

퍼지제어에 의한 전동 휠 체어의 경로속도 보정에 관한 연구

이 창훈, 이 동훈, 양 세준, 홍 승홍
인하대학교 전자공학과

A Study on Phase Velocity Correction of Motorized Wheelchair Based on Fuzzy Control

C.H.Lee, D.H. Lee, S.J.Yang, S.H.Hong
Department of Electronic Eng., Inha Univ.

ABSTRACT

In this study, Fuzzy control algorithm to generate a change of locomotion condition according to an outer environment is introduced on a motorized wheelchair control. An optimal control rules for conquering the less of safety and system inefficiency in the past are given to this motorized wheelchair. And dynamic analysis is also adopted to it.

Using those rules, a proportional control was possible when the vehicle changed its moving direction. The proposed method which considers the relationship between a moving velocity and the command from the joystick shows better performance in the change of moving direction.

I. 서론

현재 이동로봇 분야는 크게 산업용, 의료용 그리고 가정용으로 구분할 수 있으며, 이중 재활공학의 한 분야로 장애자의 자립이동을 목적으로한 전동휠체어를 중심으로 활발한 연구가 진행되어지고 있지만 실용화되어 있는 로봇의 경우 주어진 정보 혹은 명령에 따라 단순 반복동작을 하는 등으로 환경변화에 적응할 수 없는 문제점들을 가지고 있다.

이러한 문제점들을 보완하기 위해 이동로봇에 인공지능을 부여하는 연구가 진행되어 위험한 비상상태의 발생시 또는 현재의 위치에서 목적하는 위치로의 이동명령 발생시 스스로 주행상태를 인식하여 새로운 주행경로를 결정하는등의 작업에 적용되어지기 시작했다.

이와같은 과정에서 요구되어지는 지능작업을 행하기 위해서는 주행상의 경로를 추정하는 문제가 우선되어지게되고 경로속도의 보정에 관한 알고리즘의 제시가 필요하게된다. 따라서 본 연구에서는 기존의 로봇 팔동에 적용하였던 경로 추정 알고리즘을 장애자용 전동 휠 체어의 현재 위치로부터 목적하는 위치로의 이동시 현재 전동 휠 체어가 초기속도를 가지고 있을때 전동 휠 체어의 위치를 추정하여 경로를 수정하는 알고리즘을 제시하였다.

II. 본론

1. 퍼지 이론

퍼지 이론은 현상의 불확실한 상태를 그대로 표현해주는 방법으로서 1965년 미국 버클리 대학의 자데(Lofti A. Zadeh)교수에 의해서 처음 소개되었다. [7]

퍼지 이론의 기본이 되는 퍼지 집합은 어느 원소 x 가 보통 집합 A 에 소속되면 소속 함수 $\mu_A(x) = 1$, 소속되지 않으면 $\mu_A(x) = 0$ 이 된다는 개념에서 소속 함수의 값이 1과 0뿐만 아니라, 1과 0사이의 임의의 값을 가질수 있도록 하는 집합을 말한다. 원소 x 가 퍼지 집합 A 에 소속될수 있는 가능성을 $\mu_A(x)$ 로 표시하고 이 가능성은 0과 1사이의 값이 된다. 결국 보통 집합에 비하여 퍼지 집합은 집합의 경계가 애매한 집합이라고 생각할 수 있다.

2. 추론 방법

퍼지 제어에서 언어적인 형태로 기술된 퍼지 제어규칙을 적용하기 위해서는 논리적인 실행과정이 필요하다. 즉 주어진 규칙과 사실의 모임으로부터 논리적으로 타당한 새로운 사실을 얻어내는 과정을 추론이라 한다. 이는 퍼지추론 과정이며 퍼지논리와 조사 추론개념이 바탕이된다. 퍼지추론을 하는데는 그 추론 규칙이 필요하다. 이 규칙은 IF-THEN 형식으로 표현되고, 일반적으로 전건부및 후건부를 퍼지명제형으로 표현한다. 이와같은 추론규칙을 '퍼지 IF-THEN 규칙'이라고 칭한다. 추론 프로세서는 다음의 3단계로 나눌 수 있다. [9]

- 1) 주어진 입력에 대한 각 규칙의 전건부 적합도를 구한다.
 - 2) 1)에서 구한 적합도를 기초로 각 규칙의 추론 결과를 구한다.
 - 3) 각 규칙의 추론 결과에서 최종적인 추론 결과를 구한다.
- 다음과 같은 2개의 규칙이었던 2입력 1출력의 경우를 생각해 보자.

