

Gray Scale Morphology를 이용한 하이브리드 메디안 필터에 관한 연구

正會員 文 成 龍* 正會員 金 鐘 玟**

A Study on Hybrid Median Filter Using Gray Scale Morphology

Sung Lyong Moon*, Chong Kyo Kim** *Regular Members*

要 約

Morphological 필터는 다양한 structuring element로서 morphological 연산으로 구성된다. 두개의 기본적인 morphological 연산은 erosion과 dilation이다. 두 연산에 기본을 두고 OC, CO 필터가 정의된다. 가우시안 잡음이 포함된 이미지의 잡음을 제거할 경우 OC 필터의 성능이 CO의 성능보다 우수함을 확인하였다.

본 논문에서는 이미지 처리에 있어서 하이브리드 메디안 필터를 구성하여 다른 필터 보다 화질의 선명도를 개선하고 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 해석하였다.

ABSTRACT

MF(Morphological filter) is generally composed of several morphological operation, which are the diverse structuring element. The two basic operation are erosion and dilation. The two other operation, opening and closing, are defined based on these two operation. Performance of open-closing(OC) is better excellent than close-opening(CO) to reduce noise of image data with Gaussian noise.

In this paper, to use the hybrid median filter in processing the image, is shown that hybrid median filter has better results image quality than other filters, to analyze by computer simulation.

I. 서 론

Morphological 필터는 최근 신호 및 시스템의 기하학적 특성을 연구하는데 우수하고 특히 잡음이 섞인 데이터의 smoothing에 매우 성공적으로 적용되

며, 이미지 처리와 해석에 있어서 최근에 주요 연구 대상이 되고 있다.

Mathematical morphology는 형상(shape)를 배경으로 하는 디지털 영상처리를 위한 방법으로 적절하게 사용함으로써 보존해야 하는 디지털 영상처리를 위한 방법으로 적절하게 사용함으로써 보존해야 할 필수적인 형상 특성과 제거해야 할 무관한 데이터를 쉽게 처리한다. Morphology 연산은 사용되는 이

*全北大學校 電子工學科
Dept. of Electronic Eng., Chonbuk National University
論文番號 : 92-125 (接受1992. 7. 27)

미지 연산자의 종류에 따라서 다양하며 연산에 관련된 이론적 결과는 이미지 처리, 해석분야(잡음 압축, 이미지 고양, 부호화, 특징 추출, thinning, 문자 해석, 형상 인식), 생체의학 영상처리, 세포 구조, 천문학, 자동차 산업 시각 감시등 여러 분야에서 대두되고 있다^(3,4,8,9).

Morphology 연산을 기본으로 한 대수 시스템이 이미지 처리를 위하여 적용된다 할지라도 erosion, dilation만으로는 모든 이미지 연산을 표현하기에는 부족하다. 특히 임펄스 잡음이 포함된 이미지에서 보다 효과적으로 잡음을 제거하기 위하여 closing-opening(CO), opening-closing(OC)을 적용 제거할 경우 잡음의 성질에 따라 화질이 다르게 나타난다^(7, 11).

메디안 필터의 입력 신호는 OC, CO의 필터 출력 신호와 원래의 이미지로서 입력된 신호중에서 메디안 값을 선택함으로써 이는 smooth한 화상을 만들며, smoothing 과정은 선형 저역 통과 필터를 통해서도 가능하나 날카로운 모서리(edge)의 보존 능력과 임펄스 잡음 (impulse noise) 제거에서 우수하다⁽¹⁻³⁾.

따라서 본 논문에서는 mathematical morphology와 메디안 필터를 이용한 하이브리드 메디안 필터 (Hybrid Median Filter)를 구성하여 이미지에 포함된 잡음을 효과적으로 제거하며, CO, OC를 적용한 이미지와 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 비교 검토한다. 2장에서는 메디안 필터의 이론적 특성을 다루고, 3장에서는 gray scale morphology의 특성을 정의한 다음, 4장에서는 하이브리드 메디안 필터의 구조와 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 분석하고, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 메디안(median) 필터 이론⁽¹⁻³⁾

1971년 Tukey에 의해 제안된 메디안 필터링은 모서리(edge)를 보존하고 노이즈 제거에 유용하며 smoothing한 화상을 만드는 비선형 필터로서 성능이 우수하다.

