

적외선 영상 시뮬레이션 시스템 연구

곽병철, 김민희, 양경록, 김영주
국방과학연구소

A Study on IIRSS(Imaging Infrared Simulation System)

Byung-Chul Kwak, Min-Hee Kim, Kyeong-Rok Yang, Yeong-Ju Kim
ADD

Abstract - 적외선 영상 시뮬레이션 시스템(IIRSS : Imaging Infrared Simulation System)은 적외선 영상 센서를 탑재한 유도무기체계의 종말 호밍 단계에서의 체계 유도조종 성능 및 기능을 시험평가하기 위한 목적으로 연구개발되었다. 적외선 영상 시뮬레이션 시스템은 체계 성능을 단계적이고 종합적인 시험평가를 위하여 표적 및 주위 환경에 대하여 사실적이고, 동적인 실시간 시뮬레이션 환경이 제공되어야한다.

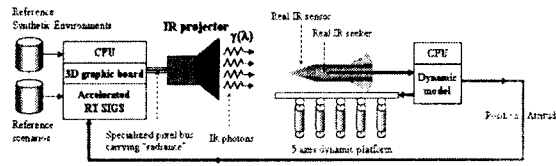
시뮬레이터 개발에 있어서 주요 관련 기술은 지형, 지물에 대한 3차원 모델링, 대기투과효과 모델링 및 합성된 적외선 영상의 실시간 렌더링 기술 등이다.

본 논문에서는 적외선 센서 시뮬레이션의 방법으로써 HILS(Hardware-in-The-Loop Simulation)를 위한 시뮬레이터 구성, 적외선 영상 생성을 위한 도구와 절차 및 시뮬레이션 방안에 대하여 기술한다.

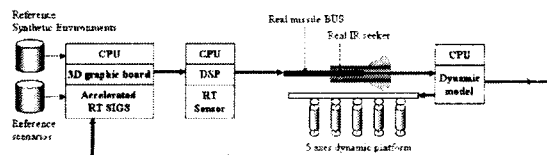
1. 서 론

최근 적외선 영상 센서가 일반 산업용 및 군사용 목적으로 활발하게 개발되고 있다. 특히, 군사용 목적으로 유도무기체계에 탑재되어 정밀유도를 위한 수단으로 사용되고 있다. 이러한 적외선 영상 센서를 개발단계에서 성능 및 기능을 입증하기 위한 방법으로 탑재시험(CFT : Captive Flight Test) 방식 등이 이용되고 있으나 시험조건 및 안전성 등의 제약조건으로 인하여 지상에서의 시험평가방안이 대두되었고, 이를 연구개발하게 되었다.

실험실에서의 시험평가 방안으로는 여러 방식이 있으나 HILS를 통한 센서의 하드웨어 및 탑재, 추적 알고리즘을 시험평가 한다.



(a) 투사 방식



(b) 주사 방식

그림 1. 적외선 영상 시뮬레이션 방식의 시험 구성도

적외선 영상 시뮬레이션 시스템은 그림 1에서와 같이 운영방식에 따라 투사방식(Projection)과 주사방식(Injection)으로 나눌 수 있다.

본 논문에서는 주사방식을 위한 시스템 구성, 지형, 지물에 대한 적외선 영상 생성 절차 및 시뮬레이션 방법에 대하여 기술한다. 시뮬레이터는 획득이 용이한 상용제품(COTS : Commercial-off-the-shelf)를 이용하여 개발하였다.

2. 본 론

적외선 영상 센서를 시험평가하기위한 HILS 방법은 개발된 하드웨어를 포함하는 시뮬레이션 기술로서 다양한 환경하에서 실시간 및 반복시험이 가능하므로 시뮬레이션을 통하여 얻어진 결과를 설계에 반영, 설계 최적화를 피할 수 있는 시뮬레이션 기술이다.

HILS를 위한 적외선 영상 시뮬레이션 시스템은

- 실시간 시뮬레이션 환경 제공
- 사실적이며, 동적인 적외선 영상 생성
- 생성된 적외선 영상 렌더링 및 시험물(UUT : Unit Under Test)에 주사할 수 있는 주사 기능을 가질 것 등의 환경이 제공될 수 있도록 구성되어야한다.

2.1 시뮬레이션 시스템 구성

일반적으로 유도무기체계의 탑재 장비 구성과 기능을 고려한 기능 블록선도는 그림 2와 같다.

