

# 이동 카메라용 2-축 안정화 플랫폼 2-Axis Stabilization Platform for Moving Camera

#박형준<sup>1</sup>, 김용일<sup>2</sup>, 정승배<sup>3</sup>, 김두호<sup>4</sup>, \*강민식<sup>5</sup>

#H. J. Park<sup>1</sup>, Y. I. Kim<sup>2</sup>, S. B. Jung<sup>3</sup>, D. H. Kim<sup>4</sup>, \*M. S. Kang(mskang@kyungwon.ac.kr)<sup>5</sup>

경원대학교 기계공학과

Key words : camera stabilization platform, base rotation, ball-screw, PID control

## 1. 서론

카메라 안정화 플랫폼은 운동이 존재하는 환경에서 카메라를 이용하여 안정한 영상을 획득하는데 필수적이다. 이 안정화 플랫폼 장치는 운동하는 기반에 장착되며, 카메라는 플랫폼 위에 장착된다. 기반이 회전운동하는 경우 플랫폼은 기반의 운동에 관계없이 카메라 시선이 일정점을 지향할 수 있도록 능동적 안정화 제어 기능을 갖고 있다.

현재 미국 등 해외에서 사용되는 이 장치는 대체로 pitch와 roll 방향 회전이 가능한 2-자유도 김발구조를 갖는다. 그러나 이 구조는 내부김발이 외부김발에 설치되므로, 내부김발의 질량은 외부김발 구동장치의 부하가 되므로 구동부 용량 증가의 원인이 된다. 또한 설치되는 카메라의 질량불균형은 각 김발 구동부에 정적 부하로 작용하는 단점이 있다. 본 연구에서는 기존의 김발구조 대신, Fig. 1과 같은 두 개의 모터를 사용한 2-자유도 볼-스크류 구조를 채택함으로써 구동출력의 소형화, 정적 부하토크의 기구적 보상이 가능토록 설계되었다.

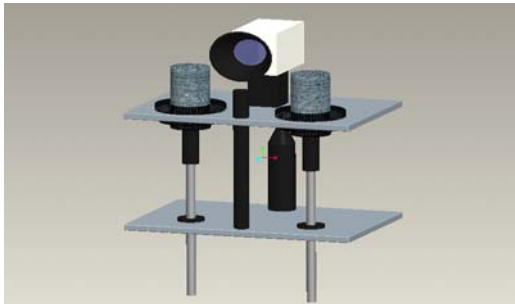


Fig. 1 Schematic drawing of camera stabilization head

## 2. 카메라 안정화 장치의 운동방정식

Fig. 1의 카메라 안정화 장치 플랫폼은 3점 지지가 된 상태이며, 후방 중앙부는 고정힌지, 전방 두 점은 모터-볼스크류-유니버설 조인트 구조를 통해 상하방향 운동이 가능하다. 따라서 두 모터의 구동에 따라 플랫폼은 두 방향 회전운동(pitch, roll)이 가능하다. 플랫폼의 pitch, roll 회전각은 플랫폼에 설치된 2-축 tilt 센서로 측정되며, tilt 센서의 직선운동 연성을 제거하기 위해 가속도 센서를 이용한 전기적 보상방법을 이용하였다. 따라서 이 센서 결합체를 이용하여 플랫폼의 임의운동에서 순수 pitch, roll각을 측정할 수 있다.

Fig. 1의 플랫폼은 Fig. 2와 같이 기구적 관계를 나타낼 수 있다.

$$\theta_P = A(\theta_1 + \theta_2) \quad (1)$$

$$\theta_R = B(\theta_2 - \theta_1)$$

또는

$$\begin{Bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \end{Bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1/A & -1/B \\ 1/A & 1/B \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \theta_P \\ \theta_R \end{Bmatrix} \quad (2)$$

