

## 수중 인공구조물에 대한 사이드스캔소나 탐사자료의 영상처리

신성렬† · 임민혁\* · 김광은\*\*

(원고접수일 : 2008년 11월 18일, 원고수정일 : 2009년 3월 3일, 심사완료일 : 2009년 3월 3일)

### Digital Image Processing of Side Scan Sonar for Underwater Man-made Structure

Sung-Ryul Shin† · Min-Hyuk Lim\* · Kwang-Eun Kim\*\*

**Abstract :** Side scan sonar using acoustic wave plays a very important role in the underwater, sea floor, and shallow marine geologic survey. In this study, we have acquired side scan sonar data for the underwater man-made structures, artificial reefs and fishing grounds, installed and distributed in the survey area. We applied digital image processing techniques to side scan sonar data in order to improve and enhance an image quality. We carried out digital image processing with various kinds of filtering in spatial domain and frequency domain. We tested filtering parameters such as kernel size, differential operator, and statistical value. We could easily estimate the conditions, distribution and environment of artificial structures through the interpretation of side scan sonar.

**Key words :** Side scan sonar(사이드스캔소나), Underwater man-made structure(수중인공구조물), Digital image processing(디지털영상처리)

#### 1. 서 론

현대 사회의 급속한 발전에 따라 인간 활동 영역이 넓어지고 육상 자원이 고갈되면서 해양에 대한 관심과 기대가 높아지고 있다. 해안구조물 설치, 해저케이블 건설, 항만개발, 교량건설, 해양자원탐사 등 해양개발사업이 활발해짐에 따라 해저면 상태에 대한 보다 정확한 정보를 파악하기 위하여 해저면 탐사기술과 정밀분석을 위한 기술이 매우 중

요시되고 있다<sup>(1)</sup>.

육상이나 대기권에서의 통신에 흔히 사용되는 전자기파는 해수 중에서의 감쇠로 인하여 사용할 수 없는 반면, 음파는 가장 멀리까지 전달되어 해저통신, 목표물 탐지, 수중 측량 등에 이용된다. 특히 수중음파를 이용하는 사이드스캔소나는 수중물체나 해저면의 형태를 영상화하기에 매우 효과적이어서 특정한 목표물을 찾는 데 아주 유용하다. 사이드스캔소나를 이용해 해저면의 형상을 이해하기 위

† 교신저자(한국해양대학교 에너지자원공학과, E-mail: srshin@hhu.ac.kr, Tel: 051)410-4681)

\* 한국해양조사협회

\*\* 한국지질자원연구원

해서는 사이드스캔소나 시스템으로부터 디지털 자료를 획득하고, 여러 가지 자료보정과 연속적인 후처리를 통해 모자이크 영상을 만들고, 그 영상을 분석한다. 디지털영상 처리기술은 위성영상이나 항공사진과 같이 잡음이 많은 영상에서 잡음을 제거하거나 명암 대비를 향상시키기 위한 목적으로 응용되고 있는데, 이를 사이드스캔소나 영상에 적용하면 영상을 향상시키고 분석에 용이한 영상을 얻을 수 있다<sup>[2]</sup>. 또한 영상의 필터링은 경계검출, 영상분할, 영상복구 등과 같은 영상처리기술에서 중요한 부분이며<sup>[3]</sup>, 이를 지구물리 영상자료에 적용하여 효과를 거둔 사례가 있으며<sup>[4]</sup>, 최근 음파의 산란강도 및 산란특성을 통계학적 접근을 통한 해석으로 해저면을 모니터링 및 분류하는데 적용하고 있다.

본 연구에서는 대표적 수중 인공구조물중 하나인 사각형 인공어초가 설치된 지역에 대하여 사이드스캔소나를 이용하여 탐사 자료를 취득하였다. 취득된 사이드스캔소나 탐사자료에 대하여 원격탐사 분야에서 흔히 사용되는 Digital Image Processing 기법인 공간영역과 주파수영역에서의 각종 필터링을 적용하여 자료해석을 보다 용이하게 하였다.

## 2. 영상처리기법

영상은 2차원 함수  $f(x,y)$ 로 정의할 수 있으며, 공간좌표  $(x,y)$ 에서 함수  $f$ 의 값은 그 점에서의 영상의 밝기(Brightness Value)또는 명암도를 의미한다. 영상자료의 필터링은 대개 어떠한 정보나 특징을 두드러지게 나타나게 하거나 혹은 원치 않는 특징이나 정보를 제거하는데 그 목적이 있다. 영상 자료에 적용될 수 있는 필터는 두 가지로 나누어질 수 있다.

그 하나는 공간 영역 필터(spatial domain filter)로서 회선 마스크(convolution mask) 혹은 회선 커널(convolution kernel)이라고 불리는 작은 행렬을 영상 자료에 이산 회선(convolution)시키는 방법이다. 이 때 회선 마스크를 공간 필터(spatial filter)라고 부르기도 한다. 다른 하나는

푸리에 변환(Fourier transform)을 이용하여 영상자료를 주파수 영역의 자료로 변환한 후 주파수를 기준으로 필터링을 수행하는 주파수 영역 필터(Frequency domain filter)이다.

### 2.1 선형가우시안신장(Linear Gaussian Stretch)

영상자료에 대한 시각적 식별을 용이하게 하기 위해 대비신장(contrast stretch)기법을 적용하여 영상의 밝기와 대비를 조절하게 되는데, 통계적 특징 값들을 이용하여 영상을 향상 혹은 강조한다.

