

기계장비용 제어/방진 시뮬레이터 개발

Development of a simulator for control & anti-vibration characteristics of machinery equipment

송창규¹, *김병섭¹, 노승국¹, 문석훈²

C. K. Song¹, *B.-S. Kim(bkim@kimm.re.kr)¹, S. K. Ro¹, S. J. Moon²

¹ 한국기계연구원 나노융합·생산시스템연구본부, ² 한국기계연구원 시스템엔지니어링연구본부

Key words : Control system, Vibration isolator, Characteristic simulator, Dynamic characteristics

1. 서론

기계장비용 제어/방진 시스템이란 공작기계 및 반도체/디스플레이 장비의 각 축의 현재 위치정보를 받아 사용자가 원하는 위치와 오차값을 계산한 후 일정한 제어게인을 곱한 입력값을 구동계(모터 등)에 입력하여 원하는 위치로 이동하게 하는 하드웨어(제어기, 드라이브, 방진대) 및 소프트웨어(PID 및 기타 제어알고리즘)를 의미한다.

본 논문에서는 한국기계연구원 주관으로 진행 중인 기계장비용 정밀도 시뮬레이션 플랫폼의 한 구성 모듈인 기계장비용 제어/방진 특성 예측 시뮬레이터의 개발 현황을 소개한다. 기계장비용 제어/방진 시뮬레이터는 제어기, 드라이브, 운동 유닛, 센서, 방진 시스템을 제품별로 데이터베이스를 구축하고 시뮬레이션과 관련된 주요 물성을 파라미터화된 모델에 연결하여 기계 장비 설계시 선정된 운동 요소들로 어느 정도의 제어/방진 특성을 얻을 수 있는지 예측할 수 있도록 하는 것이 목적이다.



Fig. 1 Components of control/anti-vibration system

2. 제어시스템 구성요소 DB 환경의 기본 요소 설계

직선 운동제어 유닛은 크게 Fig. 2와 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. 3에 나타난 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.

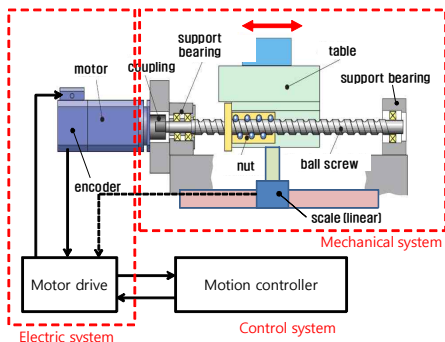


Fig. 2 Structure of a motion control system (a typical ball screw stage)

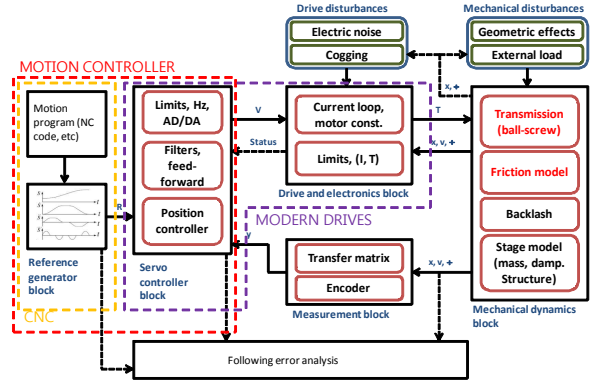


Fig. 3 Functional block diagram of a motion control system

Table 1 Database of a motion control system

대분류	세부 항목	입력	출력	파라미터 (DB 입력 변수)
기계부	테이블	추력	변위, 가속도	테이블 중량, 크기, 관성, 추력 측정부 전달함수
	안면/베어링	속도, 예압	마찰력	가이드 종류, 재질, 예압 (테이블 중량)
	리드스크류	회전토크	구동토크, 각속도, 회전각도	리드스크류 모델 및 제원 (피치, 직경, 길이, 너트 예압), 고정 방식 및 베어링 종류
	커플링 (폴리 등)	회전토크	전달토크 및 각속도, 각도	모델 (비틀림 강성)
측정부	로터리 엔코더	각도	엔코더 출력	모델 (회전당 출력 카운트, 최대속도), 외란 특성 (노이즈, 엔코더 오차)
	선형 엔코더	위치	엔코더 출력	모델 (분해능, 최대속도), 외란 특성
제어기 (일부 드라이브 포함)	명령 생성	최종 이송위치	제어 명령	사용 제어기 모델 및 이송 지령치, (속도, 가속도, 위치)
	서보 제어기 모델	제어 명령, 엔코더 출력	제어 출력	제어기 모델, 제어 게인 (PID, PI, etc)
드라이브 및 모터부	모터 전류 제어	제어 출력	모터 전류	모델 및 제원 (출력, 최대 전류) 전류 제어 게인 혹은 제어 대역폭, 증폭비, 외란 특성 (노이즈)
	모터 특성 (로터리, 선형)	모터 전류	토크 및 추력	모델 및 제원 (추력상수, 최대 토크, 인덕턴스, 저항), 외란 특성 (노이즈, 코장)

