

퍼지 로직과 유전자 알고리즘을 이용한 효율적인 제어기 설계

장 원 빈(張 原 彬), 김 동 일(金 東 一), 권기호(權 寄 浩)
성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부
전화 : (0331) 290-7197 / 팩스 : (0331) 290-7197

A Efficient Controller Design with Fuzzy Logic and Genetic Algorithms

Wonbin Chang, Dongil Kim, Key Ho Kwon
School of Electrical and Computer Engineering Sungkyunkwan University
E-mail : wonbin@yahoo.com, skull0730@hanmail.net

Abstract

Previous works using a Multi-population Genetic Algorithm have divided chromosome into two components, rule sets and membership functions. However, in this case bad rule sets disturb optimization in good rule sets and membership functions. A new method for a Multi-population Genetic Algorithm suggests three components, good rule sets, bad rule sets, and membership functions. To show the effectiveness of this method, fuzzy controller is applied in a Truck Backing Problem. Results of the computer simulation show good adaptation of the proposed method for a Multi-population Genetic Algorithm.

알고리즘은 염색체를 제어규칙과 소속함수, 두부분으로 분할하여 제어규칙과 소속함수를 동시에 진화시키는 방법으로 좋은 성능의 퍼지 제어기를 설계할 수 있었다. 그러나 제어규칙과 소속함수가 염색체에 동시에 표현되어 좋지 못한 제어규칙이 잘 진화된 소속함수를 크게 변화시킬 수 있고, 좋은 제어규칙과 좋지 못한 제어규칙을 한꺼번에 표현하였기 때문에 좋은 제어규칙에서 잘 진화된 소속함수의 변화를 좋지 못한 제어규칙이 방해하므로 최적해를 얻을 가능성이 감소되는 단점이 있다. 본 논문에서는 트럭 배킹 문제(Truck Backing Problem)를 대상으로 여러 형태의 유전자 알고리즘을 적용하여 성능을 비교 분석하였다[1][2]. 기존의 다중개체군 유전자 알고리즘을 제안된 유전자 알고리즘과 구별하기 위하여 편의상 일반 다중개체군 유전자 알고리즘으로 명칭을 정하였다.

1. 서론

유전자 알고리즘의 일종인 일반 다중개체군 유전자

2. 유전자 알고리즘을 이용한 퍼지

제어기

유전자 알고리즘을 이용한 퍼지 제어기는 수치 데이터뿐만 아니라 언어적 변수로 표현된 제어규칙을 직접 사용할 수 있으며 얻어진 해가 최적해를 나타내는 특징이 있다. 이 제어를 만드는 방법에는 제어규칙을 미리 결정하는 소속함수를 진화시키는 방법, 소속함수를 미리 결정하고 제어규칙을 진화시키는 방법 및 제어규칙과 소속함수를 동시에 진화시키는 방법이 있다. 퍼지 제어 시스템에서는 인간의 전문지식을 “IF~THEN” 규칙형태로 만들고 퍼지 추론으로 제어기의 입력력 관계를 결정한다. 이 경우 전문지식에 의해 생성된 규칙이라 하더라도 제어 목적을 달성하는 최적제어가 아닐 수 있다. 그림 1은 유전자 알고리즘을 이용한 퍼지 제어기의 구조를 보여 주고 있다[3][4].

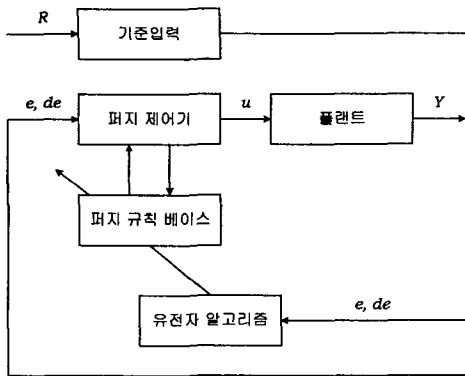


그림 1 유전자 알고리즘을 이용한 퍼지 제어기의 구조

3. 제안된 다중개체군 유전자 알고리즘의 구조

본 논문에서 제안된 다중개체군 유전자 알고리즘은 최대 세대수의 절반(0세대~50세대)동안 제어규칙과 소속함수를 두부분으로 분할하는 일반 다중개체군 유전자 알고리즘을 적용하였고 남은 절반 세대수(51세대~100세대)동안 염색체를 세부분(좋은 제어규칙, 좋지 못한 제어규칙 및 소속함수)으로 분할하여 적용하

였다. 좋은 제어규칙과 좋지 못한 제어규칙의 분할의 경계조건(threshold)은 절반 세대수까지 적용된 전체 제어규칙의 1.0%로 하였다. 그림 2는 제안된 다중개체군 유전자 알고리즘의 염색체 표현을 보여 주고 있다.

