

인공지능을 이용한 로봇의 제어 시스템 설계에 관한 연구

강혜정* · 한경희**

한국해양대학교 전자통신공학과*, 양산대학 뷰티케어학과**

A Study on the Design of Robot Control System using Artificial Intelligence

Hye-Jung Kang*, Kyung-Hee Han**

*Dept. of Electronics and Communications Engineering, National Korea Maritime University, Pusan 606-791 Korea

**Dept. of Beauty Care, Yongsan College, Yongsan, KyungNam, 626-740, Korea

요 약 : 본 논문에서는 인공지능형 창문 청소 로봇 시스템을 구현해보았다. 제안된 창문 청소 로봇은 메인모듈, 모터구동 모듈, 센서모듈, 조이스틱 모듈로 구성되고, ATmega128로 구현된 메인 모듈에서 퍼지논리가 적용된 지능형 제어시스템을 제안한다. 퍼지 알고리즘을 이용하여, 경로 추적을 위한 퍼지 제어기, 장애물 회피를 위한 퍼지제어기를 설계해 시뮬레이션 해보았다.

핵심용어 : 창문청소로봇시스템, ATmega128, 조이스틱, 경로추적 퍼지 제어시스템, 장애물회피 퍼지 제어시스템

ABSTRACT : In the paper of the book, the artificial intelligence type window-washing robot system was embodied and seen. the proposed window-washing robot consists of a main module and motor drive module, a sensor module, and a joy stick module the intelligence type regulating system with which fuzzy logic was applied by the main module embodied by ATmega128 is proposed. a fuzzy algorithm is used the simulation of the fuzzy control machine for the fuzzy control machine for course pursuit and obstacle avoidance was designed and carried out, and it was seen.

KEY WORDS : Window-cleaning robot system, ATmega128, Joystick, Course pursuit fuzzy system, Obstacle avoidance fuzzy system

1. 서 론

최근 산업이 발달함에 따라서 인간의 생활에서 로봇은 많은 부분을 차지하고 있다. 이에 따라 기존의 우주 탐사나 해저 탐사와 같은 제한된 영역에서만 사용되던 지능형 자율 로봇을 실생활에 적용하기 위한 연구가 진행되고 있다.

일본의 미쓰비시 연구소는 1999년 로봇산업 예측 자료에서 로봇 시장이 2020년에는 정보기술(IT : Information Technology)와 생물기술(BT: Biological Technology) 시장에 버금가는 1조 4000억 달러에 이르러, 1가구 1로봇 시대를 맞이하게 될 것으로 예측하고 있다. 이러한 지능형 로봇 산업이 발전에 발맞추어 한국, 미국, 스웨덴, 일본 등의 세계 각국에서 서비스 로봇의 선두 주자로 청소용 로봇을 개발하여 공급하고 있다. 이러한 이유는 최근 들어 생활패턴 변화 등의 요인으로 개인용 로봇에

대한 수요가 증가할 것이라 예상되고 있기 때문이다. 요즘 빌딩이나 아파트와 같은 초고층 건물들이 우리를 사용한 건축을 많이 하고 있다. 특히, 고층 빌딩의 경우 연간 창문 청소를 하기 위한 비용 부담은 건물 관리에 많은 부분을 차지한다. 창문을 닦는 일은 위험부담이 크기때문에 건물 외벽을 청소하기 위한 인력마저도 구하기가 쉽지 않다. 따라서 이와 같은 이유는 대부분의 로봇이 개발되기 좋은 조건이 된다[1].

본 논문에서는 로봇 분야 중 위험하거나 여러 가지 작업을 수행하기 위해 설계된 이동 로봇인 창문 청소 로봇 시스템을 구현하였다. 인공 지능 기법중의 하나인 퍼지 이론을 창문 로봇 시스템에 적용시켜 구현하였으며, 로봇의 입력을 받기 위한 센서로는 초음파 센서를 사용하고, DC 모터를 사용하여 창문 청소 로봇을 제작하였다.

