

## 듀얼 스테이지 서보 시스템을 이용한 영상 추적장치의 안정화 제어

최영준(다사테크)\*, 강민식(경원대학교 기계공학과),  
유건환(경원대 대학원 기계공학과), 이승현(경원대 대학원 기계공학과)

### Dual Stage Servo Controller for Image Tracking System

Y. J. Choi(R&D Center. Dept. Dasatech Co., Ltd) , M. S. Kang(Mecha. Eng. Dept. KWU),  
K. H. Ryu(Mecha. Eng. Dept. KWU), S. H. Lee(Mecha. Eng. Dept. KWU)

#### ABSTRACT

In this paper, a dual stage servo mechanism has been developed for image tracking system to improve transient control performances such as small rise time, small overshoot, small settling time, etc. A secondary stage, a platform, actuated by a pair of electro-magnets is mounted on a conventional elevation gimbal. In this mechanism, the gimbal provides large range but slow motion and the platform provides small range but fast positioning. A sliding mode control is applied to the platform positioning to attain robust performances and stability in the presence of the disturbance related to dynamic coupling of the gimbal and the platform. Results from experiments illustrate that the suggested dual stage mechanism controlled by the sliding mode control is effective in improving transient responses and attenuating the disturbance related with dynamic coupling.

**Key Words** : Electro Magnetic Actuator(전자기 액츄에이터), Sliding mode control (슬라이딩 모드 제어), Dual stage system(듀얼 스테이지 시스템), Dynamic coupling(동적 연성)

#### 1. 서론

기존의 영상추적장치의 김발 축은 반경방향의 강성을 높이기 위해 선하중을 주어 조립된 기계적 베어링으로 지지되어 있다. 선하중이 클수록 반경 방향 강성은 높아지나, 반면에 축의 회전을 방해하는 마찰은 커진다. 마찰은 비선형이며 완벽한 보상은 불가능하여 영상 추적 장치의 위치 오차를 발생시킨다. 또한, 대역폭을 높이기 위해서는 고출력 모터를 사용해야 하는데 이는 김발의 질량증가를 야기하므로 대역폭의 감소를 가져온다. 본 논문에서는 이러한 문제의 해결하고 고정밀 안정화 성능을 실현할 수 있는 기구적 메커니즘과 제어 알고리즘을 개발하는데 목적을 둔다.

기구적 메커니즘은 질량 증가를 최소화 하며, 광대역화 할 수 있는 듀얼 스테이지 시스템(기존의 모터 구동 김발 구조에 전자기 액츄에이터를 추가한 구조)을 적용하며, 듀얼 스테이지 구조에서 고정밀 안정화를 달성할 수 있는 제어 알고리즘을 적용한다.

#### 2.2 듀얼 스테이지 시스템의 운동 방정식

듀얼 스테이지 시스템은 Fig. 2 과 같이 간략히 나타낼 수 있으며, 운동방정식을 구하면 다음과 같다.

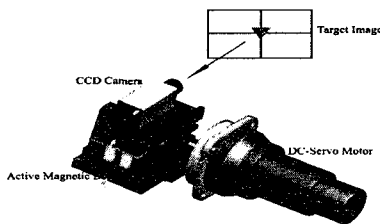


Fig. 1 Schematic drawing of dual stage servo system

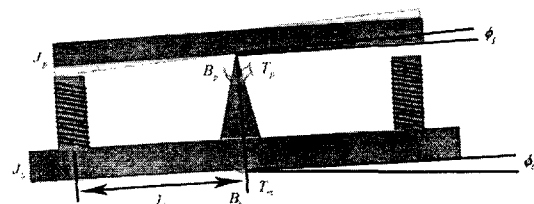


Fig. 2 Dynamic model of dual stage servo system

$$(J_b + J_p)\ddot{\phi}_b + B_b\dot{\phi}_b = NT_m + d_b$$

$$J_p\ddot{\phi}_p + B_p\dot{\phi}_p - K_y L^2 \phi_p = K_c K_e \text{amp} L e_c + d_p$$

$d_b = -J_p\ddot{\phi}_p - B_p\dot{\phi}_p$ ,  $d_p = -J_p\ddot{\phi}_b$  으로 연성을 일으키는 요소이며, 또한 모델 불확실성 및 나머지 총괄적인 외란을 포함한다. 듀얼 스테이지 시스템에서 김발의 관성이 크고 모터는 하모닉 드라이브를 채택하고 있어  $d_b$  가 김발응답에 미치는 영향은 무시할 수 있는 수준이다.

슬라이딩모드 제어는 모델에 불확실성이 존재하거나 외란이 존재할 경우, 이에 관계없이 폐회로가 원하는 동력학 특성을 갖도록 설계할 수 있는 제어방법으로, 구조가 간단하여 유용하게 사용된다. 따라서, 슬라이딩 모드 제어를 포함한 제어는 다음 Fig. 3의 블록선도로 나타낼 수 있다.

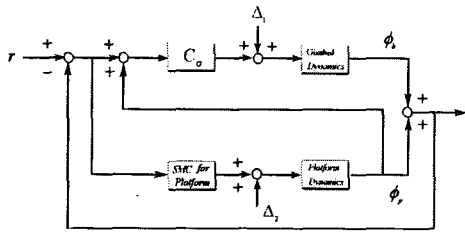
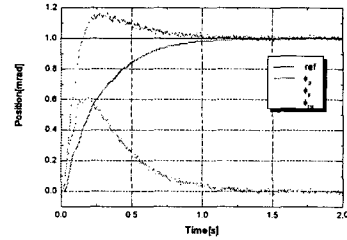


Fig. 3 Sliding mode control of dual stage system

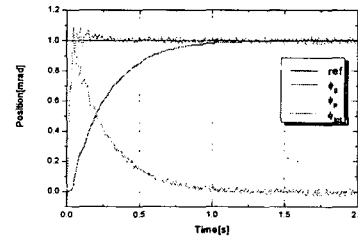
### 3. 실험 결과 및 논의

듀얼 스테이지 시스템에서 플랫폼의 김발에 연성에 의한 외란을 제거하기 위해 슬라이딩 모드 제어를 이용하였다.

계단응답을 보았다. Fig. 4는 듀얼 스테이지 시스템에서 플랫폼의 구동 범위 내인 1 mrad의 기준 위치입력에 대한 응답으로, Fig. 4b의 경우 Fig. 4a의 경우에 비해 빠른 정착시간, 작은 과도응답을 보인다. 이는 비선형 제어입력에 의해 김발과 플랫폼 구동이 서로 비연성화가 되어 플랫폼이 슬라이딩 평면 근처에 잘 유지되고 있기 때문이다.



(a) Linear Control



(b) Sliding mode control

Fig. 4 Step response of dual stage system

### 4. 결론

영상추적장치의 제어 성능 향상을 위해서 듀얼 스테이지 구조의 안정화 메커니즘과 이 시스템의 특성에 적절한 제어기 설계방법으로 슬라이딩 모드 제어를 제안하였다. 실험을 통해 제안된 메커니즘이 기존의 김발구조에 비해 대역폭을 증가시킬 수 있어 제어 성능을 향상시킬 수 있음을 확인하였으며, 또한 연성된 김발과 플랫폼 동력학을 분리하여 각 제어계의 제어기를 독립적으로 설계할 수 있는 슬라이딩 모드 제어기가 효과적임을 실험적으로 검증하였다.

### 참고문헌

1. Masahito Kobayashi, Roberto Horowitz., "Tracking Seek Control for Hard Disk Dual-Stage Servo Systems", IEEE Trans. Magn., vol 37, no.2, pp. 949-954, 2001.