



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

멀티 에이전트(Multi-Agent) 기반의
위게임모델 개발방안 연구

- 에이전트 구조 설계를 중심으로 -



2016년

HANSUNG
UNIVERSITY

한성대학교 국방과학대학원

국방 M & S 학과

국방 M & S 학전공

김영숙

석사학위논문
지도교수 이동준

멀티 에이전트(Multi-Agent) 기반의 워게임모델 개발방안 연구

- 에이전트 구조 설계를 중심으로 -

A Study on the Development Methodology for Multi-agent
based War-game Model: Focused on Agent Framework Design

2016년 6월 일

한성대학교 국방과학대학원

국방 M & S 학과

국방 M & S 학전공

김 영 숙

석사학위논문
지도교수 이동준

멀티 에이전트(Multi-Agent) 기반의 위게임모델 개발방안 연구

- 에이전트 구조 설계를 중심으로 -

A Study on the Development Methodology for Multi-agent
based War-game Model: Focused on Agent Framework Design

위 논문을 국방M&S학 석사학위 논문으로 제출함

2016년 6월 일

한성대학교 국방과학대학원

국방 M & S 학과

국방M&S학전공

김 영 숙

김영숙의 국방M&S학 석사학위논문을 인준함

2016년 6월 일



심사위원장 _____인

심 사 위 원 _____인

심 사 위 원 _____인

국 문 초 록

멀티 에이전트(Multi-Agent) 기반의 위게임 모델 개발방안 연구 -에이전트 구조설계를 중심으로-

한성대학교 국방과학대학원
국방M&S학과
국방M&S학 전공
김 영 숙

현대 및 미래전은 네트워크 중심으로의 전장환경의 변화, 신 무기체계의 개발, 작전계획의 복잡도가 증가함에 따라, 이를 컴퓨터상의 가상공간에 묘사하는 국방M&S 체계개발 또한 가속화되고 있다.

복잡한 전장상황과 다양한 전투요소를 효율적으로 모델링할 수 있는 기술과 기법의 연구 없이 M&S 체계개발에만 치중하게 되면 기술력 부족으로 인한 성능미달, 진부화, 중복개발 등의 부작용을 동반하게 된다.

사람의 개입을 최소화할 수 있는 자동화시스템 구축과 더불어 재활용성과 확장성을 강화시킬 수 있는 방안으로 시스템 내부에서 스스로 작동할 수 있는 모듈화 개념을 적용한 에이전트 기반의 모델링 기술에 대한 연구가 요구되는 시점이다.

본 논문은 멀티 에이전트 기반으로 위게임 모델을 설계하는 방법을 제시하였다. 위게임 모델을 모의대상의 특성과 운용관점으로 계층별 복합 에이전트 구조로 분할하고, 에이전트간의 상호작용을 통한 체계 통합 방안을 연구하였다.

OneSAF 모델에서 활용한 행위모델과 물리모델의 개념을 적용하고, DEVS 형식론 기반의 에이전트 모델링 기법을 활용하여 객체 에이전트를

모델링하는 방안을 제시하였다.

본 연구는 재활용성과 확장성 측면을 고려하여 탐지, 지휘통제, 타격모의를 대상으로 일반적인 규칙 기반의 에이전트 구조를 모델링하는 방법을 연구하였다. 향후 개발되는 모델에서는 CGF/SAF와 같은 자율성과 적응성이 보다 강화된 지능형 에이전트를 국방 위게임 모델에 적용하는 방안에 대한 연구가 필요하다.

【주요어】 M&S, 위게임, 에이전트, 인공지능, DEVS, OneSAF



목 차

제 1 장 서 론	1
-----------------	---

제 1 절 연구 배경 및 목적	1
------------------------	---

제 2 절 연구 범위 및 구성	4
------------------------	---

제 2 장 이론적 배경	6
--------------------	---

제 1 절 에이전트 개념 및 특성	6
--------------------------	---

제 2 절 위게임모델 개념 및 개발 현황	13
------------------------------	----

제 3 절 위게임 모델에서의 에이전트의 역할	22
--------------------------------	----

제 4 절 모델링 프로세스 및 개념모델 프레임워크	25
-----------------------------------	----

제 5 절 DEVS 형식론 기반 모델링 기법	28
--------------------------------	----

제 6 절 OneSAF 모델의 구조 분석	32
------------------------------	----

제 3 장 멀티 에이전트 기반 위게임 구조 설계 방안	37
-------------------------------------	----

제 1 절 에이전트 기반 모델링 프레임워크 설계	37
----------------------------------	----

제 2 절 멀티 에이전트 기반의 복합 계층 구조 모델링	39
--------------------------------------	----

제 3 절 멀티 에이전트 기반 위게임 모델링 절차	44
-----------------------------------	----

제 4 절 에이전트간의 상호 작용	45
--------------------------	----

제 4 장 C4ISR 분석모델 적용 사례	49
------------------------------	----

제 1 절 멀티 에이전트 기반의 C4ISR 분석모델 프레임워크	49
--	----

제 2 절 멀티 에이전트 기반의 객체 에이전트 모델링	51
-------------------------------------	----

제 3 절 에이전트 모델링의 DEVS 구현 사례	66
제 5 장 결 론	71
참고문헌	74
ABSTRACT	78



표 목 차

<표 1>	인공지능 시스템의 분류	7
<표 2>	LVC 훈련체계 장단점 비교	16
<표 3>	묘사수준에 따른 모델 구분 및 특성	18
<표 4>	방정식 기반모델과 에이전트 기반모델의 비교	23
<표 5>	모의핵심 컴포넌트	34
<표 6>	수준과 기능에 따른 지휘통제 에이전트 분류	57
<표 7>	탐지자산 에이전트 모델링 구성요소	67
<표 8>	표적탐지(센서) 모델링 구성요소	69



그 립 목 차

<그림 1>	에이전트 시스템 개념도	10
<그림 2>	Agent의 특성	13
<그림 3>	LVC 체계 통합 운용 개념	17
<그림 4>	국방M&S의 발전단계	19
<그림 5>	국방M&S 적용분야	20
<그림 6>	국방 M&S 핵심기술 분야	21
<그림 7>	Simulation Studies: Key Stages and Processes	26
<그림 8>	A Framework for Conceptual Modelling	27
<그림 9>	원자모델 구성도	29
<그림 10>	결합모델 구성도	31
<그림 11>	OneSAF의 특성	33
<그림 12>	OneSAF 모델 구조	34
<그림 13>	OneSAF 모델링 개념	35
<그림 14>	OneSAF 모델 기반의 훈련/분석/획득용 M&S 체계	36
<그림 15>	에이전트 기반 모델링 프레임워크	37
<그림 16>	객체 에이전트 구조	38
<그림 17>	위게임 모의 객체에 대한 모의 에이전트 구조	39
<그림 18>	지휘통제 에이전트 아키텍처	40
<그림 19>	멀티 에이전트 구조	40
<그림 20>	멀티 에이전트 기반 모델링의 복합 계층 구조	41
<그림 21>	위게임 모델의 멀티 에이전트 구조	42
<그림 22>	위게임모델의 복합 계층별 다중 에이전트 프레임워크	43
<그림 23>	에이전트 기반 위게임의 분할 구조 모델링 절차	44
<그림 24>	중개자를 이용한 에이전트 시스템	47
<그림 25>	에이전트 기반의 C4ISR 분석모델 운용개념도	49
<그림 26>	탐지자산 에이전트 구성도	52
<그림 27>	탐지자산(UAV) 에이전트의 계층 구조	52

<그림 28>	탐지 에이전트 모델링	53
<그림 29>	탐지자산의 행위모델	54
<그림 30>	탐지자산의 물리모델	55
<그림 31>	지휘소 에이전트 구성도	56
<그림 32>	지휘소 에이전트 모델링	58
<그림 33>	지휘통제 에이전트와 타 에이전트와의 상호작용	59
<그림 34>	지상전 군단급 시나리오 입력 요소의 상세화 전과	60
<그림 35>	지휘통제 에이전트의 행위모델	61
<그림 36>	타격/화력자산 에이전트 구성도	62
<그림 37>	포병부대 에이전트의 기능 구성도	63
<그림 38>	포병부대 에이전트 모델링	64
<그림 39>	지상전 모의 수행 시 Agent간 상호작용	65
<그림 40>	탐지자산 에이전트의 행위모델	66
<그림 41>	센서 에이전트의 물리모델	68

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 배경 및 목적

현대 및 미래의 국방환경은 재래전에서 네트워크 중심으로의 전장환경의 변화, 방위산업기술의 발전에 따른 신규 무기체계의 개발, 전쟁양상 변화에 따른 작전계획의 복잡도 증가, 지협적 전투공간에서 전구 영역으로의 작전수행 공간의 확대, 기타 새로운 안보적 위협과 도전 등 급속한 전장상황의 변화를 경험하고 있다.

이에 따라, 복잡하고 다양한 실제 전장과 유사한 가상환경을 구현해야 하고, 많은 수의 전투객체가 갖는 개별적 특성과 활동뿐만 아니라, 전투요소들 상호간에 미치는 영향, 충돌 및 혼잡 발생, 다양한 사건들을 묘사할 수 있는 국방 M&S 개발과 기술의 발전도 가속화되고 있다.

우리 군은 부족한 국방예산과 제한된 훈련환경 속에서 이러한 전장양상의 변화를 효과적으로 분석하고 미래전의 군사작전에 즉각적으로 대응할 수 있는 보다 과학적이고 체계적인 수단과 방법을 찾기 위해 노력하고 있다.

아직까지 우리 군은 미군 등 해외 선진국의 위게임 모델을 우선 도입하고 운용한 후 차후 국내에서 해외모델을 모방하여 재개발하는 단계에 머물러있다. 이는 군의 문제이기 보다는 우리나라의 국방전력 우선순위에서 국방 M&S체계가 후순위로 밀려나 있기 때문이다. 현재는 소규모 개발비로 다양한 목적의 모델을 개발하다 보니 기술이나 논리 개발에 투자하지 못하고, 해외모델을 국산화하는 수준으로 만족할 수밖에 없는 실정이다.

복잡한 전장상황과 다양한 전투요소를 효율적으로 모델링하는 기술과 기법의 연구 없이 목표체계를 개발하는 데에만 중점을 두게 되면 근본적인 기술 부족에 따른 성능미달, 진부화, 중복개발 등의 부작용을 동반하게 된다. 사람의 개입을 최소화할 수 있는 자동화시스템 구축과 더불어 재 활용성과 확장성을 강화시킬 수 있는 방안으로 시스템 내부에서 스스로 작

동할 수 있는 모듈화 개념을 적용한 에이전트 기반의 모델링 기술에 대한 연구가 절실히 요구된다.

국방 M&S체계는 컴퓨터라는 제한된 자원을 통해 복잡한 실제의 전장환경을 묘사해야 하고, 전장환경 속에서 각각 활동하는 수많은 전투요소와 그 전투요소들 간에 상호작용을 묘사할 수 있어야 한다.

기존에 사용되고 있는 방정식 기반 모델링 방법으로 이러한 복잡한 전장상황과 전투요소들을 묘사하기에는 많은 제약이 따른다. 방정식 기반의 모델은 일반적으로 란체스터 이론을 적용하여 개발한 전투 모델을 일컫는다. 이러한 모델은 모델내 구성요소간의 관계를 변수와 함수로 표현하여 결과값을 도출하는 방법을 쓰는데 총체적인 시스템 관점에서 시스템의 연속적인 시간 흐름에 대한 변화를 묘사하는데 적합하다. 이 모델링 기법으로 개별적으로 움직이고 외부환경에 따라 다르게 반응하는 다양한 객체의 특성과 행위를 묘사하는 데에는 한계가 있다.

이러한 복잡한 전장상황과 전투요소들을 묘사하기 위해서는 전장환경 내부에서 작동하여 외부 사건에 따라 스스로 판단하여 작업을 수행하는 에이전트 기반 기술의 적용이 필요하다.

에이전트는 인공지능 연구로부터 출발하였다. 인공지능은 지능을 가진 가공물을 일컫는 것이고, 이 가공물이 주변환경을 인식하고 적절하게 반응을 한다면 이것이 곧 에이전트이다. 에이전트는 시스템의 전지적 관점에서 행동하지 않고, 에이전트 자신의 1인칭 관점으로 행동한다. 에이전트는 인공지능으로부터 인지·반응 능력, 학습능력, 의사결정능력의 3가지 주요 능력을 상속받아 스스로 활동하는 객체이다.

에이전트는 객체 지향 시스템의 일종이다. 객체 지향 시스템은 기본단위가 객체이고 객체는 메시지를 전달 받아서 행동을 수행하고 그 결과값을 전달하는 모듈화되어 있는 개체이다. 이런 면에서 객체와 에이전트는 매우 유사하다고 할 수 있다. 객체 지향의 주요 특성은 재사용성, 결합성, 확장성이다. 에이전트는 이러한 객체 지향 시스템의 특성을 가지고 있다. 객체 지향 시스템에서의 객체가 보다 자율성과 융통성을 발휘할 수 있으

면 이는 곧 에이전트라고 할 수 있을 것이다.

이러한 에이전트 기반 프로그래밍 기법을 국방 위게임 모델에 적용하는 방안¹⁾에 대한 연구가 활발해지고 있다.

방대한 전장환경 묘사를 위해 자동화된 부대 개념인 CGF/SAF¹⁾ 기술에 대한 관심이 높아지고 있다. 복잡한 전장상황을 모의하는 위게임 모델에서 수많은 아군과 대항군을 게이머를 투입해서 모의하는 것은 현실적으로 불가능하기 때문에 게이머의 투입을 최소화하고 컴퓨터에 의해서 자동적으로 수행되는 가상군의 개념을 적용하게 된 것이다. 실질적으로 국방연구기관에서 연구과제로서 CGF/SAF 표현과 행위논리 개발을 M&S의 핵심 기술요소로 분류하고 연구를 수행하고 있다.

국방 위게임은 CGF/SAF와 같은 자동화 측면에서의 연구도 중요하지만, 모의대상이 많고 상호간의 복잡한 관계에 얽혀서 행위하는 모델이기 때문에 전체 시스템을 어떻게 효율적으로 분할하고 구조화시킬 것인가 하는 설계 방법론 또한 연구가 필요하다.

과거에는 단일 무기체계의 성능을 중심으로 전투력을 산출했다면, 현재는 전장에 배치되는 육/해/공군의 무기체계 뿐만 아니라, 정보기반, NCOE²⁾ 효과기반 작전, 특수작전이나 작전지속지원 분야, 합동 및 연합작전 분야로 확장되어 전투력이 산출되고 있고 전략적인 전쟁 수행 방안이 모색되고 있다. 이러한 이유에서 우리군은 위게임 모델을 통해서 구현하고 얻고자하는 기대도 높아지고 있고 점점 더 복잡하고 실현하기 어려운 요구성능을 소요제기하고 있다.

군의 요구성능을 만족하기 위해서는 복잡한 시스템을 기능별로 분할하여 설계하는 방법이 효과적일 것이라고 기대한다. 전체 시스템을 최소 단위로 분할하여 외부 사건에 따라서 행동하는 단위 에이전트로 설계하고, 이들 에이전트 간의 상호작용을 정의하여 체계를 다시 통합하는 방법을 적용함으로써 보다 용이하게 모델을 개발할 수 있을 것으로 생각한다.

1) CGF/SAF(Computer Generated Forces/Semi-Automated Forces) 컴퓨터 생성 부대, 자동화부대, 가상군 / 반자동화부대.

2) NCOE(Network-Centric Operational Environment) 네트워크 중심 작전환경.

본 연구의 궁극적 목적은 시스템 내부에서 규칙에 의해 개별적으로 작동하는 모듈화된 에이전트 기반의 위게임 모델을 설계함으로써 향후 개발되는 유사모델에서의 재활용성과 확장성을 높이는데 있다. 또한, 앞으로 자율성과 적응성 측면을 더욱 강화하여 사람의 개입을 최소화할 수 있는 보다 자동화된 시스템 구축을 위한 연구를 강화해 나가길 바란다.

제 2 절 연구 범위 및 구성

본 연구는 일반적으로 위게임 모델 개발시 적용되는 기본적인 모의논리에 기초하여 탐지, 지휘통제, 타격모의를 대상으로 일반적인 규칙 기반의 에이전트 모델링 방법, 멀티 에이전트 기반의 모델 구조 설계 및 단위 객체 에이전트 모델링 방안을 제시한다. 특정 모델의 작전요구성능이나 모의능력에 대한 구체적인 사항은 군사 보안상 그 내용을 포함하는 것은 제한되므로 일반적인 위게임 모델을 대상으로 모델 설계 방안을 제시하고자 한다.

위게임 모델을 모의대상의 특성과 운용관점으로 계층별 복합 에이전트 구조로 분할하고, 에이전트간의 상호작용을 통한 체계 통합 방안을 연구하였다.

OneSAF³⁾ 모델에서 활용한 행위모델과 물리모델의 개념을 적용하고, DEVS⁴⁾ 형식론 기반의 에이전트 모델링 기법을 활용하여 단위 에이전트를 모델링하는 방안과 멀티 에이전트 구조를 설계하는 방안을 제시하였다.

본 연구의 논문 구성은 다음과 같다.

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

3) OneSAF(One Semi-Automated Forces) 미 육군이 개발한 여단급 이하 제대의 전장활동을 모의하는 시뮬레이션 체계.

4) DEVS(Discrete Event System Specification) 이산사건 시스템 형식론.

제 2 장에서는 본 논문을 작성하게 된 배경과 이론적인 개념들을 설명한다. 인공지능과 에이전트 개념 및 특성, 위게임 모델의 개념과 개발 현황, 위게임 모델에서의 에이전트의 역할, 모델링 프로세스와 개념모델 프레임워크, DEVS 형식론 기반 모델링 기법, OneSAF 모델의 구조 분석에 관하여 기술하였다.

제 3 장에서는 멀티 에이전트 기반의 위게임 구조 설계 방안을 제시하였다. 에이전트 기반 모델링 프레임워크, 멀티 에이전트 기반의 복합 계층 구조 모델링, 멀티 에이전트 기반 위게임 모델링 절차, 에이전트간의 상호 작용에 관하여 기술하였다.

제 4 장에서는 C4ISR⁵⁾ 분석모델 적용사례를 기술하였다. 멀티 에이전트 기반의 C4ISR 분석모델의 프레임워크, 멀티 에이전트 기반의 객체 에이전트 모델링, 에이전트 모델링의 DEVS 구현 사례를 기술하였다.

제 5 장에서는 결론 및 향후 연구 방안에 대해서 언급하였다.

5) C4ISR(Command, Control, Communication, Computer, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance) 지휘, 통제, 통신, 컴퓨터, 정보, 감시 및 정찰.

제 2 장 이론적 배경

제 1 절 에이전트 개념 및 특성

1) 인공지능 개념

‘인공지능’이라는 용어는 1956년 전후로 처음 사용되기 시작했다. 1956년 미국 뉴햄프셔의 Dartmouth 대학에서 ‘생각하는 기계’에 관한 토론을 하기 위해 개최한 학술회의에서 처음으로 사용되었다. John McCarthy라는 수학과 조교수에 의해서 ‘인공지능(Artificial Intelligence: AI)’이라는 말이 탄생하였다.

1968년 McCarthy는 세계 체스계의 2인자였던 David Levy와의 체스 게임에서 진 후, 자신은 Levy를 이길 수 없겠지만 적어도 10년 안에 Levy를 이길 수 있는 수준의 컴퓨터 프로그램이 만들어질 수 있을 것이라고 예언하고 250파운드의 내기를 하게 된다. 이것이 McCarthy와 스코틀랜드 출신의 체스 기사인 Levy 사이에 시작된 ‘Levy Challenge’라는 유명한 이야기이다.⁶⁾

‘인공지능’이란 인간의 학습능력과 추론능력, 지각능력, 자연언어의 이해능력 등을 컴퓨터 프로그램으로 실현한 기술이다.[출처: 두산백과]

<표 1>은 인공지능 시스템의 분류를 정의하였다.⁷⁾

인공지능 시스템의 범주를 ‘사람’과 ‘이성’, 그리고 ‘생각’과 ‘행동’을 중심으로 네가지 영역으로 고려해 본다.⁸⁾

- ① 사람처럼 행동하는 시스템(humanly acting system)
- ② 사람처럼 생각하는 시스템(humanly thinking system)
- ③ 이성적으로 생각하는 시스템(rationally thinking system)

6) 도용태 외 4명, (2013), 『인공지능 개념 및 응용』, 사이텍미디어, p. 11.

7) 상계서, p. 4~5.

8) Stuart J. Russell & Peter Norvig, (1995), Artificial Intelligence : A Modern Approach. New Jersey: A Simon & Schuster Company.

④ 이성적으로 행동하는 시스템(rationally acting system)

< 표 1 > 인공지능 시스템의 분류

구분	AI 시스템
	AI 정의
Humanly acting system (사람처럼 행동하는 시스템)	사람이 하는 일을 대신 할 수 있는 능력을 가진 시스템
	‘현재 사람이 더 잘 할 수 있는 일을 컴퓨터가 할 수 있는 방법을 연구하는 것’ ⁹⁾
Humanly thinking system (사람처럼 생각하는 시스템)	인간 두뇌의 작동 메커니즘을 실현할 수 있는 시스템
	‘사람의 생각과 관련된 작동, 예를 들면 의사 결정, 문제 해결, 학습 등의 작동을 자동화하는 것’ ¹⁰⁾
Rationally thinking system (이성적으로 생각하는 시스템)	생각의 절차를 모형화하여, 주어진 사실로부터 새로운 사실이나 결론을 유추해 낼 수 있는 시스템
	‘인식하고, 추론하며, 행동하는 것이 가능하게 하는 계산법을 연구하는 것’ ¹¹⁾
Rationally acting system (이성적으로 행동하는 시스템)	주어진 정보에 기반하여 목표 달성의 가능성을 가장 높일 수 있을 것으로 기대되는 절차를 수행하는 시스템
	‘계산 프로세서로서 지적 행위를 설명, 혹은 흉내 내려 하는 학문 분야’ ¹²⁾

9) E. Rich and K. Knight, (1991), Artificial Intelligences (2nd ed.), New York: McGraw-Hill.

