

위상상관과 칼만 필터 움직임 예측을 이용한 동영상 안정화

Video Stabilization using Phase Correlation and Kalman Filter-Based Motion Prediction

한학용*, 정효원**, 강봉순***, 허강인****

Hag-yong Han*, Hyo-won Jeong**, Bong-soon Kang***, Kang-in Hur****

요약

실시간 영상 안정화 기술은 손떨림에 의한 휴대용 카메라 혹은 외부적 조건에 의한 고정 카메라의 흔들림 보상에 이용된다. 본 논문은 비교적 큰 외부적 요인으로 인하여 발생하는 동영상의 흔들림에 대한 대책에 관한 것이다. 동영상 안정화 파라미터로 이용되는 기준 프레임에 대한 현재 프레임의 변위를 얻기 위하여 DFT에 기반한 위상 상관법을 이용한다. 그리고 위상 상관지도에서의 효율적이고 안정적인 탐색을 위하여 칼만 필터를 이용하여 탐색 범위를 추정하는 방법과 안정적인 성능과 실시간 처리에 필요한 조건을 실험적으로 찾아내고 그 조건을 제시한다. 중심 지점에 대한 평균밝기의 표준편차 값을 동영상 안정화의 성능 평가 척도로 제안하고 가상 흔들림 동영상과 실제 흔들림 동영상에 대하여 성능을 서로 비교하였다.

Abstract

Real-time video stabilization technology is used in correction for the camera vibrations of the hand-held camera by hand or fixed camera by external condition. This paper is about the counterplan to cope with the vibration of the movie generated by the large external cause relatively. we use the movie stabilization parameters with the phase correlation method based the DFT to get the displacements of the current frame to the reference frame. we use the kalman filter for the efficient and stable searching works on the phase correlation map and present the proper conditions for the real-time processing through the experiments. We propose the measure to evaluate the capability of the video stabilizer which is the standard deviation of the brightness of the center block. and compare the capability for the video sequences randomly shifted and the jittered video sequences obtained from camera.

Keywords : Digital Image Stabilization, Phase Correlation, Kalman Filter

I. 서론

불안정한 카메라 고정 장치에 의한 진동으로 발생하는 영상의 흔들림과 원거리 줌인 영상에서의 떨림 현상에 대한 안정화 방법에 대한 연구는 디지털 영상처리 기술이 발전함에 따라 디지털 영상 안정화 시스템(DIS : Digital Image Stabilization)의 주요 연구 주제이다^{[1][10][11]}. 영상의 흔들림은 건물 외벽, 육교, 다리 혹은 전용 지지대에 고정되어진다. 실외 감시 시스템 혹은 도로 교통 모니터링 시스템의 경우에는 심한 바람 혹은 많은 교통량이 영상 흔들림의 원인이다. 휴대용 카메라의 경우에는 사용자의 손 떨림이 주요원인이 된다. 이러한 영상의 흔들림은

고배율로 원거리의 영상을 실시간으로 감시하는 환경의 경우에도 미세한 떨림 현상이 발생하게 된다. 영상의 불안정한 흔들림 현상은 또한 원격 감시 환경에서 감시자의 시각적인 피로감을 야기할 뿐만 아니라 대상 목표물에 대한 안정적인 감시에 방해요소로 작용하게 된다.

카메라 떨림 보정은 자이로 센서(gyro sensor)를 이용하는 하드웨어 종속적인 방법 혹은 보정 알고리즘을 적용하여 보상하는 방법이 있다. 그리고 영상의 움직임은 일반적으로 시공간 혹은 영역 매칭법과 같은 접근법을 사용하여 추정한다. 시공간 접근법으로는 파라미터 블록 매칭^[2], 광류 추정법^[3], 최소 평균자승 오차 행렬 역위법^[4]등이 제안되어 있다. 영역 매칭법으로는 비트-평면 매칭법^[5], point-to-line 일치법^[6], 특징 트래킹^[7], 파라미드 접근법^[8], 블록 매칭법^[9]이 제안되어 있다.

