디지털산업정보학회 논문지 제14권 제1호-2018년 3월
http://dx.doi.org/10.17662/ksdim.2018.14.1.077

동적 비디오 기반 안정화 및 객체 추적 방법*

정 훈 조** · 이 동 은***

A Method for Object Tracking Based on Background Stabilization

Jung Hunjo · Lee Dongeun

〈Abstract〉

This paper proposes a robust digital video stabilization algorithm to extract and track an object, which uses a phase correlation-based motion correction. The proposed video stabilization algorithm consists of background stabilization based on motion estimation and extraction of a moving object. The motion vectors can be estimated by calculating the phase correlation of a series of frames in the eight sub-images, which are located in the corner of the video. The global motion vector can be estimated and the image can be compensated by using the multiple local motions of sub-images. Through the calculations of the phase correlation, the motion of the background can be subtracted from the former frame and the compensated frame, which share the same background. The moving objects in the video can also be extracted. In this paper, calculating the phase correlation to track the robust motion vectors results in the compensation of vibrations, such as movement, rotation, expansion and the downsize of videos from all directions of the sub-images. Experimental results show that the proposed digital image stabilization algorithm can provide continuously stabilized videos and tracking object movements.

Key Words : Stabilization, Object Detection, Video Tracking, Phase Correlation, Motion Estimation

Ⅰ. 서론

최근 자율 주행 자동차와 무인항공기 드론의 발전과 활용도가 급증하고 있으며, 자동 제어를 위해 카메라를 포함한 다양한 센서가 장착된다. 하지만 이처럼 동적으로 움직이는 기기에 장착된 카메라에서 촬영된 영상은 움직임이 발생한다. 또한 웨어러블 카메라, 스마트폰으로 촬영하는 경우에도 원치않는 흔들림과 손떨림으로 인하여 비디오 영상의 화질이 저하될 수 있다. 이러한 흔들림과 화질저하는 프레임이 연속되는 비디오에서 이전 프레임과 현재 프레임 간 배경의 불일치의 원인이 되며, 이로인해 일반적인 움직임 검출 알고리듬의 적용이 어렵다.

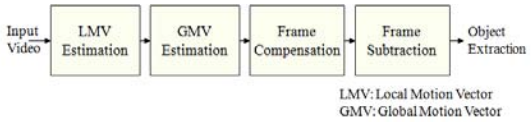
* 이 논문은 2017년도 한서대학교 교비 학술연구 지원 사업에 의하여 연구되었음
** 한서대학교 항공소프트웨어공학과 정교수
*** LG CNS 미래전략사업부 책임 (교신저자)

비디오 안정화 기술은 영상 프레임 간의 움직임 벡터를 추정하는 기술과 추정된 움직임 벡터를 이용하여 보상하는 기술을 포함한다. 일반적으로 흔들림에 의해 열화된 영상에는 이동, 회전, 확대·축소가 포함되어 있다[1].

영상 안정화 기술은 실시간 적용을 위해 연산량을 줄이고 보다 정확 움직임 벡터 추정을 위해 다양한 기술들이 연구되었다. 영상안정화를 위해 블럭 매칭 및 위상상관도 기반의 전역 움직임 보정 기술이 제안되었다[2-3]. Erturk는 프레임 움직임 벡터를 추청하기 위하여 프레임의 네 모서리 부분에 소영역을 정하여 지역 움직임 국부 모션 벡터를 구하여 이들의 평균으로 프레임 움직임 벡터를 추정하였다[4]. 또한 광학 흐름 기반의 모션 추정[5], 에지 특징 매칭[6], 특징점 매칭[7], 시차정보 기반의 배경분리를 통한 표적 검출[8]을 이용한 영상 안정화 기술이 제안되었다. 또한 객체 인식에 주로 사용되는 SIFT(Scale Invariant Feature Transform) 알고리즘 기반의 모션 추정이 연구되었으며[9], 프레임 간 이미지 영역 및 특징점 등의 매칭을 통한 비디오 안정화 기술이 소개되었다[10].

최근에는 차량용 비전 시스템에 특화된 히스토그램 매칭[11], IPA(Iterative Projection Algorithm) 기법을 이용한 모션 추정 기반의 안정화 기술이 적용되었고[12] 무인 항공기 적용을 위한 실시간 광학 흐름 기반의 모션 추정 등 다양한 영상 안정화 기법이 연구되었다[13].

