
Condensation 알고리즘과 퍼지 추론을 이용한 이동물체의 궤적인식 및 추적

강석범* · 양태규*

Trajectory Recognition and Tracking for Condensation Algorithm and Fuzzy Inference

Suk-bum kang* · Tae-kyu Yang*

요 약

본 논문에서는 이동물체의 궤적을 인식하기 위하여 Condensation 알고리즘을 이용하였고, 인식된 궤적을 추적하기 위해서 퍼지추론을 이용한 퍼지제어기를 사용하였다. Condensation 알고리즘은 사전분포(prior distributions)를 통해서 사후분포(posterior distributions)를 얻는 베이시안 조건확률(Bayesian conditional probabilities)을 기반으로 한다. 추적시스템은 요(raw)운동과 롤(roll)운동을 통해 3차원 공간을 추적한다. 추적 시스템으로는 2링크 매니퓰레이터를 사용하였고, 매니퓰레이터의 관절각 θ_1 은 0° 에서 360° 까지 회전할 수 있으며, 관절각 θ_2 는 0° 에서 180° 까지 회전할 수 있다. 속도를 가진 움직이는 물체 궤적을 Condensation 알고리즘을 이용하여 거의 에러 없이 인식함을 보였고, 추적 시스템으로 하여, 공간상에서 주어진 궤적에 대해 시뮬레이션을 통해 제안한 알고리즘의 타당성을 입증하였다.

ABSTRACT

In this paper recognized for trajectory using Condensation algorithm. In this pater used fuzzy controller for recognized trajectory using fuzzy reasoning. The fuzzy system track to the three-dimensional space for raw and roll movement. The joint angle θ_1 of the manipulator rotate from 0° to 360° , and the joint angle θ_2 rotate from 0° to 180° . The moving object of velocity display for recognition without error using Condensation algorithm. The tracking system demonstrated the reliability of proposed algorithm through simulation against used trajectory.

키워드

tracking, fuzzy, condensation, manipulator, recognition

I. 서 론

비전 시스템은 인간의 시각시스템에 유사한 형태로써 탐지 영역이 넓고 비접촉 상태에서 다양한 정보획득이 가능하기 때문에 다양한 분야에서 사용되고 있다. 예

를 들면 물체의 인식, 검사, 3차원 모델링등 한정된 범위의 분야뿐만 아니라 최근의 이미지 처리 방법의 발달로 실시간으로 데이터 처리를 필요로 하는 원격제어, 지능형 교통정보 시스템, 물체추적 시스템 등에 사용되고 있다.

이동물체의 인식은 순차적으로 입력되어지는 영상에서 움직이는 물체를 탐지하고 이동 물체의 움직임을 인식하기 위하여 탐지되어진 이동물체의 형태(shape), 색상(color), 크기(size), 결(texture) 등의 이동물체의 변수를 파악하여야 한다[1]. 영상에서 물체를 탐지하기 위한 방법 중 단일 영상분석법(single image analysis)은 영상의 색상정보, 에지, 명암정보 변화를 이용하여 영상내의 물체를 탐지하는 방법이다. 영상의 색상정보를 이용하는 방법은 영상내의 물체의 특징이 갖는 색상 분포가 항상 일정하여야 한다는 가정이 필요하다. 에지(edge)정보의 분석으로 영상 내에 존재하는 물체를 탐지하는 방법은 영상의 전처리과정에서 상당한 오버헤드(overhead)가 발생되어진다[2].

