

최대 컨트라스트 값을 이용한 4분할 CBD의 잔향 감소기법

Four Segmentalized CBD Method Using Maximum Contrast Value to Improve Detection in the Presence of Reverberation

최 준 혁*, 윤 경 식**, 이 수 형***, 권 범 수****, 이 균 경*****

(Jun-Hyeok Choi*, Kyung-Sik Yoon**, Soo-Hyung Lee***, Bum-Soo Kwon****, Kyun-Kyung Lee*****)

*LIG넥스원(주), **김천대학 재학언어교정과, ***위덕대학교 에너지전기공학부, ****경북대학교 전자전기컴퓨터학부
(접수일자: 2009년 9월 12일; 수정일자: 2009년 10월 27일; 채택일자: 2009년 11월 16일)

본 논문에서는 중 주파수의 송신신호를 사용하는 선체 고정형 소나에서 잔향에 의한 오경보 확률 (False Alarm Probability) 을 감소시켜 표적의 탐지확률을 향상시키는 통계적 분할 기반 특성의 4분할 컨트라스트 박스 탐지기 (4-Segmentalized Contrast Box Detector, 4SCBD) 를 제안한다. 표적과 잔향이 인접하여 존재하는 경우 두 신호의 통계적 특성이 유사하여 표적 신호와 잔향을 분리 하지 못하는 단점을 가지는 기존의 컨트라스트 박스 탐지기를 개선하기 위하여 컨트라스트 박스를 4분할 하였으며, 선체 고정형 소나에서 획득된 실측 잔향 데이터와 합성 표적 신호를 이용하여 제안한 기법의 타당성을 검증한다.

핵심용어: 능동소나, 잔향 감소, 4분할 컨트라스트 박스 탐지기

투고분야: 수중음향 분야 (5.6)

The detection of target echoes in a sonar image is usually difficult since reverberation is originated by the returns reflected around the boundary and volumes. Under the scenario of the target presence around the reverberation, the detection performance of existing algorithms is degraded. Since they have a similar statistical features, But proposed detector gives improvement existing algorithms Under this scenario. In this paper, 4 segmentation contrast box algorithm using maximum contrast value is proposed based on statistical segmentation, which gives better detection performance in the sense of reducing false alarms. The simulations validate the effectiveness of the proposed algorithm.

Keywords: Active Sonar, Reverberation Reduction, 4 Segmentalized Contrast Box Detector

ASK subject classification: Underwater Acoustics (5,6)

I. 서론

잔향환경에서 표적탐지 성능을 향상시키는 것은 능동 소나를 사용한 표적탐지에 있어서 주된 목표 중의 하나이다. 그러나 잔향은 표적과 유사한 특성을 가지는 반사신호로서, 잔향환경에서 표적을 탐지하는 것은 매우 어려운 문제이다. 따라서 잔향환경에서 표적의 탐지 성능을 향상시키기 위하여 최근에는 정합필터 출력 이후 잔향을 감소시키는 후처리 (post-processing) 기법 연구가 다양

하게 진행되고 있다. 후처리 기법의 연구로는 거리와 방위에 따른 정합필터 출력으로 획득된 소나 영상에 마코프 랜덤필드 (Markov Random Field)를 이용한 영상분할 기법이 제안되었으며 [1], 저주파수의 송신신호를 사용하는 능동소나 환경에서 컨트라스트 박스 탐지기 (Contrast Box Detector)와 모폴로지 탐지기 (Morphology Detector)를 순차적으로 적용하는 컨트라스트 박스-모폴로지 (Contrast Box Morphology Detector) 탐지 기법이 제안되었다 [2]. G. Ginothac 등이 제안한 모폴로지 탐지기는 표적신호와 잔향신호의 사전 정보를 이용하여 파라미터를 설정하며, 이를 바탕으로 수신된 소나 영상에서 클러스터일 확률이 높은 특징인자를 효율적으로 감소시켜 표적

책임서자 이 균 경 (kklee@ee.knu.ac.kr)
702-701 대구광역시 북구 산격3동 경북대학교 전자전기컴퓨터학부
Tel.: 053-940-8846, Fax.: 053-950-5505