* lilac-1012@hanmail.net 051)410-4907

** lynn@yongsan.ac.kr 055)370-8212

2. 인공지능형 창문 청소 로봇 시스템의 구성

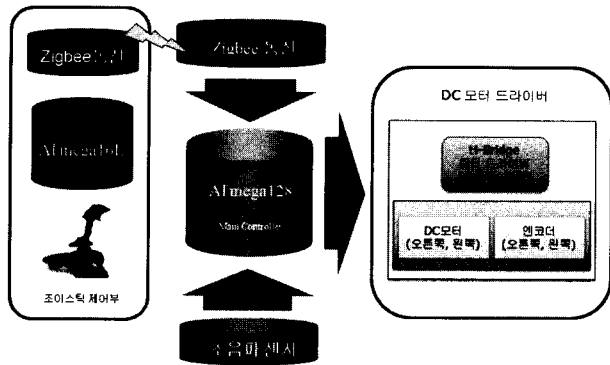


Fig. 1 Structure of artificial intelligent robot control system

시스템의 전체 구성도는 Fig. 1에서 나타내었으며, 창문 청소 로봇은 조이스틱 제어부, 모터 구동부, 제어부, 센서부로 구성된다.

2.1 DC모터 및 모터 구동부

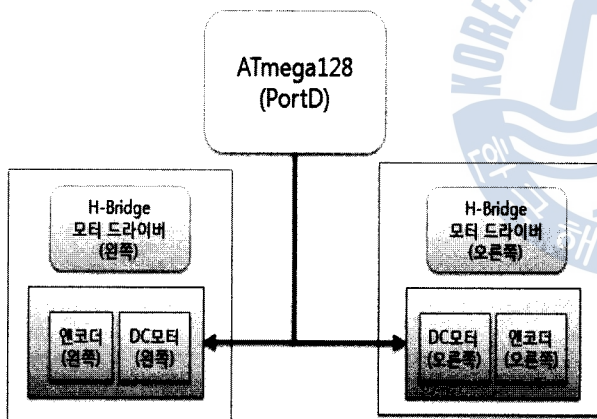


Fig. 2 Structure of the part of motor

모터부는 ATmega128을 컨트롤러로해서 DC모터를 제어하였다. DC모터는 PWM을 이용해서 평균전압의 변화로 속도를 제어하고 H-Bridge를 이용해 충분한 전류를 흐르게 해서 모터를 제어한다[2]. 전원을 모터에 인가했을 때 모터는 충분한 토크 및 속도를 발생시킬 수 없다. 모터 드라이버는 모터가 충분한 속도 및 토크를 발생시킬 수 있도록 하는 기능을 가지고 있다. 모터 드라이버는 H-Bridge회로로 구성되는데, H-Bridge회로는 트랜지스터를 스위칭 모드에서 사용하므로써 전원에서 직접 모터로 전류를 흘려보낸다. 이와 같은 원리를 이용해 모터에 전원과 PWM을 인가하여 로봇을 구동시켜보았다. 왼쪽, 오른쪽에 같은 값을 인가하였음에도 불구하고 바닥과의 마찰, 모터축과 바퀴와의 마찰등 여러 가지 요인으로 인하여 약간의 오차가

발생하는 것을 발견할 수 있었다. Encoder는 로봇의 위치와 속도, 거리 등의 정보를 얻고 정확한 제어를 하기위해 필요하다. 정확한 모터의 정·역방향 및 전진, 후진 방향제어에 Encoder를 사용하였다.

