

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2017.17.4.107>

IIBC 2017-4-13

## 전투효과분석 신뢰성 향상을 위한 다중에이전트 시뮬레이션 적용방안

### Application of Multi-agent Based Simulation for Improving the Credibility of Combat Effectiveness Analysis

이재영\*, 신선우\*, 김종만\*, 신승중\*\*

Jaeyoung Lee\*, Sunwoo Shin\*, Chongman Kim\*, Seungjung Shin\*\*

**요 약** 일반적으로 신뢰성 분석결과는 모든 의사결정자에게 중요하다. 특히 제한된 무기체계로 최대효과를 만들어야 하는 군 지휘관의 경우에는 시뮬레이션 결과에 의해 방책을 결정해야 하기 때문에 더욱 중요하게 된다. 따라서 군사분야 연구에서 시뮬레이션 결과의 신뢰성 향상문제는 중요한 이슈가 되고 있다. 본 논문에서는 무기효과분석 결과의 신뢰성 향상을 위한 새로운 시뮬레이션 프레임워크를 제안하였다. 이를 위해 다중에이전트 시뮬레이션 기법을 적용하였고 이 결과를 기존의 절차에 의한 결과와 비교하였다. 결과비교를 위하여 지휘영역 확장을 위한 통신중계기 설치를 사례로 제시하였다. 본 사례분석을 통해 본 논문에서 제안된 다중에이전트 프레임워크를 적용했을 경우에 시뮬레이션 결과의 신뢰성이 향상되는 것을 보여주었다.

**Abstract** In general, credibility for some analysis results is very important to most decision makers. Especially, it is even more critical for military commander to choose the best course of action by using the simulation results when he want to decide to allocate his available weapon system assets. Therefore, improving the credibility of simulation output is one of the key issues in military research fields.

In this paper, we proposed a new simulation framework to improve the credibility of weapon's effectiveness analysis results. Multi-agent based simulation tool is applied and compare current process to the proposed framework. We also showed an example case when a communication repeaters are installed to expand the commanding area scope. The example clearly tells why this new simulation framework is more efficient and improve the credibility of simulation results.

**Key Words** : Multi-agent based simulation, Weapon Effectiveness, Credibility

## 1. 서 론

일반적으로 하드웨어 시스템에 대한 신뢰성 평가는 실제실험을 통해서 혹은 실험실의 테스트베드 실험결과를 통해서 비교적 쉽게 수행할 수 있다. 하지만 소프트웨어 시스템에 대한 신뢰성 평가는 평가척도의 차별성, 객

관정보장의 곤란, 정성적 평가에 의한 편차 등 여러가지 장애요인이 존재하고 있다. 특히 군사적으로 무기체계 효과분석 분야 가운데에서 미래 개발 예정인 무기체계 효과를 시뮬레이션을 통해서 평가할 경우 신뢰성 평가는 매우 중요한 문제이다. 왜냐하면 현재 존재하지 않는 무기에 대한 성능을 추정하여 적에 대한 공격능력, 피해에

\*정회원, 명지대학교 산업경영학과

\*\*정회원, 한세대학교 IT융합학과

접수일자: 2017년 7월 28일, 수정완료: 2017년 8월 16일

게재확정일자: 2017년 8월 16일

Received: 28 July, 2017 / Revised: 16 August, 2017

Accepted: 16 August, 2017

\*\*Corresponding Author: expersin@hansei.ac.kr

Department of IT Fusion, Hansei University, Korea

측 등을 객관적으로 분석평가하는 일은 가상 모의를 통해서 수행하며 이에 대한 정확한 결과를 얻기가 쉽지 않기 때문이다.

본 논문에서는 이처럼 어려운 미래 무기효과분석시 사용하는 시물레이션 수행절차에서 보다 신뢰성 있는 결과를 얻기 위한 새로운 방법론 정립을 위한 프레임워크를 제안하였다.

이를 위해 다중에이전트 기반 시물레이션 방법을 적용하였으며 시물레이션 실행 수단으로는 에이전트기반 시물레이션 수행에 적합한 애니로직 소프트웨어를 사용하였다.

