

가진입력에 의한 손떨림 보정용 이송장치의 둔화현상 방지대책

A Method to Prevent Transfer Device of Image Stabilizer from Blunting by Artificial Vibration

염 동 희*
(Dong-Hae Yeom)

Abstract: This article deals with an optical image stabilizer which moves an image sensor in the direction of cancelling the vibration caused by hand shaking to prevent a photographed image from blurring. The ball-guide way method adopted as a transfer device of the image sensor is easy to be manufactured because of its simple structure and is suitable to minimize the friction between mechanisms, but has weakness of a chance of physical defect such as groove and rising. In case that the movement of the transfer device equipped with the image sensor is blunted because a ball is stuck in defects of guide way, the performance of the image stabilizer falls down drastically. We propose a method to prevent the transfer device from blunting by applying artificial vibration. At this time, the artificial vibration should be designed under consideration of dynamic characteristics and specifications of the system to be discriminated from the vibration caused by hand shaking.

Keywords: optical image stabilizer, blunting of transfer device, slip and stick, artificial vibration

I. 서론

최근 출시되는 카메라나 캠코더는 촬영 시 사용자의 손떨림으로 인한 영상의 화질열화를 방지하기 위해 손떨림을 보정하는 기능을 갖추고 있다. 손떨림 보정 방법은 렌즈나 이미지 센서의 구동에 의한 광학식 보정과 촬영된 이미지의 영상 신호처리에 의한 소프트웨어식 보정으로 구분할 수 있으며, 대체로 성능면에서 우수한 광학식 손떨림 보정방식이 많이 사용된다[1-3]. 광학식 손떨림 보정은 렌즈 구동방식과 이미지 센서 구동방식으로 구분할 수 있다. 렌즈 구동방식은 보정 범위가 넓다는 장점이 있으나, 무거운 광축 굴절용 렌즈를 추가적으로 장착하여야 하고 이를 움직이기 위한 구동 기구의 소비전력이 높아 소형 경량화 및 모바일 제품에 적합하지 않다. 본 연구는 이미지 센서 구동방식의 손떨림 보정 장치를 대상으로 한다.

이미지 센서 구동방식의 광학식 손떨림 보정을 위해서는 광축이 항상 이미지 센서의 중심에 머물도록 이미지 센서를 움직이는 구동기구가 필요하다. 그 구동원으로서 스텝핑(stepping) 모터, 피에조(piezo)모터, VCM (Voice Coil Motor) 등이 있으나, 스텝핑 모터는 응답속도가 느리고 음향잡음을 동반하고 부피가 크며 탈조의 위험성이 있는 등 저렴한 비용에 비해 단점이 많아 거의 채택되지 않는다.

그림 1은 기존 이미지 센서 구동방식의 대표적인 예로서 피에조 모터를 이용한 샤프트-바(shaft-bar) 구동방식과 VCM 모터를 이용한 샤프트-바 구동방식이다. 피에조 모터를 이용한 샤프트-바 구동방식은 피에조 소자에 초음파 진동을 인가하여, 이미지 센서를 둘러싸고 있는 구동 프레임에 연결된 샤프트를 움직이는 소위 SIDM (Smooth Impact Drive Mechanism) 방식이다[6]. 그러나, 피에조 소자는 적층공정이 까다로워 단가가 높고[6], 가동 시 고전압이 필요하다. VCM 을 이용한 샤프트-바 구동방식 역시 이미지 센서를 둘러싸고

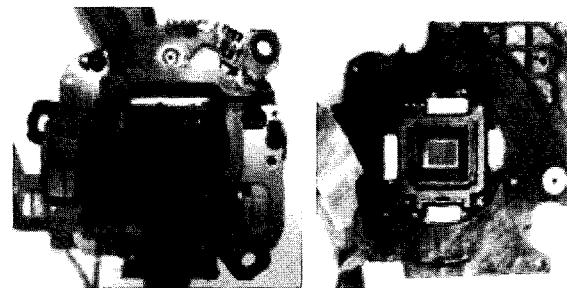


그림 1. 기존 이미지 센서 구동방식.

Fig. 1. The existing moving mechanisms of image sensors.

있는 별도의 구동 프레임을 움직이는 방식이다.

이에 반해, 제안하는 VCM을 이용한 볼-가이드(ball-guide) 구동방식은 이미지 센서가 장착된 PCB (Printed Circuit Board) 자체가 구동 프레임 역할을 하므로 기존방식에 비해 기구물의 단순화를 통해 제조 및 공정비용을 절감할 수 있으며 소형 경량화를 통해 휴대기기 적용에 유리하다.

