

Daubechies 정상 웨이블릿을 이용한 무인항공기 촬영 영상 성능 개선

Performance Improvement of Aerial Images Taken by UAV Using Daubechies Stationary Wavelet

김성훈¹ · 홍교영^{1,2*}

¹한서대학교 항공시스템공학과

²한서대학교 항공전자공학과

Sung-Hoon Kim¹ · Gyo-Young Hong^{1,2*}

¹Department of Aircraft System Engineering, Hanseo University, Chungcheongnam-do 31253, Korea

²Department of Avionics, Hanseo University, Chungcheongnam-do 31253, Korea

[요 약]

본 논문은 Daubechies 정상 웨이블릿 변환을 이용하여 무인항공기 항공촬영 영상의 성능을 향상하기 위한 기법에 대해 연구하였다. 무인항공기에서 획득된 영상이 가장 일반적이고 보편적으로 적용되는 가우시안 잡음에 의하여 손상되었을 경우, 영상의 성능을 개선하기 위한 실험을 수행하였다. 정상 웨이블릿 변환은 DWT (discrete wavelet transform)에서 다운샘플링에 의해 발생하는 문제점을 해결하기 위한 변환방법으로써 잡음제거에 DWT보다 효과적이라고 알려져 있다. 또한 Haar 웨이블릿은 불연속 함수인 이유로 매끄러운 신호나 영상처리에 효과적이지 못하다. 이에 본 연구에서는 daubechies 정상 웨이블릿을 이용하여 잡음을 제거하였으며 기존 haar 정상 웨이블릿을 적용하였을 때 보다 더 성능이 개선됨을 확인하였다.

[Abstract]

In this paper, we study the technique to improve the performance of the aerial images taken by UAV using daubechies stationary wavelet transform. When aerial images taken by UAV were damaged by gaussian noise very commonly applied, the experiment for image performance improvement was performed. It was known that stationary wavelet transform is the transferring solution to the problem occurred by down sampling from DWT also more efficient to remove noise than DWT. Also haar wavelet is discontinuous function so not efficient for smooth signal and image processing. Therefore, this study is confirmed that the noise can be removed by daubechies stationary wavelet and the performance is improved by haar stationary wavelet.

Key word : Aerial shot, Daubechies wavelet, Peak signal to noise ratio, Stationary wavelet transform, Unmanned aerial vehicle.

<https://doi.org/10.12673/jant.2016.20.6.539>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 1 November 2016 Revised 25 November 2016
Accepted (Publication) 13 December 2016 (30 December 2016)

*Corresponding Author; Gyo-young Hong

Tel: +82-41-671-6232

E-mail: kiathgy@hanseo.ac.kr

1. 서론

지상이 아닌 상공에서 이동하는 비행체에 카메라를 장착하여 촬영함으로써 거리 및 높이에 대한 한계를 극복하려 노력하고 있다. 이에, 사용되는 비행체에는 일반적으로 사람이 탑승하여 조정하는 유인 비행체가 주를 이루었으나 유인 비행체가 가지는 규모와 비용 그리고 조작성의 문제를 극복하기 위해 무인 비행체(UAV)를 이용하는 방법이 최근에는 많이 대두되고 있다 [1].

그러나 무인 비행체의 항공 촬영 특성상 영상 신호 내 잡음이 존재할 확률이 높다. 예를 들어 무인 비행체가 순간적으로 추을 틀거나 외부 환경요인에 의해 기체가 흔들리는 경우 잡음이 발생하게 된다.

이러한 영상 신호내의 잡음은 영상 자체의 정확도를 떨어뜨릴 뿐만 아니라, 패턴 인식과 같은 영상 처리 응용 분야에서 급격한 성능 저하를 가져오는 원인이 된다. 이를 해결하기 위한 잡음 제거 기법 개발은 영상처리 분야 및 컴퓨터 비전 분야에서 매우 중요한 연구 주제이다[2]. 일반적으로 잡음에는 여러 가지 형태가 존재하나 가장 일반적으로 많이 연구되는 잡음은 가산 백색 가우시안 잡음이다. 본 실험에서는 영상이 가우시안 잡음에 의하여 손상되었을 때, daubechies 정상 웨이블릿 변환을 사용하여 잡음 성분을 제거하였다.