본 논문에서는 흔들린 영상에서 움직이는 객체를 검지하기 위해 배경 안정화 후 객체를 추출하는 방법을 제안한다. 영상 내 모서리 부분의 여덟 개의 소영역에서 프레임 간 위상상관도 정합을 통해 움직임 벡터를 추정하고 이를 이용하여 배경의 움직임을 보상한다. 이렇게 배경이 일치된 두 프레임은 차분을 통해 배경의 움직임만을 제거할 수 있으며, 영상 내에서 움직이는 객체의 추출이 가능하다. 본 논문에서는 보다 강건한 움직임 벡터 추정을 위해 위상상관도 정합을 사용하였으며, 영상 내 이동, 회전, 확대 및 축소와 같이 다양한 흔들림에도 안정화가 가능하도록 여덟 개의 소영역을 선정하였다. <그림 1>은 제안된 알고리듬의 구성도를 나타낸 것이다.



<그림 1> 제안한 영상 안정화 및 객체추출 구성도

본 논문의 구성은 다음과 같다. Ⅱ장에서는 위상상관도를 이용한 영상 안정화 알고리듬을 설명한다. 이어서 Ⅲ장에서는 객체 추출 알고리듬을 설명한다. 그리고 Ⅳ장에서는 실험결과를 기술하고 마지막으로 Ⅴ장에서 결론을 맺는다.

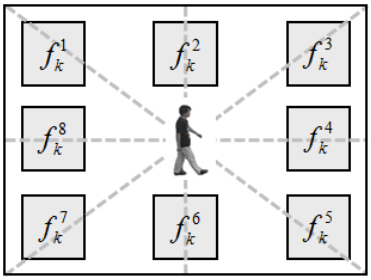
Ⅱ. 위상상관도를 이용한 영상 안정화

입력 영상의 프레임에서 정확한 전역 모션 벡터를 추정하기 위해 프레임에서 다수의 소영역을 선정한다. 제안한 알고리듬은 보다 강건하고 다양한 흔들림을 보상할 수 있도록 이미지의 모든 방향의 여덟 개의 소영역에서 위상 상관도 정합을 이용하여 각각의 국부 움직임 벡터를 추정한다. 본 장에서는 소영역의 선택과 위상상관도 정합을 이용한 움직임 추정에 대해 알아본다.

2.1 소영역 선택

국부 움직임 벡터를 추정하기 위해 각각의 프레

임에서 <그림 2>와 같이 소영역을 정한다. <그림 2>의 사각형의 모서리 부분의 여덟 개의 소영역을 사용한다. 각각의 소영역은 영상의 중앙에 피사체가 있을 때도 정확한 모션을 추정하는 것이 가능하며, 여덟 방향의 모션이 추정되면 상하좌우 이동, 회전, 확대 및 축소의 움직임의 추정이 가능하다.



<그림 2> 위상상관도 정합을 위한 소영역

2.2 위상상관도 정합

위상상관도 정합(Phase Correlation Matching)은 영상 처리에 이용되는 한 방법으로 두 영상을 이산 푸리에변환(Discrete Fourier Transform; DFT)하여 영상간의 위상을 비교함으로써 차이를 측정하는 방법이다. 이 위상 차이가 영상이 이동한 움직임 크기, 즉 움직임 벡터이다.

연속된 영상에서 이전 영상의 한 화소가 현재 영상의 다른 위치로 이동하는 것은 다음과 같은 식으로 표현될 수 있다.

$$f_k(x, y) = f_{k-1}(x - d_1, y - d_2), \qquad (1)$$

여기서 $f_k(x, y)$는 현재 영상, $f_{k-1}(x, y)$는 이전 영상, d_1과 d_2는 각각 x축과 y축으로 이동한 움직임 크기를 뜻한다. 이차 푸리에 변환을 이산 움직임 모델의 양변에 사용하여 나타내었다.

$$S_k(f_1, f_2) = S_{k+1}(f_1, f_2)\exp\{j2\pi(d_1 f_1 + d_2 f_2)\}, \qquad (2)$$