그러나, 제안하는 구동방식은 볼과 가이드 사이의 결함이나 구동기구의 물리적 제약으로 인해 원하는 방향이나 변위 만큼 이미지 센서를 움직일 수 없는 경우가 발생한다. 이러한 구동기구의 둔화현상은 촬영된 영상의 화질을 열화시키는 주요한 원인이 될 수 있다. 본 논문은 손떨림 보정장치의 동특성을 고려하여 설계된 인위적 진동을 통해 이송용 구동 기구의 둔화현상을 방지하는 방법을 제시한다.

II. 손떨림 보정용 이송장치

본 장에서는 새롭게 개발된 손떨림 보정장치의 이미지 센서 이송장치의 구조와 이송장치의 둔화현상을 유발하는 슬립-스틱의 원인을 간략히 설명한다.

그림 2는 개발된 손떨림 보정장치의 블럭도이다. 전체 시스템은 손떨림에 의한 진동을 감지하는 센서부, 손떨림을 상쇄시키는 방향으로 이미지 센서를 움직이는 구동부, 그리고

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2009. 6. 23., 수정: 2009. 8. 31., 채택확정: 2009. 10. 1.
염동희: 삼성전자 DMC 총괄 VD 사업부(flyht@korea.com)

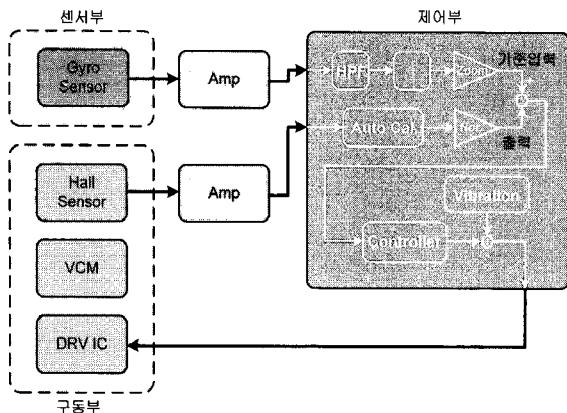


그림 2. 광학식 손떨림 보정시스템의 블럭도.

Fig. 2. The block diagram of the optical image stabilizer system.

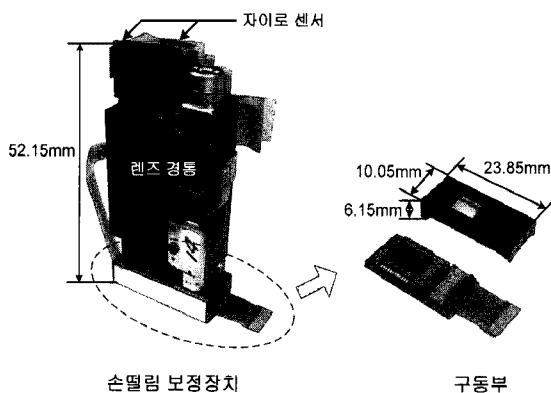


그림 3. 광학식 손떨림 보정장치.

Fig. 3. The developed optical image stabilizer.

각 부분의 신호를 처리하고 전체 시스템을 운영하는 제어부로 구성되어 있다. 제어부 내에는 시스템의 강인 안정성을 위해 충분한 이득여유 및 위상여유를 가진 제어기와 가진장치가 구현되어 있다.

그림 3은 개발된 손떨림 보정장치의 실제 모습이다. 렌즈 경통에 부착된 요(yaw) 및 피치(pitch)방향 자이로(gyro) 센서를 통해 손떨림에 의한 진동이 감지되면 구동부에 부착된 이미지 센서를 움직여 손떨림에 의한 진동을 상쇄시킨다. 구동부는 그림 4와 같이 메인프레임, 요 및 피치 구동프레임으로 구성되어 있다. 메인프레임에는 자기요크(magnetic yoke), 이미지 센서의 위치를 파악하기 위한 홀(hall) 센서, VCM 구동을 위한 코일이 장착되어 있다. 구동프레임은 요방향 구동프레임과 피치방향 구동프레임으로 구성되어 있으며, 피치방향 구동프레임에는 VCM 구동을 위한 자석과 홀 센서용 자석 그리고 CCD (Charge-Coupled Device) 이미지 센서가 장착되어 있다. 메인프레임과 각 구동프레임에 패인 가이드 사이에 볼이 끼워져 있어 이송 시 마찰력을 최소화되도록 설계되어 있다. 끝으로, 케이스와 광학필터를 씌워 먼지 등 각종 오염원으로부터 이미지 센서와 이송장치를 보호한다.

