

멤버쉽함수의 조정에 의한 Servo System의 Fuzzy 제어

Fuzzy Control of Servo System by manipulate membership function

이 오걸^a 송 호신^b 김 이곤^c 심영진^d 이 준탁^d
Lee O.K. Ho S.S. Kim y.G. Sim Y.J. Lee J.T

a. Dept. of Electrical Engineering, Dongeui Institute Technical
b. Dept. of Electrical Engineering, Pusan Information College
c. Dept. of Electrical Engineering, Yosu National University
d. Dept. of Electrical Engineering, Dong-A University

ABSTRACT

A servo system requires faster and more accurate dynamic responses. Generally a PD control is mainly used to obtain the precision, and in the other hand a fuzzy control to improve the transient response and to cope with the nonlinearity of systems.

Recently hybrid control, which is attempted to combine the advantages of PD control and a Fuzzy control was proposed, but this technique requires complicate design procedures. Therefore in this paper, designed on the Fuzzy controller with a various series rules, width of membership functions.

And also it was showed to have the excellent adaptive performances against disturbances and the usefulness of this controller from the results of simulations.

1. 서 론

Fuzzy 제어는 정량적 명제로 구성된 간단한 언어적 제어 Rule을 Software로 실현하여 Fuzzy 추론을 실행하는 것으로 비선형 시스템은 물론, 외란 부가 시스템에서도 적응력이 우수하고, 계산시간의 단축으로 인한 실시간 제어도 가능하다.¹⁻⁵⁾

특히, 속응력과 정확성이 요구되는 Servo System의 위치제어에 있어서 PD제어를 하는 경우 정상편차는 적지만 부하변동에 의한 과도응답이 악화되는 문제점이 있다. 또한, Fuzzy 제어는 부하변동에 대해 과도특성은 양호 하지만 정상편차가 존재하는 결점이 있다. 최근 이와 같은 단점을 상호보완 하기 위해 PD제어와 Fuzzy 제어를 결합한 Hybrid 제어가 제안되고 있으나 실현을 위한 설계가 복잡해진다.^{6, 7)}

따라서, 본 논문에서는 Fuzzy 제어기의 멤버쉽 함수의 폭을 조정하여 최적한 함수를 찾고 이 최적 멤버쉽 함수를 기본 멤버쉽 함수로 선정하고, 이보다 폭을 작게 또는 크게 변화 시켰을 경우 서보 시스템의 동특성 응답을 고찰하여 최적한 멤버쉽 함수의 선정이 제어기의 우수한 성능을 발휘할 수 있도록 함수의 종류, Width, Rule 수 등을 변화시켰을 때의 제어성능 및 외란 특성에 대해 연구하고자 한다.

II. Fuzzy 제어 Algorithm

Servo System을 제어하기 위한 Fuzzy 제어 시스템의 일반적인 구성은 그림.1과 같이 사실과 결론을 if-then 형식으로 서술하는 Fuzzy 제어 Rule 부와 Fuzzy 입력으로 부터 명확한 Analog 출력을 연산하는 Fuzzy 추론부, 피제어 프로세스로 크게 나눌 수 있다.

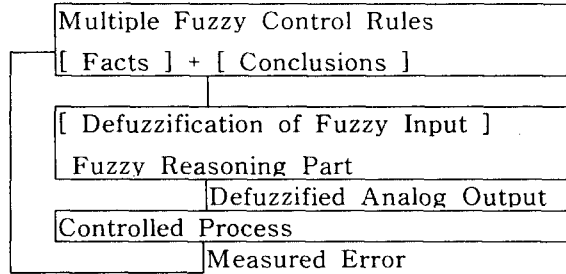
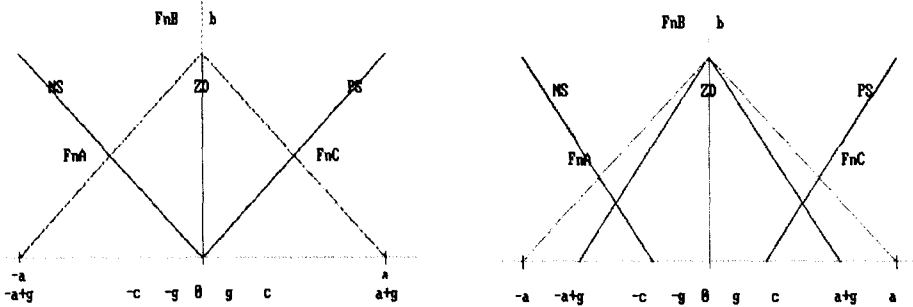
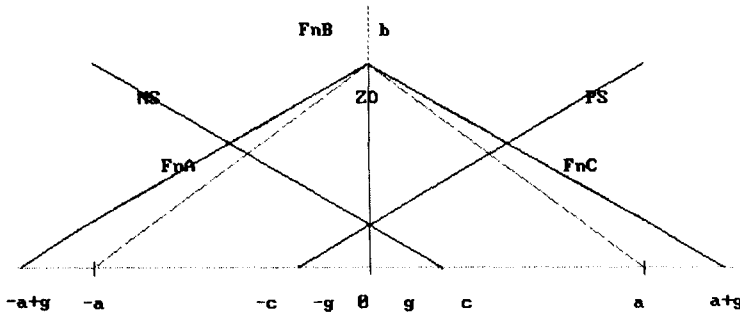


