변형된 가중치 마스크를 이용한 에지검출 알고리즘에 관한 연구

이창영 · 김남호*

A Study on Edge Detection Algorithm using Modified Mask of Weighting

Chang-Young Lee · Nam-Ho Kim*

Dept. of Control and Instrumentation Eng., Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

요 약

에지는 영상에서 화소 간의 명암 차이가 큰 경우에 나타나며, 대상의 크기, 위치, 방향 등의 정보를 포함한다. 에지 검출 방법에는 Sobel, Roberts, Laplacian, LoG(Laplacian of Gaussian) 등이 있으며, 이러한 방법들은 AWGN(additive white Gaussian noise)이 첨가된 영상에서 그 특성이 미흡하다. 따라서 이러한 특성을 개선하기 위하여 본 논문에서는 거리에 따른 가중치와 주변 화소의 평균에 의한 추정 마스크를 적용하는 알고리즘을 제안하였다. 그리고 제안한 방법의 성능을 확인하기 위하여 평가 척도는 처리 영상 및 PFOM(Pratt's figure of merit)을 사용하여 기존의 방법들과 비교하였다.

ABSTRACT

Edge in images appears when a great difference shows up in light and shade between pixels and includes data of the subject's size, location direction and etc. The edge is generally detected by the methods such as Sobel, Roberts, Laplacian, LoG(Laplacian of Gaussian) and etc. However, in AWGN(additive white Gaussian noise) added images, quality of the edge becomes slightly uncertain. Therefore, this paper proposed edge detection algorithm using modified mask of weighting to improve the quality of the existing methods. And in order to verify the performance efficiency of the proposed method, processed image and PFOM(Pratt's figure of merit) has been used as valuation standard for a comparison with the existing methods.

키워드 : 에지검출, AWGN, 알고리즘, PFOM

Key word : Edge Detection, AWGN, Algorithm, PFOM

접수일자 : 2013. 12. 20 심사완료일자 : 2014. 01. 09 게재확정일자 : 2014. 01. 13

* **Corresponding Author** Nam-Ho Kim(E-mail:nhk@pknu.ac.kr, Tel:+82-51-629-6328)

Dept. of Control and Instrumentation Eng., Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2014.18.3.735>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/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 영상에서 화소 사이의 그레이 레벨 차이가 큰 경우 나타나며, 시각적으로 물체와 물체 사이 또는 물체와 배경 사이에서 발생한다. 에지는 영상 내에서 특정 대상의 크기, 위치, 방향 등에 대한 정보를 포함한다. 이에 따라 영상 분할, 영상 인식 등을 비롯한 여러 영상 처리 분야에 에지 정보를 이용하고 있다[1-3].

에지는 그레이 레벨의 크기 및 지속성 등에 따라 루프 에지, 라인 에지 등 여러 형태로 존재하며, Sobel, Roberts, Laplacian, LoG(Laplacian of Gaussian) 등으로 검출한다. 이 방법들은 비 잡음 영상에서 에지검출 특성이 우수하며, AWGN(additive white Gaussian noise) 등이 첨가된 영상의 경우 그 특성이 다소 미흡하다[4-6].

이러한 특성을 개선하기 위하여 본 논문에서는 화소 사이의 거리에 따른 가중치와 처리 화소에 대한 주변 화소의 평균에 의해 생성된 추정 마스크를 적용하여 에지검출 알고리즘을 제안하였다.

제안한 방법의 성능을 확인하기 위하여 AWGN을 시험 영상에 중첩하여 기존의 방법들과 PFOM (Pratt's figure of merit)을 비교하였다. 그리고 일반적인 영상에 대한 성능을 확인하기 위하여 512×512 크기의 합성 영상 및 Lena($\sigma=10$)영상을 사용하여 기존의 방법들과 비교하였다.

