

2-step CFAR 에 기반한 항적탐지 방법

서영광, 도대원*, 김형문*, 김형남
 부산대학교, *국방과학연구소

hnkim@pusan.ac.kr

A 2-step CFAR based Wake Detection Method

Seo Young-Kwang, Do Dae-Won*, Kim Hyung-Moon*, Kim Hyoung-Nam
 Pusan National University, *Agency of Defense Development

요 약

본 논문에서는 수상운동체의 기포항적에 산란된 항적신호를 수중운동체에서 탐지하기 위한 CFAR (constant false alarm rate) 기반 항적신호 탐지 방법을 제안한다. 첫 번째 CFAR 탐지에서는 항적신호에 포함된 수표면 반사신호의 위치를 탐지하고, 두 번째 CFAR 탐지에서는 항적신호의 좌/우 경계면을 탐지하고 항적신호의 길이를 추정한 후 설정한 항적길이 문턱값과 비교하여 기포항적의 존재 유무를 판단한다. 제안된 항적탐지 알고리즘은 오탐지와 항적의 경계면을 구분하기 때문에 높은 탐지 확률의 CFAR 를 적용할 수 있다. 모의실험을 통해 제안된 항적탐지 알고리즘이 높은 탐지 확률의 CFAR 를 적용하지만 오탐지를 제거하고 항적신호를 탐지할 수 있음을 보인다.

I. 서 론

항적탐지는 수상운동체의 기동경로를 추적하기 위해서 수상운동체의 기동에 의해 발생한 기포항적의 존재 유무를 탐지하는 기술로, 복잡한 수중환경과 다양한 간섭요인에 큰 영향을 받지 않는 기술이다 [1]. 기포항적 아래에 위치한 수중운동체에서 측정된 수신신호에는 항적신호와 수표면 반사신호가 함께 존재하며, 수표면 반사신호 때문에 항적신호의 존재 유무를 정확히 탐지하기 어려운 문제점이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 2 개의 CFAR (constant false alarm rate) 탐지기를 순차적으로 사용하는 항적탐지 방법을 제안하고, 모의실험을 통해서 제안된 방법을 통해 효과적으로 항적신호를 탐지할 수 있음을 보인다.

II. CFAR 기반 항적탐지 기법

수중운동체에서 수상운동체의 기포항적 존재 유무를 탐지하기 위해 신호를 송/수신하는 상황은 그림 1 과 같으며, 센서에 수신된 신호에는 그림 2 와 같이 수표면 반사신호, 항적신호, 잡음신호가 함께 존재한다. 크기가 크고 고속으로 기동하는 수상운동체에 의해 발생한 강력한 기포항적이 존재하는 상황에서는 큰 항적신호가 발생하여 수표면 반사신호가 항적신호 탐지에 큰 영향을 미치지 않지만, 항적신호가 크지 않은 경우에는 수표면 반사신호의 영향으로 인해 항적신호 탐지의 어려움이 있다. 작은 크기의 항적신호를 탐지하기 위해 첫 번째 CFAR 탐지기에서 수표면 반사신호의 위치를 추정하고, 두 번째 CFAR 탐지기에서 작지 않은 오탐지 확률을 적용하여 항적신호의 좌/우 경계를 추정한다. 오탐지 확률이 작지 않기 때문에, 항적신호의 좌/우 경계를 탐지하는 과정에서 많은 오탐지가 발생한다. 하지만 각각의 오탐지가 발생한 구간 길이는 항적신호의 좌/우 경계

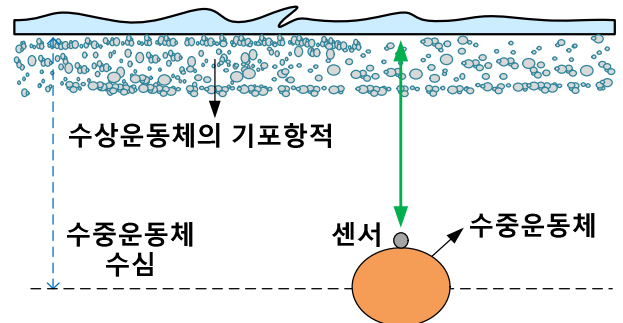


그림 1. 수상운동체의 기포항적과 수중운동체의 기하학적 위치.



