

# 지상무기체계 교전 모의를 위한 에이전트 기반 시물레이션 시스템 아키텍처 설계 연구

함원경<sup>1</sup> · 정용호<sup>1</sup> · 나재호<sup>2</sup> · 박상철<sup>1\*</sup>

## A Study on Agent based Simulation System Architecture for the Engagement of Ground Weapon Systems

Won K. Hwam · Yongho Chung · Jaeho Na · Sang C. Park

### ABSTRACT

Presented in this paper is a study for construction of a simulation system for the engagement of ground weapon systems. This paper proposes architecture for the simulation system based on agent simulation design methodology. Every entity of the proposed architecture is developed by assembling modularized agent components, and it enhances the reusability and composability of the entity. Consequently, time, costs, and efforts that are required to develop a new simulation system is able to be reduced by the enhancement. In the case of ground engagement simulation, it is very important to reflect environmental effects. Synthetic battlefield of the proposed architecture has environmental data of the battlefield and interacts with entities in the simulation system. The proposed architecture based simulation system can build swiftly various simulation models by the objectives and derive reasonable results from behaviors of entities that include environmental effects. This paper contains the construction of an example system based on the proposed architecture to verify the advantages of the architecture.

**Key words** : Agent, Engagement Simulation, Ground Combat, Modeling and Simulation, Synthetic Battlefield/Environment

### 요약

본 논문은 지상무기체계 교전을 모의하기 위한 시물레이션 시스템 구축에 관한 연구이다. 본 논문에서는 에이전트 시물레이션 설계 방법론에 기반하여 시물레이션 시스템 아키텍처를 제안한다. 제안된 아키텍처의 각 개체는 에이전트 기반으로 모듈화된 컴포넌트들을 조합하여 구성된다. 이와 같은 개체 구성 방법은 개체의 재사용성과 조합성을 향상시키고, 결과적으로 시물레이션 시스템의 개발에 투입되는 시간, 비용, 및 노력을 감소시킨다. 지상무기체계 교전의 모의는 환경의 영향을 반영하는 것이 매우 중요하다. 제안된 아키텍처의 합성전장환경은 전장의 환경 데이터를 가지며 시물레이션 시스템의 전투개체와 계속해서 상호작용한다. 이러한 아키텍처를 기반으로 구축된 시물레이션 시스템은 목적에 따라 다양한 지상무기체계 교전 시나리오의 신속한 모의가 가능하고, 개체들의 행위 수행에 환경 영향이 반영되어 신뢰성 있는 시물레이션 결과를 도출할 수 있다. 본 논문은 제안된 아키텍처를 기반으로 예제 시스템을 구축하여 그 효용성을 증명하였다.

**주요어** : 에이전트, 교전 시물레이션, 지상 교전, 모델링 및 시물레이션, 합성전장환경

\* 본 연구는 본 연구는 방위사업청(UD110006MD), 국방과학연구소(UD100009DD, UD120035JD), 및 LIG넥스원의 지원으로 수행되었습니다.

접수일(2012년 9월 4일), 심사일(1차 : 2012년 10월 5일), 게재 확정일(2012년 12월 24일)

<sup>1)</sup> 아주대학교 산업공학과

<sup>2)</sup> LIG넥스원 M&S 연구센터

주 저 자 : 함원경

교신저자 : 박상철

E-mail : scpark@ajou.ac.kr

## 1. 서론

무기체계의 발전에 따른 미래 전장환경 및 전쟁 패러다임의 변화로 인하여 군은 새롭고 다양한 작전적 요구에 직면하게 되었다. 그러나 이러한 요구에 비해 제한적인 국방 가용자원은 무기체계의 전력화 과정에서 최소의 비용으로 최적의 성능을 발휘하는 체계의 획득을 필요로 한

다. 이에 따라 모델링 및 시뮬레이션(M&S, Modeling and Simulation)을 소요정의, 개념개발, 시제생산, 시험평가, 생산배치, 운용유지 및 후속 군수지원의 7단계로 구성되는 무기체계 획득의 전 순기(Acquisition Cycle)에 적용하는 SBA(시뮬레이션 기반 획득, Simulation-Based Acquisition)에 대한 중요성이 높아지고 있다. SBA를 적용하면 군의 체계획득 계획을 실제 자원이 투입되기 전에 검증이 가능하여 비용, 시간 및 노력의 낭비에 따른 위험을 최소화할 수 있다(Choi, Pyun, 2008).

국방 분야의 M&S는 표현 정도에 따라 전구, 임무/전투, 교전, 공학급으로 구분할 수 있는데, 그 중 본 논문의 목적인 교전급 M&S는 전투 개체의 행위와 각 무기체계의 기능을 자세히 묘사하며 적의 위협이나 작전 형태는 부분적으로 모델링한다(Cha, 2007). 또한 시뮬레이션의 시간은 몇 분에서 몇 시간 정도의 단일 작전을 대상으로 한다(Hill, McIntyre, 2001). 지상무기체계의 교전급 M&S는 지상 전장환경에서 발생하는 교전에 투입되는 전투개체들을 모델링하고, 시뮬레이션 중 전투개체들과 합성전장환경의 상호작용 및 전투개체들의 제원특성에 의하여 적을 탐지, 기동, 공격 및 회피를 모의한다. 지상무기체계 교전의 모의 결과로 탐지 및 공격 성공 확률, 생존성, 취약성, 기동성 등의 무기체계 성능을 전장환경 상황과 연계하여 평가할 수 있다(Choi, 2010). 지상 교전은 과거의 전사에 비추어 볼 때, 전투개체와 전장환경의 관계가 교전 결과에 밀접한 영향을 미친다(ROKSA, 2007). 따라서 교전급 모델에서의 합성전장환경 구축은 시뮬레이션의 신뢰성을 위해 반드시 반영되어야 할 부분이며 다양한 환경 시나리오 상에서의 전투실험 수행이 요구된다(Keane et al., 2000).

