

## 에지의 구조적 영역정보를 이용한 에지검출

김수겸\* · 박중순\* · 최정희\*

### Edge Detection Using the Information of Edge Structural Regions

S. G Kim\* · J. S. Park\* · J. H Choi\*

#### 요 약

에지검출은 영상인식의 첫 단계임과 동시에 영상인식의 성능을 좌우하는 아주 중요한 단계이다. 기존의 기울기연산자나 표면접합에 의한 에지검출과 달리 본 논문에서는 에지의 영역정보를 이용한 에지검출 알고리즘을 제시한다. 먼저 에지의 적합한 위치, 에지의 두께 그리고 에지의 길이에 대한 정의를 제시하고, 제시된 에지정의를 기본으로한 12개의 에지검출 윈도우와 알고리즘을 제안하였다. 제안된 12개의 윈도우는 모든 형태의 에지를 추출할 수 있는 에지검출윈도우로써 일반적으로 많이 사용되고 있는 기울기 연산자나 0점교차 연산자인 LoG 연산자 보다 좋은 에지검출 성능을 보여 주었다.

**Key words** : Edge detection(에지검출), Edge Definition(에지정의), Edge Types(에지형태), Gradient Operator(기울기 연산자), LoG Operator(가우시안 연산자)

#### Abstract

Edge detection is the first step and very important step in image analysis. In this paper, proposed edge detection operators based on informations of edge types and it is different from other classical edge detection operators such as gradient and surface fitting operators. The first, we defined characteristics of edge types such as localization, thinness, length. The second, we defined valid edge types and ideal edge pixel positions in  $3 \times 3$  window based on edge characteristics of edge types. And we proposed edge detection algorithm and twelve windows based on valid edge types. In specially, proposed algorithm was shown better performance of edge detection than other operators such as gradient operator and the LoG(Laplacian of Gaussian) operator of zero crossings.

\* 목포해양대학교 기관공학부(원고접수일 : 99년 8월)

1. 서 론

2. 적합한 에지형태

에지란 농도값이 다른 영역사이에 위치한 경계선을 말하고<sup>[1,8]</sup>, 에지검출은 영상속에 존재하는 이와같은 경계선을 찾는 것이며, 영상인식에서 에지검출이 중요한 이유는 영상의 대부분의 중요한 정보가 서로 다른 영역의 경계선에 존재하고, 인간의 시각시스템이 물체를 인식하는데 있어서 대강의 윤곽선 만으로도 인식이 가능하기 때문이다<sup>[9]</sup>. 또한 영상을 에지로 표현하면 영상속의 물체의 형태에 대한 정보를 유지하면서 영상인식의 상위 단계에서 처리하여야할 많은 자료의 양을 줄일 수 있고<sup>[10]</sup>, 다른 영상인식 알고리즘과 쉽게 결합할 수 있는 장점이 있다.

지금까지 많은 에지검출 방법이 연구되어 왔음에도 불구하고<sup>[1,2,3,4,6,12]</sup> 물체의 실제 경계선에 해당되는 에지를 정확히 검출하는 것은 여전히 어려운 문제로 남아있다. 여기에는 여러 가지 이유가 있지만 대표적인 이유는 일반적으로 적용가능한 에지에 대한 적합한 정의가 정립되어 있지 않고 어느 한 화소가 에지화소인지 아닌지는 그 화소의 명암값 뿐만아니라 이웃 에지화소의 영향을 받는다는 것이다<sup>[11]</sup>. 그래서 대부분의 에지검출은 특정 응용분야의 특성에 맞게 에지를 정의하고 이를 이용하여 에지를 추출하는 실정이다<sup>[11]</sup>. 또한 에지화소의 존재여부를 영상내의 화소간의 위치 관계나 이웃하는 에지들의 형태와는 무관하게 명암값의 변화만으로 결정하기 때문에 잡음등의 영향을 받기가 쉽다<sup>[11]</sup>. 그래서 에지화소의 존재를 결정하는 과정에서 이웃하는 에지화소에 대한 영역정보를 이용하면 매우 효율적이다.

