최근접 유효 화소의 탐색을 사용한 임펄스 잡음 제거 필터

정영수[1] · 정회성[2] · 김남호[1*]

[1]부경대학교 · [2]삼회산업(주)

Impulse Noise Removal Filter using Nearest Effective Pixel Search

Young-Su Chung[1] · Hwae-Sung Jung[2] · Nam-Ho Kim[1*]

[1]Pukyong National University · [2]Samhoi Industrial Co.

E-mail : nhk@pknu.ac.kr

요 약

디지털 영상 매체 및 지능형 시스템에 대한 관심이 급격히 증가함에 따라 보안, 인공지능 등 다양한 분야에서 영상 정보를 이용한 기술들을 접목해 사용하고 있다. 디지털 영상 처리 중 발생하는 임펄스 잡음은 영상의 화질을 저하시켜 정보의 신뢰성을 떨어뜨리기 때문에 필터를 통한 제거가 필요하다. 이미 잘 알려진 선행된 방식으로 SMF, AWMF, MDBUTMF가 있지만 이들 모두 알고리즘 자체의 문제로 유효한 화소의 정보의 손실이 크고 오염도가 큰 환경에서 원활하지 못한 필터링을 이루는 한계를 가진다. 따라서 본 논문은 마스크 내에 존재하는 가장 근접한 유효 화소를 탐색함으로써 정보의 신뢰도를 반영한 가중치를 적용하는 메디안 필터 알고리즘을 설계한다. 성능 평가를 위해 PSNR과 확대영상을 사용하여 본 알고리즘과 선행된 알고리즘을 비교, 분석하였다.

ABSTRACT

As interest in digital video media and intelligent systems increases rapidly, technologies using video information are being combined and used in various fields such as security and artificial intelligence. Impulse noise generated during digital image processing degrades the image quality of the image and reduces the reliability of information, so it is necessary to remove it through a filter. There are SMF, AWMF, and MDBUTMF as well-known antecedent methods, but they all have limitations in achieving seamless filtering in environments with large loss of information on valid pixels due to problems with the algorithm itself. Therefore, this paper designs a median filter algorithm that applies weights reflecting the reliability of the information by searching for the nearest effective pixels present within the mask. For performance evaluation, this algorithm and the preceding algorithm were compared and analyzed using PSNR and enlarged images.

키워드

임펄스 잡음, 유효 화소, 가중치, 마스크, 메디안 필터

Ⅰ. 서 론

최근 디지털 영상 매체 및 지능형 시스템에 대한 관심이 급격히 증가하면서 여러 분야에서 각종 영상 매체들을 활용한 정보의 교류가 이루어지고 있다. 하지만 디지털 영상을 획득하고 편집 및 전송하는 처리 과정 중에는 프로그램 혹은 장치 자체로 인한 잡음이 발생할 수 있으며 이는 사용자의 신뢰도를 하락시키는 요인이 된다. 특히 보안이나 의료 분야와 같이 세부적인 영상을 필요로 하는 분야는 영상 정보의 손실 및 왜곡이 매우 치명적이기 때문에 잡음을 제거하고 정보를 보존하는 영상처리 기술이 필수적으로 이루어져야 한다. 고전적인 임펄스 잡음 제거 방식으로는 SMF(standard median filter)[1]와 AWMF(adaptive weighted mean filter)[2]가 잘 알려져 있으나 현저히 부족한 능력으로 인해 최근에는 비 잡음 화소의 메디안 수치를 통해 필터링하는 MDBUTMF(modified decision based unsymmetric trimmed median filter)[3]를 변형된 필터로 사용하고 있다. 하지만 이 필터 역시 자

* corresponding author

체 알고리즘으로 인해 저밀도에선 우수한 필터링을 이루지만 고밀도의 잡음 환경에서는 화질 저하 및 정보의 손실이 매우 심각하다는 한계를 가진다.

따라서 본 논문은 마스크 내에 존재하는 가장 근접한 유효 화소를 탐색함으로써 원 영상과 가장 유사한 픽셀값을 추출하는 메디안 필터 알고리즘을 제안하였다. 유효 화소는 마스크의 임펄스 잡음 판단을 사용하여 구분하며 모든 화소가 잡음 화소인 경우, 이미 필터링한 이웃 화소를 최근접 유효 화소로 설정해 알고리즘을 진행하였다.

알고리즘의 성능을 판단할 수 있도록 기존의 필터와 제안한 필터를 시뮬레이션하여 결과 영상의 확대 영상을 비교, 분석하였다.

II. 제안한 알고리즘

제안하는 알고리즘은 로컬 마스크에 임펄스 잡음 판단을 반영한 매트릭스를 설계하여 가장 근접한 거리의 유효 화소를 탐색한다. 화소 간의 거리 측정에는 유클리드 거리 식을 이용해 가장 유사한 화소의 정보를 메디안 필터에 사용하였으며, 본 알고리즘의 신뢰성을 위해 표본 집단은 2개 이상의 유효 화소 집단으로 설계한다. 제안한 필터 알고리즘의 과정은 아래와 같다.

