

# HILS 를 이용한 CNC 시뮬레이션

## CNC simulation using a hardware in the loop simulation

\*이원균<sup>1</sup>, 맹상진<sup>1</sup>, #민병권<sup>1</sup>, 이상조<sup>1</sup>

\*W. Lee, S. Maeng, #B.-K. Min(bkmin@yonsei.ac.kr)<sup>1</sup>, S. J. Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 기계공학과

Key words : Machine tool simulation, real-time simulation, controller tuning

### 1. 서론

CNC 공작기계의 설계 및 제작에 있어서 적절한 제어 요소부품의 선정 및 파라미터의 설정은 완성된 기계의 성능을 결정하는 중요한 작업의 하나이다. CNC 공작기계의 제어성능의 조정은 일반적으로 공작기계가 완성된 후 기계를 작동시키면서 행하는 것이 일반적인 방법이나, CNC 공작기계를 설계하는 단계에서 시뮬레이션을 통해 제어성능을 예측하고, 이를 설계 과정에 적용할 수 있다면 개발 시간과 비용을 효과적으로 줄일 수 있다.

기존의 CNC 공작기계의 시뮬레이션은 주로 가공공정과 가공물 형상, 제어요소의 해석 등이 연구되었다. [1,2] 본 연구에서는 실시간 시뮬레이션을 이용하여 제어기와 구동부 선정 및 제어 파라미터에 따른 CNC 구동부의 제어 성능을 예측하고, 실제 CNC 공작기계 제어기 설계에 있어서 필수적인 기능인 고장 등 이상 상황에 대한 제어기의 대응 기능을 검토할 수 있는 기술을 개발하였다.

### 2. 시뮬레이터 구성

본 연구에서는 CNC 제어기의 정확한 모델링을 위해 Hardware in the loop 시뮬레이션 (HILS) 기법을 공작기계 제어기 시뮬레이션에 적용하였다. 상용제어기는 제어알고리즘을 포함한 제어기의 다양한 기능이 자세히 공개되어 있지 않아 정확한 시뮬레이션 모델의 제작이 어려우며, 공개되어 있는 알고리즘만을 이용해서는 공작기계 고장 등에 따른 상용제어기의 반응, 다양한 제어기 파라미터 변화에 따른 성능 특성을 시뮬레이션하기 힘들다.

본 연구에서는 상용제어기를 단순화된 모델을 이용하지 않고, 직접 제어기 하드웨어를 시뮬레이션의 요소로 이용하는 HILS 기법을 이용하여 CNC 공작기계 시뮬레이터를 제작하였다. MATLAB Simulink 를 이용하여 제어기를 제외한 CNC 공작기계의 구동요소를 모델링 하였고 이를 DSP (DS1103, dSPACE)를 이용하여 실시간으로 상용제어기 (PMAC-PC104, DELTA TAU)와 연결하였다. 제작된 시뮬레이터의 구성도는 Fig. 1 과 같다.

### 3. 시뮬레이션 결과

제안된 시뮬레이터를 이용하여 제안된 시뮬레이터를 이용하여 PMAC 제어기에 의해 구동되는 3 축 기계를 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션 결과를 실제 하드웨어를 구동한 결과와 비교하였다. 본 실험에서는 PMAC 제어기에 직선이송테이블 (ILS250, Newport)을 연결한 시스템을 모델링하였다. 이송계는 DC 모터를 이용하여 구동되며, 모터, 이송계, 모터드라이브의 모델은 제품의 사양서와 system identification

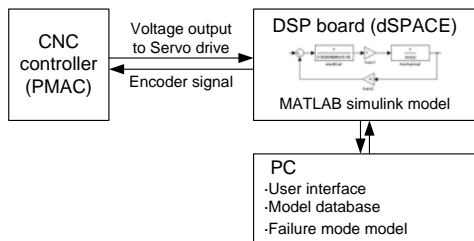


Fig. 1 Hardware in the loop simulation

실험을 통하여 구하였다. Fig. 2 (a) 는 제작된 실시간 시뮬레이션 결과가 실제 이송테이블을 구동한 결과를 비교한 그림이며, 이때 추종오차를 어느 정도 예상할 수 있는 지를 Fig. 2 (b) 에 비교하였다.

