

新局部 適應 에지 演算子에 관한 研究

(A Study on a New Locally Adaptive Edge Operator)

丁 奎 聖*, 朴 來 弘**

(Gyoo Sung Jung and Rae-Hong Park)

要 約

本 論文에서는 細線化된 에지를 얻을 수 있으며 밝기 차가 작은 영역들간의 에지도 잘 찾을 수 있는 새로운 두 단계 에지 檢出방법을 제안하였다. 첫번째 단계에서는 E* 필터의 개념으로부터 應用된 제안한 에지 演算子를 사용하여 에지 후보점들을 얻으며 두번째 단계에서 실제 에지들을 에지 후보점과 그 후보점에 대응되는 局部 適應 臨界값과의 비교와 에지 후보점들의 zero-crossing 여부의 판단에 의하여 구한다. 이 제안한 방법을 사용할 경우 임펄스 雜音에 의하여 損傷된 映像에 대한 에지 檢출을 효과적으로 할 수 있음을 定量的으로 보였으며, 제안한 방법을 실제映像에 적용시킨 결과도 제시하였다.

Abstract

This paper presents a new two-stage edge detection algorithm which can give thin edges and can find edges between low contrast regions. In the first stage, the potential edge points are obtained using the proposed edge operator which is motivated by the concept of the E filter. And in the second stage, the real edge points are detected by comparing the potential edge values with the locally adaptive threshold values of the corresponding potential edge points and by testing whether the potential edge points are zero-crossing points or not. It is shown quantitatively that the proposed algorithm can find edges effectively in an image with impulse noise, and also the results of applying the proposed algorithm to real images are presented.

I. 序 論

우리는 주어진 영상에서 에지(edge)를 찾아내어 物體의 認識이나 영역의 分割 등에서 매우 중요한 情報로 사용한다. 이러한 에지를 찾아내기 위해서 이미 여러 방법들이 제시되어 왔는데 그 중에서 局部 演算子(local operator)를 사용하는 방법이 비록 성능이 다른 복잡한 계산 과정을 거치는 방법들보다^{1,2)} 떨어지고, 구한 에지 값들에 대해 臨界값(threshold value)

을 정해 주어야 하는 短點이 있지만 과정이 간단하고 實時間 處理가 가능하여 많이 사용되고 있다. 局部 에지 演算子의 대표적인 예로는 sobel, prewitt, gradient 그리고 Laplacian 演算子^{3,4)} 등이 있다.

本 論文에서는 이러한 局部 에지 演算子들과 같이 계산 과정이 간단하여 實時間 處理가 가능하면서도 보다 성능이 향상되고 臨界값을 정하지 않고도 에지를 檢출할 수 있게 하기 위하여 雜音이 섞인 二次元 映像에서 에지 보존 스톱딩(edge preserving smoothing)에^{5,6)} 사용되는 E* 필터의⁷⁾ 개념을 응용한 새로운 형태의 局部 에지 演算子를 제안하여 에지 후보점들을 구하고, 여기서 얻어진 에지 후보점의 값들을 각 후보점에 대응하는 위치의 원래 映像에서 구한 局部 適應 臨界값과의 비교와 에지 후보점들의 zero-crossing 여

*準會員, **正會員, 西江大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Sogang Univ.)
接受日字: 1987年 1月 9日
(※ 본 연구는 서울대학교 공과대학 위탁연구 과제의 일부로 이루어진 것임.)

부의 판단에 의하여 실제 에지를 검출해 낼 수 있는 효과적인 두 단계 방법을 제시하였다. 또한 제안한 에지 검출 방법의 성능을 다른 局部 에지 演算子들과 비교함으로써 그 有用性을 입증하였다.

本 論文의 구성을 살펴보면 먼저 II 장에서는 기존의 E^* 필터의 개념에 대한 간단한 설명이 있고, III 장에서는 E^* 필터의 개념을 應用한 새로운 제안한 에지 演算子에 대하여 설명하였다. IV 장은 제안한 연산자에 대한 局部 適應 臨界값 결정 방법과 zero-crossing 여부의 판단 방법에 대하여 다루었으며, V 장에서는 제안한 에지 검출 방법을 임펄스(impulse) 雜音이 있는 간단한 映像과 실제 映像에 대하여 적용시킨 결과를 다른 局部 에지 演算子의 결과와 비교하였다. 마지막으로 VI 장에서 結論을 맺었다.

II. E^* 필터

雜音이 섞인 映像의 에지 보존 스프딩에 사용되는 E^* 필터는⁷⁾ 단순히 處理되는 畫素를 따라 이동하는 $(2n+1) \times (2n+1)$ 창(window) 내의 모든 畫素들에 대한 平均값을 스프딩시킨 결과로 出力시키는 平均(mean) 필터와는 달리 창 내의 畫素중 K개의 선택된 畫素들만의 平均값을 出力시키는 필터로 이러한 방법을 사용하면 에지를 보존하면서 雜音의 제거가 가능하게 된다. 여기서 K개의 창내의 畫素는 中心畫素와의 값의 차이가 가장 작은 畫素로 선택된다. 즉 모든 周圍畫素중 中心畫素와 같은 영역에 속한다고 판단되는 周圍畫素만 사용하여 스프딩을 취해주므로 다른 영역에 속하는 畫素를 사용할 때 생기는 blurring 현상이 없는, 다시 말해서 에지를 보존시키면서 雜音을 제거시켜 줄 수 있는 스프딩 방법이다.

