

석사학위논문

에이전트 기반의 모델 설계 방안

-합동화력 시뮬레이터를 중심으로-

2018년

한성대학교 국방과학대학원

국 방 M & S 학 과

국 방 M & S 학 전 공

심 민 호

석 사 학 위 논 문
지도교수 이 동 준

에이전트 기반의 모델 설계 방안

-합동화력시뮬레이터를 중심으로-

A Study on Agent-based Modeling Framework for
Combat Simulation: Focused on the Joint Fire
Training Simulator

2017년 12월 일

한성대학교 국방과학대학원

국 방 M & S 학 과

국 방 M & S 학 전 공

심 민 호

석 사 학 위 논 문
지도교수 이 동 준

에이전트 기반의 모델 설계 방안

-합동화력시뮬레이터를 중심으로-

A Study on Agent-based Modeling Framework for
Combat Simulation: Focused on the Joint Fire
Training Simulator

위 논문을 국방M&S학 석사학위 논문으로 제출함

2017년 12월 일

한성대학교 국방과학대학원

국 방 M & S 학 과

국 방 M & S 학 전 공

심 민 호

심민호의 국방M&S학 석사학위논문을 인준함

2017년 12월 일

심사위원장 _____(인)

심 사 위 원 _____(인)

심 사 위 원 _____(인)

국 문 초 록

에이전트 기반의 모델 설계 방안 -합동화력시뮬레이터를 중심으로-

한 성 대 학 교 국 방 과 학 대 학 원
국 방 M & S 학 과
국 방 M & S 학 전 공
심 민 호

인공지능이론에서 발전된 에이전트 모델링은 현재 한국군의 M&S가 지향하는 컴포넌트 기반의 모델링 기법의 일종이다.

컴포넌트는 소프트웨어를 마치 블록을 조립 하듯 쉽게 구축 할 수 있도록 모듈화 시킨 단위이다. 컴포넌트는 이러한 특성 때문에 복잡한 시스템을 신속하게 구축할 수 있으며, 유사한 시스템을 구축할 때 재사용이 가능한 장점이 있다.

에이전트 또한 모듈화 되어 있는 개체이며 구축되어 있는 에이전트를 조합 또는 구축되지 않았던 에이전트가 식별 되었을 경우 필요한 에이전트를 개별적으로 생성하여 기존 시스템에 더하거나 불필요한 에이전트를 선별하여 뺄 수 있다.

본 연구는 위의 에이전트 모델링 기법을 활용하여 에이전트가 생성되는 과정을 연구하고, 에이전트 기반의 모델 설계 방안을 제시한다.

연구 방법은 에이전트 관련 문헌연구와 OneSAF모델을 분석하였고, 한국

에 최초로 도입 시도 중인 C4ISR 분석모델에 관한 연구도 진행하였다.

본 연구는 현재 개발 진행 중인 합동화력시뮬레이터(~2018년 4월 개발완료)를 분석하였다.

합동화력시뮬레이터는 작전운용성능에 따라서 전방관측자와 사격지휘소가 시뮬레이터를 운용하는 실제 인원의 역할로 설계되어 개발되었기 때문에, 본 연구에서는 합동화력시뮬레이터의 모의논리를 토대로 전방관측자와 사격지휘소를 에이전트로 포함해 설계하였다.

관측과 화력지원 및 FDC에 한하여 연구하였고, 이를 더 확장하여 적군 에이전트와 피아 교전을 상세히 설계하고 적용하는 연구가 필요하다.

본 연구를 통하여 빠르게 변하는 현대 전장의 특성과 다양한 체계가 복잡하게 연결되어있는 현대의 양상에 에이전트 모델링이 적합한 모델링 기법이라는 것이 충분히 공감되어 앞으로 개발될 M&S 모델에 적용되길 기대한다.

【주요어】 M&S, 에이전트, 멀티 에이전트, 모델링, 합동화력시뮬레이터

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 배경 및 목적	1
제 2 절 연구의 범위 및 구성	3
1) 연구의 범위	3
2) 연구의 구성	4
제 2 장 이론적 배경	5
제 1 절 에이전트의 정의 및 특성	5
1) 에이전트의 정의	6
2) 에이전트의 특성	8
제 2 절 에이전트 기반 모델	9
1) 에이전트 기반의 모의 모델	9
2) 다중 에이전트 시스템	11
제 3 절 OneSAF 모델 분석	12
1) OneSAF 모형 개요	12
2) OneSAF 모델 구조	13
3) OneSAF 아키텍처	14
4) 에이전트 객체 구성요소	15
5) OneSAF 모델링 개념	16
6) OneSAF 모의핵심 구성요소	17
제 4 절 C4ISR 분석모델 분석	18
1) 멀티 에이전트 기반의 C4ISR 분석모델 프레임워크	18
2) 멀티 에이전트 기반의 객체 에이전트 모델링 : 탐지 에이전트 모델링	20

제 3 장	합동화력시뮬레이터의 모의논리	23
제 1 절	합동화력시뮬레이터	23
1)	체계 개요	23
2)	체계 구성	24
제 2 절	모의논리 구조	25
1)	CSCI 구조	25
2)	정보 흐름	26
3)	실행 개념	27
제 3 절	분석 결과	28
제 4 장	에이전트 기반의 모델 설계 방안	29
제 1 절	전방관측임무 모델의 프레임워크	29
1)	전방관측임무 모델의 운용개념	29
제 2 절	에이전트 모델링	31
1)	FO 에이전트 모델링	31
2)	FDC 에이전트 모델링	35
3)	아군 화기 자산 에이전트 모델링	38
4)	적군 에이전트 모델링	42
5)	통신 에이전트 모델링	46
6)	Agent의 계층 구조	49
7)	Agent의 재활용성	50
8)	Agent의 간의 연계성	51
제 5 장	결 론	52

참 고 문 헌	54
용 어 정 의	58
ABSTRACT	60

표 목 차

[표 2-1] 방정식 기반모델과 에이전트 기반모델의 비교	10
[표 2-2] 에이전트 객체 구성요소	15
[표 2-3] 모의핵심 컴포넌트	17
[표 4-1] 에이전트 구성요소(행위모델과 물리모델)	32

그 립 목 차

[그림 2-1] 에이전트 개념도_1	6
[그림 2-2] 에이전트 개념도_2	7
[그림 2-3] 일반적인 다중 에이전트 시스템 구조	11
[그림 2-4] OneSAF 특성	12
[그림 2-5] OneSAF 모델 구조	13
[그림 2-6] The Product Line Architecture Framework	14
[그림 2-7] The OneSAF Agent Architecture	16
[그림 2-8] 에이전트 기반의 C4ISR 분석모델 운용개념도	18
[그림 2-9] 탐지자산 에이전트 구성도	20
[그림 2-10] 탐지자산(UAV) 에이전트의 계층 구조	21
[그림 2-11] 탐지 에이전트 모델링	22
[그림 3-1] 운용 개념	23
[그림 3-2] 체계 구조	24
[그림 3-3] 모의도구의 CSCI 구조	25
[그림 3-4] 모의도구의 정보 흐름	26
[그림 3-5] 모의도구의 실행 개념도	27
[그림 4-1] 전방관측임무 모델의 운용개념	29
[그림 4-2] 전방관측임무 모델의 에이전트 간의 관계도	30
[그림 4-3] FO 에이전트 구성	31
[그림 4-4] 기동 에이전트 상세 구성	33
[그림 4-5] 관측 에이전트 상세 구성	33
[그림 4-6] 통신 에이전트 상세 구성	34
[그림 4-7] FO 에이전트 모델링	34

[그림 4-8] FDC 에이전트 구성	35
[그림 4-9] 기동 에이전트 상세 구성	36
[그림 4-10] 통신 에이전트 상세 구성	36
[그림 4-11] 결심 에이전트 상세 구성	37
[그림 4-12] FDC 에이전트 모델링	37
[그림 4-13] 아군 화기 자산 에이전트	38
[그림 4-14] 보병 화력 에이전트 상세 구성	39
[그림 4-15] 포병 화력 에이전트 상세 구성	39
[그림 4-16] 육군 항공 화력 에이전트 상세 구성	40
[그림 4-17] 함포 화력 에이전트 상세 구성	40
[그림 4-18] 전술 항공 화력 에이전트 상세 구성	40
[그림 4-19] 아군 화기 자산 에이전트 모델링	41
[그림 4-20] 적군 에이전트 구성	42
[그림 4-21] 전차 에이전트 상세 구성	43
[그림 4-22] 차량 에이전트 상세 구성	43
[그림 4-23] 인원 에이전트 상세 구성	44
[그림 4-24] 적군 에이전트 모델링	45
[그림 4-25] 통신 에이전트 구성	46
[그림 4-26] 통신망 전개 에이전트 상세 구성	47
[그림 4-27] 통신 확률 에이전트 상세 구성	47
[그림 4-28] 통신 에이전트 모델링	48
[그림 4-29] FO 에이전트의 계층 구조	49
[그림 4-30] 기동 에이전트(FDC 에이전트)의 설계 과정	50
[그림 4-31] 보병 화력 에이전트의 설계 과정	50
[그림 4-32] 모의 수행 시 Agent 간의 연계성	51

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 배경 및 목적

현재 한국군은 과학화를 목표로 하고, 이에 따라 M&S분야에서는 각 군의 훈련에 필요한 다양한 체계의 개발에 집중 하고 있다. 하지만, 서로 복잡하게 얽혀있고 빠르게 변화하고 있는 현대전의 양상에 따라서 효율적인 모델링 기법을 찾지 못하고, 기존의 방법론과 모델링 기법을 사용한 개발이 지속적으로 이루어진다면, 복잡한 전장과 전쟁 양상을 따라잡지 못하여, 인력과 예산을 반복적으로 낭비 하게 될 것이다.

기존 한국군의 M&S는 일반적으로 란체스터 방정식 기반의 모의논리를 전개하였다. 방정식 기반의 모의 모델은 시스템을 구성하는 다양한 특성을 분석하여 그들의 관계를 변수들의 관계로 함수로 변환하여 값을 구하는 방법이다. 하지만 방정식 기반의 모의 모델은 시스템 내에서 발생하는 모든 개체와 이벤트를 모두 방정식으로 표현하여 해를 구하는 것이 불가능하기 때문에 대체로 근사한 값을 도출 해 낼 수밖에 없다는 한계점이 있었고, 이로 인하여 에이전트 기반의 모의 모델의 필요성이 대두되었고, 국내 M&S에 적용하는 방안에 대한 연구가 활발해지고 있다.

에이전트 모델링은 현재 한국군의 M&S가 지향하는 컴포넌트 기반의 모델링 기법의 일종이다. 컴포넌트는 소프트웨어를 마치 블록을 조립 하듯 쉽게 구축 할 수 있도록 모듈화 시킨 단위이다. 컴포넌트는 이러한 특성 때문에 복잡한 시스템을 신속하게 구축할 수 있으며, 유사한 시스템을 구축할 때 재사용이 가능한 장점이 있다. 에이전트 또한 모듈화 되어 있는 개체이며 구축되어 있는 에이전트를 조합 또는 구축되지 않았던 에이전트가 식별 되었을 경우 필요한 에이전트를 개별적으로 생성하여 기존 시스템에 더하거나 불필요한 에이전트를 선별하여 뺄 수 있다.

국내에 M&S가 도입되고 여러 사업이 진행됨에 따라, M&S에 대한 기대가 높아져가고 있다. 한정된 자원으로 개발해야 하는 반면, 군의 요구사항은 점점 더 섬세하고, 복잡해지고 있다. 에이전트 기반의 모델링을 설계하고 개발한다면, 이러한 군의 요구사항을 만족시킬 수 있을 것이라 기대한다.

본 논문은 에이전트에 대한 개념과 개발이 이루어진 모델들을 분석하여 에이전트의 개념을 공유하고자 한다. 또한, 에이전트 모델링의 구성요소와 프레임워크를 제시하고, 행위모델과 물리모델이 제공하는 기능과 이들이 어떻게 상호작용하는지에 대하여 분석하고, 제시하여 모델 개발 시 에이전트 기반의 설계 방안을 제시하는 것을 목표로 한다.

제 2 절 연구의 범위 및 구성

1) 연구의 범위

본 논문은 현재 개발되고 있는 합동화력시뮬레이터의 개발 간 연구되고, 파악된 내용을 토대로 에이전트기반 모의논리 방안을 제시한다. 합동화력시뮬레이터 체계는 관측 교육 시뮬레이터의 특성상 피/아 교전 이 없으며, 교육생의 사격 요청에 의한 아군의 화력지원에 의한 사격 묘사와 적군의 피해만 이루어진다. 이러한 체계의 특성으로 인해 본 연구는 보다 포괄적인 에이전트기반 모의논리 방안을 제시하기 위하여 합동화력시뮬레이터를 토대로 기존의 합동화력시뮬레이터에서 실제 인원이 수행했던 FO의 역할과 FDC의 역할을 포함한 가상의 모델(가칭 : 전방관측임무 모델)을 가정하여 일반적인 위게임 모델의 모습으로 에이전트 모델링 방법, 멀티 에이전트 기반의 모델 구조 설계 및 단위 객체 에이전트 모델링 방안을 제시한다. 모의대상의 특성과 운용 관점으로 계층별 복합 에이전트 구조로 분할하고, 에이전트간의 상호작용을 통한 체계 통합 방안을 연구하였다.

또한, OneSAF 모델에서 활용한 행위모델과 물리모델의 개념을 적용하고, 멀티 에이전트 구조를 설계하는 방안을 제시하였다.

2) 연구의 구성

본 연구의 논문 구성은 다음과 같다.

제 1 장에서는 연구 배경 및 목적, 연구의 범위 및 구성을 기술하였다.

제 2 장에서는 본 논문을 작성하게 된 배경과 이론적인 개념들을 설명 한다. 에이전트의 정의 및 특성과 에이전트 기반의 모델링, OneSAF 모델의 구조 분석, 현재 개발 중인 C4ISR 분석모델(~2017년 12월 개발완료)의 에이전트 기반 모델링 적용에 관하여 기술하였다.

제 3 장에서는 합동화력 시뮬레이터의 모의논리에 관하여 설명한다. 합동화력시뮬레이터의 체계설명과 합동화력시뮬레이터의 모의논리 구조에 관하여 기술하였다.

제 4 장에서는 본 논문의 연구를 위하여 합동화력시뮬레이터를 사업 특성 상 빠져있던 전방관측자(FO)와 사격지휘소(FDC)를 추가하여 전방관측임무 모델(가칭)로 변환한다. 또한 이에 대한 에이전트 기반의 모델 설계, 에이전트 기반 모델링 프레임워크, 에이전트 기반 모델링 절차, 에이전트간의 상호작용에 관하여 기술하였다.

제 5 장에서는 결론 및 향후 연구 방안에 대해서 언급하였다.

제 2 장 이론적 배경

제 1 절 에이전트의 정의 및 특성

에이전트(agent)의 개념은 인공지능(Artificial Intelligence : AI)의 개념으로부터 출발하였다.

‘인공지능’이란 인간의 학습능력과 추론능력, 지각능력, 자연언어의 이해능력 등을 컴퓨터 프로그램으로 실현한 기술이다.

인간의 지능으로 할 수 있는 사고, 학습, 자기계발 등을 컴퓨터가 할 수 있도록 하는 방법을 연구하는 컴퓨터 공학 및 정보기술의 한 분야로서, 컴퓨터가 인간의 지능적인 행동을 모방할 수 있도록 하는 것을 인공지능이라고 말하고 있다.¹⁾

인공지능은 스스로 생각하여 판단·결정을 하거나 주변의 환경과 상황에 반응을 하는 특정 대상의 행동을 대신 하는 인공적으로 만들어진 유·무형의 시스템(System)이라 한다면, 에이전트는 사고(思古)를 하는 개체뿐만 아니라, 사고를 하지 않는 개체를 포함한 정의를 내릴 수 있는 모든 것을 대신하여 움직이거나 작용하는 시스템이다.