정상 웨이블릿 변환은 DWT의 단점인 영상을 한 단계 분해할 때마다 다운샘플링을 통해 정보의 손실이 발생하는 것에 비해 다운샘플링 과정이 없이 영상을 그대로 보존한다는 장점이 있다[3]. 또한 일반적으로 사용되는 웨이블릿의 수학적 구조에서도 haar 웨이블릿은 수학적 구조 간단하나 불연속 함수인 이유로 매끄러운 신호나 영상처리에 효과적이지 못하다. 이러한 단점을 극복하기 위해 daubechies는 매끄러우면서도 고주파 성분을 갖는 모 웨이블릿의 존재성과 구축법을 개발하였다[4]. 이에 본 논문에서는 daubechies 정상 웨이블릿 변환을 사용하여 잡음을 제거하였으며 DWT, WPT (wavelet packet transform)와의 비교와 haar 웨이블릿을 이용한 방법과의 비교를 통해 획득된 영상의 성능이 더욱 개선되었음을 확인하였다.

II. 웨이블릿 기반 잡음 제거 기법

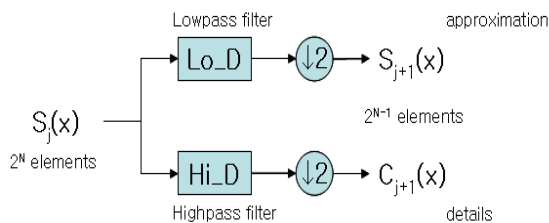


그림 1. 이산 웨이블릿 변환
Fig. 1. Discrete wavelet transform.

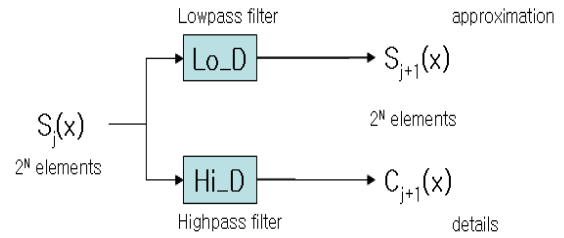


그림 2. 정상 웨이블릿 변환
Fig. 2. Stationary wavelet transform.

2-1 Stationary Wavelet Transform (SWT)

정상 웨이블릿 변환은 DWT가 원 영상을 완벽하게 보존하지 못하는 단점을 보완할 수 있어 최근 많은 관심을 받고 있다. DWT가 영상을 한 단계 분해할 때마다 다운샘플링을 통해 영상의 길이를 반으로 줄여 역변환을 하고 이때 정보의 손실이 발생한다. 이에 비해 정상 웨이블릿 변환은 다운샘플링 과정 없이 영상을 그대로 보존하며 식 (1)과 (2)로 표현된다[3].

$$c_{j+1,k} = \sum_l h(l)c_{j+1,k+2^j l} \tag{1}$$

$$d_{j+1,k} = \sum_l g(l)c_{j+1,k+2^j l} \tag{2}$$

또한, DWT는 분해과정 중에 필터의 단계 수를 무수히 증가시키면 연속함수의 형태로 수렴한다. 즉 다운 샘플링에 의해 웨이블릿 변환된 신호는 t만큼 지연된 신호의 웨이블릿 변환과 웨이블릿 변환된 신호를 t만큼 지연되었을 때 신호 값이 같지 않다. 이와 같이 시 불변 (time-invariant) 특성이 사라지는 경향이 있다. 반면 정상 웨이블릿 변환은 기존의 웨이블릿 특성은 유지하면서 시 불변 특성을 갖는 새로운 웨이블릿 기법으로 제안되어져 시 불변 특성이 사라지는 문제점을 해결할 수 있다[5].

또한 정상 웨이블릿 변환은 잡음을 제거하는데 DWT보다 더욱 효과적이라고 알려져 있다[6]. 위의 그림 1과 2는 DWT와 SWT 과정을 비교한 것이다.

2-2 웨이블릿 기반 잡음 제거

웨이블릿 잡음제거 기법은 잡음이 원 영상에 비해 고주파에 많이 분포되어 있다는 점을 이용하여 웨이블릿 변환 후 고주파 정보를 갖는 상세 계수를 수정하여 잡음을 제거하는 방법이다. 웨이블릿 변환을 W 라 하면 웨이블릿 계수는 $Y_i = W_{y_i}$ 으로 선형 변환되며 $W_{y_i} = A_{w_i} + D_{w_i}$ 의 웨이블릿 근사 계수와 상세 계수를 갖는다. 근사 계수는 원 영상의 저 대역의 웨이블릿 계수를 나타내며 상세 계수는 수평, 수직, 대각선 에지의 특성을 갖는 세 부분으로 구성된다[2].

