

논문 2011-48SP-2-9

잡음에 강인한 초점 값을 이용한 피사체 중심의 자동초점 알고리즘

(Subject Region-Based Auto-Focusing Algorithm Using Noise Robust
Focus Measure)

전 재 환*, 윤 인 혜*, 이 진 희*, 백 준 기**

(Jaehwan Jeon, Inhye Yoon, Jinhee Lee, and Joonki Paik)

요 약

본 논문은 잡음에 강인한 초점 값을 이용한 피사체 중심의 자동초점 알고리즘을 제안한다. 제안된 방법은 영상의 엔트로피를 이용하여 피사체가 존재하는 영역을 자동으로 추정함으로써, 배경에 의해 잘못된 자동초점 결과를 얻는 문제점을 개선하였다. 또한 이산 코사인 변환 계수를 분석하여 새로운 초점 값 계산 방법을 제안하였고, 실험결과를 통해 기존의 알고리즘에 비해 제안된 방법이 가우시안 잡음과 임펄스 잡음이 있는 경우에도 초점 값 특성이 강인함을 검증하였다. 제안하는 자동초점 알고리즘은 지능형 감시 시스템의 팬-틸트-줌 카메라 등에 적용 가능하다.

Abstract

In this paper we present subject region-based auto-focusing algorithm using noise robust focus measure. The proposed algorithm automatically estimates the main subject using entropy and solves the traditional problems with a subject position or high frequency component of background image. We also propose a new focus measure by analyzing the discrete cosine transform coefficients. Experimental results show that the proposed method is more robust to Gaussian and impulse noises than the traditional methods. The proposed algorithm can be applied to Pan-tilt-zoom (PTZ) cameras in the intelligent video surveillance system.

Keywords : 자동초점, 초점영역 선택, 초점 값 계산, 엔트로피, 이산코사인변환

I. 서 론

2000년도 초기에 100만화소로 시작된 디지털 카메라

* 학생회원, ** 평생회원-교신저자, 중앙대학교 첨단영상대학원

(Dept. of Image Engineering, Graduate School of Advanced Image Science, Multimedia, and Film, Chung-Ang University)

※ 본 연구는 지식경제부, 방송통신위원회 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신) [UHD 콘텐츠 편집 및 재생을 위한 실시간 입출력 시스템 기술 개발] 및 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(2009-0081059)의 연구결과로 수행되었습니다.

접수일자: 2010년8월29일, 수정완료일: 2010년11월30일

의 화소 수 경쟁은 2007년 1000만 이상의 화소까지 개발되며 디지털 카메라의 대중화에 기여했지만, 현재는 손 떨림 방지, 얼굴인식, 광학 줌, 저장용량, 그리고 터치스크린과 같은 다양한 기능이 카메라 구매를 위한 평가기준이 되는 추세이다. 그 중에서 자동초점 기능은 선명한 영상을 얻기 위한 중요한 요소 중에 하나로서, 휴대폰 카메라 모듈 시장에서도 자동초점 모듈의 수요는 계속 증가하고 있다^[1].

자동초점 기능은 피사체가 가장 선명하게 나타나는 곳에 자동으로 렌즈를 위치시키는 방법으로, CCD나 CMOS 센서를 통해 얻은 영상 내에서 피사체가 존재하는 영역을 초점영역으로 선택하는 단계, 선택된 초점

영역에서의 영상의 선명한 정도를 수치화 하는 초점 값 계산 단계, 그리고 초점 값이 최대가 되는 방향으로 초점 렌즈를 이동시키는 정 초점 탐색 단계로 구분할 수 있다^[2].

배경이 아닌 피사체에 초점을 정확히 맞추기 위해서는 피사체가 존재하는 영역을 초점영역으로 선택하는 것이 중요하다. 초점영역은 사용자가 직접 선택하는 방법이 가장 정확하지만, 감시카메라나 사용자의 추가 조작이 불가능한 저가의 카메라 등에서는 초점영역의 자동 선택이 필요하다. 기존의 초점영역 선택 방법은 영상의 중앙부에 고정된 영역을 선택하는 방법^[2~4]과 영상의 에지나 고주파 성분을 이용하는 방법^[5~6], 그리고 다수의 초점영역에서 초점 값의 변화를 이용한 피사체 인식 방법^[7] 등이 있다. 하지만 초점영역 선택 방법에 관한 연구는 초점 값 계산 방법이나 정 초점 탐색 알고리즘에 비해 충분한 연구가 수행되지 않았다. 또한, 기존의 초점영역 선택 방법들은 피사체의 위치나 배경의 고주파 성분에 의해서 성능의 영향을 받을 수 있고, 이를 개선하기 위해서 연산량을 늘리게 되면 자동초점 처리 속도를 저하시키는 문제가 발생한다.