이러한 E^* 필터는 入力信號 $x(i, j)$ 를 중심으로 하여 $(2n+1) \times (2n+1)$ 창 내에 있는 畫素를 $x(k, l)$ 이라 할 때 다음과 같은 과정을 통하여 결과값 $X(i, j)$ 를 出力시킨다.

(1) $|x(i, j) - x(k, l)|$ 을 계산한다.

단 $i-n \leq k \leq i+n, k \neq i$

$j-n \leq l \leq j+n, l \neq j$

(2) (1)의 계산 결과 가장 작은 값이 구해지는 $x(k, l)$ 을 K개 선택하여 이들의 平均값 $x(i, j)$ 를 구한다.

여기서 K값은 線과 같은 특별한 특징을 고려하지 않는 한 3×3 (즉 $n=1$) 창 내에서는 3에서 5까지의 값을 사용하면 적당하다.

III. 제안한 에지 演算子

E^* 필터의 3×3 의 창 내에서 K가 3인 경우를 고려하여 中心畫素와 畫素값의 차이가 가장 작은 周圍畫素

를 3개 선택하고, 이번에는 中心畫素와 畫素값의 차이가 가장 큰 周圍畫素를 3개 선택하여 먼저 구한 3개의 畫素들에 대한 平均값과 나중에 구한 3개의 畫素들에 대한 平均값의 차이를 에지 값으로 구하는 것이다. 이때 구한 에지 값은 絕對값을 취하지 않았으므로 陰數값도 가질 수 있게 된다. 따라서 구한 에지 값중 陽數값만을 에지 후보점으로 판정해 주면 영역들간의 경계 부근에서 細線化된 에지 후보점들을 구할 수 있다. 즉 영역의 경계 부근에서 제안된 연산자를 사용할 경우 인접한 두 에지 값이 각각 陽數값 및 陰數값을 갖게 되므로 이들 중 陰數값을 갖는 에지만을 고려하여 실제 에지를 찾아낼 수 있는 동시에 細線化된 에지를 구할 수 있는 것이다.

이렇게 제안한 에지 연산자에 의한 결과로부터 창내의 각 3개의 畫素들의 平均값의 차로부터 구한 에지 크기에 대한 情報 뿐만 아니라 에지의 位置로부터 얻어지는 zero-crossing 여부에 대한 情報도 얻을 수 있어서, 이들 중 한가지 情報만 이용하여 에지를 구하는 다른 局部 에지 演算子에 의한 방법들 보다 효과적인 에지 검출이 가능하게 된다.

이상의 제안된 방법을 앞서 설명한 E^* 필터의 경우와 같이 결과 값을 구하는 과정을 간단히 표현해 보면 다음과 같다.

(1) $|x(i, j) - x(k, l)|$ 을 계산한다.

단, $i-1 \leq k \leq i+1, k \neq i$

$j-1 \leq l \leq j+1, l \neq j$

(2) (1)의 계산 결과 가장 작은 값이 구해지는 $x(k, l)$ 을 3개 선택한다.

(3) (1)의 계산 결과 가장 큰 값이 구해지는 $x(k, l)$ 을 3개 선택한다.

(4) (2)에서 선택된 3개의 平均값을 구하여 이를 $X_1(i, j)$ 라 한다.

(5) (3)에서 선택된 3개의 平均값을 구하여 이를 $X_2(i, j)$ 라 한다.

(6) $X_1(i, j)$ 와 $X_2(i, j)$ 의 차를 계산한다.

(7) (6)에서 구한 값중 陽數값만을 에지 값 $X(i, j)$ 로 한다.

수학적으로 표현해 보면, 만일

$w_1(k, l) = 1$ 단계 (2)에서 선택된 $x(k, l)$ 에 대하여,
= 0 그 밖의 경우.

$w_2(k, l) = 1$ 단계 (3)에서 선택된 $x(k, l)$ 에 대하여,
= 0 그 밖의 경우.

이라 하면,

$$X_1(i, j) = \sum_{k=i-1}^{i+1} \sum_{l=j-1}^{j+1} w_1(k, l) \times x(k, l) / 3$$

$$X2(i, j) = \sum_{k=i-1}^{i+1} \sum_{l=j-1}^{j+1} w2(k, l) \times (k, l) / 3$$

이 되고,

$$X(i, j) = [X1(i, j) - X2(i, j)]^*$$

이다.

여기서 $(\cdot)^*$ 는 $(\cdot) \geq 0$ 일때 $(\cdot)^* = (\cdot)$ 이고 $(\cdot) < 0$ 일 때는 $(\cdot)^* = 0$ 이다.