규칙 1 : If x is A_1 and y_1 is B_1 Then z is C_1

규칙 2 : If x is A_2 and y_2 is B_2 Then z is C_2

여기에서 $A_1, B_1, A_2, B_2, C_1, C_2$ 는 퍼지집합이다. $A_1 \cdot A_2 \cdot C \cdot X, B_1 \cdot B_2 \cdot C \cdot Y, C_1 \cdot C_2 \cdot C \cdot Z$ 이다. 지금 2개의 입력이 확정치 X_0, Y_0 라고 한다면, 이들의 입력에 대한 각 규칙의 적합도는 전건부의 2개 명제를 and로 연결하므로 다음과 같이 된다.

규칙1의 적합도 $w_1 = \mu_{A1}(x_0) \wedge \mu_{B1}(y_0)$

규칙2의 적합도 $w_2 = \mu_{A2}(x_0) \wedge \mu_{B2}(y_0)$

여기에서 $\mu_{A1}(x_0), \mu_{A2}(x_0)$ 는 각각 A_1, A_2 의 x_0 에서 그레이드이다. 마찬가지로 $\mu_{B1}(y_0), \mu_{B2}(y_0)$ 는 각각 B_1, B_2 의 Y_0 에서 그레이드이다. 다음에 이들의 적합도를 후건부의 퍼지 집합에 반영시켜 개개 규칙의 추론결과를 구한다.

규칙1의 추론결과

$$\mu_{c1}'(z) = w_1 \wedge \mu_{c1}(z), \quad \forall z \in Z$$

규칙2의 추론결과

$$\mu_{c2}'(z) = w_2 \wedge \mu_{c2}(z), \quad \forall z \in Z$$

이러한개개 규칙의 추론결과를 모아 다음과 같은 최종적인 추론결과를 얻는다.

최종적인 추론결과

$$\mu_{c'}(z) = \mu_{c1}'(z) \vee \mu_{c2}'(z) \quad \forall z \in Z$$

각 규칙의 추론결과를 모으는 방법으로 위와식과 같이 \vee 연산하는 방법과 \wedge 연산하는 방법이 있지만 이것은 각 규칙의 추론결과를 어떻게 구하는가. 즉 함의를 어떻게 해석하는가에 따라 다르다. 프로세스 제어와 같은 출력으로 확정치가 필요한 경우는 최종적인 추론결과와 퍼지집합 C의 중심과 그레이드 최대치를 사용하여 그 값을 최대치로 하는 경우가 많다.

중심의 경우 $I_0 = \int \mu c'(z) \cdot z \cdot dz / \int \mu c'(z) \cdot dz$
 최대치의 경우 $Z_0 = \max_z \mu c'(z)$

2-1. Max - Min 추론방법

각 출력에 대한 멤버십 함수의 최종출력은 응답하는 전건부에 대한 멤버십정도에 따라 조절한후 후건부에 할당되는 퍼지집합의 결합이 된다.

2-2. Max - Dot 추론 방법

Max-Dot 또는 Max-Product 추론방법은 전건부에 응답하는 멤버십 정도의 피크치(peak)에 대하여 멤버십 정도를 조절한후 후건부에 할당되는 퍼지 집합의 결합이 된다.

3. 비퍼지화(Defuzzification)

퍼지 제어의 퍼지 추론 결과는 제어입력 전체 집합에 정의된 퍼지 집합으로 출력된다. 제어에서는 퍼지 집합을 플랜트의 조작량으로서 출력하면 플랜트를 움직이게 할 수 없다. 따라서 출력부 전체 집합에서 정의된 퍼지 제어조작량을 명확한 비퍼지제어 조작량으로 변환시켜주는 작업을 해야한다. 이와같은 작업을 비퍼지화 또는 일정화라고 한다. 이 과정을 식으로 표현하면 다음과 같이 된다. [7]

$\mu_0 = \text{defuzzifier}(\mu)$

μ : 퍼지추론의 추론결과

μ_0 : 제어입력이되는 비퍼지값

4. INMEL-VI의주행 알고리즘

이미 본 연구실에서 개발하여 발표된 바 있는 INMEL-VI는 주행중 수동모드에서 전동모드로 전환할 경우 장애자를 위한 보조기기에서 우선되어야하는 안전성의 확보와 기동성을 위하여 주행모드에서는 저속과 고속, 평지와 비탈길에 따른 정상주행과 비상주행으로 구분하고 정지모드에서는 전진후 정지와 후진후 정지모드로 구분되어져 제어되고 있다. 이의 주행 알고리즘을 살펴보면 그림 1.과 같다. [1][2][3][4][15]

5. 퍼지 제어에 의한 주행 알고리즘

(1) 제어 규칙

본 논문에 적용한 퍼지제어 알고리즘은 전동 휠 체어에 부착되어 있는 좌우측의 모터로부터 들어오는 엔코더의 신호와 조이스틱에 의한 다음 위치로의 이동시 조이스틱에

의한 방향벡터를 J_x 와 현재의 진행 방향과의 각을 WA 로 정

하고 있다. 따라서 속도(velocity)의 개념은 속력(speed)과 각도(angle)로 이루어 진다. 이를 도시하면 그림 2.과 같다. 다음 제어간격 동안의 전동 휠 체어의 속도는 다음의 경험적 규칙에 의해 계산되어 진다. 이의 경험적 규칙을 살펴보면 다음과 같다.

