

유도탄 구동장치용 속도 Sensorless 제어기 연구

박치형, 차한주
(주)한화, 충남대학교

Development of Speed Sensorless Actuation Controller for Guided Rocket

Chihyoung Park, Hanju Cha,
Hanwha, Chungnam National University

ABSTRACT

유도탄 구동장치용 제어기는 제한된 공간 내에서 최적의 성능 및 신뢰성을 구현하도록 구성되어야 한다. 유도탄 구동장치에 요구되는 강건제어를 구현하기 위하여 위치 및 속도 제어를 수행하였으며, 속도값은 센서 없이 HGO(High Gain Observer) 기법을 이용하여 추정하였다. 시험 및 검증을 위해 프로토타입 제어기 및 구동기를 활용하였으며, Matlab/Simulink를 통한 시뮬레이션 및 실제 시험결과가 일치함을 확인하고, 이러한 구동 제어기 개발 기법의 적절성을 제시하였다.

1. 서론

유도탄 구동제어기는 주어진 공간에 최적의 성능을 가지도록 설계가 되어야 하며, 소형 유도탄일 경우 그 형상에 대한 제한요소가 추가되기 때문에 적절한 부품선정 및 개발 초기 성능 검증은 더욱 중요해진다. 본 논문에서는 시뮬레이션과 실제 시제품을 통한 시험 및 결과를 통해 속도 센서 없는 속도 제어 기법과 활용 가능성을 제시한다.

2. 구동제어기의 설계

2.1 구동장치 시스템 사양

본 논문에서 제시된 구동장치는 그림. 1에서의 블록선도에 나타낸 바와 같이 구동제어기 외에 BLDC 모터 및 동력전달장치(볼스크류 방식)를 포함한 구동기로 구성된다.

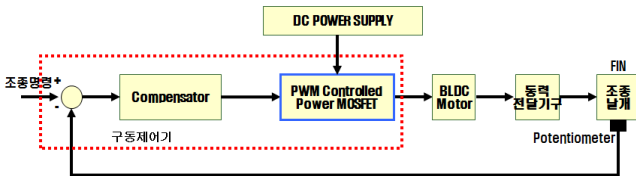


그림 1 구동장치 블록도
Fig. 1 Actuation System Block Diagram

2.2 구동제어기 구성

구동 제어기는 강건성을 강화하고, 제어의 안정성을 확보하기 위해 위치제어에 속도제어를 추가하였다. 유도탄 구동제어기의 특성상 공간적 제약으로 인해 속도센서를 부착하지 않고

속도신호를 추정하는 HGO(High Gain Observer)를 적용하였다. 그림. 2는 구동제어기의 제어 블록선도이다.

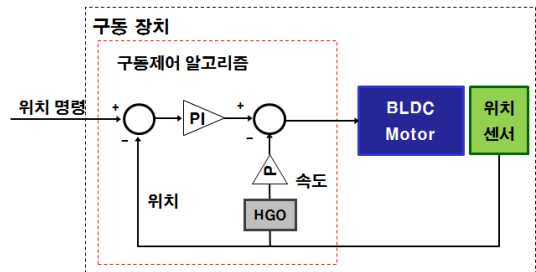


그림 2 제어 블록도
Fig. 2 Control Block Diagram

3. 시뮬레이션 및 시험 결과

다음은 전체 구동장치에 대한 Simulink Modeling이다.

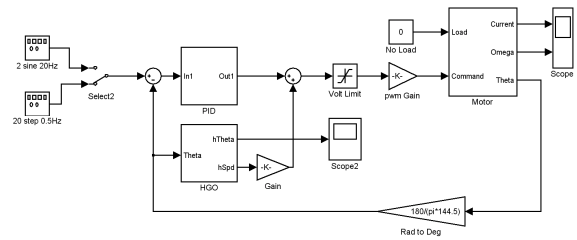


그림 3 구동장치 Simulink 모델
Fig. 3 Actuation System Simulink Model

실제 시험에 사용된 제어기 및 구동기는 프로토타입 형상으로 구현되었으며, 제어기는 TI사의 DSP 및 Actel사의 FPGA를 주요 소자로 구성되었다. 모터는 Kollmorgen 사의 00412C 모델을 적용하였다.

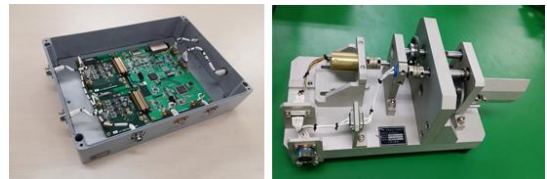


그림 4 프로토타입 제어기 및 구동기
Fig. 4 Prototype Controller and Actuator

속도제어는 HGO를 통한 속도추정치를 이용하였다. HGO의 구현식은 다음과 같다.

$$\dot{\hat{\theta}} = \hat{\omega} + H_1(\theta - \hat{\theta}), \quad \hat{\omega} = H_2(\theta - \hat{\theta}) \quad (1)$$

여기서,

- θ : 위치, $\hat{\omega}$: 속도 추정치,
- $\hat{\theta}$: 위치 추정치, $\dot{\hat{\omega}}$: 속도 추정 미분치
- $\dot{\hat{\theta}}$: 위치 추정 미분치, H_1 : 관측기 이득1
- H_2 : 관측기 이득2

다음은 HGO를 이용한 속도 제어를 적용하지 않았을 경우의 20°, 1Hz, Step 응답시험 시험 결과이다.