여기에서 계수들에게 수행하는 조작은 그 계수가 어떤 특성

이나에 달려있다. 즉, 실제 잡음을 제거하기 전에 계수들을 특성에 따라 분류하는 것이다. 각 계수들을 특정 그룹으로 분류시키기 위해 다음과 같은 알고리즘을 이용한다. 계수들을 두 분류로 나눈다. 첫 번째는 “영상의 중요한 정보를 담고 있는 계수”이고 두 번째는 “중요하지 않으며, 잡음에 지나치게 많은 영향을 받는 계수”이다. 이때, 두 번째 분류에 대하여 임계값을 설정하여 임계값보다 작은 절대 값을 갖는 계수들을 제거하는 것이다. 즉, “보통 영상은 그 값이 큰 몇 개의 계수들에 의해 표현될 수 있다”는 것을 가정하고, 절대 값이 임의의 임계값 ‘ δ ’보다 작은 모든 웨이블릿 계수들은 “잡음”으로 분류하여 ‘0’으로 대체시킨다. 이때 에지와 관련된 계수들은 일반적으로 임계값보다 위에 존재하기 때문에 역 변환된 웨이블릿 변환 정보는 잡음이 제거된 영상이 된다. 이와 같은 알고리즘의 개념이 바로 **hard-thresholding**이다. 존스톤(Jonstone)과 도노호(Donoho)는 이 기법을 정경하여 **soft-thresholding** 기법을 개발하였는데, 이 기법은 관심 영역의 왜곡을 지양하기 위하여 임계값 이상의 웨이블릿 계수들을 그대로 사용하지 않고, 잡음의 영향만큼 축소하는 방법이다. 축소에 관한 원리는 다음과 같이 설명된다. 잡음이 첨가되었을 때, 웨이블릿 변환은 영상의 일반적인 영역에서는 작은 계수들이 잡음의 특징으로 나타나고, 에지 영역의 경우에는 큰 웨이블릿 계수들로 나타나는 통산적 특성을 이용한다. 결국 이러한 웨이블릿 영역에서 영상과 잡음의 계수들로부터 임계값을 취하여 잡음에 관련된 계수는 제거하고, 영상은 잡음의 영향만큼 축소시키거나 유지하는 것을 말한다. 이것은 잡음이 아니라고 판단되는 중요한 영상은 보존하면서 최적의 잡음 제거로 이끌게 된다. 웨이블릿 수축의 알고리즘은 다음과 같은 세 단계로 구성된다[2].

1) 잡음 영상에 대하여 정상 웨이블릿 변환 수행

$$\begin{aligned} Y &= X(\text{원신호}) + V(\text{노이즈신호}) \\ SWT(Y) &= W_y \end{aligned} \tag{3}$$

2) 변환 영역에서 계수들을 수축 (c_i : 웨이블릿 계수, δ : 임계값)

Hard thresholding 기법:

$$c_i = \begin{cases} 0, & \text{If } |c_i| < \delta \\ c_i, & \text{If } |c_i| \geq \delta \end{cases} \tag{4}$$

Soft thresholding 기법:

$$c_i = \begin{cases} 0, & \text{If } |c_i| < \delta \\ \text{sign}(c_i) (|c_i| - \delta), & \text{If } |c_i| \geq \delta \end{cases} \tag{5}$$

3) 마지막으로 임계화된 계수들을 역 변환

$$ISWT(\tilde{x}) = W^{-1}(\tilde{X}) \tag{6}$$

(\tilde{x} : 임계화된 계수)

(a) **Hard thresholding** 기법은 임계값 ‘ δ ’의 절대값보다 작은 절대값을 가지는 웨이블릿 계수들은 ‘0’으로 변환하고, 임계값보다 절대값이 큰 웨이블릿 계수 들은 원래 값을 갖는다.

(b) **Soft thresholding** 기법은 임계값 ‘ δ ’의 절대값보다 작은 절대값을 가지는 웨이블릿 계수들은 ‘0’으로 변환하고, 임계값보다 절대값이 큰 웨이블릿 계수들은 임계값과의 차이 값으로 수축(Shrinkage)한다.

