

# 퍼지 추론 기법을 이용한 자동 주차 시스템

김성기\* · 조승욱\* · 김광백\*\* · 이임건\*\*\*

\*동의대학교 멀티미디어공학과

\*\*신라대학교 컴퓨터정보공학부

\*\*\*동의대학교 영상정보공학과

## An Automatic Parking System Using Fuzzy Inference Method

\*Sung-Gie Kim · \*Seung-Wook Cho · \*\*Kwang-Baek Kim · \*\*\*Imgeun Lee

\*Dept. of Multimedia Eng., Dong-Eui University

\*\*Division of Computer Info. and Eng., Silla University

\*\*\*Dept. of Visual Information Eng., Dong-Eui University

### 요 약

컴퓨터를 활용한 제어 기술이 발달함에 따라 무인화 시스템이 증가하고 있는 현실이다. 이 논문에서는 현재 많은 연구가 활발히 이루어지고 있는 무인화 시스템들 중의 하나인 무인 자동 주차 시스템을 위한 기법을 제안하고 시뮬레이션 실험을 통하여 그 가능성을 보였다. 제안한 자동 주차 시스템에서는 센서 정보를 입력으로 하고 퍼지 함수에 의한 추론 결과를 활용하여 조향 장치를 제어하는 방식을 제안하였다. 성능 평가를 위하여 그래픽 시뮬레이션 환경을 구축하고 제안한 기법을 이용한 가상 자동차의 주차 과정을 보였으며 그 결과를 분석하였다.

### 키워드

자동 주차, 퍼지 추론 기법, 궤적 산출, 조향각 제어

## I. 서 론

운전의 능숙함의 척도를 주차로 결정할 정도로 주차는 초보 운전자들 뿐 아니라 능숙한 운전자들 또한 어려워하는 일이다. 특히나 공간이 협소할 경우에는 주차의 어려움은 더욱 커진다. 그렇기 때문에 최근 일본이나 유럽 등에서는 주차의 편의성을 제공하기 위해 주차 보조 시스템이나 자동 주차 시스템 개발에 비중을 두어 하나둘씩 상품화 하고 있고, 한국의 자동차 업계 또한 이를 뒤따라가고 있는 추세이다.

주차 보조 시스템이나 자동 주차 시스템 등의 주차 지원 시스템은 시스템의 구성에 따라 많은 기술들이 있다. 예를 들면 카메라를 이용한 시스템의 경우에는 영상 매핑 기술이나 영상 처리 기술 등이 필요하며, 초음파센서나 적외선 센서등 거리센서를 이용할 경우에는 공간 검출 알고리즘, 충돌방지 알고리즘 등이 쓰인다[1].

이 논문에서는 전후좌우 4개의 초음파 센서를 이용하여 거리 정보를 얻은 후, Kinematic 모델로 주차궤적을 산출하고, 퍼지 함수를 통해서 결과를 추론하였다[2].

결과 추론 시 사용된 퍼지 이론은 사건의 불확실한 상태를 그대로 표현하는 인공지능 기법 중

하나이다. 이 이론은 1965년 Zadeh 교수에 의해 처음 소개 되었다. 그 후 Mamdani에 의해 처음으로 도입된 퍼지제어(Fuzzy Controller)가 정량적인 분석이 어려운 여러 가지 공정 제어에 성공적으로 도입되면서 가장 활발히 연구 되고 있다. 퍼지 이론은 기존 논리이론 체계보다 인간의 사고나 자연어의 특성과 많은 유사성을 가지고 있기 때문에 실제 생활에서의 근사성이나 불확실성에 대해 좀 더 효과적으로 표현 한다[3].

이 논문에서는 측면 초음파 센서의 거리 정보만을 이용하여 직관적인 퍼지 규칙 제안하고 기존의 각도를 이용한 퍼지 규칙과 비교하여 그 결과를 제시한다.

## II. 공간 검출 및 차량 제어 알고리즘

이 논문에서 제안한 기법의 처리 과정은 그림 1과 같이 크게 3 단계로 이루어진다. 처음 단계에서는 공간을 검출하고 공간이 검출 되었을 경우에는 다음 단계인 검출된 공간을 바탕으로 주차 궤적을 산출 한다. 그 후 마지막 단계인 궤적을 따라 차량이 이동하여 주차를 완료하게 된다.

