

소부대 전투시나리오 기반의 UGV 효과분석 실험방안 연구

이재영* · 김종만* · 박건영* · 김준수* · 신선우* · 변재정*** · 배성민**†

* 명지대학교 산업경영공학과

** 한밭대학교 산업경영공학과

*** 국방과학연구소

A Study of Experimental Design for Unmanned Ground Vehicle Effectiveness Based on a Small Unit Combat Scenario

Jaeyeong Lee* · Chongman Kim* · Keonyoung Park* · Junsoo Kim*
· Sunwoo Sin* · Jaijeong Pyun*** · Sungmin Bae**†

* Dept. of Industrial & Management Engineering, Myongji Univ.

** Dept. of Industrial & Management Engineering, Hanbat Nat Univ.

*** Agency for Defense Development

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study is to design an experimental simulation model for evaluating the UGV(Unmanned Ground Vehicle) effectiveness in a small unit combat scenario.

Methods: We design and build a simulation model to evaluate the combat effectiveness of UGV in a small unit combat scenario. In order to build a simulation model, we used AnyLogic software tool which has functional advantages to describe agent-based simulation model. As for the combat scenario, we applied the typical engagement of mechanized unit equal or lower than battalion level. Analysis process follows the three phases. 1) Design an agent based conceptual model in a small unit combat scenario. 2) Build a simulation model using AnyLogic tool. 3) Analyze the simulation results and evaluate the UGV effectiveness.

Results: The UGV effectiveness was measured and presented as a numeric values. Those numeric values were represented as a MOE(Measure of Effectiveness) which was the blue survival ratio.

Conclusion: We developed an agent based simulation model which can provide a pattern of change how UGV effectiveness varied depending upon the number of UGV in a small unit combat scenario. We also found that the UGV effectiveness grows in the given scenario as the number of UGV increases.

Key Words: Combat Effectiveness, UGV, Simulation Model, MOE(Measure of Effectiveness)

● Received 18 August 2014, 1st revised 17 November, accepted 5 December 2012

† Corresponding Author(loveiris@hanbat.ac.kr)

© 2014, The Korean Society for Quality Management

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-Commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 연구 개요

1.1 연구배경 및 목적

미래 전쟁에서 로봇의 역할이 중요해 질 것을 부정하는 사람은 없을 것이다. 왜냐하면 점차 인간의 존엄성이 증가함과 동시에 어떠한 이유에서든지 전쟁에서 젊은이들이 희생되는 것을 바라는 국가와 부모들이 없기 때문이다. 이에 따라, 미래 전쟁에서 무인화된 무기체계가 급증하게 될 것이며 실제로 전쟁을 하고 있는 국가인 미국과 이스라엘에서는 무인전투체계를 개발하고 생산하는 최고의 기술을 보유하고 있다. 특히 미국은 미래 여단에 UAV(Unmanned Aerial Vehicle) 및 UGV(Unmanned Ground Vehicle)를 200여대씩 편제하는 것을 법제화 하고 있을 정도이다. 이는 미래 전쟁터에서 병사들이 희생되는 것을 최소화 하고 대부분의 전투행위를 무인로봇이 대신하게 하겠다는 의지의 표현이다. 또한 최근에는 미국 보잉사에서 1978년 양산이 시작되어 현재도 생산되고 있는 F-16 항공기를 무인화 하 QF-16이라고 명명하여 시험비행에 성공하였다. 이제 공중 전투에서도 조종은 지상에서 하고 공중에서는 무인 전투기끼리 교전하는 시대가 다가오고 있다.

이러한 세계적인 추세에 따라 한국에서도 무인 전투체계 개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 2002년도 최초로 무인정찰기 부대를 창설한 이후 국산화에도 성공하여 전력화 배치하였으며 최근에는 고고도 무인기(Peace Eye) 및 중고도 무인기(Medium-altitude Unmanned Aerial Vehicle) 등을 도입 및 연구개발 중에 있으며, 최근에는 무인정찰기를 더욱 확대하여 사단, 연대 및 대대급까지 전력화를 위한 연구개발을 추진하고 있다. 아울러 지상에서도 무인정찰로봇인 견마로봇 등 UGV를 연구개발 중에 있다.

하지만 이러한 무인 전투체계 개발추세에도 불구하고 무인체계에 대한 효과분석 연구는 국내는 물론 해외에서도 매우 미흡한 실정이다. 특히 국내의 경우 UAV개발과 함께 이에 대한 효과측정방안에 대한 연구보고서 및 논문이 일부 존재할 뿐이며 UGV의 전투 투입 효과에 대하여는 발표된 사례가 없을 뿐만 아니라 UGV의 연구개발 단계에서 신뢰성 있는 효과분석이 곤란하여 개발시스템 성능의 품질에 대한 신뢰성검증에도 제한이 되고 있는 실정이다. 왜냐하면 연구개발 단계에서는 효과분석이 계량화 되어야만 시스템성능 수준을 결정할 수 있으며 시스템성능은 개발하려는 무기체계의 품질과 연계성이 있기 때문이다.

따라서 본 논문에서는 미래의 한국군에 전력화 할 예정인 지상무인정찰차량(UGV)에 대한 효과분석 방법을 시뮬레이션 기법을 사용하여 제안하였다. 하지만 UGV임무가 공격, 방어 등 작전형태에 따라 효과측정 방법과 측정단위로 설정한 MOE 값이 달라질 수 있기 때문에 연구범위를 아군의 소부대공격 작전 시 투입된 UGV에 대한 효과측정으로 한정하였다.

본 연구는 다음과 같이 3단계 절차로 수행된다. 첫째, 소부대 전투시나리오를 설정하여 에이전트 기반의 개념모델을 구성한다. 둘째, 애니로지(AnyLogic) 소프트웨어를 활용하여 개념모델을 구현한다. 셋째, 에이전트기반 모델의 출력결과를 분석한다.

1.2 효과분석 관련 연구 조사

전투 효과분석 방법으로 가장 바람직한 것은 실제 실험을 통한 분석을 하는 것이다. 하지만 군사력 동원이 어렵고

막대한 비용이 요구될 뿐만 아니라 무엇보다도 인명피해 위험 등의 이유로 비효율적이며 때로는 불가능한 경우가 대부분이다. 따라서 이러한 경우 기존 유사한 전쟁사례를 통하여 효과를 분석하는 것이 대안이 될 수 있다. 이 또한 사례가 적고 분석하려는 대상과 적합한 사례를 찾기가 힘들다는 문제점이 있다. 따라서 시뮬레이션을 활용하여 분석하고자 하는 무기체계를 모델링하고 시뮬레이션 하는 것과 무기체계의 파라미터의 관계를 표현 할 수 있는 함수를 개발하는 것이 현재 효과분석 연구의 대부분을 차지하고 있다.

