

---

# 평균 및 위너 필터를 사용한 영상 복원에 관한 연구

문홍득\* · 강경덕\* · 배상범\* · 김남호\*

## A Study on Image Restoration using Mean and Wiener Filter

Hong-Deuk Moon\* · Kyeong-Deog Kang\* · Sang-Bum Bae\* · Nam-Ho Kim\*

### 요 약

영상은 획득, 저장 그리고 전송 등의 처리과정에서 다양한 원인에 의해 훼손되며, 이러한 영상을 복원하기 위한 많은 연구가 이루어지고 있다. 일반적으로 AWGN(additive white gaussian noise)에 의해 훼손된 영상을 복원하는 방법으로 평균 필터와 위너 필터가 있으며, 특히 평탄한 영역에서의 노이즈 제거에 평균 필터가 우수하다. 그러나 평균 필터는 영상의 특징을 고려하지 않으므로 에지 성분이 왜곡되어 평활화되는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 평균 필터와 함께 에지 성분을 보존하면서 대조도 개선에 강한 위너 필터를 사용하여 각각 필터링한 후, 처리된 영상에 가중치를 설정하여 병렬 처리하는 영상 복원 방법을 제안하였다.

### ABSTRACT

Image is degraded by several causes such as the process of acquisition, storage and transmission. To restore those images, many researches have been continued. Generally methods to restore degraded image by AWGN(additive white gaussian noise) are mean filter and wiener filter. Especially, mean filter is superior in noise reduction of area that is a small change of luminosity. But mean filter brings about the effect smoothing edge components of the image, because it doesn't consider characteristics of the image. So in this paper we propose an image restoration method compounding respective images adding established weights, after filtering with mean filter and powerful wiener filter in both improvement of contrast and preservation of edge components.

### 키워드

mean filter, wiener filter, degraded image, MSE

### 1. 서 론

영상은 멀티미디어와 관련한 하드웨어 및 소프트웨어의 발달로 인해 정보를 저장하거나 표현하는 수단으로써 사용되고 있으며, 영상의 형성, 감지, 기록 및 전송 등의 처리 과정에서 다양한 원인에 의해 노이즈가 가산된다.

따라서 영상 복원에서는 이를 제거하기 위해 노

이즈 특성에 적합한 필터링을 하게 된다. 일반적으로, AWGN에 의해 훼손된 영상을 개선하기 위하여 공간 영역에서의 평활화 기법을 이용하며, 평균 필터와 위너 필터가 대표적이다. 그러나 평균 필터는 영상의 특징을 고려하지 않으므로 에지 성분이 왜곡되는 단점이 있다. 또한 위너 필터는 영상의 모든 영역에 대해 일정한 크기의 추정 윈도우를 이용하므로 에지 성분을 고려한 윈도우를 사용

할 경우 평탄한 영역에서 노이즈 감쇠 특성이 우수하지 않다.

따라서 본 논문에서는 평균 필터와 위너 필터를 사용하여 영상을 각각 필터링한 후, 병렬 처리하는 방법을 제시하였으며, 시뮬레이션을 통해 기존의 방법들과 비교하였다.

## II. 영상 필터

### 1. 평균 필터

선형 공간 필터는 임펄스 응답  $h(x, y)$ 와 영상  $f(x, y)$ 의 2차원 컨볼루션으로 이루어지며, 필터 처리된 영상  $p(x, y)$ 는 다음의 식 (1)과 같이 정의된다[1].

$$p(x, y) = \sum_i \sum_j f(x-i, y-j) h(i, j) \quad (1)$$

위의 식으로부터 화소의 영역은  $0 \leq x-i < N$ ,  $0 \leq y-j < M$  ( $i, j \in W$ )이며,  $W$ 는 설정한 윈도우 크기이고, 영상의 크기는  $N \times M$ 이다.