Fig. 1 Block Diagram of Fuzzy Control Algorithm

기본적 삼각형 Membership 함수의 모형은 그림.2와 같다.



(a) Basic of membership function. (b) small type than Basic of membership function.



(c). Large type than Basic of membership function.

Fig. 2 Membership Functions of e , ce and U

그림.2(a)는 기본적인 최적한 멤버쉽함수이고, (b)는 기본적인 멤버쉽함수보다 폭을 작게 조정한 경우이다. 그리고, (c)는 기본적인 멤버쉽함수보다 폭을 크게 조정한 경우이다.

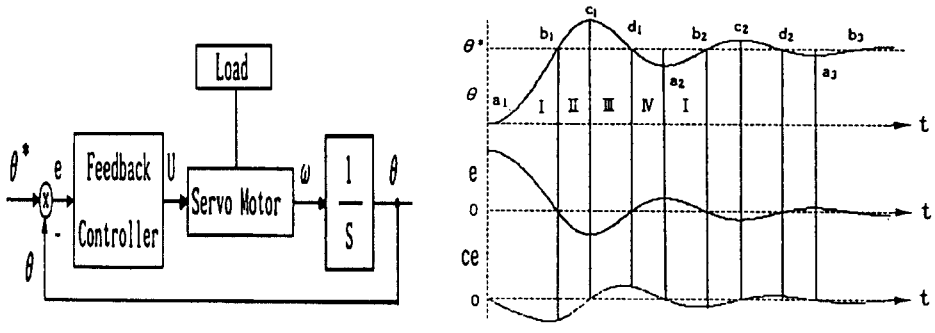
III. Rule의 생성 Algorithm 및 Membership 함수

Fuzzy Controller를 설계하기 위해서는 일반적인 Rule의 생성이 전제되어야 하므로, 그림.3과 같은 DC Servo Motor의 Feedback 제어시 나타난 결과에 근거하여 제어 Rule을 생성시킨다.

여기서, 시뮬레이션에 사용한 DC Servo Motor의 수학적 동특성식은 다음과 같다.

$$L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a + K_b \frac{d\theta}{dt} = U \quad (1)$$

$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} + B \frac{d\theta}{dt} + T_L = K_T i_a \quad (2)$$



(a) Servo system with feedback controller (b) Dynamic Responses of Feedback Control.

Fig.3 DC Servo System with Feedback Controller and Its Dynamic Responses

Table 1. Control Rules

e	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
ce							
u							
PB							
PM							
PS				NS			
ZO			NS	ZO	PS		PB
NS							
NM				PS			
NB					PM		

e	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
ce							
u							
PB							
PM							
PS							
ZO			NS	ZO	PS		PB
NS				ZO			
NM					PS		
NB						PM	

한편 목표치에 대한 위치편차를 $e = \theta^* - \theta$ 로 하면,

조작량 u 는 e 및 \dot{e} 의 상태보다 퍼지 추론을 이용하여 결정된다.

여기서, 위치편차 e 와 속도편차 \dot{e} 에서 전진부의 언어값으로써 PB-NB를 설정한다. 본 제어기법에서는 overshoot를 최소로 하면서도 안정한 제어가 가능하도록 멤버

비집합수의 폭을 조정하면서 최적한 멤버집합수의 값을 찾을 수 있도록 표2와 같이 Rule을 사용하였다.

