

인근 픽셀 차이 값의 분산(VOD)을 이용한 자동 초점 조절 알고리즘

이 형 근, 노 경완, 김 충원

조선대학교 컴퓨터 공학과

광주광역시 동구 서석동 375번지 (우편번호 : 501-759)

Auto-focus Algorithm Using Variance of Difference (VoD) of Adjacent Pixels

Hyoungkeun Lee, Kyeongwan Roh, Choongwon Kim

Dept. of Computer Engineering, Chosun University

#375, Seoseok-dong, Dong-gu, Kwangju 501-759

Tel) 82-62-224-8666, Fax) 82-62-224-5777

afocus@hanmail.net, archmul@chollian.net

Abstract

In this paper, we propose a new auto focus algorithm using variance which estimate spread characteristic of image. In the proposed algorithm, the focus value is calculated via variance of difference between two adjacent pixels. This algorithm, we propose, show much more sharp focus curve than any other algorithms. It is shown experimentally that the proposed auto focus algorithm can be a efficient alternative to existing Tenengrad-based auto focusing algorithms.

1. 서 론

초점이 잘 맞은 영상은 초점이 맞지 않은 영상에 비해 많은 정보를 포함하고 있으므로 카메라로부터 입력된 정보의 정확한 해석을 위해서는 초점이 잘 맞는 영상의 획득이 필수적이다. 이러한 필요에 의해서 그동안 많은 자동 초점 조절 알고리즘이 개발되어 응용되고 있다. 카메라의 자동 초점 조절은 크게 능동형과 수동형으로 나눌 수 있다. 능동형 방식은 초음파나 적외선이 피사체로부터 반사되는 성질을 이용하므로 야간에도 초점을 맞출 수 있다는 장점은 있으나 거리에 제한이 있고 거리 측정의 정밀도가 떨어지며 거리 측정을 위한 부가적인 장치가 있어야 한다는 문제점이 있다. 수동형 방식은 디지털 영상처리 기술의 발전으

로 CCD 카메라로부터 얻은 영상을 분석하여 초점조절에 유용한 초점값을 얻는 것으로 최근 많은 연구가 이루어지고 있으며 본 논문의 알고리즘도 여기에 속한다. 이러한 수동형 자동 초점 조절 방식은 초점이 맞지 않는 영상의 흐림 현상에 대한 주파수 특성을 분석하기 위하여 흐림 현상의 모델들을 이용한다.

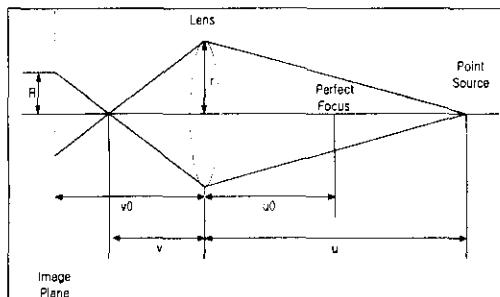
일반적으로 흐림 현상의 모델에서는 카메라로 촬영된 영상이 흐림이 심 할수록 낮은 주파수를 갖는 저대역 필터를 통과한 영상과 유사하다는 것을 보여주고 있다. 즉 초점이 맞는 영상은 흐림이 심한 영상과 비교하여 고주파 성분을 더 많이 포함하고 있다. 따라서 흐림 현상 모델을 이용하여 영상의 고주파 영역에서의 에너지를 합하여 초점값으로 사용하는 초점 조절 방식들이 일반적으로 많이 쓰인다.[1-3]

본 논문에서는 영상의 고주파 성분을 추정하는 효과를 가지는 인근 픽셀 차이의 분산을 이용한 자동 초점 조절 알고리즘을 제안하였다. 이것은 일련의 연속되는 프레임에서 윈도우를 구성하고 윈도우 영역에서 인근 픽셀과의 차이값에 대한 분산을 이용하여 프레임을 대표하는 초점값을 계산하여 기존의 알고리즘에 비하여 날카로운 초점 곡선을 구할 수 있었다.

