

영상 안정화를 위한 회전중심 및 각도 추정기법

Estimation of Rotational Center and Angle for Image Stabilization

석 호 동, 유 준*, 김 도 종
(Ho-Dong Seok, Joon Lyou, and Do-Jong Kim)

Abstract : This paper presents a simple method of rotational motion estimation and correction for roll axis stabilization of an image. The scheme first computes the rotation center by taking least squares of selected local velocity vectors, and the rotational angle is found from special subset of motion vectors. Roll motion correction is then performed by the nearest neighbor interpolation technique. To show the effectiveness of our approach, the synthetic and real images are evaluated, resulting in better performance than the previous ones.

Keywords : image stabilization, motion estimation, block matching algorithm, peak signal to noise ratio

I. 서론

전차와 같이 기동차량에 탑재된 조준경은 차량이 정지한 상태 또는 주행 상태에서 입력되는 모든 회전성분의 외란을 제거하는 정밀한 안정화 성능이 요구된다. 기존의 조준경 장치는 엔진, 냉각팬, 불규칙한 노면 등으로 인해 입력되는 외부 외란을 제거 하기 위해 관성센서를 이용하여 기구적으로 피치와 요 방향으로만 안정화를 하고 있다. 2축 안정화 장치만을 적용하고 있는 이유는 단순히 기구적으로 3축 안정화 장치를 구성할 경우 중량 및 부피가 커지고 가격이 상승이 주요 요인중의 하나이다. 그러나, 최근의 사격통제장치는 원거리의 표적획득 능력 및 병중률을 높이기 위해 피치, 요, 롤 3축의 매우 정밀한 안정화 장치를 요구하고 있다. 따라서, 본 논문에서는 3축 안정화를 구성하는 방법으로 기존의 2축(피치, 요) 안정화 장치에 추가적으로 1축(롤)을 디지털 영상 안정화를 적용하는 것을 고려 하였다.

디지털 영상 안정화는 원치 않는 카메라 움직임에 의해 발생하는 영상의 왜곡을 추정하여 제거하는 기법이다. 이 분야의 기존 연구로는 지역 움직임 벡터(local motion vectors)를 이용한 전역 움직임 추정[1], 에지 패턴정합(edge pattern matching)을 이용한 움직임 추정[2], 비트 평면(bit-plane)과 명암도 코드(gray-coded) 비트 평면 정합[3,4] 또는 위상상관(phase correlation) 방식을 기초로 한 움직임 추정[5] 등이 있다. 이 방법들은 주로 병진 운동 추정을 위한 방법으로서 회전 움직임이 주종을 이루는 경우에는 성능이 저하 된다.

한편, 반복적 다중 분해(iterative multi-resolution)에 의한 움직임 추정[6]과 특징 점을 이용한 움직임 추정[7]은 회전 움직임을 다루고 있으나 수평선과 같은 특징 점을 필요로 하거나 계산량이 많아 충분한 대역폭을 확보하기 어려운 등 제한 사항을 가지고 있다. 최근 Chang[8]은 광류(optical flow)기법을

이용하여 병진 및 회전 움직임을 추정할 수 있는 디지털 영상 안정화 기법을 제안하였다. 이 방법은 영상 프레임 간의 회전각속도와 회전중심을 구함으로써 영상의 병진 및 회전 움직임을 추정하였다. 그러나 Chang의 알고리즘은 회전 중심을 구하기 위하여 부가적인 탐색 기법을 사용함으로써 과도한 연산 시간에 의해 실시간 적용에 제한이 따른다.

전차에 장착된 조준경은 기구적으로 피치(Pitch), 요(Yaw) 방향의 2축 안정화가 구현이 되어 있다. 일반적으로 관측, 조준하는 표적거리가 1.5Km에서 8Km 범위이며, 전차의 야지주행속도가 20Km 수준임을 고려하면 전차의 이동에 의한 병진운동이 발생 하더라도 영상에 나타나는 효과는 롤 방향의 회전운동이 우세하고 다음으로 전진 후퇴에 따른 영상의 확대, 축소효과가 나타나며 영상의 병진운동은 거의 나타나지 않는 편이다.

본 논문에서는 조준경에 3축 안정화를 구현하기 위하여 기구적인 2축 안정화 장치에 롤 방향은 전자영상 안정화를 추가하는 기법을 연구하였으며, 롤 축의 안정화는 외란 요소 중 우세하게 발생하는 회전 및 확대, 축소 운동을 빠른 시간에 추정 및 보상하는 기법을 제안한다. 제안된 알고리즘은 먼저 영상 각 화소의 지역 속도 벡터로부터 최소 제곱법(least square method)을 적용하여 회전 중심을 찾고 회전중심점 정보를 이용한 움직임 벡터들의 부분집합으로부터 회전 각도를 추정하였다. 또한, 추정된 회전중심과 회전 각도로부터 가장 근접한 이웃간 보간(nearest neighbor interpolation)법에 의해 움직임 보상을 하였다. 알고리즘을 적용하여 합성 영상 및 실 영상에 대해 실험한 결과 기존방법에 비해 성능이 우수함을 보였다.