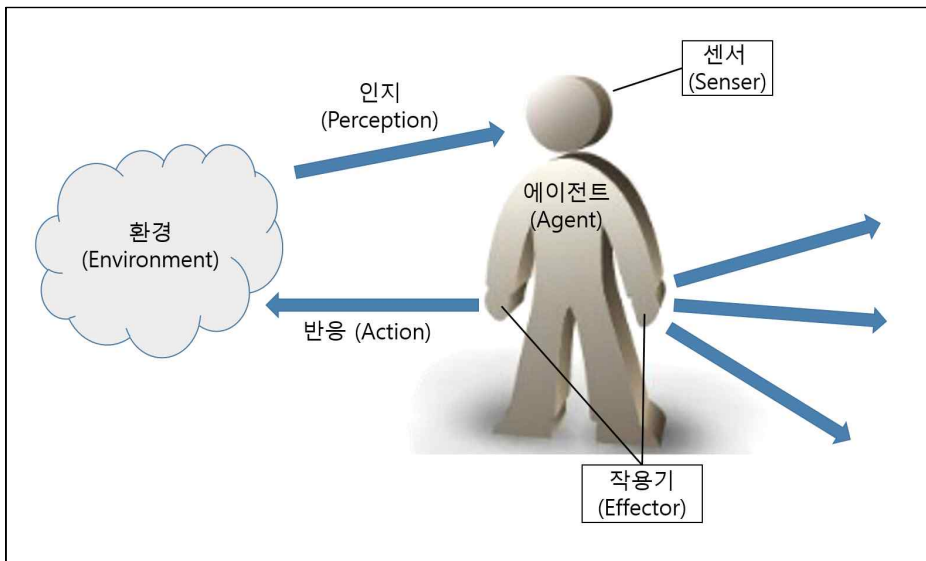
1) http://www.doopedia.co.kr/doopedia/master/master.do?_method=view&MAS_IDX=101013000752124, 두산백과사전.

1) 에이전트의 정의

에이전트에 대해서는 관점에 따라 다양하게 정의하고 있다. 인공지능이론에서 발전된 에이전트 개념은 사회과학 및 자연과학의 다양한 분야에서 활용되어 이제는 단독으로 사용되기보다는 소프트웨어(software), 적응적(adaptive), 지능적(intelligent), 다중의(multi), 이동적인(mobile)등과 같은 수식어를 동반하여 다양하게 사용되고 있기 때문에 더욱 그러하다.²⁾

에이전트에 대해서는 다양한 견해가 존재한다.

대표적으로 Russell과 Norving의 정의를 정리한 것에 따르면 에이전트는 [그림 2-1]과 같이 자신의 감각기관(Sensor)를 통해 환경(Environment)를 인지(Perception)하여 작용기(Effector)를 통해 그 환경에 대하여 반응(Action)하는 시스템을 말한다.[Russell 1995][조영임 2003]



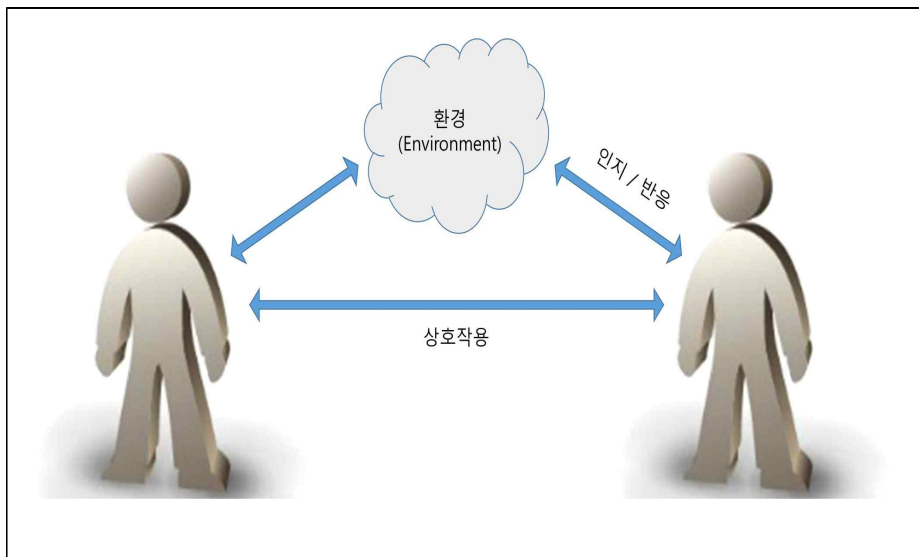
[그림 2-1] 에이전트 개념도_1

2) 임준식. (1999). 이동형 에이전트와 Java 기반의 Agent 구현 기술. 『한국멀티미디어학회지 제 3권 제 2호』. p.70.

에이전트(Agent)는 일반적 의미로 다른 사람을 대신하여 업무 또는 교섭을 대행할 수 있는 권한이 부여된 사람을 의미한다.[출처 : 두산백과]

인공지능으로부터 출발한 에이전트는 특정 대상을 대신하여 특정 목적을 가지고 특정 행동을 취한다. 주어진 작업만 하는 수동적인 프로세스가 아닌, 자신의 목적을 가지고 행동하는 능동적인 프로세스이며, 동적인 환경 또는 다른 에이전트와 상호작용하여 주변 환경의 변화를 인지하고, 그에 상응하는 행동을 한다.

또한, 에이전트의 반응으로 인하여 환경이 변화 할 수 있고, 변화 한 환경으로 인하여 에이전트에게 또다시 영향을 미칠 수 있다. 이러한 특성으로 인하여, 에이전트는 연속성을 띄게 된다.



[그림 2-2] 에이전트 개념도_2

2) 에이전트의 특성

에이전트는 아래와 같은 특성을 갖는다.³⁾

- 자율형(Autonomy) : 에이전트는 다른 에이전트의 직접적인 간섭이나 지시가 없어도 스스로 동작할 수 있으며 자신의 행동이나 내부의 상태에 대한 통제 능력을 가지고 있다.
- 사회성(Social Ability) : 에이전트는 그들이 속한 환경을 인지하고 환경 내에서 발생하는 변화에 대해 시기 적절하게 반응한다.
- 선행성(Pro-Activeness) : 에이전트는 그들이 속한 환경의 변화에 단순히 반응하는 것이 아니라 어떠한 목표를 달성하기 위해 자발적 행동을 취한다.
- 지능형(Intelligence) : 지식 베이스와 추론 능력을 기반으로 사용자의 계획과 의도에 따른 학습을 통하여 새로운 지식을 스스로 터득하는 능력을 말한다.
- 이동성(Mobility) : 에이전트는 자신의 내부 상태를 유지하면서 한 위치에서 다른 위치로 이동할 수 있는 능력이 있다.
- 정직성(Veracity) : 에이전트는 고의로 잘못된 정보를 취급하지 않는다는 가정이다.
- 자비성(Benevolence) : 에이전트는 상호 모순적인 목적을 가지지 않으며, 모든 에이전트는 항상 각자가 요청 받은 목적을 해결하고 노력한다는 가정이다.
- 합리성(Rationality) : 에이전트는 목적을 달성하는 방향으로 행동하며, 적어도 그의 믿음이 허용하는 범위 내에서는 목적 달성을 방해하는 방향으로 행동하지 않는다.

에이전트는 위의 모든 특성을 모두 갖고 있어야 한다는 것은 아니다. 하나의 특성만 존재해도 에이전트라고 할 수 있다. 한 예로 위의 여러 특성 중 자율성만 갖고 있어도 사실 에이전트라고 말할 수 있다.

3) 권경희. (2002). 에이전트 지향의 소프트웨어 문제영역 분석 및 모델링 방법. p.6.

제 2 절 에이전트 기반 모델

1) 에이전트 기반의 모의 모델

과거 대부분의 모의 모델은 방정식 기반으로 개발되어져 왔다. 방정식 기반의 모의 모델은 시스템을 구성하는 다양한 특성을 분석하여 그들의 관계를 변수들의 관계로 함수로 변환하여 값을 구하는 방법이다. 시스템 내에서 발생하는 모든 개체와 이벤트를 모두 방정식으로 표현하여 해를 구하는 것이 불가능하기 때문에 대체로 근사한 값을 도출 해 낼 수밖에 없다는 한계점이 있었고, 이로 인하여 에이전트 기반의 모의 모델의 필요성이 대두되었다.

에이전트 기반 모델로는 해외에서 도입한 미국의 OneSAF, 독일의 DNS 모델, 현재 개발 중인 한국의 C4ISR 분석모델(~2017년 12월 개발완료)이 있다.

OneSAF는 다양한 M&S 영역에 대한 통합 시뮬레이션 서비스를 제공하기 위해 미 육군이 조립형자동화부대(CGF, Computer Generated Forces)를 개발하여 적용한 시뮬레이션 체계이다.

DNS모델은 독일로부터 도입한 사단급 이하 작전계획, 소규모 소요기획 분석평가, C4ISR 효과분석을 위한 분석용 모델이다. 각 모의개체가 인식된 상황을 바탕으로 기동 경로 자동 변경, 불확실한 상황에서 획득된 정보하의 의사결정 과정 등이 에이전트 기반으로 개발되었다.⁴⁾

C4ISR 분석모델은 시나리오 등에 따른 C4ISR체계의 임무효과, 운용효과, 체계성능을 제공하기 위하여 에이전트 기반의 모의논리를 적용하여 개발 중인 모델이다.

4) 김영숙. (2016). 『멀티 에이전트(Multi-Agent) 기반의 위게임모델 개발방안 연구』. p.24.

[표 2-1]은 방정식 기반의 모의 모델과 에이전트 기반의 모의 모델간의 비교를 표로 나타낸다.⁵⁾

방정식 기반의 모의 모델의 경우에는 다양한 개체와 상호작용을 표현하는데 어려움이 있으며, 망 구조가 없어 소규모 시스템에서 중앙의 통제 하에 물리적 규정에 의하여 동작하는 연속시간 개념의 모델인 반면, 에이전트 기반의 모의 모델은 대규모의 분산 시스템에서 각 개체가 서로 다르게 표현이 가능하며, 이산 시간의 흐름 안에 개체간의 상호작용이 가능하여, 보다 정확한 결과를 산출 해 낼 수 있다.

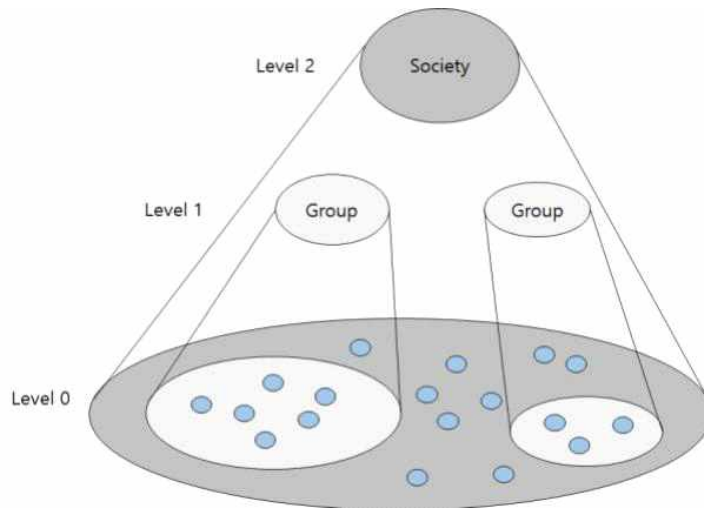
[표 2-1] 방정식 기반모델과 에이전트 기반모델의 비교

구분	방정식 기반	에이전트 기반
컴퓨터 자원	소규모	보다 대규모
개 체	동일(Homogeneous)	이종(Heterogeneous)
정확성	근사해	보다 정확
개체간 상호작용	없음/비가시적	있음/가시적
망 구조	없음	있음
모델 구축	어려움	쉬움
가장 적합한 대상	중앙집권으로 모델링하여 동적인 시스템은 물리적 규정에 의해 지배	분산되어 결정하므로 상세한 위치결정과 분포도를 구현
표현	방정식	분산시스템, 방정식으로 어렵거나 불가능한 분야
구현 시간	연속시간	이산시간

5) 이동준. (2007). 『에이전트 기반 지휘통제 모의방법론』 . p.5.

2) 다중 에이전트 시스템

에이전트 기반 모의 모델은 모의대상이 복잡하고 동적인 특징을 가지고 있으므로 단순히 하나의 단일 에이전트를 활용하기보다는 아래 [그림 2-3] 일반적인 다중 에이전트 시스템 구조⁶⁾ 같이 복합체로서 상호간에 통신을 하는 다중 에이전트의 구조를 가지게 된다.



[그림 2-3] 일반적인 다중 에이전트 시스템 구조

다중에이전트를 구성하는 에이전트는 아래 상위 에이전트, 중간 에이전트, 하위 에이전트의 3개 수준으로 나눌 수 있다. 상위 에이전트는 외부 환경으로부터 명령을 입력받는 것을 포함하여 내부 환경으로부터 정보를 전달받아 처리과정을 통해 내부의 하위 에이전트에게 명령을 주는 역할을 한다. 중간 에이전트는 상위 에이전트와 내부의 환경으로부터 정보를 받아 하위 말단의 개별 에이전트에게 명령을 주고 하위 에이전트는 내부 및 외부환경과 중간 에이전트로부터 정보를 전달받아 외부 환경에 영향을 주거나 직접 행동으로 반응하는 역할을 한다.⁷⁾

6) Jean-Dany. (1999). A Conceptual "Role-Centered" Model for Design of Multi-Agent Systems, Springer-verlag.; 이동준. (2007). 에이전트 기반 지휘통제 모의방법론 p.17. 재인용

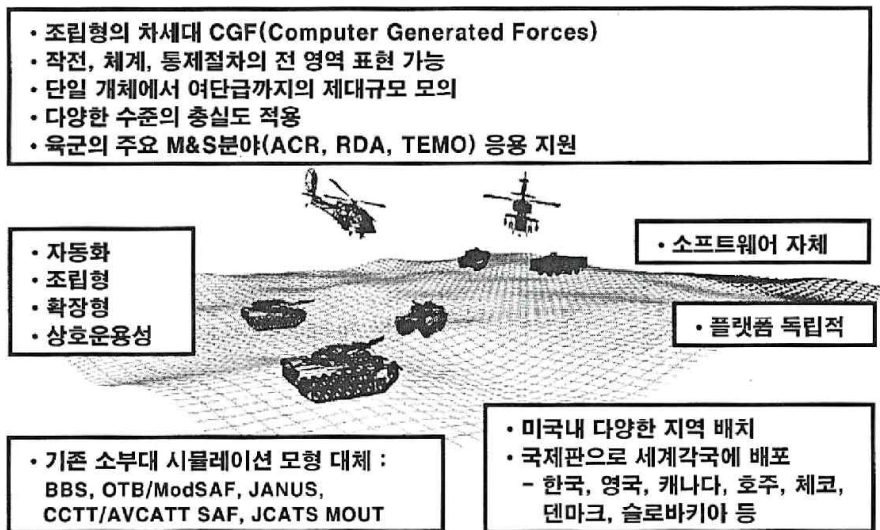
7) 이동준. 상계논문. p.17.

제 3 절 OneSAF 모델 분석

1) OneSAF 모형 개요

OneSAF 모형은 미 육군의 차세대, 조립형, 개체기반 시뮬레이션 체계로서, 첨단개념연구(ACR), 훈련, 연습 및 군사작전(TEMO), 연구개발 및 획득(RDA) 분야와 같은 다양한 M&S 영역에 대한 통합 시뮬레이션 서비스를 제공하기 위해 개발되었다. OneSAF 모형은 엄격히 말하면 단일 모형이 아니라 시뮬레이션을 수행하기 위한 기반체계를 모두 포함하는 하나의 통합 시뮬레이션 체계라고 할 수 있다.⁸⁾ OneSAF 모의 규모(모의 제대)는 소총수, 포 1문, 전차 1대와 같은 단일 개체에서 여단급 부대까지이다. OneSAF는 기존 여단급 이하의 시뮬레이션 모형 및 SAF를 대체하기 위해 개발되었기 때문에 부대단위 운용을 기초로 하는 대부대 모형이 아니라 개별 개체의 특성(물리적 및 전술적)을 상세히 모의하는 소부대 모형의 방식을 따른다.⁹⁾

OneSAF의 특성을 종합적으로 표현하면 다음 [그림 2-4]와 같다.



