

논문 2009-46SP-4-2

# Rank-Order 방법을 이용한 개선된 임펄스 잡음 제거 (Improved Cancellation of Impulse Noise Using Rank-Order Method)

고 경 우\*, 이 철 회\*\*, 하 영 호\*\*\*

(Kyung-Woo Ko, Cheol-Hee Lee, and Yeong-Ho Ha)

## 요 약

본 논문에서는 rank-order 방법을 이용한 임펄스(impulse) 잡음 제거 알고리즘을 제안한다. 제안된 방법은 빠르고 간단하게 잡음을 제거할 수 있는 알고리즘으로 크게 두 부분으로 나눌 수 있다. 첫 번째는 퍼지(fuzzy) 기술을 이용한 임펄스 잡음 검출 과정이다. 입력된 영상을 RGB 채널로 분리한 후, 각 채널의 모든 화소가 잡음인지 아닌지를 판단하여 잡음일 확률을 계산하고 할당한다. 이때 잡음 검출 마스크에서 rank-order를 사용하여 기존의 방법에 비해 보다 정확하게 잡음을 검출할 수 있다. 두 번째는 임펄스 잡음 제거 과정으로, 각 화소에 할당된 잡음 확률에 따라 화소를 변환하여 잡음이 제거된 출력 영상을 획득하는 과정이다. 실험을 통해 기존의 방법과 제안한 방법을 비교 분석하였으며, 제안한 방법이 보다 정확하게 잡음인 화소를 검출할 수 있음을 확인하였다. 또한 출력 영상에서도 보다 높은 PSNR 수치를 나타내었다.

## Abstract

This paper proposes a cancellation algorithm of impulse noise using a rank-order method. The proposed method is a fast and simple algorithm that is composed of two parts. The first part involves noise detection using a fuzzy technique, where an image is divided into RGB color channels. Then every pixel in each color channel is investigated and assigned a probability indicating its chances of being a noise pixel. At this time, the rank order method using a noise-detection mask is utilized for accurate noise detection. Thereafter, the second part involves noise-cancellation, where each noise-pixel value in an image is replaced in proportion to its fuzzy probability. Through the experiments, both the conventional and proposed methods were simulated and compared. As a result, it is shown that proposed method is able to detect noisy pixels more accurately, and produce resulting images with high PSNR values.

**Keywords :** Rank-order method, fuzzy technique, impulse noise, noise detecting mask

## I. 서 론

오늘날 디지털 카메라나 DTV와 같은 전자 제품의 사용이 증가함에 따라 디지털 영상을 획득하거나 기록하고, 전송하는 과정에서 임펄스 잡음의 영향을 종종

받게 된다. 예를 들어, 표준 방송 신호의 경우 집에서 사용하는 전기 장치 또는 대기의 교란 등으로 인하여 임펄스 잡음이 혼합되기 마련이다. 따라서 고화질의 정지 영상이나 동영상을 얻기 위해서는 임펄스 잡음을 제거하는 것이 무엇보다도 중요하다.

지금까지 영상의 세부 정보를 유지하면서도 임펄스 잡음을 효과적으로 제거하기 위해 수많은 알고리즘이 연구되어 왔다. 그 중 가장 대표적인 것이 중간값(median) 필터를 사용하는 것이다.<sup>[1]</sup> 이 방법은 영상 전체에 적용하여 효과적으로 임펄스 잡음을 제거할 수는 있지만 뭉롱화(blurring) 현상이 발생하게 되어 영상의 세부 정보도 잃게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 중간값 필터를 응용한 알고리즘들이 많이 제안되

\* 학생회원, \*\*\* 정회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부  
(School of Electrical Engineering and Computer  
Science, Kyungpook National University)

\*\* 정회원, 안동대학교 컴퓨터공학전공  
(Major of Computer Engineering, Andong  
National University)

※ 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로  
한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.  
20090079859).

접수일자: 2008년10월15일, 수정완료일: 2009년6월10일

었다.<sup>[2-5]</sup> 하지만 이러한 알고리즘들은 복잡도가 증가함에 따라 계산량이 커지게 되어 실시간으로 사용되기에는 적합하지 않다.

