

영상 안정화 장치의 안정화를 위한 시간지연 제어기 설계 및 실험

Experimental Studies of a Time-delayed Controller to Stabilize Image Stabilization System

박 주 광, 배 영 걸, 정 슬*
(Ju Kwang Park, Young Gul Bae, and Seul Jung)

Abstract : In this paper, the stabilization problem of the image stabilization system(ISS) that captures the image of an object on the ground by remote sensing is considered. The ISS should be stable under outer disturbance such as helicopter vibration for tracking line of sight. Although PID controllers are optimized for the system, disturbances cause the instability of the system. To minimize the effect of the disturbance, the time-delayed control method is used to compensate for uncertainties. Simulation studies are performed and experiments are conducted to confirm the simulation results. Performances of PID control and time-delayed control methods are compared.

Keywords : image stabilization system, PID controller, time-delayed control

I. 서론

영상 안정화 장치(Image Stabilization System ; ISS)는 외부에서 인가되는 진동에 대하여 흔들림이 없는 고정된 영상을 획득하는 안정화 기능과 목표물을 지속적으로 추적하는 자동추적 기능을 수행하는 장치이다. 최근 상용화되어 사용되고 있는 캠코더의 영상 안정화 장치를 비롯하여 국방시스템 분야에서 거울안정형과 같은 전차 조준경의 영상 안정화 장치, 그리고 항공기 및 함정에 탑재된 무계안정형의 영상 안정화 장치 등 그 응용이 다양하다.

무계안정형의 영상 안정화 장치 형상은 그림 1과 같이 안정화 굴림대(stabilized payload assembly)와 전자제어장치(gimbal electronic box)로 구성된다. 안정화 굴림대(stabilized platform)는 방위각과 고각 방향으로 회전이 가능한 내부굴림대(inner gimbal)와 외부굴림대(outer gimbal)로 구성된다. 내부굴림대는 영상센서를 지지하고 있으며, 영상센서 안정화를 목적으로 한다. 외부굴림대는 내부굴림대를 둘러싸는 하우스형 태로 구성되며, 내부굴림대를 추종한다. 외부굴림대는 안정화 성능 개선 및 직하방 관측을 위하여 도입하였다[1,2].

영상 안정화 장치의 운용모드(operational mode)는 그림 2와 같이 운용자가 발생한 운용모드에 대하여 각속도명령을 발생한다. 수동모드(joystick mode)에서는 운용자가 조종간을 통하여 발생하는 각속도 명령에 따라 안정화 굴림대를 구동한다. 자동추적모드(auto-track mode)는 영상추적기(image tracker)에서 발생한 추적오차에 해당하는 만큼 영상안정화 장치를 회전한다. 따라서 자동추적모드에서는 표적에 대한

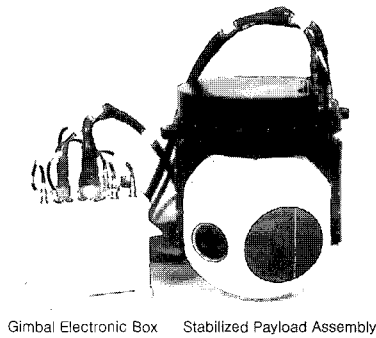


그림 1. 영상 안정화 장치.
Fig. 1. Image stabilization system.

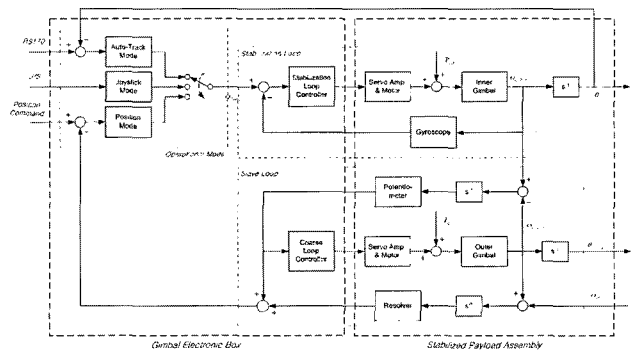


그림 2. 영상 안정화 장치 블록도.
Fig. 2. ISS block diagram.

지속적이고 정밀한 추적이 가능하다. 위치모드(position mode)는 안정화 굴림대 장착 면에 대하여 정해진 각도를 유지하는 모드이다[3-5].

안정화는 자이로가 관성평면에 대한 내부굴림대의 회전

* 책임저자(Corresponding Author)
논문접수 : 2006. 6. 21., 채택확정 : 2006. 12. 6.
박주광, 배영걸, 정슬 : 충남대학교 BK21 메카트로닉스 그룹
(jupark@cnu.ac.kr/dinoyg@nate.com/jungsl@cnu.ac.kr)
※ 본 연구는 삼성텔레콤 위탁연구로 지원에 감사드립니다.

