
마스크의 영역 분할을 이용한 에지 검출에 관한 연구

이창영* · 김남호**

A Study on the Edge Detection using Region Segmentation of the Mask

Chang-Young Lee* · Nam-Ho Kim**

요 약

일반적으로 배경과 물체의 경계 부분은 화소값이 급격히 변화하는 지점이며, 영상의 특징을 분석함에 있어서 중요한 요소이다. 이러한 경계 부분을 이용하여 영상 내에서 물체의 위치나 모양에 대한 정보를 검출하며, 이를 위한 많은 연구들이 이루어져 왔다. 기존의 방법들은 구현이 비교적 간단하며 처리 속도가 빠른 반면, 고정된 가중치가 모든 화소에 동일하게 적용되므로 에지 검출 특성이 다소 미흡하다. 따라서 본 논문에서는 영상에 따라 적용하는 에지 검출을 위하여 마스크의 영역 분할을 이용한 에지 검출 알고리즘을 제안하였으며, 제안한 알고리즘에 의한 처리 결과는 에지 영역에서 우수한 에지 검출 특성을 나타내었다.

ABSTRACT

In general, the boundary portion of the background and objects are the rapidly changing point and an important elements to analyze characteristics of image. Using these boundary parts, information about the position or shape of an object in the image are detected, and many studies have been continued in order to detect it. Existing methods are that implementation of algorithm is comparatively simple and its processing speed is fast, but edge detection characteristics is insufficient because weighted values are applied to all the pixels equally. Therefore, in this paper, we proposed an algorithm using region segmentation of the mask in order to adaptive edge detection according to image, and the results processed by proposed algorithm indicated superior edge detection characteristics in edge area.

키워드

에지검출, 영역 분할, 알고리즘, 적응 마스크

Key word

Edge detection, Region segmentation, Algorithm, Adaptive mask

* 준회원 : 부경대학교 제어계측공학과

** 종신회원 : 부경대학교 제어계측공학과(교신저자, nhk@pknu.ac.kr)

접수일자 : 2012. 10. 10

심사완료일자 : 2012. 10. 30

I. 서론

영상에서 화소값이 급격히 변화하는 지점은 일반적으로 배경과 물체의 경계 부분에서 발생하며, 이를 에지라 한다. 에지는 영상의 특징을 분석함에 있어서 중요한 요소이며, 입력 영상에 대한 물체의 크기, 위치, 모양 그리고 재질 등의 다양한 정보를 포함하고 있다. 대표적인 에지 검출 방법은 Sobel, Prewitt, Robert, Laplacian 등이 있으며, 최근 Fuzzy, SVM, Wavelet에 기반한 방법들이 소개되고 있으며, 앞의 방법들에 비해 복잡한 수식을 포함한다[1].

기존의 에지 검출 방법은 인접화소에 가중치를 적용한 수평, 수직 혹은 대각선 방향의 마스크를 컨볼루션하여 에지를 검출하였으며, 연산이 비교적 간단하고 수행 속도 면에서 우수한 특성을 갖지만, 이러한 에지 검출 방법은 고정된 가중치와 동일한 크기의 마스크를 이용하기 때문에 영상에 관계없이 에지를 검출하며 다소 미흡한 에지 검출 특성을 갖는다. 최근에는 영상에 따라 적응하여 에지를 검출하는 알고리즘에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 추세이다[2-4].

따라서, 본 논문에서는 영상에 따라 적응하여 에지를 검출하기 위하여, 입력 영상 마스크에서 다중 임계치에 따라 영역을 분할하며, 분할된 영역 집합의 정보를 이용하여 에지를 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 그리고 제안한 방법의 타당성을 입증하기 위하여, 시험 영상으로서 512×512 크기의 카메라맨 영상을 이용하여 기존의 방법들과 비교하였으며, 평가 척도로 해당 영상의 프로파일을 사용하였다.

II. 기존의 에지검출 방법

에지는 영상에서 물체와 물체 사이 또는 배경과 물체 사이에 나타나는 밝기 변화가 급격한 부분이며, 이러한 에지는 벡터 변수로서 크기와 방향을 가지고 있다.

그림 1에서 나타낸 입력 영상의 마스크에 대한 1차 미분 연산자는 식 (1)과 같다.

