

Local Scale변화에 대한 하이브리드 함수의 블러링 영상의 에지검출 특성

The Characteristics of Edge Detection in Blurring Images by the Hybrid Functions for Local Scale Control

오승환*, 서경호*, 김태효**

Seung-hwan Oh*, Kyung-ho Seo*, Tae-hyo Kim**

요약

조명 및 반사광의 성질에 의해 블러링이 발생하고 이런 영상을 인식하는 경우 정확한 에지 검출이 어렵게 된다. 본 논문에서는 블러링된 영상에서 에지를 최적으로 검출하기 위해 일정하게 에지를 검출할 수 있는 가우시안 함수와 2차 미분 함수를 합성한 새로운 하이브리드 함수를 제안하고 실제 영상과 컨볼루션 한 후 함수의 local scale 계수 σ 값을 변화시키면서, Canny 알고리즘의 방향성 에지 검출방법을 적용하여 에지를 검출하였다. 그 결과 Sobel, Robert, Canny 에지 검출방법보다 0.2~14dB 정도의 에지 검출특성이 개선됨을 확인하였다.

Abstract

In this paper, the hybrid function by local scale control is proposed to detect the optimal edges from blurred images. In the case of image capturing, some blurring is occurred by the characteristics of the illumination and the reflected light. During processing the blurred image, it is difficult to detect perfect edges. This algorithm proposed a new hybrid function which is merged Gaussian function and the second derivative of Gaussian function. And it detects the optimal edges applying directional edge detection by Canny algorithm as the scale factor of σ in the given local mask has been changed after convolving the hybrid function for input image.

In the result, the performance is confirmed that this algorithm is better than Sobel, Robert and Canny edge detector by analyzing the some test images. And the results is obtained 0.2 dB~14 dB of PSNR than those conventional method.

Keywords : Edge detection, blurring images, hybrid functions

I. 서론

디지털 기술의 빠른 성장을 계기로 인간의 시각 시스템을 기계적 시스템으로 대체하려는 경향이 점차 넓어져 가고, 오히려 인간의 시각으로 인식할 수 없는 고감도 및 정밀한 부분까지도 구별하거나 특징을 인식할 수 있게 되었다. 이러한 기술이 컴퓨터 비전 분야의 발전을 가져오게 되어, 지금까지 전자산업 및 기계산업 등에 새로운 응용 분야로 발전하게 되었다. 최근에는 공장에서의 부품 검사, 위성사진의 분석, 특정 물체의 인식 및 패턴 정합 등에 영상의 에지 정보를 이용하는

기술이 널리 이용되고 있다[1][2][3].

영상의 에지는 영상에서 이웃하는 화소들 간의 명암 차이가 심한 부분에서 생기는데, 이를 검출하기 위해 일반적으로 현재까지 널리 알려진 알고리즘은 1차 미분형을 가지는 Sobel 연산자와 Robert 연산자 등을 이용하는 방법이 있고, 2차 미분형을 가지는 Laplacian 연산자 등을 이용하는 방법이 있다. 1970년대 후반에 Marr-Hidreth는 Gaussian-Laplacian 연산자를 제안하여 다양한 scale에서 영교차점(zero-crossing point)으로 영상의 에지를 검출하는 알고리즘을 발표하였고,

1986년 Canny[4]는 Gaussian 함수의 1차 미분을 구한 후 원 영상과 컨볼루션을 취한 다음 최대 값을 가지는 방향의 점을 에지로 정의하는 방법을 제안하였다[5].

그러나 이들 알고리즘들은 획득된 영상의 블러링(blurring) 현상이 비교적 적은 경우 또는 영상의 블러링이 일정한 경우에는 우수한 에지 검출 효과를 보이고 있지만, 일반적으로 영상을 획득할 때 카메라의 초점이 맞지 않는 경우가 있다. 또한, 물체에서의 반사광의 세기가 변화하는 경우, 즉 광원의 변화, 물체 표면의 반사율의 변화, 물체 일부의 차단에 의한 변화 등 여러 가지 요소에 의한 블러링 현상이 생기는 경우가 많다[6][7].

이와 같이 동일한 영상에서도 부분적 영역이나 물체에 블러링이 생기게 되는데 이러한 영상의 에지를 검출하는 경우, 블러링 상태가 다른 영역에서 최적으로 검출할 수 없는 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는, 블러링 상태가 다른 영상에서도 에지 검출 능력이 우수한 특성을 가지는 local scale 가변에 의한 하이브리드함수를 제안하였다. 이는 부분적으로 블러링이 다른 일반적인 영상에서도 일정하게 에지를 검출할 수 있는 Gaussian 함수와 블러링이 심한 영상에서도 에지 검출 능력이 뛰어난 2차 미분 함수를 합성하고, 이 때 scale을 나타내는 σ 값을 변화시켜 가면서 에지 검출 능력을 모의 실험을 통해 확인하고, 본 논문에서 제안한 하이브리드함수에 의한 결과를 기존의 Sobel, Robert, Canny의 알고리즘 결과와 비교하고 평가하고자 한다.

