

유전 알고리즘을 이용한 지능형 로봇의 주행 제어

The Navigation Control for Intelligent Robot Using Genetic Algorithms

주영훈, 조상균

Young Hoon Joo and Sang Kyun Cho

군산대학교 전자정보공학부

요약

본 논문에서는 유전 알고리즘의 한 방법인 mGA를 이용하여 지능형 로봇의 주행제어 방법을 제안한다. 지능형 로봇의 주행에 필요한 퍼지 제어기의 설계는 전문가적 지식에 많이 의존한다. 이러한 전문가의 경험에 의해 설정된 퍼지 제어기의 여러 구성 요소들의 매개 변수 값들이 최적의 값이라는 보장이 없다. 상기 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 퍼지 제어기의 구성 요소인 퍼지 규칙의 수와 멤버쉽 함수의 매개 변수들을 mGA를 이용하여 동정하는 방법을 제안한다. 제안된 방법에 의해 동정된 매개 변수들의 정확성과 효율성을 평가하기 위하여 지능형 로봇의 벽면 주행에 대한 모의실험을 수행한다.

Abstract

In this paper, we propose the navigation control method for intelligent robot using messy genetic algorithm. The fuzzy controller design for navigation of the intelligent robot was dependant on expert's knowledge. But, the parameters of the fuzzy logic controller obtained from expert's control action may not be optimal. In this paper, to solve the above problem, we propose the identification method to automatically tune the number of fuzzy rule and parameters of memberships of fuzzy controller using mGA. Finally, to show and evaluate the generality and feasibility of the proposed method, we provides some simulations for wall following navigation of intelligent robot.

Key words : Intelligent robot, messy genetic algorithm(mGA), fuzzy theory, navigation control

1. 서론

지능형 로봇은 주위 환경을 인식하여 로봇 자신의 판단에 따라 자율적으로 이동하는 능력을 갖는 로봇이지만, 이를 위해서는 각종 센서를 이용하여 환경 정보를 입수하고, 이 정보를 분석하여 이동 경로의 결정에 따라 이동 가능한 제어 기구가 필요하다. 이동 로봇은 이동 중에 바퀴의 미끄러짐이나 외부 센서들의 오차 등으로 인해 만족스러운 수학적인 모델을 얻지 못하는 복잡한 시스템중 하나이다. 즉, 전통적인 제어 이론으로는 이동 로봇의 제어에 대해 유용성이 떨어진 다. 대안으로서 퍼지 제어, 신경 회로망 이론을 이용한 제어, 퍼지-신경망 제어 등 여러 가지 지능제어 기법이 제안되었다 [1-10]. 그 중 퍼지 제어기는 전문가의 경험을 퍼지 논리를 이용하여 언어 규칙으로 표현하고, 이와 같이 이루어진 규칙들로서 제어기를 구성하기 때문에 제어 대상 플랜트의 정확한 수학적 모델을 알지 못한다 하더라도 좋은 결과를 얻을 수 있고 강인한 성질을 지니고 있으며 그 구현도 간단하다고 알려져 있다. 그러나, 퍼지 제어기는 제어기를 구성하고 있는 퍼지 제어 규칙의 수와 몇몇 구성요소를 플랜트에 맞게 조정해야 한다. 이를 위해서는 전문가의 지식이 필요하다. 그

