

노치 대역을 개선한 이미지 흔들림 보정 장치의 동특성 향상과 이미지 분석

Improvement of Dynamic Characteristics of OIS System using Improved Band Notch and Analysis of Images

손동훈*, 박노철[†], 박영필**, 박경수**

Dong-Hun Son, No-Cheol Park and Young-Pil Park and Kyoung-Su Park

(2011년 8월 25일 접수; 2011년 9월 17일 심사완료; 2011년 9월 23일 게재확정)

Abstract

The mobile camera module is a device to be inserted in the digital device for camera feature. The mobile camera module is being shaken by vibrations such as handshake during the exposure time. The clarity is compromised by these vibrations, thus the vibration is considered as an external disturbance. Moreover the use of mobile camera module has been being expanded for automotive vibration should be considered. These external disturbances can cause image blurring, thus optical image stabilization should be applied for image compensation. The compensator is fulfilled mechanically by movable lens group or image sensor that adjusts the optical path to the camera movement. Open loop control is useful for well-defined systems like compliant mechanism. Notch filter and lead compensator are designed and applied to improve the stability and bandwidth. The final level of image compensating is confirmed by image processing with MATLAB and CODE V to verify the better performance.

Key Words : Compact Camera Module, Optical Image Stabilizer, Compliant Mechanism, Open Loop Control, Notch Filter, Lead Compensator, Image Processing

1. 서론

손 떨림 보정 시스템에 대한 많은 연구가 이루어져오고 있다. 대표적인 연구 방법은 세가지로 구분할 수 있다. Toshiro 등(1)은 전자식 손 떨림 시스템에 대해 연구하였고, 고성재 등(2)은 디지털 이미지 시스템에 대한 연구를 수행하였으며, Koich 등(3)은 광학식 손 떨림 보정 시스템에 대한 연구를 수행하였다. 많은 소비자들은 카메라를 사용시 흔들림 없는 깨끗한 화질의 사진을

을 원한다 이런 요구사항을 만족하기 위해 흔들림 보정을 많은 카메라들에서 사용되고 있다. 흔들림 보정 (Image Stabilization)은 노출 시간 중 카메라 흔들림에 의한 화질 저하를 막기 위한 기능으로 약 1도 내외의 각도와 1~25 Hz 정도의 주파수를 갖는 흔들림에 대응한다. 최근 급성장하고 있는 자동차 블랙박스에도 카메라가 장착되는데, 이 경우 자동차 진동이 카메라 흔들림의 주원인이다. 지금까지의 카메라 흔들림 보정장치는 손으로 들고 찍는 카메라를 대상으로 하였기 때문에 손떨림만을 고려했을 뿐 이보다 더 높은 주파수의 진동에 대한 고려는 이루어지지 않았다. 본 논문은 손 떨림보다 더 높은 주파수의 진동에서도 효과적으로 작동하는 카메라 흔들림 보정장치에 관한 것이다.

손 떨림만을 고려하여 설계한 흔들림 보정장치

[†] 연세대학교 기계공학과
E-mail : pnch@yonsei.ac.kr
TEL : (02)2123-4677

* LG 전자 HA 사업본부 냉장고연구소
** 연세대학교 기계공학과

를 기반으로 하여, 구동장치의 기구적 변경 없이 노치 필터와 앞섬보상기의 적용만으로도 고주파 영역에서도 안정적으로 작동하는 것을 확인하였다. 또한 카메라 대신 피사체를 진동시키는 실험 장치를 구현하여 흔들림 보정장치의 성능을 검증하는데 이용하였다. 이 실험 장치는 카메라에 진동을 가하지 않기 때문에 카메라 내부 구동장치의 움직임을 외부에서 측정하기 용이하며, 고주파 진동에 의한 카메라 변형을 막는 장점이 있다. 실제 선행개발 단계에서 카메라 모듈을 강건하게 만들기 어려운데 이 실험 장치를 이용하면 구조적으로 강건하지 않은 프로토타입의 카메라도 실험할 수 있다.

