

퍼지 추정기에 의한 동적 시스템의 상태 추정에 관한 연구

*문 주 영¹⁾, 이 상 배²⁾

A study on the State Estimation of Dynamic system using Fuzzy Estimator

Joo-Yeoung Moon, Sang-Bae Lee

Abstract

The problem of determining a mathematical model for an unknown system by measuring its input output data pairs is generally referred to as state estimates. The state estimation problem is often of importance in its own right since we may want to know the value of the states. For instance, in navigation, we may take noisy positional fixes using satellite or radar navigation, and the estimator can use these measurements to provide accurate estimates of current position, heading, and velocity. And the state estimates can also be used for control purposes. Then it is very important to know the state of plant. In this paper, the theory of the minimization of a loss function was used to design the fuzzy system. Here, the used theory is Least Square Estimation method. This parametrization has the Linear in the parameters characteristic that allows standard parameter estimation technique to be used to estimate the parameters of the fuzzy system. The combination of the fuzzy system and the estimation method then performs as a nonlinear estimator. If several fuzzy labels are defined for the input variables at the antecedent part, the fuzzy system then behaves as a collection of nonlinear estimators where different regions of rules have different parameters. In simulation results, the fuzzy model

1) 한국해양대학교 전자통신공학과 전자과정 전자·전달 전공

2) 한국해양대학교 전자통신공학과 교수

controlled a difference in the structure between the actual plant and the fuzzy estimator. It is also proved that the fuzzy system is equivalent to its transformed system. therefore we was able to get the state space equation of system with the estimated paramater.

1. 서 론

산업 전반에 걸쳐서 새로운 개념들과 기술들이 개발되면서 기존의 제어 방법에서 허용되던 오차를 더욱 더 줄여줄 필요성이 생기게 되었다. 특히 비선형적인 특성을 가진 플랜트의 제어에 상당한 문제점이 발생하였는데 이러한 특성에 대해서 기존 방식인 선형화 방식을 적용한 제어는 한계점이 드러나게 되었다.

그래서 이러한 문제점 해결을 위해서는 새로운 제어 방식을 개발할 필요성이 대두되게 되었는데 이때 구상되어진 개념들 중에서 한 분야가 인공지능이라 불리는 신경망과 퍼지 이론이다.

여기서 퍼지 이론은 예전에는 생각도 할 수 없었던 언어적인 변수들을 제어에 적용하는 것으로서 주목을 받기 시작했다. 그러므로 단순히 전문가나 경험자에 의해서 플랜트의 함수를 모르더라도 제어가 설계가 가능하게 되었다. 즉, 인간의 애매한 표현을 처리할 수 있는 이론적인 바탕을 제공하는 것이 바로 퍼지이론이다.

이러한 퍼지 이론은 전문가 시스템이나 데이터 베이스, 일반적인 제어 분야, 로봇 개발등 여러 분야에서 응용되고 있으며 특히 산업공학이나 경영과학분야 뿐만아니라 의학에까지 적용되고 있다. 이렇게 다방면에 적용되는 퍼지 시스템의 장점을 살펴보면 부분적이고 정밀치 못한 정보도 근사추론의 방법을 사용하여 시스템 설계에 적용할 수 있고, 수학적으로 설명이 안되는 곳에서 적용이 가능하다는데 있다.

이러한 퍼지 이론을 적용한 이 논문은 비선형 시변 플랜트에 대한 지능 인식

시스템으로서 적응 퍼지 제어 시스템을 사용하며, 그 퍼지 시스템은 평가 함수의 최소화를 위해서 설계된다. 추정될 매개변수는 무울 후건부의 퍼지 집합의 중심점으로 설계한다. 퍼지 시스템과 추정 기술의 결합은 비선형 추정기의 역할 수행이 가능하게 한다.

퍼지 추정기는 입력으로 동적 시스템의 입출력에 대한 시간 지연 값들이 주어지고 출력으로 추정값 $\hat{y}(t)$ 를 생성한다. 여기서 $y(t)$ 와 $\hat{y}(t)$ 의 오차인 $e(t)$ 를 가지고 오차가 최소화 되도록 퍼지 매개변수 조정기를 사용하여 퍼지 추정기의 내부 매개변수인 $\bar{\theta}$ 가 학습되어 진다. 이렇게 학습되어진 최적의 퍼지 매개변수에 의해서 동적 시스템의 상태를 나타낼수 있다. 그러므로, 퍼지 추정기는 동적 시스템의 상태를 추정할 수 있다고 할 수 있다.

