

# 영상탐색기 적용 전술유도무기 영상 내 표적존재확률 분석을 위한 M&S 설계 및 분석

설상환\*

## Modeling and Simulation of Target Existence Probability in Tactical Guidance Missile Seeker Image

SangHwan Seol\*

### ABSTRACT

Maximum lock-on distance in tactical guidance missile using seeker image is estimated by seeker's FOV, resolution and performance of tracking algorithm. In case, a missile is launched beyond the maximum lock-on distance, the missile is guided by INS pure navigation until it enters the lock-on possible zone. However, the probability of a target's existence within seekers images decreases as flight time goes by. Therefore, it is crucial to determine the distance that satisfies a certain target existence probability (TEP) and the maximum lock-on distance in order for an operator to take over the navigation role between two distances. In this paper, simulation which can analyse TEP in tactical guided missile seeker image is designed.

**Key words** : Tactical Missile, Target Existing Probability

### 요약

탐색기 적용 전술유도무기의 탐색기는 전술유도무기 개발 간 제한된 직경과 무게로 설계된다. 이러한 경우, 하드웨어 특성에 의해 탐색기 시야각, 분해능, 추적 알고리즘 등의 탐색기 성능에 제한이 존재하게 되고, 이로 인해 최대 표적포착 가능거리가 정해지게 된다. 장사거리용 전술유도무기의 경우 최대 표적포착 가능거리 이전까지는 INS 순수항법 또는 GPS/INS 통합항법으로 항법 유도비행을 수행하는데, INS 순수항법은 비행시간이 증가함에 따라 항법성능이 급격하게 감소하고, GPS/INS 통합항법의 경우 재밍상황에서 항법성능이 급격하게 감소한다. 본 논문에서는 앞서 언급한 최대 표적포착 가능거리와 항법장치 성능 등 다양한 변수를 고려하여 전술유도무기 체계 관점에서 탐색기 영상 내 표적존재확률에 대해 분석할 수 있는 시물레이션을 수행하였다.

**주요어** : 전술유도무기, 영상 내 표적존재확률

## 1. 서론

전술유도무기에 적용된 영상탐색기는 전술유도무기의 무게 및 직경에 영향을 받아 성능이 결정된다. 일반적으로 전술유도무기에 사용되는 영상탐색기는 전차를 표적으로 하는 경우, 3km내외의 표적포착 가능거리에서 영상

추적 알고리즘을 이용해 표적을 포착(Lock-on) 하고 추적하게 된다. 이러한 경우, 전술유도무기의 최대사거리라는 영상탐색기의 성능에 의해 영향을 받아 표적포착 가능거리 이내로 제한된다. 하지만, 최근 해외에서 개발되고 있는 영상탐색기 적용 전술유도무기의 경우, INS를 이용한 항법유도 혹은 INS/GPS 통합항법을 이용한 항법유도방식을 전술유도무기에 적용하여 표적 전방 표적포착 가능거리까지 항법유도비행을 실시하고, 표적포착 가능거리 이내에서 영상 추적을 시작하는 방식으로 장거리에 위치한 표적을 타격하는 것이 가능한 것으로 알려져 있다. 이러한 장거리 표적 타격 방식 중 전술유도무기 비행 간 표

**Received:** 2 November 2015, **Revised:** 20 November 2015,  
**Accepted:** 27 November 2015

\*Corresponding Author: SangHwan Seol  
E-mail: ssh03@add.re.kr  
Agency for Defense Development