II. 에지 특성과 블러링

1. 에지 특성

에지는 상대적으로 다른 명암도를 가진 두 영역간의 경계이다. 그러므로 영상 안에 있는 객체의 경계를 가리키는 것으로 물체의 모양과 크기, 방향성을 탐지할 수 있는 등 여러 가지 중요한 정보가 들어있다. 물체인식, 영상분할, 영상등록, 화상전송 등에 사용되는 요소로서 가장 단순하고 빠른 에지 검출기는 일련의 픽셀들을 감산한 값에서 최대값을 결정하는 유사연산자와 차연산 에지 검출기가 있으며 픽셀값의 변화성분을 고려한 미분을 통한 에지 검출 방법 등이 있다[8][9].

에지는 픽셀값이 급격하게 변화하는 부분이기 때문에, 미분 연산이 에지 검출에 사용될 수 있다. 미분에 의한 에지 검출기는 1차 미분

(first-order differential operator)을 이용한 방법과 2차 미분(second-order differential operator)을 이용한 방법이 있다. 1차 미분을 사용한 에지 검출기가 Frei 와 Chen이 제안한 기울기 에지 검출기(gradient edge detector)이다. 영상 함수를 f 라고 할 때 일차미분 값 ∇f 는 식(1)과 같다.

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

G_x : x 방향의 편미분

G_y : y 방향의 편미분

여기서 ∇f 의 크기와 방향성분은 식(2)와 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{크기} : |\nabla f| &= \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \\ \text{방향성분} : \tan^{-1} \frac{G_y}{G_x} \end{aligned} \quad (2)$$

1차 미분에서 수평, 수직, 대각선 방향에 놓

여진 에지에 너무 민감하게 반응하는 단점을 보완하기 위한 방법이 2차 미분이다. 따라서 2차 미분은 반응하는 부분을 둔화시킴과 동시에 에지를 더욱 강조하게 되는 효과를 산출하게 되며 Laplacian, LoG(Laplacian of Gaussina), DoG(Difference of Gaussian)등 3가지로 분류될 수 있다. 이 방법의 또 다른 장점은 추출된 에지 윤곽선이 폐곡선을 이루게 되는 것이다.

Roberts는 점 (i, j) 에서 Gradient G 를 식(3)과 같이 정의하였다.

$$G = |f(i, j) - f(i+1, j+1)| + |f(i+1, j) - f(i, j+1)| \quad (3)$$

위의 식(3)은 식(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$G = |\langle F, G_x \rangle| + |\langle F, G_y \rangle| \quad (4)$$

여기서

$$\begin{aligned} F &= \begin{bmatrix} f(i, j) & f(i, j+1) \\ f(i+1, j) & f(i+1, j+1) \end{bmatrix} \\ G_x &= \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \\ G_y &= \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

다른 미분 방법으로는 Sobel 방법이 있으며

Roberts는 2×2 matrix를 사용하는 반면 3×3 matrix를 사용하였다.

$$G_x = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

$$G_y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Roberts의 미분 방법은 두 화소간의 중간위치에서 경사도를 계산하기 때문에, 이를 보완해서 기울기의 계산을 위해서 3×3 matrix를 사용하였다.

미분에 의한 에지 검출에서 에지 영역으로 선택될 수 있는 영역은 일차미분의 경우 변화분이 가장 큰 부분과, 2차 미분의 경우 변곡점이 되는 영역을 에지로 선택할 수 있다[8][9][10].

2. 블러링(Blurring)

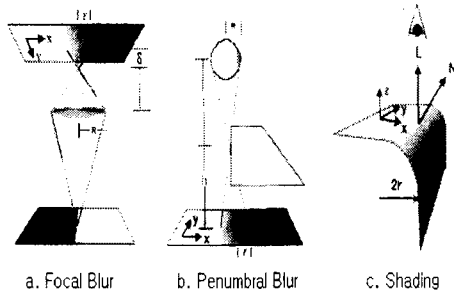


그림 1. 공간 좌표계에서의 블러링
Fig 1. Blurring in the world.

