

점증적 노이즈 제거를 통한 영상 복원

Image Restoration by Gradual Noise Reduction

서석태, 이인근, 정혜천*, 권순학

Dept. of Electrical Engineering, Yeungnam University
*Korea Textile Machinery Research Institute

E-mail : kenneth78@yun.ac.kr

요 약

기존에 사용되고 있는 노이즈 제거 필터인 평균값 필터, 중간값 필터 등의 필터를 이용하여 노이즈 포함 영상을 복원할 경우, 몽롱화 현상이 발생하게 되며 이러한 몽롱화 현상은 마스크의 크기가 달라짐에 따라서 심해지는 경향을 보인다.

본 논문은 노이즈가 포함된 입력 영상의 픽셀 주변 환경에 기반하여 점증적으로 노이즈를 제거하여 입력영상을 변환 시켜, 몽롱화의 현상을 줄이고, 정보의 추출이 용이하도록 영상을 복원하는 점증적 노이즈 제거 필터를 제안한다. 또한 노이즈에 의해서 훼손된 입력 영상의 복원을 통하여 제안된 노이즈 제거 필터의 효용성을 보인다.

Key Words : 점증적, 노이즈 제거, 영상 복원

1. 서 론

영상 복원은 열화 현상으로 훼손되거나 혹은 잘려진 영상 등을 훼손되기 이전의 원 영상으로 복원하는 처리 과정이다. 이를 위해서 열화 현상 등을 모델링하고 역변환 과정의 수행을 통하여 원 영상을 복원한다. 영상 복원은 영상 향상과 중복되는 영역이 존재하며, 그 구별의 모호성이 존재한다. 영상 향상과 영상 복원은 다음과 같이 구별되어 질 수 있다. 대비도 증가를 통해서 영상을 보기 쉽게 잘 구별 되도록 만드는 것은 영상 향상에 속하며, 몽롱하게 흐려진 영상에 대해 몽롱화 현상을 모델링 하여 역변환 과정을 통하여 몽롱화를 제거하는 경우는 영상 복원에 속한다.

영상의 노이즈를 제거하여 원 영상에 가깝게 다가가도록 하는 많은 방법들이 있으며, 대표적인 마스크 기반 필터로는 평균 필터, 중간값 필터, 최대 최소 필터 등이 있으며, 주파수 기반으로는 대역통과 필터, notch 필터 등이 있다.

또한 퍼지 필터를 이용한 노이즈 제거법 [1,2], Wavelet을 이용한 노이즈 제거[3] 및 기타 많은 노이즈 제거법이 제시되었다[4,5].

이러한 노이즈 제거를 통해서 영상을 복원하는 기술 뿐 아니라, 영상 단면에 손실을 보상하기 위한 복원 기술[6-8] 역시 제시되었다.

이러한 대부분의 방법들은 훼손 영상에서 노이즈를 제거, 혹은 병합하여 원 영상에 가깝도록 영상을 복원하는 방법들이다.

본 논문에서는 노이즈 제거 필터를 사용하여 원 영상을 복원하는 과정에서 발생하는 몽롱화 현상을 줄이고 효과적으로 노이즈를 제거하여 원 영상을 복원하는 점증적 노이즈 제거 필터를 제안한다. 본 논문에서는 평균 필터 및 중간값 필터를 사용하여 복원한 영상과 제안하는 노이즈 제거 필터를 사용하여 복원한 영상을 비교하여 제안하는 노이즈 제거 필터의 효용성을 보인다.

2. 평균 필터 및 중간값 필터

평균 필터 및 중간값 필터는 일반적으로 널리 사용되고, 또한 그 연산이 단순한 대표적인 노이즈 제거 필터이다. 본 논문에서 사용되어지는 평균필터는 산술 평균 필터이며, 평균 필터 중에서 가장 단순한 필터이다.

