



工學碩士學位論文

AWGN 환경에서 비선형 에지 검출 알고리즘에 관한 연구



2013年 2月

釜慶大學校大學院

制御計測工學科

李昌泳

工學碩士學位論文

AWGN 환경에서 비선형 에지 검출

알고리즘에 관한 연구

指導教授 金南虎

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2013年 2月

H

O

釜慶大學校大學院

制御計測工學科

李昌泳

李昌泳의 工學碩士 學位論文을 認准함

2013年 2月 22日



- 主 審 工學博士 黃 龍 淵 (印)
- 委員工學博士 金萬高(印)
- 委員工學博士 金南虎(印)

목 차

Abstract

제1장 서 론1
제2장 기존 에지 검출 알고리즘
2.1 에지의 정의
2.2 1차 미분 연산자 ~~~~ 3
2.2.1 기울기 연산자
2.2.2 Roberts 연산자 ~~~~ 7
2.2.3 Prewitt 연산자9
2.2.4 Sobel 연산자10
2.2.5 Compass 연산자12
2.3 2차 미분 연산자
2.3.1 Laplacian 연산자16
2.3.2 LoG(Laplacian of a Gaussian) 연산자
제3장 제안된 알고리즘
제4장 시뮬레이션 및 결과
제5장 결 론
참 고 문 헌

A Study on the Nonlinear Edge Detection Algorithm in AWGN Environment

Chang-Young Lee

Department of Control and Instrumentation Engineering The Graduate School Pukyong National University

Abstract

UNIL

In modern society developed based on the digital communication devices, the uses of image devices such as digital TV, digital camera and smartphone is gradually increasing and the purpose of these image devices is to reproduce identical image with natural thorough display such as monitor and portable device. But, in the process such as transmission, acquisition and storage, the unintended noises generated by elemental cause of inner and outer system and inequable illumination are added in image and so that these images have different with natural image because image quality is deteriorated. Hereupon, interest of image noise reduction technology to enhance image quality, by removing noise which irregularly causes image degradedness is growing.

Depending on the cause of the noise, which is added to the image, there are many kinds such as Salt & Pepper, AWGN

(additive white Gaussian noise) and Speckle noise. And among these, noise which is commonly generated in natural phenomena is AWGN that noise distribution follows a Gaussian distribution. Consequently, the studies to remove AWGN compared to other noises is animately proceeding and various methods have been proposed.

The most basic way to remove noise is method of weighted mask using relationship of the central pixel and the adjacent pixel, after the mask is extracted from original image in spatial domain. It is simple to implement these methods because they have specific rules. But, when the image is processed by typical noise removing technique in spatial domain such as MF(mean filter) and GF(Gaussian filter), image appears disadvantages of blur phenomena and so on, especially, if the edge distortion of the image, the image of the representation is insufficient.

On the other hand, the edge of the image is one of the important elements consisting image in order to process image and is the rapidly changing part at the image because it has information such as location, magnitude and orientation. The various studies for detecting edge has even been going now. And the representative edge detection method is the method using masks in the spatial domain proposed by Sobel, Prewitt, Roberts and so on. Whereas the method using mask in the spatial domain is relatively simple and short to process image, implements same operation in all locations, because consists in the subtraction between central pixel and the adjacent pixels. So, when AWGN is added to image, edge detection properties is insufficient.

Therefore, in this paper, to effectively detect edges in AWGN environment, modified edge detection algorithm, using adaptive weighted value depending on spatial distance of central pixel and expanding area of mask in the spatial is proposed.



제1장서 론

디지털 통신 장치를 기반으로 발전한 현대 사회에서 디지털 TV, 디지 털 카메라 및 스마트폰 등과 같은 영상 장치들의 사용이 점진적으로 증가 하고 있으며, 이러한 영상 장치들이 갖는 궁극적인 목적은 디스플레이를 통해 원영상과 동일하게 재현하는 것이다. 그러나 영상 장치에서 획득, 전송, 저장 등의 과정 중 시스템 내·외부의 요소적인 원인 및 조명 등에 의해 발생된 의도되지 않은 잡음들이 영상에 첨가되어지며, 이러한 과정 에서 영상의 화질이 저하되어 원영상과 차이를 나타낸다. 이에 따라 영상 을 불규칙적으로 훼손시키는 잡음들을 제거하여 영상의 화질을 향상시키 는 잡음 제거 기술에 관한 관심도가 높아지고 있다.

영상에 첨가되는 잡음은 그 원인에 따라 Salt & Pepper, AWGN (additive white Gaussian noise), Speckle 등과 같이 여러 종류가 있다. 이 중에서 자연현상에서 흔히 발생하는 잡음은 가우시안 분포를 따르는 AWGN이며, 다른 잡음에 비해 AWGN을 제거하기 위한 연구들이 활발하 게 진행되고 있다. 기본적인 잡음 제거 방법은 공간 영역에서 영상으로부 터 추출한 마스크의 중앙 화소와 인접 화소에 대한 관계를 이용한 방법이 며, 마스크 컨벌루션 결과를 에지 검출에 적용하기 때문에 구현이 간단하 다. 그러나 공간 영역에서 MF(mean filter), GF(Gaussian filter) 등의 대 표적인 잡음 제거 기법을 이용하여 영상을 처리한 경우 몽롱화 현상 등의 단점이 나타나며, 영상의 에지를 왜곡하여 영상의 재현이 미흡하다.

한편, 영상의 에지는 화소값이 급격하게 변하는 부분으로서 위치, 크기, 방향 등의 정보를 포함하며, 영상 처리 기술의 전처리 과정에서 중요한 요소 중 하나이다. 이러한 에지를 검출하기 위한 다양한 연구들이 현재까 지도 진행되고 있으며, 대표적인 에지 검출 방법은 Sobel, Prewitt, Roberts 등이 공간 영역에서 마스크를 이용하여 제안한 방법들이다. 이 방법들은 구현이 비교적 간단하며 연산 소요시간이 짧은 반면, 중앙 화소 와 인접 화소 사이의 차 연산에 대한 결과를 적용하는 것은 영역의 변화 가 크게 반영되지 않기 때문에 영상에 AWGN이 첨가될 경우, 잡음 영역 에서의 에지 검출이 미흡하다.

따라서 본 논문에서는 AWGN 환경에서 효과적으로 에지를 검출하기 위하여, 공간 영역에서 5×5 마스크 중앙 화소와의 공간 거리에 따라 결 정된 적응 가중치로 기존의 에지 검출 방법을 변형시킨 에지 검출 알고리 즘을 제안하였다.

