
장애물 회피를 위한 자율이동로봇의 퍼지제어

채문석* · 정태영** · 강석범* · 양태규*

A Fuzzy Control of Autonomous Mobile Robot for Obstacle Avoidance

Moon-seok Chae* · Tae-young Jung** · Suk-bum Kang* · Tae-kyu Yang*

요 약

본 논문에서는 미지의 공간에서 장애물 검출시 스스로 회피를 계획하고 임무를 수행할 수 있는 자율주행 로봇의 주행알고리즘을 퍼지제어기를 이용하여 설계하였다. 장애물의 위치와 거리 인식을 위해 초음파센서를 사용하였으며 좌, 우측 바퀴의 각속도 출력 제어를 위하여 퍼지제어기를 사용하였다. 퍼지제어기의 퍼지화 방법은 싱글톤 방법, 제어규칙은 각 바퀴 49개, 추론법은 간략화된 Mamdani의 추론법, 비퍼지화 방법은 간략화된 무게중심법을 사용하였다. 제안한 회피 알고리즘과 퍼지제어기의 성능 및 실제 적용 가능성의 평가를 위해 이동로봇의 모델링에 근거한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 그 결과 이동로봇이 목적지점에 정확히 도착함과 주행 중 인식한 장애물을 효과적으로 회피함을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed a fuzzy controller and algorithm for efficiently obstacle avoidance in unknown space. The ultrasonic sensor is used for position and distance recognition of obstacle, and fuzzy controller is used for left and right wheels angular velocity control. The fuzzification is used singleton method and the control rule is each wheel forty-nine. The fuzzy inference is used simplified Mamdani's reasoning and defuzzification is used SCOG(Simplified Center Of Gravity). The computer simulation based on mobile robot modelling was performed for the capacity of fuzzy controller and the really applicable possibility revaluation of the proposed avoidance algorithm and fuzzy controller. As a result, mobile robot was exactly reached in target and it avoided obstacle efficiently.

키워드

fuzzy controller, mobile robot, obstacle avoidance

I. 서 론

1959년 미국에서 산업용 로봇이 처음 등장한 이래로 80년대부터 로봇은 공장자동화의 주역으로 산업현장에서 많이 활용되어지고 있다. 초기에는 단순한 조립과정이나 초보적인 이동작업에서만 제한적으로 사용되었지만

산업을 발전하고, 인체에 유해하고 접근하기 어려운 작업현장이 증가함에 따라 로봇의 활용범위가 확대되었다. 따라서 이제는 제한된 작업영역 내에서의 제한된 작업능력 외에 새로운 기능인 주행을 추가하여 제한된 작업공간에서 벗어나 작업을 할 수 있는 이동로봇의 개발 및 연구가 필요하게 되었다[1],[2].

대표적인 이동로봇으로는 차륜형 이동로봇(wheeled mobile robot)이 있다. 차륜형 이동로봇은 작업반경이 넓고 이동속도가 빠르면서 미지상황의 작업환경에 적용이 가능하다는 장점이 있다. 이러한 장점은 일반적인 산업용 로봇이 제한적 작업공간을 가지는 단점을 해결 할 수 있다[3]. 이동로봇의 동작제어에 있어서 중요한 요구사항 중의 하나는 목적지까지 이동할 때 장애물과의 충돌을 회피하는 안정적인 주행이라 할 수 있다.

기존의 로봇 주행알고리즘으로는 가상역장법(VFF), 벡터장 히스토그램(VFH), 인공전위계(APF) 등이 있다. 기술한 방법들은 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 환경지도를 갱신하는 형태의 알고리즘이므로 미지의 환경에서의 이동로봇의 실시간 주행을 위한 경로계획 방법으로는 부정확하다 [6],[7],[8]. 본 논문에서는 장애물을 검출시 스스로 회피를 계획하고 임무를 수행할 수 있는 자율주행 로봇의 주행 알고리즘을 퍼지제어기를 이용하여 설계하였다. 로봇은 8개의 센서를 장착하고 장애물 검출시 정해진 퍼지규칙에 따라 장애물을 회피하였다. 또한 이동로봇을 제어하기 위한 퍼지제어기의 퍼지화 방법은 싱글톤 방법, 제어규칙은 정밀한 제어를 위해 49개의 규칙, 추론법은 Mamdani의 추론법, 비퍼지화 방법은 간략화된 무게중심법을 사용하였다. 제어대상으로 하는 이동로봇은 조향장치가 없이 각각의 바퀴로 방향을 바꾸도록 구성된 차동구동형(differential drive type) 로봇으로 non-holonomic 시스템이며, 정확한 속도를 알아낼 수 있다는 가정 하에서 설계 하였으므로 실제 경우에 발생할 수 있는 불확실성이 고려되지 않았다. 이 이동로봇에 대한 목표점 추종 및 장애물 회피 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 입증하였다.

