

# 지대공미사일 요격 성능 분석 시뮬레이터 개발

김기환<sup>1</sup> · 서윤호<sup>1†</sup>

## Development of Simulator for Analyzing Intercept Performance of Surface-to-air Missile

Ki Hwan Kim · Yoon Ho Seo

### ABSTRACT

In modern war, Intercept Performance of SAM(Surface to Air Missile) is gaining importance as range and precision of Missile and Guided Weapon on information warfare have been improved. An aerial defence system using Surface-to-air Radar and Guided Missile is needed to be built for prediction and defense from threatening aerial attack. When developing SAM, M&S is used to free from a time limit and a space restriction. M&S is widely applied to education, training, and design of newest Weapon System. This study was conducted to develop simulator for evaluation of Intercept Performance of SAM. In this study, architecture of Intercept Performance of SAM analysis simulator for estimation of Intercept Performance of various SAM was suggested and developed. The developed Intercept Performance of SAM analysis simulator was developed by C++ and Direct3D, and through 3D visualization using the Direct3D, it shows procedures of the simulation on a user animation window. Information about design and operation of Fighting model is entered through input window of the simulator, and simulation engine consisted of Object Manager, Operation Manager, and Integrated Manager conducts modeling and simulation automatically using the information, so the simulator gives user feedback in a short time.

**Key words** : Guided Missile, War Game, Surface-to-air Missile, Simulator

### 요약

현대전에서는 정보전을 기반으로 미사일, 유도무기 등의 사정거리와 정밀도가 향상됨에 따라 지대공미사일(SAM : Surface to Air Missile)의 요격성능의 중요성이 부각되고 있다. 위협적인 공중 공격을 예측 하고 방어하기 위해 최선의 방법으로 지대 공 레이더와 유도미사일을 이용한 공중방어시스템 구축이 필요하다. 지대공미사일 개발 과정에서 Modeling and Simulation (M&S)을 이용하는 것은 시간적, 공간적 제한을 극복할 수 있고 시행착오를 줄임으로 비용을 절감할 수 있는 이점이 있다. M&S는 최신 무기체계 설계 및 교육/훈련 분야에 많이 적용되고 있다. 본 연구는 지대공미사일의 요격 성능 평가를 위한 시뮬레이터를 개발하는 것에 목적이 있다. 본 연구에서는 다양한 사양의 지대공미사일 요격 성능을 고려할 수 있는 지대공미사일 요격 성능 분석 시뮬레이터의 아키텍처를 제시하고 개발하였다. 개발된 지대공미사일 요격 성능 분석 시뮬레이터는 C++와 Direct3D를 기반으로 개발되었으며, Direct3D를 이용한 3D 가시화를 통해 사용자에게 애니메이션 창에 시각적으로 시뮬레이션의 진행 경과를 보여줄 수 있도록 개발되었다. 사용자의 교전모델 설계·운영 정보는 입력창을 통해 입력되며, 이 정보는 객체 관리자, 운영 관리자, 통합 관리자로 구성된 시뮬레이션 엔진에서 자동으로 지대공미사일을 모델링 및 시뮬레이션 하여 빠른 시간 안에 시뮬레이터 사용자에게 피드백을 제공한다.

**주요어** : 유도미사일, 워게임, 지대공 미사일, 시뮬레이터

\* 본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다. (UD080042AD)

2009년 9월 14일 접수, 2010년 2월 21일 채택

<sup>1)</sup> 고려대학교 정보경영공학부

주 저 자 : 김기환

교신저자 : 서윤호

E-mail: yoonhoseo@korea.ac.kr

## 1. 서론

### 1.1 연구배경

베트남전 이후 미국은 군사력의 양보다는 질을 높이기 위해 노력을 해왔으며, 이라크 전에서는 미국의 군사적 개념이 완전히 달라진 것을 볼 수 있었다. 첨단 폭격 무기

체계를 통하여 적의 핵심시설을 불능화 시킨 이후에 지상군이 투입되어 시설을 손쉽게 장악하는 것을 볼 수 있었다. 제공권을 장악하는 것이 전쟁에서 승리하는 중요한 요소로서 역할이 강조되어 왔으며, 적의 선제공격에 대한 취약성을 최소화 할 수 있는 무기체계의 개발 및 연구가 선진국을 중심으로 활발히 이루어져 왔다. 이처럼 현대전에서는 정보전을 기반으로 미사일, 유도무기 등의 사정거리와 정밀도가 향상됨에 따라 지대공미사일(SAM : Surface to Air Missile)의 요격성능의 중요성이 부각되고 있다. 위협적인 공중 공격을 예측 하고 방어하기 위해 최선의 방법으로 지대공 레이더와 유도미사일을 이용한 공중방어시스템 구축이 필요하다<sup>1)</sup>.

예측 불가능한 미래 전략 환경에 부합하는 무기체계의 설계에 요구의 지원과 더불어, 워게임 시뮬레이션의 활용이 이슈화 되고 있다. 저 비용으로 지역적, 시간적 한계를 극복하여 보다 경제적이며 과학적인 수단으로 무기체계 개발을 수행하기 위해 무기체계 설계 및 교육/훈련 분야에 모델링 및 시뮬레이션(M&S : Modeling & Simulation) 기법을 많이 적용 하고 있다<sup>2)</sup>. 시뮬레이션(Simulation)은 전체 시간에 발생하는 사건에 대해 모델이 실제 시스템의 반응을 모방하는 방법으로 프로세스나 시스템의 모델링을 의미한다<sup>3)</sup>.

기존 국방M&S에서의 미사일에 관한 시뮬레이션 연구는 주로 미사일 최적배치 문제, 성능산정모델에 관한 문제, 모델링 방법에 관한 연구 위주로 진행이 되어 왔다<sup>4,5,6)</sup>.

