

Fuzzy Logic Controller를 이용한 Mobile Robot의 지능적 추종 알고리즘

Intelligent Tracing Algorithm for the Mobile Robot Using Fuzzy Logic Controller

최우경, 김성주, 연정흠, * 서재용, 전홍태
중앙대학교 전자전기공학부 * 한국기술교육대학교

Woo-Kyung Choi, Seong-Joo Kim, Jung-Heum Yon, *Jae-Yonh Seo, Hong-Tea Jeon
School of Electrical and Electronic Engineering Chung-Ang University

*Korea University of Technology and Education

E-mail : chwk001@hanmail.net

요 약

본 논문에서는 인간과 MR(Mobile Robot)이 일정한 거리를 유지하면서 인간을 추종할 수 있도록 퍼지 제어기를 이용한 지능적 추론 방법을 제안하였다. 로봇은 다중 초음파 센서와 PC 카메라를 사용하여 인간과 로봇의 거리와 위치를 인지하고 로봇의 진행 방향과 속도를 퍼지 추론하는 방법을 사용하였다. 먼저 초음파 센서와 카메라를 사용하여 주변 환경에 대한 정보를 획득하고 주변환경을 표현하는 것이 중요하다. 센서와 카메라에 의해 입수된 정보로부터 로봇을 제어할 수 있도록 속도와 방향을 이용하여 추론하고 로봇을 제어하였다.

논문에서 제안된 퍼지 로직 알고리즘의 유용성을 검증하기 위해 실제 Mobile Robot을 이용한 주행실험을 반복 시행하여 요구된 결과를 얻음으로써 퍼지 로직 제어기의 우수성을 확인할 수 있었다.

1. 서론

이동 MR(Mobile Robot)는 산업현장에서 물류 운반, 우주공간 등의 미개척 지역의 탐색, 재난 등의 위험한 환경에서의 구조임무 등 폭 넓게 사용되어 왔다[1][2]. 요즘은 이 목적뿐만 아니라 인간과 교감을 할 수 있는 생활의 일부가 될 수 있는 인간과 친근한 MR 연구가 활발해지고 있는 실정이다.

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

퍼지 제어는 MR의 정확한 모델링을 하지 않고도 경험적 지식을 퍼지소속 함수와 퍼지 규칙 베이스를 구성하여 적절한 언어 값으로 정의함으로써 효과적으로 구현 할 수 있으며 실제 상황과 근사한 정보를 얻어 제어시스템의 신뢰성을 높일 수 있다.[3]

MR이 인간을 추종하기 위해서는 주위 환경의 변화에 대처가 필수 조건으로써 시각과 거리를 능동적으로 인식하며 환경변화에 대해 대응할 수 있도록 퍼지 제어를 사용하였다.[4] 추종물체를 추종 시 여러 형태의 환경들을 고려해야 하나 본 연구에서는 거리와 위치의 변화량만 파악하여 실시간으로 MR에 적용하고자 한다.

2. FUZZY CONTROL

2.1 Mobile Robot의 System의 구성

MR의 몸체 내에 구동 바뀌는 3개의 DC 서보 모터에 의해 구동한다. 이것들은 동기 구동방식으로 구동(Driving)과 조향(Steering)이 독립적 또는 동시 제어가 가능하며 각 바퀴들에 일치된 동력을 전달하도록 되어 있다. 모터 제어기는 PID 제어 방식을 사용하고 PID 제어를 통하여 모터를 구동한다. 거리측정기는 최대 24개의 초음파 센서를 구동할 수 있으며, 선택적으로 초음파 센서를 구동하고 최대 거리와 최고 거리 및 선택한 센서를 우선순위를 설정하여 사용할 수 있다. MR의 비전 처리를 위해 USB 카메라를 연결할 수 있으며 모든 제어 장치들은 USB 허브를 통하여 노트북과 연결하였다. 노트북은 입력된 데이터를 통하여 MR의 주행 프로그램을 구현하였고 관리부에 로봇의 상태 데이터를 전송 출력하게 하였다. MR 시스템의 구성과 외관은 그림 1과 같다.

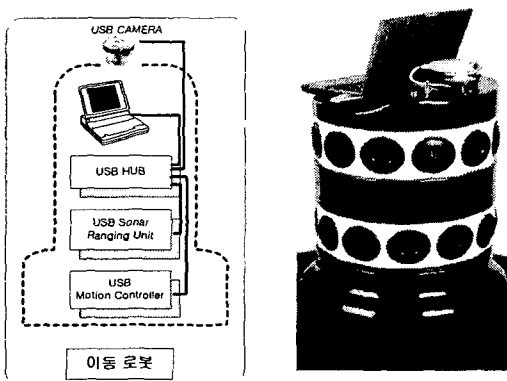


그림 1. MR 시스템의 구성과 외관

2.2 퍼지 제어 및 조건

퍼지 제어기는 제어규칙에 해당하는 퍼지 룰베이스가 있고 추론장치를 기반으로 구성되었다. 퍼지 시스템은 제어 규칙은 "If-Then" 형태의 규칙으로 구성된다. "If-Then" 형태의 규칙 대안에는 다음과 같다.