10) R. E. Bellman, (1978), An Introduction to Artificial Intelligence: Can Computers Think? San Francisco: Boyd & Fraser.

11) P. H. Winston, (1993), Artificial Intelligence (3rd ed.), Reading: Addison Wesley.

12) R. J. Schalkoff, (1990), Artificial Intelligence: An Engineering Approach, New York: McGraw-Hill.

<표 1>의 인공지능시스템의 네 가지 카테고리 중 이성적으로 행동하는 시스템(Rationally acting system)이 이성적 에이전트(agent)와 연결될 수 있을 것이다. 이때 에이전트는 지각하고 행동하는 컴퓨터 프로그램과 같은 것을 말한다.

흔히 컴퓨터가 인간의 지능과 행동을 모방하는 것을 ‘인공지능’이라고 말한다. 대부분 인간의 지능과 행동에 초점을 두고 얘기하고 있지만, 인공지능이라는 말은 자연적이라는 말의 반대말로 볼수 있고, 지능은 인간 뿐만 아니라 동물도 지니고 있다. 이 때문에 인간에 한정 짓는 것보다 모방 대상의 범위를 확대해야 할 것이다.

인공지능의 목적은 두가지로 말할 수 있다. 첫 번째는 인간 혹은 표현하고자 하는 대상의 생각과 행동을 단순하게 모델링화 하여 시뮬레이션하는데 이용하는 것이고, 두 번째는 인간 혹은 표현하고자 하는 대상의 보다 복잡한 생각과 다양한 행동 방법을 지식 데이터베이스에 기반한 경험과 추측을 통하여 기계(컴퓨터)가 자율적인 생각을 하고 자동화된 행동으로 표현하도록 하는 것이다.

본 논문에서 인공지능시스템은 자율성과 적응성을 가진 자동화시스템이라고 정의하겠다. 자율성이란 개별적, 능동적, 독립적으로 판단하고 행동할 수 있는 능력이고, 적응성이란 경험과 학습을 통해 생각과 행동 규칙을 수정할 수 있는 능력이다.

인공지능은 지식 표현, 논리 및 논증, 탐색기법, 계층적 계획수립, 불확실성에 대한 추론, 기계학습 등의 분야에서 여러 가지 이론과 연구의 발전이 계속되고 있다. 1950년 McCarthy에 의해 제안된 인공지능 언어인 LISP¹³⁾는 프로그램의 정확성을 증명하는데 사용되었다. 1965년 Zadeh의 퍼지 집합 이론은 모호한 정보를 집합 함수를 이용하여 수치적으로 다루는 이론으로 불확실성에 대한 추론 문제를 다룬다.

Fikes & Nilsson에 의해 개발된 STRIPS¹⁴⁾는 성공한 계획을 저장하고

13) LISP(LISt Processing) : 1950년 John McCarthy가 프로그램의 정확성을 증명하는데 사용하기 위해 개발한 인공지능 언어.

갱신하여 다시 사용할 수 있게 하는 계획 수립 기법이다. 휴리스틱 탐색 기법은 문제에 대한 정보가 부족하여 논리적으로 해답을 찾을 수는 없으나, 경험이나 직관에 의해 최적의 해를 얻는 방법을 찾는 것이다.

인공지능은 지능 로봇, 지능형 에이전트, 전문가 시스템 등으로 활용되어 지고 있다. 지능 로봇이 하드웨어적 측면의 인공지능 활용인 반면, 지능형 에이전트는 소프트웨어 측면의 인공지능 분야로서 반복적인 작업을 사용자를 대신해서 자동적으로 처리해주는 프로그램이다. 전문가 시스템은 전문분야에 대한 지식을 컴퓨터에 체계적으로 저장시키고, 일반인 또는 비전문가도 시스템을 통해 전문 지식을 활용할 수 있도록 개발된 시스템이다.

국방분야에서 인공지능은 에이전트 기술을 이용한 CGF/SAF에 대한 기술을 연구하는 방향으로 진행되고 있다. 방대한 전장환경을 모의하는 위게임 모델에서 게이머를 통해서 아군과 대항군을 모의하는 것은 현실적으로 불가능하다. 이로 인하여 게이머의 개입을 최소화하고 컴퓨터에 의해서 자동적으로 수행되는 가상군의 표현과 행위논리 개발은 M&S의 핵심기술로 분류되어 연구개발이 활성화되고 있다.

2) 에이전트의 개념

‘에이전트(agent)’의 개념은 인공지능의 개념으로부터 출발하였다. 인공지능이 인간 또는 이성적 개체를 흉내 내는 기계 또는 인공적으로 만들어진 물질이라고 한다면, 에이전트는 그 대상이 인간이든 이성적인 개체가든 혹은 자연현상이든 상관없이 본래 존재하는 대상을 대신하여 행위하는 시스템이다.

또한, 에이전트는 객체지향 방법론과도 연관되어 있다. 객체지향시스템은 재활용성과 확장성을 가진 모듈화된 시스템이다. 재활용성은 객체를 다시 사용할 수 있는 능력이고, 확장성은 객체와 객체를 연결하여 또 다

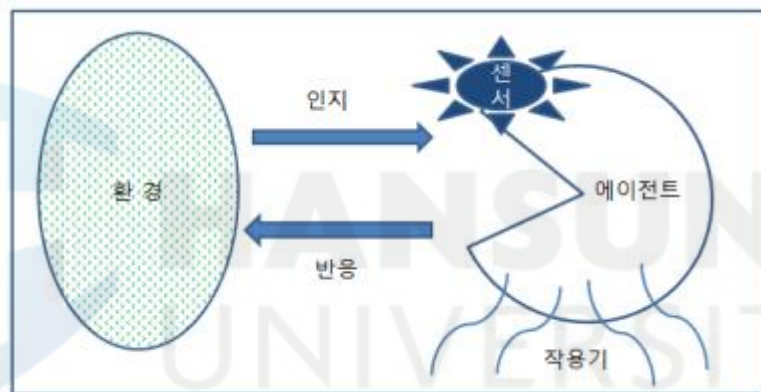
14) STRIPS(STanford Research Institute Planning System) : 1970년 Fikes & Nilsson이 SHAKEY라는 로봇을 조정하기 위해 사용한 계획 수립 기법.

큰 객체를 생성하거나, 객체의 기능을 보강하여 성능을 향상시킬 수 있는 능력이라고 할 수 있다. 모듈화라는 것은 내부 프로세스의 작동원리를 캡슐 속에 감춰놓고 입력과 출력만으로 접근하여 결과를 얻을 수 있는 시스템의 객체를 말한다.

에이전트의 개념은 아래와 같이 여러 학자들에 의해서 정의되어 왔다.

에이전트는 자신의 감각기관(Sensor)를 통해 환경(Environment)을 인지(Perception)하여 작용기(Effector)를 통해 그 환경에 대해 반응(Action)하는 시스템을 말한다.¹⁵⁾

<그림 1>은 에이전트 시스템의 개념을 그림으로 보여준다.



< 그림 1 > 에이전트 시스템 개념도

에이전트는 환경으로부터 입력 신호를 받고 내부에서 처리과정을 거쳐 환경으로 출력 결과를 전달하게 된다.

가상 공간에 위치하여 특별한 응용 프로그램을 다루는 사용자를 도울 목적으로 반복적인 작업들을 자동화시켜 주는 컴퓨터 프로그램을 소프트웨어 에이전트, 지능형 에이전트 또는 인터페이스 에이전트라고 한다.¹⁶⁾

독립적인 콤포넌트(component)가 곧 에이전트이며, 이들의 행동은 조건

15) Stuart J. Russell & Peter Norvig, (1995), Artificial Intelligence : A Modern Approach, New Jersey: A Simon & Schuster Company; 조영임, (2003), 『인공지능 시스템』, 홍릉과학출판사, p. 360.

16) Maes, P. (1994), Agents that reduce work and information overload, CACM.

에 따라 반응하는 규칙(if-then decision rules)을 가지는데, 이러한 규칙의 범위는 간단하고 일반적인 행위모델에서 인공지능(artificial intelligence, AI)과 같은 복잡한 모델에 이르기까지 다양하다.¹⁷⁾

또한, 컴포넌트(component)의 행위는 적응력(adaptive)을 가진다. 외부적 환경으로부터 배울 수 있고(learn), 경험(experiences)에 의해 반응(response)하는 행동을 바꿀 수(change) 있을 때 agent가 될 수 있다. 에이전트는 기본규칙(base-level rules)과 상위규칙(higher-level rules)을 가지는데, 기본규칙은 환경에 단순하게 반응하는 것이고, 상위규칙은 “규칙을 변경하는 규칙”(rules to change the rules)으로 개조하는 능력 또는 적응하는 능력(adaptation)을 갖는 것이다.¹⁸⁾

에이전트는 독립적인 의사결정을 하고 자율적으로 행동한다. 즉, 수동적인 컴포넌트(components)가 아닌 능동적인 응답자(active responder)이고 계획자(planner)이다.¹⁹⁾

에이전트(agent)는 일정한 권한을 가진 “대리인”이라고 사전적으로 정의한다. 일정한 권한이라 함은 정해진 목표 또는 목적을 달성하기 위하여 정당성이 승인된 활동의 범위이다. 즉, 일정한 권한 내에서 자율적(autonomous)으로 행동할 수 있으며, 외부환경과 다른 에이전트의 행동을 인지(입력)하고 반응(출력)하는 상호작용(interacting)하는 행위자이며, 목표 달성을 위해 합리적으로 생각(내부 알고리즘)할 수 있는 능력자이다.

앞에서 인공지능시스템은 자율성과 적응성을 가진 자동화시스템이고, 객체지향시스템은 재활용성과 확장성을 가진 모듈화된 시스템이라고 정의하였다.

에이전트 기반 시스템은 인공지능시스템과 객체지향시스템의 복합시스

17) Bonabeau, E, (2001), Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems, In Proceedings of National Academy of Sciences, 99(3): 7280-7287.

18) Casti, J, (1997), Would-be worlds: how simulation is changing the world of science, New York: Wiley.

19) Jennings, N. R, (2000), On agent-based software engineering, Artificial Intelligence, 117: 277-296.

템이라고 정의한다. 즉, 자율성과 적응성을 가진 자동화된 시스템이면서 재 활용성과 확장성을 갖는 모듈화된 시스템이 에이전트 시스템이다.

3) 에이전트의 특성

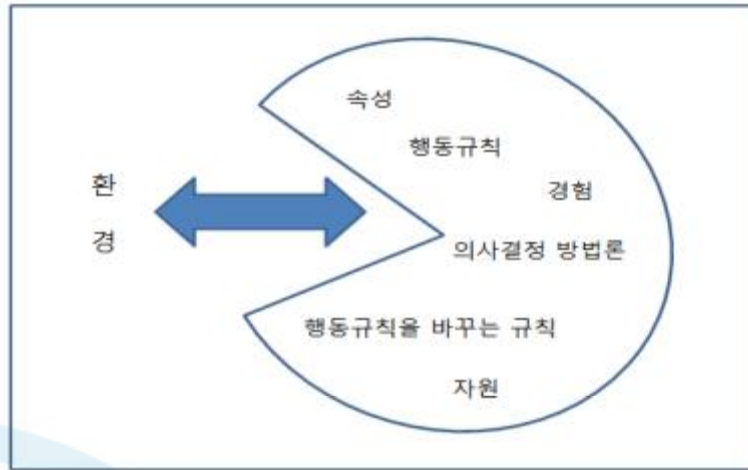
에이전트의 특성을 요약하면 다음과 같다.²⁰⁾

- 에이전트는 자신의 행동과 의사결정 능력을 통제하는 특징과 규칙을 가진 식별가능하고(identifiable), 개별적인(discrete), 또는 모듈식이며(modular), 개성적(individual), 자립적(self-contained)이다. 분리성(discreteness)이란 에이전트가 경계(boundary)를 가지며 하나의 에이전트의 일부인지 아닌지 또는 공통된 특징인지 쉽게 결정할 수 있다.
- 자율적(autonomous)이고 자발적(self-directed)이다. 에이전트는 제한된 범위의 상황에서 자신의 환경과 다른 에이전트와 작용하는데 있어 독립적으로 (independently) 기능을 할 수 있다.
- 사회적(social)이고 다른 에이전트와 상호작용(interaction)한다. 에이전트는 커뮤니케이션 등 다른 에이전트와 상호작용을 하기 위한 protocols을 가진다. 에이전트는 다른 에이전트에 대한 특징을 인식하고(recognize) 구분하는(distinguish) 능력을 가진다.
- 에이전트는 다른 에이전트와 상호작용하는 외부환경에 위치하며 생활한다.
- 에이전트는 목표지향적(goal-directed)이며 자신의 행동측면에서 달성하고자 하는 목표를 가질 수 있다. 이는 에이전트가 자신의 행동의 결과를 달성하고자 하는 목표에 비교할 수 있도록 한다.
- 에이전트는 융통성(flexible)이 있고, 자신의 경험(experience)에 기반하여 자신의 행동을 학습하고(learn) 적응하는(adapt) 능력을 가진다. 이는 어떤 형태의 기억을 요구하며 에이전트는 자신의 행

20) Charles M. Macal and Michael J. North, (2008), Agent-Based Modeling and Simulation: ABMS Examples. Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, 101-102.

위의 규칙을 수정(Modify)할 수 있는 규칙을 갖는다.

종종 에이전트 기반 모델의 에이전트들은 상기 특징들의 하나 또는 그 이상 부족하다.



< 그림 2 > Agent의 특성

<그림 2>와 같이 에이전트는 자신의 속성과 행동 규칙을 갖고서 경험과 자원을 기반으로 의사결정하고 계속해서 진화한다.

에이전트의 특성을 다섯가지로 표현하면, 개별성, 자율성, 상호작용, 적응성, 목표지향성으로 정의할 수 있다.

제 2 절 위게임 모델 개념 및 개발 현황

1) 위게임 모델 개념

국방M&S(Modeling & Simulation)란 모델링(Modeling)과 시뮬레이션(Simulation)의 합성어으로써 국방분야에서 수행되는 연습·훈련, 작전계획·전력분석, 획득, 합동·전투실험 등을 다양한 모의기법을 통해 과학적으로 지원하는 도구 및 수단을 총칭한다.²¹⁾

21) 합동참모본부, (2015), 『국방 위게임모델 목록집』, p. 3.

2000년대 이후에 모델링 및 시뮬레이션 기술은 상호연동 기술, 합성환경기술, 가상현실 기술 등의 급속한 발전으로 새로운 발전의 전환점이 되었다. 서로 상이한 모델을 통신 네트워크로 연결시켜 시간과 공간의 장벽을 극복할 수 있는 대규모의 시뮬레이션이 가능하고, 전장 묘사의 충실도를 향상시켜 현실의 전쟁을 마치 실제처럼 묘사할 수 있는 가상 전투공간을 창출할 수 있는 기회를 제공하였다. 가상 전투공간에서는 전쟁을 마치 실험실에서 실험해 보듯이 전투실험을 할 수 있어, 과학적인 전투발전이 가능하고, 또한 무기체계 획득 및 교육훈련 등 많은 분야에 적용이 가능하게 되었다.²²⁾

위게임은 가상 환경에서 가상의 객체들 간의 전쟁 상황을 모의하는 시스템으로 주로 전쟁 연습과 작전분석을 위해 사용되고 있다. 가상으로 실시하는 이유는 실제 연습을 할 수 있는 공간, 인원, 장비를 조달하기 힘들고 그에 따른 막대한 소요 비용을 감당할 수 없기 때문이다.

통상 위게임은 국방 M&S를 일컫는 대표적 용어로 사용되고 있으나, 국방 M&S체계의 특정 분야 중 한 분야에 해당한다.

이에 국방M&S에 대해서 논하도록 한다.

모델링(Modeling)이란 시스템, 개체, 현상 또는 절차에 관한 논리적, 수학적, 물리적 표현을 만들고 확인하기 위하여 엄격한 표현구조의 방법론을 적용하는 것이다.²³⁾ 즉, 모델링하고자 하는 현실세계에 존재하는 실제 대상에서 그 대상을 잘 표현할 수 있는 특성을 추출하여 단순화하고 모형화하는 과정이다. 군사분야에서는 아군 및 대항군 부대, 전투체계, 단위 무기체계, 자연 및 전장환경 등이 모델링의 대상이 된다.

시뮬레이션(Simulation)이란 시간을 들여 하나의 모델을 구현하기 위한 방법이다.²⁴⁾ 즉, 대상 체계를 이해하고 보다 개선할 목적으로 모델링을 통해 형성한 모델을 시간의 흐름에 따라 반복적으로 작동시켜 최적을 해

22) 최상영, (2010), 『국방 모델링 및 시뮬레이션 총론』, 북코리아, p. 5.

23) 한국국방연구원, (2003), 『국방 시뮬레이션 용어사전』, p. 72.

24) 상계서, p. 97.

답을 구하는 과정을 말한다. 군사분야에서는 실 전장환경과 유사한 가상 공간에 군사 및 전투작전을 추상화하고 단순화하여 모델링하고 시간의 흐름에 따라 실행시켜서 그 결과를 도출하는 과정이다.

2) 위게임 모델의 분류

시뮬레이션 방식에 따라 실기동모의체계(Live Simulation), 가상모의체계(Virtual Simulation), 구성모의체계(Constructive Simulation)로 분류된다. 실기동 모의체계(Live Simulation)는 모의대상체계를 구성하는 인원 및 장비가 모두 실제로 운용되는 모의유형으로 과학화훈련장, 사격훈련장, 야외 기동훈련 등이 해당되고, 가상모의체계(Virtual Simulation)은 인원은 실제 운용되고 장비는 가상으로 운용되는 모의 유형으로 각종 시뮬레이터가 이에 해당하며, 구성모의체계(Constructive Simulation)은 인원과 장비 모두를 가상으로 모의하는 유형으로 매년 실시하는 UFG, KR/FE 등의 훈련·연습시 운용하는 지휘관 및 참모 연습모델이 해당한다.²⁵⁾

<표 2>는 LVC 훈련체계의 장단점과 활용을 비교한 것이다.²⁶⁾

실기동(Live) 모의가 가장 실제 전장환경과 유사하고 소부대의 전투능력을 훈련하는데 적합하지만, 훈련을 위한 공간과 자원 소요가 많기 때문에 핵심적인 상황 모의에 중점을 두고 일부 모의는 제한이 따른다. 가상(Virtual) 모의체계는 장비 자체의 기능과 운용 절차를 숙달할 목적으로 개발되었으며, 물리적 장비의 개발이 필요하다. 구성(Constructive) 모의체계는 일반적으로 위게임모델이라고 불리우는데 주로 지휘관의 전투지휘와 통제능력을 훈련할 목적으로 다양한 전쟁상황을 가상으로 묘사하고 지휘관의 훈련과정 속에서의 분석자료를 결과로 도출한다.

25) 합동참모본부, (2015), 『국방 위게임모델 목록집』, p. 4.

26) 천윤환 외 6명, (2016), 『국방 모델링 및 시뮬레이션』, 황금소나무, p. 268.

< 표 2 > LVC 훈련체계 장단점 비교

구분	모의대상		장점	단점	활용
	병력	장비			
실기동 (Live)	실제	실제	실전장과 가장 유사한 전투체험, 소부대 전투수행 능력 배양에 적합	훈련 공간/자원 확보 요구, 일부 상황 모의 제한 (상급, 인접 부대, 간접화력)	대대급/여단급 실기동 훈련
가상 (Virtual)	실제	모의	장비운용 능력 배양, 전술적 운용 절차 훈련 장비 위주 훈련에 적합	개발비용 과다	기능 숙달, 전술훈련용 시뮬레이터
구성 (Constructive)	모의	모의	전술적 운용 능력 배양, 훈련 비용/시간 절약, 다양한 분석자료 제공, 지휘관/참모의 전투지휘 훈련	다수의 가정사항, 입력변수에 따라 결과 변화	창조21, 전투21, 화랑 21

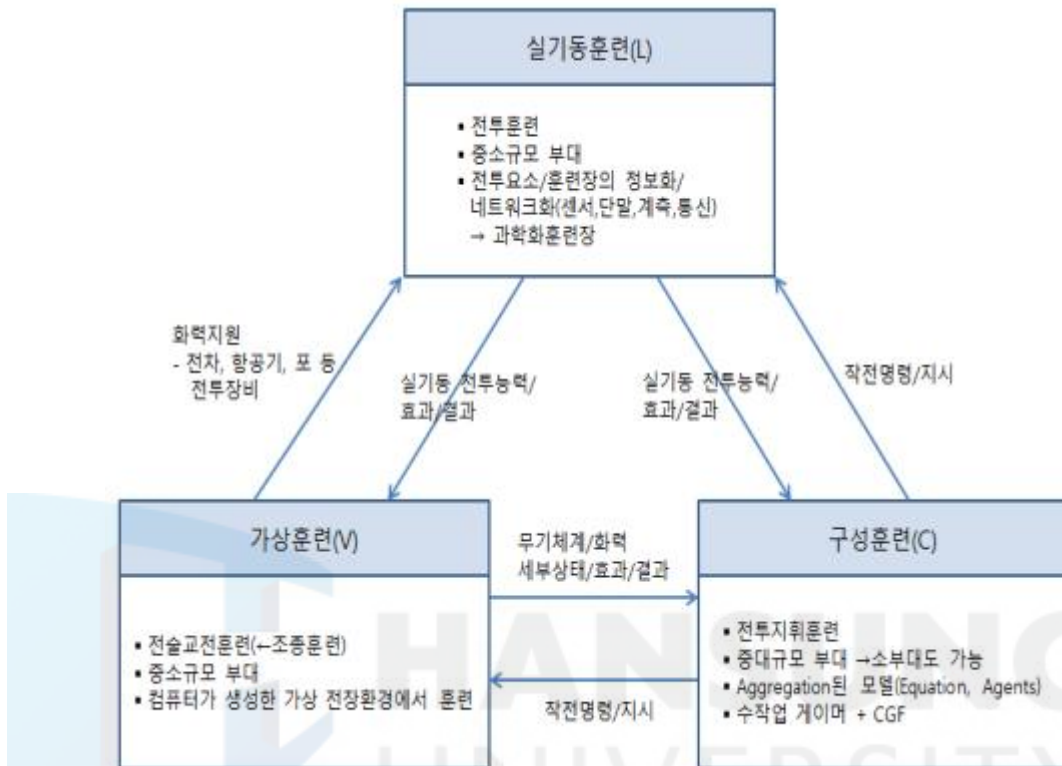
현재는 실기동, 가상, 구성모의 체계의 운용 목적과 활용도가 다르기 때문에 각각 개발되어 운용되고 있지만, 향후 LVC 연동을 통한 합성전장환경을 구축하여 보다 현실과 근접한 모의훈련 및 연습지원 환경을 제공할 수 있도록 국방M&S 개발 계획을 수립하고 있다.