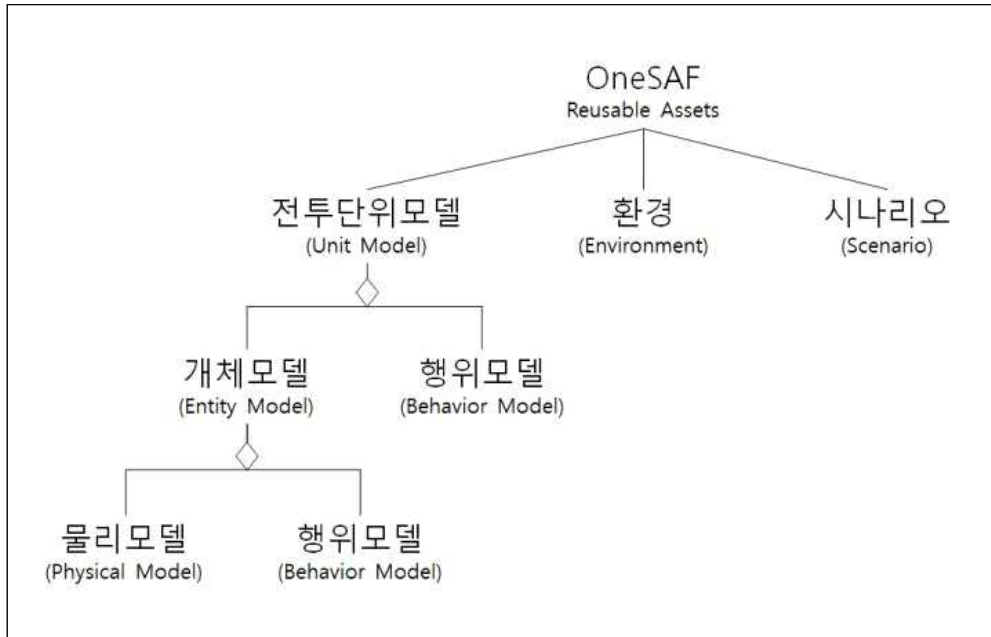
[그림 2-4] OneSAF 특성

8) 문형곤 외 2명. (2008). 『OneSAF 모형 도입/실용화(I)』. 한국국방연구원.

9) 상계서. p.45.

2) OneSAF 모델 구조

[그림 2-5]는 OneSAF모델 구조를 보여주고 있다.¹⁰⁾



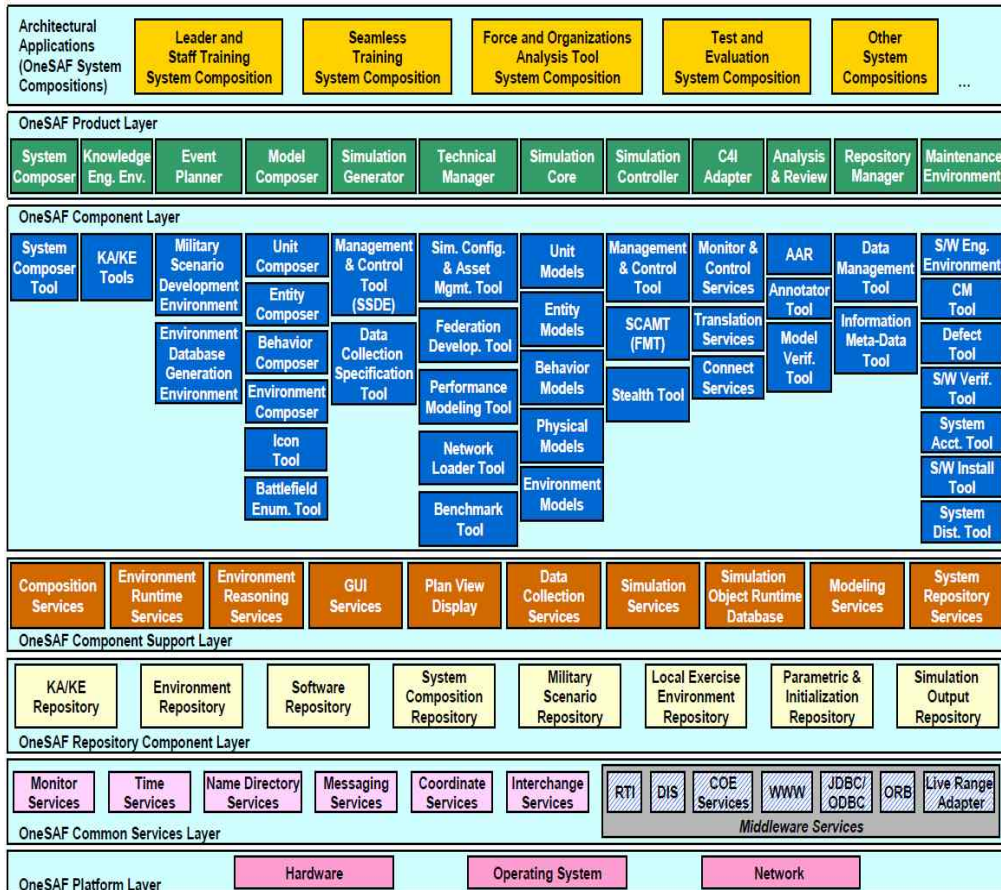
[그림 2-5] OneSAF 모델 구조

OneSAF의 모델 구조는 크게 전투단위모델과 환경, 시나리오로 구성되어 있으며 전투단위모델은 개체모델과 행위모델로 나뉜다. 개체모델은 다시 물리모델과 행위모델로 나눌수 있다.

10) 김태섭 외 3명. (2010). 무기체계 분석을 위한 모의엔진 아키텍처 연구.

3) OneSAF 아키텍처

다음 [그림 2-6]은 OneSAF 아키텍처(The Product Line Architecture Framework) 이다.¹¹⁾



[그림 2-6] The Product Line Architecture Framework

11) <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a501150.pdf>. One Semi-Automated Forces. John Logsdon, Deputy Pm. OneSAF Dave Nash, Ph.D. Mike Barnes.

4) 에이전트 객체 구성요소

아래 [표 2-2]는 에이전트 객체 구성요소에 대한 설명이다.¹²⁾

[표 2-2] 에이전트 객체 구성요소

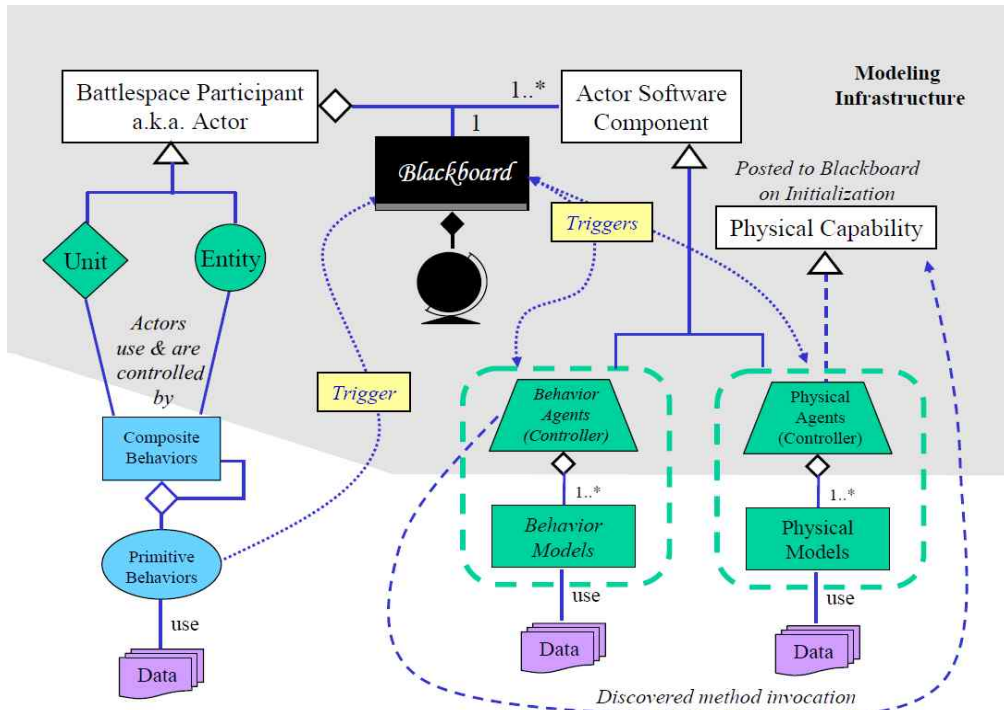
구성요소	설명
부대(Unit)	전장에 참여하는 부대단위
개체(Entity)	전장에 참여하는 장비나 인원단위
Component	Unit이나 Entity의 임무를 구현한 S/W
Black Board	에이전트나 외부환경과의 메시지 전달 방식
전장참여자 (에이전트)	다른 말로 에이전트나 Actor로도 불리고, 부대(Unit)나 개체(Entity)로 구성된다.
Simulation Engine	시뮬레이션을 지원하는 SW로 이벤트 스케줄링이나 시간 관리, 공유 메모리를 관리한다.
행위에이전트	행위모델이 수행하는데 있어 스스로 결정해야 할 부분을 결정
물리에이전트	물리모델이 수행하는데 있어 스스로 결정해야 할 부분을 결정
행위 모델	임무보다 작은 단위의 행위
물리 모델	행위모델의 데이터나 알고리즘의 집합

전장참여자(에이전트), Actor는 부대(Unit)와 개체(Entity)로 구성된다. 부대는 전장에 참여하는 부대 단위이고, 개체(Entity)는 전장에 참여하는 장비나 인원을 말한다.

12) <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a501150.pdf>. One Semi-Automated Forces. John Logsdon, Deputy Pm. OneSAF Dave Nash, Ph.D. Mike Barnes.

5) OneSAF의 모델링 개념

[그림 2-7]은 OneSAF의 모델링 개념을 보여주는 그림이다.¹³⁾



[그림 2-7] The OneSAF Agent Architecture

전장 참여자(battlespace participant)는 액터(actor)라고도 불리며 부대(unit)와 개체(entity)로 구성된다. 단위 컴포넌트는 행위와 물리적 기능을 구분하여 행위모델과 물리모델로 분할하고, 각각 행위모델을 수행하는 행위 에이전트와 물리모델을 수행하는 물리에이전트로 구성한다. 각 단위 컴포넌트가 지닌 행위와 물리적 특성은 데이터를 사용한다. 블랙보드(Blackboard)는 액터와 타 액터와의 상호작용을 위하여 활용된다. 블랙보드는 다른 액터에게 보낼 메시지나 상태와 같은 데이터를 기록하는 역할을 한다.

13) <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a501150.pdf>. One Semi-Automated Forces. John Logsdon, Deputy Pm. OneSAF Dave Nash, Ph.D. Mike Barnes.

6) OneSAF의 모의핵심 구성요소¹⁴⁾

다음 [표 2-3]은 모의핵심 컴포넌트를 설명한다.

[표 2-3] 모의핵심 컴포넌트

구성요소	설명
부대모델 (Unit Model)	군사조직이나 부대구조 모델
개체모델 (Entity Model)	전투원, 무기체계, 지휘소 등의 모델
행위모델 (Behavior Model)	개체 및 부대에 적용되는 행위의 표현
물리모델 (physical Model)	전투체계, 작용환경, 타 체계와 상호작용 등에 대한 수학적 표현
환경모델 (Environment Model)	정적 및 동적 환경의 표현

부대모델은 조직이나 부대와 같이 구조적인 모델이고, 개체모델은 전투원이나 전차, 화포 등 무기체계, 지휘소 등 개별적으로 표현 가능 한 모델이다.

행위모델은 부대모델과 개체모델에 적용되는 행위를 정의한 것이고, 물리모델은 알고리즘 또는 데이터 등 수학적인 표현을 말한다.

환경모델은 정적 및 동적 환경의 표현이다.

14) 문형곤 외 2명, 전제서.

제 4 절 C4ISR 분석모델 분석

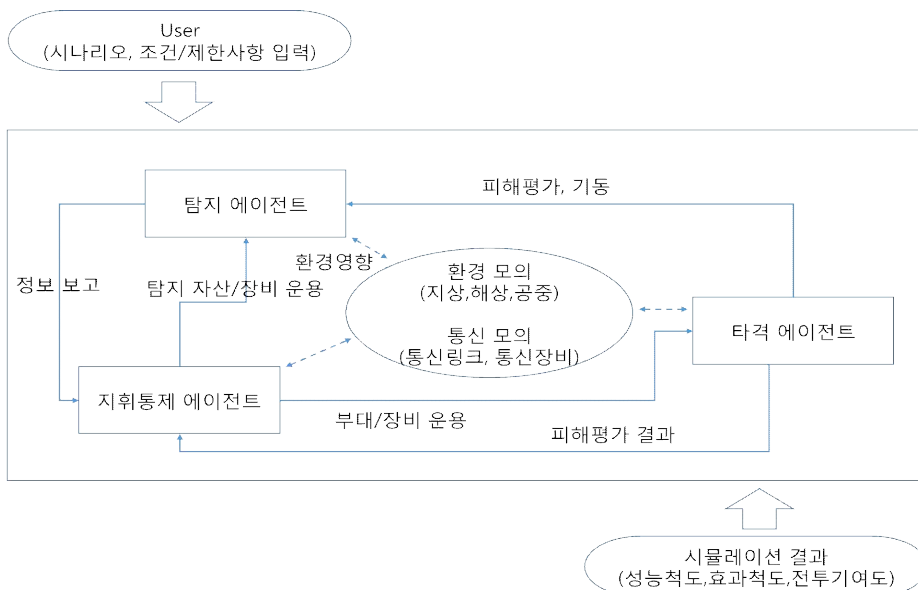
1) 멀티 에이전트 기반의 C4ISR 분석모델 프레임워크

C4ISR 분석모델의 각각의 모의범위(Scope)와 모의수준(Level of Detail)은 모델의 활용목적과 용도에 의해 정해지는데 이 모델은 모델 운용 및 분석관이 대안별 시나리오와 DB를 입력하고 시뮬레이션을 통해 모의결과를 얻게 된다. 모의결과는 분석요구에 의해 C4ISR체계의 임무효과, 운용효과, 체계성능을 제공한다.

따라서 각 에이전트는 각 체계 별로 구분하여 실체계가 가지고 있는 기능을 속성과 행위특성에서 갖게 되고 부대, 플랫폼, 다른 C4ISR 에이전트와 결합하여 모델링된다.

모의자산이란 시뮬레이션하는 동안 운용되는 모의객체로서 장비단위로 운용되는 C4ISR 각각의 장비체계와 개념을 분리하여 용어를 사용한다. 즉 모의 자산은 플랫폼, 부대 등이다.¹⁵⁾

아래 [그림 2-8]은 C4ISR분석모델의 운용개념도이다.



[그림 2-8] 에이전트 기반의 C4ISR 분석모델 운용개념도

15) 김영숙, 전개논문, p.49.

탐지자산의 주요 임무는 센서 장비가 탑재된 자산을 운용하여 표적을 탐지하고 획득한 정보를 보고하는 것이다. 단위 기능은 센서 장비와 자산의 운용, 표적탐지, 표적은폐, 전자전 기능이 포함된다. 전자전 장비체계는 모델 개발 특성상 탐지 장비체계에 포함하여 모델링 대상으로 한다. 또한 표적의 은폐 정도는 탐지 결과에 심대한 영향을 미치므로 표적의 은폐 특성도 탐지모의 분야에서 모델링하는 대상으로 한다.

지휘통제모의는 탐지자산으로부터 보고 받은 정보와 지휘통제 운용체계로부터 전송된 정보에 기반 하여 지휘결심하고 그 결과를 타격자산으로 명령을 하달한다. 지휘통제 모의에서는 장비의 전술적 운용을 지휘통제 하는 기능에 대한 모의가 필요하므로 지휘소를 모의하여 전술적 운용을 모의에 포함한다. 전술은 운용자에 의해 시나리오로 지정하고, 장비의 기본적인 운용절차 등은 자동적으로 수행하도록 모의한다. 군사정보체계, 지휘통제체계, 전투지휘체계 등 지휘통제를 위해 운용되는 체계는 지휘통제모의에 포함한다. 지휘통제모의는 지휘소와 운용체계로 분리하고, 지휘소는 첩보 수집, 정보융합, 상황판단, 명령 작성 등의 세부 기능을 갖는다.

타격/교전모의는 타격장비가 탑재된 자산을 운용하여 표적을 타격하고 그에 따른 피해효과 및 교전상황을 모의하여 그 결과를 보고한다. 지상, 해상 및 공중 작전을 수행하는 무기체계로 구분하고, 각 무기체계는 기동, 교전상황, 피해평가, 작전지속지원을 중점적으로 모의하여 임무, 운용효과와 체계성능이 교전을 통해 나타나는 현상을 모의한다. 기본적인 전장상황을 조성하는 분야로서 C4ISR체계의 운용현장을 모의한다.

주요 모의대상이 운용되는 환경에 대한 모의가 필요하다. 이는 지상, 공중, 해양, 우주환경 등 자연적 환경과 통신, 전장상황 등 물리적 환경을 모의하며 특히 탐지자산과 타격자산 각 체계의 기동과 성능에 미치는 영향이 포함되어 모의한다.

각 에이전트 간에는 명령전달, 정보보고, 전장상황 전파 등 상호작용을 수행한다.¹⁶⁾

16) 김영숙. 전계논문. p.50.