2.1 산술 평균 필터

산술 평균 필터는 노이즈 이미지 영상 $f(x,y)$ 의 임의의 좌표 (x,y) 점을 중심으로 크기 $m \times n$ 인 직사각형의 마스크를 적용하여 적용된 마스크 영역의 화소들의 값을 계산하여

산술 평균하여 변환 영상 $g(x,y)$ 의 (x,y) 의 좌표에 대입하는 필터이다.

$$g(x,y) = \frac{1}{m \times n} \sum_{(a,b) \in S_{xy}} f(a,b) \quad (1)$$

S_{xy} 는 (x,y) 점을 중심으로 $m \times n$ 인 마스크를 적용한 내부의 좌표 집합이다.

이러한 산술 평균 필터는 영상의 국부적인 잡음을 스무딩하여, 노이즈를 제거한다.

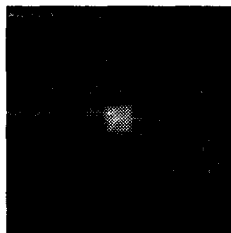
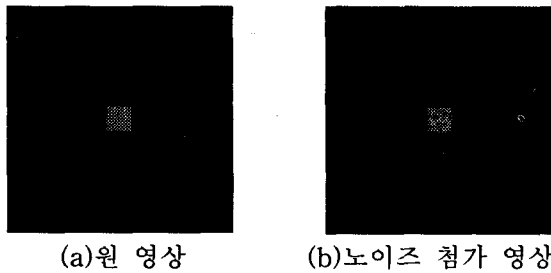


그림 1. 3x3 평균 필터를 사용한 영상 복원 예

2.2 중간값 필터

중간값 필터는 산술 평균 필터와 같이 노이즈 영상 $f(x,y)$ 의 임의의 좌표 (x,y) 점을 중심으로 크기 $m \times n$ 인 직사각형의 마스크를 적용하여 적용된 마스크 영역의 화소들의 값을 정렬하여 이 중에서 중간에 위치하는 화소 값을 변환 영상 $g(x,y)$ 의 (x,y) 의 좌표에 대입하는 필터이다.

$$g(x,y) = \text{median}_{(a,b) \in S_{xy}} \{f(a,b)\} \quad (2)$$

S_{xy} 는 (x,y) 점을 중심으로 $m \times n$ 인 마스크를 적용한 내부의 좌표 집합이다.

이러한 중간값 필터는 임펄스 잡음이 있는 경우에 효과적인 필터이다. 또한 다른 종류의 노이즈 제거 필터보다 적은 뭉롱화 현상을 나타내므로 효과적인 필터라고 할 수 있다.

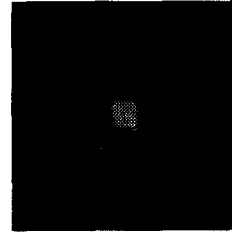


그림 2. 3x3 중간값 필터 결과 영상

그림 2의 결과 영상은 그림 1(b)의 노이즈 영상을 중간값 필터를 사용한 결과 영상이다. 중간값 필터의 결과 영상이 그림 1(c)의 평균 필터의 결과 영상 보다 뭉롱화 현상이 적음을 확인 할 수 있다.

하지만, 기존의 노이즈 제거 필터는 뭉롱화 현상을 가지고 있으며, 이러한 뭉롱화 현상은 마스크의 크기가 커져 감에 따라서 강해진다.

3. 점증적 노이즈 제거 필터

본 논문에서는 점증적 변화에 따른 노이즈 제거 필터를 제안한다. 점증적 노이즈 제거 필터는 이미지 영상 $f(x,y)$ 의 임의의 좌표 (x,y) 점을 중심으로 크기 $m \times n$ 인 직사각형의 마스크를 적용하여 적용된 마스크 영역의 화소의 값과 중심점 (x,y) 의 화소의 값의 편차를 계산하여, 임계점을 중심으로 중심화소의 값을 변화시킨다.

흑백 영상에 있어서 국소 영역에서 의미를 가지는 영상은 주변의 화소 값과 비슷한 값을 가지게 되며, 따라서 주변 화소 값의 유사성을 측정하여 가장 가까운 화소로 중심 값을 변화시키는 것이다.

