마스크 내 영상의 휘도 변화를 이용한 에지검출에 관한 연구

이창영* · 김남호**

A Study on Edge Detection using Grey-level Variation of Mask Image

Chang-Young Lee* · Nam-Ho Kim**

요 약

영상매체의 발전으로 영상처리가 여러 분야에 적용되고 있으며, 영상의 밝기가 급격히 변화하는 경계 부분은 에지가 중요한 정보와 특징을 포함하므로 영상의 특징을 분석함에 있어서 중요한 요소이다. 이러한 에지를 검출하기 위한 많은 연구가 계속되어 왔으며, 기존의 에지 검출 방법은 인접한 화소 사이에 대한 관계를 이용하여 수행 속도는 우수하나, 휘도 변화를 고려하지 않는 고정된 마스크를 이용하므로 에지검출 특성이 다소 미흡하다. 따라서 본 논문에서는 마스크의 휘도 변화를 이용한 새로운 알고리즘을 제안하였다.

ABSTRACT

The image processing has been applied to various fields along with development of visual media. The boundary parts in which brightness of image dramatically changes are important factors in order to analysis characteristics of image because edge contains important information and significant features. A number of researches for detecting these edges have been conducted and conventional edge detection methods using relationship between adjacent pixels are that operation speed is superior, but the edge detection characteristics are insufficient because they use fixed mask without considering gray-level variation. In this paper, the novel algorithm using grey-level variation of image in mask is proposed.

키워드

비선형 연산, 에지 검출, 가변 벡터, 휘도 변화

Key word

Non-linear operation, Edge detection, Variable vector, Grey-level variation

* 정회원 : 부경대학교 제어계측공학과

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

접수일자 : 2012. 08. 30

심사완료일자 : 2012. 09. 18

Open Access http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2013.17.1.204

ⓒ This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/li-censes/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright Ⓒ The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

Ⅰ. 서 론

에지는 입력 영상에 대하여 물체의 위치, 모양, 크기 및 재질 등과 같은 정보를 포함하고 있으며, 영상의 특징을 분석함에 있어서 중요한 요소이다. 이러한 에지를 검출하기 위한 많은 연구가 이루어져 왔으며, 마스크에 따라 Prewitt, Sobel, Roberts, Canny, Laplacian Operation 등 그리고 최근 SVM, Fuzzy, Wavelet에 기반한 다양한 기법들이 소개되었다[1-5].

기존에 제안된 에지 검출 방법들은 인접 화소에 대한 가중치 마스크와 컨벌루션 한 후 에지를 검출하여 수행속도 면에서 우수한 특성을 가지나, 휘도 변화를 고려하지 않고 모든 화소에 대하여 고정된 가중치 마스크를 적용하고 있다.

따라서 본 논문은 마스크의 휘도 변화를 고려한 새로운 에지 검출 알고리즘을 제안하였다. 또한 제안한 방법의 타당성 입증을 위해, 8 비트 그레이 스케일의 peppers 영상과 그라디언트 다이아몬드 영상을 제안한 방법으로 시뮬레이션 하였으며, 그 결과를 영상과 프로파일을 기존의 방법들과 비교하였다.

Ⅱ. 기존의 에지검출 방법

에지 검출은 물체와 배경을 분리하여 물체를 추출하거나, 물체와 물체 사이의 경계를 추출하여 그 정보를 이용하기 위한 영상처리의 전처리 과정이다. 이러한 에지 검출은 영상 내의 화소 간의 관계를 이용하는 것이 대표적이며, 에지를 검출하기 위하여 그림 1의 국부 마스크를 이용한다.

$f(x\text{-}1, y\text{-}1)$	$f(x\text{-}1, y)$	$f(x\text{-}1, y\text{+}1)$
$f(x, y\text{-}1)$	$f(x, y)$	$f(x, y\text{+}1)$
$f(x\text{+}1, y\text{-}1)$	$f(x\text{+}1, y)$	$f(x\text{+}1, y\text{+}1)$

그림 1. 국부 마스크(3×3)
Fig. 1 Local mask(3×3).

