

# 기구 메커니즘의 영상 정보를 이용한 부표 로봇의 영상 안정화<sup>§</sup>

임 은\* · 명호준\* · 김영진\*\* · 임충혁\*\*\* · 김동환\*\*\*\*†

\* 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원, \*\* 서울과학기술대학교 나노생산기술연구소,  
\*\*\* 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

## Digital Image Stabilization of Robot Buoy Using the Image of Mechanism

Eun Im\*, Ho Jun Myeong\*, Young Jin Kim\*\*, Choong Hyuk Yim\*\*\*  
and Dong Hwan Kim\*\*\*\*†

\* NID Graduate School, Seoul National University of Science and Technology

\*\* Nano Manufacturing Research Center, Seoul National University of Science and Technology

\*\*\* Dept. of Mechanical System Design Engineering, Seoul National University of Science and Technology

(Received January 4, 2012 ; Revised March 20, 2012 ; Accepted April 10, 2012)

**Key Words:** Image Stabilization(영상 안정화), Object Tracking(객체 추적), Shape Feature(형태 특징), Robot Buoy(부표로봇)

**초록:** 본 논문은 부표로봇에 부착된 카메라 영상의 흔들림을 보정하기 위하여 새로운 방법을 제안한다. 본 연구에서는 부표로봇의 각도측정에 사용하는 자이로 센서의 누적오차 및 노이즈 등의 문제를 해결하기 위해 새로운 기구 메커니즘을 영상처리와 결합한 방법을 제안한다. 이 알고리즘은 특징 점을 추출하기 위한 타깃을 제안한 기구에 부착하여 타깃의 모형 특징을 기반으로 영상을 보정하는 방법이다.

**Abstract:** In this paper, we propose a new method for stabilizing the image captured from a camera mounted on a buoy robot. In this study, in order to solve the problem of cumulative errors and noise produced by a general gyro sensor measuring the orientation angle of the buoy robot, we propose new method for stabilizing the image. In this method, image processing techniques are combined with a newly designed target mounting mechanism that adapts to wave fluctuations. New target extraction and angle estimation techniques are introduced, along with the new mounting mechanism used for the camera and the target, which produce a stabilized image even if the buoy robot is on fluctuating waves.

### - 기호설명 -

$x$  : x축 방향벡터  
 $y$  : y축 방향벡터  
 $z$  : z축 방향벡터  
 $\alpha$  : x축을 중심으로 회전하는 각도  
 $\beta$  : y축을 중심으로 회전하는 각도  
 $\gamma$  : z축을 중심으로 회전하는 각도  
 $R$  : RGB 색공간의 Red 값  
 $G$  : RGB 색공간의 Green 값  
 $B$  : RGB 색공간의 Blue 값  
 $H$  : 색상(Hue)

$S$  : 채도(Saturation)  
 $V$  : 명도(Value, Intensity)  
 $\alpha$  : angle  
 $A$  : 다각형의 넓이  
 $Point 1 \sim 4(x_1, y_1)$  : 사각형의 꼭짓점 좌표  
 $sort 1 \sim 4(x_1, y_1)$  : 재 정렬된 꼭짓점 좌표  
 $\theta, \delta$  : 두 선분의 끼인 각도  
 $L_{21}, L_{23}, L_{14}, L_{34}$  : 사각형을 이루는 직선  
 $L_{24}, L_{31}$  : 사각형을 이루는 대각선

## 1. 서론

### 1.1 부표 로봇에 영상 안정화의 필요성

세계적으로 해양에 대한 관심이 증가하면서 해양 관련 기술 개발에 관한 연구가 진행되고 있

§ 이 논문은 대한기계학회 2011년도 추계학술대회 (2011. 11. 2.-4., EXCO) 발표논문임

† Corresponding Author, [dhkim@seoultech.ac.kr](mailto:dhkim@seoultech.ac.kr)

