

# 영역의 분할정도에 기반한 에지 검출 기법

## Region Separateness-based Edge Detection Method

서석태 · 정혜천 · 이인근 · 권순학\*

Suk T. Seo, Hye C. Jeong, In K. Lee, Soon H. Kwon\*

영남대학교 전기공학과

Dept. of Electrical Engineering, Yeungnam University

### 요 약

에지는 영상에서 객체와 객체 사이의 경계를 나타내는 중요 정보로서 Sobel, Prewitt, Roberts, Canny 등의 미분 연산자에 기반한 다양한 에지 검출 기법이 있다. 그러나 이러한 기법들은 밝기값 변화가 완만한 부분에서의 에지 검출에는 둔감하며, 한 픽셀의 두께로 이루어진 에지의 경우 2중 에지를 검출하는 문제점이 있다. 또한 에지를 검출하기 위해서는 효과적인 에지 검출 연산자뿐만 아니라 적절한 임계값이 필수적이다. 그러나 적절한 임계값을 찾는 것은 매우 까다로운 문제이다. 본 논문에서는 기존의 미분 연산자에 기반한 에지 검출 기법의 문제점을 극복하기 위해서 픽셀간의 미분값이 아니라 영역과 영역의 분할정도를 기반으로 에지를 검출하는 기법과 이에 대한 임계값 결정 기법을 제안한다. 그리고 기존의 미분 연산자에 기반한 에지 추출 기법과 제안한 기법을 시험 영상에 적용하여 얻어진 결과를 통하여 제안한 기법의 효용성을 보인다.

키워드 : 에지 검출, 미분 연산자, 영역 분할정도, 임계값.

### Abstract

Edge is a significant element to represent boundary information between objects in images. There are various edge detection methods, which are based on differential operation, such as Sobel, Prewitt, Roberts, Canny, Laplacian, and etc. However the conventional methods have drawbacks as follow : (i) insensitivity to edges with gentle curve intensity, (ii) detection of double edges for edges with one pixel width. For the detection of edges, not only development of the effective operators but also that of appropriate thresholding methods are necessary. But it is very complicate problem to find an appropriate threshold. In this paper, we propose an edge detection method based on the region separateness between objects to overcome the drawbacks of the conventional methods, and a thresholding method for the proposed edge detection method. We show the effectiveness of the proposed method through experimental results obtained by applying the proposed and the conventional methods to well-known test images.

Key Words : Edge detection, Differential operation, Region separateness, Threshold.

## 1. 서 론

에지란 영상에서 배경과 물체, 물체와 물체의 경계, 즉, 객체간의 경계를 나타내는 중요한 특징으로 픽셀 밝기의 불연속점을 의미한다. 검출된 에지는 물체의 위치, 모양, 크기, 표면의 무늬 등과 같은 다양한 정보를 포함하고 있으므로 영상에서 객체를 분리하는데 유용하게 사용될 수 있다.

영상에 존재하는 에지는 그림 1과 같이 크게 네 종류로 분류할 수 있다. 이러한 에지를 검출하기 위한 대표적인 기법으로는 Sobel, Prewitt, Roberts[1], Canny[2], Laplacian[1] 등과 같이 미분 연산에 기반한 기법이 있으며, Fuzzy를 이용한 기법[3,5], SVM 기법[4], Wavelet 기법[6,7,8] 등의 다양한 기법[9-13, 19]들이 있다.