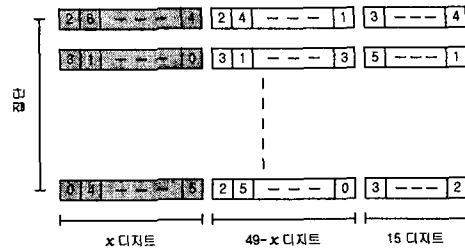


그림 2 제안된 다중개체군 유전자 알고리즘의 염색체 표현

4. 시뮬레이션

퍼지 제어 시스템에 대한 알고리즘의 성능을 비교하기 위해 단순 유전자 알고리즘, 일반 다중개체군 유전자 알고리즘 및 제안된 다중개체군 유전자 알고리즘을 적용하였다.

4.1 시뮬레이션 구성 및 방법

트럭 배킹 문제를 대상으로 알고리즘을 적용하였다. 그림 3은 시스템의 구성을 보여 주고 있다. 시스템은 100×100 그리드(grid)인 이차원(two dimension) 상에 놓인 트럭을 목표위치로 이동시키는데 트럭의 분체각도(truck angle, ϕ), 트럭의 조타각도(steering angle, θ), 트럭의 x축 좌표(distance, x), 및 트럭의 y축 좌표(height, y)가 존재한다. 시스템에서는 기준입력(R)을 최단시간 내의 x축 좌표(x_R)를 50.0[m]인 상태와 y축 좌표(y_R)를 100.0[m]인 상태로 하였고 시간에 대한 샘플링(τ)을 0.02[sec]로 하며 샘플링 제한(limited time step)을 65로 하였다. 그림 3의 시스템

은 식 (1)로 표현된다.

$$\begin{aligned} \phi' &= \phi + \theta \\ x' &= x + r \cos(\phi') \\ y' &= y + r \sin(\phi') \end{aligned} \quad (1)$$

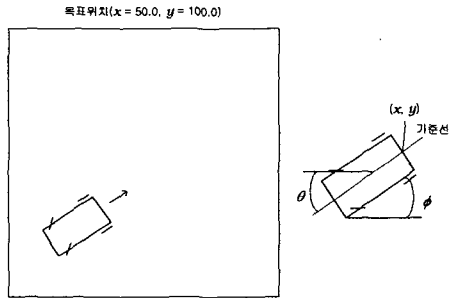


그림 3 트럭 배킹 문제

여기서 트럭의 반경(radius, r)은 2.0[m]으로 하였다. 표 1은 퍼지 제어기의 입력변수와 출력변수의 이득을 보여 주고 있다.

표 1 입출력 제어변수의 이득

변수	범위
ϕ	$-90.0^\circ \sim +270.0^\circ$
x	$0.0[m] \sim +100.0[m]$
θ	$-30.0^\circ \sim +30.0^\circ$

트럭 배킹 문제를 대상으로 단순 유전자 알고리즘, 일반 다중개체군 유전자 알고리즘 및 제안한 다중개체군 유전자 알고리즘을 비교하였다. 표 2는 알고리즘에 대한 파라미터를 보여 주고 있다.

여기서 재생산에는 룰렛휠 선택(roulette wheel selection)법을, 교배에는 일점교배(one-point crossover)법을, 및 돌연변이에는 단순 돌연변이(simple mutation)법을 사용하였고 적합도 함수(fitness function)는 식 (2)와 같다.

표 2 알고리즘에 대한 파라미터

파라미터	값
최대 세대수	100
경계 세대수	50
집단 크기	100
염색체 크기	64
전체 제어규칙 크기	49
전체 소속함수 크기	15
교배 확률	0.4
돌연변이 확률	0.01
무계중심 샘플링 횟수	10
경계조건	0.01

$$F(x) = \int_0^T \sqrt{(x_R - x)^2 + (y_R - y)^2} dt \quad (2)$$

4.2 시뮬레이션 결과

본 시뮬레이션에서는 알고리즘의 성능을 비교하기 위하여 초기위치(ϕ_0, x_0)를 다르게 적용하여 평균을 구해 보았다. 표 3은 알고리즘에 대한 비교를 보여 주고 있다.