II. 이동로봇 시스템의 구조

2.1. 이동로봇의 기구학

이동로봇에 주로 이용되는 구조는 그림 2-1과 같은 차동구동형 로봇으로 구조가 간단하다. 차동구동형 로봇의 기구학적인 모델은 그림 2-1로부터 얻을 수 있다.

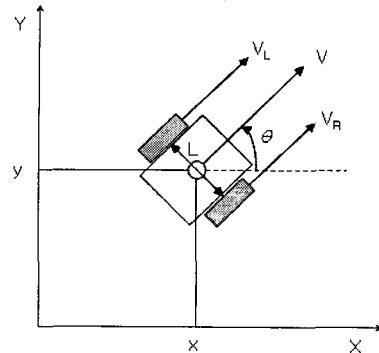


그림 2-1. 차동구동형 로봇
Fig. 2-1. Differential drive type robot

왼쪽 바퀴와 오른쪽 바퀴의 각속도를 ω_L, ω_R 이라고 하면 non-slipping 조건에 의해 왼쪽 바퀴와 오른쪽 바퀴의 지면과의 접촉점의 속도는 식 (2.1)과 같다.

$$V_R = r \omega_R, V_L = r \omega_L \quad (\text{단, } r \text{ 은 바퀴의 반지름}) \quad (2.1)$$

단, 로봇 중심의 선속도는 v 이고 V_R, V_L 은 각각 오른쪽, 왼쪽바퀴의 선속도이다. 반시계 방향으로의 로봇의 각속도를 ω 라고 하면 v, ω 와 ω_R, ω_L 은 식 (2.2), 식 (2.3)과 같이 표현 할 수 있다[4].

$$\omega = \frac{V_R - V_L}{L} = r \frac{\omega_R - \omega_L}{L} \quad (2.2)$$

$$v = \frac{V_R + V_L}{2} = r \frac{\omega_R + \omega_L}{2} \quad (2.3)$$

여기서 L 은 양 바퀴 사이의 거리이다. 로봇의 자세 $[x \ y \ \theta]^T$ 와 로봇의 선속도와 각속도 $[v \ \omega]^T$ 는 식 (2.4)와 같은 기구학에 의해 표현된다.

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 \\ \sin\theta & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

식 (2.4)에서와 같이 로봇에서 제어할 수 있는 구동기는 2개인데 반해 도달해야 하는 위치 및 각도의 자유도는 3이

다. 따라서 현재 로봇의 자세에서 원하는 자세로 제어할 때 제한조건이 발생한다. 바닥과 바퀴의 접촉면에서 바퀴면에 수직인 방향의 속도성분은 0이라는 non-slipping 조건을 이용하면 식 (2.5)와 같은 non-holonomic 제한조건을 구할 수 있다.

$$H \cdot \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = [\sin\theta \quad -\cos\theta] \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix} = \dot{x} \sin\theta - \dot{y} \cos\theta = 0 \quad (2.5)$$

여기서, H 는 바퀴면에 수직인 단위 벡터이다[5].

제한조건은 식 (2.5)와 같이 되며, 이것은 $\tan\theta = \dot{y} / \dot{x}$ 와 같이 정리될 수 있다. 이것은 로봇의 순간 진행방향은 로봇이 향하고 있는 각도 θ 와 같다는 의미이다.

2.2. 목표점을 갖는 이동로봇의 위치 오차

이동로봇의 목표점 좌표가 (x_d, y_d, θ_d) 와 같이 주어졌다면 위치 및 각도 오차에 대한 식은 식 (2.6), 식 (2.7) 그리고 식 (2.8)과 같다.

$$x_e = x_d - x_c \quad (2.6)$$

$$y_e = y_d - y_c \quad (2.7)$$

$$\theta_e = \theta_d - \theta_c \quad (2.8)$$

그림 2-2는 목표점에 대한 이동로봇의 오차 (x_e, y_e, θ_e) 를 나타내었다.