II. 회전 움직임 추정 및 보상 기법

1. 기존 알고리즘

Chang은 광류기법을 이용하여 회전과 병진 움직임 에 대한 영상 안정화 알고리즘을 제시하였다[8]. Chang의 알고리즘은 지역 움직임 벡터로부터 회전 각도를 찾고 탐색 기법을 이용하여 회전중심점을 구한 후, 그 결과로부터 병진 움직임을 찾는 과정으로 구성 된다.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문집수 : 2004. 1. 28., 채택확정 : 2004. 5. 13.

석호동, 유준 : 충남대학교 전자공학과 (hodong@cnu.ac.kr/jlyou@cnu.ac.kr)

김도종 : 국방과학연구소(djkim@add.re.kr)

※ 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2003-000-10857-0) 지원으로 수행되었음.

1.1 회전각속도 추정

영상의 지역모션 벡터로부터 영상내의 임의 점 (x, y) 에서 속도 $(u(x, y), v(x, y))$ 는 병진 속도와 회전 각속도 ω 를 갖고 있으며 다음 식과 같이 표현 된다.

$$u(x, y) = u' - \omega(y - y_0), \quad v(x, y) = v' - \omega(x - x_0) \quad (1)$$

여기서 u', v' 는 각각 수평방향 병진속도와 수직방향 병진 속도이다. 그리고 (x_0, y_0) 는 회전 중심점이다. 주어진 영상 프레임에서 임의의 두 점 $(x_{k1}, y_{k1}), (x_{k2}, y_{k2})$ 에서 (1)이 만족하며 두 점에서 속도 차 $\Delta u = u(x_{k1}, y_{k1}) - u(x_{k2}, y_{k2})$ 와 $\Delta v = v(x_{k1}, y_{k1}) - v(x_{k2}, y_{k2})$ 는 다음과 같이 정리될 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \Delta u \\ \Delta v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\Delta y \\ \Delta x \end{bmatrix} \omega \quad (2)$$

여기서 $\Delta x = x_1 - x_2, \Delta y = y_{k1} - y_{k2}$ 이다. (2)는 $A\omega = b$ 로 표현되며 최소 자승법에 의해 ω 는 $\hat{\omega} = (A^T A)^{-1} A^T b$ 에 의해 추정될 수 있다.

1.2 회전중심점과 병진속도 추출

주어진 회전 중심점 (x_0, y_0) 에 대해, 점 (x_i, y_i) 에서 속도 성분 $u(x_i, y_i)$ 와 $v(x_i, y_i)$ 는 다음 식에 의해 추정될 수 있다.

$$\begin{aligned} \hat{u}(x_i, y_i) &= u(x_0, y_0) - \hat{\omega}(y_i - y_0) \\ \hat{v}(x_i, y_i) &= v(x_0, y_0) + \hat{\omega}(x_i - x_0) \end{aligned} \quad (3)$$

오차 함수 e 는 다음과 같이 정의 될 수 있다.

$$e = \sum_{x_i, y_i} \sum_{x_j, y_j} \{[\hat{u}(x_i, y_i) - u(x_j, y_j)]^2 + [\hat{v}(x_i, y_i) - v(x_j, y_j)]^2\} \quad (4)$$

탐색방법으로 일정영역에 대해 e 가 최소가 되는 점을 찾음으로써 회전 중심점을 구할 수 있다. 또한 회전 중심점에서는 회전 속도 성분이 영이 되므로 회전 중심점에서 x, y 방향의 속도 성분을 구함으로써 영상의 병진속도를 직접 찾을 수 있다.

2. 제안된 알고리즘

2.1 영상의 움직임

영상의 움직임 크기는 영상 각화소의 국부적인 움직임량을 기반으로 구할 수 있는데, 국부적인 움직임 추정을 위해서 본 연구에서는 블록 정합법을 사용하였다. 블록 정합법은 적용방법이 용이하고 실제 시스템을 구현할 때 하드웨어가 비교적 간단하기 때문에 움직임 추정에 가장 많이 사용하는 방법중의 하나이다. 정합 기준으로는 최소 평균 자승 오차법 (minimum mean square error : MSE), 최소 평균 절대차법 (minimum mean absolute difference : MAD), 최대 정합 화소수법 (maximum matching pixel count : MPC) 등이 있으나 본 논문에서는 가장 보편적으로 사용하는 MAD 를 적용하였다. 지역 움직임을 추정 할 때 MAD 를 이용한 오차는 다음식과 같이

정의 된다[9].

$$e = \frac{1}{N_1 N_2} \sum_{i=1, \dots, N_1} |s(x, y, k) - s(x + d_1, y + d_2, k + 1)| \quad (5)$$

움직임 추정은 다음식에 의해 구해진다.

$$[d_1, d_2]^T = \arg \min_{(d_1, d_2)} MAD(d_1, d_2) \quad (6)$$

가장 정합이 잘 이루어지는 위치를 찾기 위해서는 각 화소에 대해 움직임 벡터가 될 수 있는 모든 점에 대해 정합기준을 최적화하는 과정이 필요하다. 이는 각 화소에 대해 영상의 모든 점에 정합과정을 수행 하여야 하나 이는 매우 많은 시간을 필요로 한다. 따라서 계산량을 줄이기 위해 영상의 동특성을 고려하여 탐색창의 크기와 영역을 제한하였다.

