

## 항공기용 EOTS 성능분석을 위한 HILS시스템 구축에 관한 연구

천승우\*, 백운혁\*, 라종필\*

### A Study on HILS for Performance Analysis of Airborne EOTS for Aircraft

Seungwoo Chun \*, Woonhyuk Baek \*, Jongpil La \*

#### 요 약

본 논문에서는 전투기에 탑재되어 지상표적을 추적하고 레이저를 조사하여 레이저유도 폭탄을 유도하는 등의 기능을 수행하는 타겟팅포드의 성능분석 및 검증에 위한 HILS(Hardware In-the-Loop Simulation) 시스템 구축에 대하여 설명한다. 타겟팅포드의 실시간 성능분석을 위해서는 주간카메라와 IR카메라의 모의영상 생성기술, 서보 제어기술 및 레이저 전달 특성 분석기술이 필요하다. 실시간 모의 영상생성과 레이저 전달 특성 분석에는 검증된 상용 소프트웨어 개발 키트(SDK)인 OKTAL-SE를 활용하였고, 서보구동은 실제 유사과제에서 적용된 서보구동의 메커니즘을 적용하여 정확도를 높였다. 또한, 실제 전투기 인터페이스와 동일한 조건의 성능분석을 위하여 1553B, ARINK818 등의 인터페이스를 실제 구현하여 적용하였다. 본 논문에서 구축한 HILS 시스템을 적용하면 현재 운용되는 전투기 장착 탑재전자체의 성능분석과 검증은 물론 실제 장비 개발 중 각 모듈의 성능이 시스템 전체 성능에 미치는 영향도 분석가능하다. 향후 다양한 비행체의 비행역학을 적용하여 광범위한 분야에 활용가능 함으로 개발요구사항 도출 및 개발 위험을 줄이는 데 큰 기여를 할 수 있을 것으로 예상된다.

▶ Keywords : 하드웨어 인더 루프 시뮬레이션, 전자광학 타겟팅 시스템, 레이저 유도 폭탄, 모의영상생성 SW, 서보

#### Abstract

In this paper, the HILS (Hardware In-the-Loop Simulation) system to analyze and to verify the performance of the targeting pod is addressed. The main functions of the targeting pod is acquiring and tracking targets to guide a LGB (Laser Guided Bomb) to the targets. For the

•제1저자 : 천승우 •교신저자 : 라종필

•투고일 : 2013. 11. 25, 심사일 : 2013. 12. 9, 게재확정일 : 2013. 12. 16.

\* 삼성탈레스 (Samsung Thales)

• 본 논문은 2012년 한국항공우주학회 추계학술대회에서 발표한 논문("항공기용 EOTS 성능분석 및 검증을 위한 HILS 개발")을 확장한 것임.

• 이 연구는 국방과학연구소 핵심기술 연구개발 "이중모드 감시/기만 통합시스템 기술" 과제의 지원을 지원받아 수행되었음.

analysis of targeting pod, the real time simulate images generation of IR and daylight cameras, sever control technology, and the analysis of laser transfer characteristics are necessary. For the real time image generation and the laser transfer characteristics analysis, off-the-shelf SDK(Software Development Kit) OKTAL-SE is used. For the servo controller, well-proven mechanism in the previous program is applied to increase servo control accuracy. To analyze the performance of a targeting pod in a realistic environment, 1553B, ARINK818 interface and etc. which are actually implemented in real combat aircrafts are applied in the system. By using the developed HILS system, the performance of currently operating targeting pods in real combat aircrafts can be analyzed and predicted. Additionally, the relationship between overall system performance and each module performance can be analyzed. the currently developed HILS system is expected to be a very useful tool to generate system development requirements of targeting pods and to reduce any possible future development risks.

▶ Keywords : HILS(Hardware In-the-Loop Simulator), EOTS(Electro Optical Targeting System), LGB(Laser Guided Bomb), OKTAL-SE, servo

## I. 서 론

본 논문에서는 항공기용 EOTS(Electro Optical Targeting System)의 성능분석 및 검증을 위한 HILS시스템 구축에 관한 내용을 기술한다. 항공기용 EOTS는 주/야간 임무환경에서 표적에 대한 영상 제공 및 이를 추적하기 위하여 주간 및 적외선 카메라와 표적 또는 특정좌표를 정확히 지향할 수 있는 구동기가 함께 장착되어 있다. 또한 표적에 대한 추적을 할 수 있는 영상처리보드와 거리측정, LGB 유도를 위한 레이저 조사장비 및 레이저빔 추적기(LST)를 모두 포함한 첨단 전자광학 타겟팅장비이다. 이러한 첨단 복합임무장비의 성능은 장착될 항공기의 비행특성(비행자세/속도, 하중, 진동) 및 임무시나리오 뿐 아니라 타 장비로부터 제공되는 연동 센서정보(항공기 위치/자세, 큐)에 영향을 받게 된다. 이와 같은 이유로 인하여 정확한 시스템 성능분석을 위해서는 실제 비행시험을 통해서만이 성능 분석 및 검증이 가능하게 되고, 문제점이 발생하면 디버깅에 엄청난 노력과 비용이 필요하게 되고 심각한 경우 개발 자체가 불가능한 경우가 발생하기도 한다. 특히, 개발초기 정확히 수립되어야 할 각 모듈별 성능요구사항이 복잡한 환경요인이 변수로 작용하는 항공기의 특성을 완벽히 고려하지 못했다면 최종비행 시험 전까지

많은 개발리스크를 앓고 개발되는 것이다.

