DBpia

논문 16-41-10-21 The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences '16-10 Vol.41 No.10
http://dx.doi.org/10.7840/kics.2016.41.10.1284

영역 분할을 이용한 변형된 스위칭 필터에 관한 연구

권 세 익◆, 김 남 호°

A Study on Modified Switching Filter Using Region Segmentation

Se-ik Kwon◆, Nam-ho Kim°

요 약

최근, 디지털 영상처리는 방송, 통신, 컴퓨터 그래픽, 의학 분야 등에서 많이 응용되고 있으며, 일반적으로 영상 데이터는 전송하는 과정에서 잡음이 발생한다. 영상에 첨가되는 잡음에는 다양한 종류가 있으며, salt and pepper 잡음, AWGN, 복합잡음이 대표적이다. 따라서 본 논문에서는 영상에 첨가된 복합잡음의 영향을 완화하기 위하여 훼손된 영상을 네 개의 영역으로 세분화하고 각 화소들의 잡음 종류를 추정하여 salt and pepper 잡음과 AWGN으로 나누어 처리하는 스위칭 필터를 제안하였다. 국부 마스크의 중심화소가 salt and pepper 잡음에 훼손된 경우, 세분화된 영역의 히스토그램 확률 가중치 마스크를 이용하여 처리하였으며, AWGN으로 훼손된 경우, 세분화된 영역의 분산을 이용하여 각 영역의 분산에 따라 가중치를 다르게 적용하여 가중치 필터를 제안하였다. 그리고 제안한 필터의 성능 평가를 위해 PSNR을 이용하여 기존의 방법들과 비교하였다.

Key Words : PSNR, Noise removal, Histogram, Variance

ABSTRACT

Recently, digital image processing is applied a lot to the broadcasting, communication, computer graphic, and medical sectors. It generates noise when data is transmitted. There are many kinds of noises that add to the image such as salt and pepper noise, AWGN, and complex noise. Thus, this study divides the corrupted image into four4 areas and estimates the types of noises each pixel, and this study suggested a switching filter that separates the estimated into salt and pepper noise and AWGN. In the case that center pixel of local mask is corrupted by salt and pepper noise, it used a histogram probability weighting of subdivided area. Also, in case that it is corrupted by AWGN, algorithm that is applied to with different weights given for the distribution of each area with using subdivided area's distribution was suggested. For an objective comparison and conclusion, this study used PSNR and compared to existing methods.

Ⅰ. 서 론

최근, IT의 발전에 따라 디스플레이 등 영상 장치들에 대한 요구가 갈수록 높아지고 있다. 일반적으로 디지털 영상을 획득, 처리, 전송하는 과정에서 여러 외부 원인에 의해 잡음이 첨가되어 영상이 흐려지게 되어 영상의 질이 저하된다. 이에 따라 영상에 첨가된 잡음의 영향을 완화하기 위한 활발한 연구가 진행되고 있다[1-5].

영상에 첨가되는 잡음은 발생되는 원인과 형태에

※ 본 논문은 2016년도 Brain Busan 21사업에 의하여 지원되었음.
◆ First Author : Pukyong National University Department of Control and Istrumentation Engineering, arz54hoo@naver.com, 학생회원
° Corresponding Author : Pukyong National University Department of Control and Istrumentation Engineering, nhk@pknu.ac.kr, 종신회원
논문번호 : KICS2016-08-178, Received August 1, 2016; Revised October 12, 2016; Accepted October 19, 2016

www.dbpia.co.kr

따라 다양한 종류가 있으며, 주로 salt and pepper 잡음, AWGN(additive white Gaussian noise), 복합잡음이 대표적이다. 복합잡음을 제거하기 위한 대표적인 공간영역 방법에는 CWMF(center weighted median filter), A-TMF(alpha-trimmed mean filter), AWMF (adaptive weighted median filter) 등이 있다. 그러나 이러한 방법들은 복합잡음 환경에서 필터의 한계로 잡음 제거 특성이 다소 미흡하다[6-8].