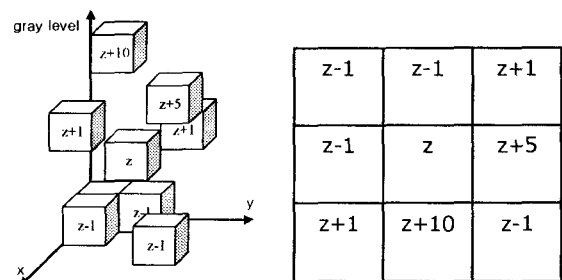


그림 3. 3x3 마스크의 예

그림 3의 예에서와 같은 분포로 이루어진 국소 영역에 있어서 중심 화소 값 z 는 평균 필터의 경우 $z+1$ 로 변화 할 것 이며, 중간값 필터의 경우 z 로 변화 하게 될 것이다.

하지만, 점증적 방법을 사용할 경우, 중심 화소 값을 $z-1$ 로 변화하게 된다. 변환에 사용되는 식은 다음과 같다.

$$E_{xy} = \sum_{(a,b) \in S_{xy}} \left(\frac{1}{d_{ab}} \times \frac{\alpha_{ab}}{|\alpha_{ab}|} \right) \quad (3)$$

여기서, $d = \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2 + (z-z_i)^2}$
 $\alpha = (z_i - z)$

즉, 크기 $m \times n$ 인 직사각형의 마스크의 중심 화소 값과 마스크 S_{xy} 내부의 주변 화소와의 거리의 편차를 계산한다. 식 (3)의 계산 값을 픽셀간의 인력과 연관 지어서 에너지 안정도라 한다.

식 (3)에서 구해진 에너지 변화량의 결과 값에 따라서 다음과 같은 조건으로 중심 화소 값을 변화시킨다.

$$g(x,y) = \begin{cases} f(x,y)-1, & \text{if } E_{xy} < 0 \\ f(x,y), & \text{if } E_{xy} = 0 \\ f(x,y)+1, & \text{if } E_{xy} > 0 \end{cases} \quad (4)$$

식 (4)와 같이 영상을 변화시켜 가면서 노이즈를 제거한다. 변환된 영상의 변화가 없을 때까지 계속해서 반복 수행을 한다.

[점증적 노이즈 제거]

- [1]노이즈 영상으로부터 식(3)을 이용하여 모든 화소의 에너지 변화량을 구한다.
- [2]식 (4)를 이용하여 화소 값을 변화시킨다.
- [3]변환된 영상과 변환전의 영상을 비교한다.
- [4]변화가 없을 경우 종료하고, 변화가 있을 경우 [1]~[3]을 변화가 없을 때까지 반복 수행한다.

4. 모의실험

모의실험에서 사용될 영상은 그림 4와 같다.

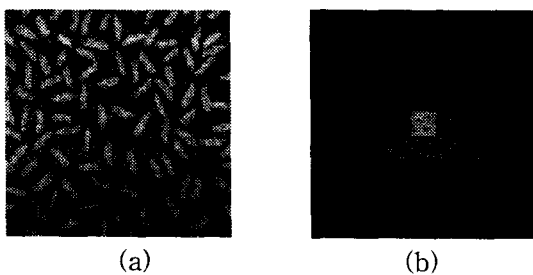


그림 4. 모의실험에 사용될 예제영상

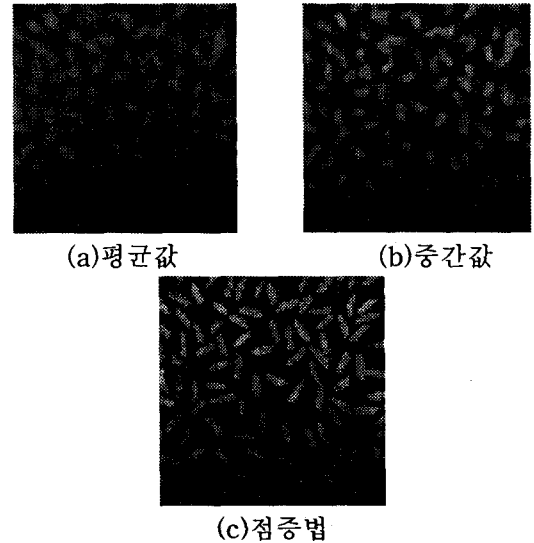


그림 5. 그림 4(a)의 결과 영상(5x5 마스크)

