

# 모션센서를 이용한 로봇의 디지털 영상 보정 기술

## Digital Image Stabilization Technique of Robot using Motion Sensor

오정석 · 심귀보\*

Jung-Suk Oh and Kwee-Bo Sim\*

중앙대학교 전자전기공학부

### 요 약

로봇은 일정 속도 이상의 움직임을 가지면 필연적으로 진동을 하기 때문에 장착된 카메라의 경우 이미지가 흔들려 더 이상 로봇의 눈 역할을 수행하지 못하게 된다. 따라서 흔들리는 영상의 안정화를 위한 방법을 연구가 필요해졌다. 영상에서 글로벌 모션 벡터를 계산하여 안정화하는 방법이 존재하지만 이는 프로세서가 처리해야 하는 데이터양이 많아지기 때문에 임베디드 로봇의 사양의 한계로 인하여 실시간으로 영상을 송출하는데 큰 어려움이 있다. 이를 보완하기 위하여 모션벡터를 사용하지 않는 모션센서를 통한 영상 안정화를 제안한다. 모션센서를 통하여 로봇의 진행과 관계없는 움직임을 추출하고 추출한 움직임을 영상에서 제거하는 방법이다.

### Abstract

If vibration occurs due to fast movement of the robot, the camera image is unstable. No longer the eyes of a robot can not perform the role. Research methods for the stabilization of shaky video is required. The most popular method is to use the motion vector. But, the drawback to this method will require a large amount of operation. And the limits of the embedded robot. Therefore, in real-time transmission of images to be difficult. This paper proposes a motion sensor using the image stabilization. Uses data that is output from the motion sensor. So, not related to the progress of the robot movement is a way to remove it from the video.

**Key Words** : Motion Sensor, Image Stabilization, Motion Estimation, Camera, Robot

## 1. 서 론

로봇 산업이 발전함에 따라 로봇에 여러 가지 기능을 원하는 사회적 요구가 강해졌다. 인간을 모티브로 하는 로봇인 만큼 인간의 시야를 대신하는 카메라를 로봇에 설치하여 영상을 통해 인간의 눈을 대신하는 기능을 적용하려는 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 로봇의 머리 부분에 사람처럼 두 개의 카메라를 설치해서 초점을 맞추고 원근을 파악하는 기능을 가지도록 설계한 로봇[1]이나 여러 각도에서 사물을 살펴보면서 대상을 3차원으로 구성해내는 로봇[2] 등 여러 분야에서 끊임없이 어플리케이션이 생산되고 있다.

그러나 이러한 연구들은 카메라를 통해 받아들이는 영상이 안정화된 영상이라는 전제 조건이 필요하다. 일정 속도 이상으로 주행하는 로봇의 경우 필연적으로 진동을 가진다. 이러한 진동은 로봇에 부착된 카메라의 영상에 영향을 끼쳐서 그림 1과 같이 목표물 인식에 장애를 준다.

갑작스런 카메라의 움직임이 영상에 끼치는 영향을 해결하기 위하여 여러 가지 영상처리 기법들을 동원한 영상 안정화 기법이 활발히 연구되어 왔다 [3-6].

먼저 기계적 방법으로 영상을 안정화 시키는 방법이 제시되었다. 그러나 이 방법은 카메라의 내부에 카메라의 촬상소자를 옮기는 장치가 설치되어야 하기에 카메라의 크기가 커지고 가격이 매우 비싸진다는 단점을 가지고 있다. 따라서 기계적인 방법이 아닌 카메라가 영상을 촬상소자에서 받아들일 때 영역의 외곽에 마진 영역을 두고 출력 영상의 영역을 정하면서 출력 영상의 좌표를 마진 영역의 안에서 이동하여 영상을 안정시키는 방법이 제시되었다.