표 3 알고리즘에 대한 비교

알고리즘 (ϕ_0, x_0)	SGA	일반 MGA	제안된 MGA
(22.5, 10.0)	2.23594E-4	2.2972E-4	2.38637E-4
(90.0, 10.0)	2.49451E-4	2.52539E-4	2.56365E-4
(22.5, 40.0)	2.05452E-4	2.09375E-4	2.15527E-4
(157.5, 40.0)	2.60871E-4	2.61617E-4	2.67659E-4
(90.0, 50.0)	1.83427E-4	2.26818E-4	2.31573E-4
(225.0 50.0)	2.56725E-4	2.71547E-4	2.7331E-4
(22.5, 60.0)	1.56439E-4	1.66505E-4	1.85244E-4
(157.5, 60.0)	2.21431E-4	2.31468E-4	2.36489E-4
평균	2.19674E-4	2.31199E-4	2.38101E-4

시뮬레이션 결과 단순 유전자 알고리즘 및 일반 다중개체군 유전자 알고리즘보다 제안된 다중개체군 유전자 알고리즘의 성능이 우수함을 보여 주었다. 그림 4는 초기위치가 (22.5, 10.0)일 경우 세대별 최적적합

도를 보여 주고 있다.

5. 결론

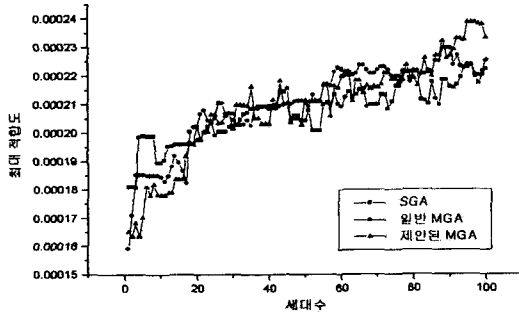


그림 4 세대별 최대적합도

그림 5~6은 최대 세대수동안 가장 좋은 적합도를 나타낸 염색체에 대한 시스템의 응답을 보여 주고 있다.

본 논문에서는 제안된 다중개체군 유전자 알고리즘에서는 좋은 제어규칙에 대한 다양성을 향상시키기 위해 염색체를 좋은 제어규칙, 좋지 못한 제어규칙 및 소속함수, 세부분으로 분할하였다. 시뮬레이션을 수행한 결과 제안된 다중개체군 유전자 알고리즘이 좋은 성능을 보여 주었다.

향후 연구과제로는 최적의 성능을 발휘할 수 있도록 재생산 방법, 교배 방법, 돌연변이 방법 등의 변화가 필요하며 좋은 제어규칙과 좋지 못한 제어규칙을 분할하는 경계조건 및 경계조건이 적용되는 세대수를 결정하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

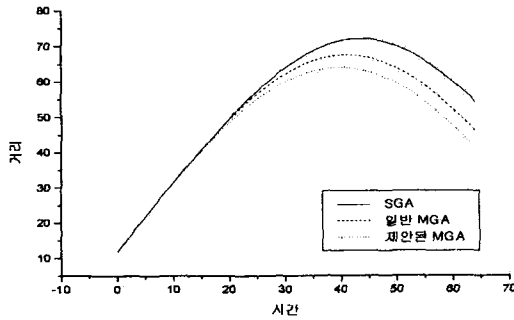


그림 5 최대적합도에서의 거리

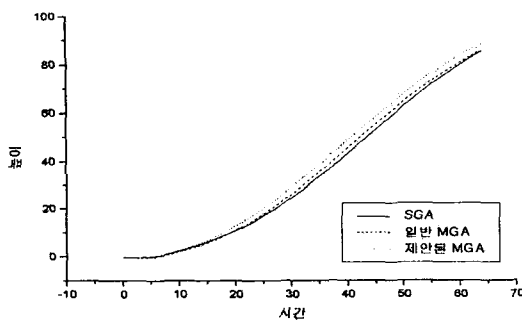


그림 6 최대적합도에서의 높이

- [1] Gyula Mester, Szilveszter Pletl, Attila Nemes and Tibor Mester, "Structure Optimization of Fuzzy Control Systems by Multi-population Genetic Algorithm", EUFIT '98, September 7-10, 1998.
- [2] Abdollah Homaifar and Ed McCormick, "Simultaneous Design of Membership Functions and Rule Sets for Fuzzy Controllers Using Genetic Algorithms", IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 3, No. 2, May 1995.
- [3] S. Shao, "Fuzzy Self-organizing Controller and its Application for Dynamic Processes", Fuzzy Sets and Syst., Vol. 26, pp. 151-164, 1988.
- [4] D. Park, A. Kandel, and G. Langholz, "Genetic-based New Fuzzy Reasoning Models with Application to Fuzzy Control", IEEE Trans. Syst. Man Cybern., Vol. 24, No. 1, pp. 39-47, 1994.