

논문 2007-44SD-3-3

# 목적물 인식 및 자동 선택이 가능한 모바일 폰 용 자동초점 알고리즘

(Enhanced Auto-focus algorithm detecting target object with  
multi-window and fuzzy reasoning for the mobile phone)

이 상 용\*, 오 승 훈\*, 김 수 원\*\*

(Sang-Yong Lee, Seung-Hoon Oh, and Soo-Won Kim)

## 요 약

본 논문에서는 피사체 인식 및 자동 선택이 가능한 모바일 폰 용 자동초점 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 피사체 인식 단계와 목적물 자동 선택 단계로 구성된다. 피사체 인식 단계에서는 화면 전체에 배치된 다중 소형 측거점과 초점값 연산자를 사용하여 복수개의 피사체를 모바일 폰에 내장된 이미지 센서만을 사용하여 인식함으로써 기존의 적외선이나 초음파와 같은 외부 장치를 사용하는 방식과 달리 모바일 폰에서의 피사체 인식을 가능케 하고자 하였다. 목적물 자동 선택 단계에서는 퍼지 멤버십 변수와 퍼지 추론을 통해 사용자가 촬영하고자 하는 목적물을 자동 선택하는데 이는 사진 기술이 없는 사용자라도 선명한 화질의 디지털 이미지를 획득할 수 있도록 하기 위함이다. 제안된 알고리즘은 프로그램 언어로 구현되었으며, 초점 거리 제어가 가능한 CCD 카메라와 PC를 사용하여 실시간으로 이미지를 분석, 검증하였다.

## Abstract

This paper proposes the enhanced auto-focus algorithm detecting several objects and selecting the target object. Proposed algorithm first detects some objects distributed in the image using focus measure operator and multi-window and then selects the target object through fuzzy reasoning with three fuzzy membership functions. Implementation can be simple because it only needs image sensor instead of infrared or ultrasonic equipment. Experimental result shows that the proposed algorithm can improve the quality of image by focusing to the target object.

**Keywords :** Auto-focus, Focus-value, Multi-window, Fuzzy, Membership function

## I. 서 론

최근 디지털 카메라에 내장되는 CCD/CMOS 이미지 센서 공정기술의 급격한 발전으로 디지털 카메라의 화질은 점점 필름 카메라에 근접해지고 있는 추세이다. 디지털 카메라의 화질을 좌우하는 요소로는 픽셀 수, 이미지 센서의 크기 등 여러 가지가 있겠지만 초점 조절에 필요한 자동 초점 (Auto-focus, AF) 기능은 기존

의 하드웨어를 사용하여 최적의 이미지를 얻을 수 있게 하는 중요한 요소이다. 자동 초점 기능은 일반적으로 Passive AF 및 Active AF로 나누어진다. Active AF란 이미지센서 외에 레이더나 적외선과 같은 추가적인 장치를 사용하여 초점에 관계되는 정보를 얻는 것이며, Passive AF는 추가적인 장치 없이 초점 거리 변화에 따른 이미지들을 분석하여 정초점 위치를 측정한다. 본 논문에서는 저렴한 구현이 장점인 Passive AF에 대해 다루도록 한다. Passive AF에 관한 연구로써, 초점 값 연산자에 관한 연구로는 Tenengrad(SOBEL)<sup>[1]</sup>, sum-modified Laplacian(SML)<sup>[2]</sup>, Frequency Selective Weighted Median Filter (FSWM)<sup>[3]</sup> 등이 있으며 정초점 거리를 탐색하는 알고리즘으로는 Fibonacci<sup>[4]</sup>,

\* 학생회원, \*\* 정회원, 고려대학교 전자공학과  
(Department of Electronics Engineering, Korea University)

※ 본 논문은 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 해외교수초빙지원사업과 IDEC의 도움으로 수행되었습니다.

접수일자: 2006년7월5일, 수정완료일: 2007년2월21일

mountain climbing servo (MCS)<sup>[5]</sup>, fast hill-climbing search (HCS)<sup>[3]</sup>, Modified fast climbing search with adaptive step size (MFCS)<sup>[6]</sup> 등이 있다.