채택된 볼-가이드 이송방식은 마찰력을 최소화할 수 있으며 단순한 구조로 인해 제조공정이 수월하다는 장점이 있으나 몇 가지 물리적 제약을 수반한다. 그림 5의 왼쪽과 같이 각 프레임에 패인 가이드의 평탄도가 균일하지 않거나, 흄집이나 돌기가 있는 경우가 있다. 볼이 가이드를 따라 움직일

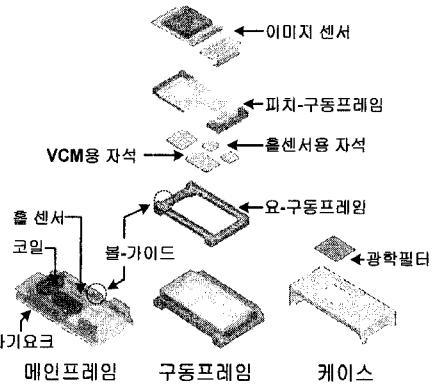


그림 4. 구동부의 상세구조.

Fig. 4. The detail structure of moving parts.

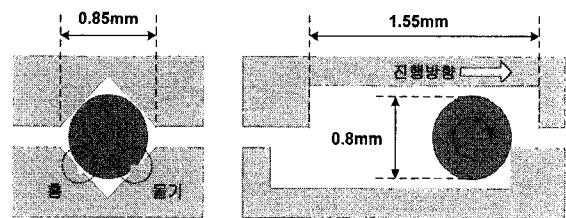


그림 5. 볼-가이드의 종단면과 횡단면.

Fig. 5. The vertical and cross section of the ball-guide structure.

때, 이러한 결합 부위에 걸리면 부드럽게 구르지 못하고 멈칫거리거나 정지하면서 슬립-스틱(slip-stick)이 발생한다. 한편, 그림 5의 오른쪽과 같이 각 프레임에 패인 가이드는 그 길이가 한정되어 있다. 만약 볼이 가이드의 끝에 치우쳐 있으면 그 방향으로 프레임을 움직이고자 할 때, 볼은 가이드의 벽에 막혀 더 이상 구르지 못하여 슬립-스틱이 발생한다. 뿐만 아니라, 제조공정상 볼 자체의 결함 또는 오랜 사용으로 인한 볼 또는 가이드의 마모 등도 슬립-스틱의 원인이 된다.

이러한 슬립-스틱은 강인한 제어기에 의해 어느 정도 극복할 수 있으나 전반적인 시스템의 추종성능 저하를 초래하고, 제어기만으로 극복할 수 없는 큰 결함의 경우 손떨림 보정 자체가 무의미해 진다.

III. 둔화현상 방지를 위한 가진입력

손떨림 보정장치의 성능을 저해하는 슬립-스틱에 의한 이송장치의 둔화현상을 방지하기 위해서는 가이드의 결합 부위 및 양 끝단 벽으로부터 볼을 끌어들여 내거나 볼의 특정 부위가 가이드에 지속적으로 접촉되는 상황을 피해야 한다. 이를 위해 생각해 볼 수 있는 직관적인 방법은 이송장치를 흔들어 볼이 특정영역에 오래 머물지 않게 하는 것이다. 그러나, 인위적인 진동을 가하여 이송장치를 흔드는 것은 손떨림에 의한 진동을 상쇄한다는 손떨림 보정장치 본래의 목적과 상충될 수 있다. 따라서 손떨림 보정성능에 대한 영향을 최소화하면서 이송장치의 둔화현상만을 제거할 수 있는 가진 방법이 요구된다.

먼저, 손떨림에 의한 진동의 주파수와 인위적 가진에 의한 진동의 주파수를 충분히 떨어뜨려 서로간의 간섭을 최소화 한다. 일반적으로 손떨림에 의한 진동은 3~8Hz 사이에 주로 분포하므로[4,5], 여기서 충분히 떨어진 주파수대의 가진을

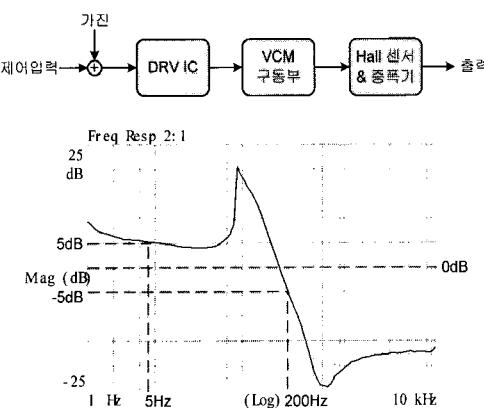


그림 6. 이송장치의 주파수 응답.