동영상의 인접한 두 프레임에서 잡음에 강인하게 전역적인 움직임 변위를 추정하는 효과적이고 정확한 방법은 푸리에 변환의 친이 특성을 사용하는 것이다. 본 논문에서는 흔들림 변위를 가지는 영상에 대한 주파수 영역의 분석을 적용하는 위상 상관법을 이용하여 흔들림 변위를 추정하고 보상하는 방법을 적용한다. 또한 칼만 필터를 이용하여 위상 상관 지도상에서 피크

*동아대학교 2단계 BK21 계약교수

**동아대학교 전자공학과 석사과정

***동아대학교 전자공학과 부교수

****동아대학교 전자공학과 교수(교신저자)

접수 일자 : 2009. 1. 23 수정 완료 : 2009. 4. 24

게재확정일자 : 2009. 4. 29

* 이 논문은 2005학년도 동아대학교 학술연구비(공모과제)에 의하여 연구되었음.

지점을 효율적이고 안정적으로 탐색하는 방법을 제안한다. 그리고 영상 안정화의 성능 평가 척도로 중심부 주위의 평균 밝기의 표준편차 값을 척도로 제안한다. 본 논문의 목적은 출력 동영상에서 일정한 목표물에 카메라가 일정한 영역을 촬영하는 안정화된 출력 동영상을 얻는 것이다. 2장에서 동영상 안정화를 소개하고, 위상상관을 이용한 FMV를 추정하고 보상하는 방법을 다루며, 3장에서는 칼만 필터를 이용한 탐색영역 예측 방법을 다룬다. 4장에서 실험조건 및 결과를 서술하고, 5장에서 결론을 맺도록 한다.

II. 위상상관을 이용한 FMV 추정과 보상

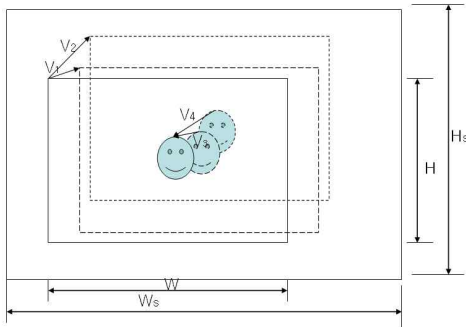


그림 1. 동영상 안정화의 개요
Fig. 1. Movie stabilization overview

그림 1은 동영상 안정화의 개념도이다. 여기서 W와 H는 안정화 대상이 되는 동영상 프레임의 해상도를 이루는 가로, 세로를 나타낸다. Ws와 Hs는 안정화된 해상도를 나타내며 원 프레임의 해상도보다 큰 해상도로 설정된다. 그림1과 같이 V₁과 V₂ 벡터 만큼의 변위가 발생하면, 동영상 안정화 시스템에서는 V₃과 V₄ 벡터 만큼의 보상을 하여 영상이 항상 일정한 위치에 동영상에 포함된 객체들이 위치하도록 보정한다.

일반적으로 미세한 영상의 흔들림을 보정하는 동영상 안정화 모듈은 카메라 ISP(Image Signal Processor)단에 포함되어 있다. 본 논문에서 다루는 동영상 안정화는 앞에서 소개한 카메라 외부의 요인으로 인하여 발생하는 비교적 큰 움직임에 대한 대책이다. 즉, 원거리 원격 감시 시스템에서 동영상의 흔들림으로 인하여 발생하는 감시자의 시각적인 피로감을 줄이기 위한 안정화 대책을 목표로 한다.

동영상에서의 인접한 두 프레임간의 변위를 구하는 방법중에 널리 알려진 방법인 블록 매칭(BM)법과는 달리 위상상관법은 각 프레임의 위상으로부터 직접 움직임을 추정한다. 이 방법은 처리하는 로컬 영역에 대한 LMV(local motion vectors)으로부터 전체 프레임에 대한 FMV(frame moving vectors)를 추정하는 방식으로 FMV 움직임을 직접적으로 추정하고, 그 값을 바탕으로 보정 파라미터로 설정하여 흔들림 영상을 보정한다.