2.1. Prewitt Method

Prewitt method는 1차 미분을 이용한 에지검출 알고리즘이며 원 영상의 국부 마스크로 각 방향의 기울기는 식 (1)로 표현된다.

$$\begin{aligned} s_x &= \{f(x+1,y-1)+f(x+1,y)+f(x+1,y+1)\} \\ &\quad -\{f(x-1,y-1)+f(x-1,y)+f(x-1,y+1)\} \\ s_y &= \{f(x-1,y+1)+f(x,y+1)+f(x+1,y+1)\} \\ &\quad -\{f(x-1,y-1)+f(x,y-1)+f(x+1,y-1)\} \end{aligned} \tag{1}$$

여기서 s_x는 수평 방향의 기울기이며, s_y는 수직 방향의 기울기이다. 1차 미분 방법은 각 방향에 따라 계산한 기울기 값들의 합으로 에지를 검출하며 식 (2)로 표현된다.

$$g(x,y) = \sqrt{(s_x^2 + s_y^2)} \tag{2}$$

여기서 $g(x,y)$는 Prewitt method의 최종 출력이다 [5-6].

2.2. Sobel Method

Sobel method는 Prewitt method와 같이 1차 미분을 이용한 에지검출 방법이며 Prewitt method의 가중치를 수정한 방법이다. Sobel, method의 가중치에 대한 수평, 수직 방향의 기울기는 식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned} s_x &= \{f(x+1,y-1)+2f(x+1,y)+f(x+1,y+1)\} \\ &\quad -\{f(x-1,y-1)+2f(x-1,y)+f(x-1,y+1)\} \\ s_y &= \{f(x-1,y+1)+2f(x,y+1)+f(x+1,y+1)\} \\ &\quad -\{f(x-1,y-1)+2f(x,y-1)+f(x+1,y-1)\} \end{aligned} \tag{3}$$

여기서 s_x는 Sobel method의 수평 방향 기울기이며, s_y는 수직 방향 기울기이다. Sobel method는 Prewitt method와 같이 각 방향에 따라 계산한 기울기 값들의 합으로 에지를 검출한다. 디지털 영상에서는 수식의 복잡함을 줄이기 위해 식 (4)와 같이 간략화하여 표현된다[5-6].

$$g(x,y) = |s_x| + |s_y| \tag{4}$$

2.3. Roberts Method

Roberts method는 Prewitt, Sobel method와 같이 1차 미분 연산자이며 2×2 마스크를 이용하는 에지 검출 방법이다. Roberts method는 대각선 방향으로 이루어져 있으며 각 대각선 방향의 기울기는 식 (5)와 같다.

$$\begin{aligned} s_x &= \{f(x+1,y+1)\} - \{f(x,y)\} \\ s_y &= \{f(x+1,y)\} - \{f(x,y+1)\} \end{aligned} \tag{5}$$

여기서 s_x, s_y는 각각 대각선 방향의 기울기이며 Roberts method의 최종 에지 검출 결과는 식 (2) 또는 식 (4)의 결과로 결정된다[7].

2.4. Laplacian 연산자

Laplacian method는 Prewitt, Sobel method, Roberts method 등과 달리 2차 미분 연산자를 사용하며 Laplacian 정의는 식 (6)과 같다.

$$\nabla^2 f(x,y) = \frac{\partial^2}{\partial x^2} f(x,y) + \frac{\partial^2}{\partial y^2} f(x,y) \tag{6}$$

여기서 $\nabla^2 f(x,y)$는 Laplacian 결과이며, 우변은 각각 수평, 수직방향의 기울기의 합을 나타낸다. 이를 디지털 영상에 적용하기 위해 식 (7)의 차분방정식으로 정의한다.

$$\begin{aligned} s_x &= \{f(x+1,y) + f(x-1,y)\} - \{2f(x,y)\} \\ s_y &= \{f(x,y+1) + f(x,y-1)\} - \{2f(x,y)\} \end{aligned} \tag{7}$$

여기서 s_x, s_y는 각각 수평, 수직 방향의 기울기이며 laplacian 연산자의 최종 에지 검출 식은 식 (8)과 같다[5].

$$g(x,y) = s_x + s_y \tag{8}$$

Ⅲ. 제안한 알고리즘

기존의 에지 검출 알고리즘은 마스크 내에서 화소 간의 관계로 에지를 검출함으로서 휘도 변화에 따른 선택적인 에지를 검출하기가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 우수한 에지 검출 특성을 얻기 위하여 마스크의 휘도 변화에 대한 가변 벡터를 이용한 알고리즘을 제안하였다.