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

그림 1. 입력 영상의 마스크
Fig. 1 Mask of input image

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

$$mag(\nabla f) = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} \approx |g_x| + |g_y|$$

여기서 ∇f 는 (x, y) 위치에서의 $f(x, y)$ 에 대한 기울기이며, $mag(\nabla f)$ 는 $f(x, y)$ 에 대한 기울기의 크기 값이다. 그리고 (x, y) 위치에서의 기울기 값은 식 (2)와 같다.

$$\alpha(x, y) = \tan^{-1} \left[\frac{g_y}{g_x} \right] \quad (2)$$

여기서 α 는 기울기의 방향을 의미하며, 가로와 세로 방향의 변화율의 각으로 계산된다. 1차 미분 연산자는 가로 검출기 G_x 와 세로 검출기 G_y 로 구성되며 1차 미분 연산자는 그림 2와 같이 다양한 종류가 있다.

	Prewitt operator	Sobel operator	Roberts operator	Frei-chen operator
G_x	$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -\sqrt{2} & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix}$
G_y	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -\sqrt{2} & 0 & \sqrt{2} \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

그림 2. 다양한 1차 미분 연산자
Fig. 2 Various of first-order differential operator

그림 2의 가로 검출기와 세로 검출기를 이용하여 식 (1)의 *mag* 크기 값으로 에지를 검출하는 방법이 1차 미분 연산자 방법이며, Prewitt operator는 수평 및 수직 방향의 에지를 검출하는데 유용하고, Sobel operator는 Prewitt operator에 비해 대각선 방향의 에지 검출이 우수하다. 그리고 Roberts operator는 마스크의 크기가 작은 특징이 있으며, Fei-chen operator는 잡음이 섞인 영상, 평균한 영상 등에서 에지 검출이 우수하다고 알려져 있다 [6-7]. 2차 미분 연산자에 의한 방법은 Laplacian operator, LoG(Laplacian of Gaussian) 등이 있다. Laplacian operator는 식 (3)과 같다.

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1,y) + f(x-1,y) - 2f(x,y) \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(x,y+1) + f(x,y-1) - 2f(x,y)$$

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (4)$$

Laplacian operator는 식 (4)에서 디지털 근사화한 값을 식 (3)에 적용한 것이며, 영상의 에지 영역에서 영교차점을 이용하여 에지를 검출한다. 그러므로 영교차점 부근에서 이중 에지가 발생하며 에지 위치의 검출이 어렵다[6-7].

III. 제안한 알고리즘

기존의 에지 검출 알고리즘들은 대부분 마스크 내에서 수평 및 수직 방향에 대한 가중치 마스크에 대한 컨볼루션 연산으로 에지 화소를 검출하므로 선택적인 에지를 검출하기가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 우수한 에지 검출 특성을 위해 마스크 내의 중앙값과 평균값을 기반으로 분할된 영역에 대한 연산을 이용한 에지 검출 알고리즘을 제안하였다.

제안한 알고리즘은 영상에서 배경 부분에 해당하는 부분은 최대한 에지로 검출되지 않게 하며, 물체나 사람의 형상 에지를 확실하게 얻기 위하여, 입력 영상에 대한 $N \times N$ 마스크에서 식 (5), (6)과 같이 평균값과 중앙값

을 다중 임계치로 이용하고, 이 값은 마스크가 이동함에 따라 다르게 적용된다. 여기서 $N=2n+1$ 이며, n 은 양의 정수이다.

$$c_1 = \min(Avg, Med) \quad (5)$$

$$c_2 = \max(Avg, Med)$$

$$Avg = \frac{1}{N^2} \sum_{p=-n}^n \sum_{q=-n}^n f(x+p,y+q) \quad (6)$$

$$Med = median\{M\}$$

여기서 f 는 입력 영상이며, M 은 $(x+p,y+q) \in f$ 를 만족하는 입력 영상 마스크를 의미한다. *Avg*는 마스크의 평균이며, *Med*는 마스크 내의 화소를 정렬하였을 경우, 중앙에 위치하는 화소값이다. 여기서 c_1, c_2 의 다중 임계치가 결정되고, 임계치들을 이용하여 영역을 식 (7)과 같이 분할한다.

$$R_1 < c_1 \leq R_2 \leq c_2 < R_3 \quad (7)$$

여기서 R_1, R_2, R_3 은 분할된 영역의 화소 집합이며, 영역의 분할 정도는 식 (8)과 같이 각 영역의 요소 수를 구하여 판단한다.

$$n_k = N(R_k), \quad k = 1, 2, 3 \quad (8)$$

여기서, $N(\bullet)$ 은 영역에 대한 요소 수를 구하는 함수이며, n_k 는 k 영역의 요소 수이다.