추적시스템으로 사용되는 매니퓰레이터는 각 링크와 링크사이가 간섭된 복잡한 구조의 비선형 다변수 시스템이다. 매니퓰레이터의 제어를 위해 전제조건이라고 말할 수 있는 제어대상의 수학적 모델을 정확히 구하기는 쉽지 않다[3][4]. 또한 얻었다 해도 실제와의 모델링 오차가 생기기 때문에 수학적 모델로 설계한 제어기가 실제 환경에서 설계 성능을 만족하지 못하는 경우가 많다. 따라서 이러한 단점을 해결하기 위해 모델링 오차를 고려한 강인한 제어기에 관한 연구가 있었다. 여러 지능제어 기법 중에서도 퍼지제어는 많은 분야에 걸쳐 관심을 끌고 있다. 퍼지제어기는 사람의 생각과 지식을 언어적으로 표현하기 쉬워 전문가의 지식과 숙련자의 지식을 바탕으로 지식베이스를 구축하여 많은 수학적인 계산 없이 실제적인 제어에 응용이 용이하다. 또한 시스템에 대한 정확한 모델링 없이 시스템의 응답에 대한 기본적인 정보만으로도 제어가 가능하여 비선형시스템의 제어에 적합하며 구현이 쉬워서 실용적인 면에도 장점이 많다[5].

본 논문은 조건부 확률 전파 모델을 이용하여 물체를 추적하는 Condensation 알고리즘[6][7]에 기초로 한 방법을 제안한다. Condensation 알고리즘은 사전분포와 사후분포와 같은 베이시안 조건 확률(Bayesian conditional probabilities)에 기반을 두고 있다. 로봇 비전에서 Condensation 알고리즘은 로봇의 지능을 향상시킬 수 있다. 비선형 동역학이나, 가려짐, 조명 변화와 같은 불확실성은 로봇 비전에서 Condensation 알고리즘의 중요성을 더욱 부각 시킨다. 본 논문은 관측 모델(observation models)을 적용하여 Condensation 알고리즘에 기반한 강

인한 이동물체 인식 알고리즘을 제안한다.

매니퓰레이터는 2링크로써 첫 번째 관절각 θ_1 은 0° 에서 360° 까지 회전할 수 있으며, 두 번째 관절각 θ_2 은 0° 에서 180° 까지 회전할 수 있다. 매니퓰레이터를 제어하기 위한 퍼지제어기의 퍼지화 방법은 싱글톤방법, 제어규칙은 정밀한 제어를 위해 25개의 규칙, 추론법은 시스템의 계산부담을 줄이기 위해 간략화된 Mamdani의 추론법, 비퍼지화방법은 간략화된 무게중심법을 사용하였다.

II. 매니퓰레이터의 모델

본 논문에서는 그림 1과 같이 2 링크 매니퓰레이터를 구성하였다. 이 매니퓰레이터에 대한 동역학(Dynamics) 모델을 얻을 수 있다[8].

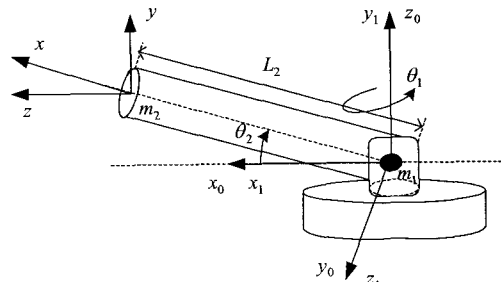


그림 1. 매니퓰레이터 구조
Fig. 1. Manipulator structure

그림 1에서 θ_1 은 첫 번째 링크의 관절각, θ_2 는 두 번째 링크의 관절각, x 는 말단장치의 x 좌표, y 는 말단장치의 y 좌표, z 는 말단장치의 z 좌표, L_2 는 링크 2의 길이, m_1 은 링크 1의 질량, m_2 는 링크 2의 질량을 나타낸다. 그리고 $\sin\theta_1$ 을 s_1 , $\cos\theta_1$ 을 c_1 로 표현했다.

동역학 기본 법칙은 가상일(Virtual work)의 개념과 결부된 Newton의 법칙, D'Alembert의 원리, Lagrange 방정식, Hamilton 방정식, 그리고 Hamilton의 원리 등을 이용하여 공식화한다. 이러한 모든 공식들은 모두 동등하며, 이들 모두 Newton의 법칙과 가상일의 원리로부터 유도된다. 동역학모델은 대부분 Newton-Euler 방정식이나 Lagrange 방정식으로부터 유도된다. Newton-Euler 방법

에서는 매니플레이터의 각 링크를 차례로 다루어, 직선 운동과 회전운동을 나타내는 방정식을 써서 내려가고 Lagrange 방법은 매니플레이터의 전체를 다루고 운동에너지와 위치에너지의 차이인 Lagrange 함수를 사용한다 [9][10].