그리고 평균 필터는 마스크의 모든 가중치가 1이며, 마스크의 영역과 일치하는 영상의 각 화소들의 합을 화소수로 나누어 처리하는 선형 공간 필터이다. 즉, 마스크의 영역과 일치하는 화소들에 대한 평균을 이용하여 영상을 평활화한다. 따라서 인접한 화소에 대한 그레이 레벨의 변화가 적은 저주파 영역에서 우수한 특성을 갖는다.

$3 \times 3$  마스크를 이용한 평균 필터의 공간 컨볼루션은 식 (2)와 같다.

$$p_m(x, y) = \frac{1}{9} \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^2 f(x-1+i, y-1+j) \quad (2)$$

식 (2)는 중앙 화소  $(x, y)$ 와 이웃하는 8개 화소들에 대한 평균 처리를 의미하며,  $p_m(x, y)$ 는 평균 필터에 의해 처리된 영상이다.

### 2. 위너 필터

화소  $(x, y)$ 에서 AWGN에 의해 훼손된 영상은 다음의 식 (3)과 같이 표현된다.

$$g(x, y) = f(x, y) + n(x, y) \quad (3)$$

식으로부터  $f(x, y)$ 는 원 영상이며,  $n(x, y)$ 는 AWGN이고,  $g(x, y)$ 는 노이즈에 의해 훼손된 영상이다. 이 때, 주파수 영역에서 위너 필터는 다음과 같이 표현된다[2],[3].

$$H(w_1, w_2) = \frac{P_f(w_1, w_2)}{P_f(w_1, w_2) + P_n(w_1, w_2)} \quad (4)$$

위의 식 (4)로부터  $P_f(w_1, w_2)$ 는  $f(x, y)$ 의 파워 스펙트럼이며,  $P_n(w_1, w_2)$ 는  $n(x, y)$ 의 파워 스펙트럼이다. 그리고 이러한 파워 스펙트럼은 다음의 식 (5)와 같이 가정할 수 있다.

$$\begin{cases} P_f(w_1, w_2) = \sigma_f^2 \\ P_n(w_1, w_2) = \sigma_n^2 \end{cases} \quad (5)$$

여기서  $\sigma_f^2$ 는 원 영상의 국부 영역에 대한 분산이며,  $\sigma_n^2$ 는 노이즈에 대한 분산이다.

위너 필터의 윈도우를 설정할 경우, 평탄한 영역은 정제적(stationary)이므로 넓은 윈도우를 사용하는 것이 효과적이며, 에지 영역은 비정제적이므로 좁은 윈도우를 사용하는 것이 더 정확한 추정 결과를 가져온다. 그리고 좁은 영역에서, 영상 내의 화소들이 서로 독립적이고 정제적이라 가정하면,  $f(x, y)$ 는 식 (6)과 같이 표현된다.

$$f(x, y) = m + \sigma_f n(x, y) \quad (6)$$

위의 식 (6)에서  $m$ 은  $f(x, y)$ 의 국부 영역에 대한 평균이다. 그리고 식 (5)를 이용하여 식 (4)를 정리하면 다음의 식 (7)과 같다.

$$\begin{aligned} H(w_1, w_2) &= \frac{P_f(w_1, w_2)}{P_f(w_1, w_2) + P_n(w_1, w_2)} \\ &= \frac{\sigma_f^2}{\sigma_f^2 + \sigma_n^2} \end{aligned} \quad (7)$$

또한 식 (7)의 역푸리에 변환은 식 (8)과 같다.

$$h(x, y) = \frac{\sigma_f^2}{\sigma_f^2 + \sigma_n^2} \delta(x, y) \quad (8)$$

그리고 식 (8)에 평균값을 고려한 위너 필터의 처리 과정은 식 (9)와 같다.

$$p_w(x, y) = m + [g(x, y) - m] \frac{\sigma_f^2}{\sigma_f^2 + \sigma_n^2} \delta(x, y) \quad (9)$$

$$= m + \frac{\sigma_f^2}{\sigma_f^2 + \sigma_n^2} [g(x, y) - m]$$

식으로부터  $p_w(x, y)$ 는 화소  $(x, y)$ 에서 위너 필터에 의해 처리된 영상이다. 그러나 일반적으로 노이즈의 분산  $\sigma_n^2$ 이 알려져 있지 않으므로, 훼손된 영상의 모든 국부 영역에 대한 분산의 평균으로  $\sigma_n^2$ 을 추정한다.