그럼으로 우리나라에서 개발되지 않은 EOTS 장비를 보다 효과적으로 개발하기 위해서 개발 초기단계인 체계 요구사항 및 임무요구도 분석 단계에서 EOTS 주요 규격을 도출하고 그에 따른 각 모듈별 성능 분석 및 검증하기 위하여 실제 항공기와 같은 인터페이스 및 비행특성모델이 적용된 실시간 시뮬레이터의 개발이 강력히 요구된다[1][2][3].

이러한 시뮬레이터에 실제 적용 가능한 EOTS 탑재전자모의기를 설계 및 제작하고, 연동함으로써 EOTS에서 요구되는 하드웨어적 성능 및 운용 소프트웨어의 기능을 사전에 검증할 수 있으며 체계 개발 시, 시험평가 단계에서는 EOTS 시험결과를 분석하고 효과적으로 결함을 파악할 수 있는 장비로 활용이 가능할 것이다[1][2][3]. 항공기용 EOTS 개발을 위한 선행연구로서 요구사항 분석, 시스템 설계 및 지상/비행시험 단계의 EOTS 성능 분석 및 검증 시 활용 가능한 HILS를 개발하여 향후, 체계 개발에 대한 리스크를 완화하고자 한다 [1][2][3].

본 논문의 2장에서는 제안하는 시스템 개요에 대하여 설명하고, 3장에서는 전체 시스템 중 핵심 연구 분야인 모의영상생성기, 카메라 구동기 및 레이저 모듈 모델링, 향후 활용방안에 대해 기술한다.

## II. 시스템 개요

EOTS HILS는 그림 1.에서 보는 바와 같이 중심에 있는 탑재전자부의 성능을 확인하고 검증하는 장비로 EOTS 비행 운용모의기, EOTS 탑재전자모의기, EO/IR 모의영상생성기로 구성되며 선택적으로 전기용 EOTS가 추가될 수 있다 [1][4].



그림 1. 전자광학 타겟팅 시스템 HILS  
Fig. 1. Electro Optical Targeting System HILS

EOTS 비행운용모의기의 주요기능은 항공기의 특성을 이용하여 실험실에서 항공기에 탑재하여 시험하는 효과를 제공하는 장비로 본 논문에서는 고등훈련기 T-50 시뮬레이터의 비행 모델을 적용하여 실제와 유사한 비행특성으로 조종사 영상(OTW)을 생성하고 탑재전자모의부에 비행기 자세와 고도 등의 비행정보도 제공 할 수 있도록 개발하였다. 부가 기능으로는 운용자 인터페이스인 조종간과 MFD가 장착되어 제어명령을 탑재전자모의기에 전달하는 기능을 담당한다.

EO/IR모의 영상생성기는 가상의 주간 및 적외선 영상을 생성해주는 장비로 위성영상 데이터베이스를 활용하여 실제와 유사한 환경에서의 표적에 대한 탐지/인지/추적이 가능한 환경을 제공해 주고 실제 EOTS 장비를 제어하고 영상을 획득 할 수 있는 기능을 구현하여 향후, 지상 검증시험에서 활용 할 수 있도록 개발하였다.

EOTS 탑재전자모의기는 실제 항공기에 장착되어 탑재센서 제어, 레이저 신호처리 및 추적 등의 모든 신호처리를 담당하는 탑재전자부를 모의한 장비이다. 또 다른 주요기능으로 탑재센서제어 기능을 통하여 모의 영상의 FOV, 카메라 과장대역, 카메라구동부 제어를 수행한다. 추적기능으로 Point Track, Area Track, Inertial Track 및 Cued Track이 적용 되었다. Point Track은 화면 내 관심 표적을 추적하는 방법으로 영상 프레임간의 상관도가 높은 곳을 추정하는 알고리즘이며, Area Track은 화면내 Global Motion을 추정하여 관심 화면을 유지하는 알고리즘이다. 또한, Inertial Track[5]은 미리 제공된 표적의 위치정보와 항공기의 현재 위치/자세/속도 정보를 활용하여 지정된 좌표에 시선을 지향하는 추적 방식이고 Cued Track은 탑재 레이더와 같은 다른 센서로부터 제공되는 지향정보에 따라 시선을 이동하며 추적하는 방식이다. 또한 본 논문에서는 체계개발 시 적용 가능하도록 개방형구조의 H/W 및 S/W로 제작 하였으며, EOTS 사용자 운용명령, 센서 제어 기능과 추적기능 및 실시간 영상 정보 저장기능을 제공한다. 이를 통해 체계 개발 시 필요한 탑재전자모의기 하드웨어의 성능과 운용 소프트웨어 기능에 대한 사전 검증이 가능하며, 비행 시험 시 저장된 영상/비행 정보 데이터를 지상에서 분석하는 디브리핑 시 활용 할 수 있다. EOTS 탑재전자모의기의 주요사항은 다음의 표 1과 같다 [1].