좌, 우측 바퀴 각속도 ω_L, ω_R 을 이용하여 v, ω 를 조정하면 원하는 목표점까지 도달할 수 있게 된다.

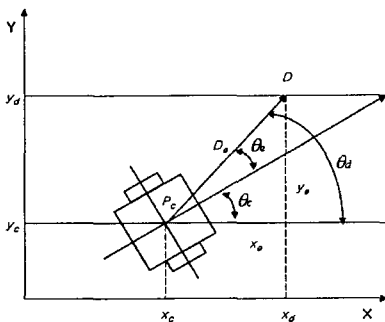


그림 2-2. 목표점과 현재 위치의 오차
Fig. 2-2. Errors between the target point and the current position

III. 센서를 이용한 장애물 회피

초음파 센서를 사용하여 장애물을 발견하며 이동로봇에 장착된 각 센서가 이루는 중심각(θ_s)은 식 (3.1)과 같다.

$$\theta_s = \frac{140}{n-1} \quad (n \text{은 센서의 개수}) \quad (3.1)$$

각각의 센서는 중심각 θ_s 만큼 이동로봇의 전면에 n 개를 배치할 수 있고, 센서의 수가 많을수록 중심각 θ_s 가 줄어들어 더욱 정확한 장애물의 유무를 판단할 수 있다. 연속적으로 획득한 n 개의 센서들의 거리 데이터로부터 장애물의 위치는 이동로봇의 현재위치와 각도, 센서와 센서 사이의 각도 그리고 센서에서 얻은 값들로 구할 수 있다.

또한 각각의 센서로 받아들인 장애물과의 거리정보는 이동로봇의 주행경로를 결정하는데 사용된다.

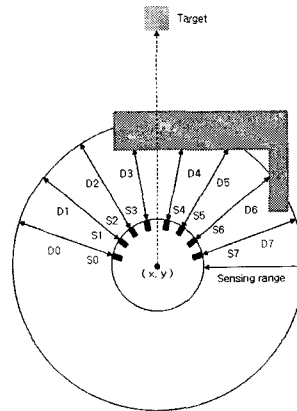


그림 3-1. 장애물의 히스토그램
Fig. 3-1. Histogram of obstacle

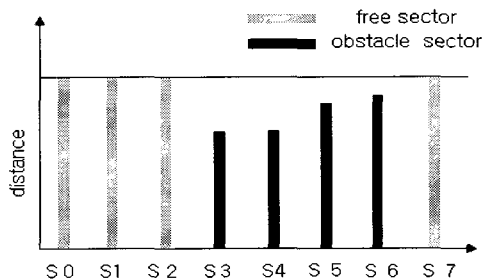


그림 3-2. 직각 좌표계로 변환된 히스토그램
Fig. 3-2. Histogram converted right-angled coordinates system

그림 3-1은 장애물과의 거리로 얻은 히스토그램이고, 그림 3-2는 히스토그램을 직각좌표계에 표시한 것이다. 그림 3-1에서 $S_i(i = 0, 1, 2, \dots, 7)$ 는 센서의 번호를 나타내고, $D_i(i = 0, 1, 2, \dots, 7)$ 는 각 센서와 장애물과의 거리를 나타낸다. 그림 3-2와 같이 D_i 의 값을 가지고 장애물이 존재하지 않는 자유영역과 장애물이 존재하는 장애물영역을 판단할 수 있으며 목표점이 자유영역 안에 있을 경우 로봇은 자유영역을 향하여 이동하고, 그렇지 않을 경우 가장 가까운 자유영역을 향하여 이동하게 된다.

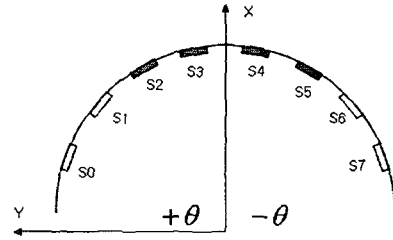


그림 4-1. 초음파 센서의 위치
Fig. 4-1. Position of ultra sonic sensor

IV. 이동로봇의 퍼지제어

이동로봇이 목표점에 도달하기 위해서는 진행방향을 결정하는 알고리즘뿐만 아니라 속도를 제어하는 알고리즘도 필요하다. 본 논문에서는 로봇의 이동속도 제어를 위해 퍼지제어기를 사용하였다.