제시된 방법으로는 Toshiro Kinugasa[3]가 픽셀을 하나 하나 이동시키는 방법을 사용한 전자 안정화를 제안하여 이미지 영역의 이동을 통한 안정화 방법의 시작을 알렸다. Haruhisa Okuda[4]는 최적 모션 추정을 통하여 이미지 안정화를 위한 모션 벡터를 추출하여 영상에 적용시켜 영상을 안정화 시키는 방법을 제안하였고 Lidong Xu[5]는 연속되는 이미지에서 각각 원형 블록을 잘라내어 연결시키고 연결된 블록간의 모션 벡터를 추출하여 전체 이미지를 안정화하는 방법을 제안하였다. 또 조원호[6]는 Affine 모션을 기반으로 글로벌 모션을 추출하여 영상에 적용하여 안정화시키는 방법을 제안하였다. 세 방법 모두 기존의 방법에 비하여 적은 계산 량으로 이미지 안정화가 가능해졌지만 여전히 고성능의 연산장치 기반의 임베디드 환경을 지녀야 연산이 가능한 단점을 기니고 있다. 이 단점은 소형 임베디드 로봇에

접수일자 : 2009년 4월 6일

완료일자 : 2009년 6월 6일

\* 교신 저자

"본 논문은 본 학회 2009년도 춘계학술대회에서 선정된 우수논문입니다."

이 논문은 서울시·중소기업청의 연구비 지원에 의한 2008년 산학 공동기술개발지원사업 지원을 받아 수행된 연구입니다. 연구비지원에 감사드립니다.

적용하기 힘들고 전력 소비가 많아진다는 단점을 낳았다. 본 논문은 고성능의 연산장치를 갖춰야 영상 안정화가 가능해진다는 단점을 보완하기 위하여 모션센서를 이용하여 별도의 모션 추정 없이 카메라의 움직임을 읽고 이를 이용하여 영상을 안정화하는 기술을 제안한다. EMBOT에 카메라와 모션센서를 함께 설치한다. 설치된 카메라는 전체 이미지 영역에서 일정 영역의 마진을 형성하고 나머지 영역을 선택 이미지 영역으로 잡는다. 함께 설치된 모션센서로부터 가속도정보를 받아온다. 받아온 가속도 정보를 통하여 현재 카메라의 움직임을 읽고 이것을 통하여 카메라의 선택 이미지 영역을 옮겨주어 영상을 안정화시킨다. 이 방법은 모션센서의 데이터를 통하여 카메라의 움직임을 별도의 추정 없이도 읽어내는 것이 가능하기 때문에 연산량을 획기적으로 줄이는 것이 가능하다. 따라서 고성능의 환경을 지니지 않은 소형 로봇의 경우에도 만족할만한 성능을 가질 수 있다.



그림 1. 진동에 의한 불안정 영상  
Fig. 1. Unstable image by vibration

## 2. 모션센서(Motion Sensor)

일반적으로 모션센서란 방향을 감지하는 지자기센서와 움직임을 감지하는 가속도센서로 이루어진 센서를 지칭한다.

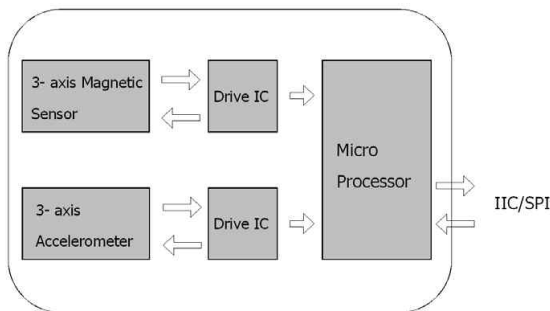


그림 2. 모션센서의 구성  
Fig. 2. Configuration of Motion Sensor

지자기센서는 지구의 자기장을 감지하여 나침반과 같이 동서남북을 정보를 확인하고 가속도 센서는 압전재료에 가

속을 발생시키면 힘이 걸려서 전하가 발생하는데 이 전하를 바탕으로 움직임을 파악하는 원리를 가진다.