그림 2. 수표면 반사신호, 항적신호, 잡음신호로 구성된 수신신호.

탐지된 구간의 길이에 비해 아주 작기에 항적신호의 경계와 오탐지 결과를 구분하는 것은 어렵지 않다.

첫 번째 CFAR 탐지기에서는 수표면 반사신호를 탐지하기 위해 그림 3 과 같이 좌/우 reference window cell 을 모두 사용하는 CA (cell averaging) CFAR 를 적용하였으며, 두 번째 CFAR 탐지기에서는 항적신호의 좌측경계를 탐지하기 위해서 좌측 reference window 만

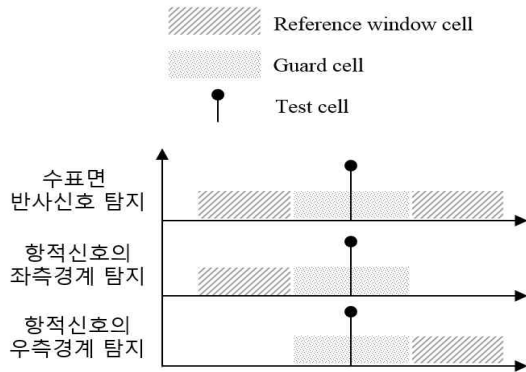


그림 3. CA-CFAR의 cell 구조.

사용하는 CA-CFAR를 적용하고, 항적신호의 우측경계를 탐지하기 위해서 reference window 만 사용하는 CA-CFAR를 적용한다.

III. 모의실험

제안된 항적탐지 알고리즘으로 수표면 반사신호의 위치와 항적신호의 좌/우 경계의 추정 결과를 확인하기 위해 CFAR 탐지기의 오탐지 확률을 0.01로 설정하고 오탐지를 제거한 경우(case 1)와 오탐지 확률을 0.00001로 설정하고 오탐지를 제거하지 않은 경우(case 2)에 대해서 모의실험을 진행하였다. 오탐지 확률이 크면 탐지 확률도 크기 때문에 오탐지가 자주 발생하지만 항적신호의 항적구간 길이가 길게 추정되며, 오탐지 확률이 작으면 탐지 확률도 작기 때문에 오탐지가 거의 발생하지 않지만 항적신호의 항적구간 길이가 짧게 추정된다. 센서의 수심을 30m로 설정하고 항적신호의 크기가 3인 항적신호를 생성하여 항적신호의 좌/우 경계를 탐지하고 항적구간길이를 추정하는 시뮬레이션을 1000번 수행하였다. 항적신호의 존재유무를 탐지하기 위한 항적구간길이의 문턱값을 15ms로 설정하고 case1과 case2에 대한 항적탐지 결과를 비교하였다.

Case 1에서 수신신호의 포락선, CFAR 문턱값, 탐지구간, 그리고 탐지된 좌/우 경계면을 그림 4와 그림 6에 나타내며, case 2에서의 결과를 그림 5와 7에 나타내었다. 1000번 반복 시뮬레이션으로 얻어진 항적구간길이의 히스토그램을 그림 8에 나타내었으며, case 1과 case 2의 항적탐지 확률은 각각 73%, 99.8%이다. 제안된 기법으로 항적탐지를 수행할 경우 높은 탐지 확률의 CFAR를 적용하고 오탐지는 제거하는 것이 효과적이다.