블록정합의 결과는 점 (x, y) 에서 각 블록의 움직임 벡터 $V(x, y) = (u(x, y), v(x, y))$ 가 된다. 일반적으로 실 영상에 구한 움직임 벡터는 영상에 포함된 잡음의 영향으로 훼손될 가능성이 높다. 따라서, 잡음에 의한 영향을 줄이기 위해 지역 움직임 벡터들에 대해 메디안 필터를 적용함으로써 잡음을 제거하였다.

2.2 회전중심 추정

순수한 회전 움직임만 있는 경우 영상의 모든 점에서 움직임 벡터는 중심원의 접선 방향과 일치하게 된다. 따라서, 임의 모든 점에서 움직임 벡터에 대한 법선들은 영상의 회전 중심에서 만나게 된다. 그림 1은 임의의 두 점에 대한 경우를 설명하고 있다.

점 $A_1 = (x_1, y_1), A_2 = (x_2, y_2)$ 에서 움직임 벡터에 대한 법선 방정식은 (8-9)과 같이 표현할 수 있다.

점 A_1 의 경우,

$$y = a_1 x + b_1 \quad (8)$$

여기서 $a_1 = -\frac{u_1}{v_1}, b_1 = y_1 - a_1 x_1$ 이며, u_1, v_1 는 점 A_1 에서 속도 벡터이다.

점 A_2 의 경우는

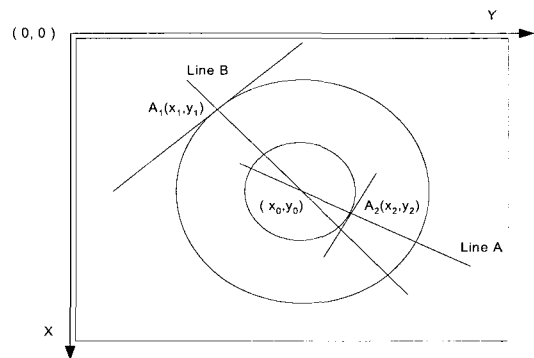


그림 1. 회전중심 추정. Fig. 1. Rotation center estimation.

$$y = a_2x + b_2 \tag{9}$$

여기서 $a_2 = -\frac{u_2}{v_2}$, $b_2 = y_2 - a_2x_2$ 이며, u_2, v_2 는 점 A_2 에서 속도 벡터이다.

두 화소에 대한 움직임 벡터만 구하면 회전중심을 계산할 수 있으나 영상에 잡음이 포함되거나 프레임간 충분한 대조비(contrast)가 확보되지 않는 경우에는 오차를 유발하게 된다. 따라서, 실제 계산시는 잡음과 대조비의 변화 등에 대한 강인성을 고려하여 3 화소 이상에 대한 움직임 추정결과를 활용한다.

n 개의 화소점의 움직임 벡터를 활용해서 회전중심 (x_0, y_0) 을 찾는 경우는 (10)과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} -a_1 & 1 \\ -a_2 & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -a_n & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} \tag{10}$$

(10)을 행렬과 벡터 형태로 표현하면 다음과 같다.

$$Ax = b \tag{11}$$

이 경우 회전중심은 최소 자승법을 적용하여 (12)로부터 구할 수 있다.

$$x = (A^T A)^{-1} A^T b \tag{12}$$

2.3 회전각도 추정

계산된 회전중심점을 이용하면 회전각도 θ 를 다음과 같이 구할 수 있다.

그림 2에서 보는 바와 같이 회전중심에서 y 축에 대한 수직선에 위치하는 모든 점은 y 축 방향 움직임 벡터만 갖고 있다. 또한, 회전중심에서 y 축에 대한 수평선에 위치하는 모든 점은 x 축 방향 움직임 벡터만 갖고 있다. 따라서 회전각도는 다음 식으로부터 구할 수 있다.

수평선상의 모든 점에 대해서는 $\theta = \tan^{-1} \frac{dv}{dx}$ 이며 수직선

상의 모든 점에 대해서는 $\theta = \tan^{-1} \frac{dy}{dx}$ 이다.

여기서 dx, dy 는 회전중심과 각 점간의 거리이며 du, dv 는 수평선과 수직선상 각 점에서의 움직임 벡터 값이다. 입력되는 영상은 초당 30 프레임이므로 프레임간 카메라의 움직임 각도는 매우 작게 된다. 따라서 회전각도는 $\theta = \frac{du}{dx}$,

$\theta = \frac{dv}{dy}$ 로 근사화 할 수 있다.

회전중심 추정의 경우와 마찬가지로 회전각도 추정에도 최소 자승법을 적용하였다. 회전각도 추정을 위해 n 개의 점에 대해 식을 정리하면 다음과 같다.