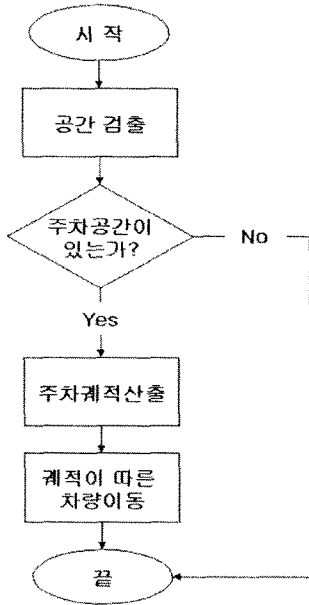


그림 1. 처리 흐름도

### 2.1 공간 검출

공간 검출은 측면의 2개의 초음파 센서의 거리 정보를 이용한다. 초음파 센서에서 전달 받는 거리 정보는 절대적인 수치로 정형화하여 공간을 판단하는 것이 아니라 그 때 상황에 맞게 상대적으로 공간을 구분한다[1].

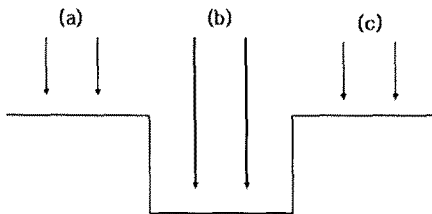


그림 2. 초음파 센서의 거리정보 예

그림 2는 측면 한 개의 초음파 센서가 (a)를 거쳐 (b), (c)로 이동하면서 거리 정보를 전달한 예이다. 상대적인 거리로 봤을 때 (b)가 (a), (c) 보다 거리가 크다고 할 수 있다. 그렇기 때문에 시스템은 (a), (c)의 정보는 무시 하고 (b)의 거리정보를 주차 가능한 공간인지 확인하게 된다.

주차 가능 공간으로 확인되면 그 후에는 얻은 정보를 바탕으로 공간을 재설정한다. 공간 재설정 시 고려할 사항은 현재 차량의 위치와 방향, 그리고 주차공간의 벡터이다. 그렇게 재설정된 공간은 주차 궤적을 산출 할 때 다시 쓰이게 된다.

### 2.2 Kinematic 모델에 의한 주차 궤적 산출

차량의 궤적을 산출하기 위해서 그림 2의 Kinematic 모델을 이용하였다.

차량의 속도를  $v$ , 방향각을  $\theta$ , 차륜각을  $\phi$ 라 하면 다음 단계의 차량 위치  $(x_r, y_r)$ 은 다음의 방정식으로 산출된다.[4]

$$x_r = v \cdot \cos\theta$$

$$y_r = v \cdot \sin\theta$$

$$\theta = v \frac{\sin\phi}{l}$$

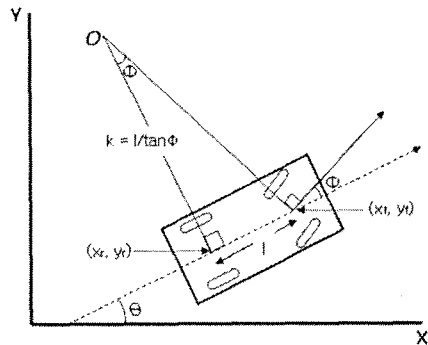


그림 3. Kinematic 모델

### 2.3 퍼지 규칙을 이용한 조향각 제어

#### 2.3.1 각도를 이용한 기존의 조향각 제어 모델

기존의 퍼지 규칙에 처리 기법에서는 그림 4와 같이 정의된 각도들의 차( $u_1, u_2$ )를 입력으로 사용하여 조향각을 추론하게 된다. [2].