n개의 데이터 $x_i (i=1, \dots, n)$ 의 메디안 $MED(x_i)$ 는 식 (2-1)과 같이 정의된다.

$$MED(x_i) = \begin{cases} x_{(v+1)} & n=2v+1 \\ 1/2(x_{(v)} + x_{(v+1)}) & n=2v \end{cases} \quad (2-1)$$

단, $x_{(i)}$ 는 i번째 순서 통계(order statistics)

$n=2v+1$ 일 경우 1차원 메디안 필터는 식 (2-2)와 같다.

$$y_i = MED(x_{i-v}, \dots, x_i, \dots, x_{i+v}) \quad i \in Z \quad (2-2)$$

단, Z : 윈도우(window)

이는 고정된 윈도우(window)을 움직여 가면서 윈도우내의 데이터 중간값을 출력으로 취하는 동작을 수행한다.

2차원 메디안 필터의 정의는 식 (2-3)과 같다.

$$y_{ij} = MED\{X_{i+r, j+s} : (r, s) \in A\} \quad (i, j) \in Z^2 \quad (2-3)$$

단, set $A \subseteq Z^2$ 인 A는 필터 윈도우 임

여기서 3점 메디안 필터의 출력 Y_3 및 7점 메디안 필터 출력 Y_7 은 식(2-4)과 식(2-5)처럼 구해진다.

$$Y_3 = MED[X_2 \ X_4 \ X_6] \quad (2-4)$$

$$Y_7 = MED[X_1 \ X_2 \ X_3 \ X_4 \ X_5 \ X_6 \ X_7] \quad (2-5)$$

III. Gray scale morphology⁽³⁻¹¹⁾

3.1. Gray scale dilation과 erosion

x가 euclidean N-space의 집합이라고 하면 surface 개념과 surface의 umbra를 이용하면 X의 top surface는 (N-1)차표계로 X를 투영시킨 함수로 정의된다.

$$X \subseteq E^N, F = \{x \in E^{N-1} \mid \text{for some } y \in E, (x, y) \in X\} \quad (3-1)$$

이면, X의 top surface(top)는 $T[X] : F \rightarrow E$ 로 표시하고 다음과 같이 정의 된다.

$$T[X](x) = \max \{y \mid (x, y) \in X\} \quad (3-2)$$

Euclidean (N-1) space의 부분집합 F에 의해서 정의된 임의의 함수 f에 대한 f의 umbra는 surface f와 surface아래 모든점으로 구성되는 집합이다.

$F \subseteq E^{N-1}$, $f : F \rightarrow E$ 이면 f의 umbra는 $U[f]$, $U[f] \subseteq F \times E$ 로 표시되고 다음과 같이 정의된다.^(9,10)

$$U[f] = \{(x, y) \in F \times E \mid y \leq f(x)\} \quad (3-3)$$

(1) Gray scale dilation

두 함수의 gray scale dilation은 두 함수의 umbra의 dilation에 의한 surface로 정의된다. $F, G \subseteq E^{N-1}$ 이고 $f: F \rightarrow E, g: G \rightarrow E$ 이라고 하면, g 에 의한 f 의 dilation은 $f \oplus g, f \oplus g: F \oplus G \rightarrow E$ 로 표현하면 그림 1과 같다.

$$f \oplus g = T[U[f] \oplus U[g]] \quad (3-4)$$

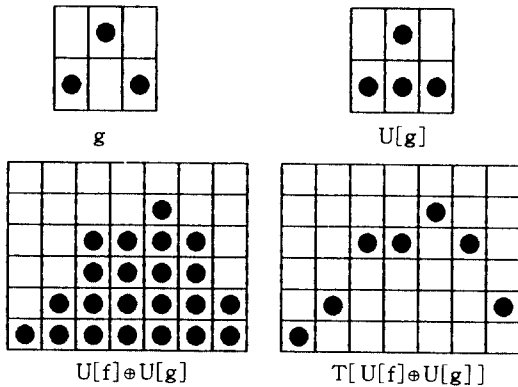


그림 1. 함수 f 와 g 의 umbra에 의한 dilation
Fig. 1. Dilation by function f and g of umbra

$f(x)$ 가 샘플링 함수 $f(i), i \in Z$ 이고, G 는 structuring 집합이면, 1차원 dilation 필터의 출력은 식(3-5)로 된다.

$$y_i = [f \oplus G](i) = \text{MAX}\{f_{i-v}, \dots, f_i, \dots, f_{i+v}\} \quad (3-5)$$

(2) Gray scale erosion

Gray scale erosion에 대한 정의는 $f \subseteq E^{N-1}, G \subseteq E^{N-1}$ 이고, $f: F \rightarrow E, g: G \rightarrow E$ 라 하면 g 에 의한 f 의 erosion은 $f \ominus g, f \ominus g: F \ominus G \rightarrow E$ 로 표시되고 다음과 같다.

$$f \ominus g = T[U[f] \ominus U[g]] \quad (3-6)$$

f 의 umbra와 g 의 umbra에 대한 erosion의 surface는 그림 2와 같다.