러나, 전문가의 지식은 얻기가 힘들고 전문가의 주관적인 경험에 의해 시행착오적인 방법으로 구성되는 제어기는 시스템의 복잡도가 증가하거나 돌발적인 상황에 처했을 경우 제어 성능이 떨어지기 쉬우며, 시스템의 구성 요소가 최적의 값이라는 보장이 없어 정확도 면에서 신뢰가 부족하다고 알려져 있다. 이러한 이유로 퍼지 제어기를 구성하는 구성 요소를 최적화시키기 위한 여러 가지 동조 이론이 등장하였는데 여기에는 신경 회로망 이론의 융합 방식, 비선형 프로그래밍 기법 등을 이용한 자기 동조 방식, 전역 최적화 탐색 기법인 유전 알고리즘에 의한 방식 등이 많이 사용되고 있다 [11-16]. Joo등은 퍼지 모델의 구조 동정에 클러스터링 방법을 이용하고, 퍼지 규칙을 구성하고 있는 소속 함수의 파라미터들은 유전자 알고리즘을 이용하여 동정하는 방법을 제안하였다 [17,-20]. 유전자 알고리즘은 특히 많은 국소 최적 해를 갖는 비선형 시스템의 전체 최적 해를 구하는데 많이 이용되어 왔다. 그러나, 풀고자하는 해의 집합인 탐색체는 세대가 바뀌어도 고정된 길이를 갖는 단점을 갖는다. 최근에는 이러한 단점을 보완하기 위해 메시 유전 알고리즘(messy Genetic Algorithm, mGA)를 사용하여 더욱 효과적인 탐색체를 구성하는 방법이 제안되고 있다. Kargupta[21]는 유전자 표현 메시 유전자 알고리즘(gene expression messy genetic algorithm, GEMGA)을 제안하여 블랙박스 최적화 문제에 응용하였으며, Hoffmann[6]은 메시 유전자 알고리즘을

접수일자 : 2005년 3월 25일

완료일자 : 2005년 8월 3일

계층적 퍼지 추론 시스템의 규칙을 최적화 하는데 적용하여 이동 로봇의 최적 경로를 찾는 데 응용하였다.

본 논문에서는 유전 알고리즘의 일종인 mGA를 이용하여 지능형 로봇의 주행제어를 위한 퍼지 규칙을 모델링하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 먼저 전문가에 의한 제어 행위를 데이터화 하여 이를 퍼지 모델링하는 방법이다. 또한, 벽면 주행을 위한 퍼지 규칙을 구성하고 있는 소속 함수의 파라미터를 메시 유전자 알고리즘을 이용하여 동정하는 방법을 제안한다. 마지막으로, 본 논문에서 제안한 방법으로 동정된 파라미터가 우수함을 증명하기 위하여 지능형 로봇의 벽면 추종 주행 제어에 응용한다.

2. 퍼지 제어기

본 논문에서 사용한 퍼지 주행 제어기의 간략추론법을 사용하였다. 간략추론법의 퍼지 규칙의 구조는 식 (1)과 같다.

$$Rule\ i: \text{ If } x_1 \text{ is } A_{i1}, \dots, \text{ and } x_n \text{ is } A_{in}, \text{ then } y \text{ is } c_i \quad (1 \leq i \leq 9)$$

식 (1)에서 Rule i는 i번째 규칙, x_n 은 퍼지 제어기의 n 번째 입력 변수, y는 출력변수, A_{ij} 은 규칙 i 번째, 입력 j 번째 소속 함수이고, c_i 는 i번째 규칙의 출력이다. 본 논문에서는 전제부의 소속 함수 A_{ij} 를 식 (2)와 같이 부등변 삼각형으로 정의한다. 소속 함수의 형태는 그림 1과 같다.

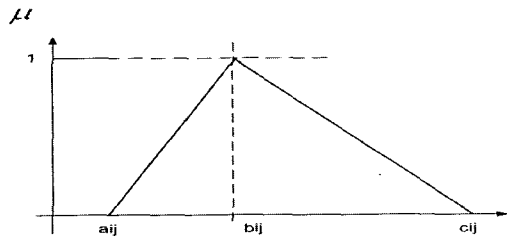


그림 1. 전반부 소속 함수의 형태

Fig. 1 Membership function in the premise

$$A_{ij}(x_{ij}) = \begin{cases} \frac{x_{ij} - a_{ij}}{b_{ij} - a_{ij}}, & a_{ij} \leq x_{ij} < b_{ij} \\ \frac{c_{ij} - x_{ij}}{c_{ij} - b_{ij}}, & b_{ij} \leq x_{ij} \leq c_{ij} \\ 0, & x < a_{ij}, x > c_{ij} \end{cases} \quad (2)$$

여기서, a b c는 소속 함수의 왼쪽 모서리, 중심, 오른쪽 모서리의 위치를 나타낸다.