Fig. 6. The frequency response of the transfer mechanism.

선택해야 한다. 다음으로, 인위적 가진입력의 크기를 결정한다. 가진입력에 의한 진동 역시 촬영된 영상의 화질을 열화시키지만, 화질열화의 정도가 육안으로 식별할 수 없을 만큼 작다면 손떨림 보정이라는 본래의 목적을 달성할 수 있다. 이송장치의 사양을 고려하여 화질열화를 식별할 수 없는 허용범위 내에서 가진입력의 크기를 선택해야 한다.

그림 6의 블럭도와 같이 요 및 피치방향 이송장치는 VCM 구동 드라이브, VCM 구동부, 그리고 홀센서 및 증폭기로 구성되어 있으며 제어입력에 대한 출력의 주파수 응답은 그림 6의 그래프와 같다. 가진입력의 주파수를 결정하기 위해 이송장치의 주파수 응답을 고려한다. 즉, 10Hz 미만은 손떨림에 의한 진동과 명확히 구별하기 어렵고, 40~120Hz 사이는 시스템의 공진대역이며, 300Hz 이상의 주파수 대역에서는 이송장치간의 편차가 심하므로 가진입력의 주파수는 200Hz 근방에서 선택되어야 한다.

가진입력의 주파수가 선택되면 이송장치의 주파수 응답과 사양을 고려하여 가진입력의 크기를 결정할 수 있다. 그림 7은 개발된 손떨림 보정 시스템에 채택된 이미지 센서의 사양이다. 이미지 센서는 가로 2848 픽셀, 세로 2136 픽셀의 6M CCD로서 단위픽셀의 크기는 $3.04\text{ }\mu\text{m} \times 3.04\text{ }\mu\text{m}$ 이며, 이송장치에 의한 최대 이동변위는 0.3mm이다. 실험적으로 확인된 육안 식별 불가능한 허용범위는 3 픽셀 이하이므로 $9.12\text{ }\mu\text{m}$ 이내의 이미지 센서 변위오차에 대해 화질의 열화를 구별할 수 없다. 그림 6의 그래프와 같이 이송장치의 주파수 응답은 손떨림에 의한 진동이 주로 분포하는 3~8Hz 대역에서 약 5dB, 가진입력으로 선택된 200Hz 근방에서 약 -5dB의 이득을 가

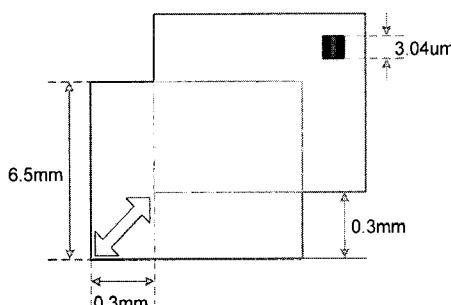


그림 7. 채택된 6M CCD 이미지 센서의 사양.

Fig. 7. The specifications of the 6M CCD image sensor.

진다. 그리고 홀 센서와 증폭기의 주파수 응답은 300Hz 이하에서 이득이 일정하다. 본 이송장치는 VCM 구동 드라이브의 1.5Vpp 입력에 대해 이미지 센서의 최대 이동변위인 0.3mm를 움직이도록 설계되어 있으므로, 화질열화 허용오차 $9.12\text{ }\mu\text{m}$ 를 초과하지 않는 가진입력의 크기(x)는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$(1.5 \times 1.78) : 300 = (x \times 0.56) : 9.12$$

여기서, 1.78과 0.56은 5dB와 -5dB에 대한 이득이다. 위 비례식으로부터 200Hz의 가진입력의 크기가 0.145 Vpp 를 넘지 않는 한 화질열화를 육안으로 구별할 수 없다. 실제 시스템에서는 이송장치간의 편차로 인한 허용오차 초과를 방지하기 위해 가진입력의 크기를 0.12 Vpp 로 하였다.

