

# 웨이브렛 필터를 이용한 위성영상에서의 잡음 제거

류희영\*<sup>(1)</sup>, 이기원<sup>(2)</sup>, 권병두<sup>(1)</sup>

(1) 서울대학교 지구과학교육과

(2) 한성대학교 정보시스템공학과

## 요약

웨이브렛 변환(Wavelet Transform)은 시간영역과 주파수영역에서 동시에 분석이 가능하고 불연속적인 자료를 분석하는데 유리하기 때문에 그동안 영상을 처리하고 분석하는데 널리 이용되어 왔다. Discrete Wavelet Transform(DWT)는 주어진 영상에서 특성 정보는 유지하면서 다른 여러 종류의 계수로 분해 할 수 있게 해주기 때문에, 계수에 임계치를 적용해 고주파 성분을 제거하면 잡음을 줄일 수 있다. Stationary Wavelet Transform(SWT)는 DWT에서 다운샘플링에 의해 발생하는 문제점을 해결하기 위한 변환방법으로 잡음제거에 DWT보다 효과적이라고 알려져 있다. 이 연구에서는 DWT와 SWT에 의한 필터링을 광학영상과 레이더 영상에 적용하여 보고, 기존의 필터링 기법과 그 결과를 비교하였다. 그 결과 SWT에 의한 방법이 경계성분은 보존하면서 잡음을 가장 효과적으로 줄일 수 있었다.

## 1. 서론

위성영상의 해상도가 높아지고, 도시가 발달함에 따라 영상은 점점 복잡해지고 있다. 따라서 많은 지형지물을 포함하고 있는 복잡한 영상으로부터 원하는 정보를 얻어내기 위한 필터를 개발하려는 연구가 꾸준히 진행되어 왔다. 광학영상 뿐만 아니라 최근에 많은 분야에서 이용되고 있는 Synthetic Aperture Radar(SAR) 영상자료는 speckle 잡음을 포함하고 있는데 이는 SAR 자료의 활용을 제한하는 요소 중 하나이므로 이 잡음은 줄이려는 연구 역시 계속 되어왔다. 이 연구에서는 기존에 널리 이용되어왔던

필터인 median filter와 adaptive filter의 일종으로 SAR의 speckle 잡음 제거에 효과적이라고 알려진 enhanced Lee filter를 적용해 보고 잡음이 많은 영상에 적용해보고 그 결과를 웨이브렛 변환을 이용한 필터링 기법의 결과와 Quality index를 통해 정량적으로 비교, 분석해 보았다.

## 2. 본론

### 가. 연구방법

효과적인 필터링을 위해서는 불규칙적인 잡음은 줄이면서 경계가 흐려지는 효과는 최소화시켜야 한다. 그러나 기존의 필터링 방법은 잡음을 많이 줄이기 위해서는 경계가 흐려지게 되는 단점이 있었다. SAR의 신호적 특성을 고려한 Adaptive filter는 Mean filter 또는 Median filter에 비해 경계가 흐려지는 효과가 덜하지만 이 역시 경계부분에 영향을 준다. 따라서 이 연구에서는 Discrete Wavelet Transform(DWT)를 이용한 필터와 Stationary Wavelet Transform(SWT)를 이용한 필터를 이용하여 실제 영상에 적용해 보았다.

#### (1) Wavelet Transform

웨이브렛 변환은 신호를 기저함수의 이동이나 확장으로 표현함으로써 시간영역과 주파수영역에서 동시에 분석이 가능하다. 따라서 불연속적인 자료나 갑자기 값이 크게 변하는 지점에서의 자료를 분석하는데 유리하기 때문에 그동안 영상을 처리하고 분석하는데 널리 이용되어 왔다. 영상처리에 이용되는 2-D Discrete Wavelet Transform(DWT)는 주어진 영상에서 일종의 Lowpass filter와 Highpass filter를 이용해 특성정보는 유지하면서 다른 여러 종류의 계수로 분해 할 수 있게 해준다. (Mallat, 1989) 이 때, 고주파 성분의 계수에 적절한 임계치를 주어서 필터링하면 경계부분을 남기고 특정한 잡음만 제거하는 것이 가능하다.