본 논문에서는 영상의 휘도 변화에 따른 에지를 검출하기 위하여 식 (9), (10), (11)과 같이 마스크의 정렬벡터, 평균, 표준편차를 이용하였다.

$$S = sort(f) \tag{9}$$

$$Avg = \frac{\sum_{u=-n}^{n} \sum_{v=-n}^{n} f(x+u, y+v)}{M} \tag{10}$$

$$\sigma = \left\{ \frac{1}{M-1} \sum_{u=-n}^{n} \sum_{v=-n}^{n} (f(x+u,y+v) - Avg)^2 \right\}^{1/2} \tag{11}$$

여기서, S는 국부 마스크를 정렬한 1차원 벡터이며 u와 v는 $-n$에서 n의 값을 가진다. 그리고 M은 $(2n+1)\times(2n+1)$ 마스크의 크기이며, n은 자연수, Avg는 마스크의 평균, σ는 표준편차이다. 표준편차와 가중평균에 따라 각각 식 (12)의 $Case\,1$, $Case\,2$, $Case\,3$를 적용하였다.

$$\begin{aligned} &Case\,1:\ \sigma \le c_1 \cdot Avg \\ &Case\,2:\ c_1 \cdot Avg < \sigma \le c_2 \cdot Avg \\ &Case\,3:\ \sigma > c_2 \cdot Avg \end{aligned} \tag{12}$$

식으로부터, c_1, c_2는 평균의 가중치이며, 영상의 미세한 변화를 잘 검출 할 수 있는 값으로 설정 되어야 한다. 본 논문에서는 영상의 미세한 변화를 포함하는 다양한 영상으로 시험하여 각각 $1/3$, $1/6$을 평균 가중치로 설정하였다.

$Case\,1$은 표준편차가 평균 가중치 보다 작은 경우에 해당된다. 따라서, 미세한 변화를 보다 잘 검출하기 위하여 $Case\,1$의 경우 가중치 벡터를 식 (13)과 같이 적용하였다.

$$W_1 = [\ 3,\ 2,\ 1,\ 0,\ 0,\ 0, -1, -2, -3\ ] \qquad (13)$$

그리고 *Case* 2는 일반적인 경우에 해당하며 식 (14)의 가중치 벡터를 적용하였다.

$$W_2 = [\ 2,\ 1,\ 1,\ 0,\ 0,\ 0, -1, -1, -2\ ] \qquad (14)$$

마지막으로 Case 3은 영상 내의 변화가 큰 부분에 해당된다. 에지 검출은 일반적으로 화소의 변화가 클 경우 잘 검출되므로 가중치 벡터는 식 (15)의 가중치 벡터를 적용하였다.

$$W_3 = [\ 1,\ 1,\ 1,\ 0,\ 0,\ 0, -1, -1, -1\ ] \qquad (15)$$

제안한 알고리즘은 원 영상에서 3×3 크기의 마스크를 얻은 후, 정렬한 후, 각각의 마스크 내의 평균과 표준편차를 계산한다. 그리고 식 (11)에 의해 Case 1, Case 2, Case 3를 선택한 후, 가중치 벡터 W_1, W_2, W_3을 결정한다. 그리고 각 조건에 따라 결정된 정렬된 벡터와 가중치 벡터를 컨벌루션 한다.

본 논문에서 제안한 에지 검출 알고리즘의 흐름도는 그림 2와 같다.

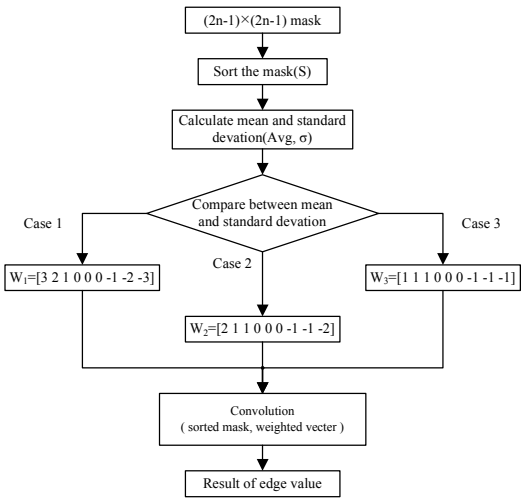

그림 2. 에지 검출 알고리즘
Fig. 2 Edge detection algorithm

Ⅳ. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 마스크의 휘도 변화에 대한 가변 벡터를 이용하여 에지를 검출하는 알고리즘을 제안하였으며, 각각의 임계 조건에 따라 서로 다른 가중치 벡터를 적용하였다. 그리고 에지 검출 성능을 확인하기 위해, 테스트 영상으로서 peppers 영상과 그라디언트 다이아몬드 영상을 사용하였으며, 기존의 방법들과 비교하였다.

