

# 퍼지엔트로피에 의한 잡음영상의 경계검출

박인규  
중부대학교 전자계산학과

## Edge Detection in noisy Images by means of Fuzzy Entropy

In-Kue Park  
Dept. of Computer Science, JoongBu University

### 요 약

잡음에 오염된 영상의 경계검출에 대한 퍼지연산자를 보강하였다. 제한된 방법은 데이터에 존재하는 잡음에 강인한 경계를 검출하기 위하여 퍼지 엔트로피에 의한 퍼지추론을 이용한다. 퍼지기법이 영상의 세세한 정보의 검출과 잡음에 대한 민감도의 관점에서 보았을 때 기존의 방법들보다 성능이 우수하다는 것을 여러 실험 결과를 통하여 알 수 있었다.

### 1. 서론

컴퓨터의 영상을 이용한 기법은 천문학, 우주항공산업, 항공사진역학, 분자물리학, 생물학, 의공학, 지질학, 재료학 등과 같은 다양한 범위의 과학분야에서 폭넓게 응용이 되고 있다. 산업의 여러 가지 응용 사례들이 자동화와 품질관리 등에서 특히 많은 응용이 되고 있다. 영상에서의 경계의 검출은 완전한 영상처리 시스템을 구축하기 위해서 아주 중요한 단계이다. 사실 경계는 종종 물체의 경계, 밝기의 변화, 영상의 특징 점들에 해당한다. 일반적으로 다음과 같은 몇 가지의 목표가 경계 검출의 과정에서 심도 있게 고려되어야 한다. 첫째, 좋은 경계는 경계를 잃어버리고 비경계를 오기 할 수 있는 확률이 낮아야 하고, 둘째, 좋은 국부화 즉 올바른 위치에 있어야 하는 경계를 지향해야 한다. 이 분야에서 종래의 사용되어오던 여러 가지 방법들은 대개 국부2차 미분 함수나 국부영상의 기울기의 평가치를 이용한 방법이 주류가 되어왔다. 그러나 잡음이 있다는 것은 종래의 방법의 성능

의 심각한 영향을 가져올 수 있다는 것을 기존의 여러 사례를 통해서 알 수 있었다. 따라서 여러 연구자들은 적당한 평일화를 연구하여 가우시안 잡음의 응용 사례에 초점을 맞춰왔다 그러나 대부분의 경계에 검출기는 잡음 펄스에 매우 민감하다는 것을 알 수 있다. 또한 직선으로 구성된 경계만을 검출하는 기존의 퍼지추론을 이용한 경계검출 방법의 단점으로 지적되어온 원으로 구성된 경계를 검출하기 위하여 퍼지 엔트로피를 이용하여 추론연산자를 보강하였다.

본 논문은 다음과 같이 몇 가지 구성으로 되어져 있다. 1,2장은 제한된 퍼지 연산자를 기술하고 3장은 실험결과를 나타내고 마지막으로 결론을 맺는다.

### 2. 퍼지엔트로피 추론

$X_{ij}$ 는 입력영상의  $[i,j]$  위치의 화소 밝기를 나타낸다. 그림 1에서와 같이  $X_{ij}$ 의 중심화소를 두고 있는  $3 \times 3$  창의 있는 이웃 화소들을 고려해보자.

$X_{i-1,j-1}$	$X_{i-1,j}$	$X_{i-1,j+1}$
$X_{i,j-1}$	$X_{i,j}$	$X_{i,j+1}$
$X_{i+1,j-1}$	$X_{i+1,j}$	$X_{i+1,j+1}$

그림.1 3 × 3 window.

L(256) 밝기를 가지는 영상에 대하여 제한된 방법은 다음과 같은 몇 가지의 과정을 통하여 에지에 대한 추론을 수행한다. 2개의 화소값  $X_1, X_2$ 는 다음과 같이 식(1)과 식(2)에 따라서 결정한다.

$$X_1 = \text{MAX} \left\{ \begin{array}{l} \text{MIN}\{X_{i-1,j}, X_{i+1,j}\}, \\ \text{MIN}\{X_{i,j-1}, X_{i,j+1}\}, \\ \text{MIN}\{X_{i-1,i+1}, X_{i+1,j-1}\} \end{array} \right\} \quad (1)$$

$$X_2 = \text{MIN} \left\{ \begin{array}{l} \text{MAX}\{X_{i-1,j}, X_{i+1,j}\}, \\ \text{MAX}\{X_{i,j-1}, X_{i,j+1}\}, \\ \text{MAX}\{X_{i-1,i+1}, X_{i+1,j-1}\} \end{array} \right\} \quad (2)$$

다음으로 잡음 진폭에 보상치  $\Delta Y_{i,j}$ 는 다음과 같이 식(4)에 의한 식(3)에 의하여 계산될 수 있다.

$$\Delta Y_{i,j} = (L-1)(m_1 - m_2) \quad (3)$$

$$m_1 = \begin{cases} 1 - M_{SM}(x_1 - x_{i,j}) & x_1 > x_{i,j} \\ 0 & x_1 \leq x_{i,j} \end{cases} \quad (4)$$

$$m_2 = \begin{cases} 1 - M_{SM}(x_{i,j} - x_2) & x_1 > x_{i,j} \\ 0 & x_1 \leq x_{i,j} \end{cases}$$

그리고  $m_{SM}$  이라는 멤버쉽 함수는 그림 2에 보여지는 small이라는 퍼지 집합의 멤버쉽 함수이다.

