

# AWGN 환경에서 정규분포와 화소특성을 이용한 잡음제거

천봉원 · 김남호\*

부경대학교

## Noise Removal using Normal Distribution and Pixel Characteristics in AWGN Environments

Bong-Won Cheon · Nam-Ho Kim\*

Pukyong National University

E-mail : nhk@pknu.ac.kr

### 요 약

디지털 영상은 카메라 센서의 오작동 및 하드웨어의 오류와 같은 다양한 이유로 잡음에 훼손된다. 특히 AWGN은 전자장비 대부분에서 발견할 수 있기 때문에 다양한 영상 처리 과정에서 AWGN 제거가 필수적으로 이루어진다. 본 논문은 AWGN 환경에서 화소특성을 고려하여 잡음을 제거하는 필터 알고리즘을 제안하였다. 기존 방법들은 고주파 성분이 많은 영상에서 비교적 미흡한 성능을 보였으며, 이를 보완하기 위해 마스크 내부 화소 분포를 고려하여 필터링 범위를 설정하였으며, 각 성분에 적합한 필터의 출력은 정규분포에 따라 가중치를 가감하여 최종 출력을 정한다. 그리고 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 시뮬레이션을 이용하여 기존 방법과 비교하였다.

### ABSTRACT

Digital images are compromised by noise for various reasons, such as camera sensor malfunctions and hardware errors. Since AWGN can be found in most of electronic equipment, AWGN removal is essential in various image processing processes. In this paper, we propose a filter algorithm that eliminates noise considering the pixel characteristics in AWGN environments. In order to compensate this, the filtering range is set considering the distribution of the pixels inside the mask. The output of the filter suitable for each component is adjusted by adding or subtracting the weight according to the normal distribution. Set the output. To evaluate the performance of the proposed algorithm, we compared it with the existing method using simulation.

### 키워드

AWGN, 잡음 제거, 정규분포, 가중치

### 1. 서 론

현대 사회는 4차 산업 혁명과 IoT 기술의 발전으로 폭넓은 분야에 다양한 디지털 기기들이 보급되어 수많은 정보를 교류하고 있다. 하지만 영상을 획득하거나 전송하는 과정 등에서 잡음이 발생하여 정보를 훼손하고 있으며, 이러한 잡음은 영상의 화질이 떨어질 뿐만 아니라 영상을 기반으로 동작하는 시스템에 영향을 끼쳐 오류와 잘못된 동작을

일으킬 수 있다[1-2]. 특히 AWGN(additive white gaussian noise)은 거의 모든 분야의 전자장비에서 발생하며, 이를 제거하기 위해 많은 기법들이 제안되었다. 대표적으로 평균 필터(MF, mean filter), 가우시안 필터(GF, gaussian filter), 공간 가중치 필터(SWF, spatial weighted filter)등이 있다. 그러나 기존 필터들은 고주파 성분에 대해 잡음 제거 특성이 다소 미흡한 부분이 있다.

본 논문에서는 고주파 성분을 보존하고 동시에 AWGN을 효과적으로 제거하기 위하여 저주파 성분 필터와 고주파 성분 필터의 출력을 합하여 최

\* corresponding author

중 출력을 계산하였으며, 차영상의 가중치는 국부 마스크 내부의 화소 성분의 표준편차와 정규분포에 따라 정해진다.

## II. 기존 방법

### 2.1 평균 필터

평균필터는 공간 선형필터이며, 마스크 영역내의 화소값을 평균하여 잡음을 제거한다. 그러나 고밀도 잡음 및 고주파 영상에 대한 잡음제거 능력이 다소 미흡한 특성을 지니고 있다. 평균필터는 식 (1)과 같이 표현된다.

$$out_{i,j} = \frac{1}{(2N+1)^2} \sum_{x,y \in m} m_{i,j}(x,y) \quad (1)$$

여기서  $N$ 은 마스크의 크기를 의미하며, 필터는  $N=1$ 일 때  $3 \times 3$ 크기의 마스크를 가지게 된다.

### 2.2 가우시안 필터

가우시안 필터는 마스크 내부 좌표마다 가우시안 분포를 기준으로 하여 가중치를 부여하여 잡음을 제거하는 필터이다.