회전중심 추정의 경우와 마찬가지로 회전각도 추정에도 최소 자승법을 적용하였다. 회전각도 추정을 위해 n 개의 점에 대해 식을 정리하면 다음과 같다.

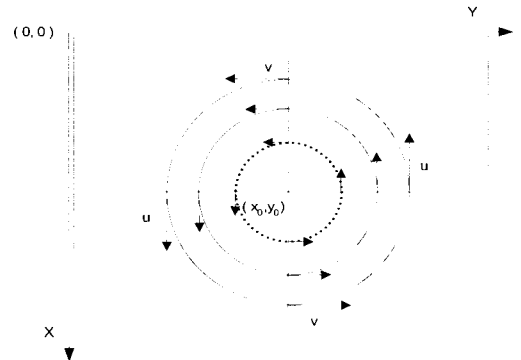


그림 2. 회전각도 추정.

Fig. 2. Rotation angle estimation.

$$\begin{bmatrix} dv_1 \\ dv_2 \\ \vdots \\ dv_N \\ du_1 \\ du_2 \\ \vdots \\ du_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dx_1 \\ dx_2 \\ \vdots \\ dx_N \\ dy_1 \\ dy_2 \\ \vdots \\ dy_N \end{bmatrix} \theta \tag{13}$$

여기서 dx_1, dx_2, \dots, dx_N 는 회전중심과 수평선상의 점들과의 거리이며, dy_1, dy_2, \dots, dy_N 는 회전중심과 수직선상의 점들과의 거리이다. dv_1, dv_2, \dots, dv_N 는 수평선상의 각 점에서 움직임 벡터의 크기이며, du_1, du_2, \dots, du_N 는 수직선상의 각 점에서 움직임 벡터의 크기이다.

(13)을 행렬과 벡터형태로 표현하면 다음과 같다.

$$b = A\theta \tag{14}$$

따라서, 회전각도는 15로부터 구할 수 있다.

$$\theta = (A^T A)^{-1} A^T b \tag{15}$$

3. 회전보상

전 절에서 설명된 움직임 추정은 두 영상을 이용하여 움직임 크기를 계산하는 것이며, 움직임 보상은 추정된 움직임 변수를 활용하여 안정화된 영상 시퀀스를 구하는 과정이다.

영상을 안정화하는 방법으로는 크게 두 가지를 고려할 수 있다. 두 개의 연속된 영상간의 추정된 움직임을 보상하는 프레임간 안정화 알고리즘(frame-to-frame algorithm : FFA)과 기준영상에 대해 입력되는 각 영상 프레임을 안정화하는 기준영상과 입력 프레임간 안정화 알고리즘(frame-to-reference algorithm : FRA)이 있다[7].

본 논문에서는 기준영상과 입력 프레임간 안정화 알고리즘은 기준영상에 대해 움직임이 상대적으로 큰 경우에는 잘 맞지 않기 때문에 프레임간 안정화 알고리즘을 사용하였다.

움직임 보상을 하기 위해 먼저 회전중심과 회전 각도로부터 영상 각 화소의 프레임간 좌표를 다음과 같이 계산하였다.

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} x - x_c \\ y - y_c \end{bmatrix} \tag{16}$$

여기서 (x_c, y_c) 는 회전중심이며, (x, y) 는 회전후의 위치, (x', y') 는 회전전의 위치이다.

회전보상은 최소 이웃 보간법에 의해 수행되었다.

$$f(x, y) = f(f_{ix}(x'), f_{iy}(y')) \quad (17)$$

여기서 $f(x, y)$ 는 (x, y) 점에서 명암도(gray level) 이며 $f_{ix}(x)$ 는 실수 x 를 정수로 바꾸는 rounding 연산이다.

III. 실험

제안된 알고리즘을 검증하기 위해 합성영상과 실 영상에 평가하기 위해 안정화된 영상 프레임간의 최대 신호 대 잡음비(peak signal-to-noise ratio: PSNR) [10]를 사용하였다. 연속되는 영상 프레임 I_1 와 I_0 간의 PSNR 은 다음과 같이 정의된다.

$$PSNR(I_1, I_0) = 10 \log \frac{255^2}{MSE(I_1, I_0)} \quad (18)$$

여기서, 평균자승오차(mean squared error : MSE)는 두 영상 대해 실험을 수행하였다. 또한 제안된 영상 안정화의 성능을

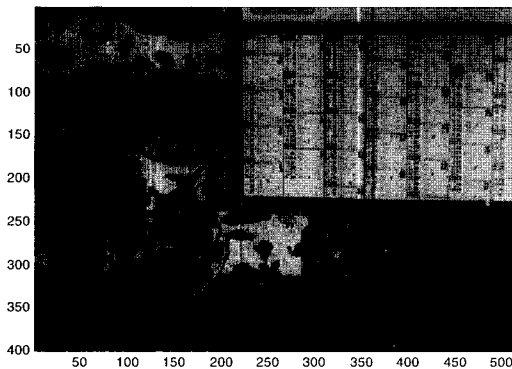
프레임의 각 화소간의 명암도의 차이의 자승에 대한 평균오차를 의미한다. 또한 화소의 최대 밝기는 255 이다. 안정화된 영상간의 PSNR 이 크다는 것은 안정화 성능이 우수하다는 것을 의미한다.