2. 차량용 진동 보정장치

2.1 차량용 진동 보상에 요구되는 성능 정의

자동차의 진동은 여러가지 이유에 의해 발생한다. 엔진의 진동을 마운트가 적절하게 보상하지 못해 생기거나 자동차 속도와 타이어 상태 그리고 노면 성질에 따라 달라진다. 동일한 상황이라도 타이어의 공기압량에 따른 자동차 샷시의 비틀림 정도에 따라 진동이 달라지는 것을 알 수 있다. 이에 자동차의 진동을 정확히 규정하기가 어렵지만 0.5 ~ 1kHz의 주파수를 가지며 진동에너지의 95% 이상은 40 Hz 이내로 본다. 흔들림 보정장치의 요구성능을 결정하는 데에는 진동뿐만 아니라 카메라의 이미지 센서의 성능 역시 고려되어야 한다. 이미지 센서의 반응속도는 광량과 광학계 등에 따라 다르지만 광학계가 작은 초소형 카메라는 외부에서 수집하는 광량이 작아 비교적 긴 노출시간이 필요하다. 카메라가 초당 30 프레임의 동영상 촬영할 경우 노출시간은 약 33.3 ms를 넘어서면 안 되며 일반적으로 초소형 카메라나 웹캠이 최대 15, 30 프레임 동영상 촬영을 지원하는 것을 감안하면 조도가 높은 상황에서도 어렵잡아 20 ms 미만의 노출시간을 갖기 어렵다고 추측할 수 있다. 본 논문에서는 구동기의 지연시간이 앞서 추측한 최소 노출 시간의 1/10인 2 ms 이내로 정의하였다.

2.2 광학식 흔들림 보정장치 및 개선 사항

광학식 흔들림 보정장치는 광학계 부품을 이동시켜 카메라 흔들림에 대응하므로 광학계 부품을 이동시켜줄 구동기가 필요하다. 본 논문에서는

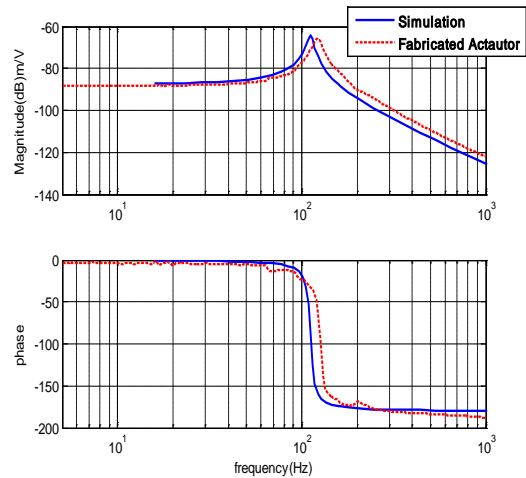


Fig. 1 FRF of Simulation and Fabricated Actuator

와이어 서스펜션 구조를 통해 마찰로부터 자유로워 위치 되먹임 센서 없이 광학식 흔들림 보정을 구현할 수 있는 것이 특징이다. 해당 구동기의 1 차 공진주파수는 Fig.1 에서 보여지듯이 약 100 Hz 이다. 자동차에서 발생하는 진동은 예측하기가 쉽지 않다. 2 만가지의 부품이 섞여 있어 진동을 줄이기 위해서 몇 개의 부품에 보정기를 설치하여도 서로간의 간섭에 의해 원하는 낮은 주파수의 진동이 발생하기 된다. 그러기에 어떠한 주파수에서도 자동차용 카메라는 정상적으로 작동할 수 있어야 한다. 만약 카메라에 공진주파수에 가까운 주파수를 가진 진동이 가해질 경우 구동기는 공진하여 정상적으로 작동하지 않는 것은 물론 장치가 손상될 수도 있는 우려가 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 본 논문에서 이를 보상하고 넓은 주파수 영역대를 가지는 제어 알고리즘을 제안 하려 한다.