III. 실험 및 고찰

본 연구에서 사용된 영상은 512×512 크기의 무인항공기로 찍은 한서대학교 태안비행장 촬영 영상과 노이즈 분산은 5, 10, 20, 30으로 가변하여 백색 가우시안 노이즈를 삽입하였다. DWT, WPT, SWT를 통한 노이즈 제거 영상의 PSNR 성능을 비교하였다. 비교결과 daubechies 정상 웨이블릿 변환의 PSNR 성능이 비교적 제일 높았으며, haar 웨이블릿보다 daubechies 웨이블릿을 이용한 결과가 전반적으로 높게 나타났다. 분산크기 10일 때 haar 웨이블릿을 이용하였을 경우 DWT와 SWT의 PSNR차이는 1.7051로 SWT가 높았으며 daubechies 웨이블릿의 경우는 1.2646의 성능 개선을 보였다. 분산크기 20일 때의 경우는 haar 웨이블릿을 이용하면 DWT와 SWT의 PSNR차이는 1.9598으로 SWT가 높았으며 daubechies 웨이블릿의 경우는 1.98의 성능 개선을 보였다. 또한 SWT의 경우 haar 웨이블릿을 이용하였을 때와 비교하여 daubechies 웨이블릿을 이용하였을 때 분산크기 5, 10, 20, 30에 상응해 0.905, 0.951, 0.38, 0.518의 PSNR 성능 개선을 확인하였다.

또한 전체적으로 잡음 분산이 클수록 SWT 방법이 더 큰 향상도를 보여주었다. haar 웨이블릿의 수학적 구조는 간단하나 불연속 함수인 이유로 매끄러운 신호나 영상처리에 효과적이지 못하고 주어진 신호에 불연속점 검출에 효과적이다. haar 웨이블릿의 이러한 단점을 극복하기 위해 매끄러우면서도 고주파 성분을 갖는 daubechies 웨이블릿을 사용하여 기존 haar 웨이블릿을 적용하였을 때 보다 더 성능이 개선되었음을 확인하였다. 본 논문에 첨부된 영상은 크기를 줄여 첨부하였을 때 비교적 육안으로 구분하기 쉬운 영상을 첨부하였으며 그림 4,5를 확대해 확인해보면 haar 웨이블릿과 비교하여 daubecheis 웨이블릿의 경우가 더 부드럽게 가우시안 잡음이 제거되는 경향을 보여주었다. 나머지 영상들은 표 1과 2의 PSNR 성능을 통해 확인된다.

표 1. PSNR 비교

Table 1. PSNR comparison.

Variance \ Method	DWT haar	WPT haar	SWT haar
5	23.9226	25.2965	25.6028
10	23.9297	25.3215	25.6348
20	20.8923	22.5905	22.8521
30	19.1705	21.1686	21.3689

표 2. PSNR 비교 1

Table 2. PSNR comparison 1.

Variance \ Method	DWT db4	WPT db4	SWT db4
5	24.4645	25.5081	25.6933
10	24.4653	25.5486	25.7299
20	20.9101	22.6418	22.8901
30	19.4382	21.1374	21.4207



그림 3. 원본 이미지(한서대학교 태안비행장)
Fig. 3. Original image(Hanseo university taean airfield).

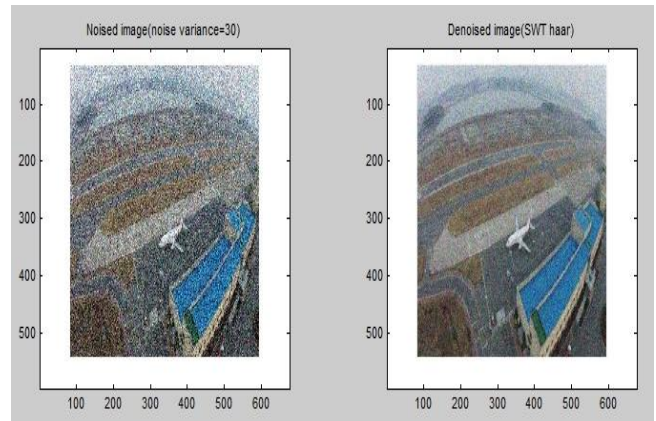


그림 4. SWT haar를 이용해 처리한 영상(노이즈 분산=30)
Fig. 4. Image processed using the SWT haar.

