

## 해상 탐지 영상에서의 비행체 표적 선정에 관한 연구

김기범<sup>\*,1)</sup> · 백인혜<sup>1)</sup> · 권기정<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 국방과학연구소 제1기술연구본부

### A Study on Target Selection from Seeker Image of Aerial Vehicle in Sea Environment

Ki-Bum Kim<sup>\*,1)</sup> · In-Hye Baek<sup>1)</sup> · Ki-Jeong Kwon<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> The 1st Research and Development Institute, Agency for Defense Development, Korea

(Received 17 February 2017 / Revised 23 May 2017 / Accepted 25 August 2017)

#### ABSTRACT

We deal with the target selection in seeker-detection image through network, using the detection information from aerial vehicle and the target information from surveillance and reconnaissance system. Especially, we constrain the sea battle environment, where it is difficult to perform scene-matching rather than land. In this paper, we suggest the target selection algorithm based on the confidence estimation with respect to distance and size. In detail, we propose the generation method of reference point for distance evaluation, and we investigate the effect of pixel margin and target course for size evaluation. Finally, the proposed algorithm is simulated and analyzed through several scenarios.

Key Words : Target Selection(표적 선정), Generation of Aim Point(조준점 생성), Confidence Evaluation(신뢰도 평가)

#### 1. 서론

다양한 분야의 산업 기술 발전에 힘입어 고효율, 저비용의 유도무기들이 무유도 로켓 등의 20세기의 화력요소를 대체하고 있다. 특히, 통신네트워크 및 관련 장비들의 소형화 기술의 발달로 전술 무장들의 NCW(Network Centric Warfare)로의 전장 환경의 변화가 선진국을 중심으로 진행되고 있다<sup>1-6)</sup>. 네트워크 기반 전

장 환경의 여러 특징 중 한 가지인 표적의 선별 타격 능력은 감시 정찰 체계로부터의 실시간 표적 정보 수집 및 비행체(무장) 과의 탐지 영상 및 제어 정보의 송수신을 기반으로 한다.

이러한 표적 선별 타격 능력 향상은 센서 체계로부터 수신된 기준 정보와 비행체 탐지 영상 정보의 활용 여부에 달려있다. 다시 말해 센서 체계로부터 수신되는 정보는 신속하고 정확해야 하며, 이러한 정보를 기준으로 탐지 영상 내 여러 물표(track)들 중 목표 표적을 잘 선정하여야 한다. 보통 센서 체계 성능 개선이 단기간에 쉽지 않은 상황에서 표적 선별 타격 능력은 주

\* Corresponding author, E-mail: kgb@add.re.kr  
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

어진 환경에서 목표 표적 선정 기술에 의존하게 된다.

일반적으로 목표 표적을 선정하는 방법은 육상 환경과 해상 환경에 따라 상이한 기술을 적용한다. 육상 환경은 분석할 영상 정보가 복잡하지만 대신 주변의 매칭 점들을 활용할 수 있는 장점이 있다<sup>7)</sup>. 하지만 해상의 경우는 영상 정보는 단순하지만 매칭 점으로 활용할 만한 주변 영상 정보 획득이 어렵다. 따라서 비행체나 센서 체계 정보 오차로 인한 탐지 영상에서 선단 형태 내 목표 표적을 정확히 선별해 내기가 쉽지 않다.

한편 해상 환경에서 영상 오차를 극복을 위한 표적 선정 방식은 비행체가 특정 지점으로 진행한다 가정 하에 표적의 동적 기동을 예측하여 탐지 영상 내 물표들의 거리 및 크기 등을 비교하여 선별하게 된다<sup>8,9)</sup>.

본 논문에서는 해상 전장 환경에서 네트워크화 된 센서 및 무장 체계를 운용하는 상황에서 표적 선별 능력을 갖추기 위해, 센서 체계로부터 수신된 신뢰도 높은 표적 정보와 비행체에서 수신한 탐지 영상을 이용하여 표적의 거리, 크기, 배치를 고려한 표적 선정 알고리즘을 제안하고, 제안된 논리를 적용한 실험 결과를 분석하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 탐색기 영상정보 분석을 위해 영상에서의 픽셀과 실제 거리의 관계를 살펴본다. 3장에서 해상표적 영상정보에서 표적 선정에 관한 고려해야 될 요소를 살펴본 후, 표적 선정에 관한 알고리즘을 제시한다. 다양한 시나리오 별로 표적 선정에 관한 실험 결과를 4장에서 분석한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론을 맺고 향후 연구방향을 제시하고자 한다.

## 2. 영상 정보 분석

### 2.1 배경

본 논문은 고속으로 이동하는 비행체에서 관측된 탐색 영상이 무장데이터링크를 통해 주기적으로 비행체 운용 시스템에 전송되고, 비행체 운용자는 전송된 탐색 영상을 이용하여 비행체의 조준점을 선정하여 비행체로 전송하는 시스템을 고려한다. 더불어 비행체 운용 시스템은 무장데이터링크와는 별도로 전술망을 통해 해상 표적 주변의 탐지 정보를 실시간으로 수신하는 것을 가정한다. 여기에서 탐지 정보는 표적의 위치/속력/자세/크기 정보를 포함한다.