제안한 알고리즘은 두 개의 마스크를 이용하여 기울기 정보를 검출하 며, 각 마스크는 "<" 방향의 대각선을 기준으로 좌상단을 양의 가중치, 우하단을 음의 가중치로 적용한 마스크와 "\" 방향의 대각선을 기준으로 좌하단을 음의 가중치 우상단을 양의 가중치로 적용한 마스크로 구성된 다. 그리고 방향성을 고려하여 생성된 마스크의 점대칭 마스크를 추가로 생성한 후, 각 마스크에 대한 컨벌루션 연산 결과로 최종 에지 화소를 결 정함으로서 효과적인 AWGN 제거와 동시에 우수한 에지 검출 특성을 나 타내었다.

제2장 기존 에지 검출 알고리즘

2.1 에지의 정의

일반적으로 에지는 가장자리를 의미하지만, 영상에서의 에지는 영상에 서 객체와 객체 사이, 혹은 객체와 배경 사이에서 발생하는 밝기 변화의 급격한 부분으로 정의되며, 물체 표면의 반사율, 색상, 방향, 조명의 불균 형 등에 따라 발생한다. 이러한 에지는 영상 내의 물체에 존재하는 물리 적, 광학적, 기하학적 불연속에 대응되는 특성이므로 순간적인 신호나 영 상들의 특징을 분석하기 위한 중요한 특성 중 하나이다.

2.2 1차 미분 연산자

영상에서 에지를 검출하기 위해서, 기울기가 급격하게 변하는 부분을 미분 연산을 통해 검출한다. 그러나 미분은 연속적인 함수이기 때문에 영상이나 신호에 바로 적용하는 것이 어렵다. 따라서 유한 차분방정식으로 이를 대치 하며, 유한 차분방정식으로 미분을 식 (2.1)과 같이 정의한다.

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

$$\approx f(x+1) - f(x), \quad (\Delta x = 1)$$
(2.1)

식 (2.1)에서 f(x)는 1차원 원신호이며, 마스크 표현은 [-1 1] 이다. 일반적인 마스크는 [-1 0 1] 과 같이 중심에 대칭적으로 구성하며, 이 마스크를 여러 형태의 에지를 갖는 신호에 적용한 결과는 그림 2.1과 같 다.



Fig. 2.1. Various results of first derivative.

그림 2.1 (a)의 step edge 경우, 50에서 200으로 바뀌는 부분이 에지 로 검출되며, 그림 2.1 (b)의 line edge의 경우, 라인 양쪽 부분이 에지로 검출되고, 그림 2.1 (c)의 ramp edge 경우, 에지 검출 결과가 roof edge 영상으로 나타나며, 그림 2.1 (d)의 roof edge의 경우, 피크점을 기준으 로 양쪽에서 ramp edge를 생성한다.

그림 2.1에서 좌우 끝 부분의 결과는 마스크의 크기가 3이기 때문에, 정상적으로 구할 수가 없으며, 일반적으로 대칭적인 신호를 가상으로 추 가하여 계산하거나, 0의 신호를 가상으로 추가하여 계산하게 된다. 그림 2.1에서는 대칭적인 신호를 가상으로 추가하여 좌우 끝 부분의 결과가 0 의 값을 갖도록 만든 영상이다. 그림 2.1의 결과 영상에서 0은 기울기가 변화하지 않음을 나타내며, 수치는 기울기 값을 의미한다. 그리고 음의 값은 절대값을 취하여 최종적으로 적용하게 된다.

NI

2.2.1 기울기 연산자

에지는 영상의 화소가 급격히 변화하는 지점에서 나타난다. 에지가 발 생하는 부분에서 밝기의 변화 정도가 클수록 기울기 값이 커지고, 서서히 변할수록 기울기 값이 작아진다. 이러한 기울기를 검출하기 위한 방법은 수학적으로 순간적인 변화를 구하는 미분이다. 영상에서의 기울기는 그라 디언트라고 하며, 그라디언트의 크기를 구하면 에지를 얻을 수 있다. 영상에 이용되는 마스크는 일반적으로 그림 2.2와 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)

Fig. 2.2. Mask.

기울기 연산자를 영상에 적용시키기 위하여, 식 (2.2)의 차분방정식으로 각 방향의 기울기 값을 구한다.

$$\begin{aligned} G_x &= \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} \approx f(x,y+1) - f(x,y) \\ G_y &= \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} \approx f(x+1,y) - f(x,y) \end{aligned} \tag{2.2}$$

식 (2.2)에서 G_x 는 수평 방향의 기울기, G_y 는 수직 방향의 기울기이다. 그리고 식 (2.2)의 마스크 표현은 그림 2.3과 같다.



기울기 연산자의 최종 에지 화소는 식 (2.3)과 같다.

$$E_g(x,y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

$$\approx |G_x| + |G_y|$$
(2.3)

그리고 각 기울기 값에 의한 에지 방향각은 식 (2.4)와 같이 구한다.

$$\theta(x,y) = \tan^{-1} \left(\frac{G_y}{G_x} \right) \tag{2.4}$$

기울기 연산자에 의한 방법은 마스크가 작기 때문에 영상 처리에 필요 한 연산량이 적으며, 수행 속도가 빠르고, 수직 및 수평 방향 기울기에 대한 에지 검출 특성이 우수하다. 그러나 작은 마스크의 크기로 인해 낮 은 밀도의 잡음에도 쉽게 검출 영상이 왜곡되며, 수직 및 수평 이외의 방 향에 대한 에지 검출 특성이 미흡함을 나타낸다.

2.2.2 Roberts 연산자

Roberts 연산자를 이용한 방법은 기울기 연산자에 대한 에지 검출 방 향을 대각선으로 수정한 방법으로서 수직 및 수평 방향보다 대각선 방향 에 비중을 두어 에지를 검출하는 방법이다. 이 방법은 Sobel 연산자 및 Prewitt 연산자를 이용한 방법에 비해 연산 속도가 빠르며, 경계가 확실 한 에지를 추출한다. 하지만, 마스크의 크기가 작기 때문에 impulse value와 같은 돌출한 화소를 평균화하지 못한다.

Roberts 연산자를 영상에 적용하기 위한 차분방정식은 식 (2.5)와 같 다.

$$G_{d1} = f(x+1,y+1) - f(x,y)$$

$$G_{d2} = f(x+1,y) - f(x,y+1)$$
(2.5)

식 (2.5)에서는 *G*_{d1}, *G*_{d2}는 각각 "↘" 방향과 "∠" 방향에 대한 기울기 를 나타내며, 두 벡터의 합으로 에지 화소의 크기는 식 (2.6)과 같이 결정 된다.

$$E_{r}(x,y) = \sqrt{G_{d1}^{2} + G_{d2}^{2}}$$

$$\approx |G_{d1}| + |G_{d2}|$$
(2.6)



Roberts 연산자를 이용한 방법은 마스크의 크기가 작고 기울기 연산자 방법과 같이 연산량이 적기 때문에 에지 검출 속도가 상대적으로 빠르고 대각선 방향의 가중치를 기반으로 한 마스크를 적용하기 때문에, 대각선 방향에 대한 에지의 검출이 용이하다. 그러나 작은 마스크의 크기로 인 해, 기울기 연산자와 같이 낮은 밀도의 잡음에도 영향을 많이 받으며, 비 대칭적인 마스크를 적용하므로 에지의 방향 계산에 다소 미흡하다. 그리 고 주변의 화소 정보를 비교적 적게 반영하므로 에지 검출 특성이 낮은 진폭을 가진다.