II. 기존의 에지검출 알고리즘

소벨 에지검출 알고리즘의 수평 및 수직 기울기는 식 (1)과 같이 정의된다[7-9].

$$\begin{aligned} g_h &= [I(i-1, j+1) + 2I(i, j+1) + I(i+1, j+1)] \\ &\quad - [I(i-1, j-1) + 2I(i, j-1) + I(i+1, j-1)] \\ g_v &= [I(i+1, j-1) + 2I(i+1, j) + I(i+1, j+1)] \\ &\quad - [I(i-1, j-1) + 2I(i-1, j) + I(i-1, j+1)] \end{aligned} \quad (1)$$

로버츠 에지검출 알고리즘의 기울기는 식 (2)와 같이 정의된다[10,11].

$$\begin{aligned} g_h &= [I(i+1, j) - I(i, j+1)] \\ g_v &= [I(i+1, j+1) - I(i, j)] \end{aligned} \quad (2)$$

소벨 및 로버츠 에지검출 알고리즘의 최종 결과는 식 (3)과 같이 구한다.

$$O(i, j) = \sqrt{g_v^2 + g_h^2} \quad (3)$$

라플라시안 에지검출 알고리즘은 2차 미분 연산자를 이용한 알고리즘이고, 수평 및 수직 방향에 관계없이 하나의 마스크를 적용하며, 최종 에지검출 결과는 식 (4)와 같이 표현한다[12,13].

$$\begin{aligned} O(i, j) &= 4I(i, j) - I(i-1, j) - I(i, j-1) \\ &\quad - I(i, j+1) - I(i+1, j) \end{aligned} \quad (4)$$

III. 제안한 에지검출 알고리즘

3.1. 모델링

일반적으로 모든 입자는 다른 입자를 끌어당기며 그 인력은 두 입자의 질량의 곱에 비례하고 그들의 거리의 제곱에 반비례하는 성질을 갖는다[14].

그림 1. 만유인력의 법칙
Fig. 1 Law of universal gravitation

그림 1에서 질량 m_1 과 m_2 를 갖는 물체 사이에서 발생하는 만유인력은 식 (5)와 같다.

$$F_{12} = -G \frac{m_1 m_2}{d^2} \hat{d}_{12} = -G_p m_1 m_2 \hat{d}_{12} \quad (5)$$

여기서 G 는 만유인력 상수이고, G_p 는 두 질량 사이의 거리의 제곱에 반비례하는 만유인력 상수이며, 음의 값은 인력을 의미한다. 물체 사이의 인력을 중심 화소 및 주변 화소 사이의 관계로 그림 2와 같이 모델링하였다.

그림 2. 중심 화소 및 주변 화소의 관계
Fig. 2 Relationship of central and neighborhood pixel

그림 2에서 중심 화소 및 주변 화소의 관계는 식 (5)의 만유인력 법칙으로 모델링하며, 식 (6)과 같이 정의한다.

$$F = \left| -G_i \frac{P_1 P_2}{d^2} \right| \hat{d} = -G_t |P_1 P_2| \hat{d} = G_t P_1 P_2 \hat{d} \quad (6)$$

여기서, P_1 , P_2 는 각각 영상에서 중심 화소 및 주변 화소의 그레이 레벨값이고, d 는 두 화소 사이의 거리, $\hat{d}$ 는 단위 거리, G_i 는 거리에 반비례하는 값을 갖는 변수, 그리고 G_t 는 두 화소에 따라 결정되는 거리 변수이다. 식 (6)에서 화소 P_1 , P_2 를 제외한 나머지를 거리 가중치로 정의하며, 식 (7)과 같다.

$$D = G_t \hat{d} \quad (7)$$

여기서 D 는 수평 및 수직 방향으로 나뉘며, 각각 식 (8)과 같다.

$$\begin{aligned} D_h &= G_t d \cos \theta \\ D_v &= G_t d \sin \theta \end{aligned} \quad (8)$$

여기서 θ 는 중심 화소 및 주변 화소가 이루는 각이다.

3.2. 알고리즘

제안한 알고리즘은 화소 거리에 따른 가중치 마스크와 주변 화소의 평균에 의한 추정 마스크로 구성되며, 처리 과정은 다음과 같다.

Step 1. 제안한 모델링으로부터 화소 거리와 부호를 고려하여 수평 및 수직 방향의 가중치는 식 (9)와 같이 정의한다.

$$\begin{aligned} w_{ah} &= \text{sgn}(d \cos \theta) \frac{2^{(|d \cos \theta|)}}{d \cos \theta} \\ w_{av} &= \text{sgn}(d \sin \theta) \frac{2^{(|d \sin \theta|)}}{d \sin \theta} \end{aligned} \quad (9)$$

식 (8) 및 식 (9)를 적용하여 거리 가중치를 식 (10)과 같이 제안하였다.

$$\begin{aligned} MD_h &= w_{ah} D_h = \text{sgn}(d \cos \theta) 2^{(|d \cos \theta|)} G_t \\ MD_v &= w_{av} D_v = \text{sgn}(d \sin \theta) 2^{(|d \sin \theta|)} G_t \end{aligned} \quad (10)$$

식 (10)을 영상에 적용하기 위한 가중치 마스크는 중심 화소 및 주변 화소 사이에서 식 (11)과 같이 정의한다.

$$\begin{aligned} ND_h(m, n) &= \text{sgn}(m) 2^{(|m|)} G_t \\ ND_v(m, n) &= \text{sgn}(n) 2^{(|n|)} G_t \end{aligned} \quad (11)$$

여기서 m 및 n 은 -1에서 1사이의 값을 갖는다.