운동을 검출하여 안정화루프 제어기로 전송하고, 안정화루프 제어기에서 발생한 토크 명령을 서보증폭기를 통하여 자이로에서 검출한 운동만큼 반대방향으로 굴림대를 회전하여 성립된다. 굴림대는 구조적으로 마찰과 같은 비선형적인 성분을 포함하고 있고, 탑재부위에서 발생하는 진동 등의 외란에 노출되어 있다.

본 논문에서는 안정된 영상의 획득을 위하여 내부굴림대의 안정화 성능을 개선하기 위한 PID 제어기와 시간 지연 제어기를 설계하여 시뮬레이션하고 실험하였다. 시간 지연 제어기는 간단하면서도 외란에 강건함을 보여준다[6-9]. 또한 실제 실험을 통하여 제어기의 성능을 비교해 보았다.

II. 안정화 구동기 모델링

안정화 구동기를 각 모듈별로 모델링하였다. 내부 굴림대 플랜트의 모델은 그림 3과 같다.

여기서 외란 d는 외부에서 인가된 토크외란 및 안정화 굴림대 회전부위의 마찰, 모델에 포함되지 않은 불확실성(uncertainty) 등을 포함한다.

• 서보증폭기 / 모터

서보증폭기와 모터는 그림 4와 같이 전류제한 형태로 된다. 여기서 모터는 권선 인덕턴스와 저항이 각각 5mH와 10Ω이며, 토크상수는 10oz-in/A이다.

서보증폭기와 모터의 전달함수는 (1)과 같다. 대역폭이 시스템 루프 대역폭보다 크므로 2oz-in/V의 상수로 취급할 수 있다.

$$G_A(s) = \frac{4000000}{s^2 + 2062.84s + 2125664} \quad (1)$$

• 안정화 굴림대

안정화 굴림대는 모터에서 발생한 토크에 의한 회전으로 운동이 발생한다. 인가된 토크에 대한 각속도의 전달함수 모델은 (2)와 같다.

$$G_g(s) = \frac{1}{Js} \quad (2)$$

여기서 J는 관성모멘트이다. 또한 안정화 굴림대는 그림 5

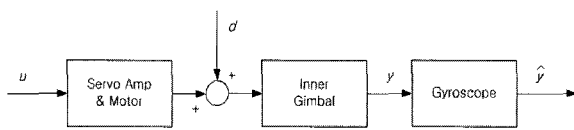


그림 3. 플랜트 모델링.

Fig. 3. Plant modelling.

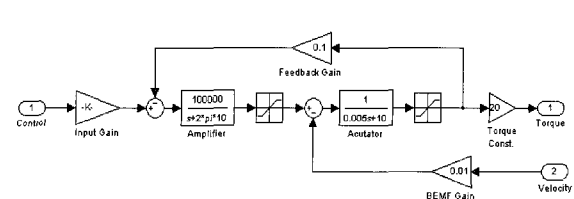


그림 4. 서보증폭기, 모터 모델.

Fig. 4. Servo amp and motor model.

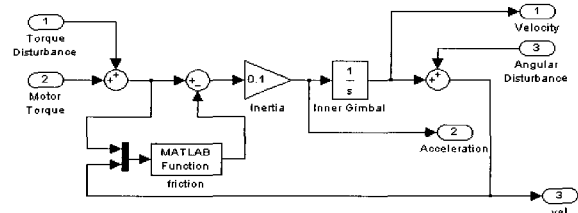


그림 5. 안정화굴림대 모델.

Fig. 5. Stabilized platform model.

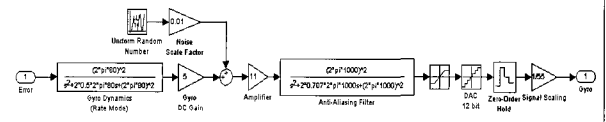


그림 6. 자이로 모델.

Fig. 6. Gyro model.

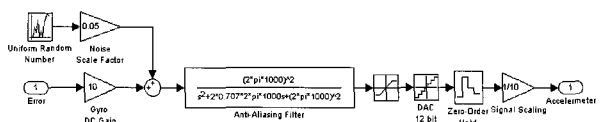


그림 7. 가속도 센서 모델.

Fig. 7. Accelerometer model.

와 같이 장착부위에서 발생하는 병진진동과 회전진동에 의하여 외란이 인가되며, 구동부위의 베어링에 의하여 마찰이 발생하는 비선형 시스템이다. 외란은 마찰과 결합한다. 마찰은 5oz-in의 쿨롱마찰, 관성모멘트는 10oz-in-sec²으로 설정하였다.

• 자이로

영상 안정화 장치의 자이로는 관성평면에 대한 흔들림 변위를 감지한다. 자이로의 대역폭은 약 80Hz이고, 이득은 5V/rad/sec이다. 자이로는 관성평면에 대한 각속도를 감지하며, 자이로의 전기적 잡음은 10mV라 가정하였다. 자이로 잡음에 의한 aliasing을 방지하기 위하여 1kHz cut-off 주파수의 Anti-aliasing 필터를 통과한다.