### III. 평균 및 위너 필터의 합성

필터의 특징으로부터, 평균 필터는 처리 과정이 간단하며 평탄한 영역에서 노이즈 제거에 효과적이다. 이에 따라 MSE(mean square error)의 개선도가 크며, AWGN의 제거와 시각적으로 부드러운 영상을 나타낸다. 그러나 일반적으로 정제적인 영상 모델을 가정한 평활화 필터를 사용하므로 밝기의 급격한 변화를 나타내는 에지 성분에서는 우수한 특성을 나타내지 못한다.

또한, 위너 필터는 신호와 잡음의 분산을 이용하여 필터 계수를 구한 후, 에지 영역과 평탄한 영역을 적용적으로 필터링한다. 즉, 평탄한 영역에서는 화소들의 평균값으로 잡음을 제거하고, 에지 영역에서는 입력 영상을 그대로 통과시켜 에지 성분을 유지하는 효과를 나타낸다.

그러나 식 (6)에서, 화소들이 서로 독립적이고 정제적이란 가정은 에지 영역에서는 부합하지 않는다. 즉, 에지 영역에서는 국부 평균이 계속 변화하므로 비정제적이며, 화소 상호간에 많은 상관성이 있으므로 독립적이란 가정이 적합하지 않다. 그리고 에지 영역에 대한 추정 윈도우의 영향을 살펴보면,  $7 \times 7$ 의 윈도우를 설정할 경우, 식 (9)의  $\sigma_f^2 / (\sigma_f^2 + \sigma_n^2) \approx 1$ 이 되어 신호의 고주파 부분을 그대로 통과하게 되며, 이에 따라 에지 부분의 노이즈는 제거되지 않는다. 그러나  $3 \times 3$ 의 윈도우를 설정할 경우, 평탄한 영역에서의 노이즈는 잘 제거되지 않으나,  $\sigma_f^2 / (\sigma_f^2 + \sigma_n^2) < 1$ 이 되어 에지 부근의 노이즈가 감소한다[4],[5].

따라서 평탄한 영역에서는 넓은 추정 윈도우를

사용하고, 에지 영역에서는 좁은 추정 윈도우를 사용하는 것이 우수한 결과를 나타낸다. 그러나 실제 응용에서는 영상의 모든 영역에 대해 일정한 크기의 추정 윈도우를 이용하므로 평탄한 영역과 에지 영역을 모두 만족하는 윈도우를 설정하기는 어렵다.

위에서 서술된 바와 같이 평균 필터와 위너 필터는 각기 장단점을 갖고 있으며, 수학적으로 병렬 처리가 가능하다. 그러므로 두 필터의 특성을 복합적으로 적용시키기 위해 아래와 같은 과정을 거쳐 복원하는 방법을 제안하였다.

먼저, 평균 필터는 평탄한 영역에서 우수한 특성을 나타내므로, 이러한 특성을 활용하기 위해 식 (10)과 같이 필터 처리를 2회 반복하였다.

$$p_{m2}(x, y) = \frac{1}{9} \sum_{i=0}^2 \sum_{j=0}^2 p_{m1}(x-1+i, y-1+j) \quad (10)$$

위 식으로부터  $p_{m1}(x, y)$ 는 훼손된 영상을 평균 필터로 1회 처리한 영상이며,  $p_{m2}(x, y)$ 는  $p_{m1}(x, y)$  영상을 다시 평균 필터 처리한 영상이다.