표 1. 탑재전자모의기 주요사항  
Table 1. EOTS AEU Simulator Specification

항목	주요사항	비고
CPU	MPC8641D 1.33GHz	시스템제어보드
	Intel Core i7 2.1 GHz	데이터처리보드
시스템 버스	VPX	
운용체제	VxWorks	
인터페이스	Gb LAN/1553B	
영상출력	ARINC818	2채널
저장용량	512GB×2	4시간이상 저장

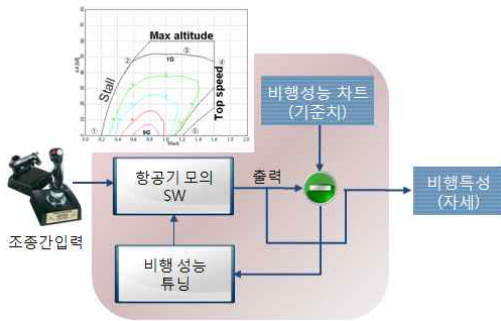


그림 2. 6자유도 비행역학 튜닝  
Fig. 2. 6-DOF Flight Dynamics Tuning

그림 1에서 전기용 EOTS는 항공기에 탑재되는 EO/IR 센서, 서보 및 레이저 모듈을 포함하는 탑재센서로 본 개발에서 실제 개발되고 항공기의 특성과 외란을 모사 가능한 6자유도 비행역학을 적용하여 모의영상뿐만 아니라 실제 영상과 서보 및 레이저로 시험이 가능한 구조이다. 6자유도 비행역학 적용 시 그림 2와 같이 기본적인 6자유도 비행역학 모델에 기본 비행 패턴의 성능차트를 기준으로 공력데이터를 튜닝하여 실제와 유사한 비행특성을 갖도록 구현했다[1].

본 논문에서는 개발된 EOTS HILS의 핵심 기능인 모의 영상 생성기, 카메라 구동 모델링, 레이저모듈 모델링에 대해 자세히 설명한다.

### III. EOTS HILS System

#### 1. EO/IR 모의 영상 생성기

EO/IR 모의영상생성기는 주간 및 적외선 모의영상을 생성하는장치로 oktal-se라는 소프트웨어와 한반도 일부지역에 대한 위성영상을 활용하여 구현하였다.

모의영상 생성과정은 그림 3과 같이 EO/IR 카메라의 방향과 FOV 등의 카메라 제어명령을 탑재전자모의기로부터 수신하고 기상상황과 대기조건 등의 파라미터를 설정한다. 또한 검출기의 적분시간, 파장대역과 같은 파라미터 등의 파라미터도 설정하여 모의 영상을 생성시킨다. 생성된 검출기 신호는 각 검출기 특성에 따라 불균일이 발생하는데 이러한 현상을 보정하는 과정인 불균일보정을 수행한다. 적외선 모의영상 생성에는 2가지 모드가 있는데 비 실시간으로 한 프레임씩 정밀하게 영상을 만드는 RAY-IR모드와 실시간으로 영상을 생성하는 FAST-IR모드가 있다. 본 논문에서는 하드웨어 인더 루

프로 제어가 되어야 함으로 실시간 적외선 영상모델인 FAST-IR모드를 활용하였고 특징으로는 고속 영상생성을 위해 각 3D DB를 사전에 전처리를 수행하여 전처리 DB를 확보하는 과정이 추가로 필요하다.

그림 4는 미사일을 FAST-IR 적외선 모의영상 생성과정을 나타낸다. oktal-se, multigen creator, photoshop 및 C++ 등의 소프트웨어를 이용하여 비교적 신뢰성 있는 적외선 영상생성이 가능하다. 사전 DB전처리 과정에서 표면의 질과 색을 구체적으로 분류함으로써 정확한 적외선 영상생성이 가능하다. 뿐만 아니라 대기온도, 날씨 등의 여러 가지 파라미터를 변경 가능하여 표적별 탐지/인지 및 추적능에 미치는 영향을 분석할 수 있다. 또한, 외란에 의한 시선 흔들림 (Jitter)과 대기투과도에 따른 영향까지 확인 할 수 있도록 구현하였다.