식 (1), (2)에서는 볼스크류의 리드 4[mm] 및 지지점의 기하학

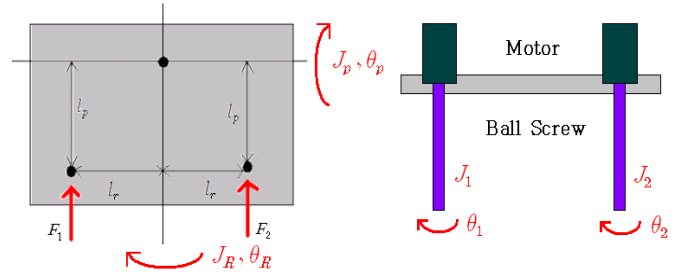


Fig. 2 Dynamic model of Platform-Ball screw Mechanism

적 관계를 이용하여 구한다.

플랫폼-볼스크류 메카니즘의 운동방정식을 유도하면 다음과 같다.

$$\begin{cases} J_P \ddot{\theta}_P + B_P \dot{\theta}_P = l_P(F_1 + F_2) \\ J_R \ddot{\theta}_R + B_R \dot{\theta}_R = l_R(F_2 - F_1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_1 = K_1 T_1 \\ F_2 = K_2 T_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} J_P A(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) + B_P A(\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2) = l_P(K_1 T_1 + K_2 T_2) \\ J_R B(\ddot{\theta}_2 - \ddot{\theta}_1) + B_R B(\dot{\theta}_2 - \dot{\theta}_1) = l_R(K_2 T_2 - K_1 T_1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} J_1 \ddot{\theta}_1 + B_1 \dot{\theta}_1 = T_{c1} + T_1 \\ J_2 \ddot{\theta}_2 + B_2 \dot{\theta}_2 = T_{c2} + T_2 \end{cases}$$

$$\therefore \begin{pmatrix} J_P A - l_P K_1 J_1 & J_P A - l_P K_2 J_2 \\ -J_R B + l_R K_1 J_1 & J_R B - l_R K_2 J_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \ddot{\theta}_1 \\ \ddot{\theta}_2 \end{pmatrix}$$

$$+ \begin{pmatrix} B_P A - l_P K_1 B_1 & B_P A - l_P K_2 B_2 \\ -B_R B + l_R K_1 B_1 & B_R B - l_R K_2 B_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{\theta}_1 \\ \dot{\theta}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -l_P K_1 & -l_P K_2 \\ l_R K_1 & -l_R K_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_{c1} \\ T_{c2} \end{pmatrix}$$

여기서  $\theta_1, \theta_2$ : Angular displacement of the motor shaft [Rad]

$T_{c1}, T_{c2}$ : Torque deliver by the motor [Nm]

$J_1, J_2$ : Equivalent moment of inertia of the motor and load [Kgm<sup>2</sup>]

$B_1, B_2$ : Viscous friction [Kg/s]이다.

위 식은 플랫폼에 작용하는 힘  $F_1, F_2$ , 볼스크류에 작용하는 모터 토크  $T_1, T_2$ , 모터 인가전압  $e_1, e_2$ 과의 관계를 나타낸다.

## 3. 카메라 플랫폼의 안정화 제어

Pitch 와 Roll 방향의 흔들림에 대한 카메라 플랫폼의 안정화 제어는 우선 각도센서로부터 플랫폼의 pitch와 roll각을 측정한다. 다음 각각 기준 pitch와 roll각과의 오차를 식 (2)에 의해 각 모터의 회전각으로 변환한 후 이 값을 각각의 모터 제어계에 위치입력으로 제공한다. 각 모터의 제어는 PID-제어를 적용한다. Fig. 3은 카메라 플랫폼의 제어시스템을 나타낸다.