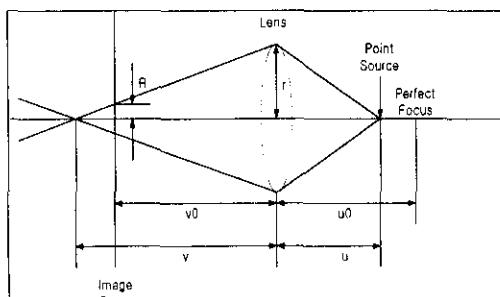
2. 확산원 이론

초점이 맞지 않는 흐림 현상은 이미지평면이 피사체의 거리에 대하여 적합한 위치에 있지 않을 때 발생한다. 이것은 피사체 표면의 점이 피사체 위의 한 점에

대응되지 않고 확산되기 때문이다. 이 확산은 점광원이 원으로 투영되는 현상으로 근사할 수 있다. 이 원을 확산원이라 하며 이 확산원의 크기를 계산하여 확산원이 최소가 되는 지점을 찾는 것이 초점을 맞추는 가장 이론적인 방법이다. 그러나 확산원 크기를 측정한다는 것은 대단히 복잡한 계산 과정을 거쳐야 하기 때문에 실시간 처리가 필수적인 자동 초점 조절에서는 효과적으로 사용할 수 없다. 이러한 확산원 이론은 아래 Fig. 1에서 도해적으로 나타내고 있다.



a) 물체의 위치가 합초점 위치보다 먼 경우



b) 물체의 위치가 합초점 위치보다 가까운 경우

Figure 1. 기하 광학에서의 확산원

Fig. 1에서 v 는 초점 거리이고 v_0 는 이미지 평면과 렌즈 사이의 거리이다. u 는 물체와 렌즈 사이의 거리이다. 위의 3가지 요소가 초점에 영향을 주며 이 중 하나만 변하여도 초점이 변하는 결과를 낳는다. 이와 같이 초점에 영향을 줄 수 있는 요인은 3가지이지만 일반적인 촬영환경에서 물체와 렌즈 사이의 거리(u)를 조절할 수는 없으며 초점 거리(v)를 바꾸게 되면 배율이 달라지므로 이 두 가지는 고정된다고 보고 렌즈와 이미지 평면 사이의 거리(v_0)를 조절하는 것으로 초점을 맞추게 되며 일반적인 수동형 자동 초점 조절 방법이다. 본 논문에서 사용하는 방법도 이에 한정한다. Fig. 1-a)는 물체가 초점이 맞는 위치보다 뒤에 있기 때문에 포인트 소스가 반지를 R 인 확산원으로 투영되며 Fig. 1-b)의 경우는 물체가 초점이 맞는 위치보다 앞에 있기 때-

문에 포인트 소스가 반지를 R 인 확산원으로 투영되는 것이다. 확산원의 반지름 R 의 크기에 따라 인근 픽셀에 미치는 범위가 달라지며 이러한 영향으로 인해 영상의 픽셀 값들의 분포가 비슷해지며 영상이 전체적으로 풍글해지는 현상이 발생한다. 이러한 현상을 해석하기 위해 본 논문에서는 픽셀 분포의 산포 정도나 콘트라스트 정도를 해석하는데 이용되는 분산을 사용하였다.

3. 자동 초점 조절 알고리즘

본 장에서는 먼저 영상 처리에 의한 자동 초점 조절의 기본 원리를 소개하고, 고주파 성분을 최대가 되도록 하는 기준의 알고리즘과 초점 곡선을 중심으로 비교하고자 한다. 영상처리에 의한 자동 초점 조절의 기본 목표는 정확한 초점값을 구하기 위해 CCD 카메라의 초점 렌즈를 일정하게 움직여서 획득한 영상으로부터 초점값을 구하여 값이 최대가 되는 영상을 구하는 데 있다. Fig. 2는 초점 곡선의 예를 보여준다.

