
영상 잡음제거를 위한 하이브리드 필터 알고리즘에 관한 연구

Gao Yinyu* · 김남호*

*부경대학교 공과대학 제어계측공학과

A Study on Hybrid Filter Algorithm for Image Denoising

Gao Yinyu* · Nam-Ho Kim*

* Dept. of Control & Instrumentation Eng., Pukyong National Univ.

E-mail : nhk@pknu.ac.kr

요 약

디지털 카메라, 멀티미디어 등의 보급으로 인하여 일상생활 전반에서 영상이 사용되고 있다. 그러나 영상은 잡음에 의해 열화가 발생하고, 화질개선을 위한 잡음제거 기술의 필요성이 대두되고 있다. 잡음제거를 위한 기존의 방법들에는 위너 필터, 평균 필터, VisuShrink 등이 있지만, 미흡한 잡음제거성능을 나타낸다. 따라서 본 논문에서는 영상 잡음제거를 위해, 위너 필터 및 변형된 웨이브렛 기반의 적응 임계값과 thresholding 함수를 이용한 하이브리드 필터 알고리즘을 제안하였다. 제안한 방법은 기존의 방법들에 비해, 저주파 특성과 고주파 특성을 동시에 나타내고, 우수한 잡음제거 및 에지보존 특성을 나타냈다.

ABSTRACT

Due to the prevalence of digital camera, multi-media etc. the image is being used in everyday life. However, noise always damages the image and the image denoising technology is important part for improving the image visual quality. There are many existing methods to remove noise such as wiener filter, mean filter and VisuShrink etc. However, they perform not good enough for denoising. Hence, in this paper we proposed a hybrid filter algorithm which consists of wiener filter and modified wavelet based thresholding method using adaptive threshold and thresholding function. The proposed algorithm shows not only better low frequency and high frequency property, but also the outstanding noise suppression and edge preservation properties.

키워드

Image denoising, Wiener filter, Wavelet, Hybrid filter algorithm

1. 서 론

디지털 카메라, 멀티미디어 등의 보급으로 인하여 일상생활 전반에서 영상이 사용되고 있다. 그러나 영상은 잡음에 의해 열화가 발생하고, 화질개선을 위한 잡음제거 기술의 필요성이 대두되고 있다. 열화를 발생시키는 잡음은 발생원인과 형태에 따라 다양한 종류가 있으나, 대표적인 잡음에는 AWGN(additive white gaussian noise)이 있다. 따라서 AWGN을 제거하기 위한 연구들이 활발히 진행되고 있다[1].

AWGN을 제거하기 위하여 많은 기법들이 제안되었고, 공간 영역에서는 위너 필터(SDWF: spatial domain wiener filter)와 평균 필터 등이 있다[1]-[9]. 한편, Donoho와 Johnstone은 임계값에 기초한 웨이브렛 영역에서의 잡음제거방법을

제안하였으며, 그 이후 임계값의 크기와 적용방법에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다[2][3]. 기존의 임계값에 기초한 잡음제거방법에서 가장 많이 사용하는 방법은 VisuShrink가 있다[2]. 그러나 이러한 기존의 웨이브렛 영역에서의 기법들은 영상을 스무딩시켜서 블러링 현상을 나타낸다 [2]-[4].

따라서 본 논문에서는 영상 잡음제거를 위해, 위너 필터 및 변형된 웨이브렛 기반의 적응 임계값과 thresholding 함수를 이용한 하이브리드 필터 알고리즘을 제안하였다. 그리고 잡음제거 성능의 우수성을 입증하기 위해, MSE(mean squared error)를 이용하여 기존의 방법들과 그 성능을 비교하였으며, 제안한 방법은 우수한 잡음제거 특성을 나타내었다.

II. 공간 영역에서의 위너 필터

공간 영역에서의 위너 필터(SDWF: spatial domain wiener filter)는 다음과 같이 표현된다[3].

$$y(i,j) = \frac{\sigma_x^2(i,j)}{\sigma_x^2(i,j) + \sigma_{xn}^2(i,j)} [x(i,j) - \mu(i,j)] + \mu(i,j) \quad (1)$$

여기서, $x(i,j)$ 는 잡음에 의해 훼손된 영상이다. $\mu(i,j)$ 는 위너 필터에 사용한 마스크내의 평균값이고, σ_x^2 는 잡음 영상의 국부 영역에 대한 분산이며, σ_{xn}^2 은 잡음에 대한 분산이다. 그러나 일반적으로 잡음의 분산 σ_{xn}^2 이 알려져 있지 않으므로, 훼손된 영상의 모든 국부 영역에 대한 분산의 평균으로 σ_{xn}^2 을 추정한다[3]. 위너 필터는 고주파 특성이 우수하고, 에지 성분을 보존할 수 있는 등 우수한 성능들을 가지고 있다.

III. 제안한 방법

본 논문에서는 AWGN을 효과적으로 제거하기 위하여, 하이브리드 필터 알고리즘을 제안하였다. 제안한 필터 알고리즘은 고주파 특성이 우수하여 AWGN 제거에 효과적인 SDWF와 고주파 특성이 우수한 웨이브렛 기반의 알고리즘을 병렬 연결함으로써, 결과 값을 얻는다.

제안한 웨이브렛 기반의 변형된 thresholding 방법은 다음과 같다.

우선 먼저 입력영상에 대해, 이산 웨이브렛 변환을 진행한 후, 적응적인 thresholding 방법을 적용하여 잡음을 처리한다.

