 친근한 MV 연구가 활발해지고 있는 실정이다. 그러나 인간의 행동양식과 사고능력이 워낙 복잡하고 뛰어나기 때문에 MV 구현은 힘든 일이다. 따라서 한꺼번에 인간과 교감할 수 있는 MV 구현은 어렵다. 대신에 어느 특정한 기능을 조금씩 발전시켜 나가면 가능하리라 본다. 그리하여 특정한 기능중 인간을 추종할 수 있는 기능을 퍼지 시스템을 이용하여 구현하였다.

MV가 인간을 추종하기 위해서는 주위 환경의 변화에 대처가 필수 조건으로써 시각과 거리를 인식하여 환경변화에 대응할 수 있도록 퍼지 제어를 사용하였다[3]. 추종물체를 추종 시 여러 형태의 환경변화들을 고려해야 하나 본 연구에서는 거리와 위치의 변화량을 파악하여 실시간으로 MV에 적용하고자 한다.

#### II. Mobile Vehicle의 System

MV의 몸체는 3개의 구동 바퀴를 가진 동기식 구동 방식이다. 동기식 구동 방식은 이동로봇 내에 부착되어 있는 바퀴들의 구동(Driving)과 조향(Steering)이 동시에 이루어지도록 구성된 방식으로 각 바퀴들에 일치된 동력을 전달하도록 되어있다. 모터 제어기는 PID

#### I. 서론

MV(Mobile Vehicle)는 산업현장에서 물류운반, 우주 공간 등의 기계적 지역의 탐색, 재난 등의 위험한 환경에서의 구조임무 등 인간이 활동하기 힘든 곳에서

제어 방식을 사용하고 PID 제어를 통하여 모터를 구동한다. 거리측정기는 최대 12개의 초음파 센서를 구동할 수 있으며, 선택적으로 초음파 센서를 구동하고 최대 거리와 최소 거리 및 선택한 센서를 우선순위를 설정하여 사용할 수 있다. 비전처리를 위해 MV에 USB 카메라를 연결하였다. 모든 제어 장치들은 USB 허브를 통하여 노트북과 연결하여 제어한다. 노트북은 센서에서 얻은 데이터를 통하여 MV의 주행이 가능하도록 프로그램으로 구현한다. MV 시스템의 구성과 외관은 그림 1과 같다.

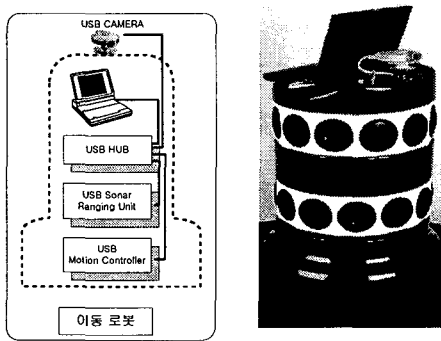


그림 1. MV 시스템의 구성과 외관

### III. FUZZY CONTROL

#### 3.1 추종 System의 조건

추종 조건은 MV가 추종물체를 0~120cm내에서 적정거리를 60cm로 하고 적정거리 보다 가까우면 후진, 적정 거리 이상이면 전진하도록 퍼지 제어하였다. 또 MV와 추종물체의 거리는 초음파 센서로 측정하고 센서의 최고 거리는 3m로 제한하였다. MV가 움직이는 추종물체의 위치를 인식하는 것이 문제인데, 해결방안으로 USB 카메라에서 입력받은 영상 정보의 RGB값을 활용하였다. 간단히 설명하면 USB 카메라로부터 얻는 영상정보는 수많은 화소(Pixel)의 집합이다. 이때 각각의 화소(Pixel)에는 빛의 3요소인 빨간색, 녹색, 파란색의 데이터를 바이트 단위로 저장하고 있다. RGB의 값이 채도와 함께 명도를 결정하는 요소이므로 데이터 값을 절대적인 기준으로 비교하여 색을 결정할 수는 없다. 다시 말해 빨간색의 값이 크더라도 녹색, 파란색에 비교하여 상대적으로 큰 값이 아니라면 빨간색으로 보이지 않는다는 것이다. USB 카메라를 이용

해서 빨간색을 찾으려면 녹색과 파란색 중의 큰 값과 빨간색 값을 비교하여 더욱 크면 빨간색으로 판단하게 된다. 앞에 설명한 프로그램을 이용하여 추종물체를 A4 크기의 빨간색으로 하여 USB 카메라가 추종 물체를 놓치지 않고 위치를 추적할 수 있게끔 구성하였다(그림 4). 또 USB 카메라의 시각범위는 ±25. 로 하였다.