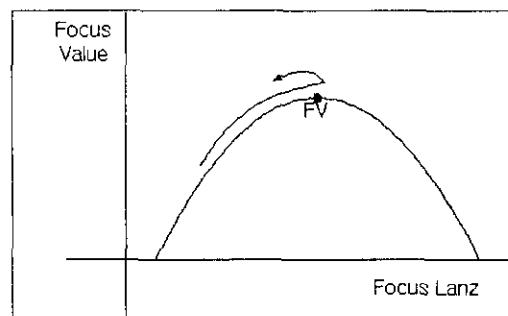


Figure 2. 초점 곡선의 예.

초점값이 커지는 쪽으로 계속 이동하다가 그 값이 감소하면 이전 위치가 최대라고 판단하고 이전의 위치로 이동한 다음 정지한다. 만약 처음에 이동했을 때 초점값이 감소했다면 그 반대 방향으로 추적을 한다. 따라서 자동초점조절 알고리즘이 좋은 성능을 갖기 위해서는 초점이 맞는 위치에서 초점 곡선이 예리함을 가지고 있어야 하며, 초점이 많지 않는 곳에서도 초점 렌즈의 원활한 이동을 위하여 초점 곡선은 적당한 기울기를 갖고 있어야 한다. 제안하는 알고리즘과 성능비교를 위해 기본의 대표적 자동 초점 조절 알고리즘을 소개하고 제안하는 알고리즘을 소개하고자 한다.

$$\nabla g(x, y) = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial g}{\partial x} \\ \frac{\partial g}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (1)$$

대표적인 자동 초점 조절 알고리즘인 Tenengrad 방식은 초점 정도를 평가하기 위하여 식(1)과 같이 영상의 각 화소에서 수직 수평 방향의 그래디언트 크기를 누적하여 흐림 정도를 결정할 수 있다.

이산영역에서 그래디언트 크기를 계산하기 위해서 Sobel 연산자를 이용하면 식(2)와 같다.

$$\begin{aligned} G_x &= g(x-1, y+1) + g(x+1, y+1) - \\ &\quad g(x-1, y-1) - g(x+1, y-1) + \\ &\quad 2g(x, y+1) - 2g(x, y-1) \\ G_y &= g(x+1, y-1) + g(x+1, y+1) - \\ &\quad g(x-1, y-1) - g(x-1, y+1) + \\ &\quad 2g(x+1, y) - 2g(x-1, y) \end{aligned} \quad (2)$$

연속하는 일련의 프레임에서 $\nabla g(x, y)$ 의 크기를 구하고 $\nabla g(x, y)$ 이 가장 큰 위치를 초점이 맞는 위치로 간주한다. 영상에서 고주파 성분의 크기를 알아내는 또 하나의 방법으로 라플라시안을 들 수 있다. 여기에서 라플라시안 연산자는 식(3)과 같다.

$$\nabla^2 g(x, y) = \frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial y^2} \quad (3)$$

이외에도 Nayer는 라플라시안 필터를 개량하여 수평, 수직 방향의 이차 미분값의 절대값을 구하는 방법으로써 변형된 라플라시안을 제안하였고 Javis에 의해 고안된 SMD방법 등이 있다.[4,5] 대부분의 자동 초점 조절 알고리즘들은 공간주파수 영역에서 에너지의 합이 최대가 되는 지점을 찾아 초점값을 사용한다. 제안하는 알고리즘은 공간에너지가 최대가 되는 지점을 찾기 위해 인근 픽셀 값의 차이의 분산값을 사용하였다. 인근 픽셀 값의 차이는 그래디언트를 추정하는 효과를 가지며 이들의 분산을 구함으로써 더욱 날카로운 초점곡선을 구할 수 있었다. 입력되는 일련의 영상 프레임에서 일정한 크기의 윈도우를 구성하고 윈도우 전체의 수직 수평 방향의 인근 픽셀 차이 값을 구하고 이들의 분산을 구하였다.

