

외란 관측자를 이용한 광학 이미지 안정화 시스템의 불확실성 보상기법

Nonlinear Compensation in OIS System Using Disturbance Observer

*송치웅¹, #김경수¹, 조주연¹, 김수현¹

*C. W. Song¹, #K. S. Kim(ID@email.com)¹, J.Y.Cho¹, S.H.KIM¹

¹한국과학기술원 기계공학과

Key words : OIS System, Disturbance Observer, Control

1. 서론

고전 제어에서부터 현대 제어 연구에까지 외란에 의해 왜곡되는 시스템과 목표 값을 안정하기 위해 국내외적으로 많은 연구가 진행되어왔다. 여기에 최근 십년간의 디지털 카메라의 보급과 함께, 카메라를 쥔 때와 셔터를 누름으로서 발생하는 손 떨림이라는 외란이 새로운 외란 억제 연구의 주된 주제가 되었다. 이는 광학 이미지 안정화(Optical Image Stabilization, OIS) 시스템으로 발전하여, 많은 연구와 함께 상용화되어 널리 사용되고 있다.[1]

손 떨림에 둔감한 광학 이미지 안정화 시스템은 크게 하드웨어적 방법과 소프트웨어적 방법의 2가지로 나뉜다. 소프트웨어적 방법은 흔들림에 의해 CCD에 여러 지점에 분포된 하나의 상을 컴퓨터 등의 소프트웨어를 이용하여 처리하는 방법을 말한다[2]. 이는 카메라에 추가적인 장치를 달지 않고 이미지 데이터의 처리를 통해 이미지 안정화를 구현한다는 점에서 하드웨어가 간단하지만, 실제 영상 데이터를 후처리한다는 점에서 이미지의 왜곡이 발생할 수 있다. 하드웨어적인 방법은 크게 CCD를 외란에 맞추어서 움직이는 방법과 광경로 상에 보상렌즈를 추가하여 외란에 따라 보상렌즈를 움직여 일정한 지점에 상이 맺히도록 하는 방법 [1]이 있다. 이들 방법은 추가적인 하드웨어 장치가 필요하여 복잡한 시스템을 구성하지만, 있는 그대로의 데이터를 이용한다는 점에서 장점을 갖는다.

본 연구에서는 위 방법들 중에서 보상렌즈를 이용하여 이미지 안정화 시스템을 구현하고자 한다. 보상렌즈의 움직임은 2 자유도의 스프링 댐퍼 2차 시스템으로 모델링할 수 있지만, 마찰 및 댐퍼의 비선형성으로 인해 실제 2차 시스템과 과도응답

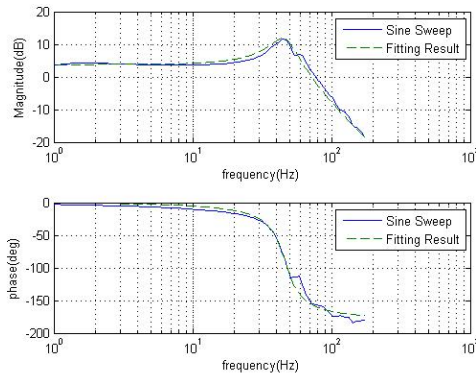


Fig. 1 Sine sweep data and fitting result for compensator lens

의 차이가 발생하고, 이는 제어기 설계에 있어서 좀 더 고차원의 lead lag compensator를 필요로 하거나, 미세하게 조절된 PID 제어를 필요로 한다.[1] 이에 실제 시스템을 우리가 원하는 2차 시스템으로 치환할 수 있도록 plant와 제어기 사이에 외란 관측자 형태[2]의 compensator를 추가하여, 실제 시스템을 우리가 원하는 형태의 2차 시스템으로 보이도록 하여, 구동 제어기 설계를 용이하게 하고자 한다.

2. 시스템 규명

비선형 보상기를 설계하기 전에, 실제 시스템의 주파수 응답특성 및 과도응답 특성을 확인할 필요가 있다. 이는 추후에 비선형 보상기를 설계함에 있어서 비선형 보상기를 포함한 전체 시스템이 규명된 2차 시스템으로 치환되는 것이 최적의 비선형 보상기를 설계할 수 있기 때문이다.