여기서 $S_k(f_1, f_2)$는 공간적 변수 x_1와 x_2에 관련된 프레임 k의 이차 푸리에 변환을 표시한다. 따라서, 움직임의 평행 이동 조건에서, 각 블록의 이차 푸리에 위상의 차이는 다음과 같다.

$$\arg\{S_k(f_1, f_2, k)\} - \arg\{S_k(f_1, f_2, k+1)\} = 2\pi(d_1 f_1 + d_2 f_2), \qquad (3)$$

변수 (f_1, f_2)의 평면을 정의한다. 따라서 움직임 벡터는 평면의 위상으로부터 추정될 수 있다. 이차 상관 풀림에서 평면 위의 위상 추정과 영역 내에 움직이는 객체가 존재하면 정확한 움직임 벡터 추정이 어렵다는 문제점이 발생한다.

위상상관 방법은 이차원 공간 푸리에 영역에서 정교화된 교차상관함수로 두 개의 이미지 영역에서의 상대적 움직임을 추정하는 것이다. 이 역시 푸리에 영역에서 공간상의 결과에서 상대적인 움직임을 원칙으로 한다.

프레임 k와 $k+1$사이의 교차 상관 함수를 정의하면

$$c_{k,k+1}(n_1, n_2) = s(n_1, n_2, k+1) ** s(-n_1, -n_2, k), \qquad (4)$$

여기서 $**$는 이차원 컨벌루션 연산을 나타낸다. 양변에 똑같이 푸리에 변환을 하게 되면, 다음과 같은 복소수 교차 제곱 스펙트럼으로 나타낼 수 있다.

$$C_{k,k+1}(f_1, f_2) = S_{k+1}(f_1, f_2)S_k^*(f_1, f_2), \qquad (5)$$

정규화된 $C_{k,k+1}(f_1, f_2)$는 Cross Power

Spectrum의 위상 크기를 나타낸다.

$$\tilde{C}_{k,k+1}(f_1, f_2) = \frac{S_{k+1}(f_1, f_2)S_k^*(f_1, f_2)}{\left|S_{k+1}(f_1, f_2)S_k^*(f_1, f_2)\right|}, \quad (6)$$

평행 이동이라는 가정하에 (5)에 (6)을 빼게 되면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\tilde{C}_{k,k+1}(f_1, f_2) = \exp\{-j2\pi(f_1 d_1 + f_2 d_2)\}, \quad (7)$$

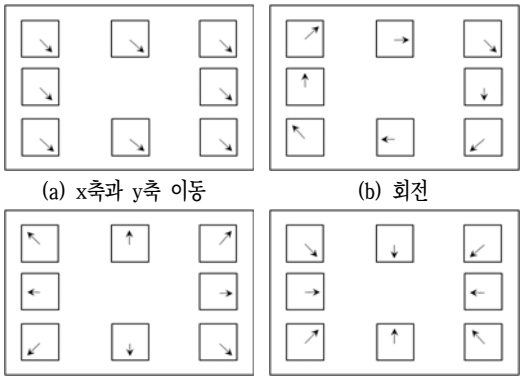
위상 상관 함수라 불리는 표현의 역 푸리에 변환을 취하게 되면

$$\tilde{c}_{k,k+1}(n_1, n_2) = \delta(n_1 - d_1, n_2 - d_2), \quad (8)$$

위상 상관 함수가 차이 벡터의 위치를 나타낸다는 것을 안다. 이것은 식 (8)로부터 바로 (d_1, d_2)로 정의 할 수 있는데, $\delta(n_1 - d_1, n_2 - d_2)$은 중심이 (d_1, d_2)이고 두 영상의 차이를 나타낸다.

2.3 전역 움직임 벡터 추정

흔들림에 의해 열화된 영상에는 연속된 프레임간의 이동, 회전, 확대 및 축소를 포함한다. <그림 3>은 이와같은 흔들림의 종류별로 소영역에서 추출한 모션 벡터의 방향을 보기 쉽게 나타낸 것이다. 이와 같이 여덟 방향의 소영역에서 움직임 벡터를 추정함으로써 흔들림의 종류를 구분하고 보다 정확한 전역 움직임 벡터의 추정이 가능하다. 또한 움직이는 피사체가 일부의 소영역에 위치하여 해당 영역의 움직임 벡터 추정에 오류가 있거나 특징이 적은 저주파 영역 또는 동일한 패턴이 반복되는 일부 소영역이 있을 시에도 나머지 움직임 벡터를 이용하여 보다 정확한 전역 움직임 벡터 추정이 가능하다.