그러나 이렇게 만들어 놓은 시뮬레이션 시스템은 실질적으로 장병들 훈련이나 교전모델의 전략, 전술 평가에 별로 도움이 되지 못하는 경우가 있다<sup>7)</sup>. M&S의 가시화를 위하여 고가의 상용 소프트웨어와 전용 하드웨어가 필요하기 때문이다. 또한 복잡한 사용방법과 시뮬레이션을 위한 모델링 절차 또한 복잡하고, 시각적으로 시뮬레이션 수행 경과를 확인하기 어렵다. 이런 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서는 다양한 사양의 지대공미사일 요격 성능의 검증과 전략, 전술의 평가를 원하는 사용자라면 누구나 쉽고 빠르게 피드백을 받을 수 있고, 3차원 가시화를 지원하는 시뮬레이터의 아키텍처를 제안 및 개발한다.

## 1.2 연구 내용 개괄

본 논문에서 제시한 시뮬레이터는 출현한 적기에 대한 지대공 미사일의 요격성능을 분석하기 위한 것으로, 지대공미사일 및 레이더의 성능, 적기의 추진체계 성능, 그리고 각 미사일의 배치에 따른 결과 등의 상호 연관관계를 분석할 수 있다. 이는 시뮬레이션 기반 획득(SBA : Simulation

Based Acquisition)에 관련된 타당한 근거를 제시할 수 있는 방법의 하나로 활용될 수 있을 것이다. 시뮬레이터는 다양한 사양과 전략적 배치에 따른 지대공미사일 교전 모델의 시뮬레이션이 가능하고, C++와 Direct3D 기반 개발을 통하여, 3차원 가시화를 구현한다.

지대공미사일 요격 성능 분석 시뮬레이터는 다양한 사양의 지대공미사일 성능의 검증과 전략, 전술의 평가를 위한 사용자의 다양한 요구에 맞는 미사일의 성능 정보, 발사대 배치 좌표, 레이더 배치 좌표, 레이더의 탐지범위, 적기의 정보 등 구성요소들을 사용자 인터페이스를 통해 입력하고, 통합하여, 시뮬레이션을 위한 모델링을 자동으로 하며, 시뮬레이션을 통해 사용자에게 빠른 시간 안에 피드백을 제공한다. 또한 3D 가시화가 가능한 시뮬레이션 애니메이션 창을 통해 시각적으로 시뮬레이션의 진행 경과를 사용자가 직접 확인 할 수 있도록 설계하며, 시뮬레이션 결과는 텍스트파일 형태의 보고서제공을 통해, 관리를 쉽게 할 수 있게 개발 한다.

## 1.3 논문의 구성

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 시뮬레이터에서 지원하는 시뮬레이션 모델에 대한 개요와 지대공미사일의 사양의 변화에 따른 효과도 측정 항목에 대해서 기술하고, 3장에서는 개발된 시뮬레이터의 아키텍처와 각 구성요소에 대해서 기술한다. 4장에서는 시뮬레이터의 활용 예제 및 실험 결과에 대해 기술한다. 마지막으로 5장에서는 본 연구의 내용을 요약하고, 결론 및 향후 연구 계획에 대해서 기술한다.

# 2. 시뮬레이션 개요

## 2.1 시뮬레이션 모델

본 연구에서 제안 된 지대공미사일 요격 성능 분석 시뮬레이션의 전체 모델은 그림 1과 같이 표현 된다. 전체 시뮬레이션 모델은 크게 요격시스템 모델(Intercept Model)과 적기 모델(Enemy Model)로 구성되어 있다. 요격시스템 모델은 발사대 모델(Launcher Model)과 미사일 모델(Missile Model), 레이더 모델(Radar Model)로 구성 된다.

### 2.1.1 요격 시스템 모델(Intercept Model)

요격시스템 모델은 적기가 출현 시 이를 탐지하기 위한 레이더 모델(Radar Model)과 적기의 탐지된 정보를 바탕으로 적기를 향해 미사일을 발사하는 발사대 모델(Launcher Model)과 레이더로 실시간으로 적기에 대한 정보를 받아

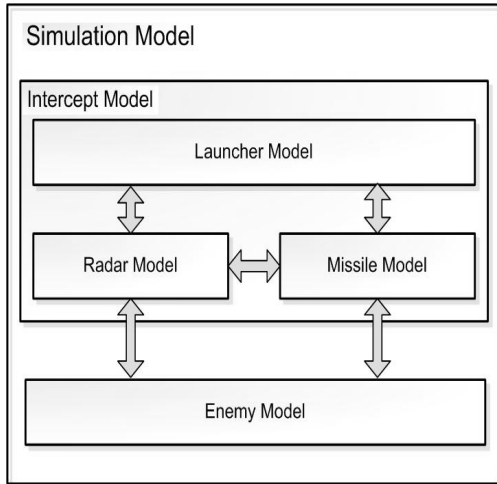


그림 1. 시뮬레이션 시스템의 모델 구성도

적기 요격을 위한 미사일 모델(Missile Model)로 구성되어 있다. 레이더 모델에서는 탐색상태에서 시작하였다가 적기가 레이더 탐지범위 안에 들어오면 적기탐지 상태가 되어 탐색여부와 적기의 정보를 발사대로 전달하게 된다. 이 정보를 받은 발사대는 미사일 모델에 발사 명령을 보내며 발사대 위치에서 미사일은 발사된다. 발사 명령을 받은 미사일은 적기를 추격해서 요격할 때 까지 날아가며, 요격 시까지 레이더 모델로부터 적기의 위치 정보를 계속적으로 수신 받으며 시뮬레이션을 진행한다.