위상 상관에 의한 보정 파라미터 추정은 푸리에 변환의 추이 성질(shift property)에 기반한 알고리즘이다. 푸리에 변환의 추이 성질은 좌표 상에서의 두 함수의 추이는 푸리에 영역에서 선형 위상차로 변환된다는 것이다^{[11][12][13]}.

즉, f_k 와 f_{k+1} 이 2차원 평면상에서 $t(t_x, t_y)$ 만큼 천이된 2차

원 영상이라면, $f_k(x, y)$ 와 $f_{k+1}(x, y)$ 은 수식(1)과 같은 관계를 가진다.

$$f_{k+1}(x, y) = f_k(x - t_x, y - t_y) \quad (1)$$

푸리에 추이 성질에 의하여 이 두 함수의 푸리에 변환은 수식(2)로 표현된다.

$$F_{k+1}(u, v) = e^{-j2\pi(ut_1 + vt_2)} F_k(u, v) \quad (2)$$

$F_k(u, v)$ 와 $F_{k+1}(u, v)$ 는 복소수이므로, 상호전력스펙트럼(CPS: cross power spectrum)을 구하여 영상의 천이 성분을 분리시킨다^{[11][14]}.

$$NCS = \frac{F_{k+1}(u, v)F_k^*(u, v)}{|F_k(u, v)F_k^*(u, v)|} = e^{-j2\pi(ut_x + vt_y)} \quad (3)$$

여기서, $F_{k+1}^*(u, v)$ 는 $F_{k+1}(u, v)$ 의 공액복소수이다.

천이성분만을 얻기 위해서 수식(3)을 역푸리에 변환하면, 식(4)와 같이 2차원 좌표축상 $t(t_x, t_y)$ 에서 임펄스를 이루는 천이값이 얻어진다^{[11][14]}.

$$IFT\{NCS\} = IFT\{e^{-j2\pi(ut_x + vt_y)}\} = \delta(t_x, t_y) \quad (4)$$

그리고 식 5와 같이 역푸리에 변환의 결과로부터 피크값을 결정한다^[15].

$$(\Delta x, \Delta y) = \operatorname{argmax}_{\Delta x, \Delta y} \{PC\} \quad (5)$$

위상 상관 처리를 위해서는 전처리 단계에서 매 프레임에 대하여 입력되는 RGB 컬러 영상을 YCbCr로 변환하고, Y 영상에 대하여 LPF 필터링한 결과 영상으로 처리한다. 위상 상관법은 DFT에 기반한 방법으로 실시간 처리를 위해서는 고속 푸리에 변환 알고리즘을 이용한다. 원 영상에서 $2^N \times 2^N$ 크기의 일정 영역을 취하여 고속 푸리에 변환한 스펙트럼과 기준 영상에 대한 스펙트럼의 상호전력스펙트럼을 구한다. 그리고 이 결과로부터 고속 역푸리에 변환한 공간 영역 결과(그림2)인 위상 상관 지도상에서 피크치의 최대값을 탐색한다. 탐색 결과 얻어진 변위가 천이 성분에 해당하며 이를 보정 파라미터로 설정하여 보정하는 절차를 거친다.

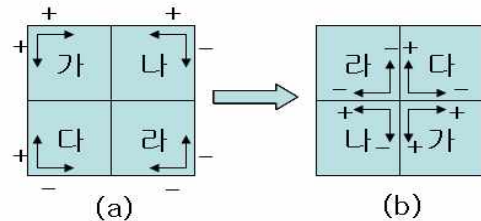


그림 2. 위상상관 맵의 재배치와 탐색영역별 천이방향
Fig. 2. Relocation of phase correlation map and shifting direction

이 과정에서 생성되는 위상상관 지도는 그림2의 (a)와 같이 지도의 모서리 영역에서 변위량이 존재하게 되므로 효율적인 탐색공간을 지정하기 위해서 (b)와 같이 맵의 중심에서 변위량이 존재하도록 재배치한 후에 탐색한다. 영역 내에 표시된 부호

는 움직임 변위 방향을 나타낸다.