Step 2. 제안한 가중치 마스크에 적용하기 위하여 입력 영상으로부터 3×3 추정 마스크 $P^{i,j}$ 를 생성하며, 식 (12)와 같다.

$$P^{i,j} = \begin{bmatrix} P_1^{i,j} & P_2^{i,j} & P_3^{i,j} \\ P_4^{i,j} & P_5^{i,j} & P_6^{i,j} \\ P_7^{i,j} & P_8^{i,j} & P_9^{i,j} \end{bmatrix} \quad (12)$$

추정 마스크의 각 요소 $P_k^{i,j}$ 를 구하기 위하여 먼저 입력 영상에서 (i,j) 를 중심 화소로 하는 국부 마스크 M 를 정의하며, 그림 3과 같다.

그림 3. 국부 마스크 M
Fig. 3 Local mask M

각 영역 $R_k^{i,j}$ 는 다섯 개의 요소를 가지며, 식 (13)으로 정의한다.

$$\begin{aligned}
 R_1^{i,j} &= \{M_1, M_4, M_5, M_6, M_{10}\} \\
 R_2^{i,j} &= \{M_2, M_5, M_6, M_7, M_{11}\} \\
 R_3^{i,j} &= \{M_3, M_6, M_7, M_8, M_{12}\} \\
 R_4^{i,j} &= \{M_5, M_9, M_{10}, M_{11}, M_{15}\} \\
 R_5^{i,j} &= \{M_6, M_{10}, M_{11}, M_{12}, M_{16}\} \\
 R_6^{i,j} &= \{M_7, M_{11}, M_{12}, M_{13}, M_{17}\} \\
 R_7^{i,j} &= \{M_{10}, M_{14}, M_{15}, M_{16}, M_{19}\} \\
 R_8^{i,j} &= \{M_{11}, M_{15}, M_{16}, M_{17}, M_{20}\} \\
 R_9^{i,j} &= \{M_{12}, M_{16}, M_{17}, M_{18}, M_{21}\}
 \end{aligned} \quad (13)$$

그리고 추정 마스크의 각 요소는 식 (14)와 같다.

$$P_k^{i,j} = \frac{1}{5} \sum_{l=1}^5 R_k^{i,j}(l), k=1, 2, \dots, 9 \quad (14)$$

Step 3. 제안한 거리 가중치 마스크와 추정 마스크로 최종 에지 기울기를 구하며, 식 (15)와 같다.

$$\begin{aligned}
 G_h(i,j) &= ND_h \cdot P^{i,j} \\
 G_v(i,j) &= ND_v \cdot P^{i,j}
 \end{aligned} \quad (15)$$

여기서 ND_h 은 3×3 마스크에 대한 수평 방향의 가중

치 마스크를 나타내며, $\bullet$ 기호는 내적 연산을 의미한다. 식 (15)의 결과로부터, 제안한 알고리즘의 최종 출력은 식 (16)과 같다.

$$O(i,j) = \sqrt{G_v(i,j)^2 + G_h(i,j)^2} \quad (16)$$

IV. 시뮬레이션 및 결과

제안한 알고리즘의 성능을 확인하기 위하여 시험 영상을 이용하여 기존의 방법들과 비교하였으며, 성능 개선의 판단기준으로 PFOM을 적용하였다.

시험 영상(AWGN $\sigma=10$) 및 이상적인 에지 영상은 그림 4와 같다.

그림 4. 시험 영상 및 이상적인 에지 영상 (a) 시험 영상(AWGN $\sigma=10$) (b) 이상적인 에지 영상
Fig. 4 Test image and ideal edge image (a) Test image (AWGN $\sigma=10$) (b) Ideal edge image

그림 5는 그림 4(a)에 대한 시뮬레이션 결과이며, (a)는 Sobel, (b)는 Roberts, (c)는 Laplacian, (d)는 제안한 알고리즘이며, 임계값을 적용하여 이진화한 결과이다.