### 2.1.2 레이더 모델(Radar Model)

레이더 모델은 요격 시스템 모델의 하위 모델로서 탐색 상태에서 시작하여 설정된 탐지범위 안에 적기가 들어오게 되면 적기탐지 상태로 전이하게 되며, 미사일 발사대에 적기의 이동속도 및 이동방향 과 적기의 좌표에 대한 정보를 전송하게 된다. 또한 미사일 모델에게 발사 명령을 송신하게 된다. 발사대를 통해서 발사되어 적기를 추격하는 미사일 모델은 레이더 모델로부터 수신 받은 정보들을 바탕으로 적기를 요격할 때까지 추적 하게 된다. 적기가 미사일에 의해 요격 되거나, 적기의 목표좌표까지 요격 당하지 않고 무사히 도착 시 또한 종료 상태로 전이하게 되며, 시뮬레이션을 끝내도록 한다.

### 2.1.3 발사대 모델(Launcher Model)

발사대 모델과 미사일 모델은 요격 시스템 모델의 하위 모델로서 지대공미사일 요격 성능 분석 시뮬레이터에

서 중요한 모델이다. 먼저 발사대 모델은 준비 상태에서 시작하여, 레이더 모델의 상태가 적기탐지 상태로 전이하게 되면, 발사 명령을 수신 받아 발사대 모델의 설정된 좌표를 시작점으로 미사일을 발사하게 된다. 발사된 미사일이 적기를 요격하거나, 적기가 목표 좌표까지 무사히 가게 될 시, 시뮬레이션은 종료하게 된다.

### 2.1.4 미사일 모델(Missile Model)

미사일 모델은 준비상태에서 시작하여 발사대 모델로부터 발사명령을 수신 받게 되면, 발사 상태로 전이 하게 된다. 미사일 모델은 적기를 요격하기 위해 추격하는 동안 발사상태를 유지하며, 적기를 요격 하거나, 적기를 요격 시키지 못할시 종료 상태로 전이되며, 시뮬레이션을 종료하게 된다.

### 2.1.5 적기 모델(Enemy Model)

적기 모델은 준비 상태에서 시뮬레이션 시작과 동시에 이동 상태로 상태가 전이 된다. 이 상태는 유도미사일로부터 요격되기 전이나 시뮬레이션 종료 시까지 지속되며, 요격 시 이동 상태에서 격추 상태로 전이 되며, 시뮬레이션을 종료한다. 또한 적기가 요격 되지 않고, 목표좌표까지 이동을 완료하여도 시뮬레이션은 요격 실패로 종료하게 된다.

## 2.2 효과도 측정 항목

본 연구에서는 지대공 미사일(SAM : Surface to Air Missile)로 구성된 요격시스템으로서 출현하는 적기에 대해 미사일 성능, 레이더 성능, 적기의 추진체계 성능, 그리고 각 모델들의 배치된 위치에 따라 어떠한 요격 성공 확률을 가지는지 분석한다. 모델들의 배치 위치는 X, Y, Z 좌표 값을 가지면 3차원으로 표현 할 수 있다. 본 연구에서 적기는 설정된 시작지점에서 목표지점까지 직선 운동으로만 날아가며, 어떠한 회피 활동도 하지 않는다. 하나의 요격 시스템은 레이더와 발사대 그리고 발사대를 통해 발사되는 미사일로 구성된다.

### 2.2.1 미사일 성능

미사일 성능에는 여러 가지 요소들이 있겠지만, 본 연구에서는 모델 검증을 위한 프로토타입이므로 미사일 발사대의 배치 위치와 미사일 최대속도에 대해서만 논의 한다. 미사일의 최대속도를 변화해 가면서 요격 확률을 산정한다. 또한 미사일을 발사하는 발사대의 배치 위치를 변화시켜 가면서 요격 확률을 산정한다.

### 2.2.2 레이더 성능

본 연구에서는 레이더의 성능은 레이더의 탐지범위와 배치 위치에 관해서만 논의한다. 레이더의 탐지범위와 배치 위치의 변화에 따라 적기의 정보를 탐지해 내는 시간의 차이가 생겨 적기의 요격 확률은 큰 차이를 보일 수 있다. 레이더 탐지범위와 배치 위치를 변화시켜 가며, 요격 확률을 산정한다.

### 2.2.3 적기의 추진체계 성능

적기는 아무런 회피활동도 하지 않고, 출현좌표에서 목표좌표까지 곡선 궤적을 그리지 않고 오로지 직선운동만으로 날아간다는 가정을 한다. 최대속도, 출현지점, 목표지점을 변화시켜 가며 요격 확률을 산정한다.

## 3. 시뮬레이터 설계

본 연구에서 개발한 시뮬레이터의 아키텍처를 그림 2와 같이 제시한다. 그림 2에서 제시된 지대공미사일 요격 성능 분석 시뮬레이터의 아키텍처는 크게 사용자 인터페이스 영역, 요구 분석 영역, 시뮬레이션엔진 영역으로 구분된다. 사용자 인터페이스 영역을 통해 입력받은 사용자의 지대공

미사일의 사양 및 교전모델 정보는 요구 분석 영역을 통해서 시뮬레이션엔진을 구성하는 각 매니저 모듈에 전달될 수 있도록 구분되며 데이터베이스에 저장된다.

요구 분석 영역에서 분석된 사용자의 요구 정보는 시뮬레이션엔진 영역으로 전달된다. 전달된 정보를 바탕으로 시뮬레이션에서 사용될 모델들 생성과 운영계획을 수립한다. 생성된 정보를 통합 관리자 모듈을 통해서 통합하여 지대공미사일 요격 성능을 검증하고, 전략, 전술을 평가하기 위해 모델링 및 시뮬레이션을 수행하게 된다.

