유전알고리즘을 이용한 퍼지제어기의 최적화
Optimization of fuzzy logic controller using genetic algorithm

조성인* 이재훈*
정회원
S. I. Cho J. H. Lee
E-mail : sicho@plaza.snu.ac.kr

1. 서론

퍼지 이론(Fuzzy Theory)은 정보의 애매성을 다루는 학문으로 과학에 주관성이 도입된 형태의 새로운 학문 분야이다. 인간의 사고를 수치화하고 이를 언어적으로 처리할 수 있는 퍼지 이론은 인공지능(Artificial Intelligence)의 한 분야로서, 1965년 Lofti Zadeh교수에 의하여 창안된 후 많은 연구가 이루어지고 있다. 특히 일본을 중심으로 퍼지 이론을 이용한 제어기 개발이 많이 이루어지고 있으며, 이러한 퍼지논리제어기(Fuzzy Logic Controller, FLC)는 그 특성으로 인해 농업환경에의 성공적 적용사례가 늘고 있다.

농업환경은 자연현상과 생리변화 등 다루어야 할 대상이 매우 복잡하고, 대부분의 경우가 알려져 있지 않다. 이들의 정보 또한 정확한 것이 아닌 불확실하거나 애매한 정보를 다루는 경우가 많다. 그러므로 이러한 환경에 적용된 퍼지 이론은 농업의 이러한 불확실하고 애매한 정보를 수치화하여 유용한 정보를 처리할 수 있는 장점을 가지고 있다.

이러한 퍼지논리제어기의 성능은 퍼지귀속도함수(Fuzzy Membership Function)와 퍼지제어규칙(Fuzzy Rule Set)에 의해 지배받는다. 그러나 이러한 퍼지귀속도함수와 퍼지제어규칙의 결정은 대개의 경우 개발자의 직관에 의해 만들어지고 있으며, 특수한 몇몇 경우에 한해서 그 분야의 전문가의 지식을 활용하게 되는데 이 또한 최적의 결정이라 할 수 없다.

퍼지귀속도함수의 최적화를 위해 여러 가지 방법이 시도되었다. 그 중 대표적인 것이 인공신경망이나 유전알고리즘을 이용하는 것이다. 하지만 퍼지귀속도함수와 퍼지제어규칙은 서로가 상호 의존적이므로 퍼지귀속도함수를 최적화하였다고 하여도 퍼지제어규칙 때문에, 생성된 퍼지제어기가 최적의 것이라 말할 수 없다. 또한 퍼지제어규칙만을 최적화하는 경우도 마찬가지이다. 따라서 본 연구에서는 퍼지귀속도함수와 퍼지제어규칙을 동시에 최적화하기 위하여 유전알고리즘을 사용하고자 한다.

조 등(1996)은 과수원에서 방제기의 자율주행을 위해 기계시각과 초음파 센서를 입력으로 하여 퍼지논리제어기를 구성하였다. 그 논문에서 퍼지귀속도함수와 퍼지제어규칙을 직관적으로 작성되었고 그것이 그림 1과 표 1에 표시되어 있다. 본 연구에서는 조 등(1996)이 실행한 시뮬레이션을 기준으로, 유전알고리즘을 사용하여 퍼지논리제어기를 최적화할 경우 시

* 서울대학교 농업생명과학대학 농공(농업기계전공)학과

스템의 성능이 어느 정도 향상시킬 수 있는 지를 보여주고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 유전알고리즘 소개

유전알고리즘은 자연계의 적자생존의 원리에 기초한 탐색 알고리즘으로 자연의 유전현상을 컴퓨터에 구현한 것이다. 여러 개의 개체로 구성되어 있는 하나의 인구(population)가 한 세대(generation)를 구성하게 되며 유전알고리즘의 기본적인 연산을 통하여 세대가 발전하는 과정에서 원하는 값을 찾아가는 시스템이다. 원하는 값을 찾는 과정에서 목적함수가 사용되며 이 값을 이용하여 적자생존의 자연 현상을 적용하게 된다.

