

복합잡음 환경에서 결합가중치를 이용한 영상복원 필터

천봉원 · 김남호*

부경대학교

Image Restoration Filter using Combined Weight in Mixed Noise Environment

Bong-Won Cheon · Nam-Ho Kim*

Pukyong National University

E-mail : nhk@pknu.ac.kr

요 약

현대사회는 4차 산업혁명의 영향으로 다양한 디지털 장비가 보급되고 있으며, 자동화 공정, 지능형 CCTV, 의료산업, 로봇, 드론 등 넓은 분야에서 사용되고 있다. 이에 따라 영상을 기반으로 동작하는 시스템에서 전처리 과정에 대한 중요성이 높아지고 있으며, 영상을 효과적으로 복원하기 위한 알고리즘이 주목받고 있다. 본 논문에서는 복합잡음 환경에서 영상을 복원하기 위해 결합가중치에 기반한 필터 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 입력 영상 및 필터링 마스크 내부의 화소값을 대상으로 공간적 거리에 따른 가중치와 화소값 차이에 따른 가중치를 각각 계산한다. 최종 출력은 두 가중치를 바탕으로 계산한 결합가중치를 마스크에 적용하여 필터링하였다. 제안한 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 기존 필터 알고리즘과 비교하여 시뮬레이션하였다.

ABSTRACT

In modern society, various digital equipment are being distributed due to the influence of the 4th industrial revolution, and they are used in a wide range of fields such as automated processes, intelligent CCTV, medical industry, robots, and drones. Accordingly, the importance of the preprocessing process in a system operating based on an image is increasing, and an algorithm for effectively reconstructing an image is drawing attention. In this paper, we propose a filter algorithm based on a combined weight value to reconstruct an image in a complex noise environment. The proposed algorithm calculates the weight according to the spatial distance and the weight according to the difference between the pixel values for the input image and the pixel values inside the filtering mask, respectively. The final output was filtered by applying the join weights calculated based on the two weights to the mask. In order to verify the performance of the proposed algorithm, we simulated it by comparing it with the existing filter algorithm.

키워드

영상처리, 잡음제거, 결합 가중치, 복합잡음

1. 서 론

현대 사회는 IoT 기술의 발전으로 다양한 디지털 통신매체가 사용되고 있다. 하지만 데이터 통신 과정에서 다양한 원인으로 인해 잡음이 발생하여 시스템의 성능에 영향을 미치고 있다. 영상의 잡음

제거는 영상을 기반으로 물체를 감지하거나 인식, 추적 등의 알고리즘을 사용하는 시스템에서 전처리 단계로 사용하는 중요한 과정으로, 영상의 품질 개선과 보다 우수한 영상 인식을 위해 다양한 잡음 제거에 관한 다양한 필터링 기술들이 연구되고 있다.

데이터 통신 과정에서 발생하는 잡음은 대표적으로 소자에서 전자의 움직임에 의해 발생하며, 모

* corresponding author

든 주파수 대역에서 발생하는 AWGN(additive white gaussian noise)과 채널 전송 과정에서 발생하는 임펄스 잡음이 있다[1-3].

본 논문에서는 복합잡음 환경에서 영상을 복원하기 위해 결합가중치에 기반한 필터 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 입력 영상 및 필터링 마스크 내부의 화소값을 대상으로 공간적 거리에 따른 가중치와 화소값 차이에 따른 가중치를 각각 계산한다.

제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 기존의 가우시안 필터, 중심 가중치 메디안 필터, 퍼지 가중치 필터와 비교하여 출력 특성을 분석하였으며 성능을 평가하였다.

II. 잡음 모델

2.1 AWGN

영상은 획득, 전송, 저장하는 등의 과정에서 다양한 원인으로 인해 잡음에 노출되며, 잡음에 의해 훼손된 영상은 다음과 같이 표현된다.

$$out_{i,j} = H[I_{i,j}] + k_{i,j} \quad (1)$$

여기서 $I_{i,j}$ 는 입력 영상이고, H 는 열화함수이다. 만약, 잡음 $k_{i,j}$ 가 식 (2)와 같은 가우시안 함수의 형태를 가졌을 경우 AWGN이라 한다.

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

식 (2)에서 n 은 화소 값을, σ 는 표준편차를 의미한다.