Step 1. 임펄스 잡음은 랜덤하게 분포한 두 개의 극값만을 가지기 때문에 입력 영상의 화소 $I_{i,j}$에 대해 0 또는 255의 값을 가지는 경우에만 임펄스 잡음 화소로 판단하고 그 외의 화소는 비 잡음인 유효 화소로 판단한다. 본 논문에서는 입력한 화소 $I_{i,j}$가 유효 화소인 경우, 아래 과정들의 수행하지 않고 $I_{i,j}$을 출력 영상의 화소 $O_{i,j}$로 출력한다.

Step 2. 잡음 화소의 좌표 i,j을 중심으로 로컬 마스크 $M_{i,j}$을 설계하고 $M_{i,j}$의 내부 화소에 잡음 판단을 거쳐 화소 $M_{i,j}(p,q)$와 대응하는 거리 매트릭스의 화소 $D_{i,j}(p,q)$을 정의한다. 임펄스 잡음 판단을 이용한 거리 매트릭스 D의 식은 다음과 같이 표현한다.

$$D_{i,j}(p,q)=\begin{cases}0, & if\ M_{i,j}(p,q)=0 \text{ or } 255\\ R_{p,q}, & otherwise\end{cases} \quad (1)$$

식 (1)의 p,q은 로컬 마스크 $M_{i,j}$의 내부 좌표를 의미하며 거리 매트릭스 D의 내부 좌표와 같다. 유효 화소 $M_{i,j}(p,q)$ 각각에 대한 $D_{i,j}(p,q)$의 거리 상수 $R_{p,q}$의 값은 아래 정의를 따른다.

$$R_{p,q}=\sqrt{(i-i^*)^2+(j-j^*)^2} \quad (2)$$

여기서 좌표 i,j을 잡음 화소의 공간적 좌표라 하면, i^*, j^*은 내부 화소 $M_{i,j}(p,q)$의 입력 영상 전체에서의 좌표를 의미한다.

만약, 추출된 거리 매트릭스 D의 내부 화소들의 합이 0인 경우, 판별에 따라 모든 화소가 잡음이므로 화소 $O_{i,j}$와 이웃하는 출력 영상의 비 잡음 화소를 유효 화소로 두고 Step 2과정을 반복한다.

Step 3. 그림 1과 같이 0이 아닌 가장 작은 값을 갖는 $D_{i,j}(p,q)$의 집단을 찾아 같은 좌표를 갖는 $M_{i,j}(p,q)$의 화소 집단을 추출한다. 매트릭스 D가 거리를 나타내므로 추출한 값 역시 최소거리의 유효 화소 집합으로 나타난다.

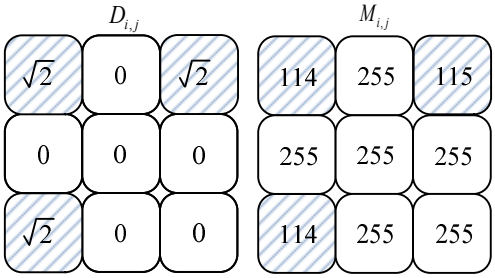


그림 1. 최소거리의 유효 화소 집단 추출

Step 4. Step 3에서 추출한 화소들에 메디안 필터를 적용한다. 만약, Step 3의 화소들의 개수가 짝수인 경우, 메디안 필터값을 2개로 출력하고 두 값의 평균을 계산해 출력한다. 출력한 메디안 필터의 결과를 $I_{i,j}$의 최종 출력 화소 $O_{i,j}$로 결정한다.

만약, Step 3에서 추출한 화소가 1개뿐인 경우, 알고리즘을 실행하기 위한 표본의 개수가 부족하므로 출력 영상의 화소 $O_{i,j}$와 이웃하는 비 잡음 화소를 유효 잡음으로 두고 Step 2부터 순차적으로 진행하여 $I_{i,j}$을 최종 필터링한다.

III. 시뮬레이션 및 결과

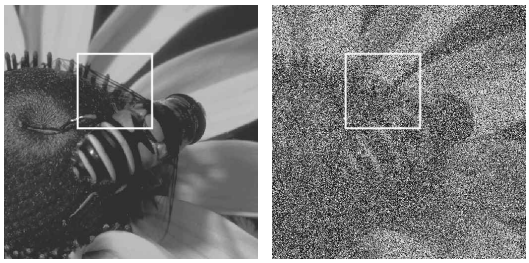
본 논문은 512 × 512 크기의 8bit 그레이스케일 Bee 영상에 임펄스 잡음 밀도(Nd)를 60%로 첨가하여 시뮬레이션을 진행하였다. 임펄스 잡음에 훼손된 영상은 기존 필터인 SMF, AWMF, MDBUTMF와 제안한 필터를 통해 복원하였으며 각 필터의 결과 영상을 확대 영상과 함께 나열하여 객관적으로 성능을 평가하였다.