3. 차량용 진동 보상 방식 정의

사람의 신체부위 중 가장 떨림은 흔하게 느낄 수 있는 곳이 손이고, 가장 떨림의 문제가 많이 생기는 곳이 손이다 그래서 많은 사람들이 손의 떨림과 관련하여 모바일 기계에 어떤 영향을 주고 이런 영향을 보상하기 위해 많은 연구를 진행하고 있다. 진행되고 있는 연구 중 손 떨림에 많은 영향을 주는 기계는 카메라, 캠코더등 광학계를 이용한 정보 저장 장치 등이 있다. 이러한 기계들은 빠른 속도로 정보를 저장하고 보다 선명한 화질의 정보를 저장되기를 기대한다. 하지만 지형적으로 삼각대를 사용할 수 없고 주변 환경이 어두운 곳에서는 원하는 만큼의 고화질의 정

보를 얻을 수 없다 이런 문제를 해결하기 위해 이미지 프로세싱을 통하여 프로그램상으로 정보를 보상하는 경우가 있고 기구학적으로 렌즈를 움직여 보상하는 방법 두 가지를 흔히 사용되고 있다. 이러한 문제점을 규명하기 위해 가속도 센서를 이용하여 여러 환경에서 손의 떨림을 측정해보았다. 그 결과 손 떨림은 약 0 ~ 20 Hz의 주파수를 갖고 있기 때문에 100 Hz의 공진주파수는 충분한 여유를 갖고 정해진 값이라 할 수 있지만 자동차, 철도 등 손 떨림보다 훨씬 높은 주파수의 진동이 가해지는 상황에서는 문제가 될 수 있다. 이런 경우 구동기 구조변경을 통해 공진주파수를 높이거나 감쇄를 통해 공진봉의 크기를 줄이는 방법이 있다. 하지만 공진주파수를 높이기 위해 스프링 강성을 증가시키면 변위감도가 떨어지게 되어 최대보정각도가 작아지고 전력소비량이 커지며, 감쇄재 (Damping Material)를 적용하는 방법 역시 와이어 서스펜션 구조는 감쇄재를 적용하여도 공진봉을 완전히 제거하지 못하며 공간 문제와 추가공정을 요구하는 등의 문제가 있다. 다시 말해 이와 같은 구동기의 공진주파수 결점을 기계적인 방법으로 해결하는 것은 어려우며, 따라서 제어회로에서 이 결점을 메워주는 방법이 동원되어야 한다.

4. 제어 시스템 설계

본 논문에서는 PID 제어를 통하여 해결하지 못하는 플랜트를 노치 필터와 앞섬보상기를 이용하여 이와 같은 문제를 보완하였다. PID 제어기는 간단하게 사용되는 보상기이지만 극부적인 주파수에서 보상을 하기에는 무리가 있다. 공진점에서의 보상이나 일정 주파수에서의 보상을 위해서는 한 주파수를 중점적으로 보상할 수 있는 보상기가 필요하다 그래서 일반적으로 정해진 주파수를 보상하는 보상기를 본 논문에서 사용하였다. 노치필터는 특정주파수 영역을 제거하는 필터로 구동기의 공진주파수 영역을 제거하는 역할로 사용될 수 있다. 단 노치필터를 사용할 경우 위상 지연이 발생하므로 앞섬보상기를 통해 이를 보상할 필요가 있다. 흔들림 보정장치에서 주로 고려해야 하는 성능은 위치오차와 지연시간 등이 있다. 위치오차는 작을수록 좋으며, 광학계에 따라 다르지만 5 백만화소 초소형 이미지 센서의 픽셀 크기가 1 ~ 2 μm 수준임을 감안하면 2 μm 이하의 위치오차는 무시할 수 있다. 또한 흔들림 보정장치는 진동을 추종하는 장치로, 위치오차의 절대값