위와 같은 연구들은 일반적인 디지털 카메라에서 좋은 성능을 나타내고 있지만 이와 같은 초점 조절 알고리즘이 탑재된다 하더라도 사용자가 이를 적절하게 이용하지 않을 경우 높은 품질의 영상을 얻기는 힘들다. 즉, 기존의 자동 초점 조절 알고리즘은 화면의 일부분 특히 중앙 부분을 분석하여 고주파 성분을 검출한 다음 초점이 맞는 위치를 결정하는데 중앙 측거점 부분에 위치한 목적물보다 장애물의 크기가 크거나 고주파 특성이 높을 경우, 또는 목적물이 정 중앙에 있지 않을 경우엔 장애물에 초점이 맞게 되어 촬영하고자 하는 목적물이 선명한 이미지를 얻을 수 없다. 따라서 본 논문에서는 디지털 사진 기술이 없는 사용자라도 선명한 화질의 이미지를 촬영할 수 있도록 피사체 인식 및 자동 선택이 가능한 모바일 폰 용 저전력 자동초점 알고리즘을 제안하였다. 피사체 인식 단계에서는 소형 다중 측거점을 이용하여 화면에 분포되어 있는 여러 가지 물체를 인식하였으며, 목적물 자동 선택 단계에서는 퍼지 멤버십 변수와 퍼지 추론<sup>[7],[8]</sup>을 통해 사용자가 촬영하고자 하는 목적물을 자동 선택할 수 있도록 하였다.

논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 자동 초점에 필요한 배경 지식 즉, 기존의 초점 값 계산 연산자와 정 초점 위치 결정 알고리즘을 소개하였다. III장에서는 제안하는 자동초점 알고리즘에 대해 서술한 후, 실험 환경 및 검증 결과를 IV장에서 다루도록 한다. 마지막으로 V장에서는 결론을 도출하도록 한다.

## II. 배경지식

### 1. 기존의 초점 값 계산 연산자

디지털 카메라를 통해 높은 품질의 영상을 획득하기 위해서는 카메라에 내장된 렌즈의 위치에 따라 촬상 소자로 입력되는 고주파 성분의 특성이 변화하는 특징을 이용한다. 일반적으로 높은 품질의 영상, 즉 초점이 맞는 이미지는 그렇지 않은 이미지보다 많은 고주파 성분을 포함하고 있으며, 이러한 특징을 사용하여 초점 정도를 예측하는데 사용하는데 이를 초점 값이라고 정의한다.

#### (가) Tenengrad Method

Sobel 연산자로 널리 알려진 Tenengrad 연산자는 초

점이 맞는 정도에 따라 얻어지는 영상의 에지 선명도가 차이를 보이는 현상을 이용한 에지 검출 연산자이며, 수직 및 수평방향의 에지를 검출하기 위한 두 개의 연산자로 이루어진다.

$$\mathbf{O}_{Sobel,x} : \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \mathbf{O}_{Sobel,y} : \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

초점 값은 모든 3x3크기의 연산자와 그에 해당하는 이미지,  $P(x,y)$ , 와의 내적을 취한 값인 그레디언트 크기,  $\nabla g(x,y)$ , 중에서 일정 값 이상의 결과값을 누적함으로써 얻을 수 있다.

$$FV_{Sobel} = \sum_x \sum_y [Vg(x,y)]^2 = \sum_x \sum_y \left[ \{ \mathbf{O}_{Sobel,x} \cdot \mathbf{P}(x,y) \}^2 + \{ \mathbf{O}_{Sobel,y} \cdot \mathbf{P}(x,y) \}^2 \right] \quad (2)$$

#### (나) Sum-modified Laplacian Method

SML 연산자는 Nayar에 의해 제안되었으며, 고주파 통과 필터인 Laplacian 필터의 문제점으로 제기되는 수평 및 수직 성분의 2차 도함수 결과의 상쇄를 다음 식과 같이 개선하였다.

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

위 식을 실제로 영상의 공간 도메인에서 사용하기 위한 연산자 및 초점 값 계산 과정은 다음 식과 같다.

$$\mathbf{O}_{SML,x} : \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \mathbf{O}_{SML,y} : \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$FV_{SML} = \sum_x \sum_y [V^2 g(x,y)]^2 = \sum_x \sum_y \left[ \left| \mathbf{O}_{SML,x} \cdot \mathbf{P}(x,y) \right| + \left| \mathbf{O}_{SML,y} \cdot \mathbf{P}(x,y) \right| \right]^2 \quad (5)$$

#### (다) Frequency Selective Weighted Median Filter Method

FSWM은 임펄스 성 노이즈를 제거하는데 탁월한 효과가 있는 미디언 필터를 사용하는 고주파 통과 비선형 에지 검출기이다. 이 방법은 여러 개의 미디언 필터에 서로 다른 가중치를 주어 밴드 통과 특성을 보이도록

하였다.

$$y_F(n) = \sum_{i=1}^N \alpha_i \cdot \hat{y}_i(n) \quad (6)$$

여기서  $y_F(n)$ 은 FSWM 필터, N은 미디언 필터의 수,  $\alpha_i \in \square$  이며  $\hat{y}_i(n)$ 은 미디언 필터이다. 초점 값은 이미지의 수평 및 수직방향에 FSWM 필터를 적용하여 나온 결과값인  $F_x$ 와  $F_y$ 를 누적하여 얻을 수 있다.