집약 회로의 발전으로 모션센서의 소형화가 가능해지면 여러 가지 MSMS 모션센서가 제안되었다 [5]. 본 논문에서는 AMOTEC사의 AMS0805-WAH 모션센서를 사용하여 실험하였다. 모션센서는 그림 2와 같이 3축의 가속도 센서와 3축의 마그네틱 센서로 이루어져 있다. 두 센서 중 가속도 센서의 정보가 사용된다. 출력으로 IIC/SPI가 사용되므로 통신을 하기 위해서는 센서의 API를 통하여 데이터를 읽는 수신 프로그램이 필요하다.

모션센서는 주기적으로 정보를 외부로 송출하는데 표 1에서 표시된 정보와 같이 하나의 축에는 4바이트 정보를 지닌다. 이 정보는 각기 -2,048 ~ 2,047의 데이터 범위를 가지는데 하나의 수치는 0.01255m/s<sup>2</sup>의 값을 가진다.

표 1. 가속도 데이터의 레지스터  
Table 1. Register of Accelerometer Data

Register	Symbol	Explanation
2C(h)	ACC_XH	MSB of Accelerometer X axis
2D(h)	ACC_XL	LSB of Accelerometer X axis
2E(h)	ACC_YH	MSB of Accelerometer Y axis
2F(h)	ACC_YL	LSB of Accelerometer Y axis
30(h)	ACC_ZH	MSB of Accelerometer Z axis
31(h)	ACC_ZL	LSB of Accelerometer Z axis

위의 데이터를 기반으로 기울기를 센서가 구해준다. 구하는 방식은 다음과 같다.

먼저 스케일팩터를 구한다.

$$x_s = (ADC_x - ADC_{xm}) / x_{ss} \quad (1)$$

Xs는 x축의 스케일팩터로 x축에 ADC된 값을 ADC평균값으로 빼주고 x축의 민감도로 나누어주면 구할 수 있다.

(1)과 같은 방법으로 각 축(Xs, Ys, Zs)의 스케일팩터를 구해준다. 이때, 분모보다 분자가 커지는 경우 에러가 발생하므로 이러한 경우에 대한 값을 처리하는 과정이 필요하게 된다.

스케일팩터를 모두 구하면 Pitch 각 및 Roll 각을 구하게 되는데 간단한 다음의 식이 존재한다.

$$\text{Pitch} = \text{atan}(A_x / A_z) * (180 / \pi) \quad (2)$$

$$\text{Roll} = \text{atan}(A_y / A_z) * (180 / \pi) \quad (3)$$

이때 Pitch는 x축의 기울기를 말하고 Roll은 y축의 기울기를 뜻하는 것이다.

그러나 위와 같은 방법으로 Pitch 및 Roll 데이터를 구하면 각이 꼬이는 현상을 볼 수 있다. 둘 모두 스케일팩터를 이용하기 때문에 생기는 문제이다. 따라서 하나의 값은 -180°~180° 까지 모두 구하도록 만들고 하나의 값은 -90°

~90° 까지 구하도록 제한한다. 그러나 arctan라는 수식이 들어가며 생기는 연산량의 폭발적인 증가를 생각하지 않을 수 없다. 본 논문의 성격이 적은 연산량을 통한 이미지 안정화 기술을 목적으로 하는데 여기에서 연산량을 증가시키면 의미가 퇴색하기 때문이다.

그러나 그 해결책은 의외로 간단하다. 바로 이렇게 연산되는 데이터들을 미리 연산한 데이터를 테이블로 저장하고 간단히 Matching 시키는 것으로 대신하면 연산량을 현저히 줄이는 것이 가능하다.

표 2 . 기울기 데이터 레지스터  
Table 2 . Register of Angle Data

Register	Symbol	Explanation
32(h)	PITCH_H	MSB of PITCH angle
33(h)	PITCH_L	LSB of PITCH angle
34(h)	ROLL_H	MSB of ROLL angle
35(h)	ROLL_L	LSB of ROLL angle

센서에서 이 역할을 대신 수행하여 빠른 응답을 보여주고 있는데 그 데이터가 출력되는 레지스터가 표2의 레지스터이다.