그림 1은 공간 좌표계에서 발생하는 그림자(shading)와 블러링을 보여준다. 그림 1의 (a)는 카메라의 초점 차이로 발생하는 블러링으로 파라메타 γ 은 에지에서 나타나는 블러링의 정도를 결정할 수 있다. 그림 1의 (a)에서 초점 흐림(focal blur)의 경우, γ 은 렌즈 그리고 영상 판과 센서 판사이에서 상대적인 거리와 틸의 크기에 의해 결정된다. 그림1(b)의 반음영 흐림(penumbra blur)의 경우, 광원과 물체에 대한 각도와 차단 막과 표면사이의 거리가 유용한 변수가 되고, (c)의 그림자 경우, γ 은 표면의 곡률(curvature)에 의해 결정된다. 일반적인 영상에서의 이러한 요인들은 넓은 범위에 퍼져 에지를 생성하고, 물체의 정확한 에지를 검출하기가 어렵

다. 그림1의 (a), (b) 및 (c)에 대한 곡률 γ 은 각각 식(5), (6) 및 (7)과 같다. 그러나 이러한 변수 값들을 이용하여 넓은 범위에서도 에지를 추측할 수 있다[6][7].

$$r = R \frac{\delta}{i} \quad (\text{그림 1의 a}) \quad (5)$$

$$r = R \frac{h}{l} \quad (\text{그림 1의 b}) \quad (6)$$

$$z(x) = - \int_0^x ([f(x/r)]^{-2} - 1)^{1/2} dx$$

(그림 1의 c) (7)

여기서, R은 각각 렌즈 및 광원의 반경이고, r은 각각 블러링의 부분의 1/2의 길이를 나타낸다.

III. Local Scale 가변과 에지 특성

1. Local Scale 가변과 에지의 경사도 검출

영상의 특정한 위치가 에지라는 주장을 하기 위한 필요 조건은 밝기(intensity) 함수에서 0이 아닌 다른 값의 기울기를 가지는 것이다. 기울기는 가우스함수 식(8), (9)의 1차 미분 함수 식(10), (11)로 나타낼 수 있다[6][11].

$$g^x = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (8)$$

$$g^y = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (9)$$

$$g_1^x(x, y, \sigma_1) = \frac{-x}{2\pi\sigma_1^4} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma_1^2} \quad (10)$$

$$g_1^y(x, y, \sigma_1) = \frac{-y}{2\pi\sigma_1^4} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma_1^2} \quad (11)$$

σ_1 은 가우스 1차 미분 함수의 scale을 나타낸다. σ_1 의 값에 따라 필터 특성이 달라짐을 그림2에 나타내었다. 임의의 방향 θ 에서 영상I(x, y)로의 1차 미분 함수 $g_1^\theta(x, y, \sigma_1)$ 의 응답 $r_1^\theta(x, y, \sigma_1)$ 은 식(12), (13)으로부터 함수의 응답가중치의 합으로서 식(14)와 같이 표현할 수 있다.

$$r_1^x(x, y, \sigma_1) = g_1^x(x, y, \sigma_1) * I(x, y) \quad (12)$$

$$r_1^y(x, y, \sigma_1) = g_1^y(x, y, \sigma_1) * I(x, y) \quad (13)$$

$$r_1^\theta(x, y, \sigma_1) = \cos(\theta) r_1^x(x, y, \sigma_1) + \sin(\theta) r_1^y(x, y, \sigma_1) \quad (14)$$

회도 함수의 정적이지 않은 점에서, $r_1^\theta(x, y, \sigma_1)$ 는 식(15)와 같이 θ 위에 최대 값을 가지게 되고, 기울기 방향은 $\theta_M(x, y, \sigma_1)$ 에서 식(16)과 같이 구해진다.

$$r_1^{\theta_M}(x, y, \sigma_1) = \sqrt{(r_1^x(x, y, \sigma_1))^2 + (r_1^y(x, y, \sigma_1))^2} \quad (15)$$

$$\theta_M(x, y, \sigma_1) = \arctan(r_1^y(x, y, \sigma_1) / r_1^x(x, y, \sigma_1)) \quad (16)$$

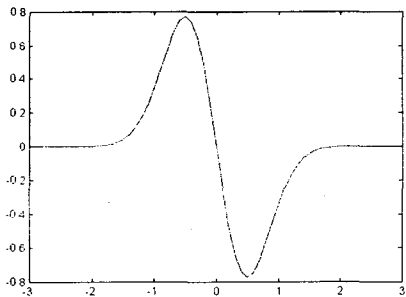


그림 2 가우스 1차 미분 특성 곡선($\sigma=0.5$)

Fig 2. The characteristics of Gaussian first derivative($\sigma=0.5$).

이것에 기반한 대표적인 에지 검출기로는 Canny 에지 검출기가 있다. 가우스 함수에 따른 블러링된 영상에 1차 미분을 취한다고 하는 아이디어를 실현한 것으로, 이미지의 각 점에서 여러 방향으로 미분을 취하고, 미분 값이 최대가 되는 방향을 찾는다. 그 최대 방향의 미분값이 일정한 문턱 값을 넘으면, 그 위치를 에지로 추정한다

[5][11].