2.2 센서부

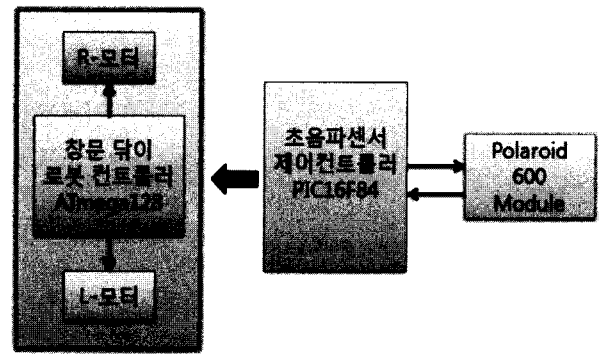


Fig. 3 Structure of the part of ultrasonic sensor

창문닦이 로봇이 주행 중에 장애물이 나타나게 될 경우, 장애물을 회피하거나 정지하게 된다. 장애물 감지를 위해 사용된 초음파 센서 모듈의 특성은 15[cm] ~ 10[m]사이의 거리를 측정하고 정밀도는 0.1[%]이며, 10Hz로 구동하는 폴로라이드 (Polaroid)사의 600 series 모듈을 사용하였다[3].

Fig. 3은 초음파센서에서 모듈과 창문닦이 로봇의 제어 구성도를 나타내고 있으며, 초음파센서의 구동과 제어에는 PIC 16F84를 사용하였고, PWM신호로 창문닦이 로봇의 속도 및 방향을 제어하였다.

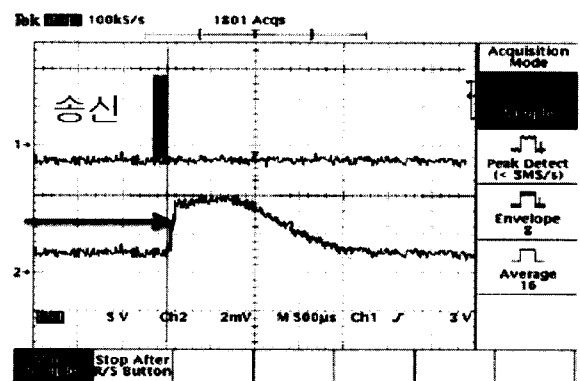


Fig. 4 Detection of an obstacle in a nearby distance

Fig. 4는 가까운 거리에 장애물이 있을 때, 초음파 센서에 수신된 신호이고, Fig. 5는 장애물이 보다 먼 거리에 있을 때의 그림이다. 초음파 센서를 창문닦이 로봇에 부착한 후 센서에서 초음파를 보내면 ECHO신호가 High로 변화되어진다. 그리고 초음파 센서의 수신부에서 물체를 통해서 반사되어진 신호를

수신하게 되면 모듈의 ECHO신호가 Low로 변화하게 되는데 이 시간을 타이머를 이용하여 앞 물체와의 거리를 검출하게 된다. 검출된 거리를 16진수값으로 바꿔 거리 값에 따라서 PWM 출력을 제어기가 출력하도록 하였다.

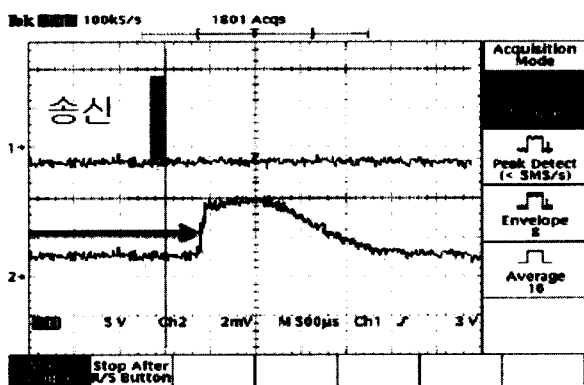


Fig. 5 The obstacle sensor in a long distance

창문 로봇이 자율 주행으로 시스템이 동작되지만, 장애물을 만나거나 급정지 하였을 경우에는 조이스틱으로 제어하게 된다. Fig. 7은 조이스틱 제어기의 제어 순서도이다.

