

모션 블러된 이미지로부터 블러 파라미터를 추출하는 기법에 대한 연구

A Study on The Identification of Blur Parameters from a Motion Blurred Image

양홍택, Hong-Taek Yang*, 황주연, Jooyeon Hwang**, 백두원, Doowon Paik***

요약 ~ 촬영 순간 카메라와 촬영대상간의 상대적인 움직임에 의해 촬영된 이미지에는 움직임 방향으로 모션 블러가 발생할 수 있다. 의도 되지 않은 블러 효과는 이미지 품질에 손상을 주므로 블러 효과에 의해 손상된 이미지를 복원할 필요가 있다. 블러 효과에 의해 손상된 이미지의 복원을 위해서는 블러 효과를 발생시키는 블러의 성분을 정확히 알아내어야 한다. 본 논문에서는 모션 블러가 발생된 이미지로부터 모션 블러의 성분을 추출하는 새로운 방법을 제안하고 실험을 통해 제안된 방법의 성능을 검증하였다. 실험 결과는 제안된 방법이 오브젝트의 크기와 블러의 크기에 상관없이 블러의 크기를 정확히 추출함을 보여 주었다.

Abstract ~ Motion blurs are caused by relative motion between the camera and the scene. The blurred image needs to be restored because undesired blur effect degrades the quality of the image. In this paper, we propose a new method for the identification of blur parameters. Experiment shows that the proposed method identifies blur extent regardless of the size of the blur and the object in the original image.

핵심어: *Motion Blur, Blur Parameter*

본 논문은 숭실대학교 교내 연구비 지원으로 수행되었음.

*주저자 : 숭실대학교 미디어학과 석사과정 e-mail: seabird845@ssu.ac.kr

**공동저자 : 숭실대학교 미디어학과 박사과정 e-mail: zooyouny@ssu.ac.kr

***교신저자 : 숭실대학교 미디어학과 교수; e-mail: dpaik@ssu.ac.kr

1. 서론

사진을 촬영할 때 카메라의 노출 시간 동안 카메라가 움직이거나 촬영대상이 움직이면 촬영된 이미지는 움직임 방향으로 모션 블러(Motion Blur)가 발생하게 된다. 모션 블러란 카메라나 촬영대상의 움직임에 의해서 화소가 혼합되어 이미지의 경계가 흐려지는 현상을 말한다[1]. 의도 되지 않은 블러 효과는 이미지 품질에 손상을 주므로 블러 효과에 의해 손상된 이미지를 복원할 필요가 있다. 블러 효과에 의해 손상된 이미지의 복원을 위해서는 블러 효과를 발생시키는 블러 함수를 정확히 알아내어야 한다.

$F(x, y)$ 를 원본이미지이라고 하면 블러 효과에 의해 손상된 이미지 $G(x, y)$ 는 식 (1)과 같이 회선(Convolution)으로 표현될 수 있다[2].

$$G(x, y) = H(x, y) \otimes F(x, y) + N(x, y) \quad (1)$$

식 (1)에서 $H(x, y)$ 는 원본이미지($F(x, y)$)를 블러하는 커널(Kernel)함수이고 \otimes 는 회선 연산, 그리고 $N(x, y)$ 는 추가

되는 노이즈를 나타내는 함수이다. 손상된 이미지 $G(x, y)$ 를 원본이미지 $F(x, y)$ 로 복원하기 위해서는 $H(x, y)$ 와 $N(x, y)$ 를 알아야 한다. 그러나 실제 카메라의 블러 효과에 의해 손상된 이미지만으로는 $H(x, y)$ 를 정확히 알 수 없기 때문에 $H(x, y)$ 를 추측해야만 한다. 블러 함수 $H(x, y)$ 를 결정하는 파라미터로는 블러의 방향, 블러의 크기 그리고 블러 함수의 모양 등이 있다.