영상의 대비를 신장시킬 수 있는 방법 중 가장 간단한 방법은 영상자료의 수치화소 값을 화면의 밝기 값으로 설정하는데 있어 선형변환 식을 이용하는 방법이다.

$$V = \frac{(B_{\max} - B_{\min})}{(D_{\max} - D_{\min})}(D - D_{\min}) + B_{\min} \quad (1)$$

여기서,  $V$ 는 해당화소의 화면출력 밝기 값,  $D$ 는 입력화소의 수치화소 값을 나타내고,  $B_{\max}$ 과  $B_{\min}$ 은 화면에서의 최대최소 밝기 값,  $D_{\max}$ 과  $D_{\min}$ 은 화면에 최대 및 최소로 나타내고자하는 수치화소의 밝기 값이다. 그러나 선형신장을 이용한 방법에서는 최대수치화소 값이 대부분의 다른 수치화소 값들과 다른 매우 극단적인 값을 가지는 경우가 많은데 이를 보완하는 방법 중의 하나가 선형가우시안 신장(Linear Gaussian Stretch)이다. 이 방법은 수치화소 값들이 가우시안 분포를 이루고 있다고 가정하고, 식 (1)에서  $D_{\max}$ ,  $D_{\min}$ 의 값을 수치화소 값의 통계적 특징에 기초한 평균값( $\mu$ )과 표준편차( $\sigma$ )를 이용하여 보다 향상된 대비신장 효과를 얻는 방법이다. 본 연구에서는 약2%의 자료를 극단적인 값으로 간주 후 이를 배제하였고, 영상자료 존재범위를  $\mu + 3.0 \times \sigma$  와  $\mu - 3.0 \times \sigma$  사이에 분포되고 있는 수치화소 값을 기준으로 선형가우시안신장을 적용하였다.

### 2.2 공간영역 필터링(Spatial Domain Filtering)

공간 영역 필터링은 회선 마스크(convolution

mask) 혹은 회선 커널이라고 불리는 작은 행렬을 영상 자료에 이산 회선시킴으로써 이루어진다. 즉, 필터로서 설계된 회선 커널을 영상 전체에 걸쳐 한 화소씩 이동시키면서 커널의 각 원소 값과 해당 수치 화소 값의 곱을 모두 더하여, 이 값을 커널이 위치한 곳의 중앙에 해당하는 화소의 값으로 결정함으로써 공간 영역 필터링이 수행되게 된다. 따라서 회선 커널 행렬의 각 원소값들이 가중치로서의 역할을 하게 되며, 이러한 가중치로서 어떠한 값들을 사용하는가에 따라 필터의 기능이 결정된다. 또한 커널 행렬의 크기도 필터의 성능에 영향을 미치게 되는데, 일반적으로 중앙 화소의 위치를 결정할 수 있도록 3×3, 5×5, 7×7 등의 홀수를 사용한다.

2.2.1 평균값 필터(Average Filter)

평균값 필터링은 회선 커널의 크기에 해당하는 영상 영역의 수치 화소 값들의 평균값으로서 중앙 화소의 값을 결정하는 방법이다. 따라서 가중치 값들은 회선 커널의 크기에 따라 결정된다.

2.2.2 가우시안 필터(Gaussian Filter)

가우시안 필터는 회선 커널의 가중치 값을 커널의 중심을 기준으로 가우시안 분포가 되도록 설정하는 필터이다.

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} \tag{2}$$

이 필터는 주변 화소보다는 중앙 화소에 더 큰 가중치가 설정됨으로써 평균값 필터링 된 영상에 비해서는 원래의 영상에 더 가까운 출력 영상을 생성한다.

식 (2)에서  $\sigma$ 는 가우시안 필터의 폭을 조절하는 변수가 된다.  $\sigma$ 가 작을수록 필터의 폭이 좁아지며  $\sigma$ 가 클수록 필터의 폭이 넓어진다. 필터의 폭이 넓어질수록 필터링에 의한 smoothing 효과가 커지게 된다.

2.2.3 경계강조필터(Edge Enhancement Filter)

영상에서 경계(edge)는 많은 정보를 포함하고 있다. 경계를 통하여 대상 물체의 모양, 크기, 위치 등을 알 수 있다. 영상에서 경계는 수치 화소 값의

밝기가 급격히 변하는 지점에 존재한다. 경계 강조 필터는 이와 같이 수치 화소 값의 밝기가 급격히 변화하는 지점을 강조하는 필터이다. 가장 단순한 경계 강조 필터인 유사 연산자 필터는 중심 화소와 주변 화소간의 차를 모두 계산한 후 그 절대 값이 가장 큰 값을 취하여 중심 화소의 값으로 결정하는 방법이다. 즉 중심 화소와 주변 화소간의 수치 화소 값 차이가 클수록 출력 영상에서는 큰 수치 화소 값으로 나타나게 함으로써 경계를 강조하는 기법이다.

영상에서 경계는 수치 화소 값의 밝기가 급격히 변화하는 지점에 존재한다는 점에 착안하여, 중앙 화소 지점에서의 기울기 값을 이용하는 경계 강조 기법이 있으며, 이러한 기울기 연산자에는 소벨(Sobel), 로버츠(Robert), 프리윗(Prewitt) 등의 연산자가 있다.

Table 1 The differential operators

연산자	수평기울기 연산자( $H_h$ )	수직기울기 연산자( $H_v$ )
Sobel	1 0 -1	-1 -2 -1
	2 0 -2	0 0 0
	1 0 -1	1 2 1
Robert	0 1 -1	-1 0 0
	0 1 0	0 1 0
	0 0 0	0 0 0
Prewitt	1 0 -1	-1 -1 -1
	1 0 -1	0 0 0
	1 0 -1	1 1 1
$H = \sqrt{H_h^2 + H_v^2}$ or $H =  H_h  +  H_v $		

이러한 연산자들은 Table 1에 나타난 바와 같이 중앙 화소를 중심으로 수평 기울기  $H_h$ 와 수직 기울기  $H_v$ 를 계산하고, 이들을 이용하여 중앙 화소에서의 기울기 H를 계산하여 이를 중앙 화소의 값으로서 결정한다.

영상 자료를 공간상의 2차원 함수  $f(x,y)$ 라고 할 때, 기울기 연산자는 다음과 같이 기울기  $\nabla f$ 로서 표현될 수 있으며, Sobel, Robert, Prewitt

등의 연산자들은 이러한 수학적 표현을 회전 커널로서 나타낸 것이라고 할 수 있다.

$$\nabla f = \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$\nabla f = \left| \frac{\partial f}{\partial x} \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial y} \right| \quad (4)$$

라플라시안(Laplacian) 연산자는 2차 미분 연산자로서 중심 화소를 기준으로 경사의 2차 미분치를 이용하므로 기울기가 아무리 크더라도 그 기울기 값이 일정하다면 경계로서 추출하지 않는다. 영상 자료를 공간상의 2차원 함수  $f(x,y)$ 라고 할 때, Laplacian 연산자는 다음과 같이 2차 미분  $\nabla^2 f$  로서 표현될 수 있다.