따라서 본 논문에서는 영상에 첨가되는 복합잡음의 영향을 완화하기 위하여, 훼손된 영상을 네 개의 영역으로 나누고, 각 영역에서 화소들의 잡음 종류를 추정하여 salt and pepper 잡음과 AWGN으로 나누어 처리하는 스위칭 필터를 제안하였다. 국부 마스크의 중심화소가 salt and pepper 잡음에 훼손된 경우, 세분화된 영역의 히스토그램 확률 가중치 마스크를 이용하여 처리하였으며, AWGN으로 훼손된 경우, 세분화된 영역의 분산을 이용하여 각 영역의 분산에 따라 가중치를 다르게 적용하여 처리하는 알고리즘을 제안하였다. 그리고 객관적 판단을 위해 PSNR(peak signal to noise ratio)을 이용하여 기존의 방법들과 비교하였다[9,10].

Ⅱ. 제안한 알고리즘

본 논문에서는 복합잡음에 훼손된 영상을 네 개의 영역으로 나누고 각 영역에서 잡음의 종류에 따라 히스토그램 및 분산을 이용하여 처리하는 변형된 스위칭 필터를 제안하였다.

그림 1에서 I는 복합잡음에 의하여 훼손된 입력 영상이며, i,j의 위치에 있는 화소 $I_{i,j}$는 식 (1)과 같이 표현된다.

$$I_{i,j}=\begin{cases} x_{\min} \text{ or } x_{\max}, & with\ probability\ P \\ I_{i,j}^{0}+n_{i,j}, & with\ probability\ 1-P \end{cases} \tag{1}$$

그림 2. 세분화된 Girl 영상
Fig. 2. Segmented Girl image

여기서 $I_{i,j}^{0}$는 원 영상의 화소값을 나타내며, $n_{i,j}$는 AWGN의 크기, P는 salt and pepper 잡음의 확률이다.

제안한 알고리즘은 다음과 같다.

입력 영상 I를 그림 2와 같이 네 개의 영역으로 세분화한다.

세분화된 각 영역에 대해 히스토그램 및 분산을 구하며, 밝기 레벨의 범위가 $[0,\ L-1]$인 디지털 영상의 각 영역에 대한 히스토그램 확률 함수는 식 (2)와 같이 표현된다.

$$H_r(t_k)=\frac{p_k^r}{total_r} \tag{2}$$

여기서, $L=2^8$, $k=0,1,2,...,L-1$, t_k는 k번째 밝기 값이며, p_k^r은 r번째 영역에서 밝기 t_k를 갖는 화소들의 수이고, $total_r$은 r번째 영역의 전체 화소수를 나타낸다.

또한 각 영역에 대한 분산(V)을 식 (3)과 같이 구한다.

$$V=\sigma_r^2=\frac{\sum_{k,l\in r}\left(I_{i+k,j+l}-m_r\right)^2}{N_r} \tag{3}$$

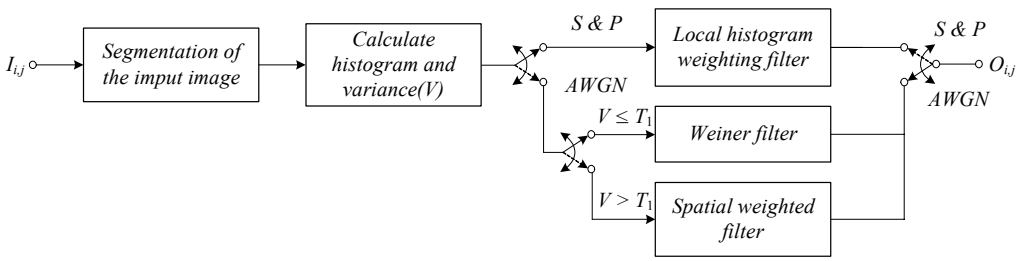

그림 1. 제안한 알고리즘의 모델
Fig. 1. Model of proposed algorithm

www.dbpia.co.kr

여기서, k,l은 각 영역들의 좌표, I는 입력 영상, m_r과 N_r은 r번째 영역의 salt and pepper 잡음을 제외한 화소들의 및 요소수를 나타낸다.

Case Ⅰ. 중심화소 $I_{i,j}$가 salt and pepper 잡음으로 판단된 경우

Step 1. 국부 마스크를 식 (4)와 같이 설정한다.

$$M_{i+p,j+q} = I_{i+p,j+q}, \quad -N \le p,q \le N \tag{4}$$

여기서, p,q는 국부 마스크의 내부 좌표를 의미한다.