전투효과분석(Combat Effectiveness)이란 한 개 또는 그 이상의 전투효과 분석 모델/함수를 사용하여 특정 전투 상황을 반영한 무기체계의 운용 피·아 손실 결과를 예측하는 행위라고 할 수 있으며 효과분석 관련 논문은 <Figure 1>과 같이 분류할 수 있다.(Kim et al., 2014)

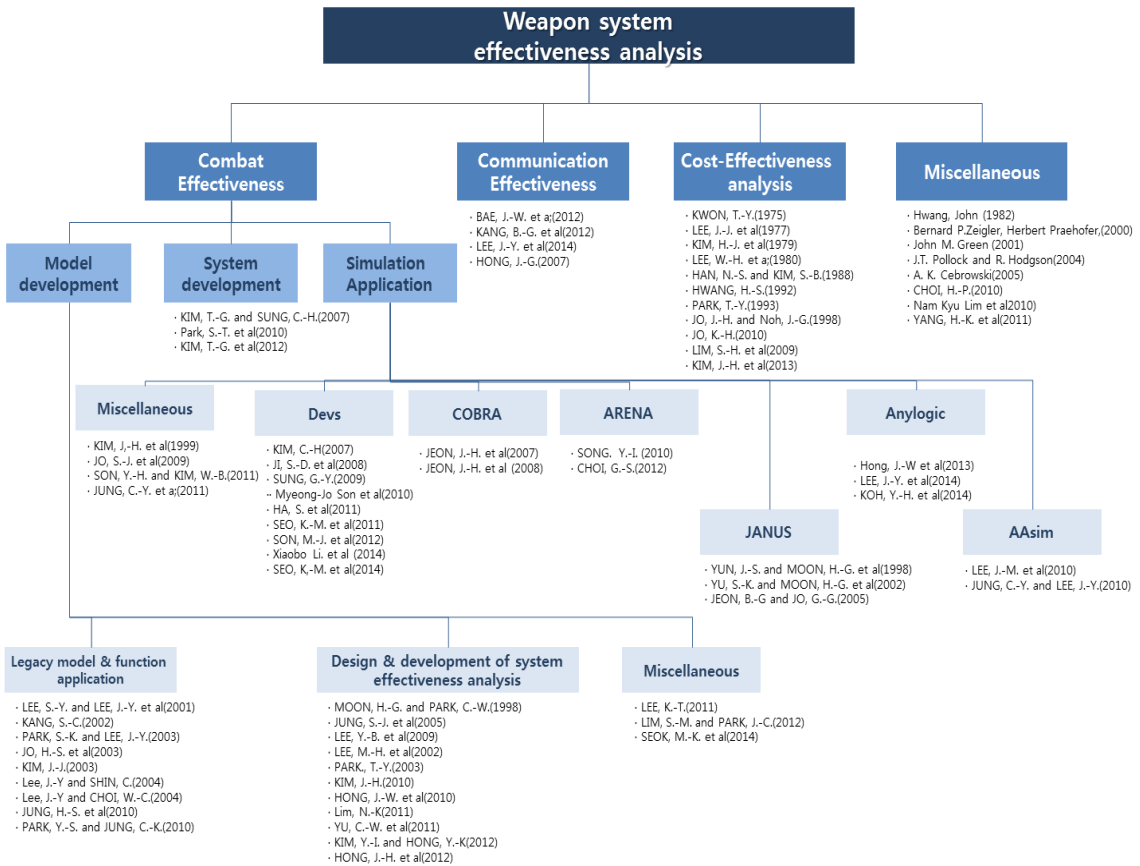


Figure 1. Classification of combat Effectiveness analysis research works

본 연구는 무기체계효과분석(weapon system effectiveness analysis) 가운데 AnyLogic을 활용하여 소부대 전투시나리오를 모델링하고 시뮬레이션 함으로써 전투효과분석을 수행한 것으로 분류 할 수 있다.

효과분석을 위해 시뮬레이션을 이용한 연구로는 소부대 지휘관·참모 훈련용 및 분석용으로 개발된 위게임 시뮬레이터인 JANUS모형의 일반적인 특징과 모형 운용을 위해 필요한 입출력 자료를 소개하고 전투효율 분석 방법에 대한 연구가 있다.(Yoon and Moon, 1998). JANUS 모형의 경우 개별 무기체계가 적 전투력 손실에 미치는 영향에 대한 다양한 정보를 제공한다는 장점이 있지만, 한반도의 전장환경을 반영하는데 미흡하다는 단점이 있다. 또 차후

예정된 전력화 소요제기 시 합리적인 근거자료를 제시하고, 첨단기술의 검증자료로 활용하기 위하여 JANUS모형을 통한 차기소총과 미래형 복합지뢰에 대한 실험 환경을 설정하고 분석하는 연구(Yoo and Moon, 2012) 등이 있다.

그 외 미래전 분석을 위한 간이모형 개발 및 방법론과 운용논리 관련 연구(Moon and Park, 1998), 시물레이션과 AHP를 활용하여 공격헬기의 전투효과를 산출하는 방법론 연구(Lee et al., 2010) 등 다양한 연구들이 진행되고 있다.

2. UGV 임무유형 분석

미래 전장에서의 UGV 역할은 수색정찰, 탐지, 정보전파, 교전 임무 등의 4가지로 구분할 수 있다. 하지만 본 연구에서는 교전 임무를 제외한 나머지 3가지 임무에 대한 내용에 한정하여 분석하였다. 왜냐하면 무인로봇의 교전임무는 현재 한국군의 기술수준에서 전력화가 단기간에 이루어지기는 어렵고 무인로봇의 교전임무에 대한 효과 평가는 또 다른 차원의 분석과 접근방법이 요구되기 때문이다.

2.1 수색정찰

수색정찰은 교전이 있기 이전에 필수적으로 요구되는 접적을 위한 기동임무이다. 방어 시에도 적의 공격징후를 미리 파악하기 위해 수색정찰을 실시하지만, 공격 시에는 적의 취약지점을 파악하기 위해 수색정찰 임무가 더욱 중요하기 때문이다. 또한 공격을 위한 수색 정찰 시에는 적의 방어 상태를 전부 알 수가 없기 때문에 본대가 접전지역으로 이동하기 전에 소규모의 수색정찰조를 미리 선발대로 보내게 된다. 이때 통상 선발대는 적으로부터 기습을 받을 확률이 높기 때문에 교전 이전에 희생이 발생할 수도 있다. 따라서 아군의 희생을 줄이기 위하여 무인로봇 이용이 더욱 요구되는 것이다. 수색정찰 임무에는 통상적으로 본대의 차하위 부대 규모로 설정한다. 예를 들어 대대가 공격 제대일 경우에는 소대 규모의 수색정찰대를 편성운용하게 되는 것이다.