다양한 시나리오에 대해 신속한 전투실험을 위해 교전급의 시뮬레이션 시스템은 다음과 같은 요구를 받는다. 1) 복잡한 무기체계를 각각의 구성 시스템 별로 조합하여 현실에 근접하게 표현할 수 있는 모델링 기법, 2) 모델링된 전투개체의 다양한 전장 시나리오에 맞춰 신속히 확장/변경을 통한 재사용, 3) 합성전장환경과 전투개체의 상호작용을 통한 환경의 영향(Effect)과 환경에 영향(Impact)의 모의 등이 있다. 이러한 요구사항을 만족하기 위해서는 복잡한 무기체계와 수많은 연동인자들이 각각의 모듈로 모델링되어야 하며 구축된 모듈들의 조합으로 쉽고 빠르게 전투개체의 생성이 가능한 조합성(Composability)과 재사용성(Reusability)이 높은 시스템을 구축해야 한다. 또한 생성한 전투개체를 합성전장환경 위에서 시뮬레이션하여 지형이나 기상환경이 전투개체의 행위에 영향을

줄 수 있어야 한다(Park et al., 2010a).

기존에 시뮬레이션을 위한 소프트웨어 도구는 범용적인 목적을 가지고 제작된 도구와 전투 시뮬레이션을 위해 제작된 도구가 있다. 범용적인 도구는 ARENA, AnyLogic, EMPlant 등이 존재하며 전투 시뮬레이션을 위한 도구로는 VBS2, Half-Life 등이 있다(Phongsak, 2004). 범용적인 도구는 전투 시뮬레이션의 수행에만 한정되지 않고 다양한 목적에 적용이 가능하다는 장점이 있지만 모델링에 많은 노력이 필요하고, 전투 시뮬레이션을 위한 도구는 쉽게 시뮬레이션 모델을 구축할 수 있지만 한정적인 접근만 가능하여 범용성이 부족하다(Park, Seong, 2010). 또한 범용 및 전투 시뮬레이션 도구, 둘 다 환경의 영향을 시뮬레이션에 반영하는데 제한적이다. 따라서 기존의 시뮬레이션 도구들은 교전급 M&S 시스템에서 요구하는 다양한 전투 시나리오의 생성, 전투개체의 모델링, 전투개체에 대한 환경의 영향 및 생성된 전투개체의 재사용 등에 크게 제약적이다.

본 연구에서는 기존 시뮬레이션 도구의 한계를 극복하고 교전급 M&S의 요구사항을 만족시키는 시뮬레이션 시스템을 위해 전투개체의 에이전트 기반 설계와 합성전장환경 구축을 수행한다. 에이전트 기반으로 설계된 하나의 개체는 다양한 기능 컴포넌트들이 조합되어 구성되며 설계된 개체 스스로 구성하는 기능 컴포넌트들을 자율적으로 통제하는 특징을 갖는다(Ilachinski, 2004). 기존의 에이전트 기반 시스템 구축 사례는 OneSAF(미국), WISDOM-II(호주), MANA(뉴질랜드) 등을 통해 자율적인 행위를 수행하는 컴퓨터 생성 전투개체(CGF, Computer Generated Force) 연구가 수행되었으며(Ibrahim, Murat, 2009; Logsdon et al., 2008; Yang et al., 2005), 에이전트의 조합을 통한 상위 에이전트를 구성하는 다중 에이전트 기반 시뮬레이션 연구(You et al., 2007; Lee, Hong, 2007; Jung et al., 2009)와 구축된 에이전트의 인터페이스에 관한 연구들이 수행되었다(Park et al., 2010b; Hwam et al., 2011). 그러나 기존의 연구들에서 에이전트의 조합성에 관한 연구는 개념 및 사례연구에 집중되며 전투개체의 조합성에 관련된 시뮬레이션 시스템 아키텍처의 연구는 부족하다. 본 연구에서는 에이전트의 특성 중 자율성은 제외하며 기능 컴포넌트들의 조합을 통한 전투개체 생성 및 합성전장환경 상에서 생성된 전투개체와 환경의 상호작용 모의가 가능한 시뮬레이션 시스템 아키텍처 설계에 그 중점을 둔다.

본 논문의 최종 목적은 지상무기체계를 에이전트 기반의 전투개체로 설계하여 조합성을 향상시키고, 지상 교전이 발생하는 지형의 합성전장환경을 VPG(Virtual Proving

Ground)를 지원하도록 구축하여 환경 영향을 시뮬레이션에 반영할 수 있는 시스템의 아키텍처 구축에 있다. VPG에 대한 내용은 2장에서 다루도록 하겠다. 조합성의 향상은 전투개체의 재사용성 및 확장/변경성을 증진시키며 이와 상호작용하는 합성전장환경은 교전급 M&S의 요구사항을 만족시킬 수 있다. 본 논문에서 제안된 시뮬레이션 시스템 아키텍처는 그 효용성을 증명하기 위해 지상교전 모의를 위한 예제 시스템의 구축 과정에 적용하여 설명된다.

이후 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 본 논문의 전반적인 접근 방법을 소개하고, 3장에서 제안된 시뮬레이션 아키텍처를 설명한다. 4장에서는 제안된 아키텍처를 기반으로 구축된 예제 시뮬레이션 시스템을 소개하며 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 접근 방법

