가중치 맵을 이용한 수중 음향 신호 영상에서의 표적 강화 알고리즘

Target Emphasis Algorithm in Image for Underwater Acoustic Signal Using Weighted Map

주 재 흠
Jae-Heum Joo

요 약

본 논문에서는 소나 시스템을 통해 획득된 수중 음향 신호를 디지털 영상의 형태로 변환한다. 그리고 이러한 형태의 영상에 대해 영상 처리 기법을 도입하여 표적 후보를 탐지하고, 이들 영역에 대해 정보를 강화하는 알고리즘을 제안한다. 수중 표적의 탐지 과정은 우선 수중음향신호 영상에서 불규칙한 형태로 분포하고 있는 배경 잡음을 추정하여 재구성한 뒤, 원 영상에서 배경 영상을 제거하여 초기 표적 후보군을 획득한다. 또한 도플러 신호 정보를 가공하여 가중치 맵을 생성하고, 배경잡음이 제거된 영상에 대해 가중치 맵을 이용한 필터링 과정을 수행함으로써 표적 후보에 대한 정보를 보다 정확히 확보하고, 단일프레임에서의 표적 후보 정보를 강화한다. 본 논문에서는 시뮬레이션으로 획득된 수중음향신호에 대해 제안된 알고리즘을 적용하여, 불규칙적으로 발생하게 되는 잡음이 대부분 제거됨을 확인하였고, 필터링 및 표적 탐지 과정을 통해 수중음향신호 영상에서 표적이 더욱 명확히 표시됨을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we convert underwater acoustic signal made by sonar system into digital image. We propose the algorithm that detects target candidate and emphasizes information of target introducing image processing technique for the digital image. The process detecting underwater target estimates background noise in underwater acoustic signal changing irregularly, recomposes it. and eliminates background from original image. Therefore, it generates initial target group. Also, it generates weighted map through proceeding doppler information, ensures information for target candidate through filtering using weighted map for image eliminated background noise, and decides the target candidate area in the single frame. In this paper, we verified that proposed algorithm almost had eliminated the noise generated irregularly in underwater acoustic signal made by simulation, targets had been displayed more surely in the image of underwater acoustic signal through filtering and process of target detection.

Keywords : Underwater Acoustic Signal, Background Estimation, Target Enhancement

I. 서 론

수중음향신호를 이용하는 소나 시스템(sonar system)은 물체에서 발생하는 소음을 탐지하는 수동형 소나와 음파를 송신하여 물체에서 반사되는 반사파를 탐지하는 능동형 소나로 구분된다. 현재까지 수중 탐지수단으로서 가장 효과적인 탐지기인 소나는 냉전시대에서는 수동형 소나가 주를 이루었으나, 그 이후 해상교통량의 증가와 전자 기술의 발달로 인해서 능동형 소나의 중요성이 점차 강조되고 있다

소나 시스템이 음향 펄스를 수중에 발사하면, 물체가 있을 경우 음향 펄스가 반사되어 돌아오게 되고, 이 반사파를 분석하여 수중 물체의 인식에 활용한다. 하지만 수중 음파는 전달에 필요한 매질의 변화와 길이에 따른 온도 변화, 그리고 다중반사파 등의 영향을 많이 받기 때문에 음파 신호를 해석하고 판별하는 과정이 중요하다[1][2].

소나 시스템으로부터 생성 및 수집된 정보는 표적의 감지 및 분류를 용이하게 하기 위해 영상화 한다.

인간은 영상을 통한 물체의 감지 및 분류에 익숙해져 있다. 그러나 소나 시스템에 의한 영상은 통상 인간 시각의 일반적 인식 형태와 다른 상태로 제공된다. 따라서 이러한 영상은 새로운 영상처리기술의 도입을 통해 인간이 쉽게 인지하는 형태로의 개선이 요구된다. 하지만 국내 수중음향신호처리는 대부분 실측 데이터가 아닌 시뮬레이션 데이터

* 부산가톨릭대 멀티미디어학과
투고 일자 : 2010. 5. 17 수정 일자 : 2010. 7. 27
게재확정일자 : 2010. 7. 29
※본 논문은 2008년도 부산가톨릭대학교 교내연구비에 의하여 연구되었음.