블러 효과에 의해 손상된 이미지를 원본이미지로 복원하기 위해서 블러 파라미터를 찾는 다양한 기법들이 제안되었다. 모션 블러 파라미터를 찾기 위한 방법으로는 모션 블러가 발생된 이미지를 캡스טרם 영역(cepstrum domain)으로 변환하여 블러 파라미터를 추출하는 방법들[3-6]과 파워 스펙트럼 영역(power spectrum domain)으로 변환하여 조정 가능 필터(steerable filter)를 이용하여 블러 파라미터를 추출하는 방법들[7-9]이 제안되었다. 이 방법들은 노이즈에 민감하기 때문에 실제 이미지인 경우에 효과적이지 않다. 모션 블러가 발생한 이미지를 캡스טרם이나 파워 스펙트럼 과 같은 다른 영역으로 변환하지 않고 이미지 영역에서 블러 파라미터를 추출하는 방법들이 제안되었다[10-12]. 이 중 직관적이고 대표적인 방법 중 하

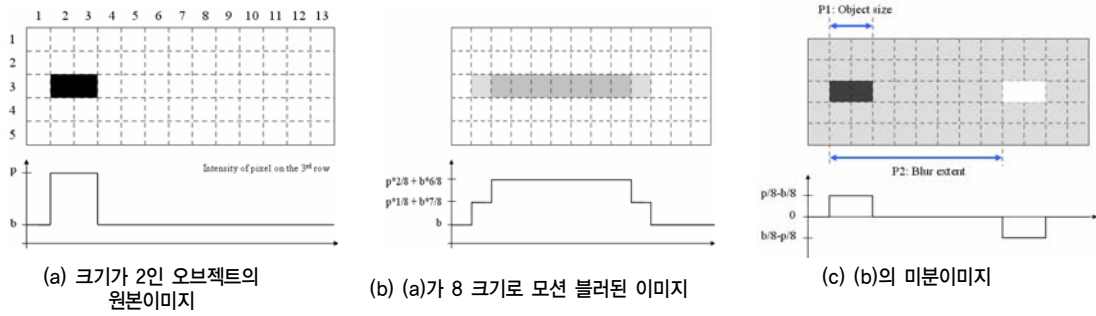


그림 2. 오브젝트가 블러의 크기보다 작은 경우

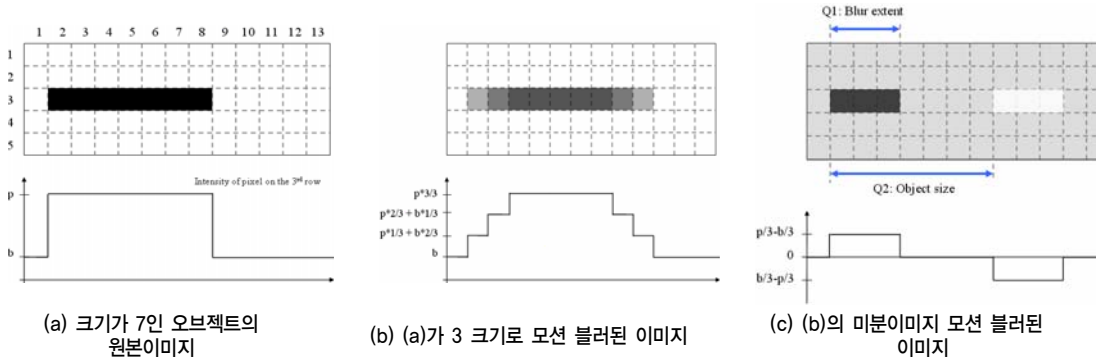


그림 3. 오브젝트가 블러의 크기보다 큰 경우

나가 Yitzhaky의 방법[8]이다. Yitzhaky의 방법[10]은 모션 블러 방향을 찾고 원본 이미지의 임의의 한 점이 번질 때 발생하는 성질을 이용하여 블러 방향으로의 블러의 크기를 추출한다. 이 방법은 블러 효과에 의해 손상된 이미지의 대상물의 크기가 블러의 크기보다 클 경우 정확한 블러의 크기를 추출하지 못한다.

