JKIICE Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering

한국정보통신학회논문지(J. Korea Inst. Inf. Commun. Eng.) Vol. 19, No. 12 : 2975~2980 Dec. 2015

# 그레이 레벨 변환 함수를 이용한 에지 검출에 관한 연구

이창영 · 김남호*

# A Study on Edge Detection using Gray-Level Transformation Function

**Chang-Young Lee · Nam-Ho Kim***

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

## 요 약

에지 검출은 대부분의 영상 처리에서 중요한 전처리 과정으로서, 물체의 크기, 위치, 방향 등을 포함한 여러 특징 정보를 검출하는 영상 처리 기법이다. 이러한 에지 검출은 국내외 여러 분야에서 발전되고 있다. 널리 알려진 기존의 에지 검출 방법에는 고정된 가중치 값으로 구성된 마스크를 이용한 Sobel, Prewitt, Roberts, LoG 등이 있다. 이러한 기존의 에지 검출 방법들은 가중치가 고정된 마스크를 영상에 적용하기 때문에 다소 에지 검출 특성이 미흡하게 나타난다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 보완하기 위해, 그레이 레벨 변환 함수를 적용한 후, 국부 마스크로부터 추정 마스크를 구하여 그 마스크의 최대값 및 최소값을 이용하여 에지를 구하는 알고리즘을 제안하였다. 그리고 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해, 기존의 Sobel, Roberts, Prewitt, LoG 에지 검출 방법들과 비교하였다.

## ABSTRACT

Edge detection is one of image processing techniques applied for a variety of purposes in a number of areas and it is used as a necessary pretreatment process in most applications. Detect this edge has been conducted in various fields at domestic and international. In the conventional edge detection methods, there are Sobel, Prewitt, Roberts and LoG, etc using a fixed weights mask. Since conventional edge detection methods apply the images to the fixed weights mask, the edge detection characteristics appear somewhat insufficient. Therefore in this study, to complement this, preprocessing using gray-level transformation function and algorithm finding final edge using maximum and minimum value of estimated mask by local mask are proposed. And in order to assess the performance of proposed algorithm, it was compared with a conventional Sobel, Roberts, Prewitt and LoG edge detection methods.

**키워드** : 에지 검출, 그레이 레벨, 국부 마스크, 변환 함수, 알고리즘

Key word : Edge Detection, Gray-Level, Local Mask, Transformation Function, Algorithm

**Received** 31 August 2015, **Revised** 01 October 2015, **Accepted** 15 October 2015

* **Corresponding Author** Nam-Ho Kim(E-mail: nhk@pknu.ac.kr, Tel:+82-51-629-6328)
Dept. of Control and Instrumentation Engineering, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Open Access http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.12.2975 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/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

디지털 영상 처리는 의료, 산업, 군 등의 여러 분야에서 다양하게 활용되고 있다. 이러한 영상 처리 기술은 크게 영상 분할, 영상 인식, 특징 추출 등으로 나누며, 이 중에서 영상 분할 기술에 속하는 에지 검출은 얼굴 인식, 차선 검출, 문자 인식 등을 위한 필수적인 전처리 기법이다. 이러한 에지 검출 기술들은 현대에서 전자기기, 스마트 TV 및 스마트폰, 차량 단말기, 군용 등 여러 응용에 널리 적용되고 있다[1-4].

영상에서 에지의 정의는 명암 차이가 큰 두 영역 사이의 경계이며, 대상 물체에 대한 크기, 방향, 질감 등의 다양한 특징 정보를 포함하고 있다. 에지를 검출하기 위해 국내외에서 다양한 연구가 진행되어 왔으며, 현재 활발히 이용되고 있는 에지 검출 방법에는 Sobel, Prewitt, Roberts, Laplcian, LoG 등이 있다[5-8]. 이러한 방법들은 마스크 기반의 에지 검출 알고리즘으로서 주로 $3\times3$ 또는 $5\times5$ 마스크를 이용한다. 특징으로는 고정된 가중치 값을 가지며, 수직, 수평, 대각선 등의 방향성을 갖는다. 이러한 기존의 에지 검출 방법들은 알고리즘이 간단하고 빠른 처리 시간을 장점으로 하는 반면, 단순한 알고리즘이기 때문에 에지 검출 특성 면에서 다소 미흡한 결과를 나타낸다.