단, 각 링크의 관성모멘트는 질량중심만 고려하여 J_1 , J_2 라 하면, 링크1의 토크는 식(1)과 같고, 링크 2의 토크는 식(2)과 같이 Lagrange 방법으로 동력학이 구하여진다.

$$\tau_1 = (m_2 L_2^2 c_2^2 + J_1) \ddot{\theta}_1 - 2m_2 L_2^2 c_2 s_2 \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 \quad (1)$$

$$\tau_2 = (m_2 L_2^2 + J_2) \ddot{\theta}_2 + m_2 L_2^2 c_2 s_2 \dot{\theta}_2^2 + m_2 g L_2 c_2 \quad (2)$$

III. 퍼지제어 시스템

퍼지논리제어 시스템은 현재의 조작량을 결정하는 데 경험적 지식을 활용하여 시스템 제어에 필요한 제어규칙을 얻는다.

퍼지논리제어시스템은 그림 2와 같이 제어가 경험적 지식과 제어전문가의 지식을 제어규칙으로 가지며, 또한 제어가 제어규칙을 활용하고 주어진 편차에 대해 조작량을 판단 결정하여 시스템의 입력으로 사용한다.

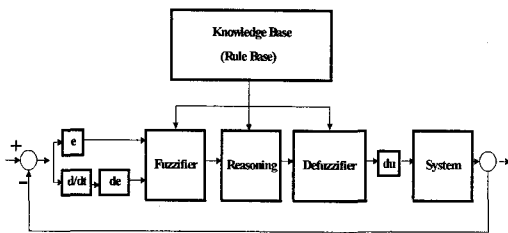


그림 2. 퍼지 논리 제어 시스템
Fig. 2. Fuzzy Logic Control System

본 논문에서 사용한 퍼지제어기는 그림 3와 같이 세 부분 즉, 퍼지화, 퍼지제어규칙, 비퍼지화로 구성된다.

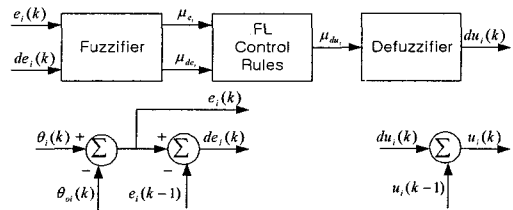


그림 3. 퍼지 논리 제어기의 구조
Fig. 3. The structure of a fuzzy logic controller

2입력 신호 오차와 각속도오차를 퍼지논리제어기의 입력으로 받아 퍼지화기에서 퍼지화하였다. 그때 이들은 출력 제어 신호의 퍼지수를 결정하는 테이블에서 사용된다. 결과적으로 제어기의 출력력을 추적하는 퍼지수들은 새로운 값으로 전환된다. $i=1$ 일 때 θ_1 , $i=2$ 일 때 θ_2 를 나타낸다.

제어대상의 입력변수는 토크이기 때문에 퍼지제어기의 출력은 토크가 되고, 제어대상의 출력과 기준입력의 차와 미분오차를 식(3)과 같이 입력변수로 한다.

$$\begin{aligned} e_1 &= \theta_{i1} - \theta_{o1} \\ de_1 &= \dot{\theta}_{i1} - \dot{\theta}_{o1} \\ e_2 &= \theta_{i2} - \theta_{o2} \\ de_2 &= \dot{\theta}_{i2} - \dot{\theta}_{o2} \end{aligned} \quad (3)$$

오차의 언어값(퍼지값)은 NB(Negative Big), NS(Negative Small), ZZ(Zero), PS(Positive Small), PB(Positive Big)의 다섯 개의 퍼지값으로 퍼지분할 하였다. 소속함수의 모양은 종형을 사용하였다.