다중에이전트 기반의 새로운 프레임워크의 효율성 검증을 위한 사례로써 군사작전시 통신중계기를 추가한 경우에 시물레이션 프로세스를 기존의 방식과 새로운 프레임워크 적용방식과 상호 비교 제시하였다.

이를 통해 새로운 프레임워크 방식이 복잡한 시물레이션 모델 개발 및 응용시 보다 효과적임을 보여주었다.

본 논문의 구성은 제 1장 서론에 이어 제 2장에서는 미래 지상전투 환경분석 및 무기효과분석관련 연구동향을 분석하였고, 제 3장에서는 미래의 복잡한 전장상황 묘사에 적합한 에이전트기반 시물레이션 기법을 설명하였으며, 제 4장에서는 다중에이전트기반의 새로운 효과분석 시물레이션 프레임워크 제안 및 군사작전시 통신중계기 운용사례 적용을 통한 새로운 프레임워크의 효율성을 검증하였다. 마지막으로 제 5장에서는 본 논문의 결론을 요약 제시하고 향후 연구방향을 기술하였다.

본 연구결과는 우리 군에서 UGV 전력이 계속 증가할 것이 예상되기 때문에 향후 UGV 효과분석 연구결과에 대한 신뢰성 증진에 크게 기여할 수 있을 것이며, 본 논문에서 제시한 MOE가 기초가 되어 향후 전투효과분석 연구에 다양하게 확대적용 발전될 수 있을 것으로 기대된다.

## II. 미래 지상전투 환경 및 무기효과분석 연구 동향

### 1. 미래 지상전투 환경 변화

미래전장은 ICT기반 정보통신기술의 발달과 함께 그림 1과 같이 다양한 무기체계가 네트워크로 연결되고 실시간 정보가 교환되는 NCOE(Network Centric

Operational Environment) 상황하에서의 “합동전술 C4I 기반의 효과중심작전”이 될 것이다. 또한 미래의 NCOE 전장에서는 지상의 주요 전투객체(objects)인 무인전투 차량, 탱크, 탈론, 박독, 위리어 등의 무인지상 장비로 대체될 것이 예상된다<sup>[6][9]</sup>. 그림 2 참조.

이에 따라 C4I체계로 묘사되는 지휘(Command), 통제(Control), 통신(Communication), 컴퓨터(Computer) 및 정보(Intelligence) 기반으로 전투환경이 변화될 것이다. 이렇게 되면 전투수행방식의 변화에 따라 전투효과를 평가하는 방식도 크게 달라질 수밖에 없다. 예를 들어 과거 플랫폼 단위로 전투하는 방식(Platform Centric Warfare)에서는 개별 무기체계 능력을 합산하는 방식을 사용하였지만, 네트워크 기반의 변화된 전투환경(Network Centric Warfare)에서는 상호 실시간 정보교류를 통하여 적 표적수집/공유, 사격명령, 피해평가 등 전쟁 수행의 속도와 정보공유에 따른 시너지 효과를 추가로 반영하여야 하는 것이다.

이는 오늘의 전장상황 구성요소가 단일 무기체계가 아닌 복합 무기체계로 변화되었기 때문에 전투효과 평가를 위한 접근방법도 변화되어야 한다는 것을 의미한다. 네트워크 중심전투의 핵심은 플랫폼 단위의 개별 무기체계를 상호 연결시켜 표적정보, 피아상황 등을 공유함으로써 화력의 집중, 생존성 향상 등을 통하여 전투효과를 증대시키는 시너지를 발생시킬 수 있다는 것이다. 이에 따라 무인시스템의 전투효과 평가방법도 이러한 시너지를 계량화 할 수 있어야 하는 것이다<sup>[4]</sup>



그림 1. 미래 NCOE 전장환경에서의 C4I 개념  
 Fig. 1. C4I Concept of Future NCOE Warfare Environment  
 (출처 : <http://mndpjit.egloos.com/1257037>)