본 논문에서는 입력과 출력 변수 값들을 -1과 1사이로 정규화 하였으며 각 입력 변수들은 NB(Negative Big), Z(Zero), PB(Positive Big) 등 세 개로 초기에 퍼지 분할되고, 출력 변수는 실수 치이다. 그림 2는 출력변수의 소속 함수를 나타낸다.

입력에 대한 i번째 규칙의 적합도 u_i 는 식 (2)과 같이 구하며 최종 추론값은 식 (3)과 같은 무게 중심법을 사용한다

$$u_i = A_{i1}(x_1) \wedge A_{i2}(x_2) \quad (2)$$

$$y^* = \frac{\sum_{i=1}^n u_i \times c_i}{\sum_{i=1}^n u_i} \quad (3)$$

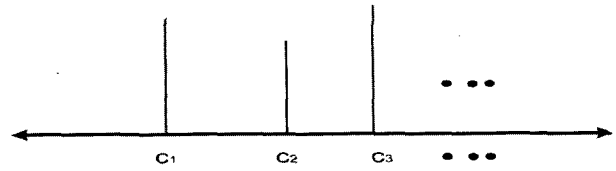


그림 2. 후반부의 소속 함수

Fig. 2 Membership function in the consequent

3. 퍼지 제어기의 매개변수 동정을 위한 m GA

3.1 mGA 알고리즘의 개요

유전자 알고리즘은 생물학적 유전학과 자연 선택설을 바탕으로 한 탐색 알고리즘이다. 기존의 유전 알고리즘은 문제의 최적화 해의 공간을 고정된 길이와 고정된 위치의 스트링으로 암호화한다. 이렇게 스트링으로 암호화된 개체는 적합한 정도를 평가하는 적합도 함수를 계산하는데 쉬운 장점이 있다. 유전자 알고리즘은 특히 많은 국소 최적 해를 갖는 비선형 시스템의 전체 최적 해를 구하는데 많이 이용되어왔다. 그러나, 풀고자 하는 문제의 해의 집합인 탐색체를 세대다 바뀌어도 고정된 길이를 갖는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 messy GA를 사용하여 더욱 효과적인 탐색체를 구성하는 방법이 제안되고 있다.

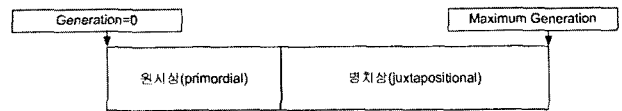


그림 3. 개체군의 변형 표

Fig. 3 A typical population reduction schedule

mGA 진화 시에는 선택 연산자를 사용하여 개체군의 많은 후보 스트링 중에서 진화시킬 개체를 선별하기만하는 원시상과, 보통의 유전자 알고리즘에서 사용하는 돌연변이연산자와 교차 연산자 대신 다루기 쉬운 자르기과 붙이기 연산자를 사용하여 개체를 진화시키는 병치상이라 불리우는 두 개의 상으로 이루어진다. 그림 3에서는 mGA의 진화시에 나타나는 두 개의 상을 표현한 것이다.

3.2 mGA의 연산자

mGA에서는 GA에서의 연산 과정인 교차 연산자 대신에 붙이기와 자르기 연산자를 사용한다. GA에서의 교차 연산자는 고정된 스트링의 동일한 위치에서 교차점을 갖지만, 자르기와 붙이기 연산자는 가변스트링을 사용하며 동일한 위치에서 교차점을 가질 필요가 없다. 그림 3은 mGA에서의 자르기 연산 과정을 나타낸다.

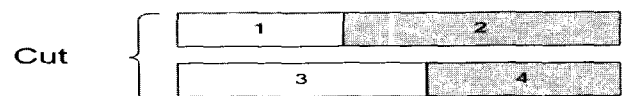


그림 4. mGA에서의 자르기 연산

Fig. 4 Cut operation of mGA

자르기 연산은 두 부모 개체에서 자르기 확률 pc에 의해 무작위로 선택된 위치에서 스트링을 자른다. 그림 4에서는 mGA에서의 붙이기 연산과정을 나타낸다.

