

이중센서 영상탐색기 시험평가를 위한 적외선 표적원 개발

Development of Infrared Target for Dual-Sensor Imaging Seeker's Test and Evaluation in HILS System

박 장 한 · 송 성 찬* · 정 상 원*

Changhan Park · Sungchan Song* · Sangwoon Jung*

요 약

본 논문에서는 대지, 대공 표적을 포착·추적할 수 있는 적외선 및 가시광 센서가 탑재된 이중센서 영상탐색기의 종합 성능시험을 위해 구축한 HILS(Hardware In-the-Loop Simulation) 시스템 내에 적외선 표적원을 제안한다. 이 통합시스템은 다양한 종류의 표적과 시나리오 기반 이동 표적의 궤적을 모사하기 위해 열원 및 광원을 출력하는 100개의 모듈로 구성하였다. 또한 표적에 대한 위치, 속도, 방향, 배경 클러터와 재밍 환경 등을 모사할 수 있다. 이중센서 영상탐색기의 시험 평가를 위해 구축된 HILS 시스템의 전체 시스템 구성과 적외선 표적원의 설계 및 측정 결과를 제시한다. 향후에, 구축된 HILS 시스템에서 모의비행 시나리오 기반으로 동적 실시간 포착·추적에 대한 단일 또는 이중센서가 탑재된 이중센서 영상탐색기의 성능을 시험할 예정이다.

Abstract

In this work, infrared targets for a developed hardware-in-the-loop simulation(HILS) system are proposed for a performance test of a dual-sensor imaging seeker equipped with an infrared and a visible sensor that can lock and track for ground and air targets. This integrated system is composed of 100 modules of heat and light sources to simulate various kinds of target and the trajectory of moving targets based on scenarios. It is possible to simulate not only the position, velocity, and direction for these targets but also background clutter and jamming environments. The design and measurement results of an infrared target, such as the HILS system configuration, developed for testing and evaluation of a dual-sensor imaging seeker are described. In the future, it is planned to test the lock-on and tracking performance of an imaging seeker equipped with single or dual sensors dynamically in real time based on a simulation flight scenario in the developed HILS system.

Key words: Dual-Sensor Imaging Seeker, Hardware In-the-Loop Simulation, Infrared Target, Test Evaluation

I. 서 론

일반적으로 유도탄에 탑재되는 탐색기는 표적 탐색 및 인지, 포착, 추적을 수행하여 표적 포착된 위치 정보에 대

해 유도탄을 운용제어하는 유도조종장치로 제공하는 역할을 수행하며, 탑재되는 센서의 종류와 복잡 다양한 환경의 대지 및 대공의 표적 특성에 따라 알고리즘 형태는 다를 수 있지만, 기본적인 표적 탐색 및 인지, 포착, 추적

한화시스템(주) 전자광학 · PGM연구소(Electro-Optical · PGM R&D Center, Hanwha Systems Co., Ltd.)

*한화시스템(주) 레이더 · PGM연구소(Radar · PGM R&D Center, Hanwha Systems Co., Ltd.)

· Manuscript received March 27, 2018 ; Revised May 15, 2018 ; Accepted November 1, 2018. (ID No. 20180327-040)

· Corresponding Author: Changhan Park (e-mail: changha.park@hanwha.com)

등의 기능은 유사하다^{[1]~[4]}. 특히 탐색기는 유도탄의 실사격 시험을 통하여 표적 포착 및 추적 성능을 입증하게 되는데, 실사격 시험은 확보된 예산, 기간과 인력을 고려해야 하므로 실사격 시험 전에 탐색기의 기본 기능과 하드웨어 성능 입증에 실제 환경과 가장 유사한 환경으로 모사가 가능한 HILS(Hardware In-the-Loop Simulation)가 반드시 필요하다^[5]. HILS 시스템은 모델링 및 시뮬레이션 기반 시험평가 기법으로, 실험실 내에서 유도탄에 탑재되는 구성품 중 탐색기의 하드웨어 성능을 확인하는데 매우 유용한 방법이다^[6]. 또한 실제의 전장 환경처럼 모사하기 힘든 다양한 조건을 제공할 수 있어 실사격 시험 회수의 최소화와 개발기간 단축 및 비용을 절감할 수 있으며, 하드웨어의 실시간성 검증으로 신뢰도를 높일 수 있다. 미국, 러시아, 프랑스, 중국, 독일 등의 유도탄을 개발하는 나라에서는 다양한 종류의 HILS 시스템과 시험장비를 보유 및 운영하고 있다^[7]. HILS 시스템은 구현 방법이 비교적 간단하고 기동 속도가 느린 직선 운동의 표적 모사만 가능한 기계식 표적 운동 모사방식과 시나리오 기반의 직선뿐만 아니라, 곡선, 급선회 등과 같은 다양한 표적 운동 모사가 가능하고, 정확한 표적 각도 정보를 제공하는 전자식 표적 운동 모사방식으로 구분한다^{[8],[9]}.