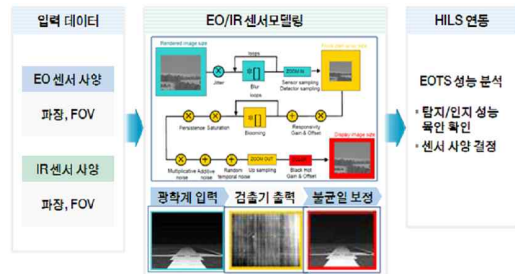


그림 3. EO/IR 센서 모델링  
Fig. 3. EO/IR Sensor Modeling

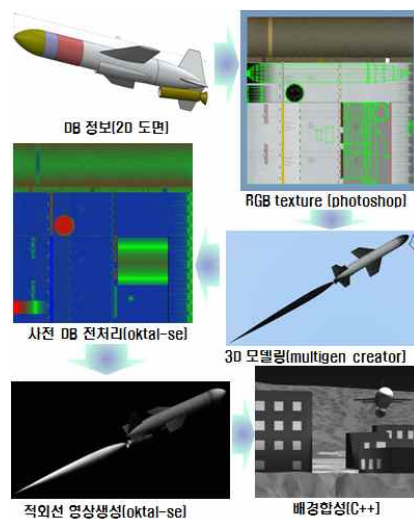

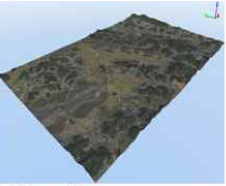




그림 4. FAST-IR 모델링 과정  
Fig. 4. FAST-IR modeling process

표 2는 시흥지역의 위성영상을 활용하여 전송한 바와 같이 FAST-IR 적외선 및 주간카메라 영상생성의 결과와 각 카메라의 설정값을 나타낸다. 적외선은 중적외선 파장대역이고 주간카메라는 흑백영상을 생성한 결과이다[1].

표 2. 생성된 모의 주/야간 영상  
Table 2. Simulated daylight and Infrared image

항목	EO영상 (1m급 영상)	IR영상 (1m급 영상)
3D DB 생성		
생성된 모의 영상		
생성 환경	<ul style="list-style-type: none"> <li>파장대역 : 400~700 nm</li> <li>시계 : 3.6° (x 11)</li> <li>시선각 : -13.8°</li> <li>해상도 : 512 X 512</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>파장대역: MWIR(3~5 μm)</li> <li>시계 : 3.6° (x 11)</li> <li>시선각 : -13.8°</li> <li>해상도 : 512 X 512°</li> </ul>

## 2. 카메라 구동 모델링

카메라 구동 성능 모의기는 탑재 전자부로부터 구동모드/구동명령을 인가받아서 김발이 구동하는 시스템을 모사한다. 카메라 김발 구동에는 구동모드/구동명령 생성뿐 아니라 구동에 관여하는 센서 및 각 구동부의 모델이 필요하다. 이에 안정화 구동을 위한 관성센서, Roll, Pitch, Yaw 구동을 하는 구동모듈과 연동하는 연동기능을 갖추고 있다. 또한 구동기의 성능 모의를 통한 설계 반영을 위한 구동기 성능 제한 기능을 추가하였다. 그림 5는 서보 및 김발의 제어블록도로, 입력된 운용모드 및 시선 이동 명령에 따라 모의된 Roll, Pitch, Yaw 각도정보를 제공하며 최대 구동각속도 및 각가속도에 따른 구동 성능을 분석할 수 있다.

카메라 구동성능 모의기는 MATLAB / Simulink를 이용하여 설계하고, Realtime workshop embedded coder를 이용하여 C++ 코드로 변환하여 사용하였다[1][6]. 카메라 구동성능 모의기는 탑재 전자부로부터 구동모드 및 구동명령, 성능제한 데이터, Roll 보상을 위한 De-Roll 각도, 카메라의 시야각 등을 입력받는다.

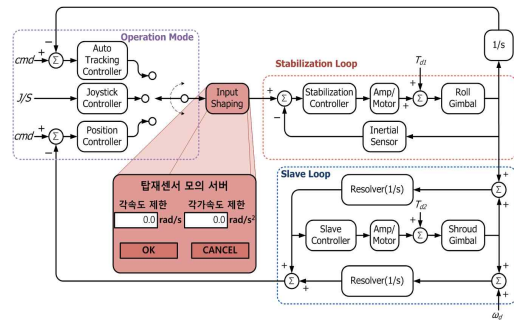


그림 5. 카메라 구동성능 모의기 제어 블록도  
Fig. 5. Block-diagram of the Gimbal Control System

입력받은 데이터를 이용하여 1kHz 속도로 구동성능 모의기가 실행되고, 그 결과로 LOS 위치 및 김발의 구동각속도를 출력한다.

그림 6에서 보는 것과 같이 카메라 구동성능 모의기의 김발 구동제어 모델은 김발의 구동속도를 Feedback 하기 위한 Reference Gyroscope, 안정화제어기, 서보 앰프 및 모터, 그리고 구동김발로 구성되어 있다. 각각의 모듈은 실 장비의 Dynamics를 반영하여 모델링 하였다[1][7].

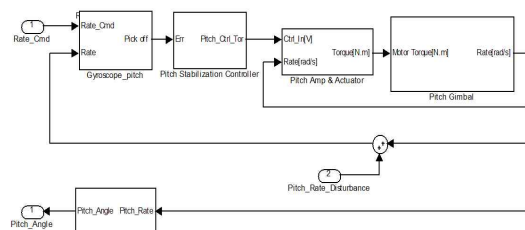


그림 6. 구동 제어 모델  
Fig. 6. Stabilization Control Model

안정화 제어기는 식(1)과 같은 형태의 PID 제어기를 이용하여 전체 시스템이 Type III가 되도록 설계하고, 그 성능을 주파수 영역에서 살펴보았다[8].

$$G(s) = \frac{s + Z_{\leq AD}}{s + P_{\leq AD}} \frac{s + Z_{LAG}}{s} K_{GAIN} \quad (1)$$

그림 7 및 그림 8과 같이 개루프 Bode 선도를 보면 Yaw 축 교차주파수는 약 39Hz에 위상여유는 56도, Pitch축 교차주파수는 약 38Hz에 위상여유는 56도이다.