그 결과, Sobel은 기존의 방법 중 잡음제거 특성이 가장 우수하였으며, 에지검출 특성이 다소 미흡하였다. 그리고 Roberts 및 Laplacian은 잡음 제거 및 에지검출 특성이 미흡하였다. 제안한 알고리즘은 잡음 제거 특성 및 에지검출 특성이 가장 우수하였다.

에지검출 알고리즘에 대한 정량적인 평가를 위하여 그림 4(b)의 이상적인 에지 영상과 그림 5를 이용하여 PFOM을 계산하였다.

PFOM은 식 (17)과 같이 정의된다[15].

그림 5. 시뮬레이션 결과(AWGN $\sigma=10$) (a) Sobel (b) Roberts (c) Laplacian (d) Proposed algorithm

Fig. 5 Simulation result(AWGN $\sigma=10$) (a) Sobel (b) Roberts (c) Laplacian (d) Proposed algorithm

$$F = \frac{1}{I_N} \sum_{i=1}^{I_f} \frac{1}{1 + \delta d_i^2} \quad (17)$$

여기서 I_N 은 $\max(I_f, I_d)$ 이며, I_f 및 I_d 는 각각 검출된 에지 화소 수와 이상적인 에지 화소 수이다. δ 는 스케일 상수이며, $1/9$ 을 적용한다. 그리고 d_i 는 이상적인 에지 화소를 (x_1, y_1) , 검출된 에지 화소를 (x_2, y_2) 라 할 때, 식 (18)과 같이 유클리드 거리(Euclidean distance)로 정의된다.

$$d_i = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (18)$$

시험 영상에서 표준편차가 각각 $\sigma=5, 10, 15$ 인 AWGN을 첨가하여 각 에지검출 알고리즘을 적용한 PFOM 결과를 표 1에 나타내었으며, 그 결과가 1에 가까울수록 에지검출 특성이 우수하다.

표 1에서 제안한 알고리즘은 AWGN의 표준편차가 5인 영상에서 0.949의 높은 PFOM을 나타내었으며,

Sobel, Roberts, Laplacian에 비해 각각 0.0062, 0.2989, 0.9181 개선되었다.

그리고 일반적인 영상에서 제안한 알고리즘의 성능을 확인하기 위하여 $\sigma=10$ 의 AWGN이 첨가된 합성 영상 및 Lena 영상을 사용하여 시뮬레이션 한 결과를 그림 6, 7에 나타내었다.

표 1. 시험 영상에 대한 PFOM 결과
Table. 1 PFOM result of test image

Noise density	Method			
	Sobel	Roberts	Laplacian	Proposed
$\sigma = 0$	0.95	1	1	0.95
$\sigma = 5$	0.9428	0.6501	0.0309	0.949
$\sigma = 10$	0.2467	0.1068	0.0336	0.723
$\sigma = 15$	0.0817	0.0503	0.0272	0.2407

그림 6. 합성 영상에 대한 시뮬레이션 결과(AWGN $\sigma=10$) (a) Sobel (b) Roberts (c) Laplacian (d) Proposed algorithm

Fig. 6 Simulation result of synthetic image(AWGN $\sigma=10$) (a) Sobel (b) Roberts (c) Laplacian (d) Proposed algorithm

그림 6, 7에서 (a)는 Sobel, (b)는 Roberts, (c) Laplacian, (d)는 제안한 알고리즘으로 처리한 결과 영상이다.

그림 7. Lena 영상에 대한 시뮬레이션 결과(AWGN $\sigma=10$) (a) Sobel (b) Roberts (c) Laplacian (d) Proposed algorithm
Fig. 7 Simulation result of Lena image(AWGN $\sigma=10$) (a) Sobel (b) Roberts (c) Laplacian (d) Proposed algorithm

그 결과, Sobel은 에지검출 특성이 우수하였으며, 잡음제거 특성이 미흡하였다. 그리고 Roberts는 에지 크기 및 잡음제거 특성이 다소 미흡하였다. Laplacian은 그림 6에서 에지검출 특성이 우수하였으며, 그림 7에서는 잡음 제거 특성이 다소 미흡하였다. 제안한 알고리즘은 합성 영상 및 Lena 영상에서 에지검출 및 잡음제거 특성이 우수하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 AWGN 환경에서 효과적으로 에지를 검출하기 위하여 화소 사이의 거리에 따른 가중치와 주변 화소의 평균에 의한 추정 마스크를 적용한 에지검출 알고리즘을 제안하였다.