본 논문에서는 이와같은 영역정보를 이용한 에지검출알고리즘을 제안한다. 제안된 에지 검출알고리즘에서 중요한 것은 정의된 에지에 인접한 두 영역의 불일치도를 측정하는 함수다. 이와같은 에지의 양 영역과 불일치도를 측정하는 함수는 에지영상에 많은 영향을 미친다<sup>[8]</sup>.

본 논문의 2장에서는 일반적인 에지정의에 적합한 에지형태와 에지위치를 제시한다. 그리고 3장에서 이를 기본으로한 에지검출알고리즘을 제안한다. 4장에서 실험결과를 보이겠다.

3장에서 제안할 에지검출 연산자 구성에 적합한 에지형태와 에지위치에 대하여 설명한다. 3×3 배열에서, 중앙 에지화소는 최대 8개의 이웃 에지화소를 갖는다. 이와같은 3×3배열의 에지구조에서 적합한 에지형태를 다음과 같이 정의할 수 있다.

- ① 1개의 이웃화소를 갖는다.
- ② 2개의 이웃화소를 갖는다. 단 이웃 화소가 45도 이상의 각도로 회전하지 않아야 한다. 그림1은 2개의 이웃화소를 갖는 적합한 에지형태이고 그림2는 부적합한 에지형태다 (90도 이상 회전하였으므로).
- ③ 3개의 이웃화소를 갖는다. 단 그림3과 같은 에지형태를 유지하여야 한다. 이웃픽셀이 3개로 이루어지는 에지형태는 모두 56개의 구조를 가질 수 있다. 그러나 그림3과 같은 8개 만이 적합한 3-이웃 에지 형태라고 할 수 있다.
- ④ 4개 이상의 이웃화소를 가지는 에지형태는 적합한 에지형태가 아니다. 4개 이상의 이웃화소를 가지는 경우는 그림2와 같은 구조를 포함한다. 이에 대한 예는 그림4에 설명하고 있다.

그림4에서 짧은 점선 3×3윈도우 안의 에지화소

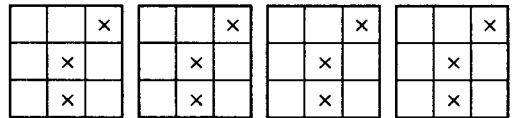


Fig. 1 A valid edge types with 2-neighbor edge pixels.

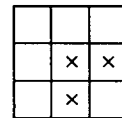


Fig. 2 An Invalid edge type with 2-neighbor edge pixels.

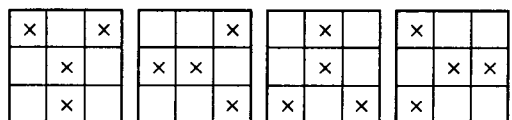


Fig. 3 The 8 valid edge types with 3-neighbor edge pixels

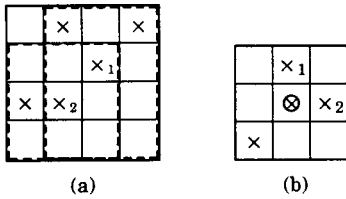


Fig. 4 Examples of edge types. (a) An examples of a valid 3-neighbor edge type in dotted lines window, (b) An example invalid 3-neighbor edge type in 3×3 window.

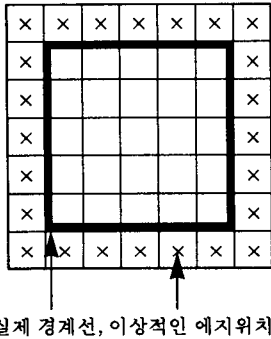
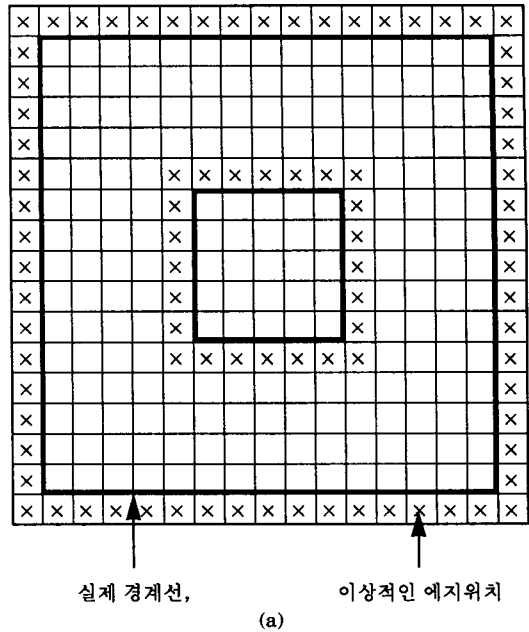


Fig. 5 An Example of a poorly defined ideal edge for a square.