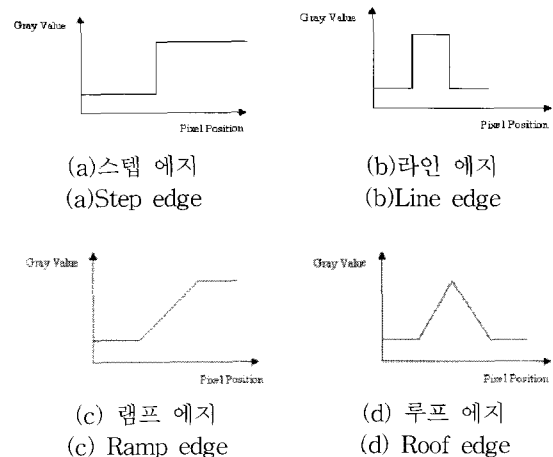


그림 1. 에지의 종류  
Fig. 1. Types of edge

\* Corresponding Author

접수일자 : 2007년 11월 16일

완료일자 : 2007년 12월 2일

그러나 기존의 미분 연산자에 기반한 기법들은 에지를 검출함에 있어 픽셀간의 미분값에 의존하기 때문에 밝기값 변화가 완만한 에지(램프형 에지, 루프형 에지)에 둔감하여 효과적인 에지 검출이 어려우며, 한 픽셀의 두께로 이루어진 선 에지를 포함하는 영상에 대해서 2중 에지 선을 검출하는 문제점이 있다[19].

또한 에지를 검출하기 위해서는 임계값에 의한 영상 분할 과정이 필요하며, 부적절한 임계값은 에지 검출 결과에 직접적으로 영향을 미친다. 만약 임계값이 낮을 경우, 에지 검출 결과 영상은 노이즈에 민감하게 반응하고 두꺼운 에지 선을 검출하는 반면, 임계값이 높을 경우에는 많은 수의 에지 손실이 발생하게 된다. 그러므로 임계값을 결정하기 위하여 다양한 임계값 결정법[1, 14-18]이 이용되고 있다. 그러나 적절한 임계값을 찾는 것은 매우 까다로운 문제이다.

본 논문에서는 기존의 미분 연산자에 기반한 에지 검출 기법의 문제점을 극복하고 보다 효과적으로 에지를 검출하기 위하여 픽셀간의 밝기 변화값 변화분이 아니라 영역과 영역의 분할정도에 기반한 에지 검출 기법을 제안하며, 제안한 에지 검출 기법에 적절한 임계값 결정 기법을 제안한다. 그리고 제안기법을 여러 시험 영상에 적용한 실험 결과와 기존의 Sobel, Prewitt, Canny기법을 이용한 에지 검출 실험 결과의 비교를 통하여 제안한 기법의 효용성을 보인다.

## 2. 기존 에지 검출 기법

### 2.1 Sobel, Prewitt 에지 검출 기법

Sobel, Prewitt 기법은 미분연산에 기반한 대표적 에지 검출 연산기법으로서 수평 방향 마스크를  $M_x$ 라 하고 수직 방향의 마스크를  $M_y$ 라고 할 때, 에지 연산자 마스크는 표 1과 같다.

표 1. Sobel과 Prewitt 에지 연산자  
Table 1. Edge operations of Sobel and Prewitt

	$M_x$	$M_y$																		
Sobel	<table border="1"> <tr><td>-1</td><td>-2</td><td>-1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>1</td></tr> </table>	-1	-2	-1	0	0	0	1	2	1	<table border="1"> <tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>-2</td><td>0</td><td>2</td></tr> <tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr> </table>	-1	0	1	-2	0	2	-1	0	1
-1	-2	-1																		
0	0	0																		
1	2	1																		
-1	0	1																		
-2	0	2																		
-1	0	1																		
Prewitt	<table border="1"> <tr><td>-1</td><td>-1</td><td>-1</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	-1	-1	-1	0	0	0	1	1	1	<table border="1"> <tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>-1</td><td>0</td><td>1</td></tr> </table>	-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1
-1	-1	-1																		
0	0	0																		
1	1	1																		
-1	0	1																		
-1	0	1																		
-1	0	1																		

표 1로부터 각 마스크 내부의 계수 합이 0이 됨을 확인할 수 있다. 만약 마스크 내부의 계수 합이 0이 되지 않으면 일정한 밝기를 가지고 있는 영상과의 결합에서 0이 아닌 값이 출력될 것이며, 이러한 출력값에 의해서 에지 검출의 오류가 발생할 수 있다.

표 1의 에지 연산자와 영상내에서 임의의 점  $(x, y)$ 를 중심으로 형성된  $3 \times 3$  마스크(그림 2)에 대하여 아래 식 (1) 및 (2)의 연산을 통해서 얻어진 값으로부터 에지 크기와 에지의

방향을 구한다.