의 탐지 확률 (detection probability)을 향상시킨다. 그러나 모폴로지 탐지기는 표적신호의 높은 신호대 잡음비를 만족해야 하는 제약이 있으므로, 이런 제약을 극복하기 위하여 신호의 통계적 특성을 이용하는 컨트라스트 박스 탐지기를 융합하여 사용한다. 컨트라스트 박스 탐지기는 낮은 신호대 잡음비를 가지는 표적신호가 배경 잡음 신호 내에 존재할 경우 두 신호의 통계적 차이를 이용하여 표적신호를 탐지하므로 모폴로지 탐지기가 가지는 단점을 극복하는 기법이다. 그러나 표적신호가 잔향신호에 근접하여 존재하는 경우에는 두 신호의 통계적 특성이 유사해지고 표적신호의 통계적 특성이 잔향신호의 통계적 특성과 분리되지 않기 때문에 표적신호의 신호대 잡음비를 향상시키지 못하는 단점이 있다. 따라서 두 신호가 근접하여 존재하는 경우에 표적신호의 신호대 잡음비를 향상시켜 표적의 탐지 성능을 향상시키는 새로운 탐지기가 필요하다.

본 논문에서는 잔향에 근접하여 존재하는 표적의 탐지 성능을 향상시키기 위하여 기존의 컨트라스트 박스 탐지기를 개선한 새로운 4분할 컨트라스트 박스 탐지기 (4-Segmentalized CBD)를 제안한다. 제안한 탐지기는 기존의 컨트라스트 박스 탐지기에서 배경 게이트를 4분할하고 분할된 각 배경 게이트와 표적 게이트에서 두 신호의 통계적 차이가 가장 큰 값을 이용하여 표적신호가 잔향신호에 근접하여 존재하는 경우에 대해서도 표적신호와 잔향신호를 구분하여 표적탐지 성능을 향상시킨다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. I장의 서론에 이어 II장에서는 잔향 감소를 위한 기존의 후처리 기반의 모폴로지 탐지기, 컨트라스트 박스 탐지기와 이를 순차적으로 적용한 컨트라스트 박스-모폴로지 탐지기에 대해 설명하고 컨트라스트 박스-모폴로지 탐지기와 모폴로지 탐지기를 융합한 탐지기를 소개한다. III장에서는 제안한 4분할 컨트라스트 박스 탐지기에 대해 설명하고 이를 적용한 융합 탐지기에 대해 설명한다. IV장에서는 기존의 융합 탐지기와 제안한 4분할 컨트라스트 박스 탐지기를 적용한 융합 탐지기에 중주파수 대역의 송신 주파수를 사용하는 선체 고정형 소나를 통해 얻어진 실측 잔향 데이터 및 합성 표적 신호를 이용하여 탐지 성능을 검증하였다. 그리고 V장에서 결론을 맺는다.

II. 후처리 기반의 탐지기

2.1 모폴로지 탐지기

모폴로지 영상처리 기법은 물체 모양의 집합이론 개념을 기초로 한 영상처리 방법인 수리형태학으로부터 유래되었으며 물체 모양의 해석, 특징 추출에 많이 사용되는 일반적인 영상처리 방법이다. 기본적으로 원 영상에 형태소 (structuring element)라 불리는 기준영상을 적용하여 영상처리 하게 된다. 모폴로지 영상처리 기법의 기본 연산에는 확장 (dilation), 침식 (erosion) 의 두 가지 기본 연산과 이를 이용한 열림 (opening)과 닫힘 (closing), 탐-헛 연산 등이 있다 [2,3].

능동소나를 이용한 표적탐지에서 정합필터 후에 사용되는 모폴로지를 이용한 잔향제거 기법은 다음의 2가지 가정을 만족하여야 한다. 첫째, 정합필터를 거친 후 획득된 방위-거리별 소나영상에서 표적신호는 상대적으로 고립되어 나타나며 잔향신호는 클러스터들이 근접하여 클러스터를 형성하고 있어야 한다. 둘째, 표적의 신호대 잡음비가 커야 한다. 또한, 모폴로지 기법을 적용하기 위해서는 각 형태소에 적절한 격자크기 설정이 필요하다. 일반적으로 시간 영역에서 빔 형성시, 표적의 위치가 조향방향과 일치하지 않는 경우엔 표적 신호의 간섭효과에 의해 표적이 탐지된 중심 빔과 인접한 빔에도 표적이 탐지된다. 그러므로 표적의 방위각에 대한 형태소의 격자크기는 중심 빔과 인접한 좌우 빔을 고려한 '3' 정도의 격자크기로 결정하며, 표적의 거리에 대한 형태소의 크기는 표적 길이의 반 파장의 크기를 가정하여 격자크기를 결정한다. 잔향신호의 격자의 크기는 일반적으로 표적의 격자크기보다 충분히 크게 설정한다. 식 (1)은 모폴로지 탐지기를 나타낸다.

