

## 신경 회로망 기반 퍼지형 PID 제어기 설계

### Neural Network based Fuzzy Type PID Controller Design

\*임 정 흡\*, 권 정 진\*\*, 이 창 구\*\*\*

\* 전북대학교 제어계측공학과(Tel : 81-063-272-1973; Fax : 81-063-270-2451; E-mail : -moka-@hanmail.net)

\*\* 전북대학교 제어계측공학과(Tel : 81-063-272-1973; Fax : 81-063-270-2451; E-mail : GuaGua@orgio.net)

\*\*\* 전북대학교 전자정보공학부(Tel : 81-063-270-2475; Fax : 81-063-270-2451; E-mail : changgoo@moak.chonbuk.ac.kr)

**Abstract :** This paper describes a neural network based fuzzy type PID control scheme. The PID controller is being widely used in industrial applications. however, it is difficult to determine the appropriate PID gains for the nonlinear system control. In this paper, we re-analyzed the fuzzy controller as conventional PID controller structure, and proposed a neural network based fuzzy type PID controller whose scaling factors were adjusted automatically. The value of initial scaling factors of the proposed controller were determined on the basis of the conventional PID controller parameters tuning methods and then they were adjusted by using neural network control techniques. Proposed controller was simple in structure and computational burden was small so that on-line adaptation was easy to apply to. The result of practical experiment on the magnetic levitation system, which is known to be hard nonlinear, showed the proposed controller's excellent performance.

**Keywords :** Fuzzy, Neural network, PID(Proportional Integral Derivative), Nonlinear control, Magnetic levitation

#### 1. 서론

PID 제어기는 구조가 단순하고 진실성이 우수하며 현장 운전자에게 익숙하다는 장점 때문에 산업현장에 널리 사용되고 있다[1]. 그러나 강한 비선형성을 갖는 시스템의 경우 적절한 PID 이득을 결정하는 것은 매우 어려운 일이며 초기 동조 후에도 시스템의 비선형성, 시변특성에 의하여 제어성능이 저하되기 때문에 지속적인 재동조가 필요하다. 퍼지 PID 제어나 뉴로-퍼지 제어 등 신경회로망과 퍼지를 이용한 제어기법은 비선형 제어와 온라인 동조에 보다 효과적이지만 퍼지 제어 규칙의 생성이나 신경회로망의 훈련과정이 매우 시간 소모적이고 과다한 계산량으로 실제적인 적용이 어려우며 초기 연결강도와 학습계수에 민감하고 학습계수의 증가하면 수렴속도가 향상되는 반면에 계단 입력에 대한 오버슈트가 커져 시스템이 쉽게 불안정해질 수 있다는 단점을 지닌다[2-4].

본 논문에서는 퍼지의 선형성을 이용하여 퍼지 PID 제어기의 퍼지 연산부를 간략화 시키고 일반 PID 제어기와 유사한 입출력 특성을 갖도록 하였으며 비선형 성분 보상을 위하여 제어기 출력에 가장 큰 영향을 미치는 출력측 스케일 계수를 단일 신경 회로망 구조로 변경한 신경 회로망 기반 퍼지형 PID 제어기를 제시하였다. PID 제어기 구조를 유지하게 함으로써 model-free 동조기법 등에 의해 결정된 PID 계수를 기반으로 초기 값을 설정할 수 있으며 초기 제어구간의 안정성을 보장할 수 있다. 또한 단일 신경 회로망 구조를 이용함으로써 신경회로망의 초기 연결강도와 계산량에 대한 문제점을 해결하고 오차의 부호 정보에 따라 학습계수를 변화시키는 가변 학습계수 역전과 알고리즘을 사용하여 오버슈트가 작아지면서도 빠른 수렴 속도를 갖도록 하였다. 제안된 제어기는 구조가 단순하고 계산량이 적어 실시간 제어가 가능하며 비선형성이 강한 시스템으로 알려진 자기 부상(magnetic levitation) 시스템에 실제 적용하여 우수한 성능을 확인하였다.

#### 2. 퍼지형 PID 제어기 설계 및 초기 동조

퍼지 제어기는 일반적으로 비선형 특성을 지닌다. 그러나 특별한 형태의 소속 함수와 추론방법 그리고 제어규칙등을 이용하여 선형적인 특성을 갖게 할 수 있다[5-7]. P1-PD형으로 구성된 퍼지 PID 제어기의 구조는 그림 1과 같다. Sat(Saturation)은 각각의 입력력을 최댓값 1, 최솟값 -1로 정규화하기 위하여 사용되었다.

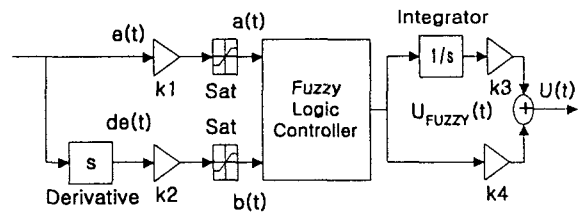


그림 1. PI-PD형 퍼지 PID 제어기

정규화된 두 입력  $a(t)$ ,  $b(t)$ 에 대하여 다음과 같은 절차에 따라 선형적인 특성을 갖는 퍼지 제어기를 설계함으로써 퍼지 연산을 간략화 시킬 수 있다.

정규화된 두 입력  $a(t)$ ,  $b(t)$ 의 대집합을 각각 A, B라 할 때 퍼지 집합 A와 B를  $2N+1$ 개의 언어 변수로 분할하고 소속함수는 그림 2와 같이 인접 소속 함수와 50% 중첩이 되는 대칭 삼각 소속 함수를 사용한다..

$$A_i \quad (i \in I = [ -N, \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots, N ])$$

$$B_j \quad (j \in J = [ -N, \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots, N ])$$