- 8 -

2.2.3 Prewitt 연산자

Prewitt 연산자를 이용한 방법은 마스크의 수직 및 수평 방향의 라인에 대한 차분으로 마스크를 구성한 방법이다. Sobel 연산자를 이용한 방법과 가중치를 다르게 적용하며, 에지 검출 시에 에지가 덜 부각되어 나타나는 특징이 있다. Sobel 연산자와 비교하였을 때, 응답시간이 다소 빠르며, 거 의 같은 결과를 나타낸다. 그림 2.5는 Prewitt 연산자의 마스크 표현이 며, 식 (2.7)은 Prewitt 연산자를 차분방정식으로 나타낸 것이다.



여기서 G_x 는 Prewitt 연산자의 수평 기울기, G_y 는 수직 기울기이다. Prewitt 연산자를 이용한 방법에서 결정되는 에지 화소는 식 (2.8)과 같다.

$$E_p(x,y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

$$\approx |G_x| + |G_y|$$
(2.8)

Prewitt 연산자는 기울기 연산자의 단점을 보완하기 위해 고안된 방법 이다. 기울기 연산자는 비대칭 마스크를 이용하기 때문에 에지 방향 검출 특성이 다소 미흡하다. 따라서 Prewitt은 마스크 중심 화소에 대해 대칭 성을 갖는 3×3 크기의 마스크를 에지 검출을 시도하였다.

Prewitt 연산자는 중심 화소를 기준으로 행과 행의 차분과 열과 열의 차분으로 x 방향 및 y 방향의 미분을 근사화한다. 따라서 Prewitt 연산자 를 이용한 방법은 구현이 단순하며, 연산 속도가 빠른 특징을 가진다.

2.2.4 Sobel 연산자

Sobel 연산자는 대표적인 1차 미분 연산자 중에서 하나이며, 여러 분야 에 이용된다. Sobel 연산자를 이용한 방법은 모든 방향의 에지를 추출하 며, 화소값을 비교적 평균화하므로 대체적으로 잡음에 강한 알고리즘으로 알려져 있다. 그리고 Sobel 연산자는 마스크의 중앙 화소와의 에지 각도 가 수평 및 수직에 해당하는 에지보다 대각선 방향의 에지에 우수한 반응 을 나타낸다. Sobel 연산자를 영상에 적용하기 위해 사용되는 Sobel 마 스크의 크기는 일반적으로 3×3 마스크를 많이 사용하지만, 필요에 따라 5×5의 마스크의 사용이 가능하다. 하지만, 기본적으로 Sobel 연산자는 3×3의 마스크를 적용할 경우에도 다른 에지 검출 방법들보다 에지를 두 껍게 검출하기 때문에 마스크의 크기를 증가시킬 경우에는 그 특성이 미 흡해진다.

Sobel 연산자의 각 기울기에 대한 차분방정식 표현은 식 (2.9)와 같다.

$$\begin{split} G_x &= f(x+1,y-1) + 2f(x+1,y) + f(x+1,y+1) \\ &\quad - \left(f(x-1,y-1) + 2f(x-1,y) + f(x-1,y+1)\right) \\ G_y &= f(x-1,y+1) + 2f(x,y+1) + f(x+1,y+1) \end{split} \tag{2.9}$$

$$-\left(\,f(x\!-\!1,\!y\!-\!1)\!+\!2f(x,\!y\!-\!1)\!+\!f(x\!+\!1,\!y\!-\!1)\,\,\right)$$



Fig. 2.6. Sobel mask.

Sobel 연산자에 의해 검출된 에지 화소는 수직, 수평 기울기의 기하평 균으로 식 (2.10)과 같이 정의된다.

$$E_s(x,y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \approx |G_x| + |G_y|$$
(2.10)

Sobel 연산자를 이용한 방법은 마스크의 중심 화소에 대하여 수직 및 수평 방향의 가중치를 2로 적용하여 사용한다. 따라서 중앙에 추가한 가 중치로 인해 컨벌루션 결과에서 최종 에지 화소의 크기가 크게 나타난다. 따라서 Prewitt 연산자를 이용한 방법에 비해 에지 검출 결과가 우수한 특성을 나타낸다. 반면, 다소 높은 가중치로 인해 잡음이 첨가된 영상에 대한 에지 검출 결과는 impulse 잡음에 의해 훼손된 영상의 경우, 잡음을 강조하여 훼손률을 높이고, AWGN에 의해 훼손된 영상의 경우, 에지가 아닌 영역을 에지로 검출하는 오류를 발생시킨다.

2.2.5 Compass 연산자

나침반의 방위를 적용한 Compass 연산자는 중심 화소에 대해 각각 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315° 방향에 대한 차분을 이용하여 기울기를 계산하고, 계산된 기울기 크기 값 중에서 최대 기울기 크기를 갖는 값을 이용해 에지를 추출한다.

Compass 연산자를 이용한 방법에 사용되는 마스크는 Prewitt, Kirsch, Robinson 3 level, Robinson 5 level 등이 있으며 각 방위는 기호화하여 그림 2.7과 같이 표현된다.



Fig. 2.7. Compass symbol.

-12 -

-1	-1	1
-1	-2	I
1	1	1

-1	-1	-1	
1	-2	1	
1	1	1	

I	-1	-1
1	-2	-1
I	1	I

-1	1	1
-1	-2	1
-1	I	1

1	1	-1
1	-2	-1
1	1	-1



-3	-3	-3	
5	0	-3	
5	5	-3	

-3	-3	-3
-3	0	-3
5	5	5

-3	-3	-3
-3	0	5
-3	5	5

(b) Kirsch mask

I	I	0	1
I	0	-1	0
0	-1	-1	-1

1	I	1
0	0	0
-1	-1	-1

0	1	1
-1	0	1
-1	-1	0

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1



-1

-2	-1	0
-1	0	1
0	1	2

(d) Robinson 5 level mask

Fig. 2.8. Masks of compass operator.