IV. 실험 결과

본 장에서는 가진입력에 의한 이송장치의 둔화현상 해소가 손떨림 보정장치의 성능에 기여함을 실험적으로 확인한다. 개발된 손떨림 보정시스템을 진동발생장치에 45도 기울여 부착한 후, 손떨림에 의한 진동을 모사하는 3~16Hz 가량의 진동을 인가한다. 이 때, 둔화현상을 방지하기 위한 가진입력의 유무에 따라 기준입력에 대한 이송장치의 추종성능을 비교한다. 기준입력은 자이로 센서에 의해 감지된 손떨림에 의한 진동을 상쇄하기 위해 요구되는 이미지 센서의 이동변위이다. 이미지 센서의 현재 위치는 홀 센서를 통해 알 수 있으며, 기준입력과 홀 센서의 출력이 일치하면 손떨림에 의한 진동이 이미지 센서의 이동으로 상쇄된 것을 의미한다.

그림 8은 약 5Hz의 진동에 대해 가진입력을 인가하지 않은 경우로서, 왼쪽 그림의 노란색 선은 요방향 기준입력을 나타내고 파란색 선은 요방향 홀 센서의 출력을 나타낸다. 그리고, 오른쪽 그림의 보라색 선은 보방향 기준입력을 나타내고 녹색 선은 보방향 홀 센서의 출력을 나타낸다. 이

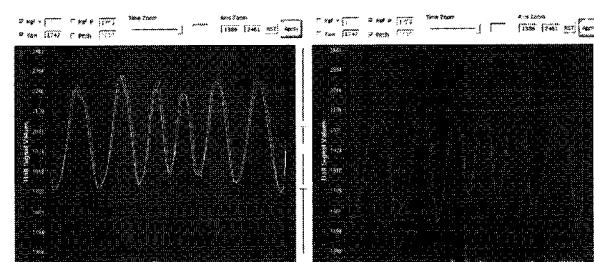


그림 8. 가진입력이 없는 경우 기준입력과 홀센서 출력.

Fig. 8. The references and the hall signals without vibration.

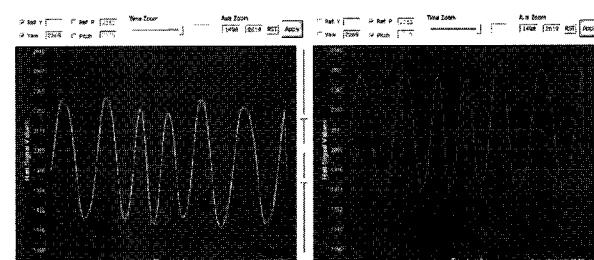


그림 9. 가진입력을 인가한 경우 기준입력과 홀 센서 출력.

Fig. 9. The references and the hall signals with vibration.

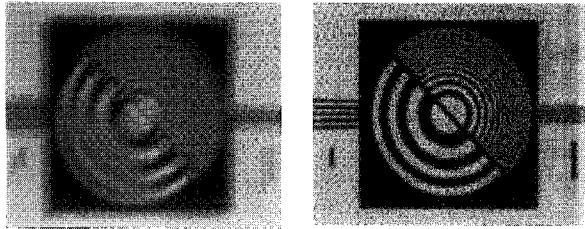


그림 10. 가진입력 유무에 따른 손떨림 보정성능 비교.

Fig. 10. The performance comparison of the proposed image stabilizer according to the artificial vibration.

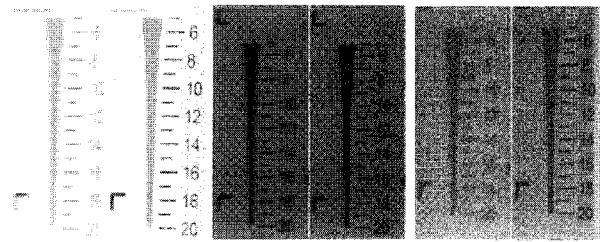


그림 11. 손떨림 보정기능에 의한 화질개선비 비교.

Fig. 11. The performance comparison of each image stabilizer.

표 1. 손떨림 보정기능에 의한 화질의 개선비.

Table 1. The improvement ratio of each image stabilizer.

	A사	B사	당사
3Hz	0.571	0.962	0.504
8Hz	0.233	0.944	0.144
16Hz	0.352	0.804	0.415

경우, 각 방향의 기준입력과 흘출력이 일치하지 않아 그림 10의 왼쪽과 같이 이송장치의 둔화현상이 발생할 경우 손떨림 보정성능이 크게 저하된다.