식 (2)는 가우시안 분포의 수학적 표현이다.

$$g = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

### 2.3 공간 가중치 필터

SWF는 마스크 내부의 공간적 거리에 따라 가중치를 다르게 설정하여 잡음을 제거하는 기법이다. 마스크의 공간적 거리는  $d_{x,y} = \sqrt{|x|^2 + |y|^2}$ 로 정해지며, 이에 따른 공간 가중치 마스크는  $w_{x,y} = (d_{x,y} + 1)^3$ 으로 구할 수 있다. 공간 가중치 마스크를 이용한 필터식은 다음과 같다.

$$out_{i,j} = \sum_{x,y \in m} m_{i,j}(x,y) w_{i,j}(x,y) \quad (3)$$

## III. 제안한 알고리즘

본 논문에서 제안한 알고리즘은 저주파 성분 필터와 고주파 성분 필터의 출력에 영상의 특성에 따라 가중치를 적용하여 최종 출력을 구한다. 이때, 가중치는 마스크 내부 화소들의 표준편차와 정규분포에 따라 적용되며, 표준편차가 클수록 고주파 성분이 많은 것으로 간주하여 고주파 성분 필터의 값에 더 높은 가중치를 둔다.

제안한 알고리즘의 순서는 다음과 같다.

Step 1. 먼저 중심 화소를 기준으로 지정된 규격의 필터링 마스크를 설정한다.

Step 2. 저주파 성분에 대한 출력을 구한다. 저주파 성분에 대한 출력은 마스크 내부 화소의 평균값으로 계산된다.

Step 3. 고주파 성분에 대한 출력을 구하기 위해 화소 유사성을 판단한다. 화소 유사성은 중심 화소의 화소값과 마스크 내부 표준편차를 사용하여 구하며, 마스크 내부 화소값과 중심 화소값의 차이의 절대값이 표준편차가 작은 경우 유사 화소로 판단한다.

Step 4. 유사 화소를 대상으로 공간 가중치를 적용하여 고주파 성분 필터 출력을 계산한다. 이 때, 필터링에 사용되지 않은 필터 계수값을 보상하기 위해, 필터링에 사용된 필터 계수의 합의 역수를 출력에 곱한다.

Step 5. 최종 출력을 구하기 위해 고주파 성분 필터와 저주파 성분 필터의 출력에 대한 가중치를 구한다. 가중치  $W_{i,j}$ 는 다음 수식과 같이 마스크 표준편차  $\sigma_{i,j}$ 와 가우시안 분포를 이용하여 구한다.

Step 6. 최종 출력  $O_{i,j}$ 는 다음 수식과 같이 각 필터의 출력에 가중치를 적용한 것의 합산으로 나타낸다.

## IV. 시뮬레이션 및 결과

제안한 알고리즘의 성능을 비교하기 위해 고주파 성분이 많은 Barbara 영상을 사용하여 시뮬레이션하였다.



그림 1. Barbara 영상 (a) 원영상 (b) 잡음 영상 ( $\sigma = 15$ )

그림 1은 시뮬레이션에 사용된 원영상과 표준편차가 15인 AWGN을 첨가한 영상이다.

그림 2는 Barbara 영상을 기존 필터와 제안한 방법으로 시뮬레이션 결과와 원영상과의 차영상을 나타낸 것이다. 그림에서 (a)는 평균 필터, (b)는 가우시안 필터, (c)는 공간 가중치 필터로 처리한 결과이며, (d)는 제안한 방법으로 처리한 결과이다.

