

초음파 모터 제어를 위한 퍼지 추론 시스템 기반 다중 제어기 설계

Design of Multiple Controller Based on Fuzzy Inference System for Control of Ultrasonic Motor

민 병 우, 최 재 원**

* 부산대학교 기계공학부(Tel : 051-510-3203; Fax : 051-510-2470 ; E-mail: mbw75@netian.com)
** 부산대학교 기계공학부(Tel : 051-510-2470; Fax : 051-510-2470 ; E-mail: choijw@hyowon.pusan.ac.kr)

Abstract : In this paper, we present the position control of pendulum system which is driven by a ultrasonic motor. Since the system's response is different for each initial position of pendulum, it is difficult to obtain the satisfiable control performance by using a neural network which is learned by off-line. To overcome this problem, we propose the multiple controller based on fuzzy inference system for ultrasonic motor, and controller is designed by neural network. The proposed method shows good performance for any initial positions and it's effectiveness is verified from experiments. We expect that ultrasonic motor can be used as actuators of robot's leg or manipulator.

Keywords : ultrasonic motor, fuzzy inference system, neural network, error back-propagation

1. 서론

최근에 개발된 초음파 모터(ultrasonic motor)는 기존의 전기 모터에 비해서 저속에서 큰 토크를 가지고 있어 직결제어가 가능하고, 큰 정지 토크와 빠른 응답속도 그리고, 전기장의 영향을 받지 않으며, 또한 모터 설계에 대한 제약이 없어 모터의 크기를 소형화할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나, 고정자의 진동으로 인한 회전자와의 마찰로써 구동되기 때문에 마찰열이 발생되고, 그로 인해 모터의 파라미터가 변하기 때문에, 모터 속도 특성이 변하게 된다. 또한, 진동에 의한 회전자와의 마찰에 의해 회전되므로, 심한 비선형성을 가지게 된다[1-6]. 이러한 요인들 때문에 전기 모터에 비해서 정밀한 제어를 수행하기가 비교적 어렵다. 뿐만 아니라, 초음파 모터는 전기모터의 구동원리와는 다르게 구동되기 때문에 현제로서 제어할 수행하기 위한 수학적 모델을 유도하지 못하고 있다. 이전의 연구에서는 이러한 특성의 바탕으로 수학적 모델을 필요로 하지 않은 신경망 회로(neural network)를 이용한 학습 제어가 제안되었다[5]. 하지만, 오프라인(off-line)으로 설계된 학습 제어기는 시스템의 변화 및 부하 환경에 대하여 만족할 만한 성능을 얻지 못하는 문제점을 가지고 있었다.

본 논문에서는 앞에서 제시한 문제점을 해결하기 위해 부하 환경으로 진자를 초음파 모터에 적용하고 초기 위치에 대하여 응답이 다른 진자시스템을 퍼지 추론에 의해 초기 위치를 파악하고 미리 설계한 신경망 제어기로 대체하는 다중제어 제어기를 제안한다.

2. 초음파 모터의 구동원리와 특성

일반적인 전기모터의 구동원리와는 다른 형태를 가진 초음파 모터는 고정자 내부에 위치한 압전소자(piezoelectric ceramic)에 40~50Hz 주파수를 가진 두 개의 위상차가 나는 정현파 입력을 인가에 의해 구동된다. 이러한 구동원리를 그림 1에 도시하였다[5].

그림 2는 고정자 진동에 의해서 회전이 발생하는 원리를 단면적

으로 자세히 보여주고 있다. 회전자는 오른쪽에서 왼쪽으로 ω 의 속도로 진행한다. 돌기(teeth) 내부에 있는 화살표는 고정자가 진행할 때에 생기는 타원 궤적의 순간속도를 나타낸다. 화살표가 회전자의 속도와 평행을 이룰 때 순간속도는 0이 되고, 화살표의 기울기가 클수록 속도가 크게 된다[1].

본 논문에서는 일본의 SINSHEI사에서 제작한 초음파 모터(USR30-E3)를 사용하였고, 그 특성을 알아보기 위한 실험을 하였다. 그림 3은 모터에 인가된 전압에 대한 출력 회전수를 도시하였다. 그림 3에 도시된 실험결과를 통한 초음파 모터의 특성은 입력 전압이 -0.5V에서 +0.6V사이의 값을 가질 때 출력 회전속도가 0이 되는 사각지대(dead zone)가 발생한 것을 알 수 있었고, 일정 구간에 대해서 비선형성이 나타나며, 나머지 구간에 대해서는 대체로

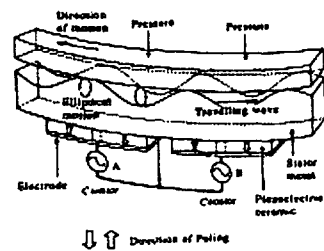


그림 1. 초음파 모터의 구동원리

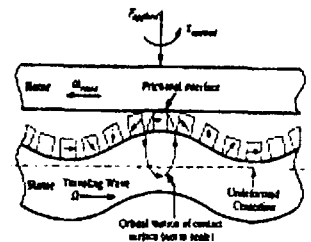


그림 2. 초음파 모터의 진동원리