초점 값 계산 방법은 자동초점의 속도와 정확도를 결정하는데 중요한 요소로써 많은 연구가 진행되어 왔고, 대부분 실험을 통한 경험적인 연구가 많다. 기존의 초점 값 계산 방법에는 Sobel^[8], sum-modified Laplacian (SML)^[9], frequency selective weighted median filter (FSWM)^[2], energy of image Laplacian (EOL)^[10] 등이 있으며, Bayes-spectral-entropy (BE)^[11], mid frequency-DCT (MF-DCT)^[7]와 같이 이산 코사인 변환 (discrete cosine transform; DCT)를 이용한 방법도 존재한다.

본 논문에서는 엔트로피 기반의 초점영역 선택 방법을 제안하고, 이산 코사인 변환 계수들을 이용한 새로운 초점 값 계산 방법을 제안함으로써 피사체의 위치 또는 배경의 특성에 따른 문제점이나 초기 렌즈 위치에 따라 상이한 초점영역을 선택하는 문제점을 개선할 수 있다. 또한, 잡음에 강인하고 초점 값 특성이 뛰어난 초점 값 연산자를 이용하여 자동초점의 속도와 정확도를 향상시킨다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 초점영역 선택 방법과 초점 값 계산 방법의 기존 알고리즘에 대해 알아보고 III장에서는 제안하는 방법에 대해 설명한다. 또한, IV장에서는 제안된 알고리즘에 대한

실험 결과를 보여주며, 마지막으로 V장에서는 결론을 맺는다.

II. 배경 이론

본 절에서는 기존의 초점영역 선택 및 초점 값 계산 방법을 소개한 후, 장단점을 분석하여 3절에서 제안하는 기술의 필요성과 상대적 성능 비교의 토대를 제시한다.

1. 기존의 초점영역 선택 방법

가. 중앙부 고정 영역

가운데 고정된 초점영역 선택 방법은 가장 일반적이고 많이 사용되는 방법으로 그림 1(a)와 같이 영상의 가로, 세로의 1/2 또는 1/3 크기로 선택된다. 피사체가 영상의 가운데에 존재할 확률이 다른 영역에 비해 높다는 가정을 전제로 하며, 고정된 영역을 선택하므로 추가적인 연산이 필요하지 않다는 장점이 있다. 하지만 피사체가 초점 영역 외부에 존재하는 경우 배경에 초점이 맞는 잘못된 자동초점 결과를 수행할 수 있다.

나. 고주파 성분의 에너지가 높은 초점영역

초기 초점렌즈 위치에서 얻은 영상의 특성을 분석하여 피사체가 존재하는 영역을 추정하는 방법으로 일반적으로 영상의 에지나 고주파 성분을 이용한다. 그림 1(b)와 같이 영상을 9개의 부영역으로 분할하거나 에지 영역과 평탄한 영역으로 구분하여 초점영역을 선택한다. 피사체가 중앙에 존재해야만 하는 문제점은 해결할 수 있으나 배경에 고주파 성분이 많은 경우 배경에 초점이 맞는 결과를 가져올 수 있다.

다. 초점 값의 변화를 이용한 피사체 인식 방법

그림 1(c)와 같이 작은 크기의 초점영역을 화면 전체



그림 1. 기존의 초점영역 선택 방법

Fig. 1. The traditional focusing region selection methods.

에 분포시키는 방법으로 각각의 영역이 가지는 초점 값의 최고치를 분석하여 피사체를 인식한다. 피사체가 영상에 가운데에 위치하지 않거나 다수의 피사체가 존재할 경우에도 정 초점 탐색이 가능하지만, 초점렌즈의 위치를 0에서 무한대까지 최소한 한번은 이동시켜야만 하는 단점이 있다.