따라서 본 연구에서는 우수한 에지 검출 특성을 얻기 위하여, 먼저 그레이 레벨 변환 함수를 적용한 후, 4개의 국부 마스크들로부터 추정마스크를 구하여 그 마스크의 최대값 및 최소값을 이용하여 에지를 구하는 알고리즘을 제안하였다.

그리고 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해,시험 영상을 사용하여 기존의 Sobel, Roberts, Prewitt, LoG(Laplacian of Gaussian) 에지 검출 방법들과 제안한 알고리즘을 시뮬레이션한 후 비교하였으며, 제안한 전처리 과정을 모든 알고리즘에 적용하여 비교하여 제안한 전처리 알고리즘의 우수성을 나타내었다.

## Ⅱ. 제안한 알고리즘

기존의 에지 검출 방법들은 가중치 값이 고정된 마스크를 이용하여 에지를 검출하므로 다소 미흡한 특성을 나타낸다. 본 논문에서는 이러한 기존의 방법들의 문제점을 보완하기 위해, 먼저 그레이 레벨 변환 함수를 적용한 후, 국부마스크로부터 추정 마스크를 구하여 그 마스크의 최대값 및 최소값을 이용하여 에지를 구하는 알고리즘을 제안하였다.

제안한 알고리즘의 세부 단계는 다음과 같다.

Step 1. 먼저 영상에 그레이 레벨 변환 함수를 적용한다.

그레이 레벨 변환 함수는 그림 1과 같이 화소의 그레이 레벨 중 특정 범위에 있는 화소를 $\alpha$ 만큼 가산 변환하여 처리하며, 식 (1)과 같다.

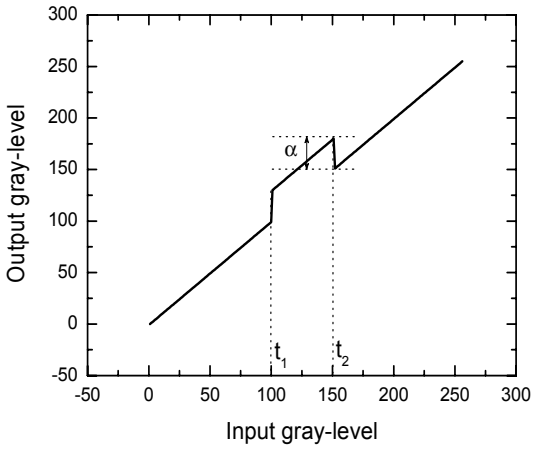


**Fig. 1** Gray-Level transformation function

$$H(i,j) = M(i,j) + \alpha \ \text{ if } t_1 \leq M(i,j) \text{ and } t_2 \geq M(i,j) \quad ,i = 1,2,\ldots,R,\ j = 1,2,\ldots,C \tag{1}$$

여기서 $M$은 변환 전의 그레이 레벨 값이며, $H$는 변환 후의 그레이 레벨 값이고, $t_1, t_2$는 각각 변환 구간의 시작점과 끝을 나타내며, $\alpha$는 변환 상수이다. 그리고 $R, C$는 입력 영상의 가로 및 세로이며, $i, j$는 화소 인덱스이다.

Step 2. 그레이 레벨 변환 함수를 적용한 결과 영상에서 추정 마스크를 구한다.

추정 마스크를 구하기 위하여 중심 화소를 기반으로 $3\times3$ 크기의 마스크를 설정하고, 설정된 마스크의 모서리 영역을 기준으로 하는 $2\times2$ 크기의 국부 마스크 4개를 설정하여 각각의 마스크들로부터 편차값이 가장 큰 값들로 구성된 추정 마스크를 구한다.