A. 적응 임계값

효과적인 잡음제거를 위해, 본 논문에서는 적응적인 임계값 λ 를 구하였으며, 아래의 식 (2)와 같이 표현된다.

$$\lambda = \frac{\sqrt{2} \cdot \sigma_n^2}{\sigma_s} \quad (2)$$

여기서, σ_n 는 잡음 표준편차를 나타내고, σ_s 는 marginal 표준편차이며, 각각 식 (3), (4)와 같이 구해진다[2].

$$\sigma_n = \frac{\text{Median}(|w_{ij}|)}{0.6745}, \quad w_{ij} \in HH_1 \quad (3)$$

$$\sigma_w^2 = \max(\sigma_m^2 - \sigma_n^2, 0) \quad (4)$$

식 (3)에서 w_{ij} 는 sub-band HH_1 의 웨이브렛 계수들을 나타내고, 식 (4)에서의 σ_m 은 각 스케일에 적용한 마스크내의 분산을 나타낸다. 제안한 임계값은 잡음 분산과 marginal 분산의 크기에 따라 적응적으로 변함으로, 효과적인 잡음제거 성능을 나타낸다.

B. 적응 thresholding 함수

제안한 thresholding 함수는 아래의 식 (5)와 같이 임계값을 초과하는 신호와 크기가 임계값보다 작은 조건을 만족하는 신호로 나누어 처리된다.

$$\hat{w}_{ij} = \begin{cases} w_{ij} \times \max\left\{1 - \frac{\lambda^2}{\sigma_m^2}, 0\right\}, & |w_{ij}| \geq \lambda \\ \frac{w_{ij}^3}{2\lambda^2}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

다음 식 (5)에 의해, 처리된 웨이브렛 계수들 역 이산 웨이브렛 변환과정을 진행하여, 복원된 영상의 값을 구한다.

그리고 본 논문에서는 제안한 웨이브렛에 기반한 방법으로 구한 값과 기존의 SDWF에 구해진 값의 절반값의 합을 결과값으로 정한다.

IV. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 제안된 알고리즘의 AWGN 제거 성능을 평가하기 위해, 512×512 크기의 8 비트 그레이 영상 Goldhill 영상에 분산(σ)이 10~30인 AWGN을 첨가하여 시뮬레이션하였으며, 영상의 개선 정도를 가늠하기 위하여 MSE를 구하여 기존의 VisuShrink, SDWF와 제안한 웨이브렛 기반의 알고리즘(PWA) 등 방법들과 성능을 비교하였다. 여기서 VisuShrink는 soft thresholding 방법을 적용하였다. 그리고 제안한 방법과 기존의 웨이브렛 기반의 방법들은 Daubechies 8(db8) 웨이브렛 함수를 이용하여 웨이브렛 변환을 하였다. 또한 본 논문에서는 5×5크기의 마스크를 사용하였다.

그림 1은 Goldhill영상의 시뮬레이션결과이고, 그림 2는 그림 1의 일부분을 확대한 영상이다. 그림으로부터, 기존의 VisuShrink는 영상을 스무딩 시킴으로서 블러링 현상이 나타났고, SDWF는 블러는 적지만 그로 인하여 에지를 중심으로 잡음이 제거되지 않는 것을 확인할 수 있다. PWA는 기존의 방법들에 비해 우수한 잡음제거 효과를 나타냈으나 영상이 부자연스러운 현상을 나타냈



Fig. 1. Simulation result.



Fig. 2. Magnification of Fig. 1.

다. 그러나 본 논문에서 제안한 PWA와 SDWF를 결합을 통해 얻어진 영상은 우수한 잡음제거 및 에지보존 성능을 나타냈다.

표 1은 Goldhill 영상에서 AWGN의 크기 변화에 따른 기존의 필터들과 제안한 필터 알고리즘으로 처리한 후의 MSE를 나타낸 것이다. 표의 결과로부터, 제안한 웨이블릿 기반의 thresholding 방법 PWA와 이를 이용한 하이브리드 필터는 기존의 알고리즘들에 비해 낮은 MSE를 나타냄으로써, 우수한 잡음제거 성능을 나타냈다.

Table 1. Performance comparison for restoring Goldhill.

σ	Method			
	VisuShrink	SDWF 5×5	PWA 5×5	Proposed 5×5
10	108.65	57.34	36.40	37.22
15	135.71	69.39	59.54	54.38
20	158.18	84.12	82.32	71.82
25	172.24	101.77	104.52	89.70
30	186.21	122.29	124.94	107.19

V. 결 론

본 논문에서는 AWGN을 효과적으로 제거하기 위하여, 고주파 특성이 우수한 웨이블릿 기반의 알고리즘과 저주파 특성이 우수하여 AWGN 제거에 효과적인 SDWF를 병렬 연결하여 처리하는 하이브리드 필터 알고리즘을 제안하였다. 제안한 하이브리드 필터는 AWGN 환경에서 잡음제거 성능에서 우수한 결과를 보였으며, 에지 성분에 대한 보존 특성도 우수하였다.

참고문헌

- [1] Gonzalez R. C and Woods R. E, "Digital Image Processing", Addison-Wesley, 2003.
- [2] Donoho, D. L. and Johnstone, "Ideal Spatial Adaptation via Wavelet Shrinkage", Technical Report, Department of Statistics, Stanford University, Tentatively, 1992.
- [3] J. S. Lee, "Digital image enhancement and noise filtering by use of local statistics", IEEE Trans. PAMI, vol. 2, pp. 165- 168, 1980.
- [4] Gao Yinyu and Nam-Ho Kim, "Image Denoising using Adaptive Threshold Method in Wavelet Domain", International Journal of KIIECE, vol. 9, no. 3, pp. 767-772, December 2011.