비행체 운용 시스템에서 비행체를 위한 조준점 선정을 위해, 운용시스템과 연동하는 센서 정보와 비행체의 하향링크를 통해 획득된 비행체 영상 및 위치/자세정보를 활용하게 된다. 이 절에서는 비행체로부터 수신된 탐색 영상 정보를 분석하고자 한다.

실제로 영상처리에 관한 상용 기술이 많이 보급되어 있다. 예를 들어 지형/지리 정보 및 표적 데이터베이스를 이용하여 삼차원 랜더링 기술을 이용하여 영상으로부터 표적 정보를 추출하는 것은 널리 알려져 있다. 하지만 조준점 생성을 위한 전반적인 개념을 수립하고, 조준점 생성 시 어떤 항목들을 세밀하게 고려할지 아이디어를 얻기 위해 탐색 영상 정보의 분석이 요구된다.

### 2.2 좌표계 변환

비행체가 피치  $\theta$  각도로 해상에 위치한 표적  $T$ 를 향해 진행하는 모습과 비행체 탐색 영상에 투영된 표적  $T_p$ 가 Fig. 1(a)에 보여진다. Fig. 1(a)에서  $T_p$ 를 포함하는 사각형은 탐색 영상의 우측 상단 1/4 크기이고, 왼쪽 아래 꼭짓점이 탐색 영상의 원점이 된다. 수신된 표적 영상과 센서로부터 받은 표적 위치의 관계를 알아보기 위해, 이 절에서는 탐색 영상의 픽셀 좌표 점  $(x, y)$ 와 탐색 영상의 원점에서의 거리 좌표 점  $(I_x, I_y)$ 의 상관관계를 살펴본다.

탐색기 영상 크기를  $2M \times 2N$  이라 할 때, 비행체가 진행하는 방향에 대한 수직 단면이 Fig. 1(b)에 보여진다. 여기서  $f_c$ 와  $\eta$ 는 비행체 탐색기의 수직 FOV (Field Of View) 와 비행체 및 표적 라인이 탐색기 중앙 시선각과 이루는 각을 나타낸다. 그러면 탐색 영상에 투영된 픽셀 좌표  $(0, y)$ 에 위치한 표적의 탐색영상 중심으로부터 X 축 방향 거리  $I_{0,y}$ 는 식 (1)과 같다.

$$I_{0,y} = SR \frac{\sin \eta}{\sin(\theta - \eta)}, \quad \eta = \arctan\left(\frac{y}{N} \tan f_c\right) \quad (1)$$

여기서 SR은 탐색영상 중심과 비행체간 거리이다.

또한 Fig. 1(c)는 비행체에서 탐색기를 통해 바라본 수평 단면을 보여준다. Fig. 1(a)에서 알 수 있듯이 실제 탐색기 창으로 보여지는 수평면의 영역은 Fig. 1(c)와 같이 사다리꼴 형태로 보이게 된다. 이 때 탐색 영상에 투영된 픽셀 좌표  $(x, y)$ 에 위치한 표적의 탐색영상 중심으로부터 Y 축 방향 거리  $I_{x,y}$ 는 식 (2)와 (3)으로 나타낼 수 있다.

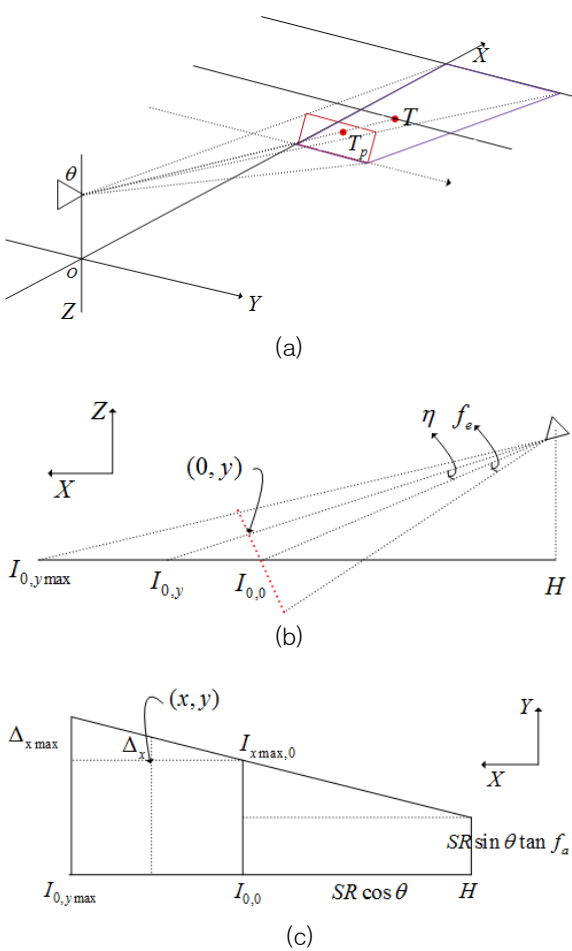


Fig. 1. The relationship between pixel and distance in detection image: (a) vertical projected area for the translational direction of aerial vehicle, (c) horizontal projected area for the translational direction of aerial vehicle

$$I_{x,y} = I_{x,0} + \Delta_x = I_{x,0} \left( 1 + \frac{1 - \sin \theta}{\cos \theta} \frac{\sin \eta}{\sin(\theta - \eta)} \right) \quad (2)$$

$$I_{x,0} = \frac{x}{M} SR \tan f_a \quad (3)$$

$f_a$ 는 비행체 탐색기의 수평 FOV이고,  $\Delta_x$ 는 수평방향으로 왜곡된 거리를 보상하는 항이다. 따라서 탐색 영상에서 픽셀좌표  $(x,y)$ 에 위치한 표적의 영상 중심으로부터의 거리좌표  $(I_x, I_y)$ 는  $(I_{x,y}, I_{0,y})$ 이다.

