

## 소프트 컴퓨팅에 의한 지능형 주행 판단 시스템

# A Judgment System for Intelligent Movement Using Soft Computing

최우경\*, 서재용\*\*, 김성현\*\*\*, 유성욱\*, 전홍태\*

Woo-Kyung Choi\*, Seong-Hyun Kim\*\*, Jae-Yong Seo\*\*\*, Sung-Wook Yu\* and Hong-Tae Jeon\*

\*중앙대학교 전자전기공학부

\*\*한국기술교육대학교 정보기술공학부

\*\*\*동원대학 정보전자과

### 요 약

본 논문은 인간의 보조 역할을 하기 위해 자율적인 명령을 내리고 사용자가 직접 제어할 수 있는 지능형 주행 판단 시스템(Judgment System for Intelligent Movement; JSIM)에 대한 연구이다. 본 논문에서는 제어 대상은 이동 로봇으로 한정한다. 이동 로봇은 지능형 주행 판단 모듈을 휴대한 사용자에게 영상정보와 초음파 센서 정보를 제공하고 가이드 역할을 수행한다. 그리고 PDA와 센서박스로 구성된 지능형 주행 판단 시스템은 이동로봇으로부터 얻은 정보와 사용자 명령을 입력으로 사용하는 소프트 컴퓨팅 기법을 이용하여 이동로봇의 속도와 방향을 결정하고 다양한 기능을 수행하도록 로봇을 원격으로 제어한다. 본 논문에서는 몸에 착용하고 주변장치들과 통신을 하며 지능적 판단을 할 수 있는 지능형 주행 판단 시스템을 구성하고 실제 환경에서 지능적 판단 알고리즘 적용과 이동로봇을 제어하는 시스템을 구현하여 제안한 시스템의 실현 가능성을 검증한다. 지능 알고리즘은 계층적 퍼지 구조와 신경망을 융합한 구조이다.

키워드 : 지능형 주행 판단 시스템, 이동로봇, 소프트 컴퓨팅, 실제 환경

### Abstract

This research is to introduce about Judgment System for Intelligent Movement(JSIM) that can perform assistance work of human brain. JSIM can order autonomous command and also it can be directly controlled by user. This research assumes that control object is limited to Mobile Robot(MR). Mobile robot offers image and ultrasonic sensor information to user carrying JSIM and it performs guide to user. JSIM having PDA and Sensor-box controls velocity and direction of the mobile robot by soft-computing method that inputs user's command and information that is obtained to mobile robot. Also it controls mobile robot to achieve various movement. This paper introduces wearable JSIM that communicates with around devices and that can do intelligent judgment. To verify the possibility of the proposed system, in real environment, the simulation of control and application problem for mobile robot will be introduced. Intelligent algorithm in the proposed system is generated by mixed hierarchical fuzzy and neural network.

Key Words : Judgment System for Intelligent Movement(JSIM), MR(Mobile Robot), Soft-computing, Real environment

### 1. 서 론

1969년 미 국방성과 각 대학, 연구소를 ARPANet으로 연결하여 군사, 과학기술 연구용으로만 사용되던 초기 네트워크를 시작으로 20세기 말에는 인터넷과 컴퓨터의 접목으로 산업혁명의 증기기관과 같이 IT산업에 경제적 파급 효과와 컴퓨터의 활성화를 가져왔다. 이처럼 우리는 언제 어디서나 최첨단 정보화기기, 휴대용 핸드폰이나 PDA를 사용하여 인터넷에 접속하고 원하는 정보를 취하거나 좀 더 편리한 생활을 향유하려고 한다. 이에 1988년 Xerox PARC의 Mark Weiser가 처음으로 주장한 유비쿼터스(Ubiquitous) 기술과 [1] 몸에 착용이 가능한 휴대용 컴퓨터[2-4]가 오늘날 각광

받고 있으며 소형화 기술이 발달함에 따라 이러한 기술의 사용 및 활용은 매우 높아지고 있다[5-7]. 또한 새로운 삶의 방식과 더불어 앞으로 산업판도를 바꿀 기술로 산업용으로만 사용되어 왔던 로봇이 개인용 또는 가정용으로 보급되는 시대가 도래하고 있다. 대표적인 예로 이미 상용화된 청소로봇이나 한정적으로 사용되는 환자도우미 로봇이 있다. 따라서 앞으로는 휴대용 정보화기기의 발달과 더불어 가정 또는 사업현장에 원격으로 조작되거나 인간과 공존하는 지능로봇의 이용이 확산될 것이다[8-10]. 본 논문에서는 휴대성, 이동성에 적합한 휴대용 컴퓨터와 같은 지능형 주행 판단 모듈과 이동 로봇을 제어할 지능 제어 시스템을 구축하고 이동로봇의 원격제어를 구현한다[11]. 또한 여러 가지 형태의 정보를 획득하기 위해 센서박스를 지능형 주행 판단 모듈 내에 마련하고, 이동로봇은 제어에 필요한 알고리즘을 이용하여 행동을 결정한다. 행동모듈방식의 추론에는 퍼지이론과 신경망