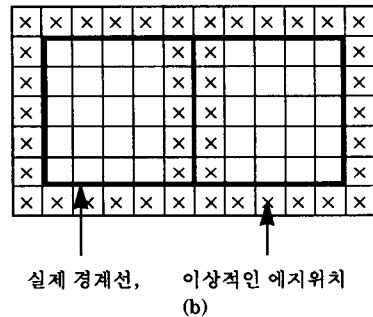
×1과 ×2는 적합한 에지형태이다. 동시에 긴 점선의 3×3윈도우 안에서 ×1과 ×2도 적합한 에지형태를 이루고 있다. (b) ×1과 ×2는 각각의 위치에서 적합한 에지형태를 이룰수 없다, 이유는 의 위치에서 이웃화소가 부적합한 에지형태이기 때문이다 (의 위치에서 90도로 회전한 그림2와 같은 에지형태이기 때문에).

농도값이 다른 양 영역을 분리하는 정확한 에지 위치를 찾기 위해서는 에지의 양쪽에 위치하는 영역에 대한 특성을 고려하여야 한다. 에지 위치는 물체의 크기와 함께 기하학적인 물체의 형태를 정확하게 나타낼 수 있어야 한다. 그림5는 정사각형의 실제의 경계선과 이상적인 에지 위치를 보여준다. 이 경우에 실제의 경계선은 물체의 크기와 완전히 일치하지 않고 약간 작다. 그러므로 적합한 에지 위치라고 할 수 없다.

그림6의 (a)에서 안쪽의 상자와 바깥쪽의 정사각형의 예에서 이와같은 사실을 확실히 알 수 있다. 에지의 수평축 사이의 간격을 고려하여 보자. 큰 정사각형과 작은 정사각형의 수평축의 이상적



실제 경계선, 이상적인 에지위치 (a)



실제 경계선, 이상적인 에지위치 (b)

Fig. 6 Edge types resulting from the definition of edge in Fig. 5. (a) Edges of a pair of embeded boxes. (b) Edges of a pair of adjacent squares.

인 에지 사이의 거리는 5화소이다. 그러나 실제 에지 사이의 거리는 4화소를 보여준다. 이와같은 에지 형태는 물체사이의 거리가 5화소이어야 하는 구조에서 아주 부적합한 에지 형태가 된다.

그림6(b)에서 이와같은 또하나의 부적합한 이상적인 에지 형태를 보여주고 있다. 여기에서 두 개의 사각형을 나누는 에지(선 에지)는 두 사각형을 나누고 있다. 그러나 수직으로 볼 때 사각형의 형태가 작아지기 때문에 실제 에지의 위치는 부적합하다. 사각형의 코너에서도 이와같은 부적합한 에지 형태를 포함하고 있음을 알 수 있다. 이와같이 이상적인 에지 위치와 실제의 에지 위치와는 어려운