1. 합성영상에 대한 실험

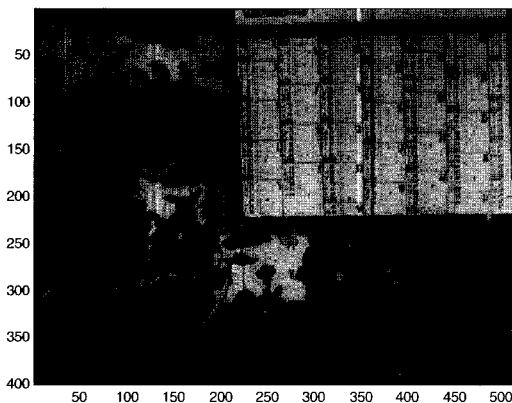
제안된 알고리즘의 정량적인 성능 검증을 위하여 합성영상을 사용한 실험을 하였다. 사용된 영상은 그림 3(a)에 나타난 원 영상과 원 영상의 화소 좌표 (200,256)을 기준으로 반시계 방향으로 2도 회전한 그림 3(b)의 회전 영상이다. 그림 3(b)는 회전각도가 작아서 회전효과를 찾기가 쉽지 않으나, 캘린더의 수직선 부분이나, 영상의 4 구데 모서리 끝부분을 살펴보면 회전효과에 의하여 원 영상에 포함되지 않았던 부분이 새로이 추가되어 검은색으로 표현되었음을 볼 수 있다.

원 영상과 회전영상간의 모션추정을 위해서 블록 정합법을 사용하였으며, 정합기준(Matching Criterion)은 MAD 를 사용하였다. 모션벡터의 잡음감소를 위해 전처리 필터로서 매디안 필터를 사용하였다

영상에서 잡음 또는 부분적인 대조비 변화가 적을 때 국부적으로 모션추정 오류가 포함될 수 있는데, 이러 한 오류는 매디안 필터를 적용하면 효과적으로 보정이 가능하다. 블록



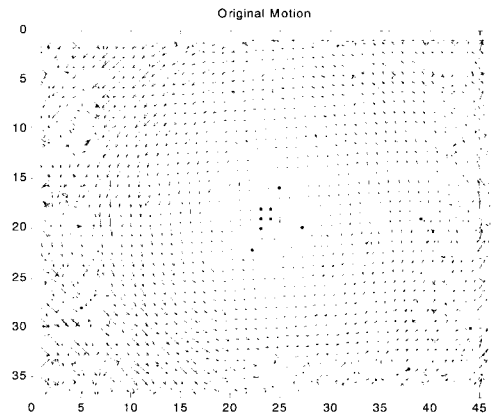
(a)



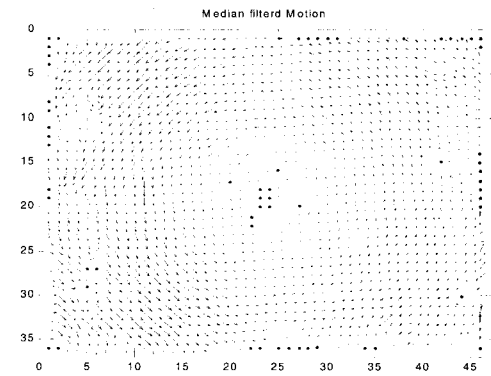
(b)

그림 3. 실험에 적용된 두개의 연속된 영상. (a) 원 영상. (b) 회전된 영상.

Fig. 3. Two test images. (a) Original image. (b) Rotated Image.



(a)



(b)

그림 4. 광 흐름 벡터(a). 필터 처리 전 (b). 매디안 필터 처리 결과.

Fig. 4. Motion vectors (a) Block matching result (b) Median filtering result.

표 1. 합성영상에 대한 실험결과.

Table 1. Simulation result for the synthetic image.

회전각도			회전중심			PSNR		
실제값	제안된 알고리즘	Chang의 알고리즘	Exact value	제안된 알고리즘	Chang의 알고리즘	UB 값	제안된 알고리즘	Chang의 알고리즘
1도 회전 (시계방향)	0.9870 (-0.0130)	1.0687 (0.0687)	x=200 y=256	x=201 y=260	x=144 y=210	46.4304	38.6848	24.4241
2도 회전 (시계방향)	2.0159 (0.0159)	1.9213 (-0.0787)	x=200 y=256	x=199 y=254	x=239 y=254	45.5657	36.3186	24.3867
2도 회전 (반시계방향)	-2.0139 (0.0139)	-1.8364 (-0.1636)	x=200 y=256	x=202 y=254	x=254 y=232	44.9182	35.7404	22.8311