본 논문은 J. Barth^[9]의 논문에서 언급한 유도탄 및 표적 운용개념을 기반으로 이중센서 영상탐색기의 표적 추적성능시험을 수행하기 위해 고정 표적과 시나리오 기반 이동 표적의 기동성을 고려한 표 1의 조건으로 HILS 시스템의 적외선 표적원을 제안하고, 제작된 적외선 표적원에 대하여 결과/충족 여부를 제시한다.

표 1. HILS 시스템의 적외선 표적원 요구사항 및 결과
Table 1. Requirements and results for infrared target source of HILS system.

Items	Contents or values	Results
HILS system's space	7.4(L) m×7(W) m×4(H) m	pass
Target's distance	165±2 mm	pass
Target's quantity	≥ 100	100
Target's operation	Each or Scenario	pass
Target's source	Infrared(visible)	pass
Target's temperature	25~65℃	pass

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 이중센서 영상탐색기의 시험을 수행할 수 있는 HILS 시스템 및 제안된 적외선 표적원을 설명하고, III장에서는 구축된 HILS 시스템 내에 시험장비의 측정 결과를 제시한다. 마지막으로 IV장에서 결론을 맺는다.

II. HILS 시스템 및 제안된 적외선 표적원

본 절에서는 이중센서 영상탐색기의 시험평가를 위해 구축해야 할 HILS 시스템 구성도와 시험장비의 하드웨어 및 적외선 표적원을 분석한 내용에 대해 언급한다.

2-1 HILS 시스템 구성

이중센서 영상탐색기 및 밀리미터파 탐색기의 추적성능시험을 위한 유도탄 자세를 모사하는 비행자세모의기, 시험장비를 통합 제어하는 시스템 통제제어기, 데이터 획득장치, 적외선 및 가시광 표적과 혼 안테나를 제어하는 표적운동 모의기 등의 시험장비와 무반향 챔버 내에 적외선/가시광 표적원 및 혼 안테나를 포함하는 HILS 시스템의 구성은 그림 1과 같다.

2-2 제안된 적외선 표적원

표 1의 HILS 시스템 공간, 표적원 운용, 표적원 온도 조건 등을 분석하여 이중센서 영상탐색기의 추적성능시험평가를 위한 적외선 표적원을 제안한다. 우선, HILS 시스템 내에 적외선 표적원을 제안하기 위해서는 1995년도

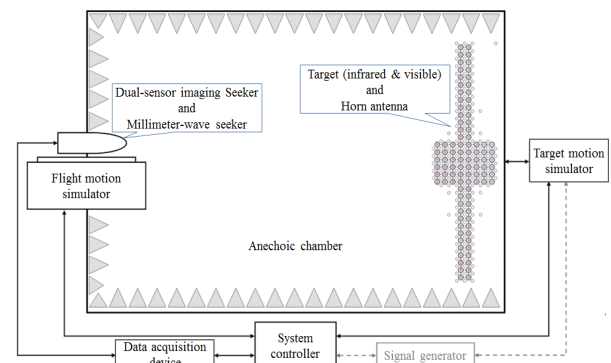


그림 1. HILS 시스템 구성
Fig. 1. Configuration of HILS system.

에 나토협약체 간 설정된 군사용 장비규격서에서 다루는 적외선 장비^[10]의 표적 탐지, 인지, 식별 거리성능에 대한 정의인 STANAG(STANdardization AGreement)-4347의 기준을 적용해야 한다^[11]. 여기에서 다루는 적외선 표적의 탐지, 즉 포착은 1쌍 흑/백을 구분해야 하는 것으로 영상 전시화면에서는 2화소이다. 인지는 3~4쌍 흑/백을 구분해야 하며, 식별은 6쌍 흑/백을 구분해야 한다. 따라서 7.4 m의 설치 거리에서 적외선 표적원의 크기를 제안하려면 식 (1)과 같다.

$$S_T = A_p \times N_p \quad (1)$$

여기에서, S_T 는 HILS 시스템 내의 적외선 표적원 크기, A_p 는 적외선 센서에서 한 개의 화소당 표적 면적, N_p 는 표적 포착 화소수이다. 그리고 한 개의 화소당 표적 면적(A_p)을 구하려면, 식 (2)와 같다.