© 2012 The Korean Society of Mechanical Engineers

다. 영해 감시 및 해양 환경 데이터를 수집하기 위한 목적으로 부표 로봇이 개발되고 있다. 이러한 임무 수행은 카메라 영상 데이터를 바탕으로 이루어진다. 외력에 의해 흔들리는 영상 데이터는 주변 정보를 분석하는데 어려움을 발생시킨다. 그러므로 영상의 안정화 과정이 필요하며 영상의 정확한 정보를 획득해야 한다. 일반적으로 실시간으로 바다위에서 움직이는 부표 로봇에 설치된 카메라를 통하여 영상을 볼 경우 그 흔들림 때문에 장시간 영상관찰이 불가능하며 또한 주변의 장애물 감지에도 정확성이 결여된다. 따라서 부표 로봇과 같이 흔들리는 물체의 영상을 안정되게 획득하고 주변의 장애물 감지 등을 정확히 하기 위해서는 흔들림 영상을 안정화 시키고 효율성 있는 영상획득에 대한 연구는 매우 필요하다.

영상 안정화 관련 분야의 기술 현황으로는 기구 설계를 이용한 영상 안정화,<sup>(1-5)</sup> 센서를 이용한 영상 안정화,<sup>(6,7)</sup> 영상처리를 통한 영상 안정화<sup>(8-10)</sup>가 있다.

기구설계를 통한 영상 안정화 방법은 카메라를 Pan/Tilt 안정화 기구위에 위치시켜 외부로부터의 움직임을 상쇄하기 위하여 Pan/Tilt 기구를 지속적으로 제어하여 카메라의 움직임을 최소화하는 방식이다.<sup>(1-5)</sup> 부표로봇의 경우 여러 가지의 제한 요소가 존재한다. 부표로봇은 전력 원으로 태양 전지를 사용하는 것이 환경 면이나 재생에너지 활용 측면에서 요구된다. 태양전지를 활용할 경우 전력이 충분하지 않기 때문에 가급적 에너지의 소모를 줄여야 하는 요구가 증대된다. 영상 안정화를 위하여 Pan/Tilt 기구를 부표로봇에 적용할 경우 Pan/Tilt를 계속 제어를 해 주어야 하며 따라서 많은 에너지의 소모를 야기 시킨다.

카메라 외부에 자이로 센서를 부착하고, 외력이 발생할 때 자이로 센서로부터 각속도 데이터를 얻는다. 각속도 데이터를 각도 데이터로 변환하고 이 각도 데이터에 따라 영상을 보정한다.<sup>(6,7)</sup> 자이로 센서를 사용할 경우, 지속적으로 오차가 누적되어 회전 각도에 대한 정확도가 떨어진다. 루카스-카나데 옵티컬 플로우(Lucas-Kanade Optical flow)를 사용하여 이전 프레임과 이후 프레임 사이의 픽셀 이동량을 계산하고 이동 방향의 역방향으로 영상을 이동시켜 영상을 안정화 시키는 방법이 있다.<sup>(8-10)</sup> 이러한 영상처리 기법을 통한

영상 안정화기법을 부표에 적용할 경우 영상 보정 시 카메라 움직임의 절대위치를 알 수 없어 영상 보정의 정확한 값을 구하기 어렵게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 기구와 센서 및 영상이 복합적으로 결합된 방식의 연구가 최근 진행되어 오고 있다.<sup>(11,12)</sup> 본 연구에서는 기구, 영상 처리를 복합적으로 적용하여 흔들림을 제거하는 방안을 부표로봇에 적용하여 그 효율성을 분석하고 성능을 평가하였다. 이러한 연구는 해양 정보를 수집하는 부표 로봇의 영상 안정화를 시키는 방법으로서 상당한 의미와 효용성을 보여줄 것을 확인하였다.

## 2. 부표 로봇 시스템

Fig. 1은 전반적인 부표로봇의 구성도이다. 부표 로봇은 주변을 촬영하고, 센서를 통해 환경 정보를 수집한다. GPS를 통해 현 위치를 실시간 인식하고 설정된 자기 위치를 유지하며 이를 위해 2개의 프로펠러로 이동한다. 태양열 에너지를 이용하여 배터리를 충전시키며 자가 발전한다.<sup>(13-15)</sup>

## 3. 부표 로봇의 영상 처리

### 3.1 영상 안정화 방안을 위한 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 방법은 자이로 센서를 사용하지 않고 영상만을 주로 이용하여 영상을 안정화 시키는 방법이다.