* 지역 움직임 추정(블록정합) 매개변수 : 탐지영역=7, 블록 크기 = 11
Chang의 알고리즘 의한 중심 찾기에 적용된 매개변수 : 탐지영역 = 55, 블록크기 = 77

정합을 사용하면 영상에서 $n \times n$ 크기의 모션벡터를 얻을 수 있는데 각각의 모션벡터는 x 방향(가로방향)과 y 방향(세로 방향)의 성분으로 구성된다. 따라서, $n \times n$ 크기 모션벡터의 x, y 성분을 분해하여, x 방향성분 $n \times n$ 행렬과, y 방향성분 $n \times n$ 행렬로 재 구성할 수 있고, 분해된 2개의 행렬에 대해 각각 3×3 이웃화소 기준으로 2차원 메디안 필터를 적용하면 각각에 대한 필터링 결과를 얻을 수 있다.

그림 4(a)는 블록정합을 통하여 구한 모션벡터를 나타낸 그림이고, 그림 4(b)는 메디안 필터를 적용하여 에러를 보정한 모션벡터 그림이다. 그림 4(b)를 살펴보면 메디안 필터링을 통하여 국부적으로 발생된 모션에러가 효과적으로 보정된 결과를 볼 수 있다.

제안된 알고리즘에 따라 두 개의 연속된 영상에 대해 움직임 추정과 보상을 수행하였다. 제안된 알고리즘에 의해 추정된 전중심과 회전각도를 Chang의 방법에 의한 결과와 원래 알고있던 진 값과 비교하였다.

추정된 값에 따라 움직임 보상을 수행한 후 안정화된 영상과 원 영상간의 PSNR을 구하였다. 그리고, 영상안정화 성능을 판단하기 위해 PSNR의 Upper Bound(UB)를 계산하였다. UB는 원 영상과 회전영상을 원래 알고 있던 회전중심과 회전각도에 따라 복원한 영상간의 PSNR로 정의하였다. 제안된 알고리즘에 의한 DIS 결과와 Chang의 알고리즘에 의한 DIS 결과를 비교하여 표 1에 정리하였다. 표 1의 내용에서 보는 바와 같이 제안된 알고리즘에 의한 DIS 성능이 Chang의 방법에 비해 우수하였다.

2. 실 영상에 대한 실험

실험에 사용될 실 영상은 조준경 장치에 DIS를 구현하기 위해 만든 실험장치(그림 5참조)로부터 획득하였다. 실험장치에 장착된 카메라는 구동 모터를 통하여 사인파 형태로 모션이 발생되었고, 반복적인 영상 모션 중 한 주기에 해당되는 영상 시퀀스에 대한 실험결과만 나타내었다.

실험용 영상 시퀀스는 크기가 400×400 화소이며 프레임 수는 50개이다. 그림 6은 표본 영상이다. 영상의 경계효과(boundary effect)에 의한 영향을 제거하기 위해 각 영상에서 중심으로부터 360×360 화소만 실험에 사용하였다.

50개의 영상 프레임에 대해 제안된 알고리즘으로 영상안정화를 수행한 결과는 그림 7과 같다. 그림 7(a)는 50프레임의 연속입력 영상에 대하여 전자영상 안정화 성능을 나타내었으며, 제안된 방법과 Chang의 방법에 대하여 안정화를 수행할 경우 현재 프레임과 이전 프레임의 안정화 성능(PSNR)을 50개 프레임에 대해 그래프로 나타내었다.

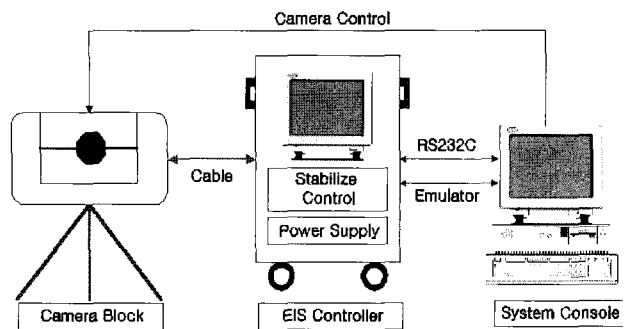


그림 5. 실험 환경.
Fig. 5. Test environment.

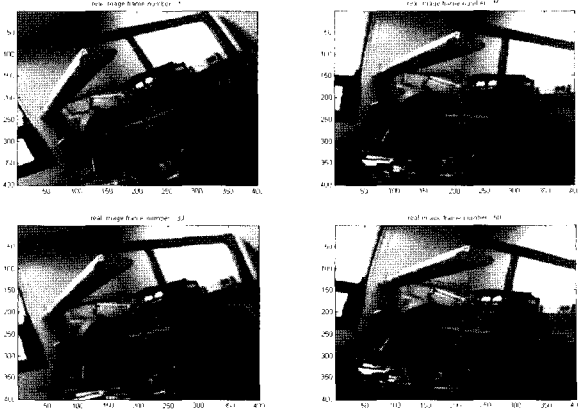


그림 6. 실 영상의 표본 프레임.
Fig. 6. Sample of real image frame.