2.2 탐지

탐지임무는 수색정찰을 통해 적의 인원, 부대, 장비 및 적 표적 이동상태 등을 발견하는 임무이다. 본 논문에서 사용된 전차, 탱크, UGV가 참여하는 소부대 전투 시나리오에서는 상대방을 얼마나 빠르게 탐지하느냐에 따라 공격 방어의 성패가 달라지기 때문에 적을 효과적으로 발견하기 위해서는 주야간에 보다 멀리 볼 수 있는 탐지장비를 구비해야 한다. 이를 위해서는 UGV에 탐지장비를 탑재하여 운용하는 것이 필수적이다.

2.3 정보전파

정보전파 임무는 일단 수색정찰부대가 적을 발견하였을 시 이에 대한 모든 정보를 보다 빠르고 간결하게 본대의 지휘관에게 전파하는 임무이다. 이를 효과적으로 수행하기 위해 C4I(Command, Control, Communications, Computers, and Intelligence) 체계가 요구되고 보다 신속히 전부대 요원에게 전파하기 위한 네트워크 통신체계의 중요성 역시 커지게 된다. 따라서 UGV체계에 통신 에이전트 기능을 포함하여 탐지된 적의 정보를 신속히 전파할 수 있도록 해야 하며 부대원 간 정보 공유를 원활하게 할 수 있는 체계를 마련해야 한다.

3. 소부대 전투시나리오 구성

3.1 주요 가정사항

미래 전장에서 UGV 효과분석을 위한 소부대 전투시나리오 구성을 위해 전투에 참여하는 부대 규모(unit size)와 형태(unit type)를 정의하였고, 전투에 참여하는 무기체계(weapon system)의 종류와 전장범위(battle area), 전투소요시간(battle time) 등에 대한 사전 정의가 필요하다. 아래 Table 1에 나타난 바와 같이 전투시나리오 구성을 위해 필요한 다양한 요인들을 설정하였다.

Table 1. The Battle for configuring the scenario of Family Settings

Type	Description
Unit size	Battalion or below
Unit type	Mechanized units
Weapon system	Tank, APC, UGV
Battle area	Western DMZ area
Combat type	Attack or Defence
Battle time	Condition of battle termination

3.2 시나리오 구성

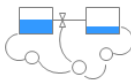
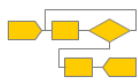

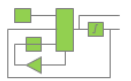
소부대 전투시나리오를 기반으로 한 시뮬레이션 모델 구축을 위해 전장상황, 전투자산, 교전규칙, 탐지확률, 명중확률, 명중 시 피해율 등을 설정하였으며 각 항목에 대한 상세 입력데이터는 <부록>에 제시되었다. 제시된 데이터는 향후 실제 성능 데이터로 대체될 수 있도록 구성되어 있으며 이는 시뮬레이션 결과의 신뢰도를 높이는 데 도움을 줄 수 있을 것이다.

전장상황에 영향을 미치는 요소는 지형(terrain), 기상(weather), 피아공격/방어 상황, 전투규모 등이 포함되며 이때 공자(attacker)와 방자(depender)의 전투자산 비율은 통상적 규모인 3:1을 적용하였다. 참여한 전투자산은 방자는 전차소대 및 대전차 화기 소대로 구성하였고 공자는 전차 중대 및 UGV 경찰반으로 편성하였다. 교전규칙은 실제 전투상황을 전부 묘사하기 어렵기 때문에 「기동→탐지→정지→사격→피해확인→기동/재사격」에 의한 일련의 과정을 따르는 것으로 하였다. 탐지 확률과 명중 확률은 거리에 따른 확률 값을 이산분포 값으로 설정하였고, 공자와 방자의 현실 상황을 고려하여 탐지 및 명중 확률값에 차이를 두었다. 명중 이후 피해상태에 대한 BDA(Battle Damage Assessment) 값은 피해 정도에 따라 대파, 중파, 소파로 구분하였으며, 이에 대한 구분은 사격거리, 공자/방자의 상황, 무기체계에 따라 피해율 값이 변화하는 것으로 설정하였다.

4. 에이전트 기반 전투모의

4.1 애니로직(AnyLogic) 개요

M&S(modeling & simulation)은 위험성이나 시간, 금전적인 측면 때문에 현실에서 직접 수행하기 어려운 다양한 작업들을 가상의 공간에서 수행할 수 있도록 해주는 것을 의미한다. 애니로직 소프트웨어는 <Figure 2>에 제시된 바와 같이 시스템동역학(System Dynamics), 이산사건 모델링(Discrete Event Modeling), 에이전트기반 모델링 (Agent Based Modeling), 동적 시스템(Dynamic Systems)의 통합 지원이 가능한 시뮬레이션 도구이다. 또한 애니로직 모델링 언어의 독특한 유연성은 복잡성과 비즈니스, 경제 및 사회 시스템의 이원성을 사용자가 캡처 가능하도록 하며, 애니로직의 그래픽 인터페이스, 도구 및 라이브러리 객체는 사용자가 제조 및 물류, 비즈니스 프로세스, 인사 프로세스, 소비자 및 환자의 행위 등과 같은 다양한 영역에 신속하게 모델링할 수 있게 하는 특징을 가지고 있다. (Borshchev, 2013; Grigoyev and Borshchev, 2013; Kho et. al., 2014)

Method	System dynamics	Discrete event modeling	Agent based modeling	Dynamic systems
Model				
Program	<ul style="list-style-type: none"> - VenSim - PowerSim - iThink 	<ul style="list-style-type: none"> - Arena - ExtendSim - SimProcess - AutoMod - PROMODEL - Enterprise Dynamics - FlexSim 	<ul style="list-style-type: none"> - Swarm - RePast - NetLogo - ASCAPE 	<ul style="list-style-type: none"> - MATLAB - VisSim - LabView - Easy5

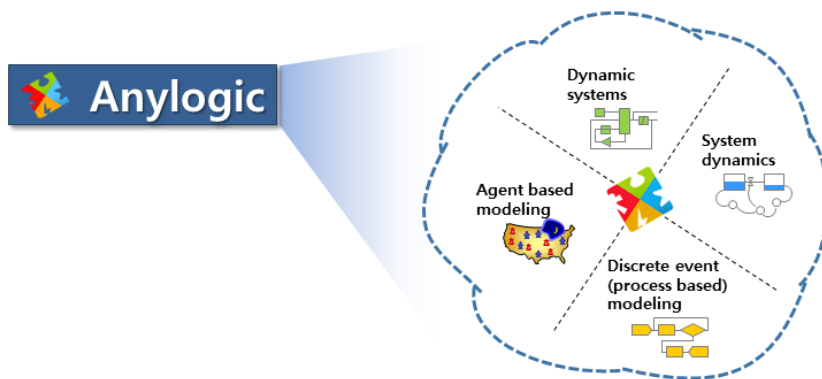


Figure 2. Simulation Programs for Each Simulation Method

4.2 에이전트 구성 및 역할

소부대 전투시나리오를 구성하는 에이전트(agent)들을 정의하기 위해서는 먼저 에이전트의 기능들에 대한 정의가 선행되어야 하는데 본 연구에서 사용된 에이전트의 기능으로는 전투시나리오의 초기조건 정의 기능,소부대 전투상황에서 각각의 무기체계가 취할 수 있는 행위, 지속적으로 모니터링 되어야 하는 무기체계의 상태, 마지막으로 전투 종료조건과 현재 상태와의 비교를 통해 임무의 달성여부를 확인 기능 등이 있다.