4.1. 입출력 변수의 정의

본 논문에서 사용한 입출력 변수는 다음과 같다.

- 입력 변수: 거리(d), 오차각도(θ)
- 출력 변수: 좌, 우 바퀴 각속도(ω_L, ω_R)

여기서 입력 변수의 거리는 초음파 센서에 의해 측정된 장애물과의 거리 중에 가장 작은 값이고, 각도는 장애물 회피 알고리즘에 의해 결정된 로봇의 진행방향 값과 현재 로봇의 진행방향과의 오차각도이다. 출력변수는 두 개의 입력변수에 의해 결정된 값으로 로봇의 좌, 우 바퀴 속도 값이 된다.

입력변수 장애물과 이동로봇까지의 거리는 이동로봇에 장착된 초음파센서 중에 전방을 향하고 있는 센서의 정보만을 이용하여 결정한다. 그림 4-1은 이동로봇에 장착된 초음파센서로서 회색으로 표시된 센서들이 퍼지 입력변수로 사용된다.

식 (4.1)은 초음파센서의 거리 값 중에 입력으로 사용될 값을 결정하는 식이다.

$$d = \min\{S_2, S_3, S_4, S_5\} \quad (4.1)$$

여기서

d : 거리값에 의해 결정된 퍼지 입력변수

S_2, S_3, S_4, S_5 : 초음파센서의 측정거리

입력변수 θ 는 장애물 회피 알고리즘에서 출력된 진행 방향을 θ 를 사용한다. 퍼지소속함수는 표 4-1과 같다.

표 4-1. 퍼지소속함수
Table 4-1. Fuzzy membership function

거리 (d)		오차각도 (θ)	
NB	아주 가깝다	NB	아주 큰 음수
NM	가깝다	NM	큰 음수
NS	조금 가깝다	NS	조금 큰 음수
ZO	적당하다	ZO	0
PS	조금 멀다	PS	조금 큰 양수
PM	멀다	PM	큰 양수
PB	아주 멀다	PB	매우 큰 양수

4.2. 퍼지소속함수 및 제어 규칙

표 4-1과 같은 입력 변수와 출력 변수를 사용하여 좌, 우 바퀴 속도를 제어하는 경우의 제어 규칙을 표 4-2, 표 4-3에 나타내었다. 표 4-2, 표 4-3과 같이 전조건부의 입력 변수 d 와 θ 에 대해 각각 7개와 7개의 퍼지변수를 선택했을 때 좌, 우 바퀴속도의 출력에 적용된 제어 규칙은 총 98 개이다.

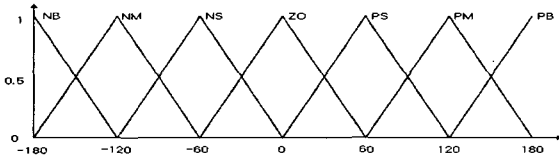


그림 4-2. 오차 각에 대한 소속 함수
Fig. 4-2. Membership function of error angle

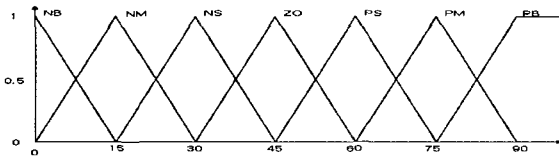


그림 4-3. 거리에 대한 소속 함수
Fig. 4-3. Membership function of distance

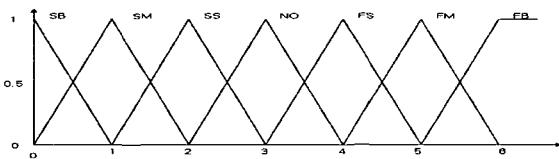


그림 4-4. 각속도 출력에 대한 소속 함수
Fig. 4-4. Membership function of angular velocity output

표 4-2. 좌측 바퀴의 퍼지제어규칙
Table 4-2. Fuzzy control rule for the left wheel

		Distance						
		NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
Angle	NB	NO	FS	FM	FB	FB	FB	FB
	NM	SS	NO	FS	FM	FB	FB	FB
	NS	SM	SS	NO	FS	FM	FB	FB
	ZO	SB	SM	SS	NO	FS	FM	FB
	PS	SB	SM	SS	NO	FS	FM	FM
	PM	SB	SM	SS	NO	FS	FM	FS
	PB	SB	SM	SS	NO	FS	FM	NO

이 퍼지 논리 시스템의 출력 가능한 좌, 우 바퀴속도에 대한 결과는 SB(Slow Big), SM(Slow Middle), SS(Slow Small), NO(Normal), FS(Fast Small), FM(Fast Middle), FB(Fast Big)와 같이 표시할 수 있다.