바다 영상은 바다와 하늘로 이루어져 있는 유사한 색 영역으로 이루어져 있다. 이러한 환경에서 특징 점을 추출하기 어렵고 지속적으로 같은 점



Fig. 1 System configuration of the Buoy robot

을 추적하기 어렵다. 그러므로 카메라 정면에 제안하는 타깃을 설치하여 임의의 특징 점을 인식한다.

Fig. 2는 영상 안정화를 위한 구성도이다. 부표에는 카메라와 타깃이 연결된 기구가 장착되어 있다. 카메라의 시야각이 타깃의 전반적인 움직임을 인식 할 수 있도록 설치했다. 기구와 연결된 타깃 부분은 부표에 흔들림이 존재하더라도 언제나 중력방향을 유지한다. 이러한 메커니즘을 바탕으로 영상데이터에서 타깃을 인식하고 모형 데이터를 얻었다. 데이터 중에서 상대적으로 변화량이 큰 데이터를 바탕으로 영상 안정화를 위해 사용하였다.

Fig. 3은 타깃의 움직이는 방향과 각도를 표시한 좌표계이다. 부표 로봇이 외력을 받으면 x, y, z 방향으로 수평 이동하거나 x축을 중심으로  $\alpha$ , y축을 중심으로  $\beta$ , z축을 중심으로  $\gamma$ 각도만큼 회전 운동이 발생할 수 있다.

3.2 영상 안정화를 위한 알고리즘

제안하는 알고리즘은 중력방향을 유지하는 타깃을 인식하고 타깃의 모양 데이터를 바탕으로 영상을 보정한다. Fig. 4는 영상 안정화를 위해 제안하는 알고리즘의 순서도이다.

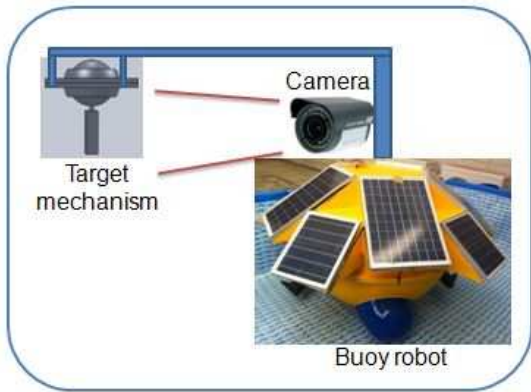


Fig. 2 System configuration for image stabilization

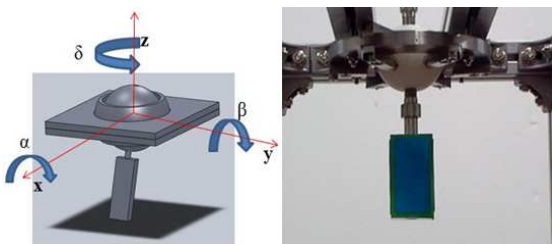


Fig. 3 Coordinates of movement

입력된 이미지에서 타깃과 유사한 이미지를 찾고 여러 개의 이미지가 인식 될 경우 레이블링 한다. 레이블링 된 이미지를 타깃 후보 이미지라 하고 타깃 기준 이미지와 비교한다.<sup>(16)</sup> 카메라에서 정면으로 타깃을 촬영할 때 타깃은 사각형 모양이며 밑변의 길이와 바닥이 수평을 이룬다.

타깃 기준 이미지와 타깃 후보 이미지의 HSV(Hue, Saturation, Value) 히스토그램을 비교하여 유사도가 높은 이미지를 기준 타깃으로 인식했다.<sup>(17)</sup> 식 (1)은 RGB색 공간에서 HSV색 공간으로 변환시키기 위한 공식이다.<sup>(18)</sup>

$$H = \begin{cases} \alpha & (B \leq G) \\ 360 - \alpha & (B > G) \end{cases}$$

$$\alpha = \cos^{-1} \frac{\frac{1}{2}(R - G) + (R - B)}{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)]^{1/2}} \quad (1)$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} [\min(R, G, B)]$$

$$V = \frac{1}{3(R + G + B)}$$

타깃으로 선정된 Binary 이미지에서 Edge 데이터를 추출하여 경계선을 찾는다.