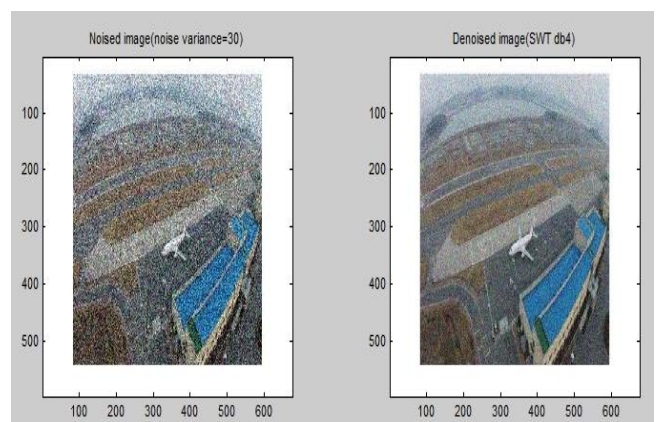


그림 5. SWT db4를 이용해 처리한 영상(노이즈 분산=30)
Fig. 5. Image processed using the SWT db4.

VI. 결 론

본 논문에서는 daubechies 정상 웨이블릿 변환을 사용하여 무인항공기 항공촬영 영상의 잡음을 제거하였으며 haar 웨이블릿을 이용한 DWT, WPT, SWT와의 비교를 통해 성능이 더욱 개선되었음을 확인하였다. 노이즈 분산 5, 10, 20, 30으로 가변하여 영상이 잡음에 손상되었을 경우 개선되는 사항을 각각 확인하였다. 실험 결과 제안한 방법이 haar 웨이블릿을 이용한 DWT, WPT, SWT에 비하여 PSNR 성능면에서 개선되었음을 확인하였다. 또한 웨이블릿 변환은 각 모함수마다 분해결과가 달라지고 필터링 결과도 달라지므로 영상의 특성에 따라 다른 모함수를 적용할 수 있다는 장점이 있다. 이에 획득 영상 정보의 성능 개선뿐만 아니라, 영상 정보에서 이 방법은 원하는 성분의 정보를 추출하는 데에도 효율적으로 이용 가능 할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2015년도 한서대학교 교내연구지원사업에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

- [1] H. M. Kim, A study on real-time prediction algorithm of aviation imaging shooting area, Master's degree Thesis, Korea Polytechnic University, Gyeonggi-do, Korea, Dec, 2012.
- [2] H. R. Yu, Study for the noise rejection threshold value decision with using band information of stationary wavelet, Master's degree Thesis, Daejeon University, Daejeon, Korea, Aug, 2007.
- [3] H. Y. Ryu, K. W. Lee, and B. D. Kwon, "Noise rejection at satellite images using wavelet filter," in *Autumn conference on The Korean Earth Science Society*, Seoul: Korea, pp. 398-405, 2005.
- [4] H. S. Lee, Blind estimation of hop timing and duration of FHSS systems, Master's degree Thesis, Chungnam National University, Chungcheongnam-do, Korea, Feb, 2010.
- [5] M. I. Choi, and J. C. Kim, "A study on the comparison of denoising performance of stationary wavelet transform for discharge signal data in cast-resin transformer," *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, Vol. 28, No. 3, pp. 84-90, Mar. 2014.
- [6] Y. Chen, and H. Ma, "Signal de-noising in ultrasonic testing based on stationary wavelet transform," *Intelligent Systems*, Vol. 2, No. 10, pp. 474-478, May. 2009.
- [7] J. E. Lee and I. S. Kim, "A study on the fault detection technique of the grid-connected photovoltaic system using wavelet transformation," *The Korean Institute of Power Electronics*, Vol. 16, No. 1, pp. 79-87, Feb. 2011.
- [8] Y. O. Park, A study on the image denoising based on wavelet packet, Master's degree Thesis, Mokwon University, Daejeon, Korea, Dec, 2002.
- [9] N. C. Park, and C. Y. Woo, "Denoising images by visushrink technique using the estimated noise power in the highest equal subband of wavelet," *The Korea Institute of Signal Processing and Systems*, Vol. 13, No. 1, pp. 26-31, Jan. 2010.
- [10] H. J. Nam, S. K. Choi, S. S. Shin, and Y. H. Cho, "Noise reduction of digital image using wavelet coefficient," in *Spring Conference on The Korea Contents Society*, Daejeon: Korea, pp. 376-382, May. 2003.



김 성 훈 (Sung-Hoon Kim)

2014년 2월 : 한서대학교 항공전자공학과 (공학사)
 2015년 2월 ~ 현재 : 한서대학교 항공기 시스템학과 석사과정
 ※ 관심분야 : 항공전자



홍 교 영 (Gyo-Young Hong)

1993년 3월 ~ 2001년: 대한항공 항공기술연구소 선임 연구원
 2001년 9월 ~ 현재 : 한서대학교 항공전자공학과 교수
 ※ 관심분야 : 비행시험, 항공통신, 항공기 시스템