(a) x축과 y축 이동 (b) 회전

(c) 확대 (d) 축소

<그림 3> 흔들림 별 모션 벡터 모양

<표 1>은 원본 이미지와 흔들림 종류별로 임의로 변환한 이미지 사이에서 여덟 개의 소영역 별로 움직임 벡터 (x, y)를 추출하여 나타낸 것이다. 이미지 변환의 첫 번째는 x축으로 3화소, y축 아래 방향으로 5화소 이동한 것이고, 두 번째는 시계방향으로 3도 회전하였으며, 세 번째와 네 번째는 각각 101%로 확대, 그리고 99%로 축소하여 변환하였다.

<표 1> 흔들림 별 모션벡터

소영역	이동	3도 회전	1% 확대	1% 축소
MV #1	(3, -5)	(3, 8)	(-2, 1)	(2, -1)
MV #2	(3, -5)	(3, 0)	(0, 1)	(0, -1)
MV #3	(3, -5)	(3, -8)	(2, 1)	(-2, -1)
MV #4	(3, -5)	(0, -8)	(2, 0)	(-2, 0)
MV #5	(3, -5)	(-3, -8)	(2, -1)	(-2, 1)
MV #6	(3, -5)	(-3, 0)	(0, -1)	(0, 1)
MV #7	(3, -5)	(-3, 8)	(-2, -1)	(2, 1)
MV #8	(3, -5)	(0, 8)	(-2, 0)	(2, 0)

실제로 촬영된 비디오 영상에서는 일부 소영역에

움직이는 객체를 포함하거나 하늘과 같이 단조로운 배경을 포함하기 때문에 모든 국부 움직임 벡터를 신뢰할 수 없다. 따라서 네 개 이상의 국부 움직임 벡터가 같은 방향을 바라보는 경우는 이동으로 판단하였으며, 여덟 개의 국부 움직임 벡터 중에서 가장 빈도수가 높은 x와 y를 전역 움직임 벡터로 사용하였다. 회전과 확대 및 축소는 여덟 개의 모션 벡터의 방향을 정의하고 추출한 국부 움직임 벡터의 x와 y의 방향이 네 개 이상 일치하는 경우 흔들림 종류를 판단하고 전역 움직임 벡터를 추정하였다. 흔들림 종류가 판단이 되면 일부 소영역의 움직임 벡터가 주변의 좌표 값과 크게 상이한 경우 오류로 판단하고 보정이 가능하였다. 회전으로 판단되는 경우는 중심점이 중앙에 위치한다는 가정 하에 국부 움직임 벡터 x와 y의 절대값에서 최빈값 x와 y를 추출한다. 세 번째 소영역 중심의 좌표가 $f_k^3(x,y)$이고 최종 움직임 벡터의 크기가 (d_x, d_y)라고 하면 다음과 같이 회전된 각도를 구할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} x+d_x \\ y+d_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}, \qquad (9)$$

확대 또는 축소로 추정된 경우 또한 국부 움직임 벡터 x와 y의 절대값의 최빈값 x와 y를 사용하였다. 앞으로 나아가거나 후진하면서 촬영한 영상은 x축과 y축의 확대 또는 축소율이 동등하다. 따라서 확대 또는 축소율의 크기를 구하는 식은 다음과 같다.

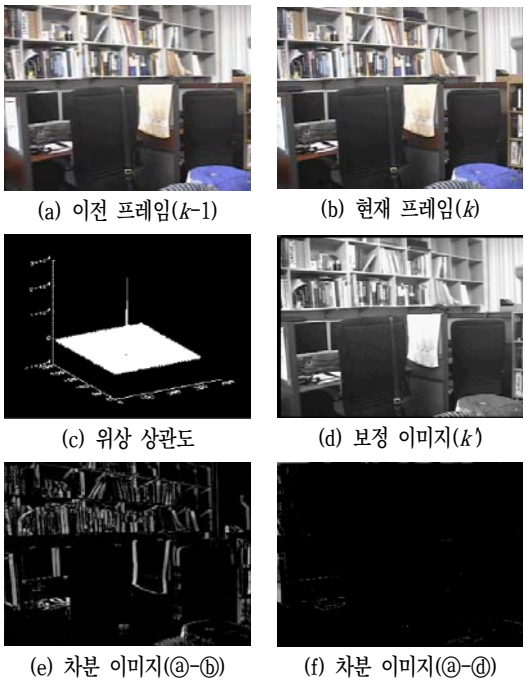
$$\begin{bmatrix} x+d_x \\ y+d_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S & 0 \\ 0 & S \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}, \qquad (10)$$