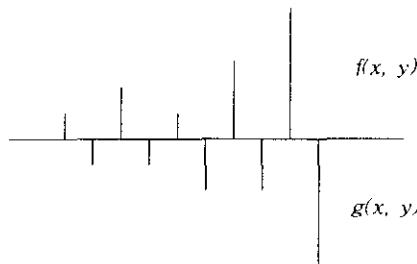


Figure 3. 인접 픽셀 차이 $g(x, y)$

인접 픽셀 값들의 차이를 수직, 수평 방향으로 구하면 식(4)와 같다.

$$\begin{aligned} g_1(x, y) &= f(x, y) - f(x+1, y) \\ g_2(x, y) &= f(x, y) - f(x, y+1) \end{aligned} \quad (4)$$

각각의 방향으로 인근 픽셀의 차이에 대한 분산을 구하면 식(5)와 같다.

$$\begin{aligned} \sigma_1^2 &= \frac{1}{N^2} \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^N [g_1(x, y) - \mu]^2 \\ \sigma_2^2 &= \frac{1}{N^2} \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^N [g_2(x, y) - \mu]^2 \end{aligned} \quad (5)$$

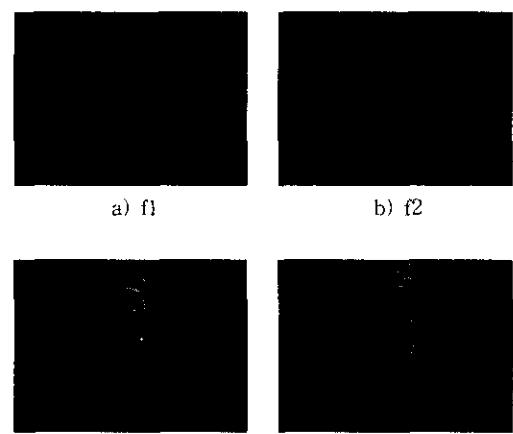
인근 픽셀의 차이에 대한 분산의 수평, 수직 방향의 값을 더하여 식(6)과 같은 초점값을 구할 수 있다.

$$FV = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 \quad (6)$$

일반적으로 생각할 수 있는 초점값의 성능 평가 기준으로 최대치 위치의 예리함을 들 수 있는데 제한하는 알고리즘은 기존의 알고리즘과 비교하여 가장 날카로운 초점 곡선을 얻을 수 있었다.

4. 실험

본 논문에서 제안한 알고리즘을 통해 시뮬레이션된 결과는 Fig. 4와 같은 다양한 초점 값을 갖는 영상과 Fig. 4와 같은 그래프를 보이고 있다. 또한 Fig. 5에는 제안한 알고리즘과 기존의 방법들의 초점값 그래프를 비교하여 나타낸 것으로 제안한 방법에서 현저하게 정확한 초점을 구할 수 있음을 보였다.