2.2 Salt and pepper 잡음

임펄스 잡음은 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$P(z) = \begin{cases} P_a & \text{for } z = a \\ P_b & \text{for } z = b \\ 0 & \text{for otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

식 (3)에서 z 는 확률변수로서 랜덤 확률 변수에 의해 생성된 값이며, a 와 b 는 임의의 밝은 명암값과 어두운 명암값을 나타내고, P_a 와 P_b 는 이에 대한 확률을 각각 나타낸다.

만일 P_a 또는 P_b 가 0이면, 임펄스 잡음은 단극성 임펄스 잡음이 되고, 모두 0이 아닌 경우는 영상에 흑백점이 섞인 S&P(salt and pepper) 잡음이 된다.

III. 제안한 알고리즘

본 논문에서 제안한 알고리즘은 필터링 마스크 내부의 화소값들을 퍼지함수를 사용하여 유사성을 비교하였다. 화소값은 밝은 정도에 대한 퍼지함수 값과 어두운 정도에 대한 퍼지함수값을 갖게 되며, 각각의 퍼지함수값을 바탕으로 추정치를 계산한다. 최종 출력은 추정치와 입력 화소값의 주변 화소값의 차이를 비교하여 결정한다.

제안한 알고리즘의 순서는 다음과 같다.

Step 1. 영상의 각 화소의 좌표 i, j 를 중심으로 필터링 마스크 $M_{i,j}$ 를 설정한다. 이 때, 효율적인 잡음 제거를 위해 설정된 마스크 내부의 화소들을 대상으로 잡음 판단을 실행하여 잡음 판단 마스크를 계산하여 잡음 제거 과정에 사용한다. 잡음 판단 마스크 $J_{i,j}$ 는 식 (4)와 같이 표현한다.

$$J_{i,j}(p, q) = \begin{cases} 0, & M_{i,j}(p, q) = \text{impulse noise} \\ 1, & \text{AWGN} \end{cases} \quad (4)$$

식 (4)에서 p, q 는 필터링 마스크의 내부 화소 좌표를 의미하며, 마스크 크기 N 에 따라 $-N \leq p, q \leq N$ 의 범위를 가진다.

Step 2. 유사한 화소들의 판별을 위해 기준치를 설정한다. 기준치 $f_{i,j}$ 는 필터링 마스크의 중심 화소가 임펄스 잡음이 아닌 경우 중심화소값으로 정하며, 반대로 임펄스 잡음인 경우 마스크 내부 화소값의 메디안 값으로 정해진다. 이 때, 메디안 값의 계산은 필터링 마스크 내부의 화소 중 임펄스 잡음이 아닌 화소들을 대상으로 진행되며, 해당 화소의 개수가 짝수인 경우 중심에 가장 가까운 두 화소의 평균값을 기준치로 사용한다.

Step 3. 공간가중치를 구하기 위해 해당 화소가 중심으로부터 공간적 거리를 계산하며, 멀리 떨어진 화소일수록 낮은 가중치를 갖는다.

Step 4. 화소가중치는 화소값과 기준치 $f_{i,j}$ 의 차이를 기준으로 계산하며, 기준치와 비슷한 화소값에 높은 가중치를 부여한다.

Step 5. 최종출력을 구하기 위해 결합가중치를 계산한다. 결합가중치는 공간가중치와 화소가중치의 곱으로 구하며, 필터링 마스크 내부 화소값을 적용하여 최종 출력을 계산한다.

IV. 시뮬레이션 및 결과

제안한 알고리즘의 성능 평가를 위해 512×512 크기의 8bit 그레이 영상인 Goldhill 영상에 대해 시뮬레이션을 진행하였다. 그림 1은 시뮬레이션에 이용된 원영상과, 표준편차가 15인 AWGN에 훼손된 영상, 그리고 AWGN과 잡음 확률 $P=30$ 인 salt and peppers 잡음에 훼손된 잡음 영상이다.

