

임펄스 잡음 환경에서 추정 마스크를 이용한 에지 검출 알고리즘에 관한 연구

이창영 · 김남호*

A Study on Edge Detection Algorithm using Estimated Mask in Impulse Noise Environments

Chang-Young Lee · Nam-Ho Kim*

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

요 약

에지 검출 방법은 Sobel, Prewitt, Roberts, Canny 에지 검출기 등이 있으며, 이러한 방법들은 임펄스 잡음에 훼손된 영상에서 에지 검출 특성이 미흡하다. 따라서 본 논문에서는 이러한 기존의 방법의 단점들을 개선하고 임펄스 잡음 환경에서 효과적으로 에지를 검출하기 위하여, 5×5 마스크를 사용하여 중심 화소를 기준으로 한 3×3 마스크 내의 요소들에 대해 잡음을 판단하며, 그 여부에 따라 비잡음일 경우 그대로 처리하고 잡음일 경우 각 요소들의 인접 화소를 이용하여 추정 마스크를 구하여 에지를 검출하는 알고리즘을 제안하였다.

ABSTRACT

For edge detection methods, there are Sobel, Prewitt, Roberts and Canny edge detector, and these methods have insufficient detection characteristics in the image corrupted by the impulse noise. Therefore in this paper, in order to improve these disadvantages of the previous methods and to effectively detect the edge in the impulse noise environment, using the 5×5 mask, the noise factors within the 3×3 mask based on the central pixel is determined, and depending on its status, for noise-free it is processed as is, and if noise is found, by obtaining the estimated mask using the adjacent pixels of each factor, an algorithm that detects the edge is proposed.

키워드 : 에지 검출, 임펄스 잡음, 추정 마스크, 알고리즘

Key word : Edge Detection, Impulse Noise, Estimated Mask, Algorithm

접수일자 : 2014. 04. 29 심사완료일자 : 2014. 05. 26 게재확정일자 : 2014. 06. 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.2014.18.9.2259>

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

에지 검출은 영상처리의 전처리 과정에 필수적인 요소이며, 의료 및 군용 전자기기, 차선 인식, 자동차 번호판 인식 등 여러 분야에서 적용된다. 이에 따라 영상 처리 및 컴퓨터 비전 분야에서 에지 검출에 관한 많은 연구가 활발히 진행되고 있다[1].

에지를 검출하기 위한 기존의 방법에는 소벨(Sobel), 프리윗(Prewitt), 로버츠(Roberts) 등이 있으며[2-4], 이러한 방법들은 중심 화소를 기준으로 인접 화소에 방향성을 갖는 가중치를 적용한 수평 및 수직이나 사선 방향의 마스크를 영상과 컨볼루션하여 에지를 검출하며, 연산이 비교적 간단하여 구현 및 처리속도 면에서 우수한 특성을 나타낸다[5]. 그러나 임펄스 잡음에 훼손된 영상에서는 잡음이 신호 레벨보다 급격한 변화를 가지므로 기존의 에지 검출 알고리즘으로 처리할 경우, 두드러진 에지 검출로 인하여 오류가 발생한다[6].

따라서 본 논문에서는 임펄스 잡음에 훼손된 영상에서 효과적으로 에지를 검출하기 위해, 5×5 크기의 마스크를 적용하고, 중심 화소를 기준으로 하여 3×3 내의 각 요소들의 잡음 여부에 따라 비잡음일 경우 그대로 처리하고, 잡음일 경우 인접 화소들로부터 추정 마스크를 구하여 에지를 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 방법의 타당성을 입증하기 위하여, 시험 영상으로 512×512 크기의 8 비트 그레이레벨 Lena 영상에 잡음 밀도가 10%, 30% 인 임펄스 잡음이 첨가된 영상을 사용하여 기존의 방법들과 제안한 알고리즘을 비교하였다.