$f(x)$ 가 샘플링 함수 $f(i), i \in Z$ 이고, G 는 structu-

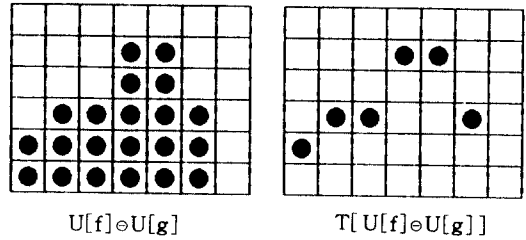


그림 2. Umbra f 와 g 에 의한 erosion surface 예
Fig. 2. Example of the surface of the erosion of the umbra of f by the umbra of g

ring 집합이면, 1차원 erosion 필터의 출력은 식(3-7)과 같다.

$$y_i = [f \ominus G](i) = \text{MIN}\{f_{i-v}, \dots, f_i, \dots, f_{i+v}\} \quad (3-7)$$

3.2. Gray scale opening과 closing

$f: F \rightarrow E$ 그리고 $g: G \rightarrow E$ 라고 하면 structuring element g 에 의한 f 의 gray scale opening은 $f \circ g$ 로 표현하고

$$f \circ g = (f \oplus g) \ominus g \quad (3-8)$$

structuring element g 에 의한 f 의 gray scale closing은 $f \bullet g$ 로 표현된다.

$$f \bullet g = (f \ominus g) \oplus g \quad (3-9)$$

$G(x)$ 가 정수인 structuring 함수로 주어 질때 식(3-8), (3-9)는 집합에 의한 함수의 opening과 closing로 표현되며

$$f_G(x) = [(f \oplus G^s) \ominus G](x) \quad (3-10)$$

$$f^G(x) = [(f \ominus G^s) \oplus G](x) \quad (3-11)$$

1차원 opening필터의 출력은

$$y_i = f_G(i) = \text{MAX}\{f_{i-v}^{(1)}, \dots, f_i^{(1)}, \dots, f_{i+v}^{(1)}\} \quad (3-12)$$

$$f_i^{(1)} = \text{MIN}\{f_{i-v}, \dots, f_i, \dots, f_{i+v}\} \quad (3-13)$$

가 된다.

1차원 closing 필터의 출력은

$$y_i = f_G(i) = \text{MIN} \{ f_{i-v}^{(1)}, \dots, f_i^{(1)}, \dots, f_{i+v}^{(1)} \} \quad (3-14)$$

$$f_i^{(1)} = \text{MAX} \{ f_{i-v}, \dots, f_i, \dots, f_{i+v} \} \quad (3-15)$$

과 같다.

3.3. Close-opening(CO)와 Open-closing(OC)

Morphological 변환을 기초로 한 비선형 필터로서 이와 같은 필터는 식 (3-5,7)에 의해서 정의된 gray scale erosion과 dilation, 식 (3-10,11)로 정의된 집합에 의한 함수의 opening과 closing이 있다.

Morphological 필터의 집합으로 close-opening (CO)과 open-closing(OC)은

$$y = [(f^G)_G](x) \quad (3-16)$$

$$y = [(f^G)_G](x) \quad (3-17)$$

$f(x)$ 가 샘플링 함수 $f(i)$, $i \in Z$ 이고, G 는 structuring 집합이면, 1차원 close-opening 필터는 4 단계 연산으로 이루어진다.