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (5)$$

#### 2.2.4 중앙값 필터(Median Filter)

평균값 필터나 가우시안 필터는 일종의 저주파 통과 필터로서 영상 자료에 포함된 잡음을 제거하기 위하여 흔히 이용된다. 그러나 이러한 저주파 통과 필터들은 잡음뿐 아니라 경계선 등의 고주파 신호도 함께 제거하는 경향이 있다. 중앙값 필터는 커널내의 수치 화소 값들을 크기순으로 정렬한 후 중앙에 위치하는 값으로서 커널 중심의 수치 화소 값을 설정하는 필터로서, 경계선 등의 고주파 신호를 비교적 잘 보존하면서 잡음을 제거할 수 있는 필터이다.

#### 2.2.5 최대빈도 필터(Majority Filter)

최대 빈도 필터는 커널내의 각 수치 화소 값들의 빈도를 계산해서 가장 많은 빈도수를 보이는 수치 화소 값을 커널의 중앙에 위치한 화소의 수치 화소 값으로 결정하는 필터이다. 이 필터도 다른 저주파 통과 필터에 비하여 비교적 경계를 잘 보존하며 잡음이 강한 영상에서 잡음제거에 효과적으로 이용된다. 최대빈도 필터에서는 문턱(threshold)값을 사용하여 필터링의 정도를 조절할 수 있다.

즉 3×3크기의 커널을 사용하는 경우에 흔히 5값

이 문턱 값으로서 사용되는데 이를 최대빈도 규칙(5 majority rule)이라고 하며, 이는 최대 빈도를 보이는 수치 화소 값을 가지는 화소가 5개 이상일 경우에만 커널의 중앙 수치 화소 값을 변경하며 그렇지 않은 경우에는 원래의 값을 적용한다.

#### 2.3 주파수영역 필터링(Frequency Domain Filtering)

영상 자료는 기본적으로 가로 및 세로 방향으로의 단위가 거리인 2차원의 공간 영역 자료이다. 이와 같은 영상 자료에 2차원 푸리에 변환(2D Fourier Transform)을 적용하면, 가로 및 세로 방향의 단위가 파수(wave number)인 주파수 영역 자료가 된다. 따라서 영상 자료를 2차원 푸리에 변환을 통하여 주파수 영역 자료로서 변환한 후, 임의의 주파수 성분을 제거한 후 2차원 푸리에 역변환(2D Inverse Fourier Transform)을 수행함으로써 특정 주파수 성분이 제거된 영상 자료를 생성하는 것이 가능하며, 이러한 과정을 주파수 영역 필터링이라고 한다.

푸리에 변환을 수행하면 각 화소에 대하여 실수 성분(real component)과 허수 성분(imaginary component)의 두 값이 생성되며, 이 두 값을 이용하여 각 주파수 성분의 크기(amplitude)와 위상(phase)이 계산될 수 있다. 2차원 푸리에 변환된 영상 자료의 각 화소의 위치는 공간 주파수를 나타낸다. 따라서 2차원 푸리에 변환된 영상 자료의 각 화소의 위치와 해당 화소의 크기 성분을 통하여 입력 영상 자료의 특정 주파수 성분의 크기를 알 수 있다. 실제 영상 자료에 고속 푸리에 변환(FFT, Fast Fourier Transform)을 적용시키기 위해서는 영상 자료의 가로 및 세로 크기가 2의 제곱 승이 되어야 한다. 따라서 고속 푸리에 변환을 적용하기 이전에 흔히 영 삽입(zero padding)이라는 과정을 거치게 된다. 이 후 영상자료가 주파수 영역으로 변환되면, 주파수를 기준으로 특정 성분을 제거함으로써 필터링을 수행할 수 있게 된다.

##### 2.3.1 저주파수 통과필터(Low Pass Filter)

특정 주파수 이상의 고주파수 성분을 제거하는 과정을 고주파수 제거필터 혹은 저주파수 통과필터

라고 한다. 2차원 푸리에 변환에 의하여 주파수 영역으로 변환된 영상 자료에서 특정 주파수 성분을 제거하는 방법에는 여러 가지가 있겠으나 가장 간단한 방법은 1의 값과 0의 값으로만 구성된 필터 커널을 곱하여 주는 방법이다.

### 2.3.2 고주파수 통과필터(High Pass Filter)

저주파수 통과 필터와 반대로 특정 주파수 이하의 저주파성분을 제거시키는 필터를 고주파수 통과 필터라고 한다.

### 2.3.3 대역 통과필터(Band Pass Filtering)

대역 통과 필터는 저주파수 통과 필터와 고주파수 통과필터와 달리 특정한 두 주파수 사이의 성분만을 통과시킨다.

## 2.4 텍스처 필터링(Texture Filtering)

텍스처(texture)란 영상에서 특정한 모양이 배열되어 있는 패턴을 말하며, 직접적인 영상의 육안 분석 시 화소의 분광 특징뿐 아니라 특징적인 모양, 크기 그리고 텍스처를 통하여 많은 정보를 수집하게 되는데, 특정 크기의 영역을 기준으로 수치화소 값들이 서로 어떤 공간적 관계를 보이는지를 수치화하여 텍스처를 나타낸다. 특정 영역의 텍스처를 나타낼 수 있는 변수로서 우선 사용될 수 있는 것은 평균, 표준편차, 그리고 엔트로피(entropy) 등이 있다. 평균은 영역내의 화소들의 평균값으로서, 이는 해당 영역이 전체적으로 밝은지 어두운지를 나타내는 텍스처의 척도로서 사용될 수 있으며, 표준편차는 해당 영역 내 화소들에 대한 표준편차값으로서 해당 영역의 거칠기 또는 매끄러움의 정도를 나타내는 텍스처의 척도로서 사용될 수 있다.