접수일자 : 2006년 5월 15일

완료일자 : 2006년 9월 5일

알고리즘을 사용하였으며 이를 통한 지능적 제어를 실현하고자 한다[12-14]. 즉 이동 로봇을 응용하여 휠체어나 안내로봇으로 활용하고 사용자는 신체장애자나 일반인일 경우, 시스템은 사람과 분리된 시스템이 아니라 사용자의 제 2두뇌와 같은 역할을 수행하고자 한다.

## 2. 지능형 주행 판단 시스템

### 2.1 지능형 주행 판단 모듈의 구성

본 논문에서 구현된 지능형 주행 판단 모듈을 이용한 로봇 제어를 하기 위한 전체적인 시스템의 구성은 그림 1과 같다.

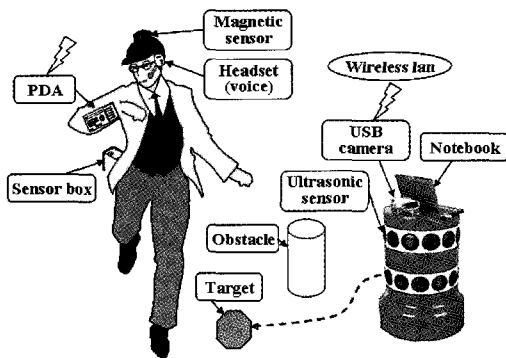


그림 1. 지능형 주행 판단 시스템의 개념도  
Fig. 1. A general idea of JSIM

시스템의 구성은 그림 2에서 보는 것처럼 크게 사용자가 명령을 내리는 제어 시스템을 중심으로 하는 지능형 주행 판단 모듈과 이동 로봇으로 구성되어 있다.

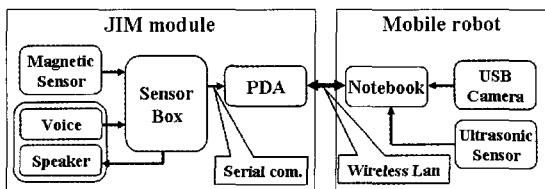


그림 2. 지능형 주행 판단 시스템 구성  
Fig. 2. System architecture of JSIM

지능형 주행 판단 모듈은 음성 인식 장치와 방향을 인식하는 자기장 센서를 이용하여 PDA의 판단 알고리즘을 통해 이동 로봇에 명령을 전달한다. 또한 이동 로봇의 초음파 센서에서 측정된 거리 데이터와 USB카메라에서 얻은 영상정보를 입력으로 판단 알고리즘 출력값을 로봇에 전달하여 이동로봇의 속도와 방향을 제어하게 된다. 그리고 이동로봇은 상황을 시각적으로 확인하기 위해 실시간으로 영상을 전송한다.

### 2.2 지능형 주행 판단 모듈의 통신방식 및 방법

지능형 주행 판단 모듈에서 센서박스과 PDA간의 통신 연결방식은 시리얼통신이고 이동 로봇과 지능형 주행 판단 모듈 사이는 주고받는 영상데이터, 센서데이터 등의 양과 전송 속도 및 사용자 편의성을 고려하여 무선랜을 사용한다.

Start	Mode Byte	Command	CRC	Stop
-------	-----------	---------	-----	------

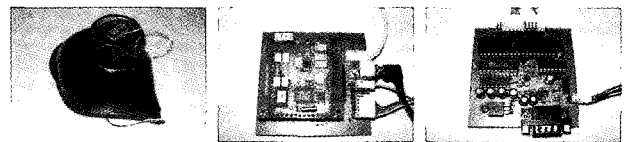
그림 3. 하드웨어 통신규약  
Fig. 3. Hardware protocol

지능형 주행 판단 모듈과 이동 로봇은 TCP/IP 프로토콜을 사용하여 명령을 송/수신 한다. 따라서 프로토콜은 센서에서모듈과 주변장치에서 들어오는 센서종류, 센서 데이터 정보 그리고 전송된 패킷의 손실 여부를 확인할 수 있는 패리티 코드를 첨가한 형태로 구성한다(그림 3).