$$FV_{FSWM} = \sum_x \sum_y (F_x^2 + F_y^2) \quad (7)$$

2. 정 초점 위치 탐색 알고리즘

고주파 성분 검출 알고리즘을 이용하여 촬상 소자에 입력되는 영상의 고주파 성분의 크기를 구하면, 그 값을 기반으로 하여 정 초점 위치를 결정하여야 한다. 앞에서 언급한 바와 같이 고주파 성분의 값이 최고가 되는 지점을 정 초점 위치라고 할 수 있는데, 일반적으로 그림 1과 같은 과정을 통하여 정 초점의 위치를 결정한다.

영상 분석 시 영상의 전 영역을 고주파 성분 검출 연산의 대상으로 할 경우, 초점 값의 최대값을 나타내는 지점이 하나 이상 생겨날 수 있다. 예를 들면 한 화면 내에 피사체와 배경이 함께 존재할 때를 들 수 있는데, 고주파 성분의 크기는 피사체에 초점이 맞았을 때 최대값을 나타낼 수 있고 배경의 위치가 정 초점 위치로 결정되었을 때 최대값을 나타낼 수 있다. 이런 경우에는 단조 증가/감소가 성립하지 않고, 피사체에 초점이 맞았을 경우를 Local Maximum으로 인식할 수 있기 때문에 전체 화면에서 일부분을 선택하여 선택된 영역에서만 고주파 성분을 검출하는 방식을 취하게 된다. 일반적으로 사용자는 원하는 피사체를 화면의 중앙에 놓고

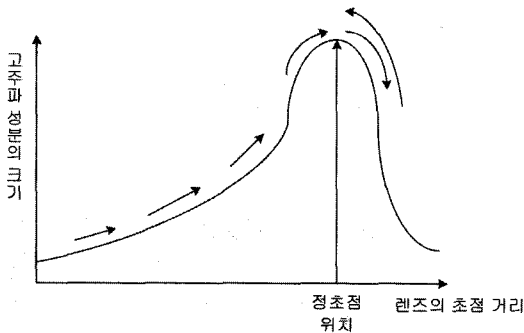


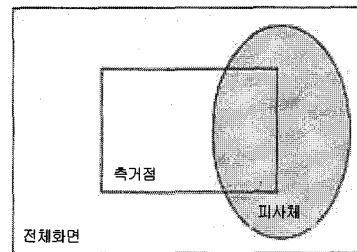
그림 1. 정 초점 탐색 예  
Fig. 1. Position searching for in-focused image.

촬영을 한다고 볼 수 있고, 피사체와 배경 사이의 거리가 멀 경우 위의 가정은 성립한다. 연산량의 측면에서 볼 때도 화면 전체를 연산의 대상으로 삼는 것보다 일부분을 대상으로 삼을 때 연산량을 감소시킬 수 있으므로 보다 바람직하다.

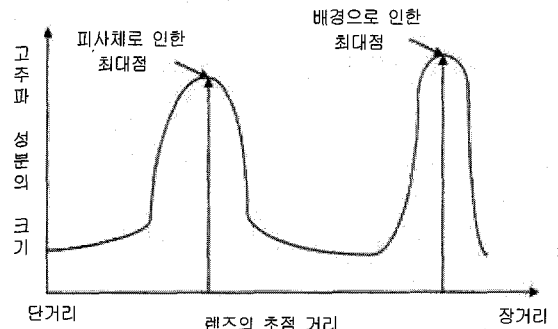
III. 제안된 목적물 인식 및 자동 선택이 가능한 자동초점 알고리즘

기존의 정초점 위치 탐색 알고리즘<sup>[3],[4],[5],[6]</sup>의 공통점을 확인해 보면, 고주파 성분을 검출하여 정 초점 위치를 결정하는 기준이 되는 영역이 중앙에 위치한다는 것을 알 수 있다. 이는 피사체가 중앙에 위치한다는 전제 하에서는 성공적으로 작동할 가능성이 높은 알고리즘이지만, 그 외의 경우, 예를 들면 그림 2(a)와 같이 피사체가 오른쪽으로 치우쳐져 있거나, 다양한 피사체가 화면 전체에 분포해 있을 경우에는 자동초점 수행에 가장 큰 문제인 Local Maximum과 같은 현상이 그림 2(b)와 같이 발생해 정확한 자동초점을 수행할 수 없다.

제안하는 자동 초점 알고리즘은 주 피사체가 중앙에 위치하지 않은 경우에도 정 초점 위치를 결정할 수 있



(a) 중앙 측거점과 피사체 위치 예시



(b) 초점 거리에 따른 초점 값 변화

그림 2. 피사체가 오른쪽으로 처져 있을 경우의 화면 배치와 그때의 초점 값 특성  
Fig. 2. Focus value when the object is not in the center of the image.