기존 평균 필터와 가우시안 필터, 공간 가중치

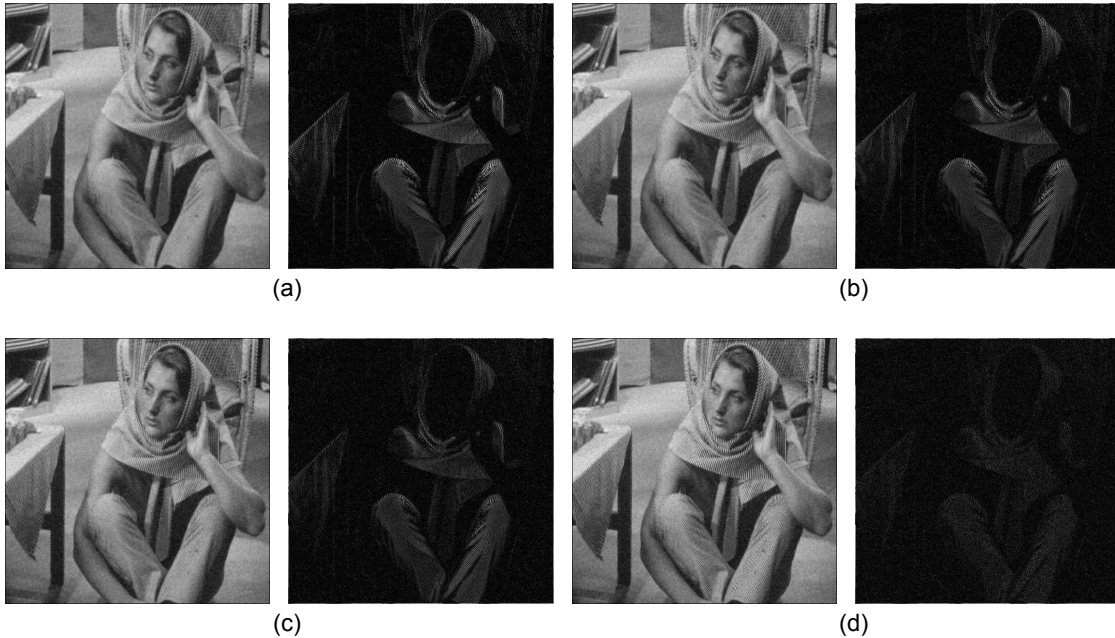


그림 2. 시뮬레이션 결과 및 차영상 (a) MF (b) GF (c) SWF (d) PFA

필터로 처리한 영상은 비교적 변화가 적은 저주파 영역에서는 AWGN을 처리하는데 적합하였으나 고주파 성분을 처리하는 과정에서 스무딩 현상을 보이며 영상의 고주파 성분이 어두워지는 것을 확인할 수 있었다. 반면, 제안한 방법으로 처리한 결과는 고주파 성분을 보존하면서 잡음을 효과적으로 제거하였으며 다른 결과와 비교해서 차영상의 밝기가 어두운 것을 확인할 수 있었다.

## V. 결 론

본 논문은 고주파 성분의 잡음을 효율적으로 제거하는 필터링 알고리즘을 제안하였다.

제안한 알고리즘은 정규분포와 화소 특성에 따른 표준편차를 이용하여 저주파 성분에 대한 필터 출력과 고주파 성분에 대한 필터 출력을 가감하여 최종 출력을 구하였다. 시뮬레이션 결과 기존 방법들은 고주파 성분에서 다소 미흡한 모습을 보이며 적합하지 않은 성능을 보였지만, 제안한 알고리즘은 고주파 성분을 잘 보존하며 잡음을 제거하는 모습을 보였으며, 이를 차영상을 통해 확인할 수 있었다.

향후 AWGN을 비롯한 다양한 잡음 환경을 고려하여 연구를 진행할 예정이다. 제안한 알고리즘은 다양한 잡음 환경에서 운용되는 시스템에 유용하게 적용될 것으로 사료된다.

## References

- [1] Y. W. Kim, D. J. park, and J. C. Jeong, "Adaptive Gaussian Filter for Noise Reduction According to Image Characteristics," in Conference on The Institute of Electronics and Information Engineers, Incheon : Korea, pp. 634-636, 2017.
- [2] J. J. Madhura, and D. R. R. Babu, "An Effective Hybrid Filter for the Removal of Gaussian-Impulsive Noise in Computed Tomography images," in 2017 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics, Udupi : India, pp. 1815-1820, 2017.
- [3] D. Kusnik, and B. Smolka, "On the Robust Technique of Mixed Gaussian and Impulsive Noise Reduction in Color Digital Images," in 2015 6th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA), Corfu : Greece, pp. 1-6, 2015.
- [4] J. J. Hwang, K. H. Rhee, "Gaussian filtering detection based on features of residuals in image forensics," in 2016 IEEE RIVF International Conference on Computing & Communication Technologies, Research, Innovation, and Vision for the Future, Hanoi : Vietnam, pp. 153-157, 2016.