- 경험 1 : 전동 휠 체어의 속도가 느리면 각도 보정은 커야 한다.
- 경험 2 : 전동 휠 체어의 속도가 빠르면 각도 보정은 작아야 한다.
- 경험 3 : 조이스틱의 입력이 크면 전동 휠 체어의 속도는 감소되어야 한다.
- 경험 4 : 조이스틱의 입력이 작으면 전동 휠 체어의 속도는 증가되어야 한다.
- 경험 5 : 각도 보정과 속도는 제한값을 가져야 한다.

위의 5가지 경험규칙에 의하여 이는 IF(전건부) THEN(후건부)의 제어규칙을 형성하게된다. 전건부는 휠 체어의 엔

코더로부터 들어오는 입력신호와 조이스틱으로부터 정해지는 방향벡터에 의하여 이루어지고, 후건부는 속도 보정과 각도 보정의 두개의 퍼지집합으로 이루어진다. 퍼지집합은 퍼지 멤버십 함수에 의해 정의되어지는 소속정도의 값으로 표현되어 진다. 이의 제어규칙을 살펴보면 다음과 같다.

- 제어규칙 1 : 속도가 느리고 각도가 매우 작다면, 속도 보정은 ZO, 각도 보정은 NM로 한다.
- 제어규칙 2 : 속도가 느리고 각도가 작다면, 속도 보정은 PS, 각도 보정은 NS로 한다.
- 제어규칙 3 : 속도가 느리고 각도가 0° 이면, 속도 보정은 PS, 각도 보정은 ZO로 한다.
- 제어규칙 4 : 속도가 느리고 각도가 약간 크다면, 속도 보정은 PS, 각도 보정은 PS로 한다.
- 제어규칙 5 : 속도가 느리고 각도가 매우 크다면, 속도 보정은 ZO, 각도 보정은 PM로 한다.
- 제어규칙 6 : 속도가 정상속도이고 각도가 매우 작다면, 속도 보정은 NS, 각도 보정은 NM로 한다.
- 제어규칙 7 : 속도가 정상속도이고 각도가 작다면, 속도 보정은 ZO, 각도 보정은 NS로 한다.
- 제어규칙 8 : 속도가 정상속도이고 각도가 0° 이면, 속도 보정은 PS, 각도 보정은 ZO로 한다.
- 제어규칙 9 : 속도가 정상속도이고 각도가 크면, 속도 보정은 ZO, 각도 보정은 PS로 한다.
- 제어규칙 10 : 속도가 정상속도이고 각도가 매우 크면, 속도 보정은 NS, 각도 보정은 PM로 한다.
- 제어규칙 11 : 속도가 최대속도이고 각도가 매우 작다면, 속도 보정은 NS, 각도 보정은 NM로 한다.
- 제어규칙 12 : 속도가 최대속도이고 각도가 약간 크다면, 속도 보정은 NS, 각도 보정은 NS로 한다.
- 제어규칙 13 : 속도가 최대속도이고 각도가 0° 이면, 속도 보정은 ZO, 각도 보정은 ZO로 한다.
- 제어규칙 14 : 속도가 최대속도이고 각도가 약간 크면, 속도 보정은 NS, 각도 보정은 PS로 한다.
- 제어규칙 15 : 속도가 최대속도이고 각도가 매우 크면, 속도 보정은 NS, 각도 보정은 PM로 한다.

위의 제어규칙을 속도의 보정과 각도의 보정에따른 결정표로 나타내면 다음과 같다.

표 1. 속도 보정을 위한 결정표

표 2. 각도 보정을 위한 결정표

제어규칙에 따른 퍼지 단어의 의미는 다음과 같다. 속도에서의 퍼지단어의 의미

NS : negative small	: 0.0 -- 1.0 m/sec
ZO : approximately zero	: 0.5 -- 1.5 m/sec
PS : positive small	: 1.0 -- 2.0 m/sec

각도에서의 퍼지단어의 의미

NM : negative medium	: -90 -- 20°
NS : negative small	: -30 -- 0°
ZO : approximately small	: -10 -- 10°
PS : positive small	: 0 -- 30°
PM : positive medium	: 20 -- 90°

입력변수로 사용한 전동 휠 체어의 속도와 조이스틱 입력값의 멤버십 함수는 2개로 구성되어져 있다. 이를 도시화 하면 다음과 같다.