$e_1, e_2, de_1, de_2, du_1, du_2$ 의 소속함수의 퍼지값을 나타낸다. 어디서나 X 새로운 값 $e_1, e_2, de_1, de_2, du_1, du_2$ 의 하나를 추적할 수 있다. $w = \frac{\pi}{X_{max}}$ 는 사인, 코사인 함수의 주파수 순환운동으로 식(4)과 같다[11].

$$\begin{aligned} \mu_{NB}(X) &= \begin{cases} 1 & \text{if } X \leq -X_{max} \\ |\cos(wX)| & \text{if } -X_{max} < X \leq -X_{max}/2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ \mu_{NS}(X) &= \begin{cases} |\sin(wX)| & \text{if } -X_{max} < X \leq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \\ \mu_{ZZ}(X) &= \begin{cases} |\cos(wX)| & \text{if } -X_{max}/2 < X \leq X_{max}/2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \end{aligned}$$

$$\mu_{PS}(X) = \begin{cases} |\sin(wX)| & \text{if } 0 < X \leq X_{\max} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{PB}(X) = \begin{cases} 1 & \text{if } X \geq X_{\max} \\ |\cos(wX)| & \text{if } X_{\max}/2 < X \leq X_{\max} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

오차 e_1 와 미분오차 de_1 를 각각 5개로 퍼지분할 하였다. 그러므로 제어규칙은 25개가 된다. du_1 도 5개로 퍼지 분할하였으므로 규칙 표는 다음과 같다.

규칙결정 표를 If-then-형식의 언어 조건으로 표현하면 다음과 같다.

- Rule1 → IF NB_e AND NB_{de} THEN NB_{du} ELSE
- Rule2 → IF NB_e AND NS_{de} THEN NB_{du} ELSE
- Rule3 → IF NB_e AND ZZ_{de} THEN NS_{du} ELSE
-
-
- Rule25 → IF PB_e AND PB_{de} THEN PB_{du}

본 논문에서는 추론방법으로 Mamdani의 추론방법을, 비퍼지화 방법으로는 SCOG방법을 사용하였다. 표 1에 있는 i -번째 제어규칙 R_i 는 다음과 같이 표현하면,

$$R_i = \text{If } e \text{ is } A_i \text{ and } de \text{ is } B_i \text{ then } du \text{ is } C_i$$

표 1. 규칙 결정 표
Table 1. The rule decision table

e \ de	NB_{de}	NS_{de}	ZZ_{de}	PS_{de}	PB_{de}
NB_e	NB_{du}^1	NB_{du}^2	NS_{du}^3	NS_{du}^4	ZZ_{du}^5
NS_e	NB_{du}^6	NS_{du}^7	NS_{du}^8	ZZ_{du}^9	PS_{du}^{10}
ZZ_e	NS_{du}^{11}	NS_{du}^{12}	ZZ_{du}^{13}	PS_{du}^{14}	PS_{du}^{15}
PS_e	NS_{du}^{16}	ZZ_{du}^{17}	PS_{du}^{18}	PS_{du}^{19}	PB_{du}^{20}
PB_e	ZZ_{du}^{21}	PS_{du}^{22}	PS_{du}^{23}	PB_{du}^{24}	PB_{du}^{25}

i -번째 제어규칙 R_i 에 의한 근사 추론 결과를 C'_i , C'_i 을 COG 방법으로 비퍼지화 한 값을 du_i , 전체제어규칙에 의한 비퍼지화 추론결과를 du 라 하면 du_i 와

du 는 다음과 같이 구한다.

i -번째 제어규칙 R_i 의 적합도 w_i 는 다음과 같이 계산된다.

$$w_i = \mu_{A_i}(e^0) \wedge \quad (5)$$

i -번째 제어규칙 R_i 에 의한 퍼지추론 결과 C'_i 은 다음으로 구하고

$$\mu_{C'_i}(du) = w_i \wedge \quad (6)$$

C'_i 을 COG 방법으로 비퍼지화 한 추론결과 du_i 는 다음과 같이 계산된다.