$$A_p = 2 \times \frac{D_T \times \tan(FOV/2)}{S_i} \quad (2)$$

여기에서, A_p 는 적외선 센서에서 한 개의 화소당 표적 면적, D_T 는 표적 포착거리, FOV(Field Of View)는 이중 센서 영상탐색기의 광학시계, S_i 는 영상해상도이다. 식 (1)과 식 (2)를 통하여 적외선 표적원의 크기를 분석한 결과는 그림 2와 같으며, 크기가 10 mm일 때, 7.0 m 이상의 거리에서 이중센서 영상탐색기의 적외선 센서가 2화소 이상을 포착할 수 있는 가장 적절한 크기로 분석되었다. 또한 7.4 m 정도의 거리에서 적외선 표적원을 설치할 때,

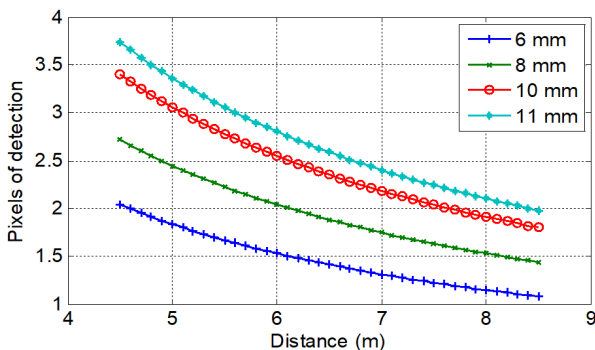


그림 2. 적외선 표적원의 크기 분석
Fig. 2. Size analysis of infrared target sources.

온도 오차 및 설치의 기계적 공차 등이 발생할 수 있는 것을 고려하여 7.0 m 정도의 거리에 설치하고자 한다. 적외선 표적원의 열원은 열전 소자(thermoelectric element)로 구성하였으며, 전류의 방향을 바꿈으로 냉각뿐만 아니라, 가열도 가능하고, 온도 변화에 빨리 반응하는 부품을 선정하였다^{[12],[13]}. 26~60℃의 온도 구간에서 열전 소자의 최대 온도 편차는 실험을 통하여 확보하였으며, 실험 결과 $\pm 2^\circ\text{C}$ 이었다. 적외선 표적원뿐만 아니라, 가시광 표적원도 제작하였으며, 주요 목적은 적외선 표적원의 동작상황과 표적 움직임을 육안으로 확인하기 위함이다.

그림 3은 적외선 표적원에 대한 기구물의 가공, 체결 등의 설치 오차를 고려할 때, 이중센서 영상탐색기가 7.0 m에서 표적 포착 가능한 화소를 분석한 결과이다.

2.3 무반향 챔버 내의 표적원 구성

J. Barth^[9]의 논문에서 언급된 유도탄 고도와 표적의 거리 및 움직임 등과 같은 유도탄 및 표적의 운용개념을 고려하고, 표 1의 조건을 반영하여 적외선 및 가시광 표적원을 그림 4와 같이 가로축 및 중앙 위주로 배열하고자 한다. 그림 4에서 가로축 방향은 하나 이상의 표적에 대하여 이동, 일시 정지한 다음 이동, 교차, 거짓 표적 등의 시나리오가 가능하며, 중앙은 정지 및 거짓 표적 등의 시나리오가 가능하다. 또한 물리적으로 무반향 챔버 기준점(anechoic chamber reference point: ACRP)을 바라보도록 설치하였으며, 각각의 표적원들은 ACRP로부터 등거리를 유지하기 위해 구의 곡면 구조로 제한하였다. 여기에서

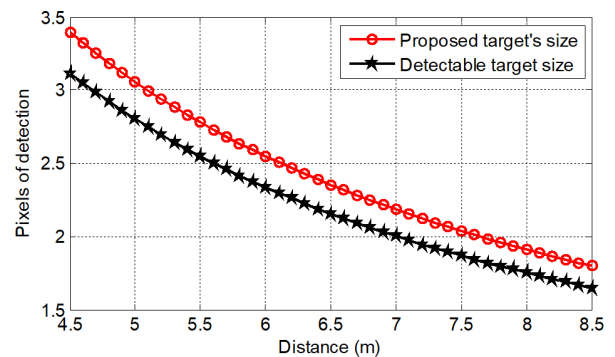


그림 3. 7.0 m 거리에서 포착 가능한 화소 분석
Fig. 3. Analysis of detectable pixels in 7.0 m distance.