2. 기존의 초점 값 계산 방법

자동초점 기능은 크게 레이더나 적외선을 물체에 반사시켜 거리를 측정하는 능동식 자동초점 (active AF) 과 초점 면에서의 콘트라스트가 가장 높을 때 피사체가 가장 선명해진다는 원리를 이용하여 카메라 내부의 영상을 분석하는 수동식 자동초점 (passive AF) 두 가지의 방식이 있다. 이 절에서는 수동식 자동초점에서 영상의 선명한 정도를 수치화하는 초점 값 계산 방법에 대한 기존 연구들을 소개한다.

가. Sobel

영상의 그래디언트를 이용한 초점 값 계산 방법은 Tenenbaum에 의해 식 (1)과 같이 제안되었다. 수평, 수직의 Sobel 연산자를 이용하여 영상의 그래디언트 크기를 계산함으로써 초점 값을 측정한다^[8].

$$FV_{Sobel} = \sum_x \sum_y \left\{ \left(\frac{\partial g(x,y)}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial g(x,y)}{\partial y} \right)^2 \right\}. \quad (1)$$

나. SML

Nayer에 의해 제안된 SML 방법은 수정된 라플라시안 연산자를 이용하여 영상의 고주파 성분을 측정한다. 수평과 수직방향의 2차 그래디언트 값이 반대의 부호를 가짐으로써 서로 상쇄되는 문제점을 해결하기 위하여 절대값을 이용한다^[9].

$$FV_{SML} = \sum_x \sum_y \left(\left| \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x^2} \right| + \left| \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y^2} \right| \right). \quad (2)$$

다. FSWM

가중 미디언 부필터의 선형 조합으로 구성된 FSWM 필터는 미디언 필터의 특성으로 인해 임펄스성 잡음을 제거하는 특징이 있다.

$$y_F(n) = \sum_{i=1}^N \alpha_i \cdot \hat{y}_i(n), \quad (3)$$

$y_F(n)$ 은 FSWM 필터, N 은 미디언 필터 개수, $y_i(n)$ 은 미디언 필터이다. 초점 값은 식 (4)와 같이 수평 및 수직방향에 FSWM 필터를 적용하여 측정한다^[2].

$$FV_{FSWM} = \sum_x \sum_y (y_F(n) * g(x,y))^2. \quad (4)$$

라. EOL

수평과 수직 방향의 2차 그래디언트의 제곱 합을 이용하여 초점 값을 측정하며, Subbarao 등에 의해 제안되었고, 라플라시안 연산자를 이용한다^[10].

$$FV_{EOL} = \sum_x \sum_y \left(\frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g(x,y)}{\partial y^2} \right)^2. \quad (5)$$

마. Bayes-spectral-entropy (BE)

영상의 선명함에 따른 이산 코사인 변환 스펙트럼의 분포 변화를 Bayes-entropy를 이용하여 측정하였고, 임계 값 t 를 이용하여 잡음에 둔감하도록 하였다. 초점 값은 다음 식 (6)과 같이 계산된다^[11].

$$FV_{BE} = 1 - \frac{\sum_{w+v \leq t} |F_c(w,v)|^2}{\left(\sum_{w+v \leq t} |F_c(w,v)| \right)^2}. \quad (6)$$

바. MF-DCT

MF-DCT 초점 값 계산 방법은 이산 코사인 변환 계수를 분석하여 식 (7)과 같은 4 x 4크기의 연산자를 이용한다. 밴드 패스 필터를 기반으로 하여 가우시안 잡음과 임펄스 잡음에 강인한 결과를 갖는다.

$$O_{MFDCCT} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

초점 값은 연산자와 영상 블록의 컨볼루션 결과의 제곱을 누적하여 측정한다^[7].

$$FV_{MFDCCT} = \sum_x \sum_y (O_{MFDCCT} * g(x,y))^2. \quad (8)$$

III. 엔트로피 기반 초점영역 선택 방법

이 절에서는 엔트로피를 이용하여 피사체와 배경을 구분하는 초점영역 선택 방법을 기술한다. 기존의 방법들은 피사체가 영상의 중심에 존재해야 하거나, 여러장의 입력영상을 이용해야만 하는 단점이 있었다. 하지만 제안된 방법은 초기 초점렌즈 위치에서의 영상만을 가지고 엔트로피 특성을 분석하여 피사체가 존재하는 영역을 자동으로 추정한다. 따라서, 기존의 피사체의 위치나 배경의 고주파 성분에 의한 문제점을 개선할 수 있다.

