

# 퍼지PID제어를 이용한 추종 제어기 설계

## Fuzzy PID Controller Design for Tracking Control

\* 김봉주\*, 정정주\*\*

\* 한양대학교 전자통신전파공학과(Tel : 81-02-2282-5307; E-mail: ultra@hymail.hanyang.ac.kr)  
\*\* 한양대학교 전자전기공학부(Tel : 81-02-2290-1724; E-mail: cchung@email.hanyang.ac.kr)

**Abstract :** This paper presents a fuzzy modified PID controller that uses linear fuzzy inference method. In this structure, the proportional and derivative gains vary with the output of the system under control. 2-input PD type fuzzy controller is designed to obtain the varying gains. The proposed fuzzy PID structure maintains the same performance as the general-purpose linear PID controller, and enhances the tracking performance over a wide range of input. Numerical simulations and experimental results show the effectiveness of the fuzzy PID controller in comparison with the conventional PID controller.

**Keywords :** Fuzzy PID controller, PID control, Simplified reasoning method, Digital control,

### 1. 서론

퍼지 제어기는 일반적으로 비선형적인 대상이나 미지의 대상을 제어하는데 효율적이나 퍼지 추론 과정에서 발생하게되는 비선형성 때문에 선형 제어기로 이미 잘 제어되는 대상에 대해서는 선형 제어기보다 개선된 성능을 얻기가 어렵고 특히, 선형제어기가 가지는 범용성을 계승하기 매우 어렵다.[2]

퍼지 제어기에 대한 연구는 Mamdani가 최초로 제어 시스템에 퍼지 논리를 응용한 이후 주로 2-입력 퍼지 제어기에 집중되어 왔다. Ying 등[1,9]은 2개의 입력 변수와 4개의 퍼지규칙, 비선형 비퍼지화를 적용하여 제어입력 영역이 20개로 분할되는 퍼지 PI 제어기를 제안하였다. 그러나 퍼지 PI 제어기는 과도응답 성능의 향상에 한계가 지적되고, 퍼지 PD 제어기는 정상상태 오차를 제거하지 못하는 한계가 지적된다. Misir 등[5]은 Ying 등의 퍼지 제어기를 기초로 하여 디지털 PID 제어기로써 제설계하였고, Li[6]는 제어 입력 영역이 36개로 분할되는 2-입력 퍼지 제어기를 설계하여 기존의 PID 제어기에 혼합하였다. 이처럼 2개의 2-입력 퍼지 시스템을 사용한 퍼지 PID제어기나 기존의 PID제어기의 일부를 2-입력 퍼지 시스템으로 변형한 퍼지 PID구조에 대한 연구는 활발히 이루어지고 있으나 아직 순수한 3-입력 퍼지 PID는 직관적인 설계가 힘들고 그 복잡도가 커서 실용적이지 못하므로 주로 의미상의 연구에 머물고 있다. Mann 등[7,8]은 퍼지 PID 제어기로써 이용 가능한 구조들을 정리하고 설계 절차를 고찰하였다.

한편 퍼지 추론 방법에 대한 연구로써는 Takagi 등[4]이 출력 퍼지집합을 함수로 표현하여 퍼지시스템 설계에 수치적인 접근을 시도하였고, Mizumoto[2,3]는 기존의 퍼지 추론 방식으로는 선형 PID 제어기를 근사화하기 어려움을 보이고 product-sum-gravity 방법과 simplified reasoning 방법을 제안하여 선형 PID 제어기를 퍼지 논리로 구현하였다.

PID 제어기에서 비례, 미분, 적분 동작 각각은 추종 성능에서 서로 다른 역할을 담당하며 경우에 따라 서로 상충되기도 한다. 그러나 선형 PID 제어기는 세 가지 제어이득이 항상 동일한 가중치를 지니게 되는데, 여기에 퍼지 시스템이 지니는 비선형성을 이용하면 각 동작의 적절한 역할 분담이 가능하게 된다.

본 논문에서는 Mizumoto[2,3]가 제안한 선형적인 추론 방법을 사용하여 2-입력 디지털 퍼지 제어기를 구현하였고, 기존의 상용화

된 선형 PID회로와 합성함으로써 추종 성능의 향상을 가져오는 퍼지 PID 제어기 구조를 제시하였으며, 그 성능을 모의 실험을 통해서 확인하였다. 그리고 5장에서는 최종적으로 실제의 추종 실험을 통해서 퍼지 PID의 성능을 선형 제어기와 비교하고, 모의 실험 결과를 검증하였다.

### 2. 퍼지 PD 제어기의 설계

2-입력 퍼지 PD 제어기의 설계는 선형 PD제어기의 근사화에서부터 출발한다. 정확한 근사를 위해 선형 추론 방법인 product-sum-gravity 방법과 simplified fuzzy reasoning 방법을 사용하여, 퍼지규칙과 출력소속함수의 설계를 통해서 출력 표면에 성능 향상을 위한 비선형 요소들을 더해주게 된다.

#### 2.1 선형 PD 제어기의 출력 표면

일반적으로 선형 PD 제어기는 다음과 같이 주어진다.

$$u = ae + \beta \Delta e \quad (1)$$

여기서  $a$ ,  $\beta$ 는 각각 비례, 미분 이득이며  $e$ 는 추종오차,  $\Delta e$ 는 오차의 변화율이다. 이러한 PD 제어기의 입력  $e$ ,  $\Delta e$  와 출력  $u$  사이의 관계를 3차원 공간에 나타내어 보면 그림1과 같이 출력 표면(output surface)이 평면이 됨을 알 수 있다.

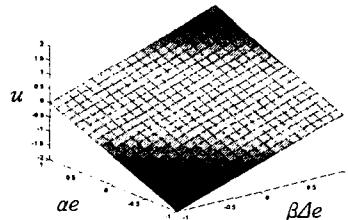


그림 1. 선형 PD 제어기의 출력 표면