지휘통제 에이전트는 탐지 에이전트와 타격 에이전트에게 탐지 운용 명령 및 타격 명령을 하달하고, 탐지 에이전트는 획득한 탐지 정보를 보고하고, 타격 에이전트는 교전을 통한 피해평가 결과를 보고한다. 에이전트간의 상호작용에는 환경요소와 통신지연/품질에 따른 영향도가 작용하게 된다.¹⁷⁾

2) 멀티 에이전트 기반의 객체 에이전트 모델링 : 탐지 에이전트 모델링

탐지자산 모의는 전장상황 속에서 적의 전력과 작전을 파악하여 선제타격과 방어를 목적으로 정찰부대가 보유한 탐지자산의 기능과 특성에 따른 첩보를 수집, 분석 및 보고하는 등의 정보 상황을 묘사하기 위해 모의된다.

에이전트 기반으로 탐지자산을 모델링하면, [그림 2-9]와 같이 먼저 탐지자산이라는 상위 에이전트를 모델링하는 것으로부터 시작한다. 탐지 에이전트는 센서, 기동, 지능, 명령수신/보고, 전자전 등의 특성을 지니고 있으며, 이러한 특성을 각각 하위 에이전트로 구성한다.¹⁸⁾



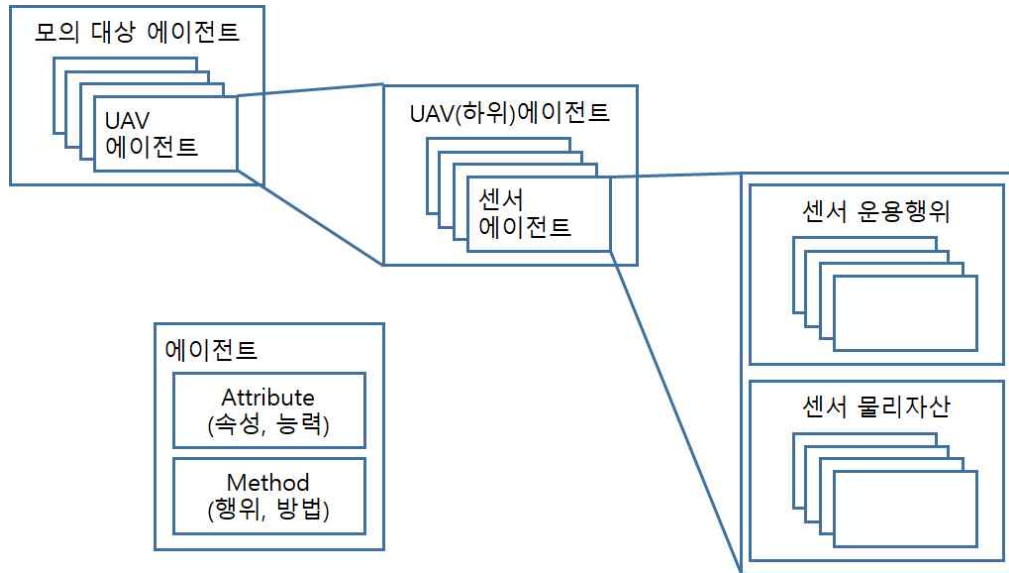
[그림 2-9] 탐지자산 에이전트 구성도

17) 김영숙, 전개논문, p.50.

18) 상계논문, pp.51-52.

각 하위 에이전트는 운용절차 및 교리를 모의하는 행위모델과 장비 자체의 물리적 특성과 능력을 모의하는 물리모델로 구분하여 모델링한다.¹⁹⁾

[그림 2-10]은 탐지자산(UAV) 에이전트의 계층 구조를 나타낸다.²⁰⁾



[그림 2-10] 탐지자산(UAV) 에이전트의 계층 구조

에이전트의 계층 구도를 보면, 모의 대상 에이전트 중 UAV 에이전트는 하위 에이전트를 포함하며, UAV 에이전트의 하위 에이전트중 센서 에이전트는 센서 운용행위와 물리자산을 포함한다. 에이전트는 Attribute와 Method를 포함한다.

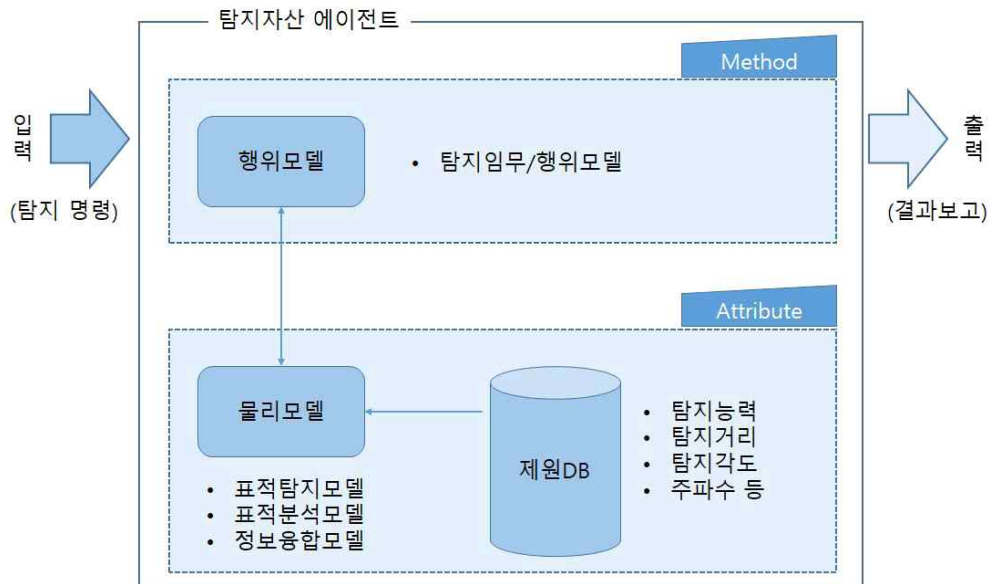
본 연구에서는 위와 같은 다중 에이전트의 계층 구조를 활용하여 설계, 제시 할 것이다.

19) 김영숙, 전개논문, p.51.

20) 상계논문, p.52.

아래 [그림 2-11]은 탐지 에이전트의 모델링에 대한 그림이다.

행위모델은 시나리오에 의하여 외부와의 입·출력이 발생하며, 내부적으로 물리모델과의 상호작용이 발생한다. 장비별 제원을 데이터베이스로 관리하여야 하며, 물리모델은 제원DB를 참조하여 각 장비별 특성을 구현한다. 물리모델과 제원 DB가 에이전트의 속성을 나타내게 된다.



[그림 2-11] 탐지 에이전트 모델링

예를 들면, 무인기(UAV)에서 센서 에이전트의 경우, 센서의 행위모델은 전장 상황속에서 임무와 상황을 인식하고 전술 및 교리에 기반하여 센서의 운용을 결정하는 과정으로 운용개념에 기반한 센서의 운용행위를 시나리오에 따라 모델링한다. 반면, 센서의 물리모델은 장비에 대한 운용명령에 의해 장비 시작, 운용, 종료에 이르는 일련의 장비 자체의 운용 절차에 따라 물리장비의 작동을 모델링하는 것이다. 센서의 운용 행위에 대한 에이전트 모델링은 센서의 운용절차와 행위에 대한 논리적 알고리즘을 적용한 모델링이 될 수 있다.²¹⁾

21) 김영숙, 전개논문. p.53.

제 3 장 합동화력시뮬레이터의 모의논리

제 1 절 합동화력시뮬레이터

제 3 장에서는 합동화력 시뮬레이터의 모의논리를 설명하기 위하여 체계 설명에서부터 모의논리 구조에 관하여 기술하였다.

1) 체계 개요

합동화력시뮬레이터는 관측장교(초군반, 중·고급반), 중·소대장, 적지중심 작전요원(군단특공, 사단·연대 수색), 특전사 JFO, JTAC등 전방관측자(FO)들이 실제 전장과 유사한 환경에서 화력유도훈련이 가능하도록 인원 및 포병, 전차, 장갑차 등 다양한 형태의 표적을 작전지역 지형과 주/야간 및 기상조건 하에서 묘사함으로써 현장감 있는 훈련이 가능토록하고, 다양한 탄약의 종류 및 화력수단 (포병, 육군 항공, 전술 항공, 함포 등)의 유도 및 통제 훈련이 가능토록 개발하며 야전부대에서 운용하고 있는 실제 관측 장비와 유사한 모의 관측 장비를 개발하여 시뮬레이터와 연동하여 표적획득 및 화력유도 훈련을 가능토록 한다.

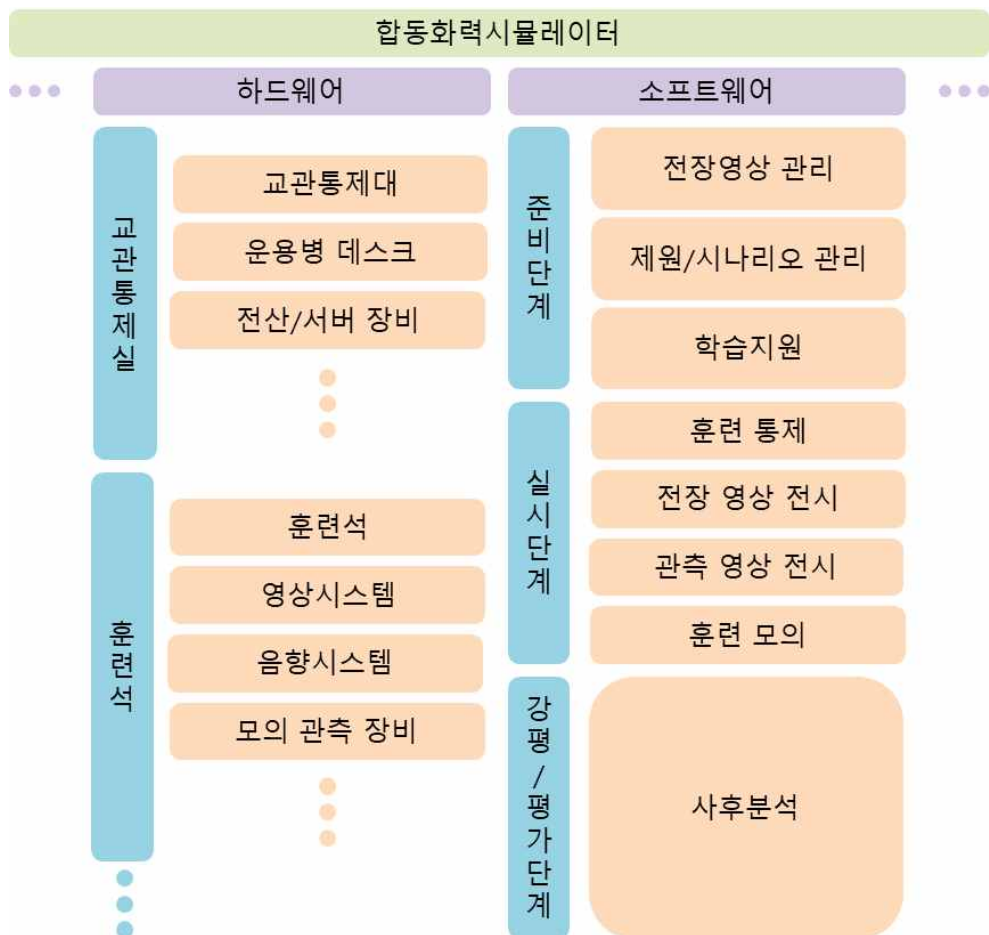
[그림 3-1]은 합동화력시뮬레이터의 개략적인 운용개념을 나타낸다. 교육생(FO)은 전장 화면에 있는 표적을 관측하여 표적획득 후 교관(FDC)에게 사격요청을 하고, 교관은 적절한 사격지휘를 명령한다. 이후 다시 관측하여 수정사격 및 차후사격 등 위 과정을 반복한다.



[그림 3-1] 운용개념

2) 체계 구성

합동화력시뮬레이터의 체계 구조는 [그림 3-2]와 같다. 체계는 하드웨어와 소프트웨어로 구성되어있으며, 하드웨어는 크게 교관통제실, 교육장 등으로 구분하고, 세부적으로 교관통제대, 운용병 데스크, 전산/서버 장비, 훈련석, 영상시스템, 음향시스템, 모의 관측 장비 등의 체계 구성 항목으로 구성된다. 소프트웨어는 훈련 준비 단계, 훈련 실시 단계, 강평/평가 단계로 구분하고, 단계별로 총 8개의 체계 구성 항목으로 구성되어 있고, 본 연구에서는 8개의 소프트웨어 항목 중 훈련모의의 구조를 더 자세히 살펴본다.

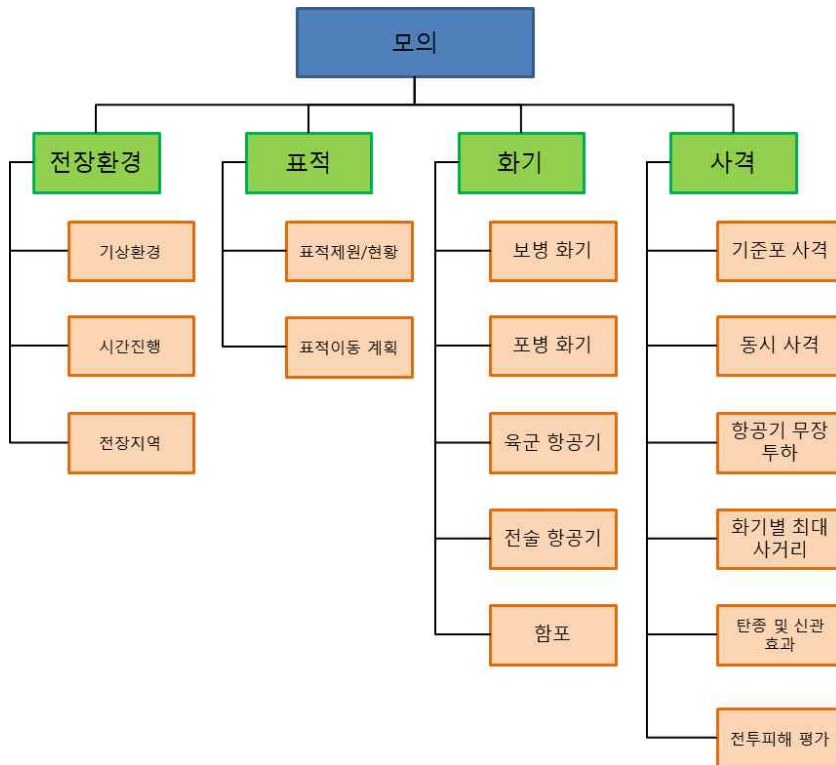


[그림 3-2] 체계 구조

제 2 절 모의논리 구조

1) CSCI 구조

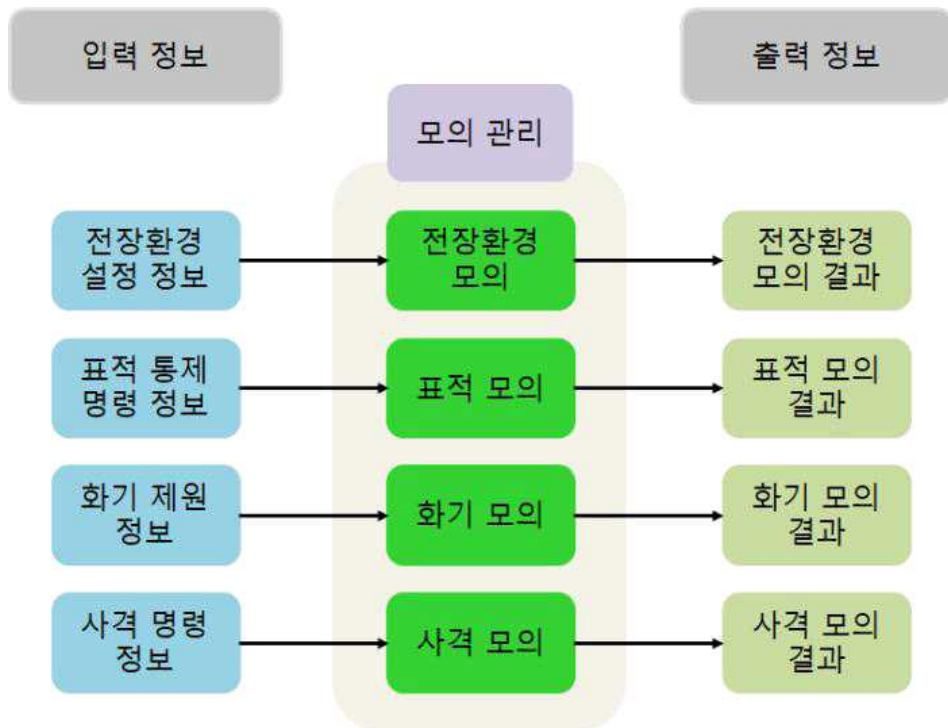
아래 [그림 3-3]는 운용 요구사항을 시스템 요구사항으로 도출 후 요구사항을 종합하여 만든 합동화력시뮬레이터 모의도구의 CSCI 구조이다. 그림을 보면 CSC로 전장환경, 표적, 화기, 사격으로 식별하였다. 전장환경은 전장의 기상환경과 시간진행, 전장지역 모의를 담당하고, 표적에서는 표적의 제원과 표적의 이동을 담당한다. 화기에서는 아군 화기의 제원 및 정보를 사용하여 화기를 모의한다. 화기의 종류에는 보병화기, 포병화기, 육군 항공기, 전술 항공기, 함포가 있다. 사격에서는 포병의 사격과 항공기 무장투하, 화기별 최대 사거리, 탄종 및 신관 효과, 전투피해 평가로 구성 되어 있으며, 이를 통해 각 아군 화기의 사격과 그에 따른 표적의 피해 평가를 담당한다.