따라서 실시간으로 적용할 수 있도록 간단하고 효과적인 임펄스 잡음 제거를 위해, Luo는 퍼지 잡음 검출 알고리즘을 이용한 잡음 제거 방법을 제안하였다.<sup>[6]</sup> 퍼지 임펄스 잡음 검출은 영상의 각 화소에 확률값을 부여하는 것으로, 이 확률값은 각 화소가 얼마나 임펄스 잡음처럼 보이는가를 나타낸다. 하지만 잡음인 화소가 서로 이웃하여 위치할 경우, 알고리즘에서 지정한 문턱치값 때문에 현재 화소가 잡음이 아닌 것으로 판명될 수 있다. 즉, 잡음인 화소가 잡음이 아닌 걸로 판명되기 때문에, 이 화소는 아무런 변화 없이 결과 영상에 그대로 나타나게 된다.

따라서 본 논문에서는 Luo의 문제점을 해결하기 위해 rank-order 방법을 이용하여 잡음인 화소를 정확하게 검출하는 방법을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 입력된 영상을 RGB 채널로 분리한 후, 각 채널의 히스토그램을 분석하여 잡음의 범위를 지정한 후, 모든 화소에 대해 잡음인지 아닌지를 판단하여 잡음일 확률을 계산하고 할당한다. 이 과정에서 잡음 검출 마스크에 rank-order를 사용하여 현재 화소와 이웃 화소의 차이값을 오름차순으로 정렬한 후, 영상에 대해 적용적으로 rank를 적용한다. 그 결과 제안한 방법이 보다 정확하게 잡음인 화소를 검출할 수 있음을 확인할 수 있었으며, 복원 영상도 우수한 성능을 보임을 확인하였다.

## II. 기존의 임펄스 잡음 제거 방법

디지털 영상의 임펄스 잡음을 효과적으로 제거하기 위해 Luo는 우선 퍼지 임펄스 잡음 검출 방법을 이용하여 임의의 한 화소가 잡음일 확률을 계산한 후, 그 확률을 이용하여 화소값을 변환하는 방법을 제안하였다.<sup>[6]</sup> 이 방법에서 임펄스 잡음이라는 것은 영상의 최대값과 최소값으로 구성된 잡음(salt-and-pepper noise)으로, 영상의 전역에 균일하게 분포한다고 가정한다. 즉, 영상 내의 각 화소는 밝은 임펄스 잡음(화소값 255)에 의해 훼손될 확률과 어두운 임펄스 잡음(화소값 0)에 의해 훼손될 확률이 동일함을 의미한다. 또한 영상의 화소값은 지역적으로 평탄하게 변하고, 잡음인 화소는 일반적으로 영상의 히스토그램에서 양쪽 가장자리에 위치한다고 가정한다.

첫 번째 과정인 퍼지 임펄스 잡음 검출은 영상의 각 화소에 확률값을 부여하는 것으로, 이 확률값은 각 화소가 얼마나 임펄스 잡음처럼 보이는가를 나타낸다. 영상 내에서  $(i, j)$  위치에서의 화소값을  $x_{ij}$  라 하고, 중심이  $x_{ij}$  인  $3 \times 3$  마스크를  $W_{ij}$  라 한다면,  $x_{ij}$  가 임펄스 잡음일 확률을 계산하기 위해서 우선 영상의 히스토그램을 분석한다. 그리고 히스토그램 내에서 임펄스 잡음의 위치를 지정하고, 현재 화소가 지정된 위치 내에 존재하는지 아닌지를 확인한다. 만약 현재 화소가 임펄스 잡음의 위치에 존재하지 않는다면  $x_{ij}$  는 잡음이 아닌 화소로 판단한다. 즉, 잡음일 확률이 0 이다. 반대로 현재 화소가 임펄스 잡음의 위치에 존재한다면  $M_{ij}$  의 최소값을 계산한다.

