

퍼지제어기 설계지원을 위한 소프트웨어 구성

안영주* 홍순일
부산공업대학

김철우 황영문
부산대학교

A Scheme on Supported Software for Fuzzy Controller Design

Young-Joo An Soon-Ill Hong
Busan National University of technology

Cheul-U Kim Young-Moon Hwang
Busan National University

Abstract

In this paper, the basic principle and theory of fuzzy control was discribed, and the control plant was established to construct system. Computer software for fuzzy control was developed, and evaluation of the properties was performed by simulation.

In this result, the speed of response (time constant + dead time) was investigated, and when the control plant has astable elements, the stabiliztion was discribed.

1. 서론

퍼지이론(이메이론)은 Zadeh에 의해 제안되었지만 그 응용으로서의 퍼지제어는 Mamdani에 의하여 제안되었다. 이 방식은 입출력을 이매한 양으로 기술하기 때문에 인간의 extract part 가 갖는 대상의 조작규칙 등 수식화될 수 없는 플랜트의 특성 등도 제어로 취급하기 쉽다. 이때문에 대규모 플랜트를 시작으로 최근에는 가정용기기등 널리 응용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 퍼지제어의 기본이론과 원리에 대하여 기술하고, 실제 제어대상을 정하여 시스템을 구성하며, 특성보상요소인 퍼지제어기 설계를 위한 소프트웨어를 구성하여 특성평가를 한다. 특성평가를 한 결과에서 서보제어계 설계의 목표인 응답의 속응성을 조사하고 또한 제어대상이 불안정한 요소를 갖는 경우의 안정성에 대하여도 검토하였다.

2. 퍼지제어 기본이론

1). CRISP Set 와 FUZZY Set

X : the universe, $X = \{ \text{real number} \}$

A is a subset of X

CRISP Sets : $A = \{ (x, \chi_A(x)), x \in X \}$, $\chi_A \rightarrow \{0,1\}$

FUZZY Sets : $A = \{ (x, h_A(x)), x \in X \}$, $h_A \rightarrow [0,1]$

2). Operator

Equal : $A = B \iff h_A(x) = h_B(x)$

Inclusion : $A \subset B \iff h_A(x) \leq h_B(x)$

Union : $A \cup B \iff h_{A \cup B}(x) = h_A(x) \vee h_B(x)$

Intersection : $A \cap B \iff h_{A \cap B}(x) = h_A(x) \wedge h_B(x)$

Compliment : $A^c \iff h_{A^c} = 1 - h_A(x)$

Bounded Sum :

$A \oplus B \iff h_{A \oplus B}(x) = (h_A(x) + h_B(x)) \wedge 1$

Bounded Product :

$A \odot B \iff h_{A \odot B}(x) = (h_A(x) + h_B(x) - 1) \vee 0$

Extension Principle : $f: X \rightarrow Y$

$[y_1, y_2] = f(x_1, x_2) = \{y | y=f(x), x \in [x_1, x_2]\}$

$\implies f(A) = \bigcup_{\alpha \in A} f(\alpha) \iff f(A) = \bigcup_{0 < \alpha \leq 1} \alpha f(A)$

$A = \int_x h_A(x)/X \rightarrow f(A) = \int_y h_A(x)/f(x)$

$h_{f(A)}(y) = \max_{y=f(x)} h_A(x)$

3). Operations of Fuzzy Number

binary operations : $g(x,y) = x * y$;

* a binary operation

4). Fuzzy Relations

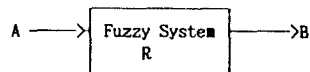
$R \subset X \times Y \rightarrow R = \int_{X \times Y} h_R(x,y)/(x,y)$

5). Composition of Fuzzy relation

$R \subset X \times Y \quad S \subset Y \times Z$

$R \circ S \iff h_{R \circ S}(x,z) = \max_y (h_R(x,y) \wedge h_S(y,z))$

$A \subset X \quad R \subset X \times Y \rightarrow B = R \circ A$



$h_B(y) = \max_x ((h_R(x,y) \wedge h_A(x)))$

or $h_B(y) = \max_x ((h_R(x,y) \cdot h_A(x)))$

Very $A = A^2$; $h_A = (h_A(x))^2$
 more or less $A = A^{1/2}$; $h_A = (h_A(x))^{1/2}$
 not $A = 1 - A$; $h_A = 1 - h_A(x)$

Implications : IF x is A THEN y is B =

$(x,y) \text{ is } R = (x,y) \text{ is } A \rightarrow B$

$R_1 = A \times B$

$R_2 = (A \times B) \wedge (\text{not } A \times Y)$

$R_3 = \text{not } A \oplus B$

Compositional rule of inference : modus ponens

premise 1 : IF x is A THEN y is B

$(A \rightarrow B) \text{ is } R$

premise 2 : x is A^*

conclusion : y is B^* $B = R \circ A$

$A = A \rightarrow h_A(y) = \max_x (h_R(x,y) \wedge h_A(x))$

$A^* \rightarrow \boxed{R = A \rightarrow B} \rightarrow B^* \quad B = R \circ A$

같이 연산된다.