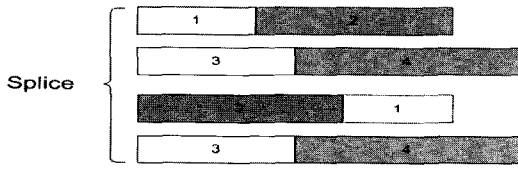


그림 5. mGA에서의 붙이기 연산
Fig. 5 Splice operation of mGA

붙이기 연산은 붙이기 확률 ps에 의해 무작위로 잘라진 스트링을 잇는 연산을 한다. 따라서 생성된 자식 스트링은 이전의 부모 스트링의 길이와 다르게 변경된다.

3.3 mGA에서의 퍼지 규칙의 암호화

mGA를 사용하여 퍼지 모델을 암호화하기 위해서는 정수 쌍을 이용하여 퍼지 규칙을 표현해야 한다. 즉 정수 쌍으로 나타낸 유전인자의 의미는 인덱스(index)와 값(value)을 가리키는 쌍으로 구성된다. 그 정수 쌍에서 첫 번째인 인덱스는 퍼지 모델의 소속 함수의 변수를 나타내는 것이고, 두 번째인 값(value)은 변수들의 값을 나타낸다. 예를 들어, 스트링에서 유전 인자(1,10)은 10을 갖는 첫 번째 유전인자이며 일반적인 GA와는 달리, 스트링에서 유전 인자의 순서는 mGA에서 중요하지 않다. 즉 $\{(3,1), (1,5), (2,1)\}$ 와 $\{(2,1), (3,1), (1,5)\}$ 는 의미상 같은 스트링이다. 주의해야 할 것은 하나의 스트링은 모든 유전 인자를 포함하도록 제한되지 않으며 유전 인자가 한 스트링에서 한 번 이상 존재할 수 있다는 것이다. 그러므로 같은 인덱스가 중복되어도 모두 유효하다. 인덱스가 중복된 유전 인자가 있는 경우는 선택순의 원리에 따라 앞에 있는 인덱스를 선택하고 나중에 중복되어 나오는 인덱스는 무시한다.

먼저 퍼지 규칙은 퍼지 절들로 이루어져있기 때문에 퍼지 절을 암호화함으로써 쉽게 암호화를 할 수 있다.

퍼지 절 암호화의 기본 요소는 정수 쌍으로 표현된다. 그림 6은 mGA에서의 퍼지 규칙을 정수 쌍으로 암호화하는 방법을 표현한 것이다.

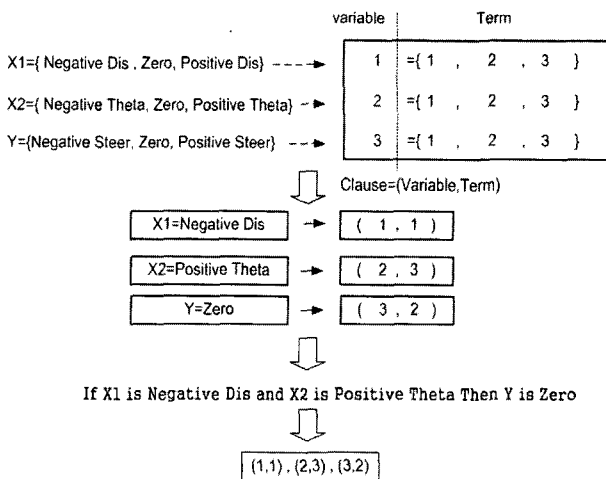


그림 6. mGA에서의 퍼지 규칙의 암호화
Fig 6 Coding method of a fuzzy rule in mGA

그림 6에서 "X1=Negative Dis" 와 같은 하나의 퍼지 구문은 (1,1)의 정수 쌍과 같이 암호화한다. 여기에서 인덱스 1 은 변수 X1을 결정하고, 1은 첫 번째 퍼지 팀(term)

Negative를 위한 값이다. 세 절의 암호화를 걸쳐 하나의 퍼지 규칙을 암호화하는 방법을 보여주고 있다. 그림 7은 퍼지 규칙들이 퍼지 규칙-베이스에 암호화되는 것을 보여주고 있다. 그림 7에서와 같이 각 규칙들을 스트링으로 표현한 다음 그것들을 서로 연결하여 하나의 스트링을 만드는 방법으로 암호화한다.

