상대이득행렬을 이용한 뉴로 퍼지 제어기의 설계

Design of Neuro-Fuzzy Controller using Relative Gain Matrix

°서 삼 준*, 김 동 식**

* 안양대학교 전기전자공학과(Tel : 81-031-467-0874; E-mail : ssj@aycc.anyang.ac.kr)
** 순천향대학교 정보기술공학부(Tel : 81-041-530-1370; E-mail : dongsik@asan.sch.sc.kr)

Abstract : In the fuzzy control for the multi-variable system, it is difficult to obtain the fuzzy rule. Therefore, the parallel structure of the independent single input-single output fuzzy controller using a pairing between the input and output variable is applied to the multi-variable system. The concept of relative gain matrix is used to obtain the input-output pairs. However, among the input/output variables which are not paired the interactive effects should be taken into account. these mutual coupling of variables affect the control performance. Therefore, for the control system with a strong coupling property, the control performance is sometimes lowered. In this paper, the effect of mutual coupling of variables is considered by the introduction of a simple compensator. This compensator adjusts the degree of coupling between variables using a neural network. In this proposed neuro-fuzzy controller, the Neural network which is realized by back-propagation algorithm, adjusts the mutual coupling weight between variables

Keywords : fuzzy, neural network, neuro-fuzzy control, relative gain matrix

1. 서론

입력변수가 n개이고 출력변수가 m개인 다변수 퍼지 논리 제어기(MIMO 퍼지 제어기)는 입력변수가 n개이고 출력변수가 한 개인 MISO 퍼지 제어기의 결합으로 나타낼 수 있다. 그러나 다변수 계통에서는 제어 입력과 상태 변수간의 강한 결합성이 제어성능에 큰 영향을 미치게 된다. 특히 계통이 비선형일 경우에는 결합성으로 인한 상호 영향이 계통을 제어하기 더욱 힘들게 하는 한 요인이 된다. 이와 같은 결합성이 강한 다변수 계통을 효과적으로 제어하기 위하여 여러 가지 해석적인 기법들이 있다. 60년대 중반 Bristol에 의하여 처음 제안된 상대이득행렬(RGM)을 이용하여 강한 영향을 주는 변수끼리 페어링 함으로써 감결합 효과를 얻는 방법이 있다.[1] 이 방법은 계통의 정상상태 정보만으로 제어기 출력변수와 제어 상태변수(controlled variable)간의 영향 정도가 강한 것끼리 1대 1로 짝을 지어 우세한 짝끼리 제어하는 기법으로 최근까지 초기의 개념을 변형시킨 여러 가지 기법이 효과적으로 사용되고 있다.[2],[3]

그러나 상대이득행렬을 이용한 입출력 페어링에 의한 다변수 퍼지 논리 제어기는 독립적인 단일 입출력 계통의 병렬 제어기로 생각할 수 있다. 따라서 상호결합에 의한 성능저하는 피할 수 없는 문제이며 경우에 따라서는 제어기의 성능을 잃어버릴 수도 있다. 그러므로, 변수들간의 상호 결합성이 강한 다변수 계통에 대해서는 퍼지 제어기의 출력간의 상호작용을 고려하지 않을 수 없다.

따라서, 본 연구에서는 이 상호작용에 의한 영향을 보상해주기 위해 신경 회로망을 도입하였다. 제안한 뉴로 퍼지 제어기는 역전파 알고리즘으로 학습되며 상호작용에 대한 결합강도를 자동으로 조정하여준다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 상대이득행렬의 개념과 상대이득행렬을 이용한 다변수 퍼지 논리 제어기에 관해 설명하였으며, 3장에서는 제안한 뉴로 퍼지 제어기의 구성과 학습 알고리즘을 설명하였고 4장에서는 보일러 계통에 대한 컴퓨터 모의실험 결과를 보였고 5장에서 결론을 실었다.

2. 상대이득행렬을 이용한 다변수 퍼지 제어기

2.1 상대이득행렬

다변수 계통에서는 제어 입력과 상태 변수간의 강한 결합성이 제어 성능에 큰 영향을 미치게 된다. 특히 계통이 비선형일 경우나 외란이 투입되는 경우에는 영향 정도가 심하게 되어 모든 출력에 영향을 미치게 되므로 더욱 제어가 어렵게 된다. 이러한 다변수 계통의 제어를 위한 여러가지 해석적인 기법들이 제안되어 효과적으로 사용되고 있으나, 본 절에서는 Bristol에 의하여 처음 제안된 상대이득행렬(RGM)을 이용하는 방법을 간단하게 설명한다.

이 방법은 계통의 정상상태 정보만으로 제어기 출력변수(manipulated variable)와 제어 상태변수(controlled variable)간의 영향 정도가 강한 것끼리 1대 1로 페어링한 후, 하나의 출력이 하나의 입력에 의해 제어되도록 하는 기법으로서, 최근까지 초기의 개념을 변형시킨 여러가지 기법이 실제 다변수 계통의 제어기 설계에 효과적으로 사용되고 있다.

RGM에 대한 개념을 설명하기 위하여 그림 1과 같이 정상상태 모델을 얻을 수 있는 2×2 다변수 계통을 고려해 보자.

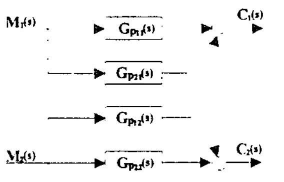

그림 1 2×2 다변수 계통의 블록선도

계통이 특정 동작점에서 선형화될 수 있다면 4개의 전달함수 $G_{p11}(s)$, $G_{p21}(s)$, $G_{p12}(s)$, $G_{p22}(s)$를 갖는 계통에 대한 정상상태 모델