엔트로피는 다음의 식과 같이 계산되며, 해당 영역의 균질한 정도를 나타낸다. 엔트로피는 수식에 포함된 로그함수 내부가 항상 1 이하의 값을 가지게 되어 있어 0을 최대로 하는 음의 값으로서 계산되며, 값이 클수록 영역 내부가 균질하며, 값이 작을수록 비 균질함을 나타낸다.

$$Entropy = \sum_{i=0}^{D_{max}} \frac{f_i}{N} \ln \frac{f_i}{N} \quad (6)$$

여기에서,  $D_{max}$ 는 영상 자료의 방사 해상도에 따른 화소가 가질 수 있는 최대값이며,  $f_i$ 는 해당 영역 내에서  $i$ 의 수치화소 값을 가지는 화소의 개수, 그리고  $N$ 은 해당 영역의 총 화소의 개수이다.

텍스처를 표현하는 또 다른 척도로서 ASM(Angular Second Moment), CON(Contrast), COR(Correlation) 등이 있다. 이러한 텍스처 관련 변수들은 공간관계 행렬(spatial-dependency matrix)을 이용하여 계산된다.

## 3. 자료처리 및 현장적용

사이드스캔소나로부터 취득된 탐사자료는 Fig. 1과 같은 기본 처리과정을 거치게 된다. 정밀한 해저영상의 생성을 위해서는 예인선 및 Tow-fish의 정확한 위치가 기준이 되어야 한다. 따라서 전처리 과정을 통해 부정확한 위치좌표의 보정 및 수중에서의 Tow-fish의 흔들림과 같은 불안정성을 보정한다. 또한 사이드스캔소나의 음파발사 주기와 GPS 데이터의 수신주기의 불일치로 인해 다수의 음파가 동일위치와 방향을 가지게 된다. 따라서 각 음파의 발사시간에서의 위치와 방향으로 보간(interpolation)을 실시한다. 방사보정과정에서는 음향학적 특성에서 오는 각 음압자료의 해상도를 해석한다. 수중에서 음파는 일직선으로 전파되지 않고 부채꼴의 형태로 진행한다. 따라서 Tow-fish로부터의 거리에 따라서 반사되는 영역의 크기가 달라진다. 기하보정은 시간 순으로 기록된 해저면 반사 음압 값을 Tow-fish로부터의 거리에 따른 음압 값으로 바꾸어주며, 또한 예인선의 선속 등에 의한 영상의 일그러짐을 보정한다. 자료의 보정을 마친 음압 값은 각 음압 값의 위치로 매핑(mapping)하여 모자이크 영상으로 시각화 한다<sup>(5)</sup>.

수중에서의 음파는 산란이나 흡수 등에 의해 매우 낮은 음압 값을 가지고 생성된다. 따라서 화소의 값이 작기 때문에 전체적으로 어두운 영상을 나타내게 되는데 후처리과정에서는 이를 시각적 분석이 가능한 영상으로 개선하게 되며, 영상내의 잡음 제거 등을 수행하여 해석이 용이한 영상을 도출한다.

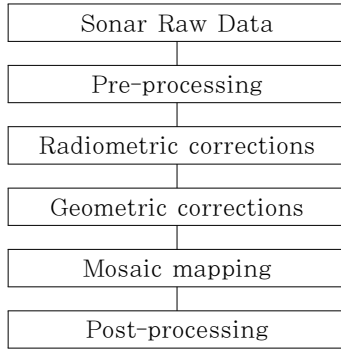


Fig. 1 Flowchart of side scan sonar data processing

아래 식 (7) 과 (8)은 각각 탐사측선 수직방향 해상도와 수평방향 해상도를 나타내고, 족적 (foot-print)의 크기는 다음의 수직방향 해상도와 수평방향 해상도를 곱해 구한다<sup>[6]</sup>.

$$\text{수직해상도} = dt \times c / 2\cos\theta \quad (7)$$

$$\text{수평해상도} = r \times a \quad (8)$$

여기서,  $r$ 은 해저면과 소나센서와의 거리로 시간에 따라 변하는 변수이며,  $dt$ 는 펄스의 길이로서 상수이고,  $c$ 는 수중음속으로 1500 m/s를 적용하였고,  $\theta$ 는 입사하는 음파가 해저면과 이루는 각,  $a$ 는 센서의 빔 폭이다. 따라서 중앙에서 양 측면으로 갈수록 수평방향 해상도는 증가하고, 수직방향 해상도는 감소한다.

본 논문에서는 펄스길이 200 $\mu$ sec, 한 번의 송수신으로 한 개의 주사트랙에 2048개의 음압을 포함하는 인공어초 조성지역의 자료이다. 전 처리 과정을 거친 후 자료를 영상으로 표현하였으며, 이후 디지털 영상처리과정을 위해 영상대비신장 후의 자료 값으로 공간영역과 주파수영역에서의 처리 및 해석을 시도하였다. 통계적인 영상대비신장을 위해 영상의 화소 값에 대한 평균과 표준편차를 구하여 최대값 ( $v_{\max}$ )과 최소값( $v_{\min}$ )으로 가우스 선형신장을 적용하였다.

Fig. 2와 Fig. 3은 영상자료가 가우스 분포임을 가정하여 약 98% 범위의 영역에서 대비신장을 적용한 전·후의 영상이다. 하지만 수주(water column) 내의 수면반사파가 상대적으로 큰 음압

값을 가지게 됨으로써 대비신장 후 해저면 반사영상이 전반적으로 어둡게 표현됨을 확인할 수 있었다.

영상에서의 극단적인 화소 값을 나타내는 부분에 대한 개선을 도모하고, 보다 효과적인 가우시안 선형신장영상 산출을 위해 water column 내의 수면반사파를 제거할 목적으로 반사파가 나타난 구간에 muting을 적용하였다. Fig. 4는 water column 내의 수면반사파를 제거하고 Gaussian 선형신장 처리과정을 거친 후의 결과이며 최종적으로 Fig. 5는 경사거리보정을 적용한 결과로서 개선된 대비 신장영상을 얻을 수 있었다.