Rule 1 : if X1 is Negative Dis and X2 is Positive Theta then Y is Zero
Rule 2 : if X1 is Negative Dis and X2 is Negative Theta then Y is Zero

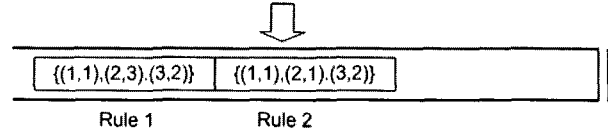


그림 7. mGA에서의 퍼지 규칙-베이스의 암호화방법
Fig 7 Coding method of fuzzy rule-base in mGA

3.4 mGA에서의 퍼지 모델

본 논문에서는 동정된 퍼지 추론 방법은 간략 추론법이다. 동정을 위해서는 2절에서 설명한 소속 함수의 파라미터들을 mGA에서 사용하기 위해서는 행렬 형태의 스트링으로 변환을 해야 한다. 그림 8은 행렬 형태의 스트링을 보여주고 있다.

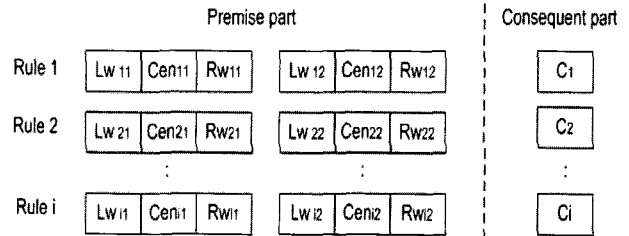


그림 8. 퍼지 추론 시스템에서의 행렬 스트링의 구조
Fig 8 The structure of matrix strings in fuzzy inference system

그림 8에서 Cenij는 소속 함수의 중심 값을 나타내며, Lwij는 중심에서 왼쪽 모서리까지의 넓이, Rwij는 중심에서 오른쪽 모서리까지의 넓이를 나타내고 Ci는 출력 값을 나타낸다. i는 퍼지 규칙을 나타내고, j는 입력 변수를 나타낸다.

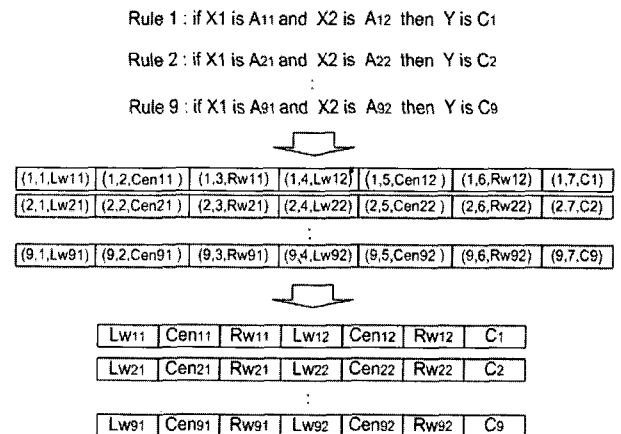


그림 9. 파라미터 행렬 스트링으로의 변환 과정
Fig 9 Translation to parameters matrix strings of fuzzy rule

그림 9는 9개의 퍼지 규칙을 mGA에서 모델링하는데 필요한 행렬 형태의 스트링 구조로 변환하는 과정을 보여주고 있다. 그림 9에서 (1,1,Lw11)은 1번 규칙의 입력변수 X1의 소속 함수의 왼쪽 넓이를 의미한다. 이것을 행렬 형태의 스트링 구조로 표현하면, 파라미터 값 Lw11를 갖는 (1,1) 행렬 원소로 표현되어진다. 따라서 그림 9에서의 마지막과 같은 결과를 얻을 수 있다.