를 이용하여 기술개발에 의존하고 있으며, 실측 데이터도 다양한 수중환경에서 측정한 것이 아니어서 이에 따른 어려움이 있는 것도 사실이다. 소나 영상에서의 잡음을 제거하는 방법으로는 메디안 필터링(median filtering)이 보편적으로 사용되었다[3][4]. 메디안 필터링은 잡음 제거에 아주 효과적으로 적용되었지만, 그 계산량이 다소 많다는 문제가 있었다. 이후 새로운 형태의 메디안 필터에 대한 연구가 이루어져 왔다. 이 새로운 형태의 메디안 필터는 계산량의 큰 증가없이 에지를 적절히 보존하면서 잡음을 제거하는 능력을 보였다[5]. Ha[6]는 비선형필터일 때 메디안 필터와 루트신호의 수렴성을 이용하여 수주음향신호의 배경잡음을 추정하였다. 이 방법은 배경잡음 평균추정 특성과 신호탐지능력이 기존의 방법들에 비하여 우수하였지만, 국부창의 적정한 길이, 분할 임계값의 설정에 따른 특성변화 그리고 신호의 bin폭에 따른 영향에 대하여 추가적인 연구가 필요함을 보여주었다. 지금까지의 연구는 수중음향신호를 분석하는데 큰 영향력을 미치는 배경잡음을 다양한 필터링을 통하여 추정하고, 제거하였다. 이 필터링은 배경잡음이나 물체의 특징에 따라서 파라미터의 값들이 적절히 설정되어 질 때 원하는 결과 즉 배경잡음을 제거하거나 억제된 결과를 얻을 수 있었다. 하지만 배경잡음이나 물체에 대한 정보가 필터링에 설정된 파라미터들과 맞지 않을 경우에는 원하는 결과를 얻을 수 없다. 그 결과 이러한 파라미터들의 설정없이 수중음향신호에서 배경잡음을 제거하거나 영향력을 줄일 수 있는 알고리즘의 필요성이 대두된다.

따라서 본 논문에서는 수중음향신호를 영상화하여 영상처리 기법을 이용하여 배경잡음 제거하고, 도플러 신호 정보를 가공하여 가중치 맵을 생성하고, 배경잡음이 제거된 신호에 대해 가중치 맵을 이용한 필터링 과정을 수행함으로써 수중에 존재하는 표적의 영역을 강화하는 알고리즘을 제안한다. 본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. II장에서는 수중음향신호의 영상화에 대해 서술하고, III장에서는 제안한 알고리즘에 대해 서술하고, IV장에서는 제안한 알고리즘에 대한 실험 결과 영상을 검토한다. 마지막으로 IV장에서는 결론을 맺는다.

II. 수중 음향 신호의 영상화

2.1 수중 음향 신호 분석

능동형 소나(active sonar)는 음파를 수중에 방사한 뒤, 물체에서 반사되는 음파를 받아서 신호처리 과정을 통해 수중음향신호를 생성한다. 소나는 전방위에 걸쳐 다수의 센서가 부착되어 있어, 각 방향에서 반사되어 센서에 도달되는 신호를 감지하여 물체를 탐지하게 된다.

본 연구에서 사용한 수중 음향 신호는 128방향에 대한 각각의 빔 신호와 각 방향 당 거리에 따른 500개의 데이터로 구성된 신호를 시뮬레이션을 통해 생성하여 사용하였다. 또한 128x500의 데이터 각각에 대해 56개의 도플러 성분값을 가지는 신호를 그림 1과 같이 구성하여 사용하였다. 이와같이 구성된 수중음향신호를 128x500 크기의 영상의 형태로 구성하고, 영상처리 기법을 적용하여 표적 영역을 강화하는 처리를 수행하였다. 이때 이 영상을 소나 영상이라 정의한다.

