

---

# 영상의 정보척도와 신경회로망을 이용한 계단에지 검출에 관한 연구

이상빈\* · 김수겸\*

A Study on the step edge detection method based on image information measure and  
neutral network

S-B Lee\* · S-G Kim\*

## 요 약

에지검출은 영상처리와 컴퓨터비전의 매우 중요한 연구분야이다. 그리고 일반적인 에지검출 연산자인 Robert, Sobel, Kirsh 등의 연산자는 계단에지를 검출하는데는 적합하나 잡음에 매우 민감한 단점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 영상정보척도와 신경회로망을 이용한 잡음에 매우 강한 계단에지 검출방법을 제안한다. 계단에지의 명암도 분포의 차, 방향성, 연속성, 구조성 등의 계단에지의 기본적인 정보특성을 이용한 험수를 BP 신경회로망의 입력벡터로 구성한 결과 매우 위치가 정확한 계단에지를 얻을 수 있었다. 또한 실험영상으로 장미영상과 세포영상을 사용하여 매우 만족스런 실험결과를 얻을 수 있었다.

## ABSTRACT

An edge detection is an very important area in image processing and computer vision, General edge detection methods (Robert mask, Sobel mask, Kirsh mask etc) are a good performance to detect step edge in a image but are no good performance to detect step edge in a noises image. We suggested a step edge detection method based on image information measure and neutral network. Using these essential properties of step edges, which are directional and structural and whose gray level distribution in neighborhood, as a input vector to the BP neutral network, we get the good result of proposed algorithm. And also we get the satisfactory experimental result using rose image and cell images an experimental and analysing image.

## 키워드

Step edge, Image information measure, Smoothing region, BP neutral network, Edge region

---

\* 목포해양대학교 기관시스템공학부

접수일자 : 2005. 12. 6

## I. 서 론

에지검출은 영상처리와 컴퓨터비전의 매우 중요한 연구분야로서, 지금도 많은 연구를 진행하고 있다. 일반적인 에지검출 연산자인 Robert 연산자, Sobel 연산자와 Kirsh 연산자 등[1]은 계단에지를 검출하는데 적합하나 잡음에 매우 민감한 단점을 가지고 있다. 그리고 라프라시안 연산 후 미분의 영점교차점을 계단에지점으로 검출하는 LoG 연산자[2]가 있으며, 또한 연산자 각도의 3가지 원칙을 제시하고 이 3가지 원칙하에서 각도를 구한 후 이에 가우시안 1차 미분을 계단에지로 판정하는 Canny연산자가 있다[3]. 이와 같은 Canny 연산자의 계단에지는 LoG 연산자의 영점교차점과 일치하기 때문에 이 두 연산자는 본질적으로 비슷하다고 할 수 있다. 또한 계단에지를 검출하는 방법으로 Tadrous가 제안한 에지의 방향성을 이용하여 검출하는 방법[10]이 있으며, Freeman과 Adelson이 제안한 선형보간법의 방향을 이용하는 방법과 웨이브렛 변환 함수를 이용하는 방법[4,5] 등이 있다. 또 Williams는 다척도하에서 에지를 검출하여 이 에지를 연결하는 방법으로, 비교적 약한 에지를 검출하여 부분적으로 잡음을 억제하는데 성공하였다[6]. 그러나 이 모두 위치가 정확한 계단에지를 검출하는데 성공하지 못하였다. 일반적으로 영상의 에지는 속성이 다른 영역이 서로 접하는 곳으로서 다음과 같은 특성이 있다[7].

- 급격한 명암도 변화가 있으며 이것은 서로 다른 영역의 경계점이다.
- 영역의 경계점인 에지는 방향성이 있다.
- 연속성과 구조성이 있다.