그러면 영상중심으로부터의 거리좌표를 영상 픽셀

좌표로 역변환도 가능하며, 영상에서의 두 픽셀 점간 거리 및 실제 방향 등의 연산, 그리고 탐색 영상에서 볼 수 있는 최대 영역을 계산 할 수 있다.

### 2.3 영상 정보 활용

비행체로부터 탐색 영상이 수신되면 2.2절의 정보를 이용하여 탐색 영상의 중심으로부터의 물표의 거리 및 물표 간 거리 계산이 가능하고, 비행체가 표적에 접근하면 탐색 영상에 투영되는 수평면 영역이 얼마나 감소되는지 추정할 수 있다.

또한 전술망 등의 센서 연동을 통해 획득한 표적 위치 정보가 탐지 영상의 어느 위치에 해당되는지, 획득한 표적 크기 정보로부터 탐색 영상에서 어떤 크기로 나타날 것인지 등을 알아 낼 수 있다.

마지막으로 수신된 영상의 1 픽셀의 실제 거리를 통해 목표 표적의 거리 및 크기 정보 비교 시 얼마만큼의 오차를 고려해야 할지 설계에 반영할 수 있다.

## 3. 본 론

이 장에서는 비행체를 운용하는 사이트에서 센서 체계 등과의 연동을 통해 확보 가능한 기준이 되는 표적정보를 활용하여, 비행체로부터 실시간으로 수신되는 탐색영상 내에서 목표 표적을 선정하는 알고리즘을 살펴볼 것이다. 일반적으로 센서 정보를 통해 획득된 표적정보와 비행체의 탐색영상에서의 표적위치 오차는 센서의 표적탐지오차, 표적정보 전송 및 처리 지연 오차, 비행체의 위치오차 등을 통합적으로 고려해야 한다. 이는 각 체계 설계 시 운용환경, 운용자산 및 비행체 설계와 밀접한 사항으로 본 논문에서는 구체적인 오차의 범위를 산정하지는 않는다. 다만 알고리즘의 분석을 위해 총 오차를 가정하고 이를 토대로 알고리즘을 설계한다. 3장에서 비행체 운용시스템이 보유하고 있는 기준 표적 정보를 이용하여 탐색영상 내 기준점 선정 방식을 제시한 후 각 탐지 물표들 중 목표 표적을 선정하는 방식을 설명한다.

### 3.1 기준점 설정

기준이 되는 표적정보를 보유하고 있는 상황에서 비행체로부터 수신되는 탐색영상에서 탐지된 물표(Track) 중 목표 표적을 선정하기 위해서 본 연구에서는 각 물표의 평가 요소로서 거리, 크기를 선정하였다. 특히

거리 정보를 이용하여 탐색영상의 물표를 평가하기 위해서는 거리의 기준점 설정이 필요하다. 본 논문에서는 기준점 설정을 위한 방법으로 물표들의 배치정보를 이용한다. 이는 목표 표적뿐만 아니라 주변의 배경 물표들의 정보들도 센서체계로부터 수신이 가능하기 때문이다. 물론 표적이 1개일 경우는 표적정보만으로 기준점을 설정해야 하므로, 이 경우에는 비행체 탐색영상의 중심을 거리의 기준점으로 설정한다. 다음은 센서 체계로부터 수신된 물표정보가 2개 이상이고, 탐색 영상 내 탐지물표가 2개 이상인 경우 기준점 설정에 관한 알고리즘을 나타낸다.

[Algorithm 1]

Step 1 : 유효한 기준 표적 및 물표 정보 검사

Eliminate  $T_j^V$  such that is outside ROI

Step 2 : 각 탐지물표에 대한 매칭 상태 정량화

Step 2-1 : Calculate  $d_p(T_1^V, T_i^R)$  and  $d(T_1^V, T_i^R)$

※ If  $d(T_1^V, T_i^R) \geq E_{max}$ , then stop and set  $\Pi(i)=0$

Step 2-2 :  $T_i^R (1 \leq j \leq n_r)$  is shifted as much as

$$d_p(T_1^V, T_i^R)$$

Step 2-3 : Find  $k$  such that  $\overrightarrow{T_i^R T_k^R}$  for  $1 \leq k \leq n_r$ ,

$k \neq i$  matches  $\overrightarrow{T_1^V T_j^V}$  best.