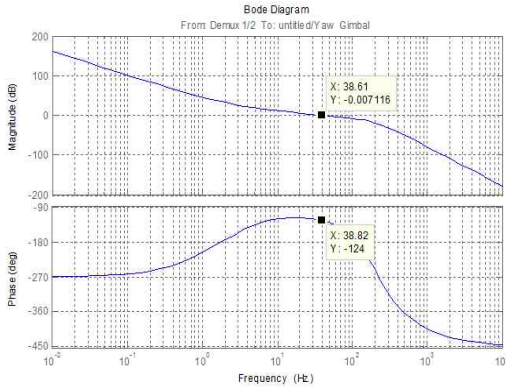


그림 7. Yaw 축 개루프 Bode 선도  
Fig. 7. Open-loop Bode Plot of Yaw Axis

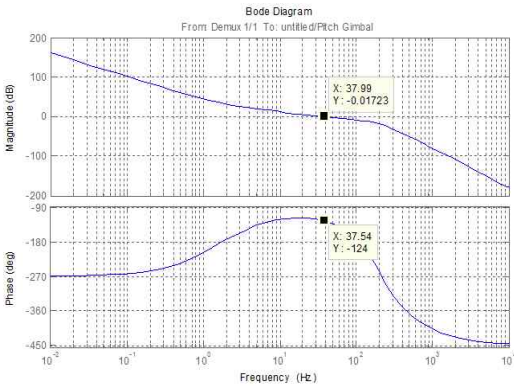


그림 8. Pitch 축 개루프 Bode 선도  
Fig. 8. Open-loop Bode Plot of Pitch Axis

본 논문에서는 설계된 제어기를 바탕으로 구동성능을 분석하였다. Yaw/Roll 구동 속도 5.25rad/s 및 Pitch 구동속도 3.5rad/s 까지 각속도 구동제어가 가능함을 확인하였고, 또한 구동각 추종 제어 성능도 그림 9 및 그림 10과 같이 확인하였다. Yaw/Roll의 경우 2rad 의 구동각 명령에 약 1.6초 후에 수렴했고, Pitch의 경우 0.5rad의 구동각 명령에 약 1초 후에 수렴하는 것을 확인하였다.

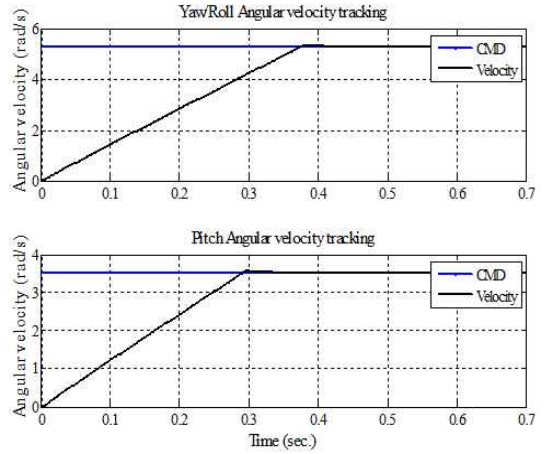


그림 9. 각속도 추종 시뮬레이션 결과  
Fig. 9. Angular Velocity Tracking Performance

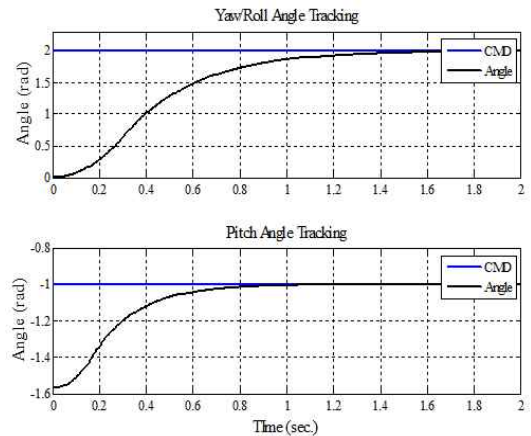


그림 10. 각도 추종 시뮬레이션 결과  
Fig. 10. Angle Tracking Performance

### 3. 레이저 모듈 모델링

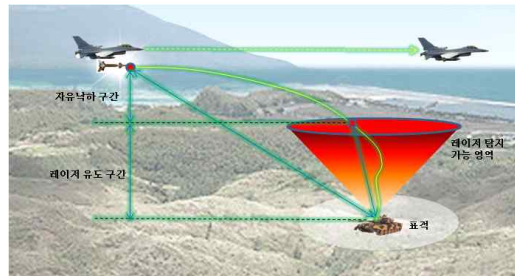


그림 11. 레이저표적조사기와 레이저 유도폭탄 운용개념  
Fig. 11. The operational concept of laser guided bomb

전술한 바와 같이 전투기 타겟팅 파드 (Targeting Pod) 는 레이저 유도 폭탄(LGB)의 정밀 유도를 위한 레이저표적 조사기(Laser Target Designator)를 구비하고 있다. 레이저 표적조사기는 각 나라 및 연합국 규약에 의거한 특정 펄스 형태와 특정 주기의 레이저 펄스를 조사하고, 레이저 유도 폭탄은 그에 따라 정밀 유도 되도록 설계되었다. 그림 11은 레이저 표적조사기와 레이저 유도폭탄의 운용개념을 도시하고 있다.