전투 시뮬레이션을 위한 초기조건을 정의하게 되는 초기화 에이전트에서는 아군의 역할, 임무형태, 부대규모, 공격형태, 전투종료조건 등과 관련된 임무관련 변수들과 날씨, 지형 등의 환경변수들이 정의되어야 하며 무기체계의 행위와 관련된 에이전트로는 정찰, 기동, 공격을 수행할 수 있는 에이전트들로 구성되어야 한다. 특히 기동에이전트는 지형에 따라 이동속도가 달라져야 하며 무기체계의 피해상황에 따라 기동가능여부, 대기 등의 명령을 수행하게 되며 공격 에이전트에서는 공격가능거리에 도달 시 공격 대상 선정, 공격 성공여부 탐지 등의 역할을 수행하게 된다. 또한 공격과 다음 공격까지의 시간차와 최대 공격 가능 횟수 등을 고려하는 것이 필요하다. 각 무기체계의 피해율, 이동가능거리, 공격가능횟수 등을 모니터링하는 상태모니터링 에이전트는 초기화 에이전트에서 설정된 조건들을 실시간으로 비교하여 무기체계의 기동여부를 판단하게 된다. 마지막으로 임무모니터링 에이전트는 설정된 임무 종료 조건을 만족시키는지를 결정하게 되며 개별 무기체계가 다음 공격대상을 선정하는 역할을 수행하게 된다.

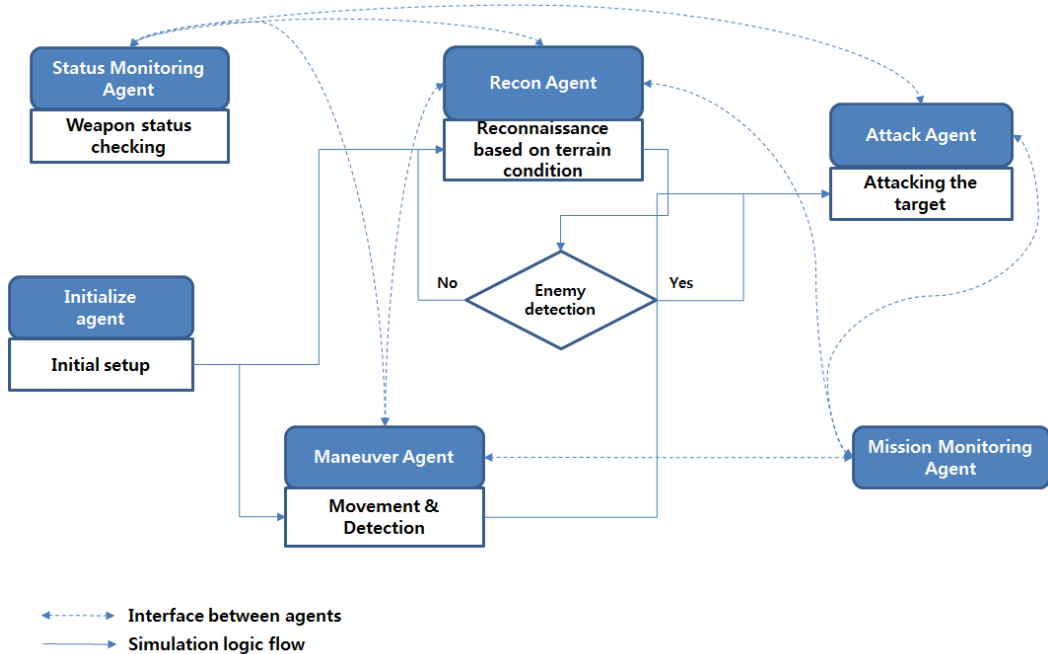


Figure 3. Agent Architecture

<Figure 3> 에 나타난 바와 같이 상태모니터링 에이전트와 미션모니터링 에이전트는 무기체계의 행위와 관련된 정찰, 기동, 공격 에이전트들과 지속적인 정보공유를 통해 시뮬레이션을 수행하게 된다.

4.3 시뮬레이션 모델 모의논리

4.3.1 전투 시나리오

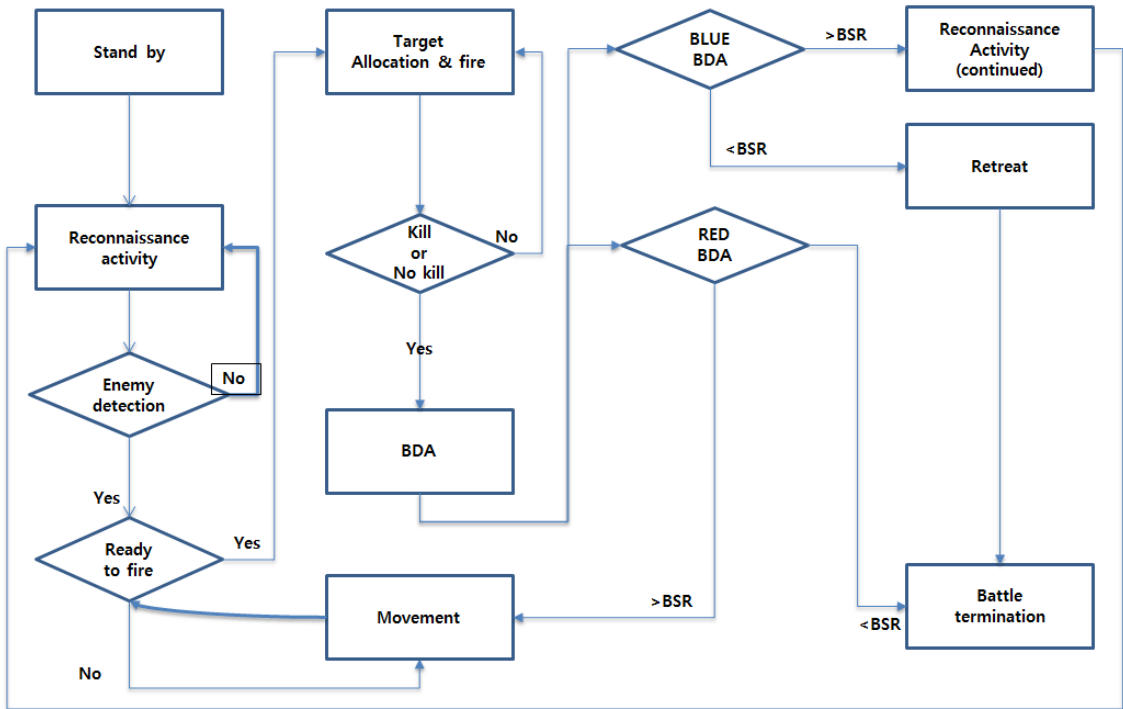


Figure 4. Combat Scenario

<Figure 4> 는 아군이 정찰을 통해 적군을 발견하고 교전이 종료하기까지의 전투 시나리오에 대한 논리를 구성한 것이다. 가장 먼저 정찰을 통해 적군을 발견하고 공격가능 여부를 판단하며 공격 성공 여부에 따라 지속적으로 공격을 할지, 기동을 할지 결정을 한다. 그리고 최종적으로 미션 성공/실패의 조건에 따라 시뮬레이션을 종료하게 된다.