### 2.1 에이전트 기반 전투개체 생성

교전급 시뮬레이션에서 전투개체들은 실존하는 물리적 개체를 모델링 한 개체로서, 개별 임무를 수행하며 조건이 만족되면 교전을 발생시킨다. 예를 들어 전차를 모델링한 전투개체 A와 자주포를 모델링한 전투개체 B가 C라는 합성전장환경에 존재하며 A의 임무는 C의 남쪽에서 북쪽으로 종단하는 것이고, B의 임무는 A가 위치하는 지역에 포격을 하는 시나리오를 가정한다. 시나리오에서 A는 남쪽에서 북쪽으로 기동하는 행위를 수행하며 B는 A를 관측하고, 적절한 위치로 이동하여 사격하는 행위를 수행한다. A와 B는 같은 전투개체이지만 임무에 따라서 행위가 달라지며 같은 행위도 전투개체의 특성에 의하여 그 결과가 달라진다. 예로서 A의 기동도 A가 갖는 무게, 최대 속도, 가속도 등의 특성들이 기동에 영향을 미친다. 또한 시나리오가 변경되면 참여하는 전투개체도 달라지며 이에 따라 수행하는 행위도 달라진다. 따라서 교전급 시뮬레이션에서 전투개체는 자체 특성과 다양한 행위를 조합하여 구성할 수 있어야 시나리오에 따른 신속한 전투개체를 생성할 수 있다. 본 연구에서는 이와 같은 전투개체의 특성을 반영하기 위해 에이전트 기반의 전투개체를 설계한다.

에이전트 기반의 전투개체는 다양한 에이전트 컴포넌트 라이브러리에서 필요한 컴포넌트를 선택 및 조합을 통해 구성된다. 라이브러리를 구성하는 컴포넌트들은 Plug&Play 개념으로 쉽게 전투개체 프레임에 연동되어 작업을 수행할 수 있어야한다(Thomas et al., 2004). 본 연구에서는 전투개체에 에이전트 컴포넌트들을 연동하여 신속한 구

축 및 확장/변경에 용이하도록 설계하기 위해 Park(2005)이 제안한 Core/Shell로 개체를 구분하여 설계하는 방법을 전투개체 설계에 적합하도록 수정해서 적용한다. Fig. 1은 Core/Shell 기반의 개체 설계 방법론을 전투개체 설계에 적합하도록 수정한 내용을 표현하고 있으며 세부적 설명은 다음과 같다. 개체의 Core 부분은 시뮬레이션 시스템 내에서 전투개체의 특성에 관련된 내용을 담고 있다. 특성에 관련된 내용의 예로는 개체 ID, 개체 종류, 개체가 소속된 세력, CAD 모델 데이터, 개체 체원(무게, 크기 등), 현재 상태(위치, 손상도, 소음 수준 등)를 관리한다. Shell 부분은 에이전트 컴포넌트들과 전투개체의 인터페이스 역할을 수행하며 에이전트 컴포넌트들이 Core 부분에 접근하여 데이터를 참조하거나 수정이 가능하게 한다.

Shell 부분의 인터페이스에 연동되는 에이전트 컴포넌트들은 하나의 체계를 표현하며 라이브러리화 되어 있어야 한다. 체계의 예로 크게 기동, 탐지, 화력 및 방어 체계 등이 있을 수 있다. Shell 부분은 각 체계와 연동될 수 있도록 포트를 가지며 각 포트에 맞는 에이전트 컴포넌트들이 라이브러리에서 선택되어 조합된다. 라이브러리를 구성하는 단위 에이전트 컴포넌트는 하나의 단위 행위와 특성 변수 집합으로 설계된다. 단위 행위는 컴포넌트가 수행하는 작업들을 의미하며 특성 변수 집합은 컴포넌트의 작업에 영향을 주는 변수들의 집합이다. 예를 들어 기동 컴포넌트는 이동 행위와 이동 특성 변수로 구성되며 이동 특성 변수는 다음과 같다. 이동 이벤트 발생 후 최종 목적지까지 속도 및 가속도, 기울기에 따른 속도 변화를 반영하기 위한 마력 및 등판능력 등이다. 이와 같이 이동 에이전트 컴포넌트의 특성 변수를 수정함으로써 같은 이동 행

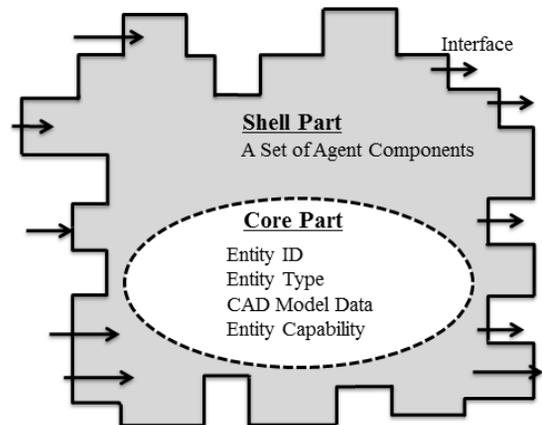


Fig. 1. Core/Shell based battle entity design

위도 다양한 성능의 표현이 가능하여 재사용에 용이하다.

### 2. 2. 지상 합성전장환경 구축

앞서 언급되었듯이 실제 전장에서 임무를 수행하는 전투개체들은 자신의 제원 특성뿐만 아니라 환경적 영향 또한 임무 수행에 있어서 큰 역할을 한다. 따라서 지상 교전급 시뮬레이션에서의 전투개체 및 전투개체에 의해 사용되는 무기개체들의 임무수행에 환경적 요인을 반영하기 위해 지상 합성전장환경을 구축한다. 지상 교전 시뮬레이션 개체들과 상호작용하는 환경 객체는 대표적으로 지형과 대기가 있다. 지형과 대기는 전투 개체의 기동 및 탐지 체계 등에 많은 영향을 미친다. Fig. 2에서 볼 수 있듯이, 각 전투개체들의 Core 부분은 정적 특징(기본 특성, 제원 특성)과 동적 특징(상태 특성)에 관련된 변수를 갖는다. 이러한 전투 개체의 특징들을 기반으로 환경에 영향(Impact)을 주게 되고, 지형의 경우에는 영향을 받은 지역의 기하학적 특징(Geometry properties)과 기계적 특징(Mechanical properties)들이 변하게 된다. 이러한 특징의 변화는 또 다시 전투 개체에 영향(Effect)을 주게 되고, 대기와 같은 다른 환경의 변화에 요소(Factor)로써 작용하기도 한다.