표 4-3. 우측 바퀴의 퍼지제어규칙
Table 4-3. Fuzzy control rule for the right wheel

		Distance						
		NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
Angle	NB	SB	SM	SS	NO	FS	FM	NO
	NM	SB	SM	SS	NO	FS	FM	FS
	NS	SB	SM	SS	NO	FS	FM	FM
	ZO	SB	SM	SS	NO	FS	FM	FB
	PS	SM	SS	NO	FS	FM	FB	FB
	PM	SS	NO	FS	FM	FB	FB	FB
	PB	NO	FS	FM	FB	FB	FB	FB

4.3. 비퍼지화기

비퍼지화기는 퍼지집합으로 표시되는 퍼지량으로부터 크리슘양(crisp number data)을 얻는 변환장치이다. 본 논문에서는 간략화된 무게중심법(Simplified Center of Gravity Method)을 사용하기로 하며, 이 방법은 다음과 같다.

각각의 퍼지규칙 R_i 에 의한 근사추론결과 B'_i 을 식 (4.2)의 COG방법으로 비퍼지화된다.

$$u_i^* = COG(B'_i), \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (4.2)$$

전체규칙에 의한 비퍼지화된 추론결과 u^* 를 다음의 식 (4.3)으로 정의한다.

$$u^* = \frac{\sum_{i=1}^N u_i^* k_i}{\sum_{i=1}^N k_i} \quad (4.3)$$

여기서 k_i 는 퍼지제어규칙 R_i 의 적합도이다. 간략화된 COG 방법에서는 명제연산자 'also'를 식 (4.3)으로 정의한 것으로 이해할 수 있으며, 이 방법의 장점으로는 COG의 장점 이외에 구현이 쉽다는 점이 있다.

V. 시뮬레이션 및 결과 고찰

본 논문에서는 조향장치가 없이 각각의 바퀴속도에 의해 방향이 바뀌도록 구성된 차동구동형 로봇을 모델로 하였다. 이동로봇의 축간 거리 15cm, 바퀴 반지름 5cm이며 센서는 각각 20° 간격으로 8개를 전방에 배치하였고, 센서의 최대 탐지 거리는 90cm이다. 각각의 바퀴 각속도 제어를 위하여 퍼지제어규칙은 각각 49개씩 98개를 사용하였다. 이 로봇이 시작위치를 기준으로 X축으로 8m, Y축으로 6m에 위치하고 있는 목표점까지 최단거리를 추종하게 하였다.

이동로봇은 장애물의 위치를 이용하여 충돌을 회피할 수 있는 방향각을 구할 수 있다. 이 방향각과 현재 방향각의 오차각과 장애물과의 거리를 퍼지제어기의 입력으로 이동로봇의 좌, 우 바퀴 각속도를 조정하여 원하는 목표점까지 충돌 없이 도달할 수 있게 된다.

표 5-1. 장애물 회피 초기값
Table 5-1. Initial value of obstacle avoidance

최대 각속도 (rad/sec)	초기 방향각 (°)	장애물 개수
4.2	90	1
4.2	90	2
4.2	90	3
4.2	90	4
4.2	90	5

표 5-1은 초기값으로 최대 각속도 4.2 rad/sec 와 초기 방향각 90°를 입력하였을 경우 장애물 개수에 따른 장애물 회피와 목표점 추종에 관한 실험표이다.