2. 2차미분에 의한 추정

밝기(intensity) 함수의 이차 미분은 가우스 함수 식(17), (18)의 이차 미분 결과로부터 식(19), (20)과 같이 추정될 수 있다[6][7].

$$g_2^x(x, y, \sigma_2) = \frac{1}{2\pi\sigma_2^4} ((x/\sigma_2)^2 - 1) e^{-(x^2+y^2)/2\sigma_2^2} \quad (17)$$

$$g_2^y(x, y, \sigma_2) = \frac{1}{2\pi\sigma_2^4} ((y/\sigma_2)^2 - 1) e^{-(x^2+y^2)/2\sigma_2^2} \quad (18)$$

$$r_2^x(x, y, \sigma_2) = g_2^x(x, y, \sigma_2) * I(x, y) \quad (19)$$

$$r_2^y(x, y, \sigma_2) = g_2^y(x, y, \sigma_2) * I(x, y) \quad (20)$$

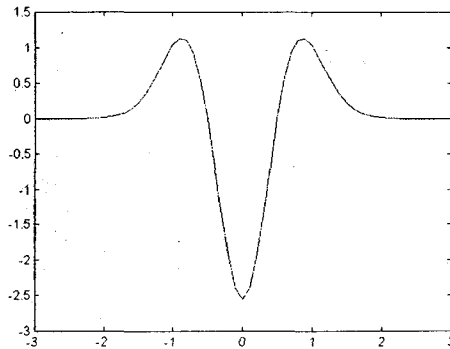


그림 4. 가우스 2차 미분 특성 곡선($\sigma=0.5$)
Fig 4. The characteristics of Gaussian second derivative($\sigma=0.5$).

그림 4에 2차 미분함수의 특성을 나타내었다. 가운데 0부분은 가중치가 음의 값을 가지며 1과 -1위치에서 양의 최대 가중치 값을 갖는다. 그러므로, 가운데 화소에도 영향을 받지만, 그 주위 화소값의 영향을 더 많이 받게 되므로, 어느 정도 흐린 영상에서도 에지를 검출할 수 있으나, 기울기 성분이 큰 부분에서는 오히려 잡음으로 나타나는 경향이 있다.

3. 제안한 하이브리드 함수에 의한 방법

1차 미분 함수의 대표적인 Canny 에지 검출기

는 일반적인 영상에서의 단일 에지를 구하는 능력이 뛰어나지만, 블러링이 존재하면 물체의 에지를 정확히 검출하지 못하며, 블러링이 심해질 경우 에지 검출을 할 수 없다. 그리고, 그림 5에서와 같이 scale의 크기에 따라서 에지검출의 정도가 다르다. Scale이 작을 경우, 잡음까지 에지로 검출하며, scale이 클 경우 에지의 윤곽선이 끊어짐을 볼 수 있다.

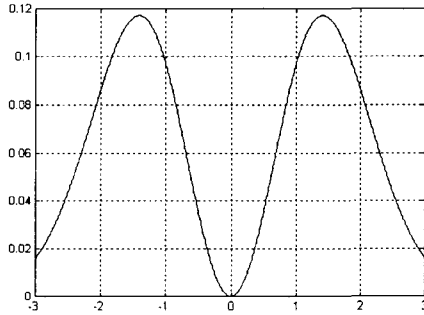


그림 5. 제안한 하이브리드 함수 특성 곡선($\sigma=1.0$)

Fig 5. The Characteristics of the proposed hybrid function($\sigma=1.0$).

2차 미분에서는 에지부분에 블러링이 있으면 그 물체의 윤곽선의 에지를 검출이 가능하지만 흐림이 없는 물체에는 잡음이 많이 생길 수 있다. 이러한 단점을 보완하고, 위 에지 검출기의 장점을 이용하기 위하여 가우스 함수 식(8)과 식(17)을 합성하고, 식(9)와 식(18)을 합성한 새로운 하이브리드 함수 즉, 식(21), (22)를 제안한다. 우선, 식(8)과 식(17)로부터

$$\frac{1}{2\pi\sigma_h^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma_h^2} + \frac{1}{2\pi\sigma_h^4} ((x/\sigma_h)^2 - 1) e^{-(x^2+y^2)/2\sigma_h^2}$$

정리하면 식(21)을 얻을 수 있고, 같은 방법으로 식(9)와 식(18)을 정리하면 식(22)를 얻을 수 있다.

$$g_h^x(x, y, \sigma_h) = \frac{1}{2\pi\sigma_h^2} \left(\frac{1}{\sigma_h^2} \left(\frac{x}{\sigma_h} \right)^2 - 1 \right) + 1 e^{-(x^2+y^2)/2\sigma_h^2} \tag{21}$$

$$g_h^y(x, y, \sigma_h) = \frac{1}{2\pi\sigma_h^2} \left(\frac{1}{\sigma_h^2} \left(\frac{y}{\sigma_h} \right)^2 - 1 \right) + 1 e^{-(x^2+y^2)/2\sigma_h^2}$$

$$(22)$$

여기서 σ_h 는 제안한 하이브리드 함수의 scale을 나타내고, 위 식을 영상 함수 $I(x,y)$ 와의 컨볼루션을 취하면 각각 식(23), (24)와 같이 얻어진다.