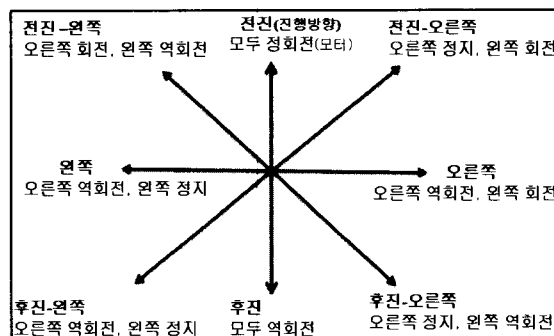


Fig. 8 Rotating direction and speed of motor for joystick position

2.3 통신 시스템

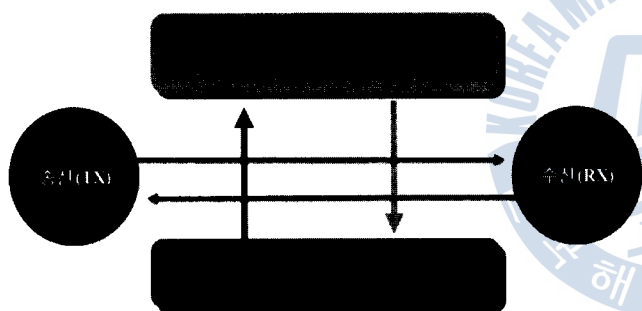


Fig. 6 Structure of the part of Zigbee system

창문닦이 로봇은 조이스틱에서 무선으로 신호를 보내고, 보내진 신호는 Zigbee 모듈을 통하여 로봇 시스템을 제어하게 된다. Fig. 6은 Zigbee 모듈이 로봇을 통해 조이스틱과 통신하는 구성도이다[2].

2.4 조이스틱 제어기

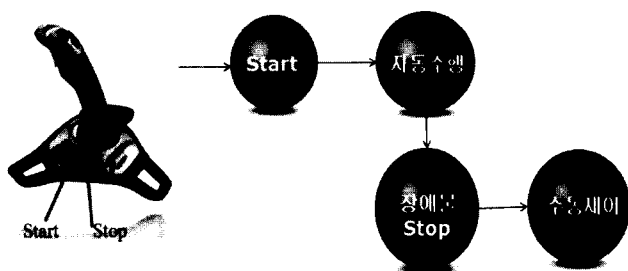


Fig. 7 In a joy stick control order

Fig. 8은 실제 창문청소 로봇이 동작할 경우 모터의 방향을 제어하기 위하여 조이스틱을 움직일 때 창문청소 로봇의 모터 회전방향을 선정한 것을 나타내고 있다. Fig. 8에서는 조이스틱의 위치에 따른 왼쪽과 오른쪽의 모터의 방향을 표시하고 있다[4].

3. 인공지능형 창문청소 로봇 시스템의 설계 및 구현

시작점에서 목표지점까지의 주어진 경로를 따라 로봇이 이동하기 위해서는 경로를 추종하는 과정이 필요하다. 또한 로봇은 장애물과 충돌하지 않으면서 시작점에서 목표지점까지 이동하도록 해야 한다. 창문 로봇은 창문틀과 같은 여러 장애물들의 영향을 받을 수 있다. 이러한 장애물들은 로봇을 제어할 때 위치와 형상이 정해져 있는 고정 장애물과 위치와 방향이 변화하는 이동 장애물, 위치와 방향뿐 아니라 형상도 변화하는 시변 장애물 등 종류가 많다. 로봇의 이동 경로가 세워지고, 여러 가지 정보를 바탕으로 퍼지 이론을 이용한 경로 추적제어와 장애물 회피 제어를 사용함으로써 창문 로봇이 좀 더 안정적으로 구동할 수 있게 된다. 본 논문에서는 초음파 센서를 이용하여 로봇을 이동할 때 벽과의 충돌을 회피하면서 제어할 수 있는 시스템을 구성해보았다.