$$MD[I(x, y)] = \phi_{SE1} I(x, y) - \gamma_{SE2} \circ \phi_{SE1} I(x, y) \quad (1)$$

이 때 $I(x, y)$ 는 정합필터 출력 후 획득된 소나 영상이며, ϕ 와 γ 는 각각 닫힘과 열림 연산을 나타낸다. 그리고 $SE1$ 과 $SE2$ 는 각각 잔향신호와 표적신호의 형태소를 나타낸다.

모폴로지 탐지기는 우선 $SE1$ 을 이용하여 닫힘 연산을 수행한다. 닫힘 연산은 확장과 침식을 순차적으로 수행하는 연산이며 이를 통해 원 영상에서 $SE1$ 의 크기보다 작은 크기 간격으로 근접하여 클러스터를 형성하고 있는 잔향신호를 하나의 영역으로 병합한다. 그리고 $SE2$ 이용

하여 탁-햇 연산을 수행하며, 탁-햇 연산을 통해 SE2의 크기보다 큰 영역을 차지하는 영역은 제거된다. 즉 모폴로지 탐지기는 클러스터를 형성하고 있는 잔향신호를 제거함으로써 잔향에 의한 오정보 확률을 감소시켜 표적의 탐지 성능을 향상시킨다.

2.2. 컨트라스트 박스 탐지기

모폴로지 탐지기가 형태소들의 배치를 통해 클러스터를 형성하는 잔향신호들을 제거하는 것과 달리 컨트라스트 박스 탐지기는 신호의 통계적 특성 차이를 이용하여 표적신호의 신호대 잡음비를 향상시켜 표적의 탐지 성능을 향상시킨다. 일반적으로 정합필터를 기친 소나영상의 통계적 특성은 배경 잡음신호만 존재하는 경우 Rayleigh 분포를 따르며 표적신호와 잔향신호와 같은 반사신호가 존재하는 경우에는 Rice 분포를 가진다 [2,4]. 따라서 컨트라스트 박스 탐지기는 잡음신호와 반사신호를 구분하기 위해 두 신호의 통계적 특성 차이를 이용한다. 그러나 이때 잔향은 클러스터를 형성하며 존재하며, 표적은 상대적으로 고립되어 잡음 신호안에 위치한다고 가정한다.

표적신호가 잔향신호와 떨어져 잡음신호 안에 고립되어 존재하는 경우 정합필터를 거친 방위 거리별 소나영상의 평균과 표준편차 분포를 2차원 상에 나타내면 그림 1과 같다. 이때 수평축과 수직축은 각각 표준편차와 평균을 나타낸다. 그림 1에서 '1'로 표시된 영역은 잡음신호의 분포이며, '2'로 표시된 영역에서 '○'로 표시된 것은 잔향신호의 분포이다. 그리고 '3'으로 표시된 영역에서 '+'로 표시된 것은 표적신호의 분포를 나타낸다. 일반적으로 표적신호가 잔향신호와 떨어져 고립되어 존재하는 경우, 잡음신호는 작은 값의 평균과 표준편차를 가지며, 잔향

신호는 큰 값의 평균과 표준편차 값을 가진다. 그리고 표적신호는 평균에 비해 표준편차가 큰 값을 가진다. 컨트라스트 박스 탐지기는 위와 같은 통계적 특성차이를 이용하여 잡음신호 속에 존재하는 표적신호를 향상시킬 수 있다.

