

압전소자를 이용한 2축 정밀 스테이지의 적응제어

Adaptive control of the precise two axes stage using piezoelectric actuator

*박흥석¹, #김영식¹, 김인수¹, 김기범¹, 김준식²

*H. S. Park¹, #Y. S. Kim (yskim@kumoh.ac.kr)¹, I. S. Kim¹, K. B. Kim¹, J. S. Kim²

¹금오공과대학교 기전공학과, ²금오공과대학교 지능기계공학과

Key words : Robust adaptive control, MRAC, Disturbance, LQG/LTR

1. 서론

반도체 제작공정, 초정밀 공작기기, 우주항공, 세포 생물학 등 현대 과학기술의 발달은 정밀 이송 기구의 고응답성, 정밀성, 강인성을 동시에 요구하고 있다. 이에 따라 실제 시스템에 적용되는 제어기는 시스템의 비선형성, 불확실한 파라미터 혹은 외부로부터 영향을 주는 알 수 없는 외란 등에 대비 할 수 있어야 한다.

최근 2축 정밀 스테이지의 제어를 위해 스테이지의 동특성 해석을 통한 모델링 및 슬라이딩 모드 제어, LQG/LTR 제어 방법이 적용되었다. 앞서 적용된 제어기법에는 시스템 모델링을 통해 설계된 관측기를 포함하고 있어 외란에 대한 특별한 가정이 필요했다.⁽¹⁾

본 논문에서는 압전소자를 이용한 2축 정밀 스테이지의 비선형성, 외란 등을 고려하며 고응답성, 강인성을 만족시키는 모델 기준 강인 적응 제어를 설계 및 적용 하였으며 비교적 큰 외란 영향이 있는 정밀 스테이지에 대한 LQG/LTR 제어 결과와 모델기반 적응제어(MRAC) 결과를 비교 하였다.

2. 제어기 설계

2축 정밀 스테이지의 제어 시스템은 Fig.1과 같이 각 축간 서로 영향을 주는 성분 d_u 를 외란 처리함으로써 하는 SISO 제어 시스템으로 다룰 수 있다.

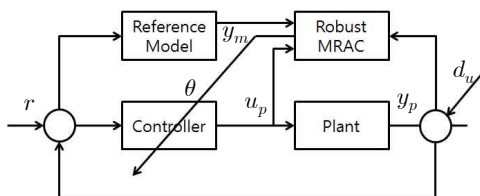


Fig.1 Block diagram for control of the two axes stage.

제어하고자 하는 시스템에 외란이 있는 경우 식(1)로 나타낼 수 있으며 식(2)는 추종하고자 하는 시스템의 응답을 나타낸 것이다.

$$y_p = k_p \frac{B_p(s)}{A_p(s)} (u_p + d_u) \quad (1)$$

$$y_m = k_m \frac{B_m(s)}{A_m(s)} r \quad (2)$$

제어법칙은 식 (3)과 같이 표현된다.⁽²⁾

$$u_p = \theta_0^T(t) w_0 + c_0^* r + u_a \quad (3)$$

$$\theta_0 = [\theta_1^T, \theta_2^T, \theta_3^T]^T, w_0 = [w_1^T, w_2^T, y_p]^T$$

$$\dot{\theta}_0 = \gamma \epsilon r - \gamma w \theta_0$$

$$u_a = \frac{W_m^{-1}(s)}{(\tau s + 1)^n} (\epsilon m^2 - W_c(s)(W_b(s)w_0^T)\theta_0)$$

$$\dot{w}_1 = Fw_1 + gu_p$$

$$\dot{w}_2 = Fw_2 + gy_p$$

F, g 는 가제어 정규행렬이며 F 는 안정한 행렬로 선택된다. 그리고 고탄성 특성을 지닌 정밀 스테이지에 적용하기 위하여 Fig.2과 같이 수정된 MRAC 제어기를 적용한다.

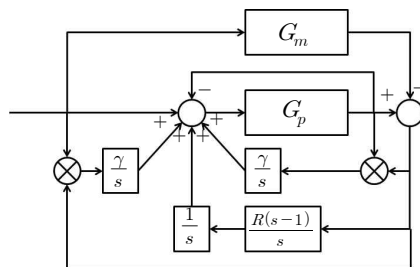


Fig.2 Block diagram of a Modified MRAC.