적을 포착하는 방식을 발사 후 표적포착 방식(LOAL; Lock on After Launch)이라고 한다. LOAL 방식은 영상 추적 알고리즘의 표적포착 가능거리 이내에서는 탐색기 영상 내에 표적이 존재하여야 한다. 탐색기 영상 내에 표적이 존재하는 경우에만 표적 타격이 가능하기 때문이다. 이때, 표적포착 가능거리 이내에서 탐색기 영상 내에 표적이 존재하기 위해서는 정확한 항법유도가 필수적이다. 하지만 GPS/INS 통합항법은 GPS 재밍에 취약하고, INS 순수항법은 비행시간에 따라 위치오차가 증가하는 단점이 있다. 또한 항법유도를 이용한 비행 시에는 기 획득된 표적의 위치정보를 기반으로 유도 비행을 진행하게 되는데, 표적 위치정보의 획득방식에 따라 표적의 위치정보가 부정확하여 표적타격에 실패하는 경우도 발생한다. 이외에도 영상탐색기의 시야각(FOV), 유도비행경로 설정에 따른 입사각 등 다양한 오차요소에 의해 표적타격에 실패할 수 있는 가능성이 존재한다. 이러한 표적타격 실패 가능성을 줄이기 위해 현재까지 다양한 연구들이 진행되어 왔다. 이러한 기존 연구는 체계공학적인 관점은 고려하지 않고, 각 요소기술에 대한 성능향상에 중점을 둔 연구들이다. 특히, 센서 결합을 이용한 항법유도의 성능 향상<sup>1,2</sup> 및 센서 정보 결합 방식 연구<sup>3</sup>, 탐색기 하드웨어의 성능 향상<sup>4,5</sup>, 영상 추적 알고리즘의 성능 강화<sup>6</sup>, 표적 자동 추적 알고리즘 개발<sup>7,8</sup>, 레이저 지시기를 이용한 유도 성능 강화<sup>9</sup>, LOAL에 강인한 유도방식 연구<sup>10</sup> 등에 요소기술에 초점을 맞춰 연구를 진행하였다. 하지만 본 논문에서는 기존의 관점을 탈피하고, 체계공학적인 관점에서 다양한 변수를 고려한 탐색기 영상 내 표적존재확률에 대해 연구할 수 있는 시뮬레이션을 수행한다. 특히, 항법유도성능 및 영상탐색기 시야각(FOV), 표적의 크기 등 다양한 변수를 고려한 시뮬레이션을 수행하고, 몇몇 경우에 대해 분석 예시를 제시하여 시뮬레이션 분석 방법을 설명한다. 이러한 시뮬레이션 방법은 장사거리 표적타격을 위한 영상탐색기 적용 전술유도무기 개발 간 표적위치오차, 탐색기 시야각(FOV), 항법성능 등 체계구성 요소기술들의 성능 규격을 설정하는 데에 활용할 수 있도록 한다.

## 2. 시뮬레이션 모델 설계

### 2.1 기하학 모델 설계

영상탐색기 적용 전술유도무기 영상 내 표적존재확률 분석을 위한 모델은 Fig. 1과 같이 모델링하였다. 탐색기 감발은 전술유도무기의 정면을 향해 고정되었다고 가정하였다. Fig. 1을 살펴보면 유도무기의 진행경로가 유도

무기발사 지점  $M_s$ , 항법유도 종료 지점  $M_{NAV}$ , 표적 위치  $T$ 으로 이루어진 LOS 궤적으로 가정되어 있다. 총 유도 비행구간은  $st$ 로 정의하고, 항법유도비행구간을  $s_2$ , 영상 유도비행구간을  $s_1$ 으로 정의한다. 이때, 항법유도 종료 지점  $M_{NAV}$ 는 영상유도비행 시작시점이다. 따라서  $M_{NAV}$ 에서 탐색기 영상을 모델링하고, 탐색기 영상 내에 표적이 존재하는지 판단하여야 한다. 이를 위해 탐색기 영상 범위  $F$ (주황색 부분과 지면이 닿는 면)를 정의하였고, 이는 탐색기 시야각, 유도무기 입사각  $\alpha$ , 영상 유도비행 시작지점 위치  $M_{NAV}$ , 그리고 표적위치  $T$ 의 기하학적 관계에 의해 변화한다.

이때,  $M_{NAV}$ 에 존재하는 전술유도무기는 항법유도비행을 통해  $M_{NAV}$ 에 도착하였으므로, 항법유도비행의 특성이 고려된 항법성능  $P_e(M_{NAV})$ 를 갖게 된다. 이 항법성능은 항법위치오차  $P_e(M_{NAV})_l$ 과 항법자세오차  $P_e(M_{NAV})_a$ 로 정의할 수 있다. 표적위치  $T$ 에 존재하는 표적 또한 위치오차를 갖는데, 이를 표적위치오차  $P_e(T)$ 로 정의한다.