엔트로피는 영상이 가지고 있는 정보의 양을 나타내고, 식 (9)과 같이 정의한다.

$$E = - \sum_{i=0}^{L-1} P_i \log P_i, \quad (9)$$

여기에서 P_i 는 밝기 값 i 가 발생할 확률을 나타내고 다음과 같이 정의된다.

$$P_i = \frac{n_i}{M \times N}, \quad (10)$$

n_i 는 밝기 값 i 를 갖는 픽셀의 개수, $M \times N$ 은 영상의 크기를 나타낸다.

피사체를 추정하기 위해서 입력된 영상을 여러 개의 블록으로 분할하고, 각 블록에서의 엔트로피를 측정한다. 그림 2는 세 가지 다른 블록크기에 대한 엔트로피 분포를 나타낸다. 블록크기가 너무 작은 경우에는 에지 영역에서 엔트로피가 높게 측정되기 때문에, 기존의 방

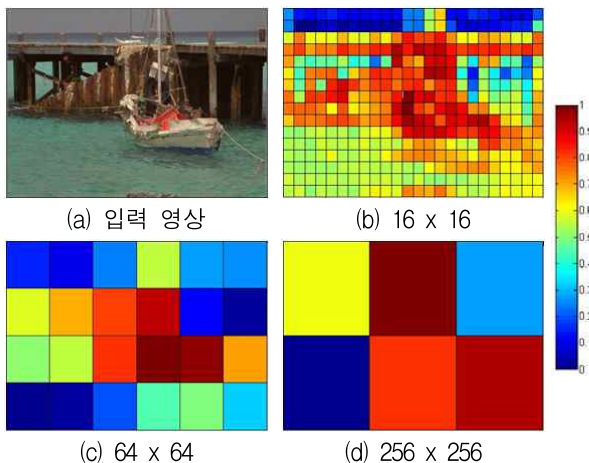


그림 2. 서로 다른 블록 크기에 따른 엔트로피 분포
Fig. 2. Local entropy of the input image with three different block sizes.

법과 같은 배경의 고주파 성분에 대한 문제점이 발생할 수 있다. 반대로 블록크기가 너무 큰 경우에는 피사체의 위치를 정확하게 추정하기가 어렵다.

제안된 방법은 피사체가 배경에 비해 높은 엔트로피를 갖는다는 가정을 통해 영상에서 피사체가 존재하는 영역을 추정한다. 따라서 피사체와 배경을 구분 할 임계 값이 다음과 같이 계산된다.

$$\frac{E_{Block} - E_{min}}{E_{max} - E_{min}} > T, \quad (11)$$

E_{Block} 은 각 블록에서의 엔트로피, E_{max} 와 E_{min} 은 전체 블록의 엔트로피 값들 중에서 최대 값과 최소 값을 나타낸다. T 는 0과 1사이의 실험적인 임계 값으로써, 20장의 표준영상과 50장의 실제영상을 이용한 실험을 통해 0.95일 때 최적의 초점영역을 선택하였다.

IV. 이산 코사인 변환(DCT) 계수를 이용한 초점 값 계산 방법

이 절에서는 대역통과필터에 기반한 초점 값 특성이 우수하고 잡음에 강인한 DCT를 이용한 초점 값 계산 방법을 제안한다. DCT는 영상의 주파수 특성을 파악할 수 있고, 실시간으로 구현이 가능하다는 장점이 있다. 제안된 방법은 [11]에서 소개된 DCT 계수를 이용한 방법을 개선하여 보다 안정된 초점 값을 얻는다.

제안된 방법은 앞 절에서 제안한 $M \times N$ 크기의 초점 영역들을 8×8 픽셀의 블록으로 나누고, 각 블록의 DCT 계수를 식 (1)를 이용하여 구한다.

$$S_{w,v} = \frac{1}{4} C_w C_v \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 f_{x,y} \cos \left[\frac{(2x+1)w\pi}{16} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)v\pi}{16} \right], \quad (12)$$

f 는 그레이 영상이고 $C_0 = 1/\sqrt{2}$, 그 밖에 $C_w, C_v = 1$ 이다. 64개의 DCT 계수들 중에서 초점 값 계산에 가장 적합한 계수를 찾기 위해 저주파와 고주파 성분을 대표하는 $w = v$ 인 8개의 계수를 선택하고, 그림 3에서 나타낸다.