컨트라스트 박스 탐지기는 이미 적외선 영상 분야에서 많이 사용되고 있으며 [5], 컨트라스트 박스 탐지기를 구현하기 위한 표적 게이트 T와 배경 게이트 B는 그림 2와 같다

각 게이트 영역 안에 존재하는 정합필터 출력 신호의 평균과 표준편차를 각각 μ_T, μ_B 와 σ_T, σ_B 로 정의 하며, 각 게이트 영역 안의 통계적 특성을 이용한 컨트라스트 값 C는 다음의 식 (2)와 같이 표현된다. 이 때, 아래 첨자 T와 B는 각각 표적 게이트와 배경 게이트를 나타낸다.

$$C = \frac{(\mu_T - \mu_B)^2 + \sigma_T^2}{\sigma_B^2} \quad (2)$$

컨트라스트 박스 탐지기를 사용하여 표적신호를 향상시키는 원리는 다음과 같다. 게이트 T와 B영역에 모두 잡음신호가 있을 때와 모두 잔향 신호가 있을 때는 두 게이트의 통계적 특성이 거의 같게 되고, 따라서 $C \approx 1$ 이 될 것이다. 그리고, 게이트 T에 표적신호가 있고 게이트 B에 잡음신호가 있을 때는 σ_T 가 σ_B 에 비해 훨씬 큰 값을 가지므로 $C \gg 1$ 이 되며, 반대로 게이트 B에 표적신호가 있고 게이트 T에 잡음신호가 있을 때는 σ_B 가 σ_T 보다 큰 값을 가지므로 $C \ll 1$ 이 된다.

따라서 통계적 컨트라스트 값을 이용하여 신호 대 잡음비가 낮은 경우에도 표적의 신호대 잡음비를 향상시켜 표적의 탐지 성능을 향상시킬 수 있다. 그러나 표적신호가 잔향신호와 매우 근접하여 존재하는 경우 표적 신호는 잡음신호 영역안에 고립되어 존재하지 않으며, 배경 게

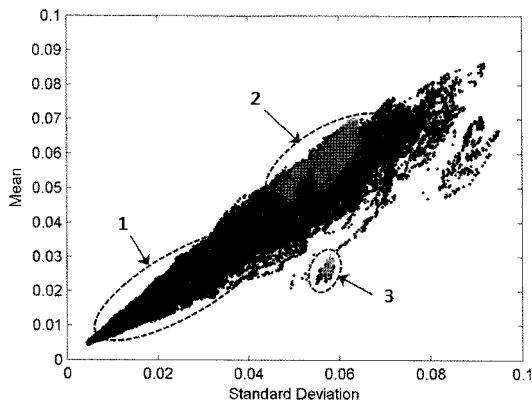


그림 1. 소나 영상의 평균과 표준편차 분포 (표적신호가 고립된 경우)

Fig. 1. Distribution of mean and standard deviation in sonar image (isolated case).

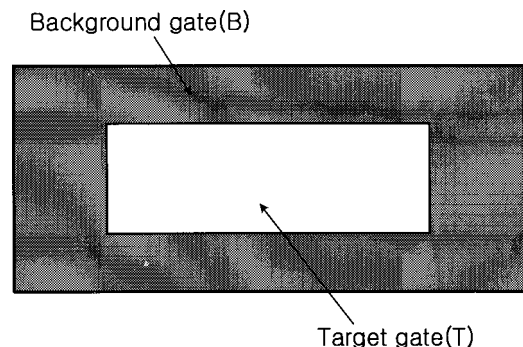


그림 2. 컨트라스트 박스 탐지기의 게이트 구조

Fig. 2. Gate structure for CBD.

이트에 산향신호가 존재할 수 있다. 이런 경우, 표적 게이트와 배경 게이트에 존재하는 표적신호와 잔향신호는 평균과 표준편차 값이 유사하여 컨트라스트 박스 탐지기에서 $C \approx 1$ 이 되어 표적신호의 탐지가 어려워 질 것이다.

2.3. 융합 탐지기

모폴로지 탐지기는 잔향신호의 제거에 주 목적이 있는 반면, 컨트라스트 박스 탐지기는 표적신호의 신호대 잡음비 향상에 주 목적이 있다. 따라서 모폴로지 탐지기는 오경보 확률 (False Alarm Probability) 관점에서, 컨트라스트 박스 탐지기는 탐지 확률 (Detection Probability) 관점에서 우수한 탐지 성능을 나타낸다. 그러므로 두 탐지기의 장점을 취하여 모폴로지 탐지기와 컨트라스트 박스 탐지기를 순차적으로 적용하는 기법 (CBMD)이 제안되었다 [2]. 먼저 컨트라스트 박스 탐지기를 적용하게 되면, 큰 잔향 지역에 포함되어 있는 불요 침투치값들이 존재하게 될 것이며 이들은 매우 근접하여 존재하게 된다. 컨트라스트 박스 탐지기 결과값에 모폴로지 탐지기를 적용하게 되면 형태학적 닫힘 연산에 의해 근접한 클러스터들은 하나의 클러스터로 뭉쳐지게 되며 불요 침투치 값들은

사라지는 결과를 보이게 된다.