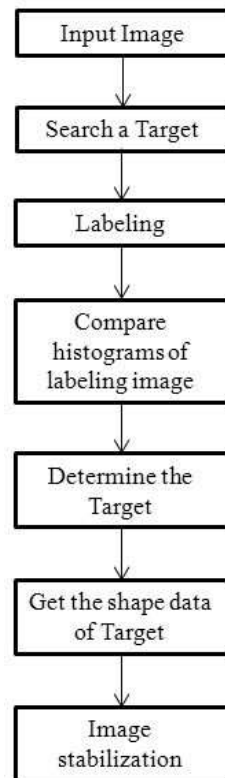


Fig. 4 Flow chart of proposed algorithm

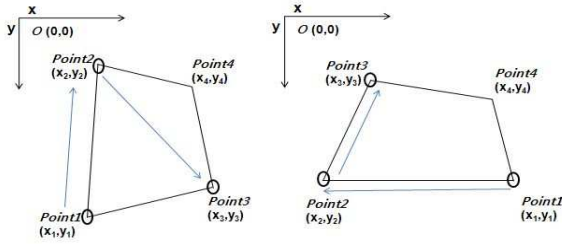


Fig. 5 The process of finding the points of square

Fig. 5는 사각형의 꼭짓점을 찾는 과정이다.  $Point1(x_1, y_1) \sim Point4(x_4, y_4)$ , 네 개의 점이 사각형을 이루는 꼭짓점이고, 경계선의 데이터 중에서 시작점  $O(0,0)$ 과의 거리가 최대가 되는 점을  $Point1$ 로 정의 하였다.  $Point1$ 을 기준으로 거리가 최대가 되는 경계선 상의 점을  $Point2$ 로 정의하고,  $Point3$ 은  $Point1$ 과  $Point2$ 을 기준으로 거리가 최대가 되는 경계선상의 점으로 정의 하였다.

$$A = \frac{1}{2}(x_1y_2 - x_2y_1 + \dots + x_4y_1 - x_1y_4) \quad (2)$$

$$= \frac{1}{2}(x_1(y_2 - y_4) + \dots + x_4(y_1 - y_3))$$

식 (2)를 이용하여  $Point1 \sim Point3$ 과 경계선에 존재하는 모든 점들과의 넓이를 비교하고, 넓이가 최대가 되는 점을  $Point4$ 로 정의하였다.<sup>(19)</sup>

꼭짓점을 찾는 방법이 거리에 의존하기 때문에 사각형의 모양에 따라서 꼭짓점 데이터는 불규칙적으로 찾아진다. 그러므로 꼭짓점 데이터의 재정렬이 필요하다. 재 정렬된 점들의 좌표를  $sort1 \sim sort4$ 라고 정의하고,  $Point1 \sim Point4$ 의 좌표 중 벡터의 크기가 가장 큰 좌표를  $sort4$ 라고 정의하였다. 가장 작은 벡터 크기를 가지는 좌표를  $sort2$ 라고 정의하고, 남은 2개의 좌표 중  $x_i$ 의 값을 비교하여 값이 작은 좌표를  $sort3$ , 다른 하나는  $sort1$ 로 정의하였다.

Fig. 6은 재 정렬된 꼭짓점 좌표와 사각형을 이루는 선분을 나타낸 그림이다.  $sort1 \sim sort4$ 을 기준으로 사각형을 이루는 4개의 직선과 2개의 대각선을 얻을 수 있다.