<그림 3>은 LVC 체계 통합 운용개념을 설명하는 그림이다.²⁷⁾

실기동훈련(L)은 소규모 부대의 전투훈련을 실시하고, 가상훈련(V)은 중소규모 부대의 전술교전훈련을 실시하며, 구성훈련(C)는 중대규모 부대의 전투지휘훈련을 실시할 수 있다. L-V-C 상호간에는 작전명령/지시와 전차, 항공기, 포 등 전투장비의 화력지원, 전투효과/결과, 무기체계 상태/

27) 권순걸 외 3명, (2010), 『소부대 교전훈련 Virtual-Constructive 시뮬레이션 연동개편 연구를 위한 테스트베드』, 한국시뮬레이션학회 논문지, p. 220.

효과/결과 정보를 교환하게 된다.



< 그림 3 > LVC 체계 통합 운용 개념

묘사수준에 따라 분류하며, 전구급, 임무급, 교전급, 공학급 모델로 구분할 수 있다. 전구급이란 전쟁수준으로 육·해·공군 작전에서 합동·연합 작전까지 모의하는 수준이고, 임무급은 군단·사단 규모를 모의한다. 교전급은 연대·대대 규모의 소규모 부대 작전을 모의하고, 공학급은 단위 무기체계의 성능과 효과를 모의하는 수준이다.

묘사수준에 따른 모의전력, 상세도, 산출물, 사용목적 등을 비교하면 <표 3> 과 같다.²⁸⁾

28) 최상영, (2010), 『국방 모델링 및 시뮬레이션 총론』, 북코리아, p. 13.

< 표 3 > 묘사수준에 따른 모델 구분 및 특성

구분	전구 모델	임무 모델	교전 모델	공학 모델
모의 전력	합동/연합전력	다종무기체계 전투전력	단일/소수의 무기체계	단일 무기체계
상세도	무기체계 집합체	관련 무기체계	체계/부체계	체계/부체계 구성품
산출물	전쟁결과 (Outcome)	임무효과도 (MOM: Measure of Mission success)	체계효과도 (MOE: Measure of Effectiveness)	성능 (MOP: Measure of Performance)
	전력손실	조우확률 손실률	명중확률 생존성/취약성	탐지거리 사거리 조정성능
사용 목적	합동전력 평가, 합동작전 분석, 대부대 훈련	임무효과도, 부대구성분석, 소부대훈련	체계효과도, 체계사양도출, 비용/성능/기술 상쇄분석	체계/부체계/구성품 최적공학 설계, 비용/지원성/생산성 분석

3) 위게임 모델 개발 현황

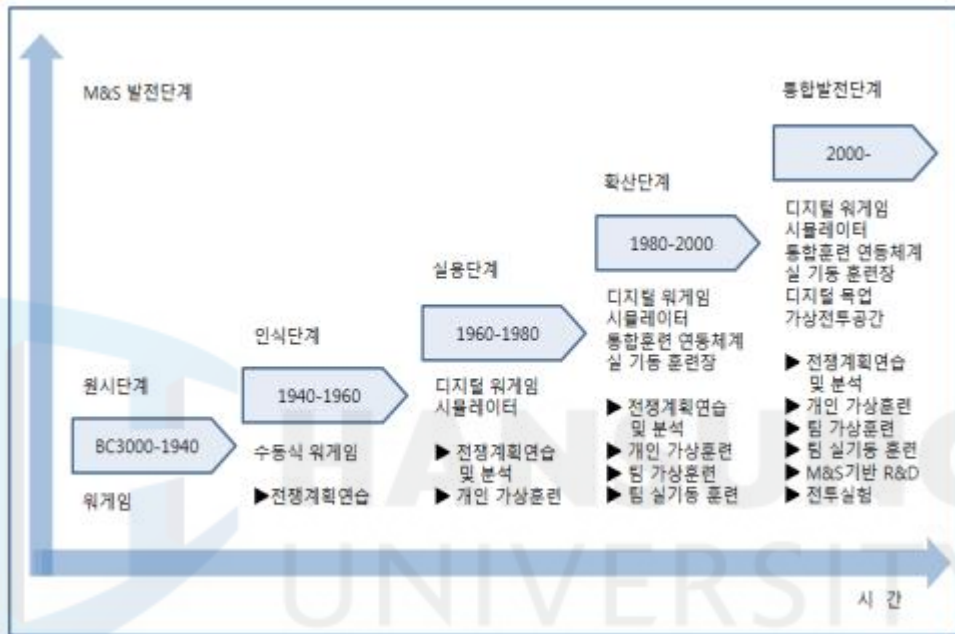
국방M&S의 시작은 B.C. 3000년 전으로 알려져 있으며, 원시단계, 인식 단계, 실용단계, 확산단계, 통합 발전단계로 나눌 수 있다.

<그림 4>는 국방 M&S의 발전단계를 그림으로 보여준다.²⁹⁾

원시단계부터 인식단계는 매우 초보적이고 수동적 위게임 수준이다. 1960년대부터 1980년대는 실용단계로 컴퓨터 기술의 발전으로 디지털 위 게임 모델의 출현으로 실질적인 전쟁계획 연습과 분석 그리고 훈련에 사용되기 시작했다. 1980년대 확산단계에서는 M&S의 유용성 인식이 확산 되면서 디지털 위게임 모델, 시뮬레이터, 통합 훈련 연동체계, 실기동 훈

29) 천윤환 외 6명, (2016), 『국방 모델링 및 시뮬레이션』, 황금소나무, p. 232~233.

련장 등이 개발되었고 전쟁계획의 연습으로부터 다양한 개인 및 팀 훈련에 적용하게 된다. 2000년대 통합 발전단계로서 M&S는 기존의 M&S의 영역에 디지털 목업 가상전투공간(실험소) 구축 등으로 확대되어 전쟁계획 연습 및 분석, 훈련 그리고 무기체계 획득, 전투 실험 등에 이르기까지 다양한 분야에 확대되어 적용되고 있다.

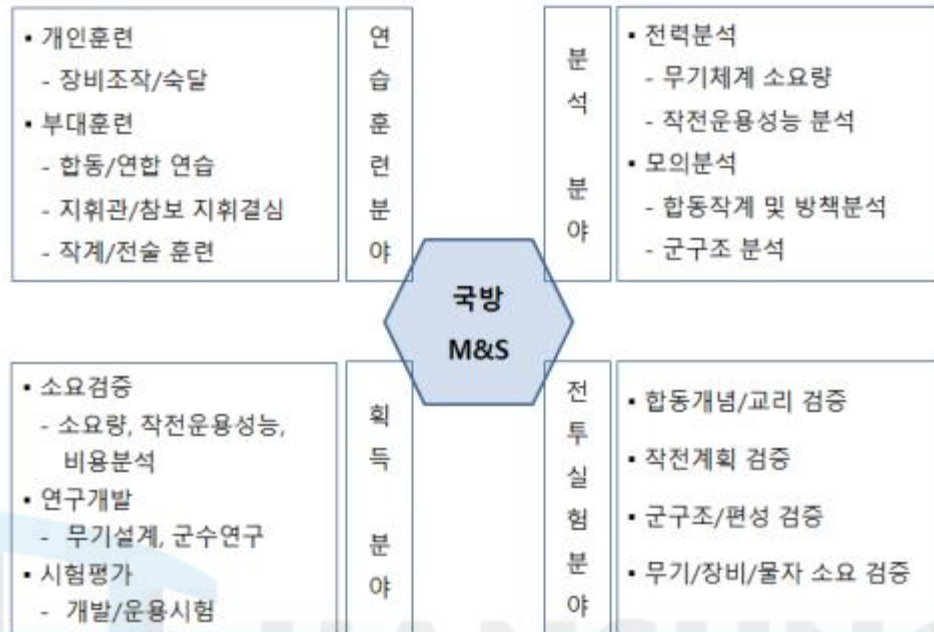


< 그림 4 > 국방 M&S의 발전단계

앞서 발전 경과를 살펴본 바와 같이 현재 국방분야에서는 M&S를 연습/훈련분야, 분석분야, 획득분야 등에 적용하여 활용하고 있다. 연습/훈련분야는 군의 전쟁수행능력 향상을 위하여 개별 병사와 승무원의 장비조작 및 숙달훈련에서부터 지휘관과 참모의 지휘결심 및 절차훈련에 이르기까지 국방M&S를 적용하고 있고, 분석분야에서는 합리적인 의사결정에 필요한 군구조, 전력, 작계 등의 타당성 검증을 지원하고 있으며, 무기체계의 연구개발, 시험평가, 군수소요 및 성능평가 등 획득분야에 적용하고 있다.³⁰⁾

30) 합동참모본부, (2015), 『국방 워게임모델 목록집』, p. 7.

<그림 5>는 국방 M&S 적용분야를 분야별로 설명하는 그림이다.



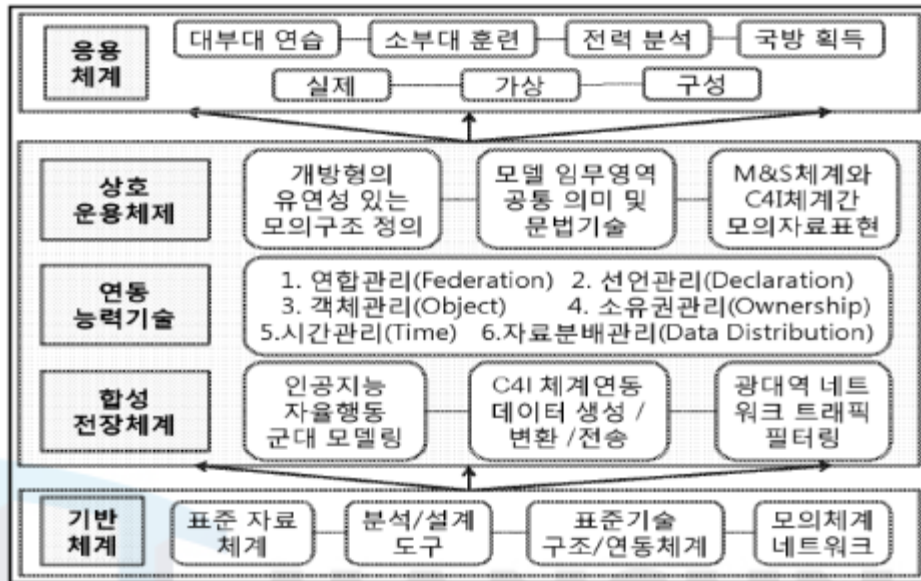
< 그림 5 > 국방 M&S 적용분야

연습/훈련용 모델을 통해 교육훈련이 필요한 지휘관 및 참모, 전투원에게 다양한 전장상황을 간접적으로 체험할 수 있는 기회를 제공하며, 상대적으로 다양한 전장환경과 상황묘사에 중점을 두고 구축하여, 시스템 운용절차 및 전쟁수행절차를 훈련하도록 설계한다.

분석용 모델은 부대 및 전력구조 분석, 작전계획 타당성 검증, 군수자원 소요 산정 등의 의사결정을 지원하기 위한 정량적 분석 수단 및 자료(근거)를 제공하며, 분석 대상을 묘사하는 변수와 변수의 특성을 나타내는 계수값에 대한 신뢰성 있는 데이터베이스 구축이 핵심이다. 획득용 모델은 무기체계 획득업무 분야에 활용하는 체계로써, 복잡한 무기체계 특성을 시제모델 없이 연구, 개발 및 시험평가 수단으로 활용하는 것으로, 대안들을 쉽게 비교·분석하고, 각각의 대안에 대한 공정한 비교분석이 가능하도록 설계하는 것이 핵심이다.³¹⁾

31) 전계서, p. 5.

<그림 6>은 국방 M&S 발전목표에 따라 식별된 M&S 핵심기술 분야를 보여주고 있다.³²⁾



< 그림 6 > 국방 M&S 핵심기술 분야

에이전트 기반 모델링 방법론을 적용할 수 있는 국방 M&S 핵심기술 분야는 기반체계의 분석/설계도구 분야에서 실전적인 결과산출을 위한 모델의 반자동화 기술이며, 합성전장체계를 구축하는 모델링 방법론으로서 부대의 자율행위를 부여하여 응용체계의 구성모델로 개발함으로써 훈련/분석/획득 분야에 응용 가능한 것으로 적용분야를 도출하였다. 응용체계의 훈련 분야에서는 전구급 모델에 연동된 임무/교전급 모델에 에이전트 기반 모델링 방법론을 적용함으로써 실전적 대부대 연습이 가능하며, 분석/획득 분야에서는 에이전트 기반 모델링 방법론으로 부대가 자율적으로 협업할 수 있도록 함으로서 기존 방정식 방법론으로 묘사할 수 없는 미래전장 모의가 가능하다.³³⁾

32) 손재홍 외 5명, (2007), 『국방 M&S 특화센터 연구요구의뢰서』, 국방과학연구소, p.40~232; 김희수, (2009), 『에이전트 기반 모델링에 의한 근접전투 손실예측 관련 연구』, p.124 재인용.

33) 김희수, (2009), 『에이전트 기반 모델링에 의한 근접전투 손실예측 관련 연구』, p.126.

현재 한국군 위게임 모델 개발은 기본적으로 모의논리와 자료(Data Base)를 미군 위게임 모델을 바탕으로 하여 개발하였거나 개발 중인데, 이들 위게임 모델은 훈련용과 분석용으로 활용되고 있다. 그러나, 이들 위게임 모델은 화기교전에 따른 피해살상과 개략적인 수준의 지휘통제/정보 감시를 모의하고 있다. 미국을 비롯한 선진국은 위게임 모델 개발을 할 수 있는 충분한 연구의 누적, 모델개발 경험과 자료를 확보하고 있는데 비해 한국은 선진국 이상으로 정보기술이 발전하였다고 하나 위와 같은 최적의 모델개발에 필요한 기초적인 연구와 저변을 갖고 있지 못하며 특히 군의 실정을 반영하는 연구가 부족한 것이 사실이다.³⁴⁾

국방 위게임 모델 개발 또는 성능개량 계획이 체계적이고 단계적으로 수립되어 있으나, 모델의 기반이 되는 실질적인 모의논리와 데이터 구축 없이 모델 자체만을 개발하는 것은 모델의 신뢰성을 보장할 수 없기 때문에 모델 활용의 궁극적 목표를 달성하기에는 부족하다. 따라서, 국가적 차원에서 이에 대한 중요성을 인식하고 M&S 기초 연구를 위한 적극적인 투자가 필요하다고 할 것이다.

제 3 절 위게임 모델에서의 에이전트의 역할

과거 대다수 모의모델은 방정식(Equation) 기반으로 개발되어져 왔다. 방정식(Equation) 기반이라 함은 시스템의 특성과 작동하는 방법을 수식과 변수로 표현하여 해답을 구하는 것이다. 시스템 내에서 발생하는 모든 개체와 이벤트를 모두 방정식으로 표현하는 것은 현실적으로 불가능하기 때문에 근사한 값을 도출할 수 밖에 없었고, 이로 인해 에이전트 기반 모의 모델 개발 방법에 대한 연구가 이루어지게 되었다.

<표 4>는 방정식 기반모델과 에이전트 기반모델간의 비교표를 나타낸다.³⁵⁾

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

방정식 기반 모델의 경우는 다양한 개체와 개체간 상호작용을 표현하는데 어려움이 있으며, 소규모 시스템의 중앙통제 하에 정해놓은 규정에 따라 일률적으로 작동하는 시스템인 반면, 에이전트 기반 모델은 보다 대규모의 분산 네트워크 시스템에서 독립적이고 다양한 개체를 표현할 수 있고, 개체간의 관계와 상호작용을 가시적으로 정의할 수 있으며 더욱 정확한 결과를 산출할 수 있다.

< 표 4 > 방정식 기반모델과 에이전트 기반모델의 비교

구 분	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

에이전트 모델링은 소프트웨어 개발 기술의 하나인 객체지향 개발 방법론에 인공지능 개념이 적용된 것이다.

객체지향 시스템은 특정한 행위를 수행하는 객체를 생성하고 시스템에서 그러한 행위가 필요한 업무를 수행할 경우 해당 객체를 호출한다. 호출된 객체는 특정 행위를 수행하는데 필요한 세부 기능을 수행하는 다른 객체를

35) 전계서, p. 14.

호출하여 결과값을 전달받는다. 객체간에는 메시지를 통해서 상호 정보를 교환한다. 시스템은 객체들로부터 전달받은 결과들을 통합하여 최종 산물을 도출한다. 객체지향 기반의 시스템은 재사용성과 확장성이 높다.

객체지향 시스템에서의 객체가 지능화되어 적응성(adaptability)과 자율성(autonomy)을 갖게 된 것을 에이전트라고 할 수 있다.

멀티 에이전트를 적용하여 에이전트를 계층화 구조로 구성하고 수평적 수직적으로 조합하게 되면 교전급에서 공합급 모델에 이르기까지 통합적인 모델링이 가능하게 되고, 도메인 모델내에서 혹은 다른 모델까지도 이식이 용이하게 되어 재활용성이 높아진다.

에이전트 기반 모델로는 해외에서 도입한 미국의 OneSAF나 독일의 DNS 모델이 있다.

OneSAF는 미 육군이 개발한 여단급 이하 제대의 전장활동을 모의하는 시뮬레이션 체계이다. 육군의 주요 M&S분야 응용을 지원하기 위해 조립형 자동화부대(CGF, Computer Generated Forces)를 개발하여 적용하였다.

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.

국방 워게임 모델은 방대한 전장상황을 묘사해야 하고, 독립적인 다양한 개체와 무수히 많은 이벤트가 발생하며, 또한 이들 간의 관계와 상호작용을 정의할 수 있어야 보다 실 체계에 가까운 모의가 가능하게 되고, 모의 결과를 실제로 활용할 수 있게 될 것이다. 특히, 전구급 모델과 분석용 모델에서 에이전트 적용의 필요성이 더욱 크다고 할 수 있겠다.

에이전트 기반 모델의 가장 큰 이점은 개체들과의 관계에서 발생하는 의외의 현상(Emergent Phenomenon)을 명확하고 유연하게 규정할 수 있다는 점이다. 특히 개인적인 행위는 비선형적인 If-Then 법칙이나 비선형조합에 의해 나타낼 수 있다고 볼 때 휴먼시스템에서 매우 효과적인 방법이다.³⁶⁾

전쟁의 양상을 보면 다양한 전쟁수행기관들을 하나의 통합된 중앙통제 하에 두면서도 각각은 자신의 역할을 전체적인 관점에서 이해하고 행동하도록 요구하고 있다. 에이전트는 분산 환경에서 각각의 행위를 통합하는데 큰 장점이 있어 점차 지휘통제체계가 분산되어 네트워크에 의한 통합의 중요성이 증가함에 따라 군사적인 면에서 새로운 패러다임의 분산지휘 통제체계에 대한 발전이 요구되기 때문이다.³⁷⁾

제 4 절 모델링 프로세스 및 개념모델 프레임워크

시뮬레이션 모델 개발시 시뮬레이션을 통한 문제 해결을 위한 방법은 개념모델링에서 출발한다. 에이전트 기반 모델링 방법은 모의해야할 대상과 범위, 모의수준을 필요에 따라 모델링하기 위해 좋은 방법이다. 에이전트 기반 모델링을 하기에 앞서 핵심 모델링 프로세스와 개념모델 프레임워크에 대해 살펴본다.

