

IIR과 CCD 영상 융합 환경의 표적 크기 추정 기술을 사용한 추적 성능 개선 연구

A Study on the Target Tracking Algorithm based on the Target Size Estimation at CCD & IIR Image Sequence

정 윤 식*, 노 신 백
(Yun Sik Jung^{1,*} and Shin Baek Rho¹)

¹Daegu 2nd team, Defense Agency for Technology and Quality

Abstract: In this paper, we propose a F-MBE algorithm for Dual mode seeker (CCD and IIR). The MBE algorithm show improved performance at the IIR target size estimation. but the MBE can't use at Dual Mode seeker. To overcome this problem, we apply template matching method for CCD target size information. The performance of proposed F-MBE method is tested at target intercept scenario of dual mode seeker equipped missile. The experiment results show that the proposed algorithm has the relatively improved performance.

Keywords: target tracking, target size, imaging infrared, distance information, HPDAF, MBE, F-MBE

I. 서론

현대전에서는 표적을 요격하기 위한 다양한 수단이 존재하지만 그중 가장 현대화 된 재래식 무기는 유도 미사일이 다. 유도 미사일의 탐색기로 초창기엔 IR (Infrared), RF (Radio frequency)를 사용하여 왔지만 기술의 발전 추세와 더불어 이들 유도 미사일을 능동적으로 회피하기 위한 수단들도 발전하여 표적에 대한 요격 성능이 점차 저하되는 추세가 나타났다. 이에 유도탄의 요격성능을 향상하고자 다양한 방식의 탐색기를 연구, 개발하여 왔으며 그 결과물 중 하나가 바로 IIR (Imaging Infrared) 탐색기이다.

IIR 탐색기는 기존의 가시광선 대역을 영상화 하는 EO (Electro Optic)과 다른 적외선 대역을 영상화하기 때문에 영상이라는 점은 같지만 영상 화면에 나타난 표적의 특징은 차이가 크다. 일반적으로 EO에서의 표적은 눈에 보이는 것과 같은 형태로 나타나지만 IIR에서는 엔진과 같이 열을 발생하는 부분들과 철과 같이 열에 의해 빠른 속도로 뜨거워지는 부분에서 큰 신호가 발생하기 때문에 더 밝은 색으로 영상에 나타난다. 때문에 표적의 형상이 IIR 영상에 전체가 나타나지 않고 부분적으로 나타나는 경우가 많다. 또한 습도나 온도 등의 대기 환경에 의해서도 적외선 복사 에너지가 IIR 카메라까지 도달하는 비율이 달라지기 때문에 표적에 대한 형상이 뚜렷하게 나타나지 않을 수도 있으며 심지어는 보이지 않을 가능성도 많다. 이러한 여러 단점에도 불구하고 IIR은 야간에도 표적을 뚜렷하게 확인 할 수 있다는 점이나 연기와 같은 시야를 가리는 현상에도 불

구하고 표적을 볼 수 있다는 점, 어지러운 배경에서도 표적을 쉽게 구분 가능하다는 점 등의 여러 장점을 가진다.

CCD 탐색기는 IIR에 비해 우리의 눈에 비치는 영상과 같은 가시광선 대역을 그대로 화면화 하기 때문에 원거리의 표적을 전혀 구분 할 수 없다는 점, 표적과 유사한 색상의 물체들이 어지러이 섞여 있을 경우 표적의 구분이 어렵다는 점 등이 단점으로 꼽히지만 표적의 모양이 뚜렷하게 보인다는 점이나 표적을 쉽게 인식가능하다는 점 등이 장점으로 꼽힌다.

최근 유도 미사일의 탐색기는 앞서 설명한 IIR의 장점과 CCD의 장점을 효과적으로 활용하기 위해 두 탐색기를 결합한 듀얼모드 탐색기(Dual mode seeker)를 구성하여 표적 추적 및 요격 성능 개선을 위해 노력하고 있다. 이러한 듀얼모드 탐색기에서의 표적 추적 성능을 좌우하는 것은 두 탐색기의 정보를 어떻게 효율적으로 결합하여 시너지 효과를 내는가와 이를 현실화 할 소프트웨어이다. 이러한 다양한 센서의 정보융합에 대한 연구는 다양하게 진행되어 왔다.