• 가속도 센서

가속도계를 통하여 각속도를 측정하는 메카니즘을 반영하여 모델링하였다. 가속도계의 전기적 잡음은 50mV라 가정하였다. 가속도계 잡음에 의한 aliasing을 방지하기 위하여 1kHz cut-off 주파수의 Anti-aliasing 필터를 통과한다. 가속도계 직류이득은 10이라 가정하였다.

III. 제어기 설계

1. PID 제어기

PID 제어기는 선형모델에 대하여 연속시간 영역에서 설계하며, 샘플링 주파수 4kHz의 쌍선형 변환(bilinear transform)을 통하여 디지털 제어기로 변환된다. 연속시간 영역에서 설계된 PID 제어기 전달함수는 (3)과 같다.

$$G_{nd}(s) = \frac{6.6(s + 2\pi \cdot 3)(s + 2\pi \cdot 10)}{s(s + 2\pi \cdot 100)} \quad (3)$$

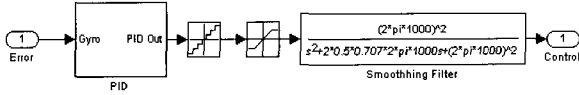


그림 8. PID 제어기 모델.

Fig. 8. PID controller model.

PID 제어기로 보상된 시스템의 대역폭은 약 60Hz이다. 제어기 모델은 그림 8에 나타나 있다.

2. 시간 지연 제어기

본 절에서는 선형 시불변 단일 입출력 시스템의 시간 지연 제어기를 설계한다[7,8]. 상태가 n인 단일 입출력 시스템의 상태방정식은 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= A x(t) + b u(t) \\ y(t) &= c x(t) \end{aligned} \quad (4)$$

여기서 (4)의 각 행렬은 다음과 같으며,

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -a_1 & -a_2 & -a_3 & \dots & -a_n \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ b \end{bmatrix}$$

$$c = [1 \ 0 \ \dots \ 0].$$

전달함수는 (5)와 같다.

$$G(s) = c[sI - A]^{-1}b = \frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{b}{P(s)} \quad (5)$$

여기서 $P(s) = s^n + a_n s^{n-1} + \dots + a_1$ 이다.

한편, 기준모델의 상태방정식은 (6)과 같다.

$$\begin{aligned} \dot{x}_m &= A_m x_m + b_m r \\ y &= c_m x \end{aligned} \quad (6)$$

여기서 x_m 는 n×1 벡터이고,

$$A_m = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -a_{m1} & -a_{m2} & -a_{m3} & \dots & -a_{mn} \end{bmatrix}, \quad b_m = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix}$$

$$c_m = [1 \ 0 \ \dots \ 0]$$

이다. 기준모델의 전달함수는 (7)과 같다.

$$G(s) = c_m[sI - A_m]^{-1}b_m = \frac{Y_m(s)}{R(s)} = \frac{b_m}{P_m(s)} \quad (7)$$

여기서 $P_m(s) = s^n + a_{mn}s^{n-1} + \dots + a_{m1}$ 이다.

시간지연법칙에 의한 제어기는 (8)과 같다.

$$u(t) = u(t-L) + \frac{1}{b} [-\dot{x}_n(t-L) - a_{mn}x_n(t) - \dots - a_{m1}x_1(t) + b_m r(t) + k_n(x_{mn}(t) - x_n(t)) + \dots + k_1(x_{m1}(t) - x_1(t))] \quad (8)$$

여기서 이득행렬 K 는 (9)와 같다.

$$K = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -k_1 & -k_2 & \dots & -k_n \end{bmatrix} \quad (9)$$

(8)을 정리하면 다음과 같다.

$$b\{u(t) - u(t-L)\} = \{k_n x_{mn}(t) + \dots + k_1 x_{m1}(t)\} + \{b_m r(t)\} - \{\dot{x}_n(t-L) + (a_{mn} + k_n)x_n(t) + \dots + (a_{m1} + k_1)x_1(t)\} \quad (10)$$

(10)을 라플라스 변환하여 (11)과 같이 표현할 수 있다.

$$b(1 - e^{-Ls})U(s) = (k_n s^{n-1} + \dots + k_2 s + k_1)Y_m(s) + b_m R(s) - [e^{-Ls}s^n + (a_{mn} + k_n)s^{n-1} + \dots + (a_{m1} + k_1)]Y(s) \quad (11)$$

따라서 시간지연제어기의 전달함수는 (12)와 같다.

$$U(s) = \frac{P_k(s)Y_m(s) + b_m R(s) - P_{mk}(s)Y(s)}{b(1 - e^{-Ls})} \quad (12)$$

여기서

$$P_k(s) = k_n s^{n-1} + \dots + k_2 s + k_1$$

$$P_{mk}(s) = e^{-Ls}s^n + (a_{mn} + k_n)s^{n-1} + \dots + (a_{m1} + k_1)$$

이다.

시간 지연 제어기 법칙에 의한 시스템을 해석하기 위하여 다음과 같이 가정한다.