$$y_i = [(f^G)_G(i)] = \text{MAX} \{ f_{i-v}^{(3)}, \dots, f_i^{(3)}, \dots, f_{i+v}^{(3)} \} \quad (3-18)$$

$$f_i^{(3)} = \text{MIN} \{ f_{i-v}^{(2)}, \dots, f_i^{(2)}, \dots, f_{i+v}^{(2)} \} \quad (3-19)$$

$$f_i^{(2)} = \text{MIN} \{ f_{i-v}^{(1)}, \dots, f_i^{(1)}, \dots, f_{i+v}^{(1)} \} \quad (3-20)$$

$$f_i^{(1)} = \text{MAX} \{ f_{i-v}, \dots, f_i, \dots, f_{i+v} \} \quad (3-21)$$

Morphological 필터는 형태학적(syntatic)이고 통계학적인(statistical) 특성을 갖고 있으므로 메디안 필터의 윈도우와 집합 G 의 크기가 $w=n+1$ 이면 메디안 필터의 시퀀스(sequence)를 $MED(f : A)$ 로 표현하면 시퀀스와 opening, closing에의 관계는 다음과 같다.

$$f_G \leq MED(f : A) \leq f^G \quad (3-22)$$

IV. 하이브리드 메디안 필터의 구조 및 컴퓨터 시뮬레이션

본 논문에서는 잡음을 제거함과 동시에 이미지의 중요 정보의 손실을 최소화하여 고선명, 고화질의 이미지 처리를 하기 위하여 morphological 필터와 메디안 필터를 이용하여 하이브리드 메디안 필터를 그림 3과 같이 구성하였다. 그림 4는 약 10%의 가우시안

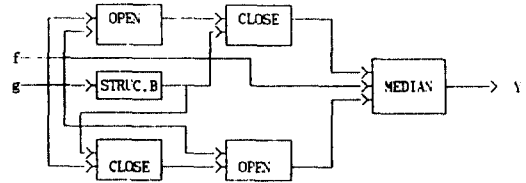


그림 3 하이브리드 메디안 필터의 블록 다이어그램

Fig. 3. Block diagram of Hybrid Median Filter

잡음이 포함된 이미지이고 잡음을 제거하여 이미지 정보를 잘 유지하기 위한 방법으로 Gray scale morphology를 적용하여 필터링한 결과 그림 5는 opening, 그림 6은 closing의 결과를 나타낸 이미지이다. 또한 opening과 closing을 순서적으로 조합하여 필터를 구성하여 필터링한 결과 그림 7은 OC필터를, 그림 8은 CO필터를 적용한 이미지이다. 그림 9는 하이브리드 메디안 필터를 적용하여 필터링한 결과로써 모서리 부분의 화질이 선명함을 보였다. 표 1은 각각의 필터링 결과에 대한 MAE(Mean absolute error)와 MSE(Mean square error)를 비교한 것이다.

표 1. 필터링 결과의 MAE와 MSE 비교

Table 1. Comparison MAE and MSE of filtering result

필터 종류	opening	closing	OC	CO	하이브리드 메디안필터
MAE	14.54	19.85	18.33	20.40	10.87
MSE	710.53	1211.72	1077.08	1214.0	470.89

표1에서 나타난 것과 같이 gray scale morphology 연산의 결과는 structuring element에 따라 다르며, 가우시안 잡음에는 opening, OC필터가 closing, CO필터보다 우수하나, 화질의 선명도는 전체적으로 떨어진다. 따라서 이미지 처리시 잡음의 종류를 고려하지 않고 OC와 CO로써 구성된 하이브리드 메디안 필터를 적용한 결과 다른 필터 보다 성능이 우수함을 확인하였고, 특히 날카로운 모서리부분의 화질이 개선됨을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 알 수 있었다.



그림 4. 원래의 이미지
Fig. 4. Original image



그림 7. Open-closing 이미지
Fig. 7. Open-closing of image



그림 5. Opening 이미지
Fig. 5. Opening of image



그림 8. Close-opening 이미지
Fig. 8. Close-opening of image



그림 6. Closing 이미지
Fig. 6. Closing of image



그림 9. 하이브리드 매디안 필터의 이미지
Fig. 9. Hybrid median filter of image

V. 결 론

선형필터가 영상처리등에서 모서리 흐림현상과 임펄스 잡음을 완전히 제거하지 못하는 단점을 보완하기 위하여 mathematical morphology의 신호및 기하학적 특성을 연구 하였으며 gray scale morphological 필터를 적용하여 약 10%의 가우시안 잡음이 포함된 이미지를 필터링한 결과 opening, OC 필터의 성능이 closing, CO의 성능보다 우수함을 확인하였다.