그림 2.7에서 Compass 연산자는 N, NE, E, SE, S, SW, W, NW의 8 방위에 대한 8개의 마스크가 필요하며, Compass 연산자에 이용되는 마 스크는 그림 2.8과 같이 표현된다.

그림 2.8에서 Compass 연산자는 Prewitt, Kirsch, Robinson 3 level, Robinson 5 level mask 등으로 구성되며, 여기서 Prewitt 마스크는 중심 화소의 가중치 -2, 각 방위에서 바깥 방향의 가중치 -1 그리고 안쪽 방 향의 가중치 1을 적용한다.

Compass 연산자를 이용한 방법으로 좋은 결과를 얻기 위해서 Prewitt, Kirsch 등과 같이 마스크 내의 가중치를 직접 결정하거나 마스크를 확대 하여 적용할 수 있으며 이 경우, 가중치의 합은 반드시 0이 되어야 하며, 중심 화소와 대칭성을 가져야 비교적 잡음에 대한 왜곡이 적어진다. 마스 크의 크기가 커질 경우, 몽롱화 현상이 증가하므로 마스크의 크기를 선택 할 경우에도 주의가 필요하다.

그러나 그림 2.8에서 나타낸 Compass 연산자에 이용되는 마스크는 Roberts, Prewitt, Sobel 연산자 등과 달리 8개의 마스크에 해당하는 컨 벌루션 계산이 필요하므로 이론적으로 4배 이상의 시간이 요구된다.

따라서 Compass 연산자를 이용한 방법은 다른 1차 미분 연산자를 이 용한 방법들보다 연산량이 많으므로 빠른 수행 속도가 필요한 응용에 부 적합하며, 소요시간의 증가에도 불구하고 다른 방법과 비슷한 에지 검출 결과를 나타내므로, 현재는 많이 사용되지 않는다.

2.3 2차 미분 연산자

2.3.1 Laplacian 연산자

2차 미분 연산자를 이용한 알고리즘은 Laplacian 연산자, LoG 연산자, DoG 연산자 등이 있으며, Laplacian 연산자는 식 (2.11)과 같다.

식 (2.12)에서 ▽²는 Laplacian 연산자이며, 영상에 적용하기 위한 마 스크는 그림 2.9와 같다.

0	-1	0	0	1	
-1	4	-1	1	-4	
0	-1	0	0	1	
(a)	anlacia	an 1	(b) 1	anlaci	

Fig. 2.9. Laplacian mask.

그림 2.9에서 (a)는 식 (2.12)의 마스크 표현이며, (b)는 식 (2.12)의 부 호를 반대로 하여 적용한 마스크 표현이다. 그리고 각 마스크는 중심 화 소에 대한 수직 및 수평 방향의 가중치를 가진다.

식 (2.12)의 Laplacian 연산자의 결과를 확장하여 중심 화소에 대한 수 직, 수평 및 대각선 방향의 가중치를 갖는 8 방향 Laplacian 마스크는 그 림 2.10과 같이 표현된다.

-1	1		A ru ot	1	-2	1
-1	8	-1	aus	-2	4	-2
-1	-1	-1		1	-2	1



Fig. 2.10. Laplacian mask 2.

그림 2.10 (b)는 bi-Laplacian 마스크라 하며, 이 마스크는 식 (2.13)과 같이 표현된다.

$$\nabla^4 = \frac{\partial^4 f}{\partial x^2 \partial y^2} \tag{2.13}$$

여기서 f는 원 영상을 의미한다.

Laplacian 연산자를 이용한 방법에 의해 검출된 에지는 폐곡선의 형태 로 검출되며, Laplacian 연산자는 연산 결과에서 부호 변화점이 발생하는 영교차 점을 만든다.

2.3.2 LoG(Laplacian of a Gaussian) 연산자

LoG(Laplacian of a Gaussian) 연산자를 이용한 방법은 Marr와 Hildreth가 제안한 방법으로서, Laplacian 연산자와 Gaussian 필터를 조 합한 방법이며, LoG 연산자는 $\nabla^2 G$ 로 구성된다. 여기서 ∇^2 는 Laplacian 연산자, G는 Gaussian 필터이며 식 (2.14)와 같이 표현된다.

$$G(x,y) = e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}}$$
(2.14)

여기서 σ는 표준편차 및 공간 상수를 나타낸다. 그리고 ▽²G는 식 (2.15)와 같다.

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

$$= \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{-x}{\sigma^{2}} e^{-\frac{x^{2} + y^{2}}{2\sigma^{2}}} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{-y}{\sigma^{2}} e^{-\frac{x^{2} + y^{2}}{2\sigma^{2}}} \right]$$
(2.15)

$$= \left[\frac{x^2}{\sigma^4} - \frac{1}{\sigma^2}\right] e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} + \left[\frac{y^2}{\sigma^4} - \frac{1}{\sigma^2}\right] e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}}$$

그리고 식 (2.15)를 정리하여 나타낸 것은 식 (2.16)과 같다.

$$\nabla^2 G(x,y) = \left[\frac{x^2 + y^2 - 2\sigma^2}{\sigma^4}\right] e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}}$$
(2.16)

식 (2.16)은 LoG 연산자이며 이를 근사화하여 5×5 마스크로 표현한 것은 그림 2.11과 같다.



Fig. 2.11. LoG mask.

LoG 연산자는 잡음에 약한 Laplacian 연산자의 단점을 Gaussian 함수 를 이용하여 보완한 방법이며, LoG 연산자를 이용한 방법은 영상에 Gaussian 함수를 먼저 적용시켜 잡음을 제거하는 단계와 Laplacian 연산 자를 적용시키는 단계로 구성된다. 영상에 LoG 연산자를 적용시킬 경우, Gaussian 함수의 영향으로 영상 이 몽롱화되고 이 영상에 Laplacian 연산자를 적용함으로서 에지 화소가 검출된다. 그러나 에지 검출 마스크의 크기에 따라 결과가 상이하며, 이 러한 마스크의 크기는 공간상수 σ에 의해 결정된다. 공간상수 σ를 크게 할 경우, 잡음 제거에는 효과적이나, 에지 검출 특성은 미흡해지고 반대 로 공간상수 σ를 작게 선택할 경우 잡음의 영향을 많이 받아 영상에 왜 곡을 나타낸다.



제3장 제안된 알고리즘

에지는 영상에서 화소와 인접 화소의 기울기 정보를 이용하여 검출이 가능하며, 공간 영역에서 여러 에지 검출 알고리즘이 제안되었다.

