

SIMULINK를 이용한 1축 스테이지 제어계 모델링 Modeling of 1-Axis Positioning Stage Control System using SIMULINK

*노승국¹, 김병섭¹, 송창규¹

*#S. K. Ro(cniz@kimm.re.kr)¹, B. S. Kim¹, C. K. Song¹

¹한국기계연구원 나노융합·생산시스템연구본부

Key words : Positioning stage simulation, Simulink, friction model, ball screw

1. 서론

기계장비의 정밀도를 해석하는데 있어서, 이송 장치의 위치결정 정밀도는 최종적으로 기계의 정밀도에 직접적으로 영향을 미치게 되며, 이에 대한 해석을 위하여, 이송스테이지 시스템에 대한 기계적 부분의 모델링 및 이를 구동하기 위한 구동계 및 동력전달계, 전기적 부분인 제어계를 포함한 이송계에 대한 모델링이 필요하고, 이 모델을 이용하여 각각의 요소에 대한 데이터베이스를 활용하는 해석 모듈의 개발이 필요하다. 이러한 모델은 공작기계, 반도체 및 디스플레이 장비 등 여러 정밀 생산장비 및 기계에 있어서 설계자가 구성한 시스템의 정밀도를 예측할 수 있는 개발하기 위한 연구가 진행중이다.

본 논문에서는 이러한 시뮬레이션을 수행할 수 있도록 Simulink로 구현된 모델을 소개하고 있으며, 실제 제작된 볼스크류 및 모션제어기를 기반으로 한 실험시스템을 대상으로 구성예를 나타내었다. 구현된 모델은 기계부 및 제어부의 다양한 선형 및 비선형 수학적 모델을 포함하도록 구성되었다.

2. 스테이지 모델 개요

직선 운동제어 유닛은 크게 Fig. 1와 같이 이송계의 기계적 스테이지 부분(Mechanical system), 모터 및 드라이브 등 전기 부분(Electrical system), 제어기 부분(Control system)으로 분류할 수 있으며 기능적으로는 Fig. 2에 나타낸 것처럼 실제 운동이 일어나는 테이블의 기계시스템 블록(Mechanical dynamics block)과 엔코더 등과 같은 측정 블록(Measurement block), 이송 제어시 명령에 해당하는 명령 생성 블록(Reference generator block), 순수 서보 제어 알고리즘을 포함한 블록(Servo controller

block) 과 드라이브의 전기적 특성을 갖는 블록(Drive and electronics block)으로 나누어 구성된다. 각각의 요소들은 사용된 제품에 따라 선형 및 비선형의 특성을 가지고 있게 되며, 수학적으로는 전달함수를 이용하여 모델이 가능하다.

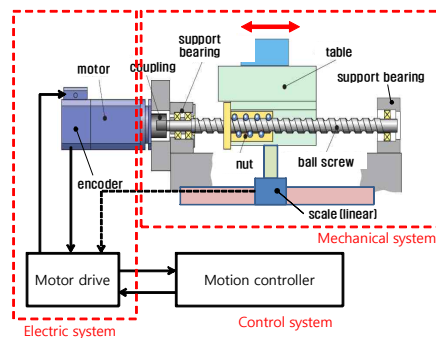


Fig. 1 Structure of a motion control system (a typical ball screw stage)

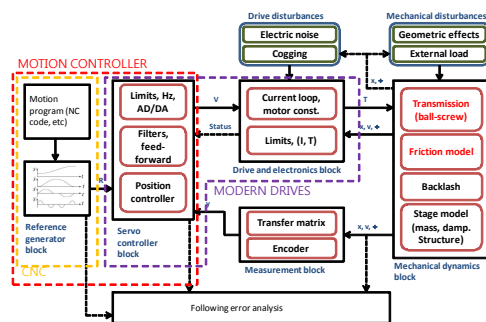


Fig. 2 Functional block diagram of a motion control system

3. SIMULINK 모델 구성예

Fig. 2에 나타낸 모델에 대하여 해석을 위한

Simulink 모델을 구축한 예는 다음의 Fig 3과 같다. 각각의 모델에는 기계부에 대한 구동을 위한 제어부, 위치센서의 입력을 받아 위치제어를 수행하는 제어기 부분을 포함하고 있다.

