

그레이스케일 형태학 기반 방향성 구조적 요소의 가중치 엔트로피를 적용한 영상에지 검출 알고리즘

상유¹, 조준호², 문성룡^{3*}

¹원광대학교 전자공학과 박사과정, ²원광대학교 전자융합공학과 부교수, ³원광대학교 전자공학과 교수

Image Edge Detection Algorithm applied Directional Structure Element Weighted Entropy Based on Grayscale Morphology

Yu Chang¹, JoonHo Cho², SungRyong Moon^{3*}

¹Student, Dept. of Electrical Engineering, Wonkwang University

²Associate Professor, Dept. of Electrical Convergence Engineering, Wonkwang University

³Professor, Dept. of Electrical Engineering, Wonkwang University

요약 그레이스케일 수학적 형태학에 기초한 에지 검출 알고리즘의 방법은 영상 노이즈를 제거와 병렬처리 가능하고 연산속도가 빠르다는 장점을 갖고 있다. 그러나 단일 구조적 스케일 요소를 사용하여 영상의 에지 검출을 하는 방법은 영상정보에 따라서 영향을 받을 수 있다. 그레이스케일 형태학의 특성은 구조적원소를 반복하여 확장, 침식, 열림, 닫힘 연산을 함으로써 연산 결과 에지정보 결과에 제한적일 수 있다. 본 논문에서 잡음에 강인한 방향성을 갖는 구조적원소를 적용한 후 원소내의 각 픽셀 정보에 가중치 엔트로피를 적용하는 에지 검출 알고리즘을 제안한다. 영상에 적용하는 멀티 스케일 구조적 요소를 적용한 결과와 방향성 가중치 엔트로피를 적용한 연산결과를 비교분석하였으며, 시뮬레이션 결과는 제안된 알고리즘이 에지 검출에서 우수함을 보였다.

주제어 : 형태학, 엔트로피, 이미지 노이즈 제거, 에지 추출, 매개 변수 추출

Abstract The method of the edge detection algorithm based on grayscale mathematical morphology has the advantage that image noise can be removed and processed in parallel, and the operation speed is fast. However, the method of detecting the edge of an image using a single structural scale element may be affected by image information. The characteristics of grayscale morphology may be limited to the edge information result of the operation result by repeatedly performing expansion, erosion, opening, and containment operations by repeating structural elements. In this paper, we propose an edge detection algorithm that applies a structural element with strong directionality to noise and then applies weighted entropy to each pixel information in the element. The result of applying the multi-scale structural element applied to the image and the result of applying the directional weighted entropy were compared and analyzed, and the simulation result showed that the proposed algorithm is superior in edge detection.

Key Words : Morphology, Entropy, Image Denoising, Edge Extraction, Parameter Extraction

1. 서론

영상 에지 검출 알고리즘의 기술은 컴퓨터 비전과 영상처리에 있어서 기본적인 핵심적인 과정이며, 다양한

방법으로 널리 연구되어 오고 있다. 이와 같은 에지 검출알고리즘으로 로버츠, 소벨, 프리트와 캐니와 같은 에지 검출 알고리즘이 있다. 이와 같은 알고리즘은 연산자

*Corresponding Author : SungRyong Moon(srmoon@wku.ac.kr)

의 구성이 간단하고, 연산속도에서 빠르다는 장점을 갖고 있으나 다해상도 영상의 에지 검출에 있어서 입력 영상에 따라 만족할 만한 결과를 기대할 수 없다[1-4].

이것을 해결하기 위한 방법으로는 신경망을 이용한 에지 검출이 있지만, 이것은 학습모델과 학습유에 따라 연산량 증가와 속도에 매우 민감하게 된다. 잡음을 내포한 영상정보에서 보다 정확한 에지 정보를 구하고 연산처리의 속도 측면에서 병렬처리연산이 가능하다는 장점으로 인해 형태학이론을 활용한 연구가 활발히 진행되고 있다.

특히, 그레이 스케일 형태학은 다해상도 영상처리와 컴퓨터 비전에 있어 다양한 문제를 해결할 수 있는 강력한 연산방법으로 이용되고 있다[4-11].

본 논문에서 잡음에 강인한 방향성을 갖는 구조적원소를 적용한 후 원소내의 각 픽셀 정보에 가중치 엔트로피를 적용하는 에지 검출 알고리즘을 제안하고자 한다. 기존의 그레이 스케일 구조적 요소(Structure Element)를 적용한 결과와 방향성 가중치 엔트로피를 적용한 연산결과를 비교분석하였으며, 시뮬레이션 결과 제안된 알고리즘이 에지 검출에서 우수함을 보이고자 한다. 본 논문의 순서는 그레이 스케일 형태학적 이론, 가중치 엔트로피 이론, 방향성 SE, 알고리즘 구현, 시뮬레이션 및 결론 순으로 작성되었다.