IV. 결과

본 논문에서는 수상운동체의 기포항적의 존재 유무를 탐지하기 위해서 2개의 CFAR 탐지기를 순차적으로 사용하는 항적탐지 방법을 제안하였다. 제안된 방법을 이용하여 낮은 파워의 항적신호를 탐지할 경우에는 높은 탐지 확률의 CFAR를 적용하고 발생한 오탐지를 제거하는 것이 효과적이다. 제안된 알고리즘은 수상운동체 기포항적의 탐지가 필요한 응용분야에서 활용될 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 국방과학연구소의 “실시간 음향신호처리 구현 및 탐지 융합 알고리즘 연구 (계약번호 UD130003DD)”에 대한 연구용역으로 수행하였음.

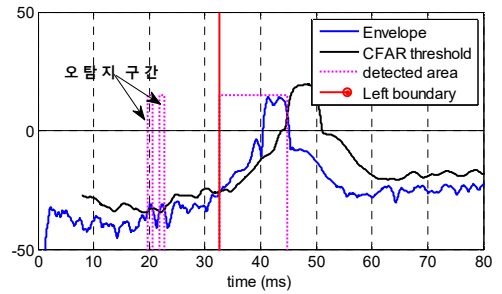


그림 4. Case 1의 경우 항적신호 좌측 경계면 탐지.

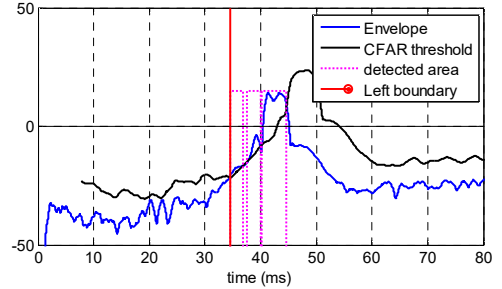


그림 5. Case 2의 경우 항적신호 좌측 경계면 탐지.

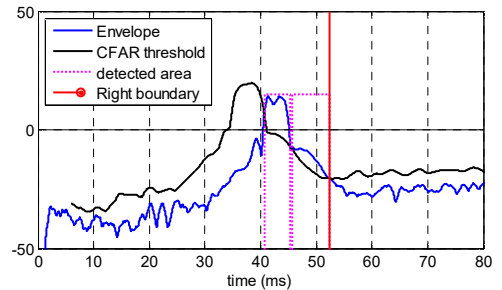


그림 6. Case 1의 경우 항적신호 우측 경계면 탐지.

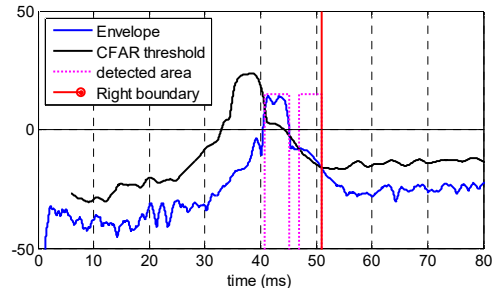


그림 7. Case 2의 경우 항적신호 우측 경계면 탐지.

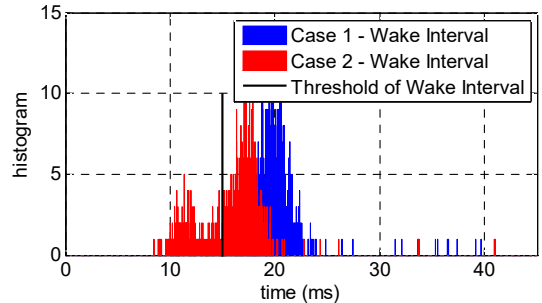


그림 8. Case 1 & 2의 경우에서 추정된 항적구간길이의 히스토그램.

참고 문헌

[1] 이영현, 구분화, 정문석, 홍우영, 고한석, “두 개의 항적센서를 이용한 수상 항적 탐색 방법,” 한국음향학회지, 제 29권, 제 3호, pp 155~164, 2010년 3월.