



## Image Shaking Stabilization for Time-lapse Video Making Using Vertical Beam Distance

Oh-Sung Kwon\*

*Department of Computer Education, Gongju National University of Education*

---

### ABSTRACT

In generally, time-lapse Images contains severe shaking phenomena according to the long time shooting period. Time-lapse videos were composed of multitude shooting image list and easily contained several shooting noise. The image shaking problems are based on the trembling movement of the camera supporting pore, strong wind, and so on. In this paper, we proposed a new image processing algorithm to solve the shaking problems of time-lapse video. Our algorithm is designed based on simple computation logic and comparison rules. For the reasons, our proposed algorithm is particularly appropriate for time-lapse photography. The algorithm was consisted of three steps. In the first step, we classified the image shaking type obtained from time-lapse video. In the second step, we computed the shaking degree values of input image list. Last, we reformed the all frames of time-lapse video to the new one according to the computed shaking values of the previous steps. we installed a remote camera shooting system for the stabilization experimental of time-lapse video. In results, we could confirm that our proposed algorithm could correct the shaking problem of time-lapse video. And we could obtain the experimental data that our proposed program was more efficient for vertical movement transition and rotation movement of shooting images. In the time measuring simulation we can confirmed that our program is more applicable to the area of real-time timelapse video photography.

© 2017 KKITS All rights reserved

---

**KEYWORDS:** Shaking phenomena, Image processing algorithm, Time-lapse video, Vertical movement, Image correction

---

**ARTICLE INFO:** Received 1 December 2016, Revised 23 January 2017, Accepted 10 February 2017.

---

---

\*Corresponding author is with the Department of Computer Education, Gongju National University of Education, Bonghwang-Dong Gongju-Si Chungnam-Do,

KOREA.

*E-mail address:* [oskwon@gjue.ac.kr](mailto:oskwon@gjue.ac.kr)

## 1. 서론

장기간에 걸쳐 촬영된 이미지 리스트를 모아서 짧은 시간 내로 축약하여 재생하는 촬영 기법을 타임랩스(Time-lapse)라고 한다[1]. 이러한 촬영 기법은 짧은 시간의 내용을 길게 늘여서 보는 고속 촬영[2]의 반대 개념이기 때문에 저속촬영이라 부르기도 하며 주로 장기간의 건설프로젝트, 과학 다큐멘터리 제작 등에 주로 쓰인다. 이러한 타임랩스 촬영은 주로 열악 지형에 설치된 촬영대 위에서 장기간 진행되기 때문에 촬영 시 잦은 흔들림, 진동 등의 노이즈를 포함하기 마련이다. 본 연구에서는 이러한 이미지 흔들림 변형을 보정하는 방법을 제안하고자 한다. 제안하는 방법은 이미지의 흔들림 정도를 자동 검출하고 이 수치를 기반으로 감쇄하는 보정 알고리즘을 적용하는 것이다. 촬영 이미지의 흔들림은 주로 다음의 원인에 의하여 발생한다.

- 중장비 통행에 따른 지반의 일시적 침하
- 바람에 의한 카메라 지지대의 흔들림
- 계절 변화에 따른 연약 지반의 침하

이러한 흔들림이 포함된 촬영 이미지를 입력으로 하여 타임랩스 동영상상을 제작하는 경우 그 떨림이 증폭되어 나타나는 경향이 있기 때문에 화질 저하의 큰 요소이다. 그러므로 동영상 변환 전 떨림 이미지들을 자동 검출하고 보정할 필요가 있다. 이를 수동으로 보정하기도 하지만 타임랩스 촬영처럼 그 작업량이 많은 경우는 현실적으로 어렵고 본 논문과 같은 보정 소프트웨어의 도움이 필요하다.