지상전에서 전투 개체와의 가장 많은 상호작용을 하는 환경은 지형이다. 따라서 지형과 차량 및 장비에 대한 역학이 사실적인 전투 시뮬레이션을 위해 필수적이다. 따라서 VPG 개념의 지형과 차량간 상호작용을 지원하는 인터페이스의 구축이 요구된다. VPG 기술은 다물체 동역학 차량 모델을 이용하여 가상 내구 시험로 주행시뮬레이션을 수행하여 실제 하중측정시험 및 내구시험을 대체하는 기술이다. VPG 기법은 최근 자동차 분야에서 주목받는 기술로서, Virtual Prototype의 차량 모델과 타이어 모델 그리고 3D 가상 내구로를 이용하여 휠 하중 계산 및 각 부품의 하중을 예측함으로써 신뢰성 있는 차량 개발과 차량 개발 기간 단축에 큰 효과가 기대되는 기법이다(Kim, 2008). 그렇기 때문에 VPG 기술의 적용을 통해 제품 생산

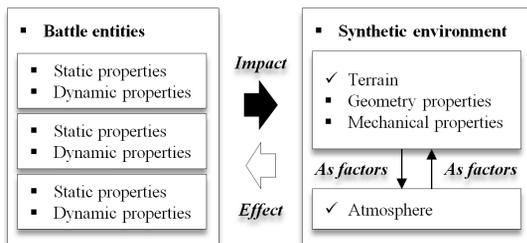


Fig. 2. Interaction between battle entities and terrain

비용 절감 및 시간 단축을 이뤄낼 수 있으며, 국방 분야에 적용됨으로써 제품 실험의 안전성 문제 및 환경 문제에 대한 해결책을 제시할 수 있다. VPG의 적용을 위한 원천기술로는 동적 지형(Dynamic terrain), 지형역학(Terramechanics), 다물체 동역학(Multi-body dynamics) 등이 있다.

### 3. 아키텍처 설계

Core/Shell 기반으로 전투개체를 설계하여 합성전장환경 상에서 시뮬레이션을 수행하는 시스템의 아키텍처 설계는 앞서 언급했던 예제 시나리오의 구현과 함께 진행된다. 예제 시나리오에서 등장하는 전투개체들은 차량 전투개체로서 다음과 같이 모델링 할 수 있다. Core 부분에는 전투개체의 기본 특성, 차량의 제원 특성 및 상태 특성들을 저장하며 특성별 도출 요소는 Table 1에 표현되었다. Shell 부분에는 기동, 탐지, 화력, 방어 및 기타 체계의 에이전트 컴포넌트와의 연동을 위한 포트를 가지며 Core 부분과 에이전트 컴포넌트 사이의 인터페이스를 제공한다.

전투개체의 Shell 부분의 각 포트에 연동되는 에이전트 컴포넌트들은 기본적으로 다음과 같은 특성을 갖는다. 컴포넌트의 행위 수행 결정은 전투개체의 Core 부분에 존재하는 변수를 기반으로 내려진다. 따라서 컴포넌트는 현재 상태 체크를 위한 이벤트가 발생하면 상태 특성 변수를 참조해야 하며 상태 특성 변수의 상태에 따라서 행위 수행을 위한 의사결정을 수행해야 한다. 행위가 결정되면

Table 1. Derived factors for the vehicle entity

특성	도출 요소
기본 특성	개체 ID
	개체 종류 개체 소속 세력 CAD 모델 데이터
제원 특성	무게
	크기 내구도
상태 특성	현재 위치
	현재 속도
	지향 방향
	목표 위치
	현재 목표
	탐지 거리
	탐지된 대향군
	소음 수준 손상도 충격량

행위 모델에 해당되는 이벤트를 전송하며 행위 모델은 행위의 결과로 현재 상태를 전이한다. 행위 모델에 존재하는 각 상태는 컴포넌트의 특성 변수를 참조하며 실제 행위를 수행할 세부적인 정의를 갖는다.

설명된 에이전트 컴포넌트의 기본 특성을 갖는 차량 전투개체의 기동, 탐지, 화력, 방어 컴포넌트는 다음과 같이 설계된다. 첫째, 기동 에이전트 컴포넌트는 Core 부분의 상태 특성 변수 중 현재위치와 목표위치를 비교한다. 비교 결과가 다를 경우에는 현재 전투개체의 행위 수행 상태가 이동 상태로 전이된다. 이동 상태에서는 컴포넌트 특성 변수인 최대속도, 가속력, 최대 회전각, 등판 능력, 도하능력 등을 반영한 이동 행위를 수행한다. 행위의 수행 결과는 개체의 상태 특성 변수의 현재 위치, 현재 속도, 지향 방향과 소음 수준에 반영한다. 다음의 의사코드는 현재 위치가 목표 위치와 다를 경우 이동 행위를 수행하며 컴포넌트 특성변수에 지형효과를 반영하여 지향 방향과 이동 속도 데이터를 획득함을 표현한다.

```
IF(Current position is not equal to Destination)
    MOVE(GET_DIRECTION() * GET_SPEED());
```

둘째, 탐지 에이전트 컴포넌트는 컴포넌트 특성 변수로 최대, 최소 및 일반 탐지거리를 가지며 개체의 상태 특성 변수 중 탐지 거리를 수정한다. 수정된 탐지 거리는 시스템에서 환경적 영향을 반영하여 탐지 가능 거리를 도출하고, 범위 안에 존재하는 대향군들은 상태 변수의 탐지된 대향군에 입력된다. 다음의 의사코드는 개체의 상태 특성에 따른 탐지거리 수정을 표현한다.

```
IF(Destination has been updated)
    Detection Range = Normal Range
ELSE_IF(Target has been updated)
    Detection Range = Minimum Range
ELSE
    Detection Range = Maximum Range
```