II. 기존의 에지 검출 알고리즘

2.1. 소벨 및 프리윗 에지 검출기

소벨 및 프리윗 에지 검출기는 알고리즘의 구성에 있어서 많은 부분이 유사하며, 수직 및 수평 방향의 마스크를 이용하여 영상의 에지를 얻는다. 소벨 및 프리윗 마스크를 적용한 기울기는 식 (1)과 같이 구한다[7].

$$G_x = \{I(i-1, j-1) + \alpha I(i, j-1) + I(i+1, j-1)\} (1) - \{I(i-1, j+1) + \alpha I(i, j+1) + I(i+1, j+1)\}$$

$$G_y = \{I(i-1, j-1) + \alpha I(i-1, j) + I(i-1, j+1)\} - \{I(i+1, j-1) + \alpha I(i+1, j) + I(i+1, j+1)\}$$

여기서 G_x 는 수평 방향의 기울기, G_y 는 수직 방향의 기울기이고, α 는 소벨 마스크에서 2이며, 프리윗 마스크에서 1의 값을 가진다. 소벨 및 프리윗 에지 검출기의 최종 결과는 식 (2)와 같이 정의한다[7].

$$O(i, j) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} (2)$$

2.2. 로버츠 에지 검출기

로버츠 에지 검출기는 소벨 및 프리윗 에지 검출기와 최종 결과를 구하는 방법은 동일하며, 적용되는 마스크의 크기가 작아 처리 속도 면에서 상대적으로 우수하다. 로버츠 마스크를 적용한 기울기는 식 (3)과 같이 구한다[8].

$$G_x = I(i, j) - I(i+1, j+1) (3)$$

$$G_y = I(i+1, j) - I(i, j+1)$$

여기서 G_x , G_y 는 각각 다른 대각선 방향에 대한 기울기이다. 로버츠 에지 검출기의 최종 결과는 식 (2)와 같이 정의한다[8].

2.3. 케니(Canny) 에지 검출기

케니 에지 검출기는 기울기 기반 에지 검출 방법이며, 불필요한 잡음 성분을 입력 영상으로부터 제거하기 위하여 가우시안 필터(Gaussian filter)를 이용하여 스무딩(smoothing)하여 처리한다[9]. 그리고 1차 미분 연산을 적용하여 기울기 영상을 구하고, 에지를 얻기 위하여, 국부 최대값(local maxima)을 찾기 위한 비최대 억압(nonmaximum suppression)을 사용한다[10]. 그리고 마지막으로 2개의 임계값을 사용하여 히스테리시스 곡선 특성을 갖는 에지를 검출한다. 케니 에지 검출기에서 사용되는 파라미터는 가우시안 필터 적용 시에 필요한 표준편차 σ , T_L (Low 임계값), T_H (High 임계값)이다[11,12].

III. 제안한 알고리즘

본 논문에서는 임펄스 잡음 환경에서 효과적으로 에지를 검출하기 위해, 5×5 크기의 마스크를 적용하여, 중심 화소를 기준으로 3×3 마스크 내의 요소들에 대해 잡음 여부를 판단한 후에 비잡음 화소일 경우 그대로 처리하고, 잡음 화소일 경우 각 요소를 중심으로 하여 주변화소를 적용하여 3×3 크기의 추정 마스크를 구하여, 여기에 가중 파라미터를 적용하여 에지를 검출하는 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 그림 1과 같이 $I_{13} = I(i, j)$ 을 중심으로 하는 5×5 크기의 마스크에서 3×3 크기의 추정 마스크를 구하여 에지를 검출한다.

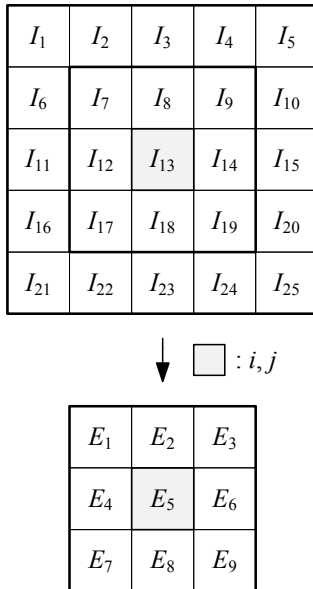


그림 1. 마스크 및 추정 마스크
Fig. 1 Mask and estimated mask

Step 1. 추정 마스크는 중심 화소 (i, j)를 기준으로 3×3 크기의 마스크 요소들에 대한 잡음을 판단하여 비잡음인 경우 식 (4)와 같이 구한다.

$$E_k = I(i + p, j + q) \quad (4)$$

여기서 p, q 는 $-1, 0, 1$ 이다.