#### 3.2 퍼지제어기의 구조

최근, 산업 공정 및 일반 소비자 제품들에서의 실용화 성공에 힘입어 퍼지 시스템과 퍼지 제어 이론에 관한 많은 중요한 이론적 연구들이 이루어지고 있다.

퍼지 제어는 정확한 모델링 없이 경험적 지식을 퍼지 소속 함수와 규칙 베이스를 구성하고 적절한 언어 값으로 정의하면 효과적으로 구현 할 수 있을 뿐만 아니라 실제 상황과 근사한 정보를 얻어 제어시스템의 신뢰성을 높일 수 있다[4].

퍼지 시스템의 제어 규칙은 “If-Then” 형태로 구성된다. “If-Then” 형태의 규칙 대한 예는 다음과 같다.

$$\text{IF } d \text{ is } NB \text{ and } de \text{ is } PB, \text{ then } v \text{ is } NB$$

( $d$  : 거리,  $de$  : 거리오차,  $v$  : 속도)

본 논문에 활용한 제어기의 퍼지화 연산방법은 이등변삼각형법 또는 삼각형법을 사용하고, 퍼지 추론법은 직접법인 Mamdani's method (min-max method)을 활용하며, 비퍼지화 방법은 가장 많이 쓰이고 있는 무게중심법(Center of Gravity Method)으로 계산하였다[5].

#### 3.3 퍼지제어 모델링

MV가 환경에 맞게 추종을 하기 위해서 초음파 센서와 USB 카메라를 사용하여 추종물체의 거리와 위치에 파악하고 속력과 회전각도로 조절하는 것이다.

먼저 MV의 속력에 대한 퍼지 추론이다. 추종물체와 MV의 거리와 거리오차가 입력이고 출력은 속도이다. 입력과 출력에 대한 소속 함수와 룰 베이스는 그림 2와 표 1에 나타내었다. 그림 2. (a),(b)는 전진부의 거리와 거리오차에 대한 멤버십 함수들이고 그림 2. (c)는 후진부인 속력에 대한 멤버십 함수들이다. 그림 2에서 보는 바와 같이 전진부의 거리는 이등변삼각형법을 이용해 7개의 언어적 변수로, 거리오차는 5개, 후진부는 9개의 언어적 변수로 멤버십 함수를 구성하였다.