2장에서는 먼저 이미지 떨림과 흔들림 안정화와 관련한 기존의 연구 결과를 살펴보고 3장에서는 제안하는 보정 방법과 알고리즘을 설명한다. 끝으로

본 논문에서 제안하는 방법을 적용하여 얻은 결과를 보이며 그 타당성을 제시하고 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구

타임랩스 촬영 기법은 최근 들어 촬영기기가 고성능화, 대용량, 디지털화, 일반화됨에 따라 예전보다 손쉽게 제작이 가능하게 되었고 활용의 범위도 늘고 있다. 관련 연구를 살펴보면, 노이즈나 흔들림을 포함한 사진이나 동영상의 보정[3,4,5,6,7], 플리커(Flicker) 제거 알고리즘[8,9], 타임랩스 제작 및 적용 알고리즘[10], 타임랩스 제작 도구의 활용[11,12]에 관한 연구가 주류를 이루고 있다.

[4]의 연구는 CMOS 비디오 센서에서 카메라 움직임 보상 방식을 이용하여 이미지 흔들림을 보정하는 내용이다. 또한, 최근 들어 사용이 늘고 있는 모바일 카메라 촬영 시 열악한 조명 등으로 충분한 노출이 확보되지 않는 상태에서 발생하는 흔들림을 보정하는 연구도 발표되었다[5]. [3]은 동영상 보정 프로그램에서 사용자가 수동으로 보정 방식과 내용을 마우스로 지시하는 상황을 상정하여 이미지의 흔들림을 보정하는 알고리즘을 제안하였다. [5]과 [15]는 스틸 이미지 촬영시 긴 노출 시간에 따른 흔들림을 보정하는 알고리즘을 연구하였다. [6]의 경우는 비디오의 흔들림을 보정하는 연구로는 블록 기반 이동 모델을 사용하는 보정을 제안하고 있다.

기존 타임랩스의 보정 방식은 다큐멘터리 제작 등 고화질 위주의 알고리즘을 기반으로 하기 때문에 본 논문과 같이 고속을 요하는 실시간 타임랩스 동영상처리에는 부적합할 수 있다[13,14]. 이에 본 논문에서는 이미지 물체내 위치 변이는 수직이동에 한정하여 계산하여 정량화하고 보정하는 알고리즘을 제안하고자 한다.

### 3. 타임랩스 떨림 보정 알고리즘

#### 3.1 이미지 리스트 수집

본 논문에서는 실험을 위한 촬영 이미지를 얻기 위하여 그림과 같은 촬영 구조물을 설치하였다. 타임랩스 카메라는 장기간에 걸쳐 운영되고 경우에 따라선 4 계절을 거치는 경우도 있으므로 카메라를 보호할 수 있는 특별한 하우징을 제작하여 사용하였다.



그림 1. 건설 공정 타임랩스 동영상의 구성  
Figure 1. Organization of Timelapse Video for Construction Process



그림 2. 타임랩스 카메라의 설치  
Figure 2. Installation of Timelapse Camera System

카메라 하우징은 카메라를 외부로부터 보호하며 발열과 방한 기능을 갖도록 설계되어야 하며, 특히 여름철은 직사광선으로 하우징 자체가 가열되고

하우징 내부에선 카메라 컨트롤러 등의 방열로 인한 내부 온도상승을 막는 방열팬 등을 갖추고 있다. 겨울철은 컨트롤러와 통신 모뎀 어댑터 자체가 발열을 하므로 카메라가 냉각될 정도까지 온도가 내려가진 않으므로 별도의 방한장치는 하지 않았다.

촬영 이미지는 카메라 하우징 내의 무선 모뎀 장치를 통하여 전송하도록 하였고 일정 기간 동안 이미지를 연구실 NAS에 축적하였다.