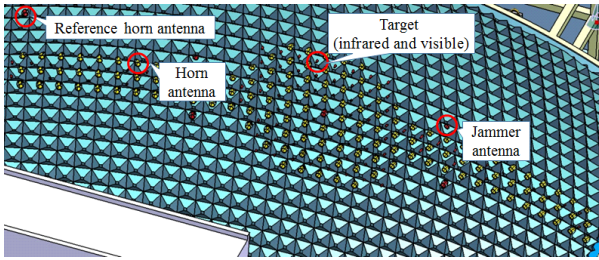


그림 4. 적외선 및 가시광 표적원 배열 구조(혼 안테나 포함)

Fig. 4. Array configuration for infrared and visible target sources (include horn antenna).

적외선 및 가시광 표적원의 구조와 배열 간격은 혼 안테나의 빔 폭, 밀리미터파 탐색기 안테나의 빔 폭 등의 간섭을 최소화하기 위해 4개의 혼 안테나 중앙에 배치하였다.

2.4 적외선/가시광 표적원의 표적운동 모의기

표적운동 모의기의 구성 및 형상은 그림 5와 같으며, 그림 4와 같이 배열한 적외선 및 가시광 표적원에 대하여 계획적인 운용 및 원하는 위치의 표적을 생성하는 장치이다. 그림 5를 살펴보면, 표적원으로 전원을 공급하는 전원부, 표적원들을 제어하기 위한 제어부, 각각의 표적원과 통신하는 통신부 등으로 구성된다.

2.5 시험 시나리오 생성 및 적외선 표적원 운용

시스템 통제제어기의 소프트웨어는 시험 시나리오에 따른 HILS 시스템의 시험절차 및 방법을 관리하며, 수집

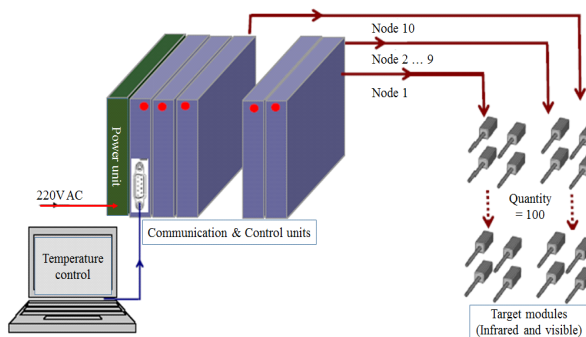


그림 5. 표적운동 모의기 구성도

Fig. 5. Configuration of target motion simulator.

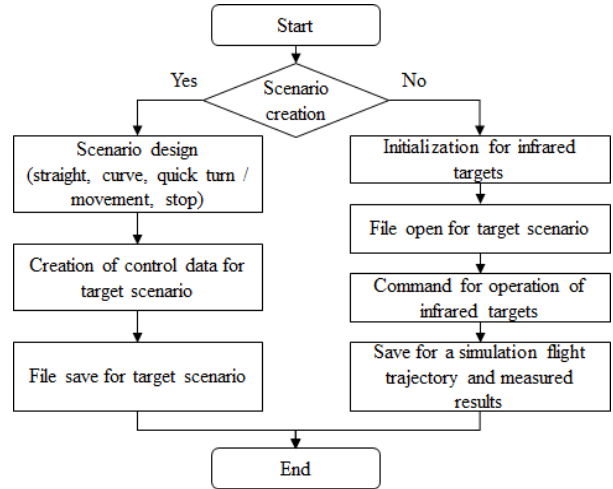


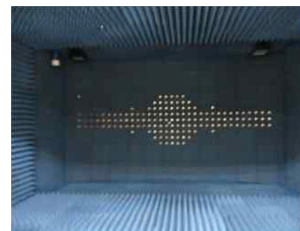
그림 6. 적외선 표적원의 시나리오 생성 및 운용

Fig. 6. Scenario creation and operation of infrared target.

된 데이터와 모의비행 궤적정보를 분석하여 탐색기의 성능을 평가한다. 표적운동 모의기에 대한 계획적인 운용 등의 시나리오 생성 및 운용 과정은 그림 6과 같다.

III. 적외선 표적원 설치 및 측정 결과

본 절에서는 HILS 시스템 내에 적외선/가시광 표적원을 설치하고, 적외선 표적원에 대한 측정 결과를 제시한다. 그림 7은 실제 구축된 HILS 시설의 무반향 챔버실과 비행자세 모의기이다. 그림 7(a)와 같이 무반향 챔버실 내에 적외선 및 가시광 표적원과 혼 안테나는 모의비행 시나리오를 고려하여 중앙에 대칭된 배열로 설치하였다. 그림 7(b)는 비행자세 모의기로 롤(roll), 피치(pitch), 요(yaw)의



(a) 무반향 챔버실
(a) Anechoic chamber



(b) 비행자세 모의기
(b) Flight motion simulator

그림 7. 구축된 HILS 시설 및 장비

Fig. 7. Built HILS facility and equipment.