3.1 경로추적을 위한 퍼지 제어 시스템

창문 청소 로봇이 주어진 경로를 추적할 수 있는 기능을 경로추적 퍼지 제어기라고 한다. 로봇과 경로사이의 거리와 방향 차이를 입력으로 하여 로봇의 방향을 퍼지 제어 규칙을 만들어 제어하였다. 경로와 이동로봇 사이의 거리와 각도의 차를

사용하였다. 출발지점과 목적지점이 주어지게 되면 청소로봇은 경로 추적을 위해 경로와의 거리와 방향을 계산하게 된다. 이때 로봇이 경로와의 거리와 방향을 계산하기 위해서는 주어진 경로에서 어느 부분에 위치하고 있는지가 중요한 변수가 된다. 만약, 청소로봇이 주어진 경로상에 있을 경우에는 출발지점에서 목표지점으로 로봇의 방향을 조종한 후에 이를 추정하면 된다. 로봇과 경로사이의 거리오차는 없어 방향 전환만 하면 된다. 하지만 로봇이 경로상에 존재하지 않을 경우에는 거리와 방향 오차가 둘 다 생긴 경우이며, 거리오차는 이동로봇의 중심점과 경로의 수직된 거리를 사용하고 방향오차는 경로와 로봇의 각도의 차이를 사용하면 된다. 경로와 청소로봇이 이루는 거리와 방향오차를 입력으로 경로 추적 퍼지제어기를 구성하고 이에 따른 출력값은 로봇의 회전각으로 표현하였다.

입력 변수의 퍼지 소속함수는 Fig. 9와 Fig. 10이고, 출력변수의 퍼지 소속함수는 Fig. 11과 같다.

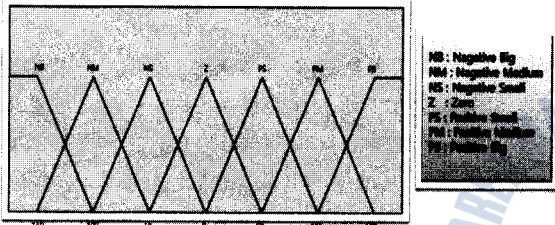


Fig. 9 The membership function to an input variable fuzzification

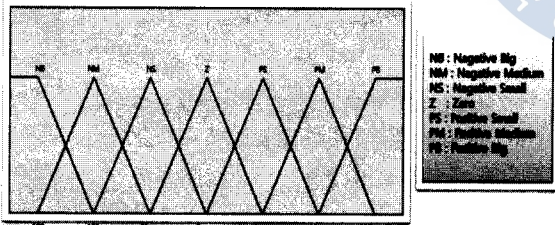


Fig. 10 The membership function to the direction error of an input variable

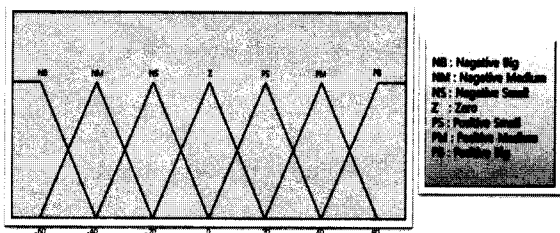


Fig. 11 The membership function to an output variable fuzzification

여기서 사용되는 경로추적 퍼지 제어기의 입력 변수인 거리오차와 방향오차, 출력변수인 제어각에 대한 구간을 다음과 같은 NB(Negative Big), NM(Negative Medium), NS(Negative Small), ZE(Zero), PS(Positive Small), PM(Positive Medium), PB(Positive Big)로 나누었다. 이와 같이 구성된 퍼지규칙에 의해서 "Mamdani"의 Max-Min 연산을 사용하는 추론 방법을 이용하였고, 비퍼지화에서는 무게중심법을 사용하였다[5].

Table 1에 경로 추적제어를 위한 퍼지 추론규칙을 나타냈다.