4. 모의 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 mGA를 이용하여 지능형 로봇의 주행 제어에 필요한 퍼지 제어기의 소속 함수의 파라미터를 동정하였다. 동정을 위해서는 실험 데이터를 필요로 하는데 이 실험 데이터는 여러 초기 조건을 가지고 이동 로봇을 직접 수동 조작하여 획득하거나 이미 우수함이 증명된 제어기를 이용하여 이동 로봇을 주행하여 데이터를 획득하는 방법이 있다.

본 논문에서는 전자인 수동 조작으로 데이터를 획득한 방법을 선택하였으며, 초기 조건은 기준선을 100[cm]로 설정하였다. 기준선에서 왼쪽에서 3회, 오른쪽에서 3회, 총 224개의 실험 데이터 쌍을 획득하였다. 표 1은 실험 데이터를 위한 초기 조건을 보여준다.

표 1. 실험 데이터의 초기 조건
Table 1 Initial conditions of experiment data

횟수	초기조건	거리 차(cm)	진행각(degree)
1		-80	0
2		-50	-30
3		-30	30
4		80	0
5		50	30
6		30	-30

표 2는 모의실험을 위해 사용된 mGA의 초기 값을 나타낸다.

표 2. mGA의 초기 파라미터
Table 2 Initial parameters of mGA

매개 변수	설정치
초기 개체군의 크기	500
원시상과 병치상에서의 세대수	400
자르기 확률	0.2
돌연변이율	0.2
불이기 확률	1.0
λ	0.95

그림 10은 실험을 통하여 얻은 데이터 쌍을 수동으로 3개로 균등 분할하여 얻은 입력 소속 함수의 모양이다.

그림 11은 본 논문에서 제안한 mGA로 동정해서 얻은 소속 함수의 모양이다.

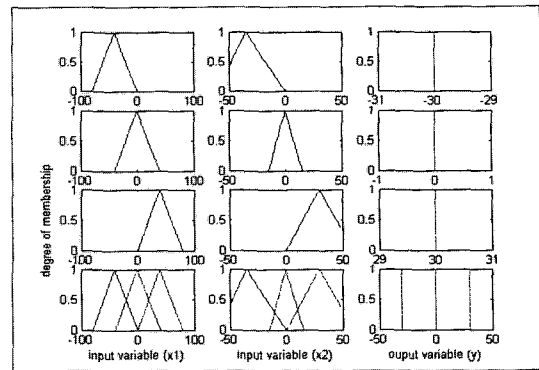


그림 10. 수동으로 동정된 소속 함수

Fig 10 Membership function of hand-operated identified

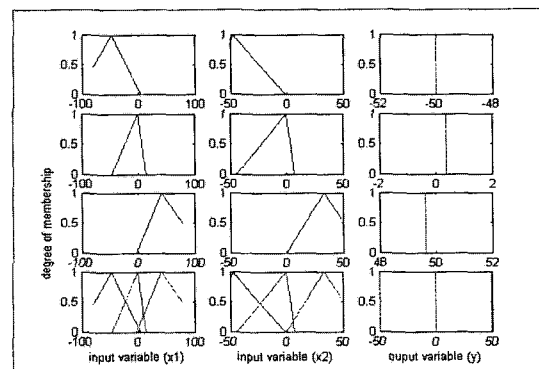


그림 11. mGA로 동정된 소속함수

Fig 11 Membership function of identified by mGA

그림 12는 수동으로 동정된 퍼지 제어기를 이용하여 초기 거리 차 -70cm, 진행각 30도로 설정하여 오른쪽 벽면 주행을 모의 실험한 그림이다. 그림 13은 mGA로 동정된 퍼지 제어기를 이용하여 그림 12와 같은 조건으로 오른쪽 벽면 주행을 실험한 그림이다. 그림 12와 그림 13을 비교하면, 그림 13에서 지능형 로봇이 기준선에 빠르고 정확하게 수렴하는 것을 볼 수 있다.