$$M_{ij} = |x_{ij} - s_{ij}|, \text{ for all } s_{ij} \in W_{ij}, s_{ij} \neq x_{ij} \quad (1)$$

여기서  $s_{ij}$  는  $3 \times 3$  마스크  $W_{ij}$  내에 있는 8개의 이웃 화소이다.  $M_{ij}$  의 최소값을 이용하여 잡음의 위치에 존재하는 현재 화소가 진짜 임펄스 잡음일 확률  $f_{ij}$  의 계산은 다음과 같다.

$$f_{ij} = \begin{cases} 0 & , M_{ij} \leq T_1 \\ \frac{M_{ij} - T_1}{T_2 - T_1} & , T_1 \leq M_{ij} \leq T_2 \\ 1 & , M_{ij} \geq T_2 \end{cases} \quad (2)$$

여기서  $T_1$  과  $T_2$  는 미리 지정된 문턱치 값으로, Luo의 방법에서는 각각 15와 25로 지정하였다.

두 번째 과정으로, 임펄스 잡음이 제거된 영상을 획득하기 위해 위에서 계산된 확률  $f_{ij}$  을 이용하여 화소값을 변환하는 방법은 다음과 같다.

$$y_{ij} = (1 - f_{ij}) \times x_{ij} + f_{ij} \times m_{ij} \quad (3)$$

여기서  $m_{ij}$  는  $W_{ij}$  의 중간(median) 값이고,  $y_{ij}$  는 변환된 최종 화소값이다.

## III. 제안한 Rank-order 방법을 이용한 잡음 제거

### 1. 기존 방법의 문제점

기존의 방법인 Luo의 알고리즘에서 현재 화소가 임펄스 잡음의 위치에 존재한다면, 이 화소가 진짜 잡음인지를 판단하기 위해  $M_{ij}$  의 최소값을 계산한다. 따라서  $M_{ij}$  의 최소값이 하한 문턱치값  $T_1$  보다 작으면 그 화소는 잡음이 아니고, 상한 문턱치값  $T_2$  보다 크다면



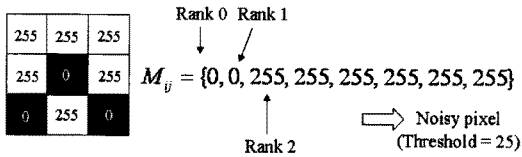


그림 6. 잡음인 화소에 대한 제안된 알고리즘의 예  
 Fig. 6. Example of proposed method for noisy pixel.

$M_{ij}$  값을 rank 2 이상으로 지정하였을 경우 현재 화소는 잡음으로 판명되어 잡음인 화소를 정확히 검출할 수 있다.

3. 컬러 영상에서의 적용

Luo의 방법에서는 흑백 영상에 대해서만 임펄스 잡음을 제거하였지만, 본 논문에서는 컬러 영상에 대해서도 잡음 제거 알고리즘을 확대 적용하였다. 우선 입력된 컬러 영상을 RGB 채널로 분리하고, 각 채널별로 히스토그램을 조사하여 잡음인 영역을 선택한다. 그 후 제안한 rank-order 방법을 이용하여 잡음인 화소를 변환하게 된다. 전체적인 과정을 그림 7에 나타내었다.

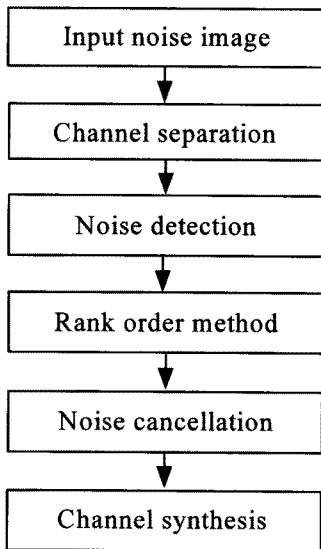


그림 7. 제안한 방법의 흐름도  
 Fig. 7. Flowchart of proposed method.