### 2.2 탐색기 영상 모델 설계

탐색기 영상범위  $F$ 는 Fig. 2에서  $n_1n_2n_3n_4$ 이다.  $n$ 은

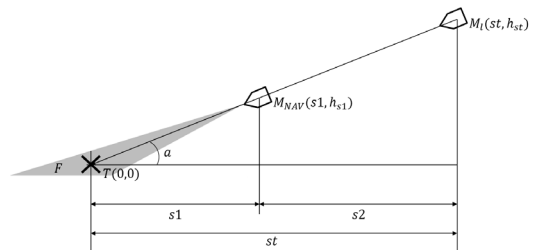


Fig. 1. Geometry model for Simulation

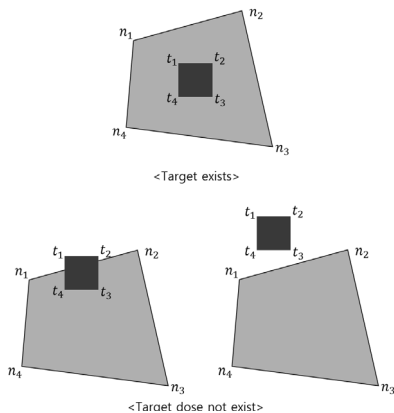


Fig. 2. Seeker image model

탐색기 시야각에 의해 결정되는 탐색기 영상 창의 각 끝 접벡터가 지면과 교차하는 지점을 나타내는 점이다. 전술 유도무기의 자세 중 롤(roll) 값이 없다면 평행사변형의 형태로 나타나지만, 롤값이 존재할 경우, 롤값의 변화에 따라 사각형의 형태가 변화하게 된다. 표적은  $t_1 t_2 t_3 t_4$ 의 직사각형으로 가정하였다. 이때, 탐색기 영상범위와 표적이 교차하는 경우도 발생하는데, 이러한 경우는 탐색기 시야 내에 표적이 존재하지 않는다고 판단한다. 교차하는 경우에 대해 표적 미존재라고 판단하는 이유는 실제 시뮬레이션 진행 시 표적 크기가 탐색기 영상범위에 비해 현저하게 작은 경우가 많기 때문이며 이는 뒷장의 시뮬레이션 결과 4.1장에서 확인가능하다.

### 2.3 거리에 따른 표적존재확률 $P_{F \supset T}$ 계산

거리에 따른 표적존재확률은 앞선 2.1장과 2.2장에서 설계된 기하학 모델과 탐색기 영상 모델을 함께 고려하여 계산했다. 기하학모델을 따라 전술유도무기가 비행할 때, 각 거리에 따른 탐색기 영상 모델을 구현하였다. 이때, 각 거리별로 구현된 탐색기 영상 내에 표적을 다수 구현했고, 표적들의 위치오차는 표준정규분포를 따르도록 생성했다. 영상 내 표적크기는 유도무기와 표적사이의 거리에 비례해 커지도록 했다. 이때, 탐색기 시야 내에 존재하는 표적의 개수와 존재하지 않는 표적의 개수를 세어 거리에 따른 표적존재확률  $P_{F \supset T}$ 을 구한다.

### 2.4 설계 모델의 이론적 배경

#### 2.4.1 $s_1$ 증가에 따른 전술유도무기 체계 성능 향상 요인

영상 내 표적존재확률  $P_{F \supset T}$ 은 탐색기 영상범위  $F$ , 표적 위치오차  $P_e(T)$ , 유도무기 항법성능에 의한 위치오차  $P_e(M_{NAV})_l$  및 자세오차  $P_e(M_{NAV})_a$ 에 영향을 받고 그 관계는 아래와 같다.

$$P_{F \supset T} \propto F$$

$$P_{F \supset T} \propto \frac{1}{P_e(T)}$$

$$P_{F \supset T} \propto \frac{1}{P_e(M_{NAV})}$$

위의 식에서 알 수 있듯이 탐색기 영상범위  $F$ 가 넓을수록 영상 내 표적존재확률  $P_{F \supset T}$ 은 증가하고, 유도무기

의 항법오차  $P_e(M_{NAV})$ 와 표적의 위치오차  $P_e(T)$ 가 커질수록 탐색기 영상 내 표적존재확률은 감소한다. 이때, 탐색기 영상범위  $F$ 는 영상 유도비행구간의 길이  $s_1$ 과 입사각  $\alpha$ 에 따라 변화한다.

$$F \propto s_1$$

$$F \propto \frac{1}{\alpha}$$

이때, 만약 INS 항법유도를 사용한다면,  $P_e(M_{NAV})$ 는 항법 유도비행시간  $t_{s2}$ 이 길어짐에 따라 오차가 커지는데,  $t_{s2}$ 가 길어질 경우  $s_1$ 은 짧아지게 된다.

$$P_e(M_{NAV}) \propto t_{s2}$$

$$t_{s2} \propto \frac{1}{s_1}$$

$$\therefore P_{F \supset T} \propto \frac{1}{P_e(M_{NAV})} \propto s_1$$

따라서 영상 유도비행구간  $s_1$ 이 길어질수록 영상 내 표적존재확률  $P_{F \supset T}$ 이 높아진다.