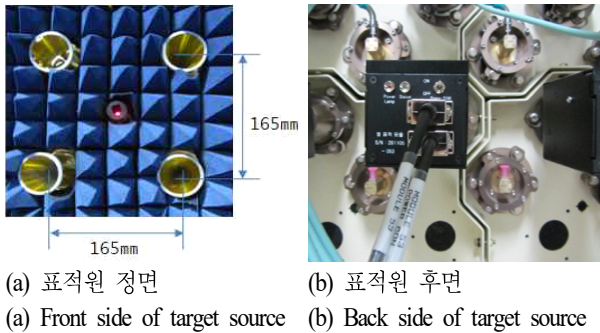


그림 8. 설치된 적외선 및 가시광 표적원
Fig. 8. Installed infrared and visible target sources.

3축으로 제작하였으며, 시나리오에 따라 유도탄 비행 궤적 모사가 가능하다. 그림 8(a)는 무반향 챔버실 내에 적외선 및 가시광 표적원과 혼 안테나를 설치한 정면이고, 그림 8(b)는 후면이며, 표적원들의 고각 및 방위각에 대해 틀어짐을 교정하기 위한 보정구조를 적용하였다.

그림 9는 적외선/가시광 표적원 100개에 대한 거리 오차를 측정된 결과이며, 그림 2의 그래프에서 분석한 7.4 m 거리 내에서 설치된 적외선 표적원의 거리 오차는 최대 5.2 cm가 떨어져 있음을 확인하였다. 이 중에서 22개는 향후 보정작업을 통해 거리 오차를 1 cm 이내로 보정할 예정이다.

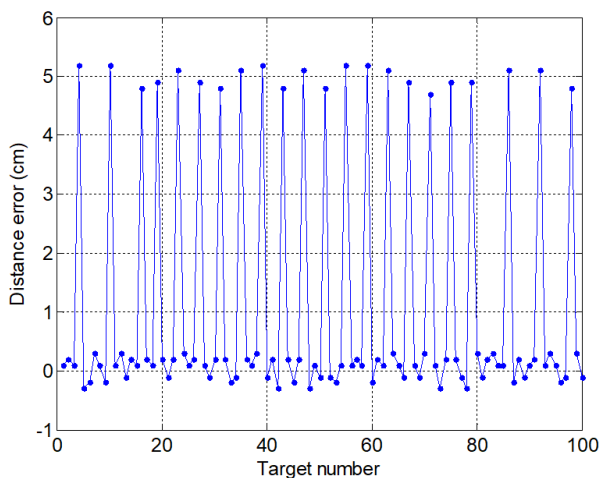


그림 9. 설치된 표적원과 기준점의 거리 오차
Fig. 9. Distance error between installed target sources and reference point.

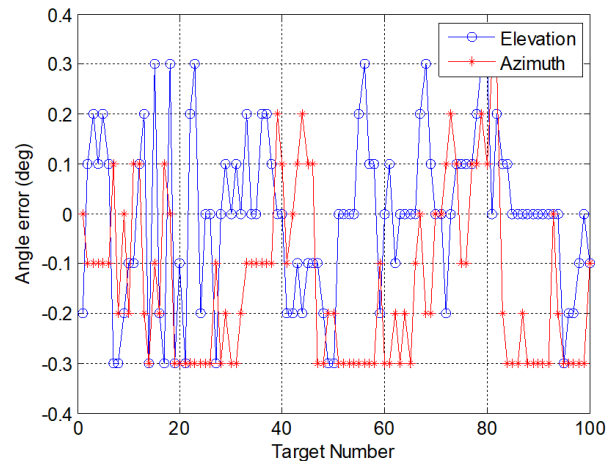


그림 10. 설치된 표적원의 고각 및 방위각 오차
Fig. 10. Elevation and azimuth angle error of installed target sources.

그림 10은 적외선/가시광 표적원 100개에 대한 고각 및 방위각 오차를 측정된 결과이며, 방향에 따라 기계적 오차가 최대 $\pm 0.3^\circ$ 틀어져 있었지만, 이중센서 영상탐색기의 표적 포착 및 추적 성능을 시험하기 위한 조건으로 충분하다고 분석되었다.

그림 11은 적외선 센서를 이용하여 26°C 부터 60°C 까지 온도별로 적외선 표적원을 획득한 영상이며, 단일 또는 이중센서 영상탐색기의 적외선 센서 시계(FOV)와 표적 포착거리에 대한 시뮬레이션 결과를 반영하여 4각 등근 형태로 가로 및 세로를 각각 10 mm로 제작한 결과이다.