정보융합 알고리즘[1]은 구조적으로 크게 중앙집중식과 분산식 알고리즘으로 나뉜다. 중앙집중식 알고리즘은 융합의 센터가 중앙에 위치한 것으로 각 센서들은 단지 측정치의 정보만 전송하고 이러한 정보를 전송받은 중앙에서 측정정보를 융합하여 표적 추적을 수행하는 것이며 분산식 정보융합 알고리즘은 각 센서에서 추적을 수행하여 추적 결과를 중앙에 보내 이를 적절히 사용하는 것이다.

정보융합 알고리즘에 더하여 표적 추적 성능을 좌우하는 것은 표적추적 알고리즘의 성능이다. 지난 연구에서는 표적 추적 성능을 개선하기 위한 표적 크기 추정 알고리즘인 MBE (Model Based target size Estimator) [2] 알고리즘을 제안하였으며 시뮬레이션을 통해 효과적임을 확인하였다. 그러나 이는 IIR 단일 센서를 장착한 유도 미사일에서의 표

* Corresponding Author

Manuscript received July 4, 2014 / revised October 7, 2014 / accepted November 27, 2014

정윤식, 노신백: 국방기술품질원 대구2팀
(highmank@gmail.com/rhosb@daq.re.kr)

적크기 추적 알고리즘을 적용한 효과를 판단한 것으로 듀얼 모드 탐색기인 CCD와 IIR의 융합된 환경에서 알고리즘의 성능을 효과적으로 개선 가능한 것으로 판단된다. 따라서 본 논문에서는 CCD와 IIR 기반의 듀얼모드 탐색기 환경에서 효과적인 표적 추적을 위한 F-MBE (Fusing measurement-MBE) 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 II 장에서는 MBE 알고리즘을 III 장에서는 IIR 기반의 정보를 사용하며 CCD 영상의 정보를 활용한 표적의 크기를 추정하는 융합 알고리즘인 F-MBE 알고리즘을 설명한다. IV 장에서는 듀얼모드 탐색기 환경의 시뮬레이션을 바탕으로 F-MBE 알고리즘의 성능을 확인하는 시뮬레이션의 수행결과를 설명하며 마지막 V 장에서는 지금까지 제안한 F-MBE 알고리즘의 분석결과를 바탕으로 결론을 내린다.

II. 표적 크기추정을 위한 MBE 알고리즘

영상의 사영중심으로부터 형성되는 카메라의 시야각 정보를 바탕으로 실제 표적의 크기 및 영상 화면상에 나타나는 표적의 크기 정보는 아래와 같이 정리된다.

$$X_{target} = \frac{X_{cam}}{\theta_{cam}} \theta_{target} = \frac{X_{cam}}{\theta_{cam}} 2 \tan^{-1} \frac{a/2}{r} \quad (1)$$

위 식에서 θ_{target} 은 영상에 나타난 표적의 크기 픽셀(pixel)정보 X_{target} 를 카메라의 시야각 정보와 총 픽셀 정보를 사용하여 각도 정보로 환산 하였을 때 계산된 표적의 각도를 나타낸 것이고 θ_{cam} , X_{cam} 은 각각 카메라의 시야각 및 총 픽셀 정보이다. r 은 표적과 사영중심(projection center)과의 거리 이며 a 는 실제 표적의 크기이다[2].

영상에 나타난 표적의 크기변화가 감지되고 표적과 유도 미사일 발사시의 초기 거리가 주어진 경우 표적이 움직이지 않는다고 가정하면 식 (3)과 같다.

$$r_{t+1} = r_t - \dot{r}_t \quad (2)$$

식 (2)의 r_t 는 t 시간의 영상 프레임의 유도 미사일과 표적 사이의 거리를 \dot{r}_t 는 t 시간의 영상 프레임의 유도 미사일의 속도이다.