### 3. 영상 안정화(Image Stabilization)

영상을 그림 3과 같이 2차원 배열로 표현한다. 그림에 표현된 블록들은 이미지를 각 pixel의 위치에 따라 2차원 배열로 표시한 것이다. g(h, w)와 같은 형식으로 읽을 수 있도록 프로그램으로 만들면 각 pixel의 주소에 대칭되어 간단히 각 픽셀에 접근이 가능해진다. 영상의 흔들림 정도를 모션센서가 감지하면 이것을 가속도 데이터로 출력하는데 이 데이터를 통하여 움직인 거리를 추정한다. 추정한 거리 데이터를 통하여 움직임을 상쇄하기 위해 초점의 위치를 움직일만큼 옮겨주어 영상이 처음의 위치를 표현하도록 하는 것이 이 시스템의 개요이다.

g[0,0]	g[0,1]	g[0,2]	.	g[0,x]	.	g[0,w-1]
g[1,0]	g[1,1]	g[1,2]	.	.	.	g[1,w-1]
g[2,0]	g[2,1]	g[2,2]	...	.	.	g[2,w-1]
.	.	.	.	.	.	.
g[y,0]	.	.	.	g[y,x]	.	g[y,w-1]
.	.	.	.	.	.	.
g[h-1,0]	g[h-1,1]	g[h-1,2]	.	g[h-1,x]	.	g[h-1,w-1]

그림 3. 영상의 2차원 배열  
Fig. 3. 2-axis Array of Image

그림 4에서 보이는 순서도와 같은 순서대로 카메라와 모션센서를 함께 설치하고 카메라에서는 이미지 데이터를 전

송받고 모션센서의 가속도 데이터를 전송 받는다.

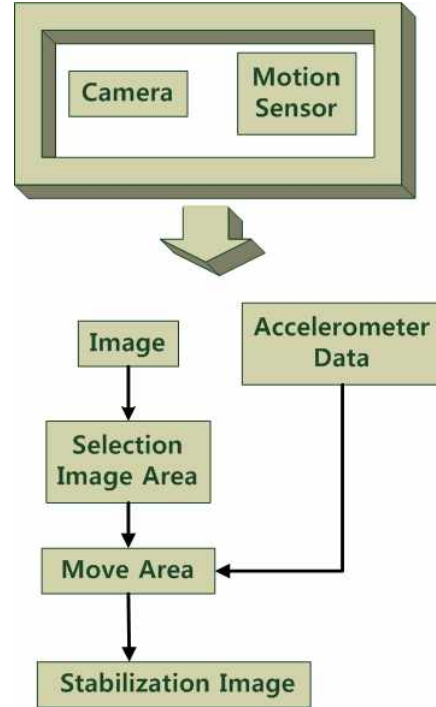


그림 4. 순서도  
Fig. 4. Flow Chart

이를 먼저 카메라 이미지에서 출력할 영역을 정하는 Selection Image Area 과정을 거치고 가속도 데이터를 이용하여 그 영역을 움직이는 Move Area 과정을 거쳐서 출력하면 이미지 안정화가 실행된다.

#### 3.1 Selection Image Area

카메라가 받아들이는 전체 영상 영역을 그대로 출력하는 상태에서 픽셀들을 흔들린 반대 방향으로 움직여 버리면 일정 공간의 영역에 아무런 데이터가 없는 빈 공간으로 남게 된다. 이를 방지하기 위해서는 전체 이미지 영역에서 테두리 부분을 일정 영역을 잘라서 마진을 형성해 주어야 한다. 형성된 마진을 제외한 나머지 부분의 영상을 출력하기 때문에 화소의 감소가 일어나지만 논문의 목적은 안정화된 영상의 출력이므로 이를 무시하기로 한다.