셋째, 화력 에이전트 컴포넌트는 상태 특성 변수의 현재 목표가 존재하면 컴포넌트 특성 변수로 갖는 사거리, 유효발사각, 포탄 수 및 장전 시간 등을 이용해 발사 가능 여부를 판단한다. 발사 이벤트가 발생하면 준비 상태에서 장전 시간이 지난 후 발사하고, 발사 후 전투개체의 상태 특성의 소음 수준을 일정시간 동안 증가시킨다. 발사 상태에서는 포탄과 같이 보유한 무기에 동작 이벤트를 발생

시키며 무기개체 또한 전투개체와 마찬가지로 Core/Shell 기반으로 구축된다. 다음은 화력 컴포넌트의 행위를 표현하는 의사코드로서 개체의 상태 특성과 컴포넌트의 특성이 모두 발사 가능하면 발사 행위의 수행을 의미한다.

```
IF(Target has been updated &
    Fire system is enable to launch a weapon)
    WAIT(Preparation Time);
    LAUNCH_WEAPON();
```

마지막으로 방어 에이전트 컴포넌트는 전투개체가 충격량을 받으면 컴포넌트 특성변수로 갖는 방어력에 적용하여 손상 정도를 계산한다. 계산된 손상 정도는 개체의 상태 특성 중 손상도에 반영한다. 다음의 의사코드는 방어 에이전트 컴포넌트의 행위 수행상태를 표현한다.

```
IF(Impact has been updated)
    SET_DAMAGE(CAL_IMPACT());
```

시뮬레이션의 수행을 위해 시뮬레이션 관리자는 전체 시뮬레이션 시스템의 수행을 조율하는 다양한 관리자를 포함한다. 시뮬레이션 관리자의 요소들은 Table 2와 같으며 각 관리자들의 역할은 다음과 같다. 개체 관리자는 Core/Shell을 기반으로 생성된 전투 및 무기개체를 관리하며 각 전투/무기개체에 이벤트를 발생시킨다. 시뮬레이션 시간 관리자는 시뮬레이션 시간을 진행시키며 매 시간마다 이벤트 관리자에 전체 전투개체의 현재 상태를 체크하는 이벤트가 발생할 수 있도록 관리한다. 이벤트 관리

Table 2. Simulation manager members

관리자 이름	관리자 설명
시간 관리자	• 시뮬레이션 시간 진행
이벤트 관리자	• 현재 이벤트 표시 • 다음 이벤트 예약
개체 관리자	• Core/Shell로 구성된 모든 개체들의 관리 (추가/삭제 등) • 모든 개체들의 현재 상태 확인
시나리오 관리자	• 모든 개체들의 목표 위치 또는 공격 목표 등을 수정
탐지 관리자	• 함성전장환경에 환경 데이터 요구 • 환경 데이터를 탐지 성능에 적용 • 개체별 탐지 개체 목록 수정
손상 관리자	• 개체 상태 기반으로 충격량 할당 • 내구도와 손상도 비율에 의한 개체 임무 수행 상태 결정

자는 시물레이션 시간에 해당하는 이벤트를 가리키며 다음 이벤트를 예약한다. 개체 관리자는 전투/무기개체들의 상태를 체크하는 이벤트가 발생하면 해당 시물레이션 시각의 개체 상태를 확인한다. 업데이트된 개체 상태를 기반으로 시나리오 관리자는 각 개체의 목표 위치와 공격 목표 등의 개체 상태를 수정한다. 탐지 관리자는 각 개체의 현재 위치의 환경데이터를 합성전장환경에 질문하고, 환경 데이터를 얻는다. 받은 환경 데이터는 개체들의 현재 위치 및 탐지 거리에 적용되어 개체 사이의 탐지 성능을 조절한다. 손상 관리자는 전투/무기개체들의 위치와 특성들을 활용하여 해당되는 개체에 충격량을 계산하여 부여한다. 또한 개체의 손상도가 내구도의 일정 비율을 넘어서면 전투 불능 또는 파괴 상태를 개체 관리자에게 알려준다. 탐지 관리자 및 손상 관리자와 같은 수학적 계산 과정이 요구되는 시물레이션 관리자들은 내부에 공학급 모델을 포함하고, 시물레이션 수행 중 공학 모델의 수행 결과를 적용한다. 이와 같은 시스템은 Fig. 3에 설계되었으며 전투개체, 합성전장환경, 그리고 시물레이션 관리자에 의하여 구성되는 시물레이션 시스템을 표현한다.

지상 교전 모의에 환경 영향을 반영하기 위한 합성전장환경의 구축에 있어서 고려되어야 할 요소로는 대표적으로 지형과 대기가 있다. 지형과 대기를 표현하기 위해 합성전장환경은 2차원 Grid 구조와 3차원 Grid 구조를 사용하여 데이터를 저장한다. 지형의 구축은 2차원 Grid 구조를 갖는 Height-Map을 이용해 구축되어 기하학적인 특징을 표현한다. Height-Map은 균일한 2차원 Grid 데이터 구조에서 각 점에 해당하는 높이 값을 저장하고 있다. 지형의 기계적인 특징은 2차원 Grid로 구성되며, 각 점은 전단 강도(Shearing Strength), 전단 계수(Shearing Modulus), 밀도(Density), 간극비(Void ratio) 등의 정보를 가진다.

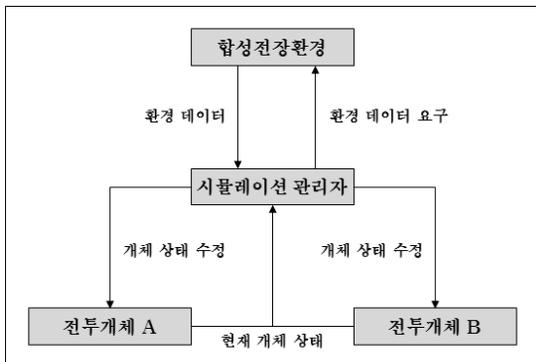


Fig. 3. Engagement simulation system design

대기는 2차원 Grid 또는 3차원 Grid 구조에 저장된 데이터로 구성될 수 있다. 2차원 Grid 상의 각 점은 해당 영역에 해당하는 강수량, 적설량 등의 환경 데이터를 가지며 고도에 따라 달라지는 데이터의 표현이 필요할 경우 3차원 Grid의 데이터 구조를 사용한다. Fig. 4는 설명된 구조를 갖는 합성전장환경으로 2차원 및 3차원 Grid 구조를 사용해 구축되었음을 표현한다.