이상의 과정을 통하여 제안한 에지 演算子가 Sobel 을 비롯한 기존의 에지 演算子의 경우에서 처럼 정해진 構造的 형태의 마스크(mask)를 이용한 방법과는 달리 창 중심의 화소값과 주위 화소값의 차이에 따라 考慮 畫素를 선택하여 에지 값을 구하는 것을 알 수 있는데, 이와같은 차이점으로 인하여 평균 밝기 차가 작은 영역들간의 경계에 해당하는 에지들을 보다 잘 찾아내고, 또한 실제 映像에 좀 더 가까운 에지들을 찾을 수 있게 된다.

또한 이렇게 選擇된 방법을 사용하기 때문에 映像에 임펄스 雜音이 있을 때 이것의 영향을 상당히 줄이면서 에지 검출이 가능하게 되는데 그 방법은 앞서의 에지 검출 과정중 과정 (4)와 과정 (5)에서 平均값 대신 中央값(median)을 사용하는 것이다. 平均값 대신에 中央값을 이용하여 임펄스 형태의 雜音에 대하여 성능을 좋게 한 에지 검출 방법에 대해서는 이미 제시된 바가 있는데 제시된 방법¹⁾이 기존의 構造的 형태의 局部 演算子에 적용시킨데 대하여 본 논문에서는 제안한 에지 演算子에 적용시킨 것이다.

이 변형된 새로운 과정을 과정 (4)'와 과정 (5)'라 하면 다음과 같이 표현될 수 있다.

(4)' (2)에서 선택된 3개의 中央값을 구하여 이를 $X1(i, j)$ 라 한다.

(5)' (3)에서 선택된 3개의 中央값을 구하여 이를 $X2(i, j)$ 라 한다.

이러한 변형된 방법을 사용하면 임펄스 雜音에 영향을 별로 받지 않는 에지 검출이 가능하게 된다.

IV. 局部 適應 Thresholding과 Zero-Crossing여부의 判斷

1. 局部 適應 thresholding

앞서 제안한 演算子에 의한 에지 검출 결과, 細線化 되고 詳細한 에지를 얻을 수 있었으나 영역들간의 경계부분이 아닌 영역 내에서, 즉 밝기 차가 작은 부분에 대해서도 너무 敏感하게 에지가 구해지고 여전히 기존의 局部 에지 演算子의 경우와 마찬가지로 에지로 판정해 주기 위한 臨界값을 정해 주어야 하는 문제점들이 있게 되는데 이러한 두 문제점을 동시에 해결할

수 있는 방법으로 기존의 局部 適應 臨界 결정(locally adaptive threshold) 방법을 응용한 새로운 局部 適應 臨界 결정 방법을 제안하였다.

기존의 LAT(locally adaptive threshold)¹⁾ 방법은 8 방향을 갖는 局部 演算子로 구한 에지 값과 원래 映像에 低域通過 필터(low pass filter)를 취한 값을 비교하여 畫素 단위로 臨界값을 결정시켜 주는 방법으로 다음과 같이 간단히 표현될 수 있다.

$$LAT = \frac{\text{畫素}(i, j)\text{에서의 } 8 \text{ 방향 에지 값중 最大값}}{\text{畫素}(i, j)\text{에서의 } 低域通過 필터 \text{出力값}}$$

이러한 방법을 사용하면 각 畫素에 대한 臨界 값이 원래 映像의 畫素값에 의해 결정되므로, 어두운, 즉 畫素값이 작은 영역에서는 臨界 값이 상대적으로 작게 되어 밝기 차가 작은 부분의 에지를 잘 찾는 반면에 밝은 영역에서는 이와 반대되는 효과에 의해서 밝기 차가 작은 부분의 에지를 잘 찾지 못하게 되어 결과적으로 어두운 영역에서만 비교적 밝기 차가 작은 에지를 잘 찾게 되는 특성을 갖게 된다.

本 論文에서는 기존의 LAT 방법의 문제점을 해결하며 제안한 에지 演算子에 보다 잘 적용되는 새로운 LAT 방법을 다음과 같이 제안하였다. III장에서 제안한 에지 演算子로 구한 에지 값을 $E(i, j)$, (i, j) 를 중심으로 한 3×3 창에서의 에지값들의 平均을 $\bar{E}(i, j)$, 원래 映像의 畫素 값을 $G(i, j)$, 원래 映像을 反轉(inversion)시킨 경우의 畫素값을 $I(i, j)$ 라 하면 새로운 LAT 방법은 다음과 같은 방법으로 에지 후보점을 실제 에지로 변형시켜 준다.