그림 2. 미래 지상전투에서의 UGV 체계  
 Fig. 2. UGV Systems of Future Ground Battlefield  
 (출처 : 유용원의 군사세계, [http://bemil.chosun.com/nbrd/bbs/view.html?b\\_bbs\\_id=10008&pn=1&num=55](http://bemil.chosun.com/nbrd/bbs/view.html?b_bbs_id=10008&pn=1&num=55))

## 2. 미래무기 효과분석 연구 동향

미래 복합 지상전투체계 전투효과를 계량화 할 수 있는 분석평가 이론 및 방법은 크게 정태적 접근법인 수리적 기법(Analytical Method)과 동태적 접근법인 모의분석 기법(Simulation Method)으로 구분된다. 물론 상황에 따라 이 2가지를 믹스한 혼합기법(Hybrid Method)도 가능하다<sup>[10]</sup>.

현재까지 적용되고 있는 수리적 기법에는 미국 해군 대학원의 Schutzer 교수가 제안한 C2이론<sup>[11]</sup>과 미국 RAND 연구소의 Perry 박사가 제안한 MOE 측정이론(Darilek et al., 2001)<sup>[8]</sup>, 그리고 한국 국방대학교 이재영 교수 등이 제안한 Metcalfe이론 응용기법<sup>[5]</sup>이 있다. 모의분석 기법은 주로 프로그램화된 교전모델을 이용한 동태적 방법이다. 특히 복합체계 전투효과 평가를 위한 Agent 기반 모델링 수단으로는 AnyLogic, MANA, EINSTEIN, NetLogo 등이 있다. 모의분석 기법에 의한 연구논문으로는 AnyLogic 모델을 이용한 신선우 외<sup>[7]</sup>와 MANA 모델을 이용한 김세용·이재영<sup>[3]</sup>·강신성·이재영<sup>[1]</sup> 등이 있다.

## III. 에이전트기반 시뮬레이션

### 1. ABM 개념

앞 절의 미래무기 효과분석 연구동향에서 살펴본 바

와 같이 NCOE의 복잡한 전장환경에서 개발 예정인 미래의 무기성능(MOP: Measure Of Performance) 변화에 따른 효과적도(MOE: Measure Of Effectiveness) 설정 및 이들 값의 변화량 산출이 가능한 시뮬레이션 수단으로는 ABM(Agent Based Modeling) 기법이 일반적으로 사용된다. ABM은 복잡계의 전체적인 행위 결과는 하위 체계를 구성하고 있는 개별 객체들 사이의 상호작용으로부터 나온다는 이론에 기반을 두고 있다. 여기서 에이전트는 주위 환경으로부터 감지(Sensing)된 데이터들을 인지(Perceiving)하고 인지된 주변 환경에 반응행동(Reacting)하는 것으로 정의 된다. 특히 소프트웨어 에이전트는 인간에이전트를 모방하여 감지된 데이터들을 분석하여 주어진 상황에 적합한 행동을 자동으로 수행하도록 한다<sup>[2]</sup>.

## 2. 지상전투체계 모의시 에이전트 구성

무인전투차량(UGV: Unmanned Ground Vehicle)이 포함된 지상전투체계 시뮬레이션 모의를 에이전트 기반으로 수행할 경우 기본적으로 필요한 에이전트 종류 및 기능은 표 1과 같다. 이때 ABM 수행을 위해 사용된 전투개체는 UGV, Tank, C2차량 3가지로 가정하였다. 따라서 이들 3가지 전투개체와 6개로 구성된 에이전트간의 상호 연결 관계를 도표로 표시한 모의구성도는 그림 3과 같다. 즉 전투개체별로 요구되는 에이전트 기능이 차이가 있음을 알 수 있다.