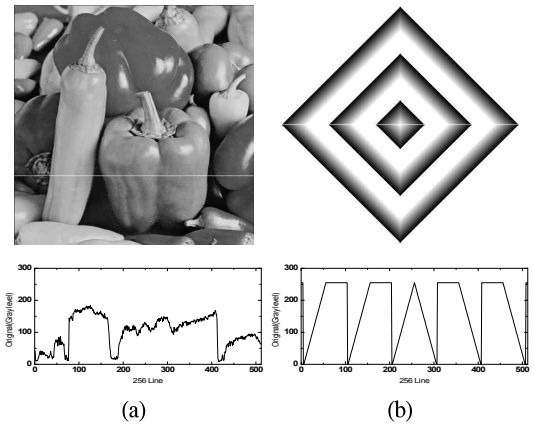

그림 3. 테스트 원 영상
(a) peppers (b) 그라디언트 다이아몬드
Fig. 3 The original test images.
(a) peppers (b) Gradient diamond

그림 3은 제안한 방법의 에지 검출 특성을 확인하기 위한 영상으로서 peppers 영상은 밝기 변화가 적은 부분으로 주로 구성되어 있어 peppers 표면의 에지 검출 여부가 확인 가능하며, 그라디언트 다이아몬드 영상은 영상의 중심부의 화소값은 255이고 중심에서 바깥 방향으로 5씩 감소하면서 0이 되는 그림 3 (b)와 같은 프로파일을 갖는 영상이다. 그림 4, 5는 그림 3의 에지 검출 영상이며, (a)는 Sobel method, (b)는 Prewitt method, (c)는 Roberts method, (d)는 Laplacian operator, (e)는 유사 연산자에 의한 결과이며, (f)는 제안한 방법으로 처리한 결과이다. 그 결과, 그림 4, 5의 (a), (b)에서 Sobel method와 Prewitt method에 의해 처리된 영상은 화소 간의 차이가 많은 에지를 우수한 특성으로 검출하였으며, 화소간의 차이가 적은 영역에서는 미흡하였다.

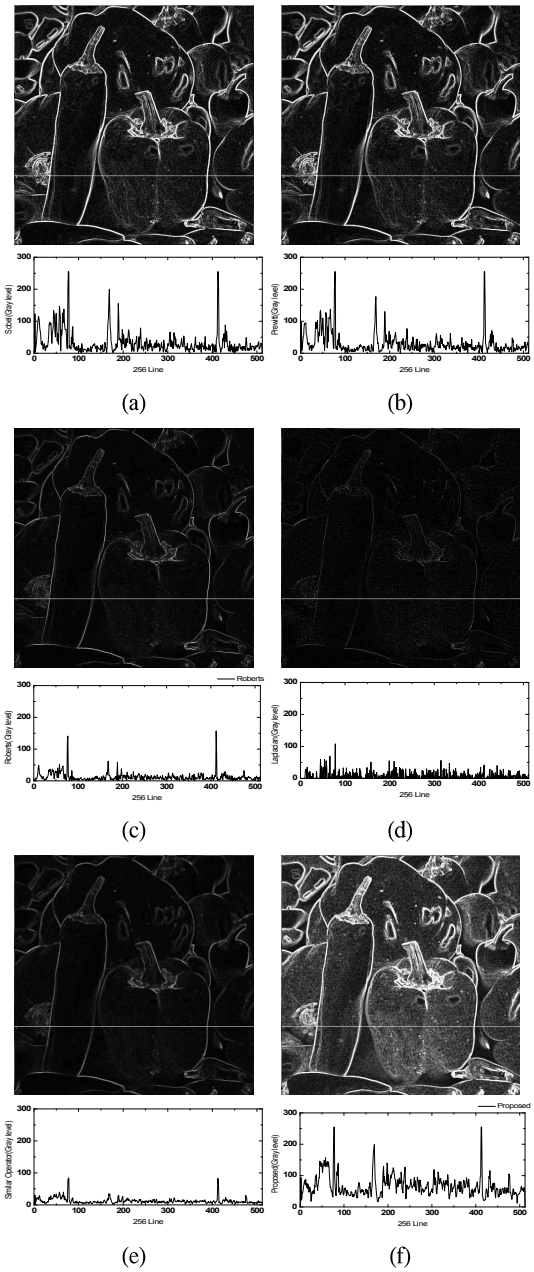

그림 4. peppers 영상의 시뮬레이션 결과
(a) Sobel (b) Prewitt (c) Roberts (d) Laplacian
(e) 유사 연산자 (f) Proposed method
Fig. 4 Simulation result for peppers image.
(a) Sobel (b) Prewitt (c) Roberts (d) Laplacian
(e) Similar operator (f) Proposed method