2. 그레이 스케일 형태학적 이론

수학적 형태학(Mathematical Morphology)은 집합이론으로부터 발전되었으며, Serra[1]에 의해서 영상 해석으로 확장되었다. 집합이론을 기초로 수학적 형태학은 연산에 있어서 집합연산으로 정의되었고, 이런 기본 개념이 올바른 영상해석과 인식목적을 위하여 정확한 영상의 형태를 측정하는데 적용되고 있다.

그레이 스케일 형태학은 4개의 기본 형태학 연산자로 이루어진다. 확장(Dilation), 침식(erosion), 열림(Opening), 닫힘(Closing)연산은 영상의 어두운 부분을 제거하고 밝은 영역을 고양시키는데 사용되며, 침식연산은 밝은 부분을 제거하고 밝은 부분의 에지를 덜 밝게한다. 그레이스케일 함수 f 와 SE 연산자 g 를 적용하면 아래의 식과 같다.

(1) 확장연산(Dilation operation)

$$f \oplus g = \{x | g+x \cap f \neq \emptyset\} \quad (1)$$

(2)침식연산(Erosion operation)

$$f \odot g = \{x | g+x \subseteq f\} \quad (2)$$

또한 열림 연산과 닫힘 연산은 상호 듀얼 연산으로 열림 연산은 영상의 윤곽을 부드럽게하고, 좁은 갭(gap)을 생성할 수 있다. 닫힘 연산은 좁은 갭과 작은 홀을 제거 하며 윤곽선에 있는 갭을 채운다.

(3)열림연산(Opening operation)

$$f \circ g = (f \odot g) \oplus g \quad (3)$$

(4) 닫힘연산(Closing operation)

$$f \bullet g = (f \oplus g) \odot g \quad (4)$$

열림연산, 닫힘연산을 적용한 에지 영상에서 SE의 윈도우 크기가 커지면 블러링(blurring)현상이 발생할 수 있다.

따라서 적용하고자 하는 방법에 따라서 4개의 기본 연산을 조합하여 다양한 에지 검출 연산자를 얻을 수 있다. 확장 연산자를 이용하여 에지 영상을 p_i 를 구하는 것은 식(5)와 같다.

$$p_i = (f \oplus g) - f \quad (5)$$

침식연산자를 이용한 외부 경계 에지 검출은 식(6)으로 표현할 수 있다.

$$p_i = f - (f \odot g) \quad (6)$$

열림 연산자를 이용하면 열림 경계 에지 검출은 식(7)과 같이 표현할 수 있다.

$$p_i = (f \circ g) \oplus g - f \quad (7)$$

닫힘 연산자를 이용하면 닫힘 경계 에지 검출은 식(8)과 같이 표현할 수 있다.

$$p_i = f - (f \bullet g) \odot g \quad (8)$$

식(7)의 열림 경계에지 검출연산과 식(8)의 닫힘 경계에지 검출연산을 이용하여, 식(9)와 같이 잡음상쇄 에지 검출 연산자를 적용할 수 있다. 식(9)의 잡음상쇄 에지 검출 연산자를 이용하면 양과 음의 잡음을 뿐만 아니라 손실된 에지 정보를 유지하며 잡음을 제거할 수 있다. 잡음상쇄 에지 검출 연산자는 식(9)와 같다.

$$p_i = (f \circ g) \oplus g - (f \bullet g) \odot g \quad (9)$$

3. 가중치 엔트로피 이론

식(9)의 잡음상쇄 에지 검출연산자를 이용하여 에지 영상 p_i 를 얻을 수 있으며, 에지 검출 영상에 대하여 식(10)을 이용하여 p_i 에 대한 그레이 레벨 값을 구할 수 있다.

$$H = \sum_{i=0}^{255} p_i \log_2(p_i) \quad (10)$$

검출에지 각도 방향에 따라서 방향성 SE를 적용하여 에지 검출 영상 $H(g_k)$ 을 구하고 각각의 방향성에 따라서 식(11)를 가중치 w_k 값을 구한다.

$$w_k = H(g_k) / \sum_{k=1}^4 H(g_k) \quad (11)$$

방향성 SE g_k 를 적용한 가중치 입력영상 I_k 와 가중치 값 w_k 을 각각에 적용한 값의 합을 적용하여 최종 에지 정보값으로 적용한다. 식(12)는 가중치를 적용한 최종 에지 정보를 얻기 위한 식이다.

$$f_{edge} = \sum_{k=1}^4 w_k \cdot I_k \quad (12)$$

여기서 f_{edge}, w_k 의 의미는 아래와 같다.

f_{edge} : Final edge information with Weight applied

w_k : Entropy

4. 방향성 SE(Structure Element)

기존의 SE를 적용하는 경우 미세한 정보에 대하여 블러링 현상이 일어나거나, 정보를 잃어버리는 경우가 발생한다.