지금까지 획득한 정보를 사용하여 가능한 정확한 표적 크기 값인 a 를 찾기 위해 최소 자승법(Least square method)

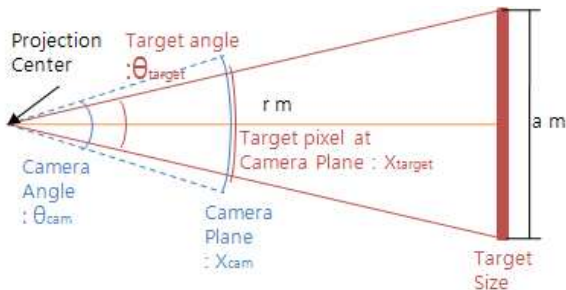


그림 1. 각도를 사용한 영상화면에서의 표적 모델링.
Fig. 1. Target size modeling at image plane using angle information.

을 사용한다. 이를 위해 식 (1)을 식 (2)와 영상에서의 표적 크기 데이터 n 개를 모아 표적의 실제 크기에 대하여 최소 자승법으로 풀면 식 (3)과 같다.

$$a = 2 \frac{\sum_{i=1}^n r_i \frac{1}{\tan(\theta_i/2)}}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{\tan(\theta_i/2)} \right)^2} \quad (3)$$

식 (3)에서 r_i 는 i 번째 거리 데이터이고 θ_i 는 i 번째 영상의 표적 픽셀 크기를 각도 정보로 환산한 것이다. 표적의 크기모델의 표적 크기 값인 a 를 계산한 후에는 계산된 표적의 크기로부터 유도 미사일과 표적사이의 가상거리에 대한 추정을 칼만 필터(Kalman filter) [3]를 사용하여 수행한다.

prediction :

$$\begin{aligned} \bar{X}_t &= F \hat{X}_{t-1} \\ \bar{P}_t &= F \hat{P}_{t-1} F^T + Q_{t-1} \end{aligned} \quad (4)$$

update (m0) :

$$\begin{aligned} \hat{X}_t &= \bar{X}_t^{re} = \begin{bmatrix} x_t \\ -m_{speed}/fps \end{bmatrix} \\ \hat{P}_t &= \bar{P}_{t-1} \end{aligned} \quad (5)$$

update (m1) :

$$\begin{aligned} K_t &= \bar{P}_t H^T (H \bar{P}_t H^T + R_t)^{-1} \\ \hat{X}_t &= \bar{X}_t + K_t (z_t - H \bar{X}_t) \\ \hat{P}_t &= (I - K_t H) \bar{P}_{t-1} \end{aligned} \quad (6)$$

거리 추정을 위해 식 (1)에 의하여 계산된 거리 측정치 및 t 시간의 영상 프레임간의 측정치 노이즈 값인 R_t 는 아래와 같다.

measurement generation :

$$Z_t = \frac{a/2}{\tan\left(\frac{X_{target}^t}{2} \frac{\theta_{cam}}{X_{cam}}\right)} \quad (7)$$

measurement noise :

$$R_t = \frac{a/2}{\tan\left(\frac{X_{cam}}{\theta_{cam}} (X_{target}^t / 2 + k)\right)} + \frac{a/2}{\tan\left(\frac{X_{cam}}{\theta_{cam}} (X_{target}^t / 2 - k)\right)} \quad (8)$$

또한 유효 측정 영역은 다음과 같이 구한다.

$$\begin{aligned} r_{max} &= \bar{X}_{11}^t + (\gamma \bar{P}_{11}^t + R_t) \\ r_{min} &= \bar{X}_{11}^t - (\gamma \bar{P}_{11}^t + R_t) \end{aligned} \quad (9)$$

식 (13)의 \bar{X}_{11}^t 은 t 시간의 \bar{X} 의 1행 1열값이고 \bar{P}_{11}^t 는 t 시간의 \bar{P} 의 1행 1열값이다. γ 는 게이트 크기(gate size)로 $\gamma=9$ 이다. 위 식 (9)를 사용하여 구해진 r_{max} , r_{min} 값은 거리 측정치의 최대 최소를 나타내는 것으로 두 값 사이에 측정치가 있을 경우 측정치가 존재하는 것으로 판단하여 m1을 측정치가 존재하지 않을 경우 m0로 판단한다.