그리고 각각의 계수를 식 (13)을 통해 초점 값으로 사용하여 렌즈위치에 따른 초점 값의 변화를 분석하였다.

$$FV_{w,w} = \sum_{i=0}^{\frac{M-1}{8}-1} \sum_{j=0}^{\frac{N-1}{8}-1} |S_{w,w}^{i,j}|^2. \quad (13)$$

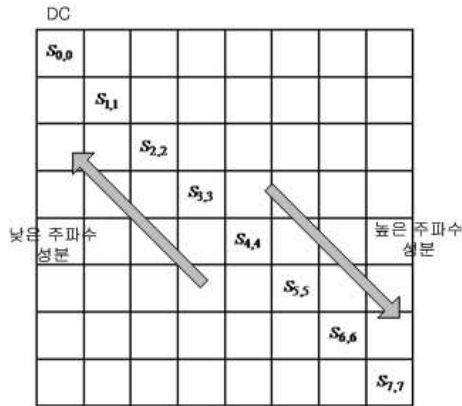


그림 3. DCT 계수와 영상의 주파수 성분의 관계
Fig. 3. Frequency distribution of DCT results.

그 결과 중간주파수 대역의 $FV_{3,3}$ 과 $FV_{4,4}$ 는 다른 결과 값들에 비해 렌즈 위치에 따른 초점 값의 변화가 크고, 고주파 성분에서 나타나는 잡음의 영향을 적게 받기 때문에 초점 값을 계산하는데 적합하다. 이 결과를 이용한 제안하는 초점 값 계산 방법은 식 (14)과 같다.

$$FV_{w,w} = \sum_{i=0}^{\frac{M}{8}-1} \sum_{j=0}^{\frac{N}{8}-1} (|S_{3,3}^{i,j}| + |S_{4,4}^{i,j}|)^2. \quad (14)$$

V. 실험 결과

본 절에서는 제안된 초점영역 선택 방법과 초점 값 계산 방법에 대한 각각의 실험 결과를 보인다. 그리고 기존 방법들과의 비교를 통해 제안된 알고리즘의 우수성을 검증한다. 제안된 방법에 대한 실험은 그림 4와 같이 768 x 512 크기의 두 개의 영상시퀀스를 이용하였다. 각 영상시퀀스는 초점렌즈 위치에 따라 20단계의 초점이 서로 다른 영상들로 구성되어 있다.