그림 2는 Nd = 60%인 고밀도 잡음 환경의 Bee 영상을 원 영상과 비교한 것으로 (a)는 원 영상이며 (b)는 잡음 영상에 해당한다. 같이 나타난 사각형은 그림 3의 확대 영역으로 좌표 (149, 99)을 꼭짓점으로 갖는 150 × 150 사각형에 해당한다.

그림 3의 (a), (b), (c)는 기존 필터의 결과 영상이며 (d)는 제안한 필터(PF)의 결과 영상에 해당한다. 필터링한 영상은 그림 2에서 지정한 영역에 따라 Bee의 날개를 기준으로 확대하여 각 필터의 성능을 세밀하게 판단하였다.

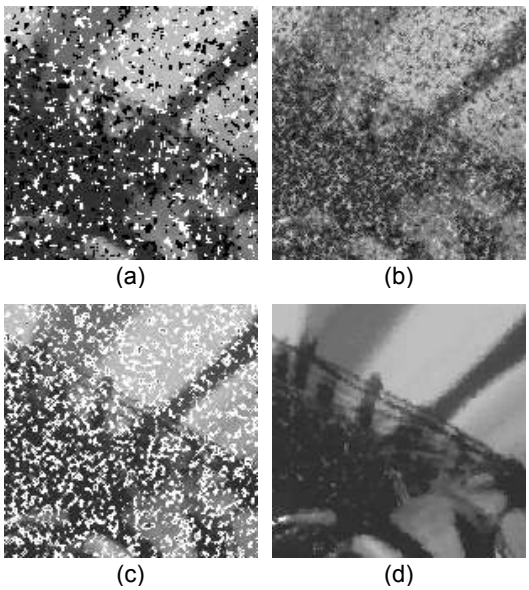
시뮬레이션 결과, 기존 필터 방식 SMF, AWMF, MDBUTMF로 추출한 확대 영상은 Bee의 날개 전체가 육안으로 확인하기에 어려움을 보였다. SMF의 필터링 결과가 가장 좋지 않았으며 AWMF는

가장 유사하게 복원을 이루었지만, 현저히 부족한 필터링 능력으로 인해 화질 저하와 영상의 훼손이 크게 일어났다. MDBUTMF의 경우, 알고리즘 자체는 우수했지만, 잡음 밀도가 높은 영상에서는 비처리 잡음이 많이 발생하는 단점이 존재하였다.



(a) (b)

그림 2. Bee 영상 (a) 원 영상 (b) 잡음 영상



(a) (b)

(c) (d)

그림 3. 복원한 Bee 영상 (Nd = 60%)
(a) SMF (b) AWMF (c) MDBUTMF (d) PF

반면 제안한 필터(PF)로 추출한 확대 영상은 원 영상과 아주 유사할 정도로 뛰어난 필터링을 이루었으며 영상의 핵심 정보인 Bee 날개의 무늬 또한 세밀하게 복원하였다.

Ⅳ. 결 론

본 논문은 마스크 내의 최근접 비 잡음 화소를 유효 화소로 설정하여 원 영상과 가장 유사한 화소를 출력하는 필터를 제안하였다. 제안한 필터 알고리즘은 임펄스 잡음 판단 식을 변형하여 가장 근접한 유효 화소 집단을 탐색하였으며 2개 이상의 원소를 갖는 집단만을 메디안 필터링하였다.

기존 필터의 결과 영상과 제안한 필터의 결과 영상을 시뮬레이션하여 비교한 결과, 제안한 필터의 확대 영상이 가장 선명하였으며 필터링이 어려운 복잡한 환경에서도 세밀한 복원을 하였다.

따라서 본 필터는 임펄스 잡음 제거 기술을 사용하는 다양한 분야의 디지털 영상 시스템에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

Acknowledgement

본 연구는 2022년도 중소벤처기업부의 기업연계형 연구개발인력양성사업 지원에 의한 연구임 [S3282183].

References

[1] S. Dash, and G. Sahu, “Retinal Blood Vessel Segmentation by Employing Various Upgraded Median Filters,” in *2019 IEEE International Conference on Intelligent Systems and Green Technology*, Visakhapatnam : India, pp. 35-39, 2019. DOI: 10.1109/ICISGT44072.2019.00023.

[2] P. Zhang and F. Li, “A New Adaptive Weighted Mean Filter for Removing Salt-and-Pepper Noise,” *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 21, no. 10, pp. 1280-1283, Jun. 2014. DOI: 10.1109/LSP.2014.2333012.

[3] S. Esakkirajan and T. Veerakumar, “Removal of High Density Salt and Pepper Noise Through Modified Decision based Unsymmetric Trimmed Median Filter,” *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 18, no. 5, pp.287-290, Mar. 2011. DOI: 10.1109/LSP.2011.2122333.