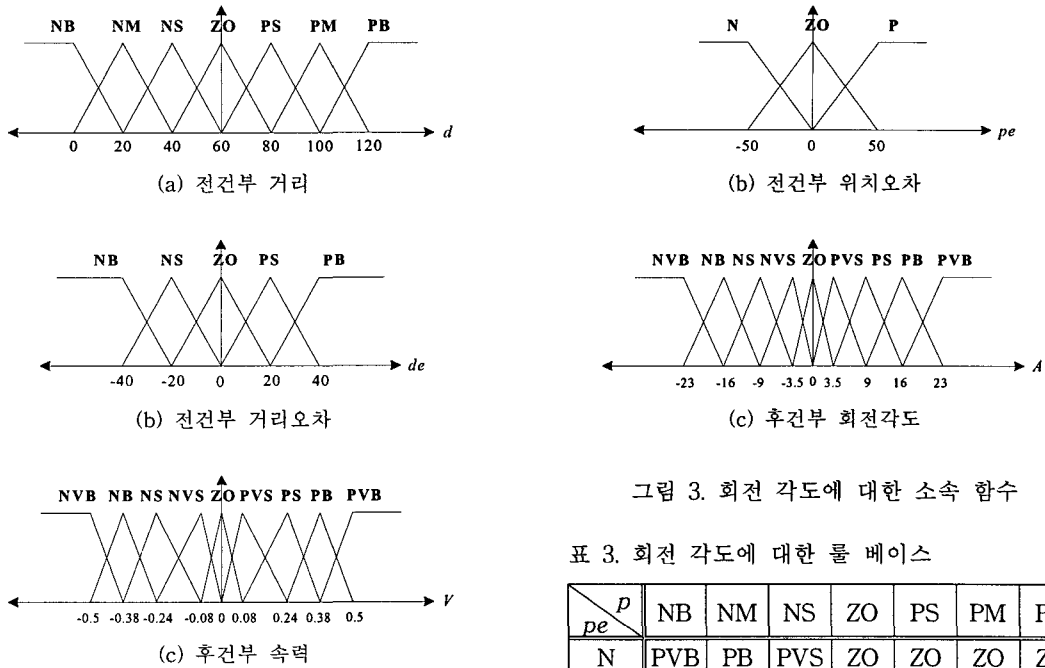


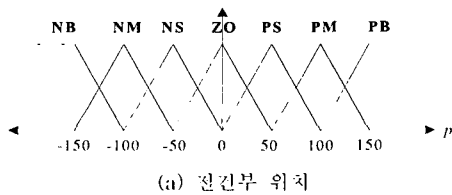
그림 2. 속력에 대한 소속 함수

물 베이스는 표 1에서처럼 35개의 룰을 구성하고 MV의 속력을 출력하게 된다.

표 2. 속력에 대한 룰 베이스

$\begin{matrix} d \\ de \end{matrix}$	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	NVB	NVB	NB	NS	ZO	ZO	PS
NS	NVB	NB	NS	NVS	ZO	PVS	PB
ZO	NVB	NS	NVS	ZO	PVS	PS	PVB
PS	NB	NVS	ZO	PVS	PS	PB	PVB
PB	NS	ZO	ZO	PS	PB	PVB	PVB

다음은 MV의 각도에 대해 퍼지 제어이다. 전진부는 MV와 추종물체의 위치와 MV의 전과 후의 위치오차를 그림 3. (a),(b)에, 후진부는 MV의 회전각도를 그림 3. (c)에 언어적 변수로 룰을 작성하고 표 2와 같이 룰 베이스를 테이블로 표현하였다.



(a) 전진부 위치

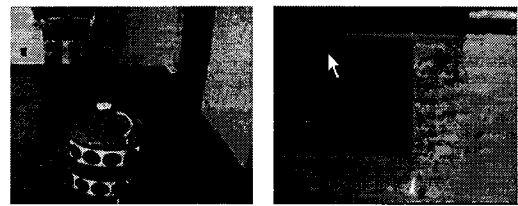
그림 3. 회전 각도에 대한 소속 함수

표 3. 회전 각도에 대한 룰 베이스

$\begin{matrix} p \\ pe \end{matrix}$	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
N	PVB	PB	PVS	ZO	ZO	ZO	ZO
ZO	PVB	PS	PVS	ZO	NVS	NS	NVB
P	ZO	ZO	ZO	ZO	NVS	NB	NVB

### 3.4 퍼지제어 구현 / 결과

퍼지제어와 PID제어를 대한 속력과 회전각도 값을 입력하여 실시간에서 MV를 구동하였다. 그림 4는 실시간으로 구동하는 화면이다.



(a) 속도 측정 (b) 회전각도 측정

그림 4. MV의 실시간 구동/측정 화면

PID와 Fuzzy 제어는 입력값들에 대해 속력과 회전각도를 출력으로 얻고, MV의 행동하기 전·후의 거리와 위치를 비교하였다. 첫 번째, 추종물체를 전진과 후진을 반복 실행하여 PID와 퍼지제어를 통해 얻은 속력으로 MV가 이동한 후의 거리를 적정거리와 비교하여 그림 5에 나타내었다. 두 번째, 추종물체가 좌우로 움직일 때 회전각도에 대한 MV의 위치를 비교한 것이다. 결과는 그림 6과 같다.