각 모듈들로부터 전달 된 시뮬레이션 모델 정보를 바탕으로 시뮬레이션엔진 영역에서는 지대공미사일 시스템의 모델링 및 시뮬레이션 과정을 자동으로 수행한다. 시뮬레이션의 결과는 시뮬레이션 리포트 모듈에서 보고서를 생성하여, 요구 분석 영역의 데이터베이스에 저장하고, 사용자 인터페이스 영역을 통해 사용자에게 전달되는 구조로 설계 되었다. 사용자는 시뮬레이션 진행 경과 과정을 애니메이션 창을 통해서 확인 할 수 있다. 사용자는 시뮬레이션을 통해 도출된 결과를 바탕으로 다양한 사양의 지대공 미사일의 전략, 전술에 대한 검증을 할 수 있다.

### 3.1 객체관리자(Object Manager)

객체 관리자는 시뮬레이션을 위한 모델들을 생성하고 관리하는 모듈들로 구성되어 있다. 각 모듈들은 자동 모델링 과정에서 1)미사일 발사대를 생성하는 발사대 모듈, 2)유도미사일을 생성하는 미사일 모듈, 3)지대공 레이더를 생성하는 레이더 모듈, 마지막으로 4)적기를 생성하는 적기(Enemy) 모듈로 각각 이루어져 있다.

객체 관리자는 시뮬레이터 제공되는 전장에 각각의 모델들을 그림 3과 같이 자동으로 사용자의 요구에 맞게 생성 및 배치한다.

#### 3.1.1 발사대 모듈(Launcher Module)

발사대 모듈에서는 사용자로부터 입력받은 발사대 배치 좌표 정보를 바탕으로 미사일 발사대를 생성한다. 사용자가 입력한 X, Y, Z 좌표 값의 위치에 미사일 발사대를 배치한다.

#### 3.1.2 미사일 모듈(Missile Module)

미사일 모듈에서는 발사대 모듈에서 미사일 발사대를 생성하면, 자동으로 유도미사일을 생성한다. 유도미사일의 발사 초기 출현지점은 사용자로부터 입력 받은 미사일 발사대의 X, Y, Z 좌표 값과 동일하다.

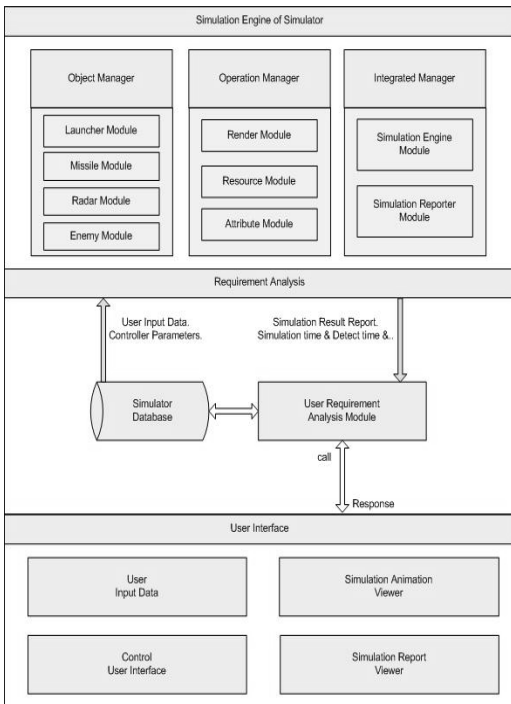


그림 2. 시뮬레이터의 아키텍처

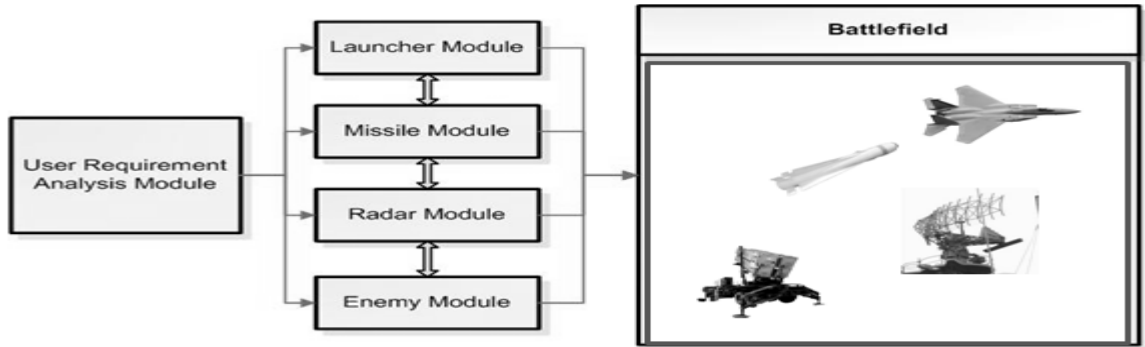


그림 3. 객체 관리자의 시뮬레이션 모델 생성 및 배치 과정

### 3.1.3 레이더 모듈(Radar Module)

레이더 모듈에서는 사용자로부터 입력받은 지대공 레이더의 배치 좌표 정보와 레이더 탐지범위 정보를 바탕으로 지대공 레이더와 레이더의 탐지범위를 생성한다. 사용자가 입력한 X, Y, Z 좌표 값의 위치에 지대공 레이더를 배치하고, 입력받은 레이더 탐지범위만큼 레이더 탐지범위를 생성한다.