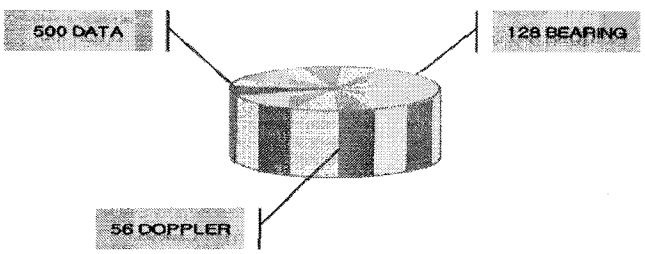
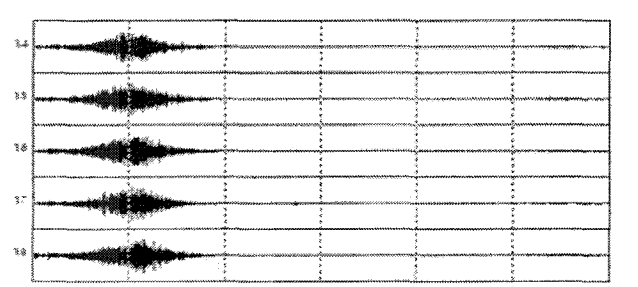
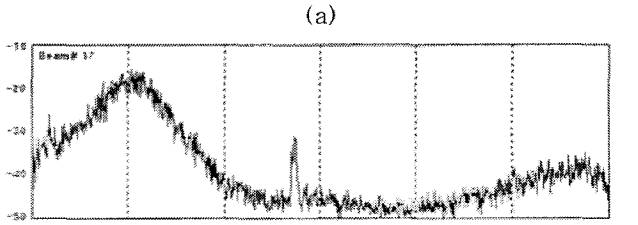


그림 1. 수중 음향 신호 구조
Fig.1. Structure of underwater acoustic signal

그림 2는 소나 영상의 128개 방위에 대해 2차원의 형태로 표시한 그림이다. 여기서 세로 축은 방위(Bearing)를 나타내고, 가로 축은 거리(Range)를 나타낸다. 그림 2에서 1Km 정도의 거리에서 많은 양의 큰 신호가 감지되는데, 이것은 실제 큰 물체가 존재하는 것이 아니라 해수면이 반사되면서 발생된 신호이다. 따라서 의미없는 신호라 판단하여 이 부분을 제거하여 처리작업을 수행해도 무관하다. 또한 2.7Km 지점에서 큰 신호가 발생되는데 이것이 본 연구에서 검출할 표적신호의 예이다.



(a)



(b)

그림 2. 수중 음향 신호. (a) 5개의 방위에 대한 신호. (b) 17번째 방위에 대한 신호.
Fig.2. Underwater acoustic signal. (a) Signal for 5 bearing. (b) Signal for 17th bearing.

2.2 수중 음향 신호의 영상화

본 연구에서는 수중음향신호를 128x500 크기의 디지털 영상의 형태로 변환하여 영상처리의 기법으로 처리한다. 이때 각 신호의 크기는 시각화를 돕기 위해 HSI 색상모델을 이용하여 컬러로 표시한다. 먼저 신호의 크기를 0~255크기로 변환하고, 이 크기값을 HSI 색상모델의 색상(Hue) 성분

에 적용시킨다. 이때 "B→G→R"의 성분값을 "0→120→240 이상"으로 선형적으로 적용해서 색상모델을 적용한다. HSI 모델의 채도(saturation;S), 밝기(intensity:I) 신호 성분 값은 각각 S=1, I=0.5로 둔다. 표1은 신호의 크기 값을 색상 성분에 적용하는 형태를 설명하고 있다. 그림 3은 수중음향 신호를 영상화한 것이다.

표 1. 수중음향신호-HSI색상모델 변환
Table 1. Converting underwater acoustic signal into HSI color model.

Signal	0	....	60	....	120	....	180	....	240	240~
Hue	240°	....	180°	....	120°	....	60°	....	0°	0°
Color	Blue	....	Cyan	....	Green	....	Yellow	....	Red	Red

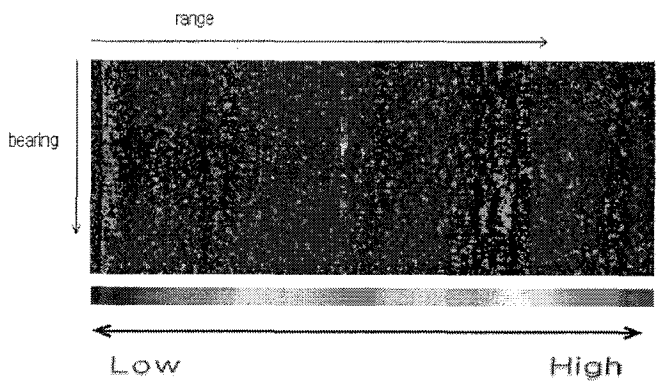


그림 3. 수중음향신호를 영상화한 2차원 영상.
Fig.3. 2-D image for the underwater acoustic signal.

