

뉴로 퍼지 시스템을 이용한 비선형 시스템의 IMC 제어기 설계

Design of IMC Controller for Nonlinear Systems by Using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System

* 강정규*, 김정수**, 김성호*

* 군산대학교 전자정보공학부(Tel : +82-063-469-4704; Fax : 좌동; E-mail: ggangsang@hanmail.net)
** (주)에이스랩(Tel : +82-042-870-0124; Fax : +082-042-864-2587; E-mail: maple21@hitel.net)

Abstract : Control of Industrial processes is very difficult due to nonlinear dynamics, effect of disturbances and modeling errors. M.Morari proposed Internal Model Control(IMC) system that can be effectively applied to the systems with model uncertainties and time delays. The advantage of IMC systems is their robustness with respect to a model mismatch and disturbances. But it was difficult to apply for nonlinear systems. Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System which contains multiple linear models as consequent part is used to model nonlinear systems. Generally, the linear parameters in neuro-fuzzy inference system can be effectively utilized to identify a nonlinear dynamical systems. In this paper, we propose new IMC design method using adaptive neuro-fuzzy inference system for nonlinear plant. Numerical simulation results show that proposed IMC design method has good performance than classical PID controller.

Keywords : Internal Model Control(IMC), Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System(ANFIS)

1. 서론

복잡한 산업용 공정의 제어를 위해 아직까지도 PID 제어기법이 일반적으로 사용되고 있다. 이는 PID 제어기의 구조적 단순성뿐만 아니라 외란처리 능력 및 프로세스와 모델 파라미터의 불일치에 대한 강인성 등에 기인한다. 그러나 실제 산업용 프로세스는 상당한 크기의 비선형성을 포함하고 있으며 따라서 선형 이론에 바탕을 둔 PID 제어기법만으로는 고도의 제어성을 달성하기 힘들다. 특히 강한 비선형성과 프로세스의 시정수보다 큰 지연시간을 갖고 있는 시스템의 경우 원하는 제어 성능을 달성케 하는 PID 제어기 이득의 설정에는 많은 어려움이 따른다.

최근 M. Morari 등은 불확실성을 갖는 시스템의 효율적 제어를 위해 IMC(Internal Model Control)를 제안한 바 있다[1]. IMC는 일반적인 페루프 제어 시스템과는 달리 페루프 구조내에 제어 대상 프로세스에 대한 공정 모델을 포함하며 실제 프로세스의 출력과 공정 모델 출력간의 차자를 제어에 이용하는 구조를 갖으며 프로세스에 대한 파라미터 불확실성과 외란 및 지연시간 등의 변화에도 강한 제어 성능을 보이는 특성을 갖는다.

그러나 상기의 IMC도 선형 시스템을 기반으로 설계되며 따라서 강한 비선형성 및 큰 지연시간을 갖는 계통에의 적용적인 적응은 쉽지 않다.

Jang 등에 의해 제안된 퍼지-신경망(ANFIS: Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System)은 신경망이론과 퍼지이론을 융합한 것으로 비선형 시스템을 구간별 선형화모델을 사용하여 모델링하는 구조를 갖으며 최근 비선형 시스템의 모델링과 제어에 적용하고자 하는 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다[2].

본 연구에서는 Jang 등에 의해 제안된 ANFIS를 기준의 IMC 제어기 설계에 도입함으로써 비선형 프로세스의 제어에 효과적으로 도입될 수 있는 ANFIS 기반 IMC 제어기를 제안하고자 한다. 제2장에는 IMC 제어기의 일반적 구조에 대해 설명하고, 세

3장에서는 ANFIS의 기본구조 및 본 연구에서 제안된 ANFIS 기반 IMC 제어기의 설계에 대해 고찰하며 제4장에는 제안된 제어기법의 비선형 수치 시스템에 적용, 시뮬레이션을 통해 성능을 분석하며 제5장에서는 결론을 기술하고자 한다.

2. 일반적 IMC의 구조

M.Morari 등에 의해 제안된 IMC 제어기는 프로세스에 대한 공정모델을 기반으로 내부 안정도(internal stability)과 강인 안정도(robust stability) 및 강인 성능(robust stability)을 고려하여 주파수 영역에서 설계되며 이의 구조를 나타내면 그림 1과 같다.

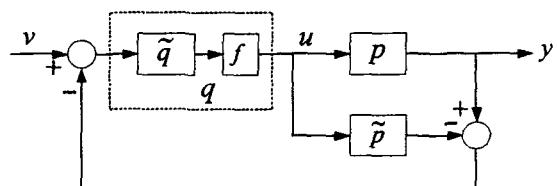


그림 1. 일반적인 IMC 구조
Fig. 1 Structure of IMC

그림 1에서 p 는 제어 대상 프로세스의 전달함수이고 \tilde{p} 는 이에 대한 공정모델이며 \tilde{q} 는 공정모델이 제어 대상 프로세스를 정확히 표현한다는 가정하에서 ($p=\tilde{p}$) 설계되는 공정 제어기이다. 또한 f 는 전체 페루프 시스템의 안정성과 강인성을 위해 추가되는 필터이다. 그림 1에서 만일 프로세스에 투입되는 외란이