#### 2.4.2 $s_1$ 증가에 따른 전술유도무기 체계 성능 감소 요인

$s_1$ 이 길어질수록  $F$ 의 넓이는 넓어지고, 표적  $t_1 t_2 t_3 t_4$ 의 크기는 일정하기 때문에 영상 내 표적 크기가 기하급수적으로 작아진다. 이러한 이유 때문에 표적이 가까운 곳에서 영상 추적을 시작할수록 표적 추적 성능이 높아지고,  $s_1$ 은 짧을수록 영상 추적에 유리하다.

2.3.1에서 서술하였듯이 INS 순수항법을 사용할 경우,  $P_e(M_{NAV})$ 는  $s_1$ 이 짧아짐에 따라 오차가 커지게 된다. 하지만 이와 반대로 영상 내 표적존재확률을 만족시키기 위한 기준 항법 오차  $P_e(M_{NAV})_{ref}$ 의 경우,  $s_1$ 이 길어질수록 증가하게 된다.  $P_e(M_{NAV})_{ref}$ 는 일정 수준의 표적존재확률을 만족시키기 위해 항법 성능이 만족시켜야 하는 기준이다. 예를 들면 영상 내 표적존재확률 99.7%를 만족시키기 위한  $P_e(M_{NAV})_{ref(99.7)}$ 의 경우,  $s_1$ 이 길면 넓은  $F$ 를 갖기 때문에 표적위치오차가 크더라도, 영상 내 표적존재확률 99.7%를 만족할 수 있는  $P_e(M_{NAV})_{ref(99.7)}$  기준 값이 커진다. 하지만,  $s_1$ 이 짧아지면  $F$ 가 좁아지기

때문에 영상 내 표적존재확률 99.7%를 만족시키기 위한  $P_e(M_{NAV})_{ref(99.7)}$  기준 값이 작아진다.

### 2.4.3 전술유도무기 체계 성능 최적화

$$P_e(M_{NAV}) < P_e(M_{NAV})_{ref}$$

$P_e(M_{NAV})_{ref(99.7)}$ 는 일정 거리에서 영상 내 표적존재 확률을 만족시키기 위한 기준 항법 성능이기 때문에 위의 기준을 항상 만족하여야 한다.

$$P_e(M_{NAV}) \propto \frac{1}{s_1}$$

$$P_e(M_{NAV})_{ref} \propto s_1$$

이때,  $P_e(M_{NAV})$ 와  $P_e(M_{NAV})_{ref}$ 는  $s_1$  변화에 따라 서로 값이 반대로 변하는 경향을 보인다.  $s_1$ 이 길어질수록 요구되는 항법성능기준은 완화되어 항법성능기준을 만족하기 쉽지만, 표적크기  $t_1t_2t_3t_4$  대비  $F$ 의 크기가 증가하며 탐색기 알고리즘이 표적을 추적할 수 있을 확률이 떨어진다. 따라서 체계공학적인 관점에서는 최단거리의  $s_1$ 을 찾는 것이 중요하며, 본 논문에서는 시뮬레이션을 수행하여, 영상 내 표적존재확률을 높게 유지하며  $s_1$ 이 가장 짧아지는 지점을 찾을 수 있도록 하였다.

### 3. 시뮬레이션 시나리오 및 변수설정

Table 1을 살펴보면, 탐색기 시야각이 5.0x4.0 인 경우에 크게 2가지 기하학 모델을 가정하였는데, 입사각이

Table 1. Variables of simulation

Variable	Value			
Field of view (FOV)	5.0x4.0°			
Target Size	3x3m			
Incidence angle( $\alpha$ )	45°		30°	
	20.0km		14.4km	
Target Location Error(TLE)	CEP 200m	CEP 50m	CEP 200m	CEP 50m
	@20km	@20km	@25km	@25km

45°이면서 20.0km 상공에서 20.0km 전방 표적을 타격하는 경우, 입사각이 30°이면서 14.4km 상공에서 25.0km 전방 표적을 타격 하는 경우이다. 각각의 경우에, 획득할 수 있는 표적위치오차를 발사지점기준으로 CEP 200m인 경우와 CEP 50m인 경우를 가정하여 시뮬레이션을 진행하였다.