$sort1(x_1, y_1), sort2(x_2, y_2)$ 에서

$$\text{If } (x_2 - x_1)(y_2 - y_1) \neq 0 \quad (3)$$

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1) + y_1$$

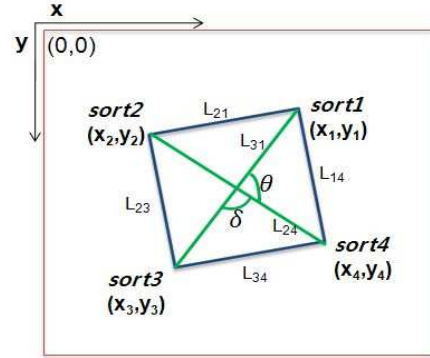


Fig. 6 The target data (Points, Lines, Angles)

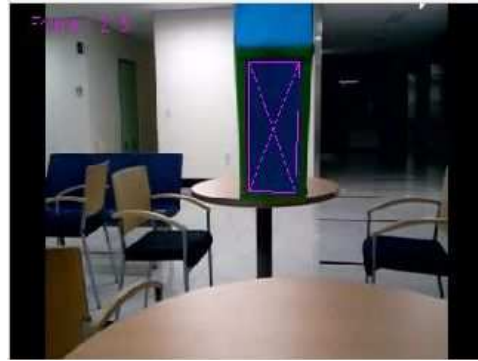


Fig. 7 The image of detected target

식 (3)을 이용하여 선들의 길이와 벡터를 알 수 있다.  $sort1(x_1, y_1), sort3(x_3, y_3)$ 으로 이루어진  $\vec{L}_{31}$ 과  $sort2(x_2, y_2), sort4(x_4, y_4)$ 로 이루어진  $\vec{L}_{24}$ 의 끼인각( $\theta, \delta$ )는 식 (4)를 이용하여 얻을 수 있다.

$$\vec{L}_{31} = (x_1 - x_3, y_1 - y_3)$$

$$\vec{L}_{24} = (x_4 - x_2, y_4 - y_2)$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{\vec{L}_{31} \cdot \vec{L}_{24}}{\|\vec{L}_{31}\| \|\vec{L}_{24}\|}\right) \quad (4)$$

$$\delta = 180 - \theta$$

Fig. 7은 타깃을 검출한 이미지이다. 이 이미지에서 사각형 모양의 타깃의 4개의 선분과 2개의 대각선을 분홍색으로 나타내어 타깃을 검출했다.

#### 4. 실험 결과

##### 4.1 타깃 모양 정보의 데이터 변화

Fig. 8은 각도 변화에 따른 타깃을 구성하는 네 선분의 길이이다. 초록색 삼각형 모양은 위 선분

길이이고 보라색 엑스(X) 모양은 아래 선분 길이이다. 음수 각도 일 때는 아래 선분의 길이가 위 선분의 길이보다 길고, 역으로 양수 각도 일 때는 아래 선분이 위 선분보다 짧아진다. 교차점을 기준으로 데이터 변화량을 확인할 수 있다.

Fig. 9는 각도 변화에 따른 Fig. 6의 끼인각을 나타내며, 파란색은 끼인각( $\theta$ )이고 빨간색은 끼인각( $\delta$ )이다. 두 각의 합은  $180^\circ$ 이다.

Fig. 10은 각도 변화에 따른 아래 선분 길이 대 위 선분 길이의 비를 표시하였다. 그리고 Fig. 11은 각도의 변화에 따른 타깃의 넓이 정보이다. 음수 각도에서는 급격한 넓이 변화를 보여주고 양수 각도에서는 특별한 변화의 폭이 거의 없다.

Fig. 8 ~ 11의 데이터를 통해서 타깃의 각도 변화에 따라 모양 데이터들의 변화를 확인할 수 있었다. 역으로 이들의 조합으로 촬영된 영상을 보고 움직임을 예상하여, 영상 안정화 보정을 할 수 있었다. 넓이 데이터를 사용할 경우에는 음수

각도로 이동시 유용하게 쓰일 수 있으나, 양수 각도에서는 특별한 변화의 폭이 없기 때문에 이용할 수 없었다. 타깃의 아래 선분 대 위 선분의 길이 비는 다른 데이터들에 비해 상대적으로 선형의 모양을 지니고 있기 때문에 각도와 데이터의 비례관계를 유추할 수 있었고, 각도를 보정하기 위한 가장 효과적인 데이터였다.