[그림 3-3] 모의도구의 CSCI 구조

2) 정보 흐름

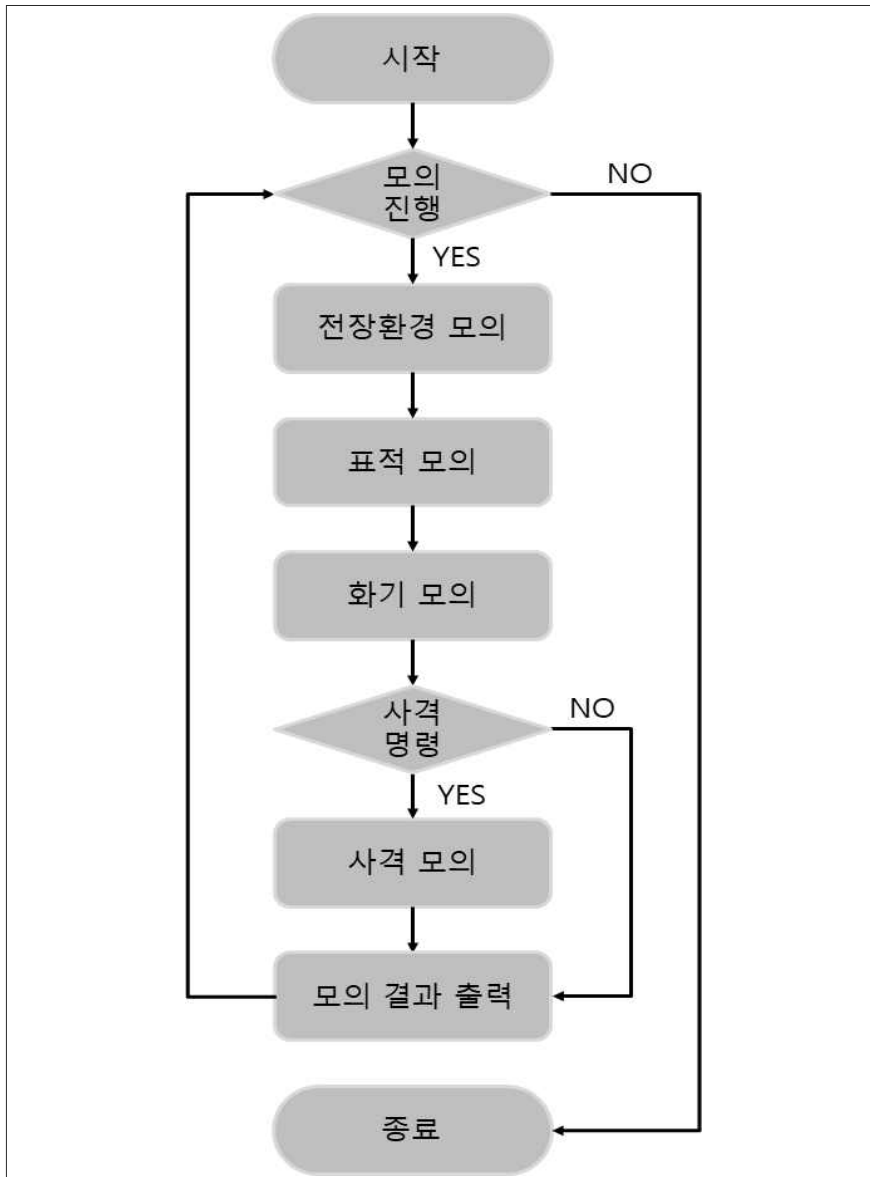
모의와 관련된 정보의 흐름은 아래 [그림 3-4]와 같다. 전장환경 설정 정보가 입력되면 전장환경 모의를 하고, 전장 환경 모의결과 정보가 출력된다. 표적 통제 명령 정보가 입력되면 표적을 모의하고, 표적 모의 결과가 출력된다. 화기 제원 정보가 입력되면 화기를 모의하고, 화기 모의 결과가 출력된다. 사격 명령 정보가 입력되면 사격을 모의하고, 사격 모의 결과가 출력된다.



[그림 3-4] 모의도구의 정보 흐름

3) 실행 개념

모의도구의 실행 개념은 아래 [그림 3-5]와 같다. 모의 시작 후 전장환경 경과 표적, 화기를 모의 하고 사격 명령이 있다면 사격 모의를 한 후 모의결과를 출력하고, 없다면 바로 모의결과를 출력한다. 모의 진행 거부 정보가 발생할 때 까지 위 실행은 무한 반복된다.



[그림 3-5] 모의도구의 실행 개념도

제 3 절 분석 결과

합동화력시뮬레이터는 작전운용성능에 따라서 전방관측자와 사격지휘소가 시뮬레이터를 운용하는 실제 인원(교육생 및 교관)의 역할로 설계되어 개발되었기 때문에, 모의논리의 범위 및 실행개념 등이 매우 한정적으로 설계되어 있었다.

본 연구에서는 제 4장 에이전트 기반의 모의논리 설계 방안에서 모델 설계를 제시함에 있어, 보다 포괄적이고, 다양한 예를 제시하기 위하여 합동화력시뮬레이터의 모의논리를 토대로 전방관측자와 사격지휘소를 에이전트로 포함해 설계하려 한다.

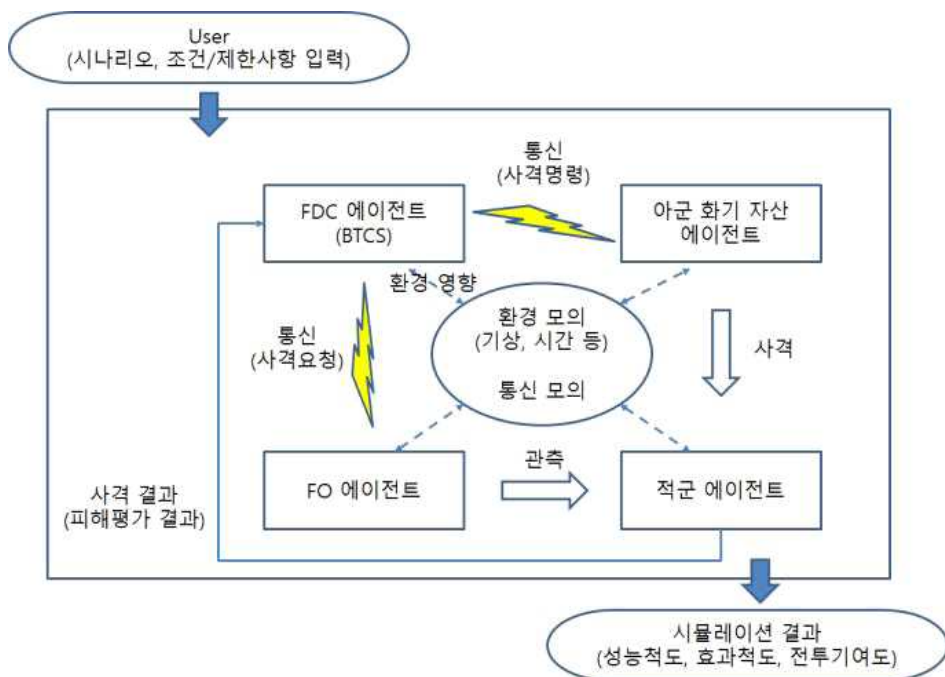
제 4 장 에이전트 기반 모델링 설계방안

제 1 절 전방관측임무 모델의 프레임워크

1) 전방관측임무 모델의 운용개념

본 연구에서는 합동화력시뮬레이터의 사업 특성상 교육생의 교육 범위로 식별되어 개발 항목에서 제외되어 있던 감시, 정찰(SR)과 교육진행을 위하여 교관의 판단 및 자율적 진행의 범위로 식별되어 개발 항목에서 제외되어 있던 사격지휘소의 개념을 추가하여, 시뮬레이터를 전방관측임무 모델이라는 가상의 모델로 설계한다.

전방관측임무 모델의 운용개념을 도식화하면 [그림 4-1]과 같다.



[그림 4-1] 전방관측임무 모델의 운용개념

전방관측임무 모델의 모의 에이전트는 적군 에이전트, FO 에이전트, FDC(BTCS 포함) 에이전트, 아군 화기 에이전트, 통신 에이전트로 구성 되어 모의된다.

적군 에이전트는 적 표적의 기동과 아군 화기의 사격에 따른 대응(은폐, 엄폐, 이동 계획 변경, 기동 속도 변경 등)을 모의한다.

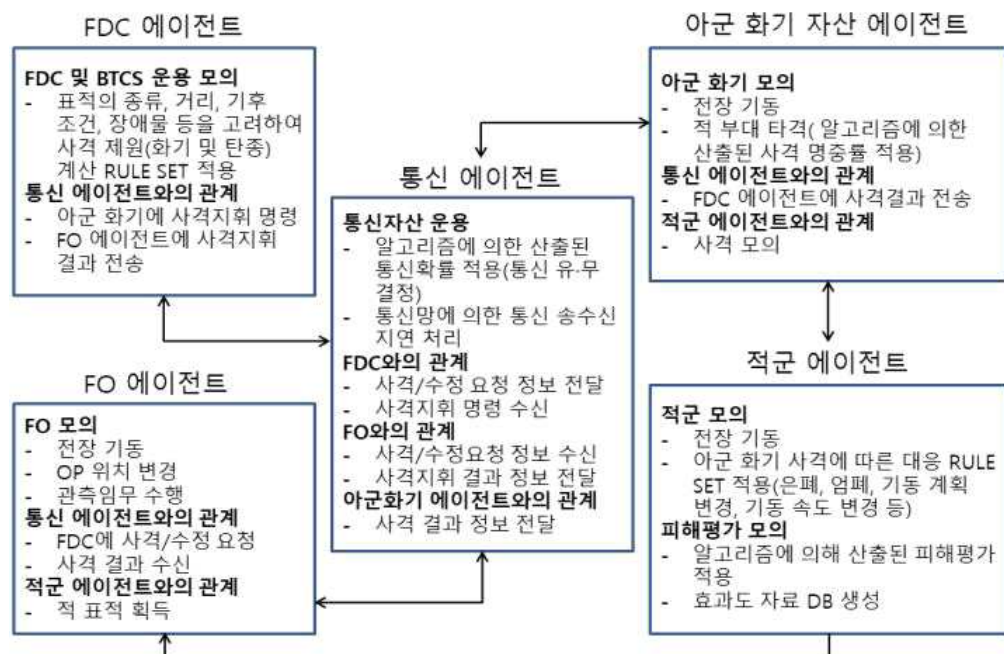
FO 에이전트는 전장을 기동하여 OP의 위치를 변경하며 관측임무 최적의 위치를 찾고, 관측임무를 수행하여 FDC 에이전트에게 육군, 항공지원사격, 함포사격을 유도 및 수정 하며 전방의 관측정보를 보고한다.

FDC 에이전트는 전방관측자에게 사격요청을 받아 거리, 기후조건, 장애물 등을 고려하여 계산 후, 사격지휘를 수행한다.

아군 화기 자산 에이전트는 FDC 에이전트의 사격명령을 하달 받아 적 부대 타격을 수행한다.

통신 에이전트는 통신 중계소를 모의하여 통신의 지연이나 통신의 성공 유·무를 결정한다.

아래 [그림 4-2]는 에이전트 간의 관계를 나타낸 그림이다.



[그림 4-2] 전방관측임무 모델의 에이전트 간의 관계도

제 2 절 에이전트 모델링

1) FO 에이전트 모델링

FO의 모의는 전장에서 적의 전력을 가장 먼저 탐지하여 선제 타격과 방어를 목적으로 전방관측자의 임무를 수행하는 것을 묘사하기 위해 모의 된다.

FO의 모의를 위해서는 기본적으로 실제 전장 상황과 유사한 적 표적과 지형, 기상 등이 기본적으로 구성되어야 하며, 관측정보를 수집하여 통신체계를 통해 FDC에게 보고하는 과정이 모델링 되어야 한다.

FO 에이전트는 기동, 관측, 통신 등의 특성을 지니고 있으며, 이러한 특성을 각각 하위 에이전트로 구성한다.

FO 에이전트의 구성은 아래[그림 4-3]과 같다.



[그림 4-3] FO 에이전트 구성

제 2장 제 3절 OneSAF 모델 분석에서 설명한 [표 2-2] 에이전트 객체 구성요소에서 행위 모델은 임무보다 작은 단위의 행위이며, 물리모델은 행위 모델의 데이터나 알고리즘의 집합이라고 정리되어있다.

또한 [표 2-3] 모의핵심 컴포넌트에서는 행위모델은 개체 및 부대에 적용되는 행위의 표현이며, 물리모델은 전투체계, 작용환경, 타 체계와 상호작용 등에 대한 수학적 표현이라고 정리되어 있다.

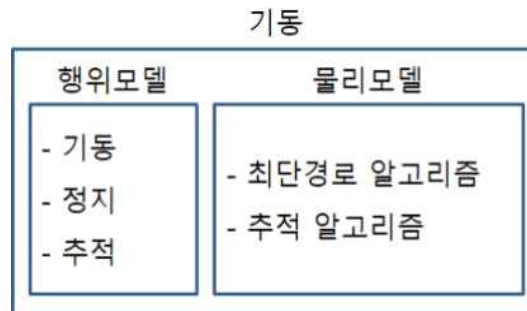
이를 토대로 정리하면 아래 [표 4-1]와 같이 행위모델은 개체 및 부대에 적용되는 행위의 집합이며, 물리모델은 행위모델의 데이터나 알고리즘의 집합으로 정의 할 수 있다.

[표 4-1] 에이전트 구성요소(행위모델과 물리모델)

구성요소	설명
행위모델 (Behavior Model)	개체 및 부대에 적용되는 행위의 집합
물리모델 (physical Model)	행위모델의 데이터나 알고리즘의 집합

FO 에이전트의 하위 에이전트 중 기동 에이전트의 행위모델과 물리모델을 상세히 구분한다면 아래 [그림 4-4]와 같다.

기동 에이전트는 FO 에이전트의 하위 에이전트로 전장에서 기동하는 것을 모의하는데, 행위모델로 FO 에이전트에 적용되는 행위의 집합으로는 기동, 정지, 추적 등이 있고, 행위모델의 데이터나 알고리즘의 집합인 물리모델은 최단경로 알고리즘, 추적 알고리즘 등이 있다.



[그림 4-4] 기동 에이전트 상세 구성

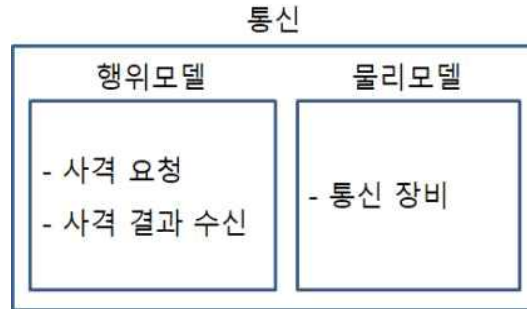
관측 에이전트를 상세히 구분한다면 아래 [그림 4-5]와 같다.

행위모델로는 장비 운용, 정보 분석, 정보 융합 등이 있고, 물리모델은 관측장비 제원, 장비 운용 절차, 정보 분석 알고리즘 등이 있다.