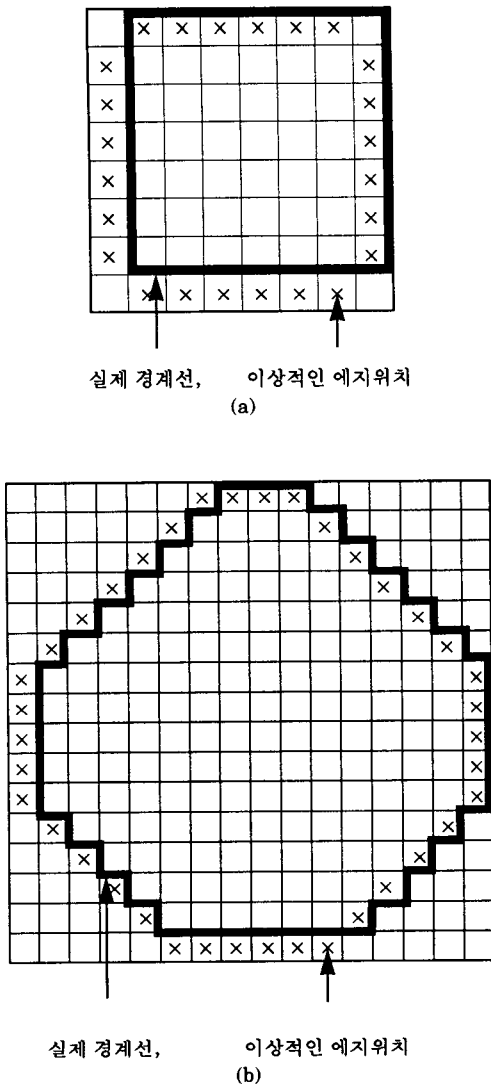


Fig. 7 The valid edge types positions of a square and a hexagon.

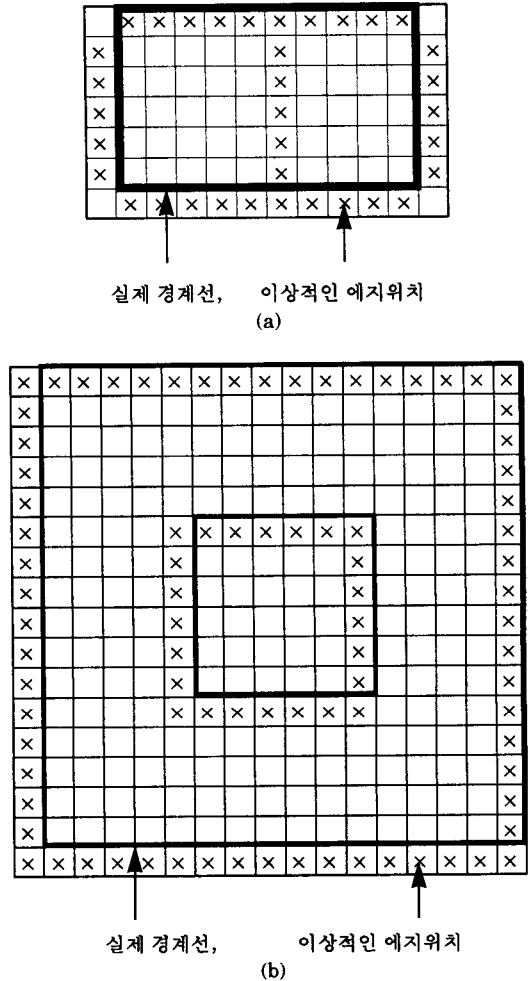


Fig. 8 Edges resulting from the definition of edge positions in Fig. 7. (a)Edges of a pair of adjacent squares. (b)Edges of a pair of embedded boxes

점이 있다.

이와같은 부적합한 에지위치와 물체의 크기는 그림7과 같이 하였을 때 물체의 크기도 변하지 않고 위치도 적합하다. 그림7의 에지위치와 에지형태는 앞에서 설명한 에지정의를 만족시키면서 동시에 두께는 한화소의 에지를 구성할 수 있다.

그림8에서도 그림6의 겹쳐진 두 개의 사각형의 부적합한 에지형태를 적합한 에지형태로 구성할 수 있다.

### 3. 에지검출 연산자의 제안

3장에서는 2장의 에지형태와 에지위치를 이용한 에지검출 연산자를 제안한다.

그림7과 그리고 그림8과 같은 방법으로 그림9와 같은 2-이웃 에지의 양 영역(2개의 이웃에지로 이루어진)으로 구성된 12개의 에지검출 연산자를 제안 한다. 에지의 양영역은 서로 교차하지 않고 각각 에지 양쪽에 존재한다. 에지의 양영역은 R1 과 R2로 표시한다.

