

# Local Scale 가변에 의한 영상의 에지 검출 특성

오승환·서경호·김태효  
경남대학교 전자공학과

## The Characteristics of Edge Detection in Images by Local Scale Control

Seung-Hwan O, Kyung-Ho Seo, Tae-Hyo Kim  
Department of Electronics Engineering  
Kyungnam University  
e-mail : hyo@kyungnam.ac.kr

### 요약

조명 및 반사광의 성질에 의해 블러링이 발생하고 이런 영상을 인식하는 경우 정확한 에지 검출이 어렵게 된다. 이를 최적으로 검출하기 위해 일정하게 에지를 검출할 수 있는 가우시안 함수와 2차 미분 함수를 합성한 새로운 하이브리드 함수를 제안하고 실제 영상과 컨볼루션 한 후 함수의  $\sigma$  값을 변화시키면서, Canny 알고리즘의 방향성 에지 검출 방법을 적용하여 에지를 검출하였다. 그 결과 Sobel, Robert, Canny 에지 검출방법보다 0.2~14dB 정도 안정적으로 에지가 검출되었다.

### I. 서론

영상의 에지 검출 방법은 영상의 명암 차이가 심한 부분에서 생기는데, 일반적으로 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 영교차점으로 영상의 에지를 검출하는 알고리즘을 발표하였고, 1986년 Canny[1]는 Gaussian 함수의 1차 미분을 구한 후 원 영상과 컨볼루션을 취한 다음 최대값을 가지는 방향의 점을 에지로 정의하는 방법을 제안하였다.[2]

일반적으로 영상을 획득할 때 카메라의 초점이 맞지 않는 경우가 있다. 또한, 물체에서의 반사광

의 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.[3][4]

따라서 본 논문에서는 블러링 상태가 다른 영상에서도 에지 검출 능력이 우수한 특성을 가지는 local scale 가변에 의한 하이브리드 함수를 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  $\sigma$  값을 변화시켜 가면서 에지 검출 능력을 모의 실험을 통해 확인하고, 기존의 Sobel, Robert, Canny의 알고리즘 결과와 비교하고 평가한다.

### II. 에지 모델과 블러링

에지는 상대적으로 다른 명암도를 가진 두 영역 간의 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.[5][6]

### 2.1 미분에 의한 에지 검출

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  $\nabla f$  는

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

$G_x$  : x 방향의 편미분

$G_y$  : y 방향의 편미분

$\nabla f$ 의 크기와 방향성분은 각각 다음처럼 주어진다.

크 기 :  $|\nabla f| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$ ,

방향성분:  $\tan^{-1} \frac{G_y}{G_x}$

1차 미분에서 수평, 수직, 대각선 방향에 놓여진 에지에 너무 민감하게 반응하는 단점을 보완하기 위한 방법이 2차 미분이며, 반응하는 부분을 둔화시킴과 동시에 에지를 더욱 강조하게 되고 추출된 에지 윤곽선이 폐곡선을 이루게 되며 Laplacian, LoG(Laplacian of Gaussina), DoG(Difference of Gaussian)등이 있다.

Roberts는 Point( $i, j$ )에서 Gradient G를 다음처럼 정의하고 있다.

$$G = |f(i, j) - f(i+1, j+1)| + |f(i+1, j) - f(i, j+1)| \quad (2.2)$$

다른 미분 방법으로는 Sobel 방법이 있으며 Roberts는  $2 \times 2$  Matrix를 사용하는 반면  $3 \times 3$  Matrix를 사용하였다.

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

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

에지로 선택될 수 있는 영역은 일차미분의 경우 변화분이 가장 큰 부분과, 2차 미분의 경우 변곡점이 되는 영역을 에지로 선택할 수 있다.[7][8]

### 2.2 블러링

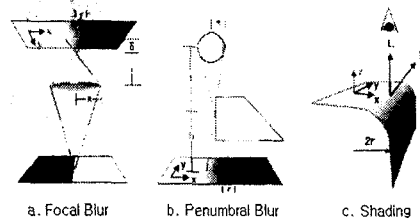


그림 1. 공간 좌표계에서의 블러링  
Fig 1. Blurring in the world coordinate system.

그림 1은 공간 좌표계에서 발생하는 그림자(shading)와 블러링을 보여준다. 그림 1의 a에서 초점 흐림(focal blur)의 경우,  $r$ 은 렌즈 그리고 영상 판과 센서 판사이에서 상대적인 거리와 틸의 크기에 의해 결정된다(2.4). b 그림의 반음영 흐림(penumbral blur)의 경우, 광원과 물체에 대한 각도와 차단막과 표면사이의 거리가 유용한 변수가 된다(2.5). c 그림의 그림자 경우,  $r$ 은 표면의 곡률(curvature)에 의해 결정된다(2.6). 이러한 요인들은 넓은 범위에 퍼져 에지를 생성하고, 물체의 정확한 에지를 검출하기가 어렵다. 그러나 이러한 변수값들을 이용하여 넓은 범위에서도 에지를 추측할 수 있다.[3][4]