그림 3. A) 입력 속도 멤버십 함수
 그림 3. B) 입력 각도 멤버십 함수

본 논문에서 사용한 속도 보정과 각도 보정을 위한 멤버십 함수는 다음과 같다.

그림 4. A) 속도 보정 멤버십 함수
 그림 4. B) 각도 보정 멤버십 함수

2) 제어방법

속도 보정과 각도 보정은 무게 중심법(center of area method)을 사용하였다. 파라미터 \$V\$와 \$\theta\$는 속도와 각도에 대한 입력변수로 속도가 NS 일때 IF (전건부)에서 퍼지집합의 퍼지 멤버십 함수를 \$\mu_{VA}(V)\$로 표시하고 각도가 \$0^\circ\$ 일때 IF (전건부)에서 퍼지집합의 퍼지 멤버십 함수는 \$\mu_{\theta A}\$로 표시되어지는 형태를 그림 3. (A)와 (B)에서 보이고 있다.

또한 속도와 조이스틱의 각도에 대한 관찰값을 \$V=V_0, \theta=\theta_0\$로 할때 IF (전건부)에서의 계산값 \$\omega\$는 다음의 식에 따라 구해진다.

$$\omega = \mu_{VA}(V_0) \times \mu_{\theta A}(\theta_0)$$

다음에서 \$\delta V\$와 \$\delta \theta\$를 각각 속도 보정과 각도 보정에 관한 변수로 선언하고 THEN (후건부)의 형태에 따라 속도 보정과 앵글 보정을 위한 값은 앞에서 구해진 \$\omega\$값과 관계에 의하여 다음으로 구해질 수 있다.

$$\mu_{\delta V}(\delta V) = \omega \times \mu_{\delta VA}(\delta V)$$

$$\mu_{\delta \theta}(\delta \theta) = \omega \times \mu_{\delta \theta A}(\delta \theta)$$

위의 방법들을 적용하여 각각의 제어규칙에 따른 속도 보정값과 각도 보정값들을 구하게 된다. 즉,

$$\mu_{\delta V}(\delta V) = \sum_{i=1}^{15} \mu_{\delta V i}(\delta V)$$

$$\mu_{\delta \theta}(\delta \theta) = \sum_{i=1}^{15} \mu_{\delta \theta i}(\delta \theta)$$

구해진 값들에 대하여 제어량을 구하기위해 무게 중심법을 사용하면 다음과 같다.

$$\delta V_0 = \frac{\int \delta V \times \mu_{\delta V}(\delta V) d(\delta V)}{\int \mu_{\delta V}(\delta V) d(\delta V)}$$

$$\delta \theta_0 = \frac{\int \delta \theta \times \mu_{\delta \theta}(\delta \theta) d(\delta \theta)}{\int \mu_{\delta \theta}(\delta \theta) d(\delta \theta)}$$

최종적으로 구해진 \$\delta V_0\$와 \$\delta \theta_0\$가 속도 보정과 각도 보정을 위한 제어값이 된다.

3) 소프트웨어 처리

전동 휠 제어의 주행시 입력변수에 대한 퍼지규칙을 구하고 이에 따른 비퍼지화 과정과 이를 궤환시키는 과정을 흐름도상에서 표시하면 그림 5., 그림 6., 그림 7.에서와 같은 과정을 경유하여 처리되어진다.

그림 7.의 비퍼지화 과정에서 DELTA VEL_SUM과 DELTA AGL_SUM은 각각 해당규칙의 멤버십 함수의 정도에 따른 \$\mu_{\delta V}(\delta V)\$와 \$\mu_{\delta \theta}(\delta \theta)\$에 해당 되어지며 _VEL_SUM과 _VEL_AGL은 그때의 평균값으로 DEFF_VEL과 DEFF_AGL은 제어입력 값인 \$\delta V_0\$와 \$\delta \theta_0\$로 규정되어진다.

III. 실험 및 고찰

1. 전동 휠 제어의 시스템 역학

전동 휠 제어의 시스템 역학은 일반 이동 로봇에서와 마찬가지로의 이산형선형시변방정식으로 표현한다. INMEL-VI는 두개의 후륜구동형 wheel과 2개의 캐스터로 이루어진 일반 형태를 하고 있다. 따라서 좌측구동륜에서의 속도를 \$V_L\$, 우측구동륜에서의 속도를 \$V_R\$이라고 하고 두휠사이의 폭을 \$B\$라고 하면 이의 평균속도 \$V_a\$와 경로상의 곡률 \$\rho\$는 다음과 같이 나타낼 수 있다. 즉

$$V_a = \frac{V_L + V_R}{2}$$

$$\rho = \frac{B(V_L - V_R)}{2(V_L + V_R)}$$

위에서와 같은 일반적인 파라미터를 구하고 이를 2차원 공간으로 확대하여 적용경로를 구하기위한 목적으로 벡터표현에 의한 주행상의 위치를 해석한다. '1','2','3','4'