Ⅲ. 제안된 알고리즘

수중음향신호를 분석하는데 있어서 가장 큰 영향을 주는 것은 매 순간마다 변화하는 배경잡음이다. 이러한 배경잡음은 매질의 변화, 깊이에 따른 온도 변화 그리고 다중 반사파에 따라서 다양하게 변화하는 불규칙한 분포를 지니고 있기 때문에 다양한 환경에서도 배경잡음을 추정하여 제거가 가능하도록 하는 것이 가장 우선시 되어야 할 문제이다.

따라서 본 논문에서는 수중음향신호로부터 샘플 데이터를 뽑아 소나 영상으로 변환한 뒤, 여러 가지 영상처리기법을 도입하여 배경을 추정한다. 추정된 배경 정보를 이용하여 배경을 제거하고 난 뒤 수중음향신호는 평탄화 분포를 띄게 된다. 이때 입력 수중음향신호의 도플러 정보를 이용해서 가중치 맵을 생성하고, 배경잡음이 제거된 신호에 대해 가중치 맵을 이용한 필터링 과정을 수행함으로써 물체 후보 영역을 확보하고, 이 정보를 강화한다

그림 4는 수중음향신호를 영상으로 변환한 뒤 표적 영역을 탐지하고, 강화하는 제안된 알고리즘의 전체 흐름도이다. 여기서 S_i는 소나 시스템에 의해 획득된 수중음향신호이고, S_a는 수중음향신호를 영상에 적용하기 위해 디지털 형태로 전환된 신호이다. I_i 수중음향신호를 디지털 영상의 형태로 변환한 영상을 의미한다. I_b는 추정된 배경 영상이고, I_f는 배경영상이 제거된 영상이다. M_w는 가중치 맵의 결과이고, I_g는 가우시안 필터를 적용한 영상이고, I_o는 최종 결과 영상을 의미한다.

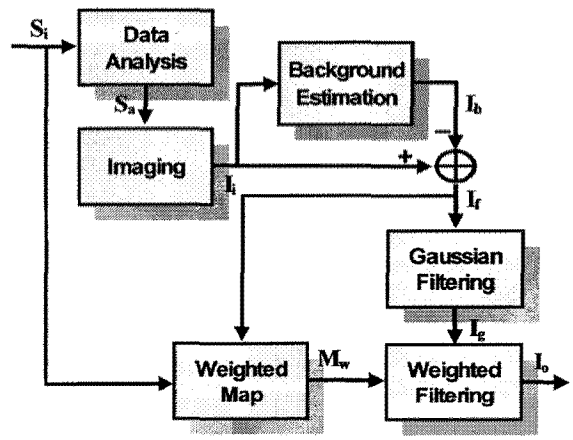


그림 4. 제안된 알고리즘의 흐름도.
Fig.4. The flow of proposed algorithm.

3.1 배경 추정(background estimation)

본 연구에서는 수중음향신호를 변환하여 생성된 영상에 대해 배경을 추정하는 과정이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 BP(belief propagation) 알고리즘을 도입하여 배경을 추정한다. BP 알고리즘은 확률 모델을 그래프로 표현하는 확률 그래프적 모델에서 순환이 없는 트리 구조에 적용되는 효율적인 추론 알고리즘으로 제안되었다.[7][8]

최대 사후 확률을 구하는 BP 알고리즘의 수행 과정 중, 첫 번째 단계에서는 노드 i와 j사이의 모든 메시지 M_{ij}^t를 $M_{ij}^0=0$으로 초기화한다. 두 번째 단계에서는 식(1)과 같이 모든 메시지 M_{ij}^t를 t=1에서 T까지 반복적으로 갱신한다. 여기서 T는 그래프의 두 개 노드 사이의 최대 거리를 의미한다.

$$M_{ij}^t = \min_{x_i}\left\{E_1(x_i)+E_2(x_i,x_j)+\sum_{k\neq j,k\in N(i)}M_{ki}^{(t-1)}\right\} \quad (1)$$

여기서 N(i)는 i의 모든 인접노드이다.