4.3.2 시뮬레이션 초기조건 설정

에너지를 사용한 시뮬레이션 구동 시 <Figure 5>와 같이 초기화면에 전장조건을 입력할 수 있도록 구성하였으며 공격/방어, 부대규모, 무기체계 성능, 임무형태 등 다양한 입력 값을 사용자가 조절하여 시뮬레이션을 수행할 수 있도록 하였다.

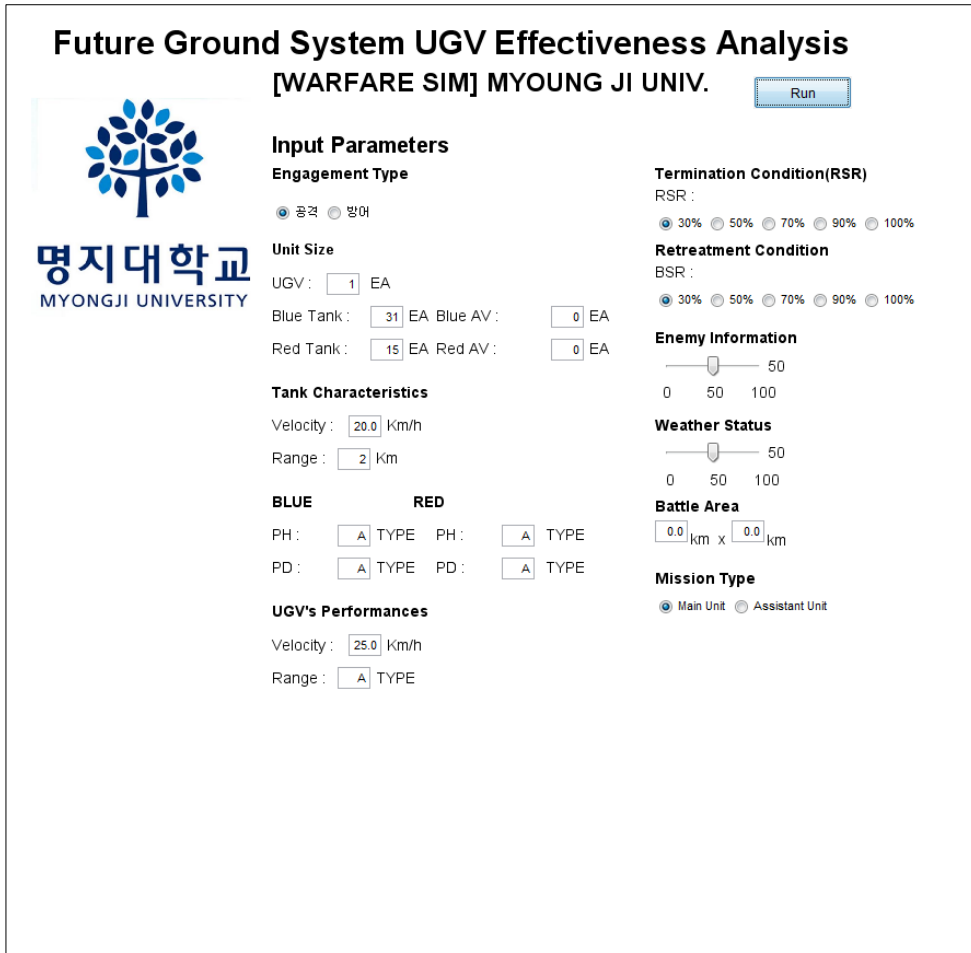


Figure 5. Initial Setting of Combat Simulation

4.3.3 전차의 기동

소부대 교전을 위한 출발점이라고 할 수 있는 ‘전차의 기동’을 묘사한 State Chart는 <Figure 6>과 같다. 이는 전차의 전체적인 기동을 나타내며, 먼저 ‘Setup’ 모듈을 통해 각 에이전트의 발생 지점이 정해진다. 그리고 ‘Patrol’ 모듈을 통해서 적군의 진지로 향하게 되고, 적을 발견하였을 때는 ‘Detection’ 모듈로, 적으로부터 피격되었을 때는 ‘Hit’모듈이 활성화되어 적군의 지점을 인지하여 그곳으로 이동한다. 적이 사정거리에 들어왔는지는 탐지 및 공격 State Chart에서 판단하게 되고 공격이 이루어진다. ‘Help’ 모듈은 아군이 적과 교전하거나 먼저 피격 당했을 경우 Help 메시지를 발생하여 근처 ‘Patrol’ 상태의 아군에게 보낸다. 그러면 메시지를 받은 아군 전차는 적군의 위치를 받게 되고 아군을 공격한 적군 전차를 향해 이동하게 된다. 하지만 여기서 교전중인 아군 전차에게는 Help 메시지가 무시된다. 우선순위는 교전중인 적군이 우선이고 교전이 끝나게 되면 다시 정찰상태로 돌아오게 되며, 이 때 적을 발견하거나 아군이 보내는 Help 메시지를 받을 수 있게 된다. 그리고 ‘UGVMessege’ 모듈은 UGV가 적군을 발견하게 되면 UGV가 주는 메시지와 적군의 위치정보를 받아 그 적군을 향해 이동한다.