Step 2-4 : Calculate  $\Pi_i(j)$  for  $2 \leq j \leq n_v$

Step 2-5 : Calculate  $\Pi(i) = \frac{1}{n_v - 1} \sum_{j=2}^{n_v} \Pi_i(j)$  for

$$2 \leq j \leq n_v$$

Algorithm 1에서  $T_j^V, T_i^R$ 은 기준 물표 및 탐색영상 내 물표의 2차원 위치 정보이다. 기준 물표와 탐색영상에서 탐지된 유효 물표의 개수는  $n_v, n_r$ 이며, 오퍼레이터  $d(A, B), d_p(A, B)$ 는 두 물표 A, B 사이의 실제 및 픽셀 거리를 의미하며 2장의 식 (1)과 (2)에 의해 계산되는 연산자이다. 또한  $E_{max}$ 는 적용 체계의 기준 표적 정보와 탐색영상의 목표 표적간 최대 오차이다. 마지막으로  $\Pi_i(j), \Pi(i)$ 는 기준점 선정에 관한 각 물표의 기준점 선정 평가 지표 값을 의미한다.

개괄적인 알고리즘의 흐름은 다음과 같다. 단계 1에서는 센서 체계로부터 수신된 표적정보 및 표적 주변의 물표정보를 골라낸 후, 탐지영상 내 각 탐지물표의 기준점 가능성을 평가한다. 단계 2를 구체적으로

살펴보면, 단계 2-1에서는 탐색영상 내 탐지 물표와 센서 체계로부터의 기준 표적 정보( $T_1^V$ ) 사이의 영상 pixel 기준의 거리와 실제 거리를 계산한다. 만약 거리가 최대 유효오차 이상인 경우는 기준점 설정에서 배제한다. 단계 2-2에서는 현재 고려중인 탐지 물표를 목표 표적으로 가정하여 거리 오차를 계산한 후, 탐색영상 내 물표들을 계산된 오차만큼 평행이동 시킨다. 평행 이동 후 표적으로 가정하지 않은 탐지 물표와 표적으로 가정한 탐지 물표로 만들어지는 벡터와 센서 정보로부터 수신된 목표 표적과 비 표적으로 만들어지는 물표로 만들어진 벡터간의 유사성을 단계 2-3에서 체크한다. 마지막으로 단계 2-4 및 2-5에서는 각 탐지 물표가 탐색 영상 내 기준점이 될 수 있는지를 평가한다.

지금까지 조준점 생성을 위해 거리 기준점 선정에 관한 알고리즘을 살펴보았다. 그러면 알고리즘에서 사용하는 벡터의 유사성을 체크하는 논리, 즉  $\Pi_i(j)$  설계를 살펴본다. 센서 정보로부터 수신된 목표 표적과 비표적 물표정보로 생성된 벡터들과 탐지영상 내 물표들로 생성된 벡터들 사이에는 매우 큰 상관관계를 가지게 된다. 따라서 이러한 상관관계를 측정하는  $\Pi_i(j)$ 를 설계해야 한다. 하지만 센서 정보로부터 수신된 표적 및 물표들의 이동속도 및 이를 관측하는 센서 정확도와 지연시간 등을  $\Pi_i(j)$  설계 시 추가적으로 고려해야 한다. 본 논문에서는 Fig. 2와 식 (4)와 같은 사다리꼴 형태의 함수를 제안한다.

$$\Pi_i(j) = \begin{cases} 1 & \text{for } 0 < d < \beta \\ 1 - (d - \beta) / (\gamma - \beta) & \text{for } \beta < d < \gamma \\ 0 & \text{for } \gamma < d \end{cases} \quad (4)$$

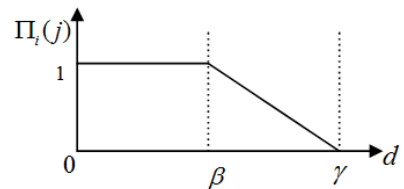


Fig. 2. Function design for checking similarity between two vectors

여기서 입력변수  $d$ 는 두 벡터  $\overrightarrow{T_i^R T_k^R}$ 와  $\overrightarrow{T_1^V T_j^V}$ 의 종단 거리를 나타내고,  $\beta$ 와  $\gamma$ 는 Fig. 2의 사다리꼴 윗변과 아랫변의 길이를 의미하는 설계 변수로써 적용 시

스택의 오차 정보 분석을 통해 조정할 수 있도록 하였다. 이러한 설계변수의 물리적 의미는 탐색 영상 내 여러 물표 가운데 특정 표적을 선별해 내는 비행체의 정밀타격 척도로 간주할 수 있다.

### 3.2 표적 선정 논리

이 절에서는 탐색 영상 내 각 탐지 물표가 목표 표적과 얼마나 유사한지를 평가하여 조준점을 생성하는 방식을 논의한다. 육상 표적의 경우 표적 및 표적 주변의 모델링 정보를 사전에 비행체에 탑재하고 표적 근방에서 탐지영상이 수신되면 탐지 영상에서 추출된 주요 정보들과 탑재된 표적정보와의 비교를 통해 조준점을 생성하는 방식을 사용하는 것으로 알려져 있다. 한편 크기가 비교적 작은 해상 표적의 경우, 표적 정보로부터 추출할 만한 정보가 제한적이고 더 나아가 표적 주변의 정보가 부족한 경우가 많아 제한된 정보만으로 조준점을 생성하게 된다. 본 논문에서는 앞 절에서 생성된 기준점을 이용하여 탐지 표적의 거리를 평가하고, 아울러 사전에 수집된 표적 데이터베이스 기반의 표적 크기를 평가하는 방식의 다음과 같은 조준점 생성 논리를 제안한다.

$$V = \alpha V^d + (1 - \alpha) V^s \quad (5)$$

여기에서  $V^d$ ,  $V^s$ 는 거리 및 크기 평가항목이고,  $\alpha$ 는 0과 1사이의 거리 가중치 값이다.