Rule 1 : if E is A_1 and ΔE is B_1 then Δu is C_1

$\rightarrow R_1 = A_1 \times B_1 \times C_1$

Rule 2 : if E is A_2 and ΔE is B_2 then Δu is C_2

$\rightarrow R_2 = A_2 \times B_2 \times C_2$

Rule n : if E is A_n and ΔE is B_n then Δu is C_n

$\rightarrow R_n = A_n \times B_n \times C_n$

Input : E is A^* and ΔE is B^*

Output : Δu is $C^* \rightarrow C^* = R \circ (E^* \times B^*)$,

$R = R_1 \cup R_2 \cup \dots \cup R_n$

추론은 Mamdani의 min-operation법으로 부터 다음이 된다.

$\omega_1 = \max (R_1 - (E, \Delta E) \wedge A_1(E) \wedge B_1(\Delta E))$

$E, \Delta E$

총합연산 결과를 비퍼지화하고 확정값으로 해석하는 방법은 중심법을 적용하여 다음이 된다.

$$C^*(\Delta u) = \Delta E \omega_1 C_i(\Delta u) \rightarrow \Delta u^* = \frac{\int C^*(\Delta u) \Delta u \, dz}{\int C^*(\Delta u) \, dz}$$

이때, 제어규칙표는 다음과 같다.

3. 퍼지제어 (Fuzzy Control)

3.1 퍼지제어기

퍼지제어에서는 제어기 입력 x,y 및 출력 z를 이매량으로 하고 그것을 if ~ then 등의 논리식으로 기술한 것을 제어규칙으로 한다.

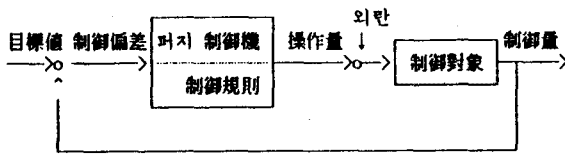


그림 1. 퍼지 제어계

		ΔE						
		NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
E	NB					PB	PM	
	NM					PM		
	NS				PS	ZO		NM
	ZO	PB	PM	PS	ZO	NS	NM	NB
	PS	PM		ZO				
	PM					NM		
	PN			ZM	NB			

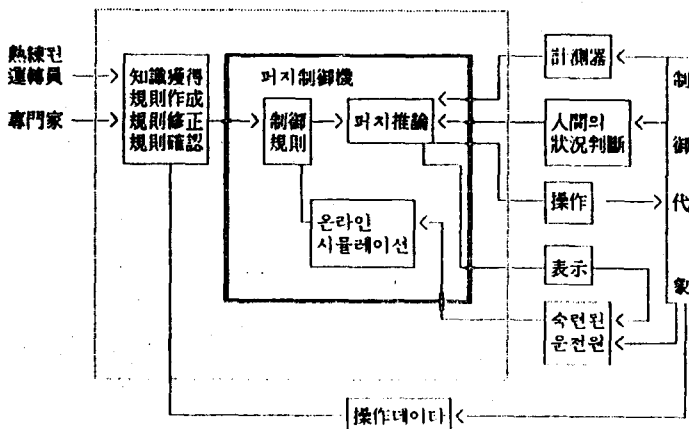


그림 2. 퍼지 제어기 구성을 위한 시스템 구성도

여기서, 종속은 제어규칙 전건부 E(error), 횡속은 제어규칙 전건부 ΔE (change of error), 퍼지수의 교점은 결론 Δu (change of output)이고, 퍼지관계는 Mamdani의 최소자승법에 의한다.

4. 프로그램

그림 2는 퍼지제어기로 구성된 전체시스템이고, 퍼지제어기의 기능은 계속값이 일정주기마다 입력되면 제어규칙에 기초하여 추론을 행하고 조작량을 출력한다. 이때, 온라인 입력에 따른 오퍼레이터의 상황판단에 의한 입력도 제어기의 입력으로 처리된다. 본 연구에서는 프로그램시에 제어대상의 전달함수는 다음과 같이하여 설계하였다.

$$G(S) = \frac{e^{-2s}}{1 + 20S} \quad (A)$$

5. 시뮬레이션 결과

퍼지제어를 위한 블록선도는 그림 3과 같고, r은목포값, u는 조작량, c는 제어량, Gfc는 퍼지제어기이다.