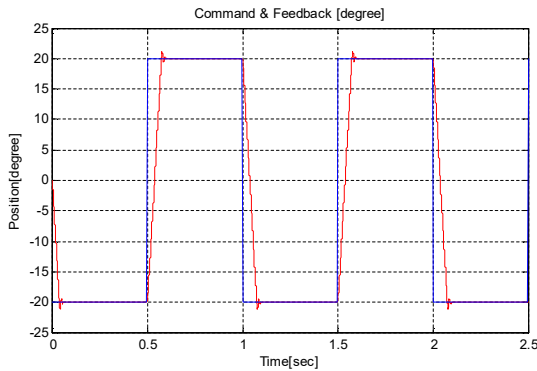


그림 5 20° 1Hz Step 응답 (HGO 미적용)
Fig. 5 20° 1Hz Step Response (Non-HGO)

다음은 상기 동일 조건에서 HGO를 추가한 경우의 응답특성이다.

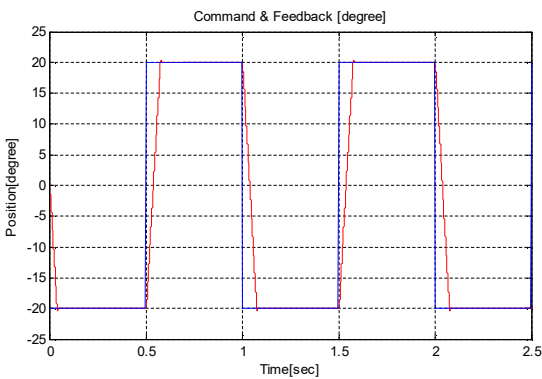


그림 6 20° 1Hz Step 응답 (HGO 적용)
Fig. 6 20° 1Hz Step Response (HGO)

HGO 미적용시 관측되는 일부 오버슈트 현상이 속도제어로 인해 제거됨을 확인할 수 있다. 다음은 구동장치의 또 다른 요구조건인 주파수 응답 특성을 확인하기 위한 2°, 20Hz, Sine 응답시험 시험 결과이다. 그림. 7의 결과는 속도제어가 추가되지 않았을 때의 결과이다.

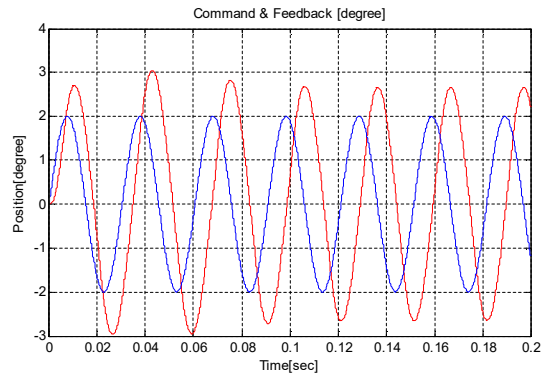


그림 7 2° 20Hz Sine 응답 (HGO 미적용)
Fig. 7 2° 20Hz Sine Response (Non-HGO)

다음은 HGO를 적용했을 경우 2°, 20Hz, Sine 응답시험 시험 결과이다.

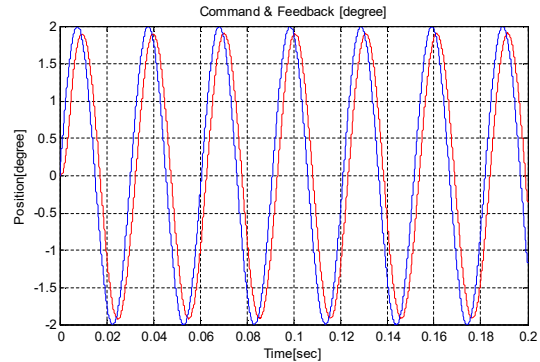


그림 8 2° 20Hz Sine 응답 (HGO 적용)
Fig. 8 2° 20Hz Sine Response (HGO)

그림 7, 8에서 확인할 수 있듯이, 위상 지연 및 Peaking 현상이 크게 개선됨을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 협소한 공간 내에서 구현되는 유도탄 구동 제어기에서 속도센서를 사용하지 않고 HGO를 통한 추정값을 통한 제어의 적합성을 확인하였다. 또한 진산 시뮬레이션을 통한 성능예측 및 설계가 가능함을 보였다. 상대적으로 간단한 구성으로 인해 소형화가 가능하고, 시뮬레이션을 통하여 최적 성능 분석이 가능하므로 소형 무기체계에서 본 사양과 유사한 시스템 적용이 적합하다고 결론할 수 있다.

참고 문헌

- [1] Benjamin C. KUO, "Automatic Control System," Prentice Hall, pp.131 196, 1997
- [2] William D. Stenley, "Principles of Electronic Devices", Prentice Hall, pp.287 380, 1996
- [3] Muhammad H. Rashid, "Power Electronics Engineering", Prentice Hall, pp.401 465, 1997