본 논문에서는 Yitzhaky의 블러 방향을 찾는 방법을 이용해 방향을 찾고 블러 크기를 찾는 방법의 위와 같은 단점을 개선한 블러의 크기를 찾는 방법을 제안하고 이 방법의 성능을 실험을 통해 검증한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안 방법의 기반이 되는 Yitzhaky의 방법에 대해 설명하고 논문의 제안 방법을 기술한다. 4장에서는 실제 이미지에 대한 실험을 통해 제안된 방법의 성능을 검증한다. 5장에서는 결론에 대해 기술한다.



2. 본론

사진을 촬영 할 때 촬영 대상의 한 점은 카메라나 촬영 대상의 움직임에 의해 필름이나 이미지 센서 상에 여러 점으로 뿔하게 되고 이 점들은 트랙의 형태로 표현된다. 트랙의 방향으로 이웃하는 픽셀들의 차이 값은 다른 방향으로의 이웃하는 픽셀들의 차이 값보다 상대적으로 작은 차이 값을 나타낼 것이다. 이를 이용하여 이웃하는 픽셀들의 차이 값이 가장 작은 방향을 블러의 방향으로 찾는다.

또한 트랙으로 표현되는 연속된 점들의 길이를 측정하면 모션 블러의 크기를 추출할 수 있다. 길이 측정을 위해 트랙을 움직임의 방향으로 각각의 이웃하는 픽셀간의 차이 값을 구하면 부호가 서로 반대인 값이 트랙의 양쪽 끝 점에서 나타난다. 블러 이미지를 이와 같은 방법으로 미분한 후에 모션의 방향으로 Autocorrelation 연산을 적용하면 ACF(Autocorrelation Function)의 원점으로부터 블러의 크기만큼 떨어진 위치에 최소값이 나타 날수 있고 이 거리를 측정하면 블러의 크기를 측정할 수 있다[10].

블러된 이미지에 발생하는 트랙은 한 점으로 구성된 오브젝트가 블러되어 생기기도 하지만 동일한 색의 여러 점으로 구성된 오브젝트가 블러되어 생기기도 한다. 동일한 색의 여러 점으로 구성된 오브젝트가 블러되어 생기는 트랙의 형태는 두 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 오브젝트가 블러의 크기보다 작은 경우이고 두 번째는 오브젝트가 블러의 크기보다 큰 경우이다.

그림 2(b)는 원본 이미지(그림 2(a))의 오브젝트의 크기가 블러 크기보다 작은 경우의 모션 블러 이미지이고 그림 3(b)는 원본 이미지(그림 3(a))의 오브젝트의 크기가 블러 크기보다 큰 경우의 모션 블러 이미지이다. 그림 2(c)와 그림 3(c)는 그림 2(b)와 그림 3(b)를 각각 미분한 결과를 나타낸 그림이다. 그림 2와 그림 3의 각각 모션 블러된 이미지와 미분이미지의 표현된 형태는 비슷하지만 실제 블러의 크기는 다르다. 그림 2(c)와 그림 3(c)에서 트랙의 양쪽 끝에 위치한 값들은 서로 반대의 부호로 나타나는데 그림

2(c)에서는 반대 부호를 갖는 픽셀들 간의 거리인 P_2 가 블러의 크기를 나타내고 P_1 이 오브젝트의 크기를 나타낸다. 반면에 그림 3(c)에서는 첫 번째 형태의 트랙과 달리 Q_2 가 오브젝트의 크기를 나타내고 Q_1 이 블러의 크기를 나타낸다. Yitzhaky의 방법[8]은 반대 부호를 갖는 픽셀들 간의 거리인 P_2 와 Q_2 의 크기를 측정하는 방법이다. 따라서 그림 2(b)의 블러의 크기는 정확히 추출하지만 그림 3(b)의 블러의 크기는 정확히 추출하지 못한다.

이 점에 착안하여 미분 이미지에서 새로 생성된 트랙의 길이를 측정하기 위해 미분이미지를 한 번 더 미분한다. 미분이미지를 한 번 더 미분을 하고 ACF를 적용하면 원본 이미지의 오브젝트의 크기와 블러 이미지에 적용된 블러의 크기를 동시에 알 수 있다.