기존의 에지 검출 방법에서 기울기 연산자와 Roberts 연산자를 이용한 방법은 에지 검출 속도 면에서 우수하지만, 낮은 밀도의 잡음에도 영향을 많이 받는다. 그리고 1차 미분 근사를 이용한 Prewitt 연산자를 이용한 방법은 대각선 방향의 에지에 대한 검출 성능이 미흡하다. Sobel 연산자 를 이용한 방법은 다소 높은 가중치로 인해 에지 검출 결과가 우수한 특 성을 갖지만, AWGN에 훼손된 영상의 경우, 결과가 다소 왜곡되어 나타 난다. 그리고 Compass 연산자를 이용한 방법은 앞의 알고리즘에 비해 많은 연산이 필요하고, 수행 속도에 비해 결과도 미흡하다.

따라서 본 논문에서는 AWGN에 훼손된 영상에서 에지 영상을 얻기 위 하여, 공간 영역에서 가중치 마스크를 마스크 중앙 화소와의 거리에 따라 가중치를 결정하여 만들고, 마스크 중앙 화소와의 거리 1 이내의 가중치 는 잡음 제거를 위해 삭제하여, AWGN의 영향을 효과적으로 제거함과 동 시에 우수한 에지 검출 특성을 갖는 알고리즘을 제안하였다.

제안된 알고리즘은 입력 영상으로부터 얻은 마스크의 중앙 화소와 주변 화소들의 공간 거리 정보를 이용한 공간 거리 가중치와 에지 검출을 위한 제안된 커널 1 및 제안된 커널 2의 곱으로 구성된 필터를 생성한다. 그리 고 생성된 필터와 입력 영상을 관계식에 의해 구해진 값을 합하여, 최종 출력 값을 얻는다.

공간영역에서 에지 검출을 위한 (2N+1)×(2N+1) 마스크는 그림 3.1과 같다.



$$d(x,y) = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\theta(x,y) = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$$
(3.1)

식 (3.1)에서 *d*(*x*,*y*)는 중앙 화소와의 거리, *θ*(*x*,*y*)는 경사각이다. 그리고 제안된 커널 1, 커널 2를 식 (3.2), 식 (3.3)과 같이 구한다.

$$C_{1}(x,y) = \begin{cases} 1, & -\frac{3\pi}{4} < \theta(x,y) < \frac{\pi}{4} \\ 0, & d(x,y) \le 1, \theta(x,y) = -\frac{3\pi}{4} \text{ and } \theta(x,y) = \frac{\pi}{4} \\ -1, & \frac{\pi}{4} < \theta(x,y) < \frac{5\pi}{4} \end{cases}$$
(3.2)

$$C_{2}(x,y) = \begin{cases} 1, -\frac{\pi}{4} < \theta(x,y) < \frac{3\pi}{4} \\ 0, \ d(x,y) \le 1, \theta(x,y) = -\frac{\pi}{4} \text{ and } \theta(x,y) = \frac{3\pi}{4} \\ -1, -\frac{5\pi}{4} < \theta(x,y) < -\frac{\pi}{4} \end{cases}$$
(3.3)

식 (3.2), (3.3)에서 θ(x,y)=0의 경우는 그림 3.1의 마스크에서 (x,0)의 경우이며, 제안된 커널 1, 2는 그림 3.1의 마스크에서 N=2인 경우, 그 림 3.2, 그림 3.3으로 표현된다.

1	đ	CH	Q	1
1	1	1	1	0
1	1	0	0	-1
1	0	0	0	-1
1	0	0	-1	-1
0	-1	-1	-1	-1

Fig. 3.2. Proposed kernel 1.

0	1	1	1	1
-1	0	0	1	1
-1	0	0	0	1
-1	-1	0	0	1
-1	-1	-1	-1	0



그림 3.2에서 제안된 커널 1은 $\theta(x,y) = \frac{\pi}{4}$ 방향의 에지를 고려하였으 며, 식 (3.2)의 $C_1(x,y)$ 에 따라 $\theta(x,y) = \frac{\pi}{4}$ 에 놓인 가중치를 0으로 정하 고, 중앙 화소와의 거리가 1 이내의 화소에 대한 가중치를 0으로 정하였 다. 그리고 에지를 검출하기 위하여 마스크 내의 총합을 0으로 하기 위하 여 부호를 설정하였다.

그림 3.3에서 제안된 커널 2는 $\theta(x,y) = -\frac{\pi}{4}$ 방향의 에지를 고려하였으 며, 식 (3.3)의 $C_2(x,y)$ 에 따라 $\theta(x,y) = -\frac{\pi}{4}$ 에 놓인 가중치를 0으로 정하 고, 중앙 화소와의 거리가 1 이내의 화소에 대한 가중치를 0으로 정하였 다.

다음 중앙 화소에 대한 거리 가중치로 구성된 공간 거리 가중치 마스크 를 그림 3.4와 같다.

d_1	d_2	d3	d_4	ds
d6	d_7	d_8	d۶	d_{10}
d_{11}	d_{12}	d_{13}	d_{14}	<i>d</i> 15
<i>d</i> 16	<i>d</i> 17	<i>d</i> ₁₈	<i>d</i> 19	<i>d</i> 20
<i>d</i> ₂₁	<i>d</i> 22	<i>d</i> 23	<i>d</i> ₂₄	<i>d</i> 25

Fig. 3.4. Weighted value mask on spatial distance.

그림 3.4에서 공간 거리 가중치 마스크의 각각의 요소는 식 (3.4)로 나
타낸다.
$$d_1 = d_5 = d_{21} = d_{25} = \sqrt{(2)^2 + (2)^2} = 2\sqrt{2}$$
$$d_2 = d_4 = d_{22} = d_{24} = \sqrt{(2)^2 + (1)^2} = \sqrt{5}$$
$$d_3 = d_{23} = \sqrt{(2)^2 + (0)^2} = 2$$
$$d_6 = d_{10} = d_{16} = d_{20} = \sqrt{(1)^2 + (2)^2} = \sqrt{5}$$
$$d_7 = d_9 = d_{17} = d_{19} = \sqrt{(1)^2 + (1)^2} = \sqrt{2} \qquad (3.4)$$
$$d_8 = d_{18} = \sqrt{(1)^2 + (0)^2} = 1$$
$$d_{11} = d_{15} = \sqrt{(0)^2 + (2)^2} = 2$$
$$d_{12} = d_{14} = \sqrt{(0)^2 + (1)^2} = 1$$
$$d_{13} = \sqrt{(0)^2 + (0)^2} = 0$$

제안된 커널 1 및 제안된 커널 2와 공간 거리 가중치 마스크를 곱하여 새로운 가중치 함수를 구하며, 각각 그림 3.5와 그림 3.6과 같다.



Fig. 3.6. Weighted function 2.