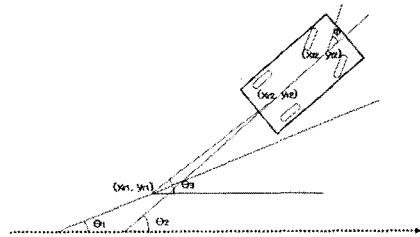


그림 4. 각도를 이용한 조향각 제어 모델

$$u_1 = \theta_3 - \theta_1$$

$$u_2 = \theta_2 - \theta_1$$

표 1. 각도에 의한 퍼지 규칙

$\begin{matrix} u_1 \\ u_2 \end{matrix}$	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	ZE	NS	NM	NB	NB	NB	NB
NM	PS	ZE	NS	NM	NB	NB	NB
NS	PM	PS	ZE	NS	NM	NB	NB
ZE	PB	PM	PS	ZE	NS	NM	NB
PS	PB	PB	PM	PS	ZE	NS	NM
PM	PB	PB	PB	PM	PS	ZE	NS
PB	PB	PB	PB	PB	PM	PS	ZE

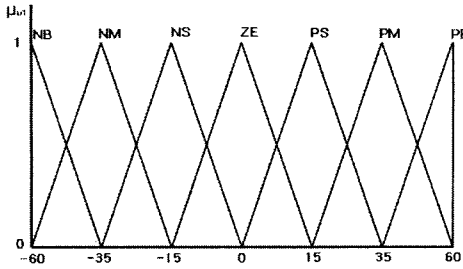


그림 5.  $u_1$ 에 대한 퍼지 함수

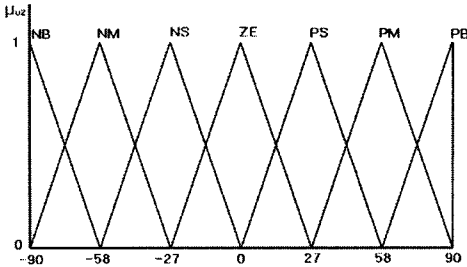


그림 6.  $u_2$ 에 대한 퍼지 함수

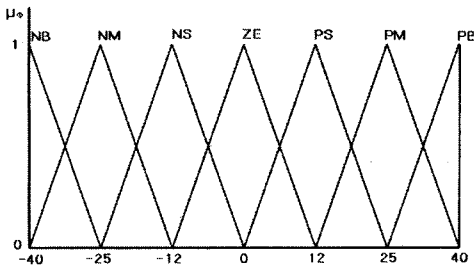


그림 7. 출력 퍼지 함수

입력  $u_1, u_2$ 의 차이가 커지면 커질수록 차륜 조향각이 커지고 작으면 작을수록 차륜 조향각이 작아짐을 알 수 있다.

2.3.2 경험적 퍼지 규칙을 이용한 조향각 제어

이 논문에서는 기존의 방식에 비해 실제 사람이 운전에서 사용하는 경험적인 지식을 이용하여 보다 직관적인 퍼지 규칙들을 이용한 자동 주차

기법을 제안하였다.

사람이 차량을 운전 할 때 왼쪽이 오른쪽 보다 가까우면 직관적으로 차륜 조향각을 오른쪽으로 늘이고 그 반대인 경우에는 왼쪽으로 차륜 조향각을 늘인다. 사람이 운전할 때의 이런 경험적 지식을 바탕으로 퍼지 규칙을 제안하였다. 제안한 기법에서의 입력값은 측면에 위치한 두 센서의 거리 정보이다.

$u_1$  = 왼쪽 초음파 센서의 거리 정보

$u_2$  = 오른쪽 초음파 센서의 거리 정보

표 2. 거리를 이용한 경험적 퍼지 규칙

$\begin{matrix} u_1 \\ u_2 \end{matrix}$	ZE	S	M	L
ZE	ZE	NS	NM	NB
S	PS	ZE	NS	NM
M	PM	PS	ZE	ZE
L	PB	PM	ZE	ZE