첫째로 탐지 물표의 거리 평가 방식으로 본 논문에서는 가우시안 형태의 신뢰도 평가함수  $V^d(x)$ 를 제안한다.

$$V^d(x) = \exp(-0.5(x/\sigma_d)^2) \quad (6)$$

여기에서 입력변수는 거리 기준점과 탐지 물표사이의 거리이고,  $\sigma_d$ 는 거리 기준점과 탐지 물표사이의 오차 정보로서 설계변수이다. 다시 말해 거리평가의 결과는 고려하는 오차정보를 어떻게 설정하느냐에 의존적이다. 영상 매칭이 가능하거나 표적 주변의 물표의 정보가 충분한 경우에는 센서 정보에 기반한 오차정보를 설정하고, 목표 표적이 1개이고 주변 물표가 없는 경우에는 센서 정보 및 비행체 가능오차를 반영하여  $\sigma_d$  값을 설계해야 한다. 예를 들어 위와 같이 거리평가 함수를 선정할 경우 거리차가  $\sigma_d$  인 경우 평가 값이

0.6 정도, 거리차가  $2\sigma_d$  인 경우 약 0.13 정도 이다.

3.1절에서 살펴보았듯이 이미 탐지영상의 여러 탐지 물표들의 배치형태를 거리 기준점 생성논리에 반영하였기 때문에 탐지 물표들의 거리 평가만으로도 탐지 영상 내에서 목표 표적을 선정하는 것이 가능하다. 하지만 목표 표적 근방의 탐지 물표들이 몰려 있거나 탐지 영상 내 글린트 등의 외부 환경에 의한 영상정보 오류 및 배드 픽셀과 같은 영상 왜곡이 생길 경우 좀 더 강한 조준점 선정논리가 요구된다. 이에 3.1 절의 영상정보 분석 방식을 통한 목표 표적의 예상크기를 이용하여 탐지 물표의 크기평가가 요구된다.

그러면 탐지 물표의 크기 평가에 대하여 살펴보자. 거리 평가와 마찬가지로 본 논문에서는 크기 평가함수를 가우시안 형태의 식 (7)을 제안한다.

$$V^s(x) = \exp(-0.5(x/\sigma_s)^2) \quad (7)$$

여기에서 입력변수는 표적크기의 상대 비율을 나타내고,  $\sigma_s$ 는 목표 표적 예상크기와 탐지 물표 크기 사이의 오차정보로서 설계변수이다. 크기 신뢰도 함수 적용 시에 크기를 면적으로 고려할지 가로와 세로의 길이를 각각 평가할 것인지 결정해야한다. 만약 센서 정보로부터 실시간으로 표적의 자세정보 획득이 용이하지 않은 경우, 조준점 선정 논리에 표적 크기 평가를 배제하는 것이 오히려 바람직할 수 있다. 이는 비정방 형태를 갖는 표적의 자세에 따라 탐색 영상에 나타나는 표적의 가로 및 세로 크기가 급격하게 바뀔수 있기 때문이다. 또한 표적 크기 평가에 있어 탐지 영상 내 탐지 물표의 전체 면적보다는 가로/세로 길이각각에 관해 신뢰도를 평가하는 것이 바람직하다.

추가적으로 탐지 물표의 크기평가를 위한  $\sigma_s$  설계 시 탐지 물표의 픽셀 마진의 영향을 고려해야 한다. 탐지 영상 내 탐지 물표 크기가 상당히 작은 경우, 즉 원거리의 이미지일 경우 1 픽셀의 실제 크기가 물표의 실제 크기 평가에 매우 큰 오차 요인으로 작용하기 때문이다.

## 4. 실험

이 장에서는 3장에서 설계한 표적 선정 논리를 적용하여 두 가지 가상 시나리오를 설정하고 실험한 결

과를 설명한다. 이에 앞서 영상 픽셀 마진 및 표적의 진행방향 오차가 표적 크기 산정에 미치는 영향을 분석한다. 본 논문의 실험 수행을 위해 고려해야 할 항목 및 설정 값들을 Table 1에 기술하였다. 특별히 거리 평가 시 신뢰도 오차는 벡터 매칭의 가부에 따라 각각 25 m 및 75 m로 설정하였고, 아래 기술될 실험 결과는 Matlab 기반의 시뮬레이션 수행을 통해 얻었다.