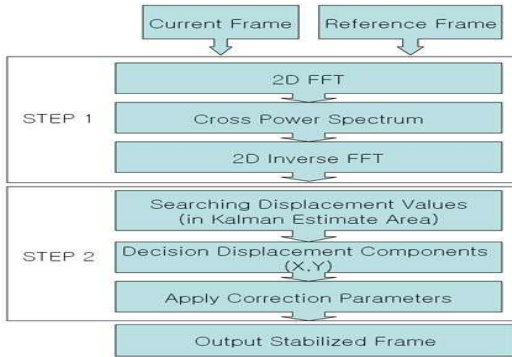


그림 3. 위상상관법에 의한 영상 안정화 단계
Fig. 3. DIS step using phase correlation method

그림3은 위상상관법에 의한 동영상의 영상 안정화 단계이다. 영상 안정화 단계는 2D FFT에 기반하여 구한 상호전력스펙트럼으로부터 역 FFT를 구하여 위상상관지도를 형성하는 단계와 형성된 위상상관지도상에서 피크값을 탐색하고 칼만 필터를 이용하여 예측된 영역에서 보정파라미터를 결정하는 단계로 나뉘어진다. 단일 영역만을 취하여 위상상관지도를 형성할 경우에는 간헐적으로 동영상에 포함된 움직임 객체가 처리 영역 내에 존재할 경우에 오추정이 발생하게 된다. 이러한 오추정은 영상의 흔들림에 대한 시각적인 피로감을 방지하고자 하는 흔들림 영상의 안정화 목적에 부합되지 않는 문제점으로 이를 보완하는 방안으로 영상내의 하위 윈도우를 여러 개 두어 처리하는 다중영역 처리를 수행하게 된다.¹¹ 즉, 그림 4와 같이 4개의 후보영역으로부터 각각의 위상상관지도를 생성하여 피크값과 피크값이 존재하는 위치를 탐색하여 후보를 구성하고, 그 중에서 탐색영역의 예측 범위 내에 존재하는 조건을 만족하면서 최대값을 가지는 후보의 위치를 최종 변위값으로 결정하고 그 값을 보정파라미터로 결정하는 방법을 적용한다.



그림 4. 다중 영역 처리와 실험결과
Fig. 4. Multi area processing and simulation result

III. 칼만 필터를 이용한 탐색 영역 예측

칼만 필터는 두 개의 선형 방정식인 식(6)과 식(7)의 시스템 방정식과 관측 방정식으로 표현된다.

$$x_k = Ax_{k-1} + Bu_k + w_{k-1} \quad (6)$$

$$z_k = Hx_k + v_k \quad (7)$$

시스템 방정식에서 B 와 u 는 시스템에 추가되는 잡음을 의미하고, 관측방정식에서 v_k 는 관측 값과 참값과의 오차에 해당하며, w 는 k 단계에서 상태변수 x 의 참값과의 오차값이다. 이와 같이 주어지는 시스템의 모델에 칼만 필터를 구성하게 되면, 다음과 같이 필터 이득을 계산하고 상태변수의 추정치와 필터 이득을 계산할 때 사용되는 추정치의 공분산 행렬에 관한 식들을 얻을 수 있다^[14].