2. 전동 휠 제어의 경로해석

전동 휠 제어의 경로 보정에 적용한 퍼지제어 알고리즘에서 요구되어지는 파라미터들을 구하고 이를 해석하였다. 현재의 전동 휠 제어의 위치벡터를 \$\vec{x}\$, 현재의 속도를 \$\vec{v}\$, 조이스틱의 방향벡터를 \$\vec{J}\$, 목적위치와 진행방향에 의한 각을 \$\theta\$, 제어간격시간을 \$t\$로하면 속도 보정값 \$\delta v_0\$와 각도 보정값 \$\delta \theta_0\$일때 다음 제어시간후의 \$\vec{v}'\$와 \$\vec{x}'\$는 다음과같이 적용되어진다.

$$\|\vec{v}'\| = \|\vec{v}\| + \delta v_0 \tag{1}$$

식 (1)에 \$K\$를 도입하여 표시하면

$$\|\vec{v}'\| = K \|\vec{v}\| \tag{2}$$

$$\vec{v}' = \vec{v} + L \vec{J} \tag{3}$$

$$\vec{v}' \cdot \vec{J} = \|\vec{v}'\| \times \|\vec{J}\| \cos(\theta - \delta \theta_0) \tag{4}$$

식 (3)을 식 (4)에 적용하면

$$(\vec{v} + L \vec{J}) \cdot \vec{J} = \|\vec{v} + L \vec{J}\| \|\vec{J}\| \cos(\theta - \delta \theta_0) \tag{5}$$

$$\|\vec{v}\| \cos(\theta) + L \|\vec{J}\| = \|\vec{v} + L \vec{J}\| \cos(\theta - \delta \theta_0) \tag{6}$$

식 (6)의 양변을 제곱하여 전개하면

$$2 \|\vec{v}\|^2 \cos^2(\theta) + 4 \|\vec{v}\| \|\vec{J}\| \cos \theta L + 2L^2 \|\vec{J}\|^2 = \|\vec{v}\|^2 + 2 \|\vec{v}\| \|\vec{J}\| \cos \theta L + \|\vec{J}\|^2 \cos^2(\theta - \delta \theta_0) + 2 \|\vec{v}\| \|\vec{J}\| \cos \theta \cos^2(\theta - \delta \theta_0) \tag{7}$$

식 (7)에 (8), (9)식에 따른 삼각함수의 변환공식을 적용하고 \$L\$에 관한 2차식으로 정리하면 식 (10)과 같이된다.

$$\|\vec{L}\vec{J}\|^2 \cos^2(\theta - \delta \theta_0) = \|\vec{L}\vec{J}\|^2 (1 - 2\sin^2(\theta - \delta \theta_0))$$

$$= \|\vec{L}\vec{J}\|^2 - 2 \|\vec{L}\vec{J}\|^2 \sin^2(\theta - \delta \theta_0) \tag{8}$$

$$\|\vec{v}\| \|\vec{L}\vec{J}\| \cos \theta \cos^2(\theta - \delta \theta_0)$$

$$= 2 \|\vec{v}\| \|\vec{L}\vec{J}\| \cos \theta (1 - 2\sin^2(\theta - \delta \theta_0))$$

$$= 2 \|\vec{v}\| \|\vec{L}\vec{J}\| \cos \theta - 4 \|\vec{v}\| \|\vec{L}\vec{J}\| \cos \theta \sin^2(\theta - \delta \theta_0) \tag{9}$$

$$\|\vec{J}\|^2 \sin^2(\theta - \delta \theta_0) L^2 + 2 \|\vec{v}\| \|\vec{J}\| \cos \theta \sin^2(\theta - \delta \theta_0) L + \|\vec{v}\|^2 (\cos^2 \theta - \cos^2(\theta - \delta \theta_0)) = 0 \tag{10}$$

이를 \$L\$에 관하여 해를 구하면

$$L = \frac{\|\vec{v}\| \sin \delta \theta_0}{\|\vec{J}\| \sin(\theta - \delta \theta_0)} \quad (0 \leq \delta \theta_0 \leq \theta)$$

$$= \frac{\|\vec{v}\| \sin(\theta - \delta \theta_0)}{\|\vec{J}\| \sin(\delta \theta_0 - 2\theta)} \quad (\theta \leq \delta \theta_0) \tag{11}$$

가된다. 실제 시스템은 (11)식과 같은 형태를 가지므로

$$K = \frac{\|\vec{v}\| + \delta v_0}{\|\vec{v} + L \vec{J}\|} \tag{12}$$

와 같이 표현된다.