따라서 SE의 선택을 위한 방법은 수학적 형태학분야에서 여러 방향으로 활발하게 연구되고 있다. 특히 SE의 형태나 크기는 에지 검출 결과에 영향을 주고 있다. 본 논문에서는 Fig. 1과 같은 방향성 SE를 적용함으로써, 영상 정보에서 방향 성분을 검출할 수 있으며, 또한 이 방법은 잡음 제거에도 효율적으로 적용될 수 있다.

	g_1	g_2	g_3	g_4
angles	0°	45°	90°	135°
matrix	$g_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$g_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$g_3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$	$g_4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$

Fig. 1. Directional 3x3 SE

5. 알고리즘 구현

일반적인 SE를 적용한 형태학 연산을 적용할 경우 영상의 미세한 정보를 포함한 영역에서 블러링 또는 스무딩 현상이 일어나 잡음을 제거할 때 미세한 에지정보를 잃어버린다.

본 논문에서는 그레이 스케일 형태학의 블러링 현상을 최대한 제거하기 위하여 입력 영상의 방향성을 고려한 방향성을 갖는 SE를 적용한 후 각각의 에지검출 영상에서 얻은 가중치를 이용한 엔트로피 값을 적용하여 성능을 개선한다.

1단계: 그림 1과 같이 방향성 3x3 SE를 구성한다.

2단계: 4개의 다른 방향성 SE를 이용하여 식(9)의 연산자를 적용하여 4개의 에지영상을 얻는다.

3단계: 2단계 검출된 에지 정보에 따라서 엔트로피 가중치 값을 구한다.

4단계: 3단계에서 얻어진 엔트로피 가중치와 입력영상의 합을 구하여 최종 에지 영상을 구한다.

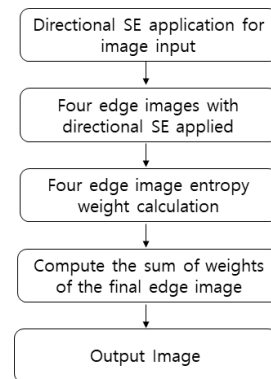


Fig. 2. Flow chart of the algorithm

6. 실험 결과

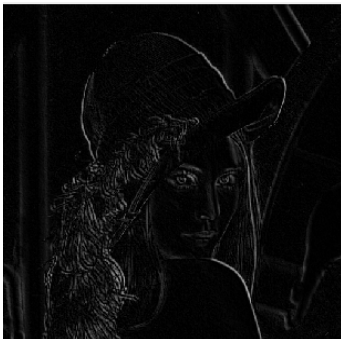
Matlab R2016b 버전에서 제안한 알고리즘을 적용하여 에지 검출을 위한 기본 영상으로 Fig. 3은 잡음이

0.05 포함된 입력 영상이다.

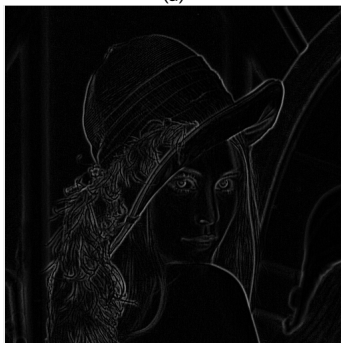


Fig. 3. Noise image

Fig. 4는 식(5)에 방향성 SE를 적용한 Dilation연산의 평균 결과는 Fig. 4-(a)이고, 가중치엔트로피를 적용한 Dilation 결과는 Fig. 4-(b)와 같다. 이 방법의 결과는 Direction SE PSNR(Peak Signal-to-Noise Ration)은 5.0785이며, Weight PSNR은 4.8352의 결과를 얻었다.