유전알고리즘의 기본적인 연산자는 세 가지가 있는데 재생산(reproduction), 교배(crossover), 돌연변이(mutation)가 그것이다. 이 세 개의 연산자를 통하여 한 세대를 만들고 다음 세대로의 이전을 준비하게 된다. 각각의 개체는 목적함수값(적합도)을 가지고 있으며 이 목적함수값이 큰 개체는 다음 세대로의 유전 가능성이 그 만큼 커지게 된다.

나. 퍼지귀속도함수와 퍼지제어규칙의 코딩

퍼지귀속도함수와 퍼지제어규칙을 코딩하기 위하여 일반적으로 쓰이는 코딩규칙이 아닌 새로운 규칙을 적용하였다. 일반 유전알고리즘에서는 0과 1로 구성된 배열로 코딩을 하는 것이 일반적이나 그렇게 되면 배열의 길이가 너무 길어지는 단점이 있으므로 여기서는 정수배열로 제어변수를 코딩하였다. 그림 2는 이러한 방법으로 조 등(1996)이 만든 퍼지귀속도함수와 퍼지제어규칙을 코딩한 모습이다. 대칭성을 고려하여 불필요한 코딩을 줄였으며 또한 기본적인 퍼지제어규칙은 그대로 사용하였다.

다. 목적함수의 설정

목적함수 설정을 위해 조 등(1996)이 그의 논문에서 사용한 RMS값을 사용하였다. 코딩된 각 개체를 가지고 퍼지귀속도함수와 퍼지제어규칙을 설정한 후 조 등(1996)이 수행한 시뮬레이션과 같은 시뮬레이션을 수행하여 RMS값을 얻었다. 이러한 RMS값을 최소로 하는 것이 최적이라 할 수 있으나 목적함수를 최대로 하는 것이 일반적이므로 구한 RMS값에 음의 부호를 취한 것을 각 개체의 적합도로 설정하였다.

라. 시뮬레이션 수행

100개의 개체를 가지고 100세대동안 시뮬레이션을 수행하였다. 교배율은 70%로 하였으며, 돌연변이율은 5%로 하였다. 교배는 토너먼트형을 선택하였다. 토너먼트형이란 이전 세대에서 임의로 두 개체를 골라 그 중 적합도가 큰 것을 선택하고 이러한 과정을 한 번 더 한 후, 두 개체를 교배시키는 것을 말한다.

일반적으로 0과 1로 구성된 염색체에서 돌연변이가 채택될 때에는 0은 1로, 1은 0으로 바꾸는 작업을 한다. 그러나 본 연구에서 코딩한 염색체는 정수배열로 되어 있으므로 일반적으로 쓰이는 돌연변이규칙을 사용할 수 없었다. 각 염색체 배열에 대해서는 최소 값과 최대 값이 존재하고, 존재할 수 있는 범위 내에서 돌연변이가 일어나게 하여야 하므로 최대

값에서 돌연변이가 일어날 때는 최저 값이 나오도록 설정하였고 이 밖의 경우에는 이전 값에 1을 더한 값을 돌연변이로 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 세대발전에 따른 적합도 값의 변화

그림 3은 세대가 발전함에 따라 세대별 100개의 개체에 대한 적합도의 평균과 최대 값을 보여주고 있다. 그림에서 보이듯이 10세대 이후에는 거의 수렴한 것을 알 수 있다.

나. 최적 RMS값

조 등(1996)이 그의 논문에서 수행한 시뮬레이션의 RMS값은 26.22cm였고, 본 연구에서 최적화 한 후의 RMS값은 5.54cm이다. 그림 4는 두 값이 나올 때의 시뮬레이션 과정으로 그림에도 보이듯이 RMS값이 5.54cm일 때 상당히 직진성이 개선됨을 볼 수 있다. 초기위치를 약간 틀어놓았기 때문에 출발직후에는 그 위치를 바로 잡으려는 노력을 볼 수 있었다. 또한, 초기위치에 대한 영향을 평가하기 위하여 최적의 제어변수로 초기위치를 조금씩 변화시켜 가면서 시뮬레이션을 실행시켜 본 결과, 초기위치에 관계없이 직진성이 개선된 모습을 볼 수 있었다.