IV. 실험

기존의 방법인 Luo의 방법과 제안된 방법의 성능을 비교 분석하기 위해 256×256 크기의 테스트 영상을 이

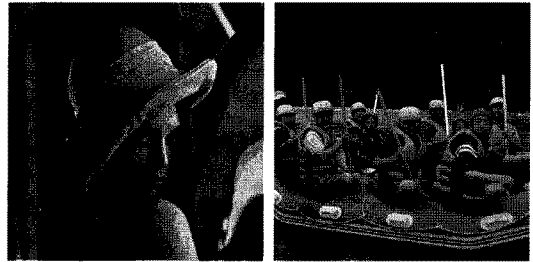


그림 8. 테스트 영상 (a) Lena (b) Camp  
 Fig. 8. Test images: (a) Lena and (b) Camp.

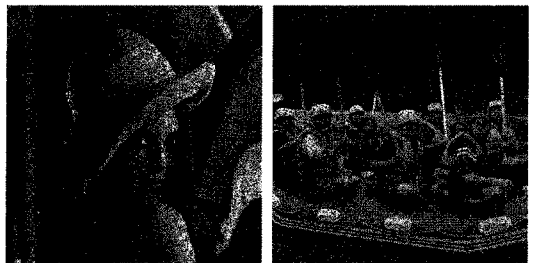


그림 9. 임펄스 잡음이 20% 혼합된 영상  
 Fig. 9. Noisy images corrupted by 20% impulse noise.

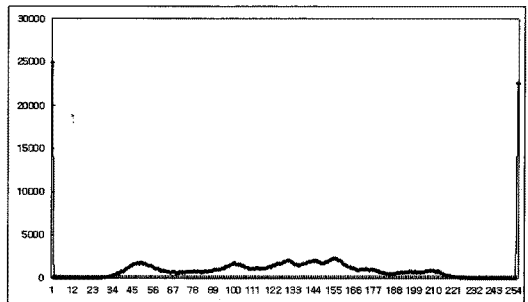


그림 10. 임펄스 잡음이 20% 혼합된 Lena 영상의 히스토그램  
 Fig. 10. Histogram of Lena image corrupted by 20% impulse noise.

용하였으며, 상한 문턱치값  $T_1$  과 하한 문턱치값  $T_2$  을 각각 15와 25로 지정하였다. 또한 각 테스트 영상에 대해 전체 화소수의 20%를 임펄스 잡음으로 훼손시켰으며, 잡음은 전체 영상에 균일하게 분포하도록 하였다. 그림 8은 실험에 사용된 테스트 영상이며, 그림 9는 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 인위적으로 잡음을 추가한 영상이다.

우선 영상의 각 화소가 잡음인지 아닌지를 판단하기 위해 잡음이 추가된 영상에 대해 히스토그램을 조사하

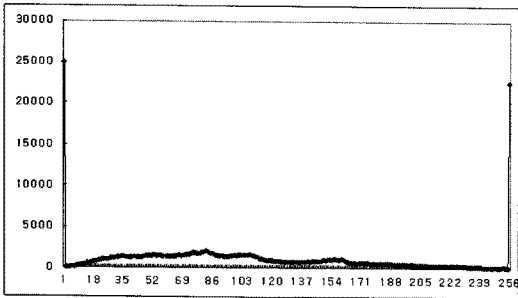


그림 11. 임펄스 잡음이 20% 혼합된 Camp 영상의 히스토그램

Fig. 11. Histogram of Camp image corrupted by 20% impulse noise.



(a) rank 0

(b) rank 1



(c) rank 2

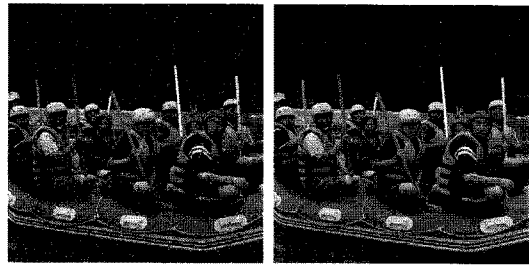
(d) rank 3

그림 12. Rank-order 방법을 이용한 복원된 Lena 영상

Fig. 12. Reconstructed Lena images using rank-order method.