$$r_h^x(x, y, \sigma_3) = g_h^x(x, y, \sigma_3) * I(x, y) \tag{23}$$

$$r_h^y(x, y, \sigma_3) = g_h^y(x, y, \sigma_3) * I(x, y) \tag{24}$$

에지 크기와 방향은 아래 각각 식(24), (25)와 같다.

$$r_h^{\theta_u}(x, y, \sigma_h) = \sqrt{(r_h^x(x, y, \sigma_h))^2 + (r_h^y(x, y, \sigma_h))^2} \tag{25}$$

$$\theta_M(x, y, \sigma_h) = \arctan(r_h^y(x, y, \sigma_h)/r_h^x(x, y, \sigma_h)) \tag{26}$$

그림 5는 제안한 하이브리드 함수의 특성을 나타냈다. 본 논문의 목적에 맞게 중앙 부분의 가중치는 0이고 중앙을 기준으로 1과 2사이에 최대값의 가중치를 부여하므로, 중앙의 화소값 보다 화소 주위의 값에 의존하게 되며, 흐린 영상에서도 에지 검출을 명확히 하고, 아울러 잡음에도 강한 특성을 가지게 된다.

IV. 모의 실험 및 결과

1. 실험 과정

본 논문에서, 256 그레이 샘플 영상으로 CCD 카메라로부터 입력받은 영상과 기존의 시험 영상을 Visual C++로 모의 실험을 하였다.

실험 순서는 시험 영상을 블러링을 사용하여 시험 영상의 흐림 정도를 변화 시켰다. 시험 영상과 블러링된 시험 영상을 Sobel, Robert, Canny 그리고 제안한 하이브리드 함수를 적용하여 에지를 검출한 영상을 시각적으로 분석하고, PSNR로 검출된 에지의 변화량을 비교한다.

시험에서 7×7 의 local mask를 생성하고 이의 local scale(σ)값을 변경하면서 그림 5의 하이브리드 함수를 시험 영상에 컨볼루션을 취한다. 컨볼루션을 취한 영상은 다시 Canny 에지 검출기에서의 방법을 선택하여 에지를 검출한다. 다음은 Canny 에지 검출기의 방향성 에지 검출 방법이다[4][5].

1. 화소들의 x축으로의 변화분을 α 로 두고, y축

으로의 변화분을 β 로 둔다. 이를 계산하는 방법은

$$\alpha = \frac{|I(x+1, y) - I(x, y)| + |I(x+1, y+1) - I(x, y+1)|}{2}$$

$$\beta = \frac{|I(x, y) - I(x, y+1)| + |I(x+1, y) - I(x+1, y+1)|}{2}$$

2. 이미지의 각 점에서 x, y 변화분의 크기를 구한다.

$$M = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}$$

여기서 M의 크기가 255보다 크면 255로 한계를 둔다.

3. y축 변화에 대한 x축 변화를 비교하기 위해 각을 구하여 분류한다.

$$angle = \tan^{-1} \frac{\beta}{\alpha}$$

(1)sector[0]

= $angle(22.5^\circ \sim -22.5^\circ)$ 와 $angle(157.5^\circ \sim 202.5^\circ)$
y성분의 변화가 더 클 경우이다.

에지가 y축 방향을 가진다.

(2)sector[1]

= $angle(22.5^\circ \sim 67.5^\circ)$ 와 $angle(202.5^\circ \sim 247.5^\circ)$

x와 y성분의 변화가 비슷할 경우이다.

에지가 x, y 대각선 방향을 가진다.

(3)sector[2]

= $angle(67.5^\circ \sim 112.5^\circ)$ 와 $angle(247.5^\circ \sim 292.5^\circ)$

x성분의 변화가 더 클 경우이다.

에지가 x축 방향을 가진다.

(4)sector[3]

= $angle(112.5^\circ \sim 157.5^\circ)$ 와 $angle(292.5^\circ \sim 337.5^\circ)$

반대 방향의 x와 y성분의 변화가 비슷할 경우이다. 에지가 x, y 반대 대각선 방향을 가진다.

4. 에지의 방향성 검출을 좀더 정확하게 하기 위해 각 에지 검출 방향에 상반된 기울기에 대한 양 화소 점에서의 에지 검출크기를 비교하여 특정 화소에서의 에지 검출 크기가 양 화소 점의 에지 검출 크기보다 작으면, 검출 방향에 대한 에지 성분이 작으므로, 그 에지 크기 M을 0으로 바꾼다.