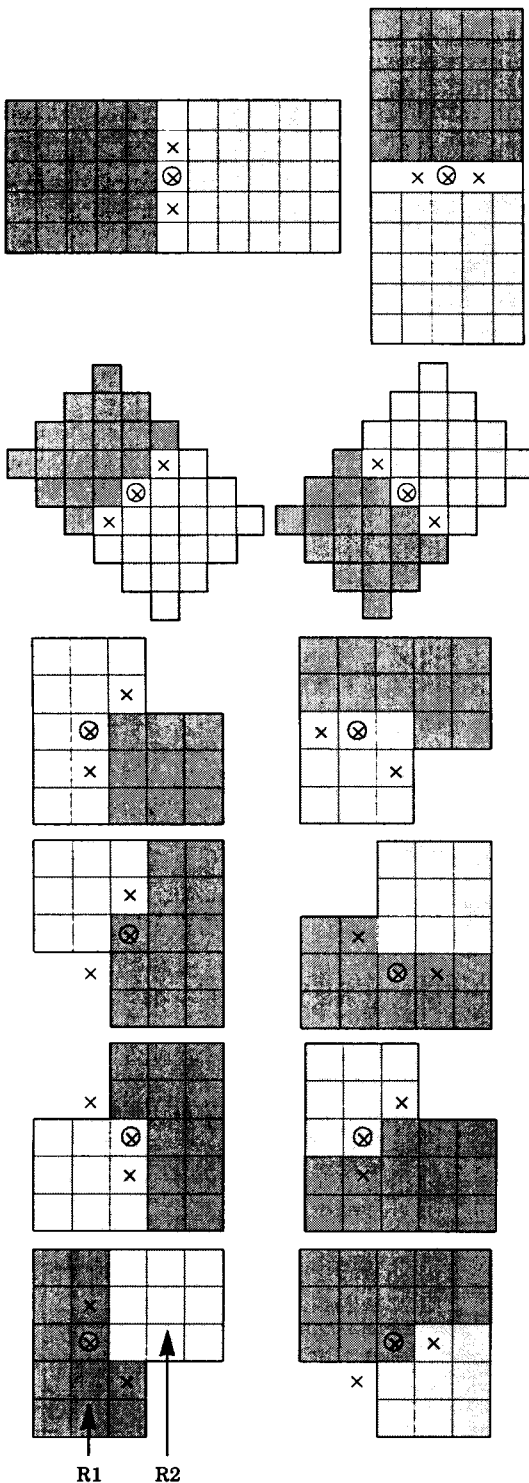


Fig. 9 The 12 edge detection windows based on valid edge types.

그림9는 다른 에지검출 윈도우와 달리 2장에서 정의된 적합한 에지형태를 기준으로 하여 구성된 영역의 특성이 일치하지 않는 영역을 강조하는 윈도우로서, 영역의 특성 불일치의 정의에 따라 윈도우에 유연성을 부여할 수 있는 장점이 있다.

2장의 적합한 에지형태를 기본으로 하여 구성된 에지검출연산자를 적용하여 얻은 화소의 집합을  $D$ 라 하면  $D = \{d(i, j) ; 1 \leq i, j \leq N\}$ 로서 화소농도값이 일치하지 않는 정도에 비례하는 집합이 된다. 화소의 농도값  $d(i, j)$ 는  $0 \leq d(i, j) \leq 255$ 이고 임계값보다 큰 농도값을 가진 화소는 좋은 에지화소 후보가 된다. 이와같은 강조된 영상  $D$ 를 얻는 과정에는 다음과 같은 두가지 사항을 고려하여야 한다.

- ① 에지의 양 영역
- ② 양 영역의 불일치의 정도를 측정할 수 있는 측정함수.

에지의 양 영역은 2장의 적합한 에지형태에 따라 다르다. 이와같은 적합한 에지형태를 기본으로 구성된 윈도우는 굵기는 1화소이고 길이는 3화소인 에지형태를 기본으로한다. 그림9와 같은 에지검출 윈도우의  $R1$ 과  $R2$ 는 각각의 에지의 양영역을 나타내며  $f(R1, R2)$ 는 양영역  $R1$ 과  $R2$ 의 불일치의 정도를 측정하는 함수다. 함수  $f(R1, R2)$ 의 측정값은 양영역의 간단한 평균농도나 농도의 통계적 특성을 기본으로한 측정값일 수도 있다. 즉, 적용 대상에 따라 함수값에 유연성을 부여할 수 있다.