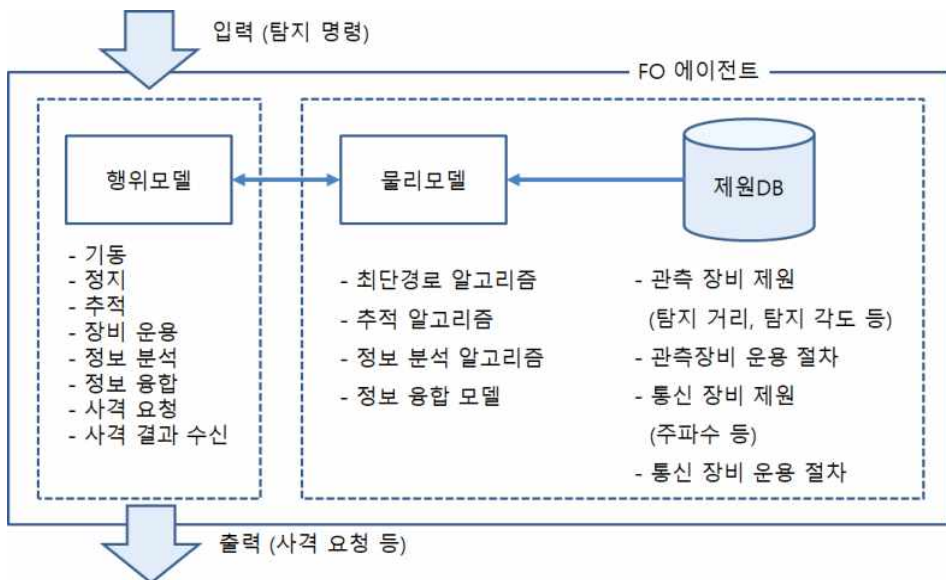
[그림 4-5] 관측 에이전트 상세 구성

통신 에이전트를 상세히 구분한다면 아래 [그림 4-6]과 같다. 행위모델로는 사격 요청, 사격 결과 수신이 있고, 물리모델은 통신 장비가 있다.



[그림 4-6] 통신 에이전트 상세 구성

[그림 4-7]은 FO 에이전트 내부 모델링에 대해 보여준다. 행위모델은 시나리오에 의하여 외부와의 입/출력이 발생하고, 내부적으로는 물리모델과의 상호작용이 발생한다. 관측 장비, 통신 장비의 제원을 데이터베이스로 관리하여야 하며, 물리모델은 이 데이터베이스를 참조하여 각 장비별 특성을 구현한다. 물리모델과 제원 데이터베이스가 에이전트의 속성을 나타내게 된다.



[그림 4-7] FO 에이전트 모델링

2) FDC 에이전트 모델링

FDC의 모의는 전방관측자의 사격 요청 정보를 분석하여, 아군의 화기에 타격 명령을 수행하는 것을 묘사하기 위해 모의 된다.

FDC의 모의를 위해서는 기본적으로 실제 사격 지휘소와 유사하게 모의해야 한다. 계산병의 계산속도, BTCS, 통신상태 등을 기본적으로 고려해야하며, 통신체계를 통해 관측정보를 송신하여 계산 과정을 거쳐, 대상이 되는 표적에 적합한 화기와 탄약, 신관을 선별하여 아군 화기 자산에 사격 명령을 하는 과정이 모델링 되어야 한다.

[그림 4-8]은 FDC 에이전트의 구성을 나타낸다.

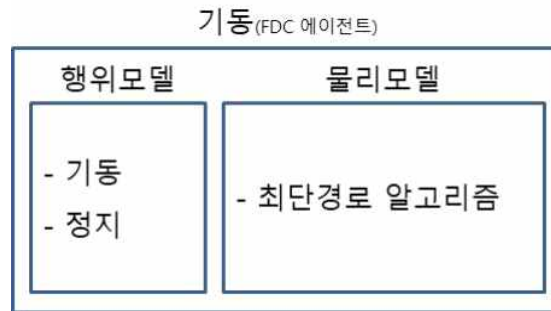
FDC 에이전트는 기동, 결심, 통신 등의 특성을 지니고 있으며, 이러한 특성을 각각 하위 에이전트로 구성한다.



[그림 4-8] FDC 에이전트 구성

FDC 에이전트의 하위 에이전트 중 기동 에이전트의 행위모델과 물리모델을 상세히 구분한다면 아래 [그림 4-9]와 같다.

기동 에이전트는 FDC 에이전트의 하위 에이전트로 전장에서 기동하는 것을 모의하는데, 행위모델로 FDC 에이전트에 적용되는 행위의 집합으로는 기동, 정지 등이 있고, 행위모델의 데이터나 알고리즘의 집합인 물리모델은 최단경로 알고리즘 등이 있다.



[그림 4-9] 기동 에이전트 상세 구성

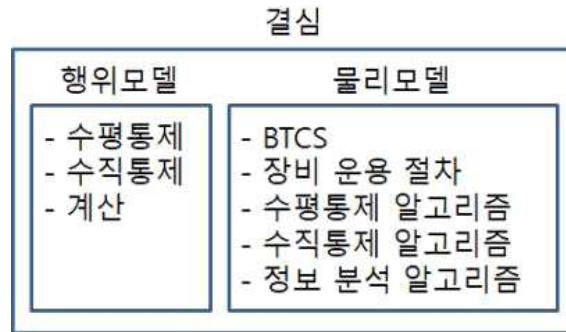
통신 에이전트를 상세히 구분한다면 아래 [그림 4-10]과 같다.

행위모델로는 사격 명령, 사격 결과 수신, 사격 결과 송신 등이 있고, 물리모델은 통신 장비 등이 있다.



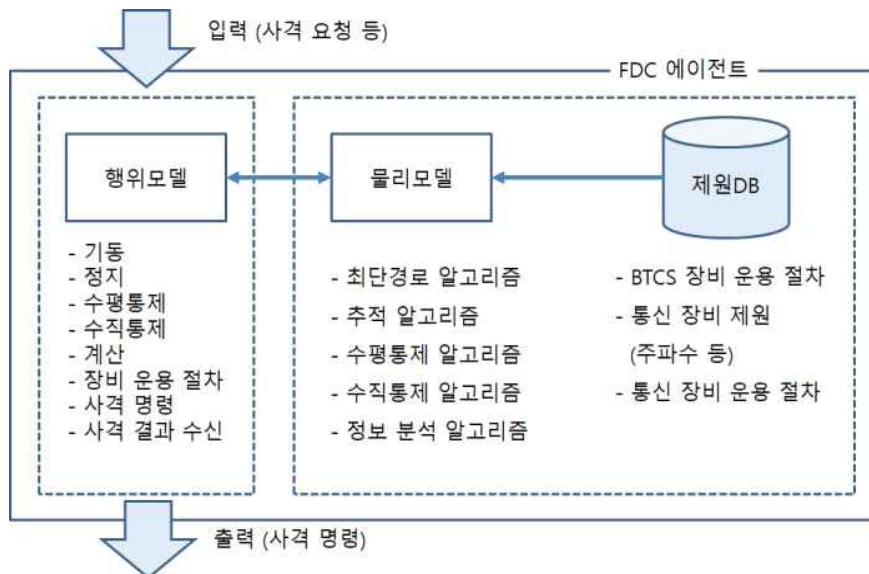
[그림 4-10] 통신 에이전트 상세 구성

결심 에이전트를 상세히 구분한다면 아래 [그림 4-11]과 같다. 행위모델로는 수평통제, 수직통제, 계산 등이 있고, 물리모델은 BTCS, 장비 운용 절차, 수평통제 알고리즘, 수직통제 알고리즘, 정보 분석 알고리즘 등이 있다.



[그림 4-11] 결심 에이전트 상세 구성

[그림 4-12]는 FDC 에이전트 내부 모델링에 대해 보여준다. 행위모델은 시나리오에 의하여 외부와의 입/출력이 발생하고, 내부적으로는 물리모델과의 상호작용이 발생한다. BTCS, 통신 장비의 제원을 데이터베이스로 관리하여야 하며, 물리모델은 이 데이터베이스를 참조하여 각 장비별 특성을 구현한다. 물리모델과 제원 데이터베이스가 에이전트의 속성을 나타내게 된다.



[그림 4-12] FDC 에이전트 모델링

3) 아군 화기 자산 에이전트 모델링

아군 화기 자산의 모의는 FDC의 사격 명령을 받아, 적 표적에 발포를 수행하는 것을 묘사하기 위해 모의 된다.

화기 자산 모의를 위해서는 기본적으로 실제 화기 체계와 같은 화기의 제원(최대 사거리, 이동 속도, 발사 속도 등)과, 부대 배치, 통신상태 등이 기본적으로 구성되어야 하며, 통신체계를 통해 사격 명령 정보를 송신하여 사격을 수행하는 과정이 모델링 되어야 한다.

[그림 4-13]은 아군 화기 자산 에이전트의 구성을 나타낸다.

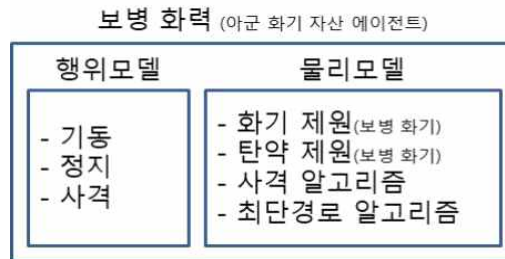
아군 화기 자산 에이전트는 육군 화력의 보병, 포병, 육군 항공 화력과 해군의 함포 화력, 공군의 전술 항공 화력의 특성을 지니고 있으며, 이러한 특성을 각각 하위 에이전트로 구성한다.



[그림 4-13] 아군 화기 자산 에이전트 구성

아군 화기 자산 에이전트의 하위 에이전트 중 보병 화력 에이전트의 행위 모델과 물리모델을 상세히 구분한다면 아래 [그림 4-14]와 같다.

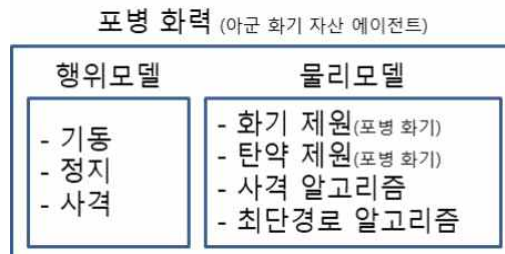
보병 화력 에이전트는 아군 화기 자산 에이전트의 하위 에이전트로 보병의 화력을 모의하는데, 행위모델로 기동, 정지, 사격 등이 있고, 물리모델은 화기 제원, 탄약 제원, 사격 알고리즘, 최단경로 알고리즘 등이 있다.



[그림 4-14] 보병 화력 에이전트
상세 구성

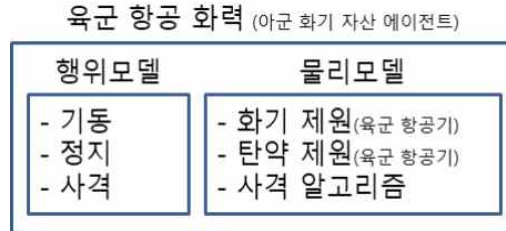
포병 화력 에이전트를 상세히 구분한다면 아래 [그림 4-15]와 같다.

행위모델로는 기동, 정지, 사격 등이 있고, 물리모델은 화기 제원, 탄약 제원, 사격 알고리즘, 최단경로 알고리즘 등이 있다.



[그림 4-15] 포병 화력 에이전트
상세 구성

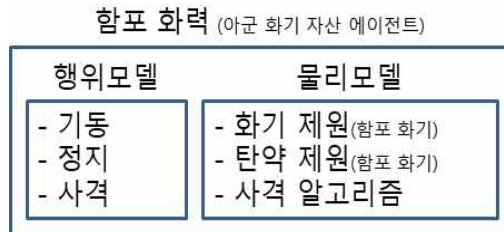
육군 항공 화력 에이전트를 상세히 구분한다면 아래 [그림 4-16]과 같으며, 행위모델로는 기동, 정지, 사격 등이 있고, 물리모델은 화기 지원, 탄약 지원, 사격 알고리즘 등이 있다.



[그림 4-16] 육군 항공 화력
에이전트 상세 구성

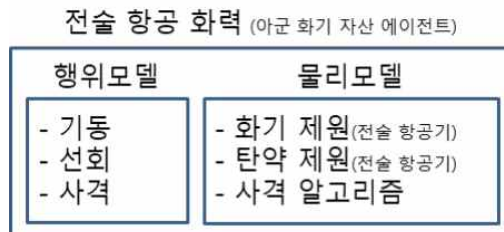
함포 화력 에이전트를 상세히 구분한다면 아래 [그림 4-17]과 같다.

행위모델로는 기동, 정지, 사격 등이 있고, 물리모델은 화기 지원, 탄약 지원, 사격 알고리즘 등이 있다.



[그림 4-17] 함포 화력 에이전트
상세 구성

전술 항공 화력 에이전트의 행위모델로는 기동, 선회, 사격 등이 있고, 물리모델은 화기 지원, 탄약 지원, 사격 알고리즘 등이 있으며, 아래 [그림 4-18]과 같다.



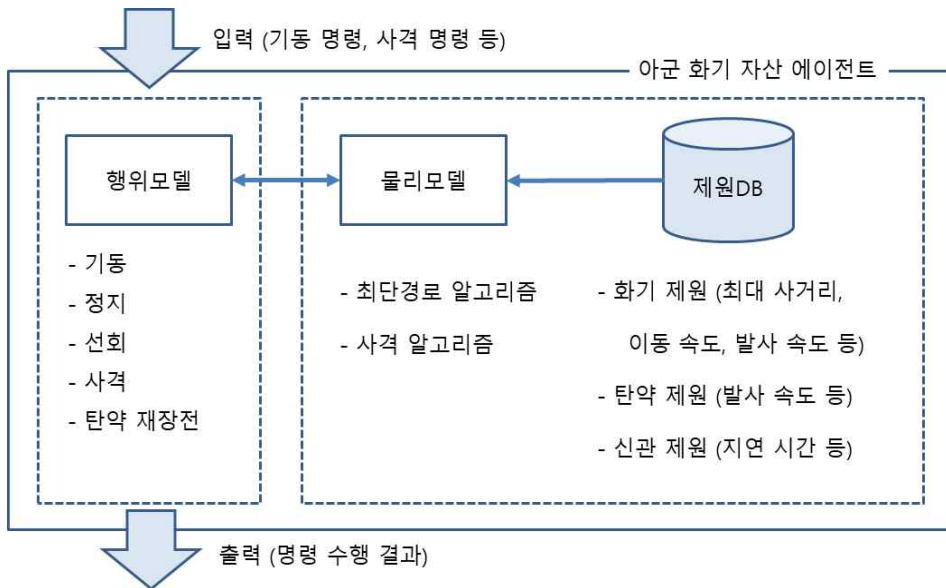
[그림 4-18] 전술 항공 화력
에이전트 상세 구성

아래 [그림 4-19]는 아군 화기 자산 에이전트 내부 모델링에 대해 보여 준다.

행위모델은 상위 에이전트의 기동 명령 및 사격 명령 등 각종 명령에 의하여 외부와의 입/출력이 발생하고, 내부적으로는 물리모델과의 상호작용이 발생한다.

각 화기에서 반복적으로 사용되는 제원인 제원, 탄약 및 신관의 제원은 각 화기마다 특성이 다르기 때문에 데이터베이스로 관리하여야 하며, 물리모델은 이 데이터베이스를 참조하여 각 화기별 특성을 구현한다.

물리모델과 제원 데이터베이스가 에이전트의 속성을 나타내게 된다.



[그림 4-19] 아군 화기 자산 에이전트 모델링

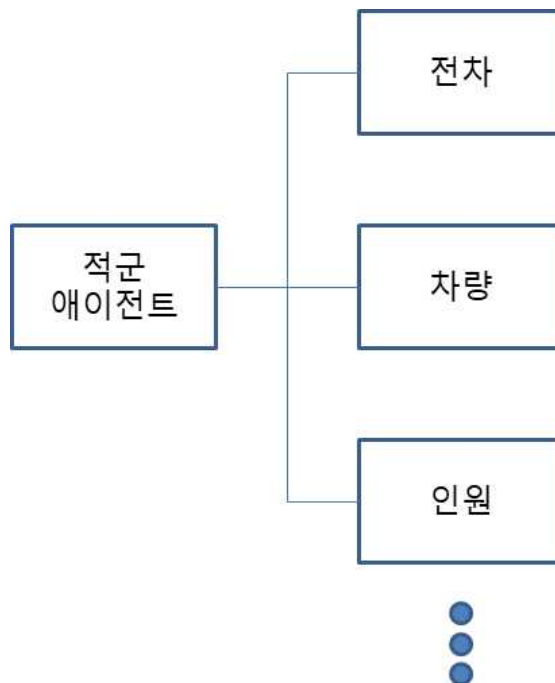
4) 적군 에이전트 모델링

적군 모의는 아군이 관측을 통하여 사격하는 것에 따라 은폐·엄폐, 기동 계획 변경, 기동 속도 변경 등 유기적으로 대응하는 것을 묘사하기 위해 모의된다.