$$\text{칼만필터 이득: } K_k = \bar{P}_k H^T (H \bar{P}_k H^T + R)^{-1} \quad (8)$$

$$\text{상태변수 추정치: } \hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k (z_k - H \hat{x}_k^-) \quad (9)$$

$$\text{추정오차 공분산 행렬: } P_k = (I - K_k H) \bar{P}_k \quad (10)$$

$$\text{상태변수의 예측치: } \bar{x}_{k+1} = A \hat{x}_k \quad (11)$$

$$\text{예측오차의 공분산 행렬: } \bar{P}_{k+1} = A P_k A^T + Q \quad (12)$$

칼만 필터의 잔류오차 v_k 는 아래와 같이 주어지며, 주어진 가정 아래 v_k 는 영평균 백색 가우시안 잡음의 특성을 지니게 된다. 또한 그 잔류오차의 분산은 아래와 같다.

$$v_k = z_k - H \bar{x}_k \quad (13)$$

$$\text{cov}(v_k) = H \bar{P}_k H^T + R \quad (14)$$

위상상관법에 의하여 두 프레임간에 계산되는 움직임 변위는 시퀀스(q_x, q_y)를 이루며 이를 칼만 필터로 모델링하면 현재 프레임에 대한 예측값을 얻을 수 있다. 그림 5는 시퀀스(q_x, q_y) 중에서 x 방향의 시퀀스에 대한 움직임과 칼만 필터에 의하여 예측된 결과를 각각 보인다. 칼만 필터에 의한 탐색범위의 추정은 탐색공간을 미리 정함으로서 탐색시간을 줄여주는 효과 뿐만 아니라, 움직임 객체가 위상상관의 영역에 존재할 경우에 발생하는 움직임 오추정의 경우에 대처하는 효과를 가진다. 탐색 범위의 추정은 x, y 시퀀스에 따라 예측된 결과를 중심으로 미리 정한 마진만큼 상하좌우 영역을 확장하여 정하고, 그 범위 내에서만 최대 피크를 찾는 탐색을 수행하고 그 범위를 벗어난 경우에는 움직임 오추정으로 간주하여 보상과정을 생략한다.

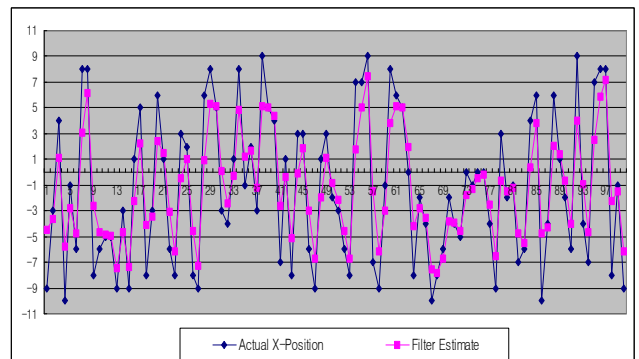


그림 5. 칼만필터에 의한 x축 변위 예측
Fig. 5. Prediction the x-coordinate displacement using Kalman Filter

IV. 실험조건 및 결과

시뮬레이션에 사용한 데이터는 1024×768 크기의 초당 30프레임의 동영상 스트림에서 440×440크기로 상하좌우 30픽셀 범위 내에서 랜덤하게 위치 이동시킨 가상 흔들림 영상과 손떨림에 의하여 상하좌우로 랜덤하게 외부에서 흔들림을 인가하여 구성된 동일한 사이즈의 실제 흔들림 영상으로 행하였다. 시스템 사양은 Pentium 3.4GHz Dual CPU, 2GB RAM이다. 가상 흔들림 영상에 대해서는 흔들림 영상 생성시에 저장된 흔들림 변위와 위상 상관법에 의하여 추정된 변위값과 비교가 가능하고, 실제 외부적 흔들림에 의하여 발생하는 번짐 현상이 존재하지 않는 조건이다. 그러나 실제 흔들림 영상의 경우에는 추정된 변위값과 비교되는 기준값을 정할 수가 없으며 외부적 흔들림에 의하여 발생하는 번짐 현상이 발생한다. 본 논문에서는 가상 흔들림 영상과 척도를 동일하게 하여 성능을 비교하기 위해서 각 동영상 프레임의 중심부(10×10픽셀)의 평균밝기의 변화를 성능 비교의 척도로 이용하였다. 그림 6와 7은 가상 동영상과 실제 동영상의 중심부 평균밝기의 변화이다. 그림 6에서 약 85-125 프레임 사이에 밝기의 변화가 다른 프레임과 비교하여 상대적으로 두드러진 것은 차량이 해당 중심 부위를 통과하는데 기인한다.