Step 2. 국부 히스토그램의 확률 함수를 이용하여 식 (5)와 같이 가중치 마스크를 설정한다.

$$W_{i+p,j+q} = \frac{F_{i+p,j+q}\, H_v(M_{i+p,j+q})}{\sum_{p,q\in M} F_{i+p,j+q}\, H_v(M_{i+p,j+q})} \tag{5}$$

여기서, $F_{i+p,j+q}$는 salt and pepper 잡음 유무를 나타내는 2진화 마스크이며, 식 (6)과 같이 표현된다.

$$F_{i+p,j+q} = \begin{cases} 0, & \text{if } I_{\min} = M_{i+p,j+q} \\ & \text{or } I_{\max} = M_{i+p,j+q} \\ 1, & otherwise \end{cases} \tag{6}$$

Step 3. 가중치 마스크를 이용하여 최종 출력을 식 (7)과 같이 구한다.

$$\begin{aligned} \Delta &= \sum_{p,q\in M} W_{i+p,j+q} \\ O_{i,j} &= \frac{1}{\Delta} \sum_{p,q\in M} M_{i+p,j+q}\, W_{i+p,j+q} \end{aligned} \tag{7}$$

여기서, Δ는 가중치 마스크 내의 계수들의 총 합니다.

Step 4. 국부 마스크의 모든 화소가 salt and pepper 잡음에 훼손된 경우, 국부 마스크 내의 이전 출력 화소들을 평균하여 최종 출력을 구한다.

Case Ⅱ. 중심화소 $I_{i,j}$가 AWGN으로 판단된 경우

Step 1. 국부 마스크를 식 (4)와 같이 설정한다.

Step 2. $\sigma_r^2 \le T_1$인 경우, 위너 필터로 처리하며 위터 필터는 식 (8)과 같다.

$$O_{i,j} = \frac{\sigma_m^2}{\sigma_m^2 + \sigma_r^2}(M_{i,j} - \mu_{i,j}) + \mu_{i,j} \tag{8}$$

여기서, σ_m^2은 국부 마스크의 분산, $\mu_{i,j}$는 국부 마스크 내의 salt and pepper 잡음을 제외한 화소들의 평균이다.

위너 필터는 저주파 영역에서 잡음 제거 특성이 우수하지만 미흡한 에지 보존 성능을 나타낸다.

Step 3. $\sigma_r^2 > T_1$인 경우, 변형된 공간 가중치 마스크로 처리하며 변형된 공간 가중치 마스크는 식 (9)와 같이 설정한다.

$$w_{i+p,j+q} = \left[\delta - \sqrt{(i-p)^2 + (j+q)^2}\right]^{\alpha} \tag{9}$$

여기서, δ과 α는 변형된 공간 가중치 필터의 특성을 결정하는 중요한 파라미터이다.

Step 4. 변형된 공간 가중치를 이용한 최종 출력은 식 (10)과 같이 구한다.

$$\begin{aligned} \Lambda &= \sum_{p,q\in M} F_{i+p,j+q}\, w_{i+p,j+q} \\ O_{i,j} &= \frac{1}{\Lambda} \sum_{p,q\in M} M_{i+p,j+q}\, F_{i+p,j+q}\, w_{i+p,j+q} \end{aligned} \tag{10}$$

여기서, Λ는 변형된 공간 가중치 필터를 정규화하기 위한 값이다.

Ⅲ. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 512×512 크기의 8 비트 그레이 영상인 Lena 영상에 대해 복합잡음을 첨가하여 시뮬레이션하였으며, 또한 영상의 개선 정도를 평가하기 위하여 PSNR을 사용하여 기존의 CWMF, A-TMF, AWMF로 성능을 비교하였다.

그림 3은 제안한 알고리즘의 우수한 잡음 제거 특성을 입증하기 위해, Lena 영상에 salt and pepper 잡음($P=40\%$)와 AWGN($\sigma=10$)을 첨가하여, 기존의 방법들과 제안한 방법의 시뮬레이션한 결과이다.

그림 4는 복합잡음에 훼손된 영상을 복원함에 있어서 제안한 알고리즘의 잡음 제거 특성을 확인하기 위해, Lena 영상에 (200, 250) 화소를 중심으로 상하좌우 각각 50화소 영역을 확대한 영상으로 나타내었다.