에지의 이와 같은 특성은 계단에지를 검출하는데 필요한 중요한 계단에지 척도이다. 그러므로 계단에지를 검출하는데 명암도 변화만을 고려하는 것은 부적합하다. 때문에 명암도 변화와 함께 방향성과 연속성 척도를 고려하여 계단에지를 검출하면 매우 정확한 계단에지를 검출할 수 있다는 것이다. 본 논문에서는 계단에지 영역에 존재하는 특성으로, 명암도 변화와 함께 이 명암도 변화에는 규칙적인 방향성과 연속성 그리고 구조성이 함께 존재하는 것을 설명하고 이와 같은 특성을 이용한 계단에지검출 방법을 제안한다. 본 논문에서 제안한 방법은 영상잡음에 매우 강한 특성을 지니고 있으며 영상에 칸버루션을 필요로 하지 않는 특성이 있다. 그러므로 본 논문에서 제안한 방법으로 검출한 에지는 에지위치가 매우 정확한 계단에

지이다. 시abf레이션 및 분석 결과를 통하여 본 논문에서 제안한 방법은 매우 만족한 결과를 얻을 수 있었다. 본 논문의 2장에서는 계단에지점에 대한 3가지 정보 척도요소에 대하여 자세히 설명한다. 그리고 3장에서는 계단에지에 대한 정보척도를 이용한 BP신경회로망에 대하여 설명한다. 마지막으로 제4장에서는 제안한 에지검출 방법에 대한 구체적인 시뮬레이션 및 분석 결과를 보이겠다.

## II. 정보척도요소를 이용한 계단에지의 특성 표현

계단에지에는 다음과 같은 특성이 존재한다.

- 계단에지에는 명확한 명암도의 변화가 있다.
- 계단에지영역의 명암도 분포에는 일정한 규칙성이 존재한다.
- 계단에지에는 방향성과 구조성이 존재한다.

잡음에도 명암도변화는 존재하나 이와 같은 특성들은 존재하지 않는다. 다음은 이와 같은 계단에지의 3가지 정보척도에 대한 설명이다.

### 2.1 영역일치성 척도

계단에지가 존재하는 영역의 명암도 분포와 계단에지가 존재하지 않는 영역의 명암도 분포와 분명한 차이가 있다. 계단에지가 존재하는 영역에서의 계단에지는 영역을 명암도 분포도가 같지 않은 두 개의 영역으로 나눈다. 그러나 계단에지가 존재하지 않는 평활화 영역에서는 분포도가 비슷한 명암도 분포만이 존재한다. 이와 같은 명암도 분포를 이용하여 영역일치성 척도를 제안한다. 점(i,j)를 중심으로 영역을  $R = \{(m,n) | |m-i| \leq L, |n-j| \leq L\}$ 로 나타내며 영역길이의 1/2을 L로 나타낸다. 또한 중심점 (i,j)의 방향은  $\theta_k (0^\circ \leq \theta_k < 180^\circ, k = 1, 2, \dots, N)$ 로 나타내며 계단에지를 경계로 하여 Sk1과 Sk2 두 영역으로 나눈다. 이때 영역일치성 척도  $R_{ij}$ 은 식(1)과 같이 정의 한다.

$$R_{ij} = \max_k \left\{ \frac{1}{L(2L+1)} \| f_{S_{k1}} - f_{S_{k2}} \| \right\}, \quad k = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

여기에서,  $f_{S_{k1}} = \sum_{(m,n) \in S_{k1}} x_{mn}$  이고  $f_{S_{k2}} = \sum_{(m,n) \in S_{k2}} x_{mn}$  이다.

그리고  $x_{mn}$  는 점(m,n)에 대한 명암도를 나타낸다. 만약 영역의 중심점(i,j)을 지나는 계단에지가 존재하고  $\theta_k$  와 이 계단에지의 궤적방향이 일치한다면  $R_{ij}$  는 가장 큰 값을 갖게 된다. 이때 두 영역 Sk1과 Sk2는 각각 다른 명암도 분포를 갖게 된다. 그러나 계단에지가 존재하지 않는 평활화 영역에서는  $\theta_k$  의 방향에 관계없이 명암도 분포는 두 영역에서 비슷하며 이때  $R_{ij}$  는 매우 작은 값을 갖게 된다. 이와 같이 영역일치성 척도  $R_{ij}$  의 값은 계단에지를 중심으로 분할된 두 영역의 명암도 분포의 차를 나타낸다. 그러나 잡음의 경우 분포상태는 항상 불규칙하기 때문에  $\theta_k$  의 방향에 관계없이 Sk1과 Sk2 영역에서의 잡음분포와 잡음강도는 확률상 모두 같고  $R_{ij}$  의 값에 미치는 영향은 매우 작다. 이와 같이  $R_{ij}$  의 값은 중심영역의 명암도 분포의 차를 나타낸다. 그리고 이것은 전통적인 계단에지의 정의 중 명암도 변화만 고려하는 단점을 극복 할 수 있으며 동시에 계단에지의 본질적인 면을 나타낸다.