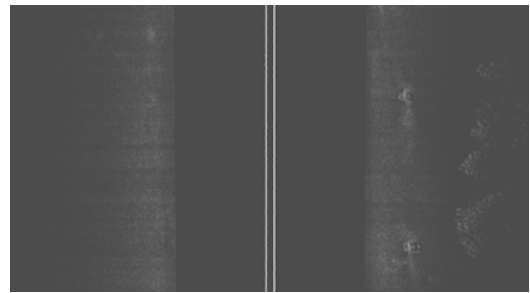


Fig. 2 Side scan sonar raw data

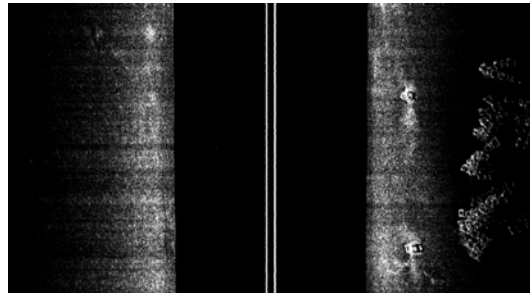


Fig. 3 Side scan sonar image after Gaussian linear stretch

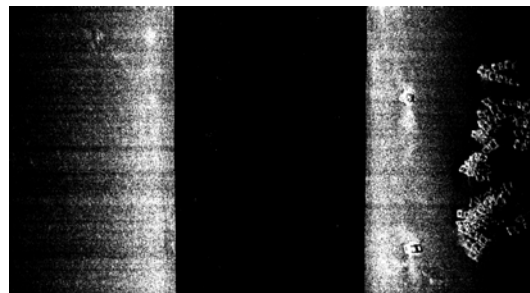
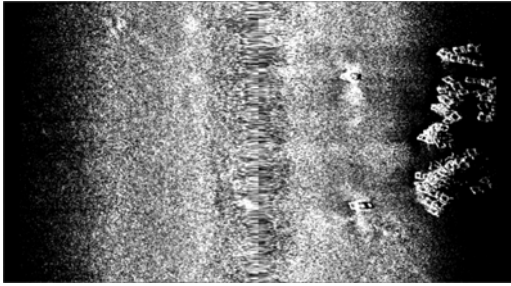


Fig. 4 Gaussian linear stretch image after muting

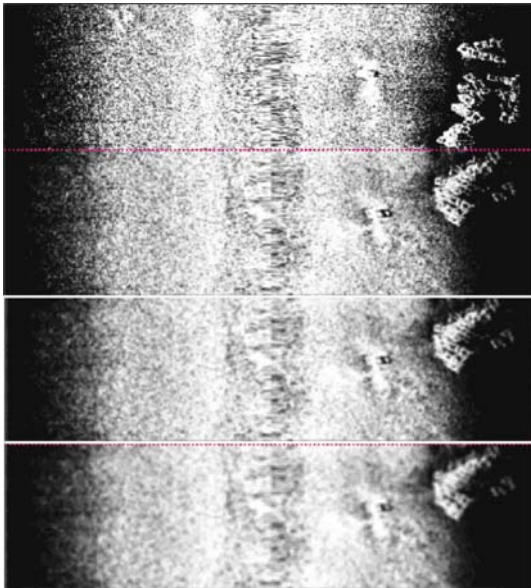


**Fig. 5** Side scan sonar image after slant range correction

3.1 공간영역 필터링의 적용

3.1.1 평균값 필터

공간영역 필터링의 종류 및 매개변수에 따른 결과영상비교를 위해 좌현(port)과 우현(starboard)의 점선하단부분 자료에만 필터링을 적용을 하였다. 평균값 필터링은 회선커널(convolution kernel)의 크기를 3×3, 5×5, 7×7로써 각각 적용하여 Fig. 6과 같은 결과를 얻었다.



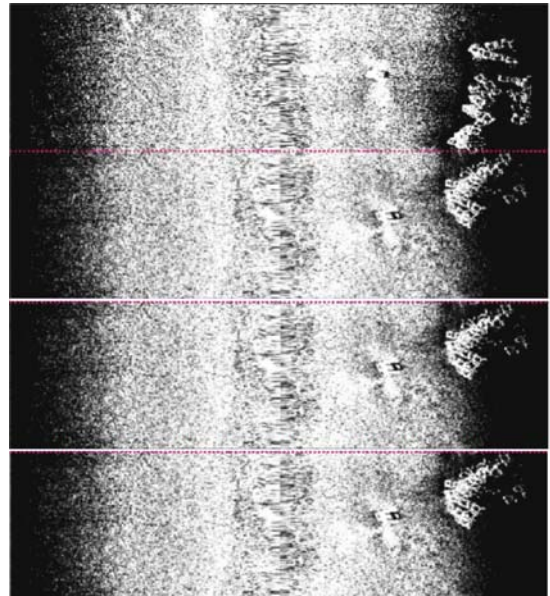
**Fig. 6** The result image of average filter. Kernel size is 3×3(top), 5×5(middle), and 7×7(bottom), respectively.

평균값 필터의 경우 커널의 크기가 증가할수록

주변잡음제거가 이루어지고, Smoothing 효과가 커짐을 알 수 있다. 하지만 반사계수가 상대적으로 강한 edge 부분들의 고주파신호가 함께 제거되면서 상대적으로 작은 크기의 물체에 대한 사물식별에 있어서 경계가 모호해지는 경향이 있음을 알 수 있다.

3.1.2 가우시안 필터

가우시안 필터 적용을 위하여 커널의 크기를 3×3, 5×5, 7×7로 각각 적용하였으며, 필터의 폭을 조절하기위해  $\sigma$ 를 0.5로 고정하여 Fig. 7의 결과를 얻었다. 가우시안 필터 결과 또한 영상비교를 위해 점선하단부분 자료에만 필터링을 적용하여 표현하였다.



**Fig. 7** The result image of Gaussian filter.  $\sigma$  is constant at 0.5, Kernel size is 3×3, 5×5, and 7×7, respectively.

Fig. 8은 가우시안 필터의 매개변수인  $\sigma$ 의 값을 1.0로 하였을 때의 결과를 나타낸 그림이다. 가우시안 필터에서의 smoothing효과는 커널의 크기에 의한 영향보다도  $\sigma$ 의 변화에 대한 영향이 시각적으로 확연함을 알 수 있으며, 평균값 필터링한 결과에 비해 경계신호의 보존이 잘 이루어진다.