### 2.3 지능형 주행 판단 모듈에 사용된 센서

지능형 주행 판단 모듈에는 센서의 정보를 취합하는 센서 박스가 있으며, 센서박스는 사용자 행동을 인식하는 자기장 센서, 사용자의 명령을 위한 음성 센서와 이들을 관리하는 주 제어기로 구성되어 있다.

먼저 자기장 센서모듈은 자장센서의 수평을 유지하기 위해 헬멧형태로 구성하였다(그림 4-(a)). 그리고 이 모듈에는 센서로부터 방향을 추출하고 데이터를 생성하여 전송하기 위한 마이크로프로세서가 있다. 동작은 몸을 360도 회전하여 8 방향을 스캔한 후 원하는 방향으로 머리를 회전하면 로봇의 방향이 전환된다. 음성인식은 가정 자동화나 유비쿼터스 환경에서 반드시 요구되는 명령방식이다. 사용된 음성인식 센서는 그림 4-(b)와 같다. 음성인식 모듈은 총 15개의 단어 인식이 가능하고 인식결과에 맞게 이동 로봇에게 명령한다. 주 제어기는 음성센서 모듈과 자기장 센서 모듈이 있으며 각각의 정보를 취합하여 지능형 주행 판단 모듈의 메인 모듈인 PDA에 시리얼 통신을 통해 센서정보를 전달하고 전원을 관리한다(그림 4-(c)).



(a) 자기장 센서 (b) 음성 센서 (c) 주 제어기

그림 4. 센서 박스  
Fig. 4. Sensor box

## 3. 알고리즘

### 3.1 지능형 주행 판단 시스템의 구조

지능형 주행 판단 모듈은 퍼지 이론과 신경망을 이용한 융합 구조[15,16]이다. 인간은 사물 파악 및 물체 위치인식 그리고 장애물을 회피할 때 시각을 가장 많이 사용한다. 그래서 지능형 주행 판단 모듈에서도 다른 센서 정보보다 영상정보를 중요하게 다루었다. 이 모듈에서 첫 번째 층(layer)은 영상정보와 다른 센서를 분리하여 구성하였고 두 번째 층에서는 퍼지 제어와 신경망의 출력인 이동로봇의 속력과 방향을 퍼지 제어함으로써 최종적으로 결정하였다(그림 5).

### 3.2 초음파 센서와 영상처리

초음파 센서의 구동 주파수는 50kHz이며, 15°의 지향 특성을 갖는다. 그림 6과 같이 12개의 초음파 센서를 사용하고 각 3개씩 전방, 왼쪽, 오른쪽, 뒤의 4방향으로 나누어진다.

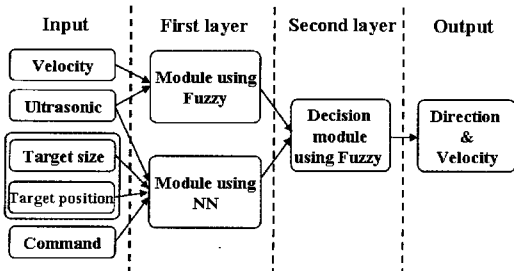


그림 5. 지능형 주행 판단 모듈의 구조  
Fig. 5. Structure of judgment module for intelligent movement

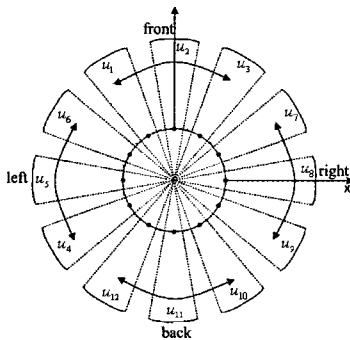


그림 6. 이동 로봇의 초음파 센서 배치  
Fig. 6. Ultrasonic configuration on mobile robot

이동 로봇에 장착된 USB카메라의 영상은 사용자(목표물)를 식별하고 이동 로봇과 목표물까지의 거리를 측정한다. 또한 영상 정보는 지능형 주행 판단 모듈(PDA)에 전송되기 때문에 사용자는 이동 로봇의 주변 환경을 알 수 있다. 지능형 주행 판단 모듈의 PDA는 알고리즘 연산과 영상처리를 동시에 처리하는데 무리가 있다. 그래서 이동 로봇의 320×240의 영상을 160×120 크기의 JPEG 방식으로 압축하여 전송받는다(그림 7).