Table 1 The fuzzy inference rule for course pursuit control

		방 향 오 차						
		NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
거 리 오 차	NB	NB	NB	NM	NS	NM	NB	NB
	NM	NM	NM	NM	NS	NM	NM	NB
	NS	NM	NM	NS	NS	NS	NM	NM
	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z
	PS	PS	PS	PM	PB	PM	PS	PS
	PM	PS	PS	PM	PB	PM	PS	PM
	PB	PM	PM	PB	PB	PB	PM	PM

3.2 장애물 회피를 위한 퍼지 제어 시스템

청소로봇을 제어하는 과정에서 장애물이 있을 때 이를 회피하거나 정지해 로봇을 보호하는 기능을 한다. 장애물과 청소로봇 사이의 거리와 각도차이를 입력변수로 하여 장애물을 회피하기 위한 방향을 결정하기 위한 퍼지 제어 규칙을 만들었다.

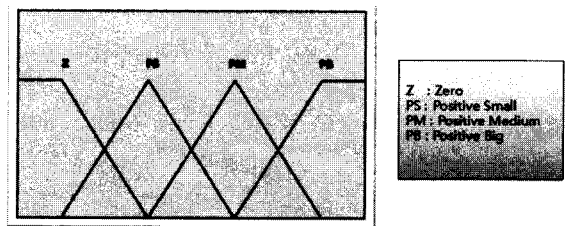


Fig. 12 An input membership function for an obstacle avoidance control system

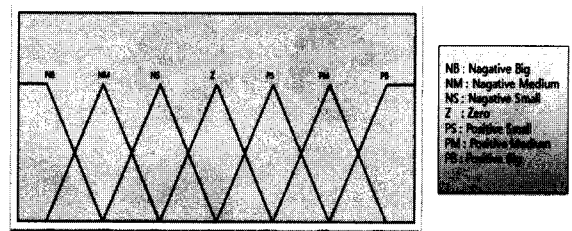


Fig. 13 The input membership function to the angle difference of an obstacle avoidance control system

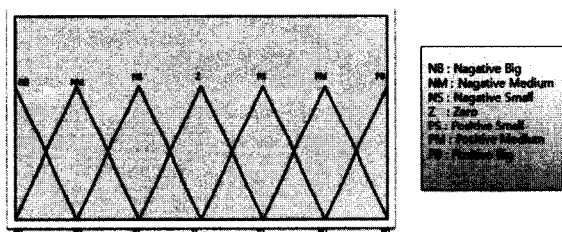


Fig. 14 The output membership function of an obstacle avoidance control system

여기서 사용되는 장애물 회피 제어기의 입력 변수인 거리오차와 방향오차, 출력변수인 제어각에 대한 구간을 다음과 같은 언어인 NB(Negative Big), NM(Negative Medium), NS(Negative Small), ZE(Zero), PS(Positive Small), PM(Positive Medium), PB(Positive Big)로 나타낸다. 이 규칙에 의한 출력의 추론법은 경로 추적 제어기와 동일하게 Mamdani의 Max-Min법을 사용하였고, 비퍼지화에서는 무게중심법을 사용하였다[5].

Table 2에 장애물 회피 제어기를 위한 퍼지 추론규칙을 나타냈다.

Table 2 Fuzzy inference rule for obstacle avoidance control

		방 향 오 차						
		NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
거 리 오 차	Z	Z	PM	NS	NB	NB	NM	Z
	PS	Z	PM	PS	NM	NB	NM	Z
	PM	Z	PS	PM	NM	NM	NS	Z
	PB	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z

