

## 유전 알고리즘에 의한 퍼지제어기의 자기 동조에 관한 연구

김 대 권, 배 종 일  
부경대학교 전기제어공학부

### A Study on Self-Tuning of Fuzzy Controller using a Genetic Algorithm

Dae-Kwon Kim, Jong-Il Bae

Division of Electrical and Control Engineering Pukyong National University

**Abstract** - In this paper, we applied genetic algorithm to current control for robust control and stability. In conclusion, we prove that current control of genetic algorithm can be high efficiency.

#### 1. 서 론

선형제어시스템에서 PI, PID제어기의 이득은 일정하며 제어기의 이득이 적절히 선정될 경우에는 좋은 제어특성을 얻을 수 있다. 직류 직권모터 제어에서 파라미터의 열적 변화, 마찰과 부하의 비선형특성을 고려한다면 이득이 일정한 선형제어기만으로는 고성능의 제어특성을 기대하기 어렵다.

유전알고리즘은 생태계의 진화원리를 이용하여 복잡한 시스템의 최적화 문제를 해결할 수 있도록 한 것인데, 퍼지제어와 같이 수학적 모델이 없이 목적함수의 설정만으로 일반해를 찾을 수 있다. 유전알고리즘은 최적화하는 파라미터를 각 개체의 유전자에 할당해야 하는데, 본 논문에서는 최적화 변수가 소속함수가 된다.

#### 2. 본 론

유전 알고리즘을 이용하여 퍼지제어기의 소속함수를 동조하기 위한 전체시스템의 하드웨어는 Fig. 1과 같다. IBM PC는 유전 알고리즘을 이용한 퍼지제어기의 소속 함수 동조를 담당하고, 818 Lab card는 PC와의 신호 전달을 담당하며, DSP 보드는 전류제어를 담당한다.

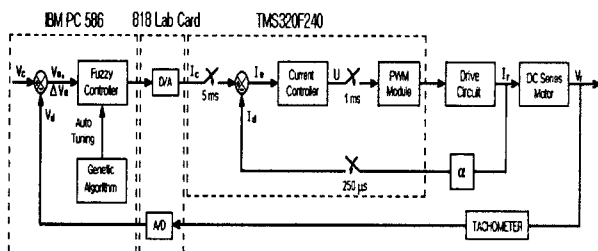


Fig. 1 Total hardware diagram for magnetic tuning fuzzy controller using PC

#### 2.1 소속함수의 자기 동조를 위한 유전 알고리즘

##### 2.1.1 유전알고리즘의 조건

자기 동조를 위한 유전알고리즘은 7단계를 적용하였으며 유전알고리즘의 기본 계수를 설정하면 1개체의 유전자 길이 (Chrom-Length)는 12개이며 1세대는 10개의 개체(Population)을 가진다. 그리고 최대 50세대(Max-Gen)까지 진화를 시킨다. 교배확률(P-Cross)은 80%이고 돌연변이 확률(P-Mutation)은 5%이다.

##### 2.1.2 유전자 구조 초기화 및 Decording

총 12개의 염색체로 1개체의 모든 소속 함수를 포함한다. 유전자를 퍼지제어기에 적용하기 위해 소속함수로 변환(Decording)하면 다음과 같다.

$MemPt[i][j]=string[pop][k]$

여기서,  $i=(unsigned\ int)(k/4)$ ,

(0:오차, 1:오차 변화율, 2:출력)

$j=1+3*(unsigned\ int)((k\%4)/2)+(k\%4)\%2$ ,

(  $(k\%4)=0,1,2,3 \rightarrow j=1,2,4,5$  )

pop : 개체수 k : 염색체 번호

##### 2.1.3 적합도와 수렴조건

유전 알고리즘에서 각 개체의 적합도를 평가하기 위해서 퍼지제어기의 평가 함수를 만들기 위한 적용기준은 상승시간과 상승시간 이후의 오차 크기의 합이 되는데, 상승시간은 속용성의 기준이 되고, 오차 크기의 합은 정상상태 오차와 정착시간에 관계된다. 상승시간은 기준 속도의 90%에 도달할 때까지의 시간으로 하며, 만약 도달하지 않으면 상승시간에 대한 적합도는 0이 된다.