예를 들어 전체 이미지 영역을 640\*480이라 한다면 출력 영역을 560\*420으로 잡았을 경우 마진 영역은 각 축의 좌표에서 출력영역을 제외한 나머지의 절반이 된다. 즉, x축의 경우 (640-560)/2 = 40, y축의 경우 (480-420)/2 = 30의 마진 영역이 생기는 것이다. 이 영역 이상의 움직임이 모션센서에 들어온다면 이미지 안정화가 불가능하므로 마진 영역은 꼭 필요하고 설정역시 환경에 따라 고려할 필요가 있다.

#### 3.2 Move Area

영역의 할당이 끝나면 그림 5와 같이 EMBOT에 설치된 모션센서의 가속도 데이터를 읽어서 현재 카메라에 영향을 주는 원하지 않는 움직임을 찾아낸다. 찾아낸 움직임의 상

쉐시키기 위하여 선택된 이미지 영역을 움직임의 반대 방향으로 이동시킨다.

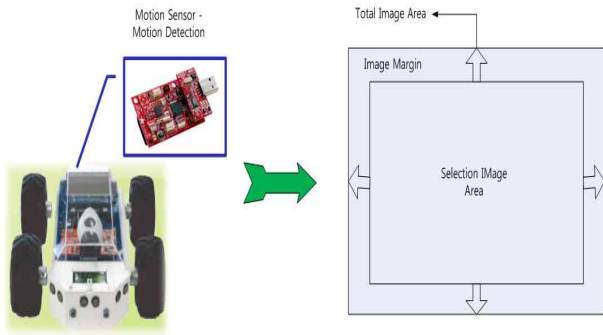


그림 5. 모션센서를 이용한 디지털 영상 안정화  
Fig. 5. Digital Image Stabilization using Motion Sensor

영상을 2차원 배열로 표현해두었기 때문에 영상을 출력하는 공간을 설정하기 위해 여러 단계를 거치는 것이 아니라 단지 영역이 시작되는 지점의  $g(h(x),w(x))$  값을 바꿔주는 간단한 명령으로 실행할 수 있다. 모션센서에서 받은 가속도 센서의 데이터를 적용하여 영상의 초점을 마진 영역 내에서 움직여 영상을 안정화시킨다. 이대 초점이 마진 영역을 벗어나면 경고메시지를 출력하고 초점을 초기화한다.

#### 4. 실험 및 결과 고찰

카메라에 담기는 영상을 프레임별로 안정화 시킨 영상과 안정화시키기 전의 영상으로 나누어 비교해 보았다. 그림 6이 초기상태의 영상으로 왼쪽은 카메라에 입력되는 전체 영상이고 오른쪽은 안정화 과정이 거쳐서 나타나는 영상이다.

그림 6에서 볼 수 있듯이 안정화된 영상에서는 왼쪽의 전체 영상에 비해 마진으로 표현되지 않는 부분이 상당수 존재하는 것을 알 수 있다. 이것은 이 시스템의 구성을 위해 꼭 필요한 부분이자 단점이라 할 수 있다.



그림 6. 초기 영상  
Fig. 6. Basic Image

전체 영상이 이동하는 초점의 위치는 프로그램 창의 오른쪽 아래의 Minimum x, Maximum x, Minimum y,

Maximum y의 데이터를 통하여 알 수 있다. 이 창에 강제로 값을 넣어서 수정이 가능하도록 하여서 모션센서가 초점을 잃었을 경우 강제 집행을 하여 수정할 수 있도록 프로그래밍 되었다.

전체 화면의 크기는 320\*240 사이즈이며 각 픽셀의 단위로 x, y를 대칭시켰다. 전체 이미지에서 잘라내는 이미지의 크기는 240\*180 사이즈로 고정시켰고 따라서 중앙에 위치한 초점이 좌우로는 40 pixel 만큼, 상하로는 30 pixel 만큼의 이동에 대해 초점의 보정이 가능한 시스템이라 할 수 있다.

[그림 7~그림 10]을 보면 영상의 각 프레임에서 추출한 이미지가 담겨져 있다. 영상은 안정화를 거쳐서 전체 영상의 초점이 다른 방향을 향하더라도 처음의 초점을 유지하는 모습을 보이고 있다.