5. 에지 크기 M의 값에 문턱치를 적용하여 결과 영상의 화소점을 255로 바꾸어 에지가 나타나도록 한다.

그림 6~7까지는 Canny와 2차 미분 함수를 적용한 결과를 보여주고, 그림 8~12는 제안한 하

이브리드 함수를 적용한 결과를 나타내었다.

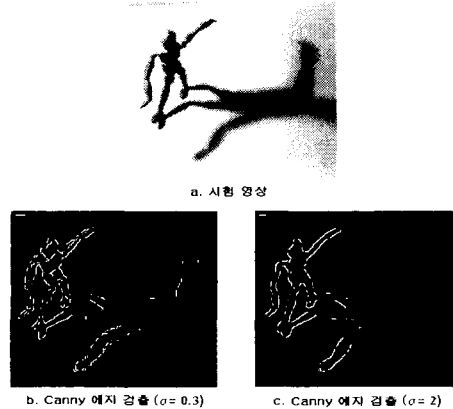


그림 6. Canny 에지 검출 결과.

Fig 6. The results of Canny edge detection.

2. 실험 결과 및 고찰

그림 6은 Canny 에지 검출 방법의 결과이다. 여기서 그림자 부분은 완전한 검출을 할 수 없었으며, local mask 내의 scale σ 값이 크면 검출된 에지가 끊어짐을 볼 수 있고, σ 값이 작으면, 마네킹 주위에 잡음이 나타나게 된다.

그림 7은 2차 미분 함수를 적용한 결과이며, 그림자 부분이 비교적 잘 검출되었음을 알 수 있지만, σ 값을 변화시켜 가면서 처리하여도 마네킹 주위에 많은 잡음이 나타났다. 그림 8은 제안한 하이브리드 함수를 적용하여 σ 값을 변화시킨 경우이다. Scale의 σ 값이 7.8에서는 원하지 않는 잡음이 검출되며, σ 가 10.5에서는 에지가 끊어짐을 보였다. 그러나 σ 값이 9.8일 때, 마네킹과 그림자 부분의 에지가 최적으로 검출되었다.

그림 9에서 그림 12까지는 제안한 하이브리드 방법과 기존의 Canny의 방법으로 에지를 검출한 결과이다. 그림 9는 초점이 블러링된 branch 영상이다. 그림 9의 f에서 알 수 있듯이 뚜렷한 부분은 Canny 에지 검출 방법이 선명하게 에지를 검출하지만, 블러링된 부분에서는 에지를 검출하지 못하고, 하이브리드 함수 적용시 σ 값의 변화에 따라 블러링 정도에 따라 검출되는 정도가 다르게 나타나며, σ 값이 8.4에서 선명한 부분을 검출

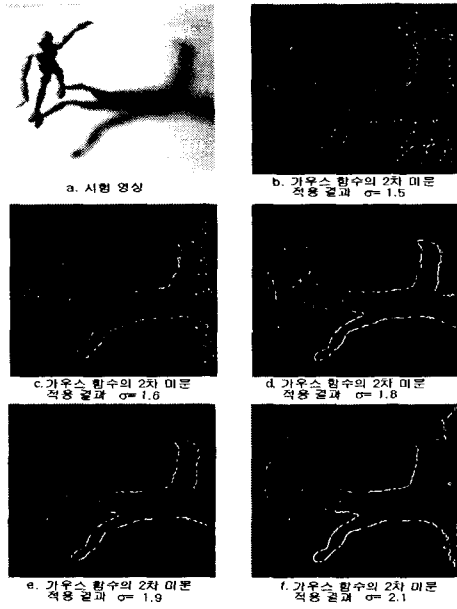


그림 7. 가우스 2차 미분 함수의 적용 결과.

Fig 7. Applied results of Gaussian second derivative.

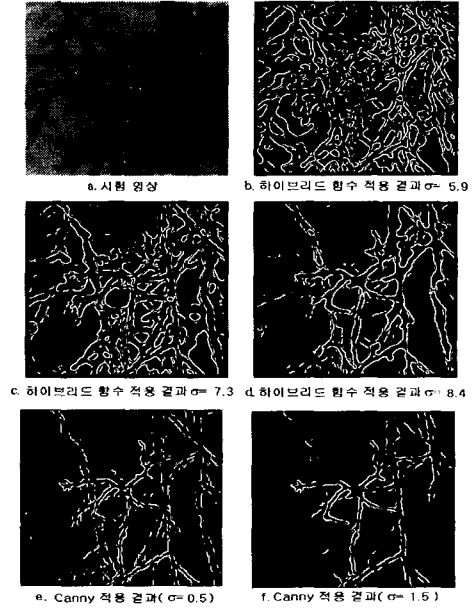


그림 9. branch 영상 적용 결과

Fig 9. Applied results of the branch image.