세 번째 단계에서는 식 (2)와 같이 각 노드 i에 대한 최적 label x_i^* 를 계산한다.

$$x_i^* = \arg\min_{x_i}\left\{E_1(x_i)+\sum_{k\in N(i)}M_{ki}^T\right\} \quad (2)$$

배경이 추정되면 원신호로부터 배경을 제거한다. 즉 원신호와 추정된 배경신호의 차연산을 통해 배경이 제거된 영상을 획득한다. 그림 5는 신호차원에서 배경이 제거되는 과정을 보여주는 그림이다. 배경잡음이 제거된 2차원 신호를 보면 물체같이 보이는 부분이 시각적으로 판별하기에도 확연히 드러남을 알 수 있다. 그림 6는 배경 제거 방법을 영상화 형태로 진행되는 결과를 보여주는 그림이다. 그림 6-(c)에서 표적으로 추정되는 영역이 표시됨을 확인할 수 있다.

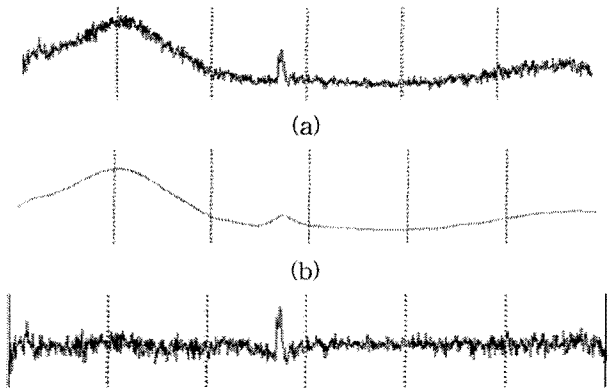


그림 5. 신호 기준 배경 제거. (a) 수중음향신호 $S_i(x)$. (b) 추정된 배경 잡음 $S_b(x)$. (c) 배경이 제거된 신호 $S_f(x)$

Fig. 5. Background signal elimination. in signal (a) Underwater acoustic signal $S_i(x)$. (b) Estimated background noise $S_b(x)$. (c) Background elimination signal $S_f(x)$

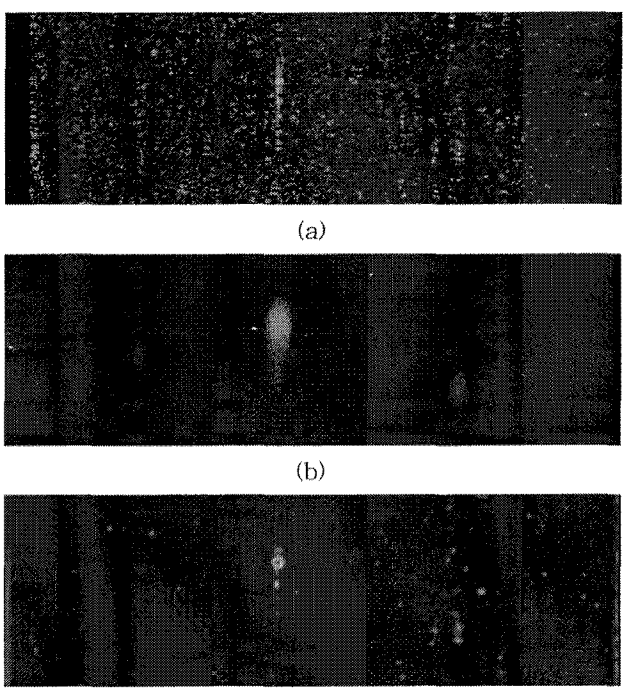


그림 6. 배경 제거의 영상화. (a) 수중음향신호 $S_i(x)$. (b) 추정된 배경 잡음 $S_b(x)$. (c) 배경이 제거된 신호 $S_f(x)$