Step 2. 마스크 요소들이 잡음인 경우 추정 마스크는 다음과 같이 구한다.

먼저 마스크 요소들을 기준으로 한 국부 마스크는 식 (5)와 같이 정의한다.

$$\begin{aligned} R_1 &= \{I_1, I_2, I_3, I_6, I_7, I_8, I_{11}, I_{12}, I_{13}\} \\ R_2 &= \{I_2, I_3, I_4, I_7, I_8, I_9, I_{12}, I_{13}, I_{14}\} \\ R_3 &= \{I_3, I_4, I_5, I_8, I_9, I_{10}, I_{13}, I_{14}, I_{15}\} \\ R_4 &= \{I_6, I_7, I_8, I_{11}, I_{12}, I_{13}, I_{16}, I_{17}, I_{18}\} \\ R_5 &= \{I_7, I_8, I_9, I_{12}, I_{13}, I_{14}, I_{17}, I_{18}, I_{19}\} \\ R_6 &= \{I_8, I_9, I_{10}, I_{13}, I_{14}, I_{15}, I_{18}, I_{19}, I_{20}\} \\ R_7 &= \{I_{11}, I_{12}, I_{13}, I_{16}, I_{17}, I_{18}, I_{21}, I_{22}, I_{23}\} \\ R_8 &= \{I_{12}, I_{13}, I_{14}, I_{17}, I_{18}, I_{19}, I_{22}, I_{23}, I_{24}\} \\ R_9 &= \{I_{13}, I_{14}, I_{15}, I_{18}, I_{19}, I_{20}, I_{23}, I_{24}, I_{25}\} \end{aligned} \quad (5)$$

그리고 각 국부 마스크의 요소들에 대한 잡음 판단은 식 (6)과 같이 한다.

$$N_k(l) = \begin{cases} 0, & R_k(l) = 0 \text{ or } 255 \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad l = 1, 2, \dots, 9 \quad (6)$$

여기서 l 은 국부 마스크 요소들의 인덱스이다. 각 국부 마스크를 잡음 요소와 비잡음 요소로 나누며, 잡음 요소의 수를 I_k , 비잡음 요소의 수를 S_k 라 한다. 그리고 국부 마스크의 요소들이 잡음인 경우 RN_k , 비잡음인 경우 RS_k 에 순차적으로 저장하며, 잡음 요소와 비잡음 요소는 식 (7)과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} RN_k(m) &= R_k(l), & \text{if } noise \\ RS_k(n) &= R_k(l), & \text{otherwise} \end{aligned} \quad (7)$$

여기서 m 및 n 은 RN_k 및 RS_k 의 인덱스이며, 각각 $1, \dots, I_k, 1, \dots, S_k$ 의 값을 갖는다.

Step 3. 국부 마스크의 비잡음 요소와 잡음 요소에서 추정 마스크를 구하며, 요소들은 잡음인 경우 0으로 처리하고, 비잡음인 경우는 식 (8)과 같이 구한다.

$$E_k = \begin{cases} \text{median}(RS_k), & \text{odd} \\ \text{med}(RS_k), & \text{even} \end{cases} \quad (8)$$

여기서 $\text{med}(RS_k)$ 는 식 (9)와 같이 구한다.

$$E_v = \text{sort}(RS_k) \quad (9)$$

$$E_k = \frac{1}{2} \left\{ E_v \left(\frac{S_k}{2} \right) + E_v \left(\frac{S_k}{2} + 1 \right) \right\}$$

Step 4. 추정 마스크의 요소가 0인 경우는 식 (10)과 같이 보정하여 처리 한다.

$$E_k = \frac{1}{\eta} \sum_{k=1}^{\eta} E_k, \quad \text{if } E_k = 0 \quad (10)$$

여기서 η 는 추정 마스크 내의 비잡음 요소들의 수이다.

Step 5. 추정 마스크로부터 기울기를 구하기 위해 그림 2와 같이 마스크를 사상한다.