그림 3,4에서 (a)는 원 영상이고, (b)는 salt and pepper 잡음($P=50\%$) 및 AWGN($\sigma=10$)에 훼손된

www.dbpia.co.kr

그림 3. Lena 영상의 시뮬레이션 결과 (a) 원 영상 (b) 잡음 영상 (c) CWMF (d) A-TMF (e) AWMF (f) PFA
Fig. 3. Simulation result of Lena image (a) Original image (b) Noise image (c) CWMF (d) A-TMF (e) AWMF (f) PFA

영상이며, (c)는 CWMF(5×5), (d)는 A-TMF(5×5), (e)는 AWMF(5×5), (f)는 제안한 필터 알고리즘(PFA: proposed filter algorithm)으로 처리한 결과이다.

확대 영상으로부터, 기존의 방법들은 복합잡음 환경에서 잡음 제거 특성이 다소 미흡하였으며, 에지 영역에서 블러링 현상이 나타났다. 그리고 제안한 알고리즘은 기존의 방법들에 비해 복합잡음 환경에서 잡음 제거 특성이 우수한 결과를 나타내었다.

그림 5는 각각의 필터들에 의해 복원된 영상에 대한 PSNR을 비교한 것이다.

그림 5에서 기존의 방법들은 salt and pepper 잡음 밀도가 증가함에 따라 잡음 제거 성능이 미흡해지는 결과를 나타내었다. 그리고 제안한 알고리즘은 모든 영역에서 우수한 잡음 제거 성능을 나타내었다.

표 1은 Lena 영상에서 salt and pepper 잡음 밀도 변화에 따른 기존의 필터들과 제안한 필터 알고리즘의 처리 결과를 PSNR로 나타낸 것이다.

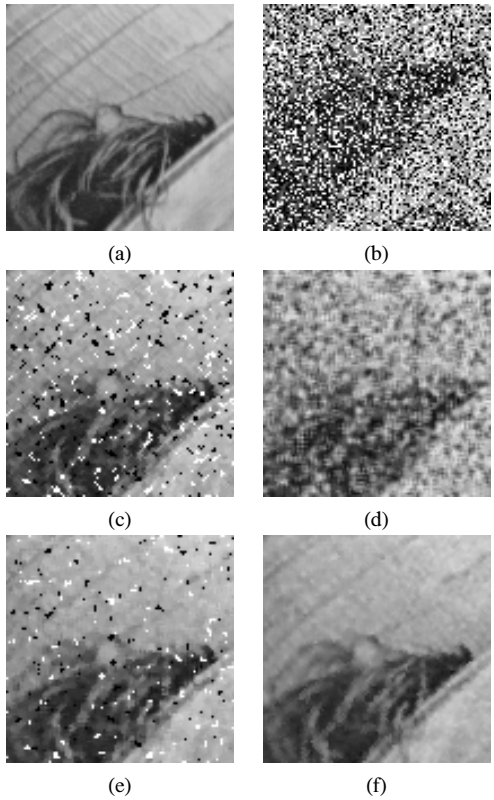

그림 4. Lena 영상의 확대 영상 (a) 원 영상 (b) 잡음 영상 (c) CWMF (d) A-TMF (e) AWMF (f) PFA
Fig. 4. Zoom image of Lena image (a) Original image (b) Noise image (c) CWMF (d) A-TMF (e) AWMF (f) PFA

표 1의 결과로부터 제안한 알고리즘으로 복원한 영상은 기존의 방법들에 비해 우수한 PSNR 특성을 나타내었다. 그리고 제안한 알고리즘은 salt and pepper 잡음($P=40\%$)와 AWGN($\sigma=10$)에 훼손된 Lena 영상에서 29.81[dB]의 높은 PSNR을 보이고 있으며, 기

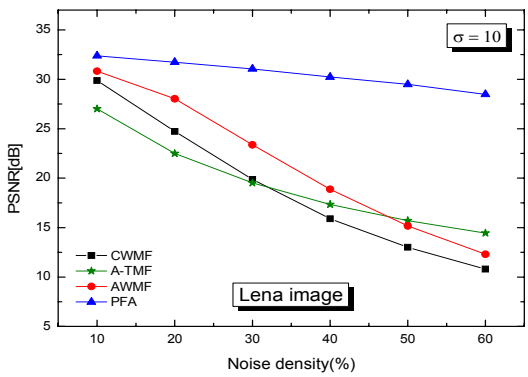

그림 5. Lena 영상에 대한 PSNR 그래프
Fig. 5. PSNR graph for Lena image

www.dbpia.co.kr

표 1. Lena 영상의 각 PSNR 비교
Table. 1. Each PSNR comparison for Lena image.