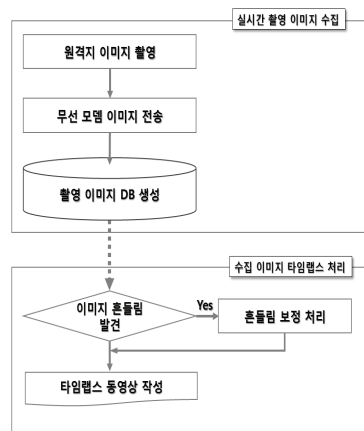


그림 3. 흔들림 보정 절차  
Figure 3. Process to Stabilize Shaky Image

그림처럼 일정 기간 동안 수집된 촬영 이미지는 이미지 내 흔들림이 존재하는 지 검사하고 흔들림이 발견되는 이미지는 따로 분류하여 보정 처리를 하도록 하였다. 이렇게 모아진 촬영 이미지 리스트를 재료로 하여 타임랩스 동영상을 제작하는 것이다.

#### 3.2 이미지 흔들림 유형 분석

이미지 흔들림은 카메라 지지대 떨림, 지반 침하, 중장비 이동 등 다양한 원인으로 발생한다. 보정의 첫 단계는 이미지 흔들림을 발견하고 그 정도를 정량화하는 작업이다. <그림 4>의 (a)는 지반

침하가 지지대 좌우가 균등하게 이루어진 경우에 해당하고 (b)는 우편이 (c)는 좌편이 상대적으로 더 침하되어 카메라 지지대가 기울어진 경우를 나타내고 있다.

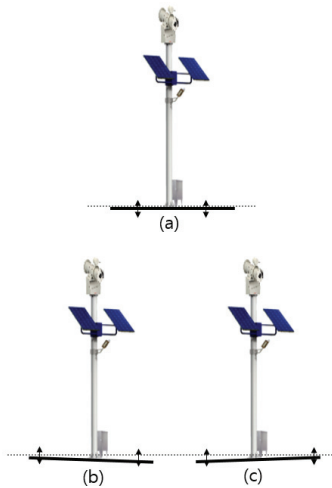


그림 4. 지반 침하에 따른 카메라 지지대의 자세 변화  
Figure 4. Position Change of Camera Pole Owing to Ground Settlement

<그림 5-(a)>는 시간을 달리 하여 촬영한 이미지인데 겹쳐 놓은 것인데 확대하여 보면 물체의 경계가 일치하지 않고 있음을 알 수 있다. 흔들림의 유형을 검출하기 위하여 본 논문에서는 <그림 5-(b)>와 같이 좌우 영역의 흔들림으로 인한 이미지 오차 정도를 계산하였다.

### 3.3 보정 알고리즘

이미지 보정은 흔들림 정도를 검사하는 절차가 우선이다. <그림 5> 는 두 이미지의 위치 차이를 명확히 하기 위하여 에지(edge) 형태로 표시한 뒤 서로 겹쳐 놓은 것이다. 그림에서 아래쪽 진하게 표시된 에지 라인은 기준으로 사용할 이미지의 경

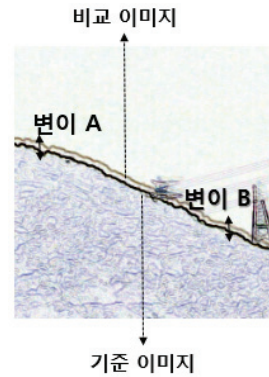


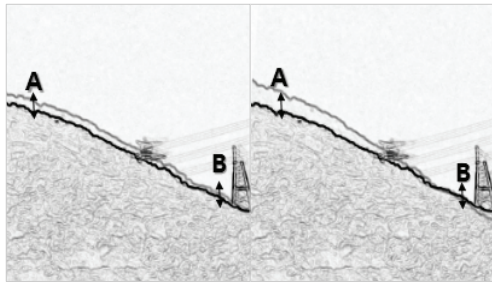
그림 5. 변이 기준 정하기  
Figure 5. Determining Variation Standards

계선 위치를 표시한다(‘기준이미지’로 표시한 부분). 위쪽 얇은 에지 라인은 보정이 필요한 이미지의 경계선 위치를 나타내고 있다(‘비교이미지’로 표시한 부분). 그림에서 보듯이 두 이미지의 에지 경계라인이 상이함을 알 수 있고, 그 정도를 두 군데에서 검출 한 것이 ‘변이 A’와 ‘변이 B’이며 그 차이를 계산하여 흔들림의 유형과 정도를 결정한다.