- (1) III장에서 제안한 방법으로 먼저 $\bar{E}(i, j)$ 를 구한다.
- (2) 3×3 창에서 $\bar{E}(i, j)$ 를 구한다.
- (3) 원래 映像의 3×3 창 내에서 $\bar{G}(i, j)$ 를 구한다.
- (4) 反轉시킨 映像의 3×3 창 내에서 $\bar{I}(i, j)$ 를 구한다.
- (5) $\bar{G}(i, j) / \bar{E}(i, j) = LAT1$ 을 구한다.
- (6) $\bar{I}(i, j) / \bar{E}(i, j) = LAT2$ 을 구한다.
- (7) $E(i, j) = 1$, if $E(i, j) \geq LAT1$ OR $E(i, j) \geq LAT2$
 $= 0$, if $E(i, j) < LAT1$ AND $E(i, j) < LAT2$

위의 제안한 局部 適應 臨界값 결정 과정에서 LAT1항만 고려한다면 局部 適應 臨界 값을 원래 映像의 畫素값으로부터 직접 구하게 되므로 비록 밝기 차가 큰 경계 부근에서는 에지의 平均값이 크게 되어 원래 映像의 畫素값의 영향을 거의 받지 않게 되지만 밝기 차가 작은 경계 부근에서는 반대되는 경우로 기존의 LAT 방법과 類似하게 상대적으로 어두운 영역에 해당하는 곳의 에지들만을 敏感하게 찾게 된다. 그러나 이러한 경우에는 원래 映像의 畫素값을 反轉시킨 映像을 고려해 주는 LAT 2항에 의하여 앞서의 결과와 반대되는

효과, 즉 밝은 영역에서 상대적으로 민감하게 에지들을 찾게 해줌으로써 기존의 LAT 방법과는 달리 부분적인 영역의 畫素값에 관계없이 전체 映像에 대하여 밝기 차가 작은 부분의 에지들을 잘 찾게 해 주었다. 또한 제안한 LAT 방법은 LAT의 결정에 에지의 平均값을 사용하여 에지의 平均값이 크면 상대적으로 臨界값을 작게함으로써 에지를 잘 찾게 해 주고 平均값이 작으면 臨界값을 크게 해 주어 에지를 구하지 않게 해 주는 과정으로 기존의 LAT 방법보다 더욱 映像의 局部的인 특성을 고려하여 주었다.

2. Zero-crossing 여부의 判斷

제안한 에지 演算子를 사용하여 에지 후보점을 구하고 여기에 제안한 LAT 방법을 적용시켰을 경우에는, 가장 適當(optimal)하다고 판단된 全體的인 臨界값(global threshold value)을 적용시킨 경우보다 작은 밝기 차를 갖는 영역들간의 경계를 잘 찾아주고 영역 내의 畫素값의 변화에 너무 敏感한 短點을 없애 주는 동시에 가장 중요한 長點인 臨界값을 결정해 주어야 하는 과정없이도 에지의 검출이 가능해지나 에지가 한 畫素 두께를 갖지 않는 결과가 얻어지므로 理想的인 에지 검출에 가깝게 해 주기 위하여 zero-crossing 여부의 판단을 추가해 주어 결과적으로 한 畫素 두께의 에지 검출이 가능하게 해 주었다.

Zero-crossing 후보점의 검출은 그 자체가 하나의 에지 검출 방법으로 간단한 예가 Laplacian과 Geuen의¹⁰⁾ 演算子이다. 이러한 演算子의 특징은 한 화소 두께의 연결된 에지를 찾을 수 있는 반면에 에지가 너무 畫素값의 변화에 敏感하여 실제 에지가 없는 영역 내에서도 에지를 찾아내는데, 에지 값의 크기 에 대한 情報보다는 에지의 位置에 대한 情報을 주로 얻기 때문에 영역내의 잘못된 에지를 구별해 내는 것이 쉽지 않게 된다. 즉 이는 Sobel과 같은 종류의 에지 값의 크기 정보를 주로 이용하는 演算子와는 반대가 되는 특성이 된다.

물론 Marr-Hildreth¹¹⁾의 방법과 같이 zero-crossing 情報만을 이용하면서 가우시안(gaussing) 형태의 잡음에 鈍感하며 한 畫素 두께의 연결된 에지를 찾을 수 있는 演算子도 있지만 실제 에지 크기에 대한 情報을 얻을 수 없으므로 에지 후보점이 아닌 정확한 에지의 검출이 어렵게 되고, 앞서 序論에서 언급했듯이 계산 방법이 복잡하여 實時間 處理에 적합한 방법이 되지 못하면서 人間の 視覺특성과 類似하게 임펄스 雜音에 敏感한 短點이 있기 때문에¹²⁾ 제안한 에지 검출 방법의 특성과는 차이가 있으므로 類似한 개념이면서 실현이 容易한 Keskes¹³⁾의 방법을 사용하여 zero-cro-

ssing 에지를 검출하여 제안한 방법과의 성능 비교에 사용하였다. 이 Keskes의 방법은 映像을 각각 크기가 다른 두 低域通過 필터를 통과시킨 후 이들의 차로써 에지 값을 구하는 것으로 映像信號를 $f(x, y)$, 에지값을 $g(x, y)$ 라 할 때 다음과 같이 구해진다.

$$g(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=-N/2}^{N/2} \sum_{j=-N/2}^{N/2} f(x+i, y+j) - \frac{1}{M} \sum_{i=-M/2}^{M/2} \sum_{j=-M/2}^{M/2} f(x+i, y+j)$$

여기서 $N < M$ 이고 구한 에지값 중에서 한가지 符號의 에지값을 갖는 畫素들 중에서 자신을 中心으로 橫이나 縱방향으로의 4개의 周圍 畫素중 자신과는 다른 符號의 에지값을 갖는 畫素만을 zero-crossing에 해당되는 에지로 판단해 주는 것이다.