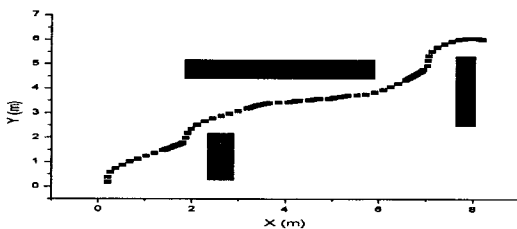


그림 5-1. 이동로봇의 궤적($\omega=4.2$, heading=90, obstacle=3)

Fig. 5-1. Trajectory of mobile robot($\omega=4.2$, heading=90, obstacle=3)

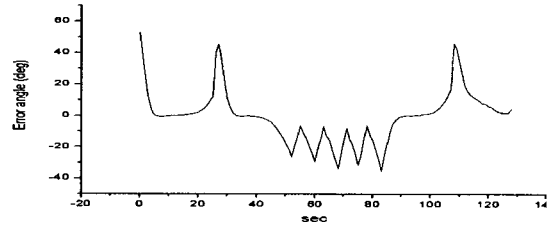


그림 5-2. 오차각($\omega=4.2$, heading=90, obstacle=3)
Fig. 5-2. Error angle($\omega=4.2$, heading=90, obstacle=3)

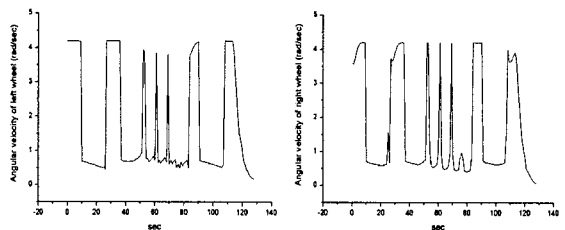


그림 5-3. 좌, 우측 바퀴 각속도($\omega=4.2$, heading=90, obstacle=3)

Fig. 5-3. Angular velocity of left and right wheel ($\omega=4.2$, heading=90, obstacle=3)

그림 5-1은 각 바퀴의 최대 각속도 4.2 rad/sec이고 초기 방향각 90° 일 때 주행선상에 1개의 장애물이 존재하는 경우의 목표점을 추종하는 이동로봇의 궤적을 나타낸다. 출발 후 목표점을 향하여 진행을 하다가 장애물을 인지한 후에 장애물 회피를 위한 방향을 전환하고 장애물을 완전히 벗어난 후에 다시 목표점을 향하여 진행함을 알 수 있다. 그림 5-2는 시간에 따른 오차각의 변화량을 나타낸다. 그래프에서 나타나듯이 약 20초 후에 장애물을 인식하고 회피를 위해 방향을 전환함으로써 서서히 목표점과의 오차각의 변화가 생기게 되며 장애물을 완전히 벗어난 후에는 다시 목표점과의 오차각 보상이 이루어짐을 알 수 있다. 그림 5-3은 거리와 오차각 입력에 의한 좌, 우측 바퀴의 각속도 퍼지출력값을 나타낸다. 장애물 인식후에 회피를 위한 방향전환을 위하여 좌, 우측의 바퀴 각속도가 변화함을 알 수 있다.

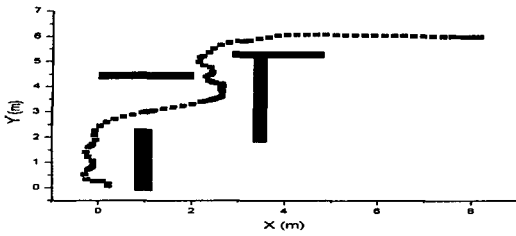


그림 5-4. 이동로봇의 궤적($\omega=4.2$, heading=90, obstacle=4)

Fig. 5-4. Trajectory of mobile robot($\omega=4.2$, heading=90, obstacle=4)

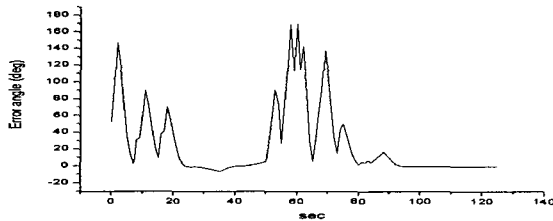


그림 5-5. 오차각($\omega=4.2$, heading=90, obstacle=4)

Fig. 5-5. Error angle($\omega=4.2$, heading=90, obstacle=4)

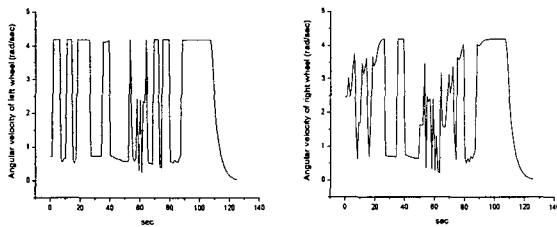


그림 5-6. 좌, 우측 바퀴 각속도($\omega=4.2$, heading=90, obstacle=4)