따라서 영상 프레임간의 이동, 회전, 확대 또는 축소가 복합적으로 존재하는 경우 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{bmatrix} x+d_x \\ y+d_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S0 \\ 0S \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \triangle x \\ \triangle y \end{bmatrix} \qquad (11)$$

2.4 움직임 보정

전역 움직임 벡터는 이전 프레임과 현재 프레임의 차이를 x축과 y축으로 나타낸다. 제안된 알고리듬은 프레임 내 여덟 개의 모든 방향에서 움직임 벡터를 추정하기 때문에 8방향의 이동과 확대 및 축소 정도의 움직임 벡터를 알 수 있다. 이를 통해 현재 프레임이 이전 프레임보다 이동한 움직임을 역으로 보정함으로써 현재 프레임과 이전 프레임의 배경을 일치시키고 안정화한다.



(a) 이전 프레임(k-1) (b) 현재 프레임(k)

(c) 위상 상관도 (d) 보정 이미지(k')

(e) 차분 이미지(ⓐ-ⓑ) (f) 차분 이미지(ⓐ-ⓓ)

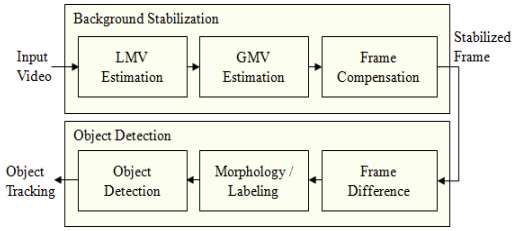
<그림 4> 위상상관도 정합을 이용한 영상 보정 및 차분 결과

<그림 4>는 영상안정화에 대한 실험 결과를 보여준다. (a)와 (b)는 각각 이전 프레임과 현재 프레임의 영상이다. (c)는 위상상관의 최대값을 나타내며, (d)는 추정된 전역 움직임 벡터에 의하여 보정된 영상이다. (e)는 안정화하지 않은 현재 영상과 이전 영상간의 차분 영상이며, (f)는 안정화된 현재영상과 이전영상과의 차분을 보여준다. 그림에서 보듯이 배경이 안정화된 영상은 배경이 거의 일치하여 차분영상에서 배경을 제거되는 것을 볼 수 있다.

Ⅲ. 이동객체 추출 및 추적

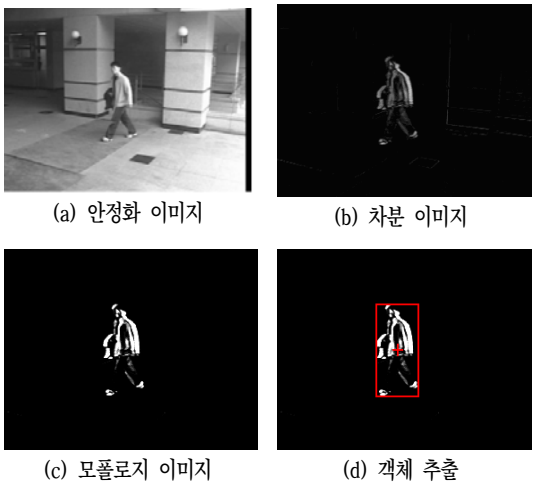
본 장에서는 안정화된 영상을 이용하여 배경과 객체를 분리하여 객체를 추출하고 추적하는 방법에 대해 서술한다.

안정화된 영상은 연속하는 두 프레임 간의 배경이 거의 일치하기 때문에 두 프레임 간의 차분을 이용하여 배경을 제거하고 이동하는 객체만의 추출이 가능하다. 하지만 픽셀 단위의 영상 보정과 전역 움직임 벡터의 오차가 있기 때문에 모폴로지 연산을 필요로 한다. <그림 5>는 흔들린 영상을 보정하는 영상 안정화부와 보정된 영상을 통해 객체를 추출하는 객체 추출부의 구성도이다.