그리고 고주파 특성이 우수한 위너 필터를 사용하여 에지 성분을 보전하면서 대조도를 개선시켰다. 식 (11)에서  $p_w(x, y)$ 는 위너 필터에 의해 처리된 영상이다.

$$p_w(x, y) = m_f + \frac{\sigma_f^2}{\sigma_f^2 + \sigma_n^2} [g(x, y) - m_f] \quad (11)$$

이러한 과정으로부터 처리된 두 영상은 식 (12)와 같이 병렬 처리로서 표현이 가능하며, 영상의 특징에 따라 가변적으로 필터 처리될 수 있도록 가중치를 설정하였다.

$$F(x, y) = W_1 p_{m2}(x, y) + W_2 p_w(x, y) \quad (12)$$

식 (12)로부터  $F(x, y)$ 는 제안된 복원 방법으로 처리된 영상이며,  $W_1$ 과  $W_2$ 는 평균 필터와 위너 필터에 의해 처리된 영상에 대한 가중치이다.

### IV. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 평균 필터와 위너 필터를 사용하여 영상을 각각 필터링한 후, 병렬 처리하는 방법

을 제안하였다.

그리고 제안한 필터의 성능을 검증하기 위해 256×256의 Lena 영상과 Girl 영상에 AWGN을 중첩하여 시뮬레이션하였다. 이 때 제안한 방법에서 평균 필터의 가중치( $W_1$ )는 0.6, 위너 필터의 가중치( $W_2$ )는 0.4로 설정하였다.

그림 1과 그림 2는 각각 Lena 영상과 Girl 영상에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. 그림으로부터, (a)는 원 영상이며, (b)는 분산이 800인 AWGN에 의해 훼손된 영상이고, (c)는 본 논문에서 제안한 방법에 의해 복원된 영상이다.

또한 그림 3과 그림 4는 기존의 평균 필터와 위너 필터, 그리고 제안된 방법에 의한 개선효과를 비교한 것이며, AWGN의 분산에 따른 MSE를 도표로써 나타내었다.



(c) 복원된 영상 ( MSE = 128.31 )

(c) Restored image

그림 1. Lena 영상

Fig. 1. Lena image.



(a) 원 영상

(a) Original image



(b) 훼손된 영상 (  $\sigma_n^2 = 800$  )

(b) Degraded image



(a) 원 영상

(a) Original image



(b) 훼손된 영상 (  $\sigma_n^2 = 800$  )

(b) Degraded image



(c) 복원된 영상 ( MSE = 93.45 )  
 (c) Restored image  
 그림 2. Girl 영상  
 Fig. 2. Girl image.

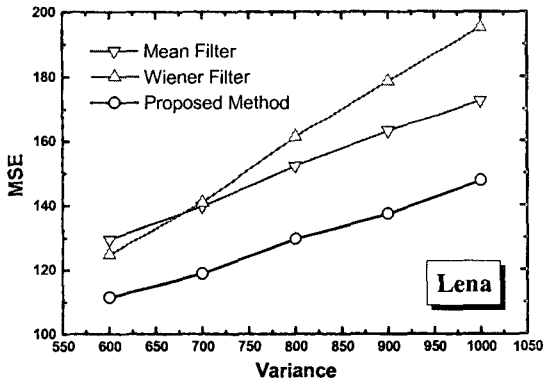


그림 3. Lena 영상의 MSE 비교  
 Fig. 3. MSE comparison of Lena image.

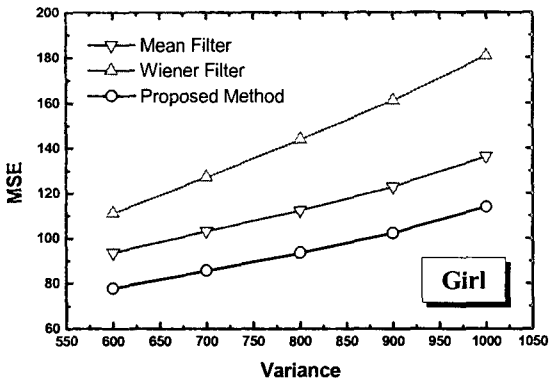


그림 4. Girl 영상의 MSE 비교  
 Fig. 4. MSE comparison of Girl image.