표 1. 지상전투체계에서의 에이전트 분류

Table 1. Agent Classification for Ground Combat System

구분	에이전트 기능 및 역할
탐지 에이전트 (Detect)	• 적 표적에 대한 탐지 • 적 진지 투입을 통한 적극적 수색활동
지휘통제 에이전트 (C2)	• UGV, Tank 등 지상전투 개체에 대한 통제 및 명령
사격 에이전트 (Shoot)	• 탐지된 적 표적에 대한 공격
기동 에이전트 (Maneuver)	• 적 탐지 및 사격을 위한 접근 기동
피해평가 에이전트 (BDA)	• 사격후 적 표적의 변화된 상황을 분석
통신 에이전트 (Communication)	• 탐지정보, BDA결과 전파 및 사격명령 하달을 위한 각종 메시지 전달

- C2 : Command and Control
- BDA : Battle Damage Assessment

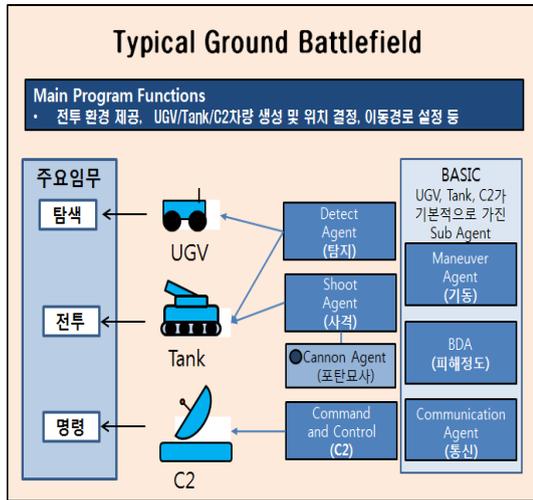


그림 3. 지상전장에서의 에이전트 상호관계 구조도  
 Fig. 3. Relationship and Structure of Ground Battlefield

다시 말해서 6가지 에이전트 가운데 기동, BDA, 통신 에이전트는 3가지 전투개체에 모두 필요하며, 여기에 추가해서 UGV는 탐지에이전트만 필요하고, Tank는 탐지와 사격 에이전트가 추가되며, C2차량은 C2에이전트만 추가로 필요하게 되는 것이다. 이처럼 에이전트가 기능별로 세분화 되는 것은 복잡한 지상전투상황을 보다 세부적으로 묘사하기 위해서 필요한 것이다. 특히 네트워크 전장에서의 정보교환시 보안문제와 질적인 수준을 유지하려는 연구가 활발하게 진행되고 있다<sup>[12][13]</sup>.

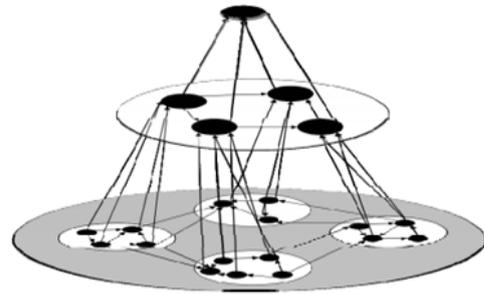
#### IV. 다중에이전트 시뮬레이션 제안

##### 1. 기존 연구

###### 가. Hybrid Agent Architecture

일반적으로 하이브리드 에이전트 구조체는 인지부분(Cognitive part)과 반응부분(Reactive part)의 두 가지 기능 구조체로 구성된다. 전자는 계획 및 결정기능을 수행하며, 후자는 주변환경의 자극으로부터 반응하는 기능을 수행한다.

그림 4에서 보는 바와 같이 윗부분 층의 에이전트는 인지부분인 계획하고 정보를 처리하는 기능을 수행하며, 아랫부분 층의 에이전트는 기 결정된 물들에 기초해서 환경에 반응하고 행동하는 기능을 수행하는 것이다.



Hybrid Agent Architecture 예시

그림 4. 하이브리드 에이전트 아키텍처의 구성사례  
 Fig. 4. Example of Hybrid Agent Architecture

##### 나. MABSIM

지상전투체계 모의시 활용되는 MABSIM은 다중에이전트 시뮬레이션 모델링 사례의 하나로서 1번층(First layer)과 2번층(Second layer)으로 간단하게 구분된다. 1번층에는 임무분석, 임무스케줄, 적상황분석, 아군상황분석, 지형분석, 행동창출, 군수지원 에이전트의 7가지 기능 에이전트가 포함되며, 2번층에서는 반응에이전트를 활용한 시뮬레이션 모듈을 포함하며 1번층의 각각의 기능에이전트들의 수행결과를 체크하고 통제하는 기능에이전트 역할을 수행한다.