그림 12는 적외선 표적원의 온도 오차를 측정된 결과이며, 26°C 에서 60°C 까지는 $\pm 2^\circ$ 이내로 요구사항을 충족하였지만, 70°C 에서 3개의 표적이 오차가 발생하였다. 이것은 70°C 의 고온에서 열전 소자가 안정화되는 시간 또는 모듈 교체가 필요한 것으로 분석되었다.

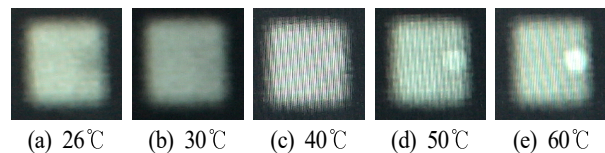


그림 11. 적외선 센서를 이용한 적외선 표적원 측정 결과
Fig. 11. Measured results of infrared target sources using imaging infrared sensor.

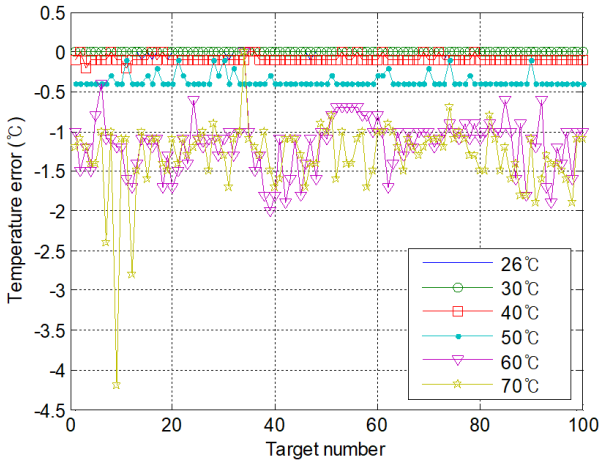


그림 12. 적외선 표적원의 온도 오차
Fig. 12. Temperature error of infrared target sources.

그림 13은 적외선 및 가시광 표적원의 셔터 개폐 결과이며, 제작된 표적원은 셔터 개방시 적외선 열원과 가시광 광원을 동시에 출력하고, 셔터가 닫히는 경우는 열원과 광원을 출력하지 않는다. 이와 같이 제작한 이유는 이중센서 영상탐색기의 적외선 및 가시광 센서^[14]를 개별 또는 그룹으로 운용이 가능하기 때문이다.

그림 14는 운용자에 의한 적외선 및 가시광 표적원의 시나리오 생성 및 실행 제어하는 콘솔이며, 그림을 살펴 보면 특정 표적원 단합 결과를 확인할 수 있다. 직선뿐만

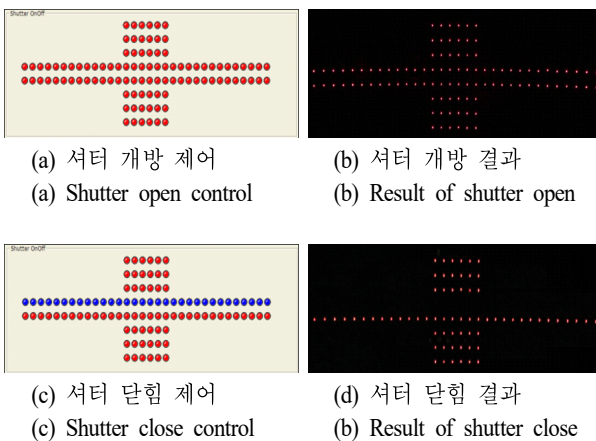


그림 13. 적외선 및 가시광 표적원의 셔터 구동 결과
Fig. 13. Operational results of infrared and visible target sources.

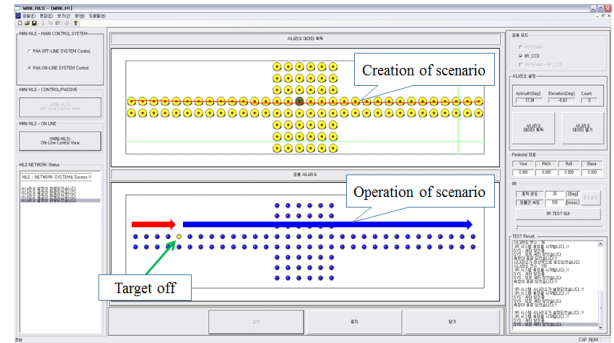


그림 14. 운용자에 의한 적외선 및 가시광 표적원의 시나리오 생성 및 실행 제어 콘솔
Fig. 14. Scenario creation and execution consol of target sources by operator.