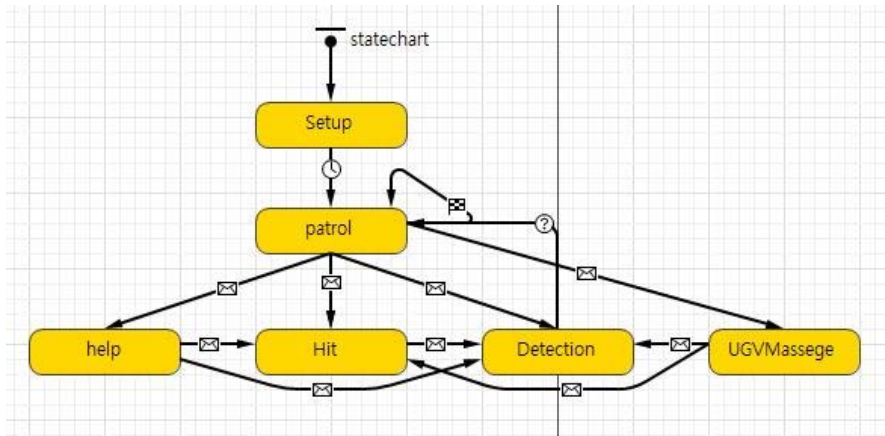


Figure 6. Maneuver State Chart of Tank

4.3.4 탐지 및 공격

‘탐지 및 공격’ State Chart는 전차가 적을 발견하고 공격하는 상태를 나타내며, 이에 대한 논리흐름은 <Figure 7>과 같다. 6초에 1번씩 돌아가는 전차 탐재형 EOS탐지기가 적과 자신과의 거리를 계속적으로 비교 및 탐지기능을 수행함으로써 적을 탐지하게 된다. 적이 레이더 범위에 들어오면 탐지확률이 적용되게 되고, 거리에 따른 일정 확률로 자기 자신에게 “FindTarget”이라는 메시지를 보내게 된다. FindTarget 메시지를 받은 전차는 정지하게 되고 ‘Attack’ 모듈이 활성화되기 전까지 6초 동안 대기하게 되는데 이는 장전에 걸리는 시간을 묘사한 것이다. 장전이 완료되면 전차는 ‘Attack’ 모듈로 바뀌어 사격하게 된다. 이때 거리에 따른 명중률이 적용되어 Hit 또는 No hit을 판단한다. No hit일 경우 정지 상태로 다시 돌아가며, Hit일 경우 소파, 대파, 완파를 확인하고 완파 상태가 될 때까지 ‘Stop’ 모듈로 돌아가 계속적으로 포를 발사한다. 이러한 사이클이 반복되고 적군의 상태가 완파에 이르면 ‘Body’ 모듈로 돌아가 또 다른 적을 찾는다.

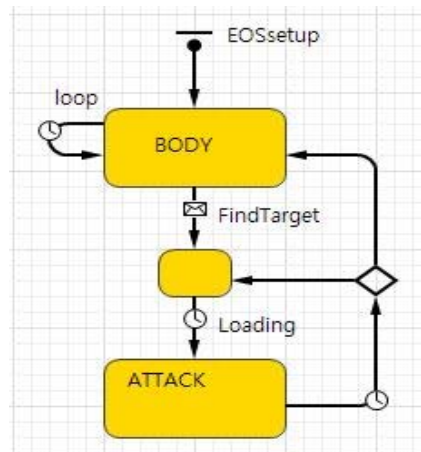


Figure 7. Attack and Detection State Chart

4.3.5 피해상태 및 통신

전차가 상대 전차로부터 피격을 받아 Hit 메시지를 받으면 정해진 확률을 통하여 소파(MK), 중파(SK), 대파(PK) 상태가 결정되어 ‘피해상태 및 통신’ State Chart로 메시지를 보내게 된다. 또한 Table 2 와 같이 여러 번 공격을 받게 되면 피해수준은 누적되어 완파 상태까지 바뀔 수 있을 뿐만 아니라 전차의 속도와 명중률이 감소한다. 내구성의 하락 정도 역시 소파(30% 내구성 하락), 중파(50% 내구성 하락), 완파(100% 내구성하락)에 따라 달라진다. 피격을 받으면 모든 아군 전차에게 Help 메시지를 보내게 되고 Help 메시지를 받은 전차의 현재 상태에 따라 지원여부가 결정된다.

Table 2. Condition of K-kill

Kill type		Speed reduction
Minor Kill(MK)	3 Times	-6km/h
Senior Kill(SK)	Twice	-12km/h
Perfect Kill(PK)	Once	Stop

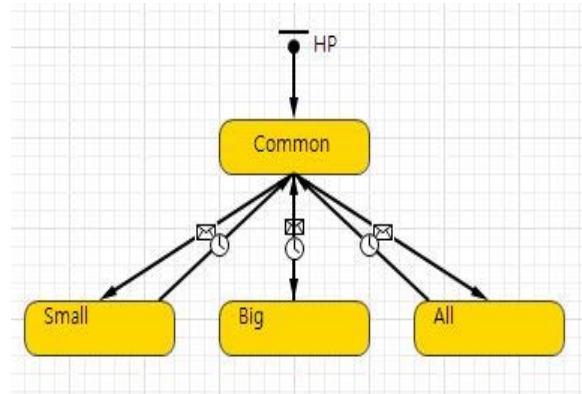


Figure 8. Damage and Communication State Chart

4.3.6 UGV의 기동 및 탐지

‘UGV의 기동 및 탐지’ State Chart에서는 처음 ‘setup’에서 UGV의 발생 지점이 지정되고, ‘Move1’ 모듈을 통해 적군을 향해 이동하게 된다. 적군 쪽으로 이동 후 ‘Move2’ 모듈을 통해 적군 진형을 지속적으로 이동하게 되며, 만약 적을 발견하게 되면 ‘FindEnemy’ 모듈로 넘어가게 되고, UGV는 잠시 멈추었다가 다시 이동하게 된다. 그리고 UGV 탐지는 정해진 탐지확률을 통해 적을 탐지하는데 적을 탐지하는 방식은 전차가 적을 탐지하는 방식과 동일하다. 만약 적을 탐지하였을 경우 ‘Radar’ 모듈에서 ‘AfterFind’ 모듈로 넘어가고 탐지한 적을 가장 가까운 아군 전차에게 위치정보와 메시지를 전달하게 된다.

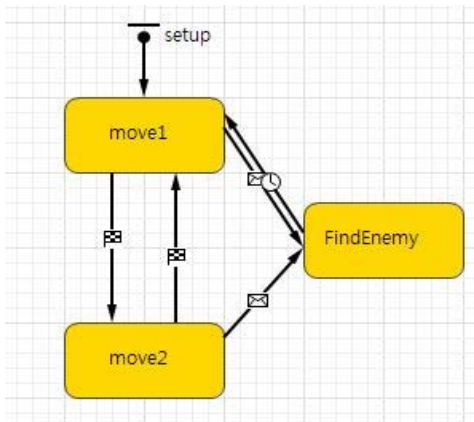


Figure 9. Moving of UGV and Detection State Chart

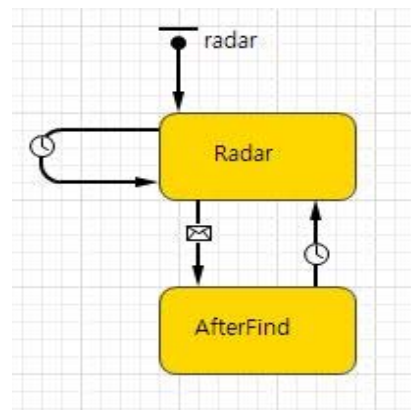


Figure 10. Detection of UGV State Chart

5. UGV 효과분석

5.1 UGV 효과 측정방법

전투효과에 대한 분석을 수행하기 위해서는 전투 시 발생하는 여러 가지 변수 가운데 전투결과에 영향을 준다고 판단되는 입력변수와 그에 따른 전투결과를 측정할 수 있는 출력변수를 선정하는 것이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 소부대 전투시나리오에 의해 산출된 출력변수 가운데 전투이후 남게 되는 잔존전투력을 최초 전투력 대비 비율로 환산한 값을 사용하였다. 즉 전투발생 이전의 초기전투력(R or B)을 100으로 보고 전투이후 남은 잔존전투력(R or B)이 60이라고 한다면 초기전투력 대비 잔존전투력 비율을 60%가 되는 것이다. 이는 피아 공히 같은 개념으로 출력변수를 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$RSR = \frac{R_T}{R_0} \times 100$$