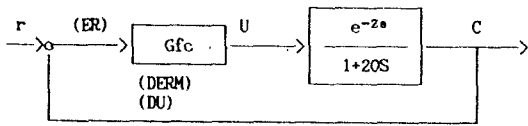


그림 3. 퍼지제어 시스템의 블록선도

이경우 그림 4는 시뮬레이션결과이고, 여기서 N는 전달함수의 차수, B(I)는 전달함수의 분자항, A(I)는 전달함수 분모항, Tpi(sec)는 부동작 시간오소의 항이다. 그림 4는 잡음을 고려하지 않은 경우의 인디설 응답을 나타낸 것이다. 이 시뮬레이션 결과는 제어규칙(rule)수를 19개, DERM의 하중을 10배, ERM의 하중을 1.25로 하고, du/6의 하중을 1/2배 하였다. 즉 프로그램상의 변수

$$DERM = DERM * 10$$

$$ERM = ER * 1.25$$

$$DU = DU / 6 / 2 \text{ 로 규정하였다.}$$

그 결과 그림4와 같이 양호한 응답특성이 되었고, 제어계설계의 목표인 속응성(시정수 + 부동작시간)은 22초의 빠른 속도로 목표값에 整定된다는 사실을 알았다.(整定時間은 약 20초) 또한 안정성도 충분히 만족되고, 퍼지제어기로서의 효과가 확 인되었다.

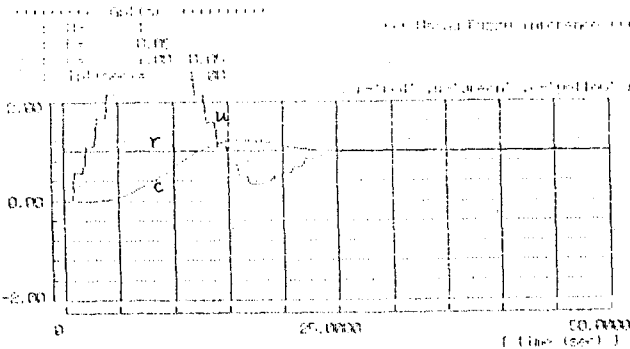


그림 4. 퍼지컨트롤러사용시의 인디설 응답

6. 결 론

퍼지제어에 있어서, 그이론과 특징에 관하여 논술했으며, 실제 퍼지제어기의 소프트웨어를 구성하고 이것을 이용하여 부동작시간요소를 포함한 不安定요소를 갖는 계에 대한 시뮬레이션을 행하였다.

이 결과에서 제어계의 설계, 퍼지이론에 관한 파라메터의 동정, 제어규칙과 그 수에 따른 계의 특성변화, 외란에 의한 계의 안정성과 頑健性(robust)등에 관하여 검토하였다. 그 결과 설계한 퍼지제어기는 실제 Plant설계에 적용하여도 양호한 제어가 됨을 알 수 있었다.

參考文獻

- (1). 菅野道夫, 山崎東 "ファジィ制御 システムと 制御", Vol.28, No.7, PP442-446, 1984
- (2). 伊藤修, "汎用 ファジィコントロールシステム", 富士時報, Vol.58, No.4, 1985
- (3). 菅野道夫, "ありまい集合 と 理論の制御への應用", 計測 と 制御, Vol.18, No.2, PP150- 160, 1979
- (4). 宮本健二, "FUZZY制御 とその應用"計測 と制御, Vol.25, No.5, PP458-465, 1986
- (5). 水本雅晴, "フジィ推論法" システムと制御, Vol.28, No.7, PP436-441, 1984
- (6). Sugeno.M, "An Introductory Surrey On Fuzzy Control", Information Sciences, Vol.36, PP59-83, 1985
- (7). 변중남, 김동화, "퍼지추론에 의한 제어방법", 전기학회지, Vol.39, No.12, PP21- 32, 1990
- (8). 민경한, "퍼지 기초 이론" 전기학회지, Vol.39, No.12, PP5-11, 1990
- (9). 오경환, "퍼지컴퓨터", 전기학회지, Vol.39, No.12, PP13-20, 1990
- (10). 박민용, "퍼지이론의 산업적 응용", 전기학회지, Vol.39, No.12, PP33-40, 1990