또한 모폴로지 탐지기와 CBMD의 영상에서 각 화소마다 최소값을 취하는 융합탐지기도 제안되었다 [3]. 모폴로지 탐지기의 표적신호와 CBMD의 표적신호의 위치는 동일하겠지만 각 탐지기의 오경보의 위치는 각 탐지기의 특성에 의해 서로 다르게 된다. 따라서 융합 탐지기는 표적신호의 위치는 같고 오경보의 위치가 다름을 이용하여 오경보를 감소시켜 표적의 탐지 확률을 향상시킨다. 그림 3은 융합 탐지기의 블록 선도를 나타낸다.

III. 제안한 탐지 기법

일반적으로 표적신호가 산향에 근접하여 존재하는 경우 방위-거리별 소나영상에서 표적신호의 통계적 특성은 그림 4와 같다. 여기서 숫자가 나타내는 영역은 그림 1과 같다.

그림 4는 그림 1과 달리 표적신호와 잔향신호의 통계적 특성이 분리되어 있지 않기 때문에 $C \approx 1$ 또는 $C \ll 1$ 이 되어 표적의 탐지 성능은 저하된다. 이와 같은 경우 배경 게이트 안의 신호를 잔향신호와 잡음신호로 구분하기 위해 배경 게이트를 4분할 하는 기법을 제안한다. 제안한 기법은 표적신호와 잔향신호의 통계적 특성을 분리하기 위하여 그림 5와 같이 배경 게이트를 거리와 방향에 대해 4개의 모듈 (B1, B2, B3, B4)로 분기한다. 이는 CFAR (Constant False Alarm Rate) 처리에서 표적신호와 잔향신호가 근접하여 존재하는 경우에 표적신호에 인접하는 신호를 잔향신호와 잡음신호로 분리하여 처리하는 GO-CFAR (Greatest of CFAR), SO-CFAR (Smallest of CFAR) 와 비슷한 개념을 가진다 [6,7].

4분할 컨트라스트 박스 탐지기는 배경 게이트 영역 안에 존재하는 신호를 잡음신호와 잔향신호로 나누어 표적신호와 통계적 특성 차를 최대보 하는 탐지기이다. 각 배경 게이트 영역에서 구한 표준편차와 평균값, 표적 게

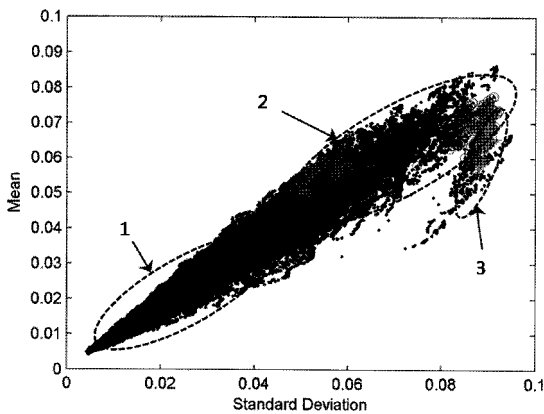


그림 4. 소나 영상의 평균과 표준편차 분포 (표적신호와 잔향신호가 근접한 경우)

Fig. 4. Distribution of mean and standard deviation in sonar image (closed case).

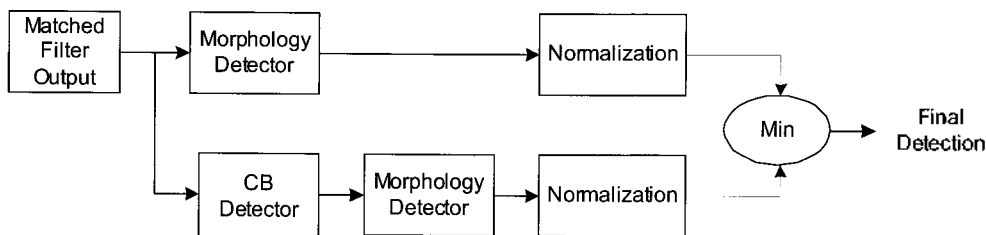


그림 3. 융합 탐지기의 블록 선도

Fig. 3. Block diagram of fusion detector.