먼저 제안한 알고리즘을 실행하기 위하여 중심 화소를 기반으로 설정한 $3\times3$ 마스크를 식 (2)와 같이 구한다.

$$H_{i,j}=\begin{bmatrix} H_{i-1,i-1} & H_{i-1,j} & H_{i-1,j+1} \\ H_{i,j-1} & H_{i,j} & H_{i,j+1} \\ H_{i+1,j-1} & H_{i+1,j} & H_{i+1,j+1} \end{bmatrix} \tag{2}$$

식 (2)에서 마스크의 모서리 화소를 기준으로 하는 4개의 국부 마스크를 식 (3)과 같이 정의한다.

$$\begin{aligned} R_1 &= \{H_{i-2,i-2}, H_{i-2,i-1}, H_{i-1,i-2}, \boldsymbol{H_{i-1,i-1}}\} \\ R_2 &= \{H_{i-2,i+1}, H_{i-2,i+2}, \boldsymbol{H_{i-1,i+1}}, H_{i-1,i+2}\} \\ R_3 &= \{H_{i+1,i-2}, \boldsymbol{H_{i+1,i-1}}, H_{i+2,i-2}, H_{i+2,i-1}\} \\ R_4 &= \{\boldsymbol{H_{i+1,i+1}}, H_{i+1,i+2}, H_{i+2,i+1}, H_{i+2,i+2}\} \end{aligned} \tag{3}$$

여기서 $H_{i-2,j-2}$는 $H$의 $i-2, j-2$의 인덱스를 갖는 화소이다. 국부 마스크의 편차를 구하기 위해, 중심 화소를 기준으로 설정한 $3\times3$ 마스크의 평균을 식 (4)와 같이 구한다.

$$m_{i,j}=\frac{1}{9}\sum_{p=-1}^{1}\sum_{q=-1}^{1}H_{i+p,j+q} \tag{4}$$

각 국부 마스크의 화소에 대한 편차값을 식 (5)와 같이 구한다.

$$D_l(n)=|m-R_l(n)|, \quad l=1,2,...,4,\ n=1,2,...,4 \tag{5}$$

여기서 $l$은 국부 마스크의 번호 인덱스이며, $n$은 국부 마스크의 요소 인덱스이다.

추정 마스크를 구하기 위해서 편차가 가장 큰 요소의 위치를 구하며, 식 (6) 과 같다.

$$v_l=n, \quad \text{if } \max(D_l)=D_l(n) \tag{6}$$

만약 위 식을 두 개 이상 만족할 경우 가장 큰 값을 취한다. 추정 마스크는 처음 설정한 $3\times3$ 마스크의 요소를 그대로 가져오고, 모서리 화소에 대해서만 국부 마스크들로부터 구한 편차가 가장 큰 요소로 설정하며, 식 (7)과 같다.

$$P_{i,j}=\begin{bmatrix} R_1(v_1) & H_{i-1,j} & R_2(v_2) \\ H_{i,j-1} & H_{i,j} & H_{i,j+1} \\ R_3(v_3) & H_{i+1,j} & R_4(v_4) \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} P_1 & P_2 & P_3 \\ P_4 & P_5 & P_6 \\ P_7 & P_8 & P_9 \end{bmatrix} \tag{7}$$

Step 3. 추정 마스크로부터 최종 에지를 구한다.