고, 피사체가 하나가 아닌 복수로 존재할 경우에도 촬영자가 의도하는 대상에 초점을 맞추게 하는 기능을 목표로 하고 있다. 이를 위해 여러 개로 분할된 측거점을 화면 전체에 배치시키고, 각각의 영역이 가지는 초점값의 최고치를 분석하여 피사체를 인식한 후 불명확한 상황에서 의사 결정을 할 수 있도록 하는 Fuzzy 이론을 도입, 정 초점의 위치를 도출해 낼 수 있는 제안된 자동 초점 알고리즘에 대해 기술하도록 하겠다.

1. 다분할 측거점을 사용한 피사체 인식 방법

제안된 자동초점 조절 알고리즘에서는 화면에 배치된 피사체의 위치를 파악할 수 있도록 작은 크기의 측거점을 화면 전체에 분포시키는 방법을 이용하였다 (그림 3(a)). 렌즈의 정 초점 위치가 근거리에서 원거리로 이동하면서 실시간으로 영상을 입력 받아 초점 값을 검출할 때, 근거리 피사체가 위치한 지점이 렌즈의 정 초점 위치로 설정되면 근거리 피사체가 위치한 부분에 배치된 측거점들이 가지는 고주파 성분이 최대값을 나타내고, 원거리 피사체가 위치한 지점이 정 초점 위치로 설정되면 원거리 피사체에 속한 측거점들의 고주파 성분이 최대값을 가질 것이다 (그림 3(b)). 그 후 같은 최대값을 나타내는 측거점들을 그룹핑하는 작업을 거치면 그림 3(c)와 같이 화면에 위치한 여러 가지 물체들을 인식할 수 있다. 이와 같은 과정을 통해 그림 3(d)와 같이 피사체 각각의 3가지 특성, 즉 거리(Peak distance), 위치(Window counting in the center part), 크기(Size)를 검출할 수 있다.

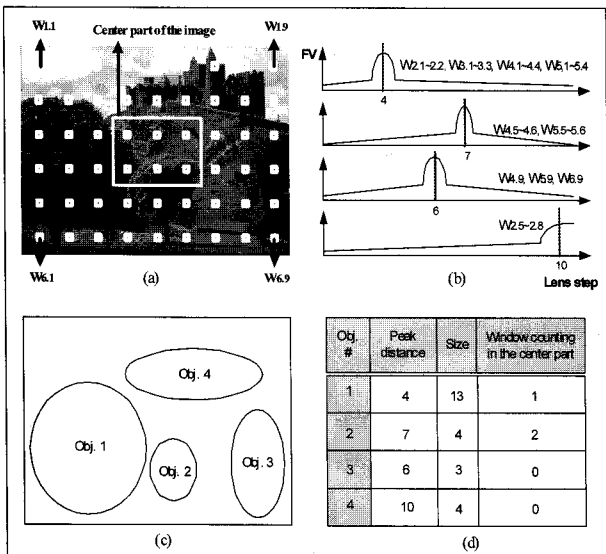


그림 3. 다분할 측거점을 사용한 복수 피사체 인식 예 Fig. 3. Object detection using multi-window method.

2. 퍼지 추론을 사용한 목적물 자동 선택 방법

(가) 가중치 결정

II-1절에서는 분포된 측거점의 고주파 성분이 최대값을 갖는 위치 정보를 기반으로 하여 피사체의 유무와 세 가지 정보를 확인할 수 있었다. 이 절에서는 이를 기반으로 다수의 물체 중 목적물을 선택할 수 있는 방법에 대해 기술하도록 한다. 기존의 자동 초점에 관한 논문에서 사용되는 가정은 다음과 같다.

- (1) 주 피사체는 화면의 중앙에 위치한다.
- (2) 주 피사체는 렌즈에서 최단 거리에 위치한다.

위와 같은 가정은 일반적으로 가장 빈도수가 높은 촬영 상황에 적용하기 위한 것이다. 하지만 본 논문에서는 위 가정이 성립하지 않은 또 다른 많은 상황을 고려하고자 위의 가정들을 하나의 가중치로 취급하여 연산에 포함시킨다. 또 한 가지 가중치로 취급할 수 있는 것은 측거점의 분포 정도이다. 분포된 전체의 측거점 중에서 어떤 한 지점에서 다수의 측거점이 집단으로 초점값의 최대값을 나타내면, 그 지점에 있는 피사체가 주 피사체일 가능성이 높다. 하지만 이 가정을 사용한다면 배경을 주 피사체로 판독할 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서 설정된 가중치 요소를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 렌즈와의 거리: 촬상 소자와 거리가 짧을수록 주 피사체일 가능성이 높다.
- (2) 중심 위치 차지 정도: 화면의 중심에 배치 될수록 주 피사체일 가능성이 높다.
- (3) 화면 점유 정도: 측거점이 다수 집중될 경우 주 피사체의 가능성이 높다.