MABSIM의 출력결과를 통해서 지휘관은 의사결정을 위한 정보들을 획득하게 되는데, 예를 들면 피아 희생자현황, 전투진행간의 시간스케줄, 최적의 지형접근로 등이 있다. 지휘관은 이러한 정보를 예하 지휘관들과 실시간 공유할 수 있게 됨으로써 보다 정확하고 신속한 명령체계를 확보할 수 있게 되는 것이다. MABSIM 구조에 대한 보다 자세한 내용은 참고문헌 [10]을 참조하기 바란다.

##### 2. 새로운 프레임워크 제안

###### 가. As-Is

As-Is 모델은 다음 그림과 같다. 주요 임무에 따라 UGV, TANK, C2의 모형으로 에이전트가 나타난다. 그리고 각각 모형의 에이전트들은 서로 임무에 맞는 하위 에이전트를 갖는다. Tank의 경우 갖는 하위 에이전트는 기동, 탐지, 사격, 통신 에이전트를 갖는다 이와 같이 다른 에이전트도 자신에 맞는 에이전트를 나눠 갖는다. 그리고 에이전트와 에이전트간, 하위 에이전트와 하위에이

전트 간의 전송 포맷이 다르다. 즉, 특정 메시지를 보내는 포맷을 제외하고 보내는 코딩 방식이 다르다. 그리고 As-Is 모델의 문제점은 다음과 같다. 에이전트의 모형이 추가 될 경우, 새롭게 필요한 하위 에이전트가 필요하게 된다. 새로운 에이전트가 갖는 새로운 임무는 새로운 하위 에이전트의 필요를 의미한다. 하위 에이전트를 증가할 경우, 다른 에이전트 간의 상호작용이 필요하게 되는데, 데이터 전송 포맷이 각기 다르므로 추가 작업을 하는데, 새롭게 작업을 하는 번거로움이 수반된다.

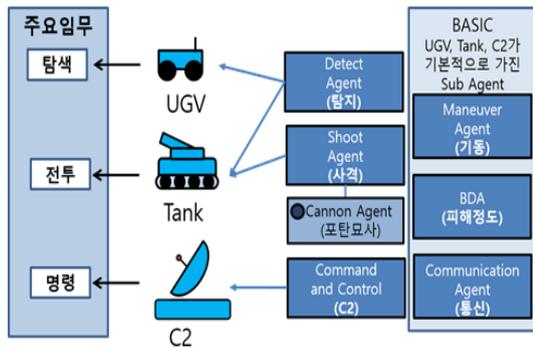


그림 5. 에이전트 상호간의 연결구조도 (현재모델)  
 Fig. 5. Interaction and Structure among Agents (As-Is)

#### 나. To-Be

이번에는 As-Is 모델과 차이점을 중심으로 To-Be 모델 개념을 제시한다. To-Be 모델의 경우, 에이전트를 모형적으로 나누기 이전, 에이전트의 형태, 특성에 따라 두 개의 레이어로 구분하였으며 이를 반응적 에이전트와 인지적 에이전트라고 부르며 이에 대한 구조를 살펴보자. 첫 번째 에이전트 층은 반응적 에이전트의 층이다. 이 레이어 층은 지형 특성 또는 다른 에이전트와 직접적으로 맞닿거나 정보를 받을 수 있는 에이전트들이 있다. 두 번째 레이어 층은 인지적 에이전트들이 있는 층을 의미한다. 즉 에이전트가 상호작용을 하기 위해 있는 에이전트들이 있는 곳을 의미한다.