이러한 타깃 모양 데이터를 기초한 영상 안정화 알고리즘을 검증하기 위해서 풍파가 발생할 경우가 가정하고 실험 환경을 구성하였다. 바다에서 바람에 의해 발생하는 파도를 풍파라고 하는데 이 풍파의 일반적인 주기는 1~2초 이상 20초 이하의 파도이다.<sup>(20)</sup> 그러므로 실험 환경에서 4, 6, 8, 10, 12, 14초의 주기로 기구물의 각도를 변화시켜서 실험하였다. Table 1은 영상 안정화 테스트를 실행한 주기에 따른 풍파를 나타낸 표이다. 테스트한 주기에서 영상의 안정화를 확인할 수 있었으며 14초 주기의 테스트 환경이 4초 주기의 테스트 환경보다 알고리즘의 적용으로 더 안정된 영상을 확인하였다.

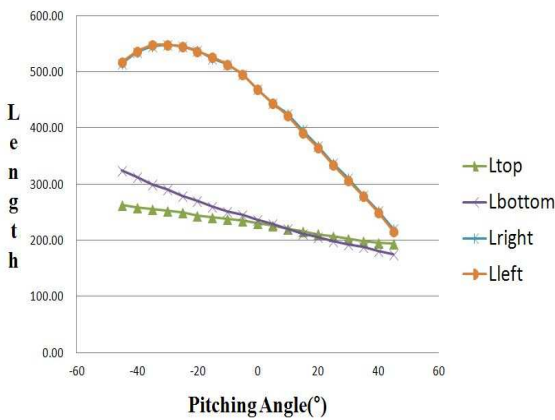


Fig. 8 Summation of four edge lines according to the target rotation

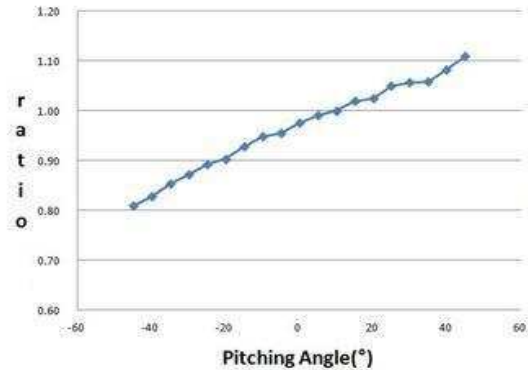


Fig. 10 The ratio upper line to bottom line according to the target rotation

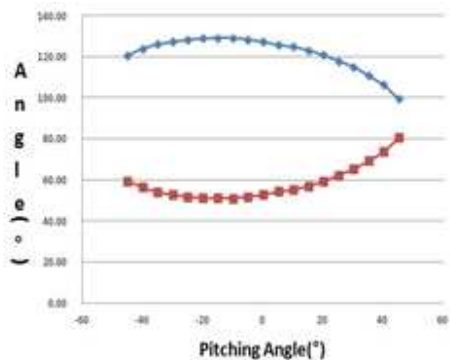


Fig. 9 Angles ( $\theta$ ,  $\delta$ ) formed by two diagonal lines according to the target rotation

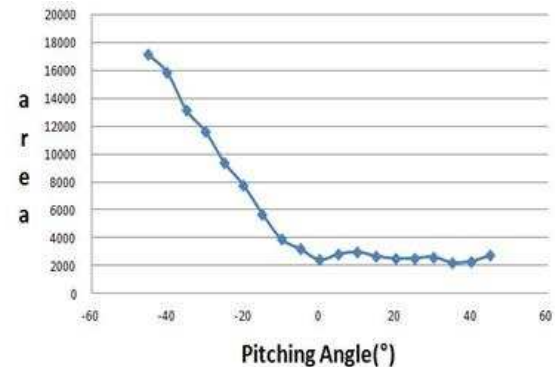


Fig. 11 The area of the target according to the target rotation

**Table 1** The experimental conditions

Wave Period	Wave frequency
4 sec	0.250 cycle/sec
6 sec	0.167 cycle/sec
8 sec	0.125 cycle/sec
10 sec	0.100 cycle/sec
12 sec	0.083 cycle/sec
14 sec	0.071 cycle/sec



(a) Original Image (b) Stabilized Image

**Fig. 12** The image processing results

Fig. 12는 좌측은 입력된 기존 영상이고 우측은 알고리즘을 적용하여 영상을 보정한 결과이다.