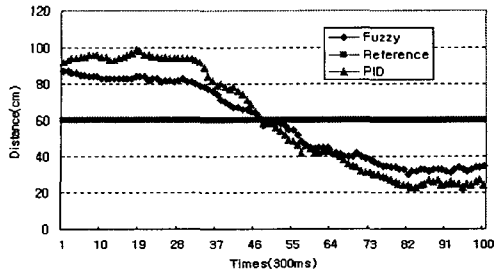


그림 5. 속력에 대한 상호거리 비교

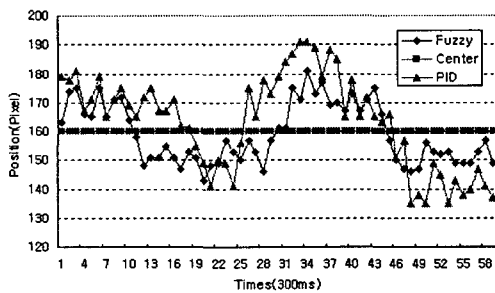


그림 6. 회전각도에 대한 위치비교

실시간 MV 구동을 통해 얻은 데이터를 기반으로 식(1)을 사용하여 평균 에러를 계산하였다.

$$E_{ave} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - d_{ref}|}{n} \quad (1)$$

( $x_i$  : 출력값,  $d_{ref}$  : Reference값,  $n$  : 회수)

결과는 표 3과 그림 7에 나타내었다.

표 4. 평균 Error 비교

Control	Error	거리 (cm)	위치 (Pixel)
PID	26.83	26.83	14.6
Fuzzy	19.42	19.42	9.19

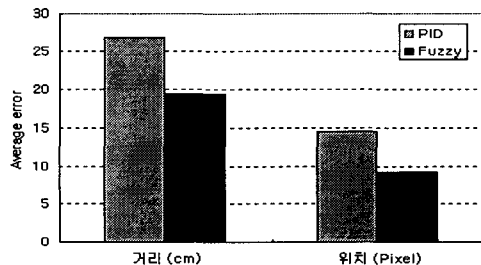


그림 7. 평균 Error 그래프

앞의 결과를 통해 퍼지제어를 이용하여 제어한 속력에 대한 적정거리 거리는 PID 제어 보다 27.62% 향상되었고, 회전각도에 대한 위치는 37.05% 향상됨을 확인하였다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 퍼지 제어를 이용하여 MV의 추종 알고리즘을 구축하였다. 추종물체와 MV의 거리는 초음파 센서를 사용하여 비교적 정확한 값을 얻어 사용하였고, 위치는 USB 카메라에서 산출한 RGB값을 활용하여 추종물체를 인식하였다. 추종물체를 퍼지 이용했을 때의 제어가 PID 제어에 비해 거리와 위치의 오차가 향상되었음을 확인할 수 있었다, 또 퍼지 제어가 PID 제어 보다 적정거리를 유지하며 MV가 추종물체를 추종함을 알았다. 그러나 추종 조건거리 내에 추종물체 이외의 물체가 접근했을 때 추종물체의 거리판단에 오차가 발생하였다. 앞으로 MV가 보다 정확한 환경변화를 인식할 수 있도록 기존 센서 이외의 센서들을 사용하면 개선될 수 있을 것이다. 또 MV의 속력을 추종물체의 속력만큼 증가시키고 퍼지 물의 향상과 MV의 행동양식을 학습할 수 있는 신경회로망을 이용한 연구가 요구된다.

감사의 글 : 본 연구는 '산업자원부 IWM요소기술 개발과제'에 의해 지원 받았습니다.

#### 참고문헌(또는 Reference)

- [1] O.Causse and L.H.Pampagnin, "Management of a multi-robot system in a public environment", *Proc. IEEE Int. Conf. Intelligent Robots and systems*, pp. 246-252, 1995
- [2] S. J. Vestli and N. Tschichold-Gurman, "MOPS, a system for Mail Distribution in Office Type Building", *Proc. IEEE Int. Conf. Intelligent Robots and systems*, pp. 486-496, 1996
- [3] K. R. S. Kodagoda, W. S. Wijesoma, and E. K. Teoh, "Fuzzy Speed and Steering Control of a AGV", *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, Vol. 10, No. 1, January 2002.
- [4] 변중남, "퍼지 논리 제어", 홍릉출판사 1997
- [5] Lefteri H.Tsoukalas and Robert E. Uhrig, "Fuzzy and Neural Approaches in Engineering", John Wiley & Sons, INC.