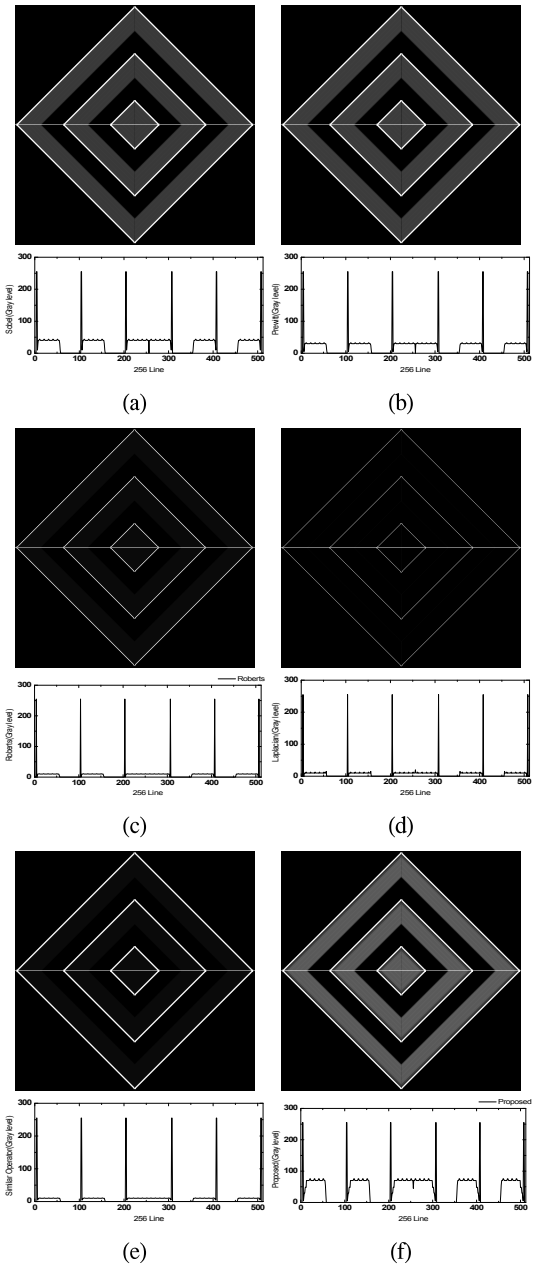

그림 5. 그라디언트 다이아몬드 영상의 시뮬레이션 결과 (a) Sobel (b) Prewitt (c) Roberts (d) Laplacian
(e) 유사 연산자 (f) Proposed method
Fig. 5 Simulation result for gradient diamond image.
(a) Sobel (b) Prewitt (c) Roberts (d) Laplacian
(e) Similar operator (f) Proposed method

그리고 (c), (d), (e)에서 Roberts method, Laplacian, 유사 연산자를 이용한 방법은 전체적으로 낮은 화소값의 결과를 보였다. 반면, 그림 4 (f)의 프로파일에서 제안한 방법은 peppers 표면의 질감이 검출 가능하였으며, 그림 5 (f)의 프로파일에서 미세한 변화의 에지를 우수하게 검출하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 마스크 내의 휘도 변화를 고려하여 임계값에 따라 각각 다른 가중치 벡터를 이용하는 에지 검출 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 영상 내의 휘도 변화가 적은 부분을 강조하고 그 반대 영역은 가중치를 가하여 영상에서 에지를 검출한다.

제안한 방법의 타당성을 입증하기 위하여, 물체의 재질 검출 관련 peppers 영상과 그라디언트 다이아몬드 영상을 사용하여 시뮬레이션 하였으며, 제안한 알고리즘은 기존 방법에 비해 우수한 에지 검출 특성을 나타내었다. 따라서 제안한 알고리즘은 선택적 에지 검출 응용 분야에 넓게 활용되어 질 것으로 사료된다.

참고문헌

[1] R. Nevatia, "Evaluation of simplified Hueckel edge-line detector", *Comput., Graph., Image Process.*, vol. 6, no. 6, pp. 582-588, 1977.

[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] 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.

[4] L. R. Liang, C. G. Looney, "Competitive fuzzy edge detection", *Applied Soft Computing*, Vol. 3, No. 2, pp. 123-137, 2003.

[5] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, *Digital Image Processing Third Edition*, *Prentice- Hall*, 2007.

[6] Mingxiu Lin; Shuai Chen; , "A new prediction method for edge detection based on human visual feature," *Control and Decision Conference, 2012 24th Chinese*, pp.1465-1468, 2012.

[7] Hu Qing-hui, Liu Xiao-gang, "The Research of An Improved Roberts Algorithm Used In Welding Line Identification", *CAID & CD 2009. IEEE 10th International Conference on* , pp.786-788, 2009.

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 신호 복원