이제 제어후의 전동 휠 제어의 다음 위치를 해석하면

$$\vec{x}' = \vec{x} + \vec{v}' t$$

$$= \vec{x} + K (\vec{v} + L \vec{J}) t \tag{13}$$

같이 나타낼 수 있다.

3. 실험 결과

앞서 제시한 퍼지 제어 알고리즘에 의한 제어의 결과와 추론과정에 따른 제어의 진행상태를 나타내면 다음의 그림들에서와 같다.

그림 8.에서는 속도와 각도입력에 따른 $\delta v, \delta\theta$ 의 추출과정을 나타내고, 그림 9.에서는 그에 따른 해당 결정표의 전동휠 제어의 궤적의 형태를 보이고 있다. 또한 속도 고정에 따른 $\delta v, \delta\theta$ 의 변화, 각도 고정시의 $\delta v, \delta\theta$ 의 변화를 각각 그림 10. 그림 11.에 나타내었다.

V. 결론

전동 휠 제어에서는 일반 로봇트와는 다른 순간 순간의 주행을 위한 조정명령을 잘추종하는 것이 바람직하다. 즉 방향변화 명령에 따른 최대속도를 추종해야 한다. 또한 이때의 방향변화시 무리한 조정이 되지않아야 안정도를 고려한 제어가되어야 한다. 따라서 앞의 실험에의한 시뮬레이션 결과로 고찰할때 어느기준 이상에서의 속도 가속과, 속도의 상태와 조이스틱의 방향전환 명령과의 퍼지 관계에의한 제어가 효율적인 제어가 될 수 있음을 보이고 있다.

본 연구에 적용한 퍼지 제어알고리즘은 조정자의 조작명령에 따른 비례적 속도 변환 부분과, 조정자의 조작 꺾수의 감소를 기대할 수 있으며 최적의 제어를 위한 제어 알고리즘의 수정, 변환시 그에 따른 결과를 용이하게 얻을 수 있도록 본 연구실에서 개발된 시뮬레이터를 통하여 시뮬레이션을 가능토록 하고 있다.

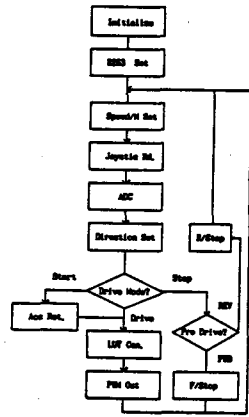
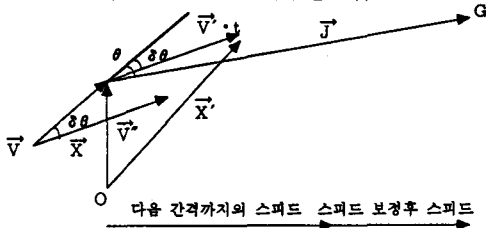


그림 1. INMEL-VI의 제어 알고리즘



- \vec{X} : 현재의 위치 벡터
- \vec{V} : 현재의 속도
- \vec{J} : 조이스틱의 방향 벡터
- θ : WA
- t : 제어 간격 시간
- $\delta\theta$: 각 보정
- \vec{V} : 다음 간격까지의 속도
- \vec{X} : 다음 위치까지의 위치 벡터
- O : original position
- G : goal position