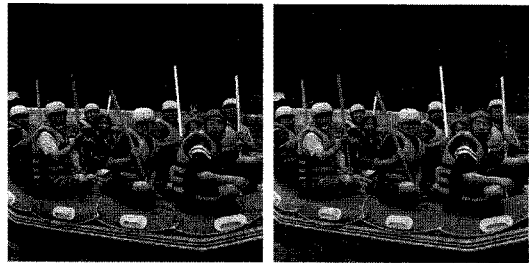
였다.<sup>[6-7]</sup> 그림 10과 그림 11은 각각 20% 잡음이 추가된 Lena 영상과 Camp 영상에 대한 히스토그램이다. 그림에서 알 수 있듯이, 임펄스 잡음은 히스토그램의 양 끝 쪽으로 치우치게 된다. 본 실험에서는 임펄스 잡음의 범위를  $x_{ij} > 253$  또는  $x_{ij} < 2$  로 지정하였다.

그림 12와 그림 13은 기존의 방법 및 제안한 방법을 이용하여 잡음으로 훼손된 영상을 복원한 영상이다. 그림 12(a)와 13(a)은 rank 0을 이용하여 복원한 영상으로, 즉 Luo의 알고리즘 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이, Luo의 방법은 임펄스 잡음을 모두 검출하지 못하여



(a) rank 0

(b) rank 1



(c) rank 2

(d) rank 3

그림 13. Rank-order 방법을 이용한 복원된 Camp 영상

Fig. 13. Reconstructed Camp images using rank-order method.

표 1. 복원된 영상의 PSNR 비교

Table 1. Comparison of PSNR values for reconstructed images.

Method	PSNR (Lena)	PSNR (Camp)	
Median filter	30.53	24.48	
Luo's algorithm	20.69	20.09	
Proposed method	Rank 1	27.66	25.82
	Rank 2	34.26	29.24
	Rank 3	34.28	29.40
	Rank 4	34.28	29.40
	Rank 5	34.28	29.40
	Rank 6	34.28	29.40
	Rank 7	34.28	29.40

영상의 전역에 여전히 많은 잡음이 존재한다. 하지만 제안한 방법을 적용한 그림 12(b)-(d)와 그림 13(b)-(d)에서는 rank 1 이상을 사용하기 때문에, 기존의 방법에 비해 잡음을 보다 정확히 검출하여 향상된 결과 영상을 획득할 수 있다.

화질의 향상 정도를 수치적으로 고찰하기 위해 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 이용하여 표 1에 나타내었다.



그림 14. Rank-order 방법을 이용한 복원된 *Lena* 영상 (컬러 영상)

Fig. 14. Reconstructed *Lena* images using rank-order method (color images).

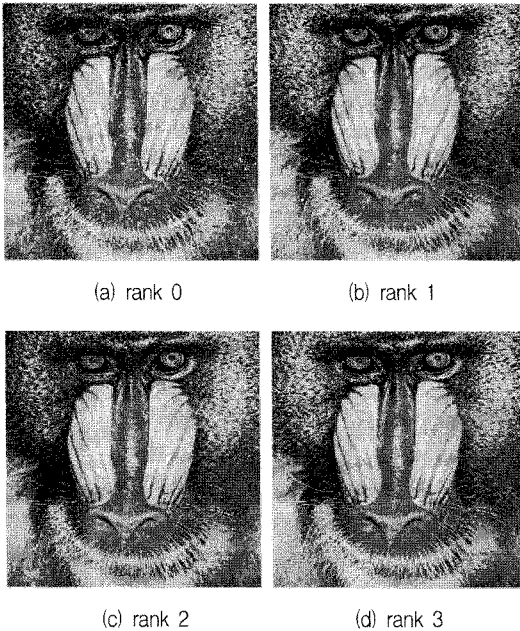


그림 15. Rank-order 방법을 이용한 복원된 *Camp* 영상 (컬러 영상)

Fig. 15. Reconstructed *Camp* images using rank-order method (color images).