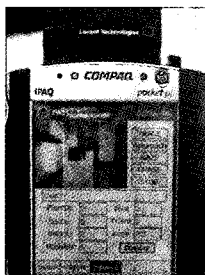


그림 7. 지능형 주행 판단 모듈의 영상처리  
Fig. 7. Image processing in module for intelligent driving judgment

이동로봇에서는 주어진 시나리오에 의해 특정한 색상을 판단하고 특정 물체를 추적하기 위해 2진 화상 처리기법을 사용하였다. 2진 화상은 농담값이 0 또는 1이므로 화상의 정보를 상세하게 나타낼 수 없지만, 적은 메모리를 사용하기 때문에 계산이 빠르다. 2진 화상의 농담값은 다음 식에 의해 구해진다(식 1).

$$F_r[i, j] = \begin{cases} 1, & \text{if } \Gamma_1 \leq F[i, j] \leq \Gamma_2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

여기서  $\Gamma_1, \Gamma_2$ 는 농담값,  $F[i, j]$ 는 원래 화상의  $i$ 행,  $j$ 열의 농담값,  $F_r[i, j]$ 는 처리한 농담값이다.

그림 8은 목표물의 영상 정보를 2진 화상 처리기법을 이용하여 얻은 결과이다.

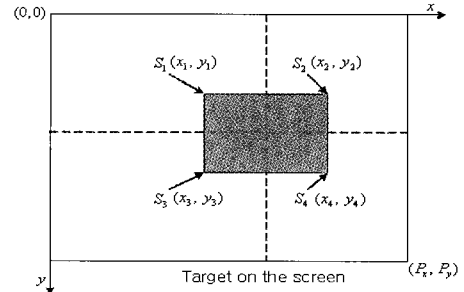


그림 8. 화면 안의 목표물 형태  
Fig. 8. The shape of target on the screen

2진 영상 처리를 통해서 임계값을 얻으면  $S_1, S_2, S_3, S_4$ 의 좌표를 알아 낼 수 있다. 화면 전체의 크기를  $P_x \times P_y$ 인 영상이라 할 때  $P_x$ 는 식 2와 같다.

$$P_x \approx \sqrt{(x_3 - x_4)^2 + (y_3 - y_4)^2} = \| \vec{S_3 S_4} \| \quad (2)$$

여기서,  $P_x$ 는  $\vec{S_3 S_4}$ 의 화소 개수이다.

물체의 크기를 미리 알고 있다면 물체와의 거리를 유추할 수 있으므로 목표물까지의 거리를 계산하는 식은 다음과 같다(식 3).

$$D_{now} = \frac{P_{now}}{P_{basis}} \cdot D_{basis} \quad (3)$$

여기서  $P_{now}$ 는 목표물의 화소 개수,  $P_{basis}$ 는 기준목표물의 화소 개수,  $D_{basis}$ 는 목표물과 카메라의 거리이다.

$m \times n$  크기의 농담값  $F_r[i, j]$ 가 주어졌을 때, 목표물의 면적은 식 4와 같다.

$$S = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_r[i, j] \quad (4)$$

물체의 중앙 위치  $(\bar{x}, \bar{y})$ 을 식 5, 6으로 구한다.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n j F_r[i, j]}{S} \quad (5)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n i F_r[i, j]}{S} \quad (6)$$

### 3.3 계층적 퍼지 제어 모듈

지능형 주행 판단 시스템의 첫 번째 층에서 이동 로봇의 속도와 방향을 결정하는 모듈은 계층적 퍼지 시스템이다(그림 9). 첫 번째 층에서는 4방향에 대한 충돌여부를, 두 번째 층에서는 첫 번째 층의 결과와 속도를 입력으로 로봇의 방향과 속도를 추론한다.

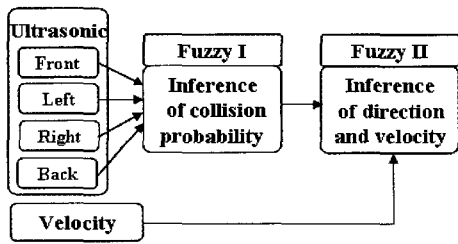


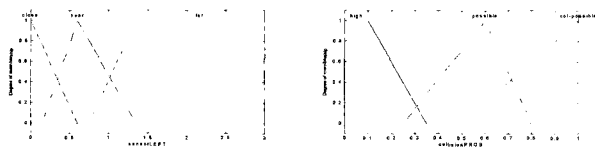
그림 9. 계층적 퍼지 제어 모듈  
Fig. 9. Hierarchical fuzzy control module