본 논문의 제안된 세 가지 가중치는 앞 절의 피사체 인식 과정을 거치면서 계산된 정보를 사용하면 된다. (그림 3(d)).

(나) 가중치 연산을 통한 목적물 자동 선택

앞 장에서 설정한 세 가지 가중치는 그림 4에 나타난 바와 같이 각각 Peak distance  $[\mu_1(D)]$ , Window counting in the center part  $[\mu_2(C)]$ , Size  $[\mu_3(S)]$  라는 퍼지 멤버십 함수로 표현 가능하며, 피사체 각각에 대한 멤버십 함수 값이 커질수록 목적물이 될 가능성이 크다는 것을 의미한다. 멤버십 함수  $\mu_1(D)$ 는 일정 렌즈와의 거리  $d1$ 을 기준으로 가중치가 변하는데 그 이유는 접사나 셀프샷과 같은 근거리 촬영이 아닐 경우의 근거리 물체는 장애물일 경우가 많기 때문이다. 또한 멤버

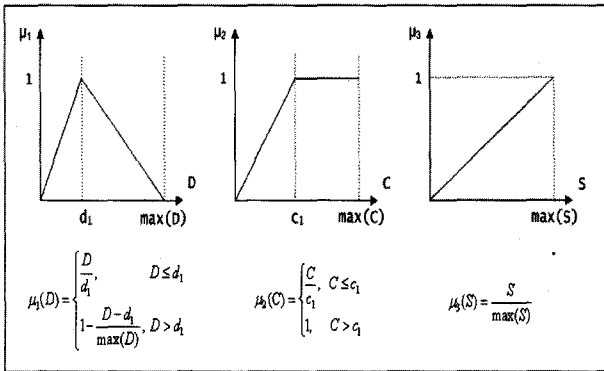


그림 4. 목적물 선별을 위한 세 가지 멤버십 함수  
Fig. 4. Three membership functions for detecting the main object.

십 함수  $\mu_2(C)$ 의 값이 포화되는 문턱값인  $c_1$ 은 중심 원 도우에 속한 측거점 개수의 절반 정도로 들 수 있다. 이 파라미터들은 촬영 경험 및 실험을 통해 정해지며 렌즈의 특성에 따라서도 변할 수 있다.

퍼지 추론은 정해진 세 가지 멤버십 함수를 조합하여 가능하다. 예를 들어 피사체 A가 피사체 B보다 이미지의 중심에 위치하는 정도가 크고 렌즈와의 거리가 가깝다면 피사체 A가 목적물이 될 가능성이 매우 크다. 이 경우보다 조금 애매한 경우, 즉 피사체 A가 이미지의 중심에 위치하는 정도는 조금 적고 피사체 B보다 앞에 있는 정도가 조금 클 경우, 다시 말해서 피사체 각각의 거리 및 중심에 관련된 두 가지 멤버십 함수의 곱이 비슷할 경우엔 화면을 많이 차지하는 피사체가 목적물이 될 가능성이 크다고 볼 수 있다. 이와 같은 추론을 퍼지 룰로 나타내면 아래와 같으며  $D_1, C_1, S_1$ 은 각각 첫 번째 피사체의 거리, 중심차지 정도, 크기를 의미한다.

- (1) IF  $\mu_1(D_1)*\mu_2(C_1)$  is bigger than  $\mu_1(D_2)*\mu_2(C_2)$ , THEN target distance is  $D_1$ .
- (2) IF  $\mu_1(D_1)*\mu_2(C_1)$  is equal to  $\mu_1(D_2)*\mu_2(C_2)$  AND  $S_1$  is bigger than  $S_2$ , THEN target distance is  $D_1$ .

그림 5는 제안하는 자동초점 알고리즘의 동작을 보여준다.