식 (8)의 n_k 이 가장 클 경우, n_{max} 라 하고 이 때의 k 영역을 $R_{max}(k)$, 중간 값일 경우 n_{med} 라 하고, 이 때의 k 영역을 $R_{med}(k)$ 라 정의하면, 각 영역의 평균은 식 (9)와 같다.

$$m_{max} = \frac{1}{n_{max}} \sum_{k=1}^{n_{max}} R_{max}(k) \quad (9)$$

$$m_{med} = \frac{1}{n_{med}} \sum_{k=1}^{n_{med}} R_{med}(k)$$

그리고 식 (9)에서 얻은 값을 이용하여 식 (10)의 새로운 마스크 요소를 얻는다.

$$V(k) = \begin{cases} \sum_{k=1}^{n_{\max}} (m_{\max} - m_{\text{med}})^2, k \leq n_{\max} \\ 0, \text{ otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

식 (10)에서 새로운 마스크 요소는 요소 수가 최대인 영역과 중간 영역의 평균값 차에 대한 제곱의 합으로 결정되며, 영역 간의 정보를 확대하여 반영한다.

식 (10)의 V 벡터를 평균하여 얻은 최종 에지 화소 $E(x,y)$ 는 식 (11)과 같다.

$$E(x,y) = \frac{1}{n \times n} \sum_{k=1}^{n \times n} V(k) \quad (11)$$

제안한 알고리즘의 상세한 과정은 그림 3의 흐름도에 나타내었으며, $f(x+p, y+q)$ 의 부분은 마스크 내의 요소에 대한 반복 처리를 나타낸다.

