

영상 합성 기반 피사계심도 확장을 위한 초점 정량화 연구

*차수람, **신남주, ***김정태

이화여자대학교 전자공학과

*sr3697@ewhain.net

cielo05@ewhain.net, *jtkim@ewha.ac.kr.

A study on the focus measure for image blending based EDoF (Extended Depth of Field)

Cha Su Ram, Shin Nam Ju, Kim Jeong Tae

Electronic engineering department, Ewha Womans University

요 약

렌즈의 피사계심도 (Depth of Field)가 낮은 카메라로 영상을 획득 했을 때, 한 영상 내에도 in-focus 영역과 out-of-focus 영역이 동시에 존재하게 된다. 따라서 영상을 복원하기 위해 in-focus 영역과 out-of-focus 영역을 구분하는 focus measure 가 필요하게 된다. 기존 focus measure 알고리즘은 획득된 영상의 intensity 값의 절대적인 변화나 고주파수 성분 값에 따라 in-focus 와 out-of-focus 를 결정하기 때문에 out-of-focus 영역이 smooth 하지 않을 경우에는 in-focus 영역이라 잘못 판단할 수 있을 뿐만 아니라 잡음에 민감한 단점을 가진다. 본 논문에서는 기존 알고리즘의 한계점을 보완하는 연구 방향을 제시한다.

1. 서론

피사계심도가 낮은 카메라로 영상을 획득 했을 때, 한 영상 내에도 in-focus 영역과 out-of-focus 영역이 동시에 존재하게 된다. 따라서 획득된 영상의 모든 영역이 in-focus가 되기 위한 다양한 기술이 제안되어 왔다. 크게 광학의 원리를 이용하여 특수한 렌즈를 사용하는 방법 [1], 또는 획득된 영상의 영상처리 과정을 통해 피사계심도를 확장하는 방법 등이 있다 [2]. 그러나 특수한 렌즈를 사용하는 방법은 렌즈 제작에 물리적인 어려움이 따르는 단점을 가지고 있고 [1], in-focus와 out-of-focus 영역을 나누어 피사계심도를 확장하기 위한 기존에 제안된 알고리즘은 획득된 영상의 intensity 값의 절대적인 변화 또는 고주파수 성분 값에 따라 in-focus와 out-of-focus를 결정하기 때문에 focus measure가 잡음에 민감할 뿐만 아니라 out-of-focus 영역에 intensity의 변화가 크거나 in-focus 영역에 flat한 부분이 많을 경우, in-focus를 out-of-focus 또는 그 반대로 잘못 판단하는 오류가 생긴다. 본 논문에서는 in-focus와 out-of-focus를 구분해서 영상을 합성하여 피사계심도를 확장하는 기존 알고리즘을 분석하고 기존 알고리즘의 한계점을 극복할 수 있는 새로운 연구 방향을 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 기존에 제안된 focus measure 알고

리즘을 설명한 후 제안하는 알고리즘을 설명하고 비교 분석하여 결론을 맺겠다.

2. 관련 연구

기존에 제안된 피사계심도 확장 알고리즘은 대부분 그림 1과 같이 in-focus와 out-of-focus로 분류한 focus measure로 in-focus에는 획득된 영상을, out-of-focus는 전체 영상에 복원한 결과 영상을 합성하여 피사계심도를 확장하는 방법을 이용한다.

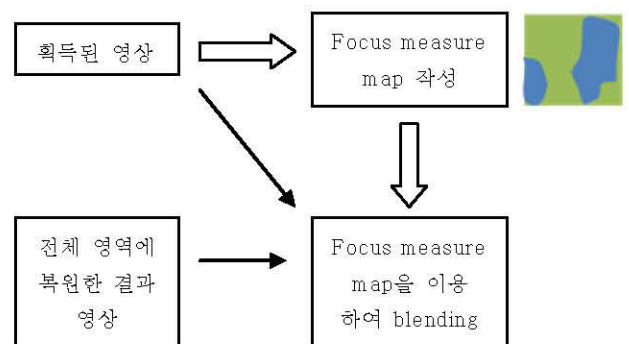


그림 1 EDoF를 위한 기존 알고리즘의 flow chart

그러므로 피사체심도를 확장하기 위해서는 focus의 정도를 정량화 할 수 있는 방법이 필요하다.