먼저 첫 번째 퍼지 추론에서는 12개의 초음파 센서를 각 3개씩 4방향으로 구분하여 장애물을 탐지한다(그림 6). 규칙은 다음과 같다(식 7).

$$\text{If } u_{i-1} \text{ is } LD \text{ and } u_i \text{ is } LD \text{ and } u_{i+1} \text{ is } LD, \quad (7) \\ \text{then } c \text{ is } LC$$

여기서  $u_i$ 는 4방향 중앙의 초음파 센서( $i = 2, 5, 8, 11$ ),  $LD$ 는 거리,  $LC$ 는 충돌여부이다[17].

그림 10은 충돌여부에 대한 멤버십 함수이다.



(a) 전건부: 각 센서의 거리 (b) 후건부: 충돌여부

그림 10. 퍼지제어 모듈의 첫 번째 층의 멤버십 함수

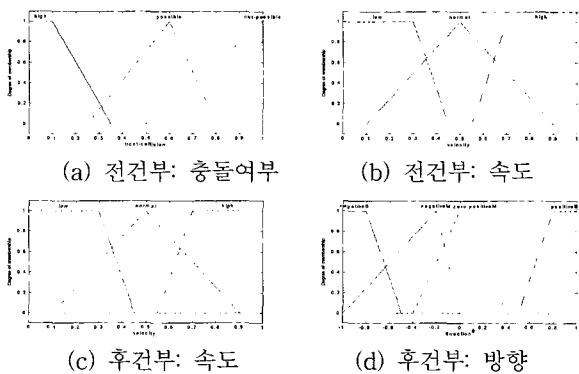
Fig. 10. Membership function of the first layer in fuzzy control module

두 번째 퍼지 추론에서는 앞에서 구한 4방향의 장애물 충돌여부와 속도를 입력으로 로봇의 속도와 방향을 구하게 된다. 규칙은 다음과 같다(식 8).

$$\text{If } c \text{ is } LC \text{ and } v \text{ is } LV, \quad (8) \\ \text{then } s \text{ is } LS \text{ and } dr \text{ is } LDR$$

여기서 전건부  $v$ 와  $s$ 는 속도,  $dr$ 는 방향이고 후건부  $LV$ ,  $LS$ 는 속도 그리고  $LDR$ 은 방향이다.

그림 11은 속도와 방향에 대한 멤버십 함수이다.



(c) 후건부: 속도 (d) 후건부: 방향

그림 11. 퍼지제어 모듈의 두 번째 층의 멤버십 함수

Fig. 11. Membership function of the second layer in fuzzy control module

퍼지 추론방법은 Mamdani의 Max-Min방법, 비퍼지화 방법은 무게 중심법을 사용하였다.

### 3.4 신경망 모듈

이 모듈은 명령이 내려졌을 때 영상정보와 초음파 정보를 기반으로 명령에 적합한 이동로봇의 방향과 속도를 출력한다. 영상정보, 초음파 센서값 그리고 사용자의 명령을 신경망의 입력으로 사용한다.

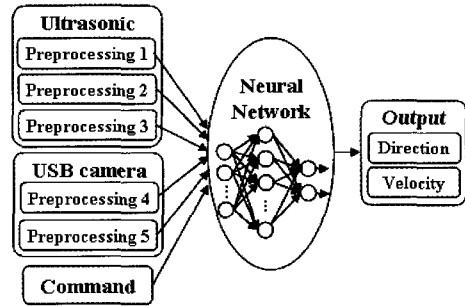


그림 12. 신경망 모듈의 세부구조  
Fig. 12. Neural networks module in detail

영상정보에 의해 목표물의 거리와 위치를 신경망의 입력으로 사용하여 패턴분류함으로써 이동로봇이 자율주행[18]을 하거나 사물인식을 통해 충돌회피 한다. 신경망 입력에는 5개의 전처리기와 1개의 명령이 입력으로 구성된다(그림 12). 전처리기 1~3은 충돌회피를 위해 초음파 센서값을 활용하고, 전처리기 4, 5는 영상 정보를 이용한다. 전처리기 1~3의 입력은 영상정보와 중복을 피하기 위해 최소한의 초음파 정보만을 이용하였다.