#### (2) Stationary Wavelet Transform

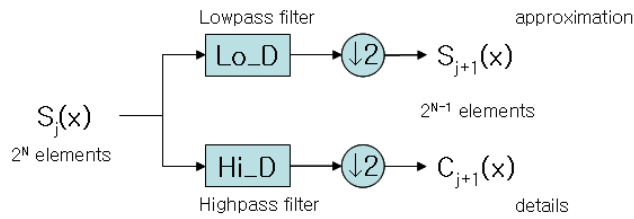


그림 1 Discrete Wavelet Transform 처리과정

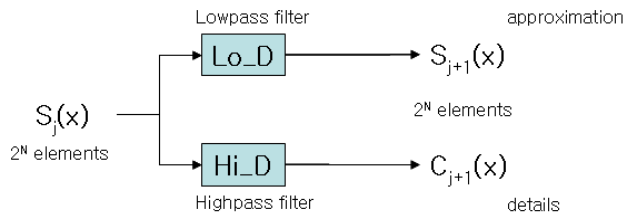


그림 2 Stationary Wavelet Transform 처리과정

Stationary Wavelet Transform(SWT)는 DWT의 단점을 보완하기 위한 방법으로 DWT가 영상을 한 단계 분해할 때마다 다운샘플링을 통해 신호의 길이를 반으로 줄여 역변환을 할 때 정보의 손실이 약간 발생하는 것에 비해 SWT는 다운샘플링 과정이 없어 영상을 그대로 보존한다. (J.C. Pesquet, 1996) 반면에 분해단계가 높아질수록 SWT는 많은 저장 공간이 필요하게 된다. SWT는 노이즈를 제거하는데 DWT보다 더 효과적이라고 알려져 있다. 그림 1, 2은 DWT와 SWT과정을 비교한 것이다.

#### 나. 연구 결과 및 고찰

그림 3은 이 연구에서 이용한 영상으로 (a)는 경기도 광주지역에서 촬영된 KOMPSAT EOC 전정색 영상으로 공간해상도는 6.6m이다. (b)는 GRASS DFC sample data로 AirSAR C밴드 영상이고 네덜란드에서 촬영되었다. 공간해상도는 12.1 x 6.6 m이다.

KOMPSAT 영상에는 먼저 speckle 잡음을 추가하고 기존에 알려진 필터링 기법인 median 필터와 SAR 데이터에 사용되는 adaptive filter인 enhanced Lee filter를 이용해 개선된 결과 영상을 얻었다. 또한 Haar, Db4, Db8, Coif1, Sym2와 같이 다양한 기저 함수를 이용해 DWT 또는 SWT를 통한 필터링을 수행하였다. 필터링이 잘 된 영상은 잡

음을 추가하기 전의 원본영상과 유사한 결과를 보일 것이라는 가정하에 필터링 효과를 검증하기 위해 잡음이 추가되지 않은 원본영상과 필터링 후 영상을 비교하였다. SAR 영상의 경우 원래 영상에 speckle 잡음이 포함되어 있으므로 잡음 추가 과정 없이 위에 KOMPSAT 영상에 수행한 것과 같은 필터링을 수행하였다. 두 영상에 대한 필터링 결과는 A Universal Image Quality Index를 이용해 검증하였다.(Z. Wang and A Bovik, 2002) 원영상과 비교하고자 하는 영상의 화소값을 각각  $x=\{x_i \mid i=1, 2, \dots, N\}$  and  $y=\{y_i \mid i=1, 2, \dots, N\}$ 이라 하면 Universal image quality index는 다음과 같이 정의된다.

$$Q = \frac{4 \sigma_{xy} \overline{xy}}{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)[(\overline{x})^2 + (\overline{y})^2]} \quad (1)$$

$$\overline{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad \overline{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \overline{x})^2, \quad \sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \overline{y})^2$$

$$\sigma_{xy} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \overline{x})(y_i - \overline{y})$$

Q는 -1에서 1사이의 값을 가질 수 있고 이 인덱스는 두 영상사이의 상관관계의 변화, 휘도의 손실, 명도차의 손실을 고려한 모델이다.

Quality Index를 계산해본 결과 기존의 필터보다는 DWT를 이용한 경우가 더 높은 값을 보였고 DWT보다는 SWT가 더 높은 값을 보였다. SWT는 분해 단계에서 down sampling을 하지 않기 때문에 밴드 성분중 일부를 제거하더라도 해상도가 떨어지지 않기 때문으로 생각된다. KOMPSAT의 경우 SWT db8의 경우가 가장 높은 Index값을 보였고 SAR 영상의 경우에는 SWT haar가 가장 좋은 결과를 보였다, DWT와 SWT는 영상의 특성에 따라 기저함수, decomposition level, threshold를 다양하게 조절할 수 있기 때문에 추후에 더 다양한 영상을 이용한 실험이 필요하다.



(a) KOMPSAT EOC PAN Image

(b) AirSAR C band HH

그림 3 The test images.

	KOMPSAT	SAR
Median	0.9219	0.7672
Enhanced Lee	0.9312	0.7983
DWT haar	0.9219	0.9009
DWT db4	0.9316	0.9017
DWT db8	0.9318	0.9112
DWT coif1	0.9312	0.9115
DWT sym2	0.9312	0.9114
SWT haar	0.9307	0.9213
SWT db4	0.9319	0.9203
SWT db8	0.9321	0.9137
SWT coif1	0.9316	0.9203
SWT sym2	0.9316	0.9205

