

## 퍼지제어기를 이용한 이동로봇의 이동계획 설계

°박경석, 이경웅, 정 현°, 최한수°  
 조선대학교, 초당대학교°

### Moving Plan Design of Autonomous Mobile Robot Using Fuzzy Controller

Kyung-Seok Park°, Kyung-Woong Yi°, Heon Jeong°, Han-soo Choi°  
 Chosun Univ., Chodang Univ.°

**Abstract** - An Autonomous Mobile Robot(AMR) performs duty by sensing a recognized situation and controlling suitably.

The existing algorithm has some advantages that it is possible to express the obstacle exactly and the robot is sensitive to the change of environment.

However, this algorithm needs to control repeatedly according to the modelling and working environment that requires a great quantity of calculations.

In this paper, We supplement shortcoming and designed direction algorithm of AMR using fuzzy controller.

Fuzzy controller does not derive special quality spinning expression for system, and uses rules by value expressed by language. It is used extensively to non-linear, plant which mathematical modelling is difficult etc...

Fuzzy control algorithm of AMR that is used by this research applies obstacle position, distance of obstacle, Progress direction of robot, speed of robot, Perception area of sensor, etc... by fuzzy control and decide steering angle of robot.

### 1. 서 론

1965년 미국의 Zadeh교수에 의해 퍼지이론이 처음으로 발표된 이후<sup>[1]</sup>, 퍼지이론은 인공지능이라는 말과 함께 사용되었으며, 비단 인공지능의 핵심 이론뿐만 아니라, 컴퓨터 과학, 제어공학, 경영의사결정, 전문가시스템, 논리학 등 대부분의 첨단 학문 분야에 적용되어지고 있다.<sup>[2]</sup>

퍼지논리는 제어에 쉽게 적용할 수 있으며, 이를 퍼지 제어라 한다. 퍼지제어기는 시스템에 대한 특성방정식을 유도하지 않고, 언어적인 값으로 표현된 규칙들을 이용하여 제어할 수 있는 방법으로서 비선형, 플랜트의 수학적 모델링이 어렵거나, 불가능한 경우등에 이르기까지 광범위하게 이용된다.<sup>[3]</sup> 또한 본 논문에서 제안하고자 하는 이동로봇의 주행알고리즘과 같이 로봇의 동력학적 해석이 어려운 시스템에 적용하기에 적합하다.

기존의 주행알고리즘인 가상역장(VFF)방법, 벡터장 히스토그램(VFH)방법, 인공지능위계(APF)방법<sup>[4]-[6]</sup>등은 정확한 장애물 표현이 가능하고 환경의 변화에 민감하게 반응하는 장점이 있으나, 대량의 계산이 요구되는 모델링과 작업환경에 따라 파라미터를 재조정해야 하는 문제점이 있고 환경정보를 이미 알고 있다는 가정하에서 센서데이터를 통해 환경지도도를 갱신하는 형태의 알고리즘이므로 미지의 환경에서의 이동로봇의 실시간 주행을 위한 경로계획 방법으로는 부정확하다.

본 논문에서는 퍼지제어기를 이용하여 자율주행로봇의

주행알고리즘을 설계하였다. 제안된 알고리즘은 장애물과 로봇과의 거리, 각도등의 관계를 퍼지함수로 정리하여 조향각을 결정하였고, 장애물 회피를 계획하였다.

### 2. 퍼지제어기

#### 2.1 퍼지제어기

퍼지제어기는 언어적 형식의 제어규칙으로 이루어져 있으며, 퍼지합성규칙에 의해서 제어입력이 결정되어진다.<sup>[7]</sup> 처음으로 퍼지제어기는 어떤 애매한 오차 입력값이 들어오면 정량적인 값으로 바꾸어야 하며, 다음에 여러 절차를 거쳐 프로세스를 제어할 수 있는 제어값을 결정한다. 입력변수를 받아 양자화하는 입력부분, 규칙을 추론하는 제어기 부분, 추론된 값을 비퍼지화하는 출력부분으로 나뉜다. 그림 2-1은 프로세스를 제어하는 일반적인 퍼지제어기를 나타내었다.

퍼지제어기를 구성하기 위해서는 먼저 제어기의 입력과 출력을 만들어야 한다. 입력은 궤환되는 출력과 기준 입력과의 차 즉, 오차(e : Error)와 오차의 변화량(ce : Change in Error)으로 나타낸다..