III. 제안 알고리즘 F-MBE

최근 유도미사일의 탐색기의 개발 방향은 주로 듀얼모드 탐색기이다. 이는 단일센서로는 센서만의 한계를 극복 할 수 없어 두 개의 센서를 사용하여 서로의 단점을 보완하고 장점을 부각시키기 위한 구성이다. 예를들어 IIR의 경우 야간에 우수한 성능을 보이나 주간에는 CCD에 비교적 떨어지는 성능을 나타낸다. 이는 주간 환경이 태양의 열기로 인해 열을 내포하게 되는 물체들이 다수 존재하는 환경이고 태양광에 의하여 반사된 광이 IIR에서는 열원으로 인식되기 때문이다. 때문에 다양한 이중센서간 듀얼모드를 구성한 탐색기가 개발되고 있으나 그러한 환경에서 동작하기 위한 알고리즘의 개발은 더딘 상태이다.

이에 본 논문에서는 추적필터를 사용한 알고리즘에 사용될 MBE 알고리즘을 IIR과 CCD로 구성 된 듀얼모드 탐색기 상에서 최적의 조건으로 동작 가능하도록 개선한 F-MBE 알고리즘을 개발하였다. F-MBE 알고리즘은 IIR센서의 영상의 처리 결과 측정 정보와 CCD에서 변형된 템플릿 매칭을 통해 산출 된 위치 좌표 및 대략적인 크기 정보를 서로 융합하여 보다 정확한 표적의 위치정보와 크기정보를 산출한다, 본 절에서는 IIR 중심의 CCD센서의 측정정보를 활용한 F-MBE 알고리즘을 설명한다.

표적 추적을 위한 HPDAF 알고리즘[4,5]은 KF의 추적 알고리즘과 HPDA 정보융합 기법을 결합한 것으로 크게 추정과 쇄신으로 나눌 수 있다. MBE 알고리즘은 측정치에 의한 쇄신 이후 표적의 유효추정영역을 표적의 측정치 크기를 기반으로 계산하도록 설계되어 있다. 따라서 만약 표적의 측정치의 크기를 잘못 산정하는 경우 MBE 알고리즘이 그에 반응하여 잘못 산정된 크기만큼 오판단 한 유효추정영역을 산출하게 된다. 따라서 CCD로부터 표적의 크기정보를 재산정하여 표적 크기를 정확히 산정 할 수 있도록 한다.

현재 획득한 표적의 측정치의 MBR (Minimum Boundary Rectangular) 중 좌, 우 방향에 대하여 CCD 영상으로부터 획득한 템플릿 정보를 적용한다. CCD 영상의 표적은 IIR과는 달리 신호세기에 의하여 표적을 구분 할 수 없기 때문에 표적 크기정보를 획득하기 위한 방법으로 CCD 영상에 가장 널리 쓰이는 알고리즘인 템플릿 매칭을 좌, 우 방향의 모서리에 적용 및 매칭을 수행한다.

$$Z_l^T = \max_M M(T_r, I_l) \tag{10}$$

$$Z_r^T = \max_M M(T_l, I_r)$$

위 식에서 T_l 은 표적의 왼쪽으로 T_r 은 표적의 오른쪽에 해당하는 템플릿을 의미한다. $T_{l,x_{min}}, T_{l,x_{max}}, T_{l,y_{min}}, T_{l,y_{max}}$ 는 각각 표적의 왼쪽에 대한 템플릿의 가로, 세로방향의 최대 최솟값이다. Z_l^T, Z_r^T 은 템플릿에 의한 좌우 방향의 위치를 의미한다. T_l 과 T_r 은 각각 템플릿이며 I_l 과 I_r 은 현재 입력된 영상 중 T_l 과 T_r 에 대하여 매칭을 수행 할 부분이다. 표적의 가장자리의 템플릿을 확보하기 위해 표적의 네 방향에 대한 템플릿을 사용 가능하지만 공중에서 내려다본 표적의 영상은 상하 방향의 표적 형상은 압축된 형태로 나

타나지만 좌우 방향은 압축되지 않아 본 알고리즘에서는 좌우 방향의 템플릿 정보만을 활용한다.