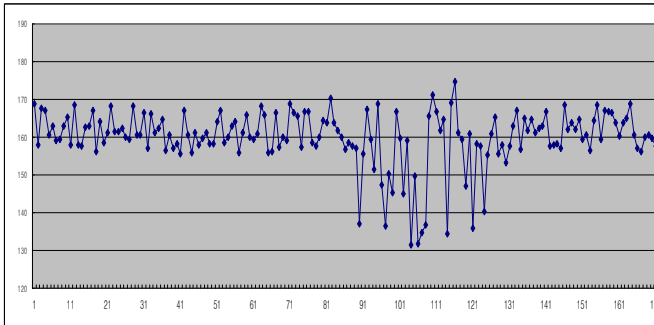


그림 6. 중심부 평균밝기 변화(가상 동영상)

Fig. 6. Brightness variation surrounding center(manual video)

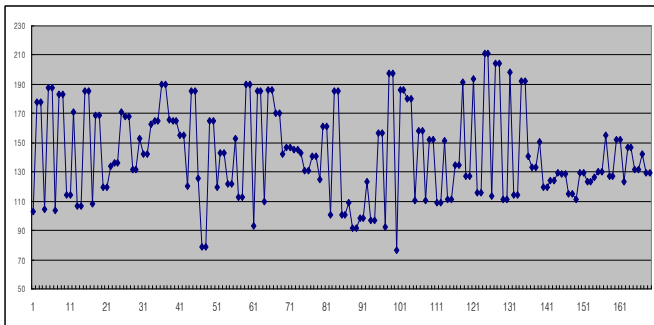


그림 7. 중심부 평균밝기 변화(실제 동영상)

Fig. 7. Brightness variation surrounding center(real video)

동영상 안정화 실험은 FFT 크기와 처리 영역의 수를 단일영역과 4개의 다중 영역에서 처리하는 경우에 대하여 각각 실험하였다. 윈도우의 개수를 늘이면 보상 성능은 좋아지지만 처리

시간이 늘어나게 되므로 실시간 처리를 고려하고 전체 영역을 골고루 커버하는 그림 4와 같은 형태로 배치된 4개의 경우로 고정된 조건에서 실험하였다. 그림 8, 9는 가상 흔들림 영상과 실제 흔들림 영상에 대하여 128 크기의 FFT로 4개 영역을 처리한 결과 그림이다. 표 1은 실험 조건별로 중심부의 밝기 변화의 표준편차를 척도로 하여 성능을 비교하였다. 다중영역 실험 결과에서 256 크기의 FFT는 시험 영상의 크기를 초과하므로 실험에서 제외하였으며, 위상상관 처리시간도 함께 제시하였다. 측정된 처리시간을 기준으로 할 경우에 초당 20 프레임의 동영상의 경우 64 크기의 FFT를 이용하여 위상상관을 구할 경우에 안정된 실시간 처리가 가능함을 확인하였다.