$$du_i = COG(C'_i) \quad (7)$$

표 2에 있는 25개의 제어규칙에 의한 비퍼지화 된 추론결과 du 는 식(8)로 구한다.

$$du = \frac{\sum_{i=1}^{25} w_i du_i}{\sum_{i=1}^{25} w_i} \quad (8)$$

IV. Condensation 알고리즘

이 알고리즘은 SMC(Sequential Monte Carlo)방법의 일종으로, 비가우시안 분포를 이루는 상태의 확률 추정에 적합한 알고리즘으로 운동 모델에 의해 이동시키고, 무작위 노이즈를 더한 뒤 관측 상태와 비교해서 근접하면 가중치를 높이고 차이가 나면 가중치를 낮춰주는 식으로 한 단계를 전개한다. 여러 상태의 가능성을 고려하기 때문에, 잘못된 상태 추정에서 복구 할 수 있는 능력을 가지고 있다.

Condensation 알고리즘은 정적 이미지의 해석에 이전에 적용된 “factored sampling”을 사용한다. 가능한 해석의 확률분포는 랜덤하게 발생된 집합으로부터 표현되었다. Condensation은 시간 내에 랜덤 집합을 전파하기

위해 비주얼 관측과 함께 학습된 동적 모델을 사용한다.

시간t-1에서 “old” 샘플집합

$\{s_{t-1}^{(n)}, \pi_{t-1}^{(n)}, c_{t-1}^{(n)}, n = 1, \dots, N\}$ 로부터, 시간t를 위한

“new” 샘플집합 $\{s_t^{(n)}, \pi_t^{(n)}, c_t^{(n)}\}, n = 1, \dots, N$ 을 구성한다.

다음과 같이 새로운 샘플들 N의 n^{th} 를 구성한다.

(a) 다음과 같이 샘플 $s_t^{(n)}$ 를 선택:

- ① 균일하게 분포된 랜덤 수 $r \in [0, 1]$ 를 선택.
- ② $c_{t-1}^{(j)} \geq r$ 를 만족하는 보다 작은 j 를 찾는다.
- ③ $s_t^{(n)} = s_{t-1}^{(j)}$

(b) 각 $s_t^{(n)}$ 를 선택하는 것으로 $p(x_t | x_{t-1} = s_t^{(n)})$ 로 샘플링하는 것으로부터 예측:

새로운 샘플값은 $s_t^{(n)} = As_t^{(n)} + Bw_t^{(n)}$ 와 같이 형성되어야 한다. $w_t^{(n)}$ 는 표준 정규 랜덤 변수들의 벡터이다.

(c) 측정된 특징들 z_t 에 관련하여 새로운 위치의 가중치 갱신:

- ① $\pi_t^{(n)} = p(z_t | x_t = s_t^{(n)})$
- ② $\sum_n \pi_t^{(n)} = 1$
- ③ $c_t^{(0)} = 0,$
 $c_t^{(n)} = c_t^{(n-1)} + \pi_t^{(n)} (n = 1, \dots, N)$
- ④ $(s_t^{(n)}, \pi_t^{(n)}, c_t^{(n)})$ 의 갱신

$\varepsilon[f(x_t)] = \sum_{n=1}^N \pi_t^{(n)} f(s_t^{(n)})$ 를 얻기 위한 것과 같이

시간t에 추적된 모멘트들은 $f(x) = x$ 를 사용하는 평균 위치를 선택한다.