가정 1: 오차 방정식; $\dot{e}(t) = A_m e(t)$

i.e. $k_1 = k_2 = \dots = k_n = 0$

가정 2: 만약 $L \cong 0$, $\dot{x}_n(t-L) \cong \dot{x}_n(t)$

이때 가정 1에 의하여 $P_k(s) = 0$ 가 되므로 (12)는

$$U(s) = \frac{b_m R(s) - P_{mk}(s)Y(s)}{b(1 - e^{-Ls})} \quad (13)$$

(6)을 (12)에 대입하고 $P_m(s) = P_{mk}(s)$ 라 하면

$$U(s) = \frac{P_m(s)[Y_m(s) - Y(s)]}{b(1 - e^{-Ls})} = \frac{P_m(s)E(s)}{b(1 - e^{-Ls})} \quad (14)$$

이다. 가정 2에 의하여 $e^{-Ls} \cong 1 - Ls$ 이므로 (14)는 (15)와 같이 된다.

$$U(s) = \frac{P_m(s)E(s)}{b(1 - e^{-Ls})} = \frac{P_m(s)}{bLs} E(s) \quad (15)$$

따라서 시간 지연 제어기 법칙에 의하여 구성된 시스템 블록도는 그림 9와 같이 표현할 수 있다.

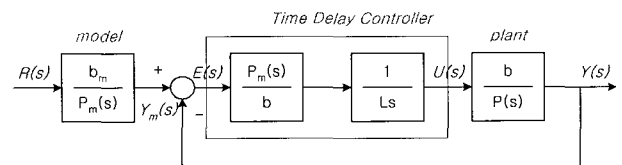


그림 9. 시간 지연 제어기의 시스템 블록도.

Fig. 9. Time-delayed control block.

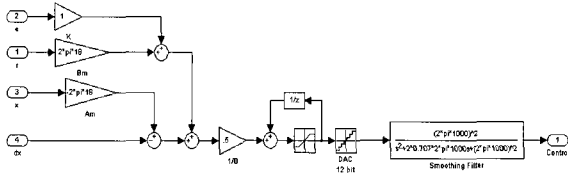


그림 10. 제어기 모델.

Fig. 10. Time delayed controller model.

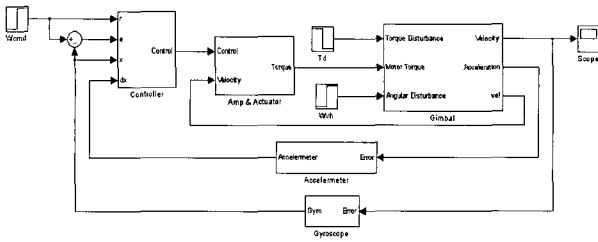


그림 11. 전체 시스템 모델.

Fig. 11. Overall system model.

시간지연요소 L 이 0에 가까울수록 시스템은 기준모델과 같아지며 실제 시스템에서는 한 샘플 지연을 말한다.

3. 시간지연제어기 설계

영상 안정화 장치 플랜트는 서보증폭기와 모터, 안정화 굴림대, 자이로로 구성된다. 서보증폭기와 모터, 자이로는 전류회환으로 구성되며, 대역폭이 안정화루프보다 크므로 상수로 취급이 가능하다. 그림 7의 모델링된 시스템의 간략화 된 모델의 상태방정식은 (16)과 같다.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= 0.1(2u + d) + w \\ \omega_{LOS} &= x + v \end{aligned} \tag{16}$$

여기서 u 는 제어입력, d 는 토크외란, w 와 v 는 각각 각속도 센서와 각속도 센서의 출력의 잡음이다.

시간지연 제어기는 (16)의 간략화 된 모델로부터 유도하였으며, 제어기 모델은 그림 10과 같다. 제어기는 4kHz의 샘플링 주파수로 동작하며, 12bit D/A 변환기를 통하여 출력된다고 가정하였다. D/A 변환기의 출력은 1kHz의 smoothing 필터를 통하여 서보증폭기로 입력된다.

시간지연 제어기의 시뮬레이션 모델은 그림 11과 같으며, 시뮬레이션 결과는 개루프 대역폭 30Hz의 PID 제어기와 비교하였다.

IV. 시뮬레이션

그림 12는 10mrad/sec의 계단입력을 인가하였을 경우를 시뮬레이션한 결과이다. 시간지연 제어기는 PID 제어기와 비슷한 응답시간을 보인 반면에 작은 오버슈트와 빠른 정착시간을 보인다.

그림 13은 $T_D(t) = 10\sin(2\pi \cdot 5t) \text{ oz-in}$ 의 토크외란으로 인가된 경우를 시뮬레이션 한 것이다. 토크외란에 대한 시간지연 제어기는 PID 제어기에 비하여 월등한 감쇠율(약 20%)을 보인다.