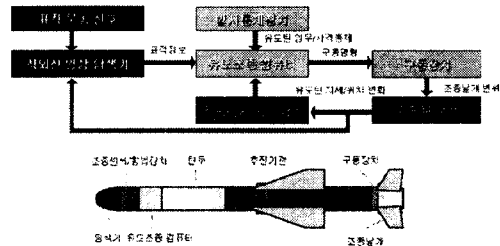


그림 2. 대표적인 유도무기체계 기능 블록선도

여기서 적외선 센서를 포함하는 시뮬레이션의 수행시 적외선 영상 센서가 분할 가능한 실제와 유사한 배경 환경 및 표적에 대한 적외선 영상을 생성할 수 있는 장치가 필요하다. 주사방식(Injection Mode)의 경우에는 적외선 영상 발생장치에서 생성된 합성 적외선 영상을 센서의 E/O Head 부분을 통과한 후의 영상과 같도록 모의하여야 한다. 이를 위해 센서의 김발, 김광기 및 광학계

통을 모의할 수 있는 수학적 모델이 구현되어야 하며, 이 E/O Head 모델을 통과한 영상을 센서의 신호처리부에 주사시킬 수 있는 즉, UUT와의 인터페이스 기능을 가져야 한다. 또한 센서에서 본 표적으로 유도탄을 유도조종하기 위한 알고리즘 해석 및 유도탄의 비행운동을 모의할 수 있는 실시간 컴퓨터 시스템을 기본적으로 갖추어야 한다.

각각에 대한 장비별 신호흐름 블록선도는 그림 3과 같다.

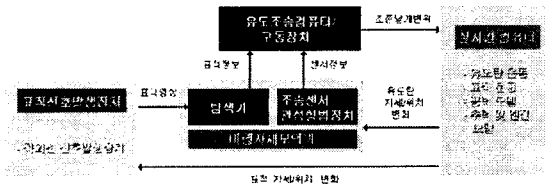


그림 3. 신호흐름 선도

이와같은 각 장비의 신호흐름 선도를 고려하여 실시간 시뮬레이션 시스템 구성은 합성 적외선 영상생성을 위한 적외선 영상 생성기(IRSG : IR Scene Generator), IRWG로부터 생성된 영상을 센서의 신호처리부에 주사시키기 위한 영상주사기(IRSI : IR Scene Injection), 센서 신호처리부(SSPE : Sensor Signal Processing Emulation) 및 유도탄의 동특성을 실시간으로 처리하기 위한 실시간 컴퓨터와 시뮬레이션 결과 저장을 위한 주변장치로 구성하였다. 그림 4는 IIRSS(Imaging Infrared Simulation System : 적외선 영상 시뮬레이션 시스템) 구성도이다.

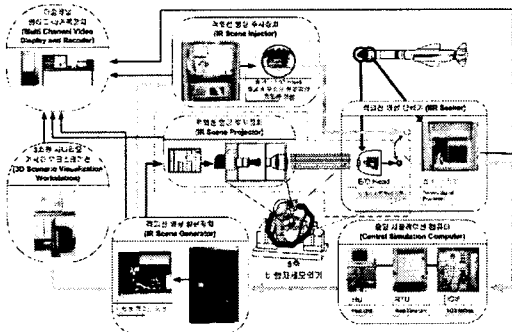


그림 4. IIRSS 구성도

실시간 시뮬레이션을 위한 각 장비간의 데이터 인터페이스는 SCRAMNet을 이용하였으며, UUT와의 인터페이스는 MIL-STD-1553B 통신으로 수행된다.

2.2 합성 적외선 영상 생성

적외선 영상 생성은 MPI(Multigen Paradigm Inc.)사의 Vega 및 Sensor Vision을 사용하며, 실시간 적외선 영상 생성을 위한 컴퓨터 시스템은 SGI(Silicon Graphics Inc.)사의 Onyx2 IR 3400 계열의 그래픽 전용 컴퓨터를 사용하였다.

적외선 영상생성은 3차원 지형, 지물 형상을 구현하고 적외선 데이터베이스를 기반으로 이들의 재질별 온도에 대한 예측, 기상조건에 따른 대기투과 등을 고려하여 사실적이며 정확한 실시간 시뮬레이션 환경을 구축하기 위한 합성 적외선 영상을 구현하여야 한다.