$(x-1, y-1)$	$(x-1, y)$	$(x-1, y+1)$
$(x, y-1)$	$(x, y)$	$(x, y+1)$
$(x+1, y-1)$	$(x+1, y)$	$(x+1, y+1)$

그림 2.  $(x, y)$  점을 중심으로 형성된  $3 \times 3$  마스크  
Fig. 2.  $3 \times 3$  mask with a center pixel  $(x, y)$

$$Sobel \begin{cases} G_x(x, y) = (f(x+1, y-1) + 2f(x+1, y) + f(x+1, y+1)) \\ \quad - (f(x-1, y-1) + 2f(x-1, y) + f(x-1, y+1)) \\ G_y(x, y) = (f(x-1, y+1) + 2f(x, y+1) + f(x+1, y+1)) \\ \quad - (f(x-1, y-1) + 2f(x, y-1) + f(x+1, y-1)) \end{cases}$$

$$Prewitt \begin{cases} G_x(x, y) = (f(x+1, y-1) + f(x+1, y) + f(x+1, y+1)) \\ \quad - (f(x-1, y-1) + f(x-1, y) + f(x-1, y+1)) \\ G_y(x, y) = (f(x-1, y+1) + f(x, y+1) + f(x+1, y+1)) \\ \quad - (f(x-1, y-1) + f(x, y-1) + f(x+1, y-1)) \end{cases}$$

$$E_m(x, y) = \sqrt{G_x^2(x, y) + G_y^2(x, y)} \quad (1)$$

혹은,  $E_m(x, y) = |G_x(x, y)| + |G_y(x, y)|$

$$D(x, y) = \tan^{-1} \frac{G_y}{G_x} \quad (2)$$

여기서  $G_x(x, y)$  :  $M_x$  마스크 연산 결과  
 $G_y(x, y)$  :  $M_y$  마스크 연산 결과  
 $E_m(x, y)$  :  $(x, y)$  픽셀의 에지 크기  
 $D(x, y)$  :  $(x, y)$  픽셀의 에지 방향

### 2.2 Canny 에지 검출 기법

Canny 에지 검출 기법은 식 (3)과 같은 2차원 가우시안 함수를 이용하여 영상에서 노이즈를 제거한 후 Sobel 에지 연산자를 이용하여 에지를 검출한다.

$$G(x, y) = e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

2	4	5	4	2
4	9	12	9	4
5	12	15	12	5
4	9	12	9	4
2	4	5	4	2

$\frac{1}{115}$

그림 3.  $\sigma = 1.4$ 인 2차원 가우시안 함수 예  
Fig. 3. Example of Gaussian function with  $\sigma = 1.4$

### 3. 제안기법

#### 3.1 영역분할

에지는 배경과 물체, 물체와 물체의 경계를 결정하는 영역으로 영역과 영역의 분할 경계면이 된다. 따라서 영역 사이의 분할정도를 측정하기 위해서 관심 픽셀을 기준으로 마스크 내부 픽셀을 두 영역으로 분할할 필요성이 있다.

본 논문에서는 중심 픽셀의 밝기값을 기준으로 다음 식 (4)와 같은 두 경우를 고려하여 마스크를 분할한다.

$$C_1 = \begin{cases} (a,b) \in R_1 & \text{if } f(a,b) \geq f(x,y) \\ (a,b) \in R_2 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

$$C_2 = \begin{cases} (a,b) \in R_1 & \text{if } f(a,b) \leq f(x,y) \\ (a,b) \in R_2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기서  $(a,b) \in S_{xy}$

$S_{xy} : (x,y)$ 점을 중심으로 구성된  $3 \times 3$

마스크의 내부 좌표 집합

$f(a,b) : (a,b)$ 점의 밝기값

$f(x,y) :$ 중심 픽셀의 밝기값

즉, 중심 픽셀 밝기값 이상인 경우와 이하인 경우의 두 경우로 나누어질 수 있다. 예를 들면, 그림 4(a)와 같은 영상의 경우, 식 (4)로부터 그림 4(b), (c)의 두 경우로 나뉠 수 있다.