## 5. 결론

기존의 영상안정화 방법은 기구, 센서, 영상 처

리를 각각 이용하거나 융합하여 사용한다. 그 중에서 자이로 센서를 사용한 영상 보정은 센서의 누적 오차가 존재하며 부표 로봇 시스템과 같은 제안된 환경에서 사용하기에는 전력의 문제를 고려하여야 한다. 그러므로 지속적으로 영상 보정을 위해 에너지를 소비하는 시스템은 적합하지 않다고 판단하였다.

따라서 기구와 영상처리를 복합적으로 이용한 영상 안정화 처리 방법을 구현하였다. 영상 한 프레임 당 타깃의 모양 데이터를 분석하여 이동량을 확인함으로써 자이로 센서를 사용할 시 발생하는 누적오차가 발생하지 않았다. 또한, 에너지를 소비하는 센서 없이 영상 처리만을 이용하여 에너지 절약을 할 수 있었다.

## 참고문헌

- (1) <http://www.sony.net/>
- (2) <http://www.cannon.com>
- (3) <http://canonblogs.com/168>
- (4) Fuukawa, H., et al., 1976, "Image Stabilizing Optical System Having a Variable Prism," US Patent 3, 942, 862, to Canon, Patent and Trademark Office, Washington D.C.
- (5) Ferrara, S., 2000, "Steadicam: Techniques and Aesthetics," Focal Press, pp. 18~19.
- (6) Oh, J. S. and Sim, K. B., 2009, "Digital Image Stabilization Technique of Robot Using Motion Sensor," *Trans. of the KIIS*, Vol. 19, No 3, pp. 317~322.
- (7) Sekine, et al., 1992, "Automatic Image Stabilization Device," US Patent 5, 107, 293, to Canon, Patent and Trademark Office, Washington D.C.
- (8) Chang. J. Y., Hu, W. F, Cheng, M. H. and Chang. B. S., 2002, "Digital Images Translational and Rotational Motion Stabilization Using Optical Flow Technique," *IEEE Trans. of on Consumer Electronics*, Vol. 48, No. 1, pp. 108~115.
- (9) Lucas, B. D. and Kanade, T., 1981, "An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision," *Proceedings of the 7th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, pp. 674~679.
- (10) Horn, B. K. P. and Schunck, B. G., 1981,

- "Determining Optical Flow," *IEEE Trans. of the Artificial Intelligence*, Vol. 17, No. 1-3, pp. 185~204.
- (11) Lee, H. S., Lee, T. Y., Kim, B. S and Ko, Y. H., 2010, "Image Stabilization Algorithm for Close Watching UAV(Unmanned Aerial Vehicle) System," *Trans. of the IEEK*, Vol. 47, No. 6, pp. 10~18.
- (12) Vermeulen, E., 2007, "Real-time Video Stabilization for Moving Platform," 21st Bristol UAV Systems Conference, pp. 1~14.
- (13) <http://www.saic.com/>
- (14) <http://www.osil.co.uk/>
- (15) Myeong, H. J., Kim, Y. J., Im, E., Yim, C. H. and Kim, D. H., 2011, "Design and Implementation of Coastal Water Surveillant Buoy Robot System," *Trans. of the KSME(B)*, pp. 301~315.
- (16) Samet, H. and Tamminen, M., 1988, "Efficient Component Labeling of Images of Arbitrary Dimension Represented by Linear Bintree," *IEEE Trans. of on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 10, No. 4, pp. 579~589.
- (17) Bradski, G. and Kaehler, A., 2008, "Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library," O'Reilly Media.
- (18) Gonzalez, R. C. and Woods, R. E., 2008, "Digital Image Processing Third edition," Prentice Hall, United States of America.
- (19) Area of a Polygon (Coordinate Geometry), <http://www.mathopenref.com>
- (20) Garrison, T., 1999, "Oceanography: A Invitation to Marine Science Third Edition," THOMSON, United States of America, pp. 284~295.