템플릿 매칭 알고리즘[6,7]은 위 식과같이 동일하게 표현될 수 있으나 계산 방법에 따라 연관도(Correlation)을 계산하는 방법이나 절대차를 계산하는 방법 등 다양한 방법이 존재한다. 본 논문에서는 이들 여러 방법 중에서 절대차를 계산하는 대표적인 방법인 SAD (Sum of Absolute Difference) 알고리즘을 사용하여 매칭값을 계산한다.

$$M(T_r, I) = \frac{1}{\sum_{i=-t}^t \sum_{j=-t}^t |T_r(i, j) - I(x_r + i, y_r + j)|}, I_r \ni I(x_r, y_r) \tag{11}$$

$$M(T_l, I) = \frac{1}{\sum_{i=-t}^t \sum_{j=-t}^t |T_l(i, j) - I(x_l + i, y_l + j)|}, I_l \ni I(x_l, y_l)$$

산출된 좌우 방향의 표적의 템플릿은 위치는 IIR로부터 산출된 표적의 크기정보와 다음과 같이 융합한다.

$$Z_l(x) = (1 - \alpha)R_l(Z^{IIR}) + \alpha Z_l^{CCD}(x) \tag{12}$$

$$Z_r(x) = (1 - \alpha)R_r(Z^{IIR}) + \alpha Z_r^{CCD}(x)$$

위 식에서 $Z_l^{CCD}(x), Z_r^{CCD}(x)$ 은 CCD로부터 획득한 표적 좌우 방향의 템플릿 매칭 위치의 x값이다. $R_l(Z^{IIR}), R_r(Z^{IIR})$ 은 IIR로부터 획득한 측정치 MBR (Minimum Boundary Rectangular)의 좌우 크기이며 α 는 두 값을 조합하기 위한 이득 값으로 튜닝 하여 적절한 값을 선택한다. 본 논문에서는 수번의 시험을 통해 이 값을 0.75로 설정 하였다. 표적 추적을 위한 측정 정보는 표적의 위치에 의해 영향을 받으며 표적 이외의 물체와 결합한 측정치에 의해 표적의 크기가 증가한 경우 표적의 위치 정보도 수정해야한 표적 추적이 원활히 이루어 질 수 있다. 따라서 표적 위치 정보는 다음과 같이 융합한다.

$$Z(x) = (1 - \alpha)Z^{IIR}(x) + \alpha \left(\frac{Z_l^{CCD}(x) + Z_r^{CCD}(x)}{2} \right) \tag{13}$$

$$Z(y) = (1 - \alpha)Z^{IIR}(y) + \alpha \left(\frac{Z_l^{CCD}(y) + Z_r^{CCD}(y)}{2} \right)$$

위 식에서 $Z^{IIR}(x), Z^{IIR}(y)$ 는 IIR로부터 획득한 측정치의

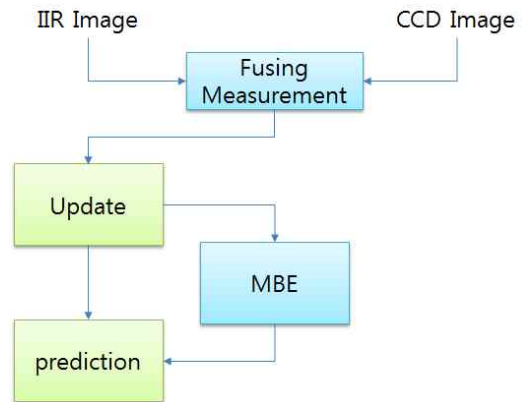


그림 2. F-MBE(블록도).
Fig. 2. F-MBE(block diagram).

x, y 위치이다. 아래는 제안하는 F-MBE 알고리즘을 블록도로 나타낸 것이다.

그림 2에서 하늘색 사각형은 기존 HPDAF 추적 필터의 부분 중 F-MBE 알고리즘을 추가 된 부분이며 녹색 부분은 F-MBE와 결합하는 HPDAF의 주요 부분이다.

IV. 시뮬레이션 결과

제안한 F-MBE 알고리즘의 성능을 분석하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션에서 유도 미사일은 근거리 유도 미사일이며 표적으로부터 1km 떨어진 곳에 위치하고 있다. 표적은 전차로 5m/s 속도로 오른쪽으로 이동한다. 제안하는 알고리즘의 정확한 성능 비교를 위해 환경적인 특징으로 표적이 이동하는 부분에 표적과 영상에서 겹쳐지는 표적과 유사한 신호세기를 가진 바위를 위치시켜 표적의 측정치를 명확히 추출하기 어렵게 하였다.