100	102	255
103	105	255
100	255	255

(a) 원 이미지  
(a) Original image

R2	R2	R1
R2	R1	R1
R2	R1	R1

(b)  $C_1$ 의 경우

(b) The case of  $C_1$

R1	R1	R2
R1	R1	R2
R1	R2	R2

(b)  $C_2$ 의 경우

(b) The case of  $C_2$

그림 4. 영역분할의 예

Fig. 4. Example of the partition

#### 3.2 영역의 분할정도 측정

3.1절의 그림 4(b), (c)의 각 경우에 대해서 검정색 부분 ( $R_1$ )과 흰색 부분( $R_2$ )으로 분할된 각 영역의 분할정도는 각 영역 내부 유사성과 영역간의 유사성을 통하여 측정할 수 있다. 본 논문에서는 식 (5)와 같이 통계적 지표인 편차값을 이용하여 얻어진 내부와 외부 유사성을 통해 분할정도를 측정한다.

$$E_i = (u_1 - u_2)^2 - \left( \frac{1}{n_1} \sum_{(a,b) \in R_{1xy}} (f(a,b) - u_1)^2 + \frac{1}{n_2} \sum_{(a,b) \in R_{2xy}} (f(a,b) - u_2)^2 \right) \quad (5)$$

여기서  $i :$ 두 가지 경우,  $i=1,2$

$R_{1xy} : R_1$  영역의 좌표집합

$R_{2xy} : R_2$  영역의 좌표집합

$u_1 : R_1$  영역의 평균 밝기값

$u_2 : R_2$  영역의 평균 밝기값

$n_1 : R_1$  영역의 픽셀 수

$n_2 : R_2$  영역의 픽셀 수

식 (5)로부터, 식 (5)의 우변 좌측 부분은  $R_1$  영역과  $R_2$  영역의 평균값의 편차의 제곱을 나타낸다. 즉, 영역간의 유사성을 의미하며, 이 값이 클수록 두 영역의 분할정도는 커진다. 또한 식 (5)의 우변 우측 부분은  $R_1$  영역의 내부 편차(즉, 영역의 내부 유사성)와  $R_2$  영역의 내부 편차의 제곱합을 나타낸다. 따라서 두 영역  $R_1, R_2$  각각의 내부 유사성이 높을수록 이 값은 작아지게 된다. 따라서 식 (5)의 결과값이 클수록  $R_1, R_2$  영역은 서로 상호배반적이며, 이러한 분할 경계면이 에지가 된다.

위의 식 (5)로부터 두 가지 경우에 대해서 측정된  $E_1, E_2$  값 중에서 최대값이  $(x,y)$ 점에서의 에지 크기가 되며 식 (6)과 같이 결정된다.

$$E_m(x,y) = \max(0, E_1(x,y), E_2(x,y)) \quad (6)$$

#### 3.3 임계값 결정법

효과적인 에지를 검출하기 위해서는 에지 연산자도 중요하지만 적절한 임계값에 의한 에지 크기 이미지의 이진화가 필수적이다. 일반적으로 에지 크기 이미지로부터 임계값을 구하는 방법은 에지 연산자에 따라서 적절히 적용하거나 혹은 실험적 값을 선택하기도하며, 일반 영상 이진화에서 사용되는 Otsu와 같은 임계값 결정 기법을 사용하기도 한다.

본 논문에서는 3.2절에서 얻어진 에지 크기 이미지를 8bit ([0,255])로 정규화한 후, 정규화된 에지 크기 영상의 히스토그램으로부터 식 (7)을 통하여 임계값을 결정한다.

$$T^* = \sum_{z=0}^{255} zh(z) \quad (7)$$

$$E_{edge}(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } E_m(x,y) \leq T^* \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

여기서  $z = [0,255]$

$h :$ 정규화된 히스토그램

### 4. 모의실험 결과 및 고찰

본 절에서는 그림 5의 영상들(레나, 사진사, 문패, 사각형)에 대해서 제안기법으로 구한 에지 검출 결과와, Sobel, Prewitt, Canny의 에지 검출 연산자로 구한 결과와의 비교,

검도를 통하여 제안기법의 효용성을 확인한다.