<그림 5> 배경 안정화부와 객체 추출부 구성도

안정화된 두 영상은 배경이 거의 일치하여 차분 데이터를 이용하여 배경을 제거하고 임계치와 모폴로지 알고리듬을 이용하여 제거되지 않은 배경을 완전 제거한다. <그림 6>은 안정화된 영상을 이용하여 객체를 추출한 결과를 보여준다. <그림 6>의 (a)는 안정화부에서 보정된 영상이고 (b)는 이전 영상과 안정화된 영상의 차분영상을 보여준다. 차분영상에는 아직 배경의 움직임이 남아있기 때문에 모폴로지 연산을 통해 남아있는 배경은 완전히 제거하고 움직이는 객체의 차분은 보존한다. 열림 연산은 차분 이미지에 나타난 미세한 배경의 제거가 가능하다. 먼저 침식 연산을 수행하여 차분 데이터의 크기를 줄이고 다시 팽창 연산을 수행하여 남아있는 객체의 크기를 복구한다. (c)는 모폴로지된 이미지를 나타내며, (d)는 추출된 객체를 사각형으로 모델화 한 후 객체의 중심을 추출한 영상이다.



(a) 안정화 이미지 (b) 차분 이미지

(c) 모폴로지 이미지 (d) 객체 추출

<그림 6> 안정화 이미지를 이용하여 객체 추출 결과

이처럼 추출한 객체는 레이블링을 통해 객체를 구분하고 위치 및 크기 등의 특징 정보를 이용하여 추적하게 된다.

Ⅳ. 실험 결과

본 논문에서는 제안한 알고리듬의 성능을 평가하기 위하여 캠코더로 영상을 획득하여 실험을 하였다. 실험 영상은 실내와 실외에서 촬영한 영상으로 테스트하여 제안한 영상 안정화 알고리듬의 성능을 평가하였다.

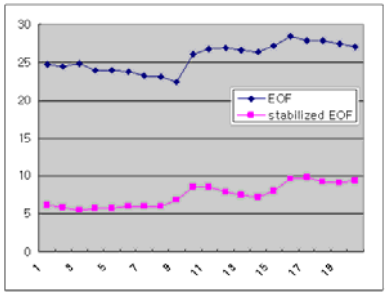
실시간으로 동영상 안정화를 실험하기 위해 PC에 프레임 그래버를 설치하여 캠코더를 연결하였다. 이 때, 캠코더로부터 들어오는 RGB 칼라 정보에서 명암도 값으로 변환하여 움직임을 추정하였다. <그림 7>은 실외에서 촬영한 영상이고 각 화면에는 원본 이미지 (a)와 안정화된 이미지 (b)를 나타내며, (c)는 이전 프레임과 원본 프레임 간의 차분 이미지, (d)는 이전 프레임과 안정화된 프레임 간의 차분 이미지를 보이고 있다. 이처럼 안정화된 이미지는 배경의 움직임을 제거하고 움직이는 객체를 추출하기 적합하다.

(a) 원본 이미지 (b) 안정화 이미지

(c) 원본 차분 이미지 (d) 안정화 후 차분 이미지

<그림 7> 실험결과 이미지

<그림 8>은 원본 비디오와 안정화된 비디오에서 연속되는 두 프레임 간의 화소 차이의 평균을 나타낸 것으로 모든 프레임에서 안정화된 비디오의 배경의 차이가 많이 줄어든 것을 알 수 있다. 이처럼 영상안정화를 통해 영상간의 오차율을 줄임으로써 배경의 움직임을 제거하고 영상 내 움직이는 객체만의 추출이 가능하였다.



<그림 8> 원본 비디오와 안정화된 비디오의 오차율 차이

Ⅴ. 결론

본 논문에서 영상에 손떨림 등 원치 않는 흔들림이 포함되어 있는 경우 디지털 영상 안정화를 통해 영상을 보정하고 객체를 추출하는 방법을 제안하였다. 제안한 안정화 알고리듬은 여덟 방향의 사각형 소영역에서의 위상상관도 정합을 통해 국부 움직임 벡터를 추정하고 이들을 통해 가장 적합한 전역 움직임 벡터를 추정하여 영상을 보정한다. 보정된 이미지는 차분을 통해 움직이는 객체만을 추출할 수 있었다..