### 3.1.4 적기 모듈(Enemy Module)

적기 모듈은 앞에서 언급한 발사대, 미사일, 레이더 모델이 생성되면 자동으로 생성된다. 사용자로부터 입력받은 출현지점 좌표와 목표지점 좌표를 바탕으로 시뮬레이션 수행 시 직선운동을 하게 되며, 사용자의 입력정보가 없을시, 시뮬레이터에 설정된 기본 정보를 바탕으로 운영되게 되어있다.

## 3.2 운영 관리자(Operation Manager)

운영 관리자는 지대공미사일 요격 성능 분석 시뮬레이터를 운영하는데 있어 운영에 필요한 주요 기능을 가진 모듈들의 집합 모듈이다. 1)객체 관리자를 통해서 생성된 모델들을 형상화 시켜주며, 시뮬레이션이 진행되는 동안 사용자에게 실시간으로 시뮬레이션 진행 경과를 3D 가시화로 제공해주기 위한 렌더 모듈(Render Module), 2)시뮬레이션 운용에 필요한 방법들과 알고리즘들을 관리하는 자원모듈(Resource Module), 3)객체 관리자를 통해서 생성된 모델들의 속성을 사용자의 요구에 맞게 설정 및 관리해주는 속성 모듈(Attribute Module)로 구성되어 있다.

### 3.2.1 렌더 모듈(Render Module)

렌더 모듈(Render Module)은 C++와 Direct3D를 기반으로 설계되어, 시뮬레이터에서 사용자에게 시각적 시

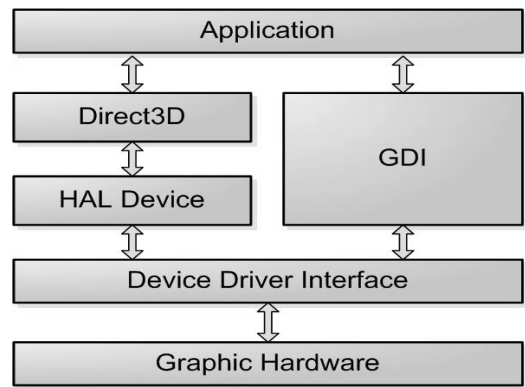


그림 4. Direct3D의 계층구조

뮬레이션 진행 경과를 제공하는 모듈이다. Render Module은 Direct3D의 계층구조를 라이브러리 형태로 가져와 사용한다. Direct3D는 마이크로소프트사에서 발표한 그래픽 라이브러리로서, 윈도우 환경체계에서만 돌아가게 설계되었기 때문에, 윈도우 환경에 최적화 되어 있다.<sup>[8]</sup> Direct3D의 계층구조는 그림 4와 같으며, 행렬이나 벡터 기능을 지원하고 있다.

Render Module에서는 사용자로부터 입력 받은 각 모델들의 X, Y, Z 좌표 값의 정보를 바탕으로 전장에서 각 모델들의 형태 및 위치를 표현하고, 시뮬레이션 수행 시 적기의 움직임과 미사일의 움직임과 같은 행태를 시뮬레이션 시작부터 종료 시까지 실시간으로 표현해준다. 그리고 전장의 모습을 원하는 각도와 거리에서 볼 수 있도록 3D 가시화 카메라 뷰를 제공한다.

### 3.2.2 자원 모듈(Resource Module)

자원모듈(Resource Module)은 미사일 운동방정식을 이용한 미사일 움직임 제어와 유도미사일의 유도방법 알

고리즘과 같은 시물레이션을 수행하는데 있어서 필요한 자원들을 제공하는 모듈이다. 미사일 운동방정식은 보편적으로 사용되는 미사일 운동방정식에서 물리적 요소들은 최소화 하여 사용하였다. 유도미사일의 유도방법은 적기에서 발생하는 열이나, 신호를 따라가는 호밍유도방식을 토대로 구현하였다.<sup>[9]</sup> 자원 모듈에서 제공하는 자원을 토대로 시물레이션이 운영되며, 사용자로부터 입력 받은 정보를 바탕으로 미사일과 적기의 움직임을 제어한다.

전체 시물레이션의 흐름도는 그림 5와 같으며, 자원 모듈에 의해 제어 된다.

### 3.2.3 속성 모듈(Attribute Module)

속성 모듈(Attribute Module)은 사용자로부터 정보를 입력받아 생성된 객체 관리자에서 생성된 발사대 모듈,

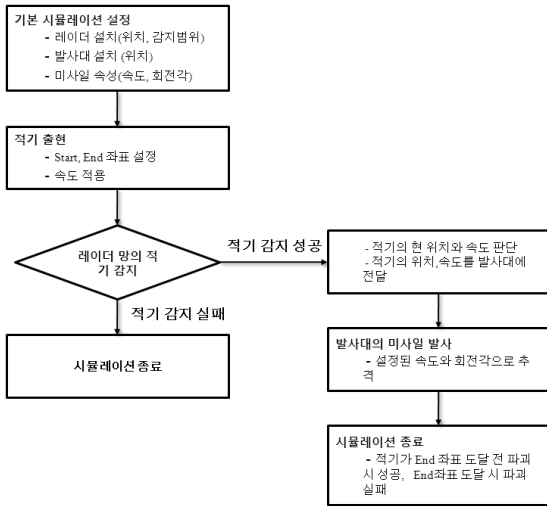


그림 5. 시물레이션 흐름도

미사일 모델, 레이더 모델, 적기 모델의 속성 및 상태전이 속성을 관리해준다. 각 모델들의 좌표 값 및 미사일의 최대속도, 레이더의 탐지범위, 적기의 이동속도와 같은 효과도 측정항목의 속성 값과 각 모델들이 시물레이션 수행 시 미사일 대기 상태에서 발사상태로의 전이 같은 각 모델들의 상태전이 속성을 관리해준다. 데이터베이스에 변화하는 각 모델들의 속성을 기록 관리하여 시물레이션 수행 시 결과를 제공하기 위한 지원을 한다.