#### 4. 아키텍처 기반 시스템 구현

3장에서 설계된 에이전트 기반의 시물레이션 시스템 아키텍처를 기반으로 예제 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템은 사용자에게 전투개체의 Core 부분에 입력되는 기본 및 제원 특성 변수를 입력받아 전투개체를 생성한다. 에이전트 컴포넌트의 구현은 각 컴포넌트에 해당하는 특성 변수들을 사용자 입력을 통해 생성하며 생성된 에이전트 컴포넌트는 전투개체의 Shell 부분에 연동된다. Shell 부분에 연동된 에이전트 컴포넌트에 의하여 전투개체는 시물레이션 시스템의 명령을 수행한다. 합성전장환경의 구성요소로는 지형과 강수량 및 연무량을 가지며 데이터 요구에 대해 환경 데이터를 제공한다. 생성된 개체들의 관리, 환경 데이터 관리 및 시나리오 진행 등은 설명된 시물레이션 관리자에게 의하여 수행된다.

예제 시물레이션 시스템은 C++ 기반으로 구현되었으며 MFC(Microsoft Foundation Class) 라이브러리를 통해 UI(User-Interface)를 구축하였고, OGRE3D (Object-oriented Graphics Rendering Engine 3D) 엔진을 사용하

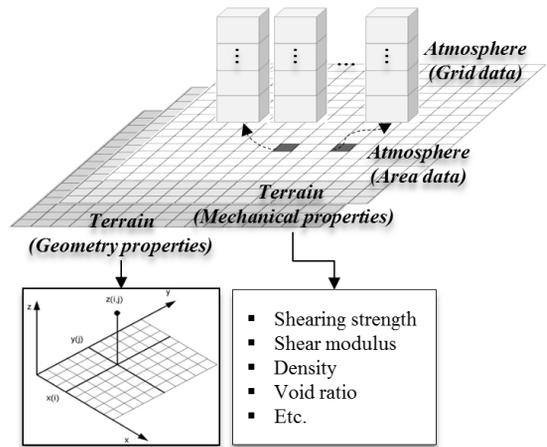


Fig. 4. The structure of the synthetic battlefield

여 3D 가시화를 수행하였다. 다음은 구현 결과로서 Fig. 5는 UI에 전투개체의 기본 및 제원 특성을 입력받아 전투개체를 생성하며 생성된 전투개체는 3D 가시화 엔진을 통해 가시화됨을 표현한다.

생성된 전투개체는 에이전트 컴포넌트들을 Shell 부분에 연동하여 다양한 명령을 수행이 가능하다. 예제 시스템에서 전투개체에 에이전트 컴포넌트 연동은 Fig. 6과 같이 수행된다. Fig. 6은 에이전트 컴포넌트 중 기동 컴포넌트에 특성 변수를 입력하여 컴포넌트를 구축하고, 구축된 컴포넌트를 전투개체에 연동하여 전투개체 기동 명령 수행이 가능함을 표현한다.

전투개체의 화력 컴포넌트에 의해 발사되는 무기개체도 Core/Shell 기반으로 구축된다. Fig. 7은 무기개체의 생성을 위한 UI로서 캐논 개체의 Core 부분을 입력하여 무기개체를 생성한다. 생성된 무기개체는 전투개체에 연동되어 발사 명령에 의해 발사되며 Fig. 8은 무기개체를 화력 컴포넌트에 장착하고 발사하는 것을 표현한다.

예제 시스템의 합성전장환경 중 지형은 기동 컴포넌트

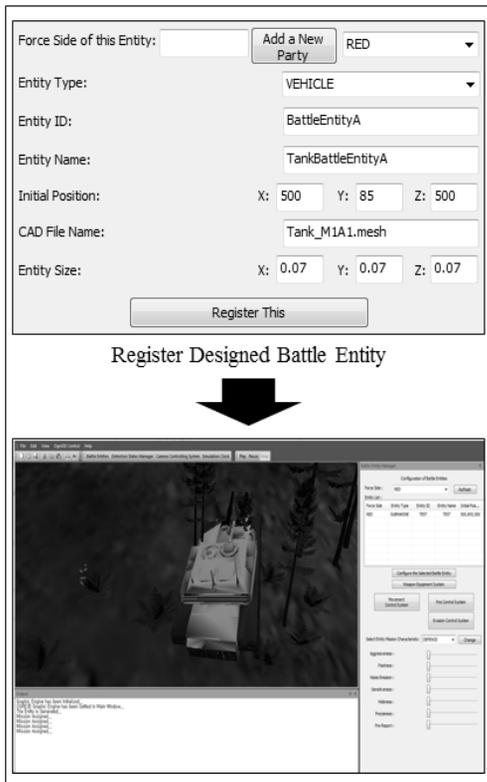


Fig. 5. Battle entity generation process

의 행위 수행에 영향을 준다. 지형의 높낮이와 지질에 대한 데이터에 의하여 이동 속도가 변하도록 구현되었다. 강수량과 연무량의 데이터는 전투개체 사이의 탐지에 영향을 주며 강수량과 연무량의 데이터 수치가 높으면 탐지 거리가 짧아지도록 구현되었다. 또한 무기개체도 강수량