시뮬레이션 결과, $\sigma=10$ 인 AWGN을 시험 영상에 첨가한 경우 기존의 Sobel, Roberts, Laplacian은 각각 0.2467, 0.1068, 0.0336의 PFOM을 나타내었으며, 제안한 알고리즘은 0.723의 우수한 PFOM을 나타내었다.

따라서 제안한 알고리즘은 AWGN 환경에 훼손된 영상에서 에지검출 특성이 우수하여, 에지검출 응용분야에 유용하게 적용될 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] G. Economou, "Detecting edges using density value", *Electronics letters*, vol. 40, no. 24, pp. 1528-1530, 2004.
- [2] Sarif K. Naik, C. A. Murthy, "Standardization of Edge Magnitude in Color images", *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 15, no. 9, pp. 2588-2595, 2006.
- [3] 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*, vol. 2, pp.58-62, 2010.
- [4] B Kaur, A Garg, "Mathematical Morphological Edge Detection For Remote Sensing Images", *Electronics Computer Technology*, vol. 5, pp. 324-327, 2011.
- [5] Hongyan Sun, Shuxue Tian, "Image retrieval based on blocked histogram and Sobel edge detection algorithm", *International Conference on Computer Science and Service System*, pp.3277-3281, 2011.
- [6] Gupta K.G., Agrawal N., Maity S.K., "Performance analysis between aparapi (a parallel API) and JAVA by implementing sobel edge detection Algorithm", *National Conference on Parallel Computing Technologies*, pp.1-5, 2013.
- [7] Hua Xiang, Bin Yan, Qiong Cai, Guangyi Zou, "An edge detection algorithm based-on Sobel operator for images captured by binocular microscope", *International Conference on Electrical and Control Engineering*, pp.980-982, 2011.
- [8] Rosenfeld Azriel, "The Max Roberts Operator is a Hueckel-Type Edge Detector", *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.PAMI-3, no.1, pp.101-103, Jan. 1981.
- [9] Snehalatha, Anburajan M., Venkatraman,B., Menaka M., Raj B., "Evaluation of rheumatoid arthritis in small animal model using Thermal imaging", *International Conference on Signal Processing, Communication, Computing and Networking Technologies*, pp.785-791, 2011.
- [10] Cai Lei, Zhang Ji-hua, Zhang Shi-qiang, Guan Xiao-wei, "Study on the method to process the images of the laser initiative illumination", *International Conference on Image Analysis and Signal Processing*, pp.1-4, 2012.

- [11] Nema M.K., Rakshit S., Chaudhuri S., "Image Denoising Using Edge Model-based Representation of Laplacian Subbands", *International Conference on Advances in Pattern Recognition*, pp.329-332, 2009.
- [12] Haralick R.M., "Comparing the laplacian zero crossing edge detector with the second directional derivative edge detector", *Proc. IEEE international Conference on Robotics and Automation*, vol.2, pp.452-457, 1985.
- [13] Yong-Hoon Lee, Park S.Y., "A study of convex/concave edges and edge-enhancing operators based on the Laplacian", *IEEE Trans. on Circuits and Systems*, vol.37, no.7, pp.940-946, 1990.
- [14] Verma O.P., Sharma R., "An optimal edge detection using universal law of gravity and ant colony algorithm", *World Congress on Information and Communication Technologies*, pp.507-511, 2011.
- [15] Amarunnishad, T.M., Govindan, V.K., Mathew, A.T., "A Fuzzy Complement Edge Operator", *International Conference on Advanced Computing and Communications*, pp. 344-348, 2006.

이창영(Chang-Young Lee)

2011년 2월 부경대학교 제어계측공학과 공학사
 2013년 2월 부경대학교 대학원 제어계측공학과 공학석사
 2013년 3월~현재 부경대학교 대학원 제어계측공학과 박사과정
 ※관심분야 : 영상처리

김남호(Nam-Ho Kim)

제11권 제1호 참조
 1992년 3월~현재 부경대학교 공과대학 제어계측공학과 교수
 ※관심분야 : 영상처리, 통신시스템, 적응필터와 웨이블릿을 이용한 잡음제거 및 신호복원