## 4. 시뮬레이션 실행 및 결과 분석

### 4.1 영상 탐색기 시뮬레이션 결과

Fig. 3과 Fig. 4는 항법유도오차  $P_e(M_{NAV})$ 가 존재하지 않는 경우에 Table 1에서 설정한 표적위치오차를 갖는 경우, 탐색기 영상범위  $F$ 와 표적  $t_1t_2t_3t_4$ 의 관계를 보여준다. 그림에서 빨간색 점들은 표적  $t_1t_2t_3t_4$ 이며, 11km 전방에서는 점처럼 작게 보이지만, 1km 전방에서는 사각

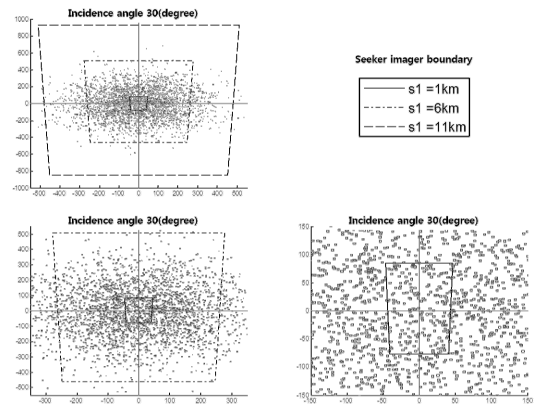


Fig. 3. Seeker image and Target image (Incidence angle 30°)

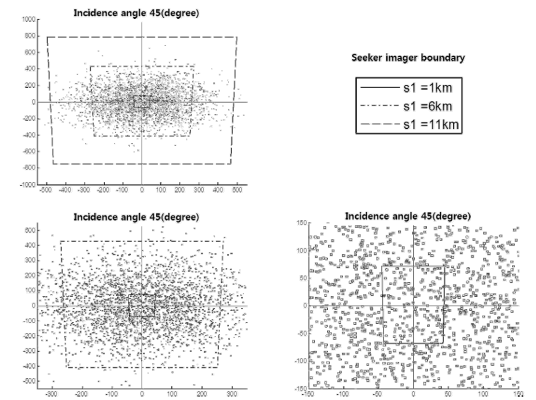


Fig. 4. Seeker image and Target image (Incidence angle 45°)

형 형태를 확인할 수 있다. 하지만 흰 바탕에 빨간색 표적이 있는 경우에도 탐색기 영상범위  $F$ 에 비해 표적  $t_1t_2t_3t_4$ 의 크기가 굉장히 작은 것을 확인할 수 있다. 따라서 다양한 배경정보가 있는 경우에는 표적  $t_1t_2t_3t_4$ 를 찾고, 포착하는 행위에 큰 제약이 따를 수 있을 것으로 예상된다. 또한, Fig. 3과 Fig. 4를 비교해보면, 입사각이  $30^\circ$ 인 경우 탐색기의 영상범위가 입사각이  $45^\circ$ 인 경우의 영상범위보다 넓은 것은 확인할 수 있다.

#### 4.2 거리에 따른 $P_e(M_{NAV})_{ref}$

Fig. 5과 Fig. 6에서는 입사각이  $30^\circ$ 이고, 항법성능 자세오차  $P_e(M_{NAV})_a$ 가 6mil 수준인 경우, 거리에 따른 기준 항법 오차  $P_e(M_{NAV})_{ref}$ 를 확인할 수 있다. 그래프를 살펴보면, x축은  $P_e(M_{NAV})_{ref}$ 값을 m(CEP) 단위로 나타내고 있고, y축은 표적존재확률  $P_{F \supset T}$ 를 0~100%까지 나타낸다. 각각의 실선은  $s_1$ 이 1km~25km로 늘어남에 따라  $P_{F \supset T}$ 와  $P_e(M_{NAV})_{ref}$ 의 관계를 그래프로 나타내고 있다. Fig. 5에서 예로 들어 설명하자면,  $s_1$ 이 1km인 경우, 표적존재확률  $P_{F \supset T}$ 이 45%이상을 만족시키려면, 기준 항법 오차  $P_e(M_{NAV})_{ref}$ 는 10(m,CEP)이하여야 한다는 결과를 얻을 수 있다. 역으로 99.7% 이상의 표적존재확률  $P_{F \supset T}$ 를 얻기 위해서는  $s_1$ 이 4km 이상이어야 하고,  $s_1$ 이 4km 이상일 때 항법 성능  $P_e(M_{NAV})$ 는 10(m,CEP) 이하여야 한다는 결과를 얻을 수 있다. 따라서 Fig. 5와 Fig. 6에서는 요구되는 영상 내 표적존재확률을 만족시키기 위한 영상 유도비행구간  $s_1$ 과 기준 항법 오차  $P_e(M_{NAV})_{ref}$ 를 구할 수 있다. 이때, Fig. 5와 Fig. 6은 표적위치오차  $P_e(T)$ 를 다르게 설정하여 시뮬레이션을 수행한 결과인데,  $s_1$ 이 1km인 경우를 대표적으로 살펴보면, 표적위치오차  $P_e(T)$ 가 작은 경우 더 높은 표적존재확률  $P_{F \supset T}$ 를 가지며, 기준 항법 오차  $P_e(M_{NAV})_{ref}$ 가 커도 높은 영상 내 표적존재확률을 가질 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 7과 Fig. 8은 입사각이  $45^\circ$ 이고, 항법성능 자세오차  $P_e(M_{NAV})_a$ 가 6mil 수준인 경우, 시뮬레이션 결과이다. 전체적인 경향은 Fig. 5, Fig. 6과 유사함을 확인할 수 있다. 하지만 Fig. 5와 Fig. 7을 비교하여  $s_1$ 이 1km인 경우를 대표적으로 살펴보면, 입사각이 더 작은 경우, 더 높은 영상 내 표적존재확률  $P_{F \supset T}$ 를 가지며, 기준 항법 오차  $P_e(M_{NAV})_{ref}$ 가 커도 높은 표적존재확률을 가질 수 있다는 것을 확인할 수 있다. 이는 4.1에서 확인할 수 있