적군을 모의하기 위해서는 실제 적군 자산의 제원(최대 이동속도, 방어력 등)이 기본적으로 구성되어야 하며, 적 전술을 적용하여 기본적인 기동 방법과 아군 사격 시 대응하는 과정이 모델링 되어야 한다.

[그림 4-20]은 적군 에이전트의 구성을 나타낸다.

적군 에이전트는 전차, 차량, 인원 등의 특성을 지니고 있으며, 이러한 특성을 각각 하위 에이전트로 구성한다.



[그림 4-20] 적군 에이전트 구성

적군 에이전트의 하위 에이전트 중 전차 에이전트의 행위모델과 물리모델을 상세히 구분한다면 아래 [그림 4-21]과 같다.

전차 에이전트는 적군 에이전트의 하위 에이전트로 적 전차를 모의하는데, 행위모델로 기동, 정지 등이 있고, 물리모델로 화기 제원, 최단경로 알고리즘 등이 있다.



[그림 4-21] 전차 에이전트 상세 구성

차량 에이전트를 상세히 구분한다면 아래 [그림 4-22]와 같다.

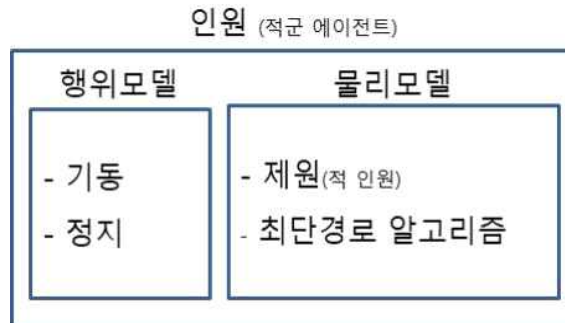
행위모델로는 기동, 정지, 등이 있고, 물리모델은 화기 제원, 최단경로 알고리즘 등이 있다.



[그림 4-22] 차량 에이전트 상세 구성

인원 에이전트를 상세히 구분한다면 아래 [그림 4-23]과 같다.

행위모델로는 기동, 정지, 등이 있고, 물리모델은 화기 자원, 최단경로 알고리즘 등이 있다.



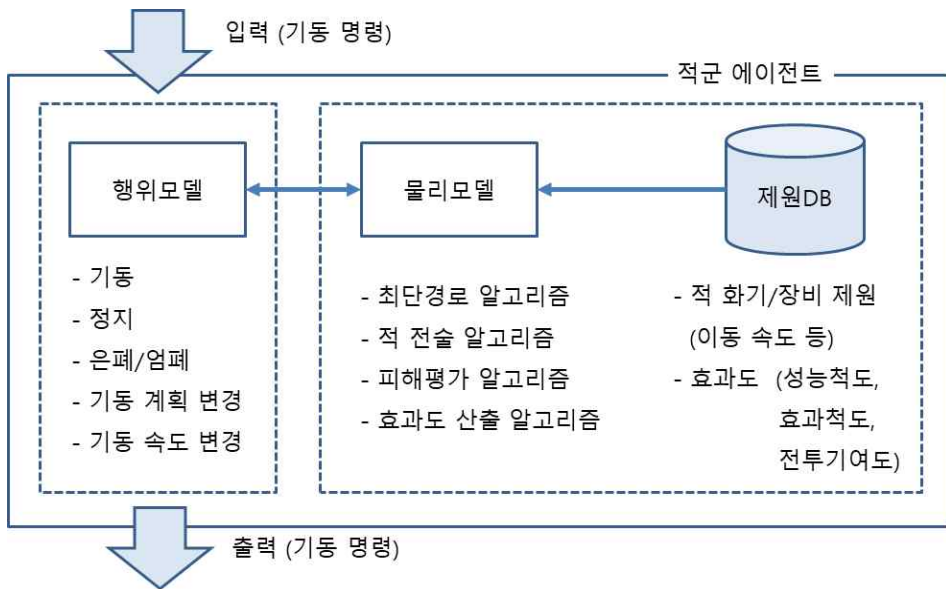
[그림 4-23] 인원 에이전트 상세 구성

[그림 4-24]는 적군 에이전트 내부 모델링에 대해 보여준다.

행위모델은 상위 에이전트의 기동 명령 등 각종 명령에 의하여 외부와의 입/출력이 발생하고, 내부적으로는 물리모델과의 상호작용이 발생한다. 아군 화기의 사격에 따라 피폭정보가 발생하며, 이 피폭정보가 피해평가 알고리즘에 의하여 피해평가가 이루어지게 된다.

산출된 값에 따라 성능척도, 효과척도, 전투기여도를 산출하여, 효과도 자료를 데이터베이스에 저장하고, 관리하여야 한다.

각 화기 및 장비의 제원을 데이터베이스로 관리하여야 하며, 물리모델은 이 데이터베이스를 참조하여 각 화기별 특성을 구현한다. 물리모델과 제원 데이터베이스가 에이전트의 속성을 나타내게 된다.



[그림 4-24] 적군 에이전트 모델링

5) 통신 에이전트 모델링

통신의 모의는 FO와 FDC의 무선통신 및 FDC와 각 포의 유선통신을 묘사하기 위해 모의 된다.

통신을 모의하기 위해서는 기본적으로 실제 통신 체계와 같은 통신 장비의 자원(통신 확률, 통신 송·수신 지연율 등)과, 통신망 배치 등이 기본적으로 구성되어야 하며, 통신망 개설 시간 등을 고려하여 모델링 되어야 한다.

[그림 4-25]는 통신 에이전트의 구성을 나타낸다.

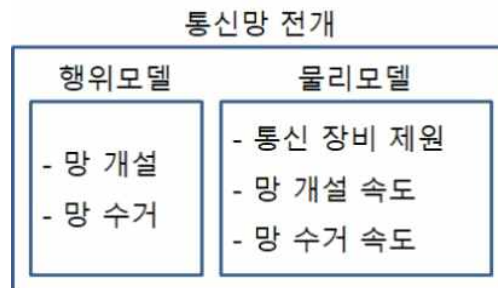
통신 에이전트는 망 전개, 통신 확률 등의 특성을 지니고 있으며, 이러한 특성을 각각 하위 에이전트로 구성한다.



[그림 4-25] 통신 에이전트 구성

하위 에이전트는 물리모델과 행위모델로 구분될 수 있으며, 통신 에이전트의 하위 에이전트 중 통신망 에이전트의 행위모델과 물리모델을 상세히 구분한다면 아래 [그림 4-26]과 같다.

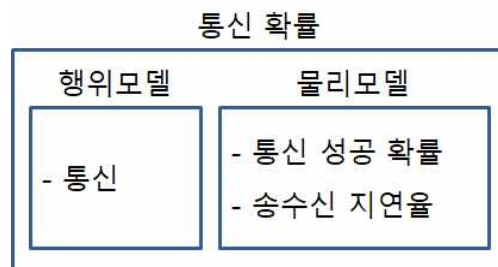
통신망 전개 에이전트의 행위모델로는 망 개설, 망 수거 등이 있고, 물리모델은 통신 장비 제원, 망 개설 속도, 망 수거 속도 등이 있다.



[그림 4-26] 통신망 전개 에이전트 상세 구성

통신 확률 에이전트를 상세히 구분한다면 아래 [그림 4-27]과 같다.

행위모델로는 통신 등이 있고, 물리모델은 통신 성공 확률, 송수신 지연율 등이 있다.



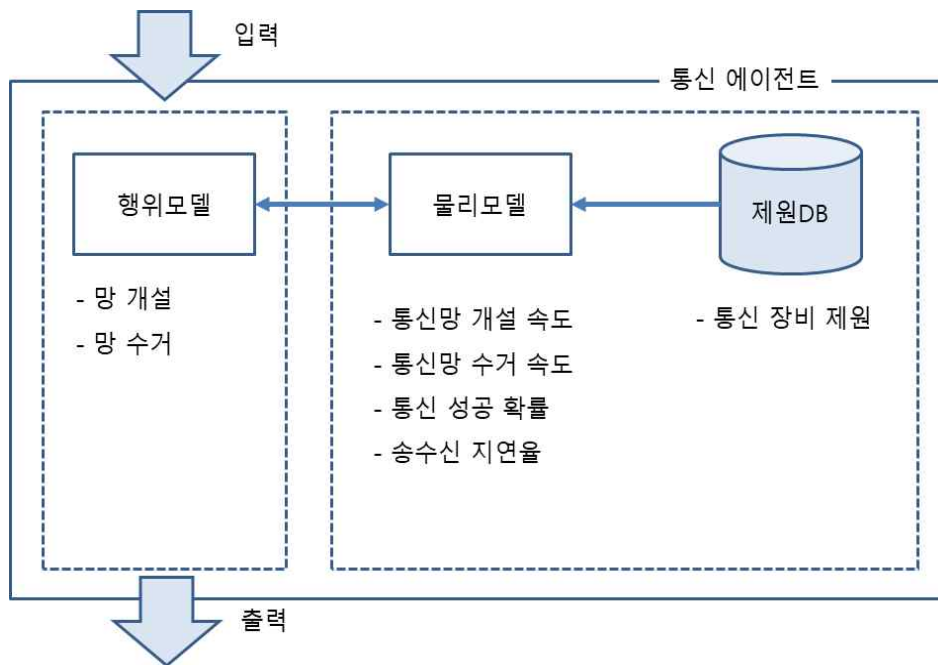
[그림 4-27] 통신 확률 에이전트 상세 구성

[그림 4-28]은 통신 에이전트 내부 모델링에 대해 보여준다.

행위모델은 상위 에이전트의 망 전개, 통신 확률 등에 의거하여 외부와의 입/출력이 발생하고, 내부적으로는 물리모델과의 상호작용이 발생한다.

통신 장비의 제원, 통신 확률 등을 데이터베이스로 관리하여야 하며, 물리모델은 이 데이터베이스를 참조하여 통신 장비의 특성을 구현한다.

물리모델과 제원 데이터베이스가 에이전트의 속성을 나타내게 된다.

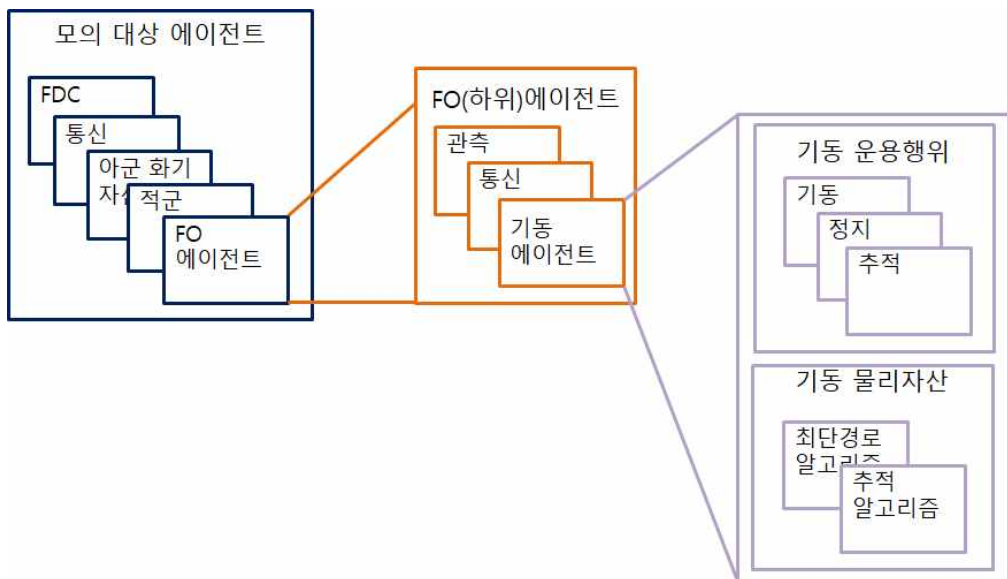


[그림 4-28] 통신 에이전트 모델링

6) Agent의 계층 구조

아래 [그림 4-29]는 앞서 설계한 에이전트 중 FO 에이전트의 구조를 도식화 한 것이다.

본 연구에서 제시 한 에이전트들은 [그림 4-29]와 같이 멀티 에이전트를 기반으로 설계 되었다.

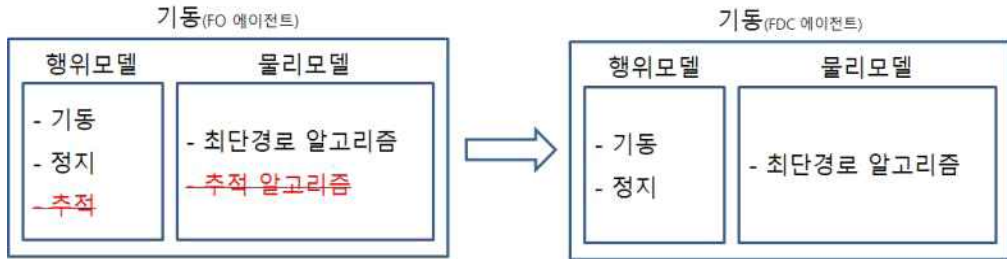


[그림 4-29] FO 에이전트의 계층 구조

7) Agent의 재활용성

아래 [그림 4-30]은 FDC 에이전트의 하위 에이전트인 기동 에이전트의 설계 과정을 보여준다.

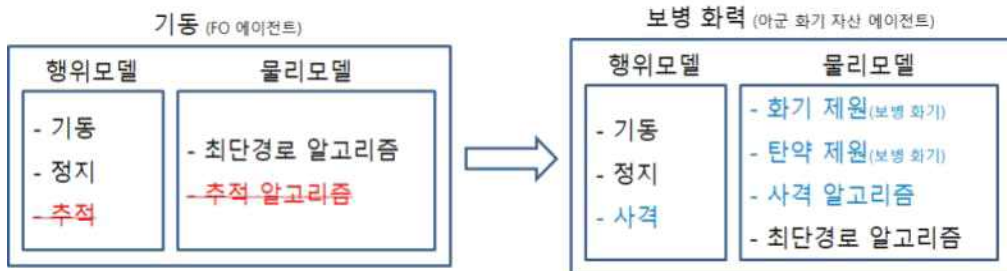
기동 에이전트는 FO 에이전트의 기동 에이전트에서 FDC 에이전트의 하위 모델로서 불필요하다고 판단되는 행위모델인 ‘추적’과 물리모델인 ‘추적 알고리즘’을 제한 뒤 FDC 에이전트의 하위 에이전트로 설계하는 과정이다.



[그림 4-30] 기동 에이전트(FDC 에이전트)의 설계 과정

아래 [그림 4-31]은 보병 화력 에이전트의 설계 과정을 보여준다.

보병 화력 에이전트는 FO 에이전트에서 설계한 기동 에이전트를 재활용한다. 기동 에이전트에서 행위모델인 ‘추적’과 물리모델인 ‘추적 알고리즘’을 제하고, 행위모델에 ‘사격’을, 물리모델에 ‘화기 제원’과 ‘탄약 제원’, ‘사격 알고리즘’을 추가한 뒤 보병 화력 에이전트로 사용한다.