오차 크기의 합은 상승시간 이후의 응답에서 오차의 크기를 합한 것으로 이것 역시 90%에 도달하지 않으면 적합도는 0이 된다. 식 (14)는 상승시간에 도달했을 때의 적합도를 구하는 식이다.

$$fitness = \frac{1}{Rise\ Time} + \frac{\alpha}{Sum\ Abs\ Error}$$

##### 2.1.4 동조결과

위에서 제안한 방법으로 실시시스템에 적용했을 때의 적합도 변화와 성장률을 Fig. 2와 Fig. 3에 나타내었다.

여기서, 성장률에 의한 수렴조건은 성장률이 1.000에서 1.005사이일 때이며, 실험 조건은 기준 속도 1500[rpm], 부하 100[A]이다.

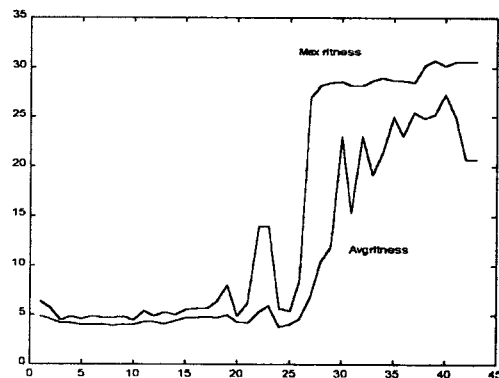


Fig. 2 Fitness variation

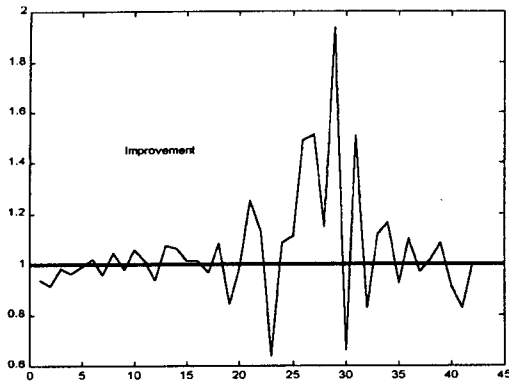


Fig. 3 Convergence each generation

이 결과는 전세대에 걸쳐 전반적으로 성장률이 1이상이 되어 결과가 나아진다는 것을 보여주며, 42세대에 수렴함을 알 수 있다.

### 2.1.5 실험결과

Fig 4는 부하가 100[A]이고 기준 속도가 다를 때, 각각의 퍼지 제어기에 따른 속응성을 보여주고 있다. 여기서, 보면 개별 이동 평균법에 따른 응답이 가장 좋다는 것을 알 수 있다. 그러나, 2000[rpm]의 응답에 있어서 개별 이동 평균법을 이용한 퍼지 제어기는 출력 스케일이 작아 수렴하지 않았다.

Fig. 5는 부하가 160[A]이고 기준 속도가 1000[rpm]이며 출력 스케일이 변할 때, 각각의 퍼지 제어기에 따른 속응성을 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 일반적으로 퍼지 출력 스케일이 증가하면 속응성은 향상된다. 그러나, 일정 수준 이상에서는 속응성이 저하되는 것을 알 수 있다. 전반적으로 개별 이동 평균법을 이용한 퍼지 제어기가 뛰어난 속응성을 나타낸다.

여기서 알 수 있듯이 높은 부하가 걸려서 정상상태 오차가 발생하는 경우 퍼지 소속함수나 퍼지 규칙을 조절하지 않고, 출력 스케일만 수정하여 제어 가능하다는 것을 알 수 있다.