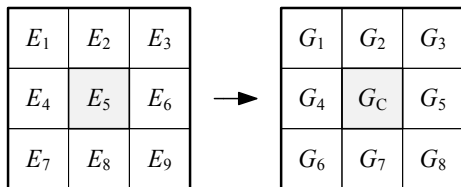


그림 2. 추정 마스크의 사상
Fig. 2 Morphism of estimated mask

그림 2에서 중심 화소 G_C 와 주변 화소 사이의 크기에 따라 식 (11), (12)와 같이 T_h 및 S_h 를 구한다.

$$T_h = \begin{cases} G_C, & \text{if } G_C \geq G_h \\ G_h, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

$$S_h = \begin{cases} G_h, & \text{if } G_C \geq G_h \\ G_C, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (12)$$

여기서 $h = 1, 2, \dots, 8$ 이다.
식 (11), (12)에 파라미터 α_1 및 α_2 를 적용하여 예지를 식 (13)과 같이 구한다.

$$P = \sum_{h=1}^8 \{ \alpha_2 T_h + (1 - \alpha_2) S_h \} \quad (13)$$

$$- \sum_{h=1}^8 \{ \alpha_1 T_h + (1 - \alpha_1) S_h \}$$

여기서 α_1 은 0에서 0.5, α_2 은 0.5에서 1 사이의 값을 갖는다.

그리고 최종 예지는 P 에 임계값 T 를 적용하여 식 (14)와 같이 구한다.

$$O(i, j) = \begin{cases} 255, & \text{if } P - T \geq 0 \\ 0, & \text{if } P - T < 0 \end{cases} \quad (14)$$

IV. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 임펄스 잡음 환경에서 효과적으로 예지를 검출하기 위한 알고리즘을 제안하였으며, 알고리즘의 성능을 확인하기 위하여, 시험 영상으로 그림 3과 같이 512×512 크기의 8비트 그레이레벨 Lena 영상에 잡음 밀도가 10%, 30%인 임펄스 잡음을 첨가하여 시뮬레이션하였다.



그림 3. 시험 영상 (a) Lena(p=10%) (b) Lena(p=30%)
Fig. 3 Test image (a) Lena(p=10%) (b) Lena(p=30%)

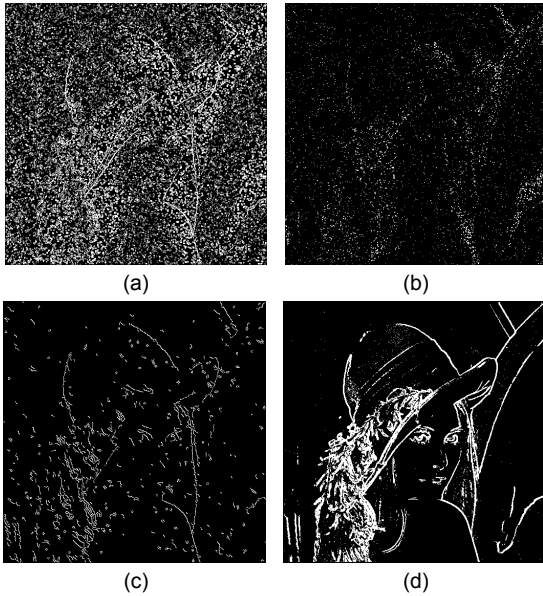


그림 4. Lena에 대한 시뮬레이션 결과(p=10%) (a) 소벨 (b) 로버츠 (c) 케니 (d) 제안한 알고리즘
 Fig. 4 Simulation result of Lena image(p=10%) (a) Sobel (b) Roberts (c) Canny (d) Proposed algorithm