그림 3.5와 그림 3.6에서 각 가중치 마스크의 함수는 식 (3.5)와 같이 표현된다.

$$W_{1}(x,y) = C_{1}(x,y) d(x,y)$$

$$W_{2}(x,y) = C_{2}(x,y) d(x,y)$$
(3.5)

식 (3.5)에서 최종 가중치를 구하며, 제안된 가중치 1과 공간 거리 가중 치 마스크를 곱하여 W_1 , 제안된 가중치 2와 공간 거리 가중치 마스크를 곱하여 W_2 를 구한다.

식 (3.5)에서 구한 최종 가중치 마스크를 이용하여 식 (3.6)과 같이 원 영상과 컨벌루션 함으로서 최종 결과 값을 구한다.

$$E_{m1} = \sum_{x=-N}^{N} \sum_{y=-N}^{N} W_1(x,y) f(x,y)$$
$$E_{m2} = \sum_{x=-N}^{N} \sum_{y=-N}^{N} W_2(x,y) f(x,y)$$
(3.6)

 $E(x,y) = \sqrt{E_{m1}^2 + E_{m2}^2}$

제4장 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 AWGN의 환경에서 훼손된 영상의 에지를 검출하기 위 해, 입력 영상에서 마스크를 추출하고, 이 마스크의 중앙 화소와의 거리 에 따른 가중치를 계산한 후, 에지를 검출하기 위하여 마스크 중앙 화소 와의 거리가 1 이내의 영역에 대한 가중치를 0으로 적용한 후, "✓" 방향 과 "↘" 방향에 따라 부호를 결정한다. 그리고 AWGN을 효과적으로 제거 함과 동시에 에지를 검출하고 알고리즘의 처리 속도를 향상시키기 위해 공간 거리 가중치 마스크와 제안한 커널 1, 2로 5×5 크기의 가중치 마스 크를 생성하고, 각 방향에 대한 가중치 마스크를 컨벌루션 계산함으로서 AWGN의 효과적인 제거 및 에지 검출 특성을 향상시킨 알고리즘을 제안 하였다.

제안한 알고리즘의 특성을 확인하기 위해, 테스트 영상으로 크기가 512×512인 8 비트 그레이 스케일 영상 boats, peppers, Lena, diamond, circle 등을 사용하였으며, 각 영상에 표준편차 σ = 30의 AWGN을 첨가하여 시뮬레이션 하였다.

그리고 제안한 알고리즘의 타당성을 입증하기 위해, 기존의 공간 영역 에서 마스크를 기반으로 한 기울기 연산자, Roberts 연산자, Prewitt 연 산자, Sobel 연산자, Compass 연산자, Laplacian 연산자, LoG 연산자 등의 에지 검출 방법들과 비교하였다.

그림 4.1, 4.10, 4.19, 4.28, 4.37은 각각 boats, peppers, Lena, diamond, circle의 영상에 대해 (a)는 원영상이고 (b)는 표준편차 σ = 30 의 AWGN을 첨가하여 훼손된 영상이다.

Boats 영상에 대하여 그림 4.2는 기울기 연산자, 그림 4.3은 Roberts

연산자, 그림 4.4는 Prewitt 연산자, 그림 4.5는 Sobel 연산자, 그림 4.6 은 Compass 연산자, 그림 4.7은 Laplacian 연산자, 그림 4.8은 LoG 연 산자, 그림 4.9는 제안한 알고리즘에 의해 처리된 결과이다.

Peppers 영상에 대하여 그림 4.11은 기울기 연산자, 그림 4.12는 Roberts 연산자, 그림 4.13은 Prewitt 연산자, 그림 4.14는 Sobel 연산 자, 그림 4.15는 Compass 연산자, 그림 4.16은 Laplacian 연산자, 그림 4.17은 LoG 연산자, 그림 4.18는 제안한 알고리즘에 의해 처리된 결과이 다.

Lena 영상에 대하여 그림 4.20은 기울기 연산자, 그림 4.21은 Roberts 연산자, 그림 4.22는 Prewitt 연산자, 그림 4.23은 Sobel 연산자, 그림 4.24는 Compass 연산자, 그림 4.25는 Laplacian 연산자, 그림 4.26은 LoG 연산자, 그림 4.27은 제안한 알고리즘에 의해 처리된 결과이다.

Diamond 영상에 대하여 그림 4.29는 기울기 연산자, 그림 4.30은 Roberts 연산자, 그림 4.31은 Prewitt 연산자, 그림 4.32는 Sobel 연산 자, 그림 4.33은 Compass 연산자, 그림 4.34는 Laplacian 연산자, 그림 4.35는 LoG 연산자, 그림 4.36은 제안한 알고리즘에 의해 처리된 결과이 다.

Circle 영상에 대하여 그림 4.38은 기울기 연산자, 그림 4.39는 Roberts 연산자, 그림 4.40은 Prewitt 연산자, 그림 4.41은 Sobel 연산 자, 그림 4.42는 Compass 연산자, 그림 4.43은 Laplacian 연산자, 그림 4.44는 LoG 연산자, 그림 4.45는 제안한 알고리즘에 의해 처리된 결과이 다.

각각 그림들에서 (a)는 해당 알고리즘에 의해 처리된 영상이며, (b)는 256 라인에 대한 프로파일 그래프 결과이다.









Fig. 4.4. Simulation result of boats image Fig. 4.5. Simulation result of boats image by Prewitt operator.



Fig. 4.8. Simulation result of boats image Fig. 4.9. Simulation result of boats image by LoG operator. by proposed algorithm.



- (b) Noisy image (σ = 30)
- Fig. 4.10. Test image(peppers 512×512).



Fig. 4.13. Simulation result of peppers image by Prewitt operator.





Fig. 4.17. Simulation result of peppers image by LoG operator.



(b) Noisy image (σ = 30)









(b) Noisy image (σ = 30)









Fig. 4.35. Simulation result of diamond image by LoG operator.



- (b) Noisy image (σ = 30)
- Fig. 4.37. Test image(circle 512×512).





- Fig. 4.44. Simulation result of circle image by LoG operator.
- Fig. 4.45. Simulation result of circle image by proposed algorithm.