IF D is NB and DE is PB, then S is NB
(X:거리, DE:거리차 S:속력)

본 논문에 활용한 제어기의 퍼지화 방법은 삼각형법을 사용하고, 퍼지 추론법은 Mamdani's method(min-max method)을 사용하며, 비퍼지화

방법으로는 가장 많이 쓰이고 있는 무게 중심법(Center of Gravity Method)을 사용하였다.

MR이 추종을 하기 위해서 초음파 센서와 USB 카메라를 이용하여 추종물체의 거리와 위치를 찾아 속력과 회전각도 조절하는 것이다. 초음파 센서와 카메라에서 입력받은 거리와 위치를 퍼지 제어를 이용하여 구현하고자 하였다.

추종 조건은 MR이 추종물체를 0~120cm내에서 적정거리를 60cm로 하고 적정거리 이내이면 후진, 이상이면 전진을 하여 추종하도록 퍼지 논리를 이용하여 제어하였다. 또 MR의 초음파센서는 최고 3m, USB 카메라의 시각범위는 ±20.°으로 제한하였다. MR이 추종물체의 위치를 인식하는 것이 문제인데, 해결방안으로 카메라에서 입력받은 영상 정보의 RGB값을 활용하여 해결하였다. 간단히 설명하면 PC 카메라로부터 얻는 영상정보는 수많은 화소(Pixel)의 집합이며 이때 각각의 화소(Pixel)에는 빛의 3요소인 빨간색, 녹색, 파란색의 데이터를 바이트 단위로 저장하고 있다. 이때 RGB의 값이 채도와 함께 명도를 결정하는 요소이므로 데이터 값을 절대적인 기준으로 비교하여 색을 결정지을 수는 없다. 다시 말해 빨간색의 값이 크더라도 녹색, 파란색에 비교하여 상대적으로 큰 값이 아니라면 빨간색으로 보이지 않는다는 것이다. PC 카메라를 이용해서 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 거리와 위치를 추적할 수 있게끔 구성하였다.

3. 시뮬레이션과 실시간 구현

추종물체와 MR의 거리, 거리차를 입력으로 하고 출력으로는 속력이다. 입력과 출력에 대한 소속 함수와 룰 베이스는 그림 2와 표 1에 나타내었다. 그림 2. (a),(b)는 전진부의 거리와 거리차에 대한 멤버십 함수들이고 그림 2. (c)는 후진부의 속력에 대한 멤버십 함수들이다. 그림 2에서 보는 바와 같이 전진부의 거리는 이등변 삼각형법을 이용해 7개의 언어적 변수로, 거리차는 5개, 후진부는 9개의 언어적 변수로 멤버십 함수를 구성하였다.

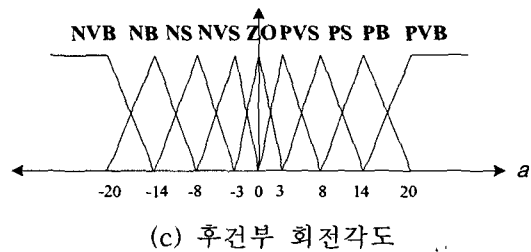
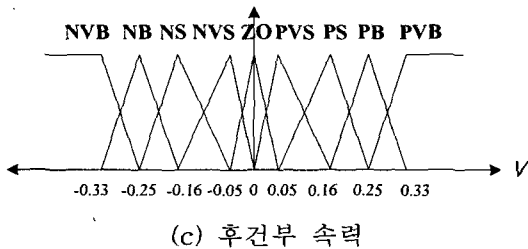
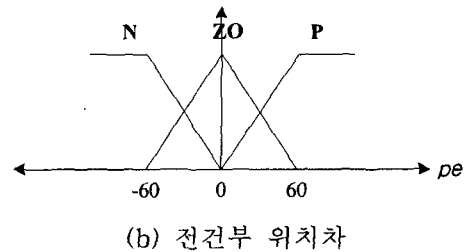
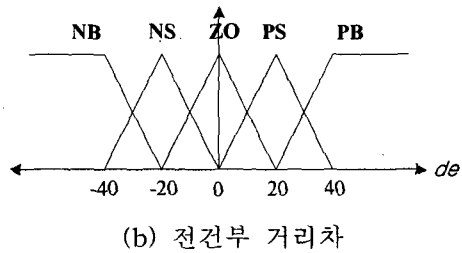
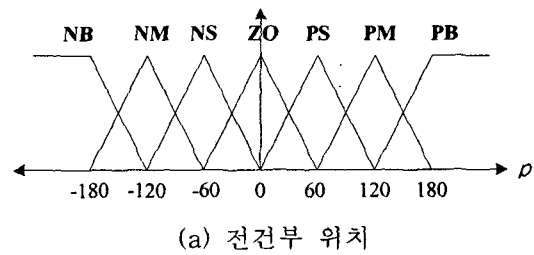
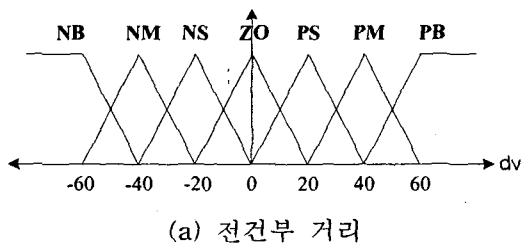