### 3.3 통합관리자(Integrated Manager)

운영 관리자는 1)앞 절에서 언급한 시물레이터의 객체 관리자와 운영 관리자를 통해서 생성된 각 시물레이션 모델들과 운영에 필요한 각 자원들을 하나의 시스템으로 통합하여, 지대공미사일 요격 성능 분석 시물레이션을 위한 모델링을 자동으로 제공하는 시물레이션 엔진 모듈 (Simulation Engine Module)과 2)사용자 인터페이스 영역의 애니메이션 창을 통해 시물레이션 진행 경과와 시물레이션 종료 후, 텍스트파일 형태의 보고서를 통해 시물레이션 결과의 피드백을 제공하는 시물레이션 리포트 모듈(Report Module)로 구성되어 있다.

시물레이션 엔진 모듈에서는 시물레이션을 통해서 사용자에게 지대공미사일 요격 성과와 전략, 전술에 대한 평가를 할 수 있게 해주며, 미사일 발사대의 배치 좌표, 적기의 출현 및 목표 지점의 좌표, 미사일의 최대 속도, 적기의 이동속도, 레이더의 감지여부, 레이더의 감지좌표, 요격 성공 유무를 3D 애니메이션 창과 텍스트파일의 보고서 형태로 사용자에게 제공된다. 표 1은 개발한 시물레이터에서 사용자가 시물레이션 수행 시 필요한 입/출력 정보를 보여준다.

3장에서 제안된 시물레이터의 전체 데이터 흐름은 그림 6

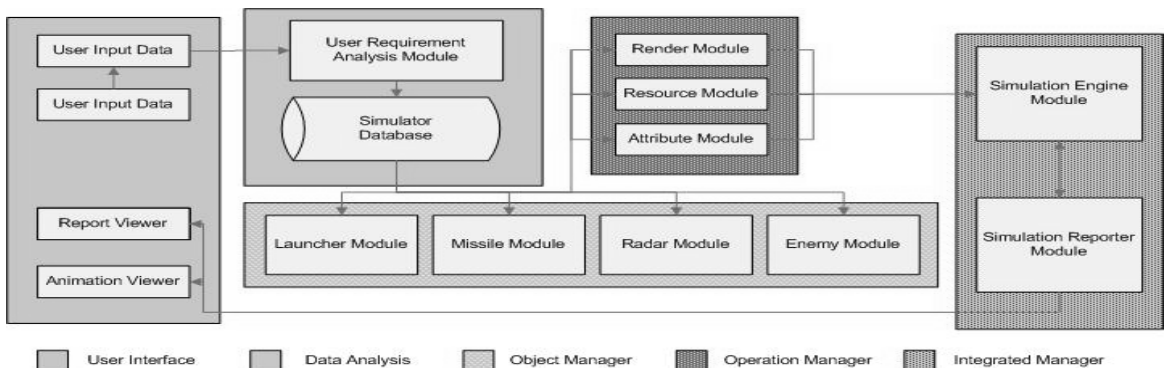


그림 6. 시물레이션 데이터 흐름도

표 1. 시뮬레이터의 입/출력 정보

입력정보	출력정보
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 발사대의 배치좌표</li> <li>- 레이더의 배치좌표</li> <li>- 레이더의 탐지범위</li> <li>- 미사일의 최대속도</li> <li>- 적기의 출현좌표</li> <li>- 적기의 목표좌표</li> <li>- 적기의 이동속도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 적기의 이동속도</li> <li>- 적기의 출현좌표</li> <li>- 적기의 목표좌표</li> <li>- 레이더의 감지여부</li> <li>- 레이더의 감지좌표</li> <li>- 발사대의 배치좌표</li> <li>- 미사일의 최대속도</li> <li>- 적기의 요격유무</li> </ul>

과 같은 순서로 진행되며, 사용자 인터페이스, 데이터 분석, 객체 관리자, 운영 관리자, 통합 관리자 영역으로 구성된다. 데이터 흐름도 내용을 요약하면, 사용자로부터 입력받은 정보들은 사용자 요구분석 모듈(User Requirement Analysis Module)을 통해 데이터가 사용될 각 관리자 영역으로 전달되며, 시뮬레이션을 하기 위한 각 모델들을 생성하고 속성을 결정 해주며, 사용자 요구에 적합한 지대공미사일 교전모델을 생성한다. 생성된 각 구성요소들을 통합함으로써 시뮬레이션 엔진에서 시뮬레이션을 수행하고, 결과를 3D 가시화 된 애니메이션창과 텍스트 파일 형태의 보고서를 통해 사용자에게 제공한다.

#### 4. 시뮬레이터 활용 예

C++와 Direct3D API를 기반으로, 3장에서 제안한 시뮬레이터를 개발하였다. 개발한 시뮬레이터는 그림 7과 같이 시뮬레이션을 수행하며, 수행하는 동안 3D 가시화된 애니메이션 창을 통해서 다양한 각도와 거리에서 볼 수 있도록 해주는 카메라 뷰를 제공한다. 본 시뮬레이터는 다음과 같은 가정을 한다. 1)전장 한가운데 좌표는 [0, 0, 0]의 값을 가지며, X, Y, Z 순, 2)애니메이션 창을 통해 보이는 전장에 표시된 격자의 1칸의 길이는 25km, 3) 정보 입력창에서 좌표 설정 시 단위는 1 = 100m, 4)미사일의 최대속도와 적기의 이동속도 입력 시 단위는 1 = km/h, 5)적기는 설정된 출현지점에서 목표지점까지 어떠한 회피활동도 하지 않고 일직선 운동을 하고, 6)미사일은 발사대에서 90도 각도로 수직 발사하며, 7)미사일의 유도방식은 적기에서 발생하는 열이나, 신호를 따라 추적하는 호밍유도방식을 토대로 구현한 것으로 본다.