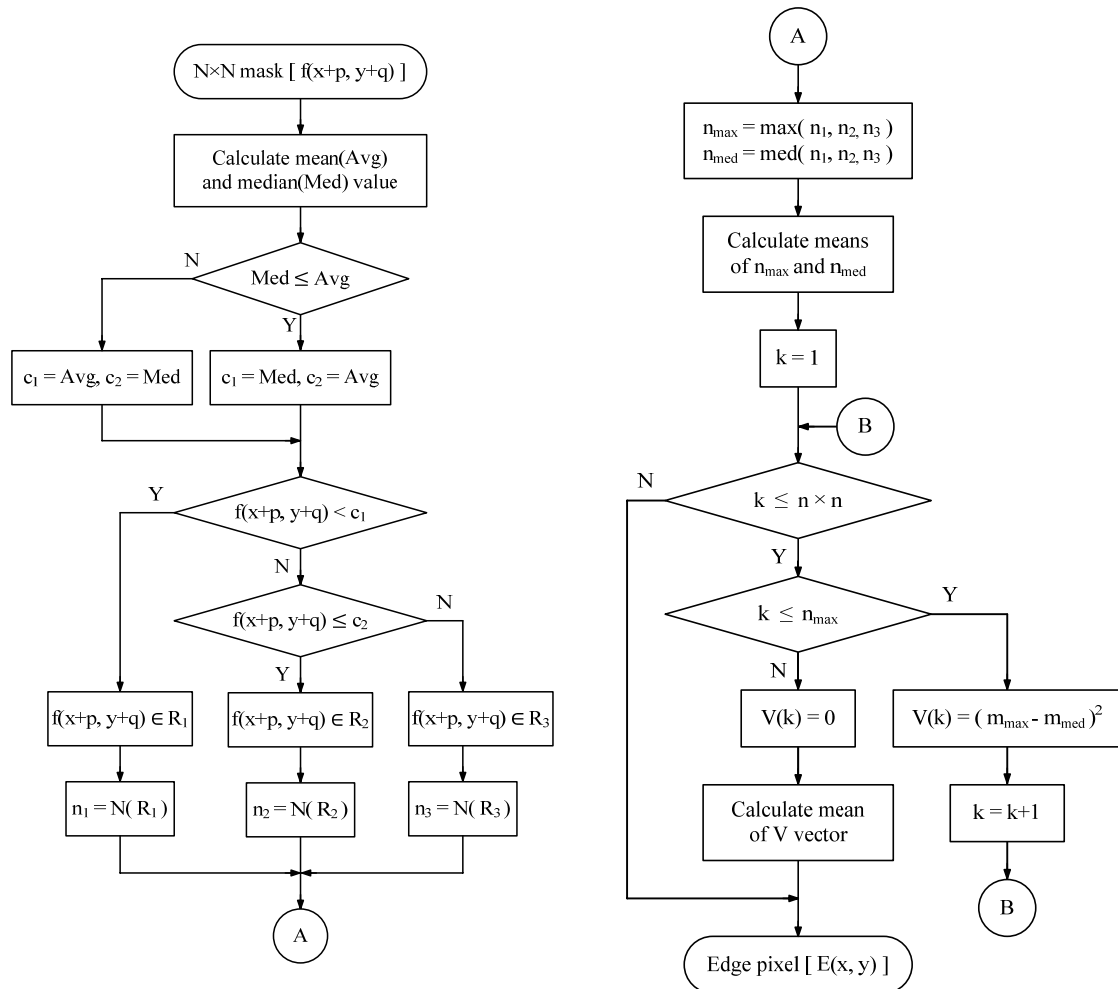


그림 3. 제안한 알고리즘의 순서도
Fig. 3 Flow chart of Proposed algorithm

IV. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 마스크 영역 정보를 이용한 에지 검출 알고리즘을 제안하였으며, 다중 임계치를 이용하여 에지를 검출하였다. 그리고 제안한 알고리즘의 에지 검출 특성을 확인하기 위해, 시험 영상으로 512×512 크기의 카메라맨 영상을 사용하였으며, 기존의 방법들과 비교하였다.



그림 4. 시험 영상
Fig. 4 test image

그림 4의 카메라맨 영상은 배경과 인물의 경계부분이 건물과 배경의 경계 부분에 비해 선명하게 나타나는 영상으로서 배경과 인물의 경계 검출과 배경과 건물의 경계 검출의 정도를 비교하여 에지 검출 특성의 확인이 가능한 영상이다.

그림 5는 시험 영상에 대한 에지 검출 영상이며, (a)는 Sobel operator, (b)는 Prewitt operator, (c)는 Roberts operator, (d)는 Laplacian operator, (e)는 Similar operator에 의한 영상이며, (f)는 제안한 알고리즘으로 처리한 영상이다.

그 결과 그림 5의 (a), (b)에서 인물과 배경의 경계를 우수한 특성으로 검출하였지만, 배경의 화소도 같이 증가하여 배경과 건물의 경계의 검출은 미흡하였다. 그리고 (c)에서 배경과 인물의 경계 검출은 우수한 특성을 보였으나, 배경과 건물의 경계는 미흡하게 검출되었으며, 검출된 화소값이 전체 적으로 낮은 값을 가진다.