아니라, 곡선, 급선회 또는 기동, 정지 등과 같은 시나리오 기반의 다양한 표적운동 모사가 가능하다.

그림 15는 적외선 표적원의 시나리오 데이터 포맷이며, 그림 15의 (1)은 시나리오 개수, (2)는 동시 구도 개수 지정, (3)은 적외선 표적원 모듈 ID, (4)는 적외선 표적원 온도 지정, (5)는 적외선 표적원 모듈 간 지연시간 등으로 구성된다. 따라서 운용자가 개입하여 구성하고자하는 직선, 곡선, 급선회, 또는 기동, 정지 등의 시나리오를 생성하고 수행할 수 있다.

표 2는 J. Barth^[9]가 제시한 방법과 본 논문에서 제안된 시스템을 단순 비교하였으며, 이중센서 탐색기가 탐색된 유도탄 운용개념이 유사할 때 비교할 수 있는 사례라고 볼 수 있다.

(1)			(3)	(4)	(5)
cnt	:	10			
mode	:	1			
		X-Axis	Y-Axis	Module	Temp
S0 : 4		-20.750	0.675	19	26
1		-19.525	0.725	20	26
2		-18.175	0.725	21	26
3		-16.825	0.725	22	26
S0 : 2		-15.475	0.725	23	26
5		-14.125	0.725	24	26
S0 : 1		-12.775	0.725	25	26
7		-11.425	0.725	26	26
S0 : 1		-10.075	0.725	27	26
9		-8.725	0.725	28	26
10					
					Delay
					500
					500
					500
					500
					500
					500
					500
					500

그림 15. 운용자에 의한 적외선 표적원의 시나리오 생성 및 결과
Fig. 15. Scenario creation and execution consol of target sources by operator.

표 2. J. Barth^[9] 방법과 제안된 방법의 비교Table 2. Comparison of J. Barth^[9] and proposed method.

Items	Contents	
	J. Barth ^[9] 's method	Proposed method
Seeker's sensor	Infrared and Semi-active laser	Infrared and visible
HILS system construction	Virtual image based on screen	Reference horn antenna, horn antenna, and infrared/visible target
Target's quantity	2	100
Target's operation	Manual	Manual and Electronics
Target's source	Infrared and laser	Infrared and visible
Target's control	Possibility	Possibility
Target's scenario	Fixed	Fixed and movement

IV. 결 론

본 논문에서는 이중센서 영상탐색기 시험평가를 위한 HILS 시스템 내에 적외선 표적원을 제안하였다. 유도탄 운용환경을 고려하여 표적모사를 위해 100개의 적외선/가시광 표적원을 대칭되도록 배치하였고, 표적운동 모의기를 이용하여 표적의 위치, 속도, 방향, 배경 클러터 및 재밍 환경 등의 개별 또는 그룹 형태로 동작하도록 제안하였다. 또한 유도탄 비행궤적을 모사하기 위해 3축 비행 자세 제어기를 이용하였다. 마지막으로 시스템 통제제어기는 시나리오 기반 HILS 시스템의 시험장비를 제어하며, 이중센서 영상탐색기와 통신하여 성능 분석하도록 구현하였다. 구축된 HILS 시스템 시설의 무반향 챔버실 내에 표적원 간의 간격은 165 mm로 설치하였으며, 표적원의 고각 및 방위각 오차는 $\pm 0.3^\circ$ 이내, 기준점과 표적원 간의 거리 오차는 최대 5.2 cm 이내로 요구규격을 충족하였다. 적외선 표적원의 온도 오차는 26~60°C에서 요구규격을 충족하였지만, 70°C에서 3개의 표적원이 오차가 발생한 것을 확인하였다. 이것은 향후 적외선 표적원의 교체 또는 보완작업이 필요하다고 판단된다. 그리고 운용자에 의한 표적운동 시나리오 생성하기 사전에 유도탄 운용환경과 표적의 직선, 곡선, 급선회 또는 기동, 정지 등을 고려한 시뮬레이션이 필요하다. 본 논문에서 제안하는

HILS 시스템 내에 시험장비는 유도탄 실사격 시험 전에 이중센서 영상탐색기의 종합성능시험을 위한 최적의 모의비행환경을 제공하리라 기대하고 있으며, 향후에 밀리미터파 탐색기와 동시에 성능시험을 수행할 수 있도록 유도탄 운용환경을 고려한 시나리오를 생성할 예정이다.