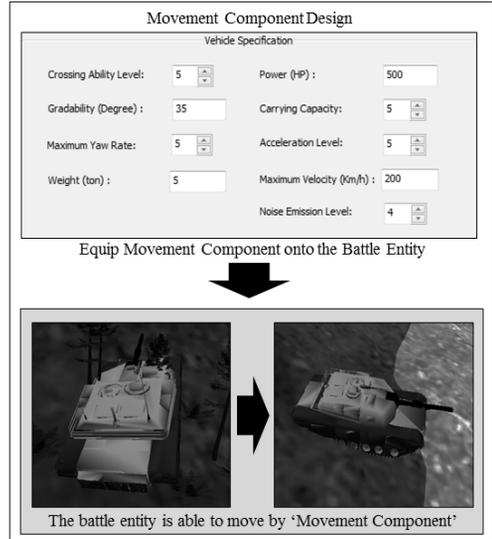


Fig. 6. Equipment of movement component

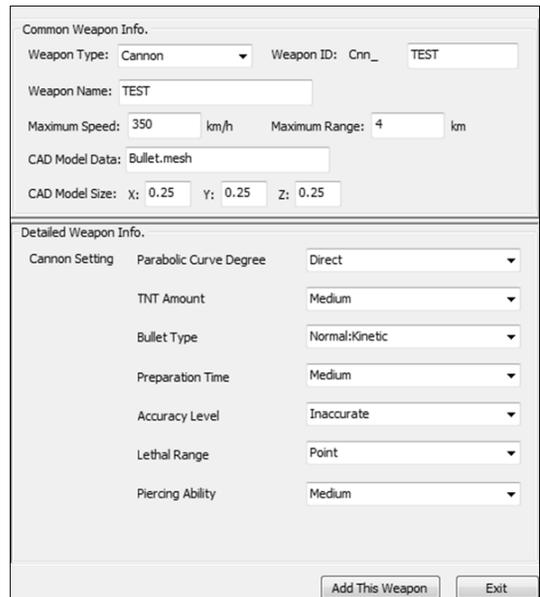


Fig. 7. Core part design of weapon entity

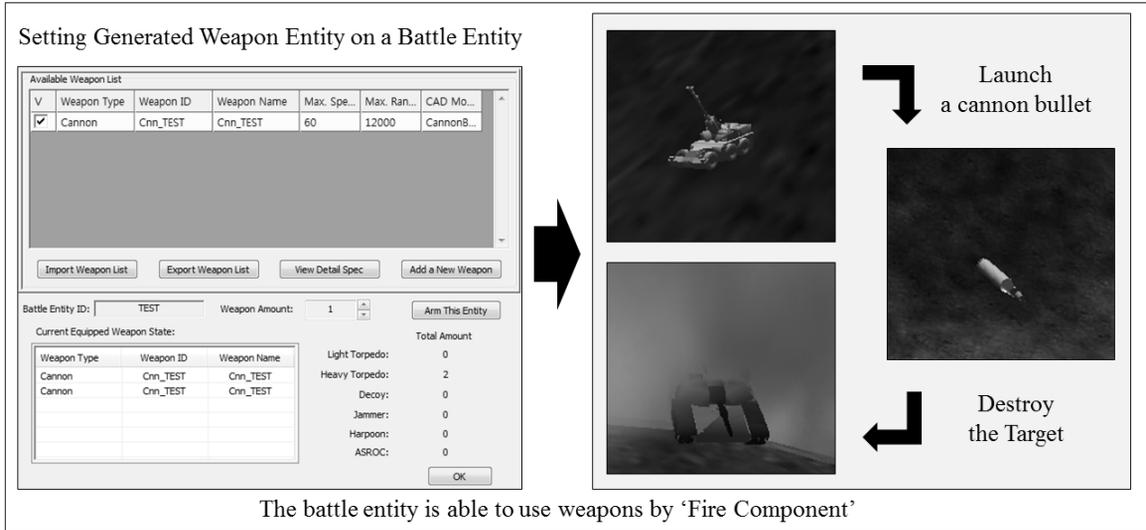


Fig. 8. Equip and launch weapon entities

과 연무량의 영향을 받아 정확성이 변하여 피격 지점이 달라지도록 구현되었다.

### 5. 결 론

무기체계의 획득의 전 순기에 SBA의 적용을 통한 비용, 시간 및 위험의 절감 효과 달성이 주목받음에 따라 국방 M&S 기술이 SBA의 적용에 핵심적인 역할을 맡게 되었다. 국방 M&S의 적용을 위해서는 무기체계를 쉽게 모델링하여 시뮬레이션에 적용할 수 있는 시뮬레이션 모델 개발 방법론이 요구된다. 또한 통제되지 않은 환경에서 운용되는 무기체계의 특성상 환경을 모델링 한 합성 전장환경 위에서의 시뮬레이션 수행도 요구된다. 그러나 기존의 개발된 시뮬레이션 도구들은 국방 M&S에서 요구하는 특성들을 만족시키기 어려웠다. 본 연구는 시뮬레이션 모델을 구축함에 있어서, 위와 같은 국방 M&S의 요구 사항을 만족시키는 시스템의 구축 방안을 제시하기 위해 교전급 시뮬레이션 시스템의 아키텍처를 제안하였다.

제안된 아키텍처는 시뮬레이션 개체들을 Core/Shell로 구분해서 Core에는 개체의 특성 데이터, Shell에는 에이전트 기반의 컴포넌트가 연동될 수 있도록 구성하였다. 각 컴포넌트들은 Core 부분을 참조하며 다양한 행위를 수행할 수 있도록 모델링하였다. Core/Shell로 구분하여 모델링된 개체를 통해 조합성을 가지며, 그에 따른 생성된 에이전트 컴포넌트의 재사용성과 개체의 확장성 및 유연

성을 가짐을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 지상군의 교전을 모의하는 예제 시스템의 구축을 통해서 확인할 수 있었다. 생성된 개체는 합성전장환경 상에서 시뮬레이션을 수행하며 합성전장환경은 개체의 행위 수행에 영향을 주는 환경 데이터를 갖도록 하였다. 시뮬레이션 수행 중 개체들 사이의 상호작용 및 개체들과 환경과의 상호작용은 시뮬레이션 관리자에 속해있는 관리자에 의해 이루어진다. 예제 시스템은 이러한 시뮬레이션 관리자를 두어 합성전장환경의 환경 데이터가 시뮬레이션에 반영될 수 있도록 하였고, 개체들 사이에서 공격, 탐지 및 방어 등이 수행될 수 있도록 구축되어 아키텍처의 유효성을 확인하였다.