$$r = R \frac{d}{z} \quad (2.4)$$

$$r = R \frac{h}{l} \quad (2.5)$$

$$z(x) = - \int_0^x ([f(s/r)]^2 - 1)^{1/2} dx \quad (2.6)$$

## III. Local Scale 가변과 에지 특성

### 3.1 하이브리드 함수의 유도

1차 미분 함수의 대표적인 Canny 에지 검출기는 일반적인 이미지에서의 단일 에지를 구하는 능력이 뛰어나다. 하지만, 블러링이 존재하면 물체의 에지를 정확히 검출하지 못하며, 2차 미분에서는 그림자나 블러링이 있으면 그 물체의 윤곽선 에지를 검출하나 블러링이 없는 물체에는 잡음이 많다는 것을 알 수 있었다. 이러한 단점을 보완하고, 위 에지 검출기의 장점을 이용하고자 가우스 함수(3.1)(3.2)와 가우스 함수의 2차 미분(3.3)(3.4)을 병합한 새로운 하이브리드 함수(3.5)(3.6)를 제안하였다.

$$g^x = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (3.1)$$

$$g^y = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (3.2)$$

$$g_2^x(x, y, \sigma_2) = \frac{1}{2\pi\sigma_2^2} ((x/\sigma_2)^2 - 1) e^{-(x^2+y^2)/2\sigma_2^2} \quad (3.3)$$

$$g_2^y(x, y, \sigma_2) = \frac{1}{2\pi\sigma_2^2} ((y/\sigma_2)^2 - 1) e^{-(x^2+y^2)/2\sigma_2^2} \quad (3.4)$$

$$g_h^x(x, y, \sigma_h) = \frac{1}{2\pi\sigma_h^2} \left( \frac{1}{\sigma_h^2} \left( \frac{x}{\sigma_h} \right)^2 - 1 \right) + 1 e^{-(x^2+y^2)/2\sigma_h^2} \quad (3.5)$$

$$g_h^y(x, y, \sigma_h) = \frac{1}{2\pi\sigma_h^2} \left( \frac{1}{\sigma_h^2} \left( \frac{y}{\sigma_h} \right)^2 - 1 \right) + 1 e^{-(x^2+y^2)/2\sigma_h^2} \quad (3.6)$$

$\sigma_h$ 는 하이브리드 함수의 scale을 나타내고, 위 식을 이미지  $I(x,y)$ 와의 컨볼루션을 취하면 다음과 같이 얻어진다.

$$r_h^x(x, y, \sigma_3) = g_h^x(x, y, \sigma_3) * I(x, y) \quad (3.7)$$

$$r_h^y(x, y, \sigma_3) = g_h^y(x, y, \sigma_3) * I(x, y) \quad (3.8)$$

에지 크기와 방향은 아래 식과 같다.

$$r_h^{\theta}(x, y, \sigma_h) = \sqrt{(r_h^x(x, y, \sigma_h))^2 + (r_h^y(x, y, \sigma_h))^2} \quad (3.9)$$

$$\theta_h(x, y, \sigma_h) = \arctan(r_h^y(x, y, \sigma_h)/r_h^x(x, y, \sigma_h)) \quad (3.10)$$

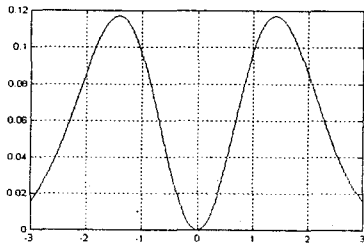


그림 2. 제안한 하이브리드 함수 특성 곡선 ( $\sigma=1.0$ )

Fig 2. The Characteristics of the proposed hybrid function. ( $\sigma=1.0$ )

그림 2는 제안한 하이브리드 함수의 특성을 보인다. 본 논문의 목적에 맞게 중앙 부분의 가중치는 0이고 중앙을 기준으로 1과 2사이에 최대값의 가중치를 부여하므로, 중앙 픽셀값 보다 픽셀 주위의 값에 의존하게 되며, 흐린 영상에서도 에지 검출을 명확히 하고, 아울러 잡음에도 강하다.

#### IV. 실험결과

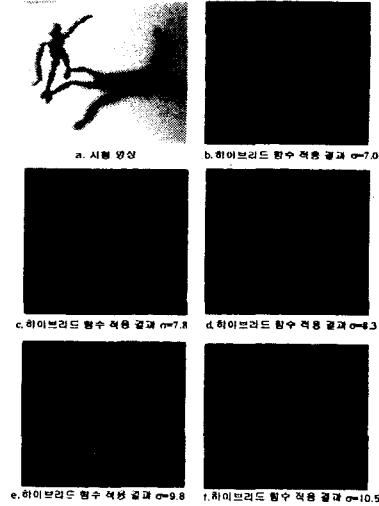


그림 3. 하이브리드 함수 적용 결과  
Fig 3. Applied result of proposed hybrid function.