Fig. 3에 대하여 시뮬레이터에서 구축하고 있는 데이터베이스의 세부항목, 입력/출력, 해석 파라미터를 Table 1에 제시하였다. 해석에 필요한 파라미터들이 DB화되어 구축되면, 운동 유닛의 특성을 해석하기 위하여 상용프로그램인 Matlab Simulink로 전체 운동에 관련된 기능적 블록들이 상호간의 입출력 관계를 통하여 연결된다. 운동 유닛 해석 모델의 예를 Simulink 블록으로 Fig. 4에 나타내었다.

방진요소에 대해서도 비슷한 구조로 DB가 구축되고 있으며 제어시스템 해석과 같은 방법으로 시뮬레이터에서 방진과 관련된 동특성이 해석된다.

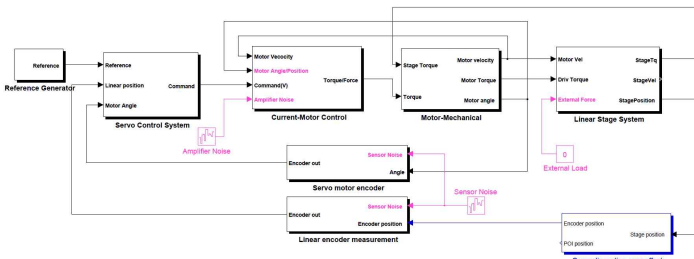


Fig. 4 Simulink model of a motion control system

3. 제어/방진 시뮬레이터 프레임 및 GUI설계

제어/방진 시뮬레이터 모듈은 클라이언트 프로그램에서 사용자가 설계 데이터를 입력하고 해석을 요청하면 TCP/IP를 통해서 서버 모듈이 호출된다. 서버측 해석 모듈은 입력된 데이터를 바탕으로 데이터베이스에서 관련 파라미터를 추출하고 전체적인 동특성 모델을 위한 해석 스크립트를 Simulink 블록으로 구성하며 구성된 Simulink 블록은 Matlab engine caller를 통해 Matlab으로 보내져서 해석이 수행된다. 해석된 결과는 다시 사용자 클라이언트 프로그램으로 보내지도록 구현되며 전체 제어/방진 시뮬레이터의 구성을 Fig. 5에 나타내고 있다.

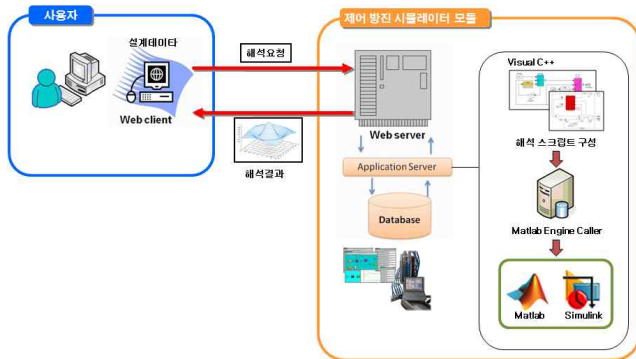


Fig. 5 Configuration of a control/Anti-vibration simulator

제어/방진 시뮬레이터는 윈도우 상에서 사용자 입/출력 부분, 해석 스크립트용 Simulink 블록구성 및 Matlab engine caller 부분의 소프트웨어 설계를 마치고 통합 시뮬레이터에서 사용하는 프로그래밍 툴인 MS-Visual C++ 2005를 바탕으로 1차 프로그램 작성을 완료하였는데 제작된 사용자 인터페이스를 Fig. 6에 나타내었다. 인터페이스의 사용순서는 대략 다음과 같다. 우선 ①에서 제어해석을 수행하고자 하는지 혹은 방진해석을 수행하고자 하는지 대분류를 선택한 후, 제어해석을 수행하는 경우 ②로 내려와서 제어해석에 필요한 요소들을 제작사와 모델명을 기준으로 선택한다. ③에서 다음 단계 버튼을 누르면 선택된 요소들의 특성에 따라서 ④에서 보이는 우측 패널에 추가적인 입력사항을 요구한다. Fig. 6에서는 델타타우사의 UMAC제어기의 제어 게인의 입력을 요구하는 모습이며 입력을 마치면 다시 ③의 다음 단계 버튼에 의해 ⑤의 DB 정보 확인 창이 표시된다. 그림에서는 선택된 Trilogy 모터의 파라미터들을 보이고 있으며 사용자의 검토를 요구하고 있는데 추가적인 입력 사항이나 DB 검토 사항의 표시가 끝나면 ⑥에서 계산 시작 버튼을 눌러서 계산을 시작하도록 되어있다. 이때 프로그램 내부적으로는 Simulink 블록으로 해석 스크립트를 조합하고 필요한 파라미터 값을 Matlab에 입력시킴과 동시에 Simulink 블록으로 구성된 문제를 풀도록 지시한다. 제작된 프로그램은 제작사/모델에 따라서 사용자가 선택한 항목을 아이콘으로 표시하여 선택된 항목을 쉽게 인지할 수 있도록 하고 있으며, 하단에 도우미 기능의 텍스트 라인이 있어서 각단계마다 사용자에게 필요한 설명을 제공해주도록 되어있다.