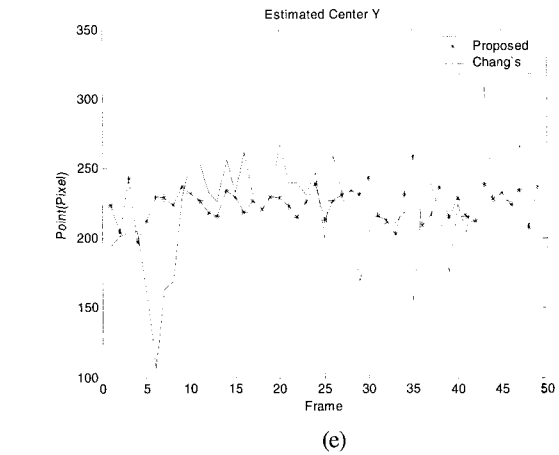
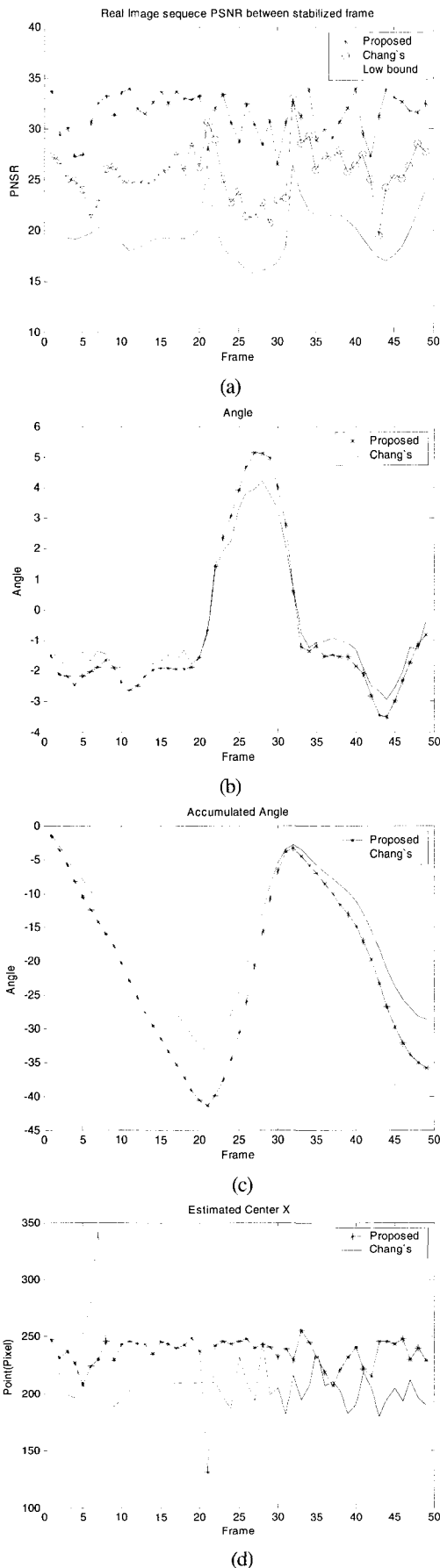


그림 7. 실 영상에 대한 실험결과 : (a) PSNR (b)프레임 간 회전각도 추정결과 (c) 누적회전 각도 추정결과 (d) 회전중심 추정결과(x축) (e) 회전중심 추정결과(y축).

Fig. 7. Experiment results for real image frames : (a) PSNR (b) Angle between consecutive frames (c) Accumulated angle (d) Estimated rotational center of x-axis (e) Estimated rotational center of y-axis.

표 2. 통계적 안정화 성능 비교.

Table 2. Comparison of Statistic Performance.

	평균 PSNR	표준편차
제안된 알고리즘	31.3	2.05
Chang의 알고리즘	25.5	2.62
Lower Bound	19.5	2.32

전반적으로 제안된 방식이 우수한 특성을 나타냄을 볼 수 있다. 그래프 하단에 있는 Lower Bound(LB)는 전자영상 안정화 성능의 하한 값으로서 안정화를 수행하지 않을 경우 현재 프레임과 이전 프레임의 PSNR을 나타낸 것이다. LB는 안정화의 최소성능이라 할 수 있다.

20, 30번째 프레임 부근에서 LB의 수치가 높게 나타난 것은 카메라의 회전방향이 바뀌는 부분으로서 속도가 거의 0에 가까워 현재 프레임과 이전 프레임의 영상이 동일한 형상으로서 안정화를 하지 않아도 PSNR이 높게 나타난 부분이다.

그림 7(b-c)는 안정화를 위한 과정에서 회전 각도를 추정한 결과를 나타내었는데, 그림 7(b)는 회전각 변화율(현재 프레임과 이전 프레임간의 각도) 추정 결과를 Chang의 방법과 비교하여 나타낸 그림이며, 그림 7(c)는 카메라가 움직인 각도를 프레임 별로 추정한 그림이다.