이처럼 레이어를 구분하여 적용한 이유는 다음과 같다. 첫째, 에이전트를 기술하거나 개념적 모형으로 나눌 때 중복되는 임무 또는 코딩을 막을 수 있다. 둘째, 복잡성이 증가함에 따라 공동 작업이 필요할 경우, 입,출력 값을 명확히 볼 수 있기 때문에 As-Is에 비해 수월하게 진행 할 수 있다.

그리고 To-Be모델의 경우, 데이터 전송 포맷을 통일한다. 통일을 할 경우 이전에 비해 코딩 량이 증가할 수 있으나, 동일 포맷을 사용하기에 추가 작업 없이 메시지가 되는 객체의 변경만으로 동일 효과를 낼 수 있다. 즉, 번거로운 반복 작업이 As-Is에 비해 줄어들게 되는 것이다.

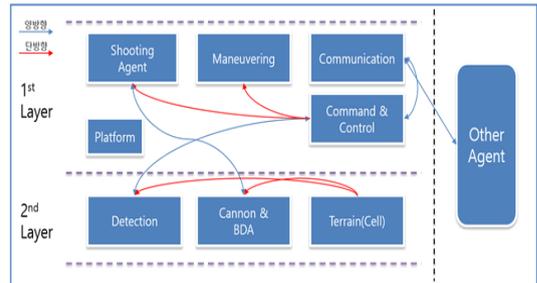


그림 6. 에이전트 상호간의 연결구조도 (개선모델)  
 Fig. 6. Interaction and Structure among Agents (To-Be)

### 3. 사례 분석 및 검증

#### 가. 중계기 적용사례

새로운 프레임 워크를 적용했을 경우, 어떠한 효과가 있는지 알아보기 위해 이후 과제의 내용 중 하나인 중계기 에이전트에 관한 내용을 추가하는 것에 대해 As-Is 모델과 To-Be 모델을 비교 모델로 삼았다. As-Is 모델의 경우, 중계기 에이전트를 구성하기 위해 다음과 같은 과정을 거치게 된다.

1. 에이전트의 생성 - TASK 1
2. 에이전트 내 플로우 차트 로직 개발 - TASK 2, 또한 다른 하위 에이전트의 상호작용이 있을 경우, 통일된 포맷이 없기 때문에 각각의 메시지 전송을 만들어야 한다.
3. 각 플랫폼에 따라 각기 다른 로직을 갖기 때문에, 3가지 플랫폼 내용을 별도로 만들어주어야 한다. TASK 3, 4, 5. 또한 동일한 포맷의 다중 사용이 아닌 제각기 다른 포맷이 있기 때문에 복잡성이 증가할 경우의 복잡성의 증가가 동반된다.

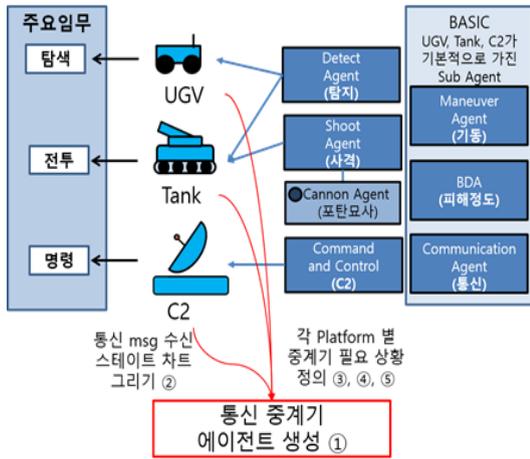


그림 7. 통신중계기 운용시 추가적인 작업절차 (현재모델)  
Fig. 7. Additional Work Process for Communication Relay (As-Is)

To-Be 모델을 봐보자. 중계기 에이전트를 적용하기 위해 다음과 같은 과정을 거친다.

1. 에이전트의 생성 - TASK 1
2. 에이전트 내 플로우 차트 로직 개발 TASK 2
3. 각 플랫폼 같은 데이터 전송 포맷을 가지기 때문에, 3가지 다른 플랫폼이라 할지라도, 거의 동일한 작업의 반복이 있다. TASK 3

추가적으로 다른 에이전트 또는 하위 에이전트의 상호작용이 있더라도 같은 데이터 전송 포맷이 있기 때문에, As-Is에 비해 복잡성의 증가속도가 감소한다.