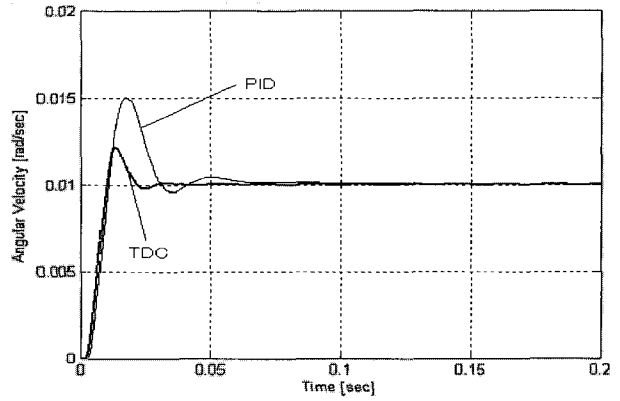
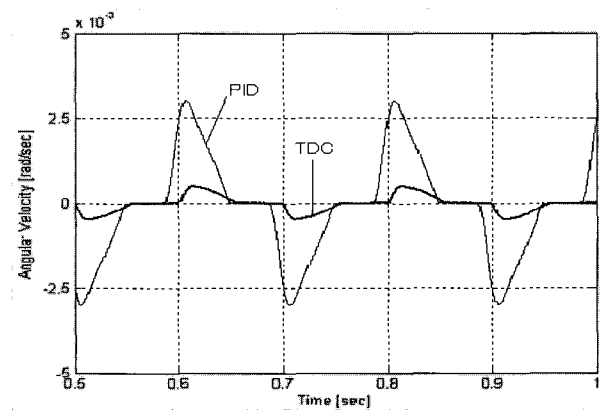
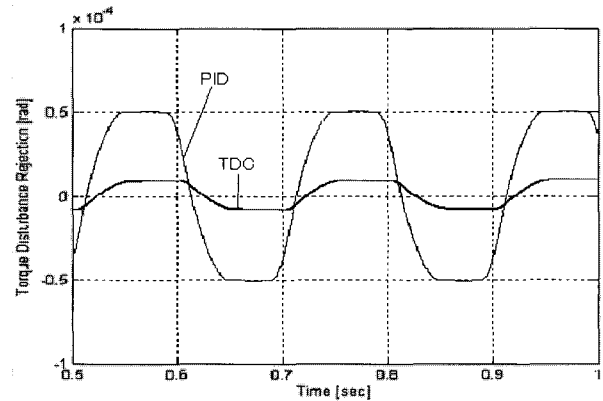


그림 12. 계단응답.

Fig. 12. Step response.



(a) 가속도 응답



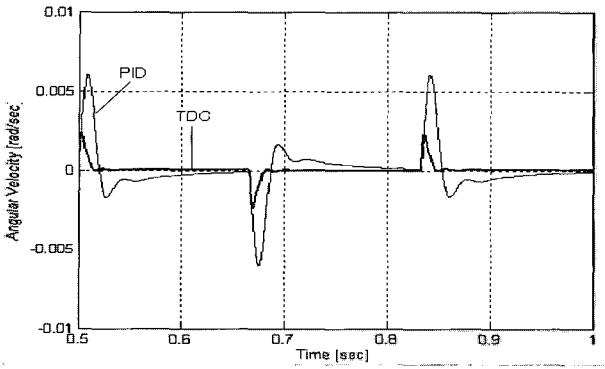
(b) 안정화 성능

그림 13. 토크외란에 대한 안정화 성능.

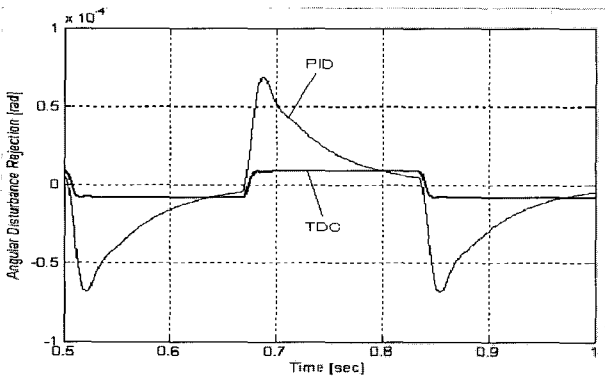
Fig. 13. Performance under torque disturbance.

그림 14는 $\omega_{vh}(t) = 2\sin(2\pi \cdot 3t) \text{ rad/sec}$ 의 토크외란으로 인가된 경우를 시뮬레이션 한 것이다. 토크외란에 대한 시간지연 제어기는 PID 제어기에 비하여 월등한 감쇠율(약 15%)을 보인다.

그림 15(b)는 (a)의 무작위 토크외란이 인가되었을 경우의 시간응답을 보인 것이며, 그림 15(c)는 10oz-in 크기의 토크외란에 대한 응답이다.