그림 7(b)에서 25 프레임 주변에서 최대값을 보인 것은 카메라의 회전속도가 가장 빠른 부분이기 때문이다.

그림 7(d-e)는 회전 중심점의 (x, y) 좌표를 추정한 결과를 나타내었으며, Chang의 결과와 비교하였다.

실제 실험장치에서 회전하는 카메라에서 얻은 영상에 대한 시험결과로서 정확한 회전각도와 회전중심점을 알 수 없었지만, 7(a) 그림에서 제안된 안정화 성능이 Chang의 방법보다 우수한 것으로 보아, 각도 및 중심점추정 정확도가

높을 것이라는 것을 알 수 있다.

Noise가 존재하는 환경에서 안정화 성능의 정량적인 비교를 위해서 50 프레임의 실험영상에 대해서, 안정화 성능의 통계적인 특성을 표 2에 나타내었다.

표 2와 같이 Noise가 포함된 실제 환경에서 제안된 알고리즘의 평균 PSNR이 Chang의 알고리즘 보다 높게 나타났으며, 50개 프레임에 대한 분산도 작게 나타났는데, 이것은 제안된 알고리즘의 안정화 성능이 전체 프레임에 대해 Chang의 알고리즘보다 더 안정적임을 알 수 있다.

합성영상에 대한 실험결과와 마찬가지로 제안된 알고리즘은 기존의 알고리즘에 비해 우수한 성능을 나타내었다.

IV. 결론

본 연구에서는 회전 운동을 하는 영상에 대하여 안정화 알고리즘을 제안하였고 성능평가를 통하여 제안방식의 성능이 우수함을 보였다.

연속된 입력 영상으로부터 국부적인 움직임 계산을 하고, 잡음과 영상 대조비 특성에 의한 움직임 오차를 줄이기 위해 움직임 벡터에 메디안 필터를 적용하였다.

회전중심과 회전위치의 기하학적인 관계식을 이용하여 움직임 벡터들로부터 회전 중심과 회전각도를 추정하였으며, 움직임 보상은 추정된 회전중심과 회전각을 이용하여 보상하였다.

실 영상과 합성영상에 대해 실험한 결과 제안된 알고리즘은 비교적 정확히 회전중심과 회전각도를 추정하였으며 움직임 보상 결과도 기존의 알고리즘에 비해 높은 성능을 나타냄을 보였다.

참고문헌

[1] K. Uomori, A. Morimura, and H. Ishii, "Electronic image stabilization system for video cameras and

VCRs," *Journal of the Society of Motion Picture Television Engineers*, vol. 101, pp. 66-75, 1992.

- [2] J. K. Pail, Y. C. Park, and D. W. Kim, "An adaptive motion decision system for digital image stabilizer based on edge pattern matching," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 38, pp. 607-615, 1992.
- [3] S. J. Ko, S. H. Lee, and K. H. Lee, "Digital image stabilizing algorithms based on bit-plane matching," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 44, pp. 617-622, 1998.
- [4] S. J. Ko, S. H. Lee, S. W. Jeon, and E. S. Kang, "Fast digital image stabilizer based on gray-coded bit-plane matching," *IEEE Transactions on Consumer Electronics* vol. 45, pp. 598-603, 1999.
- [5] S. Ertürk, and T. J. Dennis, "Image sequence stabilization based on DFT filtering," *IEE Proceedings on Image Vision and Signal Processing*, vol. 127, pp. 95-102, 2000.
- [6] A. Burt, and P. Anandan, "Image stabilization by registration to a reference mosaic," *Proceedings of ARPA Image Understanding Workshop*, pp. 425-434, 1994.
- [7] C. Morimoto, and R. Chellappa, "Fast electronic digital image stabilization for off-road navigation," *Real-Time Imaging*, vol. 2, pp. 285-296, 1996.
- [8] J. Y. Chang, W. F. Hu, M. H. Cheng and G. S. Chang, "Digital image translational and rotational motion stabilization using optical flow technique," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 48, no. 1, pp.108-115, 2002.
- [9] A. Murat Tekalp, *Digital Video Processing*, Prentice Hall, 1995.
- [10] C. N and R. Cellappa. "Evaluation of image stabilization algorithms," *Proceedings of IEEE International Conference on*, vol. 5, pp. 2789-2792, 1998.



석 호 동

1916년 3월 27일생. 1984년 경북대 전자공학과(공학사). 1992년 충남대 전자공학과(공학석사). 2002년~현재 충남대 대학원 전자공학과 박사과정 재학중. 관심분야는 영상안정화, 센서신호처리.



유 준

1956년 3월 22일생. 1978년 서울대 전자공학과 졸업. 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사(1984). 1984년~현재 충남대학교 정보통신공학부 교수. 관심분야는 산업공정제어, 센서신호처리, 항법 시스템 등.



김 도 중

1962년 5월 27일생. 1987년 경북대 전자공학과 졸업. 2001년 한국과학기술원전자전산학과 박사. 1987년~현재 국방과학연구소 연구원. 관심분야는 영상안정화, 인식, 추적.