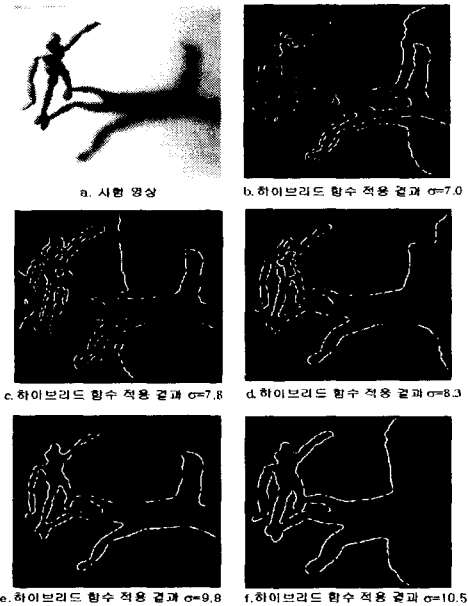


그림8. 하이브리드 함수 적용 결과.

Fig 8. Applied results of the proposed hybrid function.

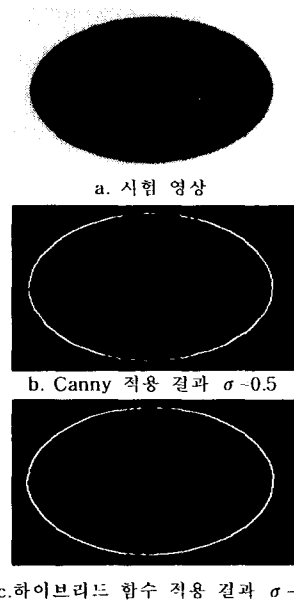
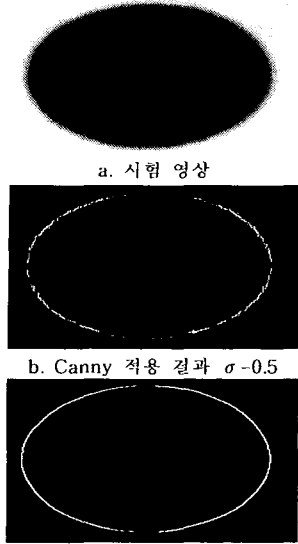


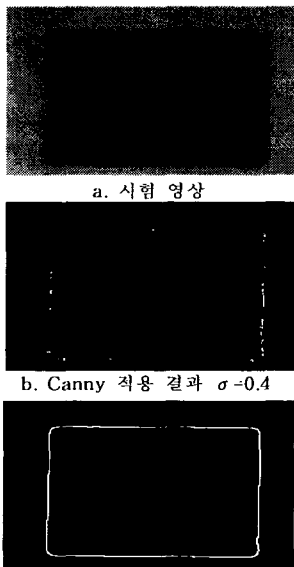
그림 10. 동그라미 영상 적용 결과.

Fig 10. Applied results of the circle image.



a. 시험 영상
b. Canny 적용 결과 $\sigma=0.5$
c. 하이브리드 함수 적용 결과 $\sigma=9.8$
그림 11. 블러링된 동그라미 영상 적용 결과.

Fig 11. Applied results of the blurred circle image.



a. 시험 영상
b. Canny 적용 결과 $\sigma=0.4$
c. 하이브리드 함수 적용 결과 $\sigma=8.3$
그림 12. 블러링된 사각형 영상 적용 결과.

Fig 12. Applied results of a blurred quadrangle image.

하고, σ 값이 5.9일 때 블러링이 심한 부분에서도 에지가 검출됨을 알 수 있다. 그림 10의 선명한 타원형 영상과 그림11의 블러링 타원형 영상을 비교하였고, 그림 12에 사각형 영상에서도 객관적 비교를 위해 동일한 σ 값을 적용한 결과, 제안한 하이브리드 함수의 검출 특성이 Canny 에지 검출의 결과보다 우수함을 보였다. Canny 검출특성은 σ 값이 0.2~2 일 때 에지검출 특성이 최적으로 나타났다.

그림 13에 Sobel, Robert, Canny 에지 검출 방법과 제안된 하이브리드함수법에 의한 결과를 식 (27)의 PSNR(Peak Signal Noise Ratio) 값으로 나타내었다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{(255)^2}{MSE} [db] \quad (27)$$

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} |F(m, n) - F'(m, n)|^2 \quad (28)$$

여기서 $F(m,n)$ 은 시험 영상의 에지 검출된 결과이고, $F'(m,n)$ 은 블러링된 시험 영상의 에지 검출된 결과를 나타낸다.