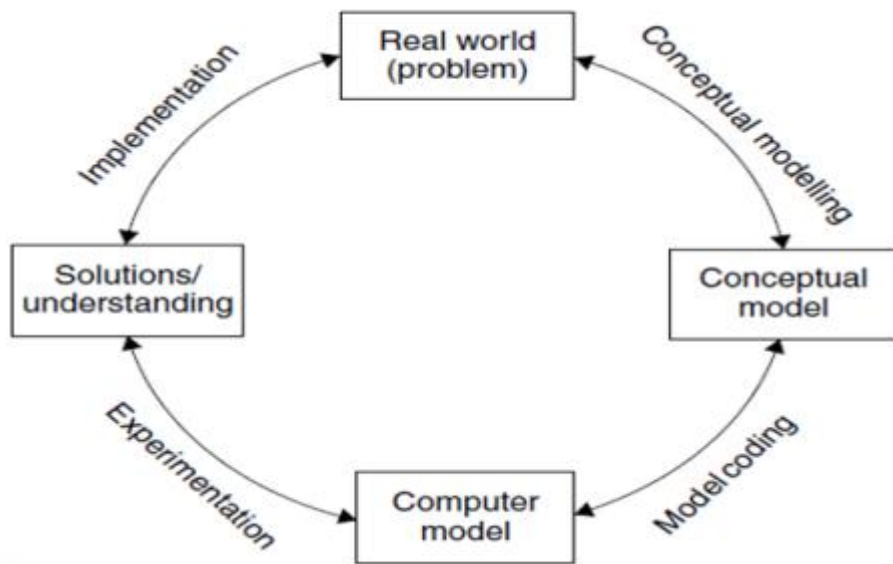
다음 <그림 7>은 시뮬레이션 모델 개발시 적용하는 핵심 모델링 프로세스를 나타내고 있다.³⁸⁾

시뮬레이션 연구의 시작은 현실세계(Real world)에 존재하는 문제를 인식하는 것에서 시작한다. 문제의 본질을 이해하고 그 문제를 다룰 수 있는 적합한 모델을 설계하는 것이 개념모델링(Conceptual modelling)이다.

36) Eric Bonabeau, (2002), Agent-based Modeling : Methods and techniques for simulating human systems, Adaptive Agents, Intelligence, and Emergent Human Organization: Capturing Complexity through Agent-Based Modeling. PNAS vol.99/suppl.3; 이동준, (2007), 『에이전트 기반 지휘통제 모의방법론』, p. 14 재인용.

37) Eric Bonabeau, (2003), Agent-based modeling for Testing and Designing Novel Decentralized Command and Control System Paradigms, Modeling and Simulation and Network-Centric Application. 8th International Command and Control Research Technology Symposium; 이동준, (2007), 『에이전트 기반 지휘통제 모의방법론』, p. 15 재인용.

38) Stewart Robinson, (2004), Simulation: The Practice of Model Development and Use, England: John Wiley & Sons, Ltd, p. 52.



< 그림 7 > Simulation Studies: Key Stages and Processes

개념모델링의 세부 프로세스는 다음과 같다. 첫째는 문제의 상황을 이해하는 것이고, 둘째는 문제에 부합되는 모델링 대상을 설정하는 것이다. 셋째는 개념모델(Conceptual model)의 입력, 출력, 내부 알고리즘 등을 설계한다. 마지막으로 모델 개발에 필요한 자료를 수집하고 분석하는 것이다.

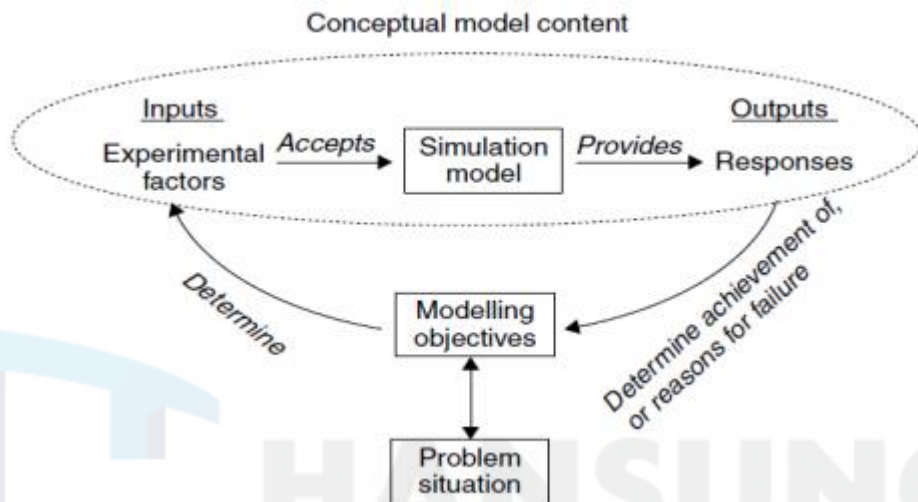
자료 수집 및 분석은 두가지 이유에서 개념모델에 포함된다. 첫째는 문제의 이해를 증진하기 위해 맥락을 파악할 수 있는 데이터를 얻는 것이고, 둘째는 컴퓨터모델을 개발하기 위해 필요한 구체적인 데이터를 식별하기 위해서이다.

시뮬레이션은 컴퓨터상에서 구현되기 때문에 개념모델을 컴퓨터 모델(Computer model)로 전환하는 모델코딩 절차를 수행한다. 컴퓨터 모델이 구현되면, 실험(Experimentation)을 수행한다. 실험은 현실세계의 문제에 대한 더 좋은 해결방안을 얻기 위해 “What-if” 분석 프로세스를 활용한다. “What-if” 분석 프로세스는 모델에 다양한 입력값을 대입하고 모델을 수행하여 나온 결과값을 분석하고 다시 입력값을 변경하는 일련의 과정을 반복하는 것이다. 시뮬레이션 실험은 정확한 결과를 도출하는 목적 이외

에도 현실세계를 이해하고 잠재적인 해결방안을 찾거나 해결방안의 신뢰도를 테스트하는 목적으로도 수행된다.

실험이 끝나면 시뮬레이션 결과를 현실세계에 반영(Implementation)한다.

<그림 8>은 개념모델 개발 프레임워크를 보여준다.³⁹⁾



< 그림 8 > A Framework for Conceptual Modelling

개념모델은 문제인식, 목적, 입력, 출력, 내용으로 구성된다. 먼저 현실에 존재하는 문제상황을 인식하는 것으로부터 시작하여 모델과 모델링 프로젝트의 목적을 정의해야 한다. 그 다음으로 개념모델의 입력과 출력, 내부 알고리즘을 설계한다.

개념모델링은 추상화와 단순화 기법을 적용한다. 모델링 되는 실세계에 대한 불확실성으로 인한 추상화가 필요하고, 좀더 빨리 모델 개발을 하기 위해서 모델링 목적에 맞도록 단순화하는 작업을 수행한다.

39) Stewart Robinson, (2004), Simulation: The Practice of Model Development and Use, England: John Wiley & Sons, Ltd, p. 78.

제 5 절 DEVS 형식론 기반 모델링 기법

에이전트 기반으로 모델링하기 위해 앞 절에서는 모델 개발 프로세스를 살펴보았다. 이번 절에서는 모델링 프로세스와 함께 적용할 수 있는 모델링 형식론을 논의하도록 하겠다.

목표 시스템을 모델링하기 위해서는 무수히 많은 시스템의 구성요소를 체계적으로 모델링하기 위한 양식(Format)이 필요하다. 이 모델링 틀(Framework)은 모델을 명세하기 위해 규격화한 템플릿 또는 공식/양식이다. 수학적으로 표현된 모델링 틀을 모델링 형식론이라고 한다.

연속시간 시스템의 경우는 연속된 시간의 흐름에 따라 순차적인 절차(Process)에 따라 시스템이 동작하는 시스템인 반면, 이산사건 시스템이란 임의의 시각에 이산적으로 발생하는 많은 사건들을 처리하고 그 결과 도출하는 시스템이다. 연속시간 시스템은 미분방정식 형식론을 적용하여 수학적 방법으로 정확한 해를 구할 수 있다. 이산사건 시스템의 모델링 형식론은 Petri-net⁴⁰⁾, 객체지향, DEVS, FSM⁴¹⁾ 기법 등으로 다양한데, 본 논문에서는 계층구조를 갖는 멀티 에이전트의 모델링에 적합한 DEVS 형식론을 적용한다.

DEVS 형식론은 1976년 Bernard P. Zeigler가 제안한 집합론을 근거로 하는 이산사건 모델링 틀(framework)이다.

DEVS 형식론에는 시스템 구성요소를 표현하기 위해 더 이상 쪼갤 수 없는 최소 단위인 원자 모델(atomic model)과 이들 모델 사이의 연결 관계를 명세하는 결합 모델(coupled model)이 있다. 이 두 가지 모델을 사용하여 복잡한 시스템을 계층적으로 표현할 수 있다.

본 논문에서 단위 객체 에이전트를 모델링할 때 DEVS 형식론에 기반하

40) Petri-net : 페트리 넷, 1962년 칼 아담 페트리 박사의 이론으로 이산사건시스템의 구조와 동적과정을 그래프로 표현한 것이다.

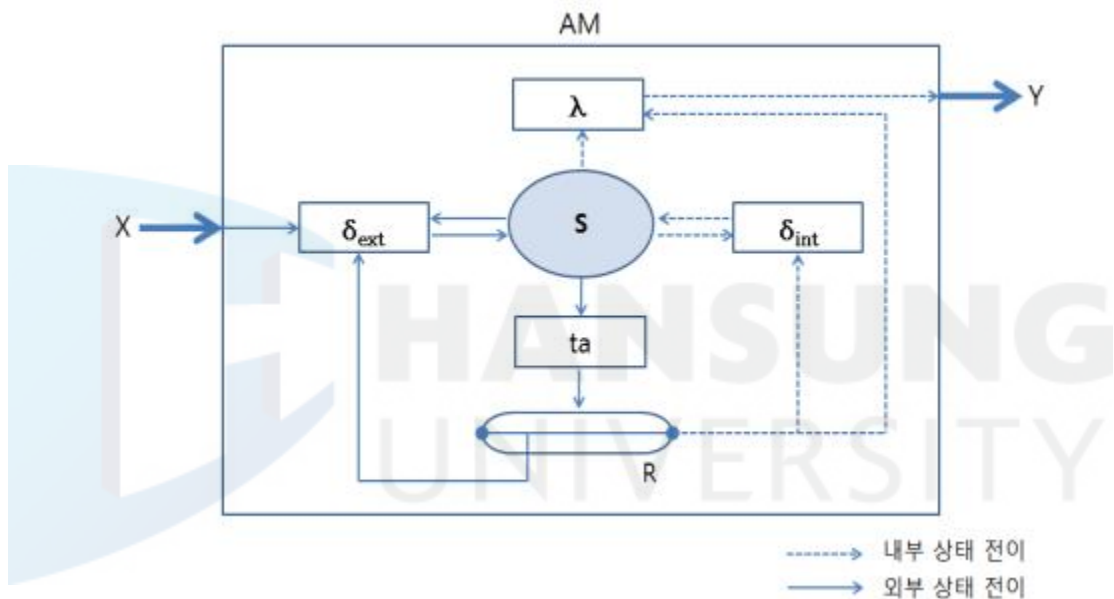
41) FSM(Finite State Machine) : 유한상태기계, 유한한 개수의 상태(state)들과 입력, 전이함수로 구성된 기계를 일컫는데, 이산사건 시스템을 모델링하기 위한 가장 오래된 형식 모델이다.

여 원자모델과 결합모델로 구성하여 설계한다.

1) 원자모델

원자모델은 최소 단위 모델로서 단위 시스템에 대한 시간 진행에 따른 절차적인 시스템의 동작을 표현한다. 원자모델은 3개의 집합(Set)과 4개의 함수(Function)으로 구성된다.

<그림 9>는 원자모델의 내부 구성도를 보여준다.⁴²⁾



< 그림 9 > 원자모델 구성도

$$AM = \langle X, S, Y, \delta_{ext}, \delta_{int}, ta, \lambda \rangle$$

X : 입력사건 집합(input event set)

Y : 출력사건 집합(output event set)

S : 상태집합(state set)

$\delta_{ext} : Q \times X \rightarrow S$: 외부상태 전이함수(external transition function)

$Q = \{(s, e) \mid s \in S, 0 \leq e \leq ta(s)\}$: AM의 전체 상태 집합

42) Bernard P. Zeigler, Herbert Praehofer, & Tag Gon Kim, (2000), Theory of Modeling and Simulation, Second Edition, Academic Press;

한국과학기술원, SMS Lab, (2015), 『국방 M&S 이론 및 기술』 강좌 교재.

e : 마지막 전이 이후 경과시간
 $\delta_{int} : S \rightarrow S$: 내부상태 전이함수(internal transition function)
 $\lambda : S \rightarrow Y$: 출력함수(output function)
 $ta : S \rightarrow R+0, \infty$: 시간진행함수(time advance function)
 $R+0, \infty$: 0에서 무한대까지의 양의 실수

“X”는 입력사건 집합으로 외부에서 모델로 들어올 수 있는 모든 사건의 집합이며, “Y”는 출력사건 집합으로 모델에서 외부로 내보내어 지는 모든 사건의 집합이다. S는 상태집합으로 모델이 가질 수 있는 모든 상태의 집합이며, 모델은 시간의 흐름에 따라 동적으로 변화하게 되는데, 어느 특정 시점에는 하나의 정적인 상태에 머무르게 된다. 현재 상태에서 다음 상태로 전이하는 경우는 외부 입력사건이 발생하는 경우와 내부에서 약속된 시간이 경과하여 내부에서 상태전이가 발생하는 경우이다. “ta”가 시간진행함수로서 모델 내부에서 하나의 상태에서 다음 상태로 전이되기 까지 소요되는 최저 시간을 의미하며, 0에서 무한대까지의 양의 실수가 된다.

“ δ_{ext} ”는 외부상태 전이함수로 외부로부터 입력사건이 발생했을 때, 내부 상태가 변화되는 함수이다. 입력 사건 집합에 있는 입력 사건에 따라 내부 상태를 변화시키는 함수이다. “ δ_{int} ”는 내부상태 전이함수로 외부 입력사건 없이 내부에서 정해 놓은 시간이 경과하면 현재의 상태를 다음 상태로 변화시키는 함수이다.

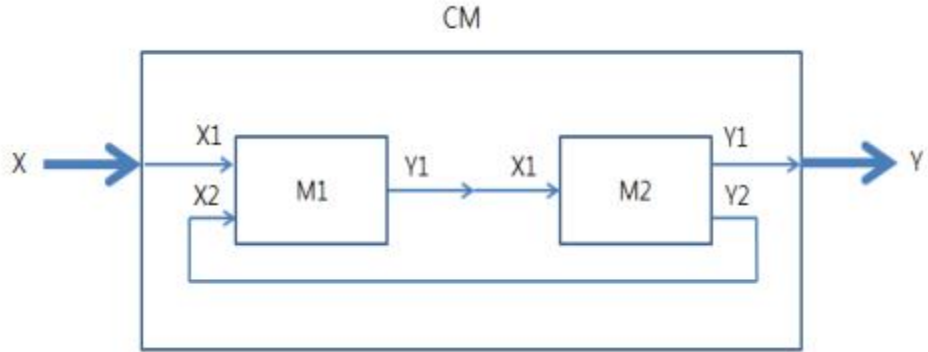
“ta”에 의해서 경과시간이 지나면 내부상태 전이함수를 호출하기 전에 출력함수가 호출된다. “ λ ”는 출력함수로서 현재 상태에 해당하는 출력사건을 출력하는 함수이다.

2) 결합모델

결합모델은 여러 모델을 연결하여 만든 모델이다. 즉, 여러개의 원자모델 또는 결합모델을 내부적으로 연결시켜 계층적으로 만든 모델이다. 결합모델은 3개의 집합(Set), 3개의 관계(Relation) 및 1개의 함수

(Function)로 구성된다.

<그림 10>은 결합모델 구성도를 보여주는 그림이다.⁴³⁾



< 그림 10 > 결합모델 구성도

$CM = \langle X, Y, M, EIC, EOC, IC, SELECT \rangle$

X : 입력사건 집합(input events set)

Y : 출력사건 집합(output events set)

M : 내부 구성모델 집합(set of all component names)

$EIC \subseteq CM.X \times iUM_i.X_i$: 외부입력 연결관계(external input coupling relation)

$EOC \subseteq iUM_i.Y_i \times CM.Y$: 외부출력 연결관계(external output coupling relation)

$IC \subseteq iUM_i.Y_i \times jUM_j.X_j$: 내부 연결관계(internal coupling relation)

SELECT : $2M - \emptyset \rightarrow M$: 우선순위 지정함수(select function)

원자모델과 같이 “X”는 입력사건 집합이고, “Y”는 출력사건 집합이다. “M”은 내부 구성요소 모델의 집합으로 결합모델 내부에 있는 모델의 집합이다. 내부 모델은 원자모델뿐만 아니라 결합모델일 수도 있다.

“EIC”는 외부입력 연결관계로서 결합모델의 입력사건과 내부 구성요소 모델의 입력사건 사이의 연결관계를 나타낸다. 만약 결합모델로 입력사건이 발생할 경우, 연결된 내부 구성요소 모델의 입력사건 또한 발생한 것으로 간주한다. 결합모델의 입력사건을 내부로 전달하는 역할을 한다.

43) 전계서.

“EOC”는 외부출력 연결관계인데 내부 구성요소 모델의 출력사건과 결합 모델의 출력사건을 연결한 것이다. 내부 구성요소 모델에서 발생한 출력 사건이 결합 모델의 출력사건으로 변환되어 외부로 전달된다.

“IC”는 내부 연결관계로서 내부 구성모델 사이의 입력과 출력을 연결한 것이다. 내부 구성모델의 출력사건이 다른 구성요소 모델의 입력으로 전달된다.

“SELECT”는 우선순위 지정함수로서 내부 구성모델 사이의 우선순위를 지정해 주는 함수이다. 만약 두 모델이 같은 시간에 사건이 발생하면, 두 모델 중 어떤 모델 사건을 처리할 것인지를 정해 주는 함수이다.

에이전트의 다층구조를 표현하는데 있어서 원자모델과 결합모델의 DEVS 형식론은 매우 유용한 모델링 구현방법이 될 것이다.

제 6 절 OneSAF 모델의 구조 분석

OneSAF⁴⁴⁾는 미 육군이 개발한 여단급 이하 지상군 체대의 전장활동을 모의하는 시뮬레이션 체계이다. 한국은 기존 소부대급 시뮬레이션 모델을 대체하기 위해 미국으로부터 도입하였고, 대테러전, 도시지역작전 등 최신 전장환경 모의와 미래 무기체계 효과 분석, 미래 부대 전투실험 등에 활용하고 있다.

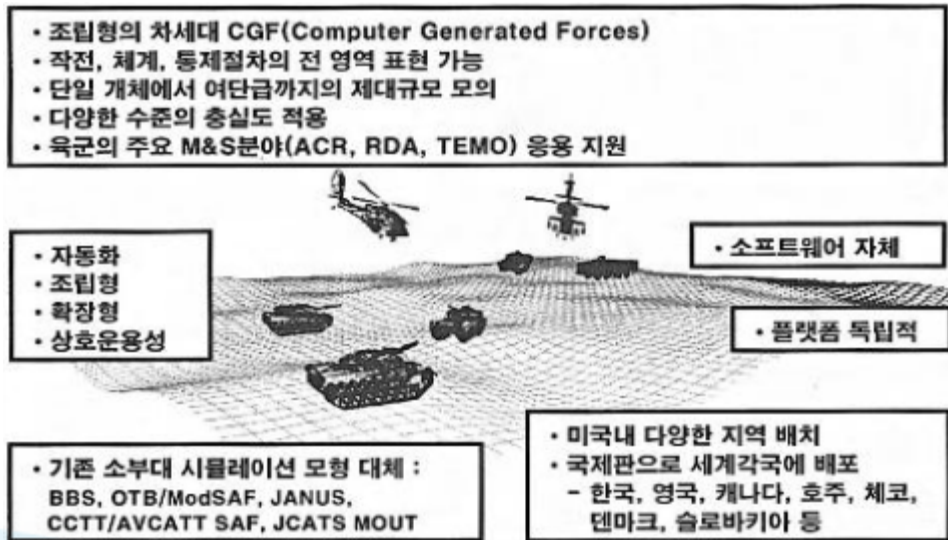
<그림 11>은 OneSAF의 특성을 설명하는 그림이다.⁴⁵⁾

OneSAF는 조립형의 차세대 CGF를 개발하여 특정분야에서 자율성을 가진 반자동화부대의 생성과 운용이 가능하고, 다양한 행동모델 및 컴포넌트를 조합하여 전투개체를 생성할 수 있다. 작전, 체계, 통제절차의 전 영역의 표현이 가능하고, 단일 개체에서 여단급까지의 체대규모 모의가 가

44) OneSAF(One Semi-Automated Forces) 미 육군이 개발한 여단급 이하 지상군 체대의 전장활동을 모의하는 시뮬레이션 체계.

45) 문형곤 외 2명, (2008), 『OneSAF 모형 도입/실용화(I)』, 한국국방연구원, p. 44.

능하다.



< 그림 11 > OneSAF의 특성

침단개념연구(ACR⁴⁶⁾), 훈련, 연습 및 군사작전(TEMO⁴⁷⁾), 연구개발 및 획득 분야(RDA⁴⁸⁾) 등 주요 M&S분야에 통합 시뮬레이션 서비스 제공이 가능하다. 조립형이라는 말은 하나의 실행파일이나 구성요소로 이루어진 것이 아니라 다양한 구성요소가 활용목적에 따라 체계적으로 통합되어 다양한 형상을 구성할 수 있다는 의미이다. 조립형 개념을 통해 다양한 확장이 가능하고 HLA⁴⁹⁾를 지원할 수 있도록 설계되어 타 모델이나 체계와 상호운용성을 보장한다. 또한 OneSAF에서 운용되는 개체는 가상군의 특성을 가진다.⁵⁰⁾

플랫폼 독립적, 자동화, 조립형, 확장성, 상호운용성이 OneSAF의 대표적 특징이다.