$$MSE_k = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \|O_k(i, j) - R_k(i, j)\|^2 \quad (5)$$

$$PSNR_k = 20 \log_{10} \left( \frac{255}{\sqrt{MSE_k}} \right), k = R, G, B$$

여기서  $(i, j)$ 는  $m \times n$  영상의 위치이고, 컬러 영상에 대해  $k$ 는 RGB 컬러 채널을 나타낸다.  $O(i, j)$ 와  $R(i, j)$ 는 각각 원본 영상과 복원된 영상을 나타낸다. 보다 상세한 비교를 위해 중간값 필터를 사용한 결과도 표 1에 나타내었다. 표에서 알 수 있듯이, 제안한 방법이 기존의 방법 및 중간값 필터에 비해 우수한 성능을 보임을 확인할 수 있다. 또한 제안한 방법에서 rank 3 이상에서는 동일한 PSNR 값을 나타냄을 확인할 수 있다.

그림 14와 그림 15는 컬러 영상에 대해서 제안한 방법을 확대 적용한 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이, 제안한 알고리즘은 컬러 영상에서도 쉽고 효율적으로 잡음을 제거할 수 있음을 확인할 수 있다.

## V. 결 론

본 논문에서는 효율적으로 임펄스 잡음을 제거하기 위해 rank-order 방법을 이용해 잡음인 화소를 정확하게 검출하는 방법을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 컬러 영상에도 확대 적용하였으며, 입력된 영상을 RGB 채널로 분리한 후, 각 채널의 모든 화소가 잡음인지 아닌지를 판단하여 잡음일 확률을 계산하고 할당한다. 이때 잡음 검출 마스크에서 rank-order를 사용하여 현재 화소와 이웃 화소의 차이값을 오름차순으로 정렬한 후, 영상에 대해 적응적으로 rank를 적용하였다. 그 결과 기존의 방법에 비해 보다 정확하게 잡음을 검출할 수 있었다. 실험을 통해 기존의 방법과 제안한 방법을 비교 분석하였으며, 제안한 방법이 보다 정확하게 잡음인 화소를 검출할 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한 잡음이 제거된 복원 영상에도 기존의 방법 및 중간값 필터 결과에 비해 우수한 성능을 보임을 확인하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Prentice Hall, pp. 230-243, 2002.
- [2] T. Sun and Y. Neuvo, "Detail-Preserving

- Median based Filters in Image Processing.” *Pattern Recognition Letters*, vol. 15, pp. 341-347, Apr. 1994.
- [3] T. Chen, K. K. Ma, and L. H. Chen, “Tri-State Median Filter for Image Denoising,” *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 8, no. 12, pp. 1834-1838, Dec. 1999.
- [4] J. Y. Chang and J. L. Chen, “Classifier-Augmented Median Filters for Image Restoration,” *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 53, no. 2, pp. 351-356, Apr. 2004.
- [5] E. Abreu, M. Lightstone, S. K. Mitra, and K. Arakawa, “A New Efficient Approach for the Removal of Impulse Noise from Highly Corrupted Images,” *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 5, no. 6, pp. 1012-1025, June 1996.
- [6] W. Luo, “Efficient Removal of Impulse Noise from Digital Images,” *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 52, no. 2, pp. 523-527, May 2006.
- [7] 이호영, 김영태, 김희수, 배대면, 하영호, “칼라 히스토그램 기반 영상검색을 위한 효율적인 칼라 특징 정보 추출,” *한국 통신학회*, vol. 25, no. 8B, pp. 1413-1423, Aug. 2000.

---

 저 자 소 개
 

---



고 경 우(학생회원)  
 2003년 경북대학교 전자전기  
 공학부 (공학사)  
 2005년 경북대학교 대학원  
 전자공학과 (공학석사)  
 2005년~현재 경북대학교 대학원  
 전자공학과 박사과정  
 재학중

<주관심분야 : 컬러영상처리, 카메라 화질개선>

하 영 호(정회원)  
 대한전자공학회 논문지  
 제 38권 SP편 제 3호 참조

이 철 희(정회원)  
 대한전자공학회 논문지  
 제 41권 SP편 제 1호 참조