표 1 Universal image quality index

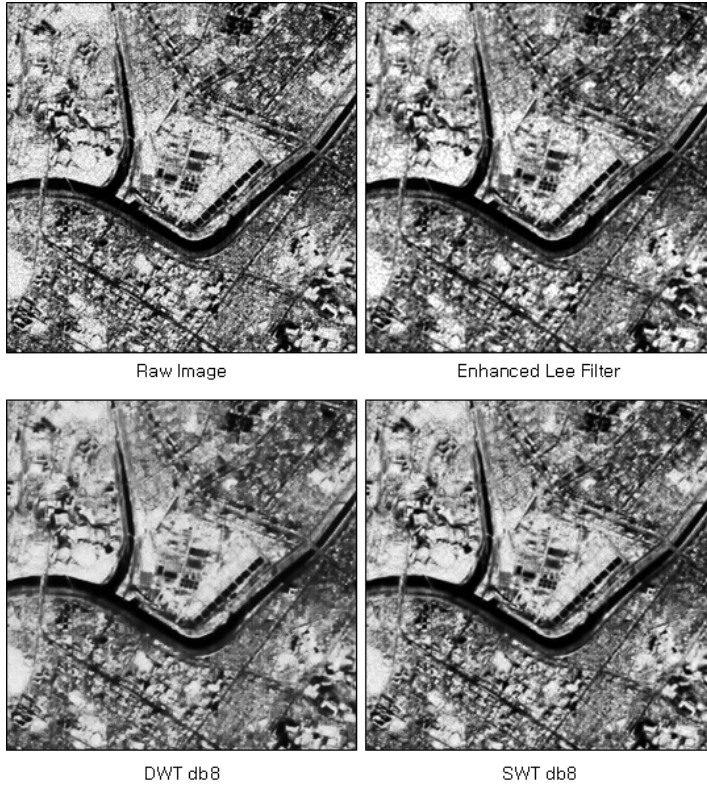


그림 4 Kompsat-EOC image의 필터링 결과

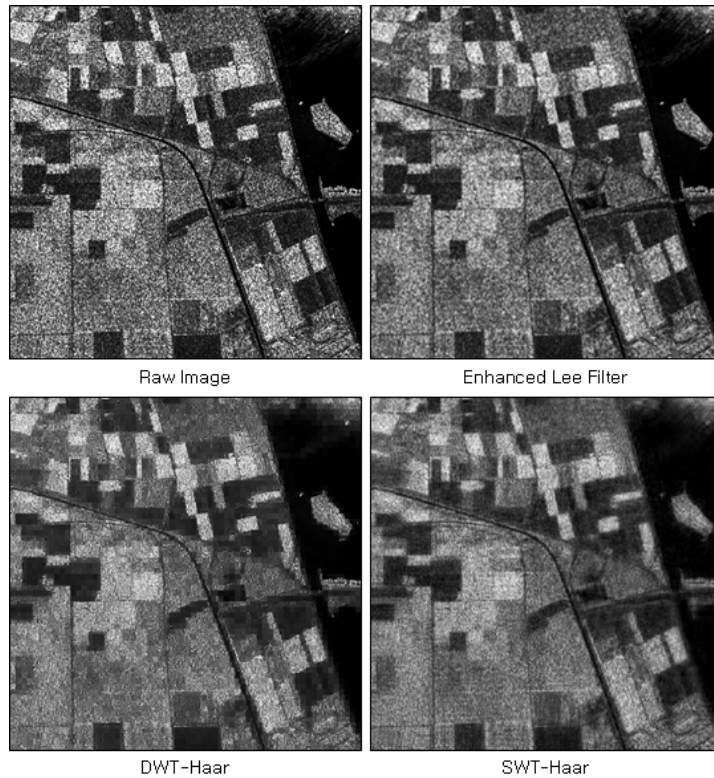


그림 5 AirSAR C-band HH image의 필터링 결과

### 3. 결론

이 연구에서는 Discrete Wavelet Transform(DWT)를 이용한 필터와 Stationary Wavelet Transform(SWT)를 이용한 필터를 실제 영상에 적용해 보고 기존에 알려져 있는 필터의 성능과 비교해보았다. 그 결과 웨이브렛 변환은 경계는 보존하면서 잡음을 효과적으로 제거할 수 있었다. 특히 SWT는 잡음을 제거할 때 해상도를 유지하여 원본 영상의 특성을 가장 잘 보존하는 것을 확인하였다. 또한 웨이브렛 변환은 각 기저함수마다 분해결과가 달라지고 필터링 결과도 달라지므로 영상에 특성에 따라 다른 기저함수를 적용할 수 있다는 장점이 있고 이 방법은 필터링뿐만 아니라 적절한 임계치를 이용할 경우 원하는 성분의 정보를 추출하는 데에도 이용 가능할 것으로 보인다.

### 참고문헌

J.C. Pesquet, H.Krim and H. Carfantan , 1996, Time-invariant orthonormal wavelet representation, IEEE Transaction on Signal Processing, 44:1964-1970.

Mallat, S.G., 1989, A theory of multi-resolution signal decomposition: The wavelet representation. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intellegence, 11(7):674-693.

Z. Wang and A.Bovik, 2002, A universal image quality index, IEEE Transaction on Signal Processing Letter, 9:81-84.