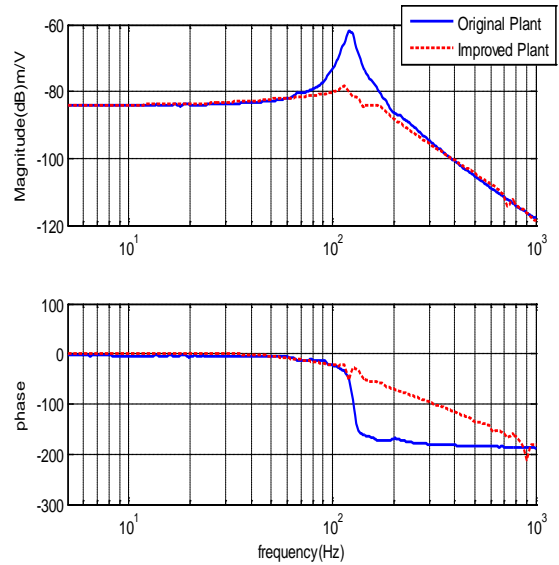


Fig. 2 Comparison between Frequency Response

을 작게 하는 것보다 위치오차의 변화값을 작게 하는 것이 훨씬 더 중요하다. 따라서 제어기 설계의 목적함수는 다음과 같이 지연시간 최소화로 정의하였고, 오버슈트 20% 이하를 제약으로 설정하였다

5. 개선된 광학적 흔들림 보정 시스템의 성능 향상 증명

구동기의 움직임은 레이저 도플러 진동계(Laser Doppler Vibrometer)로 측정하였으며, 노치필터와 앞섬보상기는 dSpace CP1005로 구현하였다. 구동기의 공진주파수가 기존의 100 Hz와 다른 125 Hz인데 기존 구동기를 개량하여 질량을 줄여 높였다. 감쇄재가 적용되지 않아 구동기의 공진봉이 매우 크지만, Fig.2의 주파수 응답에서 보여지듯 노치필터의 적용으로 공진봉을 효과적으로 억제했고, 앞섬보상기 덕분에 노치필터로 인한 위상 지연도 방지하였다.

Fig.3에서 보여지듯 70 Hz까지 Magnitude에 큰 변화가 없고 위상지연도 무시할 정도로 작으므로 0 ~ 70 Hz 대역의 진동을 개루프 제어로 추종할 수 있다고 판단된다. 이런 결과 실제 차차량 사용되었을 때 충분한 성능을 발휘한다고 사료된다. 실제로 차량의 진동은 일정한 주파수로 들어오지는 않지만 정해진 주파수만 잘 따라가는 것을 확인 하면 다른 주파수 영역대에서도 충분히 원하는 성능을 발휘할 수 있다고 할 수 있다.

70 Hz 입력에 대해서는 0.459 ms의 시간지연이

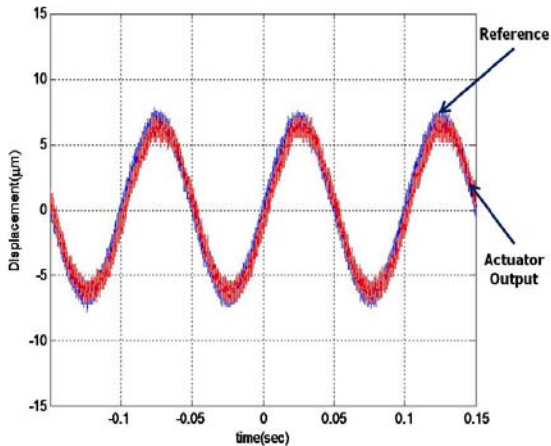


Fig. 3 Comparison between Frequency Response

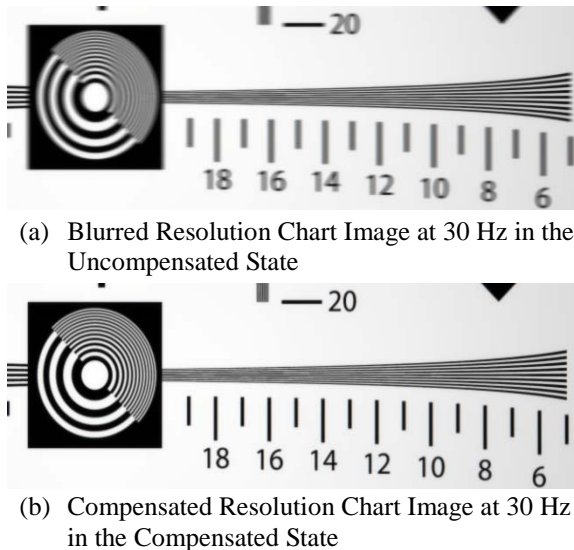


Fig. 4 Comparison of the Resolution Chart Image at each State

발생하지만 앞서 정의한 2 ms 에 비하면 매우 작다. 개선된 흔들림 보정장치는 0 ~ 70 Hz 대역의 흔들림에 대응할 수 있으며, 이미지 보정 성능의 결과는 MATLAB 과 Code V 에 의한 이미지 처리 과정에 의해 입증되었고, 그 결과는 Fig.4 에 도시되었다.