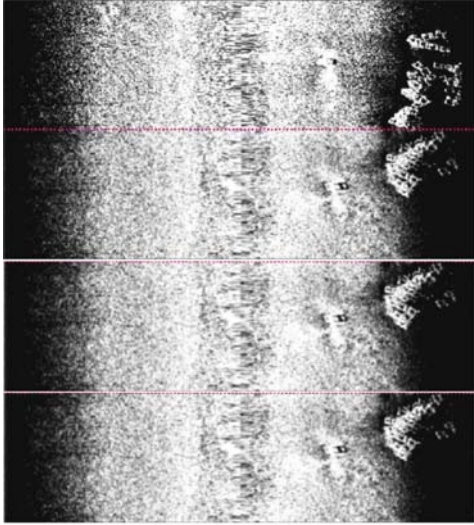


Fig. 8 The result image of Gaussian filter.  $\sigma$  is constant at 1.0, Kernel size is  $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$ , and  $7 \times 7$ , respectively.

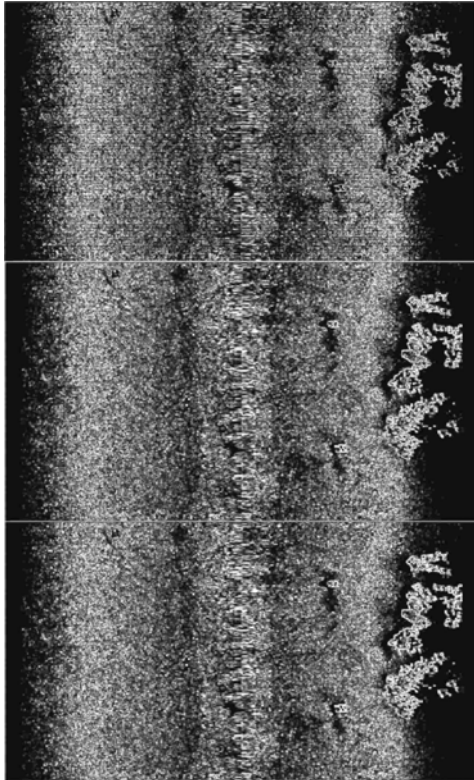


Fig. 9 The result image of edge enhancement filtering; Robert(top), Sobel(middle), and Prewitt filter(bottom)

### 3.1.3 경계강조필터

경계강조를 위해 Robert, Sobel, Prewitt의 1차미분연산자를 이용한 필터링에서는 커널의 크기를  $3 \times 3$ 으로 적용하여 Fig. 9의 결과를 얻었다. 1차 미분 연산자인 Robert, Sobel, Prewitt의 연산을 이용한 경계추출에서는 중앙값의 기울기 변화를 추출하는 특성상 그 경계가 넓게 표현되면서 비교적 육안식별이 용이하게 나타나나 세밀한 경계가 잘 묘사되지 않음을 알 수 있다. 한편 Laplacian 2차미분연산자는 커널의 크기를  $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$ ,  $7 \times 7$ 로 달리하면서 적용한 결과 Fig. 10의 영상을 얻었다. 2차 미분 연산자인 Laplacian 연산자는 일정한 기울기를 가지는 부분들을 제외한 기울기의

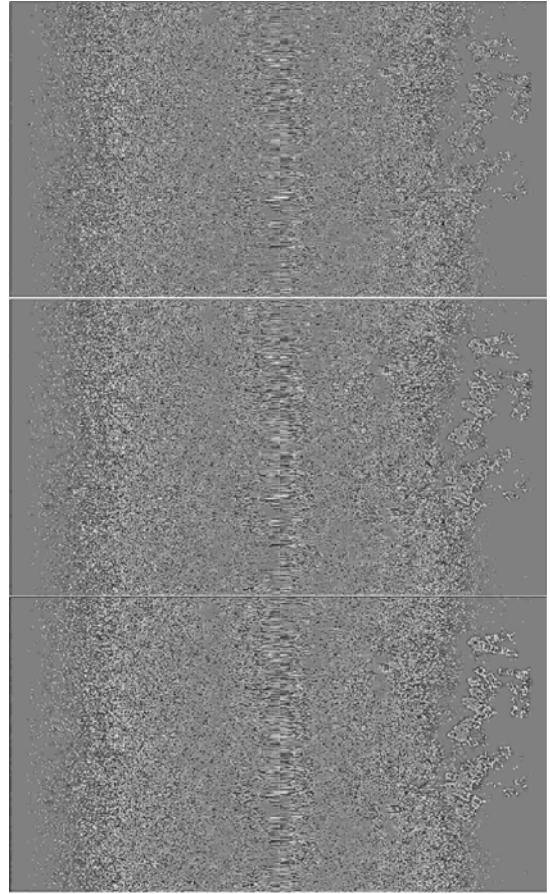


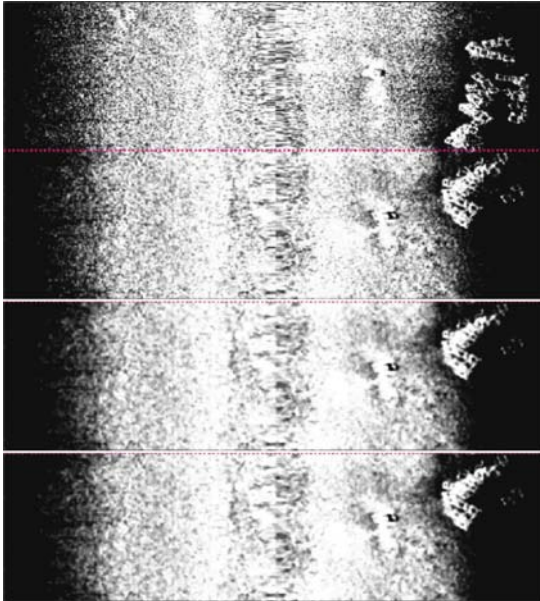
Fig. 10 The image of Laplacian filtering for edge enhancement; Kernel size is  $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$ , and  $7 \times 7$ , respectively.



변곡 부분을 추출함으로써 고주파수 성분들에 민감하게 반응하여 경계가 표현 되었음을 알 수 있다.