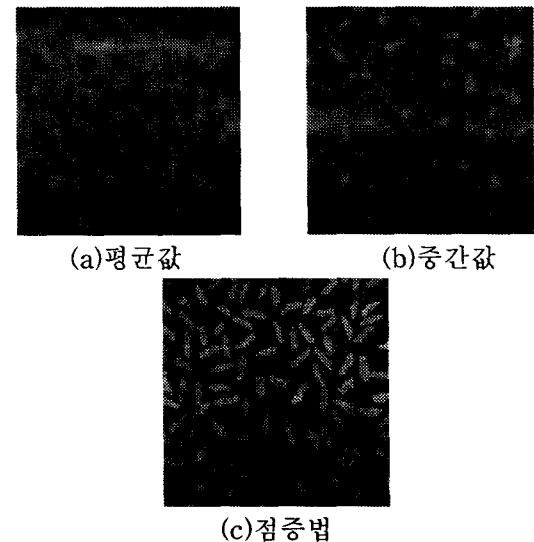


그림 6. 그림 4(a)의 결과 영상(7x7 마스크)

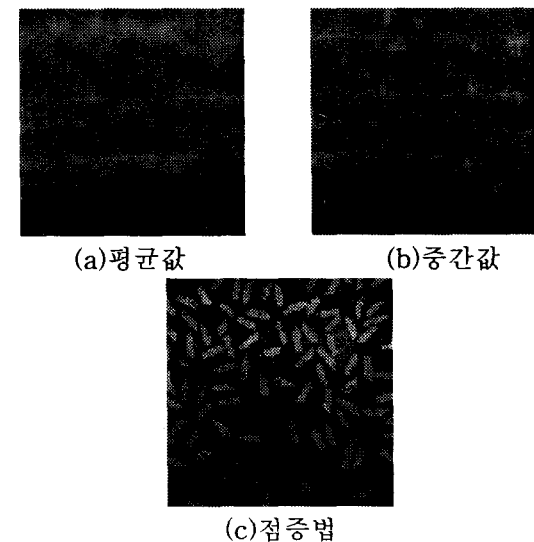


그림 7. 그림 4(a)의 결과 영상(9x9 마스크)

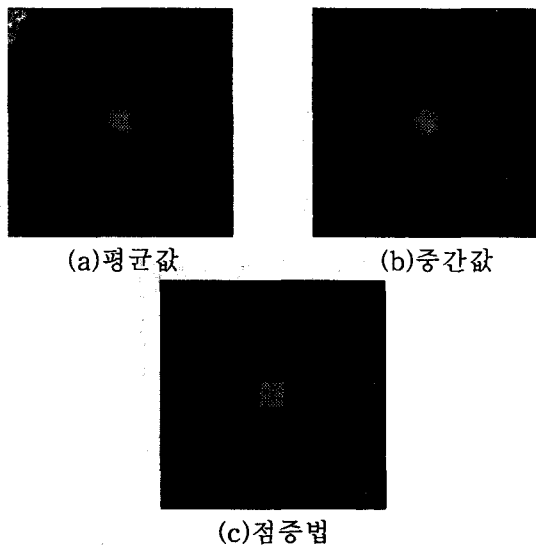


그림 8. 그림 4(b)의 결과 영상(5x5 마스크)