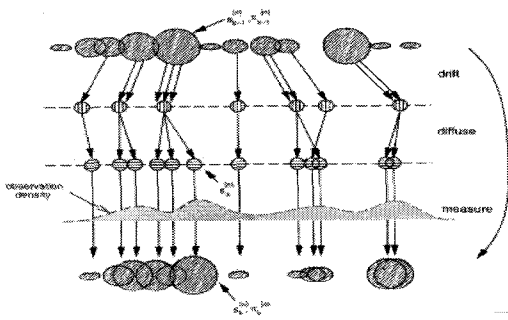


그림 4. Condensation 알고리즘의 하나의 단계
Fig. 4. One time-step in the Condensation algorithm

V. 시뮬레이션 및 결과 고찰

본 논문에서 매니플레이터는 2링크로 첫 번째 관절각 θ_1 은 0° 에서 360° 까지 회전할 수 있으며, 두 번째 관절각 θ_2 는 0° 에서 180° 까지 회전할 수 있다. 그러므로 매니플레이터의 말단 공간은 그림 6과 같이 구의 방정식 $x^2 + y^2 + z^2 = L_2^2$ 의 상위 반구에 해당한다.

추적시스템의 매니플레이터 기구학모델은 Denavit-Hartenberg 규약을 사용하여 얻었으며, Lagrange 함수로부터 동력학모델을 구하였다.

매니플레이터를 제어하기 위한 퍼지제어기의 퍼지화 방법은 싱글톤방법, 제어규칙은 정밀한 제어를 위해 25개의 규칙, 추론법은 시스템의 계산 부담을 줄이기 위해 간략화된 Mamdani의 추론방법, 비퍼지화 방법은 간략화된 무게 중심법을 사용하였다.

이동물체는 자유로이 움직일 수 있으며 속도를 가지므로 시뮬레이션을 위하여 이동물체의 움직임을 그림 5과 같이 하였다.

그림 1의 2링크 매니플레이터를 퍼지제어기를 사용하여 시뮬레이션을 위한 파라미터를 표 2에 나타내었다.

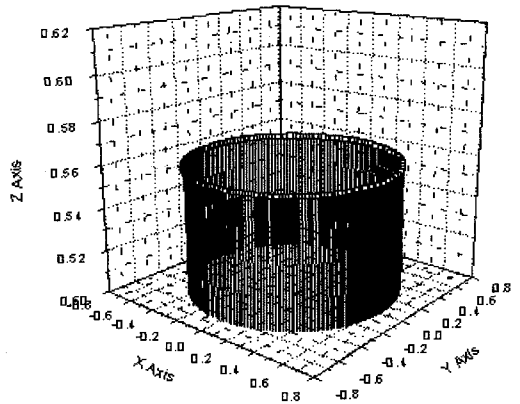


그림 5. 이동물체 $x^2 + y^2 + z^2 = L_2^2$
Fig. 5. Moving objects

표 2 2 링크 매니플레이터 파라미터
Table 2 2 Link manipulator parameter

	질량(kg)	관성모멘트 ($kg \cdot m^2$)	링크길이(m)
링크 1	5.0	0.05	0
링크 2	3.0	0.09	0.5

그림 6은 이동물체를 추적하기 위한 전체 흐름도를 나타내었다.

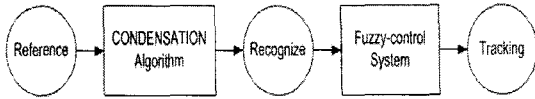


그림 6. 시스템 흐름도
Fig. 6. System flow

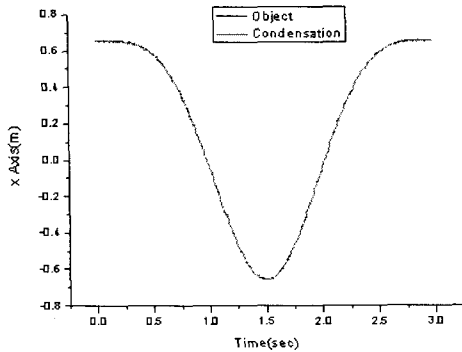


그림 7. 좌표값과 인식결과
Fig. 7. x value and recognize result

이동물체의 경로를 Condensation 알고리즘을 통하여 말단 좌표 x값을 인식한 결과, 그림 7과 같이 이동물체의 경로의 인식은 거의 정확히 인식됨을 알 수 있었다. 샘플을 1000개를 사용하였으며 3초 동안 300개의 말단 좌표를 인식했다. 표 3은 말단좌표에 대한 인식결과와 오차를 데이터로 나타내었는데 인식오차가 거의 없음을 볼 수 있다.