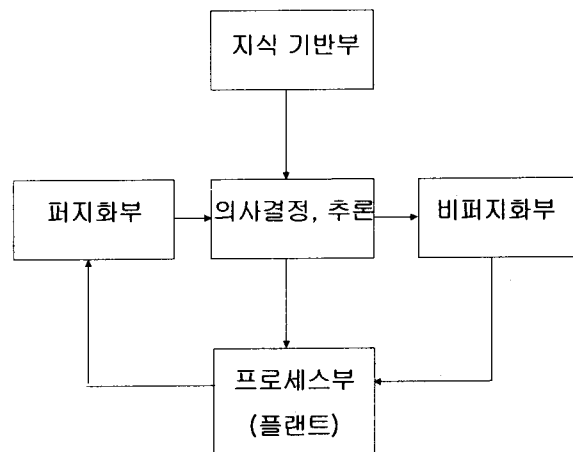


그림 2-1 퍼지제어기의 기본구조  
 Fig. 2-1 Basic structure of fuzzy controller

이런 퍼지제어기의 성능은 지식기반(rule base), 소속함수(membership function), 퍼지추론(fuzzy inference), 비퍼지화(defuzzification), 입 · 출력 이득요소(input · output gain factor)의 구성과 선정에 관한 문제로 귀결되어진다.

## 2.2 이동로봇의 설계

주어진 환경에서 경로를 설정하고 장애물을 회피하기 위해 좌측과 우측에 각각의 제어를 설계하여 각각의 속도차를 조정하여 조향을 하였다.

차량의 주행시 센서로부터 환경인식을 위해 측정된 입력변수의 값은 먼저 언어적인 변수로 나타내기 위해 소속함수를 이용한 퍼지화 과정이 필요하다. 차량의 조향각을 결정하기 위해 좌변에 S1과 S3, 우변에 S2와 S4를 장착하고, 센서로부터 감지된 장애물과의 거리, 장애물의 위치, 차량의 속도를 이용하여 퍼지화를 수행하였다. 퍼지제어기에 사용된 언어변수는 다음과 같다.

- OA(Obstacle Angle) = OLB(left big), MA(medium), ORB(right big)
- OD(Obstacle Distance) = NE(near), ME(medium), FA(far)
- RS(Robot Speed) = SL(slow), MD(medium), FT(fast)
- SA(Steering Angle) = LB(left big), LM(left medium), LS(left small), ZO(zero), RS(right small), RM(right medium), RB(right big)

표 2-1. 장애물과의 거리의 언어적 표현

Table 2-1. Linguistic expression for obstacle distance

Distance	Range
NE	0 - 0.5
ME	0.3 - 0.8
FA	0.5 - 1.0

표 2-2. 장애물과의 각도의 언어적 표현

Table 2-2. Linguistic expression for obstacle angle

Obstacle Angle	Range
OLB	-30
MA	30 - -30
ORB	30 -

표 2-3. 조향각의 언어적 표현

Tble 2-3. Linguistic expression for steering angle

Steering angle	Range
LB	-60 - -30
LM	-40 - -20
LS	-30 - 0
ZA	0
RS	0 - 30
RM	20 - 40
RB	30 - 60

표 2-1, 2-2, 2-3은 퍼지제어기의 입력값인 장애물과의 거리, 각도와 각각의 제어기에 보내져 조향을 결정할 조향각의 언어적으로 표현한 것들이다

다음 그림 2-1부터 2-4 는 설정된 언어변수로 만들어진 각각의 입출력변수에 대한 소속함수를 나타내었다. 그림 2-1, 2-2, 2-3 은 입력변수이고, 2-4는 위 3가지로 인한 출력값을 나타낸다.