본 시뮬레이션에서 비교하는 알고리즘은 기존에 제안하였던 MBE 알고리즘과 본 논문에서 제안한 F-MBE 알고리즘으로 추적필터인 HPDAF는 동일하게 사용한다. 따라서 시뮬레이션 상에서는 탐색기에 MBE-HPDAF와 F-MBE-HPDAF 알고리즘을 사용한 유도 미사일에 대한 성능을 비교한다.

그림 3은 시뮬레이션의 시나리오를 나타낸 것이다.

그림 4는 표적이 5m/s로 이동하는 시나리오에 대한 시뮬레이션 결과이다. 그림 4의 왼쪽은 IIR, CCD의 듀얼모드 탐색기 상의 제안한 알고리즘인 F-MBE를 사용한 결과이고 오른쪽은 기존의 IIR 탐색기 상의 MBE 알고리즘의 결과이다.

시뮬레이션 결과 F-MBE를 사용하는 경우 측정치의 위치 정보 및 크기정보를 CCD로부터 획득한 정보를 융합하여 보완하므로 보다 표적의 정확한 위치와 정확한 크기를 산출하여 표적을 정확히 요격하는 것으로 나타났다. 반면에 MBE 알고리즘만을 사용하는 경우 244 frame에서 발생한 약간의 에러로 인해 표적의 측정치와 바위로부터 추출된 측정치가 결합되어 종국에는 표적을 요격하지 못하는 것으로 분석된다.

아래 시뮬레이션 시나리오는 앞서 수행한 시뮬레이션의 성능을 보다 명확히 검증하기 위해 수개의 바위를 더 추가하였으며 표적 방향을 좌우로 움직이게 하였다. 영상 탐색기 표적추적에서 표적의 기동이 가장 심하게 일어나는 시나리오는 본 시뮬레이션에서 제시하는 시나리오로 가장 최악의 조건이라 볼 수 있으며 본 논문에서 제안하는 F-MBE

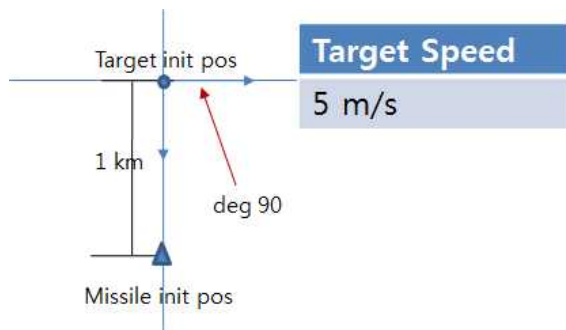


그림 3. 시뮬레이션 시나리오.
Fig. 3. Simulation scenario.

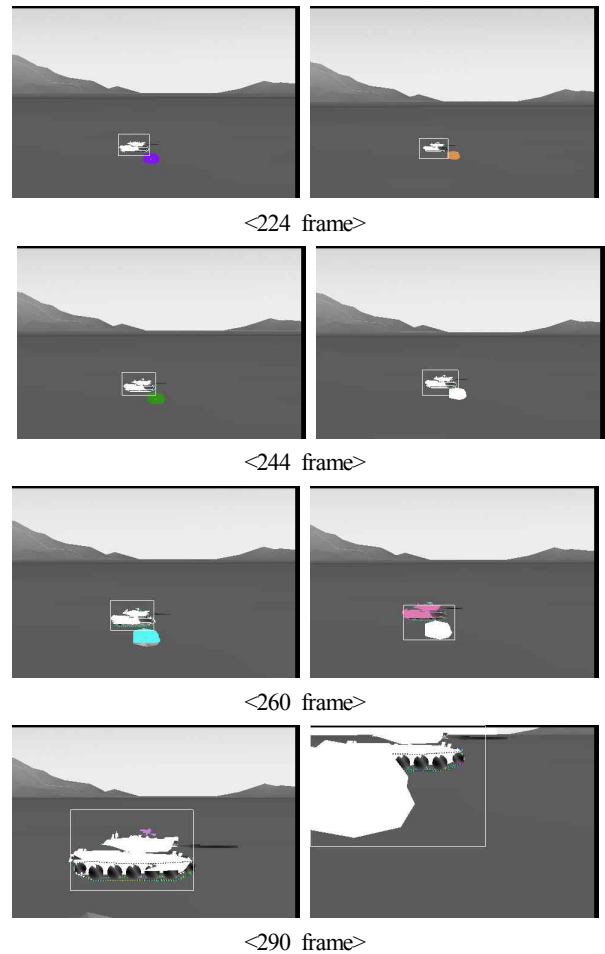


그림 4. 시뮬레이션 결과.
Fig. 4. Simulation result.