함수값으로 영역의 평균 농도값을 사용하였으며, 원 영상로부터 측정함수  $f(R1, R2)$ 를 적용한 영상  $D$ 를 얻는 과정은 다음과 같다.

A. 12개의 윈도우 각각을 원 영상의 각 화소  $I(i, j)$ 에 적용한다. 각 윈도우에 대한 영역  $R1, R2$ 에 대하여 영역 측정함수  $f(R1, R2)$ 을 계산한다. 가장 큰 함수 값을 나타내는 윈도우 하나를 최적 에지형태로 선택한다. 이때 최적 에지형태는 3개의 에지화소를 갖게되며 에지화소의 위치를  $(i, j), (i1, j1), (i2, j2)$ 로 한다.

B. 최적 에지형태를 이동하여 측정함수  $f(R1, R2)$ 의 값을 다시 계산한다. 즉, 수직, 수평, 대각선 에지형태에 대해 각각방향으로 1화소씩 이동하여 최적 에지형태의 측정함수  $f(R1, R2)$ 의 값을 다시

계산한다.

a. 이동하여 계산한 최적에지형태의 함수 값이 기본 화소위치(i, j)에서의 함수 값보다 더 큰 값이 없으면 화소위치 (i, j)에서의 최적에지형태의 측정 함수 f(R1, R2)의 값을 다음 식과 같이 계산한다.

$D=A \times f(R1, R2)$ . 최적 에지형태의 에지화소위치의 화소값 d(i, j), d(i1, j1), d(i2, j2)을 값 D로 치환한다. 위식에서 가중치인 A를 사용함으로써 적용 대상에 따라 유연성을 부여할 수 있다.

b. 만약 이동하여 계산한 함수 값이 에지화소 위치(i,j)에서의 측정함수 값 보다 큰 값이 있으면 최적 에지형태의 에지화소위치의 화소값을 변경시키지 않는다.

C. 원 영상으로부터 얻은 화소의 함수값 D가 임계값 T보다 크면 에지화소이고 그렇지 않으면 에지화소가 아니다.

#### 4. 실험 및 결과분석

에지추출 알고리즘의 성능을 분석함에 있어서 올바른 에지의 추출과 잘못 추출된 에지의 분석은 여러 에지추출 알고리즘의 성능을 비교함에 있어서 매우 유용하다. 4장에서 주어진 조건하에서의 실험결과를 분석하였다

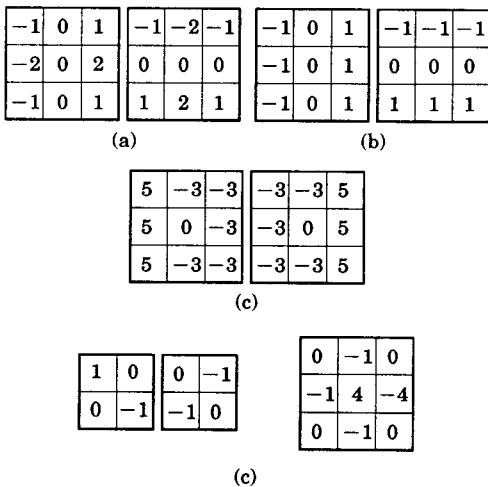


Fig. 10. General Operators (a)Sobel Operator (b)Prewitt Operator (c)Kirsh Operator (d)Robert Operator (e) LoG

실험영상으로 시각적인 결과분석을 위하여 Lenna 영상을 사용하였다. Lenna영상은 256 × 256화소 크기의 영상으로,  $\sigma=30$ 인 가우시안 잡음을 첨가하여 에지추출 성능을 비교분석하였으며, 본 논문에서 제안한 알고리즘에서 A는 1을 그리고 임계값 T는 120을 사용하였다.