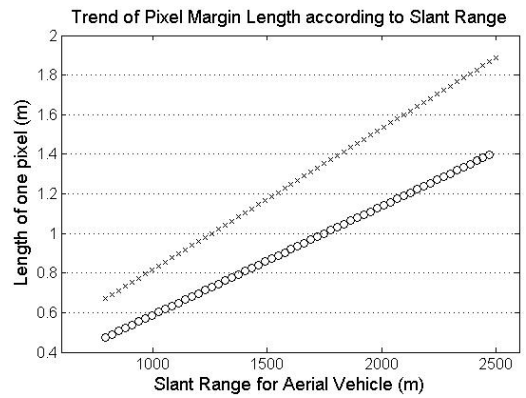
Table 1. Simulation parameters

제 원	값
탐색 영상 크기(2M*2N)	640*480 pixel
탐색기 FOV(수평 $f_a$ , 수직 $f_e$ )	(20, 15) degree
표적(물표) 수	1 ~ 5
표적 크기(폭/깊이/높이)	5/13/3 m
시스템 최대 오차 $E_{max}$	150 m
비행체 잔여거리(Slant Range: SR)	2.5 ~ 0.8 km
기준점 평가 변수( $\beta, \gamma$ )	(20, 40) m
거리 신뢰도 오차 $\sigma_d$	25 (75) m
크기 신뢰도 오차 $\sigma_s$	25 %
거리 가중치 $\alpha$	0.7

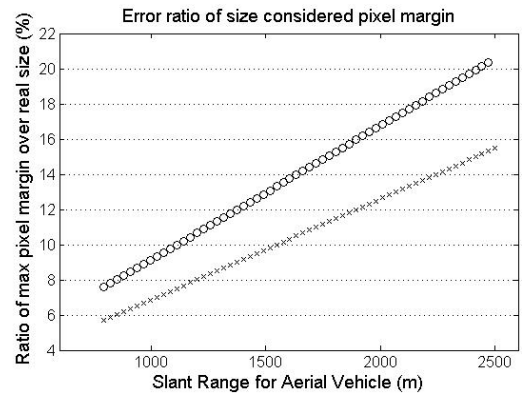
4.1 표적 크기 분석

먼저 표적 크기 산출에 있어 영상의 픽셀 마진의 영향도를 살펴본다. Fig. 3.(a)는 비행잔여거리에 따른 영상에서의 1 픽셀의 가로, 세로 길이를 도시하였다. 실험 수행은 비행체 피치 50도, 표적 진행방향 0도로 설정하였다. 직관적으로 잔여거리가 길수록 탐지영상에 담을 수 있는 영상크기가 커지므로 1 픽셀의 실제 크기는 커진다. Fig. 3.(b)는 탐지 영상에서 보여지는 표적의 실제 크기(가로 및 세로길이) 대비 최대 픽셀 마진을 갖는 표적의 크기 비율을 도시하였다. 비행 잔여거리가 길수록 표적 크기 산정 시 픽셀마진에 의한 영향이 클 수 있다. 구체적으로 잔여거리가 2500 m 인 경우는 가로 20 %, 세로 14 % 정도의 오차를 보였으며, 잔여거리가 800 m 인 경우 가로, 세로 각각 5 % 내외의 오차를 보였다.

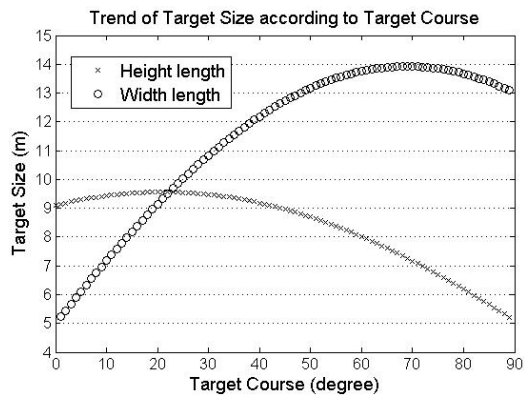
다음은 표적 진행방향에 따른 영상에서의 표적 크기 변화를 살펴본다. 비행체의 피치는 30도, 잔여거리는 1500 m로 설정하고, 표적 진행방향을 0도에서 90



(a)



(b)



(c)

Fig. 3. Analysis of estimation of target Size: (a) one pixel size according to slant-range(o: width, x: height), (b) the ratio of marginal pixel size to real size, (c) target size according to target course(o: width, x: height)

도까지 변화시켰다. 이 때 영상에서의 표적의 가로, 세로 길이가 Fig. 3(c)에 도시되었다. 주목해야할 점은 표적 크기 계산 시 센서 체계로부터 수신되는 표적 진행방향의 정확도가 매우 중요함을 알 수 있다. 만약 표적 진행방향의 정확도가 10도 정도라고 가정하면, 센서 정보로 산출된 가로 및 세로의 길이는 실제 영상에서의 표적 길이 대비 약 40 % 까지 오차가 발생할 수 있다. 따라서 표적의 픽셀 마진 및 표적 진행방향의 정확도를 3장에서 제시한 표적 선정 논리의 크기 신뢰도 평가 파라미터에 적절히 반영해야 한다.