IV. 모의실험

1. 실시간 실험 환경

본 실험의 목적은 실시간으로 입력되는 다양한 화면을 분석하여 사용자가 원하는 물체에 카메라의 초점을 맞추는 데 있다. 따라서 실시간으로 영상을 출력하고

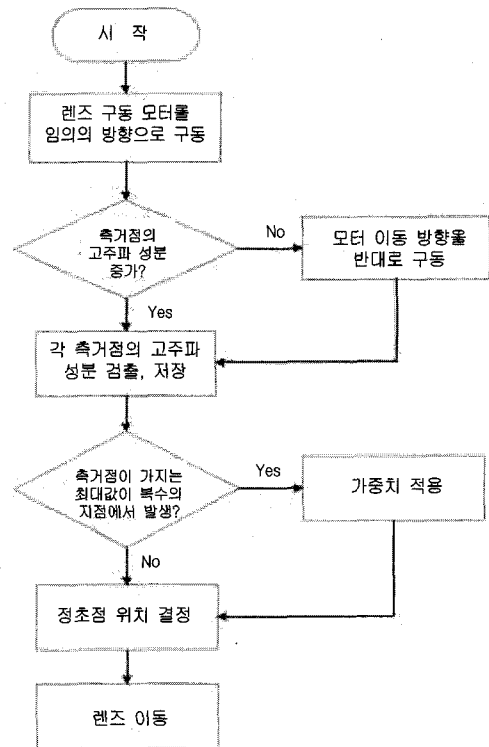


그림 5. 제안된 자동 초점 알고리즘의 순서도  
Fig. 5. Flowchart of proposed auto-focus Algorithm.

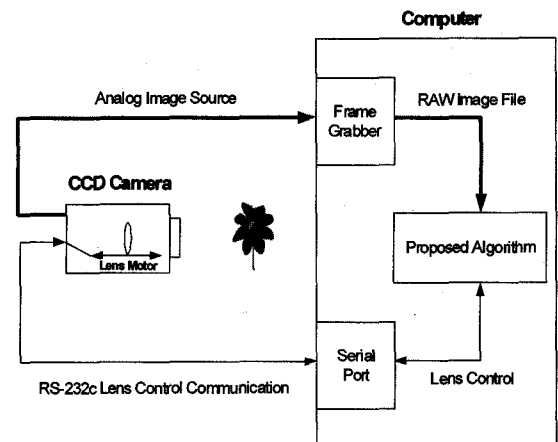


그림 6. 실시간 실험 환경  
Fig. 6. Realtime test environment.

초점 거리가 외부에서 컨트롤 가능한 CCD 카메라의 영상 출력 및 컨트롤 입출력 포트를 프레임 그레버와 컴퓨터의 시리얼 포트에 각각 연결하였다. 실험 구성은 그림 6과 같으며 동작은 다음과 같다. 먼저 프레임 그레버로 들어오는 영상은 컴퓨터 임의의 폴더에 실시간으로 저장되고, 프로그램 언어를 사용하여 구현된 자동 초점 알고리즘은 실시간으로 입력된 영상을 분석하여 RS-232 통신을 통해 카메라의 초점 거리를 26 스텝으로 컨트롤 한다. 실험에 사용된 그 외의 여러 가지 정보는 다음과 같다.

- 카메라: 260x(26x optical) Canon lens
- 프레임 그래버: MATROX사의 METEOR-2
- 이미지 파일: 흑백 RAW, 640 \* 480
- 측거점 크기: 40 \* 40
- 측거점 개수: 70개 (10열 \* 7행)
- 초점값 연산자: Tenengrad
- 실제 사용한 렌즈 스텝 수: 10

측거점 크기는 연산량의 최소화를 위해서 뿐만이 아니라 하나의 피사체에 해당하는 초점 값을 얻어낼 수 있도록 하기 위함이다. 초점 값 연산자의 경우, II장에 기술한 네 가지 초점 값 연산자를 40 \* 40 픽셀 크기의 측거점을 사용하여 Local Maximum 발생 및 초점 값의 변화폭을 분석하여 보았을 시 가장 좋은 특성을 보이는 Tenengrad 연산자를 사용하였다. 실험에 사용된 카메라의 모터는 26 스텝만큼 이동 가능하나 물체 인식에 필요로 하는 정보는 그리 세부적이지 못하여도 되고, 개별 피사체 인식을 위한 그룹화를 쉽게 하기 위해 중간 중간을 건너뛰는 방식으로 10 스텝만을 사용하였다.

2. 실험 결과 및 분석

실험 검증은 접사, 셀프샷, 풍경, 인물, 복수 피사체에 서 진행되었으며 피사체 인식 및 퍼지 추론의 결과는 표의 형태로 나타내었다. 피사체 인식 결과 중 하나의 숫자 데이터 값은 하나의 측거점에 대한 초점 최대값 위치에 대응되며, 값이 크면 클수록 더 먼 거리에 물체가 있다는 것이다.

(가) 접사의 경우

접사 촬영에 대한 샘플 영상과 물체 인식 결과는 그림 7과 같다. 본 접사 촬영은 피사체와 촬상 소자간의 거리가 20cm 정도로 근거리 영역에 위치하였기 때문에 물체가 있는 위치에 '1'이라는 숫자가 전반적으로 나타나는 것을 볼 수 있다. 이 경우 접사 모드라는 것을 알 수 있고 1번 거리에 렌즈를 위치시키면 자동 초점이 완성된다.