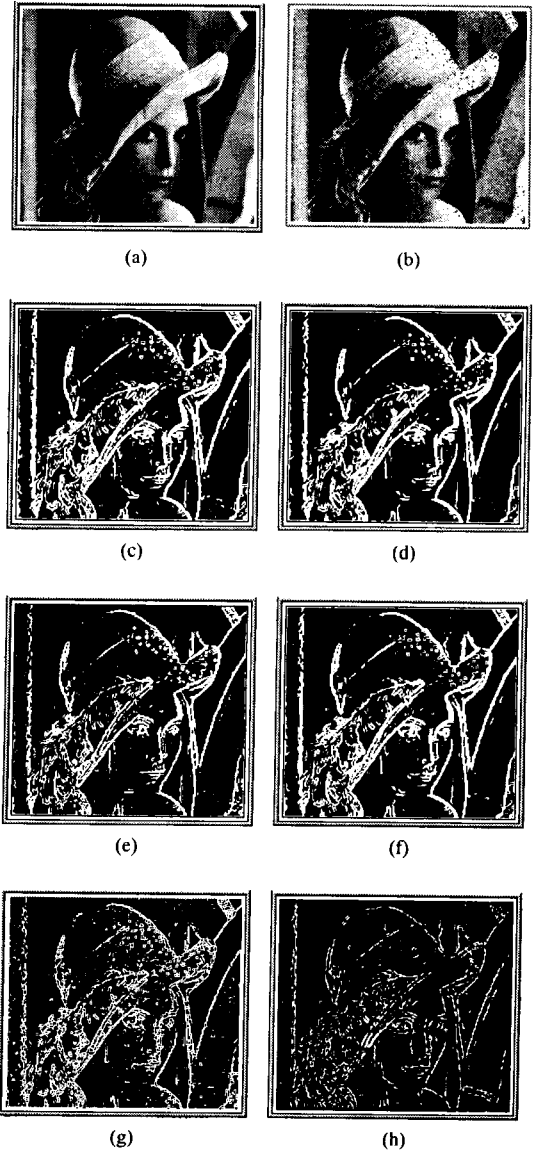


Fig. 11 Lenna image. (a)Original Lenna image (b)Lenna image with  $\sigma=30$  (c)Sobel (d)Prewitt (e)Kirsh (f)Robert (g)LoG (h)Proposed operator.

제안한 에지검출알고리즘과 비교할 연산자는 일반적으로 많이 사용되고 있는 연산자로서 1차미분연산자인 Sobel, Kirsh, Prewitt, Robert 연산자 그리고 2차미분연산자인 LoG 영점교차 연산자를 사용하였으며, 그림10은 본 논문에서 사용한 일반적인 연산자를 보여준다.

그리고 그림11은 LENNA영상을 제안한 에지검출연산자로 검출한 에지영상과 다른 에지검출연산자로 검출한 에지영상을 보여준다. (a)는 LENNA영상이고 (b)는  $\sigma=30$ 인 가우시안 잡음이 첨가된 영상 (C)는 Sobel연산자, (d)는 Prewitt연산자, (e)는 Kirsh연산자, (f)는 Robert연산자, (g)는 LoG연산자, (h)는 제안한 연산자로 검출한 에지영상이다.

그림11에서 기울기 연산자인 Sobel, Kirsh, Robert, Prewitt연산자를 사용하여 검출한 에지영상은 에지두께가 두꺼워 간격이 좁은 에지부분이 훼손되는 경향이 있다. 그리고 LoG연산자는 비록 에지의 굵기가 가늘지만 일반적으로 한개의 선으로 나타내어야 할 부분이 두개의 선으로 그리고 잡음이 많이 남아있는 에지영상으로 나타내어 물체의 형태를 정확히 나타내지 못하는 경향이 있었다. 그러나 제안한 알고리즘을 적용한 후의 에지영상은 일반적인 에지정의에 합당한 에지로 두께는 1화소로 이루어졌으며 길이는 조각난 에지가 적은 긴 에지이며 주위에 있는 잡음도 많이 제거된 에지영상을 보여주었다.