시뮬레이션 수행을 위해서는 2장에서 언급한 효과도 측정 항목과 같이 발사대의 배치좌표, 레이더의 배치좌표, 레이더의 탐지범위, 미사일의 최대속도, 적기의 출현좌표, 적기의 목표좌표, 적기의 이동속도와 같은 입력정보가 필

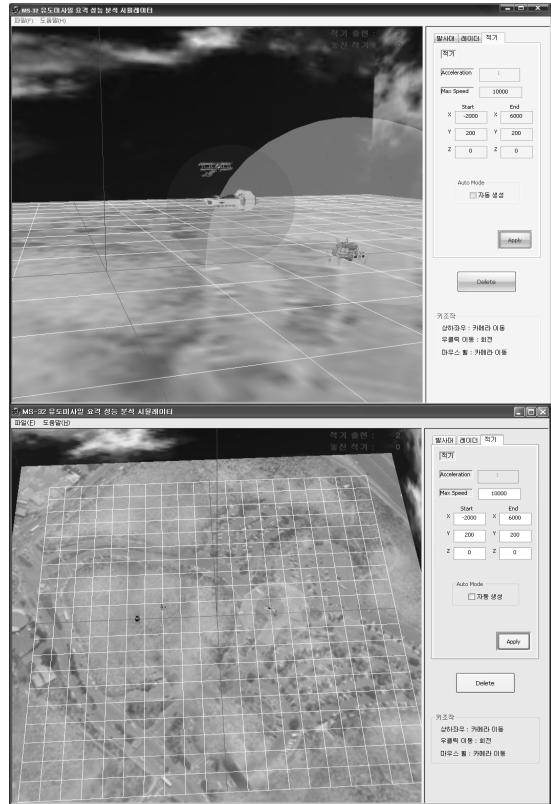


그림 7. 시뮬레이터 구현 화면

요하다. 표 2와 표 3과 같은 지대공미사일 교전 모델에 대한 정보를 바탕으로 시뮬레이션을 수행한다. 표 2의 입력 정보를 바탕으로 미사일 속도를 효과도 측정항목으로 하여 실험을 수행하고, 표 3의 정보는 레이더 범위를 효과도 측정항목으로 두어, 어떠한 요격 확률을 가지는지를 실험한다. 실험 반복 횟수는 1000회로 한다.

표 2의 입력정보를 바탕으로 미사일 속도를 12000 km/h, 14000km/h, 16000km/h, 18000km/h 그리고 20000km/h로 변화해 가며, 시뮬레이션을 수행한다. 시뮬레이션 결과는 그림 8과 같으며, 12000km/h일 때, 요격 확률이 70%이고, 미사일 속도가 증가함에 따라, 요격 확률도 증감함을 볼 수 있다.

표 3의 입력정보를 바탕으로 레이더 탐지범위를 40km, 50km, 60km, 70km 그리고 80km로 변화해 가며, 시뮬레이션을 수행한다. 수행 된 시뮬레이션의 결과는 그림 9와 같다. 요격 확률이 70km에서 80km로 레이더 범위를 증가할 때, 가장 크게 높아지는 것으로 보아 민감도가 크다고 할 수 있다.

표 2. 시뮬레이션을 위한 입력정보

입력정보	입력값
- 발사대의 배치좌표	100,0,300
- 레이더의 배치좌표	-100,0,0
- 레이더의 탐지범위	70km
- 적기의 출현좌표	-400,100,0
- 적기의 목표좌표	350,100,0
- 적기의 이동속도	10000

표 3. 시뮬레이션을 위한 입력정보

입력정보	입력값
- 발사대의 배치좌표	100,0,300
- 레이더의 배치좌표	-100,0,0
- 미사일의 최대속도	120000
- 적기의 출현좌표	-400,100,0
- 적기의 목표좌표	350,100,0
- 적기의 이동속도	10000

다양한 사양의 지대공 미사일 교전모델에 대한 적기의 이동속도, 적기의 출현좌표, 적기의 목표좌표, 레이더의 감지여부, 레이더의 감지좌표, 발사대의 배치좌표, 미사일의 최대속도, 적기의 요격유무를 시뮬레이터를 통해 빠른 시간 안에 피드백을 받을 수 있음을 확인하였다. 받은 피드백을 통해 사용자는 지대공미사일 교전모델과 전략, 전술에 대한 평가를 할 수 있다.

## 5. 결론 및 향후 연구 과제

본 연구에서는 다양한 사양의 지대공미사일 요격 성능과 교전모델의 전략, 전술의 분석이 가능한 시뮬레이터의 아키텍처를 제안하고 개발하였다. 개발된 시뮬레이터는 사용자로부터 입력 받은 정보를 이용해 객체 관리자, 운영 관리자, 통합 관리자를 통한 시뮬레이션 과정을 자동화 하여, 기존의 상용 시뮬레이션 소프트웨어가 가지고 있는 문제점을 개선하고, 사용자를 위한 3차원 시각화 기능을 보완 하였다.

본 시뮬레이터는 사용자로부터 발사대, 레이더, 미사일, 적기의 정보를 입력받아 하나로 통합하여 시뮬레이션을 수행한다. 시뮬레이션 결과는 3D 애니메이션 창과 텍스트 파일 형태의 보고서를 통해서 사용자에게 제공된다. 보고서에서는 레이더의 감지여부, 감지된 좌표, 적기의 요격 유무와 입력 받았던, 각 모델들의 사양을 확인할 수 있다.