## 2.2 방향성 정보척도

방향성 또한 계단에지의 중요한 특성 중의 하나이다. 점(i,j)를 중심으로 영역은  $R = \{(m,n) | |m-i| \leq L, |n-j| \leq L\}$  으로 영역길이의  $1/2$ 은 L로 나타낸다.  $I_\theta$  는 중심점을 지나고 각도가  $\theta$  인 직선이다. 그리고 영역을 각각  $S_{\theta_1}$  과  $S_{\theta_2}$  로 분리하여 방향성정보 척도  $M_{ij}$  는 식(2)와 같이 정의한다.

$$M_{ij} = d_\theta \max - d_\theta \min \quad (2)$$

여기에서,

$$d_{\theta_{\max}} = \max_{0^\circ \leq \theta < 180^\circ} (d_\theta), \quad d_{\theta_{\min}} = \min_{0^\circ \leq \theta < 180^\circ} (d_\theta),$$

$$d_\theta = |f_{S_{\theta_1}} - f_{S_{\theta_2}}|, \quad f_{S_{\theta_1}} = \sum_{(m,n) \in S_{\theta_1}} x_{mn}, \quad f_{S_{\theta_2}} = \sum_{(m,n) \in S_{\theta_2}} x_{mn}$$

은 점(m,n)의 명암도이다. 만약, 영역내에 중심점(i,j)을 지나는 계단에지가 존재한다면 계단에지에는 방향성이 존재하기 때문에  $I_\theta$  가 계단에지의 궤적 방향과 일치할 때  $d_\theta$  은 최대값을 갖게 되어 매우 큰 값을 나타낸다. 그러나

계단에지가 존재하지 않으면  $I_\theta$  가 계단에지 궤적방향과 수직을 이루며  $d_\theta$  은 최소값을 나타나게 된다. 이와같이 계단에지가 존재하는 영역에서  $M_{ij}$  의 값은 매우 큰값을 가지게 된다. 그러나 계단에지가 존재하지 않는 평활화영역에서는  $I_\theta$  가 취하는 방향에 관계없이  $d_\theta$  의 값은 차이가 나지 않고 비슷하여  $M_{ij}$  는 매우 작은 값을 갖게 된다. 잡음분포는 방향성이 없기 때문에  $I_\theta$  가 취하는 방향에 관계없이 잡음간의 영향은 서로 상쇄되어  $M_{ij}$  의 값에 영향을 거의 미치지 않는다. 또한 고립된 잡음점(예: spark, pulse 잡음)도  $I_\theta$  가 취하는 방향에 관계없이  $d_\theta$  의 값은 모두 비슷하여  $M_{ij}$  의 값 역시 매우 작은 값을 갖게된다.

## 2.3 기울기강도와 구조성 척도

기울기강도와 계단에지의 구조성 역시 계단에지를 분석할 수 있는 중요한 정보이다. 본 논문에서는 일정한 규칙하에서 계단에지에 존재하는 기울기강도와 구조성에 대하여 정의한다. 점(i,j)를 중심으로 하는 영역에서  $I_\theta$  를 중심점을 지나고 각도가  $\theta$  인 한 직선이라고 하면 기울기의 분포를 이용한 기울기강도와 구조성  $C_{ij}$  는 식(3)과 같이 정의한다.

$$C_{ij} = \max_{0^\circ \leq \theta < 180^\circ} \left\{ \frac{1}{2L+1} \sum_{(m,n) \in I_\theta} g(m,n) \right\} \quad (3)$$