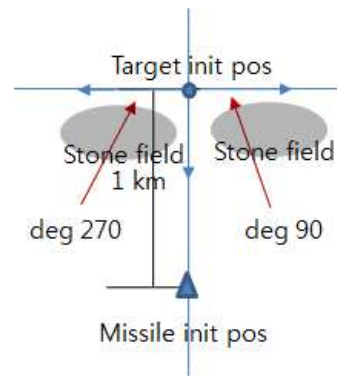


그림 5. 추가 시뮬레이션 시나리오.
Fig. 5. Additional simulation result.

알고리즘도 표적추적성능을 개선하기 위한 알고리즘이기에 가장 최악의 조건이라 볼 수 있다.

그림 6은 표적의 이동방향이 90도인 첫 번째 시나리오의 결과이고 그림 7은 270도인 두 번째 시나리오의 결과이다.

첫 번째 시나리오의 시뮬레이션 결과 수많은 바위로부터 발생한 표적과 유사한 신호들이 존재함에도 불구하고 F-MBE 알고리즘을 사용하는 경우 표적을 명확히 추적, 요격하는 것으로 분석 된다.

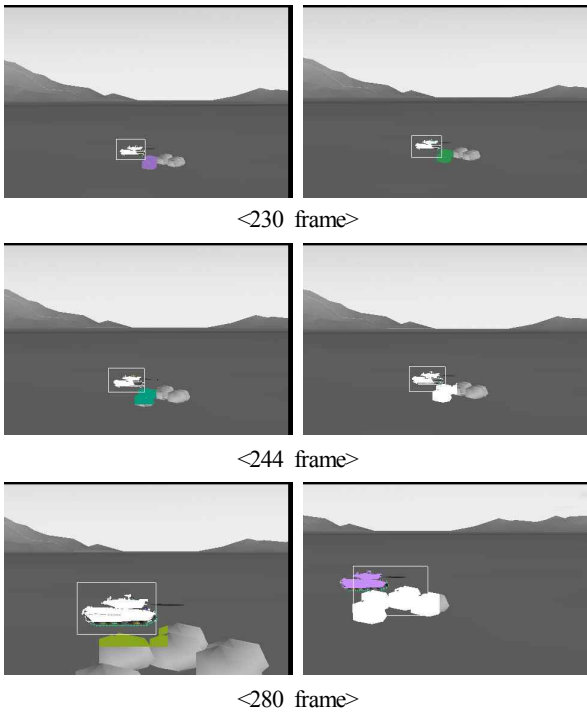


그림 6. 시나리오1 시물레이션 결과.
Fig. 6. Simulation result of scenario 1.

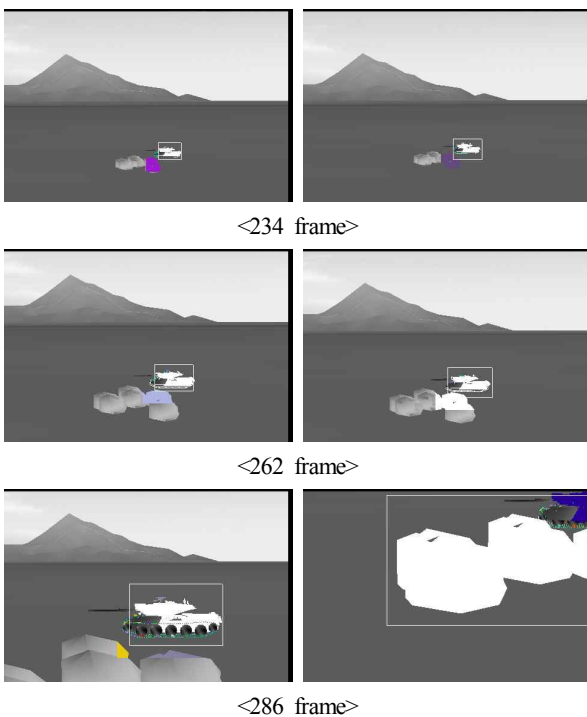


그림 7. 시나리오2 시물레이션 결과.
Fig. 7. Simulation result of scenario 2.