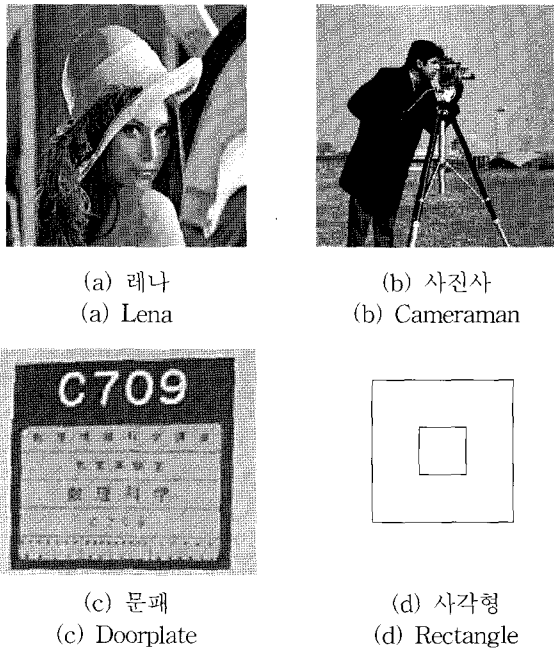


그림 5. 실험에 사용된 원 이미지  
Fig. 5. Original images used in experiment

그림 6은 레나 영상(그림 5(a))의 에지 검출 결과 영상이다. 그림 6(a)와 같이 제안한 기법은 레나 영상의 배경과 밝기값 변화가 완만한 얼굴의 윤곽, 입술부분의 에지를 적절히 검출함을 확인할 수 있다. 그러나 그림 6(b), (c)와 같이 Sobel, Prewitt 기법으로 검출된 에지에서는 이를 찾아내지 못하였다. 그리고 그림 6(d)와 같이 Canny 기법으로 검출된 에지는 제안기법의 결과와 유사하나 노이즈 데이터의 영향을 많이 포함하고 있다.

그림 7은 사진사 영상(그림 5(b))의 에지 검출 결과 영상이다. 그림 7(a)에서 제안한 기법은 사진사 배경부분의 건물 외곽 에지 정보를 검출함을 확인할 수 있으며, 그림 7(b), (c)의 Sobel, Prewitt의 기법은 이를 검출하지 못하고 있음을 확인할 수 있다. 그리고 그림 7(d)의 Canny 기법을 이용하여 검출된 결과는 에지를 적절히 검출하고 있으나 레나의 결과 영상에서와 같이 많은 양의 노이즈 정보를 포함하고 있음을 확인할 수 있다.

그림 8은 문패 영상(그림 5(c))의 에지 검출 결과 영상이다. 그림 8(a)에서 제안한 기법은 문패의 문자 영역과 각 영역을 구분 짓는 선 에지가 적절히 검출된 반면, 그림 8(b)~(d)와 같이 Sobel, Prewitt, Canny의 결과 영상에서는 문자 영역의 에지가 많은 부분 손실되어 있으며, 특히, Sobel, Prewitt 기법의 결과 영상에서는 문패의 선 영역 역시 적절히 검출하지 못함을 확인할 수 있다.

그림 9는 한 픽셀의 두께로 이루어진 사각형을 포함한 그림 5(d)의 에지 검출 결과 영상으로 Sobel, Prewitt, Canny의 에지 검출의 문제점을 보여준다. 그림 9(a)로부터 제안기법의 경우 2중의 에지 선을 검출하는 문제없이 적절한 에지를 검출함을 확인할 수 있다. 그러나 그림 9(b)~(d)와 같이 Sobel, Prewitt, Canny를 이용하여 검출된 에지 영상의 경우 에지 선이 2중으로 검출되는 문제점이 발생한다.