표 3. 시간에 따른 인식결과와 오차
Table 3. Recognize result and Error

시간(sec)		x	y	z
0	궤적	0.655322	0.000000	0.558861
	인식	0.651737	-0.007880	0.560201
	인식오차	0.003585	0.007880	-0.001340
1	궤적	-0.038104	0.654213	0.558861
	인식	-0.038303	0.648535	0.556454
	인식오차	0.000199	0.005678	0.002407
2	궤적	-0.038104	-0.654213	0.558861
	인식	-0.034872	-0.648083	0.558245
	인식오차	-0.003232	-0.006130	0.000616
3	궤적	0.655322	-0.000137	0.558861
	인식	0.655327	-0.002662	0.558434
	인식오차	-0.000005	0.002525	0.000427

그림 8은 인식결과에 대한 오차를 나타내었는데 오차가 거의 없음을 볼 수 있다.

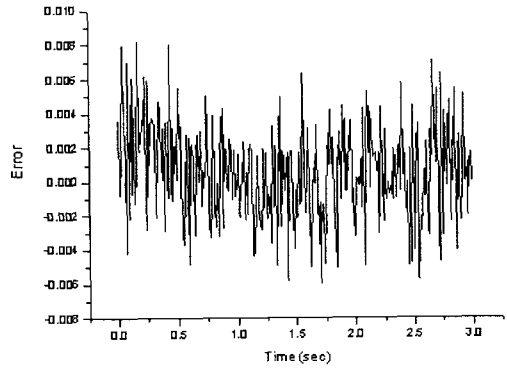


그림 8. 인식결과에 대한 오차
Fig. 8. Error for recognize result

그림 9은 제안한 퍼지제어 시스템을 통해 원하는 θ_1 의 궤적과 출력을 나타내었다.

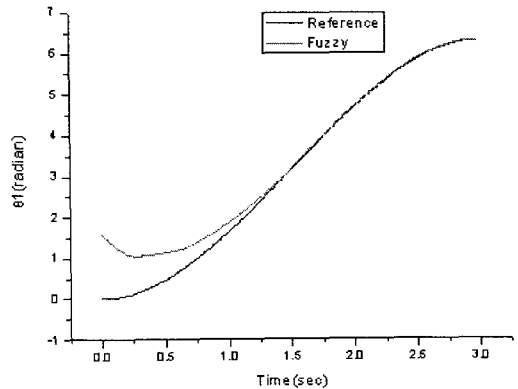


그림 9. 초기 불확실성이 있는 θ_1 의 퍼지제어 결과
Fig. 9. Fuzzy control result of θ_1 contained initial uncertainty

그림 10은 초기 불확실성을 크게 하였는데도 원하는 값에 수렴함을 볼 수 있다. 시간에 따른 θ_1 와 θ_2 의 퍼지제어 결과와 오차를 표 3에 데이터로 나타내었다.

표 4 초기 불확실성이 있는 θ_1 과 θ_2 의 퍼지제어 결과와 오차
 Table 4 Fuzzy control result and error of θ_1 and θ_2 contained initial uncertainty

시간(sec)		θ_1	θ_2
0	계적	0.000000	0.610865
	추적	1.556811	0.79065
	추적오차	-1.556811	-0.179785
1	계적	1.628974	0.610865
	추적	1.857967	0.533462
	추적오차	-0.228993	0.077403
2	계적	4.654211	0.610865
	인식	4.686290	0.611237
	추적오차	-0.032078	-0.000372
3	계적	6.282976	0.610865
	인식	6.287374	0.610061
	추적오차	-0.004398	0.000804