Fig. 6. Background signal elimination in image. (a) Underwater acoustic signal $S_i(x)$. (b) Estimated background noise $S_b(x)$. (c) Background elimination signal $S_f(x)$

3.2 가우시안 필터링(gaussian filtering)

그림 5-(c)와 같이 배경이 제거된 신호에서 랜덤하게 생성되어 있는 작은 신호들은 물체를 탐지하는데 원치 않는 오류를 발생할 수 있다. 따라서 식 (3)과 같이 1차원 가우시안 함수(G(x))를 이용해서 필터링을 함으로써, 블러링(blurring) 효과를 이용하여 작은 신호들을 제거한다.

$$S_g(x) = \sum_{i=-\frac{G_m}{2}}^{\frac{G_m}{2}} S_f(x+i) \cdot G(i) \tag{3}$$

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-m}{\sigma}\right)^2} \tag{4}$$

여기서 m은 평균이고, σ는 표준 편차이고, 가우시안 함수의 크기는 G_m이다.

3.3 가중치 맵(weighted map) 생성

배경이 제거된 신호에서 물체의 정보를 강화하고 잡음 성분을 약화시키기 위해 가중치 맵을 만든다. 이 때 가중치 맵은 도플러 효과(doppler effect) 정보를 이용한다.

1842년 오스트리아의 물리학자 도플러(J. C. Doppler)가 음파에서 이 현상을 발견하여 명명된 도플러 효과는 음파뿐만 아니라 수면파 등 일반적인 파동에서 모두 성립한다.

이 현상은 빠르게 움직이는 물체에 초음파를 쏘아서 반사되는 파동의 진동수를 관측하여 물체의 속력을 측정하는 도플러속도계, 항공기에서 지상으로 전파를 발생하여 반사되어 수신되는 전파와 송신 전파와의 진동수의 차이(도플러 주파수)를 측정하여 비행기의 속도를 알아내는 도플러 레이더 등에 응용된다.

본 연구에서는 특정 거리와 방위에 해당하는 도플러 주파수를 RMS(root mean square)를 이용해서 식(5)와 같이 가중치 맵을 만들어 적용한다.

$$M_w(x) = \frac{1}{N}\sqrt{\sum_{i=1}^{N} D_i(x)^2} \tag{5}$$

여기서 M_w는 가중치 정보, D_i는 도플러 정보, N은 도플러 데이터의 개수를 의미한다.

3.4 가중치 맵 필터링(weighted map filtering)

배경이 제거된 신호에 대해 가중치 맵을 이용해서 식(6)과 같이 필터링 과정을 수행한다. 배경이 제거된 신호의 경우 배경 잡음이 제거되어, 물체의 정보가 남은 상태이고 가중치 맵 또한 물체에 대한 정보를 지니고 있기 때문에 두 성분을 조합하면 물체에 대한 정보를 더 강화시킬 뿐 아니라 물체가 아닌 부분은 약화시키는 효과를 가져 온다.

$$I_o(x) = I_g(x) \cdot M_w(x) \tag{6}$$

여기서 I_g는 가우시안 필터를 적용한 영상이고, I_o는 최종 결과 영상을 의미한다.

Ⅳ. 실험 및 결과

4.1 실험 환경

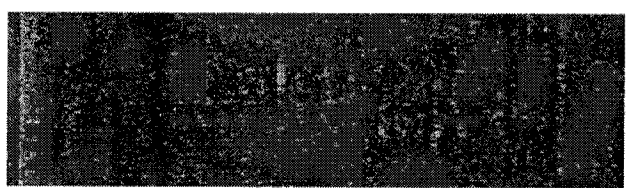
본 논문은 1.97GHz Intel Core(TM)2 Quad CPU, 3.37GB 메모리를 가진 Windows XP 환경의 PC를 사용하여 실험을 하였다. 본 논문에서 사용하는 신호는 128 방위, 500 거리, 그리고 56 도플러로 이루어진 3D 모의 신호이다. 여기서 500

거리는 최대 10Km까지를 표현하고 있다. 이때 근거리 및 원거리의 불필요한 데이터는 일부 삭제하고 처리하였다.