시뮬레이션 결과, 제안한 방법은 영상의 저주파 성분과 고주파 성분이 복합적으로 향상되었으며, AWGN의 모든 분산 범위에서 기존의 평균 필터와 위너 필터에 비해 우수한 결과를 나타내었다.

## V. 결 론

본 논문에서는 평균 필터와 위너 필터를 사용하여 영상을 각각 필터링한 후, 병렬 처리하는 방법을 제안하였다. 그리고 AWGN에 의해 훼손된 영상을 필터링하여 기존의 평균 필터 및 위너 필터와 비교하였으며 객관적인 성능평가를 위해 MSE를 사용하였다.

시뮬레이션 결과로부터 분산이 800인 AWGN이 중첩된 Lena 영상에 대하여 평균 필터와 위너 필터로 처리한 경우, MSE는 각각 151.02와 160.46이었으며, 제안된 방법으로 처리한 경우, MSE는 128.31을 나타내었다. 또한 Girl 영상은 동일한 조건에 대하여 평균 필터와 위너 필터로 처리한 경우, MSE는 각각 112.3과 143.86이었으며, 제안된 방법으로 처리한 경우, MSE는 93.45를 나타내었다.

따라서 본 논문에서 제안한 영상 복원 방법은 기존의 필터에 비해 우수한 결과를 나타내었으며, 제안한 필터는 디지털 영상 처리 분야 등에 유용하게 응용되리라 사료된다.

## 참고문헌

- [1] Min-Cheng Pan and Alan H. Lettington, "Smoothing Images by a Probability Filter", IEEE International Joint Symposia on. pp. 343-346, 1998.
- [2] Tuan D. Pham, "An image restoration by fusion", Pattern Recognition Volume 34, Issue 12, pp. 2403-2411, December 2001.
- [3] Jin. F., Fieguth. P., Winger. L., Jernigan. E., "Adaptive Wiener filtering of noisy images and image sequences", IEEE International Conference on, Vol. 3, 14-17, 2003.
- [4] G. Arce, "Multistage order statistics filter for image sequence processing", IEEE Trans. Signal Process., Vol. 39, pp. 1146-1163, May 1991.
- [5] J. S. Lee, "Digital image enhancement and

저자소개



문홍득(Hong-Deuk Moon)

2003년 2월 부경대학교 공과대학  
제어계측공학과(공학사)  
2003년 3월~현재 부경대학교 대  
학원 제어계측공학과 석사과정  
※ 관심분야 : 영상 처리 및 신호  
처리



배상범(Sang-Bum Bae)

1999년 8월 부경대학교 공과대  
학 제어계측공학과(공학사)  
2002년 2월~현재 부경대학교 대  
학원 제어계측공학과(공학석사)  
2002년 3월~현재 부경대학교 대  
학원 제어계측공학과 박사과정

※ 관심분야 : 통신 및 신호처리



강경덕(Kyeong-Deog Kang)

1995년 2월 부경대학교 공과대  
학 제어계측공학과 졸업(공학사)  
1998년 8월 부경대학교 산업대  
학원 제어계측공학과 졸업(공학  
석사)  
2003년 3월~현재 부경대학교  
대학원 제어계측공학과 박사과정  
1980년 6월~현재 한국방송공사 기술총국 기술국  
부장

※ 관심분야 : 통신 및 신호처리



김남호(Nam-Ho Kim)

1984년 2월 영남대학교 전자공  
학과 졸업(공학사)  
1986년 2월 영남대학교 대학원  
전자공학과 졸업(공학석사)  
1991년 8월 영남대학교 대학원  
전자공학과 졸업(공학박사)  
1992년 3월~현재 부경대학교 공과대학 전기제어  
계측공학부 정교수

※ 관심분야 : 신호처리, 회로 및 시스템