(a)

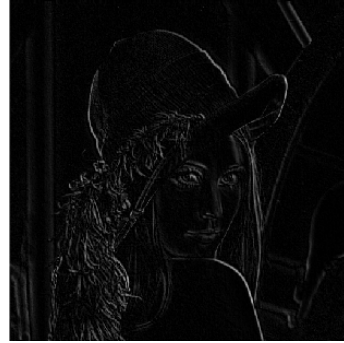


(b)

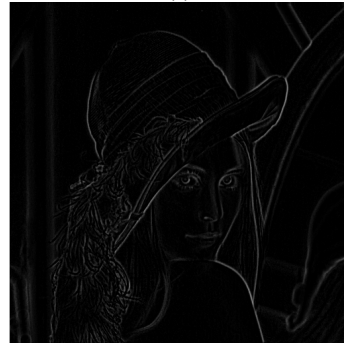
Fig. 4. Dilation calculation result (a)Dilation average result with directional SE. (b)Dilation result with weighted entropy.

식(6)에 방향성 SE를 적용한 Erosion 평균 결과는 Fig. 5-(a).이고, 가중치엔트로피를 적용한 Erosion 결

과는 Fig. 5-(b)와 같다. 이 방법의 결과는 Erosion SE PSNR은 5.4202이며, Weight PSNR은 5.2164의 결과를 얻었다.



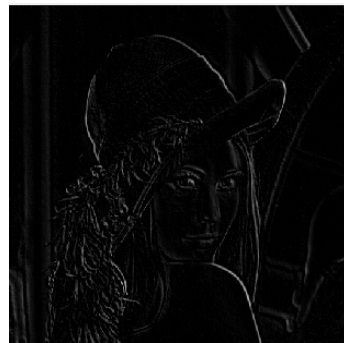
(a)



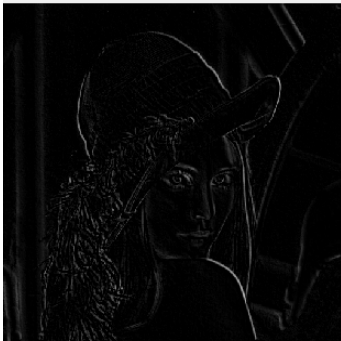
(b)

Fig. 5. Erosion calculation result. (a)Erosion average result with directional SE. (b)Erosion result with weighted entropy.

식(7)에 방향성 SE를 적용한 열림연산 평균 결과는 Fig. 6-(a)이고, 가중치엔트로피를 적용한 열림연산 결과는 Fig. 6-(b)와 같다. 이 방법의 결과는 Opening SE PSNR은 5.0543이며, Weight PSNR은 4.9249의 결과를 얻었다.



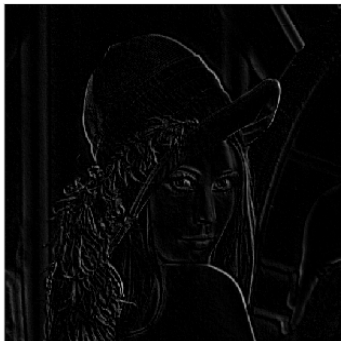
(a)



(b)

Fig. 6. Opening calculation result. (a)Opening average result with directional SE.. (b)Opening result with weighted entropy.

식(8)에 방향성 SE를 적용한 닫힘 평균 결과는 Fig. 7-(a) 이고, 가중치엔트로피를 적용한 닫힘 결과는 Fig. 7-(b)와 같다. 이 방법의 결과는 Closing SE PSNR은 5.6075이며, Weight PSNR은 5.543의 결과를 얻었다.



(a)

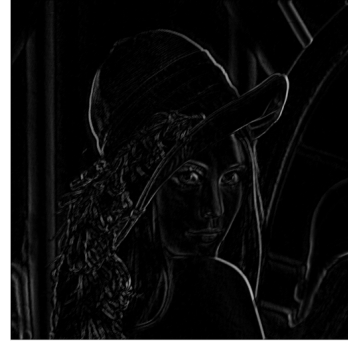


(b)

Fig. 7. Closing calculation result. (a)Closing average result with directional SE. (b)Closing result with weighted entropy.

식(9)에 방향성 SE를 적용한 에지 검출 평균 결과는 Fig. 8-(a) 이며 , 가중치엔트로피를 적용한 에지 검출

결과는 Fig. 8-(b)와 같다. 제안된 알고리즘을 적용한 결과 SE PSNR은 7.1653이며, Weight PSNR은 7.2719의 결과를 얻었다.



(a)



(b)

Fig. 8 Proposed algorithm calculation result. (a) Average result of the proposed algorithm of directional SE. (b) Result of proposed algorithm with weighted entropy.

Table 1은 영상의 화질에 대한 손실정보평가(PSNR)의 결과이다. 제안된 방법은 기존의 방향성SE PSNR과 가중치 PSNR에서 모두 높은 값으로 계산되어, 제안된 알고리즘이 우수함을 나타냄을 확인할 수 있다.