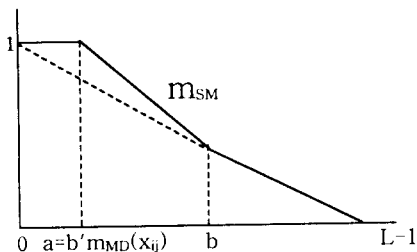


그림 2 퍼지집합 SM(small)의 멤버쉽 함수

$m_{SM}$ 이라는 퍼지집합의 모양은 그림 3에서 나타나 있는  $m_{MD}$ 퍼지 집합에 의하여 정의되어진다.

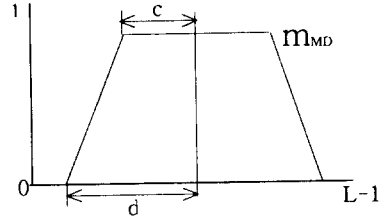


그림 3 퍼지집합 MD(medium)의 멤버쉽 함수

식(4)의 관계에 의하여 나타내지는 수식에 물리적인 의미는 있을 수 있는 잡음 펄스의 폭이 작을 경우에 필터링을 줄이기 위함이다. 이러한 효과는 화소에 밝기가 중간 정도일 경우에 증가하고 있다. 이에 의한 방법은 직선의 경계에만 초점을 두고 있다.

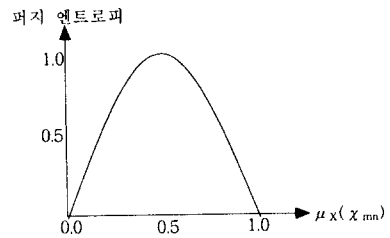


그림 4 퍼지 엔트로피 함수

$$H(A) = \frac{1}{N \ln 2} \sum_{n=1}^N S_n(\mu_A(x_i)) \quad (5)$$

$$\text{단, } S_n(\mu_A(x_i)) = \mu_A(x_i) \ln \mu_A(x_i) + (1 - \mu_A(x_i)) \ln(1 - \mu_A(x_i))$$

$$\begin{aligned} Y_{i,j} &= X_{i,j} + \Delta Y_{i,j}, & 0 < x_{i,j} < L-1 \\ Y_{i,j} &= (L-1) - [(L-1)H(X_{i,j})], & 0 \geq x_{i,j} \geq L-1 \end{aligned} \quad (6)$$

따라서 원으로 구성되어 있는 경계를 위해서는 그림 3에서와 같은 퍼지 엔트로피를 적용하여 연산자의 범위를 확장한다. 3\*3윈도우에 있는 픽셀들의 잡음펄스의 폭을 식(5)의 퍼지 엔트로피를 이용하여 측정한다.

다. 잡음의 경우에는 퍼지 엔트로피가 0에 해당한다. 따라서 잡음펄스의 폭은 퍼지 엔트로피에 반비례한다고 볼 수 있다. 실제로  $m_{MD}(x_{ij})=1$ 이라면  $a$ 는  $b'(b' \leq b)$ 이다. 이와 같이 반복적인 연산을 통하여 필터링 출력  $Y_{ij}$ 는 식(6)에 의하여 얻어진다. 사실 새로운 값  $Y_{ij}$ 는 입력 영상의 화소의 밝기  $X_{ij}$ 에 할당이 되어져 잡음이 제거된 영상을 구성하고 있다. 경계 검출을 위한 퍼지 추론 방법은 잡음이 없는 영상 데이터의 적용이 된다. 제한된 경계 검출기의 결과는 다음과 같이 식(7)에 의하여 구할 수 있다.

$$Z_{i,j} = (L-1) \text{MAX}\{m_{LA}(\Delta Y_1), m_{LA}(\Delta Y_2)\} \quad (7)$$

$$\Delta Y_1 = |X_{i-1,j} - X_{i,j}|, \Delta Y_2 = |X_{i,j-1} - X_{i,j}|$$

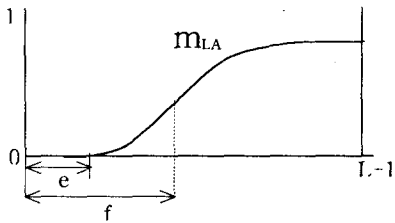


그림 4. 퍼지집합 LA(large)의 멤버쉽함수

$m_{LA}$ 는 그림 4에 보여진 large 퍼지집합의 멤버쉽 함수이다. 식(7)에 의거하여 이 연산자의 역할은 밝기에 차가 큰 경우를 고려함으로써 에지를 검출하는 데에 목표를 두고 있다.