여기에서,  $g(m,n)$ 은 점(m,n)의 기울기의 강도를 나타낸다. 기울기 강도는 잡음의 영향을 크게 받는다. 만약 평활화 후 미분을 이용한다면 평활화 척도에 따라 정위에 대한 편차가 발생할 수 있다. 만약, 영역내 중심점(i,j)을 지나는  $I_\theta$  와 계단에지의 궤적이 일치할 때  $C_{ij}$  는 가장 큰값을 갖게 된다. 또한 계단에지에는 구조적 성질이 존재한다. 즉, 계단에지의 궤적위에 놓인 점의 기울기 강도는 거의 비슷하며, 계단에지 궤적을 따르는 기울기강도의 평균치  $C_{ij}$  역시 중심점 (i,j)의 기울기강도와 비슷하다. 그러나 평활화영역에서는  $I_\theta$  의 방향과 관계없이  $C_{ij}$  의 값은 모두 비슷하다. 즉, 계단에지의 궤적이 존재하지 않는 평

활화영역에서의  $C_{ij}$ 는 평균적 작용을 하므로 매우 작다. 이와 같이 식(3)은 계단에지의 기울기와 구조성에 대한 본질적 특성을 나타내므로 잡음에 매우 강한 성능을 가지고 있다. 그림 1은  $N(0,20)$ 의 가우시안 잡음을첨가한 Lena 영상과 그리고 이 영상에 대한 영역일치성 척도, 방향 척도와 기울기강도와 구조성 척도를 보여준다.

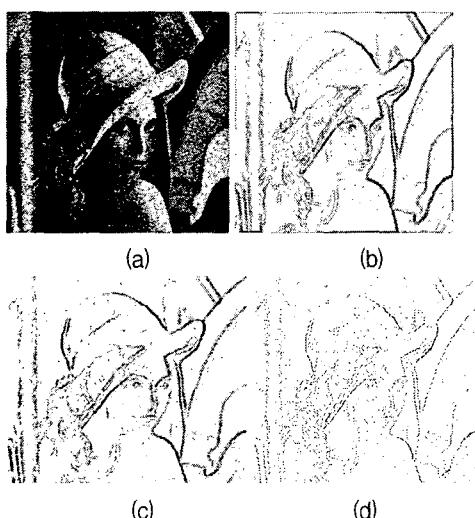


그림 1. 정보척도요소 실험영상.

Fig. 1 The experimental image of information measure  
 (a)Lena image with Gaussian noise  $N(0,20)$   
 (b)gray level distribution measure  
 (c)directional measure  
 (d) Gradient and structural measure

### III. 계단에지 검출에 사용한 BP 신경회로망

2장에서 정의한 영역일치성 척도  $R_{ij}$ , 방향성 척도  $M_{ij}$  와 기울기강도와 구조성 척도  $C_{ij}$  등 3가지 척도요소로 계단에지의 특징을 나타내는 벡터  $I(i,j)$ 를 구성한다. 이 벡터의 정의는 식(4)와 같다.

$$I(i,j) = \{R_{ij}, M_{ij}, C_{ij}, l\} \quad (4)$$

이 계단에지 벡터  $I(i,j)$ 을 BP신경회로망의 입력벡터로 하고, 신경회로망의 학습을 통하여 에지를 검출하였

다. 신경회로망에 사용할 계단에지 표본 영상을 얻기 위하여 에지검출 연산자(Canny 연산자)를 사용하였다. 이 에지영상은 계단에지만이 존재하는 영상이다. 그 다음 실험영상의 각각의 점에 대하여 에지의 특징벡터  $I(i,j)$ 를 계산하고 신경회로망에 입력하여 학습을 진행하여 가중치(Weight value)를 얻는다. 본 논문에서 사용한 신경회로망은 BP신경회로망으로 3층망이다. 입력층의 노드는 4개이고 은익층의 노드 역시 4개이다. 그리고 출력층의 노드는 1개이다. 본 논문에서 사용한 전달함수는 Sigmoid형 함수인  $f_{sigmoid}(x) = 1/(1 + e^{-x})$  이고, 신경회로망의 구성은 그림 2와 같다.