S & P Noise	AWGN($\sigma = 10$)			
	CWMF	A-TMF	AWMF	PFA
10%	29.88[dB]	27.01[dB]	30.82[dB]	32.39[dB]
20%	24.73[dB]	22.50[dB]	28.03[dB]	31.73[dB]
30%	19.89[dB]	19.52[dB]	23.38[dB]	31.05[dB]
40%	15.90[dB]	17.34[dB]	18.88[dB]	30.23[dB]
50%	13.01[dB]	15.71[dB]	15.17[dB]	29.49[dB]
60%	10.80[dB]	14.45[dB]	12.31[dB]	28.48[dB]

존의 CWMF, A-TMF, AWMF에 비해 각각 14.33[dB], 12.89[dB], 11.35[dB] 개선되었다.

Ⅳ. 결 론

본 논문은 복합잡음 환경에서 훼손된 영상을 복원하기 위하여 훼손된 영상을 네 개의 영역으로 나누고 각 영역에 대한 히스토그램 및 분산을 이용하여 각 영역에 대한 가중치를 다르게 적용하여 보다 효과적인 잡음 제거 알고리즘을 제안하였다.

시뮬레이션 결과, 제안한 알고리즘은 복합잡음 환경에서 우수한 잡음 제거 특성과, 에지 보존 특성을 나타내었다. 그리고 salt and pepper 잡음 밀도 변화에 따른 잡음 제거 특성이 기존의 방법들보다 우수한 결과를 나타내었다.

따라서 제안한 알고리즘은 복합잡음 환경에서 운용되는 영상처리 시스템에 유용하게 적용될 것으로 사료된다.

References

[1] K. N. Plataniotis and A. N. Venetsanopoulos, *Color Image Processing and Applications*, 1st Ed., Berlin, Germany: Springer, 2000.

[2] R. C. Gonzalez and R. E. woods, *Digital Image Processing*, 3rd Ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2008.

[3] Y. J. Chang and Y. S. Ho, "Stereo matching using distance transform and 1D array kernel," *J. KICS*, vol. 41, no. 5, pp. 546-554, May 2016.

[4] Y. H. Kim, D. W. Lim, and Y.-S. Kim, "Design of fluctuation function to improve BER performance of data hiding in encrypted image," *J. KICS*, vol. 41, no. 3, pp. 307-316, Mar. 2016.

[5] W. Kim, J. Shin, and B. T. Oh, "Region-based error concealment of depth map in multiview video," *J. KICS*, vol. 40, no. 12, pp. 2530-2538, Dec. 2015.

[6] S. I. Kwon and N. H. Kim, "A study on modified spatial weighted filter in mixed noise environments," *JKIICE*, vol. 19, no. 1, pp. 237-243, Jan. 2015.

[7] R. Öten and R. J. P. De Figueiredo, "Adaptive alpha-trimmed mean filters under deviations from assumed noise model," *IEEE Trans, Image Processing*, vol. 13, no. 5, pp. 627-639, May 2004.

[8] J. Wang and J. Hong, "A new selt-adaptive weighted filter for removing noise in infrared images," *IEEE ICIECS*, pp. 1-4, Dec. 2009.

[9] T. Azetsu, N. Suetake, and E. Uchino, "Trilateral filter using rank order information of pixel value for mixed gaussian and impulsive noise removal," *ISPACS*, pp. 303-306, Nov. 2013.

[10] T. Bai and J. Tan, "Automatic detection and removal of high-density impulse noises," *IET, Image Processing,* vol. 9, no. 2, pp. 162-172, Feb. 2015.

www.dbpia.co.kr

권 세 익 (Se-ik Kwon)

2014년 8월 : 부경대학교 제어계측공학과 졸업
2016년 8월 : 부경대학교 제어계측공학과 석사
2016년 9월~현재 : 부경대학교 제어계측공학과 박사과정
<관심분야> 영상처리

김 남 호 (Nam-ho Kim)

1992년~현재 : 부경대학교 공과대학 제어계측공학과 교수
<관심분야> 영상처리, 통신 시스템, 적응필터와 웨이브렛을 이용한 잡음제거 및 신호복원

www.dbpia.co.kr