4.2 표적 선정 실험

다음은 센서 체계로부터 3개의 물표정보( $T_1^V = (0, 0)$ ,  $T_2^V = (-50, -50)$ ,  $T_3^V = (39, -68)$ )를 받고 비행체 오차가 Fig. 1의 좌표계 기준으로  $(X, Y, Z) = (90, 50, 10)$  이고 (단위: m), 비행체 피치 50도, 잔여거리 1 km, 표적 진행방향 오차는 10도, 목표 표적의 진행방향은 10도, 상/하단 비 표적의 진행방향은 각각 0도/90도로 가정한 시나리오를 살펴본다. Fig. 4(a)는 센서 체계로부터 받은 목표 표적 정보를 기준으로 센서 물표 정보 및 비행체 오차를 가정한 탐지 영상 내 물표들을 도시하였다. 오차 정보로 인해 실제 목표 표적이 탐지 영상 내에서 가장 우측에 표시되었다. Fig. 4(b)는 물표들의 배치를 고려하지 않고 탐지 영상 원점을 기준으로 정한 상태에서, 3.2절의 표적 선정 논리와 표 1의 설정 값을 이용하여 표적을 선정한 결과이다. Fig. 4(a)에서 알 수 있듯이 탐지 영상 내 하단 물표가 영상 원점에 가깝기 때문에 표적으로 잘못 선정됨을 알 수 있다. 하지만 3.1절에서 제시된 물표 배치를 이용하여 산출된 기준점을 바탕으로 산출된 표적 선정한 결과가 Fig. 4(c)에 도시되었다. 비록 표적 진행방향의 오차에 의해 크기 평가에서는 상단 비표적 물표의 신뢰도가 높지만, 물표들의 배치를 고려했을 때 기준점이 탐지 영상 내 우측 물표(목표 표적)으로 바르게 설정되었다.

다음은 센서 체계로부터 3개의 물표정보( $T_1^V = (0, 0)$ ,  $T_2^V = (-50, -50)$ ,  $T_3^V = (32, -65)$ )를 받고 비행체 오차가 Fig. 1의 좌표계 기준으로  $(X, Y, Z) = (30, 60, -10)$  이고 (단위: m), 비행체 피치 30도, 잔여거리 1.5 km, 표적 진행방향 오차는 10도, 목표 표적의 진행방향은 10도, 상/하단 비 표적의 진행방향은 각각 0도/90도로 가정한 시나리오를 살펴본다. 추가로 센서 체계로부터

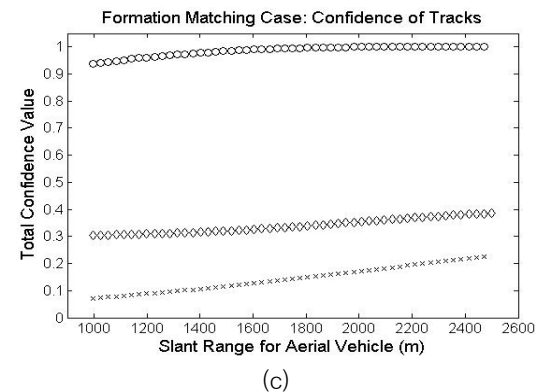
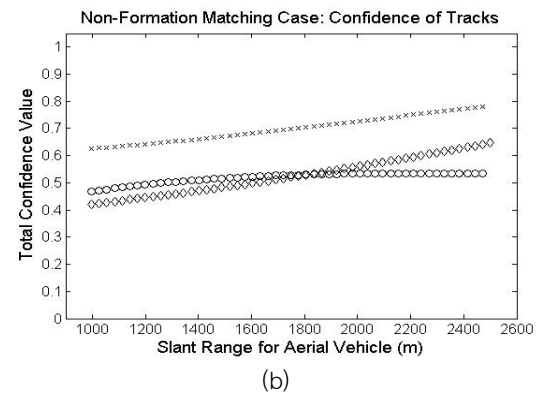
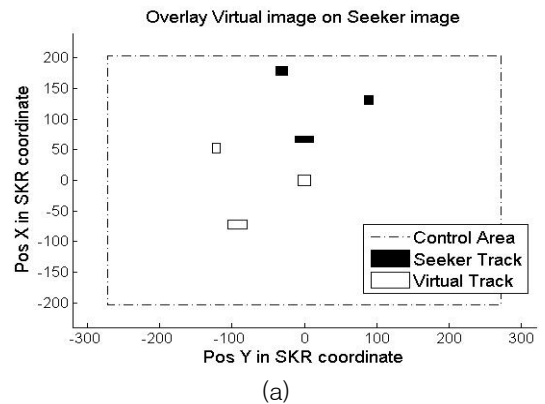


Fig. 4. Scenario 1 for target selection: (a) tracks in sensor information(white) and tracks in detection image(black) when slant-range is 1 km, (b) result of target selection without the consideration of track formation, (c) result of target selection with the consideration of track formation(o: target, ◇: upper non-target, x: lower non-target)