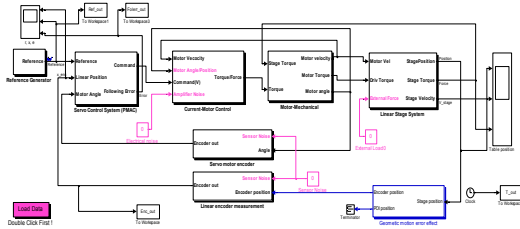


Fig. 3 Simulink model of a motion control system

다음의 Fig 4는 구성된 모델의 결과 검증을 위해 적용한 볼스크류 및 LM가이드 기반 스테이지로써, 델타타우사의 UMAC 제어기를 사용하고, Yaskawa SGDS-08A01A 및 SGMAS-08ACA41 (750W, 3000rpm) 모터 및 드라이브와, Heidenhain LIP571 리니어스케일을 이용하여 제어한다.

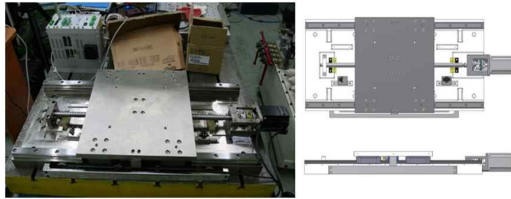


Fig. 4 Test setup for 1-axis stage with ball screw

Table 1 Comparison of measured roughness data

J_{BS}	$7.238e-5 \text{ kgm}^2$
m_t	26.37 kg
Coulomb coefficient	0.04015
Critical velocity	0.6490414
Viscous damping coeff.	0.001187565
P gain (i130)	40000
D gain (i131)	100 ~ 600
I gain (i133)	30000

구성된 모델에 있어서 제어기는 UMAC의 제어기 다이어그램을 Simulink로 모사하였으며, 드라이버의 경우 제어입력 및 전류의 특성을 실험을 통해 측정하여 2차시스템 (Natural frequency 180 Hz) 으로 모델링 하였다. 또한, 해석을 위하여 사용된 파라미터들은 다음의 Table 1과 같다. 특히, 볼스크류 및 LM 가이드의 경우 마찰력에 대한 모델이 해석결과에 크게 작용할 수 있어, 정마찰 및 동마찰

을 고려한 비선형 모델을 포함하였다.

다음의 Fig. 5는 구성된 모델을 이용하여 1000 count의 스텝명령과 Ramp 구동에 대한 시뮬레이션 결과와 실험결과를 비교한 것으로 비교적 잘 추종하는 것을 확인할 수 있었다. 실험결과 및 시뮬레이션의 결과는 실제 제어기에서 구동에 사용되는 Reference 신호를 입력하는 방식을 적용하였다. 실제 응답과의 비교를 통해서 시뮬레이션 모델의 경우 마찰력 모델의 파라미터가 해석결과에 미치는 영향이 컸으며, 제품의 카탈로그 등에서 정확히 파악할 수 없는 일부 inertia 값들에 대한 영향을 역시 파악할 수 있었다.

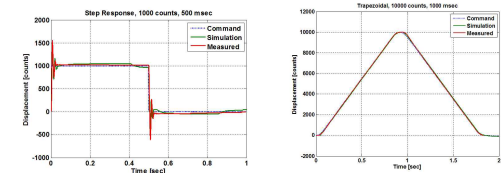


Fig. 5a Step response of the test stage Fig. 5b ramp response of the test stage

4. 결론 및 향후계획

본 연구에서는 이송계 및 제어계를 구성하는 Simulink 모델을 구축하고, 실제 적용되는 제어기와 드라이버 및 구동부 마찰력 모델을 적용하여 실제 이송계에 대한 실험과의 비교를 통하여 개발된 모델의 유효성을 확인하였다. 향후, 기계부의 이송방향 자유도 외에 운동에 대한 영향까지 고려한 다자유도 모델을 구축하고 다양한 모델에 대응하도록 개발할 예정이다.

후기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발 사업 사업의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Ljung, L. and Glad, T., "Modeling of Dynamic Systems," Prentice Hall, 1994.
2. 정영훈, 배진현, 이승열, 태현철, 조동우. "마찰력 모델을 이용한 안내면 상태 감시," 한국정밀공학회 추계학술대회 135-135, 2010
3. 정영훈, 민병권, 조동우, "공작기계 이송계의 동적 시뮬레이션 모델 개발," 한국정밀공학회 추계학술대회, 319, 2004