## 5. 결 론

에지검출은 영상인식의 첫 단계임과 동시에 영상인식의 성능을 좌우하는 아주 중요한 단계이다. 기존의 기울기연산자나 표면접합에 의한 에지검출과 달리 본 논문에서는 에지의 영역정보를 이용하여 에지를 검출하였다. 먼저 에지의 적합한 위치, 에지의 두께와 에지의 길이에 대한 정의를 제시하고, 제시된 에지정의를 기본으로 한 12개의 에지검출 윈도우와 알고리즘을 제안하였다. 제안된 에지검출 연산자는 에지의 양쪽에 존재하는 특성이 일치하지 않는 영역의 정의와 정의된 영역을 측정하는 측정함수를 구성하는 방법에 많은 영향을

받았다. 제안한 에지검출연산자로 검출한 에지영상은 일반적인 연산자보다 비교적 위치가 정확하였으며, 에지의 길이는 조각에지가 적은 긴에지로 그리고 이어진 에지를 검출할 수 있었다. 그리고 일반적인 연산자보다 더 좋은 검출효율을 얻을 수 있었다. 에지정의에 에지위치, 에지두께, 에지길이 외에 에지연속성을 추가하여 연산자를 구성한다면 더 성능이 우수한 에지검출연산자를 구성할 수 있을 것으로 생각한다.

## 참고문헌

- 1) L.S. Davis. "A Survey of Edge Detection Techniques," *Computer Graphics and Image Processing* 4, pp.248~270, 1975.
- 2) K. S. Fu and J. Mui. "A Survey on Image Segmentation," *Pattern Recognition* 13, pp.3~16, 1981.
- 3) A. Rosenfeld and A. C. Kak, *Digital Picture Processing*, New York:Academic Press, 1982, 1&2.
- 4) T. Peli and D. Malah, "Survey of Edge Detection Algorithm," *Computer Graphics and Image Processing*, Vol. 20, pp.1~21, 1982.
- 5) D. Marr, *Vision*, New York: W. H. Freeman and Company, pp. 51, 1982. pp. 753~763, May 1979
- 6) D. Marr and E. Hildreth, "Theory of edge Detection." *Proc. Roy. Soc. London b*. vol. 207, 1980.
- 7) L. Kitchen and A. Resenfield, "Edge Evaluation Using Local Edge Coherence," *IEEE Transac. on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. SMC-11, No. 9, September 1981.
- 8) A. Heurtas and G. Medioni, "Detection of Intensity changes with subpixel accuracy using laplacian-Gaussian masks," *IEEE Transac. on PAMI*. Vol. 8, No. 5, pp.651~664, September 1986.
- 9) D. H. Vallard and C. M. Brown, *Computer Vision*, Prentice-Hall, 1982.
- 10) S. Sarker and K. L. Boyer, "On Optimal Infinite Impulse Response Edge Detection Filters," *IEEE Transac. on PAMI*, Vol. 13, No. 11, pp.699

~714, November 1986.

- 11) Hin Leng Tan, Saul B. Gelfand, 丹 ost Minimization Approach to Edge Detection Using Simulated Annealing," IEEE Transac. on Pattern Analysys And Machine Intelligence, Vol. 14 No. 1, January 1991.
- 12) 이진호, 최형일, "퍼지추론을 이용한 적응 에지 검출," 한국정보과학회 논문지, '93, 8 Vol. 20, No. 8, August.

**자 자 소 개**



**김수겸 (金秀謙)**

1954년 7월생, 1986년 2월 전자계산학과 졸업, 1989년 8월 조선대학교 대학원 석사과정 졸업, 1996년 8월 조선대학교 대학원 박사과정 졸업, 2000년 3월 현재 목포해양대학교 기관공학부 부교수



**박중순 (朴重淳)**

1951년생 4월생, 1974년 1월 한국해양대학교 기관학과 졸업, 1089년 한국해양대학교 대학원 석사과정 졸업, 1992년 조선대학교 대학원 박사과정 졸업, 2000년 3월 현재 목포해양대학교 기관공학부 교수.



**최정희 (崔正姬)**

1974년 2월생, 1997년 2월 목포해양대학교 기관공학부 졸업, 2000년 현재 목포해양대학교 기관공학부 석사과정(전기, 제어 전공) 재학중