보상 렌즈의 시스템을 규명하는 데에는 sine sweep을 이용한 주파수 응답특성과 step input을

Table 1 Coefficient of Transfer function for Compensator Lens

G	w_n	ζ
5.8(dB)	45(Hz)	0.2

이용한 과도응답특성을 이용하였다. Sine sweep을 위해서 Data Aquisitor를 이용하여 Fig 1.과 같은 결과를 얻었다. Phase 변화를 통해 보면 일반적인 2차 시스템의 형상과 유사하다. 반대로 Magnitude의 변화를 보면 일정한 DC gain 이후 특정 주파수에서 공진에 의한 진폭의 증가와 함께 1 decade에 40dB이 감쇠하는 모습이 나타난다. 이를 통해 보상 렌즈의 시스템은 다음과 같은 2차 시스템으로 나타낼 수 있다.

$$P(s) = \frac{Gw_n^2}{s^2 + 2\zeta w_n s + w_n^2}$$

한편 step input을 통한 과도응답 특성을 보면, figure 1에 나와 있듯이 overshoot 부분에서의 과도응답이 충분히 높이 올라가지 않는다. 주파수 응답을 이용해 구한 damping이 과도 응답에서는 변한다는 것이며, 보상 렌즈의 형태를 보았을 때, 렌즈의 이동거리와 이동속도에 의해 damping이 변하는 nonlinear system이라고 할 수 있다.

3. 보상기 설계

비선형 보상기를 설계하기 위해 damping ratio의 변화를 확인해보았다. 그 결과 시간에 따른 damping ratio의 변화에 규칙성을 확인하였고, 이를 외란 관측자를 통해 보상하기 위해 보상렌즈의 움직임과, 보상렌즈의 속도를 받아서 feedback 하

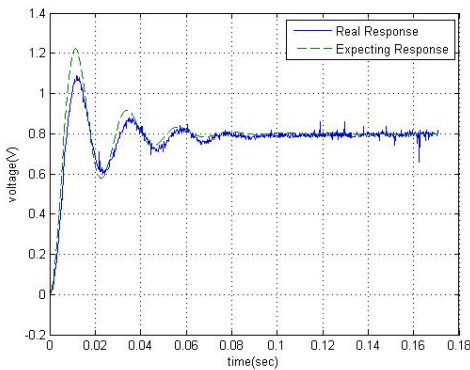


Fig. 2 Difference between real response and nominal response

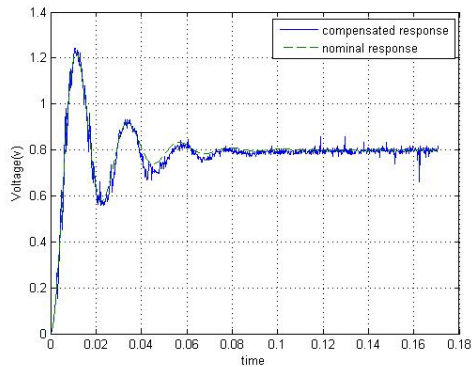


Fig. 3 Simulation result for compensated response compare to nominal response

는 보상기를 설계하였다. 시뮬레이션을 통해 보상기의 성능을 확인한 결과는 다음 그래프와 동일하다.

4. 결론

실제 보상렌즈의 움직임과 시스템 규명 결과를 시뮬레이션 한 결과를 비교하면 첫 번째와 두 번째 피크에서의 차이가 크며, 뒤로 갈수록 큰 오차를 보이지 않는다. 과도응답의 진동 주파수 또한 변화하는 damping에 의해 변화가 있다. 여기에 실제 시스템에 비선형 보상기를 연결한 시뮬레이션 결과 차이가 나던 피크를 잘 따라가며, 일부 노이즈에 의한 왜곡을 제외하면 nominal response를 따라가는 모습을 보였다.

후기

본 논문은 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략기술 인력양성사업 및 BK21의 지원을 받아 수행된 결과임.

참고문헌

1. 조주연, 조우중, 박정호, 김경수, “디지털 카메라용 이미지 안정화 시스템 제어”, Journal of Institute of Control, Robotics and Systems, Vol.16, No.5, 411~414, 2010
2. Kim, K.S., Rew K.H., Kim S.H., "Disturbance Observer for Estimating Higher Order Disturbances in Time Series Expansion" IEEE Transactions on Automatic Control, Vol.50, No.8,