$$BSR = \frac{B_T}{B_0} \times 100$$

RSR : Red Survival Ratio (적의 잔존전투력), BSR : Blue Survival Ratio (아군의 잔존전투력)

전투종료 조건은 시뮬레이션 하에서 주기적으로 RSR 값을 확인한 후에 어떠한 임계치 이하로 떨어질 경우에 (예를 들어, 30%) 적이 와해된 것으로 간주하여 전투를 종료한다. 이때 BSR 값을 전투효과 측정을 위한 MOE 값으로 설정하였다. 따라서 여러 가지 전투시나리오 조합 상황 하에서 BSR 값이 높을수록 참여한 전투자산의 효과도가 높다고 할 수 있다. 이러한 과정을 시나리오 입력변수를 수정하여 반복수행 함으로써 UGV 투입효과를 MOE 값을 통하여 계량화된 값으로 산출할 수 있으며, 이를 통해 MOE 값을 최대화함으로써 최고의 전투효과를 얻을 수 있는 아군의 전투자산 편성방안을 도출할 수 있을 것이다.

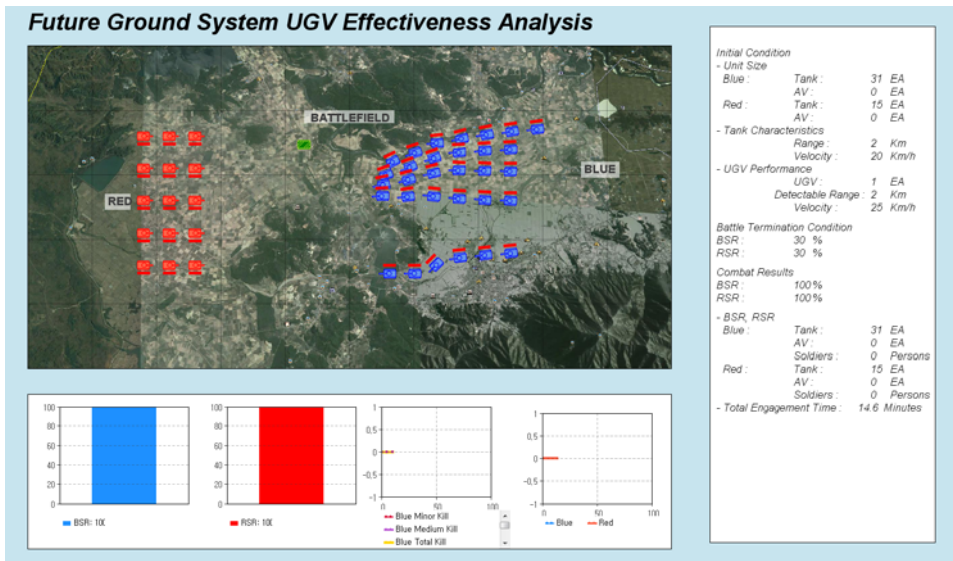


Figure 11. Sample output result from AnyLogic simulation model

5.2 UGV 효과분석 결과

본 절에서는 애니로직 시뮬레이션 모델에 의한 소부대 시나리오 교전결과의 모의실험을 통해 분석한 결과를 요약 제시 하였다. 미래 지상전투체계의 하나로 개발 예상되는 UGV의 효과도 측정을 위하여 Table 3와 같이 아군(Blue) 이 보유한 UGV 투입대수(0~3대)에 따라 4가지 시나리오를 설정하여 각각의 조건하에서 시뮬레이션 수행 후 출력된 MOE 결과 값을 상호 비교하였다. 이때 교전을 위한 피아 전투부대 규모로, 적군은 전차중대 규모로 방어진지를 편 성하고, 아군은 전차대대 규모로 공격을 수행하는 상황을 설정하였다.

Table 3. Scenario types

Type		Scenario1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
RED	Defend	Tank : 15	Tank : 15	Tank : 15	Tank : 15
BLUE	Attack	Tank : 31 UGV : 0	Tank : 31 UGV : 1	Tank : 31 UGV : 2	Tank : 31 UGV : 3

제시된 시나리오에 기반하여 시뮬레이션을 수행하였으며 시뮬레이션 결과를 통해 분석된 UGV 효과는 다음과 같 이 요약될 수 있다.

- 1) UGV 효과는 투입대수가 증가할수록 효과도가 커지며, 효과의 크기는 비선형적으로 증가하였다.
- 2) UGV 효과는 최초 투입(0→1대)시 효과도가 크게 증가(15.16%↑)하였으나 두 번째 투입(1→2대)시에는 효과 도 증가범위가 첫 번째 투입시 대비 크게 둔화(4.8%↑)되었다가, 세 번째 투입(2→3대)시에는 효과도의 증가비율이 앞의 경우보다 다소 둔화(3.52%↑)하는 형태를 보여주었다.
- 3) 따라서, UGV 효과는 여러 가지 전장상황 및 조건을 결정하는 입력변수에 따라 비선형적으로 Dynamic하게 변 화할 수 있음을 예측할 수 있었다.