2.1 Gradient magnitude sum

Gradient magnitude sum의 값을 이용해 focus measure를 하는 방법은 카메라의 AF(Auto Focus) 모듈에서 간단하게 쓰는 알고리즘으로써, in-focus 영역의 gradient 크기의 합이 out of-focus 영역에 비해 클 것이라는 전제하에 만들어진 focus measure이다. 획득된 영상의 local gradient의 크기의 합으로 만들 수 있고 식 (1)과 같다[3].

$$\alpha(x,y) = \sum_{(x,y) \in S} |\nabla f(x,y)| \quad (1)$$

f 는 획득된 영상이고 $|\nabla f(x,y)|$ 는 gradient의 크기를, S 는 local 영역을 의미하고 위의 식을 통해 영상 합성에 사용되는 $\alpha(x,y)$ 을 만들 수 있다.

2.2 SML (Sum Modified Laplacian)

SML은 Nayer에 의해 제안된 알고리즘으로 라플라시안 미분 연산을 변형한 식으로 식 (2)와 같이 쓸 수 있다 [4].

$$\nabla^2 f(x,y) = \sqrt{\left(\frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2}\right)^2 + \left(\frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2}\right)^2} \quad (2)$$

$$\alpha(x,y) = \sum_{(x,y) \in S} \nabla^2 f(x,y)$$

$\nabla^2 f(x,y)$ 는 x 와 y 축으로 각각 두 번 미분한 것의 magnitude를 의미하며 획득된 영상의 local 영역을 SML으로 계산하여 $\alpha(x,y)$ 을 얻을 수 있다. 라플라시안 연산은 고주파수 성분을 측정할 수 있는 measure로써 in-focus 영역이 out of-focus 영역에 비해 고 주파수 성분을 더 많이 가지고 있을 것이라는 전제하에 만들어진 focus measure이다.

2.3 Minimum entropy

In-focus영역일수록 entropy값이 작을 것이라는 가정으로 auto focusing하는 focus measure는 레이더 이미징(Radar imaging) 관련 연구에 많이 사용되는 방법이며 식 (3)과 같다[5].

$$\alpha(w,v) = - \sum_{(w,v) \in T} D(w,v) \ln[D(w,v)], \quad \text{where } (w,v) \in T$$

$$D(w,v) = \frac{|F(w,v)|^2}{\sum_w \sum_v |F(w,v)|^2} \quad (3)$$

$$F(w,v) = FT(f(x,y)), \quad \text{where } (x,y) \in S$$

$F(w,v)$ 는 획득된 영상의 local 영역을 푸리에 변환한 것을 의미하고 $F(w,v)$ 를 normalize한 식은 $D(w,v)$ 이며,

주파수 도메인상의 local 영역 T 영역의 $D(w,v)$ 를 entropy 식에 적용하여 focus measure 들 할 수 있는 $\alpha(w,v)$ 을 얻을 수 있다.

2.4 Local variance

Local variance를 이용하여 만든 focus measure는 in-focus 영역이 out-of-focus 영역에 비해 영상의 intensity의 변화가 더 많았음을 가정한 것이고 식 (4)와 같이 정의된다[2].

$$\alpha(x,y) = \frac{1}{1 + \sigma v(x,y)}$$

$$v(x,y) = \frac{1}{MN} \sum_{(x,y) \in S} (f(x,y) - m_y)^2 \quad (4)$$

$$m_y = \frac{1}{MN} \sum_{(x,y) \in S} f(x,y)$$

m_y 는 획득된 영상의 local 영역의 평균 값이며 $v(x,y)$ 는 분산 값을 의미한다. $v(x,y)$ 에 tuning 파라미터 σ 를 적용하여 focus measure를 $\alpha(x,y)$ 과 같이 만들 수 있다.