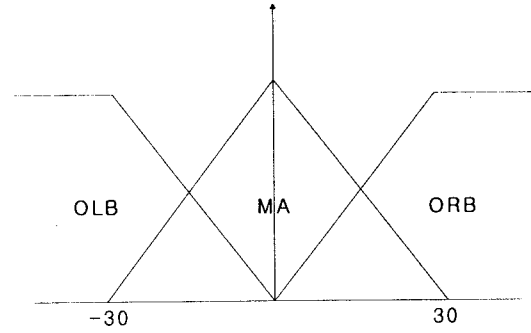


Fig. 2-1 Obstacle angle

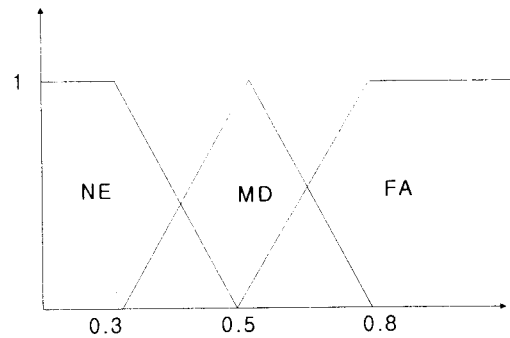


그림 2-2 장애물과의 거리

Fig. 2-2 obstacle distance

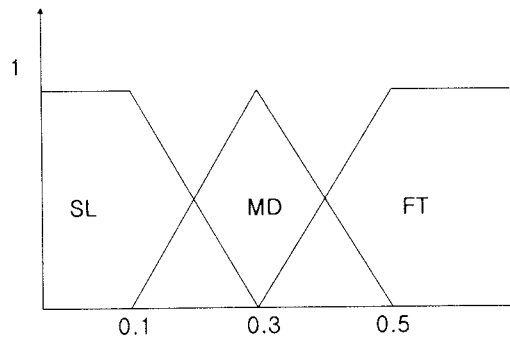


그림 2-3 로봇의 속도

Fig. 2-3 speed of robot

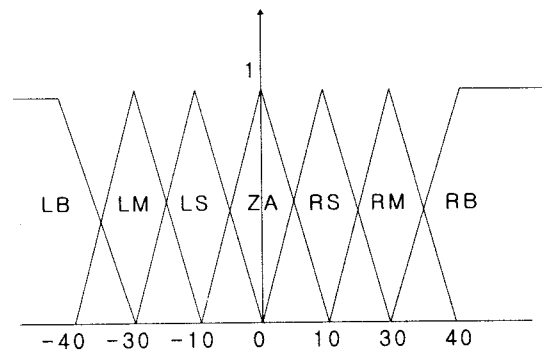


그림 2-4 조향각

Fig. 2-4 steering angle

주행과정에서 조향각을 조절하기 위한 퍼지제어 규칙은

IF-THEN형식으로 다음과 같이 나타낸다.

**IF OA(Obstacle Angle) is LB(Left Big) and OD(Obstacle Distance) is NE and VS is SS THEN SA is RS**

본 논문에서 조향각을 결정하기 위해 퍼지제어기에서 사용된 규칙은 모두 27가지이다.

차량의 장애물 회피와 궤적복귀를 위한 퍼지제어기에 사용된 추론방법은 Mamdani에 의해 제안된 최대-최소법을 사용하였다. 추론된 값은 실제 제어시스템의 입력으로 사용되기 위해 명확한 값으로 바꾸는 비퍼지화 과정을 거쳐야 한다. 본 논문에서는 무게중심법을 사용하여 비퍼지화를 수행하였다.

### 3. 모의실험

본 연구에서 제안된 퍼지제어기의 효율을 검증하기 위해 모의실험을 하였다. 자율주행로봇에 입력되는 센서의 변화량을 이용하여 장애물을 회피할 수 있는 조향부에 대한 퍼지제어기를 설계하였다.

먼저 퍼지제어기의 부드러운 회전을 테스트 하기 위해 단순한 원형의 장애물만을 설치한 환경에서 실험을 하였다.

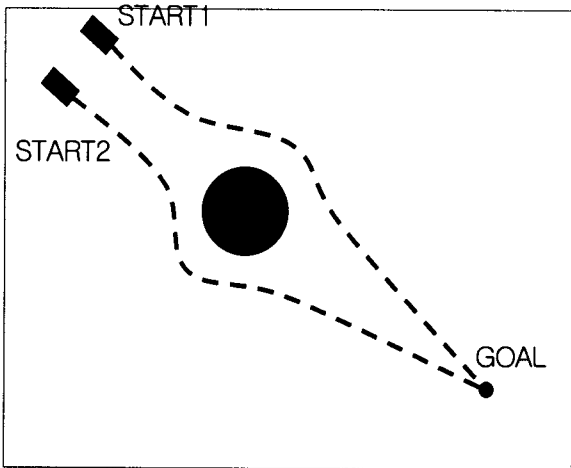


그림 3-1 컴퓨터 모의실험 I  
Fig. 3-1 Computer Simulation I

출발점 두지점에서 각각 출발하여 GOAL 지점까지의 주행을 실험하였다. 위 그림과 같이 로봇은 목표점을 향하여 가속된 후 장애물 검출시 점차적으로 곡선주행을 계획하게 되고, 자세가 점차적으로 보정되고 장애물을 통과하면서부터 목표점으로 향하게 된다.

두 번째는 장애물이 많은 장소에서의 모의실험결과이다. 목표점을 향하여 가속된 후 장애물을 만나게 되면 점차적으로 곡선주행을 계획하게 된다. 자세가 점차적으로 보정되고 장애물을 통과하면서부터 목표점으로 로봇이 향하게 된다.