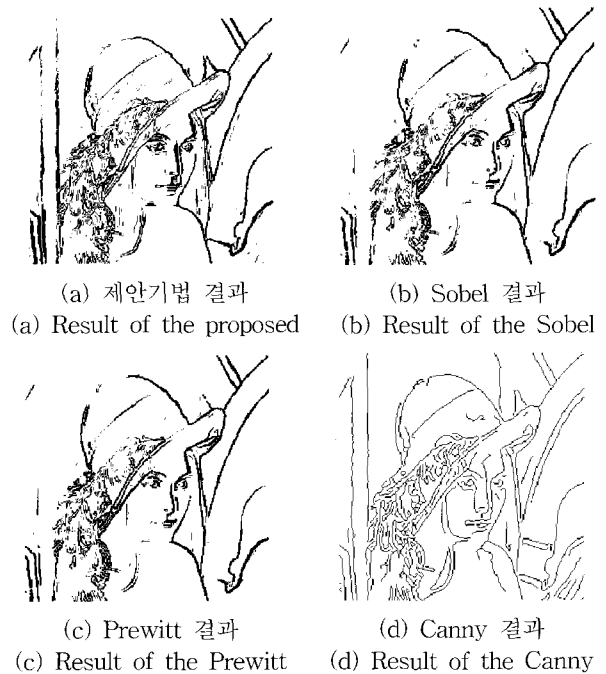


그림 6. 레나 결과 영상  
Fig. 6. The result images of Lena

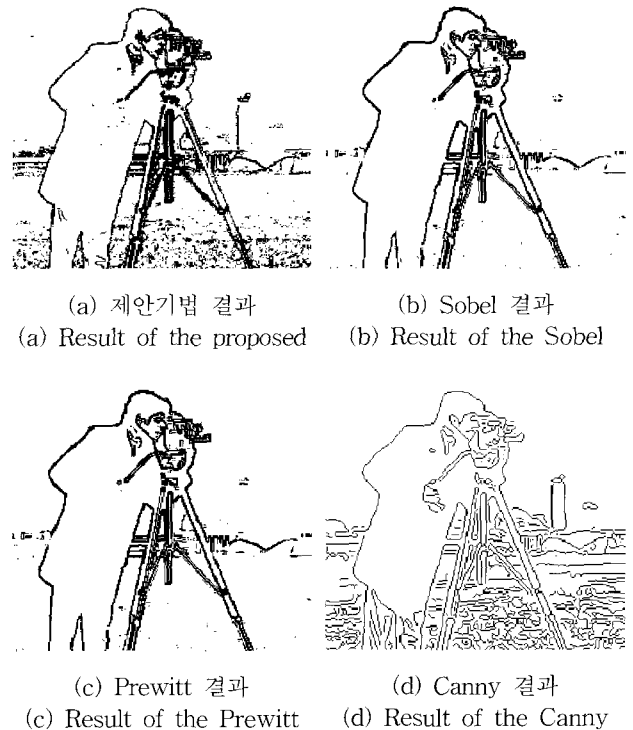


그림 7. 사진사 결과 영상  
Fig. 7. The result images of Cameraman

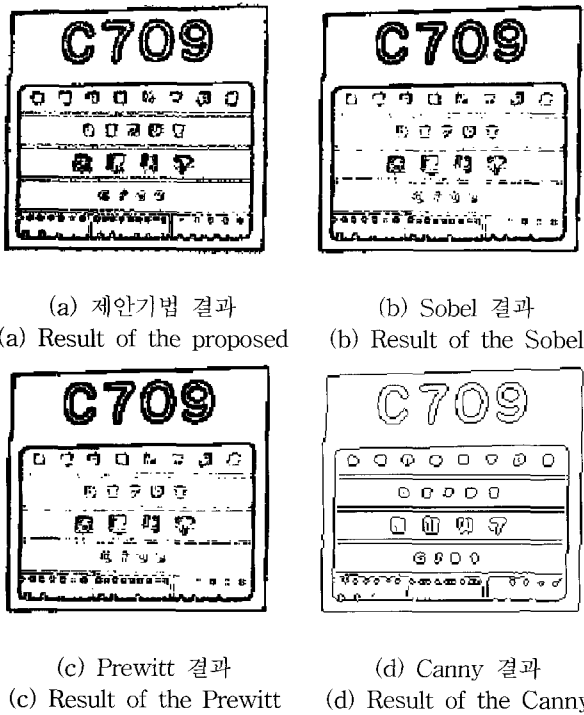


그림 8. 문패 결과 영상  
Fig. 8. The result images of Doorplate

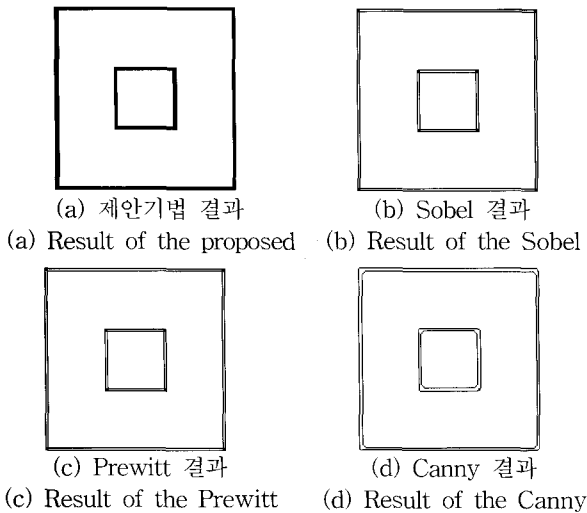


그림 9. 사각형 결과 영상  
Fig. 9. The result images of Rectangle

그림 10은 임계값이 에지 검출 결과에 미치는 영향을 보여주는 영상으로서 그림 10(a)는 낮은 임계값을 이용하여 분할된 에지 결과 영상이며, 그림 10(b)는 높은 임계값을 이용하여 얻어진 결과 영상이다. 그림 10(a)와 같이 낮은 임계값을 이용할 경우 에지가 두꺼워지는 현상이 심화되며, 노이즈 정보에 취약해지게 된다. 반면 높은 임계값을 사용할 경우 그림 10(b)와 같이 다수의 에지 손실이 발생함을 확인할 수 있다.

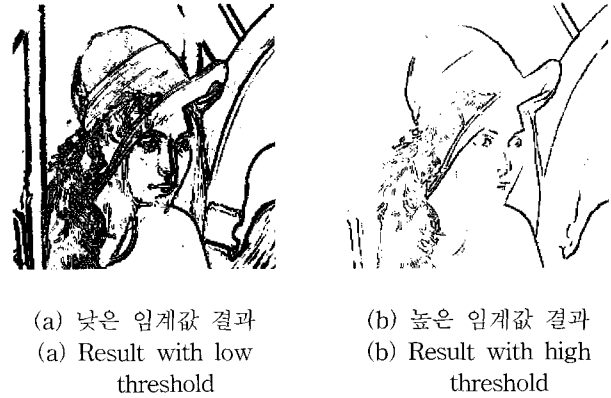


그림 10. 임계값 변화에 따른 Sobel 에지 검출 결과  
Fig. 10. Results of Sobel method w. r. t thresholds

위의 모의실험 결과로부터 제안기법이 기존의 미분 연산에 기반한 기법에 비해서 효율성이 좋음을 확인할 수 있다. 특히, 제안기법의 경우 2중 에지 검출이 발생하지 않으며, 기존 기법에 비해서 밝기값 변화가 완만한 에지 정보에도 적절하게 반응함을 확인할 수 있다. 또한 본 논문에서 제시한 임계값 결정법이 제안한 에지 검출 기법에 적절함을 결과 영상으로부터 확인할 수 있다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 미분연산에 기반한 에지 검출 연산자 중에서 대표적 기법인 Sobel, Prewitt 및 Canny 기법에 대해서 간략히 알아보았으며, 기존의 미분 연산자에 기반한 기법의 문제점 및 임계값의 중요성에 대해서 알아보았다.

또한 기존 기법의 문제점을 극복하기 위해서 미분연산에 의존하지 않고 영역과 영역의 분할 정도 측정을 통한 에지 검출 기법을 제안하였으며, 제안기법에 적절한 임계값 결정법을 제시하였다. 그리고 제안기법의 효율성을 모의실험을 통하여 확인하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital Image Processing", Prentice Hall, 2002.
- [2] J. Canny, "A computational approach to edge detection," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 8, No. 6, pp. 679-698, 1986.
- [3] L. R. Liang, C. G. Looney, "Competitive fuzzy edge detection," *Applied Soft Computing*, Vol. 3, No. 2, pp. 123-137. 2003.
- [4] S. Zheng, J. Liu, J. W. Tian, "A new efficient SVM-based edge detection method," *Pattern Recognition Lett.*, Vol. 25, No. 10, pp. 1143-1154, 2004.
- [5] L. Hu, H. D. Cheng, M. Zhang, "A high performance edge detector based on fuzzy inference rules," *Information Sciences*, Vol. 117, No. 21, pp.

4768-4784, 2007.

[6] S. Mallat, "Zero-crossings of a wavelet transform," *IEEE Trans. Information Theory*, Vol. 37, No. 4, pp. 1019-1033, 1991.