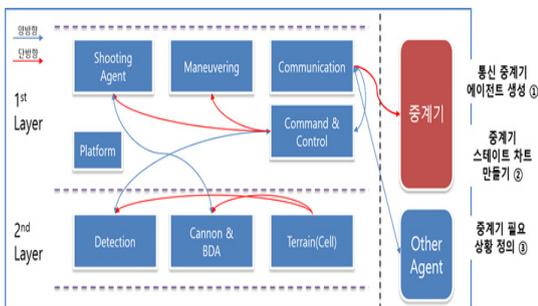


그림 8. 통신중계기 운용시 추가적인 작업절차 (개선모델)  
Fig. 8. Additional Work Process for Communication Relay (To-Be)

#### 나. 제안된 프레임워크의 비교우위 차이점

두 개의 비교 모델에서 중계기를 적용할 경우의 비교를 알아보았다. 두 모델의 비교 차이점은 다음과 같다.

첫 번째, TASK의 차이가 난다. As-Is의 경우 총 5개의 Task가 필요하고 To-Be의 경우 총 3개의 Task가 필요하다.

두 번째, 각 Task를 진행하는데 있어 동일 포맷의 재 활용 등을 이용할 수 있기 때문에 복잡성이 To-Be가 As-Is에 비해 낮아지게 된다.

추가적으로 As-Is와 To-Be 모델의 차이를 계량적 검증을 하기 위해, AnyLogic 내의 Model Step과 EPS (Events Per Second)를 활용하여 비교분석 연구를 진행 중이다.

Model step이란 시뮬레이션이 실행되는 동안 발생하는 총 연산 횟수를 의미하며, EPS는 시뮬레이션이 실행 도중 초당 발생하는 연산, 이벤트 횟수를 의미한다. 이를 이용하면 To-Be 모델이 As-Is 모델보다 얼마나 복잡성이 낮은지에 대해 수치로 비교 할 수 있다.

## V. 결론 및 향후 연구방향

미래 전장은 모든 무기체계가 하나처럼 네트워크로 연결되는 초연결 네트워크중심의 전장이 될 것이다. 여기서 핵심기능이 통신이 될 것이며 이러한 복잡체계를 에이전트 기반 시뮬레이션으로 분석하려면 시뮬레이션 수행절차를 단순화할 수 있는 프로세스가 필요하다. 이러한 필요성을 충족하기 위해 본 논문에서는 복잡체계에 대한 에이전트 기반 시뮬레이션을 효과적으로 수행할 수 있는 다중에이전트 시뮬레이션 프레임워크를 제안하였다. 또한 제안 프로세스 검증을 위해 통신중계기를 추가하는 사례연구를 통해서 모델링 과정의 효율성을 정성적으로 검증하였다.

향후 연구방향으로는 다중에이전트 시뮬레이션 프레임워크의 효과에 대한 정량적인 검증을 추가되어야 한다. 이를 위해 Model Step 및 EPS 단위를 기존 시뮬레이션 방식과 상호 비교분석할 예정이다. 또한 통신중계기 이외의 전장의 복잡상황을 추가하여 보다 다양한 시나리오 상에서의 효율성 검증을 통해 새로운 프레임워크가 보다 객관적인 기법이라는 것을 입증할 필요가 있다.