<그림 5>는 두 이미지 간의 위치 차이가 화면 전체적으로 고른 경우에 해당하며 기준 이미지로부터 벗어난 픽셀 수를 계산하여 입력 이미지의 수직 이동으로 보정이 가능한 형태이다. <그림 5>는 비교적 쉬운 보정에 해당하는 경우이며 이미지 이동으로 발생하는 화면 상단의 공백은 원 이미지의 것으로 대치하여도 그 부분이 무시할 만큼 작기 때문에 시각적인 변형을 느끼지 못한 수준이다. 본 논문에서 오차 변이가 큰 경우는 타임랩스 동영상 제작 입력 이미지로 사용하지 않고 제외시켰다.

<그림 6>은 두 이미지 간의 위치 차이가 화면 전체적으로 고르지 못하고 한쪽으로 기준 경우에 해당한다. 이 경우 두 차이값을 기준으로 기운정도

를 계산하고 화면을 회전시켜서 보정하는 과정을 진행하도록 하였다. 기준 이미지로부터 벗어난 정도 A, B 모두 계산하여 수직 떨림 변이와 기울어진 각도  $\theta$  를 계산하였다. <그림 7>과 같은 보정 함수를 이용하여 이미지를 회전하여 보정하도록 하였다.



(a) 약한 흔들림 (b) 심한 흔들림  
(a) Mild Shaking (b) Severe Shaking

그림 6. 이미지 보정 유형 II  
Figure 6. Image Stabilization Type

<그림 7>은 앞에서 설명한 방식으로 좌우 영역의 검출값을 사용하여 이미지의 기울어짐을 보정하는 절차이다. 좌우 영역이 동일하지 않은 값으로 검출되는 경우 이미지를 회전하여 보정한다.

```
//Get the Slope Value of Left Area
LY_offset = nStd_Left - nCurDif_Left;
//Get the Slope Value of Left Area
RY_offset = nStd_Right - nCurDi_Right;

// Get the Affine Transform
w_mat =
getAffineTransform(LY_offset,RY_offset);
//Apply Affine Transform
warpAffine(cur_mat, w_mat);
```

그림 7. 이미지 기울기 보정 함수  
Figure 7. Function to Adjust Image Slope

#### 4. 구현 및 실험 결과

본 논문에서 제안하는 방법론은 타임랩스 동영상 제작을 위한 연속 이미지의 흔들림을 보정하기 위한 것이다. 제안하는 방법론의 성능을 측정하기 위해서 실제 타임랩스 카메라로부터 얻은 이미지 리스트를 수집하고 제안하는 알고리즘을 적용하였다.

다만, 일반적인 흔들림 보정 알고리즘이 타임랩스 형식이 아닌 일반 동영상이어서 동일한 보정 알고리즘을 적용할 수 없는 관계로 본 논문에서는 제안하는 방식의 효용성을 중심으로 실험하였다.

##### 4.1 실험 환경

본 논문에서는 실험을 위하여 서울 지역 한 공사 현장에 실험용 카메라를 다음과 같이 설치하고 타임랩스 제작을 위한 연속 이미지 수집을 다음과 같이 진행하였다.

표 1. 촬영 조건  
Table 1. Shooting Condition

항 목	조 건
촬영기간	30 일
촬영간격	1장/10분, 07:00~18:00
카메라	DSLR, 광각렌즈
수집방식	원격 무선 모뎀

<표 1>과 같은 방식으로 수집된 이미지를 분석하기 위하여 보정용 프로그램을 그림 7 와 같이 작성하고 실험하였다. 흔들림 보정 실험은 다음의 절차로 진행하였다.