두 번째 시나리오에 대한 시물레이션 결과도 첫 번째 시나리오 시물레이션 결과와 유사하게 기존의 MBE를 사용하는 경우 표적과 바위의 측정치가 결합되어 추적 필터가 바위방향을 향하게 되므로 표적을 놓치지만 F-MBE 알고리즘의 경우 표적의 위치 및 크기 추정 정확도가 높아짐에 따

표 1. 성능 분석 시물레이션 결과.

Table 1. Performance analysis simulation result.

	MBE-HPDAF	F-MBE-HPDAF
target deg : 90	target alive	target destroy
target deg 270	target alive	target destroy

라 표적과 바위 신호를 정확히 분리하고 표적을 추적, 요격 가능하도록 한다.

표 1은 그림 5의 시물레이션의 결과를 정리한 것이다.

지금까지 수행한 여러 시물레이션으로부터 표적과 유사한 신호가 존재하는 영상환경에서 표적의 추적 성능을 개선하기 위해 표적의 크기를 추정하는 알고리즘인 MBE에 CCD의 데이터를 사용하는 F-MBE의 경우 기존의 단일 탐색기 상에서 사용하는 MBE보다 우수한 표적 요격성능을 확인 하였으며 MBE에 대한 듀얼모드 탐색기 상에서 적합한 성능을 보인다고 판단된다.

V. CONCLUSION

본 논문에서는 IIR 및 CCD 탐색기를 동시에 사용하는 듀얼모드 탐색기에 대한 표적 크기추정 성능 개선을 통해 표적 요격성능을 향상시키기 위해 F-MBE 알고리즘을 제안 하였다. F-MBE 알고리즘은 IIR 탐색기 기반의 MBE 알고리즘에 CCD 탐색기를 통해 수집한 표적 크기정보를 측정치 융합하여 표적의 크기를 추정하는 알고리즘으로 IIR 상의 표적과 유사한 신호세기를 가지는 물체에 의해 표적의 크기정보가 왜곡되는 경우에도 CCD 정보를 활용해 표적의 크기정보를 명확히 추정 할 수 있다. F-MBE 알고리즘은 시물레이션을 통해 기존에 제시된 MBE 알고리즘 보다 개선된 성능을 검증하였으며 그 결과 표적에 대한 크기 추정 성능 및 표적 요격 성능도 개선되었음을 검증하였다.

REFERENCES

- [1] Y. Bar-Shalom and X. R. Li, *Estimation and Tracking: Principles and Techniques and Software*, Artech House, Inc, 1993.
- [2] Y. Jung, S. S. Lee, and S. B. Rho, "A study on the target tracking algorithm based on the target size estimation," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, vol. 20(1), Jan. 2014.
- [3] Y. Bar-Shalom, T. E. Fortmann, *Tracking and Data Association*, Academic Press, New York, 1988.
- [4] T. L. Song and D. S. Kim, "Highest probability data association for active sonar tracking," *The 9th International Conference on Information Fusion*, Jul. 2006.
- [5] Y. S. Jung and T. L. Song, "A study of IIR target detection and tracking with feature based HPDA," *The Korea Institute of Military Science and Technology (in Korean)*, vol. 11, no. 4, pp. 124-132, Jun. 2008.
- [6] E. Trucco and A. Verri, *Introductory Techniques for 3-D Computer Vision*, Prentice Hall, 1998.
- [7] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing 3rd Edition*, Prentice Hall, 2007.



정 윤 식

2005년 한양대 전자컴퓨터공학부 졸업.
2007년 동 대학원 석사 졸업. 2013년
동 대학 박사 졸업. 2012년 국방기술
품질원 입사. 관심분야는 영상 표적
탐지 및 추적.



노 신 백

1999년 단국대 전자공학과 졸업. 2001
년 동 대학원 석사 졸업. 2002년~현재
국방기술품질원 재직 중. 관심분야는
영상 표적탐지 및 신호처리.