이트 영역에서 구한 표준편차와 평균값을 이용하여 새롭게 구한 4분할 콘트라스트 값 C 는 식 (3) 과 같다.

$$C = \max_{i=1,2,3,4} \frac{(\mu_T - \mu_{B_i})^2 + \sigma_T^2}{\sigma_{B_i}^2} \quad (3)$$

그림 6은 잔향신호가 분포하는 영역에 대해 배경 게이트를 4분할 하였을 때, 그림 4에서 영역 '2'에 포함 되는 잔향신호들의 통계적 특성이 그림 6의 영역 '4'의 '◇'로 변환됨을 보여준다. 따라서 제안한 4분할 콘트라스트 박스 탐지기는 잔향신호의 평균과 표준편차와 표적신호의 평균과 표준편차의 차이를 개선하여 $C \gg 1$ 이 되므로 잔향신호에 근접한 표적신호의 탐지 확률을 향상시킬 수 있다.

IV. 실험결과 및 성능 분석

중주파수를 사용하는 선체 고정형 소나에서 획득한 실

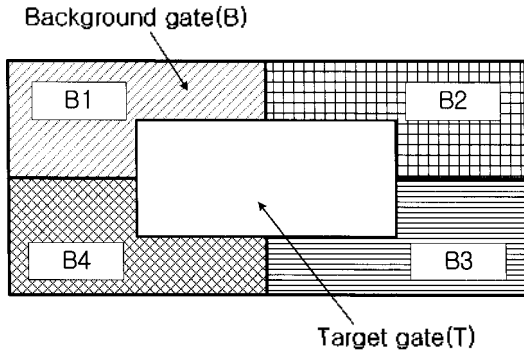


그림 5. 4분할 콘트라스트 박스 탐지기의 게이트 구조
Fig. 5. Gate structure for 4S-CBD.

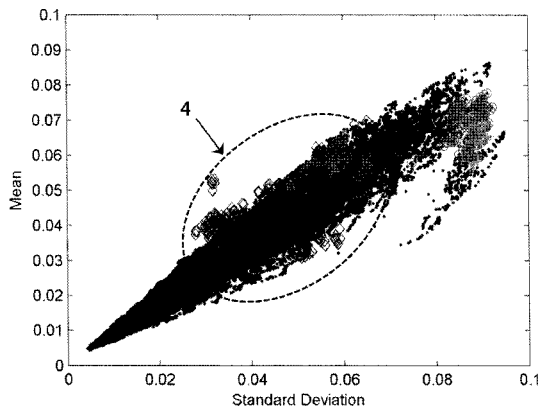


그림 6. 4분할 배경 게이트를 이용한 잔향신호의 평균과 표준편차 분포
Fig. 6. Distribution of mean and standard deviation of reverberation signal using 4 Segmentalized background gate.

제 해상 실험 데이터에 컴퓨터로 합성한 표적신호를 합성하여 기존의 콘트라스트 박스 탐지기와 제안한 4분할 콘트라스트 박스 탐지기의 탐지 성능을 비교 분석하였다. 실험에서는 LFM 송신신호를 사용하여 전 방위에 대해 64개의 빔 출력 신호를 얻으며, 빔 형성 기법은 일반적인 시간영역 지연 합 (delay-sum) 빔 형성 기법을 사용하였다. 신호처리 시, 연산량 감소를 위해 빔 신호를 기저 대역으로 대역 이동하고 데시메이션 하였으며, 정합필터의 출력 주기는 1ms 이다. 모뎀로저 탐지기에서 단일 연산에 사용하는 표적신호의 형태소 크기 SE_2 는 방위별로는 표적이 존재하는 인접빔에 표적이 존재할 수 있으므로 '3'으로 설정하였으며, 거리별로는 표적 값이의 절반 정도에 해당하는 크기로 '31'의 격자 크기로 설정하였다. 또한 열된 연산에 사용하는 잔향신호의 형태소 크기 SE_1 는 본 논문에서 가정한 표적의 크기보다 큰 간격으로 클러스터를 형성하고 있는 잔향을 하나의 영역으로 병합하기 위하여 표적 신호의 격자크기보다 큰 '5x71'의 격자 크기로 설정하였다. 그리고 콘트라스트 박스 탐지기에서 사용된