그림 2. 이동 위치 해석

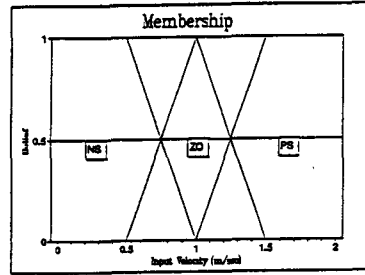


그림 3. A) 입력 속도 멤버십 함수

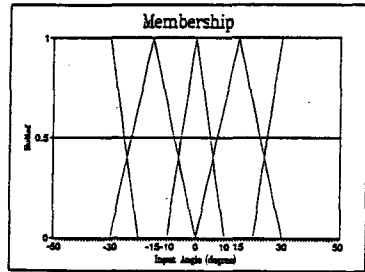


그림 3. B) 입력 각도 멤버십 함수

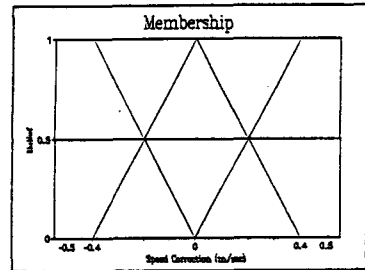


그림 4. A) 속도 보정 멤버십 함수

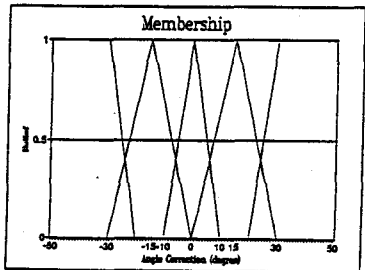


그림 4. B) 각도 보정 멤버십 함수

표 1. 속도 보정을 위한 결정표

VEL\AGL	NM	NS	ZO	PS	PM
NS	ZO	PS	PS	PS	ZO
ZO	NS	ZO	PS	ZO	NS
PS	NS	NS	ZO	NS	NS

표 2. 각도 보정을 위한 결정표

VEL\AGL	NM	NS	ZO	PS	PM
NS	PM	PS	ZO	NS	NM
ZO	PM	PS	ZO	NS	NM
PS	PM	PS	ZO	NS	NM

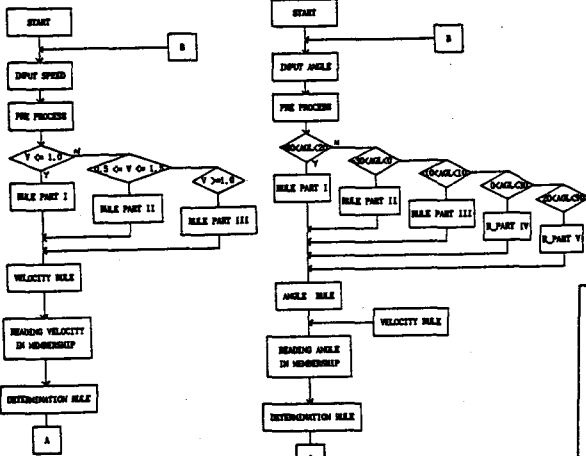


그림 5. 속도 처리 흐름도

그림 6. 각도 처리 흐름도

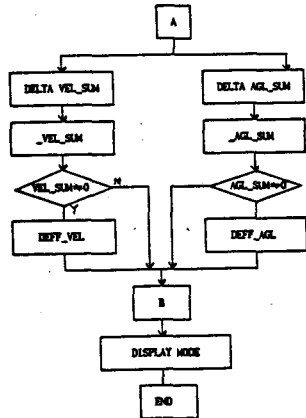


그림 7. 비퍼지화 과정의 흐름도

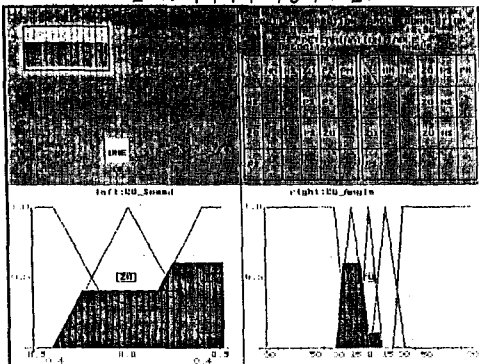


그림 8. 속도와 각도 입력에 따른 δv , $\delta \theta$ 의 추출과정

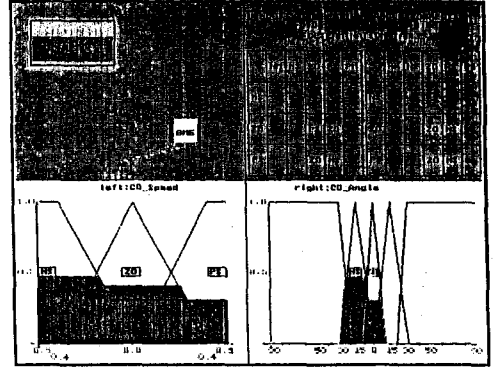


그림 9. 해당 결정표와 전동 휠 체어의 궤적의 형태

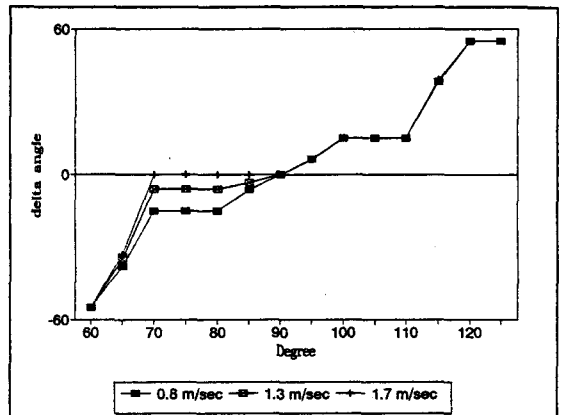
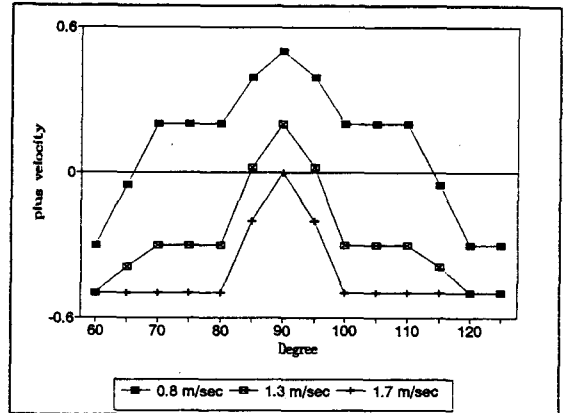