OneSAF의 모델 구조는 <그림 12>와 같다.

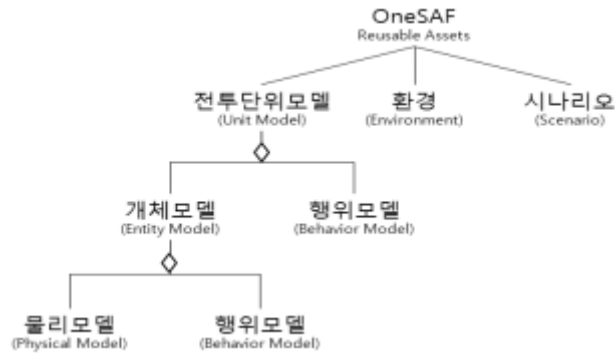
46) ACR(Advanced Concepts and Requirements) 침단 개념 연구.

47) TEMO(Training, Exercises and Military Operations) 훈련, 연습 및 군사작전.

48) RDA(Research, Development and Acquisition) 연구, 개발 및 획득.

49) HLA(High Level Architecture) 상위 수준 아키텍처, 시뮬레이션 연동기술 표준 중 하나.

50) 문형곤 외 2명. (2008), 『OneSAF 모형 도입/실용화(I)』, 한국국방연구원, p. 44~46.



< 그림 12 > OneSAF 모델 구조

OneSAF의 표준 모델 구조, 아키텍처 및 운용절차는 다음과 같다. OneSAF의 모델은 시뮬레이션을 위한 구성요소를 표현한 것으로 전차, 병사, 트럭과 같은 단일의 전투 플랫폼을 의미하는 개체 모델과 소대·중대·대대와 같은 군대 조직을 의미하는 유닛 모델이 있다. 또한, 무기, 기동, 취약성, 통신 등과 같이 실 장비 및 무기의 기본 특성 및 물리적 기능을 표현하는 물리 모델과 계획수립, 실행 평가 등과 같이 지휘통제 및 전술적 기능을 수행하는 개체 및 유닛의 활동을 의미하는 행위모델이 있다. 환경 모델은 시뮬레이션과 관련된 지형 및 기상과 같은 환경자료를 표현한 것이다.⁵¹⁾

<표 5>는 모의핵심 컴포넌트를 설명한다.⁵²⁾

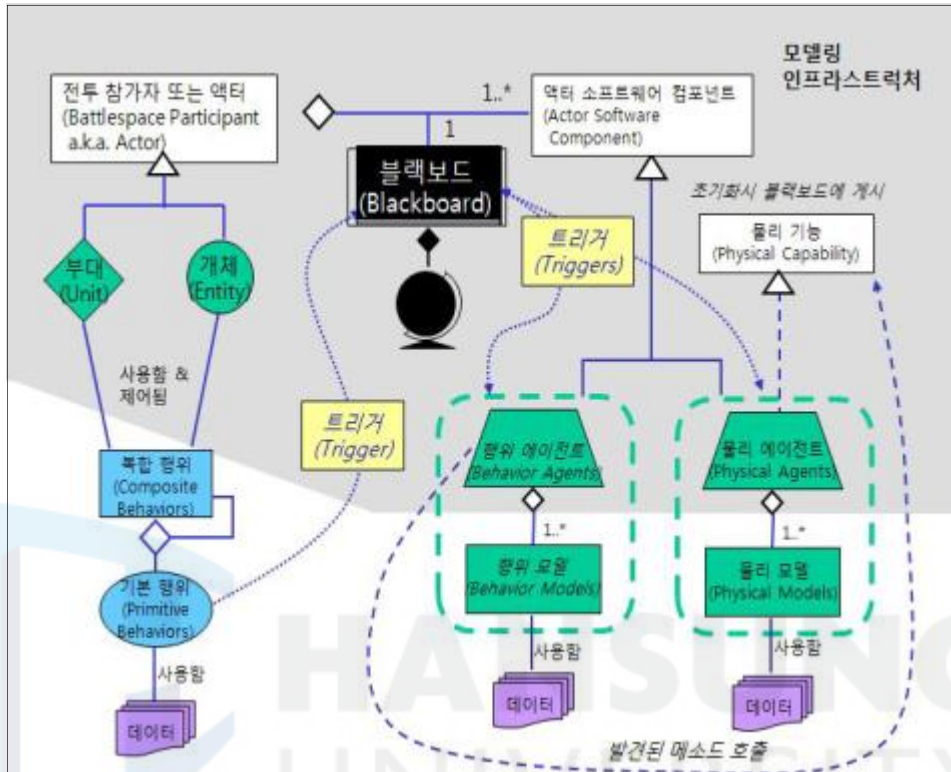
< 표 5 > 모의핵심 컴포넌트

구성요소	설 명
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 개체와의 상호작용 등에 대한 수학적 표현
환경모델 (Environment Model)	정적 및 동적 환경의 표현

51) 김태섭 외 3명, (2010), 『무기체계 분석을 위한 모의엔진 아키텍처 연구』, 한국시뮬레이션학회 논문지, p. 54.

52) 문형곤 외 2명, (2008), 『OneSAF 모형 도입/실용화(I)』, 한국국방연구원, p. 100~101; 오길석, (2016), 『에이전트 기반의 모의논리 설계 방안』, p. 16 재인용.

<그림 13>은 OneSAF의 모델링 개념을 보여주는 그림이다.⁵³⁾



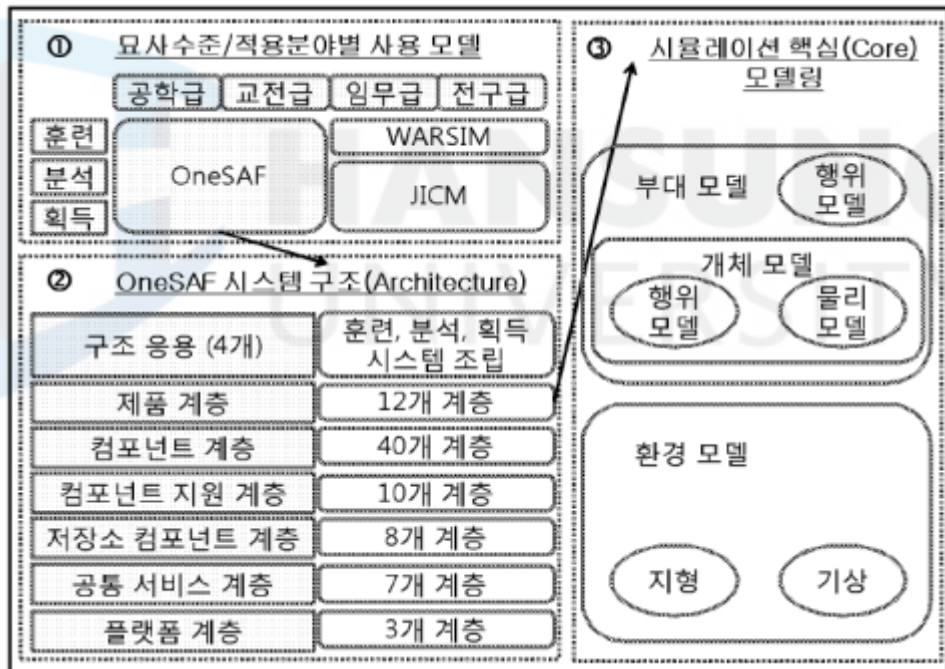
< 그림 13 > OneSAF 모델링 개념

전투 참가자(battlespace participant) 또는 액터(actor)는 부대(unit)와 개체(entity)로 구성된다. 부대는 전장에 참가하는 부대이고 개체는 장비나 인원을 일컫는다. 부대와 개체는 전장에서 부여받은 임무를 수행하는데 이를 행위라고 정의한다. 행위는 복합행위(composite behaviors)와 기본행위(primitive behaviors)로 구분할 수 있다. 복합행위는 여러개의 기본행위가 결합된 행위를 말한다. 액터가 되는 부대와 개체는 개별적으로 자원과 능력이 다르기 때문에 각 개별적인 속성 정보를 DB로 저장해두고 액터의 행위에 활용한다. 액터 소프트웨어 컴포넌트(actor software

53) Dr Nash, (2009), Overview of the OneSAF Model Infrastructure, OneSAF Users Conference; 조준호, (2015), 『SAF의 행위 자동 계획 기법에 관한 연구』, p.5~8 재인용.

component)는 액터의 특성과 능력을 기능별로 분할한 단위 기능이다. 단위 컴포넌트는 행위와 물리적 기능을 구분하여 행위모델과 물리모델로 분할하고, 각각 행위모델을 수행하는 행위에이전트와 물리모델을 수행하는 물리에이전트로 구성한다. 각 단위 컴포넌트가 지닌 행위와 물리적 특성은 DB 정보를 사용한다. 블랙보드(blackboard)는 액터간의 정보교환을 위한 메시지 전달 역할을 수행한다.

<그림 14>는 OneSAF 모델을 기반으로 하는 미군의 훈련/분석/획득용 M&S 체계 구성도를 보여준다. 공학/교전급 묘사수준에서 사용되는 OneSAF 모델은 훈련/분석/획득 체계에서 모두 사용할 있도록 시스템 구조를 설계하였다.⁵⁴⁾



< 그림 14 > OneSAF 모델 기반의 훈련/분석/획득용 M&S 체계

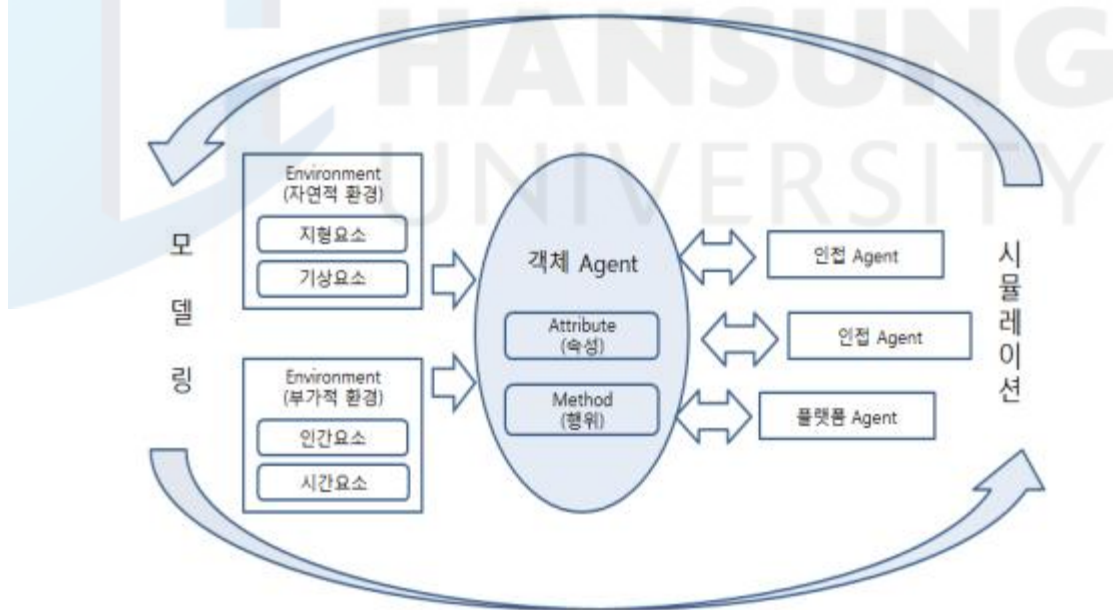
54) 김희수, (2009), 『에이전트 기반 모델링에 의한 근접전투 손실예측 관련 연구』, p.118.

제 3 장 멀티 에이전트 기반 위게임 구조 설계 방안

제 1 절 에이전트 기반 모델링 프레임워크 설계

에이전트 기반 모델링 방법은 전체 현상에서 개별적 요소로 현상을 보는 관점의 전환에서 시작한다. 모델의 중심이 객체 에이전트가 되고, 객체 에이전트를 둘러싸고 있는 환경요소와의 관계를 모델링하는 방법이다. 모의대상이 되는 객체는 특성과 운용 관점으로 속성(Attribute)과 행위(Method)로 분해하고, 주위의 지형이나 기상 또는 다른 부가적인 환경(Environment)과 및 인접하고 있는 다른 객체와의 상호작용을 설계한다.

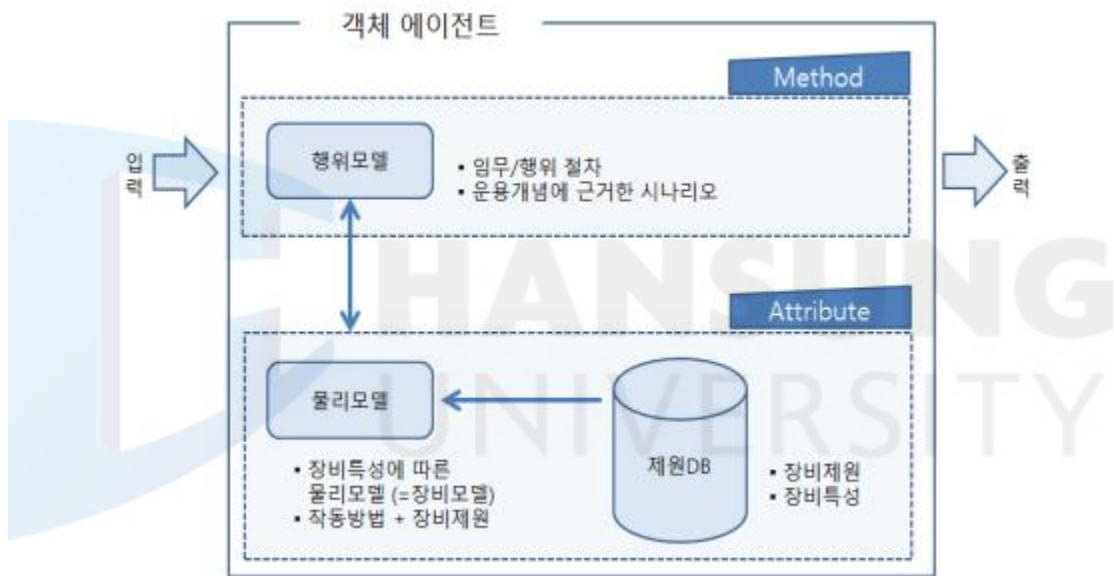
<그림 15>는 에이전트 기반의 모델링 프레임워크를 개념적으로 보여준다.



< 그림 15 > 에이전트 기반 모델링 프레임워크

<그림 16>은 객체 에이전트 구조를 좀 더 세부적으로 보여준다. 객체 에이전트는 행위(Method)와 속성(Attribute)을 구성요소로 한다. 행위

(Method)는 객체 에이전트가 부여받은 임무를 수행하는 행동 절차를 말하는 것으로 운용개념에 근거한 시나리오가 될 수 있다. 이는 행위모델로 모델링할 수 있다. 속성(Attribute)은 객체 에이전트가 가진 특성과 자원을 말하는 것으로 장비특성에 따른 장비 자체의 작동방법과 장비제원을 말한다. 이는 물리모델 혹은 장비모델이라고 부른다. 물리모델은 장비 특성을 따라 시뮬레이션 결과 값이 다르게 나타나기 때문에 장비의 특성과 제원은 데이터베이스화하여 관리하고 물리모델과 연계될 수 있도록 구성한다.

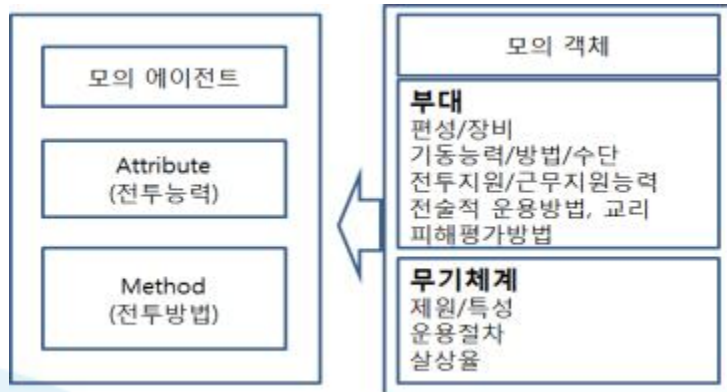


< 그림 16 > 객체 에이전트 구조

<그림 17>은 위게임 모의 객체에 대한 모의 에이전트 구조를 보여주는 그림이다.

위게임 모델에서의 모의객체는 부대와 무기체계를 중심으로 전투행위가 일어난다. 이들 부대와 부대체계의 특성을 속성과 행위를 구분하여 에이전트로 모델링할 수 있다. 속성(Attribute)은 전투능력이 되고, 행위(Method)는 전투방법이 될 수 있다.

부대 에이전트는 편성/장비, 기동능력, 전투지원능력 등의 전투능력이 속성으로 분류되고, 전술적 운용방법 및 피해평가방법 등이 전투방법으로 행위에 해당하게 된다. 무기체계 에이전트는 제원/특성, 살상율 등이 속성에 해당하고, 운용절차는 행위가 된다.



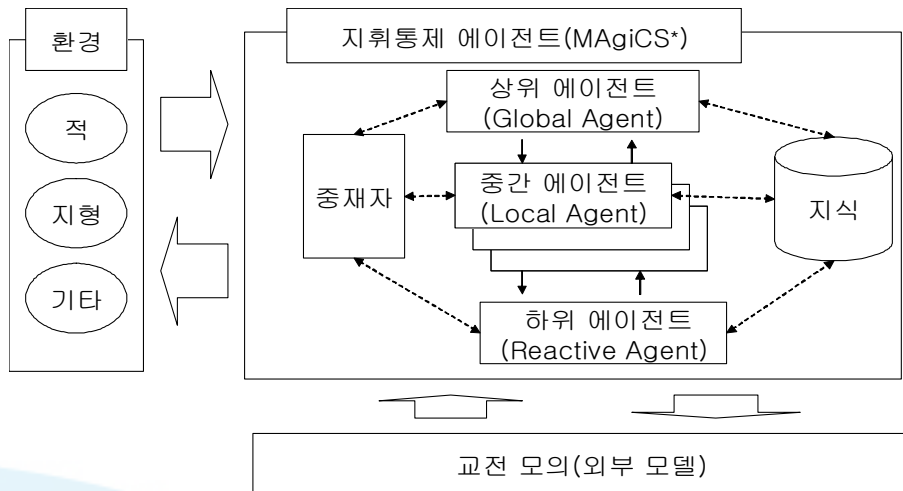
< 그림 17 > 워게임 모의 객체에 대한 모의 에이전트 구조

제 2 절 멀티 에이전트 기반의 복합 계층 구조 모델링

워게임모델의 에이전트 모델링에 대한 기존연구에서 지휘통제 에이전트는 아래 <그림 18>에서와 같이 다중 에이전트로서 환경으로부터 상황요인을 받아들여 내부의 다양한 에이전트에 의해 추론과정을 거쳐 다시 환경으로 반응을 내보낸다. 이때 지휘통제 에이전트는 내부적으로 중재자를 가지면서 각 에이전트들의 주고받는 정보의 전달을 조정하고 통제하게 된다. 또한 공통의 지식베이스를 가지면서 에이전트가 공통적으로 인식해야 하는 지식이나 개별적으로 인식해야 하는 지식을 보유한다.

지휘통제 에이전트는 다른 다중에이전트와 같이 여러 가지 에이전트로 구성된다. 외부로부터 정보를 받아들일 수 있는 상위 에이전트, 상위/하위 에이전트와 정보를 교환하는 중간 에이전트, 환경으로 정보를 내보내는

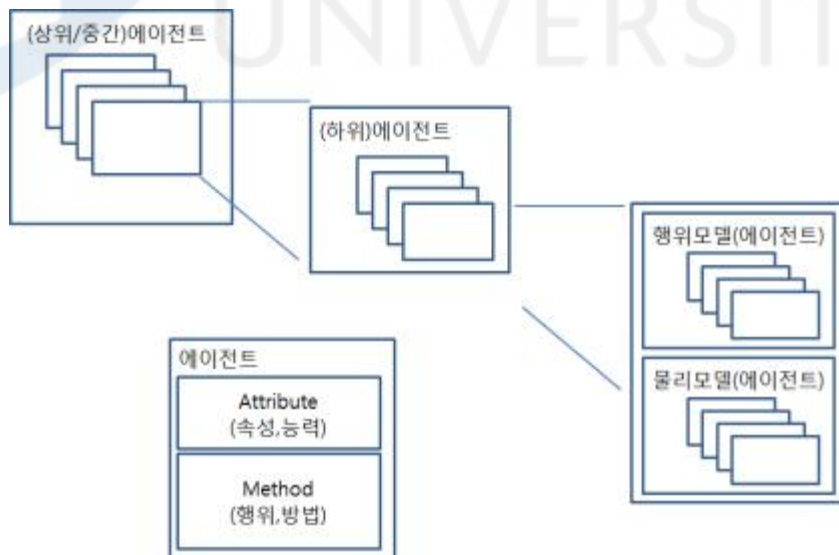
하위 에이전트이며, 에이전트 간 교류를 위한 중재자, 공유하는 지식을 저장하는 지식베이스가 주요 구성 요소이다.⁵⁵⁾



* MAgiCS : **M**ulti-**A**gent in **C**ombat **S**imulation

< 그림 18 > 지휘통제 에이전트 아키텍처

<그림 19>는 멀티 에이전트 구조를 보여주는 그림이다.