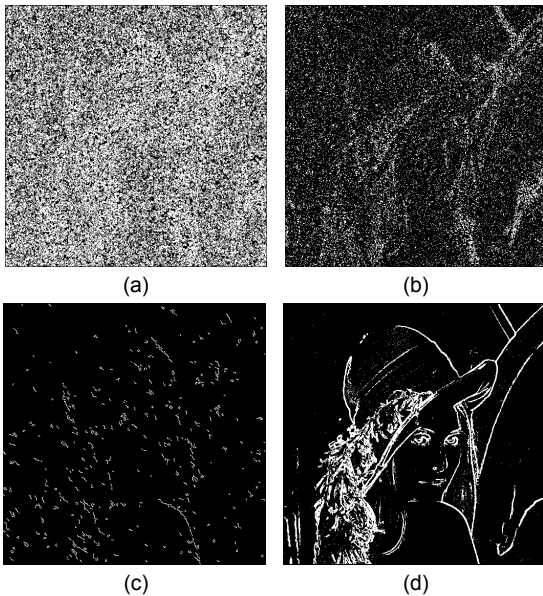


그림 5. Lena에 대한 시뮬레이션 결과(p=30%) (a) 소벨 (b) 로버츠 (c) 케니 (d) 제안한 알고리즘
 Fig. 5 Simulation result of Lena image(p=30%) (a) Sobel (b) Roberts (c) Canny (d) Proposed algorithm

그림 4, 5는 소벨($T=255$), 로버츠($T=210$), 케니($\sigma=1$, $T_L=1.4$, $T_H=3.5$) 그리고 제안한 알고리즘($\alpha_1=0.26$, $\alpha_2=0.74$, $T=50$)으로 시뮬레이션한 결과이다.

그림 4, 5는 각각 밀도 10% 및 30%의 임펄스 잡음에 훼손된 Lena 영상을 사용하여 시뮬레이션 한 경우이며, (a)는 소벨 에지 검출기, (b)는 로버츠 에지 검출기, (c)는 케니 에지 검출기, (d)는 제안한 에지 검출 알고리즘으로 처리한 결과이다.

그림 4에서 소벨 에지 검출기는 잡음 제거 특성이 미흡하였으며, 에지 검출 특성은 다소 우수하였다. 로버츠 에지 검출기는 잡음 제거 및 에지 검출 특성이 다소 미흡하였다. 케니 에지 검출기는 잡음 제거 특성이 소벨 및 로버츠 에지 검출기에 비해 우수하였으며, 기존의 방법 중에서 에지 검출 특성이 가장 우수하였다. 그리고 제안한 알고리즘은 에지 검출 및 잡음 제거 특성이 가장 우수한 결과를 나타내었다.

그림 5에서 소벨 에지 검출기는 영상의 대부분 영역에서 잡음 제거 특성이 미흡하였으며, 잡음이 에지로 검출되는 오류를 나타내어 에지 검출 특성이 미흡하였다. 로버츠 에지 검출기는 잡음 제거 특성이 소벨 에지에 비해 비교적 우수하고, 에지 검출 특성은 전반적으로 다소 미흡하였다. 케니 에지 검출기는 영상 전체에 걸쳐 잡음 제거 및 에지 검출 특성이 미흡한 결과를 나타내었다. 그리고 제안한 알고리즘은 에지 검출 및 잡음 제거 특성이 가장 우수한 결과를 나타내었다.

V. 결론

본 논문에서는 임펄스 잡음 환경에서 에지를 효과적으로 검출하기 위하여, 5×5 크기의 마스크를 적용하고, 그 중심 화소를 기준으로 하여 3×3 내의 각 요소들에 대해 잡음 여부에 따라 비잡음일 경우 그대로 처리하고, 잡음일 경우 새로운 추정 마스크를 구하며, 여기에 가중 파라미터를 적용하여 에지를 검출하는 알고리즘을 제안하였다.

시뮬레이션 결과, 기존의 방법들은 임펄스 잡음 환경에서 잡음 제거 및 에지 검출 특성이 다소 미흡하였으며, 본 논문에서 제안한 알고리즘은 우수한 잡음 제거 및 에지 검출 특성을 나타내었다. 따라서 제안한 알고리즘은 임펄스 잡음에 노출된 군, 의료, 산업 등의 여러

응용 분야에 적용될 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] C. Y. Lee, N. H. Kim, "A Study on Edge Detection for Images Corrupted by AWGN using Modified Weighted Vector", *JKIICE*, vol.16, no.7, pp.1518-1523, 2012.
- [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] Zhao Yu-qian, Gui Wei-hua, Chen Zhen-cheng, Tang Jing-tian, Li Ling-yun, "Medical Images Edge Detection Based on Mathematical Morphology", *International Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society*, pp.6492-6495, 2006.
- [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] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, *Digital Image Processing Third Edition*, Prentice- Hall, 2007.



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)

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