(나) 셀프샷의 경우

셀프샷 촬영에 대한 샘플 영상과 물체 인식 결과는 그림 8과 같다. 화면 중앙에 위치한 피사체를 사람 얼굴 이라고 가정하였고 렌즈와 피사체간의 거리는 60cm 정도이다. 이 경우 접사와 마찬가지로 '2' 라는 숫자가 전



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	5	5	5	3	3	3	1	1	1	1
2	5	3	3	2	1	1	2	1	1	1
3	1	1	3	2	1	2	1	1	1	1
4	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1
5	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1

그림 7. 접사 촬영 및 초점 최대값 분포  
Fig. 7. Distribution of maximum focus value of macro shot.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	9	7	9	9	8	8	8	7	10	6
2	9	7	2	2	2	2	2	2	2	2
3	8	7	2	2	2	2	2	2	2	5
4	8	10	2	2	2	2	2	2	2	6
5	7	7	6	2	2	2	2	2	2	8
6	0	7	2	2	2	2	2	2	2	10
7	9	6	2	2	2	2	2	2	2	0

그림 8. 셀프샷 촬영 및 초점 최대값 분포  
Fig. 8. Distribution of maximum focus value of self shot.

반적으로 나타나는 것을 볼 수 있다. 제한된 알고리즘은 물체 인식을 통하여 2번 거리에 렌즈를 위치시킨다.

(다) 풍경의 경우

풍경 촬영에 대한 샘플 영상과 물체 인식 결과는 그림 9와 같다. 이 경우 측거점들이 최대값 '8' 을 고르게 나타내고 있으므로 풍경 촬영 상황이라는 것을 알고리즘은 파악하고 8번 거리에 렌즈를 위치시킨다.

(라) 인물의 경우

인물의 경우, 선풍기를 사람으로 가정하고 촬영하였고 그 그림 10에 나타내었다. 최대값 분포를 보면 중앙과



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

그림 9. 풍경 촬영 및 초점 최대값 분포  
Fig. 9. Distribution of maximum focus value of landscape.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	9	9	9	9	0	0	10	0	9	9
2	9	9	9	9	9	9	10	0	9	9
3	9	9	9	9	9	7	6	7	6	9
4	9	9	9	7	7	6	6	7	6	9
5	4	4	4	9	7	7	6	7	6	9
6	4	4	4	6	9	7	7	6	6	9
7	4	4	7	6	7	6	5	7	6	6

그림 11. 복수 피사체 촬영 및 초점 최대값 분포  
Fig. 11. Distribution of maximum focus value of multi-object.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	10	6	0	7	10	10	10	10	?
2	8	9	0	10	7	7	7	7	10	0
3	10	10	10	10	7	7	7	7	7	?
4	10	10	10	10	7	7	7	7	7	?
5	10	10	10	10	7	7	7	7	7	?
6	10	10	10	10	10	7	7	7	7	?
7	10	10	10	10	7	7	7	7	7	?

그림 10. 인물 촬영 및 초점 최대값 분포  
Fig. 10. Distribution of maximum focus value of portrait.

표 1. 인물 촬영에 대한 퍼지 추론 결과  
Table 1. Result of fuzzy reasoning of portrait.

Object #	$\mu_1(D_{\#})$	$\mu_2(C_{\#})$	$\mu_1(D_{\#}) * \mu_2(C_{\#})$	Selection
1	0.2	0.5	0.1	
2	0.8	1	0.8	0

오른쪽에 '7'이 크게 분포하고 '10'이 왼쪽 부분과 오른쪽 위에 넓게 분포한다. 이 경우, '7'을 제외한 부분은 배경으로 간주될 수 있을 것이다. 제안된 알고리즘은 '10' 부분을 Object 1, '7' 부분을 Object 2로 인식을 하며 퍼지 추론을 하게 되는데 결과는 표 1에 정리되었다. Object 2의 경우 거리에 관계된  $\mu_1(D_2)$ 가 Object 1

표 2. 복수 피사체 촬영에 대한 퍼지 추론 결과  
Table 2. Result of fuzzy reasoning of multi-object.

Object #	$\mu_1(D_{\#})$	$\mu_2(C_{\#})$	$\mu_1(D_{\#}) * \mu_2(C_{\#})$	Selection
1	0.8	0.4	0.32	
2	0.1	0.2	0.02	
3	0.6	0.6	0.36	0

의  $\mu_1(D_1)$ 보다 4배나 커서 배경을 효과적으로 제거할 수 있음을 알 수 있다.