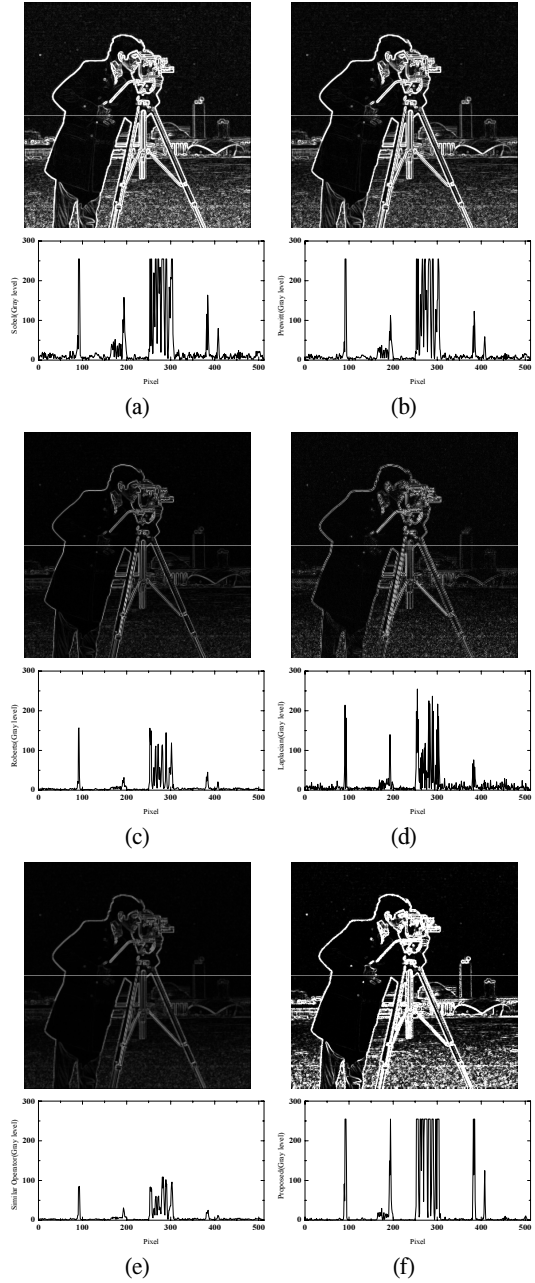


그림 5. 카메라맨 영상의 시뮬레이션 결과
(a) Sobel (b) Prewitt (c) Roberts (d) Laplacian
(e) Similar operator (f) Proposed method
Fig. 5 Simulation result for cameraman image
(a) Sobel (b) Prewitt (c) Roberts (d) Laplacian
(e) Similar operator (f) Proposed method

(d)에서 검출된 에지는 이중선을 가지고 있으며 전체적으로 낮은 값을 나타내고, (e)에서 Simlilar operator는 전체적인 영상을 필터링 하는 결과를 나타내고 있으며, 대각선 방향의 에지 검출 특성이 미흡하였다. 반면 (f)에서 제안한 방법으로 처리한 결과는 배경과 인물의 경계를 선명하게 검출하였으며, 배경의 화소값을 증가시키지 않아 에지 검출 오류를 줄였다. 그리고 배경과 건물 간의 경계도 우수한 특성을 나타내었다.

V. 결 론

본 논문에서는 영상에 따라 적용하여 에지 검출을 하기 위하여, 마스크 내의 영역 정보를 조합하여 에지 검출을 하는 알고리즘을 제안하였다. 그리고 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여, 512×512 해상도의 카메라맨 영상을 이용하여 기존의 알고리즘들과 비교하였다. 제안한 알고리즘의 시뮬레이션 결과 기존의 방법들에 비하여 영상의 에지를 강하게 나타내었으며, 영역 정보를 이용하여 우수한 에지 검출 특성을 나타내었다.

따라서 제안한 알고리즘을 이용하여 기존에 제안된 에지 검출 방법으로 검출이 어려운 다양한 응용분야에 적용될 것이라 사료된다.

참고문헌

- [1] Shun-feng Ma, Geng-feng Zheng, Long-xu Jin, Shuang-li Han, Ran-feng Zhang, "Directional Multiscale Edge Detection Using the Contourlet Transform", *Advanced Computer Control, ICACC 2010*, vol. 2, pp. 58-62, 2010.
- [2] Barghavi Govindarajan, Karen Panetta, Sos Aгаian, "Progressive Edge Detection on Multi-Bit Images using Polynomial-Based Binarization", *Proc. of the ICMLC 2008*, pp. 3714-3719, 2008.
- [3] G. Economou, "Detecting edges using density value", *Electronics letters*, vol. 40, no. 24, pp. 1528-1530, 2004.
- [4] Sarif K. Naik, C. A. Murthy, "Standardization of Edge Magnitude in Color images", *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 15, no. 9, pp. 2588-2595, 2006.
- [5] B Kaur, A Garg, "Mathematical Morphological Edge Detection For Remote Sensing Images", *Electronics Computer Technology, ICECT 2011*, vol. 5, pp. 324-327, 2011.
- [6] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L. Eddins, *Digital Image Processing using MATLAB*, Prentice-Hall, 2003.
- [7] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, *Digital Image Processing Third Edition*, Prentice- Hall, 2007.

저자소개



이창영(Chang-Young Lee)

2011년 2월 부경대학교
제어계측공학과 공학사
2011년 3월~현재 부경대학교
대학원 제어계측공학과
석사과정

※ 관심분야: 영상처리



김남호(Nam-Ho Kim)

제11권 제1호 참조
1992년 3월~현재 부경대학교
공과대학 제어계측공학과
교수

※ 관심분야: 영상처리, 통신시스템, 적응필터와 웨이브렛을 이용한 잡음제거 및 신호복원