추정 마스크로부터 에지를 구하기 위해서 최대값 및 최소값을 구하며, 먼저 최대값을 식 (8)과 같이 구한다.

$$A_1=\max(P) \tag{8}$$

여기서 $\max(\cdot)$는 최대값을 구하는 함수이다. 두 번째 최대값을 식 (9)와 같이 구한다.

$$\begin{aligned} X_1 &= \{P_l \mid P_l \neq A_1, P_l \in P\} \\ A_2 &= \max(X_1) \end{aligned} \tag{9}$$

여기서 $x_1$은 $P$에 속하는 모든 요소들 중 $A_1$과 같지 않은 값을 나타낸다. 만약 $P$의 모든 값이 $A_1$과 같을 경우, 유사한 방법으로 세 번 째 최대값을 식 (10)과 같이 구한다.

$$\begin{aligned} X_2 &= \{P_l \mid P_l \neq A_2, P_l \in X_1\} \\ A_3 &= \max(X_2) \end{aligned} \tag{10}$$

만약 $P$의 모든 값이 $A_1$과 같을 경우, $A_1=A_2=A_3$로 처리한다. 그리고 최소 값을 식 (11)과 같이 구한다.

$$B_1=\min(P) \tag{11}$$

여기서 $\min(\cdot)$은 최소값을 구하는 함수이다. 두 번째 최소값을 식 (12)와 같이 구한다.

$$\begin{aligned} Y_1 &= \{P_l \mid P_l \neq B_1, P_l \in P\} \\ B_2 &= \min(Y_1) \end{aligned} \tag{12}$$

유사한 방법으로 세 번째 최소값을 식 (13)과 같이 구한다.

$$Y_2 = \{P_l \mid P_l \neq B_2, P_l \in Y_2\}$$
$$B_3 = \min(Y_2) \tag{13}$$

만약 $P$의 모든 값이 $B_1$과 같을 경우, $B_1 = B_2 = B_3$로 처리한다. 앞에서 구한 최대값들과 최소값들로 최종 에지 화소값을 구하며, 식 (14)와 같다.

$$O_{i,j} = \frac{1}{3}\left(\sum_{k=1}^{3} A_k - \sum_{k=1}^{3} B_k\right) \tag{14}$$

## Ⅲ. 시뮬레이션 및 결과

본 논문은 기존의 에지 검출 방법들의 문제점을 보완하기 위해, 그레이 레벨 변환 함수를 적용한 후, 국부 마스크의 모서리 화소를 기준으로 4개의 국부 마스크를 설정하여 그 마스크들로부터 추정 마스크를 구한 후 이 마스크의 최대값 및 최소값들을 이용하여 에지를 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘의 에지 검출 성능을 확인하기 위하여, 기존의 Sobel, Roberts, Prewitt, Laplacian, LoG 에지 검출 방법들과 비교하였으며, 시험 영상은 그림 2와 같이 512×512 크기 8비트 그레이 레벨의 Lena 영상을 사용하였다.

그림 3은 그림 4는 제안한 알고리즘에 적용한 그레이 레벨 변환 함수의 성능을 확인하기 위해, 영상에 그레이 레벨 변환 함수를 적용한 후, 기존의 에지 검출 알고리즘으로 처리한 결과를 나타낸다. 그리고 제안한 에지 검출 알고리즘과 기존의 에지 검출 알고리즘을 비교한 결과를 나타낸다.