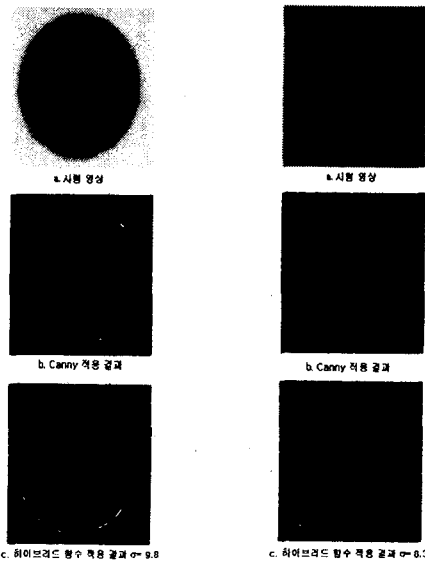


그림 4. 블러링된 동그라미 영상 적용 결과  
Fig 4. Applied result of the blurred circle image

그림 5. 블러링된 사각형 영상 적용 결과  
Fig 5. Applied result of a blurred quadrangle image.

그림 3은 제안한 하이브리드 함수를 적용한 예이다. scale값이 7.8에서는 원하지 않는 잡음이 검출되며, 10.5에서는 에지가 끊어짐을 보인다.

그러나 scale 값이 9.8일 때, 마네킹과 그림자 부분의 에지가 검출되었다.

그림 4과 그림 5는 블러링된 동그라미 영상과 블러링된 사각형 시험 영상에 대해서는 제안한 하이브리드 함수를 적용했을 때 Canny 에지 검출 방법 보다 좋은 결과를 보였다.

그림 6는 Sobel, Robert, Canny 에지 검출 방법과 제안된 방법으로 시험 영상과 블러링된 시험 영상에 적용한 결과의 차이를 보기 위해 PSNR 값으로 나타내었다. PSNR 값은 식(4.1)에 의해 구해진다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{(255)^2}{MSE} [db] \quad (4.1)$$

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} |F(m,n) - F'(m,n)|^2 \quad (4.2)$$

F(m,n): 원 시험 영상의 에지 검출된 결과

F'(m,n): 블러링된 시험 영상의 에지 검출된 결과

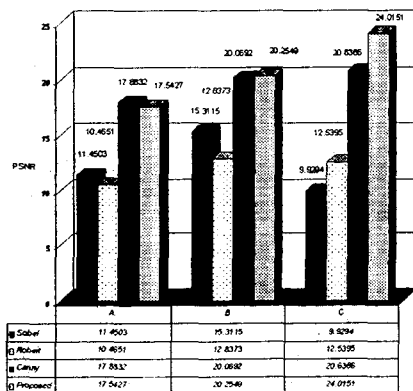


그림 6. 에지 검출된 영상의 PSNR 비교  
Fig. 6. PSNR comparison of detected edge images.

- A : 동그라미 영상과 블러링된 동그라미 영상의 비교.
- B : 사각형 영상과 블러링된 사각형 영상의 비교.
- C : 사각형 영상2과 블러링된 사각형 영상2의 비교.

그림 6의 PSNR 비교에서 동그라미 영상에서는 Canny 에지 검출 방법이 제안한 방법보다 0.34dB 정도 크나, 시각적으로는 제안한 하이브리드 함수를 적용한 방법이 선명한 에지를 검출한다. 사각형 영상이나 사각형 영상2에서는 각각 0.2dB, 3.4dB 정도 제안한 방법이 안정적이고 Sobel 에지검출 방법보다는 각각 6.09dB, 4.94dB, 14.08dB 정도 우수하고, Robert 에지 검출 방법 보다는 각각 7.07dB, 7.42dB, 11.48dB 정도 우수함을 알 수 있었다.

## V. 결론

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  $\sigma$  값을 변화시키면서, Canny 알고리즘의 방향성 에지 검출 방법을 적용하여 에지를 검출하였다. scale을 나타내는  $\sigma$  값의 변화에 따라 검출되는 에지는 많은 차이를 보인다는 것을 알 수 있었다.

대표적인 기존의 알고리즘들인 Sobel, Robert 와 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.

## 참고 문헌

- [1] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-8. NO.6, November 1986.
- [2] J. R. Packer, Algorithms For Image Processing and Computer Vision, Wiley Computer Publishing, pp. 19-32, 1997
- [3] J. Elder, "The Visual Computation of Bounding Contours", Ph thesis, McGill University, Dept. of Electrical Eng., 1995.
- [4] 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.
- [5] Randy Crane, A Simplified Approach to Image Processing, pp. 79 - 93, 1997
- [6] Ranesh Jain, Rangachar Kasturi, Brian G.Schunck, Machine Vision, pp. 140 - 172, 1995
- [7] Jonh C. Russ, The Image Processing Handbook, CRC Press, Inc., pp. 227-282, 1992
- [8] 조강현, 유범재 공역, 3차원 비전, 대영사, pp. 39-53, 2000