Fig. 6에서 제어 시뮬레이션을 수행한 예를 Fig. 7에 나타내었다. 제어 게인의 변동 없이 질량을 7.4 kg에서 50 kg으로 증가시킬 때

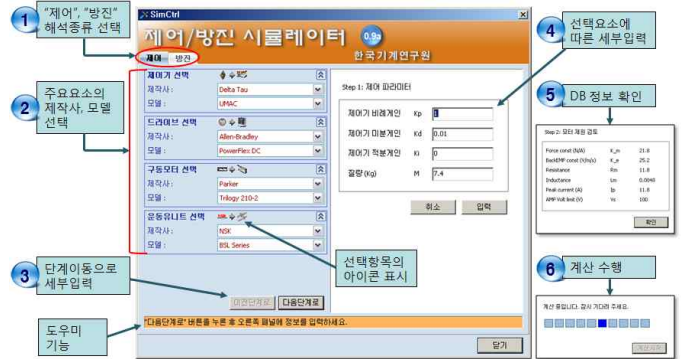


Fig. 6 User interface of the control/Anti-vibration simulator

전류, 가속도, 추종 오차가 어떻게 바뀌는지를 보이고 있으며 질량 변화 뿐만 아니라 제어 게인의 변화시 속도, 가속도 등의 동특성 변화를 시뮬레이션 할 수 있다. 시뮬레이터 내부에서 Matlab을 사용하고 있기 때문에 현재 제어 시뮬레이션 결과는 Matlab의 플롯을 이용하여 나타내었으나 통합 시뮬레이터에서 자체적인 그래프 인터페이스를 제공하는 경우 통합 시뮬레이터의 일관성에 맞게 향후 수정되어 통합될 예정이다.

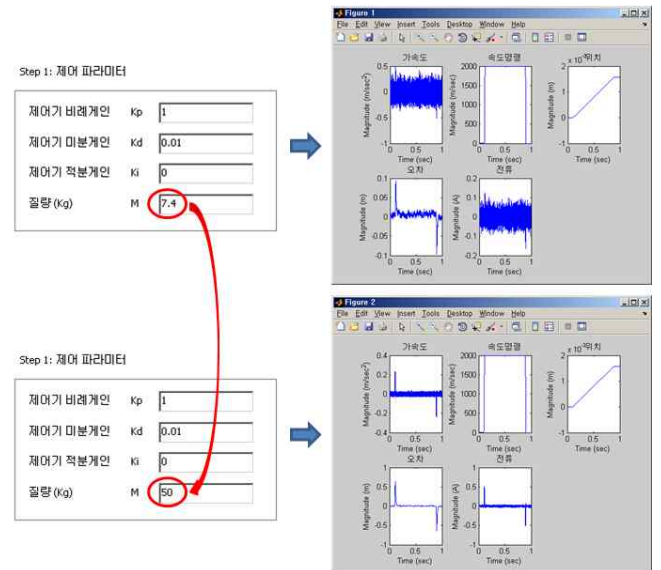


Fig. 7 An example of a motion control system simulation

4. 결론

현재까지 개발된 제어/방진 시뮬레이터의 DB 구조와 사용자 인터페이스에 대하여 소개하였다. 시뮬레이터가 기계 장비 설계에 유용하게 쓰이기 위해서는 동특성 예측 정확도가 높아야 하므로 다양한 실험장치로 검증 실험이 수행될 예정이며 이를 위하여 볼스크류/LM가이드 실험장치, 상용 Fanuc제어기 실험장치, 방진 동특성 실험장치 등이 구축되어있다. 또한 마찰력 등의 비선형 특성 모델이 포함되어 시뮬레이터가 제작될 예정이며 예측 정확도를 높이기 위한 세부적인 모델링 연구결과는 추후에 발표될 예정이다.

참고문헌

1. Ljung, L. and Glad, T., "Modeling of Dynamic Systems," Prentice Hall, 1994.
2. Ljung, L., "System Identification-Theory for the User," Prentice Hall, 1999.
3. Oppenheim, J. and Willsky, A.S., "Signals and Systems," Prentice Hall, 1985.