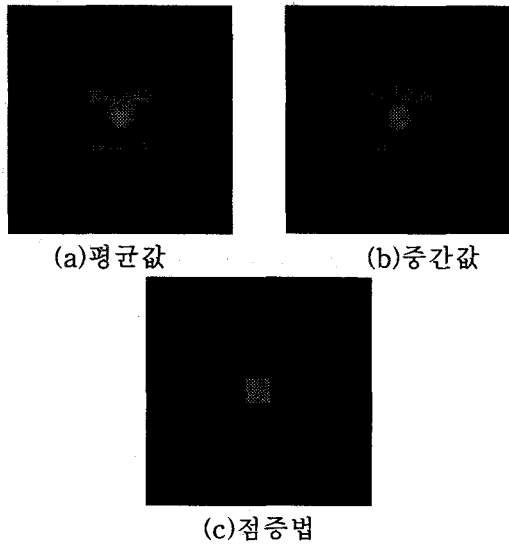


그림 9. 그림 4(b)의 결과 영상(7x7 마스크)

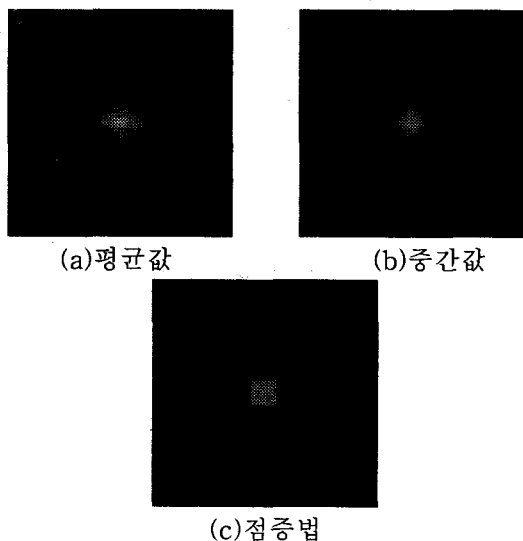


그림 10. 그림 4(b)의 결과 영상(9x9 마스크)

5. 결론

본 논문에서는 모의실험으로부터 점증적 노이즈 제거 필터의 효용성을 확인 하였다. 점증적 노이즈 제거 필터는 다른 두 가지 필터(평균 필터, 중간값 필터)에 비해 마스크의 크기가 커짐에 따라서 노이즈 제거에서 좋은 성능을 보이며, 몽롱화 현상이 적음을 확인 할 수 있었다. 하지만, 점증적 노이즈 제거 필터는 연산이 다소 복잡하고 연산의 소요시간이 오래 걸린다는 큰 단점을 가지고 있다.

따라서 향후 과제로는 점증적 노이즈 제거 필터의 연산을 줄이면서 점증적 노이즈 제거 필터의 장점을 살릴 수 있는 노이즈 제거 필터에 관한 연구가 이루어져야 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] Dimitri Van De Ville, "Noise Reduction by Fuzzy Image Filtering", Fuzzy Systems, IEEE Transactions on. Vol. 11, Issue. 4, pp. 429-436, 2003.
- [2] D. Zhang, Z. Wang, "Impulse noise detection and removal using fuzzy techniques," Electron. Lett, Vol. 33, No. 5, pp. 378-379, 1997.
- [3] J. B. Weaver, X. Yansun Jr, D. M. Healy, L. D. Cromwell, "Filtering noise from images with wavelet transforms," Magn, Res. Med, Vol. 24, pp. 288-295, 1991.
- [4] Y. Ohtake, A. Belyaev, I. Bogaevski, "Mesh regularization and adaptive smoothing," Comput. Aided Design, Vol. 33, pp. 789-800, 2001.
- [5] P. Meer, J. M. Jolion, A. Rosenfeld, "A fast parallel algorithm for blind estimation of noise variance," IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell, Vol. 12, pp. 216-223, 1990.
- [6] David Zhang, Zhou Wang, "Image information restoration based on long-range correlation," IEEE Trans. Circuits and System for Video Technology, Vol. 12, No. 5, pp. 331-341, 2002.
- [7] Y. Wang, Q. Zhu, "Signal loss recovery in DCT-based image and video codecs," Proc. SPIE Vis. Commun. Image Processing, Vol. 1605, pp. 667-678, 1991.
- [8] X. Lee, Y. Q. Zhang, A. Leon-Garcia, "Information loss recovery for block-based image coding techniques-A fuzzy logic approach," IEEE Trans, Image Processing, Vol. 4, pp. 259-273, 1995.