동적 시스템의 상태 추정을 위해서 여기서는 Recursive Least-Square 방식을 사용하는데 갱신되는 매개 변수는 $\bar{\theta}$ 이다. 여기서 $\bar{\theta}$ 는 퍼지 추정기의 출력을 결정하는 값으로 후건부 소속 함수의 중심값을 나타내는 변수들에 대한 행렬을 나타내고 \bar{a} 는 각각의 무울에 대한 소속 정도를 나타내기 위한 행렬이다. 즉, 소속 함수의 위치를 변화시키면서 에러가 점차적으로 감소하도록 해주며, 이러한 $\bar{\theta}$ 의 값이 일정한 상태에 도달하게 되면 퍼지 추정기는 학습이 완료되었음을 나타낸다.

시스템 함수에 시그모이드 형태의 비선형 함수가 포함되어 있을 경우는 기존의 매개변수 추정 방식을 가지고서는 상태 추정이 용이하지가 않다. 그러나 퍼지 추정기를 사용하면 이 문제를 해결해낼 수가 있다. 실험 결과 기존 방식인 경우는 이상적인 입출력 데이터가 아니고 그 데이터에 잡음이 포함되어 있다면 오차가 0에 수렴하지 못하고 이에 더불어서 시스템의 내부 변수를 제대로 추정할 수 없었으며, 퍼지 추론을 적용한 경우는 시스템의 내부 매개변수를 매우 빠르고 비교적 정확하게 추정할 수 있었다. 즉, 실제적인 플랜트와 퍼지 추정기 사이에 구조적인 차이가 존재하더라도 이를 잘 극복함을 나타내었다.

그리고, 비선형 시스템 추정에서도 기존 방식인 경우는 입력 변수의 영역을 여러개로 분할할 수 없고 입력 전구간에 걸쳐서 선형화하여 추정할 수밖에 없으므로 정확하게 추정하는게 힘들다. 그러나 퍼지 추론을 적용한 방식의 경우에는 입력 변수의 소속 함수를 여러개로 분할하여 사용하였을 때 그 각 부분에 따른 선형화가 진행되어 충분히 본래의 플랜트 함수 추정이 용이함을 보였다. 즉, 이렇게 추정되어지는 함수는 플랜트의 전달 함수를 나타내므로 이러한 추정을 통해서 플랜트의 상태공간방정식을 구할 수 있음을 보여준다. 그러므로 입력값과 출력값만을 가지고 플랜트의 상태를 추정할 수 있음을 나타낸다.

본 논문은 모두 6개의 장으로 구성되었다. 먼저 2장에는 개략적인 퍼지 논리의 개념에 대한 설명으로서 보통 집합과 퍼지 집합의 차이점과 이러한 퍼지 집합의 개념을 적용한 퍼지 논리와 퍼지 연산, 그리고 기본적인 퍼지 시스템의 구조와 그에 대한 설명으로 구성되었다. 3장 및 4장에서는 시스템 상태 추정 방식 중에서의 Least Square Estimation 방식에 대한 설명과 이러한 Least Square Estimation 방식에 퍼지 이론을 적용한 퍼지 추정기를 제안하였다.

5장에서는 이렇게 적용된 퍼지 시스템을 가지고 선형 플랜트와 비선형 플랜트를 가정하여 컴퓨터 모의 실험한 결과들을 보였다. 마지막으로 6장은 결론이다.

참고문헌

- [1] M. Jamshidi, N. Vadiie and T. J. Ross, Fuzzy Logic And Control, Englewood Cliffs. NJ : Prentice-Hall, 1993.
- [2] Jacek M. Zurada, Artificial Neural Systems, west info Access
- [3] J.-S. R. Jang, C.-T. Sun and E. Mizutani, Neuro-Fuzzy and Soft Computing. Upper Saddle River. NJ : Prentice-Hall, 1997.
- [4] B. Kosko, Neural Networks And Fuzzy systems : A Dynamical

Systems Approach to machine Intelligence, Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall, 1992.

- [5] W. Pedrycz, Fuzzy Sets engineering, CRC Press, 1995.
- [6] C. J. Harris, C.G. Moore and M. Brown, Intelligent Control : Aspects of Fuzzy logic and Neural Nets, World Scientific Pub., 1993.
- [7] O. Yagishita, O. Itoh, and M. Sugeno, "Application of fuzzy reasoning to the water purification process," in Industrial application of Fuzzy Control, Michio Sugeno, Ed. Amsterdam, The Netherlands : Elsevier, 1985.