그림 7. 5'프레임 이미지  
Fig. 7. Image of 5'Frame

Frame 5(그림 7)의 경우에는 카메라가 왼쪽으로 이동할 경우의 모습으로 오른쪽 전체 영상의 경우 화이트보드의 노출 면적이 넓어진 모습으로 미루어 왼쪽을 향함을 알 수 있다. 하지만 안정화를 거치면 이동한 카메라의 초점만큼 다시 영상 내부 초점을 (70, 29)로 옮겨서 잘라내므로 오른쪽 영상은 그림 6의 정지 영상의 초점을 유지하고 있는 모습을 볼 수 있다.



그림 8. 26'프레임 이미지  
Fig. 8. Image of 26'Frame

Frame 26(그림 8)의 경우에는 카메라가 좌상면을 향하는 모습이다. 전체 영상에서 책상의 윗부분이 노출되는 모



습으로 좌상면을 향하는 모습을 알 수 있다. 이동한 초점의 보정으로 오른쪽의 영상에는 초점의 위치를 (68, 59)로 옮겨서 다시 본래의 초점을 보이고 있다.



그림 9. 38' 프레임 이미지  
Fig. 9. Image of 38'Frame

Frame 38(그림 9)의 경우에는 카메라가 오른쪽을 향하는 모습을 볼 수 있다. 전체 영상의 좌측 화이트보드가 사라진 점을 미루어 확인이 가능하다. 역시 초점을 보상하기 위하여 왼쪽으로 이동하고 오른쪽의 안정화 이미지는 처음의 초점을 유지하는 모습이다.



그림 10. 57' 프레임 이미지  
Fig. 10. Image of 57'Frame

Frame 57(그림 10)의 경우에는 카메라가 아래를 향하는 모습이다. 전체 영상에서 가운데 책장의 가장 상단이 사라진 모습으로 아래를 향하고 있음을 알 수 있다. 이를 보상하기 위해 초점이 위로 이동하고 오른쪽의 안정화 영상은 역시 처음의 초점을 유지하고 있음을 알 수 있다.

위 결과들은 전체 1~99 프레임 사이에서 비교적 뛰어난 결과 값을 보이는 데이터들을 모아놓은 것이지만 실험 중 노이즈가 심하게 끼거나 카메라와 센서간의 데이터 통신의 문제로 그림 11과 같이 출력 자체를 실패하는 경우가 발생하는 모습을 빈번하게 볼 수 있었다.

이미지의 안정화 시스템의 구현에 있어서 이와 같은 불안정성 및 모션센서의 데이터 에러는 큰 문제가 아닐 수 없다. 다만 모션센서의 데이터에 대한 문제는 현재 진행되는 펌웨어 개발과 모션센서의 성능 향상으로 말미암아 해결될

실마리가 등장하였고 센서와 카메라의 연동을 이루는 프로그램의 경우 아직 초기 단계의 실험에 불과해 얼마든지 업그레이드가 가능하다는 점은 더욱 명확하고 안정성 있는 결과를 차후의 연구를 통하여 보완이 가능하다는 점을 말해주고 있다.