다. 최적화 후의 퍼지귀속도함수와 퍼지제어규칙

그림 5와 표 2는 최적화 이후의 퍼지귀속도함수와 퍼지제어규칙이다. 퍼지귀속도함수는 겹치는 부분이 이전 보다 많아졌고 특히 0부근에서는 세개의 언어변수가 겹치는 것과 특정 지점에는 퍼지귀속도함수의 값이 무조건 0이 되는 곳도 볼 수 있다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 유전알고리즘을 이용하여 퍼지논리제어기를 최적화할 수 있음을 보였다. 염색체의 길이를 줄이기 위해 0과 1의 배열이 아닌 정수배열을 사용하였으며, 토너먼트형 교배를 시도하였다. 시뮬레이션 수행후 520%의 성능 향상을 볼 수 있었으며 이러한 과정을 통해 유전알고리즘이 퍼지논리제어기의 최적화에 실용적으로 쓰일 수 있음을 알 수 있었다.

유전알고리즘을 적용하는데 있어 중요한 것이 목적함수의 설정과 제어변수의 코딩이다. 목적함수는 대개의 경우 원하는 결과를 바탕으로 쉽게 도출할 수 있는 반면 제어변수의 코딩은 많은 문제가 있다. 너무 많은 제어변수를 코딩하여 사용한다면 최적화 과정에 시간이 많이 걸리고 또한 메모리의 문제로 개체수를 많이 설정할 수 없으므로 최적해에 접근하지 못할 수도 있다. 그러므로 제어변수는 되도록 작게 하여 주고 나머지는 미리 설정된 값을 이용하는 것이 좋을 것이다.

5. 참고문헌

1. 조성인, 기노훈. 1995. 퍼지논리와 유전알고리즘을 이용한 트랙터-트레일러 후진제어 시뮬레이션. 한국농업기계학회지. Vol. 20(1). pp 87-94

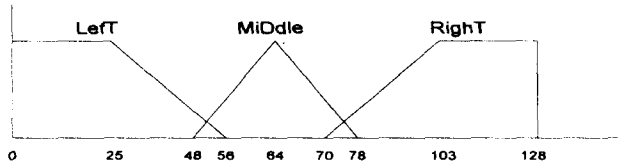
2. 조성인, 기노훈. 1996. 기계시각과 퍼지논리를 이용한 스피드스프레이어의 자율주행(Ⅰ) - 그래픽 시뮬레이션 - . 한국농업기계학회지. Vol. 21(2). pp 167-174
3. 정성훈. 1996. 적응 확률을 갖는 유전자 알고리즘을 사용한 퍼지규칙의 최적화. 한국퍼지 및 지능시스템학회. Vol. 6(2) pp 43-51
4. Timothy J. Ross. 1995. Fuzzy Logic with Engineering Applications. McGraw-Hill,Inc.
5. Blackmore, B. S. and T. Steinhauser. 1993. Intelligent Sensing and Self-Organizing Fuzzy Logic Techniques Used in Agricultural Automation. ASAE Summer meeting. Paper No. 931048
6. Edwards, D. B. and J. R. Canning. 1995. Developing a Radio-Controlled Log skidder with Fuzzy Logic autonomous Control. ASAE Transactions. Vol. 38(1). pp 243-248

표 1. Fuzzy rule set of the previous FLC

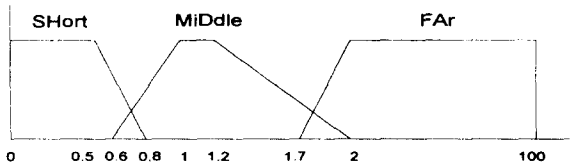
Rule Number	Rule					
	ROUTE	US1	US2	US3	US4	LEVER
1	MD	DC	DC	DC	DC	NP
2	LT	DC	DC	DC	DC	LM
3	RT	DC	DC	DC	DC	RM
4	DC	SH	DC	DC	DC	RL
5	DC	DC	SH	DC	DC	LL
6	DC	DC	DC	SH	DC	RL
7	DC	DC	DC	DC	SH	RL
8	DC	DC	DC	MD	DC	RS
9	DC	DC	DC	DC	MD	LS
10	RT	MD	DC	DC	DC	RS
11	LT	DC	MD	DC	DC	LS
12	RT	DC	DC	DC	MD	RS
13	LT	DC	DC	MD	DC	LS
14	RT	DC	FA	DC	DC	RS
15	LT	FA	DC	DC	DC	LS