2.2.1 합성 적외선 영상 생성 절차

UUT(Unit under Test) 기능 및 성능을 고려하여 시뮬레이션 시스템은 아래와 같은 기능/성능을 갖도록 하였다.

- frame size : 580×580 pixel
- frame rate : 100 Hz
- 주파수 대역(wave length) : 3 — 5 μm
- 3D/IR 표적, 지형 형상 모델 구현
- IR 재질 DB 구축
- 대기 모델 및 기상 현상(비, 눈, 안개) 구현
- IRCM(smoke, flare, plume) 구현

합성 적외선 영상은 IR 센서의 현재 위치 및 자세에서 보여지는 FOV(Field of View)내의 영상이 필요하며, 생성되어야 한다. 센서 FOV 내 영상을 생성하기 위하여 본 연구에서는 MPI의 SensorVision이라는 S/W를 이용하였다.

적외선 영상은 3D 지형, 지물 DB 및 재질 DB, 환경 DB 등을 기초로 하여 SensorVision에서 복사 방정식을 통하여 매 프레임마다 각각의 픽셀 단위로 계산하게 된다. SensorVision에서 복사량에 대한 연산을 위하여 고려한 모델은 그림 5와 같다.

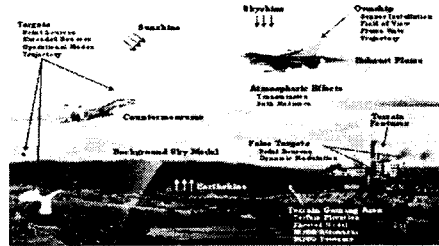


그림 5. radiometric components

$$\text{복사 방정식} = L_{\text{Solar/Lunar}} + L_{\text{Skyshine}} + L_{\text{Thermal}} + L_{\text{Path}}$$

$L_{\text{Solar/Lunar}}$: object 표면에서 반사되는 solar/lunar에 의한 radiance
 L_{Skyshine} : object 표면에서 반사되는 skyshine에 의한 radiance
 L_{Thermal} : object 표면의 thermal emission에 의한 radiance
 L_{Path} : object 표면과 센서 사이의 시선 방향(line-of-sight)의 대기 방사 및 산란에 의한 radiance

적외선 영상 생성 절차는 다음과 같다.

- 지형 및 지물에 대한 소스 데이터(DTED/DFED, 위성영상 등)로부터 3D 모델 DB 생성
- 지형, 지물에 대한 재질 분석을 통한 재질 DB 생성
- 기후 환경 조건 설정을 통하여 환경 DB 생성
- 생성된 재질 DB 및 환경 DB를 이용하여 재질별 온도 예측
- 유도탄과 표적사이의 대기투과모델 생성
- 생성된 적외선 DB들을 이용한 각 pixel의 radiance의 실시간 계산
- 계산된 radiance에 따른 적외선 영상의 실시간 렌더링

인입된 절차들 중 3D 모델 DB 및 재질 DB 및 환경 DB 생성은 OFF-line 상에서 이루어 지며 합성 IR Signature 생성 절차는 On-line 상에서 처리된다.

그림 6은 각각 앞에서 언급된 절차에 의해 생성된 시간대별 합성 적외선 영상을 보여준다.