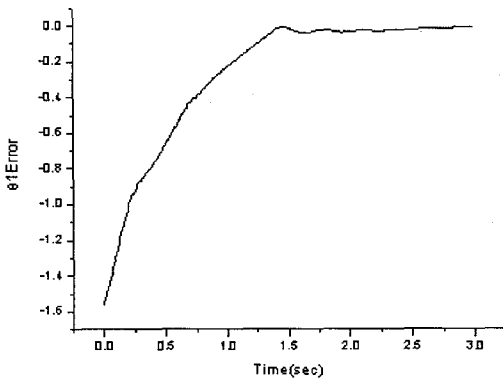


그림 10. 초기 불확실성이 있는 θ_1 의 오차
 Fig. 10. Error of θ_1 contained initial uncertainty

VI. 결 론

본 논문에서는 퍼지제어 시스템과 Condensation 알고리즘을 이용한 이동물체 경로인식 및 추적 제어를 설계하였다. 추적시스템이 추적할 이동물체의 경로는 사전분포를 통해 사후분포를 얻는 베이저안 조건확률을 기반으로 한 Condensation 알고리즘을 통해 인식되었고, 매니퓰레이터를 제어하기 위한 제어규칙은 정밀한 제어를 위해 25개의 규칙을 사용하였다.

시물레이션으로 통해 이동물체의 경로 인식은 비교

적 정확히 인식되었고, 또한 퍼지제어 시스템은 추적시스템의 요 및 롤의 관절각에 의한 말단공간 좌표의 계적 즉, 이동물체의 경로를 비교적 작은 오차를 갖는 추적 성능을 보였다.

영상을 받아 실제 움직이는 물체를 인식하고 추적 시스템을 구축하면 여러 추적 분야에 응용할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital image processing" Second edition, Prentice Hall, 2001.
- [2] T. N. Tan, G. D. Sullivan, K. D. Baker, "Efficient Image Filtering," John Wiley & Sons, pp. 181-204, 1983.
- [3] Clarence W. de Silva, "Application of Fuzzy Logic in the Control of Robotic Manipulators", Fuzzy Sets and Systems Vol 70, pp223-234, 1995
- [4] K. Ebaturo, O. Kaynak, I. Rudal, "A Study of Fuzzy Schemes for Control of Robotic Manipulators", IECON'95 Intl. Conf. on Industrial Electronics, Control and Inst. pp63-68, 1995
- [5] M. Mizumoto, "Realization of PID controls by fuzzy control methods", Fuzzy Sets and Systems Vol 80, pp 171-182, 1995
- [6] M. Isard and A. Blake, "Contour tracking by stochastic propagation of conditional density" in Proc. 4th European Conf. on Computer Vision (ECCV), pp. 343-356, April 1996.
- [7] M. Isard and A. Blake, "Condensation-conditional density propagation for visual tracking" Int. J. Computer Vision, vol 29, no.1, pp. 5-28, 1998.
- [8] COLSON, J. C., and PERREIRA, N.D., "Kinematic Arrangements Used in Industrial Robots," Proc. 13th International Symposium on Industrial Robots, 1983.
- [9] ASADA, H., and YUCEFF-TOUMI, K., "Analysis and Design of A Direct-Drive Arm With a Five-Bar Link Parallel Drive Mechanism", ASME J. Dyn. Syst. Meas. Contr., Vol. 106, No. 3, 1984.
- [10] BEJCZY, A. K., "Robot Arm Dynamics and Control," Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA, TM 33-69, 1974.
- [11] Ismail H. ALTAS, "A Fuzzy Logic Controlled Tracking System For Moving Targets", Proceedings of the 12th IEEE International Symposium on Intelligent Control, pp. 43-48, 1997

저자소개



강 석 범(Suk-bum Kang)

1998 목원대학교 전자공학과(공학사)
2000 목원대학교 대학원
전자및컴퓨터공학과(공학석사)

2007 현 목원대학교 대학원 IT공학과 박사과정
※관심분야: 이동물체 추적, 이동로봇, 지능제어



양 태 규(Tae-Kyu Yang)

1982 광운대학교 전자공학과(공학사)
1984 광운대학교 대학원 전자공학과
(공학석사)

1989 광운대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
2007 현 목원대학교 지능로봇공학과 교수
※관심분야: 지능 로봇제어, USN, 로봇제어