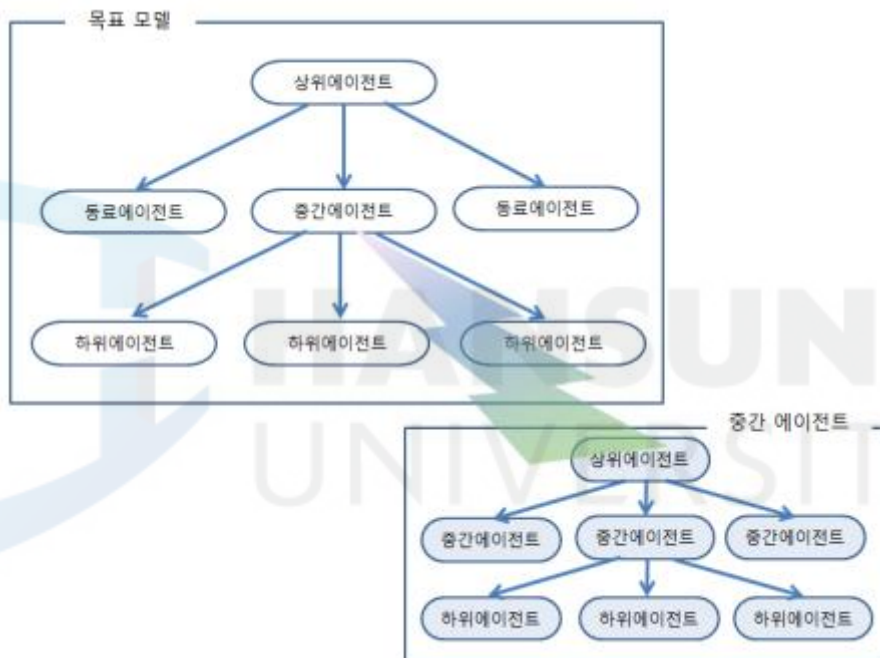


< 그림 19 > 멀티 에이전트 구조

55) 이동준, (2007), 『에이전트 기반 지휘통제 모의방법론』, p. 29.

멀티 에이전트 모델링은 상위, 중간, 하위 에이전트로서 구성되고, 각 에이전트는 Attribute(속성, 능력)과 Method(행위, 방법)를 구성요소로 가진다. Attribute(속성, 능력)은 물리모델로서 하나의 에이전트로 역할을 수행하고, Method(행위, 방법)은 행위모델 에이전트로 수행한다.

에이전트 기반 모델링 구조는 <그림 20>과 같이 표현하고자 하는 목표 모델을 기능별로 분할하고, 분할된 에이전트는 내부에서 기능별로 분할된 에이전트들을 가진다.

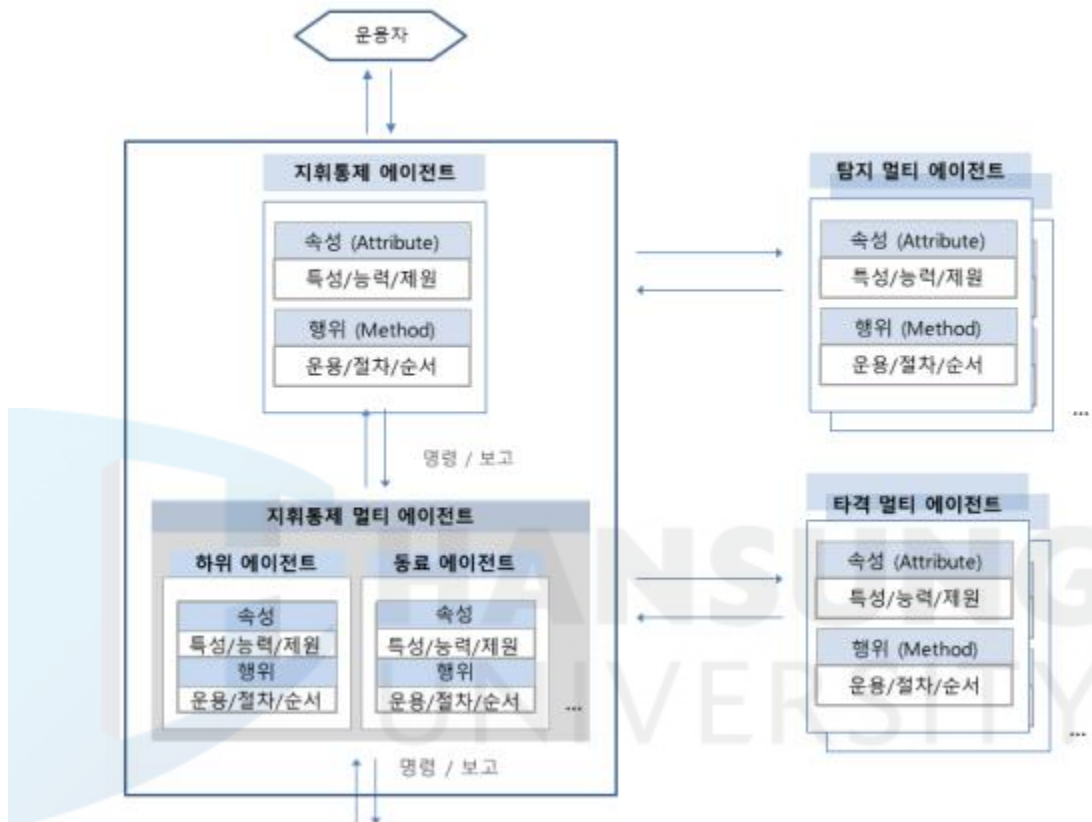


< 그림 20 > 멀티 에이전트 기반 모델링의 복합 계층 구조

주변에는 자신과 유사한 기능을 가지는 동료 에이전트와 명령과 보고 관계에 있는 상위 에이전트 및 하위 에이전트들과의 통신을 하게 된다. 내부의 기능 에이전트들도 각각 동료 에이전트와 상위 및 하위 에이전트를 가지고 있으며, 에이전트간 의사소통을 한다.

<그림 21>은 위게임 모델의 지휘통제 에이전트를 중심으로 멀티 에이전트 구조를 보여준다. 지휘통제 에이전트 내에서의 하위에이전트와 동료

에이전트간의 명령하달, 보고, 전파 등 의사소통 관계를 가지며, 탐지 멀티 에이전트와 타격 멀티 에이전트와의 연관 관계를 가진다. 각각의 단위 에이전트는 속성(Attribute)과 행위(Method)를 갖는다.

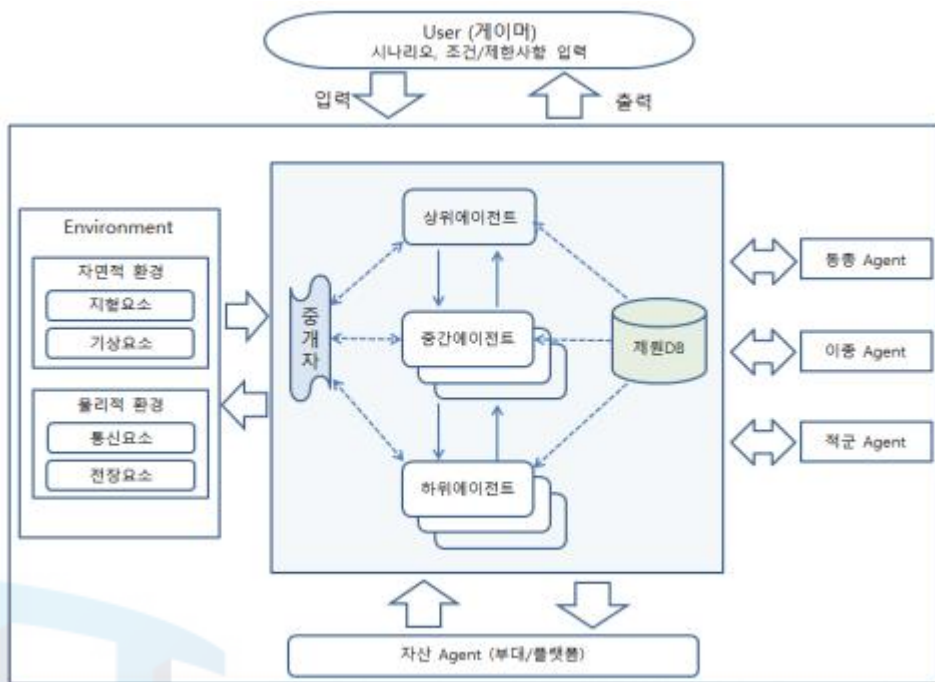


< 그림 21 > 위게임 모델의 멀티 에이전트 구조

위게임모델에서 계층별 다중 에이전트의 모델링은 자산(부대/플랫폼)이 개별단위로 인접 모의자산 에이전트 및 환경과 상호작용을 하면서 또한 상위, 하위의 개념을 갖는 계층구조를 갖는다.

<그림22>는 위게임모델의 복합 계층별 다중 에이전트 프레임워크를 도시한 그림이다.

복합 계층별 다중 에이전트 구조는 에이전트 간에 수직적 관계와 수평적 관계를 갖는 것을 의미한다.



< 그림 22 > 워게임모델의 복합 계층별 다중 에이전트 프레임워크

다중 에이전트의 수직적 구조란 모델의 외부로부터 명령(초기 시나리오 명령, 중간 실행 중 게이머에 의한 외부 입력 등)을 받아 모델 내부의 다중 에이전트로 계획/조치를 전달하는 상위 에이전트와 모델 내부의 상위 에이전트로부터 받은 명령을 하위 에이전트로 명령을 전달하는 중간에이전트, 중간 에이전트로부터 받은 명령을 수행하여 다른 에이전트(적, 아군) 및 전장환경에 반응하는 하위에이전트로 구성되는 것이다.

각 에이전트는 수직적 관계뿐만 아니라 수평적 관계를 갖는다. 상위 에이전트와 중간 에이전트는 1:N의 관계로 중간 에이전트는 수평적으로 동급의 동료 에이전트를 가지고, 중간 에이전트로부터 명령을 받는 하위 에이전트도 여러 개의 동료 에이전트를 가진다. 또한, 주변의 적/아군, 동종, 이종 에이전트 등 인접 에이전트와 자연적/물리적 환경과 수평적인 상호작용을 하게 된다.

제 3 절 멀티 에이전트 기반 위게임 모델링 절차

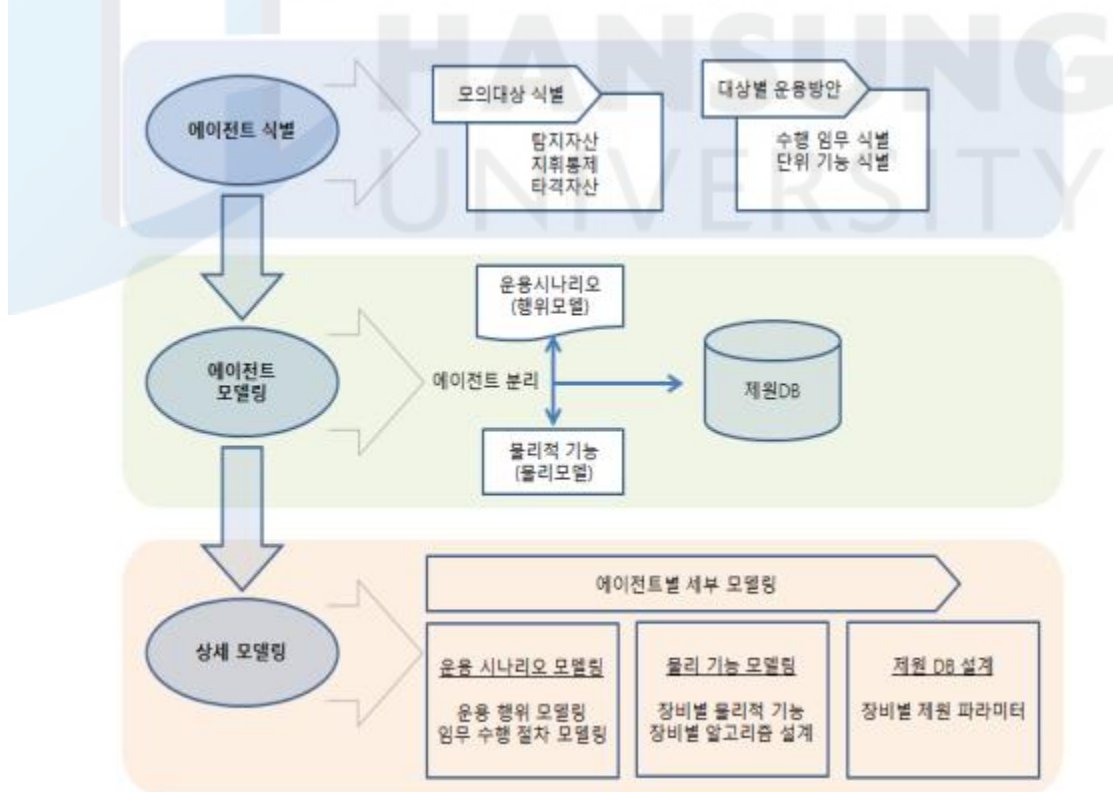
멀티 에이전트 기반 모델링 방법은 속성과 행위특성에 따라 단위 에이전트를 식별하고 각 에이전트를 기능별로 다시 세분화하고 각 기능에 대해 세부적인 모델링을 진행한다. 위게임 모델의 구조를 멀티 에이전트 구조로 한다면 에이전트간의 수직 수평 계층 구조를 설계한다.

<그림 23>과 같이 에이전트 기반 위게임의 구조 모델링 절차는 다음의 순서로 모델링을 수행한다.

첫 번째, 단위 에이전트가 될 모의대상과 모의대상별 운용방안을 식별한다.

두 번째, 식별된 에이전트를 운용 시나리오와 물리적 기능, 제원 DB로 분리한다.

세 번째, 분야별 에이전트의 행위모델과 물리모델의 상세 모델링을 수행한다.



< 그림 23 > 에이전트 기반 위게임의 분할 구조 모델링 절차

위게임은 일반적으로 탐지자산, 지휘통제, 타격자산으로 모의대상을 분류할 수 있다. 각 유형별 자산에 대한 운용방안으로 수행임무와 단위기능 등을 정의한다.

모의대상이 식별되고 대상별 운용방안을 정의하여 에이전트를 분할하였다면, 각 에이전트를 기능별로 분리하고 상세 모델링을 수행한다. 운용시나리오와 세부 물리적 기능, 제원 DB로 분리한다.

운용시나리오는 전술과 교리에 기반하여 임무와 상황을 인식하고 운용절차에 따라 기능을 수행하는 것을 말한다. 예를 들어, 탐지자산의 경우 탐지 작전 수행 절차에 대한 시나리오가 해당된다. 물리적 기능은 장비의 특성과 능력에 따른 물리적 기능이다. 운용시나리오는 운용개념에 근거하여 전체적인 흐름을 작성하는 것이고, 물리적 기능은 장비의 물리적 기능과 알고리즘을 설계하는 것이다. 표적탐지, 메시지 송신, 정보융합 등으로 세부 물리적 기능을 모델링할 수 있다. 제원 DB는 모의자산 및 탑재 장비별 제원 파라미터를 데이터베이스화하고 세부 물리적 기능과 연동하여 자산 및 장비의 속성이 완성된다. 예를 들면, 탐지자산별로 체공시간이 다르고, 탑재된 센서에 따라 탐지거리, 탐지각도 등이 다르다.

제 4 절 에이전트간의 상호 작용

에이전트는 부여받은 단위 임무를 수행하기 위해 독립적으로 행동하는 개체이기 때문에 시스템의 최종적인 결과를 산출하기 위해서는 에이전트간의 임무 활동상황을 통합할 수 있는 방법과 수단이 필요하다.

에이전트가 전후 관계로 연결되어 있다면 선행 에이전트의 수행 성과는 후행 에이전트를 움직이게 하는 트리거가 될 수 있고, 동일 임무를 수행 중인 에이전트가 있다면 그의 성과는 같은 임무를 수행하는 에이전트의 활동을 멈추게 하는 신호가 될 수 있다.

따라서, 최종 목표 달성을 위해서는 에이전트간의 협력이 요구되며 서로 간의 의사소통이 매우 중요하다. 시스템 내에서 에이전트가 단독으로 임무를 수행한다면 에이전트의 입력과 출력행위는 시스템 외부에 있는 사용자와의 의사소통이 될 것이다. 하지만 시스템 내에서 여러개의 에이전트가 활동하고 있다면 에이전트의 입력과 출력은 사용자와의 의사소통보다도 에이전트 상호간의 의사소통이 더욱 많을 것이다.

에이전트간의 원활한 정보교환이 이루어진다면 상호협력이 가능해지고 전체 시스템의 처리능력이 향상될 것이다. 에이전트간의 상호작용이 곧 시스템의 성능을 좌우하게 된다.

에이전트는 동일 시스템내에서 존재할 수도 있고, 다른 시스템에 각각 존재할 수도 있다. 에이전트 기반 시스템이라는 것은 전체 시스템의 관점이 아니라 개별 에이전트의 관점으로 구축된 시스템이기 때문에 시스템의 수행 목적에 맞는 에이전트들을 결합시켜 결과를 산출할 수 있다.

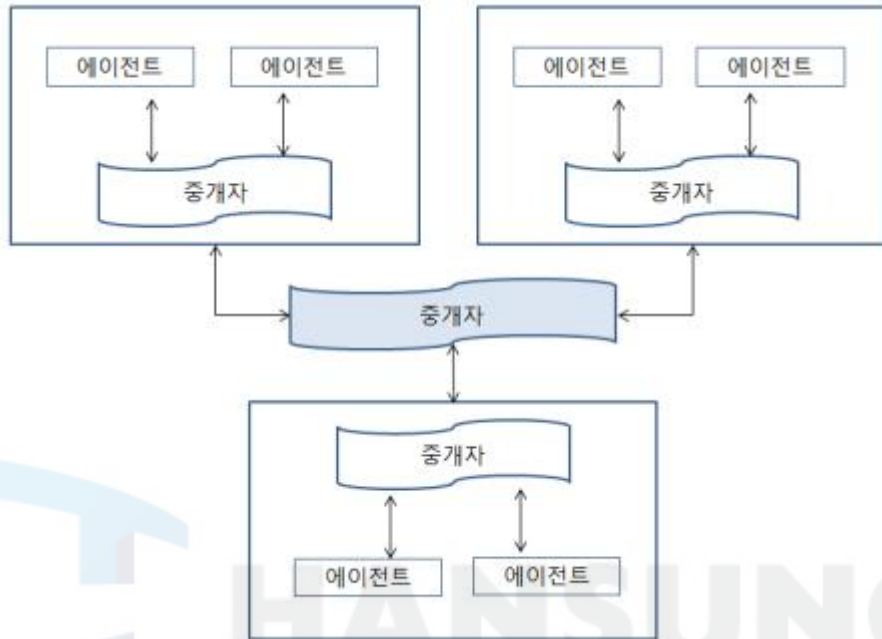
따라서 에이전트간의 의사소통은 운영체제나 프로그래밍언어에 종속적이지 않은 에이전트간의 통신 언어를 사용해야 한다. 에이전트들은 에이전트 통신 언어를 사용하여 동료 에이전트에게 자신의 활동상황을 알려주고 필요한 정보를 얻기도 한다.

에이전트간의 의사소통 방식은 에이전트간의 직접 통신하는 방법과 에이전트와 에이전트 사이에 중개자를 두고 이를 통해서 통신하는 방법이 있다.

직접 통신을 이용하는 방식은 동일한 메시지를 동료 에이전트의 수만큼 생산하고 송신해야하기 때문에 컴퓨터 및 네트워크 자원소요가 많고, 특히 다른 시스템에 존재하는 에이전트와 메시지를 송/수신하는데 많은 제약이 따른다.

중개자를 통한 통신 방식은 <그림 24>와 같이 에이전트간의 통신을 중간에 있는 중개자가 대신해 준다. 중개자는 시스템 내에 있는 개별 에이전트로부터 정보를 받아서 다른 에이전트에 보내주기도 하고 외부 시스템에 있는 에이전트에게 보내기 위해 시스템 간에 존재하는 중개자에게

보내기도 한다. 멀티 에이전트 구성과 같이 중개자 또한 다중 중개 방식으로 구성하여 시스템 통합의 호환성을 높일 수 있다.



< 그림 24 > 중개자를 이용한 에이전트 시스템

중개 방식의 경우는 에이전트가 다른 에이전트에게 정보를 보낼 경우 에이전트의 숫자 만큼 메시지를 송신하지 않고 중개자에게만 한번의 메시지를 송신하면 된다. 다른 에이전트는 중개자를 통해서 자신에게 필요한 정보만을 획득할 수 있다. 또한 중개자는 시스템간의 정보교환을 위해서 시스템간에 위치한 중개자에게 메시지를 송신하게 되고, 각 개별 시스템에서 활동하는 중개자는 시스템간 중개자를 통해서 해당 시스템에서 필요한 정보만을 획득하고, 획득한 정보를 각 에이전트에게 보급하게 된다. 이들 에이전트와 중개자간의 통신 언어는 규약을 정하고 규약에 맞는 통신 언어를 사용하여 통신하도록 구현한다.

시스템을 한번에 구축하지 않더라도 에이전트와 중개자 방식을 활용하여 단계적으로 최종 목표 시스템의 구축이 가능하다. 또한, 시스템간의 중개 방식을 활용하여 분산시스템을 구축할 수 있고, 이종 시스템간의 연계

및 신규 개발 시스템의 연계가 용이해진다.