시뮬레이션 결과로부터, 기울기 연산자에 의해 처리된 영상은 에지가 흐릿하며, AWGN에 의해 에지 검출 특성이 약화되었다. 기존의 Roberts 연산자에 의해 처리된 영상에서는 대체로 에지 부분이 흐릿하여 에지가 아닌 영역에서 처리된 에지와 에지 영역에서 처리된 에지의 구분에서 미 흡함을 나타내었다. Prewitt 연산자에 의해 처리된 영상들은 Sobel 연산 자를 이용한 방법에 비해 영상의 에지 부분이 약하게 나타나고 에지가 아 닌 영역에서 에지를 검출하였으며, AWGN에 의한 영향은 Sobel 연산자 에 비해 다소 완화된 결과를 나타내었지만, 잡음이 에지 검출에 그대로 반영되어 영상을 훼손시켰다. Sobel 연산자에 의해 처리된 영상들은 영상 의 에지 부분을 강하게 나타내었지만, AWGN의 영향에 의해 에지가 아닌 영역에서도 에지를 검출하는 결과를 초래하였다. Sobel 연산자를 이용한 방법은 에지 검출 특성 부분에서는 다른 기존의 방법들에 비해 비교적 간 단하게 우수한 특성의 에지를 검출하지만 AWGN의 영향을 많이 받게 되 어 잡음 영상에서는 미흡한 결과를 나타내었다. Compass 연산자에 의해 처리된 영상에서는 다른 연산자를 이용한 방법에 비해 수 배 이상 연산량 이 많은 반면, Prewitt 연산자와 Sobel 연산자를 이용한 방법의 결과와 큰 차이를 보이지 않으며, 에지 검출 특성이 미흡한 결과를 나타내었다. 그리고 Laplacian 연산자에 의해 처리된 영상은 boats, peppers, Lena 영상 등의 처리 결과에서 모든 에지가 소멸되어 잡음과 영상을 구별할 수 없을 정도로 미흡한 에지 검출 결과를 나타내었다. 반면, 화소가 이상적 으로 급격히 변하는 diamond, circle의 영상의 결과에서는 에지 부분을 강하게 검출하였지만 에지가 아닌 영역에서 잡음 제거에 미흡함을 나타내 었다. LoG 연산자에 의해 처리된 영상은 에지와 미세한 화소 변화에도 반응하여 에지 검출과 동시에 잡음 영역을 증폭시킨 결과를 나타내었다. 그러나 본 논문에서 제안된 알고리즘은 잡음 제거 및 에지 검출 특성이 우수하였으며, AWGN의 효과적인 제거와 동시에 에지가 아닌 영역에서의 에지 검출을 감소시켜 처리된 영상에서 에지 영역에서의 에지를 확실하게 검출된 결과를 나타내었다. 또한 각 그림들의 프로파일로부터, 제안된 방 법에 의해 처리된 결과는 기존의 방법들에 비해 에지가 아닌 영역에서 낮 은 검출 결과를 나타내었다.



제5장 결 론

본 논문에서는 AWGN 환경에서 효과적으로 에지를 검출하기 위하여, 공간 영역에서 5×5 마스크 중앙 화소에 대한 주변 화소의 공간 거리 차 이 정보를 이용하여 마스크에 적용하고 "∠" 방향과 "↘" 방향에 대하여 제안된 커널 1, 2와 각각 곱하여 생성된 새로운 가중치 마스크로 효과적 인 AWGN 제거와 동시에 우수한 특성의 에지 검출이 가능한 알고리즘을 제안하였다.

제안된 알고리즘은 원 영상으로부터 마스크를 얻고, 거리에 따른 가중 치 마스크와 제안된 커널 1, 2와 곱하여 새로운 가중치 마스크를 얻은 후, 그 마스크에 대하여 입력 영상과 컨벌루션 하여 최종 에지 화소를 결 정하는 방법이다.

제안된 알고리즘의 타당성을 입증하기 위해 boats, peppers, Lena, diamond, circle 등의 영상을 사용하였고, 기존의 방법들과 비교하였다. 시뮬레이션 결과로부터, 기울기 연산자와 Roberts 연산자를 이용한 방법 에 의한 결과는 AWGN에 의한 영향을 많이 받고 에지 검출 결과가 미흡 하였으며, Sobel 연산자를 이용한 방법에 의해 처리된 결과는 AWGN을 제거에 미흡한 특성을 보였으며, Prewitt 연산자를 이용한 방법의 처리 결과는 Sobel 연산자 방법에 비해 AWGN의 영향이 적었다. 그리고 Compass 연산자에 의한 결과 영상은 Sobel 연산자와 Prewitt 연산자 방 법과 비교하여 큰 차이를 나타내지 않았으며, Laplacian 연산자에 의한 결과는 boats, peppers, Lena 등의 영상에서는 AWGN의 제거 및 에지 검출 특성이 매우 미흡하였고, 도형 영상에서는 변화율이 가장 큰 에지만 을 검출하였다. 그리고 LoG 연산자에 의한 결과는 에지 부분을 정확하게 검출하였으나, 에지가 아닌 영역에서 잡음을 에지로 검출하는 결과를 나 타내었다. 반면, 제안된 알고리즘에 의해 처리된 결과 영상들은 기존의 방법에 비해 AWGN에 훼손된 영상에서 잡음 제거 성능이 우수하였으며, 모든 영상에서 우수한 특성의 에지 검출 성능을 나타내었다.

따라서 제안된 알고리즘은 AWGN 환경에서 기존의 에지 검출 방법들 보다 우수한 특성을 나타냄에 따라, 에지 검출 응용이 요구되는 다양한 분야에서 선택적으로 유용하게 적용될 것이라 사료된다.



참고문헌

- W. K. Pratt, *Digital Image Processing*, New York: Wiley, 1978.
- [2] I. Pitas and A. N. Venetsanopoulos, *Nonlinear Digital Filters: Principles and Applications*, Norwell, MA: Kluwer, 1990.
- [3] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, *Digital Image Processing Third Edition*, Pearson Education, 2009.
- [4] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods and Steven L. Eddins, *Digital Image Processing Using MATLAB Second Edition*, McGraw-Hill Education, 2011.
- [5] I. Pitas and A. N. Venetsanopoulos, "Nonlinear mean filters in image processing", *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process.*, vol. ASSP-34, no. 3, pp. 573-584, 1986.
- [6] I. Pitas and A. N. Venetsanopoulos, "Order statistics in digital image processing", *IEEE Proc.*, vol. 80, no. 12, pp. 1893– 1921, 1992.
- [7] K. Deergha Rao, M.N.S. Swamy and E.I. Plotkin, "Adaptive filtering approaches for colour image and video restoration", *IEEE Proc.-Vis. Image Signal process.*, vol. 150, no. 3, pp. 168-177, 2003.
- [8] Xiaoyin Xu, Eric L. Miller, Dongbin Chen and Mansoor Sarhadi, "Aaptive Two-Pass Prank Order Filter to Remove Impulse Noise in Higily Corrupted Images", *IEEE Trans. on*

Image Processing, vol. 13, no. 2, pp. 238-247, 2004.