전투기의 타겟팅 파드에 장착된 레이저 표적지시기로부터 발사된 레이저는 표적에서 반사되어 공간상으로 전파되며, 일반적으로 표적으로부터 멀어질수록 레이저 광량은 줄어든다. 반사된 레이저의 광량이 레이저유도폭탄의 탐지 성능보다 높은 영역을 레이저 탐지 가능 영역이라 부른다.

레이저유도폭탄이 표적을 명중시키기 위해서는 레이저 탐지 가능 영역 내에서 폭탄을 투하하거나, 적어도 자유낙하를 통해서 레이저유도폭탄이 레이저 탐지 가능 영역 안으로 들어 가도록 투하하여야 한다. 표적과의 거리가 가까워지면 적에 의해 피격 확률도 동시에 올라가므로, 레이저 탐지 영역 밖에서 폭탄을 투하하는 것이 일반적이다.

레이저 탐지 영역은 가상의 영역으로 레이저 표적 지시기의 레이저 출력, 레이저 유도폭탄의 레이저 탐지 민감도, 기타 표적의 종류나 상태 및 대기상태에 따라 달라지며, 표적 명중률, 폭탄 투하거리/고도/속도 등에 중대한 영향을 미치는 요소이다.

본 장에서는 전투기의 실제 운용 환경과 비슷한 가상의 운용환경에서 다양한 레이저 유도폭탄을 운용할 때, 레이저 지시기의 규격에 따른 레이저 탐지 영역을 예측하는 HILS 장비를 개발하고, 이를 이용한 시스템 성능 분석에 대해 기술하였다.

이를 위하여, 먼저 일반적인 대기 중 레이저의 전달 특성 및 표적에 의한 반사 특성을 그림 12와 같이 모델링하였다 [9][10].

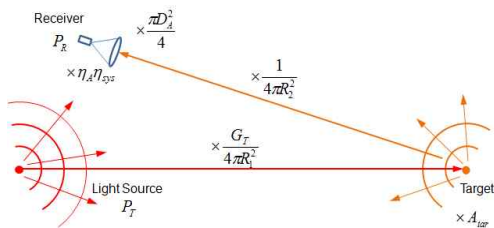


그림 12. 레이저 전달 특성의 모델링  
Fig. 12. The modeling of laser transfer characteristics

$$P_R = \frac{P_T G_T}{4\pi R_1^2} \frac{A_{tar}}{4\pi R_2^2} \frac{\pi D_A^2}{4} \eta_A \eta_{sys} \quad (2)$$

$P_T$ 의 파워를 가지는 광원으로부터 표적에 반사되어 검출기에 입사되는 파워  $P_R$ 은 LADAR 방정식을 사용하여 식 (2)와 같이 얻을 수 있다[9][10][11].

여기서,  $R_1$ ,  $R_2$  및  $\eta_A$ 는 각각 레이저 조사기와 표적까지의 거리, 표적과 레이저유도폭탄까지의 거리 및 대기 투과도를 의미한다.  $G_T$ 와  $A_{tar}$ 는 각각 레이저 조사기의 안테나 이득과 표적의 단면을 의미한다. LADAR 방정식에서는 광원이 전방향(입체각  $4\pi$ )으로 전파된다는 가정하여 유도된 수식으로 전방향 방사 대비 실제 레이저 발산각에 의한 가상의 증폭률을 의미한다.  $D_A$ 는 레이저 유도폭탄의 수광광학계 유효 지름을 나타내며,  $\eta_{sys}$ 는 표적의 반사특성과 시스템 광학계의 특성을 반영한 시스템 효율을 나타낸다.

LADAR 방정식을 풀기 위해서는 LADAR 방정식 내 다양한 변수에 대한 정보가 필요한데, 이를 위해서 본 논문에서는 전자광학 영상 모사 소프트웨어 개발자 키트인 OKTAL-SE를 활용하였다.

OKTAL-SE는 실제와 매우 유사한 3차원 공간정보와 다양한 3차원 표적을 정의할 수 있다. 특히 표적의 전자광학적인 특성과 기하학적인 특성을 사전에 정의할 수 있으며, 기정의하거나 사용자 입력을 통해 전투기나 표적의 이동을 쉽게 모사할 수 있다.

본 논문에서는 OKTAL-SE와 기 정의된 국내 특정 도시 및 산악 지형을 모델링한 3차원 DB를 활용하여 가상의 공간을 생성하였다. 3차원 DB는 기본적으로 지형과 건물 및 수목 등으로 이루어져 있으며, 가상의 표적을 정의하고, 전투기의 움직임을 모사하고, 실시간으로 LADAR 방정식을 풀어, 레이저 분포도를 계산하였다. OKTAL-SE를 활용하여 레이저 분포도를 계산하는 절차는 그림 13과 같다.