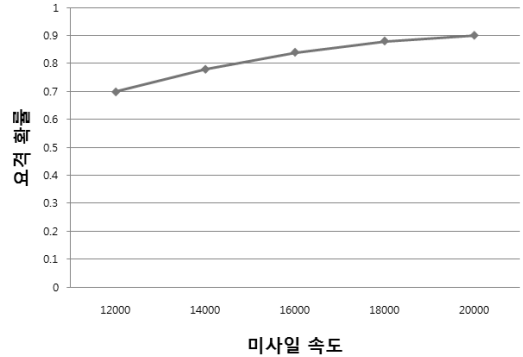


그림 8. 미사일 속도에 따른 요격확률

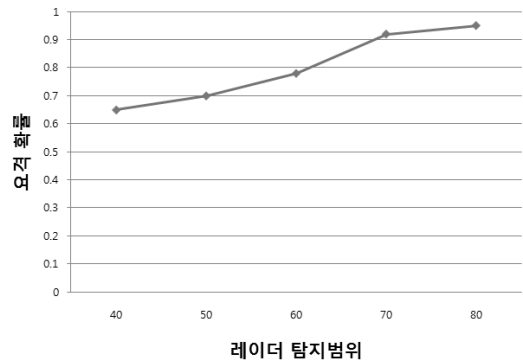


그림 9. 레이더 탐지범위에 따른 요격확률

본 논문에서 보여준 시뮬레이션 활용을 통해 효과도 측정 항목의 변화에 따른 지대공미사일 요격 성능이 어떠한 결과가 나오는지 피드백 할 수 있다. 이는 개략적으로나마 지대공미사일의 시뮬레이션 기반 획득(SBA : Simulation Based Acquisition)에 있어 자료로 활용 될 수 있을 것이다.

향후에는 본 연구에서 소개 된 모듈들과 모델들을 쉽게 확장 가능한 형태의 구조에 관한 연구가 필요하다. 분산 환경 시스템에서 다른 개발자에 의해 개발된 모델들을 통합 운용할 수 있는 시뮬레이션 모델 구조에 관한 연구와, 모델들과 모듈들의 재사용성을 높일 수 있는 프레이밍워크 설계에 관한 연구가 추가로 필요하다.

또한 본 시뮬레이터를 활용하여 최적의 미사일 배치에 관한 연구를 수행 할 계획이다.

## 감사의 글

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다(UD080042AD).



## 참고 문헌

1. 권용수, “탄도미사일 위협과 방어체계,” 국방대학교 참고서지, 2003년.
2. U.S. DEPARTMENT OF DEFENCE, <http://www.defencelink.mil>.
3. SCHRIBER, T. J, “The Nature and Role of Simulation in the Design of Manufacturing Systems,” *Simulation in CIM and Artificial Intelligence Techniques*(25): 5-18, 1987.
4. 이상현, 정인철, “미사일 방어를 위한 KDX 최적배치모형 연구,” *한국시뮬레이션 학회 논문지*, 15(4), pp. 69-77, 2006년.
5. 황홍석, “시각화-시뮬레이션 방법을 이용한 단거리미사일 시스템의 성능산정모델,” *한국시뮬레이션학회 춘계학술대회 논문집*, pp. 148-152, 2000년.
6. 김명훈, 이상민, 유용준, 채수환, 지승도, “DEVS/HLA 기반 가상전장 분산 시뮬레이션,” *한국시뮬레이션학회 추계학술대회 논문집*, pp. 143-148, 2002년.
7. Don Brutzman, Mike Zyda, Mark Pullen, and Katherine L.Morse, “Extensible Modeling and Simulation Framework, JFCOM Exercise Opportunities,” JFCOM Workshop, 2003.
8. Todd Barron, “Strategy game programming with DirectX 9,” Wordware Publishing, 2003.
9. Blakelock and John H, “Automatic control of aircraft and missiles / 2nd ed,” Wiley, 1991.
10. 이경재, 서운호, “일방향 AGV 시스템 설계를 위한 시뮬레이터 개발,” *한국시뮬레이션학회 논문지*, 17(4), pp. 133-142, 2008년.
11. 이재용, 서운호, “자재 취급 시스템을 위한 다중 에이전트 기반의 교착상태에 자유로운 AGV 시뮬레이터 개발,” *한국시뮬레이션학회 논문지*, 17(2), pp. 91-103, 2008년.
12. 강정호, 이성준, 차주환, 유성진, 이효광, 이규열, 김태완, 고용석, “DEVS 기반 모델링을 적용한 잠수함의 어뢰회피 성능 분석 시뮬레이션,” *한국시뮬레이션학회 논문지*, 14(2), pp. 57-71, 2005년.
13. Lengyel, Eric, “Mathematics for 3D Game Programming and Computer Graphics,” Charles River Media.
14. Nordeen, Lon O, 2002, “Air warfare in the missile age / 2nd ed,” Smithsonian Institution Press, 2002.



**김기환** (imkyan@korea.ac.kr)

2008 대구대학교 회계학과 학사  
2008~현재 고려대학교 정보경영공학부 석사

관심분야 : 시스템 분석 및 모델링, Discrete Event Simulation



**서윤호** (yoonhoseo@korea.ac.kr)

1984 고려대학교 산업공학과 학사  
1990 미국 Pennsylvania State University. 산업공학과 석사  
1993 미국 Pennsylvania State University. 산업공학과 박사  
1993~2003 울산대학교 산업공학과 교수  
2003~현재 고려대학교 정보경영공학부 교수

관심분야 : 제조, 조립 및 물류 시스템의 VR적용 기능설계