- [9] Raymond H. Chan, Chen Hu and Mila Nikolova, "An Iterative Procedure for Removing Random-Valued Impulse Noise", *IEEE Signal processing Letters*, vol. 11, no. 12, pp. 921-924, 2004.
- [10] R. Garnett, T. Huegerich, C. Chui, and W. He, "A universal noise removal algorithm with an impulse detector", *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 14, no. 11, pp. 1747–1754, 2005.
- [11] Ce Liu, Richard Szeliski, Sing Bing kang, C. Lawrence Zitnick and Willam T. Freeman, "Automatic Estimation and Removal of noise from a Single Image", *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 30, no. 2, pp. 299-314, 2008.
- [12] Haidi Ibrahim, Nicholas Sia Pik Kong and Theam Foo Ng, "Simple Adaptive Median Filter for the Removal of Impulse Noise from Highly Corrupted Images", *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 54, no. 4, pp. 1920–1927, 2008.
- [13] Lili He and Ian R. Greenshields, "A Nonlocal Maximum Likelihood Estimation Method for Rician Noise Reduction in MR Images", *IEEE Trans. on Medical Imaging*, vol. 28. no. 2, pp. 165-172, 2009.
- [14] Xuming Zhang and Youlun Xiong, "Impulse noise Removal Using Directional Difference Based Noise Detector and Adaptive Weighted Mean Filter", *IEEE Signal Processing*

Letters, vol. 16, no. 4, pp. 295-298, 2009.

- [15] Bo Xiong and Zhouping Yin, "A universal Denoising Framework With a New Impulse Detector and Nonlocal Means", *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 21, no. 4, pp. 1663-1675, 2012.
- [16] J. Fehrenbach, Pierre Weiss and Corinne Lorenzo, "Variational Algorithms to Remove Stationary Noise; Applications to Microscopy Imaging", *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 21, no. 10, pp. 4420-4430, 2012.
- [17] Gao Yinyu and Nam-Ho Kim, "A Study on Image Restoration Algorithm in Random-valued Impulse Noise Environment", *International Journal of KIMICS*, vol. 9, no. 3, pp. 331-335, 2011.
- [18] Gao Yinyu and Nam-Ho Kim, "Direction Information Concerned Algorithm for Removing Gaussian Noise in Images", *International Journal of KIICE*, vol. 9, no. 6, pp. 758-762, 2011.
- [19] 이창영, 김남호, "개선된 FIR 디지털 필터를 얻기 위한 변형된 창 함수에 관한 연구", 한국 신호처리 시스템 학회 2011 춘계학술대 회 논문집, 12권 1호, 2011.
- [20] 이창영, 김남호, "변형된 창함수를 이용한 FIR 디지털 필터 특성 개선에 관한 연구", 부산 경남 울산지부학회 2011년도 춘계 합동 학술논문발표회 논문집, 2011.
- [21] 이창영, 김남호, "변형된 창함수를 이용한 FIR 디지털 필터 특성에 관한 연구", 한국정보통신학회: 학술대회논문집, 한국해양정보통신

학회 2012년도 춘계학술대회, pp. 310-312, 2011.

- [22] 이창영, 강경덕, 김남호, "변형된 창함수를 이용한 개선된 FIR 디지 털 필터에 관한 연구", 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문 초 록집, vol. 45, 2011.
- [23] 이창영, 황용연, 김남호, "변형된 가중치 벡터를 이용한 에지 검출
 에 관한 연구", 한국 신호처리 시스템 학회 2011 추계학술대회 논
 문집, 12권 2호, pp. 300-302, 2011.
- [24] 이창영, 최현길, 정석문, 김남호, "정렬 알고리즘을 이용한 에지 검 출에 관한 연구", 부산 경남 울산지부학회 2011년도 추계학술대회 논문집, 12권 2호, 2011.
- [25] 이창영, 최현길, 김남호, "방향성을 고려한 적응 에지 검출에 관한 연구", 한국정보통신학회: 학술대회논문집, 한국해양정보통신학회 2011년도 추계학술대회, pp. 672-674, 2011.
- [26] Chang-Young Lee, Gao Yinyu and Nam-Ho Kim, "A Study on the Detection Information considered Method for Edge Detection", The 2011 International Symposium on Advanced Engineering Conference, 2011.
- [27] 이창영, 김남호, "영상 마스크 내의 화소 정보를 이용한 에지 검출 알고리즘에 관한 연구", 한국 신호처리 시스템 학회 2012 춘계학 술대회 논문집, 13권 1호, 2012.
- [28] 이창영, 정석문, 김남호, "임계값을 이용한 에지 검출에 관한 연구",대한전자공학회 학술심포지움 논문집, 제 1권, 제 1호, 2012.
- [29] 이창영, 김남호, "밝기 분포도에 따라 가변 가능한 벡터를 이용한 에지 검출", 한국정보통신학회: 학술대회논문집, 한국정보통신학회 2012년도 춘계학술대회, pp. 130-132, 2012.

- [30] 이창영, 황용연, 김남호, "변형된 확장 마스크를 이용한 에지 검출
 에 관한 연구", 한국정보통신학회: 학술대회논문집, 한국정보통신학
 회 2012년도 춘계학술대회, pp. 630-632, 2012.
- [31] 이창영, 김남호, "AWGN에 훼손된 영상에서 변형된 가중치 벡터를 이용한 에지 검출에 관한 연구", 한국정보통신학회논문지 제 16권 7호, pp. 1518-1523, 2012.



감사의 글

본 논문이 완성되기까지 부족한 저에게 학문에 대한 의미를 부여해 주 시고, 부모님과 같은 아낌없는 사랑과 가르침으로 꾸짖어 주시고 보살펴 주신 김남호 교수님께 깊이 감사드립니다. 그리고 바쁘신 와중에도 본 논 문의 심사를 맡으시면서 좋은 논문으로 완성되도록 가르침을 주신 황용연 교수님, 김만고 교수님께 감사드리며, 석사과정을 마치기까지 언제나 세 심한 관심으로 지켜봐 주신 부경대학교 제어계측공학과 이형기 교수님, 최연욱 교수님, 변기식 교수님, 안영주 교수님, 이경창 교수님께도 감사의 말씀을 올립니다.

언제나 저와 함께 하면서 따뜻한 격려를 아끼지 않았던 중국에서 온 Gao Yinyu, 후배 Xu Long, 신영록, 손경민에게 감사드리며, 아울러 학부 시절 많은 도움을 주었던 선배님들께 감사의 말을 전합니다. 그리고 먼 곳에서 언제나 저에게 힘이 되어준 여러 친구들에게 감사드리며 건승하시 기를 바랍니다.

지금까지 부족한 저에게 언제나 변함없이 하늘보다 높은 사랑으로 믿어 주시고 돌봐주신 부모님에게 깊이 감사드리며, 영어 감수를 도와준 Joshua, DIANE CANNIFORD에게 감사의 말을 전하며, 앞으로 더욱 더 열심히 노력하여 큰 결실을 맺을 것을 다짐합니다.

> 2012 년 12월 이 창 영 올림