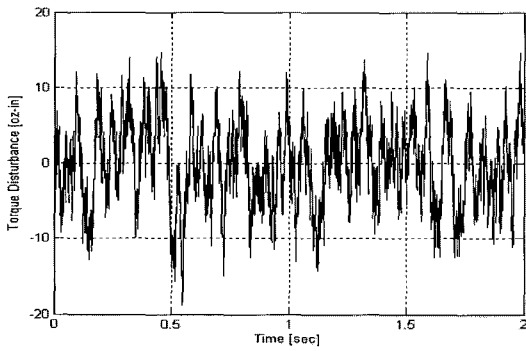
(a) 각속도 응답



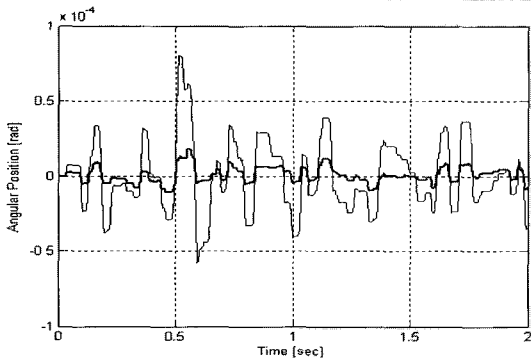
(b) 안정화 성능

그림 14. 각속도외란에 대한 안정화 성능.

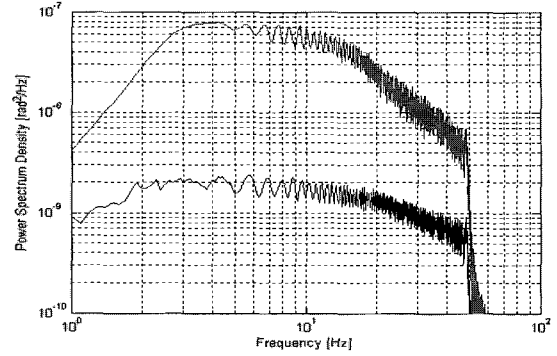
Fig. 14. Performance due to acceleration disturbance.



(a) Random torque disturbance



(b) Response under random torque disturbance



(c) Effect of torque disturbance

그림 15. 무작위외란에 대한 응답.

Fig. 15. Response due to random torque disturbance.

시간지연 제어기는 제어기 구조가 단순한 반면에 큰 성능개선 효과를 보일 수 있음을 보였다.

V. 실험 환경 및 결과

1. 실험 환경

그림 16은 실험 환경으로 A로 표시된 ISS는 본 실험의 주 장비로 실험 대상이기도 하다. B는 ISS의 정보를 획득하거나 ISS에 입력을 인가할 때 사용되는 DIBD(Data Acquisition & Interface Board)이다. C로 표시된 부분은 내부에 DSP를 포함하고 데이터 저장을 위한 real-time data acquisition & control 장비이며, D로 표시된 부분은 위 DIBD에서 출력되는 데이터의 측정 및 확인에 사용되는 오실로스코프와 외란 및 기준입력 등의 외부 신호를 ISS로 인가할 때 사용되는 신호발생기이다.

2. 실험 결과

2.1 시스템 안정성 평가(외란 및 입력이 없는 상태)

외란 없는 상태에서 시간 지연 제어기를 이용한 ISS의 안정성을 평가해 보는 실험이다. ISS가 외부에서 인가되는 신호가 없는 상태에서의 시스템이 가진 성능을 측정하는 실험이다. 그림 17은 내부굴림대 고각의 PID와 TDC에 대한 오차를 동시에 나타낸 것이다.

그래프에서도 확연하게 나타나듯이 시간지연 제어기를 사용한 시스템이 PID 제어기를 사용한 시스템에서 보다 안정적인 성능을 보여주었다. PID와의 가장 큰 차이점은 오

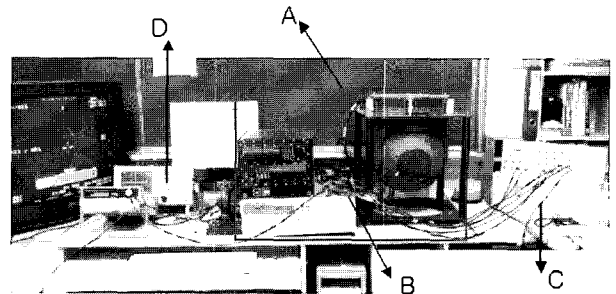


그림 16. 실험을 위한 전체 시스템 구성.

Fig. 16. Overall experimental setup.

차값의 변화가 작다는 것이다.

그림 18은 내부굴림대 방위각의 PID와 TDC에 대한 에러를 동시에 나타낸 것이다.

고각에서와 같이 시간지연 제어기의 안정성은 방위각에서도 개선됨을 볼 수 있었다.

2.2 계단응답

두 번째 실험은 내부굴림대의 계단응답을 보기 위한 실험이다. 구형파 신호의 주파수를 0.1Hz로 고정한 후, 크기를 5이상으로 키워가며 응답을 할 수 있는 최대 범위를 찾아보았다. 그림 19는 PID 제어기를 적용한 시스템의 응답을 나타낸다. 그래프에서 볼 수 있듯이 구형파 신호의 크기가 약 6V에서 불안한 특성을 보였으며, 그 이상의 크기의 전압 입력으로 하였을 경우, 시스템은 불안정한 상태로 발산하였다.