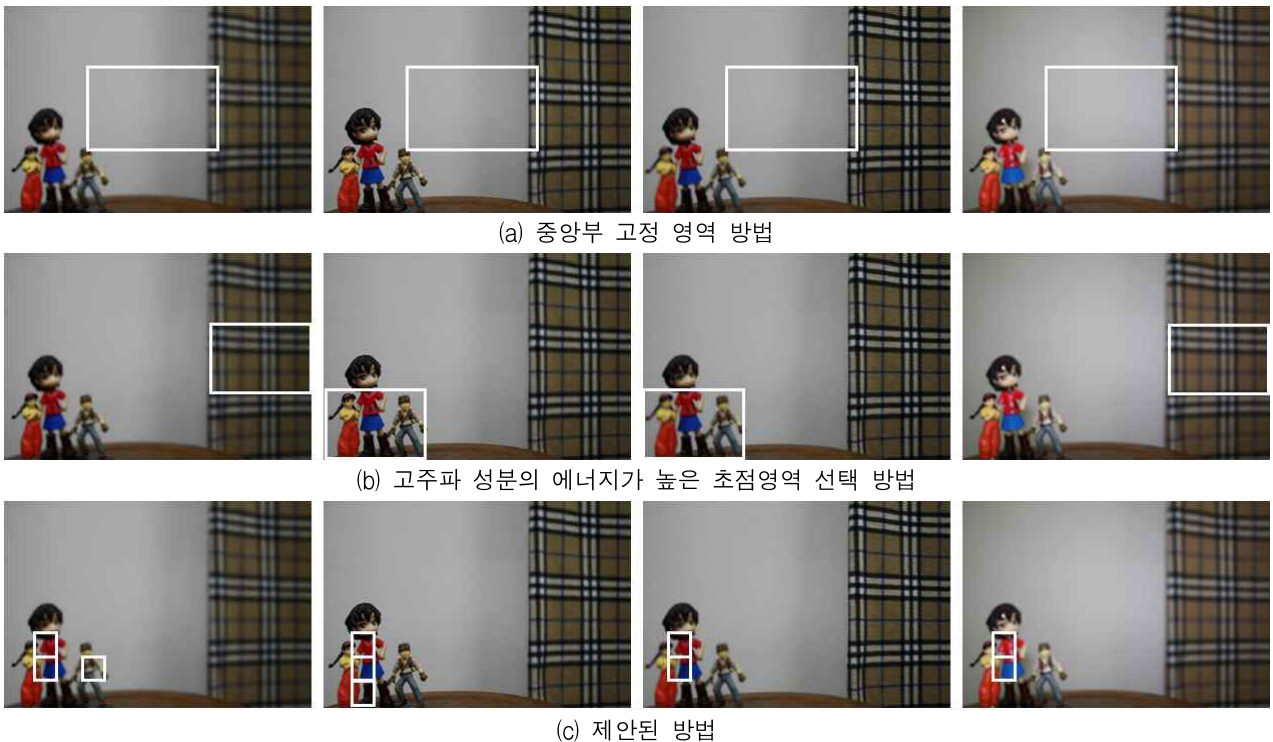


(a) 인형 영상 (b) 달력 영상

그림 4. 실험 영상
Fig. 4. Experimental Images.

1. 초점영역 선택 방법

그림 5는 인형 영상시퀀스의 초점영역을 결정하기 위해서 기존 두 가지 방법과 제안된 방법을 적용한 결과를 보인다. 그림 5(a)는 기존의 중앙부 고정 영역 방



(a) 중앙부 고정 영역 방법

(b) 고주파 성분의 에너지가 높은 초점영역 선택 방법

(c) 제안된 방법

그림 5. 초점렌즈 위치에 따른 초점영역 선택 방법
Fig. 5. Three focusing region selection methods.

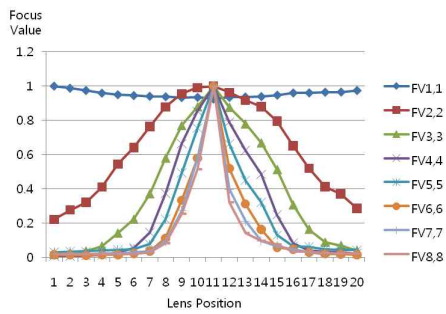
법을 사용하여 초점영역을 찾아가는 과정을 보이는데, 이 경우 영상 중앙에 위치한 고주파 성분이 없는 배경의 흰 벽 때문에 자동초점 기능이 제대로 수행되지 못한다. 그림 5(b)는 기존의 고주파 성분 에너지를 사용한 초점영역 선택 방법의 결과를 보이는데, 이 경우 피사체가 아닌 배경의 강한 고주파 성분에 의해 잘못된 자동초점 결과를 얻는다. 반면에 그림 5(c)에서 보듯이 제안된 방법은 초기 설정된 영역이나 영상의 특성에 관계없이 정확하게 피사체가 존재하는 영역을 선택하였다.

2. 초점 값 계산 방법

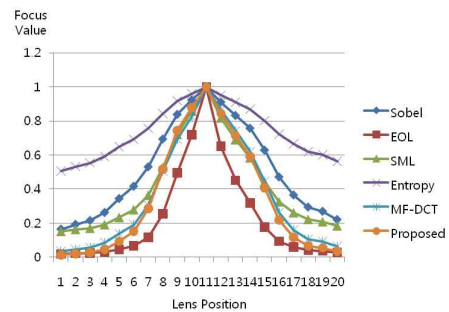
위 실험에서 얻은 제안된 방법에 의한 초점영역을 이용하여 초점 값으로 이용되기에 가장 적합한 DCT 계