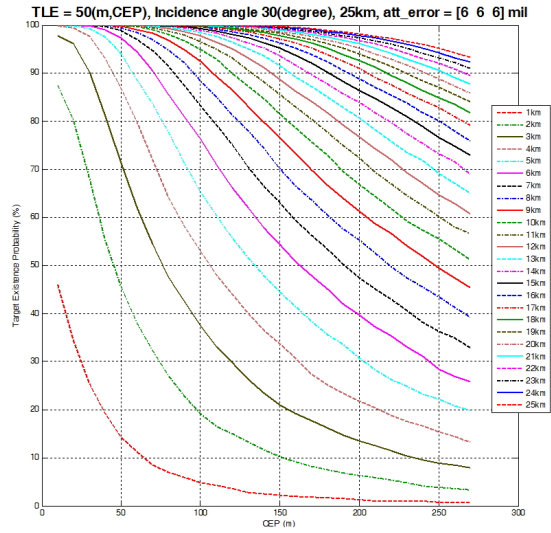


Fig. 5.  $P_e(M_{NAV})_{ref}$  according to the distance

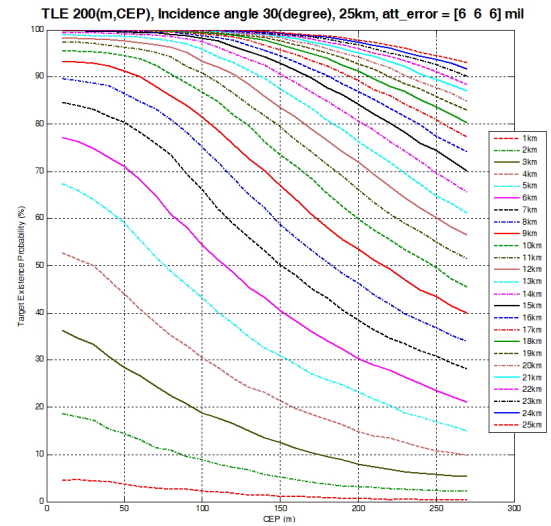


Fig. 6.  $P_e(M_{NAV})_{ref}$  according to the distance

듯이 입사각이 작은 경우 탐색기 영상범위  $F$ 의 넓이가 넓어지기 때문이다.

#### 4.3 $P_e(M_{NAV})_{ref}$ 와 $P_e(M_{NAV})$ 의 관계

Fig. 9는 영상 내 표적존재확률 99.7%를 만족시키는 기준 항법 오차  $P_e(M_{NAV})_{ref(99.7)}$ 와 전형적인 순수항법 성능  $P_e(M_{NAV})$ 의 변화를 거리에 따라 나타낸 그래프이다. 그래프에서 보이는 파란색 선은 기준 항법 오차