Fig. 5-6. Angular velocity of left and right wheel ($\omega=4.2$, heading=90, obstacle=4)

그림 5-4는 각 바퀴의 최대 각속도 4.2 rad/sec이고 초기 방향각 90° 일 때 주행선상에 4개의 장애물이 존재하는 경우의 목표점을 추종하는 이동로봇의 궤적을 나타낸다. 출발 후 목표점을 향하여 진행을 하다가 장애물을 인지한 후에 장애물 회피를 위한 방향을 전환하고 장애물을 완전히 벗어난 후에 다시 목표점을 향하여 진행함을 알 수 있다. 그림 5-5는 시간에 따른 오차각의 변화량을 나타낸다. 그래프에서 나타나듯이 장애물을 인식하고 회피를 위해 방향을 전환함으로써 서서히 목표점과의 오차각의 변화가 생기게 되며 장애물을 완전히 벗어난 후에는 다시 목

표점과의 오차각 보상이 이루어짐을 알 수 있다. 그림 5-6은 거리와 오차각 입력에 의한 좌, 우측 바퀴의 각속도 퍼지출력값을 나타낸다. 장애물 인식후에 회피를 위한 방향 전환을 위하여 좌, 우측의 바퀴 각속도가 변화함을 알 수 있다.

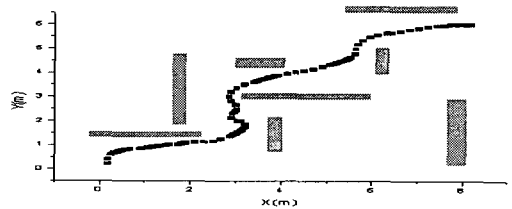


그림 5-7. 이동로봇의 궤적($\omega=4.2$, heading=90, obstacle=5)

Fig. 5-7. Trajectory of mobile robot($\omega=4.2$, heading=90, obstacle=5)

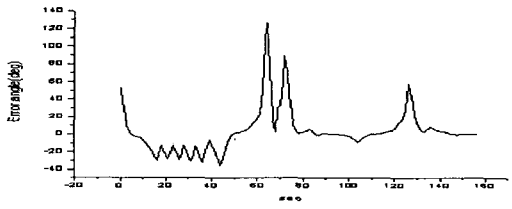


그림 5-8. 오차각($\omega=4.2$, heading=90, obstacle=5)

Fig. 5-8. Error angle($\omega=4.2$, heading=90, obstacle=5)

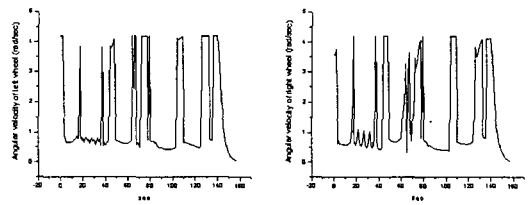


그림 5-9. 좌, 우측 바퀴 각속도($\omega=4.2$, heading=90, obstacle=5)

Fig. 5-9. Angular velocity of left and right wheel ($\omega=4.2$, heading=90, obstacle=5)

그림 5-7은 각 바퀴의 최대 각속도 4.2 rad/sec이고 초기 방향각 90° 일 때 주행선상에 5개의 장애물이 존재하는 경우의 목표점을 추종하는 이동로봇의 궤적을 나타낸다.

출발 후 목표점을 향하여 진행을 하다가 장애물을 인지한 후에 장애물 회피를 위한 방향을 전환하고 장애물을 완전히 벗어난 후에 다시 목표점을 향하여 진행함을 알 수 있다. 그림 5-8은 시간에 따른 오차각의 변화량을 나타낸다. 그래프에서 나타나듯이 장애물을 인식하고 회피를 위해 방향을 전환함으로써 서서히 목표점과의 오차각의 변화가 생기게 되며 장애물을 완전히 벗어난 후에는 다시 목표점과의 오차각 보상이 이루어짐을 알 수 있다. 그림 5-9는 거리와 오차각 입력에 의한 좌, 우측 바퀴의 각속도 퍼지출력값을 나타낸다. 장애물 인식후에 회피를 위한 방향 전환을 위하여 좌, 우측의 바퀴 각속도가 변화함을 알 수 있다.

다음 표 5-2는 앞의 실험에서 얻은 장애물 개수에 따른 목표점 추종시간의 결과값 표이다.