### 3. 결과고찰

경계 검출기의 중요한 성질은 물체의 윤곽선에 해당하는 얇은 가느다란 선들을 추출할 수 있는 능력이다. 잡음에 오염된 데이터에서 제한된 방법의 성능은 그림 5에 나타나 있는  $L=256$  밝기를 가지는 Coke 영상에 대해 수행되어졌다. 그림 6은 종래의 방법에 의한 결과영상이다. 임펄스의 잡음들이 결과 데이터의 객관적인 영상 화질에 있어서 품질을 훼손하고 있음

을 알 수 있다. 마지막으로 퍼지 연산자에 의한 에지 검출 결과는 그림 7에 나타나 있다. ( $b=160, b'=b, c=100, d=120, e=2, f=50$ ) 제한된 방법이 다른 방법보다 성능이 양호함을 알 수 있다. 모든 잡음 펄스들이 감쇄되어졌고 영상의 세세한 정보가 만족스러울만한 상태를 유지하고 있다.

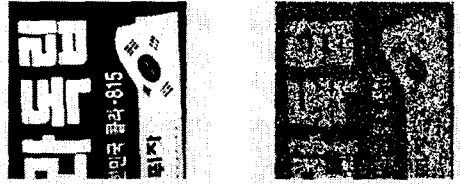
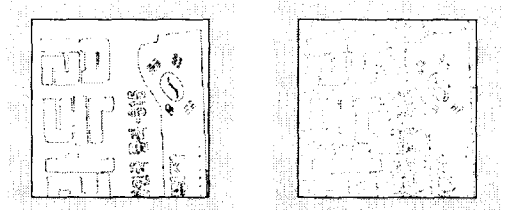


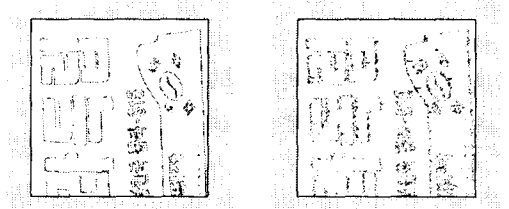
그림 5. Coke의 원 영상과 오염영상



Coke 원영상의 경계

Coke 잡음영상의 경계

그림 6. 기존의 방법에 의한 경계영상



Coke 원영상의 경계

Coke 잡음영상의 경계

그림 7. 제안된 방법에 의한 경계영상

### 4. 결론

잡음영상의 경계를 검출하기 위한 퍼지추론의 연산자를 보강하였다. 제한된 방법은 퍼지추론을 이용함으로써 잡음으로 오염된 영상의 경계를 추출할 수 있었

다. 퍼지 추론은 2가지의 서로 다른 측면에서 동작하고 있다. 잡음이 검출되면 원래의 영상 데이터를 복구하는 측면에서 적절한 보상이 이루어진다. 이 보상의 보다 미세한 조정을 위하여 퍼지 엔트로피를 이용하였다. 또한 미세한 영상이 정보의 유지는 퍼지 집합의 멤버쉽 함수에 설계를 얼마만큼 주의깊게 잘하느냐에 달려있다. 제한된 방법이 잡음의 민감성과 영상의 세세한 정보의 검출이라는 측면에서 보았을 때 기존의 방법보다 성능면에서 양호하고 효율적이라는 것을 알 수 있었다. 마지막으로 제한된 방법은 9개의 화소라는 아주 적은량에 입력 데이터에 대하여 이루어지고 있다는 것이 주목할 만하다. 퍼지 집합을 이용한 여러 연산을 위하여 Look-Up 테이블을 이용함으로써 보다 빠른 알고리즘이 개발될 수 있을 것이다.

35, pp.313-336, 1996

[8] N. Nikolaidis, I. Pitas, "Copyright Protection of Images Using Robust Image Signature," In proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, IEEE Press, pp.2168-2171, 1996

[9] C. I. Podilchuk, W.Zeng, "Image-Adaptive Watermarking Using Visual Models," IEEE JSAC, Vol.16, No.4, pp.525-539, 1998

[10] I. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamoan, "Secure Spread Spectrum watermarking for Multimedia," Tech. Rep. 95-10, NEC Research Institute, 1995

### [참고문헌]

[1] Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing 1997, 1998

[2] N. Memon, P.W.Wong, "Protecting Digital Media Content," Comm. of the ACM, Vol.41, No.7, pp.35-43, 1998

[3] M.D.Swanson, M. Kobayashi and A. H. Tewfik, "Multimedia Data-Embedding and Watermarking Technologies," Proc. of the IEEE, Vol. 86, No.6, pp.1064-1087, 1998

[4] R. Anderson Ed., "Information Hiding," in Lecture Notes in Computer Science, Vol.1147, Springer, 1996

[5] R.Anderson and F.A.P.Petitcolas, "On the Limits of Stegography," IEEE JSAC, Vol. 41, No.7, pp.474-481, 1998

[6] 松井甲子雄, "電子透かしの基礎", 森北出版株式會社, 1998(in Japanese)

[7] W. Bender, D. Gruhl, N.Morimoto and A Lu, "Techniques for Data Hiding," IBM Syst. J., Vol.