본 연구에서는 지상 교전을 모의하기 위한 시스템의 구현에 제안한 아키텍처를 적용하여 시뮬레이션 모델 구축의 예를 들었으며 구현한 시스템으로 간단한 시나리오를 시뮬레이션 하여 교전급 M&S 요구사항의 만족 여부를 확인하였다. 추후 연구로는 개체와 에이전트 컴포넌트의 세부적인 모델링을 수행하고, 합성전장환경과 개체 모델의 데이터를 기반으로 계산되는 공격급 모델을 포함하여 가상 테스트 환경의 구축 및 실험을 수행한다.

### 참 고 문 헌

1. Cha JS. Application of Defense M&S. Journal of IEEK 2007; 25(11): 102-108.

2. Choi SY. Technology Development and Outlook of Defense Modeling and Simulation. *Journal of IEEK* 2008; 35(10): 1157-1166.
3. Choi SY, Pyun JJ. Development Outlook and Concepts of SBA(Suimulation Based Acquisition). *Journal of KIISE* 2008; 26(11): 6-12.
4. Hill RR, McIntyre GA. Applications of Discrete Event Simulation Modeling To Military Problems. *Proceedings of the 2001 winter simulation conference*.
5. Hwam WK, Chung Y, Park SC. A Simulation Framework of Multi-Agent Based Small Engagement Using Cougaar Architecture. *Journal of KSS* 2011; 20(3): 101-109.
6. Ibrahim CIL, Murat MALA. MABSIM: A Multi Agent Based Simulation Model of Military Unit Combat. *Proc. of IEEE ICADIWT* 2009; 731-736.
7. Ilachinski A. *Artificial War: Multiagent-based Simulation of Combat*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 2004.
8. Jung CH, You YJ, Ryu HE, Lee JS, Kim JI, Chi SD. Multi-Platform Warship M&S System Using the Hierarchical Multi-Agent System. *Journal of KSS* 2009; 18(4): 117-125.
9. Kim HY. A Study on the method of virtual proving ground simulation. *Master Thesis of Kookmin University* 2008.
10. Lee DJ, Hong YG. Agent Based Modeling & Simulation for Command and Control. *Journal of KSS* 2007; 16(3): 39-48.
11. Logsdon J, Nash D, Barnes M. One Semi-Automated Forces(OneSAF): Capabilities, Architecture, and Processes. *DMSC* 2008.
12. Keane JF, Lutz RR, Myers SE, Coolahan JE. An Architecture for Simulation Based Acquisition. *Johns Hopkins APL Technical Digest* 2000; 21(3): 348-358.
13. Park SC. A Methodology for Creating a Virtual Model for a Flexible Manufacturing System. *Computers in Industry* 2005; 56: 734-746.
14. Park SC, Kwon Y, Seong K, Pyun J. Simulation Framework for Small Scale Engagement. *Computer&Industrial Engineering* 2010; 59: 463-472.
15. Park SC, Seong KY. A Synthetic Environment Based Engagement Simulation Model. *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers* 2010; 15(4): 271-278.
16. Park S, Shin H, Lee T, Choi B. Design of the Agent-based Network-Centric Warfare Modeling System. *Journal of KSS* 2010; 19(4): 271-280.
17. Phongsak P. UTSAF: A Multi-Agent-Based Software Bridge for Interoperability between Distributed Military and Commercial Gaming Simulation. *SIMULATION* 2004; 80(12): 647-657.
18. ROKSA. *History of War*. Global Books 2007.
19. Thomas MC, Thomas WL, Susan MS. Military applications of agent-based simulations. *Proceedings of the 2004 winter simulation conference*.
20. Yang A, Abbass A, Sarker R. WISDOM-II: A Network Centric Model for Warfare. *LNAI* 2005; 3683: 813-819.
21. You YJ, Kim JI, Chi SD. A Study of HEAP-based Intelligent Agent applied to Warship Combat Simulation. *Journal of KSS* 2007; 19(4): 281-289.



**함원경** (lunacy@ajou.ac.kr)

2011 아주대학교 산업정보시스템공학부 학사  
2011~현재 아주대학교 대학원 산업공학과 석사과정

관심분야 : 국방 M&S, 분산 시뮬레이션, 합성전장환경, 3D 가상화



**정용호** (yongho1230@ajou.ac.kr)

2011 아주대학교 산업정보시스템공학부 학사  
2011~현재 아주대학교 대학원 산업공학과 석사과정

관심분야 : 국방 M&S, 동적 지형, 키네마틱스, 합성전장환경



**나재호** (najaeho@lignex1.com)

2007 홍익대학교 전자전기공학부 학사  
2009 홍익대학교 전자전기전파공학과 석사  
2009 한국해양연구원 해양위성센터 연구원  
2009~현재 LIGNex1 M&S연구센터 선임연구원

관심분야 : 국방 M&S, 합성전장환경



**박상철** (scpark@ajou.ac.kr)

Ph.D. (2000) in Industrial Engineering, Dept of I.E., KAIST, Korea  
B.S. (1994) in Industrial Engineering, Dept of I.E., KAIST, Korea  
M.S. (1996) in Industrial Engineering, Dept of I.E., KAIST, Korea  
2000~2001 큐빅테크, 선임연구원  
2002~2004 DaimlerChrysler ITM Dept. Research Engineer  
2008~현재 아주대학교 산업정보시스템 공학부, 부교수

관심분야 : 시뮬레이션, 제조 시스템, 이산사건 모델링, CAD/CAM, PLC