세 번째는 고정된 복도에서의 주행실험을 하였다. 로봇은 장애물과 일정한 거리를 유지하며 주행하였으며 장애물이 없는 넓은 공간에서는 최대속도를 유지하며, 목표점을 향하여 제어기에 의해 조향각의 보정을 이루면서 주행을 하는 것을 볼 수 있다. 또한 임의의 작업 환경내에서도 작업장의 벽과 부딪치지 않고 장애물을 회피하여 목표점까지 안정적으로 수렴하는 것을 확인하였다.

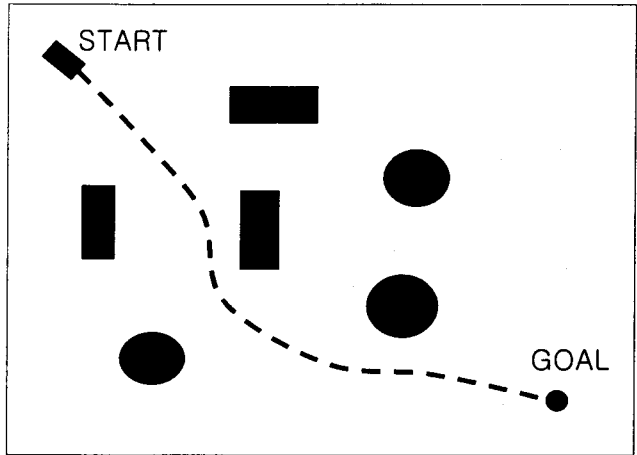


그림 3-2 컴퓨터 모의실험 II  
Fig. 3-3 Computer Simulation II

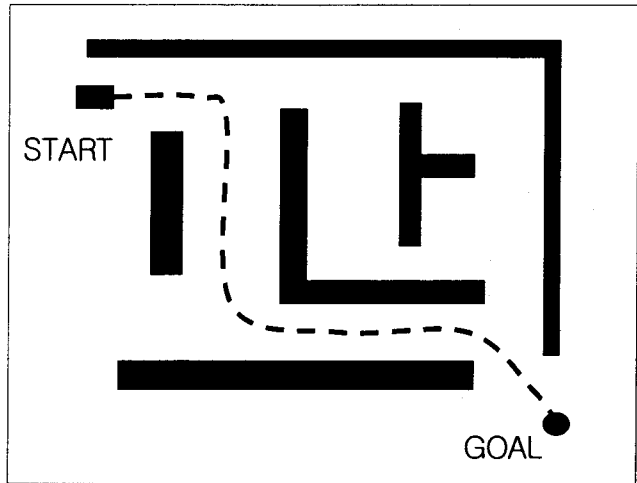


그림 3-3 컴퓨터 모의실험 III  
Fig. 3-3 Computer Simulation III

### 4. 결론

본 논문에서는 기존의 주행알고리즘이 갖고 있던 시스템의 동력학적인 해석이나 복잡한 모델링을 하지 않고 숙련된 엑스퍼트의 경험이나 전문가의 지식등을 IF-THEN 형식의 정성적인 언어로 표현하는 퍼지제어 방법에 의해 이동로봇의 주행알고리즘을 제안하였다.

실험결과 이동로봇은 주위의 환경을 감지하면서 실제 인간의 조작과 흡사하게 작동하였으며, 임의의 환경에서도 별도의 조작없이 적응하는 것을 관찰할 수 있었다.

향후 연구되어야 할 분야는 기존의 퍼지제어기보다 더 강인한 적응성을 보이기 위해 자기학습 기능을 갖춘 뉴로-퍼지제어를 이용한 이동로봇의 주행알고리즘의 개발이며, 또한 이동로봇의 효율적인 주행을 위하여 외부로부터의 작업장 전체의 모습과 이동로봇의 현재 위치 등의 정보를 얻을 수 있는 무선 통신 시스템의 개발이 필요하다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Byun jeung-nam "Fuzzy-Logic Control" 5, 1997, Hongleung
- [2] Zadeh, L.A. "Fuzzy sets and system", Proc. symp. syst. Theory, polytech. Inst. Brookiyn, PP29-37, 1965
- [3] Park kee-doo, "Navigation algorithm for autonomous mobile robot using fuzzy controller", 1997
- [4] Khatib, O. "Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots" The International Journal of Robotics Research 5(1), spring 1986
- [5] Borestein J. and Koren, Y. "Real-time Obstacle Avoidance for Fast Mobile robot," IEEE Transaction on SMC 19(5):1179-1187, Sep./Oct. 1989.
- [6] Hwang, Y. K. and Ahuja, n. "A Potential fields approach to path planning." IEEE Transaction on Robotics and Automation 8(1):23-32, Feb. 1992.
- [7] Lim young-do, Lee sang-boo "Fuzzy, Neural network, Genetic Evolution", pp78-79 Insolmedia, 1992