**Fig. 2** Test image

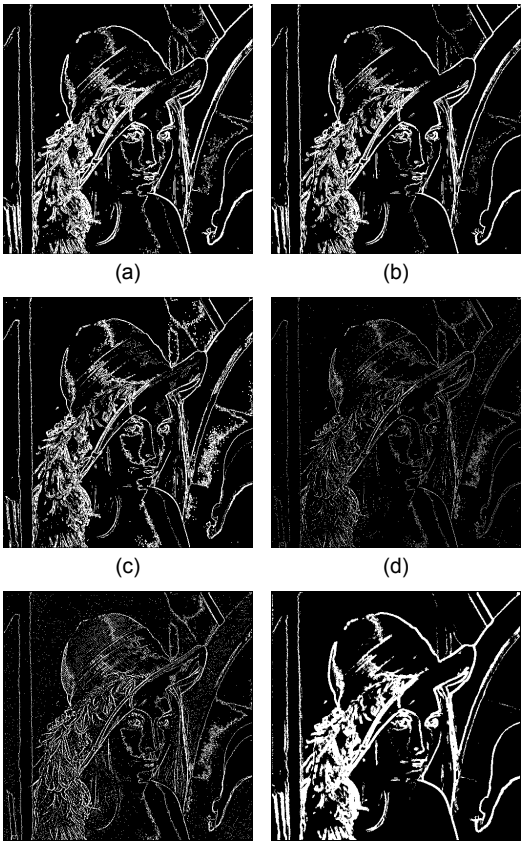


**Fig. 3** Simulation result (a) Sobel (b) Prewitt (c) Roberts (d) Laplacian (e) Log (f) Proposed algorithm

그림 3과 4에서 (a)는 Sobel, (b)는 Prewitt, (c)는 Roberts, (d)는 Laplacian, (e)는 LoG 에지 검출 방법으로 처리한 결과 영상이며, (f)는 제안한 에지 검출 알고리즘으로 처리한 결과 영상이다. 그 결과, 그림 3에서 그레이 레벨 변환 함수 적용 전의 경우 누락되었던 에지가 변환 함수를 적용한 후 누락되지 않고 검출 되었으며, 에지를 부각시켜 우수한 검출 결과를 나타내었다.

그림 4에서 Sobel 에지 검출 방법으로 처리한 결과 영상은 전반적으로 크기가 강한 성분의 에지를 검출하는 결과를 나타내었지만 불필요한 영역의 에지를 검출하여 결과에 오류를 다소 나타내었다. Prewitt 에지 검출 방법으로 처리한 결과 영상은 Sobel 방법의 에지 검출 결과에 비해 약하게 에지를 나타내어 검출 오류가 다소 완화된 결과를 나타내었다.

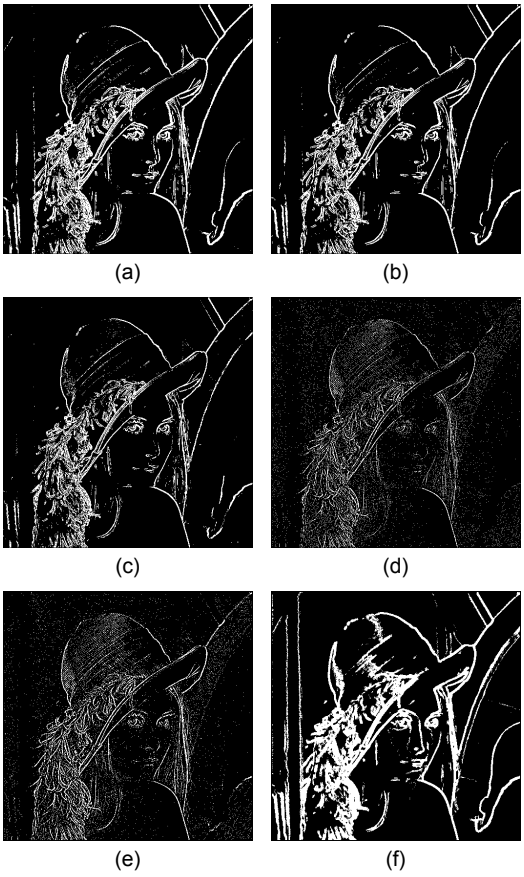


**Fig. 4** Simulation result (a) Sobel (b) Prewitt (c) Roberts (d) Laplacian (e) Log (f) Proposed algorithm

Roberts 에지 검출 방법으로 처리한 결과 영상은 마스크의 크기가 2×2이므로, 작은 변화에도 에지로 처리하여 많은 검출 오류를 나타내었다. Laplacian 에지 검출 방법으로 처리한 결과 영상은 기존의 방법들 중 가장 에지 크기 특성을 미흡하게 나타내었으며, 많은 에지를 누락하여 전반적으로 다소 미흡한 결과를 나타내었다. LoG 에지 검출 방법으로 처리한 결과 영상은 모든 에지를 한 픽셀 에지로 검출하여 우수한 특성을 나타내었으며, 불필요한 에지를 많이 검출하여 다소 오류를 나타내었다. 그리고 제안한 에지 검출 방법으로 처리한 결과 영상은 주요 에지를 모두 검출하고, 에지를 강하게 나타내어, 시각적으로 우수한 에지를 검출하였으며, 불필요한 에지의 검출을 감소시켜 우수한 에지 검출 특성을 나타내었다.