- ① 표준 이미지의 선정
- ② 흐린 이미지 선별 제거
- ③ 흔들림 정도 계산
- ④ 흔들림 보정

표준 이미지는 흔들림 정도를 계산하는 기준이 되는 것으로 이미지 내에서 흔들림 기준이 될 수 있는 구조물을 포함하고 있어야 한다. 본 논문에서는 이 구조물에 수직빔을 적용하여 길이 차이를 계산하여 흔들림을 보정하는 방식이다. <그림 8>은 구현된 보정 프로그램의 화면이다. 사용자는 <그림 9>와 같이 화면에서 흔들림 정도를 검출할 기준 영역을 2 곳 지정하도록 하였다.



그림 8. 흔들림 보정 프로그램 화면  
Figure 8. Software Interface to Fix Shaky Images

#### 4.2 흔들림 보정 실험

<그림 9>의 지정에 따라 <그림 10>과 같이 정해진 간격으로 연속적으로 입력되는 이미지 리스트를 순서적으로 보정하였다.

<그림 10>의 연속 이미지를 앞서 설명한 보정 알고리즘을 사용하여 흔들림을 검출하여 <그림 11>와 <그림 12>의 결과를 얻었다. 그래프의 y 축은 흔들림으로 발생할 수직 픽셀 변이값을 보여준다. 정도의 차이는 있지만 작은 흔들림이 계속됨을 관찰할 수 있다. <그림 12>은 <그림 11>의 검출된 변이를 보정한 후에 입력 이미지 리스트의 변이를

재검출한 것이다. <그림 12>에서 보듯이 1 픽셀 변이 이내로 조정되어 이미지 흔들림이 보정되었음을 확인할 수 있다.



그림 9. 흔들림 보정 기준 영역 A,B 지정  
Figure 9. Assigning Area A,B for Image Stabilization

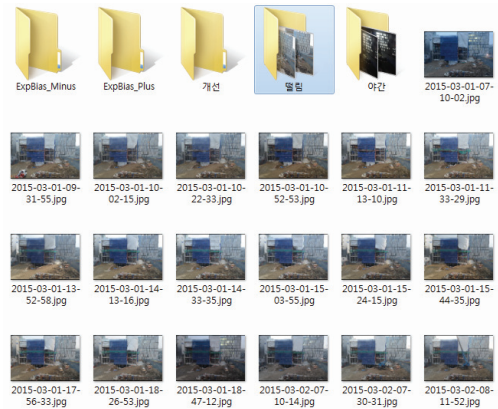
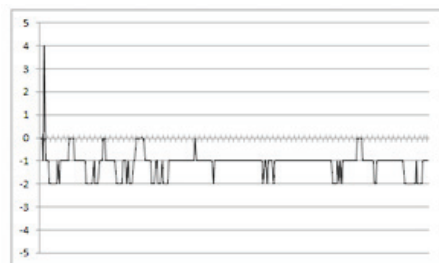
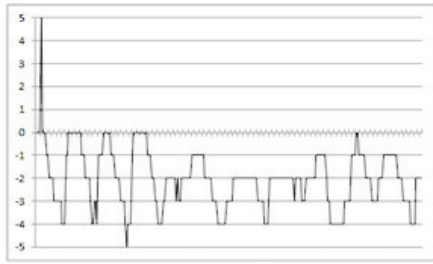


그림 10. 연속 이미지 리스트  
Figure 10. Continuous Image List



(a)영역 'A' 변이 검출  
(a) Variation Detection of Area 'A'

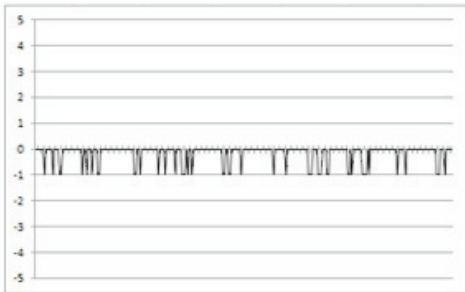


(b)영역 'B' 변이 검출  
(b) Variation Detection of Area 'B'

그림 11. 보정 전 영역 변이 검출  
Figure 11. Area Variation Detection Before Correction



(a)영역 'A' 변이 검출  
(a) Variation Detection of Area 'A'