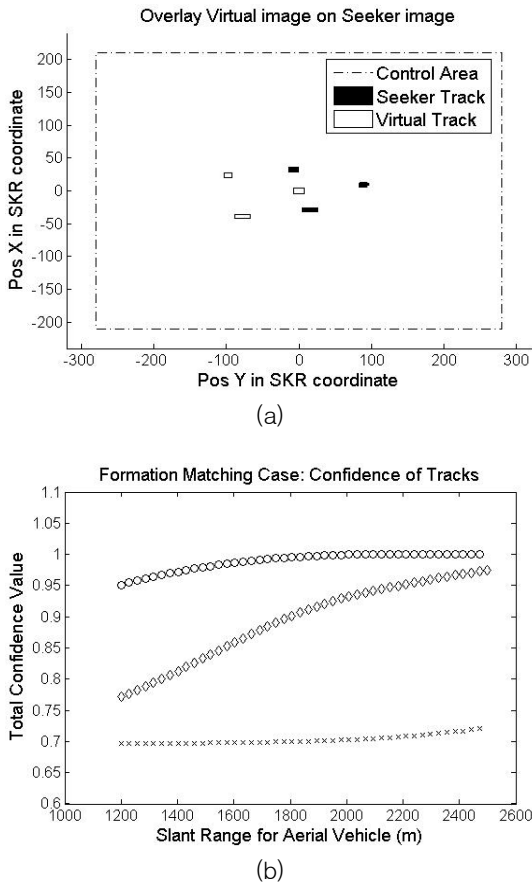


Fig. 5. Scenario 2 for target selection: (a) tracks in sensor information(white) and tracks in detection image(black) when slant-range is 1.5 km, (b) result of target selection with the consideration of track formation(o: target, ◇: Track with 1/3 width of original target, x: Track with 1/3 height of original target)

수신된 물표는 3개지만, 탐지 영상에서는 목표 표적의 가로와 세로의 크기가 각각 실 표적의 1/3로 축소된 물표 정보 2개가 추가로 탐지되었다고 가정한다. 이렇게 센서 체계와 탐지 영상 내 물표 수가 다르더라도 3장에서 제시된 표적 선정 논리가 적용될 수 있도록 설계하였다. Fig. 5(a)는 센서 체계 및 탐지 영상 내 물표 정보를 Fig. 4(a)와 같은 방식으로 도시하였다. Fig. 5(b)에서 보듯이 3.2절에서 제시된 표적 선정 논리의 크기 신뢰도 평가에 의해 주변의 예상치 못한 탐지 물표들로부터 목표 표적이 표적으로 선정되었다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 해상 전장 환경에서의 표적 타격을 위해 센서 체계 정보 및 비행체 탐지 정보를 이용한 표적 선정 방식에 대하여 기술하였다. 본 연구는 영상 정보 분석을 기반으로 센서 체계의 기준 정보를 이용하여 비행체 탐지 정보(거리, 크기, 배치)의 분석을 통한 표적 선정 방법을 제시하였다. 구체적으로 거리 평가를 위해 물표들의 배치를 고려한 기준점 선정 방식을 제안하였으며, 크기 평가 시에 영상 픽셀 마진 및 표적 진행 방향의 오차 정보들의 영향을 살펴보았다. 다만 본 논문에서 제시한 신뢰도 평가 방식은 제안된 알고리즘 구현을 위한 하나의 예시이므로, 실제 구현을 위해서는 신뢰도 평가 모델의 구체화가 요구된다.

미래의 전장이 제어 플랫폼 및 비행체 간의 네트워크 기반 환경으로 크게 변화할 것으로 예측되고 있는 지금, 본 연구의 내용은 비행체 및 비행체 제어 시스템에 모두 적용될 수 있을 것이다. 향후 네트워크 시간 지연을 고려한 비행체 제어 시스템의 표적 선정 방식에 관한 연구를 진행할 계획이다.

#### References

- [1] A. K. Cebrowski and J. J. Garstka, "Network-Centric Warfare : Its Origin and Future," Naval Institute Proceedings, Vol. 124, pp. 28-35, 1998.
- [2] P. W. Phister and J. D. Cherry, "Knowledge Centric Operations: Implications to Future Command and Control," IEEE Aerospace Conference, pp. 4017-4026, 2005.
- [3] J. L. Burbank, P. F. Chimento, B. K. Haberman, and W. Kasch, "Key Challenges of Military Tactical Networking and the Elusive Promise of MANET Technology," IEEE Communications Magazine, Vol. 44, pp. 39-45, 2006.
- [4] K. J. Kwon, K. S. Kim, and C. B. Ahn, "A Survey of Precision Engagement Technology for Network based Guided Weapon," Defense Science & Technology Plus, Vol. 125, 2011.
- [5] H. D. Tunnell, "The U.S. Army and Network-Centric Warfare: A Thematic Analysis of the Literature," IEEE Military Communications Conference, pp. 889-



- 894, 2015.
- [6] K. B. Kim, K. J. Kwon, I. H. Baek, and J. G. Choi, "A Design of Remote Control Unit of CAMITL," KIMST Annual Conference Proceedings, pp. 1668-1669, 2016.
- [7] K. S. Lee, "ATR Technology: Essential to Precise Guidance to Final Target," The Science and Technology, Vol. 36, No. 5, pp. 66-67, 2003.
- [8] K. H. Lee, "A Stereoscopic Image Fusion of Disparate Sensors for Missile Applications," KIMST Annual Conference Proceedings, pp. 734-735, 2015.
- [9] J. H. Ha, H. C. Park, K. Y. Lee, and S. J. Oh, "Dynamic Behavior Prediction Method of a Ship Target," KIMST Annual Conference Proceedings, pp. 724-725, 2015.