표 5-2. 장애물 회피 결과값
Table 5-2. Result Value of obstacle avoidance

최대 각속도 (rad/sec)	초기 방향각 (°)	장애물 개수	목표점 추종시간(sec)
4.2	90	1	99
4.2	90	2	108
4.2	90	3	129
4.2	90	4	126
4.2	90	5	158

장애물이 목표점까지 경로 상에 전 구간에 걸쳐 분포되어 있는 경우 로봇은 항상 장애물을 인식하게 되어 빠른 속도로 진행하지 못하게 된다. 하지만 한부분에 밀집되어 있는 경우는 밀집되어 있는 구간을 벗어난 후에 빠른 속도로 목표점을 향해 진행하게 된다. 표 5-2를 통하여 장애물의 개수보다 장애물의 분포 형태에 따라 목표점 추종시간이 달라지는 것을 알 수 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 초음파 센서를 통하여 얻은 장애물과의 거리 히스토그램을 이용한 장애물 회피 방법과 장애물 회피 알고리즘을 통해 얻은 장애물과의 거리와 장애물 회피 방향각을 입력으로 하고 이동로봇의 좌, 우측 바퀴의 각

속도를 출력으로 하는 퍼지제어기를 제안하였다. 제안된 알고리즘과 퍼지제어기의 성능 평가를 위하여 이동로봇의 모델링에 근거한 시뮬레이션을 이용하여 진행경로 상에 장애물이 존재할 경우의 장애물 회피 실험을 하였다. 장애물 회피 실험을 통해 진행경로 상에 장애물을 회피하면서 안전하게 목표점에 도달하는 것을 보임으로써 본 논문에서 제시한 장애물 회피 알고리즘과 퍼지제어기가 실제 이동로봇에 적용이 가능함을 보였다.

참고문헌

- [1] P. J. McKerrow, Introduction to Robotics, Addison-Wesley, 1991.
- [2] S. Coradeschi, S. Tadokoro and A. Birk, RoboCup 2001: Robot Soccer World Cup V, Springer Verlag, 2002.
- [3] Sungon Lee, Youngil Youm and Wankyun Chung, "Control of Car-like Mobile Robots for Posture Stabilization", Proc. of IEEE/RSJ International Conference on, Vol.3, 1745-1750, 1999.
- [4] P. Goel, G. Dedeoglu, S. Roumeliotis and G. Sukhatme, "Fault Detection and Identification in a Mobile Robot Using Multiple Model Estimation and Neural Network", Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, San Francisco, USA, 2000.
- [5] J. Barraquand and J.C. Latombe, "Non-holonomic Multibody Mobile Robots: Controllability and Motion Planning in the Presence of Obstacle", in Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation, Sacramento, CA, pp. 2328-2335, 1991.
- [6] Khatib. O. "Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots", The International journal of Robotics Research5(1), spring 1986.
- [7] Borenstein J. and Koren. Y. "Real-time Obstacle Avoidance for Fast Mobile robots.", IEEE Transaction on SMC 19(5):1179-1197, Sep./Oct. 1989
- [8] 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

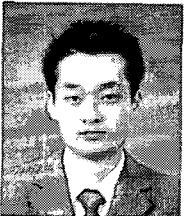
저자소개



채 문 석(Monn-seok Chae)

1994 광운대학교 정보통신대학원
전자계산학과(이학석사)
2006 현 목원대학교 IT공학과 박사
과정

※ 관심분야: 이동로봇, 지능제어



정 태 영(Tae-young Jung)

2004 목원대학교 전자공학과(공학사)
2006 목원대학교 대학원 IT공학과
(공학석사)
2006 현 (주)비엔테크 개발팀

※ 관심분야: 이동로봇, 퍼지제어, 신경망 제어



강 석 범(Suk-bum Kang)

1998 목원대학교 전자공학과(공학
사)
2000 목원대학교 대학원 전자및컴
퓨터공학과(공학석사)

2006 현 목원대학교 IT공학과 박사과정

※ 관심분야: 이동물체 추적, 이동로봇, 지능제어



양 태 규(Tae-Kyu Yang)

1982 광운대학교 전자공학과(공학
사)
1984 광운대학교 대학원 전자공학
과(공학석사)

1989 광운대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

2006 현 목원대학교 지능로봇공학과 교수

※ 관심분야: 지능형 로봇, 지능형 센서, 양족로봇 보행
제어