제안한 에지 검출 방법에서의 zero-crossing 에지점의 판단은 앞서의 방법과는¹³⁾과는 약간 다르게 8방향의 周圍 畫素를 모두 고려하여 주었고 에지값의 크기 도 zero-crossing 후보점이 주위의 畫素와 비교하여 가장 큰 값이 되도록 해 주었다. 제안한 방법에서의 zero-crossing 情報은 이를 직접 에지 후보점을 검출하는데 사용한 것이 아니라 앞서의 제안한 에지 演算子와 제안한 LAT 방법의 적용 결과 얻어지는 실제 에지들에 대하여 적용시켜서 最終적으로 구한 에지들이 한 화소 두께를 갖게하여 理想的인 에지 검출에 가깝게 해 주기 위하여 사용되었다.

이상의 모든 과정을 통하여 제안한 에지 검출 방법이 에지의 크기 情報인 에지 絕對값과 位置 情報인 에지 값의 符號를 동시에 고려하는 새로운 방법으로 기존의 局部 에지 演算子가 에지 검출시 사용되는 대표적인 특성들을 모두 고려하는 방법임을 알 수 있다.

V. 시뮬레이션 結果 및 檢討

실험에 사용된 映像은 모두 256×256 어레이, 256 그레이 레벨을 갖는 映像이며, 실험은 IBM-PC/XT로 수행하였다. 먼저 임펄스 雜音에 대한 실험에 사용된 映像은 그림 1(a)에 나타나 있는데 여기서 物體에 해당되는 두 개의 圓의 그레이 레벨은 125로 하고 배경의 그레이 레벨은 75로 하였으며, 임펄스 雜音은 uniform (0, 1) random number generator를 사용하여¹⁴⁾ 畫素의 位置를 임의로 정하고 그곳의 레벨이 레벨을 255로 하였다. 여기서 임펄스 雜音은 전체 畫素에 대하여 발생될 確率을 0.015로 하였다.

표 1은 제안한 演算子를 임펄스 雜音에 대하여, 임펄스 형태의 雜音에 대하여 성능이 좋은 中央값 비교 演算子,¹⁵⁾ 그리고 잘 알려진 Sobel 演算子 등과 성능

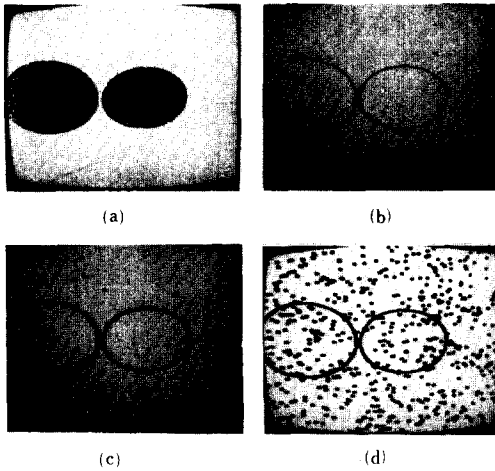


그림 1. 임펄스 雜音 映像에 대한 에지 검출
 (a) 雜音 映像
 (b) 제안한 演算子에 의한 결과
 (c) 中央값 비교 演算子에 의한 결과
 (d) Sobel 演算子에 의한 결과

Fig. 1. Edge Detection for an Impulse Noisy Image.
 (a) Noisy Image.
 (b) Output by Using the Proposed Operator.
 (c) Output by Using the Median Comparison Operator.
 (d) Output by Using the Sobel Operator.

표 1. 임펄스 雜音 映像에 대한 성능 비교

Table 1. Performance Comparison on an Impulse Noisy Image.

파라메터	제안한演算子	中央값 비교 演算子	Sobel
P (TE/AE)	0.968	0.879	0.228
P (AE/TE)	0.989	1.000	1.000
EMD	0.019	0.242	4.780

을 비교한 것이다. 여기서 비교한 성능은 구한 에지 (assigned edge) 중 실제 에지 (true edge)의 比率 P (TE/AE), 구한 에지가 실제 에지에 포함되는 比率 P (AE/TE),¹²⁾ 그리고 雜音에 의하여 변화된 平均 에지 값 EMD (edge mean difference) 등인데, 실제 에지는 임펄스 雜音이 섞이지 않은 映像에 각 에지 演算子를 적용시켜 구한 에지이고 구한 에지는 雜音이 섞인 映像에 역시 각 에지 演算子를 적용시켜 구한 에지이다. 그리고 EMD 값은 임펄스 雜音이 섞이기 전의 에지 값을 E1(i, j), 섞인 후의 에지 값을 E2(i, j) 라 할 때 아래 식과 같이 구하였는데, 이것은 雜音에 대한 에지의 敏感度를 구하는 尺度가 된다.

$$EMD = (1/N)^2 \sum_{i=1}^{L \times N} \sum_{j=1}^{L \times N} |E1(i, j) - E2(i, j)|$$

결과 값을 보면 제안한 演算子가 임펄스 형태의 雜音에 대하여 비교에 사용한 다른 演算子들보다 나은 성능을 보이고 있으며 Sobel 연산자가 가장 좋지 않은 성능을 보이고 있다. 또한 실제 映像에 대하여 임펄스 雜音을 고려한 경우가 그림 2에 나타나 있는데 여기서도 앞서의 그림 1의 경우와 類似한 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 이상의 모든 과정(그림 1과 그림 2)에서 臨界값은 사용하지 않았으며, 임펄스 雜音의 seed를 변화시킨 경우 그리고 雜音의 양을 변화시킨 경우에서도 全體의인 결과의 趨勢에는 별 영향이 없었다.