6. 결론

결과적으로 본 논문에서 설계한 제어시스템을 적용하여 개선된 구동기는 공진주파수인 125 Hz 의 입력에서도 발산하지 않고 안정성을 유지한다. 진동에 대하여 많은 외부 영향을 가지는 자동차의 경우 사고가 발생했을 때 고화질의 영상은 법

적인 판결에 도움을 줄 수 있다. 본 논문에서 소개한 제어 알고리즘을 이용한 블랙박스 장치를 자동차에 설치한다면 향후 자동차의 안정성에 기여 할 것이고 이런 사항은 운전자와 다른 차량의 운전자의 안전까지 보장 할 수 있는 기술 이라고 할 수 있다. 원하는 성능의 제어 알고리즘을 통하여 다양하게 변하는 자동차 진동을 충분히 대응할 수 있음을 증명하였고 이런 기술을 자동차 제작에 접목하여 보다 여러가지 측면에서 자동차의 안정성을 향상 시킬 수 있는 밑바탕일 될 거라 사료된다.

참고문헌

- [1] K. Sato., S. Ishizuka., A. Nikami, and M. Sato, "CONTROL TECHNIQUES FOR OPTICAL IMAGE STABILIZING SYSTEM", Sony Corporation, Tokyo, Japan, Manuscript received June 11, 1993.
- [2] Chang, H. J., Kim, P. J., Song, D. S. and Choi, J. Y., "Optical Image Stabilizing System using Multirate Fuzzy PID Controller for Mobile Device Camera", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 55, No. 2, MAY 2009.
- [3] Chi-Wei, Chiu., Paul C. P., Chao, and Din-Yuan Wu, "Optimal Design of Magnetically Actuated Optical Image Stabilizer Mechanism for Cameras in Mobile Phones via Genetic Algorithm", IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 43, No. 6, pp. 2582-2584, 2007.
- [4] P. Kauhanen, J. Rouvinen, "Actuator for Miniature Optical Image Stabilizer", Actuator 2006, pp. 549-552, 2006.
- [5] Baek, H. W., Hur, Y. J., Song, M. G., Park, N. C., Park, Y. P., Park, K. S., Lim, S. C. and Park, J. H., "Development of OIS actuator to compensate for trembling," Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp.509~511, 2008.
- [6] Song, M. G., Hur, Y. J., Park, N. C., Park, K. S., Park, Y. P., Lim, S. C. and Park, J. H., "Design of a Voice-Coil Actuator for Optical Image Stabilization Based on Genetic Algorithm," IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 45, No. 10, pp.4558~4561, 2009.
- [7] Song, M. G., Hur, Y. J., Park, N. C., Park, K. S., Park, Y. P., Lim, S. C. and Park, J. H., "Development of Small Sized Actuator for Optical Image Stabilization," International Symposium on Optomechatronic Technologies, pp.152~157, 2009.

- [8] Toshiro K, Naoki Y, Hiroyuki K, Satoshi T, Takuya I., 1990, "Electronic image stabilizer for video camera use," IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 36, No. 3, pp. 520~525
- [9] Ko SJ, Lee SH, Lee KH., 1998, "Digital image stabilizing algorithms based on bit-plane matching," IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 44, No. 3, pp. 617~622
- [10] Koichi S, Shigeki I, Akira N, Mitsuru S., 1993, "Control techniques for optical image stabilizing system," IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 39, No. 3, pp. 461~466
- [11] Song MG, Son DH, Park NC, Park KS, Park YP., 2011, "Improvement of Dynamic Characteristics of an Optical Image Stabilizer in a Compact Camera," Trans. of the KSNVE, Vol. 21, No. 2, pp. 178~185
- [12] Kim C, Song MG, Park NC, Park KS, Park YP, Song DY., 2011, "Design of a hybrid optical image stabilization actuator to compensate for hand trembling," Microsyst Technol, DOI 10.1007/s00542-010-1220-8