그림 2. 속력에 대한 소속 함수

그림 3. 회전 각도에 대한 소속 함수

그림 2. (c)는 전진부의 거리와 거리차에 대한 후진부로서 35개의 룰을 이용하여 MR의 속력을 출력하게 된다.

d	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

표 1 속력에 대한 룰 베이스

다음은 MR의 각도에 대해 퍼지 제어한 것이다. 전진부는 MR와 추종물체(Target)의 위치와 MR의 전과 후의 위치차를 그림 3. (a),(b)에, 후진부는 MR의 회전각도를 그림 3. (c)에 언어적 변수로 룰을 작성하고 표 2과 같이 룰 베이스로 표현하였다.

p	pe	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

표 2 회전 각도에 대한 룰 베이스

4. 평가

퍼지제어와 PID제어를 대한 속력과 회전각도 값을 입력하여 실시간에서 MR를 구동하였다. PID와 Fuzzy 제어는 입력값들에 대해 속력과 회전각도를 출력으로 얻고, MR이 행동하기 전과 후의 거리와 위치를 비교하여 나타내었다. 추종물체를 전진과 후진을 실행하여 PID와 퍼지제어를 통해 얻은 속력으로 MR이 이동한 후의 거리를 적정거리와 비교하여 그림 4에 나타내었다. 그림 5는 추종물체가 좌우로 움직여 회전각도에 대한 위치를 비교한 것이다.

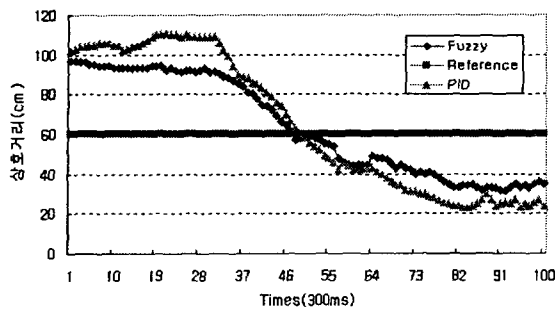


그림 4. 속력에 대한 상호거리 비교

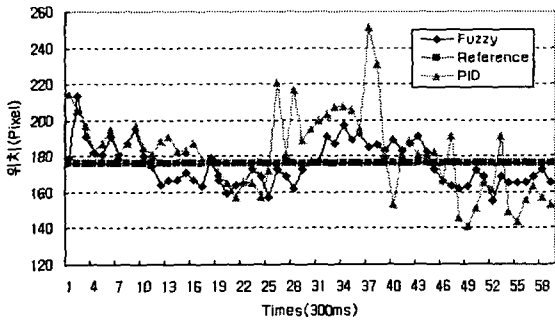


그림 4. 회전각도에 대한 위치비교

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

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

결과는 표 3과 그림 5에 나타내었다.

Error	거리(cm)	위치(Pixel)
PID	37.76	18.2
Fuzzy	22.75	10

표 3 평균 Error 비교

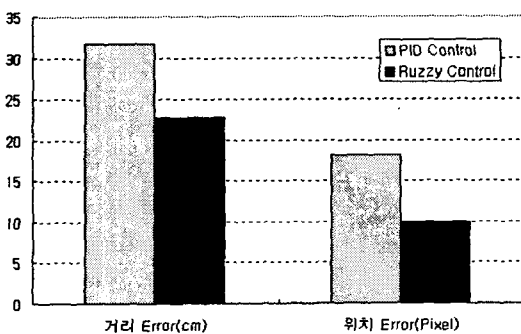


그림 5. 평균 Error 그래프

위의 결과를 통해 퍼지제어를 이용하여 제어한

속력에 대한 적정거리와의 거리는 PID 제어 보다 28.34% 향상되었고, 회전각도에 대한 위치는 45.01% 향상됨을 확인하였다.

5. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 퍼지 제어를 이용하여 MR의 추종 알고리즘을 구축하였다. 추종물체와 MR의 거리는 초음파 센서를 사용하여 비교적 정확한 값을 얻어 사용하고, 위치는 USB 카메라에서 산출한 RGB값을 활용해 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 MR이 추종물체를 추종함을 알았다. 그러나 추종 조건거리 내에 추종물체 이외의 물체가 접근했을 때 추종물체의 거리판단에 오차가 발생하였다. 앞으로 MR이 환경의 인식을 더욱 능동적으로 대처할 수 있도록 기존 센서 이외의 여러 센서를 사용하면 위의 문제는 개선될 수 있을 것이다. 또 인간의 걸음 속력에서도 MR이 추종할 수 있을 만큼 속력을 증가시키고 오차율을 줄일 수 있도록 퍼지 룰의 향상과 MR의 행동양식을 학습할 수 있는 신경회로망을 이용한 연구가 요구된다.

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

6. 참고문헌

- [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] 변증남, "퍼지 논리 제어", 홍릉출판사 1997
- [4] 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.