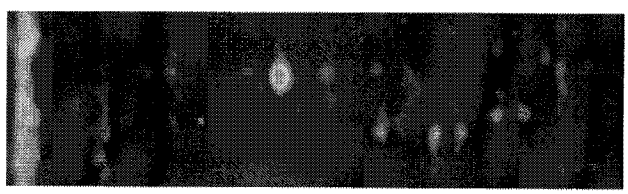
수중음향신호의 영상은 신호의 크기를 HSI 색상모델에 적용하여 영상화 된 것으로써, 실험 결과 이미지에서는 낮은 신호 값은 파란색 계통으로 표현되고, 높은 신호 값은 적색 계통으로 표현된다. 이미지에서 왼쪽에 분포한 붉은 지역은 해수면이 반사되어 탐지된 결과이기 때문에 1Km 정도 이내의 신호를 제외하였다. 그리고 잔향음 처리로 인한 시스템 딜레이 보상을 해야 한다. 따라서 본 논문에서는 10픽셀을 오프셋으로 설정하여 영상에서 제외하고 처리하였다.

4.2 실험 결과 및 검토

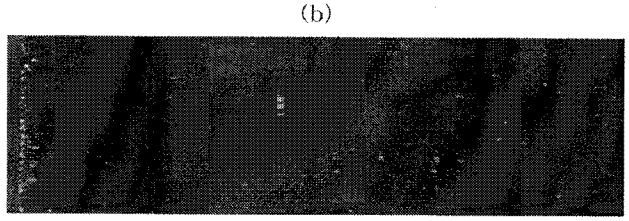
그림 7은 본 논문에서 제안된 알고리즘의 처리 결과들을 보여주는 그림이다. 모든 그림에서 세로축은 128 방위(bearing)를 의미하고, 가로축은 거리(range)를 의미하는데 여기서는 의미없는 거리에서의 데이터를 제외하고 1~6Km까지의 거리에 대한 신호만 표현하였다 그림 7의 (a)는 수중음향신호를 영상화한 영상으로서, 1Km 거리 지점에 다수의 반사파 신호가 보인다. 이것은 해수표면에 의해 반사된 신로로 표적 검출에 도움이 되지 않아 1Km 이내의 신호는 제거하여 표현하였다. (b)는 BP 알고리즘을 이용하여 배경을 추정한 영상이다. (c)는 배경을 제거한 영상이고 (d)는 가우시안 필터링을 한 영상이다. (e)는 도플러 효과에 의한 데이터를 활용하기 위해 도플러 데이터를 영상화한 것으로, 추가적인 잡음 제거에 활용한다. (f)는 제안된 알고리즘의 최종 결과를 보여주는 것으로서, 3.1Km 지점에서 표적 부분을 강조하여 구분이 되도록 적절히 표시하고 있음을 보여주고 있다.



(a)

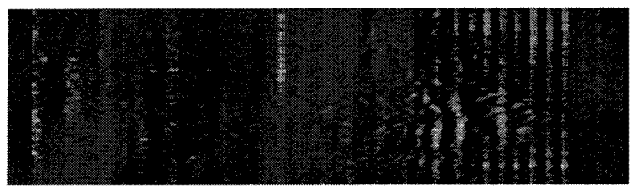


(b)

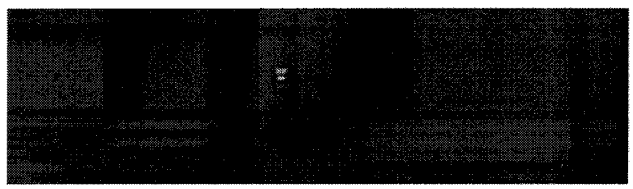


(c)

(d)



(e)



(f)

그림 7. 결과 이미지. (a) 수중음향신호에 대한 영상 (b) 배경영상 (c) 배경 제거 영상 (d) 가우시안 필터링된 영상 (e) 가중치맵 영상 (f) 표적 강화 영상

Fig. 7. Result image. (a) Image for underwater acoustic signal (b) Background image (c) Background elimination (d) Gaussian filtering (e) Weighted map (f) Target enhancement image.