(b)영역 'B' 변이 검출  
(b) Variation Detection of Area 'B'

그림 12. 보정 전 영역 변이 검출  
Figure 12. Area Variation Detection After Correction

<표2> 는 이미지 보정 전후의 기준 영역 A 와 B 의 보정 전과 후의 결과의 보정치를 제시하고 있

다. <표2>에서 'Revision' 으로 표시된 부분은 보정된 픽셀수를 표시한다. 본 논문에서는 이러한 보정값이 기준치 이상으로 큰 경우는 이미지의 왜곡을 줄이기 위하여 제거하였다. 적지 않은 수의 이미지 리스트를 기반으로 작성되는 타임랩스 동영상의 특성상 간헐적으로 나타나는 심한 떨림 이미지 제거는 전체 결과에 영향을 주지 않는 것으로 확인되었다.

표 2. 좌우 기준 영역 보정 전후값  
Table 2. Comparison of Values Before and After Image Stabilization

Before		After		Revision	
A	B	A	B	A	B
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
-1	0	1	0	2	0
4	5	0	0	4	5
-1	0	0	0	1	0
-1	0	0	0	1	0
-1	0	0	-1	1	1
-2	-1	1	0	3	1
-2	-2	1	-1	3	1
-1	-3	0	0	1	3
-2	-3	1	0	3	3
-1	-3	0	0	1	3
-1	-3	0	0	1	3
-1	-3	0	-1	1	2
-1	-3	0	-1	1	2
-1	-4	0	0	1	4
-1	-4	1	0	2	4
-1	-4	1	0	2	4
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•
-2	-4	1	0	3	4
-2	-4	0	-1	2	3
-1	-2	1	0	2	2
-1	-2	1	0	2	2
-1	-2	0	0	1	2
-1	-2	0	0	1	2
-1	-2	0	0	1	2

### 5. 결 론

열악한 야외 환경에서 장기간에 걸쳐 이루어지는 타임랩스 촬영은 떨림, 지반 침하 등 다양한 요인으로 이미지 흐름의 연결성을 방해받는 떨림이

종종 발생한다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위한 방식으로 촬영 후 이미지를 영상처리 기술로 후처리하는 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 방식은 수직변이 위주의 떨림을 해결하도록 설계하였으며 수직 변이 계산을 위해선 이미지 상단에서 내린 수직빔을 비교하는 방식을 사용하였다. 제안한 수직 변이 계산 방식의 정확도를 대량의 데이터로 실험한 결과 안정적인 보정 기능을 확인할 수 있었다. 제안하는 알고리즘은 단순한 비교 연산위주로 실행되므로 고속 처리가 가능하고 연속 입력되는 이미지 리스트를 대상으로 하는 타임랩스 제작 환경에 적합한 솔루션이라고 할 수 있다. 수직변이 뿐만 아니라 다양한 왜곡이 중첩되는 상황에서도 고속 처리가 가능한 보정 알고리즘의 개발이 후속 연구로 필요하다.