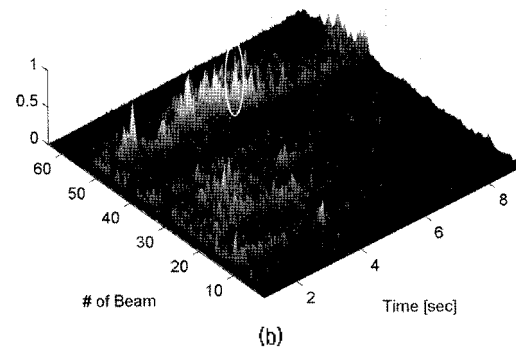
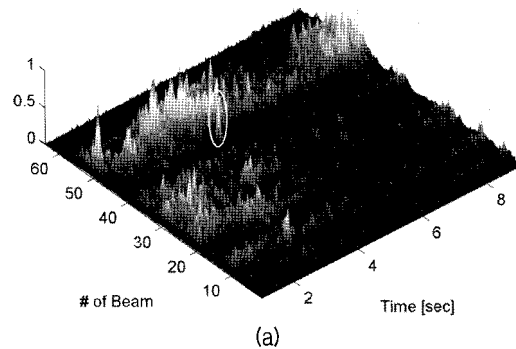


그림 7. 정합필터 출력
(a) 표적신호가 고립된 경우
(b) 표적신호와 잔향신호가 근접한 경우
Fig. 7. Output of matched filter
(a) Isolated case (b) Closed case.

표적 게이트와 배경 게이트는 모폴로지에서 사용한 표적 신호와 잔향신호의 형태소 크기와 동일하게 설정하였다.

그림 7은 정합필터 출력 결과이다. 잔향신호는 방위에 대해 48번 빔에서 55번 빔 사이, 거리에 대해 약 3초에서 6초 사이에 분포한다. 그림 7 (a) 는 표적신호가 고립된 경우로 표적 신호를 42번 빔에 5초에 위치하도록 합성하였다. 그림 7 (b) 는 표적신호가 잔향신호에 근접하여 존재하는 경우로 표적 신호를 47번 빔에 5초에 위치하도록 합성하였다.

그림 7 (a) 와 같이 표적신호가 잔향신호와 떨어져 고립되어 존재하는 경우 통계적 특성은 그림 1과 같다. 이 경우 표적신호의 통계적 특성이 잔향신호와 잡음신호에 대해 분리되어 있음을 볼 수 있다. 그림 8은 표적신호가 고립되어 있는 경우 그림 3의 융합탐지기를 적용한 신호처리 결과이다. 그림 8 (a)는 융합 탐지기에서 기존의 컨트라스트 박스 탐지기를 사용한 경우이며, 그림 8 (b)는 컨트라스트 박스 탐지기를 개선한 4분할 컨트라스트 박스

탐지기를 사용한 경우이다. 두 경우 모두 표적을 잘 탐지하고 있음을 볼 수 있다. 그러나 그림 7 (b)와 같이 표적신호와 잔향신호가 근접한 경우 통계적 특성은 그림 4와 같다. 이 경우 표적신호의 통계적 특성이 잔향신호와 분리되어 있지 않음을 볼 수 있다. 그러므로 그림 9에서와 같이 기존의 컨트라스트 박스 탐지기를 사용한 그림 9 (a)에서는 표적이 탐지 되지 않음을 볼 수 있다. 그러나 그림 6과 같이 4분할 컨트라스트 박스 탐지기를 사용한 경우 표적신호와 잔향신호의 통계적 특성이 잘 분리되며, 그림 9 (b)와 같이 표적이 잘 탐지 되고 있다.

4분할 컨트라스트 박스 탐지기는 기존의 컨트라스트 박스 탐지기에 비해 표적신호가 잔향신호와 근접하여 존재하는 경우 표적신호와 잔향신호의 통계적 유사성으로 인해 표적을 탐지하지 못하는 기존의 컨트라스트 박스 탐지기의 단점을 극복할 수 있다.