표 2는 제안된 알고리즘을 적용하여, 10개의 프레임 각각에 대한 표적 후보의 추출 결과와 수작업으로 획득된 물체의 개수를 비교하여 보여주고 있다. 전반적으로 실제 물체의 개수보다 표적 후보의 수가 많게 추출되었다. 이것은 단일 프레임에서 물체가 발견이 되더라도 다중 프레임으로 갈 경우 연속성이 존재하는 물체만이 최종 물체로 인식되고 나머지는 잡음으로 인식하여 무시하게 된다. 결과적으로 물체의 후보가 있더라도 그것이 연속성을 지닐 경우만이 물체로 인식하게 된다. 따라서 물체 후보의 개수는 실제 물체를 포함하여 개수가 다소 추가되더라도 본 연구의 다음 단계라 할 수 있는 연속 프레임 처리 시 해결이 가능하다. 또한 실제 물체는 물체 후보에 모두 포함됨을 확인하였다.

표 2. 탐지된 표적 후보의 개수

Table 2. The number of detected target candidate

프레임 번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9
표적 후보수	1	3	3	4	3	2	1	2	2
실제 물체수	0	1	2	2	2	1	1	1	2

V. 결 론

본 논문에서는 수중음향신호를 영상화하고, 표적 후보를 탐지하여 이들 영역에 대해 정보를 강화하는 알고리즘을

제안하였다. 수중음향신호에서 움직이는 물체를 탐지하는데 가장 큰 영향을 주면서 불규칙적으로 변하는 배경잡음을 없애기 위해 배경잡음을 추정하였다. 또한 도플러 신호 정보를 가공하여 가중치 맵을 생성하고, 배경잡음이 제거된 신호에 대해 가중치 맵을 이용한 필터링 과정을 수행함으로써 물체 후보 영역에 대한 정보를 보다 정확히 확보하였고 단일프레임에서의 물체 후보 영역을 결정할 수 있었다.

따라서 표적 영역에 대해서는 신호를 강화하고, 표적이 아닌 영역은 신호를 약화시키는 결과를 확인하였다.

시뮬레이션으로 획득된 수중음향신호에 대해 제안된 알고리즘을 적용하여, 불규칙적으로 발생하게 되는 잡음이 대부분 제거됨을 확인하였고, 필터링 및 표적 탐지 과정을 통해 수중음향신호 영상에서 표적이 더욱 명확히 표시됨을 확인하였다.

향후 연속 프레임에 대해 표적을 탐지하고 물체를 인식하는 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 오원천,"수중 탐지 신기술 발전 추세," 국방과학기술 플러스, 제 28권, Feb. 2007.

[2] 임용곤, 박종철, 최영철, "Multipath를 고려한 수중영상 전송 시스템 설계," 한국해양정보통신학회 논문지 제5권 제1호, pp.202-211, 2001.

[3] Y. Petillot, I. Tena Ruiz, D. M. Lane and Y. Wang, E Trucco, N. Pican., "Underwater vehicle path planning using a multi-beam forward looking sonar," Proc. OCEANS'98, pp. 1194-1199, Nice France, Sep. 1998.

[4] W. Xu, Y. Wang and W. Xhu, "Sonar Image Processing System from an Autonomous Underwater Vehicle(AUV)," Pro. OCEANS'95, vol. 3, pp. 1883-1886, NY, USA, 1995.

[5] Arce, G.R., "A Generalized Weighted Median Filter Structure Admitting Real-Valued Weights", Proc. 1998 IEEE International Conference On Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. 5, pp 2849-2852, Seattle, Wash., USA, May 1998.

[6] 하석운, "수중음향신호의 배경잡을 편규처정 방법에 관한 논문," 대한전자공학회 학술대회 논문지, 제15권 제2호, pp.631-634, 1992.

[7] J. Pearl, "Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference," Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1988.

[8] 김무성, 강행봉, "계층적 우선순위 BP 알고리즘을 이용한 새로운 영상 완성 기법", 대한전자공학회 논문지, 제44권 SP편 제5호, pp.553-562, 2007.

주 재흠(Jae-Heum Joo)

1988년 2월 부산대 전자공학과(공학사)
1990년 2월 부산대 전자공학과(공학석사)
2000년 2월 부산대 전자공학과(공학박사)
2001년 3월 ~ 현재 부산가톨릭대학교 멀티미디어공학과 교수

※주관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터 비젼