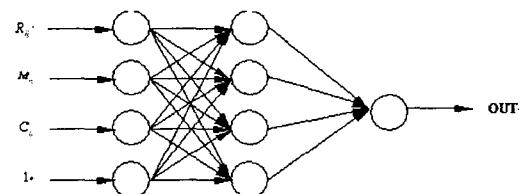


그림 2. 신경회로망의 구조

Fig. 2 The structure of neutral network used in our dissertation.

### IV. 실험 및 분석 결과

#### 4.1 신경회로망의 학습

그림 3(a)와 그림 3(b)는 학습에 사용한 Lena 원영상과 표준 계단에지영상을 보여준다.

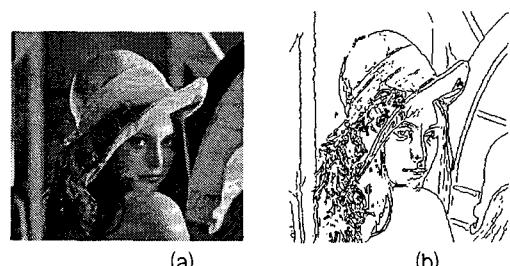


그림 3. 학습에 사용된 Lena 영상과 Lena 에지영상

Fig. 3 Lena image and lena edge image used in learning  
 (a) Lena image (b) Sample edge image used in learning

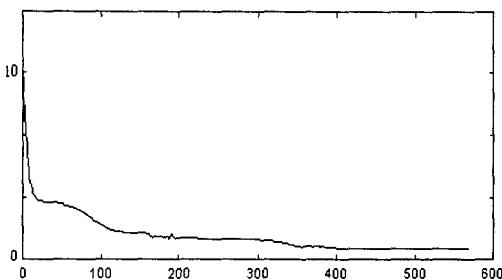


그림 4. 학습과 에러 발생율의 비교  
Fig. 4 The graph of error and learning

Lena 이미지의 구성에는 canny 연산자를 사용하였다. Lena 영상을 실험영상으로 사용한 이유는 Lena 영상에는 각종 유형의 에지가 비교적 풍부하게 존재하기 때문이다. 그림 4 신경회로망을 학습할 때의 오차곡선으로 x축은 학습횟수를 y축은 오차를 나타낸다. 학습횟수 400에서 수렴하는 것을 보여준다.

#### 4.2 잡음에 대한 성능 실험

본 논문에서 제안한 방법의 잡음에 대한 성능실험을 위하여 Ring 영상을 사용하였다. 그림 5는 실험분석을 위하여 Ring 영상에 신호와 잡음비 100, 50, 20, 10, 5의 가우시안 잡음을 첨가한 영상을 보여준다.

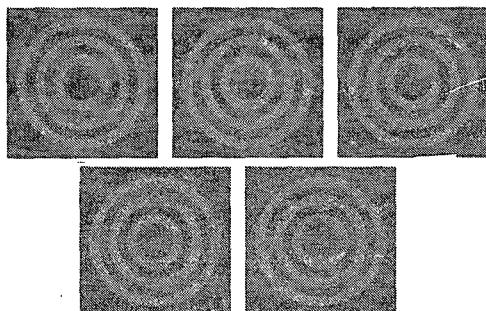


그림 5. 에지검출 성능 비교를 위한 Gaussian noise를 첨가한 Ring 영상  
Fig. 5 Ring image with Gaussian noise  
100, 50, 20, 10, 5

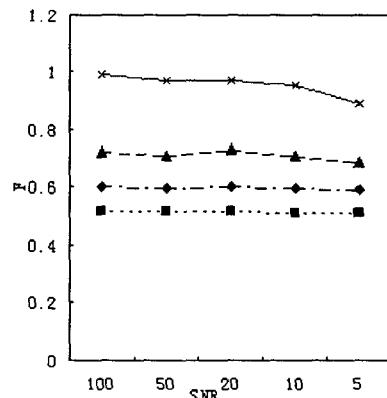


그림 5. Ring 영상의 에지검출 성능 비교  
Fig. 6 The comparison of edge detection methods with Ring image

가우시안 잡음을 첨가한 Ring 영상에 대하여 본 논문에서 제안한 에지검출 방법과 Log연산자, Canny연산자 그리고 2차 B Spline 연산자를 각각 비교분석을 하였다. 비교분석에 사용한 함수는 식(5)로 이것은 Abdou와 Pratt가 제안하였다[9].