그림 20은 시간지연 제어기를 적용한 시스템의 응답이다.

시간지연 제어기의 경우는 PID 제어기의 경우에서 발산한 6V의 인가전압보다 높은 7V에서에서도 안정한 응답 성능을 보여주었다.

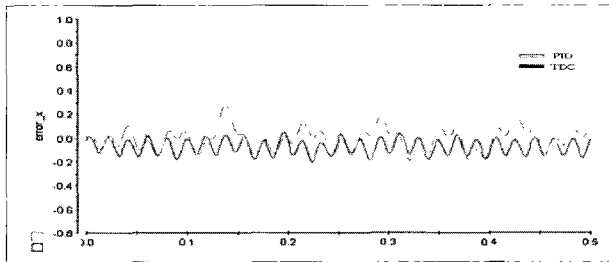


그림 17. 고각 오차.
Fig. 17. Error of elevation.

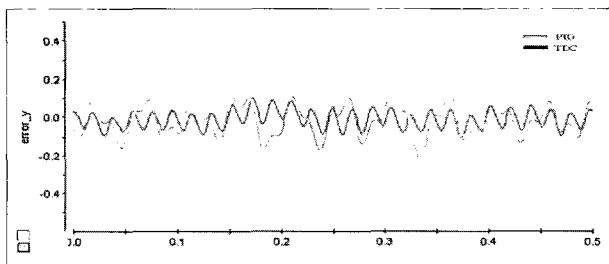


그림 18. 방위각 오차.
Fig. 18. Error of azimuth.

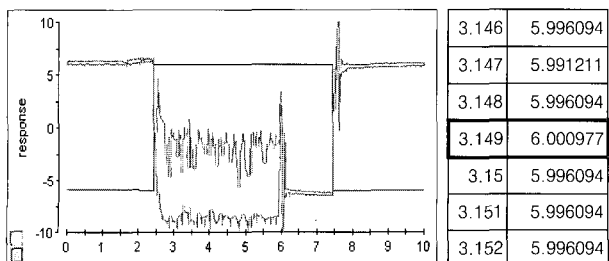


그림 19. 크기 6V, 주기 10sec 구형파 응답.
Fig. 19. Pulse wave response(mag 6V, period 10sec).

2.3 외란에 대한 응답

세 번째 실험은 내부굴림대 외란에 대한 응답을 보기 위한 실험이다. 여기서 외란은 외부굴림대에 정현파 입력을 인가한 상태에서 내부굴림대의 안정성을 측정하였다. 그림 21은 $\sin(2\pi 10)t V$ 의 외란에 대한 응답을 비교한 것이다.

그림 22는 $5 \sin(2\pi 10)t V$ 의 외란에 대한 응답을 비교한 것이다.

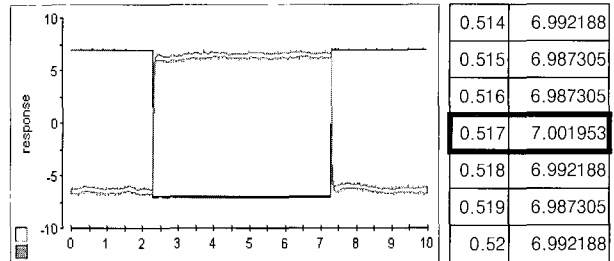


그림 20. 크기 7V, 주기 10sec 구형파 응답.
Fig. 20. Pulse wave response(mag 7V, period 10sec).

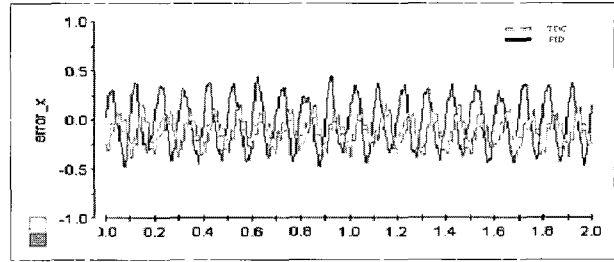


그림 21. $\sin(2\pi 10)t V$ 의 외란에 대한 응답.
Fig. 21. Response when $\sin(2\pi 10)t V$ disturbance.

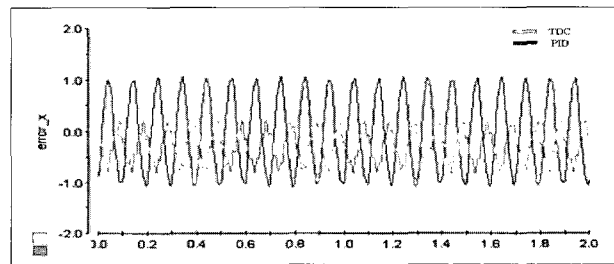


그림 22. $5 \sin(2\pi 10)t V$ 의 외란에 대한 응답.
Fig. 22. Response when $5 \sin(2\pi 10)t V$ disturbance.