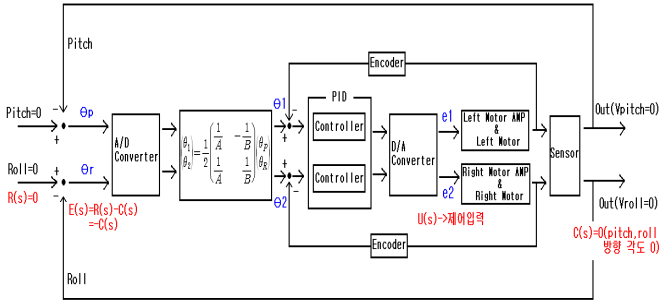


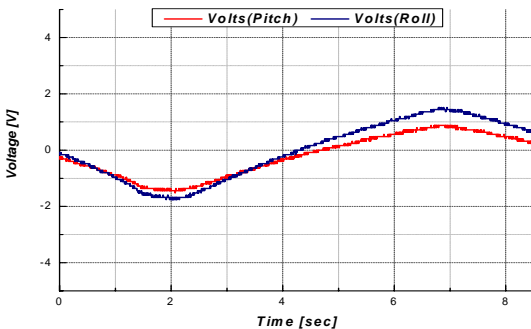
Fig. 3 Stabilization Control of Platform for Camera

3. 실험 결과 및 논의

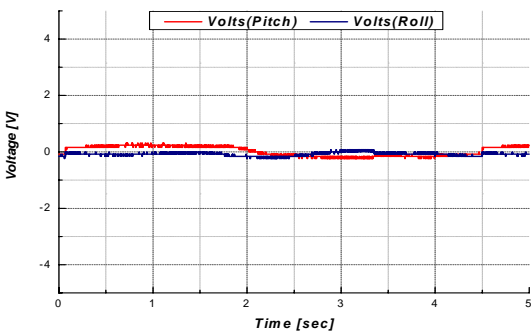
카메라 영상 안정화 장치의 안정화 성능을 검증하기 위해 실험하였다. 플랫폼은 진동자기로 구동되는 이동판 위에 장치하였으며, 따라서 진동자기를 이용하여 안정화 시스템에 경사운동을 가할 수 있다.

Fig. 4(a) 는 진동자기로 회전운동을 가한 상태에서 제어를 하지 않은 경우 측정된 pitch, roll각 신호이다. 기반의 경사에 의해 플랫폼의 불평형 모멘트가 존재하나, 볼-스크류 메카니즘의 특성에 의해 플랫폼의 회전이 발생하지 않았다.

이 회전운동 상태에서 안정화 제어를 하였을 경우 응답은 Fig. 4(b)와 같다. 기반이 회전운동하는 상태에서 플랫폼이 안정화 되어 거의 수평으로 제어되고 있음을 보여준다.



(a) Before stabilization control



(b) After stabilization control

Fig. 4 Control Experiment of Camera Stabilization Head

본 연구에서는 기반이 흔들리는 환경에서도 안정된 영상을 획득할 수 있도록 카메라 영상 안정화 장치를 제안하였으며, 제작과 실험을 통해 장치의 타당성과 성능을 검증하였다.

본 장치는 기존의 제품과 달리 플랫폼-볼스크류 구동 메카니즘을 채택하였으며, 저가의 경사각 센서와 가속도 센서의 융합을 통해 직선운동 비연성 각도측정방법을 채택하였다.

실험 결과 본 장치는 정적 안정성을 보장하며, 소형화가 가능하고, 정밀한 안정화가 가능함을 확인하였다.

후기

본 연구는 2008 창의적 종합설계 (Capstone Design) 경진대회 출품작으로, 경원대학교 공학혁신센터의 연구비지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

1. Ogata K., Modern Control Engineering-4th edition, SciTech Media, 2003.
2. Bechwith et al., "Mechanical Measurements-5th", Pearson Education Korea, 2002.
3. 주원식, 한길영, 민병현, 심재기, 이권희, 양인영, 기계설계, 삼성복스, 2007.
4. 허훈, 이종복, LabView와 시스템제어에의 응용, 정익사, 2007.
5. Y. J. Choi and M. S. Kang, "Dual stage servo controller for image tracking system," J. of KSPE, vol.24, no. 2, pp.86-94, 2007.
6. M. S. Kang, Y. J. Choi, J. Lyou, "Experimental Design of Disturbance Compensation Control to Improve Stabilization Performance of Target Aiming System," J. of KSME vol.30, no. 8, pp.897-905, 2006.