

제한조건을 고려한 조미동 위치제어 시스템의 최적제어

Optimal Control of a Coarse/Fine Position Control System with Constraints

주완규*, 최기상**, 최기흥***(Wan-Gyu Ju, Gi Sang Choi, and Giheung Choi)

*서울시립대학교 전기전자공학부(Tel:82-2-2243-7376;E-mail:brave72@sue.uos.ac.kr)

**서울시립대학교 전기전자공학부(Tel:82-2-2243-7376;E-mail:simpson@uos.ac.kr)

***한성대학교 기계시스템공학과(Tel:82-2760-4322; E-mail:gihchoi@hansung.ac.kr)

Abstract Recently, the demand for high precision and large stroke in linear positioning systems is increasing in industry. A coarse-fine position control system composed of a linear motor and a piezoelectric actuator has such characteristics. Many optimal control laws have been applied to the position control of coarse-fine actuators but most of them did not take account into constraints. In this study, model predictive control (MPC) method with constraints is applied to the position control of the coarse-fine actuator and the performance of MPC is compared with those of conventional control laws.

Keywords : model predictive control(MPC), constraint, coarse-fine actuator

1. 서론

산업현장에서 정밀도 높은 위치 제어시스템의 요구가 증가되고 있다. 특히 고정밀도의 시스템의 요구에 추가해서 큰 스트로크와 빠른 응답을 갖는 시스템을 요구하고 있고 조미동구동기가 이런 목적에 적합하여 이에 대한 제어기법들이 연구되고 있다.^{[1][2]}

고정밀 시스템의 최적응답을 얻기 위한 LQ와 같은 최적화 방법은 시스템 내에 존재하는 제한조건을 고려하지 않음으로 전체 시스템의 성능이 저하 될 뿐만 아니라 최종적인 제어결과는 최적이지 아닌 경우가 많다.

이러한 제어기법의 단점을 보상하고 전체 시스템의 안정성에 관한 조건을 고려한 제어기법을 연구하기 위해 조동구동기와 미동구동기로 구성된 1축 2자유도를 갖는 시스템을 이용한다. 원하는 정밀도와 스트로크에 대해서 여러가지 제약조건을 구체적으로 고려하고 최적응답을 얻기 위해서 model-based predictive control(MPC)를 적용한다. MPC는 특히 다음과 같은 경우에 효과적으로 적용될 수 있다.^{[3][4][5][6]}

- 제어 되어야 할 변수가 많은 경우
- 변수들에 제약 조건이 부과 되는 경우
- 최적화를 통한 비용절감이 필요한 경우

제약조건이 있는 경우는 온라인으로 문제를 풀어야 하는 최적화 문제가 된다. MPC는 최근들어 제어 컴퓨터의 성능 향상으로 인해서 그 유용성이 더욱 커지고 있다. MPC는 기본적으로 두 가지 방법으로 나누어지는데 계단응답 모델을 사용하는 것과 상태공간 모델을 사용하는 것으로 나누어진다.^{[3][4]} 이번 연구에서는 계단응답 모델을 사용하여 기존의 제어기와 성능지수를 비교하였다.

2. 모델링

2.1 조동구동기 모델링

조동구동기로 사용되는 선형 자기 드라이브는 이송

나사(lead screw), 벨트(belt drive)에 의한 방법보다 마찰에 의한 비선형성이 적으며 반응속도도 빠르다. 그러나, 자기 드라이브에서도 sticktion과 같은 비선형적 마찰이 존재한다. Sticktion은 축의 운동속도가 0에 가까울 때 멈추게 한다. 이는 축이 운동방향을 바뀌어야 하는 궤적 추종(tracking)시 위치 오차를 유발한다. 이와 같은 오차는 단순히 비례제어(proportional control)만으로는 효과적으로 보상할 수 없다. 따라서, 주어진 궤적의 추종제어(tracking control)를 시행할 때 제어기의 성능을 향상시킬 수 있는 별도의 방법이 필요하게 된다.^[2]

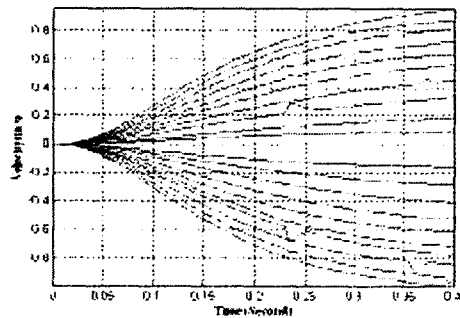


그림 1 자기 드라이브 모델

본 연구에서 사용되는 선형 자기 드라이브는 그림 1에 나타난 것처럼 실험 적으로 구해진 운동방정식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_c = 0.113\ddot{x}_c + 1.0213\dot{x}_c + f_c \operatorname{sgn}(\dot{x}_c) \quad (1)$$

(1)식에서 우변의 세 번째 항은 쿨롱 마찰력을 나타낸다. 또한 실험적으로 분석된 결과 일정한 전압 이하일 때는 자기구동기가 움직이지 않는 영역이 나타났다. 이러한 비선형성을 고려하여 되먹임 선형화에 의하여 선