3. 스테이지 제어

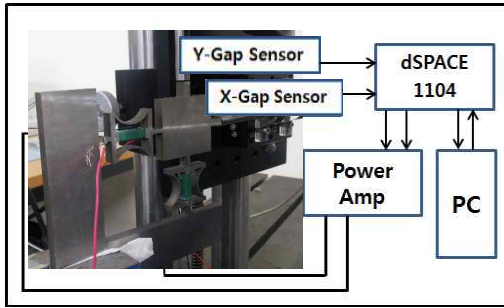


Fig. 3 Schematic diagram of experimental device.

Fig. 3은 실험을 위해 구성된 시스템을 나타낸 것이며 Fig 5는 Fig 4의 입력에 대한 각 축의 응답을 나타낸 것이다.

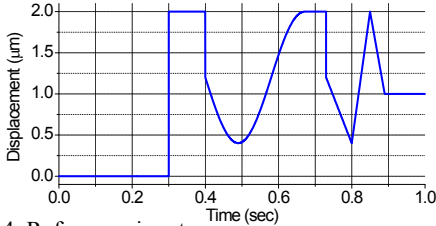


Fig.4 Reference input.

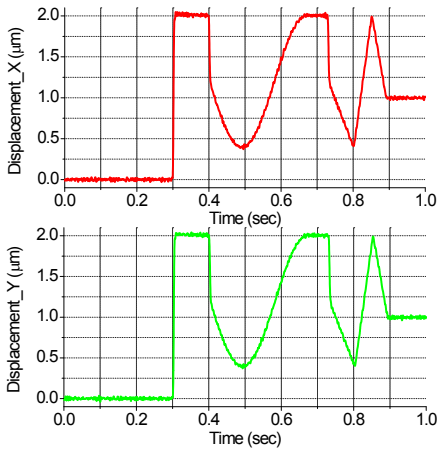


Fig. 5 Measured responses of control system to two axes complex reference input.

2. 제어 비교

Fig.6은 큰 외란이 존재하는 시스템에 대한 LQG/LTR제어와 MRAC제어를 비교한 것이다.

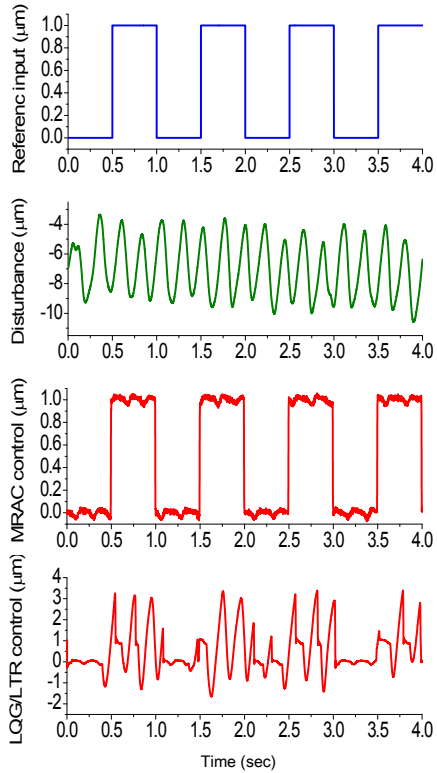


Fig. 6 Measured responses of LQG/LTR control system and MRAC control system in disturbance.

4. 결론

압전소자 작동기를 갖는 2축 정밀 스테이지에 적응제어기를 설계 및 적용하여 뛰어난 명령추종 성능을 확인하였다. 미지의 비선형 외란이 존재하는 시스템에 대한 LQG/LTR제어와 MRAC제어를 비교함으로써 적응제어기가 미지의 외란 존재시 안정성 면에서 우수함을 알 수 있었다.

후기

본 논문은 금오공과대학교 산학 공동기술개발지원사업의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김인수, 김영식, 황윤식, “압전소자를 이용한 정밀 스테이지의 운동제어”, 한국기계가공학회지, Vol.10 No.4,2011.
2. Ioannou, Jin Sun, "Robust Adaptive Control", 2002.