HLA/RTI⁵⁶⁾를 적용하여 M&S체계간 연동을 구현하는 것도 시스템 간의 연계시 중개자방식을 활용하는 것이다. HLA는 연동 규약을 제공하고, RTI는 시스템간의 연동 중개를 담당하게 된다. HLA/RTI 방식에 에이전트를 결합하여 시스템을 구축하면 시스템간의 유연성 뿐만 아니라 시스템 내부의 유연성까지 높일 수 있다.

이와 같이 에이전트와 중개자 방식은 많은 수정 소요를 요하지 않고 시스템을 확장하고 통합할 수 있기 때문에 시스템의 재활용성과 확장성을 높여준다.



56) HLA/RTI(High Level Architecture/Run-Time Infrastructure) : 상위 수준 아키텍처(시물레이션 연동기술 표준) / 실행시간 기반체계.

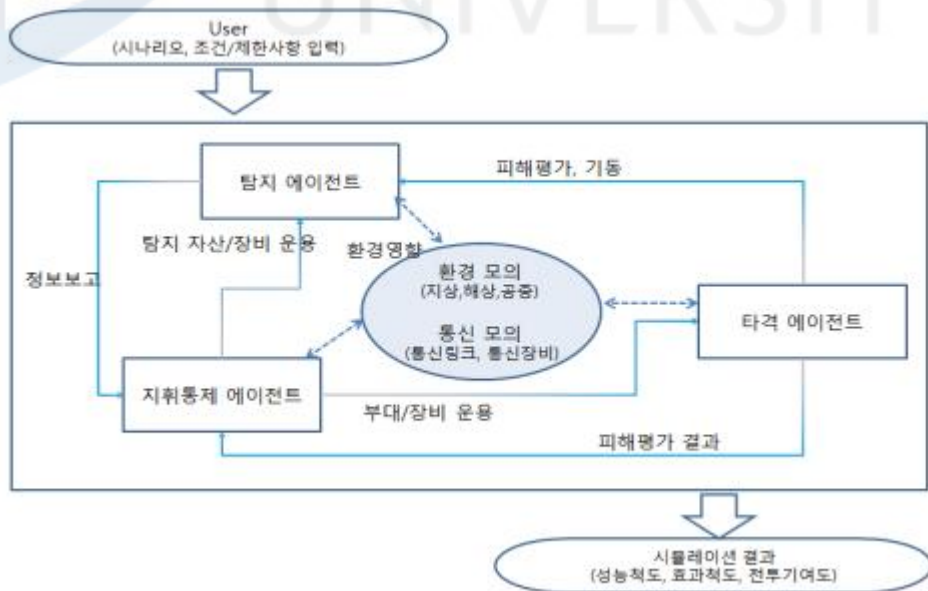
제 4 장 C4ISR 분석모델 적용 사례

제 1 절 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 모의자산은 플랫폼, 부대 등이다.



< 그림 25 > 에이전트 기반의 C4ISR 분석모델 운용개념도

<그림25>는 에이전트 기반의 C4ISR 분석모델의 운용개념도이다.

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 은폐정도는 탐지 결과에 심대한 영향을 미치므로 표적의 은폐 특성도 탐지모의분야에서 모델링하는 대상으로 한다.

지휘통제모의는 탐지자산으로부터 보고 받은 정보와 지휘통제 운용체계로부터 전송된 정보에 기반하여 지휘결심하고 그 결과를 타격자산으로 명령을 하달한다. 지휘통제 모의에서는 장비의 전술적 운용을 지휘통제하는 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 운용체제로 분리하고, 지휘소는 첩보수집, 정보융합, 상황판단, 명령작성 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 무기체제로 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.

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. 에이전트 간의 상호작용에는 환경요소와 통신지연/품질에 따른 영향도가 작용하게 된다.

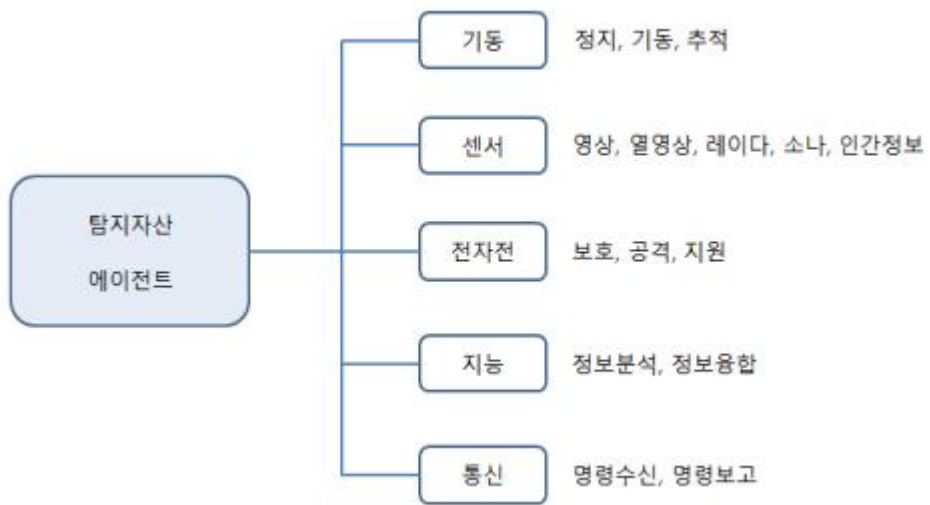
제 2 절 멀티 에이전트 기반의 객체 에이전트 모델링

1) 탐지 에이전트 모델링

탐지자산 모의는 전장상황 속에서 적의 전력과 작전을 파악하여 선제 타격과 방어를 목적으로 정찰부대가 보유한 탐지자산의 기능과 특성에 따른 첩보를 수집, 분석 및 보고하는 등의 정보 상황을 묘사하기 위해 모의된다. 탐지자산 모의를 위해서는 실제 전장상황과 유사하게 첩보의 종류, 양과 수준, 정확도를 제공하는 환경이 기본적으로 구성되어야 하며, 이러한 방대한 첩보를 육군, 해군 및 공군의 다양한 탐지자산을 통해서 수집, 분석, 융합하여 통신체계를 통하여 지휘통제체계로 보고하는 과정이 모델링 되어야 한다. 따라서, 탐지자산 에이전트 내부에서 발생하는 하위 에이전트간의 상호작용에 대한 모델링과 통신 에이전트를 통한 지휘통제 에이전트와의 상호작용을 모두 묘사할 수 있어야 한다.

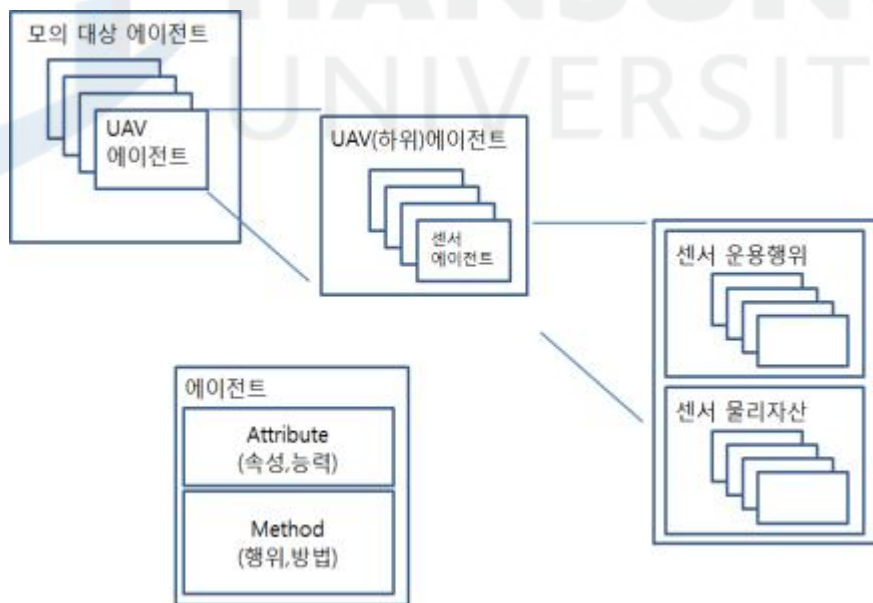
에이전트 기반으로 탐지자산을 모델링하면, <그림 26>과 같이 먼저 탐지자산이라는 상위 에이전트를 모델링하는 것으로부터 시작한다. 탐지 에이전트는 센서, 기동, 지능, 명령수신/보고, 전자전 등의 특성을 지니고 있으며, 이러한 특성을 각각 하위 에이전트로 구성한다.

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



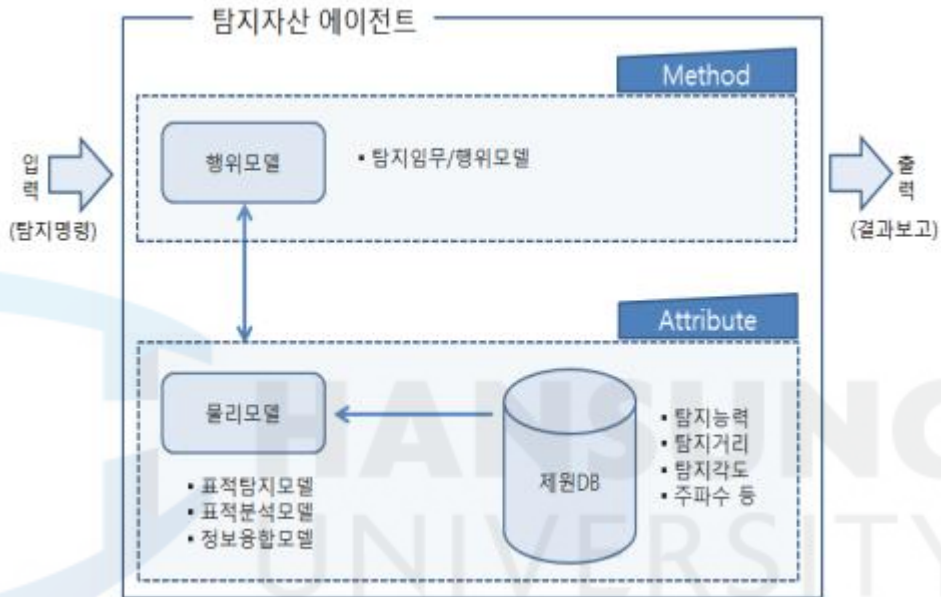
< 그림 26 > 탐지자산 에이전트 구성도

<그림 27>은 탐지자산(UAV) 에이전트의 계층 구조를 나타낸다.



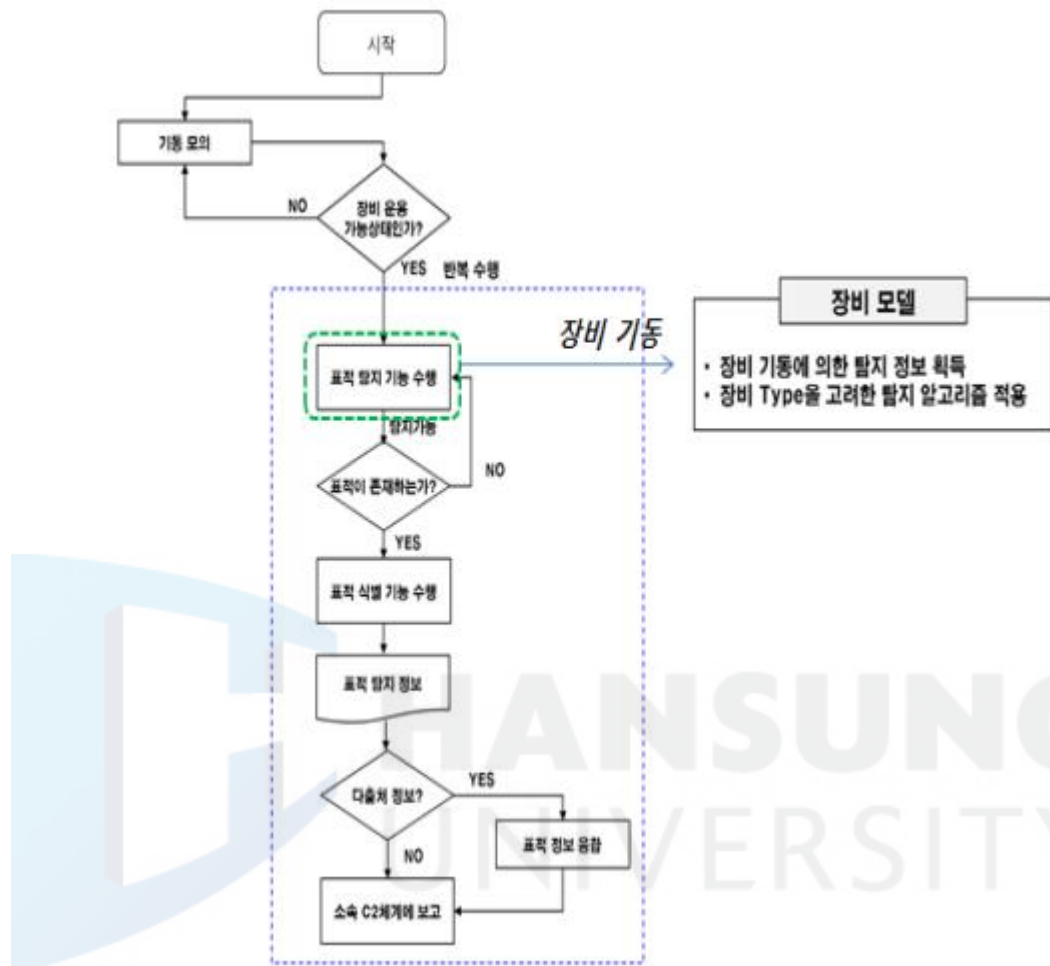
< 그림 27 > 탐지자산(UAV) 에이전트의 계층 구조

<그림 28>은 탐지 에이전트 내부 모델링에 대해 보여준다. 행위모델은 시나리오에 의해서 외부와의 입·출력이 발생하며, 내부적으로 물리모델과의 상호작용이 발생한다. 장비별 제원을 데이터베이스로 관리하여야 하며, 물리모델은 이 제원DB를 참조하여 각 장비별 특성을 구현한다. 물리모델과 제원DB가 에이전트의 속성을 나타내게 된다.



< 그림 28 > 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.

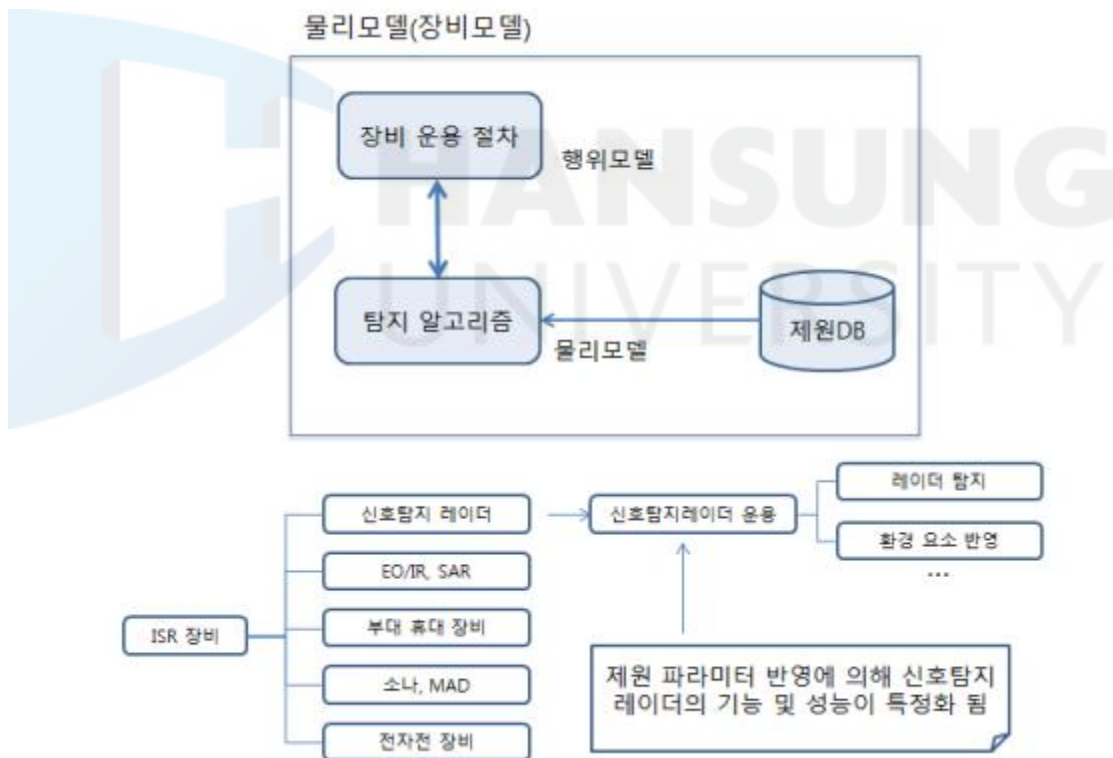


< 그림 29 > 탐지자산의 행위모델

<그림 29>는 탐지자산 에이전트의 행위모델을 설명하고 있다. 상위 에이전트인 탐지자산은 기동 에이전트의 수행으로부터 시작한다. 센서의 운용행위 에이전트는 기동 에이전트로부터 장비 운용 상태값을 입력값으로 전달받는다. 장비 운용 상태값이 YES이면 계속 진행하고, NO이면 기동 에이전트와의 상호작용을 계속하게 된다. 장비 운용 상태값이 YES이면 표적 탐지 기능을 수행하게 된다. 표적 탐지 기능은 센서의 특성과 능력에 따른 물리적 장비의 기능을 모의하는 것으로 물리장비 에이전트를 호

출하여 수행하게 된다. 표적이 탐지될 때까지 표적 탐지 기능을 수행하게 된다. 표적 탐지가 되면 표적 식별 기능을 수행하게 되고, 그 결과 표적 정보를 생성하게 된다. 해당 표적에 대한 과거 획득한 표적 정보가 있거나 타 에이전트로부터 수신된 정보가 존재한다면 표적 정보 융합 기능을 수행하고, 그 결과를 보고 에이전트를 통해서 지휘통제체계에 보고하게 된다.

표적탐지 기능수행은 탐지자산에 탑재된 센서의 물리모델(장비모델)을 호출하게 된다. <그림 30>에서 보는 바와 같이 물리모델은 센서 장비의 운용 절차와 센서의 알고리즘으로 구성되고, 제원DB로부터 제원 파라미터를 반영하여 기능과 성능이 특정화 된다.

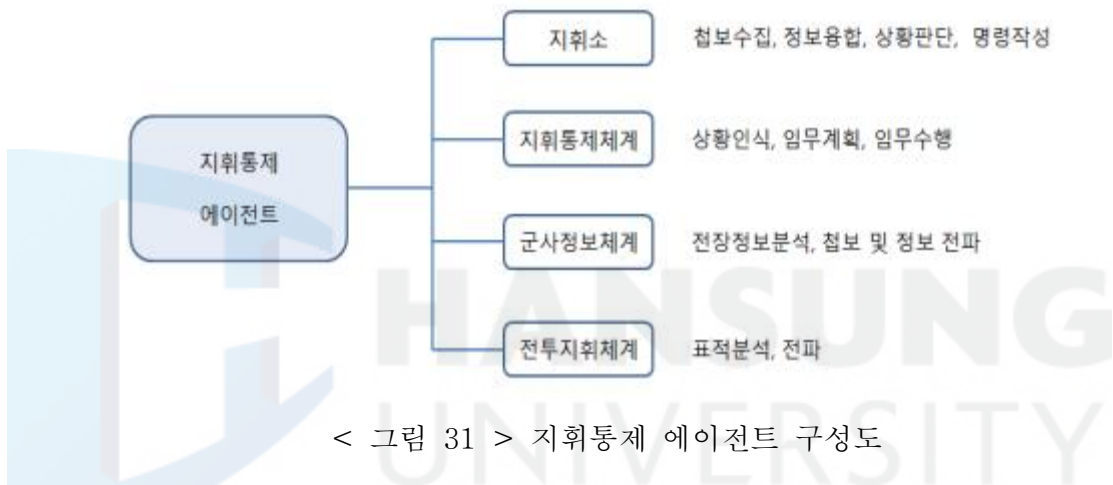


< 그림 30 > 탐지자산의 물리모델

2) 지휘/통제 에이전트 모델링

지휘/통제 모의는 지휘결심을 수행하는 지휘소의 조직과 해당조직이 운용하는 지휘통제체계, 군사정보체계, 전투지휘체계의 특성을 반영하여 제대별 임무를 분석하고 제대별 S/W 기능, 주요 지휘결심사항을 대상으로 한다.

< 그림 31>은 지휘통제 에이전트의 구성도를 나타낸다.



< 그림 31 > 지휘통제 에이전트 구성도

지휘소 에이전트는 사람에 의해서 수행되는 작업으로 첩보수집, 정보융합, 상황판단, 명령작성으로 분할할 수 있으며 주요 특성은 작업에 소요되는 시간으로 제원DB에 저장하여 관리하거나 사용자로부터 시나리오 입력을 통해서 정의되어 진다. 지휘통제를 위한 운용체계로서 지휘통제체계, 군사정보체계, 전투지휘체계로 분할되는데 물리모델의 주요 속성은 S/W 성능과 H/W 성능에 따라 정보수집과 전파속도 등으로 반영된다.

지휘통제 에이전트의 복합 에이전트 구조는 <표 6>과 같이 분류할 수 있다. 상위에이전트는 군단 지휘소 에이전트가 되고, 중간 에이전트는 사단/연대/대대 지휘소 에이전트가 된다. 하위 에이전트는 보병 대대 에이전트, 기갑 중대 에이전트, 포병 포대 에이전트 등으로 분류할 수 있다.