본 논문에서는 잡음의 성질에 영향을 받지 않고 OC, CO 필터 보다 화질의 선명도를 개선하기 위하여 morphological 필터와 메디안 필터를 적용하여 하이브리드 메디안 필터를 구성하였다. 원 이미지에 약 10%의 가우시안 잡음이 포함된 이미지를 하이브리드 메디안 필터를 적용하여 컴퓨터 시뮬레이션한 결과 다른 필터 보다 모서리 부분의 화질에서 선명한 영상을 얻을 수 있음을 그림 9를 통하여 확인하였으며, 또한 각각의 필터링 결과에 대한 이미지를 원래의 이미지에 대한 MAE 및 MSE를 계산한 결과와 같이 개선되었다.

앞으로 하이브리드 메디안 필터를 적용하여 이미지 처리시 오차를 최소화할 수 있도록 개선이 필요하고, 하이브리드 메디안 필터를 실시간 처리가 가능하도록 IC one chip을 구현함에 있어서 메모리 부분에 대한 연구가 계속적으로 이루어져야 되겠으며, 다른 비선형 필터보다 영상처리, 분석 및 인식도 가능하다는 점에서 전송분야, 방송분야, 산업응용분야 등에서 영상 신호처리 필터로서 많은 각광을 받을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. T. A. Nodes, N.C.Gallagher, JR., "Median filters:some modifications and their properties," *IEEE Trans. on Acoust, Speech, and Signal Processing*, vol.ASSP-30, no.5, Oct. 1982.
2. R. M. Haralick, S. R. Sternberg, and Xinhua zhuang, "Image analysis using mathematical morphology," *IEEE Trans. on PAMI*, vol. PAMI-9, NO.4, pp.532-550, Jul. 1987.
3. I. Pitas, A. N. Venetsanopoulos, "Nonlinear Digital Filter," Kluwer Academic Publishers, 1990.
4. R. L. Stevenson, G. R. Arce, "Morphological filters:Statistics and further syntatic properties," *IEEE Trans. on CAS*, Vol.CAS-34, pp. 1292-1305, Nov. 1987.
5. P. Maragos, R. W. Schafer, "Morphological filters, part I :their set theoretic analysis and relations to linear shift invariant filters," *IEEE Trans. on ASSP*, Vol ASSP-35, no.8, pp. 1153-1169, Aug. 1987.
6. P. Maragos, R. W. Schafer, "Morphological filters, part II :their relations median, Order Statistic and Stack filters," *IEEE Trans. on ASSP*, Vol ASSP-35, no.8, pp.1170-1184, Aug. 1987.
7. B. J. Justusson, "Median filtering : Statistical properties," *Two-dimensional Signal Processing II*, T.S.Huang editor, Springer-verlag, 1981.
8. J. Serra, "Image analysis and mathematical morphology," Academic Press, Volume 1, 1982.
9. J. Serra, "Image analysis and mathematical morphology," Academic Press, Volume 2, 1988.
10. P. Margos, "A representation theory for morphological image and signal processing," *IEEE Trans. PAMI*, vol. PAMI-11, pp.586-599, June, 1989.
11. C. R. Giardina, E. R. Dougherty, "Morphological Methods in Image and Signal Processing," Prentice Hall, 1988.



文 成 龍 (Sung-Lyong Moon) 正會員
1959년 12월 22일생
1982년 2월 : 원광대학교 전자공학과 졸업
1986년 8월 : 전북대학교 대학원 전자공학과 공학석사
1991년 8월 : 전북대학원 대학원 전자공학과 박사과정 수료

1990년 3월 ~ 현재 : 전주공업전문대학 전자계산과 조교수
※주관심분야 : 디지털 신호처리 및 CAD



金 鐘 玟 (Chong Kyo Kim) 正會員
1944년 8월 22일생
1966년 2월 : 전북대학교 전기공학과 졸업
1977년 8월 : 전북대학교 대학원 전기공학과 공학석사
1983년 8월 : 전북대학교 대학원 전기공학과 공학박사

1979년 4월 ~ 현재 : 전북대학교 전자공학과 교수
1966년 7월 ~ 1972년 5월 : 체신부 근무(장거리 통신 담당)
1983년 8월 ~ 1984년 8월 : 미국 일리노이 공과대학(IIT) 객원교수

※주관심분야 : 디지털신호처리(음성신호처리) 및 CAD