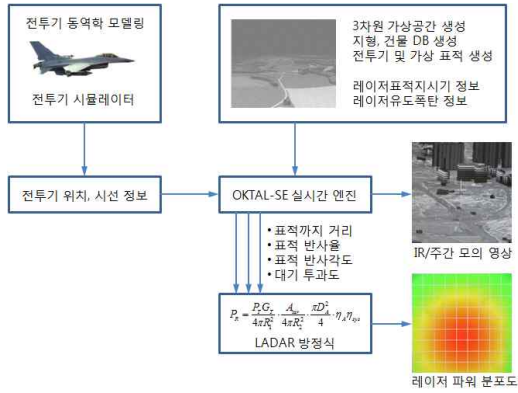


그림 13. OKTAL-SE를 활용한 IR 영상 및 레이저특성 모의  
 Fig. 13. The modeling of laser transfer characteristics and IR image by using OKTAL-SE

별도로 구성된 전투기 시뮬레이터로부터 전투기의 위치와 시선정보를 입력 받고, 이로부터 3차원 공간 DB 상에서 전투기 시선 방향의 표적에 대한 거리, 반사율, 표면의 반사각도, 대기 투과도 등 LADAR 방정식을 풀기 위한 변수를 획득하여, 최종적으로 특정 위치에서의 레이저 분포도를 얻을 수 있다.

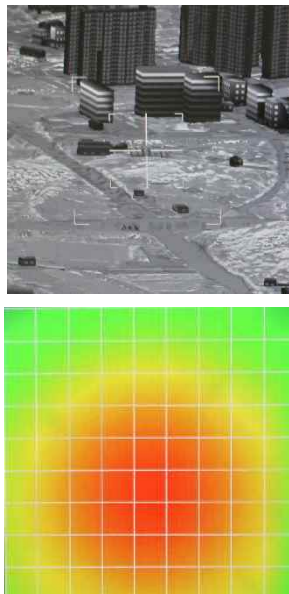


그림 14. IR 모의 영상 및 레이저특성 모의 결과  
 Fig. 14. The simulated IR image and laser power distribution

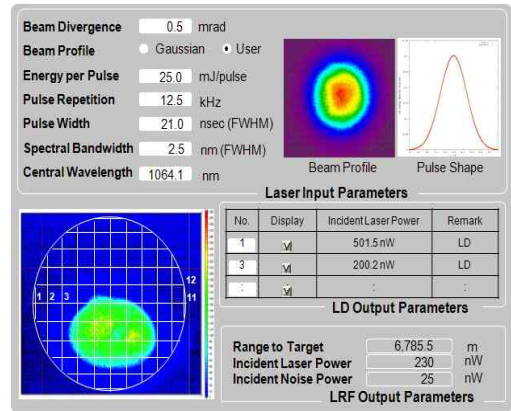


그림 15. 레이저 M&S GUI  
 Fig. 15. Laser Modeling & Simulation GUI

그림 14는 개발된 HILS 시스템을 활용하여, 특정 표적에 대한 모의 IR 영상과 레이저를 조사했을 때의 임의 위치에서의 레이저 분포를 얻은 것이다. 그림에서는 표적의 수직 위에서의 수평방향 레이저 분포를 얻은 것이다. 색깔이 붉은색으로 갈수록 레이저 파워 밀도가 높은 것을 의미하며, 녹색으로 갈수록 낮아지는 것을 의미한다. 레이저 분포도의 중심 위치가 이격되어 있는 것은 표적 표면에서의 레이저 반사 각도에 의한 것으로, 레이저의 조사 위치에 따라 달라진다.

그림 15는 레이저 모델링 & 시뮬레이션의 결과로 빔 프로파일 등의 입력 조건에 따라 표적에 의해 반사되는 3차원 공간상의 에너지 분포를 GUI에서 확인 할 수 있으며, 거리측정기 수신부 및 LGB Seeker의 설계 규격을 도출 할 수 있다 [1].

#### 4. EOTS HILS 활용방안

본 논문에서는 항공기용 EOTS 개발을 위한 선행연구로 탑재전자모의기의 외부 인터페이스 및 활용방안에 관한 연구로 비행시험 이전 단계에서 개발 리스크를 완화할 수 있고 EOTS에서 요구되는 하드웨어적 성능 및 운용 소프트웨어의 기능을 사전에 검증과 분석하고 효과적으로 결함을 파악할 수 있는 장비로 활용이 가능할 것으로 기대 된다. 그림 16은 EOTS 탑재전자모의기의 외부 인터페이스 및 활용방안을 보여주고 있다[1].