### 3.1.4 중앙값 필터

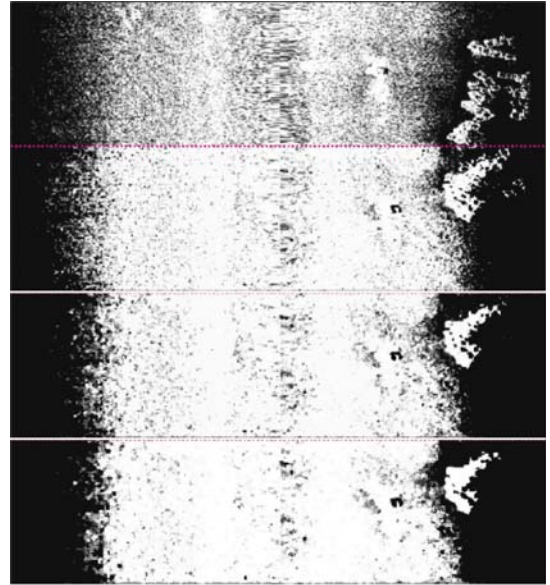
필터링 전후의 영상비교를 위해 점선 하단부분 자료에 대하여 커널의 크기를  $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$ ,  $7 \times 7$ 로 달리하면서 중앙값 필터링을 적용하였으며 Fig. 11은 이때의 결과 영상이다. 평균값 필터에서 노이즈 제거와 함께 경계선의 정보가 같이 제거되었던 반면, 가우시안 필터와 중앙값 필터는 비교적 edge 등의 고주파정보를 잘 보존한 결과를 나타내었다.



**Fig. 11** The result image of median filtering; Kernel size is  $3 \times 3$ (top),  $5 \times 5$ (middle), and  $7 \times 7$ (bottom).

### 3.1.5 최대빈도 필터

커널의 크기를  $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$ ,  $7 \times 7$ 로 달리하면서 필터링을 적용한 결과 Fig. 12의 결과를 얻었다. 최대빈도필터에서는 커널의 크기가 증가함에 따라 주변의 0의 값을 많이 채택하게 됨으로써 목표물에 대한 정보가 상대적으로 감쇠됨을 확인할 수 있다.



**Fig. 12** The result image of majority filtering; Kernel size is  $3 \times 3$ (top),  $5 \times 5$ (middle), and  $7 \times 7$ (bottom).

## 3.2 주파수영역 필터링의 적용

주파수 영역에서의 저주파수 통과 필터와 고주파수 통과 필터를 적용하기 위하여 선정된 절단 주파수(cutoff frequency)는 130Hz이며, 대역통과 필터는 주파수 범위를 20 ~ 210Hz으로 적용하여 Fig. 13의 영상을 얻었다. Fig. 13의 위쪽은 저주파수 통과 필터를 적용한 후의 영상인데 고주파수 잡음이 많이 제거되고 smoothing되어 인공어초의 경계 정보가 약간 손실되었으나 전체적인 윤곽은 파악할 수 있다. 가운데 영상은 고주파수 통과 필터가 적용된 영상으로서 인공어초뿐만 아니라 해저면의 미세한 변화 및 고주파수 잡음이 강조되고 있다. 아래는 대역통과 필터를 적용한 영상으로 고주파수 잡음이 제거되고 인공어초의 형상이 뚜렷하게 나타나고 있다. 주파수 영역에서의 필터링은 계산 시간이 짧아 신속하게 작업할 수 있는 장점이 있다.

## 3.3 텍스처 필터링의 적용

해저면에 분포되어 있는 퇴적물에 대해 수신된 음파의 세기정도에 따라 음향학적으로 분포구역을

분류하는 방법은 중요한 해석 방법 중 하나이다<sup>[2]</sup>. 본 논문에서는 특정한 모양이 배열되어있는 패턴을 나타낼 수 있는 텍스처 필터링을 위해 표준편차, 엔트로피를 이용해 영상을 통한 해저퇴적물의 균질 정도 파악을 시도하였으며, 효과적인 영상 비교를 위하여 탐사자료의 점선 우측부분에 대하여 필터링을 적용하였다.

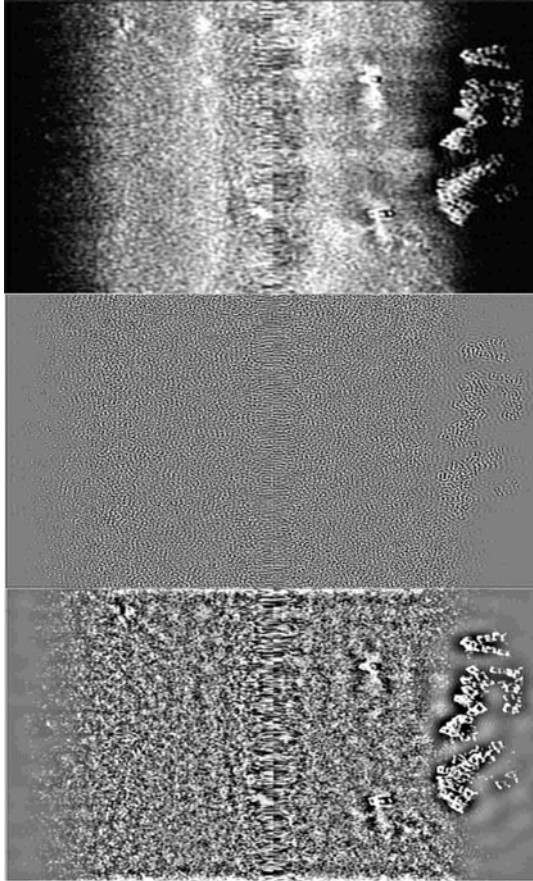


Fig. 13 The result image of frequency domain filtering; Low-pass(top), high-pass(middle), and band-pass filter(bottom)

표준편차를 이용한 텍스처 필터링에서 커널의 크기가 3×3, 5×5, 7×7일 때의 결과가 Fig. 14 왼쪽에 나타내었고, 탐사해역의 거칠기 또는 매끄러움의 정도를 표현할 수 있다. Fig. 14 오른쪽 그림은 엔트로피를 이용한 texture filtering 결과로서 커널 내에서의 각 음압값의 빈도수와 커널의 크

기에 따라 결과 값이 산출되는데, -2.043 ~ 0.0의 엔트로피 값을 가진다. 영상중앙부의 엔트로피의 변화를 가지는 구간은 수신된 신호가 트랜스듀서와 가까운 곳으로 강한 반사 신호에 의한 영향으로 판단된다. 또한 가장자리 구간신호는 신호의 급감현상에 기인해 큰 변화를 보이는 구간이나 인공어초에 의한 일부구간을 제외하고 균질한 양상임을 알 수 있다. 센서와의 거리가 멀어질수록 수신된 신호의 강도가 현저히 감소함에 따라 퇴적물의 분포를 명확히 구분하기에는 어려움이 따른다.