공작기계의 제어기가 공작기계의 고장 등에 대처하는 기능이 제대로 작동하는 지를 실험하는 것은 실제 공작기계에 고장을 일으켜야 하므로 많은 비용이 드는 작업이다. HILS 를 이용한 시험은 공작기계 모델에 고장모드를 포함시킴으로써 실험을 용이하게 해준다. Fig. 3 은 구동부 모터전원의 단락이 일어난 상황을 시뮬레이터에 모델링하고, 이때 제어기가 예상된 반응을 하는가를 실험한 예이다. 그림에서 보는 바와 같이 이상을 인지한 후 기계의 동작을 중단시키는 기능이 작동됨을 확인할 수 있다.

제작된 시뮬레이터를 이용하여 제어기의 PID 계인을 조정한 후, 이를 실제 CNC 공작기계에 적용하는 실험을 실시하였다. Fig. 4 (a) 와 같이 시뮬레이터를 이용하여 다양한 계인에 대한 공작기계의 응답을 시뮬레이션 한 후, 적절한 계인값을 선정하여 실제 CNC 에 적용하였다. Fig. 4 (b) 는 공작기계가 시뮬레이션에서 예측한 대로 작동하고 있음을 보여준다.

#### 4. 결론

HILS 를 이용한 시뮬레이션 기법을 CNC 공작기계 설계에 적용하였다. 실제 CNC 에 연결된 장비의 작동과의 비교를 통해 제안된 시뮬레이션의 정확도를 확인하였고, 실제 CNC 공작기계를 이용한 가공 시 발생할 수 있는 이상 상황에 대한 반응을 확인했다. 시뮬레이션을 이용한 적절한 제어 계인을 선택, 이를 실제 CNC 에 적용하였다.

#### 후기

본 연구는 지식경제부 기계장비 정밀도 시뮬레이션 플랫폼 기술 개발 사업의 지원으로 이루어 졌습니다.

#### 참고문헌

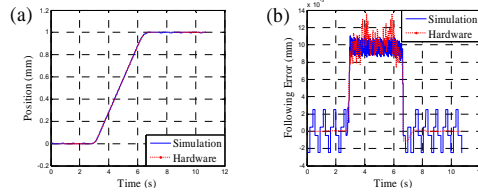


Fig. 2 Comparison of positions (a) and following errors (b) of simulation and hardware experimental results

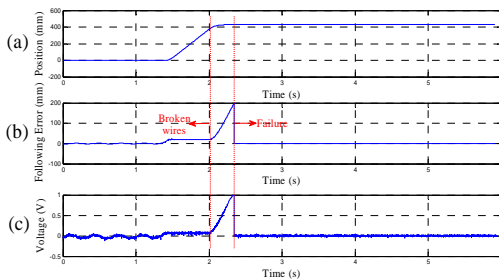


Fig. 3 (a) Position, (b) following error and (c) command voltage of the CNC using HILS when motor failure occurs

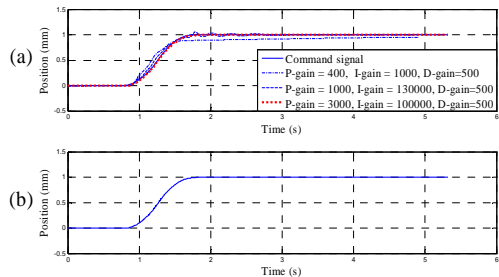


Fig. 4 (a) Gain tuning procedure using simulator; (b) real stage experimental result using gains: P-gain=3000, I-gain=100000, and D-gain=500

1. Budak, E., "Analytical models for high performance milling. Part I: Cutting forces, structural deformations and tolerance integrity," International Journal of Machine Tools and Manufacture, **46**, 1478-1488, 2006.
2. Jeong, Y. H. et al, "Motor Current Prediction of a Machine Tool Feed Drive Using a Component-Based Simulation Model," International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, **11**, 597-606, 2010.