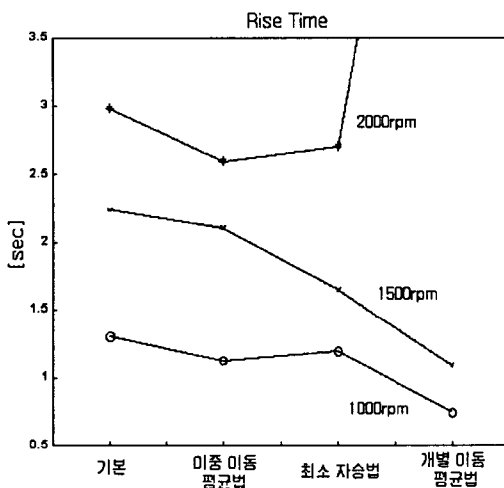


Fig. 4 Quick response each reference speed (load 100[A])

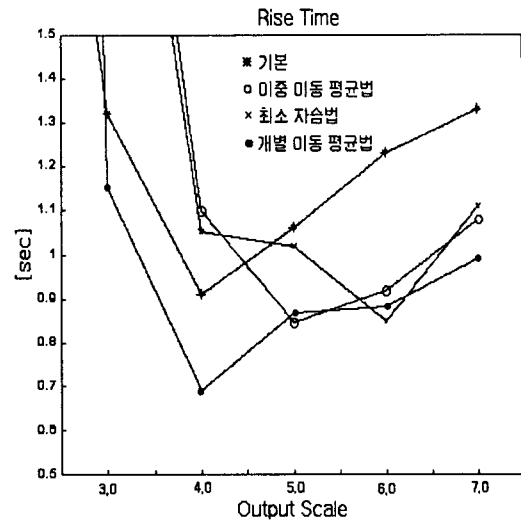


Fig. 5 Quick response each output scale (load 160[A])

### 3. 결 론

퍼지 제어기는 동조된 소속함수가 부하의 변동에도 재조절이 필요 없으며, 출력 스케일 조절만으로도 부하의 변동에 대처할 수 있었다. 퍼지 제어기는 속도 피드백에 노이즈가 존재하므로써 오차 변화율에 영향을 미쳐 전류 리플이 발생하게 된다. 본 논문에서는 이러한 노이즈의 영향을 줄이기 위해 단일 이동 평균법, 그리고 개별 이동 평균법 등을 적용했으며, 그 결과 개별 이동 평균법이 가장 우수한 성능을 보였다. 앞으로 퍼지 제어기에서 발생하는 전류 리플을 줄이기 위해 PI형 퍼지 제어기의 연구가 필요하다.

### [참 고 문 헌]

- [1] TMS320C24X DSP controllers reference set, Texas instruments, Vol. 1, 1997.
- [2] TMS320C24X DSP controllers reference set, Texas instruments, Vol. 2, 1997.
- [3] Rainer Palm, Dimiter Driankov, Hans Hellendoorn, Model Based Fuzzy Control, Spriger, 1997
- [4] David B. forgel, Evolutionary Computation, IEEE PRESS, 1995
- [5] TMS320C2x/C2xx/C5x Optimizing C Compiler-User's Guide, Texas Instrument, 1995
- [6] Dimiter Driankov, Hans Hellendoorn, Michael Reinfrank, An Introduction to Fuzzy Control, Spirger, 1996
- [7] Y. F. Li and C. C. Lau, "Development of fuzzy algorithm for servo systems", IEEE Control System Magazine, pp. 65-71, April. 1989
- [8] G. C. D. Sousa and B. K. Bose, "A fuzzy set theory based control of a phase controlled converter DC machine drive," Conf. Rec, IEEE IAS Ann. Meeting, pp. 854-861, October, 1991
- [9] TMS320C1x/C2x/C2xx/C5x Assembly Language Tools-User's Guide, Texas Instrument, 1995
- [10] TMS320C1x/C2x/C2xx/C5x Assembly Language Tools-User's Guide, Texas Instrument, 1995