- A : 타원형 영상과 블러링된 그 블러링된 타원형 영상의 비교.
- B : 사각형 영상과 블러링된 사각형 영상의 비교.
- C : 사각형 영상2와 블러링 사각형 영상의 비교

그림 12의 PSNR 비교에서 그림 9와 그림10의 영상에서는 Canny 에지 검출 방법이 제안한 방법보다 0.34dB 정도 크나, 시각적으로는 제안한 하이브리드 함수를 적용한 방법이 선명한 에지를 검출함을 알 수 있다.

사각형 영상에서는 각각 0.2dB, 3.4dB 정도 제안한 방법이 안정적이고 Sobel 에지검출 방법보다는 각각 6.09dB, 4.94dB, 14.08dB 정도 우수하고, Robert 에지 검출 방법보다는 각각 7.07dB, 7.42dB, 11.48dB 정도 우수함을 알 수 있었다.

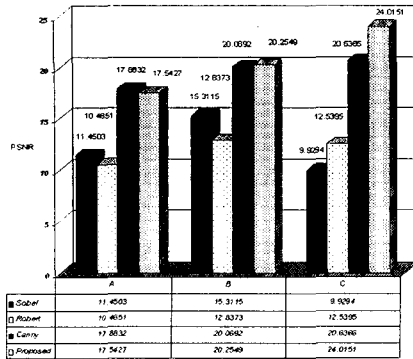


그림 13. 에지 검출된 영상의 PSNR 비교

Fig 13. PSNR comparison of detected edge images.

V. 결 론

본 논문에서는 블러링을 가지는 영상으로부터 에지 검출을 하기 위해 가우스함수와 가우스 2차 미분 함수를 합성한 하이브리드 함수를 제안하였다. 제안된 함수를 시험 영상과 컨볼루션 한 후 함수의 σ 값을 변화시키면서, Canny 알고리즘의 방향성 에지 검출 방법을 적용하여 에지를 검출하였다. scale을 나타내는 σ 값의 변화에 따라 검출되는 에지는 많은 차이를 보인다는 것을 알 수 있었다.

대표적인 기존의 알고리즘들인 Sobel, Robert와 Canny 에지 검출기 보다 블러링된 영상에서도 에지 검출 능력이 뛰어난을 시각적으로 확인을 했으며, 시험 영상과 블러링된 시험 영상의 에지 검출 결과를 비교할 때, 0.2~14dB로 안정적으로 에지가 검출되었다.

본 논문의 결과는 기존의 에지 검출 방법보다 블러링된 부분에 대하여 높은 검출 능력을 보였으며, 원 영상과 블러링된 영상과의 에지 검출 차이를 확인하기 위해 PSNR을 통하여 분석하였다. 패턴 인식과 계측 분야에 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing Company, pp. 1 - 19, 161-218, 1993.
- [2] Howard E. Burdick, Digital Imaging, McGraw-Hill, pp. 13-40, 1997.
- [3] 장동혁, Visual C++를 이용한 디지털 영상 처리의 구현, PC 어드밴스, pp. 15-22, 157-187, 2000.
- [4] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-8. NO.6, November 1986.
- [5] J. R. Packer, Algorithms for Image Processing and Computer Vision, Wiley Computer Publishing, pp. 19-32, 1997.
- [6] J. Elder, "The Visual Computation of Bounding Contours", Ph thesis, McGraw Hill University, Dept. of Electrical Eng., 1995.
- [7] J. Elder, "Local Scale Control for Edge Detection and Blur Estimation", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, VOL.20, NO.7, July 1998.
- [8] Randy Crane, A Simplified Approach to Image Processing, pp.79 -93, 1997.
- [9] Ranesh Jain, Rangachar Kasturi, Brian G. Schunck, Machine Vision, pp. 140 - 172, 1995.
- [10] Jonh C. Russ, The Image Processing Handbook, CRC Press, Inc., pp. 227-282, 1992.



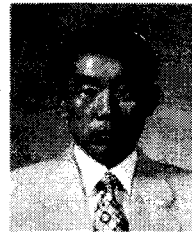
오승환(Seung-hwan Oh)
準會員
1998년 경남대학교
전자공학과(공학사)
2000년 경남대학교 대학원
전자공학과(공학석사)
2000년-현재 삼성테크윈
연구소 근무

관심분야 : 컴퓨터비전, 영상처리



서경호(Kyung-ho Seo)
準會員
1994년 경남대학교
전자공학과(공학사)
1996년 경남대학교 대학원
전자공학과(공학석사)
1997년 - 동 대학원
박사과정 수료

관심분야 : 컴퓨터비전, 영상신호처리



김태효(Tae-hyo Kim)
正會員
1977년 영남대학교
전자공학과(공학사)
1980년 영남대학교 대학원
전자공학과(공학석사)
1988년 동 대학원
전자공학과(공학박사)

1990. 12 - 1991. 12 펜실바니아대학
전기공학과 박사후과정

관심분야 : 영상신호처리, 영상압축, 컴퓨터비전