4. 시뮬레이션

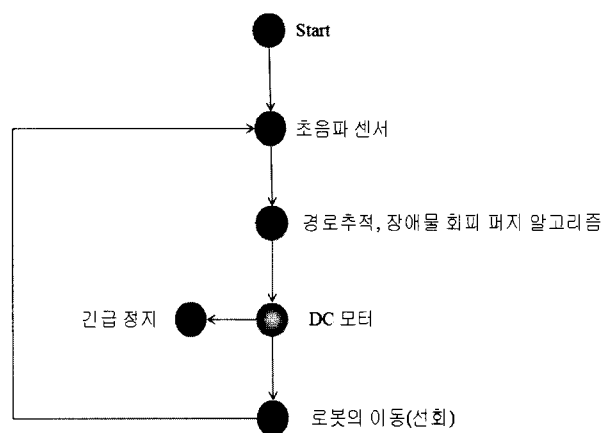


Fig. 15 Flow chart for a cleaning robot system operation

앞에서 제안한 로봇의 시뮬레이션 전체 과정과 결과를 제시한다. 청소 로봇은 초음파 센서를 이용해 효과적으로 동작하며, 경로 추적을 통해 출발지점에서 목표 지점까지 로봇 주행 중 장애물이 나타날 때 퍼지 제어를 통해 좀 더 안전하게 로봇 구동을 할 수 있다. Fig. 15에서와 같이 로봇은 경로 추적과 충돌 회피 시스템으로 구성되며, 갑자기 나타난 장애물이나 일정한 제도를 벗어 날 경우 정지하는 기능을 가지고 있다.

4.1 청소 로봇의 경로 추적

본 절에서는 앞에서 제시한 두 개의 입력 변수와 한 개의 출력변수를 고려하였고 청소 로봇의 출발지점과 목표지점, 로봇의 경로가 주어졌다. 이와 같은 경로에서 로봇을 구동할 때, 경로추적 퍼지 제어기를 이용해 경로를 추적하는 과정을 시뮬레이션 하였다.

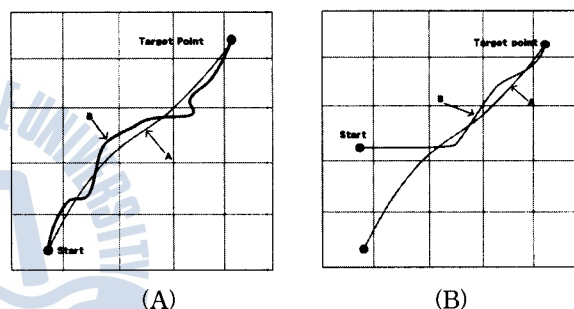


Fig. 16 (a) Cleaning robots course detect
(b) A case of starting at other points

Fig. 16(a)는 주어진 경로와 같은 출발점에서 로봇을 구동시켰을 때 시뮬레이션 결과이다. A는 기존의 주어진 경로이고, B는 로봇이 이동한 경로이다. 경로추적 퍼지 제어기를 이용하여 제어를 수행한 결과로 비슷한 경로로 안정하게 구동되는 것을 볼 수 있다. Fig. 16(b)는 다른 지점에서 출발한 로봇이 경로추적 퍼지 제어기를 이용하여 이동한 결과로 A는 기존의 주어진 경로이고, B는 로봇이 이동한 경로이다. 로봇은 출발한 지점에서 센서정보를 바탕으로 주어진 경로를 추종하게 되고, 이에 따라 비교적 최적의 경로를 선정하여 이동하는 것을 볼 수 있다.

4.2 청소 로봇의 장애물 회피

로봇이 창문을 청소 할 때 장애물이 있거나, 창틀 가까이 가는 경우 장애물로 인식하여 충돌을 피하는 동작을 취해야 한다. 청소 로봇의 장애물 회피는 초음파 센서를 기반으로 하여 퍼지 장애물 회피 알고리즘을 적용하여 실험하였다. 장애물을 배치시켜 놓은 후 청소 로봇을 구동시켜 보았다.