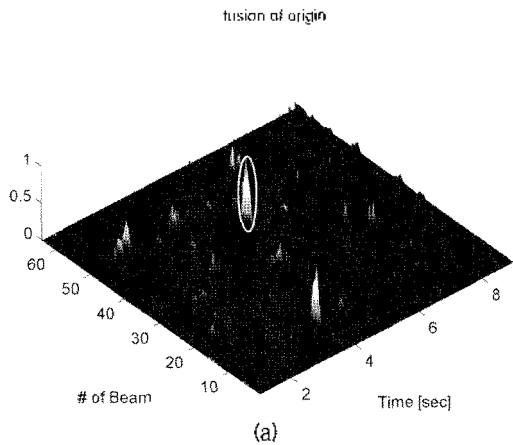


그림 8. 융합 탐지기 결과 (표적신호가 고립된 경우)
 (a) 컨트라스트 박스 탐지기 사용
 (b) 4분할 컨트라스트 박스 탐지기 사용
 Fig. 8. Output of fusion detector (isolated case)
 (a) Using CBD (b) Using 4S-CBD.

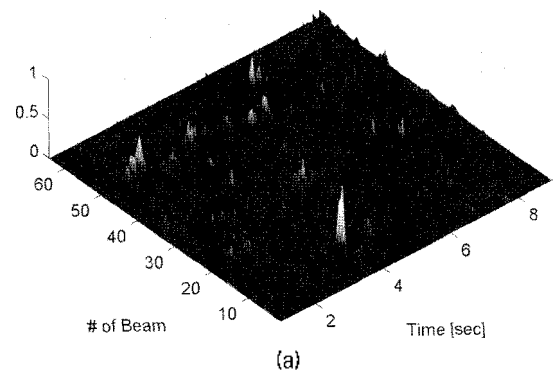


그림 9. 융합 탐지기 결과 (표적신호와 잔향신호가 근접한 경우)
 (a) 컨트라스트 박스 탐지기 사용
 (b) 4분할 컨트라스트 박스 탐지기 사용
 Fig. 9. Output of fusion detector (closed case)
 (a) Using CBD (b) Using 4S-CBD.

V. 결론

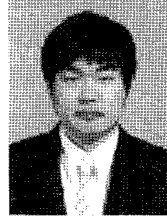
본 논문에서는 표적신호가 잔향신호에 근접하여 존재하는 경우, 표적신호와 잔향신호의 통계적 유사성으로 인해 표적을 향상시키지 못하는 단점이 있는 컨트라스트 박스 탐지기를 개선한 4분할 컨트라스트 박스 탐지기를 제안하였다. 제안한 기법은 실제 고정형 소나에서 획득된 실측 해상심현 데이터에 적용하여 비교분석한 결과 기존의 컨트라스트 탐지기에 비해 탐지 성능이 개선됨을 확인하였다.

참고 문헌

1. R. Laterveer, "Single Ping Clutter Reduction: Segmentation using Markov Random Fields," *SACLANT Report*, No. SR-307, Mar. 1999.
2. G. Ginolhac, J. Chanussot and C. Hory, "Morphological and Statistical Approaches to Improve Detection in the Presence of Reverberation," *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, vol. 30, no. 4, pp. 881-899, Oct. 2005.
3. R.M. Haralick, S. R. Sternberg and X. Zhuang, "Image Analysis Using Mathematical Morphology," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, vol. PAMI-9, pp. 532-550, July 1987.
4. R. J. Urick, *Principles of Underwater Sound (3rd Ed.)*, McGraw-Hill, New York, 1983.
5. M. Burton and C. Benning, "Comparison imaging infrared detection algorithms", *Proceedings of SPIE* 1981.
6. P.P. Gandhi and S. A. Kassam, "Analysis of CFAR processors in Nonhomogeneous Background," *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, vol. 24, pp. 427-445, July 1988.
7. N. Levanon, *Radar Principles*, Wiley-Interscience, New York, 1988.

저자 약력

• 최 준 혁 (Jun-Hyeok Choi)



2007년 2월: 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 (공학사)
 2009년 2월: 경북대학교 대학원 전자전기컴퓨터학부 (공학석사)
 2009년 1월~현재: LIG넥스원(주)
 ※ 주관심분야: 수중음향신호처리, 표적탐지 및 추적

• 윤 경 식 (Kyung-Sik Yoon)

현재: 김천내혁 재활언어교성과
 한국음향학회지 제19권 1호 참조

• 이 수 형 (Soo-Hyung Lee)

한국음향학회지 제28권 2호 참조

• 권 범 수 (Bum-Soo Kwon)

한국음향학회지 제27권 3호 참조

• 이 균 경 (Kyun-Kyung Lee)

한국음향학회지 제26권 2호 참조