IV. Simulation 결과 및 고찰

Simulation에 사용한 DC Servo Motor의 Fuzzy 제어 System의 구조는 그림 4와 같다.

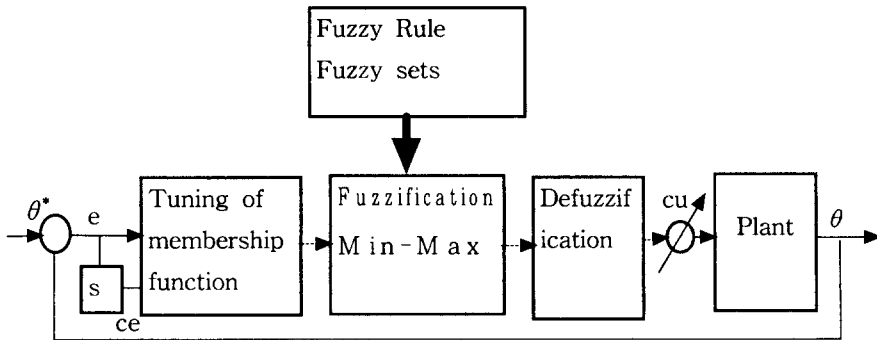
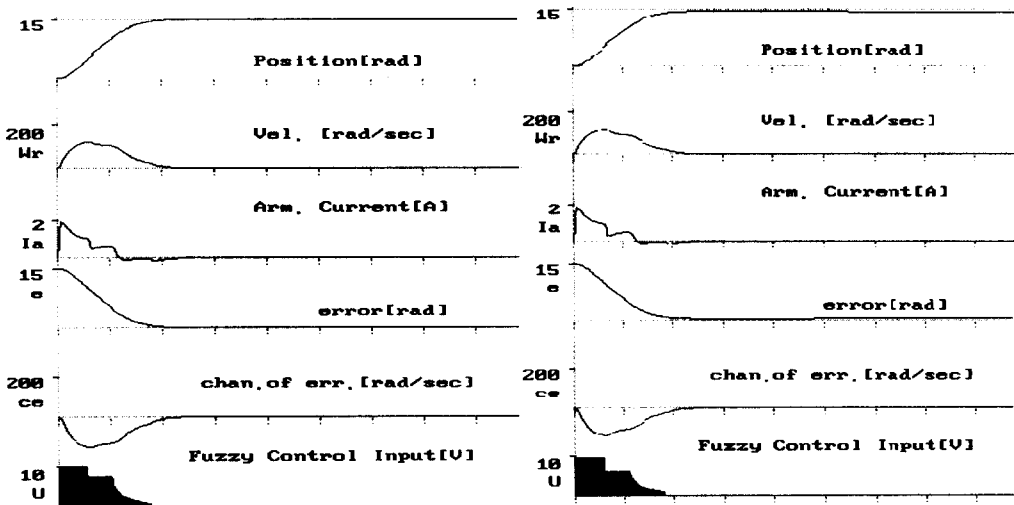


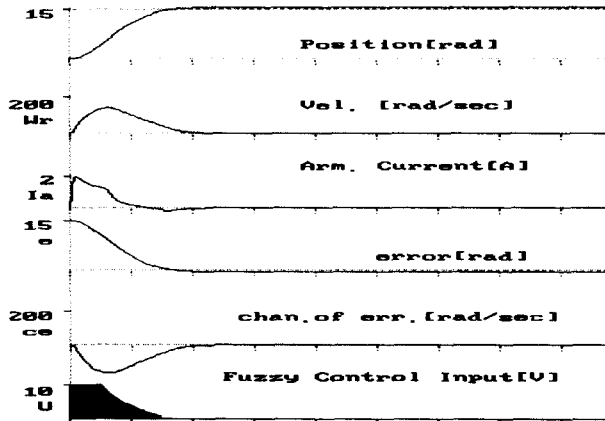
Fig.4 Block Diagram of DC Servo System with Fuzzy Controller

오차 e 와 오차의 변화율 \dot{e} 의 값을 가지고 최적화된 제어력에 의해 퍼지한 제어량을 cu 에 의해 서보시스템의 제어량으로 변환하게 된다.