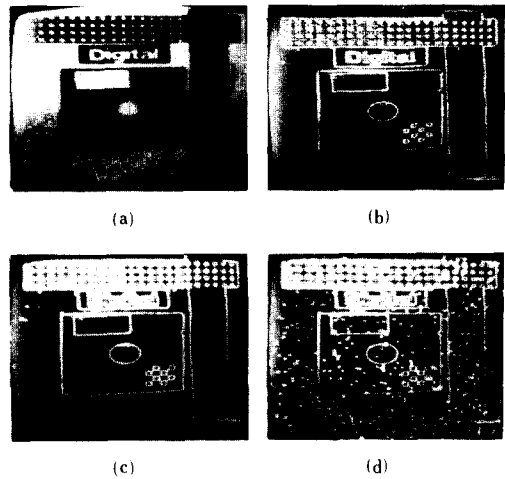


그림 2. 임펄스 雜音 映像에 대한 에지 검출
 (a) 雜音 映像(실제 映像)
 (b) 제안한 演算子에 의한 결과
 (c) 中央값 비교 演算子에 의한 결과
 (d) Sobel 演算子에 의한 결과

Fig. 2. Edge Detection for an Impulse Noisy Image.
 (a) Noisy Image (Real Image).
 (b) Output by Using the Proposed Operator.
 (c) Output by Using the Median Comparison Operator.
 (d) Output by Using the Sobel Operator.

제안한 에지 검출 방법을 실제 映像에 적용시킨 결과를 그림 3에서 그림 5에 걸쳐서 각 映像에 대하여 Sobel 演算子와 Keskes의 zero-crossing 演算子¹¹⁾ (M=7, N=3)의 결과와 각각 비교하였다. 제안한 방법을 제외한 각 演算子를 사용하였을 경우의 臨界값은 映像에 따라 에지의 수가 전체 畫素 수의 10 내지 20% 정도되게 조정하여 제안한 방법의 最終 적용 결과

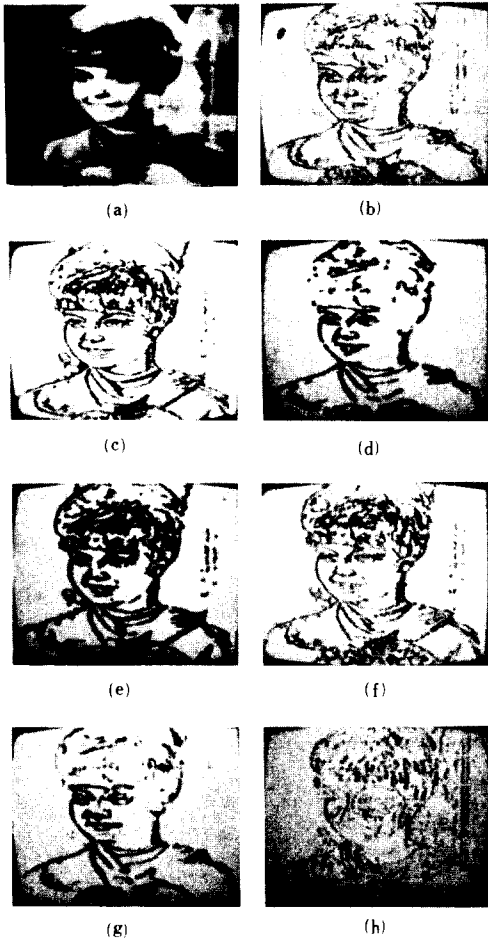


그림 3. GIRL 映像에 대한 에지 검출
 (a) 원래 映像
 (b) 제안한 에지 演算子만 사용한 결과
 (c) LAT1만 사용한 결과
 (d) LAT2만 사용한 결과
 (e) LAT1과 LAT2를 모두 사용한 결과
 (f) (e)의 결과에 zero-crossing 情報를 이용한 결과
 (g) Sobel 演算子에 의한 결과
 (h) zero-crossing 演算子에 의한 결과

Fig. 3. Edge Detection for a GIRL Image.
 (a) Original Image.
 (b) Output by Using a Global Threshold Value.
 (c) Output by Using only LAT1.
 (d) Output by Using only LAT2.
 (e) Output by Using both LAT1 and LAT2.
 (f) Output by Using Zero-crossing Information on (e).
 (g) Output by Using the Sobel Operator.
 (h) Output by Using the Zero-crossing Operator.