그림 9는 약 5Hz의 진동에 대해 가진입력을 인가한 경우로서, 왼쪽그림은 요방향의 기준입력과 흘센서 출력을, 오른쪽 그림은 피치방향의 기준입력과 흘센서의 출력을 나타낸다. 이 경우, 각 방향의 기준입력과 흘출력이 일치하여 그림 10의 오른쪽과 같이 이송장치의 둔화현상이 해소되어 만족할 만한 손떨림 보정성능을 얻을 수 있다.

그림 11은 그림1에서 보인 피에조 샤프트-바 방식의 A사 제품(왼쪽)과 VCM 샤프트-바 방식의 B사 제품(가운데) 그리고 VCM 불-가이드 방식을 선택한 당사 제품(오른쪽)의 손떨림 보정기능 활성화 전후의 화질을 비교한 것이다. 표 1은 각 제품에 대해 약 3Hz, 8Hz, 그리고 16Hz의 진동을 가한 상태에서, 화질의 선명도를 나타내는 MTF (Modulation Transfer Function)의 개선비를 나타내 것이다. 이 때, 개선비는 0에 가까울수록 우수하다. 표 1에서 알 수 있듯이, 손떨림에 의한 진동이 주로 분포하는 3~8Hz 대역에서 당사 제품의 MTF 개선비가 가장 우수하다.

V. 결론

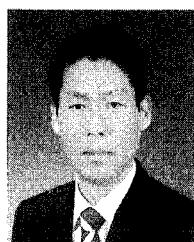
손떨림 보정을 위해 새롭게 개발된 VCM 불-가이드 이송장치는 단순한 구조로 인한 제조원가 절감, 마찰력 최소화로 인한 소비전력 감소, 그리고 소형경량화를 통한 휴대기기 적용성 확대 등 많은 장점이 있으나, 기구물의 불완전성에 의한 둔화현상을 수반한다. 이러한 둔화현상을 유발하는 슬립스틱 현상을 극복하기 위해 제어기의 장인성 향상과 사출물의 소재 및 평탄도 개선에 상당한 시간과 비용을 투여하였으나 문제현상을 완벽하게 해결할 수는 없었다.

둔화현성이 발생할 때 이송장치를 살짝 건드리면 그 현상이 사라진다는 점에 착안하여 인위적 진동을 지속적으로 가함으로써 둔화현상을 방지할 수 있었다. 이 때, 인위적 진동에 의한 화질열화를 최소화하기 위해 대상 시스템의 주파수 응답과 기구적 사양을 고려하여 가진입력의 주파수와 크기를 결정하였다.

제안한 방법은 유사한 문제현상을 가지는 소형 정밀 이송장치에 활용 가능하며, 고경도 소재 채택과 고정밀 가공 등을 피할 수 있어 제조비용을 절감할 수 있다.

참고문헌

- [1] B. Cardani, "Optical image stabilization for digital cameras," *IEEE Control System Magazine*, pp. 21-22, Apr. 2006.
- [2] G R. Chen, Y. M. Yeh, S. J. Wang, and H. C. Chiang, "A novel structure for digital image stabilizer," *The 2000 IEEE Asia-Pacific Conference on Circuits and Systems*, pp. 101-104, Dec. 2000.
- [3] K. Sato, S. Ishizuka, A. Nikami, and M. Sato, "Control technique for Optical image stabilizer system," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 39, no. 3, pp. 461-466, Aug. 1993.
- [4] K. Y. Bang, "A Study on CCD Controlled Image Stabilizing System for Camcorders," Dissertation of the Degree of Master, the Graduate School of Korea University, Dec. 1997.
- [5] M. Oshima, T. Hayashi, S. Fujioka, and T. Inaji, "VHS camcorder with electric image stabilizer," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 35, no. 4, pp. 749-758, Nov. 1989.
- [6] Y. Okamoto and R. Yoshida, "Development of linear actuators using piezoelectric elements," *Electronics and Communications in Japan*, Part 3, vol. 81, no. 11, pp. 11-17, 1998.



연 동 회

1998년 동아대학교 전자공학과(공학사).
2001년 한양대학교 전자통신전파공학부(공학석사). 2006년 서울대학교 전기컴퓨터공학부(공학박사). 2006년~현재 삼성전자 DMC 총괄 VD 사업부 책임연구원. 관심분야는 비선형시스템 이론 및 하이브리드 제어.