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{I_A} \frac{1}{[1 + \alpha(d(i))^2]}}{\max\{I_A, I_I\}} \quad (5)$$

$I_A$ 는 실지 에지점의 수량,  $I_I$ 는 검출해낸 에지점의 수량,  $d(i)$ 는 검출해낸 에지점과 표준 에지점 간의 거리이다. 그림 6은 신호와 잡음의 비에 대하여 여러 가지 에지검출 방법을 비교분석한 그림이다. 그림 6에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제안한 방법은 다른 에지검출 방법에 비하여 잡음에 매우 강한 성능을 보여준다.

#### 4.3 실제 영상의 에지검출 결과

제안한 방법으로 실제 영상에 대하여 에지검출을 진행한 것을 비교하기 위하여 LoG연산자, Canny 연산자로 검출한 결과와 비교분석하였다. 그림 7은  $N(0,20)$ 인 가우시안 잡음의 장미 영상에 대하여 에지검출을 진행한 결과이

다. 그림 8은 세포절단 영상에 대하여 에지검출을 진행한 결과이다.

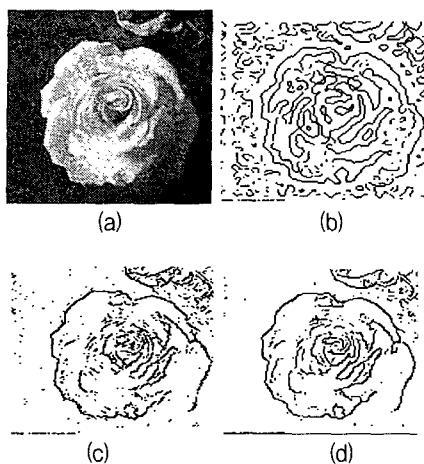


그림 7. Rose 영상의 에지검출성능 비교

Fig. 7 (a)Rose image with Gaussian noise  $N(0,20)$   
(b)LoG operator (c)Canny operator (d)Proposed method

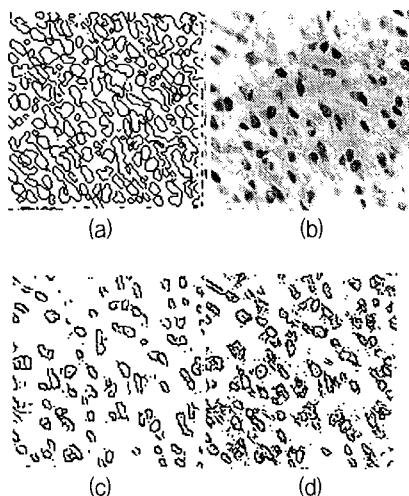


그림 8. Cell 영상의 에지검출 성능 비교.

Fig. 8 (a)Cell image (b)LoG operator (c)Canny operator  
(d)Proposed method

그림 7과 8에서 보여주는 것과 같이 본 논문에서 제안한 방법으로 검출한 에지영상은 Log나 Canny 연산자보다 잡음이 없고 정확한 위치의 에지만을 검출한 결과를 보여준다. 시abf레이션 및 실험분석 결과로 부터 알 수 있듯이 제한한 방법은 잡음에 대하여 매우 강한 성능을 보여주었다.