그림 16. EOTS HILS 인터페이스 및 활용방안  
Fig. 16. EOTS HILS Interface & Application

#### IV. 결론

본 논문에서는 EOTS HILS 시스템 구축에 관한 내용을 상세 기술하였고 그 중에서도 핵심기능인 모의영상생성기, 카메라구동부 및 레이저모듈을 중점적으로 설명하였다. 모의영상생성기는 검증된 소프트웨어를 이용하여 수 많은 파라미터를 설정함으로써 실영상과 비슷한 EO/IR 영상이 생성가능하였고 그로인해 실험실에서 항공기 장착시험이 가능하였다. 카메라 구동부 모델링은 항공기 기동에 가장 큰 영향을 받는 항목으로 항공기 기동에 의해 발생하는 외란이 EOTS 전체 성능에 미치는 영향을 분석 가능하여 설계규격을 도출할 수 있다. 레이저모듈 모델링을 통하여 항공기에서 조사된 레이저의 에너지 분포를 3차원 공간상에서 분포를 확인할 수 있어 레이저 모듈과 LGB Seeker의 성능에 따른 최대조사거리 및 최대 타격거리 등의 사양을 사전에 예측할 수 있어 설계규격 도출에 활용할 수 있다.

개발된 EOTS HILS는 실제 적용 가능한 EOTS 탐재전 자모의기를 설계 및 제작 및 연동함으로써 EOTS 성능을 사전에 검증하여 개발리스크를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 개발된 EOTS의 지상 및 비행시험 단계에서 시험결과를 분석하고 효과적으로 결함을 파악할 수 있도록 영상 및 신호처리 전 과정 데이터의 저장 및 재생기능을 제공함으로써 디브리핑 뿐만 아니라 개발단계 디버깅에도 많은 활용이 예상된다.

#### 참고문헌

[1] S. Park, S Chun, B. Choi, H. Kim, J. Kim, M. Kang, M. Kim, "Development of HILS for Performance Analysis and Verification of Airborne EOTS for Aircraft," 2012 autumnal

conference of The Korean Society for Aeronautical & Space Sciences pp.375-379, 2012.

[2] J. Oh, S. Choi, H. Jo, C. Lee, M. Jo, "Performance Evaluation on an Active Camera Mount System for UAV via Hardware-in-the-Loop- Simulation," Transaction of the Korean Society for Noise and Vibration and Engineering, ISSN: 1598-2785, Vol. 20, No.8, pp.767-773, 2010.

[3] S. Hong, Y. Jeong, M. Won, Kim S. Y. "Development of Control Algorithm for Ship Berthing and Unberthing System Using a Joystick," Transaction of Korean Institute of Navigation and Port Research Vol.31, No.5, pp.325~332, 2007.

[4] B. Kim, U. Kim, H. Bang, M. Tack, S. Hong, "Flight Dynamics and Control," Kyungmoon-sa, Seoul, pp. 57~80, 2004.

[5] S. Park, A. Han, B. Park, S. Kim, "Development of Software for Geo-pointing Performance Estimation and Analysis of FLIR," Symposium of the Korea Institute of Military Science and Technology, Sensor/Signal Processing Section, pp. 793~796, 2009.

[6] The MathWorks, "Real-Time Workshop Embedded Coder for Production Code Generation," The MathWorks, 2009.

[7] J. Ahn, W. Baek, J. Park, "A Design of 3-Axis Gimballed LOS Stabilization System for an Avionic EO/IR System," CICS Vol.2011, No.10, pp. 199~200, 2011.

[8] Gene F. Franklin, J. David Powell, Abbas Emami-Naeini, "Feedback Control of Dynamic Systems," Addison-Wesley, 1994.

[9] A. V. Jelalian, "Laser Radar Systems," Artech House, Feb 1992.

[10] Slava G. Turyshev, Detection of Optical Radiation, [http://www.fi.infn.it/GGI-grav-space/EGS\\_s/html/PDF/turyshev-L2.pdf](http://www.fi.infn.it/GGI-grav-space/EGS_s/html/PDF/turyshev-L2.pdf)

[11] Y. Jo, J. Ha, J. Yang, J. Kim, "The Design of Parallel Processing S/W Using CUDA for

Realtime 3D Laser Ladar Imaging System,"  
Transaction of Korean Society of Computer  
Information 1598-849X Vol.18, No.1, pp.1~10  
1598-849X, 2013.

**저 자 소 개**



**천 승 우**  
2002: 영남대학교  
전기전자공학부 공학사.  
2005: 도우후구대학  
정보과학연구과 공학석사.  
2008: 도우후구대학  
정보과학연구과 공학박사  
현 재: 삼성탈레스  
전자광학체계그룹 전문연구원  
관심분야: 영상처리, 지능정보시스템  
Email : sw45.chun@samsung.com



**백 운 혁**  
2006: 아주대학교  
기계공학과 공학사.  
2008: 아주대학교  
기계공학과 공학석사.  
현 재: 삼성탈레스  
메카트로닉스 그룹 선임연구원  
관심분야: 임베디드시스템  
Email : woonhyuk.baek@samsung.com



**라 종 필**  
1998: 한양대학교  
기계공학과 공학사.  
2000: 한양대학교  
기계공학과 공학석사.  
2005: 광주과학기술원  
기전공학과 공학박사  
현 재: 삼성탈레스  
전자광학체계그룹 전문연구원  
관심분야: 전자광학 신호처리  
Email : jongpil.la@samsung.com