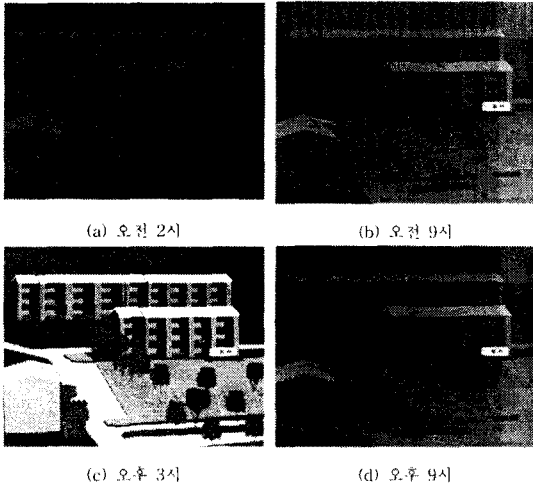


그림 6. 03년 7월 15일의 시간대별 합성 적외선 영상

2.3 적외선 영상 주사방식을 위한 센서 모델링

주사방식의 시뮬레이션은 앞에서 언급한 바와 같이 센서의 광학계, 검광부의 효과가 모의된 합성 적외선 영상을 센서의 신호처리부에 직접 주사시키는 방식이다. 주사방식 시뮬레이션을 위해서는 적외선 영상 생성기와 주사기 사이의 인터페이스가 필연적으로 발생하는 1/2 frame Delay의 보상을 위한 Latency Compensator, 센서 광학계 및 검광계, electronics의 매개변수를 이용하여 MTF(Modular Transfer Function)를 모사하는 Spatial Convolver, 센서의 각 pixel 특성을 모사할 수 있는 Pixel Processor 및 센서 Gimbal Model을 Emulation할 수 있는 기능/성능을 갖도록 하여야 한다. 그림 7은 영상 주사를 위하여 구현한 E/O Head의 모델이다.

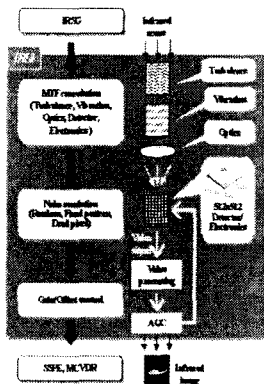


그림 7. IR 영상 주사방식 구현 모델

적외선 영상 주사를 위한 IRSI(InfraRed Scene Injector) 구성은 그림 8과 같다.

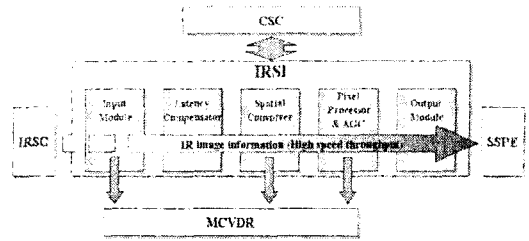


그림 8. IRSI 하드웨어 구성도

3. 결 론

적외선 센서를 시험평가하기 위한 목적으로 개발된 본 시뮬레이터는 상용제품을 활용한 시스템이다. 시뮬레이션을 통하여 실시간의 요구조건에 따른 복사 방정식의 간략화 및 한반도 지역에 대한 대기모델의 부재, 각 재질 DB들의 실측된 물성치의 미확보로 인한 합성 적외선 영상의 사실성 측면에 있어 오차를 확인하였지만, 전체적인 시뮬레이터로서의 요구 성능 및 기능을 만족함을 확인하였다.

향후에는 생성된 합성 적외선 영상에 대한 검증 과정을 통하여 앞에서 언급한 문제점들의 보완을 위한 연구가 이루어질 것이며, 아울러 적외선 영상 투사기(IRSP : IR Scene Projector)의 개발을 통한 적외선 영상 투사방식 시뮬레이터로의 시스템 업그레이드를 위한 연구가 이루어질 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] Ninh Duong and Michael Wegener, "SensorVision Radiometric Equations V2.2", DSTO Aeronautical and Maritime Research Laboratory, DSTO TN 0193, 1999.2
- [2] Ninh Duong and Michael Wegener, "Validation of the SensorVision Thermal Emission Model", DSTO Aeronautical and Maritime Research Laboratory, DSTO RR 0212, 2001.4
- [3] Steve McHugh, Jon Warner, Mike Pollack, Alan Irwin, "MIRAGE Dynamic IR Scene Projector Overview and Status", Proc. SPIE, Vol.3697 209, April 1999.
- [4] Douglas C. McKee, "Advances in the Universal Programmable Interface", Proc. SPIE, Vol.4027 155, April 2000.
- [5] James A. Buford Jr. and Teri S. Dunavant, "U.S. Army Command Imaging Infrared System Simulation(IIRSS)", Proc. SPIE, Vol.2741 69, April 1996.
- [6] Brian E. O'Toole, "Real time Infrared Scene Simulator (RISS)", Proc. SPIE, Vol.2741 209, April 1996.
- [7] B. Sieglinger, D. S. Flynn, C. F. Coker, "Hardware in the loop simulation using direct signal injection", Proc. SPIE, Vol.2741 219, April 1996.
- [8] David C. Anding, Alexander Szabo, "Real time Visualization for Sensors", Proc. SPIE, Vol.2741 232, April 1996.