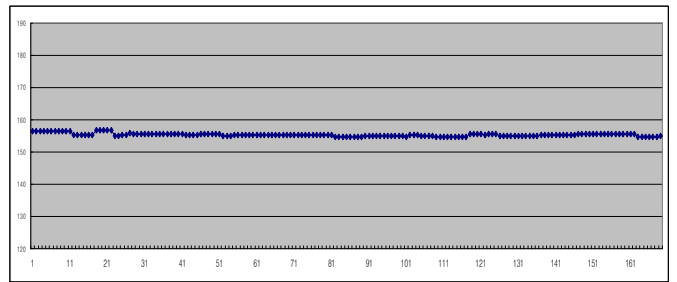


그림 8. 4개영역 처리 결과(128 FFT, 가상 동영상)

Fig. 8. Processing result for four area(128 FFT,manual movie)

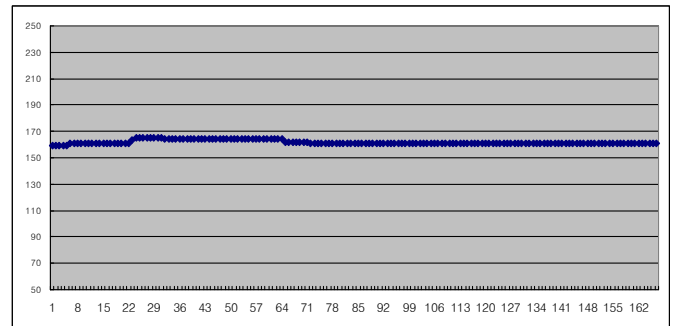


그림 9. 4개영역 처리 결과(128 FFT, 실제 동영상)

Fig. 9. Processing result for four area(128 FFT, real movie)

표 1. 표준편차 비교

Table 1. Comparison of standard deviation

FFT 크기	Org.	Single			Multiple	
		64	128	256	64	128
가상 동영상	13.27	1.34	0.85	0.79	0.92	0.74
실제 동영상	27.43	5.45	4.27	4.27	6.24	3.62
위상상관 계산시간	-	11ms	38ms	153ms	46ms	160ms

V. 결론

본 논문에서는 DFT에 기반한 움직임 변위를 추정하는 방법으로 위상상관법을 이용하여 단일영역과 다중영역에 대하여 동영상

상 안정화 실험을 행하고 성능을 서로 비교하였다. 위상상관 지도상에서의 효율적 탐색과 후처리 과정에서 안정적인 결과를 얻기 위하여 칼만 필터에 의한 예측 정보를 이용하였다. FFT 크기와 처리 영역의 수 그리고 시험 영상의 종류에 따라 성능 차이를 확인할 수 있다. 가상 영상의 경우, 매우 안정된 안정화 효과를 얻을 수 있지만, 실제 흔들림 영상의 경우에는 다중 영역에 대한 처리와 FFT 크기가 성능에 결정적임을 확인할 수 있다. 초당 20 프레임의 동영상의 경우에 다중처리로 64 FFT의 경우가 본 연구에서 행한 시스템 사양에서 시각적인 피로감을 거의 느끼지 않는 안정적인 실시간 처리가 가능함을 확인하였다.