전처리기 1은 카메라 측면의 시야 범위를 극복하고 목표물을 추적과 충돌회피의 빠른 대처를 위해 측면 초음파 센서( $u_5, u_6, u_7, u_8$ )들 중에서 최소 거리를 측정한다. 전처리기 2는 전처리기 1의 최소값을 갖는 센서가 좌측센서인지, 우측센서인지를 구분한다. 전처리기 3은 전방 초음파 센서를 활용하여 위험 여부만 판별하며 3개의 전방 초음파 센서의 거리 측정은 식 9로 계산한다.

$$\text{Distance} = \frac{((\cos 30 \times u_4) + u_2 + (\cos 30 \times u_3))}{3} \quad (9)$$

전처리기 4는 영상 정보를 통해 대상물체와 이동로봇의 거리를 산출한다. 본 연구에서는 목표물을 A4크기의 특정한 색으로 정하고 카메라에서 얻은 정도를 통해 거리를 측정하였다. 전처리기 5는 대상물체를 찾았을 때 영상정보로부터 대상물체가 이동로봇을 기준으로 어디 부분에 있는지를 찾는다. 320×240의 영상 크기를 세로 가로 40으로 나누어 총 48개의 세부위치로 구분하였다.

명령은 대상물체가 있는 경우와 없는 경우의 2가지 형태로 구분 지을 수 있다. 명령은 총 5가지로 전진, 좌로, 우로, 접근, 따라가 이다.

### 3.5 퍼지 제어 모듈과 신경망 모듈 결합

이 모듈은 계층적 퍼지 모듈과 신경망 모듈의 출력인 속도와 방향을 다시 퍼지 제어하여 최종적인 이동 로봇의 속도와 방향을 결정한다(그림 13). 퍼지 추론에는 Mamdani방법을 사용하고, 비퍼지화 방법은 무게중심법을 사용한다.

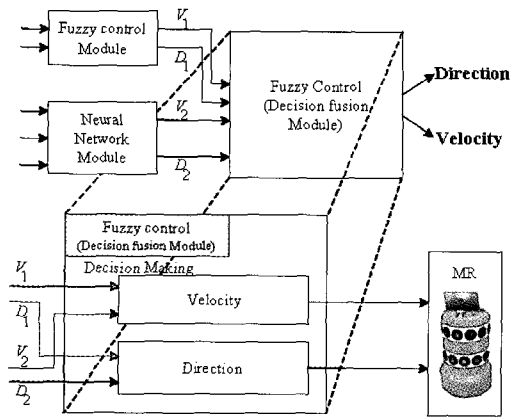


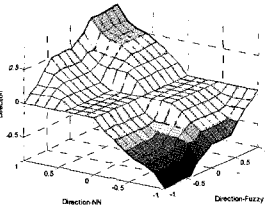
그림 13. 퍼지 제어기  
Fig. 13. Fuzzy controller

그림 14은 방향 결정 퍼지 규칙이고 그림 15 속도 결정 퍼지 규칙이다.

1	ZE	NS	NS	NB	NB
NN	ZE	ZE	ZE	NS	NS
	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE
	PS	PS	ZE	ZE	ZE
-1	PB	PB	PS	PS	ZE
					1

Fuzzy

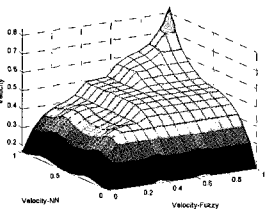
그림 14. 방향결정 규칙 베이스  
Fig. 14. Direction rules-base



1	low	normal	high
NN	low	normal	normal
0	low	low	low
			1

Fuzzy

그림 15. 속도결정 규칙 케이스  
Fig. 15. Velocity rules-case

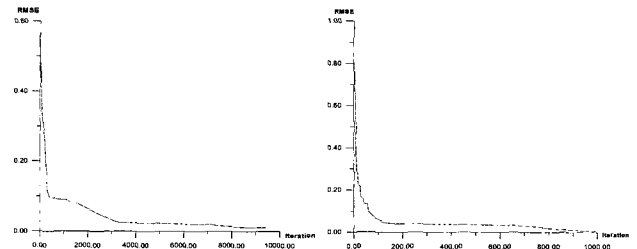


#### 4. 모의실험

##### 4.1 신경망 모듈 모의실험

신경망 모듈에서 신경망의 입력은 비트 형태이고 학습은 역전파 알고리즘을 이용한다.