3. 기존 알고리즘 개선 방향

기존에 제안된 focus measure 알고리즘은 획득된 영상만의 절대적인 intensity 변화나 고주파수 성분 값에 의존하기 때문에 out-of-focus 영역이 원래 intensity 변화가 컸거나 in-focus 영역이 flat region일 경우에는 오류가 생길 수 있다. 그뿐만 아니라 잡음에도 민감하다는 단점을 가지고 있다. 따라서 잡음과 영상 특성 변화를 감안한 focus measure를 설계하는 연구가 필요하다.

4. 실험 결과 및 분석

Nikon D80의 IF 28~75mm 1:2.8 렌즈로 2592×1728 사이즈인 실험영상을 획득했고, 배경에 초점을 맞추어 전경의 피사체가 블러된 영상은 그림 2와 같다.



그림 2 (좌): 실험영상, (우): 확대한 영상

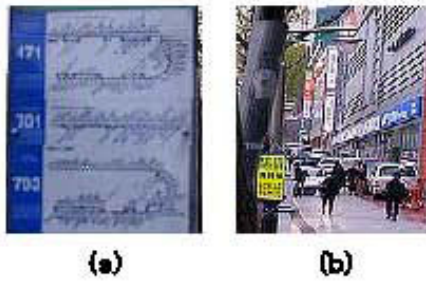


그림 3 위너 필터링 된 영상 (a): 전경 (b): 배경



그림 4 (a) (b) 2.1 방법을 이용하여 복원한 영상

- (c) (d) 2.2 방법을 이용하여 복원한 영상
- (e) (f) 2.3 방법을 이용하여 복원한 영상
- (g) (h) 2.4 방법을 이용하여 복원한 영상
- (i) (j) 기존 알고리즘을 개선하여 복원한 영상

Gradient magnitude map, SML, minimum entropy를 이용하여 만든 focus measure를 적용한 결과는 그림 4의 (a)-(f)의 예시도 볼 수 있듯이 분명하므로, out-of-focus 영역인 전경은 복구가 되었으나 in-focus영역인 배경은 artifact가 생겼음을 알 수 있다. 이것은 focus measure가 in-focus, out-of-focus를 나누기에는 적절하지 않은 measure임을 알 수 있다. 또한 local variance를 기반으로 만든 focus measure를 적용한 그림 4의 (g)(h)는 in-focus 영역이었던 배경은 최우선 영상을 적용함을 확인할 수 있지만, out-of-focus 영역인 전경에 intensity의 변화가 있기 때문에 in-focus로 잘못 판단하여 복원이 잘 되지 않았음을 확인할 수 있다. 이에 반해 그림 4의 (i)(j)는 in-focus인 배경을 보존하고, out-of-focus인 전경만 복원하여 기존 알고리즘을 개선하여 복원 했음을 알 수 있다.

5. 결론

최우선 영상에 in-focus 영역과 out-of-focus영역 모두 존재한 영상을 복원하고자 할 때, in-focus out-of-focus를 구분하는 효과적인 focus measure를 설계할 필요가 있다. 최우선 영상의 절대적인 gradient나 variance, entropy 값을 이용하여 설계된 기존 focus measure는 한계점을 가지기 때문에 최우선 영상의 주파수 성분과 최우선 영상 전체를 복구한 영상의 주파수 성분간의 상대적인 비율에 의해 focus measure를 제한했으며 이는 기존 알고리즘에 비해 의사제심도를 확장하여 영상을 개선시켰음을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

6. 참고문헌

- [1] Gonzalo Muyo, Andrew R Harvey, "Wavefront coding for thermalization of infrared imaging systems," *Electro-optical and infrared systems: technology and applications*, PROC, SPIE 5612, pp227-235, 2004
- [2] Sangjin Kim, "Real-Time Bayer-Dmain Image Restoration for an Extended Depth of Field Camera", *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol.55, No.4, Nov, 2009
- [3] Gonzalez and Woods, "Digital Image Processing", 2nd edition, Prentice-Hall, 2004
- [4] S. K. Nayer and Y. Nakagawa "Shape from focus", *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.16, pp.824-831, Aug, 1994
- [5] Pan Cao, Mengdao Xing, "Minimum Entropy via Subspace for ISAR Autofocus", *IEEE Geoscience and Remote sensing letters*, vol.7, No.1, Jan, 2010