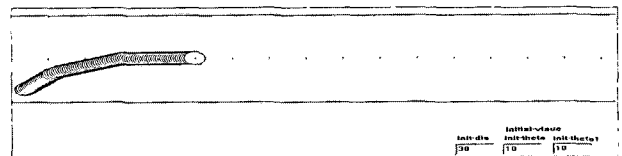


그림 12. 수동으로 동정된 퍼지제어기를 이용한 오른쪽 벽면 주행

Fig 12 Right wall following using hand-operated identified fuzzy controller

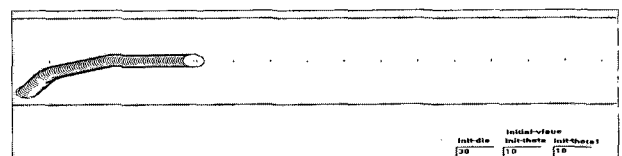


그림 13. mGA로 동정된 퍼지제어기를 이용한 오른쪽 벽면 주행

Fig 13 Right wall following of identified fuzzy controller by mGA

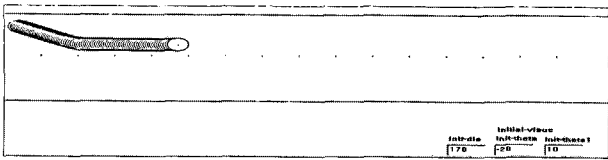


그림 14. 수동으로 동정된 퍼지 제어기의 오른쪽 벽면 주행
Fig 14 Right wall following using hand-operated identified fuzzy controller

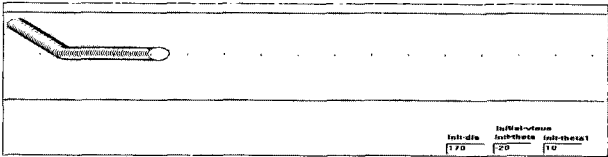


그림 15. mGA로 동정된 퍼지제어기의 오른쪽벽면주행
Fig 15 Right wall following of identified fuzzy controller by mGA

그림 14는 수동으로 동정된 퍼지 제어기를 이용하여 초기 거리 차 70cm, 진행 각 -20도로 설정하고 오른쪽 벽면 주행을 모의 실험한 그림이다. 그림 15는 그림 14와 같은 조건으로 mGA로 동정된 퍼지 제어기로 오른쪽 벽면 주행을 모의 실험한 그림이다. 그림 14와 그림 15를 비교하면 그림 14는 기준선에 수렴하지 못하지만 그림 15는 빠르고 정확하게 기준선에 수렴하는 것을 볼 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 mGA를 이용하여 지능형 이동 로봇의 주행 제어에 필요한 퍼지 제어기의 구성 요소를 동정하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 이동 로봇의 주행에 필요한 퍼지 제어기의 구성 요소 중의 하나인 입력력변수의 소속 함수의 파라미터를 mGA를 이용하여 동정하는 방법이다. 소속 함수의 파라미터를 유전인자로 암호화해서 우수한 유전인자를 다음 세대에까지 물려줌으로써 최적의 해를 찾는 것이다. 본 논문에서 제안한 방법은 이동 로봇의 오른쪽 벽면 주행의 모의실험을 통하여 수동으로 동정된 퍼지 제어기보다 우수함을 증명하였다.