각 에지 검출 알고리즘의 유사성을 판별하기 위해, 각 처리 영상을 기준으로 MSE를 구하였으며, 그 결과를 표 1에 나타내었다.

**Table. 1** Comparison of algorithm with MSE

| | Sobel | Prewitt | Robets | Laplacian | LoG | PA |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Sobel | 0.000 | 0.027 | 0.100 | 0.144 | 0.158 | 0.078 |
| Prewitt | 0.027 | 0.000 | 0.096 | 0.128 | 0.147 | 0.075 |
| Roberts | 0.100 | 0.096 | 0.000 | 0.118 | 0.136 | 0.126 |
| Laplacian | 0.144 | 0.128 | 0.118 | 0.000 | 0.053 | 0.163 |
| LoG | 0.158 | 0.147 | 0.136 | 0.053 | 0.000 | 0.170 |
| PA | 0.078 | 0.075 | 0.126 | 0.163 | 0.170 | 0.000 |

표 1에서 제안한 알고리즘(PA:proposed algorithm)은 프리윗 에지 검출 방법과 가장 유사한 결과를 나타내었으며, LoG 에지 검출 방법과 가장 다른 특성을 나타내었다.

## Ⅳ. 결 론

본 논문은 우수한 에지 검출 특성을 얻기 위해, 그레이 레벨 변환 함수를 적용한 후, 4개의 국부 마스크들과 중심 화소를 기준으로 설정된 마스크로부터 추정 마스크를 구하여 그 마스크의 최대값 및 최소값으로 에지를 구하는 알고리즘을 제안하였다.

기본의 방법들에 그레이 변환 함수를 적용하여 처리한 결과, 에지를 부각시켜 우수한 검출 결과를 나타내었다. 그레이 변환 함수를 적용하지 않은 경우, 기존의 Sobel 및 Prewitt 에지 검출 방법은 우수한 크기 특성을 갖는 에지를 검출하였지만 하나의 에지를 이중으로 검출하는 오류를 나타내었고, Roberts 에지 검출 방법은 에지 검출 특성이 다소 미흡하였으며, LoG 에지 검출 방법은 비교적 우수한 에지 검출 결과를 나타내었지만, 불필요한 에지 영역의 에지를 검출하여 영상에 다소 잡음 성분을 나타내었다. 그리고 제안한 알고리즘은 처리 결과 영상에서 기존의 방법들에 비하여 우수한 에지 검출 특성을 나타내었다. 또한 MSE로 각 알고리즘을 비교한 결과, 제안한 알고리즘은 프리윗 에지 검출 방법과 처리 결과의 유사성을 나타내었다.

따라서, 제안한 알고리즘은 여러 에지 검출 응용 분

야인 물체 검출, 차선 인식, 문자 인식 등에서 유용하게 활용되리라 사료된다.


## ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Brain Busan 21 Project in 2015.


## REFERENCES


[1] Xiaojun Zhai, Bensaali F., Sotudeh R., "Real-time optical character recognition on field programmable gate array for automatic number plate recognition system", *Circuits, Devices & Systems, IET,* vol. 7, no. 6, pp. 337-344, Nov. 2013.

[2] 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.

[3] 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.

[4] Wang Can, Su Weimin, Gu Hong, Shao Hua, "Edge detection of SAR images using incorporate shift-invariant DWT and binarization method," International Conference on Signal Processing, vol.1, pp.745-748, 2012.

[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.

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)

제19권 제1호 참조
1992년 3월~현재 부경대학교 공과대학 제어계측공학과 교수
※관심분야 : 영상처리, 통신시스템, 적응필터와 웨이브렛을 이용한 잡음제거 및 신호복원