표 2. Fuzzy rule set of the optimized FLC

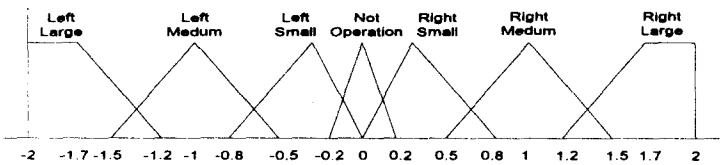
Rule Number	Rule					
	ROUTE	US1	US2	US3	US4	LEVER
1~7	The same rules as Table 1					
8	DC	SH	FA	SH	SH	RS
9	RT	DC	SH	DC	DC	LS
10	LT	SH	MD	MD	MD	RS
11	LT	MD	SH	FA	MD	LS
12	RT	DC	DC	DC	DC	RS
13	LT	DC	DC	DC	FA	LS
14	MD	DC	FA	FA	FA	RS
15	RT	DC	MD	FA	SH	LS



(a) Membership function of ROUTE



(b) Membership function of DISTANCE



(c) Membership function of LEVER

그림 1. Membership function of the previous FLC

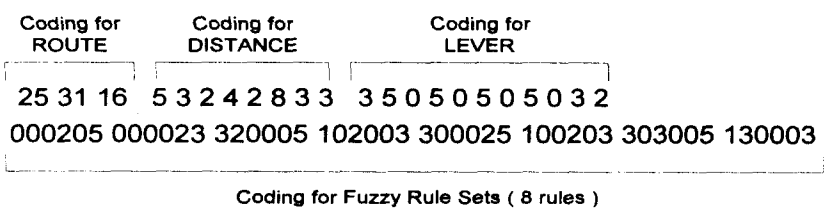


그림 2. Coding for both fuzzy membership function and fuzzy rule set

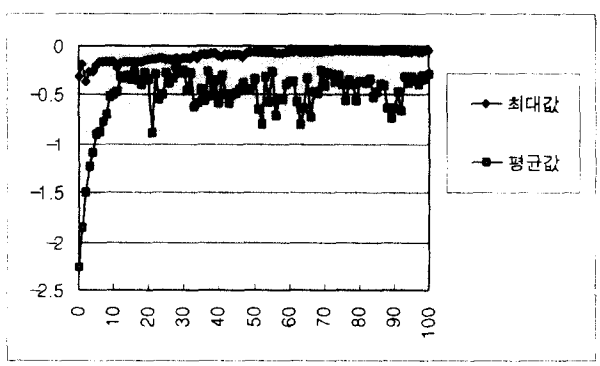
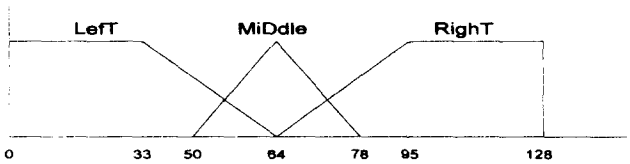


그림 3. Change of fitness

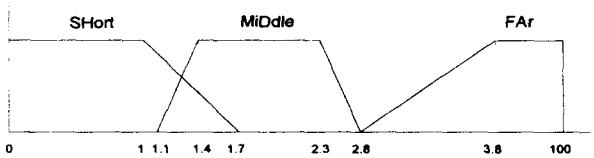
(a) Simulation of the previous FLC

(b) Simulation of the optimized FLC

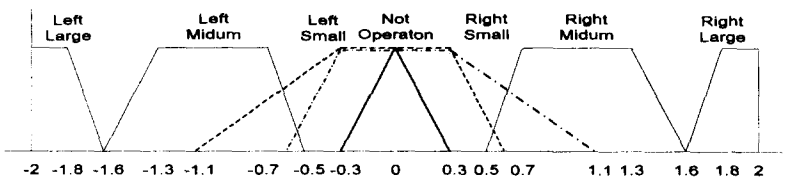
그림 4. Simulation of two FLC



(a) Membership function of ROUTE



(b) Membership function of DISTANCE



(c) Membership function of LEVER

그림 5. Membership function of the optimized FLC