그림 10. 속도 고정에 따른 δv , $\delta \theta$ 의 변화

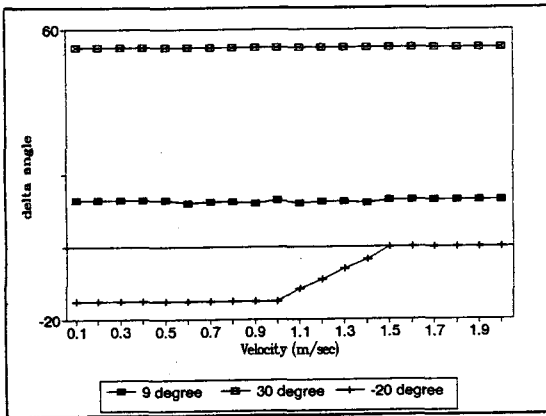
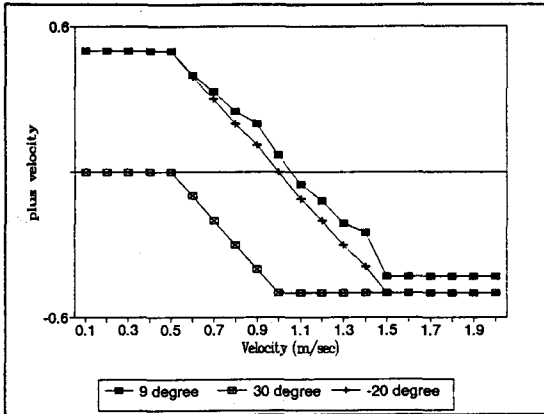


그림 11. 각도 고정시의 δv , $\delta \theta$ 의 변화

5. RICHARD L.MADARASZ,etal," The Design of an Autonomouse Vehicle for the Disabled",IEEE JOURNAL OF ROBOTICS AND AUTOMATION, Vol.RA-2,NO.3,1986,pp 117-126
6. K. Yasui, H. Itoh, " Fuzzy Control Methods for Path Velocity Correction", IFES'91, PartVII FUZZY LOGIC CONTROL,10,1991,pp 748-757
7. 박 민용 등 역저, "퍼지 시스템의 응용 입문",대영사,1990
8. T.Arai, et al ,"The Control and application of Omni-Directional Vehicle (ODV)",IFAC Control Science and technology, 8th Triennial World Congress, Kyoto, Japan, 1981, pp 1855-1860
9. 田中一男 등, "C言語による實用ファジブック".ラッセル社, 1989.
10. Sugeno : Fuzzy Control,Nikkan Kougyousya (1988) (in Japanese)
- 11.Mizumoto : Fuzzy Reasoning for Fuzzy Control,Journal of the society of Instrument and Control Engineers (1989) (in Japanese)
- 12.Richard M.Tong : A Retrospective view of Fuzzy control systems, Fuzzy sets and systems, 14, 199-210 (1984)
13. P.J.King and E.H.Mamdani: The application of Fuzzy control system to industrial process, Automatica, 13, 235-242 (1977)
14. J.J.Buck ley and H.Ying:Fuzzy controller thery: Limit Theorems for linear fuzzy control rules, Automatica, 25-3, 469-472 (1989)
15. 이 창훈, 백 승우, 한 영환, 정 등명, 홍 승홍,"실용화를 위한 진동화 수동 휠체어 (INMEL-VI)의 개발",대한전자공학회 하계종합학술대회 논문집, Vol.15, No.1,1992

참고 문헌

1. 정 등명, 홍 승홍," 응답형 음성제어 진동휠체어 (INMEL-1)의 설계 ", 대한의용생체공학회, Vol.8, NO.2,1987
2. 최 창순,정 등명,홍 승홍," 단속 음성명령에 의한 진동 휠체어(INMEL-3)제어시스템 설계", 대한 전자공학회 하계 종합학술대회 논문집, Vol.12,NO.1,26,1988
3. 권 장우, 김 지순, 정 등명, 홍 승홍," 차량 탑재용 진동휠체어 (INMEL-5)의 설계", 대한의용생체공학회 춘계학술대회 논문집,1990,pp. 63-65
4. 郷 東明, 張 元碩, 洪 勝弘," 應答型 音聲制御 システム を用いた 電動車 椅子の 設計", 第 27回 日本 ME 學會 論文集, Vol. 26,1988