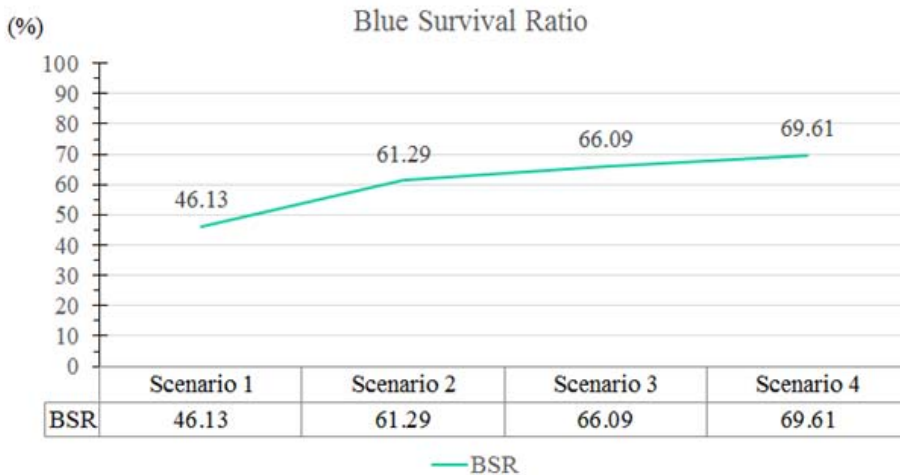


Figure 12. Blue Survival Ratio

6. 결론 및 향후 연구방향

미래 전투형태를 급격히 변화시킬 것으로 예상되는 UGV의 유용성을 부정하지는 못할 것이다. 하지만 UGV가 미래 전투에서 얼마만큼의 효과를 나타낼 수 있을 것인지의 질문에 대하여 계량적인 해답을 제시한 사례는 찾아보기 어렵다. 본 논문에서는 UGV 효과를 계량화하여 제시할 수 있는 방안으로 에이전트 기반의 시뮬레이션을 통한 실험 결과를 제시하였다. 실험결과 UGV 효과는 투입대수에 비례하여 효과도가 증가하며, 동시에 여러 가지 전장상황 및 조건을 결정하는 입력변수에 따라 비선형적으로 변화할 수 있음을 예측할 수 있었다.

하지만 본 연구결과는 소부대 전투시나리오에서 전차부대의 교전형태에 한정된 전투상황에서의 결과 값이라는 한계점이 있다. 따라서 향후 보다 신뢰성 있고 현실에 가까운 전투실험 결과 값을 도출하기 위해서는 다음과 같은 방향으로의 추가적인 연구가 필요하다.

첫째, 교전부대의 다양한 구성과 환경적 상황을 추가로 묘사할 수 있는 모델링이 필요하다. 즉, 전차부대 뿐만 아니라 보병부대와 함께 하는 보전 협동작전 상황과 UGV 뿐만 아니라 UAV가 동시에 작전에 투입된 상황 하에서의 효과도 평가가 요구된다.

둘째, UGV의 성능을 보다 구체화하여 적용이 필요하다. 지금은 UGV성능에 대한 임의의 값을 적용하였으나 현실에 근접한 탐지레이더의 탐지범위, 속도 및 UGV의 실제 기동능력에 대한 좀 더 세부적인 묘사가 추가될 필요가 있다.

셋째, 미래의 네트워크 전장환경(NCOE)에 부합하는 여건 조성을 위해서 통신환경에 대한 추가적인 모델링이 필요하다. 예를 들어 본 연구에서 제시한 시나리오의 경우, 공격한 UGV가 탐지한 적의 표적정보를 공격할 수 있는 최적의 위치에 있는 우군 전차에게 실시간 연락될 수 있는 모델링의 연구가 필요하다. 동시에 통신모델의 현실근접성을 높이기 위해서는 통신 LOS가 지형에 영향을 받는다는 것을 묘사할 수 있어야 할 것이다.

끝으로 본 연구에서 제안된 계량화된 효과분석 방법을 활용한다면 향후 미래 무기체계 연구개발 단계에서 개발대상 무기체계의 예상효과에 대한 시스템성능을 구체화함으로써 개발될 무기의 품질향상에도 크게 기여할 수 있을 것이다.

감사의 글

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

REFERENCES

- Anylogic. 2014. Anylogic Features. Last modified August 15. <http://www.anylogic.com/>.
- Borshchev, Andrei. 2013. The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with Anylogic 6. AnyLogic North America.
- Grigoryev, Ilya, and Borshchev, Andrei. 2012. AnyLogic 6 in Three Days: A Quick Course in Simulation Modeling. AnyLogic North America.
- Kho, Y. H., Lim, B. Y., Park, S. C., and Kwon, Y. J. 2014. "M&S Case Study for Information Sharing Enabled Combat Entities." Journal of the KIMST 17(4):1-9.
- Kim, C. M., Kim, J. S., Park, K. Y., Lee, J. Y., Pyun, J. J., and Bae, S. M. 2014. "Combat Effectiveness Literature Review: A Combat Effectiveness analysis for Future Research areas." Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers 19(4):305-315.
- Lee, J. M., Jung, C. Y., and Lee, J. M. 2010. "The Combat Effectiveness Analysis of Attack Helicopter Using Simulation and AHP." Journal of the Korea society for simulation 19(3):63-70.

Lee, J. Y. 2007. A study of analysis methodology of operational effectiveness for the MUAV system. ADD.

Lee, J. Y., and Kim, Y. B. 2011. An analysis of efficient development alternatives and economic impact for the MUAV system. ADD.

Lee, J. Y., and Kwon, T. H. 2007. A study of evaluation method for combat effectiveness for efficient operation of the Korea UAV system. ROK Army.

Lee, K. Y. 2013. "Effectiveness Analysis for Required Capabilities of Tilt-rotor UAV." Journal of the Korean society for aeronautical science and flight operation 21(2):15-20.

Moon, H. G., and Park, C. W. 1998. "A study of temporary model for an analysis of future warfare." The Korea Society for Simulation, Proceedings at The Fall Conference, 32-32.

Park, S. B. 2011. "An Analysis on the economic and technological effects of Smart UAV Development Project." Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society 12(7):2991-2995.

Yoo, S. K., and Moon, H. K. 2012. "Future Weapon System Effectiveness Analysis with Defense Simulation Model." The Korea Society for Simulation, Proceedings at The Fall Conference, 137-141.

Yoon, J. S., and Moon, H. K. 1998. "Combat Efficiency Analysis Using JANUS Model." The Korea Society for Simulation, Proceedings at The Fall Conference, 178-181.

〈APPENDIX〉 소부대 전투시나리오 입력데이터

a. 탐지확률

Table 4. Probability of Detection(PD)

Range	RED PD	RED PD
3000m or up	0.0	0
2500m ~ 3000m	6.67	20
2000m ~ 2500m	16.67	50
1500m ~ 2000m	20	60
1000m ~ 1500m	26.67	80
500m ~ 1000m	30	90
500m or below	33.3	100

b. 명중확률

Table 5. Probability of Hitting(PH)

Range	RED PH	RED PH
2000m or up	0.0	0.0
1800m ~ 2000m	11.67	35
1500m ~ 1800m	18.33	55
1200m ~ 1500m	21.67	65
900m ~ 1200m	25	75
600m ~ 900m	28.33	85
300m ~ 600m	31.67	95
300m or below	50	100

a. 명중시 피해율

Table 6. Probability of damage status

Range	Kill type			Repair rules after getting shot
	Perfect kill(PK)	Senior kill(SK)	Minor kill(MK)	
1500m ~ 2000m	0.1	0.2	0.7	PK : KILL & Out SK : Deployment after repair (Up to one) MK : Deployment after repair (Up to twice)