실제 이미지인 경우 대부분 한 이미지 내에 다양한 크기의 오브젝트들이 존재한다. 따라서 이미지 전체적으로 적용된 블러의 크기가 동일하다면 ACF를 적용한 결과 그래프에서 오브젝트의 크기는 다양한 값으로 산재해서 나타나고 블러의 크기는 동일한 곳에 누적되므로 원점으로부터 블러의 크기만큼 떨어진 위치에서 최소값이 나타난다. 따라서 오브젝트 크기와 블러의 크기에 상관없이 블러 이미지에 적용된 블러의 크기를 정확히 찾는다. 그림 1은 제안 방법의 전체 과정을 나타낸 그림이다.

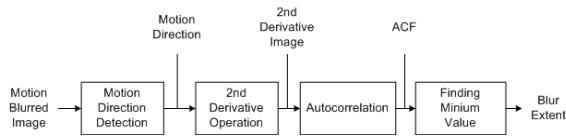


그림 4. 제안 방법 전체 구조도

3. 실험

본 장에서는 2가지 종류의 실험을 통해 제안한 방법의 효용성을 검증한다. 첫 번째 실험에서는 식 (1)과 같이 블러 함수와 노이즈 함수를 이용하여 블러 효과를 적용한 이미지로부터 제안된 방법과 Yitzhaky의 방법을 이용하여 블러의 크기를 추출하고 추출결과를 비교하여 효용성을 검증한다. 두 번째 실험에서는 실제 카메라 모션 블러 이미지로부터 제안된 방법과 Yitzhaky의 방법을 이용하여 블러의 크기를 추출하고 추출결과를 비교하여 효용성을 검증한다.

표 1은 블러 함수를 이용하여 블러 효과를 적용한 11개의 이미지들로부터 Yitzhaky의 방법과 제안된 방법으로 블러의 크기를 추출한 결과를 표로 나타낸 것이다. 표 1을 보면 A 이미지의 경우 실제 블러 함수의 블러 크기가 5 픽셀이고 제안방법을 적용한 결과도 5 픽셀의 블러의 크기를 측정하는 반면 Yitzhaky 방법은 27 픽셀의 블러의 크기를 측정한다. J와 K는 약 10dB의 정규분포를 갖는 랜덤 노이즈를 추가한

이미지로 다른 이미지에 비해 심한 노이즈를 갖는다. 이러한 경우 두 방법 모두 정확한 블러의 크기를 찾지 못 할 수도 있다. 하지만 대체적으로 제안방법이 Yitzhaky 방법에 비해 정확한 블러의 크기를 찾아내었다.

표 1. 블러 함수를 이용하여 블러 효과를 적용한 이미지로부터 Yitzhaky 방법과 본 논문에서 제안하는 방법으로 블러의 크기를 추출한 결과 비교

이미지	실제 블러 크기	Yitzhaky 방법	제안 방법
A	5	27	5
B	5	18	5
C	8	8	8
D	10	27	10
E	10	22	10
F	11	12	11
G	11	16	11
H	21	21	21
I	30	34	30
J	11	1	8
K	34	1	1

두 번째 실험으로 실제 카메라 모션 블러 이미지로부터 모션 블러 방향으로 제안된 방법과 Yitzhaky의 방법을 이용하여 블러의 크기를 추출하고 추출결과를 비교하여 효용성을 검증한다. 표 2는 실제 카메라 모션에 의해 생긴 9개의 모션 블러 이미지로부터 Yitzhaky의 방법과 제안된 방법으로 블러의 크기를 추출한 결과를 표로 나타낸 것이다. 표 2에서 실제 블러 크기는 촬영된 이미지에 블러의 크기를 알기 위해 촬영대상의 일부 지역에 작은 점을 찍어놓고 촬영하여 그 점이 움직인 거리를 육안으로 확인하여 측정하였다. 실제 블러 크기의 측정 오차는 ± 2 를 넘지 않는다.