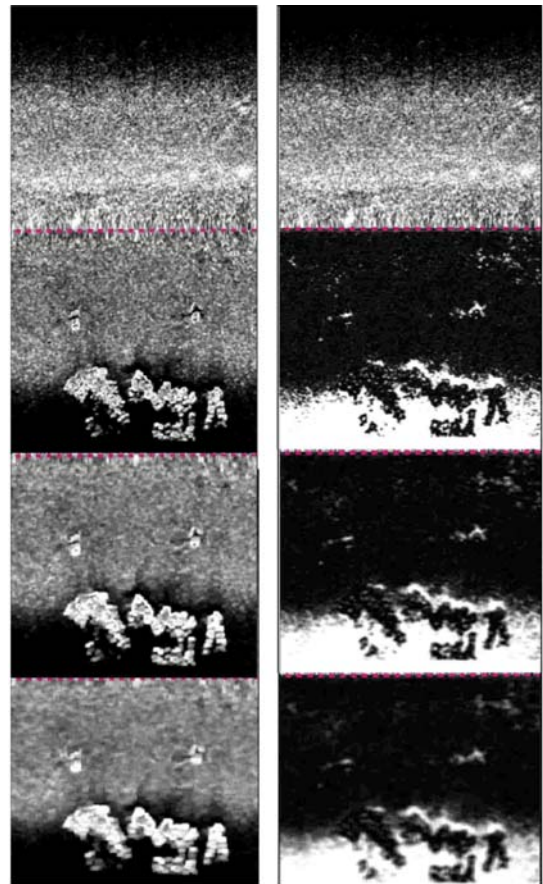


Fig. 14 The result image of texture filtering; Images in the left hand side are filtered using standard deviation and right hand side are filtered using entropy. Kernel size is 3×3(top), 5×5(middle), and 7×7(bottom), respectively.

#### 4. 결 론

수중 인공 물체인 사각형 인공어초가 설치된 지역에 대하여 사이드스캔소나 탐사를 실시하여 얻은 탐사자료를 가지고 디지털영상처리에 대한 연구를 수행하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1) 수중인공물체를 대상으로 사이드스캔소나를 이용하여 취득한 해저면 영상자료에 대하여 공간영역과 주파수영역에서의 각종 필터링을 포함한 영상처리 기법을 적용한 결과 영상 품질이 향상될 뿐만 아니라 보다 효율적인 사물식별이 가능함을 확인하였다.

2) 회선커널의 크기에 따라 Smoothing효과에 민감한 평균값 필터의 경우에는 수중인공구조물 또는 목표물확인이 필요한 수중물체탐지에 있어서 커널의 크기가 커짐에 따라 상대적으로 작은 크기의 물체에 대한 사물 식별에 있어서 경계가 모호해지는 경향이 있었다.

3) 중앙값 필터와 가우시안 필터는 노이즈 제거와 함께 경계선의 정보를 손실하지 않고 경계부의 고주파수 정보를 비교적 잘 보존함을 확인할 수 있었으며, 커널의 크기에 의한 영향보다도  $\sigma$ 의 변화에 대한 영향이 시각적으로 확인함을 알 수 있었다. 또한 인공어초의 군집 중 개별적인 하나를 추출해낸 후 그 신호를 분석하고 경계강화 필터링을 적용함으로써 unit의 종류와 형태분석에 보다 효과적임을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

- [1] 김성렬, 유홍룡, 박건태, 이용국, 안충현, "Side Scan Sonar 탐사자료의 영상처리와 해저면 Backscattering 음향특성", The Journal of the Oceanological Society of Korea, Vol. 22, No. 3, pp. 143-152, 1987.
- [2] 서상일, 김학일, 이광훈, 김대철, "수심을 고려한 사이드스캔소나 자료의 보정 및 해저면 분류를 위한 영상분할", Journal of the Korean Society of Remote Sensing, Vol. 13, No. 2, 1997.
- [3] Chew Ai Ling, Tong Poh Bee and Chia Chin Swee, "Automatic detection and

classification of man-made targets in side scan sonar images", Underwater Technology and Workshop on Scientific use of Submarine Cables and Related Technologies Symposium. IEEE, Vol. 17, pp. 126-132, 2007.

- [4] 류희영, 이기원, 권병두, "위성영상 및 지구물리 영상자료의 호모몰픽 필터링 적용", 한국지구과학회, Vol. 26, No. 1, pp. 58-65, 2005.
- [5] 이동진, 박요섭, 김학일, "고해상도 사이드스캔소나 영상의 보정 및 매핑알고리즘의 개발", Journal of the Korean Society of Remote Sensing, Vol. 17, No. 1, pp. 45-56, 2001.
- [6] 김성렬, 이용국, 정백훈, "Side Scan Sonar 실무이론과 현장조사에 적용", 한국마린엔지니어링학회 학술대회 논문집, 2006.

#### 저 자 소 개



**신성렬(辛誠烈)**

1987년 서울대학교 자원공학과 졸업, 1990년 동 대학원 석사과정 졸업(공학석사), 1994년 동 대학원 박사과정 졸업(공학박사) 주요경력 : (주)한화, 서울대학교 에너지자원신기술연구소 특별연구원, (주)쌍용건설 기술연구소 책임연구원 현, 한국해양대학교 해양개발공학부 부교수



**임민혁(林民赫)**

2005년 한국해양대학교 해양개발공학부 졸업, 2008년 동 대학원 석사과정 졸업(공학석사), 현, 한국해양조사협회 선임연구원



**김광은(金光殷)**

1985년 서울대학교 자원공학과 졸업, 1987년 동 대학원 석사과정 졸업(공학석사), 1993년 동 대학원 박사과정 졸업(공학박사) 주요경력 : Intersys.inc 수석연구원, (주)픽소니어 기술연구소장 현, 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 책임연구원