수를 분석하였다. 서로 다른 주파수 특성을 갖는 8개의 계수마다 초점렌즈 위치에 따른 초점 값의 변화를 측정하여 그림 6(a)에 나타내었다. $FV_{1,1}$ 과 $FV_{2,2}$ 는 변화가 크지 않아 초점 값으로 사용하기에 부적합하다. 그리고 가우시안과 임펄스 잡음이 추가된 경우, $FV_{3,3}$ 과 $FV_{4,4}$ 를 제외한 나머지 계수들은 변화가 작고 잘못된 초점을 찾음을 그림 6(b)와 그림 6(c)에서 각각 나타낸다. 잡음에 따라 실험 결과가 일정하지 않게 변하기 때문에 각 초점렌즈 위치에서 10번의 실험을 진행하고 평균결과 값을 이용하였다.

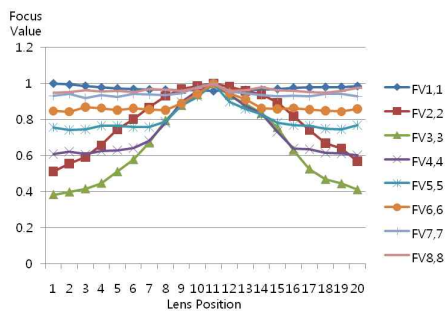
위의 결과에 기반한 제안된 초점 값 계산 방법을 기존의 방법들과 비교하여 그림 7에서 나타낸다. 좋은 성능을 갖는 초점 곡선은 정 초점 위치에서의 기울기가



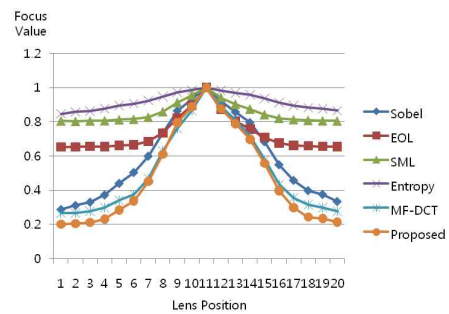
(a) 잡음이 없는 경우



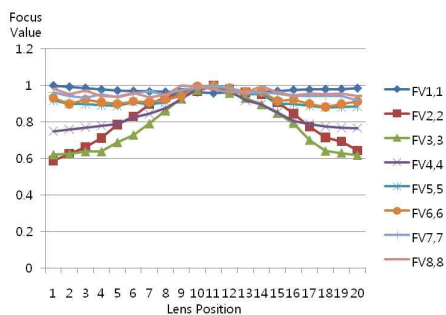
(a) 잡음이 없는 경우



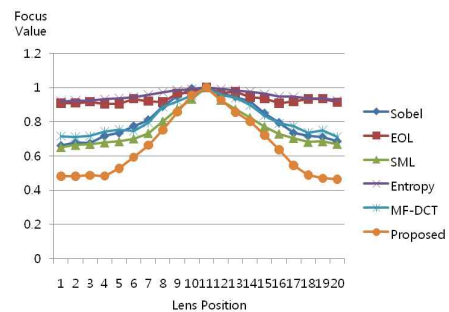
(b) 가우시안 잡음 ($\sigma=0.03$)이 추가된 경우



(b) 가우시안 잡음 ($\sigma=0.03$)이 추가된 경우



(c) 임펄스 잡음 (3%)이 추가된 경우



(c) 임펄스 잡음 (3%)이 추가된 경우

그림 6. 렌즈 위치에 따른 초점 값 변화
Fig. 6. Comparison of variation of focus value.

그림 7. 렌즈 위치에 따른 초점 값 변화
Fig. 7. Comparison of variation of focus value.

커야 하고, 국소 최대값이 적어야 한다. 잡음이 없는 경우, 대부분의 초점 값 계산 방법들이 모두 좋은 결과를 나타냄을 그림 7(a)에서 보인다. 하지만 잡음이 존재하는 경우, 제안된 방법이 좋은 초점 값 특성을 갖는 것을 그림 7(b)와 그림 7(c)에서 나타내었다.