표 2을 보면 B 이미지의 경우 실제 블러 함수의 블러 크기가 16 픽셀이고 제안방법을 적용한 결과도 16 픽셀의 블러의 크기를 측정하는 반면 Yitzhaky 방법은 79 픽셀의 블러의 크기를 측정한다. H와 I는 약 10dB의 노이즈가 발생된 이미지로 다른 이미지에 비해 심한 노이즈를 갖는다. 이러한 경우 두 방법 모두 정확한 블러의 크기를 찾지 못 할 수도 있다. 본 실험에서도 제안된 방법은 첫 번째 실험과 같이 대체적으로 Yitzhaky의 방법과 동일하거나 더 높은 정확성을 나타내었다.

표 2. 실제 카메라 모션 블러 이미지로부터 Yitzhaky 방법과 본 논문에서 제안하는 방법으로 블러의 크기를 추출한 결과 비교

이미지	실제 블러 크기	Yitzhaky 방법	제안 방법
A	12	14	12
B	16	79	16
C	17	27	17
D	23	23	23
E	26	27	26
F	29	427	29
G	34	34	34
H	10	6	7
I	77	1	1



4. 결론

본 논문에서는 Yitzhaky의 블러 방향을 찾는 방법을 이용해 방향을 찾고 오브젝트 크기와 블러의 크기에 상관없이 모션 블러된 이미지로부터 블러의 크기를 추출하는 방법을 제안하였다. 제안 방법의 효용성을 검증하기 위하여 실제 카메라 모션 블러 이미지들로부터 제안 방법과 기존의 방법을 이용하여 블러의 크기를 추출하는 실험을 하였다. 실험 결과 제안 방법은 기존의 방법으로 정확한 블러의 크기를 추출하는 이미지에서 동일한 블러의 크기를 추출하였고 기존의 방법에서 정확한 블러의 크기를 추출하지 못하는 이미지에서도 실제 블러의 크기에 근접한 블러의 크기를 추출하였다. 또한 측정된 블러 크기를 이용하여 블러 이미지들을 복원함으로써 제안 방법의 효용성을 검증하였다.



참고문헌

[1] http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_blur.
 [2] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley, 1993.
 [3] M. Cannon, "Blind deconvolution of spatially invariant image blurs with phase," IEEE Trans. Acoustics, Speech Signal Process. Vol.24, No.1, pp.

58-63, February 1976.

[4] J. Biemond, "Iterative methods for image deblurring," Proceedings of the IEEE, Vol. 78, Issue 5, pp. 856-883, 1990.
 [5] S. C. Som, "Analysis of the effect of linear smear on photographic images," J. Optical Society of America, Vol.61, pp. 859-864, 1971.
 [6] O. Hadar, S. R. Rotman, and N. S. Kopeika, "Target acquisition modeling of forward-motion considerations for airborne reconnaissance over hostile territory," Optical Engineering, Vol.33, pp. 3106-3117, 1994.
 [7] W. T. Freeman and E. H. Adelson, "The design and use of steerable filters," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.13, Issue 9, pp. 891-906, September 1991.
 [8] I. M. Rekleitis, "Steerable filters and cepstral analysis for optical flow calculation from a single blurred image," In Vision Interface, pp. 159-166, May 1996.
 [9] I. M. Rekleitis, "Visual motion estimation based on motion blur interpretation," Master's thesis, School of computer Science, McFill University, Montreal, Quebec, Canada, 1995.
 [10] Y. Yitzhaky and N. S. Kopeika, "Identification of Blur Parameters from Motion Blurred Images," CVGIP: Graph. Models Image Process. Vol.59, pp. 321-332, 1997.
 [11] R. Fergus, B. Singh, A. Hertzmann, S. T. Roweis, and W. T. Freeman, "Removing Camera Shake From A Single Photograph," ACM Transaction on Graphics, Vol.25, Issue 3, pp. 787-794, July 2006.
 [12] R. Raskar, A. Agrawal, and J. Tumblin, "Coded Exposure Photography: Motion Deblurring Using Fluttered Shutter," ACM Transactions on Graphics, Vol.25, Issue 3, pp. 795-804, July 2006.