참고문헌

- [1] O-hyun Kwon, Jeong-ho Shin, Joon-ki Paik "Video Stabilization Using Kalman Filter and Phase Correlation Matching" LNCS3656, 09, pp.141-148. 2005.
- [2] T. Chen. Video Stabilization Using a Block-Based Parametric Motion Model. Technical report, Stanford University, Information Systems Laboratory, Dept. of Electrical Engineering, Winter 2000.
- [3] J. Chang, W. Hu, M. Cheng, and B. Chang. Digital image translational and rotational motion stabilization using optical flow technique. IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 48, no. 1, pp. 108-115, Feb. 2002.
- [4] C. Erdem and A. Erdem. An illumination invariant algorithm for subpixel accuracy image stabilization and its effect on MPEG-2 video compression. Elsevier Signal Processing: Image Communication, vol. 16, pp. 837-857, 2001.
- [5] S. Ko, S. Lee, S. Jeon, and E. Kang. Fast digital image stabilizer based on gray-coded bit-plane matching. IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 45, no. 3, pp. 598-603, Aug. 1999.
- [6] M. Ben-Ezra, S. Peleg, and M. Werman. A Real-Time Video Stabilizer Based on Linear Programming.
- [7] A. Censi, A. Fusiello, and V. Roberto. Image Stabilization by Features Tracking. Technical report, University of Udine, Machine Vision Laboratory, Dept. of Mathematics and Informatics, 1998.
- [8] J. Jin, Z. Zhu, and G. Xu. Digital Video Sequence Stabilization Based on 2.5D Motion Estimation and Inertial Motion Filtering. Real-Time Imaging, vol. 7, pp. 357-365, 2001.
- [9] J. Jin, Z. Zhu, and G. Xu. A Stable Vision System for Moving Vehicles. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 1, no. 1, pp. 32-39, Mar. 2000.
- [10] Sung-Jae Ko, Sung-Hee Lee, Seung-Won Jeon, Eui-Sung Kang, "Fast Digital Image Stabilization Based On Gray-Coded Bit-Plane Matching" IEEE Tans. On Consumer Electronics, Vol. 45, No. 3, August. pp. 598-603. 1999.
- [11] Wen-Chung Kao, Lien-Yang Chen, Shou-Hung Chen, "Real-Time Image Stabilization for Digital Video Cameras" Proceedings of 2006 CACS Automatic Control Conference St. John's Univ, Tamsui, Taiwan, Nov. pp.10-11, 2006.
- [12] Fedwa Essannouni et al. "An efficient fast full search block matching algorithm using FFT algorithms" IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.6 No.3B, March 2006.
- [13] Zhigang Zhu et al. "Camera Stabilization Based on 2.5D Motion Estimation and Inertial Motion Filtering" IEEE International Conference on Intelligent Vehicles 19998.
- [14] S. Erturk. "Digital Image Stabilization with Sub-Image Phase Correlation Based Global Motion Estimation" IEEE Transactions on Consumer Electronics Vol. 49, No. 4, NOVEMBER 2003.
- [15] E. De Castro and C. Morandi "Registration of Translated and Rotated Images Using Finite Fourier Transforms, IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, Sept. 1987.
- [16] 한학용, 강봉순, "위상상관을 이용한 동영상 안정화 성능비교," 2008 한국정보기술학회 하계학술대회 논문집 pp. 11-14, 2007.



한 학 용(Hag-yong Han)

1994년 2월 동아대학교 전기전자컴퓨터
공학부 전자공학과(공학사)

1998년 2월 동아대학교 전자공학과
(공학석사)

2004년 8월 동아대학교 전자공학과
(공학박사)

2006년 7월- 2007년 11월 부산대학교 영상IT산학공동
사업단 Post-Doc

2008.3-현재 동아대학교 2단계 BK21 계약교수

※ 관심분야 : Pattern recognition, audio /image /video
processing, DSP application



정 효 원 (Hyo-won Jeong)

2008년 2월 동아대학교 전기전자컴퓨터
공학부 전자공학과 (공학사)

2008년 3월~현재 동아대학교 전자공학과
석사과정

※ 관심분야 : VLSI algorithm/architecture design,
image/video processing, and wireless communication



강 봉 순 (Bong-soon Kang)

1985년 연세대학교 전자공학과(공학사)

1987년 미국 University of Pennsylvania
전기공학과(공학석사)

1990년 미국 Drexel University 전기 및
컴퓨터공학과(공학박사)

1989년~1999년 삼성전자 반도체 수석연구원

1999년~현재 동아대학교 전자공학과 부교수

2006년~현재 멀티미디어 연구센터 소장

2006년~현재 2단계 BK21 사업팀장

※ 관심분야 : 영상신호처리, SoC설계 및 무선통신



허 강 인 (Kang-in Hur)

1980년 동아대학교 전자공학과 공학사

1982년 동아대학교 전자공학과 공학석사

1990년 경희대학교 전자공학과 공학박사

1988년 9월~1989년 8월: 일본筑波大學
객원연구원

1992년 9월~1993년 8월: 일본豊橋大學
객원연구원

1984년~현재: 동아대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : DSP, 음성인식,합성, 신경회로망