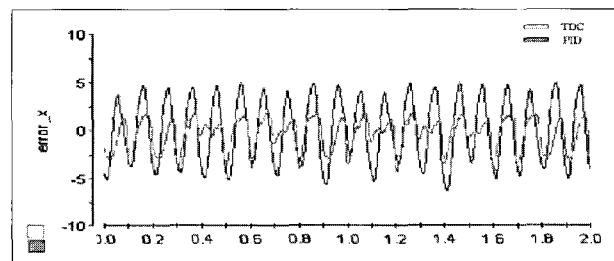


그림 23. $10 \sin(2\pi 10)t V$ 의 외란에 대한 응답.
Fig. 23. Response when $10 \sin(2\pi 10)t V$ disturbance.

그림 23은 $10 \sin(2\pi 10)t V$ 의 외란에 대한 응답을 비교한 것이다.

앞의 결과를 종합하면 외란의 크기에 상관없이 시간지연 제어기의 성능이 뚜렷하게 좋음을 확인할 수 있다. 오차합의 값이 PID 제어기에 비해 눈에 띄게 작으며 최대값 값의 차이도 큰 것을 알 수 있었다.

VI. 결론

본 논문에서는 영상 안정화 시스템을 제어하기 위해 시간지연 제어기를 설계하였다. 실제로 ISS로 다양한 실험을 하였으며, 그 결과를 비교·분석하여 기술하였다. 내부 PID 제어기가 최적화되어 있는 시스템에 임의적인 외란을 주고 안정화 성능을 실험적으로 구해 비교 분석해 보았다. 기본적으로 PID 제어기가 잘 작동하였지만, 어느 특정한 외란의 주파수에서는 잘 작동하지 않음을 실험적으로 알 수 있었다. 이 경우에 시간지연 제어 알고리즘을 적용하여 ISS의 안정성을 보다 향상시키고자 하였으며, 기존의 PID 제어기의 성능과 비교를 통해 안정성의 효과를 확인하였다.

참고문헌

- [1] 김성수, 박주광, "EOTS 시선 안정화 제어기 연구(III)," 연구보고서, ATRC-409 -940506, 국방과학연구소, 1994.
- [2] 박주광, "영상감지기 설계(III) (안정화 구동부)," 연구보고서, TEDC-417-000601, 국방과학연구소, 2000.
- [3] 박주광, "표적지향 알고리즘 설계," 한국군사과학기술

- 학회, 통권 제10호, pp. 62-76, 2002.
- [4] 박주광, "전방관측적외선장비 좌표지향모드 알고리즘 설계," 한국군사과학기술학회 학술대회, pp. 131-143, 2001.
- [5] 박주광, 정슬, "전자광학추적장비의 좌표 추적기 구현 및 헬리콥터 탑재 레이더 연동 시험에 관한 연구," 제어 자동화 시스템 공학 논문지, 11권 4호, pp. 368-377, 2005.
- [6] T. C. Hsia and L. S. Gao, "Robot manipulator control using decentralized linear time invariant time-delayed joint controllers," *IEEE Conf. on Robotics and Automation*, pp. 2070-2075, 1990.
- [7] S. Jung, T. C. Hsia, and R. G. Bonitz, "Force tracking impedance control for robot manipulators with an unknown environment: Theory, simulation, and experiment," *Journal of Robotics Research*, vol. 20, no. 9, pp. 765-774, 2001.
- [8] K. Youcef-Toumi, "Stability of uncertain linear system with time delay," *ASME Trans. on Dynamic Systems, Measurement, and Control*, vol. 113, pp. 558-567, Dec. 1991.
- [9] K. Youcef-Toumi, "Analysis of linear time invariant system with time delay," *ASME Trans. on Dynamic Systems, Measurement, and Control*, vol. 114, pp. 544-555, Dec. 1992.



박 주 광

1964년 9월 25일생. 1988년 2월 광주대학교 전기공학과 졸업. 1990년 2월 동 대학원 석사. 1990년 3월 국방과학연구소 입소. 2003년 3월~현재 충남대 박사과정. 관심분야는 제어 및 응용, 로보틱스, 영상 안정 시스템.



배 영 길

1977년 12월 11일생. 2003년 2월 충남대학교 메카트로닉스공학과 졸업. 2006년 6월 동 대학원 석사 졸업. 현재 기계연구원 위촉연구원, 관심분야는 지능 제어, 병렬 직렬 로봇.



정 슬

1964년 9월 11일생. 1988년 미국 웨인주립대 전기 및 컴퓨터 공학과 졸업. 1991년 미국 캘리포니아대 데이비스 전기 및 컴퓨터 공학과 석사. 동 대학 박사. 1997년~현재 충남대학교 메카트로닉스공학과 부교수. 관심분야는 지능 제어 및 지능 로봇 시스템, 로봇 휴먼 인터페이스, 무인 로봇의 위치 추정 및 원격 제어.

능 제어 및 지능 로봇 시스템, 로봇 휴먼 인터페이스, 무인 로봇의 위치 추정 및 원격 제어.