그림.5는 샘플링 주기 T_s 로 5[ms]로 하고, Table 1의 Rule을 이용한 경우에 대한 시뮬레이션 결과이다. 이 때 제한 입력 U_{max} 는 DC 40[V]로 하였고, 0.3[sec] 이후에서 $R = 5[\Omega]$ 으로 하고, $T_1 = 0.5 \cdot \sin 377t$ 인 내.외부의란을 부가하였다.



(a) Basic membership function (b) 30[%] reduce at basic membership function



(c) 30[%] increase at basic membership function

Fig.5 Dynamic Responses for membership function of Fuzzy Controller

그림5(a)는 기본 멤버쉽함수를 사용하여 퍼지제어한 결과로서 오버슈트 및 정상상태 편차가 거의 없이 제어가 양호하게 됨을 알 수 있다.

그림5(b)는 기본 멤버쉽함수의 폭을 약 30[%] 작게 조정하였을 때의 결과로서 오버슈터는 없으며, 정상상태 편차는 약 3.52[%]로 계속 증가하였으며, 정상상태 도달시간도 220[ms]로 초기 응답이 아주 느리게 되었다.

그림5(c)는 기본 멤버쉽함수의 폭을 약 30[%] 크게 조정하였을 때의 결과로서 오버슈터는 약 2.75[%]였으며, 정상상태 편차는 약 2.75[%]로 멤버쉽함수의 폭이 적은 경우보다 약 0.77[%] 적게 나타났으며, 정상상태 도달시간은 170[ms]로 오버슈트가 약간 나타났으나 초기 응답이 아주 빠르게 나타났다.

여기서, 멤버쉽함수의 폭을 너무 과하게 키우거나 감소시켜도 제어가 양호한 결과를 얻지 못하는 것을 알 수 있으나, 폭을 약간 조정하는 정도로는 제어에 큰 영향을 미치지 못하는 것을 알 수 있었으며, 부하나 외란에 따라 자동으로 멤버쉽함수를 조정할 수 있는 Auto tuning 기법이나 정상상태의 오차가 미소한 경우에는 미세조정을 할 수 있는 Windowing Technique 등을 적용하는 것이 더욱 제어가 용이함을 알 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 Fuzzy제어기의 멤버쉽 함수의 폭을 조정하여 제어 응답을 양호하게 할 수 있는 기법을 제안하였다.

기본 멤버쉽함수를 사용하여 퍼지제어한 결과로서 오버슈트 및 정상상태 편차가 거의 없이 제어가 양호하게 됨을 알 수 있다.

멤버쉽함수의 폭을 약 30[%] 작게 조정하였을 때는 정상상태에 도달하지 못하고 정상상태 도달시간도 아주 느리게 되었다.

멤버쉽함수의 폭을 약 30[%] 크게 조정하였을 때는 오버슈트가 약간 나타났으나 초기 응답이 아주 빠르게 나타났다.

멤버쉽함수의 폭을 너무 과도하게 키우거나 감소시켜도 제어가 양호한 결과를 얻지 못하는 것을 알 수 있으나, 폭을 약간 조정하는 정도로는 제어에 큰 영향을 미치지 못하였다.

향후 부하나 외란에 따라 자동으로 멤버쉽함수를 조정할 수 있는 Auto tuning 기법이나 정상상태의 오차가 미소한 경우에는 미세 조정을 할 수 있는 Windowing Technique과 안정이론을 추가한 제어가 필요로 한다.

참고문헌

1. Witold Pedrycz, Fuzzy Control and System, John Wiley and Sons, N.Y., 1989
2. Mikio Maeda et alli, Design of the Self Tuning Fuzzy Controller, Proceedings of the International Conference on Fuzzy Logic and Neural Networks, pp.393-396, 1990
3. 朴玟用, 崔恒植 譯, 퍼지시스템의 응용입문, 大英社, 1990
4. Shoji Miyamoto et alli, Predictive Fuzzy Control and its Control to Automatic Train Operation System, Analysis of Fuzzy Information, vol.2, pp.59-72, 1987
5. Shin-Ichi Yamada et alli, A Tuning Method for a Fuzzy Controller, proceedings of the International Conference on Fuzzy Logic and Neural Networks, pp.397-400, 1990
6. Okihito Ishizuka et alli, Optimum Control Based on Fuzzy Inference and Its Simulation, Proceedings of the International Conference on Fuzzy Logic and Neural Networks, pp.61-64, 1990
7. Madan M, Gupta et alli, Approximate Reasoning in Expert System, Elsevier Science publishers B.V., 1985