모의실험 1은 입력노드 17개, 은닉층 노드 80개, 출력층 노드 6개, 학습률과 허용오차는 각 0.01로 하였다. RMSE 곡선은 그림 16-(a)와 같다. 모의실험 2는 모의실험 1의 신경망에 모멘텀과 잠음요소를 추가하여 학습하였다. 모멘텀은 학습속도를 높이기 위해서 추가하였고 잠음요소는 학습하는 동안 입력 패턴에 추가하여 역전파 학습에서 반복학습 하는 것을 막기 위한 것이다. 그리고 잠음요소는 최대 사이클과 현재 사이클을 비교하여 일정 비율로 감소하게 하였다. 그림 16-(b)에서의 RMSE의 곡선이 매우 빠르게 학습하는 것을 볼 수 있다. 여러 번의 시행착오를 통해 파라미터를 구하고 학습하였다. 모멘텀은 0.58, 잠음요소는 0.32값을 사용하였다.



(a) 모의실험 1 (b) 모의실험 2

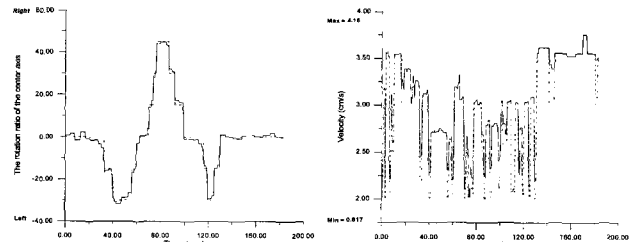
그림 16. 신경망 오차 곡선  
Fig. 16. The RMSE curves of MNN

##### 4.2 동적 환경에서 구현

지능형 주행 판단 모듈과 이동 로봇을 이용하여 동적 환경에서 구현하였다. 음성인식모듈은 화자종속으로 학습하고 음성 명령은 접근, 따라가, 전진 등과 같이 짧으면서 인식이 잘되는 단어들을 선택하였다. 자기장센서 모듈은 약간의 흔들림에도 데이터의 변화가 심하기 때문에 500번 이상 같은 데이터가 측정되었을 때 센서박스에 전달한다. 영상 데이터는 일정한 밝기에서 정확성을 유지하였다. 이동 로봇의 초음파 센서의 정확성을 측정하기 위해 약 2.4m 너비의 요철이 존재하는 복도 중앙을 일정시간 주행한 결과는 가끔씩 부정확한 데이터가 입력됨을 확인하였다. 그래서 이 데이터는 여러 가지 명령을 수행할 때 장애물과 충돌여부에만 사용된다.

구현은 시뮬레이션과 달리 로봇의 속도를 제한하고, 이동 로봇의 동작에 제한적 요소가 존재한다. 저속 주행으로 실험한 결과 사용한 로봇 시스템의 적정 조타는  $\pm 15$ 도 이다.

실험 주행시 로봇의 방향은 장애물을 회피하도록 방향을 결정하고 동작을 수행하였다(그림 17-(a)). 실제 주행 시에는 한번에 30° 또는 45°의 큰 방향변화는 없었고 15°로 나누어 방향을 전환하였다. 따라서 10~20° 사이의 출력력 때는 15°씩 변화하도록 방향변화에 대해 러프(rough)하게 처리하였다.



(a) 방향변화 (b) 속도변화

그림 17. 주행시 방향변화 속도변화

Fig. 17. Rotation and velocity ratio on driving

그림 17-(b)는 주행시 속도에 대한 실험 결과이다. 속도변화가 급격한 것은 일정한 거리를 유지하도록 변화시켜야 하기 때문이다. 실제 실험은 장애물과 일정거리를 유지하며 주행함을 알 수 있다.

방향 전환한 시점의 좌우거리를 비교하면 충돌회피와 동시에 명령을 수행함을 확인할 수 있었다. 단순히 퍼지 제어를 적용하였을 때 보다 변화하는 비율이나 정량적 특성 면에서 향상되었음을 알 수 있다. 이는 퍼지 제어기와 신경회로망을 통해 각각의 기능을 적절히 분할하여 구성한 결과이다.

## 5. 결 론

본 연구는 기존의 이동로봇 제어처럼 최적의 자율주행이 주목적은 아니다. 급속한 컴퓨터 발달로 몸에 휴대하고 주변 장치들과 통신을 하며 지능적 판단을 할 수 있는 모듈을 고려하여 모듈구성과 지능판단 알고리즘 적용을 위한 연구이다. 지능형 판단 주행 시스템은 이벤트가 발생할 때마다 인간이 직접 명령을 내리는 대신 센서들의 융합으로 지능형 동작 모듈 알고리즘에 의해 제어하도록 하였다. 그리고 모듈의 지능 알고리즘은 퍼지 제어기와 신경망 모듈을 이용하여 각각의 기능을 적절히 분할함으로써 변화하는 비율이나 정량적인 특성에서 단순히 퍼지 제어기보다 향상되었음을 알 수 있었다. 이처럼 인간 보조두뇌 장치로서 지능형 주행 판단 모듈이라는 장치를 구성하고 실제 환경에서 성공적인 지능 주행이 수행됨을 확인하였다.