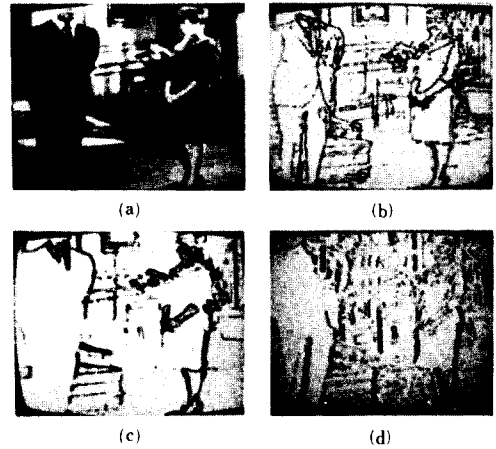


그림 4. COUPLE 映像에 대한 에지 검출
 (a) 원래 映像
 (b) 제안한 방법에 의한 결과
 (c) Sobel 演算子에 의한 결과
 (d) Zero-crossing 演算子에 의한 결과

Fig. 4. Edge Detection for a COUPLE Image.
 (a) Original Image.
 (b) Output by Using the Proposed Operator.
 (c) Output by Using the Sobel Operator.
 (d) Output by Using the Zero-crossing Operator.

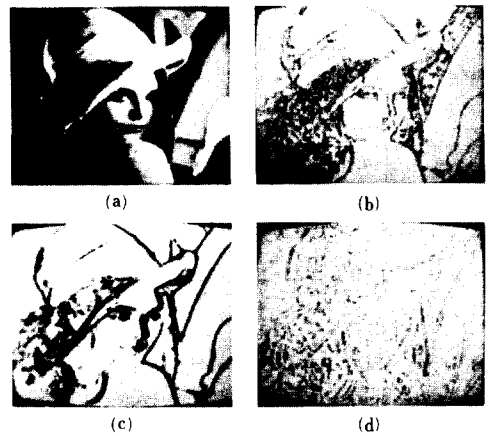


그림 5. LENNA 映像에 대한 에지 검출
 (a) 원래 映像
 (b) 제안한 방법에 의한 결과
 (c) Sobel 演算子에 의한 결과
 (d) Zero-crossing 演算子에 의한 결과

Fig. 5. Edge Detection for a LENNA Image.
 (a) Original Image.
 (b) Output by Using the Proposed Operator.
 (c) Output by Using the Sobel Operator.
 (d) Output by Using the Zero-crossing Operator.

나타나는 에지의 수와 비슷하게 해주었다. 그리고 실제 映像에 대해서는 에지 검출의 성능을 비교하는 완전한 기준이 없으므로 視覺에 의한 판단을 기준으로 하였다. 여기서 點 형태의 孤立되어 나타나는 에지들은 除去시켜 주었다.

제안한 방법에 대해 각 과정의 자세한 결과는 그림 3 에 나타나 있고 그림 4 와 그림 5 에서는 主要한 결과들만 비교하였다. 제안한 방법중 첫번째 단계의 제안한 에지 演算子로 구한 에지 후보점들에 대하여 두번째 단계를 거치지 않고 큰 에지 값을 갖는 순서로 에지의 수가 두번째 단계까지 거쳐서 最終적으로 구한 실제 에지의 수와 비슷하게 구해 준 결과가 그림 3 (b) 에 나타나 있다. 그림에서도 알 수 있듯이 이렇게 제안한 에지 演算子만을 사용한 경우에는 비록 한 화소 두개의 에지들을 찾을 수 있으나 영역내의 畫素 값의 변화에 너무 敏感한 短點이 있고 臨界값도 결정해 주어야 한다. 그림 3 (c), (d)에 각각 제안한 演算子로 구한 에지 후보점에 LAT1과 LAT2를 적용시킨 결과가 나타나 있다. 여기서 LAT1만 적용시킨 경우에는 映像 下段의 밝은 영역에서 에지를 찾지 못하게 되나 LAT2를 고려함으로써 이러한 문제를 해결할 수 있음을 볼 수 있다. 그림 3 (e)에 LAT1과 LAT2를 동시에 고려한 에지 검출 결과가 나타나 있으며 그림 3 (f) 가 zero-crossing 여부의 판단까지 거친 最終 결과에 해당된다. 그리고 그림 3 (g), (h)는 각각 Sobel과 Keskes의 演算子를 취하여 앞서 언급한 바와 같이 구한 에지 후보점들 중 큰 에지값을 갖는 순서로 에지의 수를 제안한 방법의 最終 결과의 에지 수와 비슷하게 구해 준 결과이다.