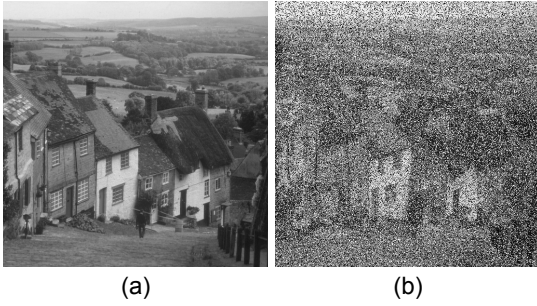


그림 1. 테스트 영상 (a) Goldhill 원영상
(b) Goldhill 잡음영상($\sigma = 15, P = 30\%$)

그림 2는 Goldhill 영상을 기존 필터와 제안한 방법으로 처리한 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 (a)는 알파 트림드 평균 필터, (b)는 메디안 필터, (c)는 중심 가중치 메디안 필터로 처리한 결과이며, (d)는 제안한 방법으로 처리한 결과이다.

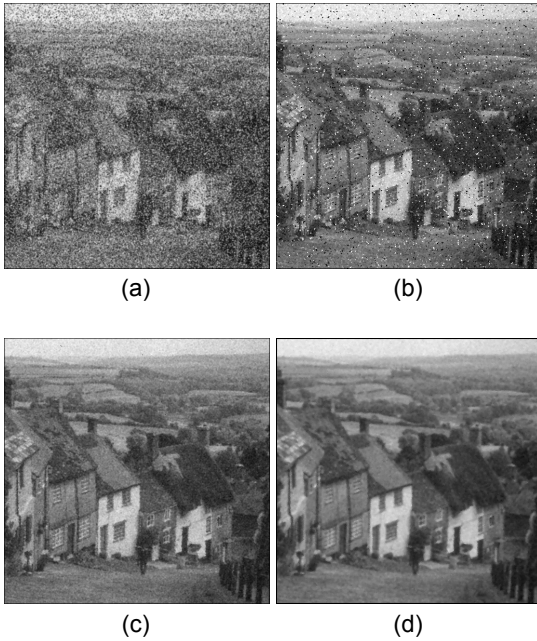


그림 2. 시뮬레이션 결과 (a) 가우시안 필터
(b) 중심 가중치 메디안 필터 (c) 퍼지 가중치 필터 (d) 제안한 필터 알고리즘

시뮬레이션 결과, 가우시안 필터로 처리한 경우 에지 성분과 같은 고주파 성분 처리 능력이 우수하였으며 AWGN에 강한 모습을 보였다. 중심 가중치 메디안 필터로 처리한 결과 영상의 화소값이 평탄한 부분이 다른 처리결과에 비해 AWGN의 영향이 남아있는 부분을 볼 수 있었으며, AWGN에 다소 부적합한 모습을 보였다. 퍼지 가중치 필터로

처리한 경우 임펄스 잡음 제거에 우수한 성능을 나타내었으나, AWGN의 영향이 남아있는 모습을 보였다. 제안한 알고리즘으로 처리한 결과 임펄스 잡음의 영향을 최소화하며 영상을 복원하였으며, 에지 성분의 보존에 강한 특성을 나타내며 AWGN의 제거에 우수한 결과를 보였다.

V. 결 론

본 논문은 영상의 잡음 특성과 결합가중치를 계산하여 복합잡음을 제거하는 알고리즘을 제안하였다.

시뮬레이션 결과 제안한 알고리즘은 AWGN과 임펄스 잡음의 영향을 최소화하며 영상을 복원하였으며, 기존 방법에 비해 우수한 성능을 보였다.

향후 다양한 잡음 환경에서 에지 성분의 잡음 제거에 효과적인 필터에 대한 연구를 진행할 예정이다. 제안한 알고리즘은 임펄스 잡음 환경에서 사용되는 다양한 시스템에 유용하게 적용될 것으로 사료된다.

References

- [1] Y. Gan, E. Angelini, A. Laine, and C. Hendon, "BM3D-based Ultrasound Image Denoising Via Brushlet Thresholding", in *2015 IEEE 12th International Symposium on Biomedical Imaging*, Brooklyn, NY : USA, pp. 667-670, 2015.
- [2] L. Dong, J. Zhou, and Y. Y. Tang, "Effective and Fast Estimation for Image Sensor Noise Via Constrained Weighted Least Squares", *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 27, no. 6, pp. 2715-2730, Jun. 2018. DOI: 10.1109/TIP.2018.2812083
- [3] B. Du, Z. Huang, and N. Wang, "A Bandwise Noise Model Combined with Low-Rank Matrix Factorization for Hyperspectral Image Denoising", *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 11, No. 4, pp. 1070-1081, Apr. 2018. DOI: 10.1109/JSTARS.2018.2805290