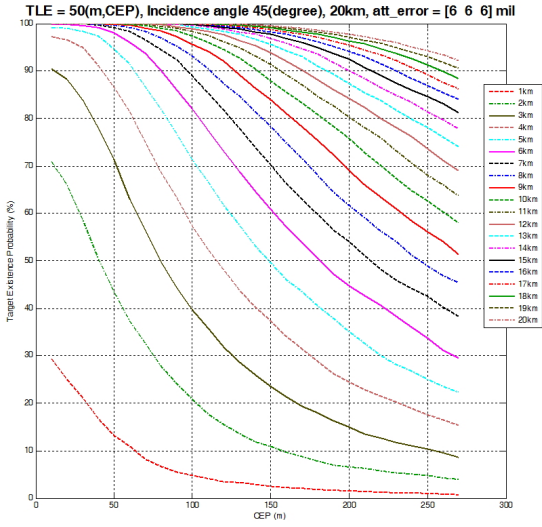


Fig. 7.  $P_e(M_{NAV})_{ref}$  according to the distance

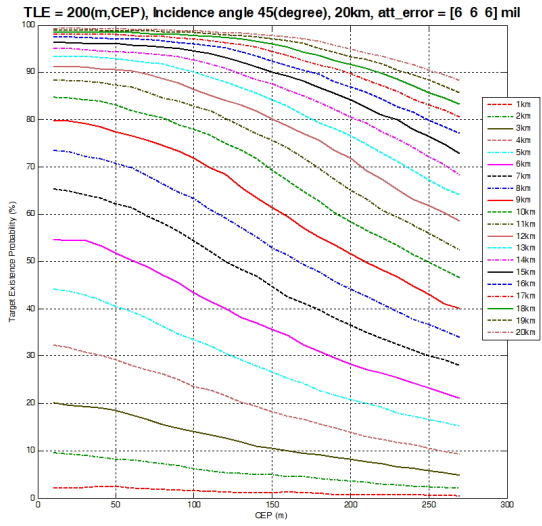


Fig. 8.  $P_e(M_{NAV})_{ref}$  according to the distance

$P_e(M_{NAV})_{ref(99.7)}$  를 나타내는데, 점선은 표적위치오차가 50m(CEP)인 경우이고, 실선은 200m(CEP)인 경우이다. 표적위치오차가 큰 경우에는 같은 거리에서 기준 항법 오차가 작아진다. 이는 표적위치오차가 큰 경우에는 항법 성능이 더 좋은 경우에만 표적존재확률 99.7%를 만족시킬 수 있다는 것이다.

빨간색 선은 전형적인 순수 항법 성능  $P_e(M_{NAV})$  의 예제이다.  $s1$  이 짧아질수록 비행시간이 길어지기 때문에

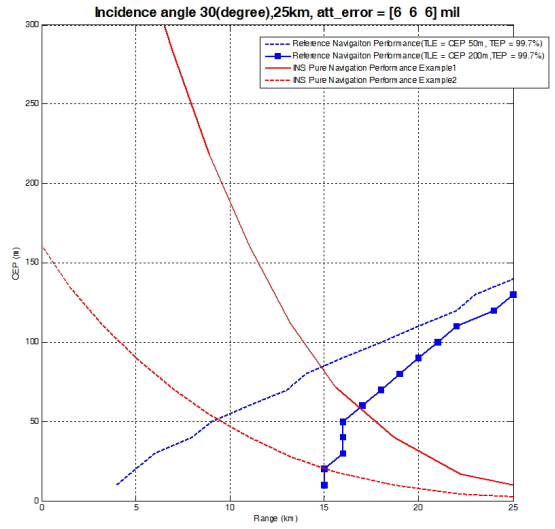


Fig. 9.  $P_e(M_{NAV})_{ref(99.7)}$  and INS Pure Navigation Performance

항법성능이 현저하게 감소하여  $P_e(M_{NAV})$  값이 증가함을 확인할 수 있다. 이때, 앞선 2.3.3장에서 설명한 바와 같이  $P_e(M_{NAV})$  가  $P_e(M_{NAV})_{ref(99.7)}$  보다 작은 경우에만 영상 내 표적 존재 확률 99.7%를 만족시킬 수 있게 된다. 예를 들어 표적위치오차가 50m(CEP)인 경우의 기준 항법 오차인  $P_e(M_{NAV})_{ref(99.7)}$ 와 항법성능예제 2 를 함께 고려하면,  $s1 < 9km$  인 경우에는 영상 내 표적존재확률 99.7%를 만족시키지 못한다는 사실을 확인할 수 있다. 따라서 영상 내 표적존재확률을 항상 99.7%이상으로 유지하는 최단거리의 영상 유도비행구간  $s1$ 은 9km임을 확인할 수 있다. 하지만 이러한 경우 일반적인 탐색기 알고리즘으로 표적 추적이 불가능하게 되므로, 배경 추적 알고리즘 추가, 항법장치 성능 개선, 표적위치 획득 시 오차 감소 방안 강구 혹은 영상 내 표적존재확률 기준의 하향 등 다양한 방법을 통해 전술유도무기 체계 규격 재설계를 수행하여야 하고, 변경된 체계성능을 적용하여 앞서 소개된 시뮬레이션을 다시 진행하며 최단거리  $s1$  값을 줄여나 가야 한다.