Table 1. PSNR result of image with weighted entropy

Result	Dilation	Erosion	Opening	Closing	Proposed Algorithm
Direction SE PSNR	5.0785	5.4202	5.0543	5.6075	7.1653
Weight PSNR	4.8352	5.2164	4.9249	5.543	7.2719

7. 결론

그레이 스케일 형태학은 다해상도 영상처리와 컴퓨터 비전에 있어 다양한 문제를 해결할 수 있는 강력한

연산도구로 이용되어 왔으며, 병렬처리 가능하고 연산 속도가 빠르다는 장점을 갖고 있어 다양한 방법으로 연 고되고 있다. 그러나 그레이스케일 형태학의 특성은 구조 적원소를 반복하여 확장, 침식, 열림, 닫힘 연산을 함으로 써 연산 결과 에지정보 결과에 제한적일 수 있다. 본 논문 에서 잡음에 강인한 방향성을 갖는 SE를 적용한 후 원소 내의 각 픽셀 정보에 가중치 엔트로피를 적용하는 에지 검출 알고리즘을 적용하여 실험한 결과 제안한 방향성 가 중치 엔트로피 알고리즘 방법이 확장, 침식, 열림, 닫힘 연 산자 결과를 비교하였을 때 PSNR이 2.4~1.7이상 향상되 었음을 보였다. 향후 병렬처리가 가능한 하드웨어로 구현 할 수 있도록 시스템 측면에서 연구가 요구된다.

REFERENCES

[1] Y. Li. (2010). Comparison and implementation of image edge detection algorithm. *Computer Engineering and Design*, 31(9), 1971-1975.

[2] R. M. Haralick. (1987). Image analysis using mathematical morphology. *IEEE Trans.Pattern Anal.Mach.Intell.*, (4), 532-550.

[3] H. F. Wang. (2009). Research and application of edge detection operator based on mathematical morphology. *Computer Engineering and Applications*, 45(9), 223-226.

[4] W. Zheng. (2012). An edge detection method based on mathematical morphology, [J]. *Computer and digital engineering*, 40(2), 102-104.

[5] D. Xu. (2012). Edge detection algorithm based on mathematical morphology and wavelet transform. *Journal of Computer Applications*, 32(S2), 165-167.

[6] N. Ma. (2012). Adaptive image denoising method based on directionlet transform. *Computer Engineering*, 38(14), 184-186.

[7] J. Yang. (2011). Edge detection technique combined with mathematic morphology and LoG operator. *Jisuanji Gongcheng yu Yingyong (Computer Engineering and Applications)*, 47(36), 177-179.

[8] E. Rhee. (2017). Development of a Forest Fire Tracking and GIS Mapping Base on Live Streaming. *Journal of Convergence for Information Technology*, 10(10), 123-127. DOI : 10.22156/CS4SMB.2020.10.10.123

[9] I. J. Cho, G. B. Kim & B. Park. (2020). Security Algorithm for Vehicle Type Recognition. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(2), 77-82. DOI : 10.22156/CS4SMB.2017.7.2.077

[10] S. W. Ha, Q. Paul & Y.-H. Moon. (2018). Improvement of UAV Attitude Information Estimation Performance Using Image Processing and Kalman Filter. *Journal of Convergence for Information Technology*, 8(9), 125-142. DOI : 10.22156/CS4SMB.2018.8.6.135

[11] S. M. Lee, Y. H. Kim & J. K. Eem. (2020). A Method of Edge Line Detection for Noisy Panel Module Images. *Journal of Korean institute of Information Technology*, 18(7), 75-80. DOI : 10.14801/jkiit.2020.18.7.75

문 성 룡(Sung-Ryong Moon)

[정회원]



- 1982년 2월 : 전북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 1986년 2월 : 전북대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 1986년 2월 : 전북대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

· 관심분야 : 신경망 및 퍼지, 디지털시스템제어, 영상처리
· E-Mail : srmoon@wku.ac.kr

조 준 호(Joon-Ho Cho)

[정회원]



- 2002년 2월 : 원광대학교 대학원 제어계측공학과(공학석사)
- 2007년 2월 : 원광대학교 대학원 제어계측공학과(공학박사)
- 2007년 4월 ~ 현재 : 원광대학교 전자융합공학과 부교수

· 관심분야 : 전기전자, 로봇비전, 의료영상처리
· E-Mail : cho1024@wku.ac.kr

상 유(Sang YU)

[정회원]



- 2019년 3월 ~ 현재 : 원광대학교 대학원 전자공학과 박사과정
- 관심분야 : 로봇비전, 영상처리
- E-Mail : c67996691@gmail.com