## V. 결 론

본 논문에서는 영상에 존재하는 계단에지의 정보척도와 신경회로망을 이용한 계단에지 검출방법을 제안하였다. 영상의 정보척도는 영역일치성 척도  $R_{ij}$ , 방향성 척도  $M_{ij}$ 와 기울기강도와 구조성 척도  $C_{ij}$  등 3가지이다. 계단에지가 존재하는 영역의 명암도 분포는 규칙성과 방향성 그리고 구조성이 있다. 이와 같은 특성은 에지와 잡음을 구별할 수 있는 본질적인 요소이기 때문에 본 논문에서 제안한 에지검출 방법은 잡음에 대하여 우수한 억제효과를 가지고 있다고 할 수 있다. 그리고 신경회로망으로 직접 영상의 에지를 얻기 때문에 다른 에지검출 방법에서 요구되는 임계치문제가 발생하지 않으며 컨버루션도 필요 없다. 때문에 본 논문에서 검출한 에지는 위치가 정확한 에지이다. 본 논문에서 제안한 방법은 잡음에 매우 강한 성능을 가지고 있기 때문에 공업용 응용영상의 에지검출에 매우 적합하다. 일반적으로 공업용 응용영상의 에지검출은 에지가 비교적 분명하고 간단한 것이 필요로 하지만 각종 잡음(먼지, 전류파동, 전자기 간섭등)의 간섭이 매우 심하다. 그리고 일반적인 에지검출 연산자는 이와 같은 잡음에 매우 민감하기 때문에 효율성이 떨어진다. 공업용으로 사용하는 영상은 비교적 쉽게 학습용 표본영상을 구성할 수가 있다. 비록 신경회로망의 학습시간은 길지만 일단 학습이 끝난 후 활용시에는 간단하게 사용할 수가 있을 것으로 생각한다. 앞으로 여러 가지 유형의 영상에 대한 정보척도를 분석하여 다방면의 에지검출에 적합한 정보척도를 구성하기 위하여 계단에지 뿐만 아니라 지붕에지, 경사에지, 스파크에지 등에 대한 정보분석에 대하여 더욱 연구를 하여야 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] R. Kirsch, Computer Determination of the constituent structure of biological images, Computer and Biomedical Research, Vol.4, No.3, pp.315-328, 1971
- [2] D. Marr and E. Hildreth, Theory of edge detection, Proc. Royal Soc. London, Vol.B207, pp.187-217, 1980
- [3] J. Canny, A computational approach to edge detection, IEEE Trans. On PAMI, Vol.8, No.6, pp.679-698, 1986
- [4] E. Simoncelli, W. Freeman, etc., Shiftable multiscale transforms, IEEE Trans. On IT, Vol.38, No.2, pp.587-607, 1992
- [5] W. Freeman and E. Adelson, The design and use of steerable filters, IEEE Trans. On PAMI, Vol.13, No.9, pp.891-906, 1991
- [6] D. Williams and M. Shah, Edge contours using multiple scales, CVGIP, 51, pp.256-274, 1990
- [7] X. Yang, D. Liang and H. Yang, Edge Detection Using Image Feature Detector, Fourth International Conference on Signal Processing, ICSP98, 1998
- [8] R. Haralick, Digital step edges from zero crossing of second directional derivatives. IEEE Trans. On PAMI, Vol.6, No.1, pp.58-68, 1984
- [9] Abdou and W. Pratt, Quantitative design and evaluation of enhancement/ thresholding edge detectors, Proc. IEEE, Vol.67, No.5, pp.753-763, 1979
- [10] P. Tadrous, A simple and sensitive method for directional edge detection in noisy images, Pattern Recognition, Vol.28, No.10, pp.1575-1586, 1995

## 저자소개

### 이 상빈(Sang-Bin Lee)



1992년 2월: 관동대학교 경영학과 학사  
2004년 2월: 목포해양대학교 기관시스템공학부 석사

현재: 목포해양대학교 기관시스템공학부 박사과정, (사) 대한상공회의소 서초지구 / 부회장, (주)극동네트워크 대표회장  
※관심분야: 신호처리, 디지털 영상처리, 신경회로망, 컴퓨터 비전

### 김수겸(Soo-Gyeam Kim)



1986년 2월 광주대학교 전자계산학과 학사  
1988년 7월 조선대학교 전자계산학과석사

1996년 7월 조선대학교 전기공학과 박사  
현재 목포해양대학교 기관시스템공학부 교수  
※관심분야: 데이터베이스, 신호처리, 디지털 영상처리, 웨이브렛변환, 컴퓨터 비전