본 논문에서는 제어 대상을 현대의 이동로봇으로 한정하였고 단순한 센서만을 사용하였다. 또한 음성명령만을 사용하여 제어하였다. 향후에는 다수의 이동로봇을 이용하여 다양한 형태의 응용이 연구되어야 하고 판단의 정확성을 위해 초음파 센서, USB 카메라뿐만 아니라 다양한 센서들을 추가하여 정확한 환경인식을 위한 지능 알고리즘이 필요하다. 영상처리에 대한 새로운 방법 모색과 다양한 명령 방법을 추가하면 지능형 주행 판단 모듈 기능을 향상시킬 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] <http://www-sul.stanford.edu/weiser>
- [2] Tekla S.Perry, "The PC goes ready-to-wear," IEEE SPECTRUM, pp. 34-39, October 2000.
- [3] Thad E. Starner, "Wearable Computers: No Longer Science Fiction," IEEE PERSASIVE computing, pp. 86-88, January 2002.
- [4] Asim Smailagic, Daniel Siewiorek, "Application Design for Wearable and Context-Aware Computers," IEEE PERSASIVE computing, pp. 20-29, October 2002.
- [5] <http://www.media.mit.edu/wearables>
- [6] <http://www.wearable.ethz.ch/>
- [7] <http://www.wearablegroup.org/>
- [8] K. Taylor, B. Dalton, "Internet Robots: A New Robotics Niche," IEEE Robotics & Automation Magazine, Vol. 7, March 2000.
- [9] H. Martinez Barbera, M. A. Zamora Izquierdo, A. F. Gomez Skarmeta, "Web-based Supervisory Control of Mobile Robots," IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, 2001.
- [10] S. Maeyama, S. Yuta, A. Harada, "Experiments on a remote appreciation robot in an art museum," Intelligent Robots and Systems, 2000. (IROS 2000). Proceedings, 2000 IEEE/RSJ International Conference on, Vol. 2, pp. 1008-1013, 2000.
- [11] Bradley J. Rhodes, Nelson Minar and Josh Weaver, "Wearable Computing Meets Ubiquitous

Computing: Reaping the best of both worlds," IEEE Proceedings of the 22th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops, 2002.

- [12] 변증남, Fuzzy Logic Control, 홍릉과학출판사, 1997.
- [13] George J. Klir, Bo Yuan, Fuzzy Sets and Fuzzy Logic, Perntice Hall Inc, 1995.
- [14] Raul Rojas, Neural Networks: A Systematic Introduction
- [15] Li-Xin Wang, "Analysis and Design of Hierarchical Fuzzy systems," IEEE Transactions on fuzzy systems. Vol. 7, No. 5, October 1999.
- [16] Fu-Lai Chung, Ji-Cheng Duan, "On Multistage Fuzzy Neural Network Modeling," IEEE Transactions on fuzzy systems. Vol. 8, No. 2, April 2000.
- [17] Nikos C, Tsourveloudis, Kimon P. Valavanis, Timothy Hebert, "Autonomous Vehicle Navigation Utilizing Electrostatic Potential Fields and Fuzzy Logic," IEEE Transactions on robotics and automation. Vol. 17, No. 4, August 2001.
- [18] Dean A. Pomerleau, Neural Network Perception for Mobile Robot Guidance, Kluwer Academic Publishers, 1993.

## 저 자 소 개



### 최우경 (Woo-Kyung Choi)

2000년 : 전남대학교 공학사

2004년 : 중앙대학교 전자전기공학부

공학석사

2004년 ~ 현재 : 동 대학원 박사과정

관심분야 : 소프트웨어 컴퓨팅, 웨어러블 컴퓨팅, 모바일 로봇, 지능시스템

Phone : 02-820-5297

Fax : 02-817-5508

E-mail : chwk001@wm.cau.ac.kr

### 서재용 (Jae-Yong Seo)

제 14권 제 6호 참조

### 김성현 (Seong-Hyun Kim)

현재 동원대학 정보전자과 교수

### 유성욱 (Sung-Wook Yu)

현재 중앙대학교 전자전기공학부 조교수

### 전홍태 (Hong-Tae Jeon)

제 16권 제 4호 참조