## Reference

- [1] Shin-Sung Kang, Jae-Yeong Lee, "An Analysis of the Operational Effectiveness of Target Acquisition Radar", Journal of the Korea Society for Simulation, The Korea Society for Simulation, Vol. 19, No. 2, pp. 63-72, 2010.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.9766/KIMST.2014.17.4.395>
- [2] Young-Hoon Kho, Byung-Youn Park, Sang-Chul Park, Yong-Jin Kwon, "M&S Case Study for Information Sharing Enabled Combat Entities", Journal of the KIMST, The Korea Institute of Military Science and Technology Bimonthly, Vol. 17, No. 4, pp. 395-403, 2014  
DOI: <http://dx.doi.org/10.9766/KIMST.2014.17.4.395>
- [3] Se-yong Kim, Jae-Yeong Lee, "An Improvement of Hit-probability and an Efficient Counter-fire Execution", Journal of the Korea Society for Simulation, The Korea Society for Simulation, Vol. 17, No. 4, pp. 143-152, Nov 2012.
- [4] Chung-Yeong Kim, "Military Operations Research Theory and Applications", Doo-Nam, 2004
- [5] Yong-Bok Lee, Yong-Heup Kim, Jae-Yeong Lee, "A proposal of new MOE to assess the combat power synergistic effect of warfare information system", IE interfaces, The Korean Institute of Industrial Engineers, Vol. 22, No. 3, pp. 205-213, Sep 2009.
- [6] Wong-Seung Lee, "Not Kubuksun but robot", Sidaegosi, 2010
- [7] Sun-Woo Shin, Jae-Yeong Lee, Sung-Min Bae, and Chong-Man Kim, "A Study on Simulation of Future Ground System Effectiveness Analysis Model with Communication Effects", J. of Reliability Application, Vol.17, No.2, 2017.6.
- [8] Darilek, R., Perry, W., Bracken, J., Gorden, J. and Nichiporuk, B., "Measures of Effectiveness for the Information-Age Army", National Book Network. Washington, D.C. USA. 2001.
- [9] DOD USA, Unmanned System Integrated Roadmap FY 2013~2038, US DOD, 2009
- [10] Ibrahim CIL, Murat MALA, "MABSIM:A Multi Agent Based Simulation Model of Military Unit Combat", 2009 Second International Conference on the Applications of Digital Information and Web Technologies, IEEE, pp. 731-736, Aug 2009  
DOI: <http://10.1109/ICADIWT.2009.5273852>
- [11] Schutzer, D. M., "Selected Analytical Concepts in Command and Control; C2 Theory and Measures of Effectiveness", Gordon and Breach Science Publisher, New York USA. 1882.
- [12] Y. S. Im, E. Y. Kang, "MPEG-2 Video Watermarking in Quantized DCT Domain," The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(IIBC), Vol. 11, No. 1, pp. 81-86, 2011.
- [13] I. Jeon, S. Kang, H. Yang, "Development of Security Quality Evaluate Basis and Measurement of Intrusion Prevention System," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society (JKAIS), Vol. 11, No. 1, pp. 81-86, 2010.

## 저자 소개

### 이재영(정회원)



- 1980년 육군사관학교 토목공학과 학사
  - 1988년 미국 해군대학원 OR학과 석사
  - 1995년 미국 North Carolina State University OR & 통계학 박사
  - 2000년~2013년 국방대학교 국방과학학과 교수
  - 2013년~ 현재 명지대학교 특화연구실 연구교수
- <주관심분야> : Modeling & Simulation, Decision Theory, Optimization Programming

신 선 우(준회원)



- 2016년 명지대학교 정보통신공학과 학사
  - 2016년 ~ 명지대학교 산업경영공학과 석사과정 재학중
- <주관심분야> : Modeling & Simulation, Agent Based Modeling, Reliability Engineering

김 중 만(정회원)



- 1994 KAIST 학사
- 1996 KAIST 석사
- 2001 KAIST 박사
- 2001~2004 LG CNS 선임 컨설턴트
- 2004~2008 삼성경제연구소 수석연구원
- 2008~ 명지대학교 산업경영공학과 정 교수

<주관심분야> : Simulation, Quality Management, Reliability Engineering

신 승 중(정회원)



- 1988 세종대 경영학석사
- 1994 건국대 공학석사
- 2000 국민대 정보관리학박사
- 1995-2003 중부대 정보보호관리학과 교수
- 2003-현 한세대ICT디바이스학과 교수

<주관심분야> : IT convergence, information security, information warfare

※ 본 연구는 국방과학연구소 미래 지상체계 분석 특화연구실(UC130068ID)의 지원으로 수행되었습니다