참고 문헌

[1] S. Shao, "Fuzzy Self-Organizing Controller And Its Application for Dynamic Processes", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 26, pp. 151-164, 1988,
 [2] H. A. Malki, H. Li and G. Chen, "New Design and Stability Analysis of Fuzzy Proportional- Derivative Control Systems", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 48, pp.279-287, 1994.
 [3] D. Misir, H. A. Malki and G. CHen, "Design and Analysis of a Fuzzy Proportional-Integral-Derivative Controller", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 79, pp.297-314, 1994.
 [4] J. M. Mendel and G. C. Mouzouris, "Designing Fuzzy Logic Systems", *IEEE Transations on*

Circuits and Systems-II, Vol. 44, pp. 885-895, 1997.
 [5] K. Passino and S. Yurkovish, *Fuzzy Control*, Addison-Wesley, Menro Park, 1997
 [6] M. Sugeno and T. Yasukawa, "A Fuzzy-Logic-Based Approach to Qualitative Modeling", *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*, Vol. 1, pp. 7-31, 1993
 [7] C. T. Sun, "Rule Base Structure Identification in an Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System", *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*, Vol. 2, pp. 64-73, 1994
 [8] C. S. Ting, T. H. S. Li and F. C. Fung, "An Approach to Systematic Design of Fuzzy Control System", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 77, pp. 151-166, 1996.
 [9] L. X. Wang and J. M. Mendel, "Generating Fuzzy Rules by Learning from Examples", *IEEE Trans. on System, Men and Cybernetics*, Vol. 22, pp. 1414-1427, 1996.
 [10] L. X. Wang, "Stable Adaptive Fuzzy Controllers with Application to Inverted Pendulum tracking", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 31, pp. 677-691, 1996.
 [11] C. G. Moore and C. J. Harris, "Aspects of Fuzzy Control and Estimation", *Advances in Intelligent Control*, pp. 201-242, 1994
 [12] S. Horikawa, "A Fuzzy Controller Using A Neural Network And It's Capability To learn Control Rules", *Proceedings of the International Conference on Fuzzy Logic & Neural Networks*, pp.103-106, 1990.
 [13] K. S. Narendra and K. Parthasarathy, "Identification and Control of Dynamical Systems Using Neural Networks", *IEEE Trans. on Neural Networks*, Vol. 1, pp. 4-27, 1990.
 [14] K. S. Narendra and S. Mukhopadhyay, "Adaptive Control Using Neural Networks and Approximate Models", *IEEE Trans. on Neural Networks*, Vol. 8, pp. 475-485, 1997.
 [15] Y. Tamaguchi, T. Takagi, and T. Mita, "Self-organizing Control Using Fuzzy Neural Networks", *Advancing in Intelligent Control*, pp. 337-361
 [16] Y. C. Chen, Ching-Cheng Teng, "A Model Reference Control Structure Using a Fuzzy Neural Network", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol 73, pp. 291-312, 1995
 [17] D. E. Goldberg, *Genetic Algorithms in Search, Optmization & Machine Learning*, Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
 [18] Y. H. Joo, H. S. Hwang, K. B. Kim and K. B. Woo, "Fuzzy System Modeling by Fuzzy Partition and GA Hybrid Schemes", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol 86, No. 3, pp 279-288, 1997.
 [19] Y. H. Joo, H. S. Hwang, K. B. Kim and K. B. Woo, "Linguistic Model Identification for Fuzzy System", *Electronics Letters*, Vol. 31, pp. 330-331, 1995.
 [20] Y. H. Joo, H. S. Hwang, K. B. Woo and K. B.

Kim, "Fuzzy System Modeling and Its Application to Mobile Robot Control", Fuzzy Logic and Its Applications, Information Sciences, and Intelligent Systems, Kluwer Academic Publishers, pp. 147-156, 1995, 12.

- [21] H. Kargupta, "The Gene Expression Messy Genetic Algorithm", *Proc. of IEEE Int. Conf. on Evolutionary Computation*, Nagoya, Japan, 1996.
-

저 자 소 개

주영훈(Young Hoon Joo)

15권 3호 참조



조상균(Sang Kyun Cho)

2003년 군산대 전자정보공학부 졸업

2003년~현재: 동 대학원 전자정보

공학과 석사 과정

관심분야 : 지능로봇, 퍼지 제어, 지능형
이동로봇

Phone : 063-469-4706

Fax : 063-469-4706

E-mail : sangkyun0101@lycos.co.kr