[그림 4-31] 보병 화력 에이전트의 설계 과정

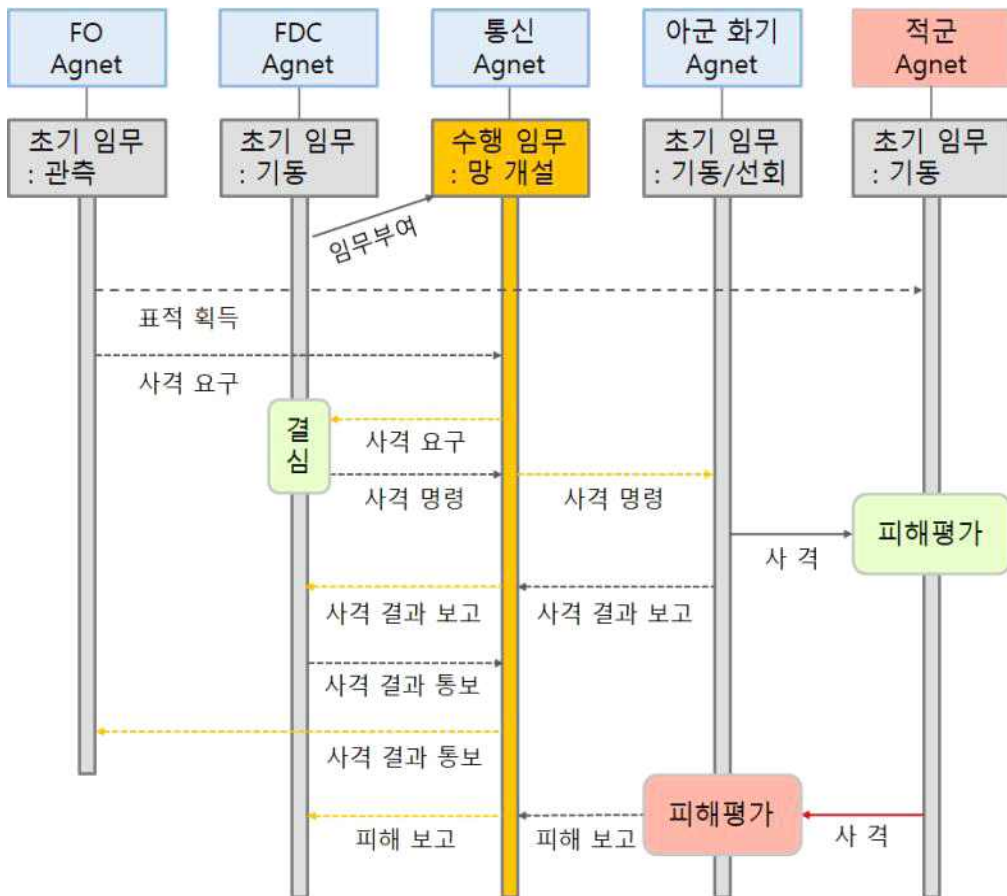
[그림 4-30]과 [그림 4-31]의 사례와 같이 에이전트는 재활용/재사용이 가능하다.

8) Agent 간의 연계성

[그림 4-29]는 각 Agent 간 상호작용을 도식화 하였다.

각 에이전트는 초기의 임무가 부여되어 개별적으로 행동 하다가 FO 에이전트가 적군을 발견하면서 상황이 발생하게 된다.

표적을 획득한 FO는 FDC에게 사격 요구를 하고, FDC는 아군 화기에 사격 명령을 내리게 된다. 또한, 적군은 아군 화기의 사격을 받고 피해평가를 수행한다.



[그림 4-32] 모의 수행 시 Agent 간의 연계성

제 5 장 결 론

본 논문은 합동화력 시뮬레이터의 기능 및 구조를 분석해 에이전트 기반의 모델을 설계하기 위해 시뮬레이터에 빠져있던 기능인 전방관측자(FO)와 사격지휘소(FDC)를 추가한 전방관측임무 모델을 중심으로 에이전트 기반의 모델 설계방안을 제시해 보았다.

연구의 효과적인 적용을 위하여 미군의 OneSAF모델의 아키텍처와 C4ISR분석모델의 기능 및 구조를 분석해 OneSAF 모델에서 적용한 행위모델과 물리모델의 개념을 적용하여 모델링 하였다.

본 연구로 얻은 첫 번째 결론은 에이전트의 정의 및 특성을 알아보고, 이를 통해 에이전트의 개념을 공유하였다.

둘째, OneSAF모델의 설계 구조와 현재 개발 중인 C4ISR 분석모델의 에이전트 기반 모델링 적용에 관하여 알아보고, 이를 토대로 현재 개발 된 에이전트 모델의 이해를 공유하였다.

셋째, 현재 개발 진행 중인 합동화력시뮬레이터(~2018. 4(개발완료))의 구조를 분석하였다. 이를 토대로 에이전트 기반의 설계에 활용하였다.

넷째, 합동화력시뮬레이터와 유사한 개념의 전방관측임무 모델을 제시하여 에이전트를 기반으로 한 프레임워크를 설계하고, 전체 에이전트의 구조를 제시하였다.

다섯째, 에이전트의 계층 구조를 도식화 하여 다중 에이전트를 제시하였고, 기존의 에이전트를 활용한 새로운 에이전트 설계가 가능함을 제시하여 에이전트들이 재활용 및 재사용성을 언급하였다.

행위모델과 물리모델을 제시하고, DB를 활용해야 하는 특성을 제시하였고, 각 에이전트들 간의 연계성을 도식화 하였다.

본 연구는 관측임무에 한정된 설계로 적군 에이전트는 부분적인 제시를 하였고, 교전에 대한 상세한 부분은 제시하지 못하였다.

또한, 에이전트 모델링의 특징인 모델조립기에 대해서 자세히 설명하지 못하고 에이전트를 재사용 할 수 있다고 언급하며 모델조립기에 대한 부분적인 개념만을 제시하였으므로 에이전트 모델조립기에 대해서는 추가적인 연구와 개념 공유가 필요하다.

마지막으로 본 연구를 통하여 에이전트 모델링이 빠르게 변하는 현대 전장의 특성과 다양한 체계가 복잡하게 연결되어있는 현대의 양상에 적합한 효율적인 모델링 기법이라는 것이 충분히 공감이 되어 앞으로 개발될 M&S 모델에 적용되어 국내 M&S의 발전에 기여하기를 기대한다.

참 고 문 헌

1. 국내문헌

- 권경희. (2002). 『에이전트 지향의 소프트웨어 문제영역 분석 및 모델링 방법』 . p.6.
- 김영숙. (2016). 『멀티 에이전트(Multi-Agent) 기반의 워게임모델 개발방안 연구』 . pp.49-55.
- 김태섭 외 3. (2010). 『무기체계 분석을 위한 모의엔진 아키텍처 연구』 . p.54.
- 문형곤 외 2명. (2008). 『OneSAF 모형 도입/실용화(I)』 . 한국국방연구원. pp.44-101.
- 방위사업청 & 심네트. (2017). 『합동화력시뮬레이터 체계개발 사업 모의 논리 분석서. Ver. 0.1』 .
- 방위사업청 & 심네트. (2016). 『합동화력시뮬레이터 체계개발 사업 소프트웨어 설계기술서. Ver. 0.4』 .
- 방위사업청 & 심네트. (2016). 『합동화력시뮬레이터 체계개발 사업 시스템 아키텍처정의서. Ver. 0.2』 .
- 방위사업청 & 심네트. (2016). 『합동화력시뮬레이터 체계개발 사업 체계설계기술서. Ver. 0.4』 .
- 성명호. (2016). 『진화계산 기반 인공에이전트를 이용한 교섭게임』 .
- 신현주. (2008). 『멀티에이전트 기반 지능형 시뮬레이터 프레임워크』 .
- 오길석. (2016). 『에이전트 기반 모의논리 설계 방안』 .
- 이재호. (2005). 『에이전트 시스템의 연구 및 개발동향』 .
- 이동준. (2007). 『에이전트 기반 지휘통제 모의방법론』 . pp. 5-17.
- 임준식. (1999). 이동형 에이전트와 Java 기반의 Agent 구현 기술. 『한국멀티미디어학회지 제 3권 제 2호』 . p.70.
- 조영임. (1999). 『최신 인공지능』 .

- 조영임. (2003). 『인공지능시스템』 . 홍릉과학출판사, p.360.
- 최상영. (2010). 『국방 모델링 및 시뮬레이션 총론』 . 북코리아.
- 클라우제비츠 저, 합동참모본부 역. (1993). 『전쟁론(상)』 .
- 합동참모본부. (2004). 『JICM 분석용 위게임 모델 소개』 . 합참 14(2000.1).
- 서울: 합동참모본부.

2. 국외문헌

Charles M. Macal and Michael J. North. (2008). Agent-Based Modeling and Simulation: ABMS Examples. Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference. pp.101-112.

Dr Nash. (2009). Overview of the OneSAF Model Infrastructure. OneSAF Users Conference.

Jennings, N. R. (2000). On agent-based software engineering, Artificial Intelligence.

Russel. (1995). Stuart J. Russel & Peter Norvig, "Artificial intelligence : A Modern Approach", New Jersey : A Simon & Schuster Company. pp.31-33.

3. 인터넷 사이트

Defense Technical Information Center. www.dtic.mil/

One Semi-Automated Forces. John Logsdon, Deputy Pm. OneSAF Dave Nash, Ph.D. Mike Barnes.

<http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a501150.pdf>.

US Army Program Executive Office fir Simulation, Training & Instrumentation.

<http://www.peostri.army.mil/>

국가과학기술정보센터. <http://www.ndsl.kr/>

국방기술품질원. <http://www.dtaq.re.kr/>

국회도서관. <https://www.nanet.go.kr/main.do/>

두산백과사전. <http://www.doopedia.co.kr/>

한국교육학술정보원. <http://www.riss.kr/index.do/>

한국학술정보(주) 학술정보서비스. <http://Kiss.Kstudy.com/>

용어 정의

ACR : 첨단개념 및 요구사항(Advanced Concepts and Requirement : ACR)

A.K.A : ~로도 알려진(Also Known As : A.K.A)

BTCS : 포병대대 전술 통제기(Battalion Tactical Command System : BTCS)

C4ISR : 전술지휘자동화체계(Command, Control, Communication, Computer, Intelligence : C4I)

C4ISR : C4I체계(전술지휘자동화체계)와 SR체계(감시, 정찰)를 연동한 복합 체계(Command, Control, Communication, Computer, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance : C4ISR)

CSCI : 소프트웨어 형상 품목(Computer Software Configuration Items : CSCI)

CSC : 컴퓨터 소프트웨어 구성요소(Computer Software Component : CSC)

DARPA : 미국 국방부 첨단연구 프로젝트국(Defense Advanced Research Projects Agency : DARPA)

FDC : 사격지휘소(Fire Direction Center : FDC)

FO : 전방관측자(Forward Observer : FO)

GUI : 사용자가 컴퓨터와 정보를 교환할 때, 그래픽을 통해 작업할 수 있는 환경(Graphical User Interface : GUI)

HLA : 고수준 아키텍처(High-Level Architecture : HLA)

JFO : 합동화력관측자(Joint Fire Observer : JFO)

JTAC : 합동최종공격통제관(Joint Technical Advisory Committee : JTAC)

MOE : 효과척도(Measure Of Effectiveness : MOE)

MOFE : 전투효과척도(Measure Of Force Effectiveness : MOFE)

OP : 관측소(Observation Post : OP)

RDA : 연구개발 및 획득(Research, Development and Acquisition : RDA)

ROC : 작전 운용 성능(Required Operational Capability : ROC)

RTI : HLA 기반 시뮬레이션 모델 연동 시 준수해야 할 표준 인터페이스에
대한 통신 서비스 소프트웨어 구조.(Run-Time Infrastructure : RTI)

SR : 감시 및 정찰(Surveillance, Reconnaissance : SR)

TEMO : 훈련, 연습 및 군사작전(Training, Exercise and Military
Operations : TEMO)

UAV : 무인항공기(Unmannde Aerial Vehicle : UAV)

ABSTRACT

A Study on Agent-based Modeling Framework for Combat Simulation : Focused on the Joint Fire Training Simulator

Shim, Min-Ho

Major in National Defense Modeling & Simulation

Dept. of National Defense Modeling & Simulation

Graduate School of National Defense Science

Hansung University

Agent based modeling which is advanced from AI theory is a type of a modeling based of a component that is used by M&S of Korean army at present.

A component is an unit that is modulated to build easily as assembling blocks. A component can build a complicated system rapidly due to this characteristic and reuse when building a similar system. An agent is a modulated unit. On the occasion of assembling an already built Agent or identifying an unbuilt Agent, it can add on a present system or subtract an unnecessary Agent.

This study suggests the generating process based of ‘Agent Based Modeling and Simulation’ and the method of building an agent based

modeling.

This study suggests an research into reference related with an Agent and analysis about OneSAF model and C4ISR model that is considered to adjust to Korean army.

This study analyzes JFTS's(Joint Fire Training Simulator, ~2018. 4. Finishing the development).

The JFTS is designed except Forward observer and Fire direction center according to Required Operational Capability. So this study is designed based JFTS's simulation logic including Forward observer and Fire direction center as Agent.

This study sets to an observation, Fire Support and Fire Direction Center. It needs to design and adjust an enemy Agent and engagement in detail.

With this study, I'm certain an Agent is adjustable to a characteristic of a modern battlefield that is changing rapidly and that a various system is connected to each other complicatedly. Therefore, it is expected to adjust to future M&S model.

【Key Word】 M&S, Agent, Multi Agent, Modeling, JFTS

감사의 글

언제나 저를 보살펴주시고 가는 길마다 두려움을 덜어주어 담담하게 나아갈 수 있도록 도와주시는 하나님. 어리석은 아들이 힘들었지만 논문 작성을 무사히 마칠 수 있게 허락해 주셔서 감사합니다.

그렇게 귀여워하던 손자를 알아볼 수 없을 정도로 많이 약해지신 할머니, 지금까지 제게 주셨던 사랑을 다 채워드릴 수 없는 것 알지만 항상 사랑합니다. 아프지 말고 행복하세요.

언제나 뒤에서 묵묵히 저를 믿고 응원해주시며, 제가 방향을 잃어버리면 방향을 알려주시고, 바라보는 곳이 생기면 힘차게 밀어주시는 아버지. 존경합니다 아버지. 지금도, 앞으로도 아버지는 제 인생의 멘토입니다.

세상 누구보다 아름다우신 우리 어머니, 못난 아들이 사고만 치고 다녀, 마음을 다치다 못해 스트레스로 몸까지 망가지게 만들어 항상 죄송한 마음입니다. 평생 아들, 딸 두 자식에게 좋은 것 모두 양보하시며 키워주셔서 감사합니다. 언제나 슈퍼맨처럼 그 자리에 있을 것만 같았던 부모님이 벌써 회갑이 되신 것을 깨닫고 격세지감 했습니다. 이제 속 그만 썩이고 기쁜 일 행복한 일 많이 만들어 부모님께 드리며 살아가겠습니다.

대학을 졸업하기도 전에 미완성인 저를 품어주신 심네트 차진섭 사장님과 김원배 전무님께 감사합니다.

정경식 상무님. 회사에서 만난 인연으로 선후배의 연으로 이어갈 수 있도록 꺼져가는 제 학업의 불을 지펴주신 것에 감사합니다. 얼마 전 건강이 좋지 않다는 소식을 듣고 직접 말씀드리고 싶었으나, 말주변이 없는 제가 괜한 실례를 할 것만 같아 용기를 내지 못했습니다. 힘내셔서 꼭 건강 되찾길 바랍니다. 지펴주신 배움의 열정을 꺼뜨리지 않고 매진하여 최고가 되겠습니다.

전영민 부장님. 회사에 입사해 그동안 부장님의 손과 발이 되어 일을 하며, 사소한 곳 까지 데리고 다녀 주셔서 업무 내외적으로 많은 것을 배울 수 있었습니다. 선배로, 직장 동료로 저를 이끌어주시고, 조언도 많이 해주셔서 감사합니다. 지금은 잠시 업무를 중단하고 어머니 간병에 집중하고 계시는데, 어머니께서 꼭 쾌차하시길 바랍니다.

합동화력 팀의 엄태창 상무님, 이창래 위원님, 손문찬 차장님, 조주형 차장님, 박경섭 대리님, 김부건 대리님 감사합니다.

논문을 쓰며, 갈피를 잡지 못해 혼란스러워 하던 저에게 아낌없이 조언을 해 주신 지도교수님. 이동준 교수님 감사합니다. 주경야독을 본인께서 실천하셨기에, 마음에 와 닿는 격려가 되었습니다.

언제나 열정적인 강의를 해주시는 최상영 교수님, 강의하는 모습을 보며 언제나 멋있다고 느꼈습니다. 몸이 두 개라도 모자랄 정도로 바쁘게 생활하시며, 우리 수업을 위해 노력해주시는 노광현 교수님, 부드러운 카리스마를 보여주시던 멋쟁이 김장현 교수님, 이해가 잘 될 수 있게 최고의 강의를 해 주신 차승렬 교수님. 교수님들 모두 감사합니다.

부족하고 어리석은 내 옆에서 언제나 응원해주며 나만 바라봐주는 내 영원한 소울메이트 진실아, 칠전팔기로 드디어 원하는 공부를 시작할 수 있게 된 것을 평생 감사하며 초심 잃지 않는 하나님 나라 의사가 되길 바라. 나도 언제나 널 응원하고 네가 원하는 일 하면서 행복하게 살 수 있도록 지켜주고 도와줄게. 난 항상 네 편이야. 사랑해 진실아.

2017년 12월 크리스마스

심민호