## References

- [1] Time-lapse photography, [https://en.wikipedia.org/wiki/Time-lapse\\_photography](https://en.wikipedia.org/wiki/Time-lapse_photography), 2016.
- [2] High-speed photography, [https://en.wikipedia.org/wiki/High-speed\\_photography](https://en.wikipedia.org/wiki/High-speed_photography), 2016.
- [3] J. Bai, A. Agarwala, M. Agrawala, and R. Ramamoorthi, *User-assisted video stabilization*, *Comput. Graph. Forum*, Vol. 33, No. 4, pp. 61-70, 2014.
- [4] J-A. Im, D-W. Kim, and K-S. Hong, *Digital video stabilization algorithm for CMOS image sensor*, *ICIP*, pp. 3261-3264, 2006.
- [5] J-H. Lee, J-H. Lee, I-Y. Shin, H-G. Lee, T-Y. Kim, and Y-S. Ho, *Anti-shaking algorithm for the mobile phone camera in dim light conditions*, *Proc. 10th Pacific Rim Conf. Multimedia: Adv. Multimedia Inf.*, pp. 968-973, 2009.
- [6] T. Chen, *Video stabilization algorithm using a block-based parametric motion model*, EE392J Project Report, CA 94305, Stanford University, 2000.
- [7] Image stabilization, [https://en.wikipedia.org/wiki/Image\\_stabilization](https://en.wikipedia.org/wiki/Image_stabilization), 2016.
- [8] Flickr, <https://en.wikipedia.org/wiki/Flickr>, 2016.
- [9] OpenCV, <https://en.wikipedia.org/wiki/OpenCV>, 2016.
- [10] R. Martin-Brualla, D. Gallup, and S. M. Seitz, *Timelapse mining from internet photos*, *ACM Trans. Graph.*, 34(4), pp. 62:1-62:8, 2015.
- [11] H. Farid and J. B. Woodward, *Video stabilization and enhancement*, TR 2007-605, Dartmouth College, Computer Science, 1997.
- [12] M-B. Ricardo, G. David, M. Steven, *3d time-lapse reconstruction from internet photos*. In: *ICCV*, 2015.
- [13] A. Ito, A. C. Sankaranarayanan, *BlurBurst: Removing blur due to camera shake using multiple images*, *ACM Transactions on Graphics*, Vol. VV pp. 1-15, 2008.
- [14] E. P. Bennett, and McMillan, *Computational time-lapse video*, In *ACM SIGGRAPH 2007 Papers-International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, 2007.
- [15] R. Fergus, B. Singh, A. Hertzmann, S. T. Roweis, and W. T. Freeman, *Removing camera shake from a single photograph*, *ACM, Trans. Graphics* 25, pp. 787-794, 2006.

---

## 타임랩스 동영상 제작을 위한 촬영 이미지의 수직 변이 흔들림 보정

권 오 성

공주교육대학교 컴퓨터교육과

---

### 요 약

장기간에 걸쳐 이루어지는 타임랩스 동영상 제작 과정의 특성상 촬영 이미지는 적지 않은 흔들림을 포함하기 마련이다. 일반적으로 타임랩스 비디오는 많은 수의 촬영 이미지 리스트로 기반으로 만들어지며 열악한 환경에 설치되는 촬영의 특성상 노이즈가 포함되기 마련이다. 이는 카메라를 지지하는 폴대가 기상과 지반 변화에 그대로 노출되기 때문인데, 본 논문에서는 이를 해결하기 위한 이미지 후처리 알고리즘을 제안한다. 본 논문의 이미지 흔들림은 다양한 변형 중에서 타임랩스 폴대에서 주로 발생하는 수직 변이에 국한하여 정량화하였고 이를 보정하는 방식으로 설계하였다. 제안하는 알고리즘은 보정 규칙을 단순화하여 필요한 계산 소모량을 줄였다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 3 단계의 보정 절차를 갖는다. 먼저, 흔들림의 유형을 조사하는 첫 단계가 있고, 다음은 기준 이미지를 중첩하여 흔들림 정도를 정량화한다. 다음으로 검출 변이량을 이미지 이동과 회전 등의 후처리 작업으로 이미지를 교정하였다. 제안하는 알고리즘의 유용성을 측정하기 위하여 제안한 변이 계산 방식의 정확도와 실행 시간 등을 비교하였다. 실험결과 대부분의 이미지 흔들림을 충분히 검출할 수 있었고 보정하는 것으로 확인되었으며, 고속의 보정 처리가 가능하여 실시간 타임랩스 비디오 응용에 적합할 것으로 판단하였다.

---



**Oh-Sung Kwon** received the Ph.D. degree in the Department of Computer Engineering from Chung-Ang University in 1994. He has been a professor in the Department of Computer Education at Gongju National University of Education since 1995. His current research interests include multimedia data processing and digital image processing.

*E-mail address:* oskwon@gjue.ac.kr