VI. 결 론

본 논문에서는 엔트로피 기반의 초점영역 선택 방법과 이산 코사인 변환 계수의 특성에 기반한 초점 값 계산 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 단 한 장의 영상만으로 피사체가 존재하는 영역을 추정할 뿐만 아니라, 고주파 성분이 아닌 엔트로피를 이용함으로써 초기 초점렌즈의 위치에 따라 쉽게 변하지 않는 장점을 가진다. 그리고 대역통과필터에 기반한 초점 값 연산자를 사용함으로써 가우시안 및 임펄스 잡음에 강한 자동초점이 가능하다. 실험 결과를 통해 제안된 방법이 기존의 초점영역 선택 방법이나 초점 값 계산 방법보다 우수함을 확인할 수 있었다. 향후 제안된 방법에 최적화된 정 초점 탐색 알고리즘이나 초점영역 선택을 위한 블록사이즈 등의 추가적인 연구가 필요한 것으로 보인다.

참 고 문 헌

[1] 카메라 및 캠코더의 시장 기술 보고서, 중소기업진흥공단 마케팅 정보시스템, October 2009.

[2] K. Choi, J. Lee, and S. Ko, "New autofocus technique using the frequency selective weighted median filter for video cameras," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 45, no. 3, pp. 820-827, August 1999.

[3] K. Ooi, K. Izurni, M. Noali, and I. Takeda, "An advanced autofocus system for video camera using quasi condition reasoning," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 36, no. 3, pp. 526-529, March 1990.

[4] J. He, R. Zhou, and Z. Hong, "Modified fast climbing search auto-focus algorithm with adaptive step size searching technique for digital camera," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 49, no. 2, pp. 257-262, May 2003.

[5] F. Li and H. Jin, "A fast auto focusing method for digital still camera," *Proc. Int. Conf. Machine Learning and Cybernetics*, vol. 8, pp. 5001-5005, August 2005.

[6] P. Yin and W. Jiang, "Autofocusing region selection for computer vision," *Proc. Int. Conf. Signal Processing 2008*, pp. 1364-1367, October 2008.

[7] S. Lee, Y. Kumar, J. Cho, S. Lee, and S. Kim, "Enhanced autofocus algorithm using robust focus measure and fuzzy reasoning," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 18, no. 9, pp. 1237-1246, September 2008.

[8] J. Tenenbaum, "Accommodation in computer vision," Ph.D. Thesis, Stanford University, October 1970.

[9] S. Nayar and Y. Nakagawa, "Shape from focus," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 16, pp. 824-831, August 1994.

[10] M. Subbarao and J. Tyan, "The optimal focus measure for passive autofocusing and depth from focus," in *SPIE Conf. Videometrics IV*, vol. 2595, pp. 89-99, October 1995.

[11] M. Kristan, J. Pers, M. Perse, and S. Kovacic, "A Bayes-spectral-entropy-based measure of camera focus using a discrete cosine transform," *Pattern Recognition Letters*, vol. 27, no. 13, pp. 1431-1439, October 2006.

저 자 소 개



전 재 환(학생회원)
 2009년 수원대학교 정보통신 공학과 학사 졸업.
 2010년 현재 중앙대학교 첨단영상 대학원 석사과정 재학중.
 <주관심분야 : 자동초점, 초해상도 영상복원>



윤 인 혜(학생회원)
 2010년 강남대학교 전자시스템정보공학부 학사 졸업.
 2010년 현재 중앙대학교 첨단영상 대학원 석사과정 재학중.
 <주관심분야 : 영상복원, 영상개선, 컬러보정>



이 진 회(학생회원)
 2001년 중앙대학교 전자전기 공학부 학사 졸업.
 2004년 중앙대학교 전자전기 공학부 석사 졸업.
 2010년 중앙대학교 첨단영상 대학원 박사 졸업.
 2010년 현재 중앙대학교 첨단영상대학원 박사 후 과정
 <주관심분야 : 계산영상처리, 초고해상도 영상복원복원, 영상안정화>



백 준 기(평생회원)-교신저자
 1984년 서울대학교 제어계측 공학과 학사 졸업.
 1987년 노스웨스턴대학교 전기 및 컴퓨터 공학과 석사 졸업.
 1990년 노스웨스턴대학교 전기 및 컴퓨터 공학과 박사 졸업.
 2010년 현재 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 교수.
 <주관심분야: 영상복원, 신호처리, 반도체>