(마) 복수 피사체의 경우

복수 피사체 촬영의 경우를 그림 11에 나타내었으며 좌측 앞쪽에 하나의 피사체가, 우측 뒤쪽에 다른 피사체가 위치한다. 초점 최대값 분포를 보면 크게 세 가지로 구분될 수 있다는 것을 알 수 있다. 제안된 알고리즘은 '4'로 대표되는 물체를 Object 1, 그리고 '9'로 대표되는 물체를 Object 2, 또한 '6'과 '7'로 나타난 물체를 Object 3으로 인식한다. 또한 복수개의 물체가 다른 최대 위치를 나타내므로 퍼지 추론을 하게 되는데, Object 3이 Object 1보다 두 개의 가중치에 대해 고른 함수 값을 가져 목적물로 선택된다. Object 3의 정초점 위치는 '6'과 '7' 사이에 위치할 것이기 때문에 '6'과 '7' 사이에 렌즈 탐색을 한 번 더 수행하여 정 초점 위치를 찾아낸다. 이를 표 2에 정리하였다.

VI. 결 론

본 논문에서는 촬영자가 촬영하고자 하는 피사체를 자동으로 선택하는 알고리즘에 대한 연구를 통해 다수의 측거점과 고주파 영역의 최고점을 이용한 피사체 인식 및 자동 선택이 가능한 자동 초점 알고리즘을 제안하였다. 현재까지 논문의 형태로 나온 자동 초점 알고리즘은 크게 고주파 성분 검출과 검출된 고주파 성분을 기반으로 하여 정 초점 위치를 정하는데, 대다수가 영상의 중앙 부분만을 정 초점 위치 결정에 이용한다. 이 경우 화면의 주변에 피사체가 위치할 경우 원하는 피사체에 정확히 초점을 잡는 것이 불가능하다. 따라서 제안한 알고리즘은 화면의 중앙이 아닌 전체 부분을 정 초점 위치 결정에 반영하고 퍼지 이론을 도입하여 목적물을 자동 선택한다.

제안된 알고리즘은 컴퓨터 언어로 구현되었으며, 카메라에서 실시간으로 다양한 화면을 입력 받아 정 초점 위치를 계산하고 렌즈를 목적물이 가장 선명한 초점 위치로 이동시킴으로써 검증되었다. 향후 측거점의 크기 및 배치, 그리고 초점 계산 방식 및 퍼지 멤버십 함수의 최적화 과정을 거친 후 실용화 될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] J. M. Tenenbaum, Accommodation in computer vision, Ph.D. thesis, Stanford University, 1970.

[2] S. K. Nayar and Y. Nakagawa, "Shape from focus", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 16, pp. 824-831, Aug. 1994.  
 [3] K. S. Choi, J. S. Lee and S. J. Ko, "New autofocus technique using the frequency selective weighted median filter for video cameras", IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol. 45, no. 3, pp. 820-827, Aug. 1999.  
 [4] E. Krotkov, "Focusing", Int. J. of Computer Vision, vol. 1, pp. 223-237, 1987.  
 [5] K. Ooi, K. Izumi, M. Nozaki, I. Takeda, "An advanced autofocus system for video camera using quasi condition reasoning", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 36, Issue 3, pp. 526-530, Aug. 1990.  
 [6] Jie He, Rongzhen Zhou, Zhiliang Hong, "Modified fast climbing search auto-focus algorithm with adaptive step size searching technique for digital camera", IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 49, Issue 2, pp. 257-262, May 2003.  
 [7] L. A. Zadeh "Fuzzy Sets" Journal of Information and Control, Vol. 8, 338-53, 1965.  
 [8] Chao Han, Kerwin, W. S, Hatsukami, T. S, "Detecting objects in image sequences using rule-based control in an active contour model", IEEE Trans. on Biomedical Engineering, Vol. 50, No. 6, pp. 705-710, June 2003.

저 자 소 개



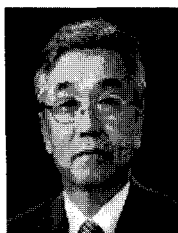
이 상 몽(학생회원)  
 2001년 한국항공대학교  
 컴퓨터공학과 학사  
 2003년 고려대학교  
 전자공학과 석사  
 2003년 3월~현재 고려대학교  
 전자공학과 박사과정

<주관심분야 : Digital Signal Processing, SoC Design, Digital Filter for Audio DAC>



오 승 훈(학생회원)  
 2006년 고려대학교  
 전자공학과 학사  
 2006년 3월~현재 고려대학교  
 전자공학과 석사

<주관심분야 : Mixed-mode IC Design, Smart Sensor IC Design>



김 수 원(정회원)  
 제40권 SD편 제2호 참조  
 2006년 현재 고려대학교  
 전자컴퓨터공학과 정교수