[7] S. Mallat, S. Zhong, "Characterization of signals from multiscale edges," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 14, No. 7, pp. 710-732, 1992.

[8] T. Aydin, Y. Yemez, E. Anarim, B. Sankur, "Multidirectional and multiscale edge detection via M-band wavelet transform," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 5, No. 9, pp. 1370-1377, 1996.

[9] G. Sun, Qinhua Liu, Qiang Liu, C. Ji, X. Li, "A novel approach for edge detection based on the theory of universal gravity," *Pattern Recognition*, Vol. 40, No. 10, pp. 2766-2775, 2007.

[10] Z. Hou, T. S. Koh, "Robust edge detection," *Pattern Recognition*, Vol. 36, No. 9, pp. 2083-2091, 2003.

[11] R. M. Haralick, "Digital step edges from zero crossing second directional derivatives," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 6, No. 1, pp. 58-68, 1984.

[12] Q. Ji, R. M. Haralick, "Efficient facet edge detection and quantitative performance evaluation," *Pattern Recognition*, Vol. 35, No. 3, pp. 689-700, 2002.

[13] J. S. Huang, D. H. Tseng, "Statistical theory of edge detection," *Computer Vision, Graphics, Image Processing*, Vol. 43, No. 3, pp. 337-346, 1988.

[14] R. R. Rakesh, P. Chaudhuri, C. A. Murthy, "Thresholding in edge detection: a statistical approach," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 13, No. 7, pp. 927-936, 2004.

[15] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms," *IEEE Transaction on System, Man, and Cybernetics*, Vol. 9, No. 1, pp. 62-66, 1979.

[16] P. K. Sahoo, S. Soltani, A. K. C. Wong, Y. C. Chen, "A survey of the thresholding techniques," *Computer Vision, Graphics, Image Processing*, Vol. 41, pp. 233-260, 1988.

[17] L. Hertz, R. W. Schafer, "Multilevel thresholding using edge matching," *Computer Vision, Graphics, Image Processing*, Vol. 44, No. 3, pp. 279-295, 1988.

[18] Z. Chi, H. Yan, T. Pham, Fuzzy algorithms : with applications to image processing and pattern recognition. World Scientific, 1996.

[19] C. C. Kang, W. J. Wang, "A novel edge detection method based on the maximizing objective function," *Pattern Recognition*, Vol. 40, No. 2, pp. 609-618, 2007.

저 자 소 개



서석태(Suk-T. Seo)  
 2004년 : 영남대학교 전자정보공학부 (공학사)  
 2006년 : 영남대학교 대학원 전기공학과 (공학석사)  
 2006년~현재 : 동 대학원 전기공학과 박사과정

관심분야 : 지능 시스템, 영상 처리, 영상 이해  
 E-mail : kenneth78@ynu.ac.kr



정혜천(Hye-C. Jeong)  
 1998년 : 경일대학교 전자공학과(공학사)  
 2000년 : 영남대학교 대학원 전기공학과 (공학석사)  
 2006년~현재 : 동 대학원 전기공학과 박사과정  
 2000년~2005년 : LG전자 디스플레이제품 연구소

2005년~현재 : 한국섬유기계연구소 자동화 기술 팀장  
 관심분야 : 제어 시스템, 지식 기반 지능 시스템  
 E-mail : doldory@kotmi.re.kr



이인근(In-K. Lee)  
 2001년 : 영남대학교 재료금속공학부 (공학사)  
 2004년 : 영남대학교 대학원 전기공학과 (공학석사)  
 2006년~현재 : 동 대학원 전기공학과 박사과정

관심분야 : 지식 기반 지능 시스템, 온톨로지, 영상 이해  
 E-mail : iklee@ynu.ac.kr



권순학(Soon-H. Kwon)  
 1983년 : 서울대학교 제어계측공학과 (공학사)  
 1985년 : 서울대학교 대학원 제어계측 공학과 (공학석사)  
 1995년 : 동경공업대학 시스템과학 (공학박사)  
 1996~현재 : 영남대학교 전기공학과 교수

관심분야 : 지식 기반 지능 시스템  
 E-mail : shkwon@yu.ac.kr