제안된 방법은 다양한 소영역을 선택하여 움직임 벡터를 추정함으로써 연산량을 줄이고 실시간으로 적용이 가능하였으며, 여러 개의 국부 움직임 벡터를 이용하여 영상 간 이동, 회전, 확대 및 축소와 같이 다양한 흔들림 보정이 가능하고 보다 정확한 전역 움직임 벡터를 추정이 가능하였다.

향후 자율 주행 자동차, 로봇, 무인 항공기 등의

동체에 장착하여 감시할 수 있는 응용으로 발전이 가능하다.

참고문헌

[1 L. Marcenaro, G. vernazza, and C. S. Regazzoni, “Image stabilization algorithms for video surveillance applications,” Proc. Int. Conf. on Image Processing, Vol.1, 2001, pp.349-352.

[2] S. Erturk, and T. J. Dennis, “Image sequence stabilization based on DFT filtering,” Proc. Image Vision and Signal Processing, Vol.127, 2000, pp.95-102.

[3] H. Foroosh, J. Zerubia, and M. Berthod, “Extension of phase correlation to subpixel registration,” IEEE Trans. Image Processing, Vol.11, 2002, pp.188-200.

[4] S. Erturk, “Digital Image Stabilization with sub-Image phase correlation based global motion estimation,” IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol.49, 2003. pp.1320-1325.

[5] 조범석·김영로, “모션 추정과 객체 추적을 이용한 이미지 깊이 검출기법,” 디지털산업정보학회 논문지, 제4권, 제2호, 2008, pp.15-19.

[6] 전형섭·손기성·한순우·박종원, “카메라 영상을 이용한 진동 변위 측정 시 카메라 흔들림 보정 방법,” 한국소음진동공학회논문집, 제24권, 제10호, 2014, pp.817-824.

[7] 이완규, “특징점 추적을 이용한 전자 영상 안정화 기법 개발 및 구현,” 대한전자공학회 하계종합학술대회, 2014, pp.866-868.

[8] 신흥열, “자동 감시 추적을 위한 표적영상 검출 및 서보모터 제어,” 디지털산업정보학회 논문지, 제6권, 제2호, 2010, pp.119-127.

[9] 곽휘권, “임의의 외란에 대한 영상 안정화,” 한국산학기술학회논문지, 제15권, 제9호, 2014, pp.5750-5757.

[10] Q. Zheng, and M. Yang, “A Video Stabilization Method Based on Inter-frame Image Matching Score,” Global Journal of Computer Science and Technology, Vol.17, 2017, pp.40-46.

[11] 홍성일·인치호, “이동차량 영상 안정화를 위한 효율적인 흔들림 보정 기법,” 한국인터넷방송통신학회 논문지, 제14권, 제3호, 2014, pp.155-162.

[12] 유신·이완주·강현철, “차량용 비전 시스템을 위한 영상 안정화에 관한 연구,” 한국해양정보통신학회논문지, 제15권, 제4호, 2011, pp.957-964.

[13] A. Lim, B. Ramesh, Y. Yang, C. Xiang, Z. Gao, and F. Lin, “Real-Time Optical flow-based Video Stabilization for Unmanned Aerial Vehicles,” Journal of Real-Time Image Processing, 2017, pp.1-11.

■ 저자소개 ■

정훈조
(Jung Hunjo)

1993년 10월~현재
한서대학교 항공소프트웨어공학과 교수

1993년 2월 동국대학교 통계학과(이학박사)

1987년 2월 동국대학교 통계학과(이학석사)

1984년 2월 동국대학교 통계학과(이학사)

관심분야 : 데이터마이닝
E-mail : hjjung@hanseo.ac.kr

이동은
(Lee Dongeun)

2008년~현재 LG CNS 미래전략사업부 책임

2007년 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과
(공학석사)

2005년 한서대학교 컴퓨터과학과(이학사)

관심분야 : 영상처리, 객체추적
E-mail : ehddms98@gmail.com

논문접수일 : 2018년 02월 20일
수 정 일 : 2018년 03월 12일(1차)
2018년 03월 20일(2차)
게재확정일 : 2018년 03월 22일