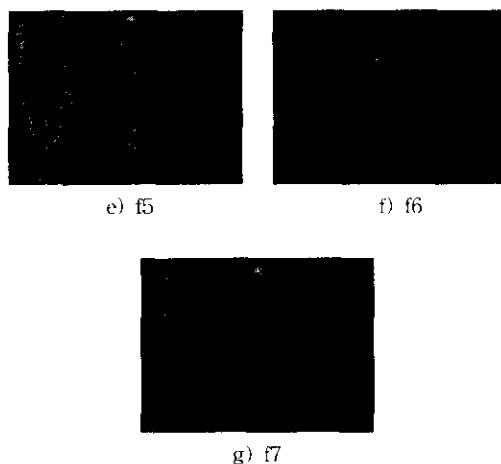


Figure 4. Test images

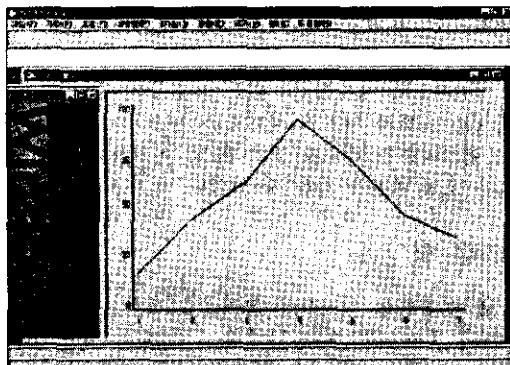


Figure 5. 제안한 방법으로 얻은 초점값 그래프

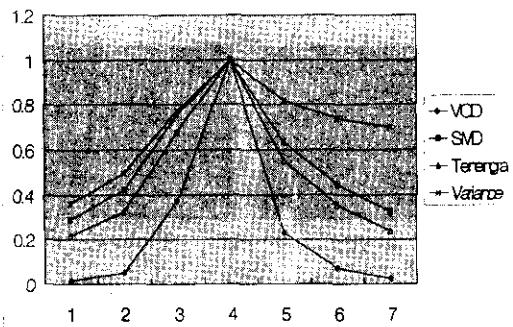


Figure 6. 기존 알고리즘과의 비교

5. 결론

본 논문에서는 비디오 카메라의 자동 초점 조절을 위한 효과적인 자동 초점 조절 알고리즘을 제안하였

다. 본 논문에서는 흐림 현상의 근본 원인인 확산원에 대해서 살펴보고 기존의 자동 초점 조절 방식을 소개하였다. 그리고 제안하는 인근 픽셀 차이 분산을 이용한 자동 초점 조절 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 방식과 기존 방식에 대하여 실험을 통한 초점 곡선의 특성을 비교하여 자동 초점 조절의 성능을 평가하였다. 실험 결과에서 제안하는 방식으로 얻어진 초점 곡선의 특성이 초점이 맞아 가는 위치에서 기존 방식보다 예리함을 보여주어 제안하는 방식이 기존 방식보다 좋은 성능을 가지고 있음을 확인하였다. 추후 연구 과제로는 제안한 알고리즘을 실제 하드웨어에 적용하고 또한 본 연구의 확장으로서 자동 초점조절을 이용하여 편하게 심도가 부한대인 영상 획득에 대해 연구하고자 한다.

References

- [1] Seong-Ik Jang, Jaekyung Chong, Yongman Lee, Keewook Chung, Wonchan Kim, and Choong-Woong Lee, "A Real-Time Identification Method on Motion and Out-of-Focus Blur for a Video Camera," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol 40, No. 2, PP. 145-153, May 1994.
- [2] Hideo Toyoda, Shoji Nishikawa, Yoshinori Kitamura, and Misami Onishi, "New automatic Focusing System for Video Cameras," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol CE-32, No. 3, pp. 312-319, Aug.1986.
- [3] Je-Ho Lee, Kun-Sop Kim, Bung-Deok Nam, Jae-Chon Lee, Yong-Moo Kwon, and Hyoung-Gon Kim, "Implementation of A Passive Automatic Focusing Algorithm for Digital Still Camera," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol 41, No. 3, pp. 449-455, Aug.1995.
- [4] Sung-Hee Lee, Hu-Hyun Kim, Byung-Tae Choi, Sung-Jea Ko, "Autofocusing Algorithm for Video Camera using the Difference of Medians," *The Journal of The Korean Institute of Communication Sciences*, Vol 23, No. 1, pp. 41-49, Jan.1998.
- [5] Seong-Ik Jang, "A Focusing Algorithm and Its implementation Using Digital Image Processing," *Seoul National University*, A Thesis for a Doctorate, pp. 1-129, Aug.1995.