실험 결과를 보면 제안한 에지 검출 방법을 적용시켰을 경우가 비교의 대상이 되는 다른 두 방법의 長點만을 포함하는 좋은 결과를 보임을 알 수 있다. 그 특징을 살펴보면, 첫째로 제안한 방법의 경우 zero-crossing 방법의 長點에 해당되는 한 화소 두개로 연결된 에지를 비교적 잘 구하면서 短點에 해당되는, 에지가 영역내에 敏感하게 생기는 것을 에지 후보점의 에지값의 크기를 이용하여 없애주었으며, 두번째로 構造的인 형태의 局部 演算子를 이용하는 방법에서의 短點인 두꺼운 에지가 없어지는 것을 에지 후보점의 zero-crossing 情報를 사용하여 改善하였으며, 에지를 구하는데 있어서 臨界값을 정해 줄 필요가 없게 하였다. 따라서 결과적으로 구한 에지에 대한 細線化(thinning)나 구한 에지가 臨界치 이하의 畫素들로 구성되었을 경우에 이를 除去시켜 주는 과정(contour length test) 등의 後處理가 필요없게 된다.

제안한 에지 검출 방법의 또 다른 長點은 앞서 序論

에서도 언급했듯이 다른 局部 演算子들과 같이 과정이 간단하여 그 실현이 용이하다는 것인데 수행시간이 Sobel 演算子와 비교했을 경우 약 7 배 정도 걸리고 있는데 이는 Sobel 연산자의 경우 臨界값을 정해 주어야 하는 과정을 고려한다면 그리 오래 걸리는 것이 아니다.

VI. 結 論

本 論文에서는 E* 필터의 개념을 應用한 새로운 에지 演算子를 사용하여 검출된 에지 후보점들에 局部 適應 臨界값 결정과 zero-crossing 여부의 판단에 의해서 실제 에지를 구하는 두단계 에지 검출 방법을 제안하여 기존의 에지 검출 演算子와 임펄스 雜音이 들어간 간단한 入力 映像에 대해서는 定量的으로, 실제 映像에 대해서는 定性的으로 그 성능을 비교하였다.

제안한 방법을 사용한 결과 기존의 局部 에지 검출 방법보다 細線化된 에지들을 얻을 수 있고 밝기 차가 작은 부분의 에지들도 잘 찾으며 기존의 방법과는 달리 入力 映像에 따라 臨界값을 정해줄 필요가 없다는 長點을 가지고 있다. 또한 平均값 대신에 中央 값을 사용할 경우 그 성질상 임펄스 형태의 雜音에 매우 강한 특성을 갖게 된다. 수행시간을 고려할 경우에도 기존의 局部 演算子들과 큰 차가 나지 않게 되어 실현이 容易하게 된다.

또한 제안한 에지 연산자는 에지값이 에지의 방향 등에 영향을 받지 않는 理想的인 특성을 가지고 있게 되며 에지값을 구하는 방법이 기존의 접근 방법과는 다른, 즉 에지의 크기 情報와 位置 情報를 동시에 고려하는 형태를 갖는다.

이 제안한 edge 연산 방법은 여러가지 變形과 擴張을 통하면 성능면에 있어서나 수행시간면에 있어서 더욱 향상이 가능할 것이라 기대된다.

參 考 文 獻

- [1] D. Marr and E. Hildreth, "Theory of edge detection," *Proc. Royal Soc. London*, vol. 207, pp.187-217, 1980.
- [2] R.M. Haralick, "Digital step edges from zero crossing of second directional derivatives," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-6, no.1, pp.58-68, Jan. 1984.
- [3] A. Rosenfeld and A.C. Kak, *Digital Picture Processing*. 2nd ed., vol.2, pp.84-112, Academic Press, New York, 1982.
- [4] Pratt, *Digital Image Processing*. pp.471-513, John Wiley & Sons, New York, 1978.

- [5] R.T. Chin and C.L. Yeh, "Quantitative evaluation of some edge-preserving noise-smoothing techniques," *Comput. Vision Graphics Image Processing*, 23, pp.67-91, 1983.
- [6] G.A. Mastin, "Adaptive filters for digital image noise smoothing: An evaluation," *Comput. Vision Graphics Image Processing*, 31, pp.103-121, 1985.
- [7] L.S. Davis and A. Rosenfeld, "Noise cleaning by iterative local averaging," *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, vol.SMC-8, no.9, pp.705-710, Sept. 1978.
- [8] A.C. Bovik and D.C. Munson, "Edge detection using median comparisons," *Comput. Vision Graphics Image Processing*, 33, pp. 377-389, 1986.
- [9] G.S. Robinson, "Edge detection by compass gradient masks," *Computer Graphics and Image Processing*, 6, pp.492-501, 1977.
- [10] W. Geuen "A fast edge detection algorithm matching visual contour perception," in *Image Sequence Processing and Dynamic Scene Analysis*. (T.S. Huang, Ed.), pp. 483-492, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1983.
- [11] N. Keskes, "Application of image analysis techniques to seismic data," *Proceedings of ICASSP*, pp.855-858, Paris, 1982.
- [12] 엄진섭, 강철호, 이정환, "메디안 필터의 조합을 이용한 非線形 스무싱 알고리즘," *전자공학회지*, 제20권 6호, pp. 75-80, 11월 1983년.
- [13] B. Chanda, B.B. Chuchuri, and D.D. Majumder, "A differentiation/enhancement edge detection and its properties," *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, vol. SMC-15, no.1, pp.162-168, Jan./Feb. 1985.