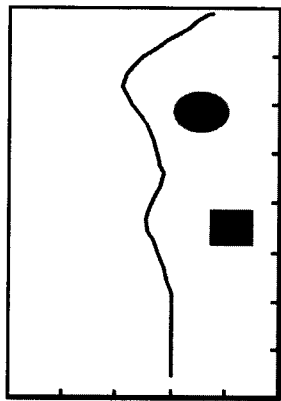


Fig. 17. An obstacle avoidance run course of cleaning robot

시뮬레이션 결과 Fig. 17에서도 알 수 있듯이 로봇은 전방에 있는 두 개의 장애물을 감지한 후 회피하는 것을 알 수 있다. 다음은 경로 추적과 장애물 회피 퍼지제어기를 합성하여 실험해보았다. 주어진 경로에 장애물을 배치시킨 후 청소로봇을 구동시켜보았다. A는 주어진 경로, B는 장애물, C는 로봇이 이동한 경로이다. Fig. 18은 시뮬레이션 결과로 경로 추적과 동시에 청소로봇이 장애물을 감지한 후 회피하는 것을 알 수 있다.

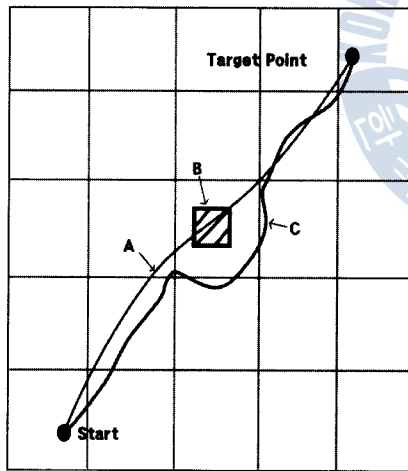


Fig. 18 Composition of course pursuit and an obstacle avoidance control machine

5. 결 론

이 논문에서는 조이스틱을 이용하여 청소로봇을 제어하고, 초음파 센서와 퍼지 알고리즘을 이용하여 청소 로봇이 창문들과 같은 장애물 충돌 방지를 위한 장애물 회피 알고리즘과 목표 지점까지 경로 이동을 계획하여 안전하게 이동할 수 있는 경로 추적 알고리즘을 개발하였다.

센서를 통하여 얻어진 거리 오차와 방향 오차는 퍼지 제어

시스템의 입력 변수로 사용되었고, 제어각은 출력 변수로 사용하여 청소 로봇 시스템 제어기의 알고리즘을 시뮬레이션 해본 결과 좋은 결과를 얻었다.

향후 연구 과제로서는 지금의 장애물 회피와 간단한 경로 추정으로 국한되어있는 창문 청소 로봇을 개선하는 연구가 필요하며, 창문 청소로봇이 구동하는 동안 발생할 수 있는 외란과 같은 상황들의 경우에도 대처하도록 연구 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김형진 (2004) 마그네틱 커플링을 이용한 창문닦기 로봇의 설계 및 제어
- [2] 송봉길 (2005) AVR ATmega16 마이크로컨트롤러, 성안당
- [3] Jung Hoon Kim, Sung In Kang, Hong Suk Ryu, Sang Bae Lee, A Study on Design and Implementation of Embedded System for Speech Recognition Process, 퍼지 및 지능시스템학회 논문지 2004, 제14권, 제 2호, pp. 201-206.
- [4] Rory A. Cooper, Daniel K. Jones, Shirley Fitzgerald, Michael L. Boninger, Steven J. Albright, "Analysis of Position and Isometric Joysticks for Powered Wheelchair Driving", IEEE Transactions on Biomedic al engineering. Vol. 47, No. 7, July 2000.
- [5] W. Bandler and L.J. Kohout, The four modes of inference in fuzzy expert systems, in : R. Trappl, ED., Cybernetics and Systems research Vol.2 (1984) (North-Holland, Amsterdam), pp.76-95

원고접수일 : 2008년 12월 15일

원고채택일 : 2009년 02월 20일