### 5. 결론 및 향후연구과제

본 논문에서는 표적위치오차, 영상 유도비행구간 거리, 항법유도성능, 입사각, FOV, 표적 크기 등 다양한 변수에 따라 달라지는 탐색기 영상 내 표적존재확률을 분석할 수

있는 시뮬레이션을 수행하고, 몇몇 경우에 대해 분석 예제를 제시하였다.

분석 결과로는 거리에 따른 탐색기 영상 모사 결과 제시, 일정 수준의 영상 내 표적존재확률을 만족시키기 위한 기준항법성능 제시, 항법성능 변화에 따른 영상 내 표적존재확률 변화를 제시하였고, 이를 통해 최단거리의 영상 유도비행구간  $s_1$ 을 구하는 과정을 보였다. 본 논문에서는 예제에 제시된 조건에 따라 최단거리  $s_1$ 을 1회만 구하였지만, 향후 전술유도무기 체계 개발 시에는 다양한 조건을 변화시키며  $s_1$ 의 거리를 단축시키며 전술유도무기의 성능을 최적화할 수 있다. 또한 다양한 조건 변화에 따른 예상 탐색기 영상을 출력할 수 있다.

이러한 시도는 요소 기술들의 성능 향상에 초점을 맞춘 기존연구와는 차별화를 두고 있으며, 특히 체계공학적 관점에서 항법장치의 성능 규격 설정, 탐색기 시야각 성능 규격 설정, 표적위치오차 성능 규격 설정, 전술유도무기 궤적 성형을 통한 입사각 설정 혹은 정해진 규격에서의 탐색기 영상 내 표적존재확률 분석, 한정된 자원에서의 다양한 요소 기술 성능 규격 최적화 등 다양한 분야에 활용할 수 있다.

## References

1. Greg Hyslop, Dennis Gerth, John Kraemer (1990), "GPS/INS INTEGRATION ON THE STANDOFF LAND ATTACK MISSILE (SLAM)", IEEE PLANS.
2. BAI Hongyang, XIONG Kai, DUAN Jiangfeng, XU Huiling (2015), "Design of Missile-Borne GNSS/ SINS Tightly-coupled Integrated Navigation System", *Proceedings of the 34th Chinese Control Conference. July 28-30, Hangzhou, China.*
3. Dan Zhang, Kui Fu, Shuzhi Sam Ge, Zhong-Liang Tang and Wei He (2015), "Analysis of Filtering Methods for the SINS/CNS Integrated Navigation System of Missile Motion", *Proceedings of the 34th Chinese Control Conference. July 28-30, Hangzhou, China.*
4. R. A. Aguilera (1980), "Advanced IR Imaging Seeker Program", *Proc. SPIE 0253, Modern Utilization of Infrared Technology VI, 58.*
5. Guenther Riedi, Dr. Michael Assel, Dr. Alfred Fendt, Walter Hetzer, Erwin Keller, Fridbert Kilger, Thomas Kuligk, Lothar Popp, Rudolf Proels, Nikolaus Schweyer (2001), "IR focal plane array seekers for ground-to-ground and air-to-ground missiles", *Proc. SPIE 4369, Infrared Technology and Applications XXVII, 201, 2001.*
6. Lewis G. Minor (1981), "Application of Pattern Recognition and Image Processing Techniques to Lock-on-After-Launch Missile Technology", *IEEE Southeastcon Conference Proceedings.*
7. W. M. BROWN, C. W. SWONGER (1989), "A Prospectus for Automatic Target Recognition", *IEEE TRANSACTIONS ON AEROSPACE AND ELECTRONIC SYSTEMS VOL. 25, NO. 3.*
8. LAI Guiwang, XIAO Shuchen (2014), "Research on Air-to-ground Missiles Autonomous Recognizing Targets Online Based on Similar Competitive neural networks", *2014 IEEE Workshop on Advanced Research and Technology in Industry Applications (WARTIA). 29-30, Sept.*
9. Jochen Barth, Alfred Fendt, Rolf Florian, and Wolfgang Kieslich (2007), "Dual-mode seeker with imaging sensor and semi-active laser detector", *Proc. SPIE - The International Society for Optical Engineering.*
10. Dong Hee Son and Sang Man Seong (2010), "PNG law for missile guidance under time delayed look angle measurement", *International Conference on Control, Automation and Systems, Oct. 27-30, Gyeonggi-do, Korea.*
11. Garnell, P. and East, D.J., "Guided Weapon Control Systems", *Pergamon Press, 1980.*



설 상 환 (ssh03@add.re.kr)

2012 KAIST 기계공학과 학사  
2014 KAIST 녹색교통대학원 석사  
2014~ 국방과학연구소 연구원

관심분야 : 전술유도무기, 시뮬레이션, 성능분석, 항법