References

- [1] H. Cho, J. Chun, S. Song, and S. Jung, "Improvement of track-to-track fusion for dual-mode homing guidance with target-orientation measurements," *Optical Engineering*, vol. 54, no. 10, p. 103110, 2015.
- [2] 송성찬, 나영진, 윤태환, "밀리미터파 탐색기 시험평가를 위한 HILS 및 시험 장비 개발," 한국전자과학회논문지, 23(1), pp. 47-55, 2012년 1월.
- [3] 박장한, 정상원, 이원진, 권강훈, "이중센서 영상탐색기에서 추적 결과의 데이터 결정 방법," 한국군사과학기술학회 추계학술대회, pp. 533-534, 2017년 11월.
- [4] 박종일, 김경태, "SAR 영상을 이용한 자동 표적 식별 기법에 대한 연구," 한국전자과학회논문지, 22(11), pp. 1063-1069, 2011년 11월.
- [5] 박혜령, "원적외선 호밍 유도탄 시험을 위한 가상 해상 환경의 구현," 한국군사과학기술학회지, 19(2), pp. 185-194, 2016년 4월.
- [6] 박해리, 전인수, 송창준, "HILS를 위한 시뮬레이션 프로그램 설계 기법," 한국군사과학기술학회지, 16(4), pp. 435-440, 2013년 8월.
- [7] MBDA Systems, "Hardware in-the-loop simulation," Available: <http://www.mbda-systems.com>. Accessed on: Mar. 20, 2018.
- [8] E. J. Echblatt, *Test and Evaluation of the Tactical Missile*, SPIE Press, pp. 117-118, 1993.
- [9] J. Barth, A. Fendt, R. Florian, and W. Kieslich, "Dual-mode seeker with imaging sensor and semi-active laser detector," in *Proceedings SPIE 6542, Infrared Technology and Application XXXIII*, 2007, vol. 65423B, pp. 1-7.
- [10] 최봉준, 이용춘, 윤주현, 김은준, "확산 스펙트럼 생성기를 이용한 적외선 카메라의 방사노이즈 저감에 관한 연구," 한국전자과학회논문지, 27(12), pp. 1097-1104,

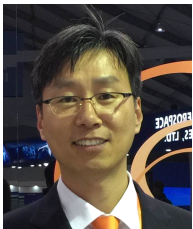
2016년 12월.

- [11] 박종환, "군용 EO/IR 장비의 시험평가 기준 정립방안," 한국군사과학기술학회지, 19(5), pp. 613-617, 2016년 10월.
- [12] 박장한, "실시간 적외선 영상추적 검증을 위한 소형 열표적 모듈," 국방과학연구소 창설 40주년 기념 종합학술대회, pp. 270-271, 2010년 8월.
- [13] S. Song, G. Noh, J. Yoo, I. Oakley, J. Cho, and A. Bianchi, "Hot & tight: Exploring thermo and squeeze

cues recognition on wrist wearables," in *Proceeding ISWC '15 Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers*, Sep. 2015, pp. 39-42.

- [14] 김태동, 이승현, 백경진, 장병준, 정경훈, "휴대형 근적외선/가시광선 분광기를 이용한 의약품 분류기법," 한국전자과학회논문지, 28(8), pp. 628-635, 2017년 8월.

박 장 한 [한화시스템(주)/수석연구원]



1999년 8월: 광운대학교 소프트웨어공학과 (이학석사)
2005년 2월: 광운대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
2005년 4월~2006년 6월: 중앙대학교 문화컨텐츠기술연구원 전임연구원
2006년 7월~현재: 한화시스템(주) 전자광

학 · PGM연구소 수석연구원

[주 관심분야] 전자광학 영상탐색기 시스템 설계, 영상처리, 데이터 융합, 시각 및 인공지능 시스템 등

정 상 원 [한화시스템(주)/전문연구원]



2005년 2월: 영남대학교 전자공학과 (공학사)
2009년 8월: 영남대학교 전자공학과 (공학석사)
2009년 9월~현재: 한화시스템(주) 레이더 · PGM연구소 전문연구원

[주 관심분야] 적외선 탐색기 시스템, 임베디드 H/W 및 S/W, SAR 신호처리 등

송 성 찬 [한화시스템(주)/수석연구원]



2001년 2월: 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학사)
2003년 2월: 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학석사)
2002년 11월~2015년 6월: 삼성탈레스(주) 전문연구원
2015년 7월~2016년 9월: 한화탈레스(주)

전문연구원

2016년 10월~현재: 한화시스템(주) 레이더 · PGM연구소 수석연구원

[주 관심분야] 레이더 신호처리, 레이더 시스템 등