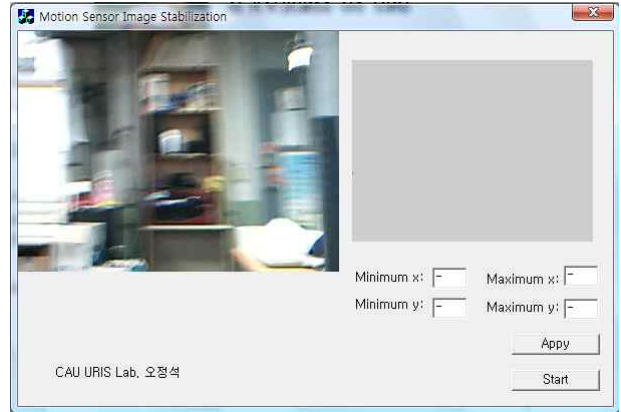


그림 11. 잘못된 이미지  
Fig. 11. Error Image

## 5. 결론 및 향후 과제

본 논문의 목적은 저사양의 임베디드 환경에서의 실시간 디지털 영상 안정화로 모션센서를 이용하여 연산량을 줄여서 기존의 방법들과 견주어 보았을 때 비교적 낮은 사양에서도 실시간 영상 안정화 처리가 가능하도록 구현하였다. 정확성 및 이미지 복원에 있어서는 기존의 방법보다 성능이 떨어지지만 고성능 하드웨어를 가지지 않더라도 영상의 보정이 가능한 시스템이라는데 의의가 있다.

그러나 본 논문에서 제시하는 기술은 카메라가 고정되어야 하며 아직 상하 좌우의 흔들림이 아닌 회전에 대해서는 안정화 능력이 약해진다는 단점과 전체 이미지 영역의 축소를 불러오는 단점을 가지고 있다.

따라서 향후 과제로 본 논문에서 제시된 방법을 이용한 방법에서 탈피하여 회전에 대한 보정이 가능하면서 연산량이 크게 늘어나지 않는 프로그램의 개발이 필요하다. 또한 카메라가 고정되지 않은 상태로 상하 좌우를 살피며 진행할 때에도 안정화가 가능하도록 프로그램의 업데이트도 진행되어야 할 것이다. 두 가지 보완점을 목표로 디지털 이미지 안정화 기술을 구현할 계획이다.

## 참고 문헌

- [1] De Xu, You Fu Li, Min Tan, Yang Shen, "A New Active Visual System for Humanoid Robots", *Systems, Man, and Cybernetics, Part B, IEEE Transactions on*, Volume 38, Issue 2, pp. 320-330, 2008.
- [2] Chen S.Y, Li Y.F, "Automatic sensor placement for model-based robot vision", *Systems, Man, and Cybernetics, Part B, IEEE Transactions on*, Volume 34, Issue 1, pp. 393-408, 2004.

- [3] Kinugasa T, Yamamoto N, Komatsu H, Takase S, Imaide T, "Electronic Image Stabilizer for Video Camera use", *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*, Volume 36, Issue 3, pp. 520-525, 1990.
  - [4] Okuda H, Hashimoto M, Sumi K, Kaneko S, "Optimum motion estimation algorithm for fast and robust digital image stabilization", *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*, Volume 52, Issue 1, pp. 276-280, 2006..
  - [5] Lidong Xu, Xinggang Lin, "Digital Image Stabilization Based on Circular Block Matching", *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*, Volume 52, Issue 2, pp. 566-574, 2006.
  - [6] Won-ho Cho, Ki-Sang Hong, "Affine Motion Based CMOS Distortion Analysis and CMOS Digital Image Stabilization", *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*, Volume: 53, Issue: 3, pp. 833-841, 2007.
  - [7] Sadat A, Hongwei Qu, Chuanzhao Yu, Yuan J.S, Huikai Xie, "Low-power CMOS wireless MEMS motion sensor for physiological activity monitoring", *Circuits and Systems I: Regular Papers, IEEE Transactions on*, Volume 52, Issue 12, pp. 2539-2551, 2005
- 

**저 자 소 개**



**오정석(Jung-Suk Oh)**

2009년 : 중앙대학교 전자전기공학부  
공학사

2009년~현재 : 중앙대학교 대학원  
전자전기공학부 석사과정

관심분야 : Intelligent Robot, Embedded System, Image Processing.

Email : jszenith@wm.cau.ac.kr



**심귀보(Kwee-Bo Sim)**

1990년 : The University of Tokyo  
전자공학과 공학박사

[제19권 2호 (2009년 4월호) 참조]

1991년~현재 : 중앙대학교 전자전기공학부 교수

2006년~2007년 : 한국 퍼지 및 지능시스템학회 회장

E-mail : kbsim@cau.ac.kr

Homepage URL : <http://alife.cau.ac.kr>