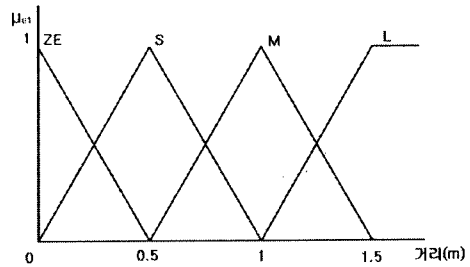


그림 8.  $u_1$ 에 대한 퍼지 함수

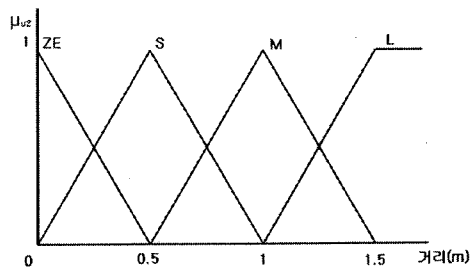


그림 9.  $u_2$ 에 대한 퍼지 함수

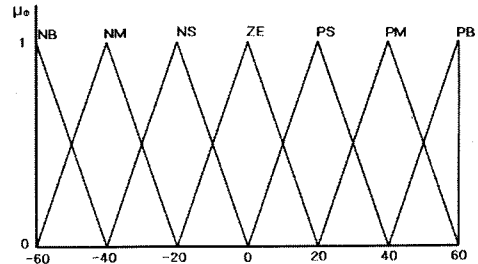


그림 10. 출력 퍼지 함수

기존의 기법과 제안한 기법 모두에서는 추론을 위하여 Mamdani의 Max-Min 추론 기법을 이용하였고 Defuzzification 방법으로는 weighted average method를 사용하였다[3].

### III. 시뮬레이션 결과 및 비교

시뮬레이션은 주차공간을 설정해 주고, 기존의 방식과 이 논문에서 제안한 방식을 같은 위치에 서 시작해 주차궤적과 주차결과를 비교해 보았다.

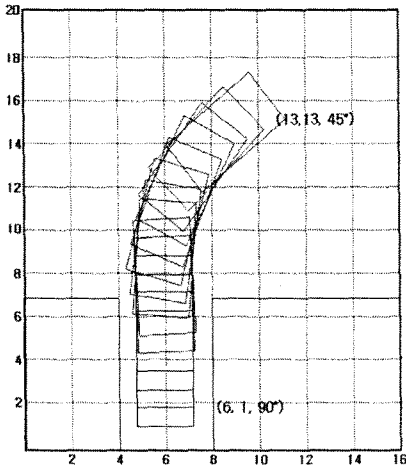


그림 11. 기존 기법의 시뮬레이션 결과

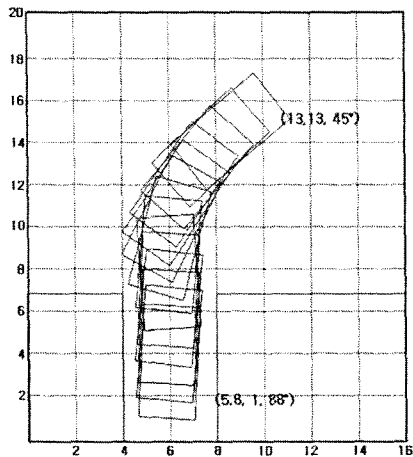


그림 12. 제안 기법의 시뮬레이션 결과

위 시뮬레이션 결과를 보면 기존의 물리 경험적인 퍼지 규칙보다 좀 더 정확한 이동 경로를 보였다. 하지만 경험적인 퍼지 규칙에 의한 시뮬레이션 결과 또한 오차범위가 20cm 미만으로 주차 궤적이 나타남을 알 수 있었다.

### IV. 결론

이 논문에서는 초음파 센서의 거리 정보를 이용해서 주차 가능 공간을 검출하고 그 정보를 통해 공간의 재설정 및 주차 궤적을 산출하였다. 또한 기존의 각도를 이용한 퍼지 규칙과 제안한 경험적 퍼지 규칙에 의한 조향각 제어를 비교해 보고 그 결과를 나타내었다. 제안한 기법은 기존의 기법보다 퍼지 규칙이 단순화되었다는 장점은 있으나 처리 결과에 약간의 오차가 발생함을 알 수 있었다. 향후 연구과제로는 제안한 기법이 더욱 정교하게 제어될 수 있도록 입력값과 퍼지 함수들을 개선하는 것이 필요하다.

### 참고문헌

- [1] 김동석, 정호기, 최치권, 윤팔주, “초음파 센서를 이용한 평행주차공간 검출,” 한국자동차공학회 2006년도 춘계학술대회 논문집 pp.1621-1626, 2006.
- [2] Tzsu-Hseng S. Li and Shih-Jie Chang, “Autonomous Fuzzy Parking Control of a Car-Like Mobile Robot,” IEEE Trans. Systems and Humans, vol.33, pp.451-465, 2003.
- [3] Timothy J. Ross, Fuzzy Logic with Engineering Applications(2nd ed.), Wiley, 2004.
- [4] 이창재, 정호철, 장유진, 이인석, “영상기반 자동조향 주차지원 시스템,” 한국자동차공학회 2006년도 춘계학술대회논문집 pp.1411-1416, 2006.