< 표 6 > 수준과 기능에 따른 지휘통제 에이전트 분류

구 분	세부 분류
상위 에이전트	군단 지휘소 에이전트
중간 에이전트	사단/연대/대대 지휘소 에이전트
하위 에이전트	보병 대대 에이전트 기갑 중대 에이전트 포병 포대 에이전트 등

명령을 기본으로 지휘소 에이전트가 외부명령으로부터 내부 명령을 생성하여 하위 지휘소 에이전트 및 부대/플랫폼 에이전트의 입력 명령으로 생성하는 과정은 다음과 같다.

상위 에이전트는 작전계획, 조건별 상황조치 기준 등 외부로부터 입력받은 군단명령 시나리오를 사단 명령으로 생성한다. 중간 에이전트는 상위 에이전트로부터 입력받은 명령을 하위 에이전트에게 하부 명령을 생성 전달한다. 군단 지휘소 에이전트는 외부 입력 군단 명령을 내부 명령으로 전환하여 사단 지휘소 에이전트에게 전달하고 사단 지휘소 에이전트는 사단명령을 연대 지휘소 에이전트는 연대명령을 각각의 내부명령으로 생성하여 연대/대대 지휘소 에이전트에게 생성하여 전달한다.

위와 같이 지휘소 에이전트(군단, 사단, 연대, 대대 등)로부터 내부명령으로 입력 명령을 받은 자산(부대/플랫폼) 에이전트는 임무/이벤트 모의를 통해 시뮬레이션을 실행한다.

지휘/통제 모의의 지휘소는 합동참모본부, 육/해/공군 작전사령부, 육군의 군단/사단/여단/연대/대대 지휘소, 해군의 함대/전단/전대/함정의 지휘소, 공군의 전투비행단/비행대대/항공기의 지휘소 등을 대상으로 한다.

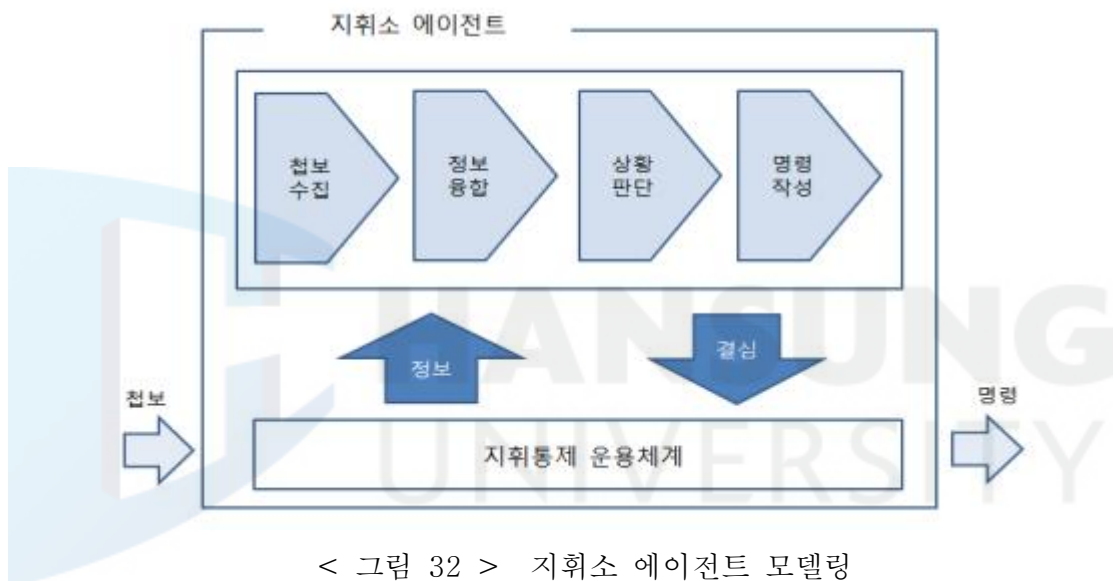
각 지휘소가 운용하는 지휘통제체계는 합참의 합동지휘통제체계, 육군의 육군 지휘통제체계, 해군의 해군지휘통제체계, 공군의 공군지휘통제체계를 대상으로 한다.

지휘/통제 에이전트는 탐지 에이전트로부터 탐지 정보를 입력받고, 상급

지휘/통제 에이전트로부터 임무를 전달 받는다. 또한 탐지 에이전트, 예하 지휘/통제 에이전트, 타격 에이전트로 임무와 명령을 전파하고, 상급 지휘/통제 에이전트에 보고한다.

지휘소 에이전트를 모델링하는 것은 지휘소가 수행하는 각종 업무 및 기능을 운용체계의 적절한 운용을 통해 모의에서 적용할 수 있게 표현하는 것이다.

<그림 32>는 지휘소 에이전트의 모델링에 대하여 설명하고 있다.



< 그림 32 > 지휘소 에이전트 모델링

실제 지휘소는 제대에 따라 다양한 구조 및 인원 편성을 가지고 있으며, 유통되는 정보와 지휘결심 내용이 다르다. 하지만 모든 지휘소의 지휘결심 과정은 운용체계의 운용을 통해 첩보를 수집하고, 정보를 융합하며, 상황을 판단하고, 명령을 작성하는 4단계로 일반화 할 수 있다.

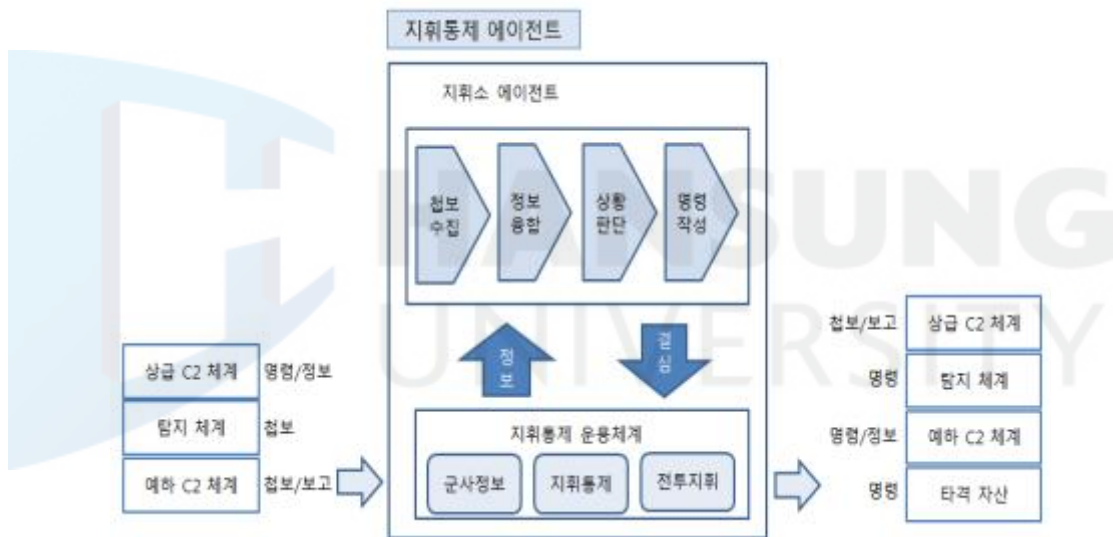
첩보수집은 운용체계를 이용하여 탐지자산, 예하부대 및 상급부대로 탐지 정보를 요청하고 수집하며, 해당정보의 신뢰도/정확도를 기반으로 재탐지 여부를 판단하는 기능이다.

정보융합은 수집된 정보를 바탕으로 적의 방책과 전투력, 전투 피해율 등의 정보를 융합, 처리하도록 체계를 운용하는 기능이다.

상황판단은 운용체계를 이용하여 가용 자산 및 부대의 현 상황과 전장 환경의 제약요소를 파악하고, 현재 적의 위협을 제거하기 위해 적절하고 실현 가능한 방안을 선정하는 기능이다.

명령작성은 선정된 방안을 발전시키고 분석을 통해 세부 임무로 분할, 해당임무에 적절한 명령을 작성하여 운용체계를 통해 자산 및 각 부대에 전파하는 기능이다.

상기 4단계를 해당 제대에 따른 유통 정보와 체계의 운용 절차 및 지휘 결심 수준 및 내용의 상세화를 통해 대부분의 지휘소의 기능을 모의 하는 것이 가능하다.



< 그림 33 > 지휘통제 에이전트와 타 에이전트와의 상호작용

<그림 33>은 지휘통제 에이전트와 타 체계 에이전트간의 상호작용을 보여준다.

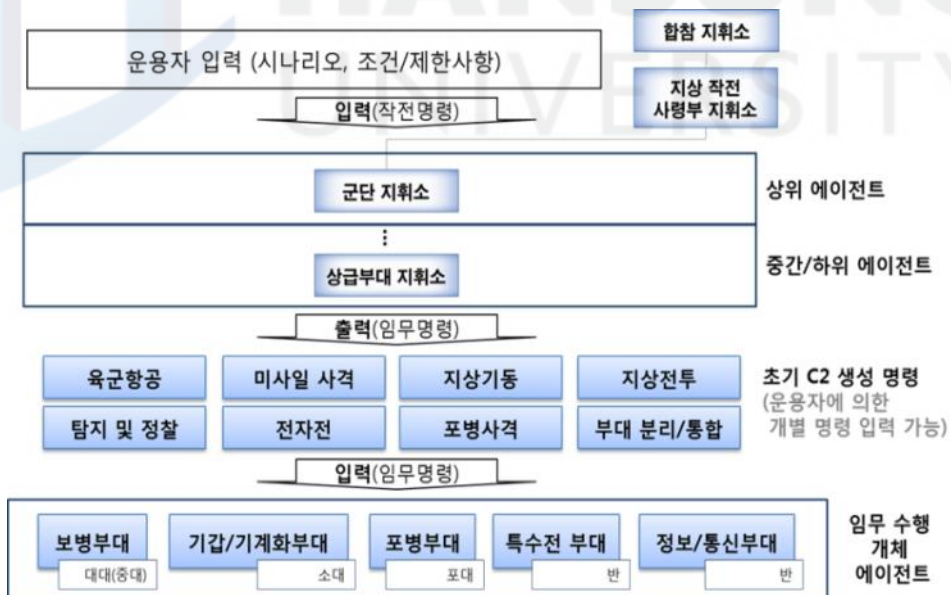
통신체계를 통해 탐지체계와 예하 C2체계로부터의 탐지 정보 그리고 상급 C2체계로부터의 임무 명령 및 정보를 입력 받는다. 통신체계를 통해 탐지체계, 예하 C2체계 및 타격/화력 자산에게는 임무 명령 및 정보를 그리고 상급 C2체계에게는 첩보보고 및 탐지정보를 전파한다.

지휘소 에이전트의 모의절차는 운용체계를 통해 탐지자산 또는 예하부

대로부터 탐지정보가 입력되면 해당 정보에 대한 신뢰도 및 정확도 평가를 진행한다. 탐지정보가 목표한 기준에 충족할 경우 식별된 적의 방책을 확인하고, 기준에 미달할 경우 재탐지 요청을 실시한다. 적의 방책을 확인하면, 탐지정보로부터 적의 전투력과 전투 피해를 산출하여 종합적인 적의 정보를 생성한다. 해당 적에 대한 종합 정보를 산출하면, 현재 가용한 타격/화력자산 및 예하 부대를 파악하고, 자산 및 부대의 운용에 영향을 미치는 환경요소에 대한 분석을 진행한다.

이를 통해 종합적인 현재 적/아의 상황을 식별하고, 현 상황에 대해 가용한 방책을 선정한다. 선정된 방책은 발전 및 분석을 통해 세부 임무로 분할한다. 분할된 임무에서 자산 및 부대의 이동이 존재할 경우 이동명령을 작성한다. 또한 화력지원 임무가 존재할 경우 해당 화력자산에 대한 타격지침을 작성한다. 최종적으로 운용체계를 통해 각 자산 및 부대로 명령을 전파한다.

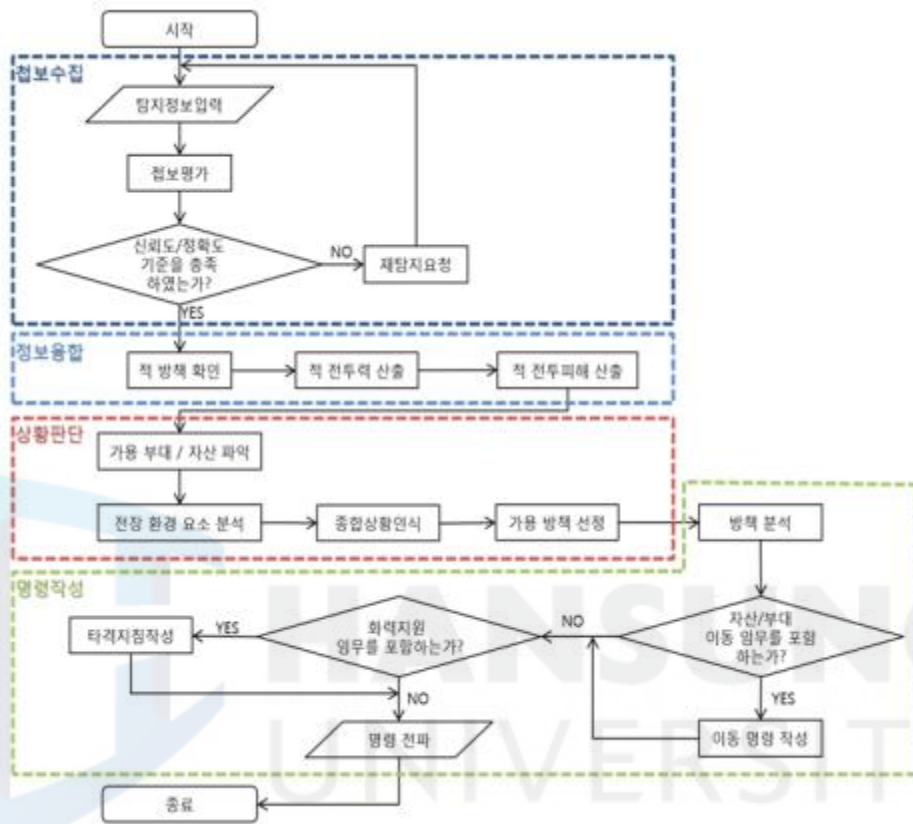
<그림 34>는 운용자의 시나리오 입력에 따라 상위에이전트, 중간/에이전트, 임무 수행 개체 에이전트간의 명령전달이 되는 과정을 보여준다.



<그림 34> 예시: 지상전 군단급 시나리오 입력 요소의 상세화 전파

<그림 35>는 지휘통제 에이전트의 행위모델을 설계한 것이다. 주요 기

능인 첩보수집, 정보융합, 상황판단, 명령작성 기능 및 모의절차를 보여주고 있다.



< 그림 35 > 지휘통제 에이전트의 행위모델

첩보수집의 물리모델에서 성능을 결정하는 제원정보는 구성인원수, 첩보 평가 소요시간, 첩보요청 소요시간, 정보 신뢰도 임계값, 정보 정확도 임계값 등이 된다. 정보융합 물리모델에서의 제원정보는 적/아/전장의 정보 융합 소요시간이고 정보융합 알고리즘의 성능을 도출할 수 있다. 상황판단 물리모델에서는 상황인식 소요시간, 정보열람 소요시간, 가용현황분석 소요시간, 방책선정 소요시간, 상황별 가용방책 목록, 방책분석 소요시간이 제원정보로 입력되어야 하고, 상황이나 가용방책은 시나리오 입력시 정의한 목록 중에서 선택한다. 명령작성 물리모델의 제원은 타격지침 작성 소요시간, 기동명령 작성 소요시간이다.

3) 타격/화력지원 에이전트 모델링

타격/화력지원 모의는 지상, 해상, 공중작전을 위한 플랫폼을 기반으로 기동, 교전, 피해평가, 작전지속지원 등을 포함하는 개념이다. 부대 및 무기체계별로 전투행위를 모의하기 위해 전술교리의 적용을 중심으로 모의하되, 개별화기를 모의하는 공학급부터 소부대 및 화기운용을 모의하는 교전급 위게임, 중대로부터 사단작전을 모의하는 임무급 위게임, 작전사, 합동군의 작전수행을 모의하는 전구급 위게임까지 모의수준을 적용한다.

<그림 36>은 타격/화력자산 에이전트의 구성도를 나타낸다.

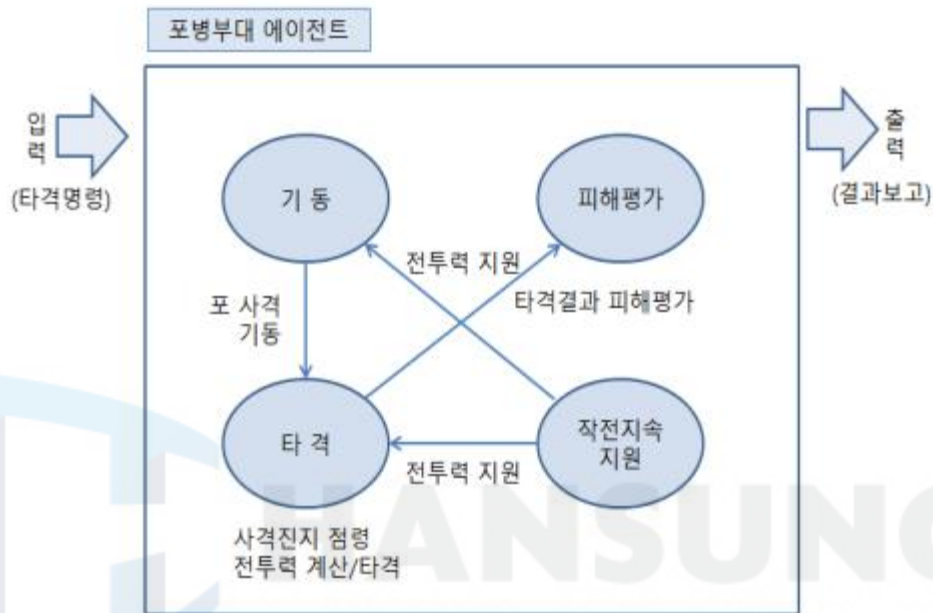


< 그림 36 > 타격/화력자산 에이전트 구성도

지상화력은 보병부대, 포병 및 공병부대, 기갑 및 기계화부대, 정보 및 통신부대, 육군항공부대, 특수전부대, 포병 및 미사일부대를 모의하고, 해상화력은 함정, 잠수함, 해상항공기를 개별단위로 모의한다. 공중화력은 항공기를 개별단위로 모의하고, 방공포병, 항공기지, 유도탄기지, 공대공, 지대지, 근접항공지원 등을 모의한다. 작전지속과 피해평가는 공통요소로 지/해/공군화력 모두에 포함된다.

<그림 37>은 포병부대 에이전트의 기능 구성을 보여주는 그림이다. 포병부대 에이전트는 지휘통제 에이전트로부터 타격명령을 전달받으면 작동

하게 된다. 포 사격을 위해 플랫폼을 기동하고, 목표물을 향해 타격하게 된다. 타격시 무기체계의 전투력이 계산되어 반영된다. 교전에 따른 전투력 상실을 보충하기 위해 작전지속지원 기능이 수행되고, 교전으로 인한 피해평가를 산출하고 지휘통제 에이전트로 결과를 보고한다.

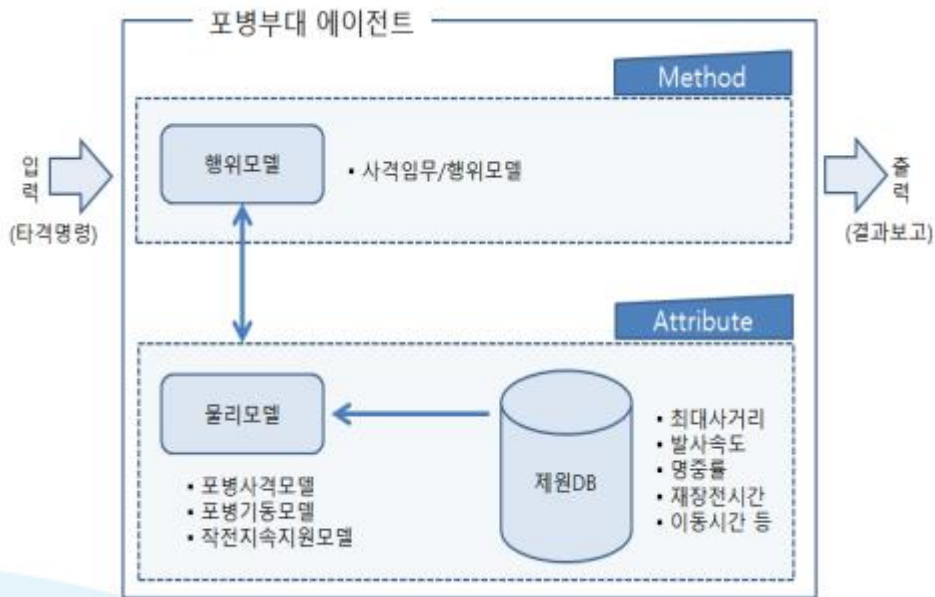


< 그림 37 > 포병부대 에이전트의 기능 구성도

<그림 38>은 포병부대 에이전트를 행위모델, 물리모델 및 제원DB로 분류하여 모델링하는 것을 보여준다.

행위모델은 포병부대의 임무와 행위 절차를 모의하는 모델이고, 물리모델은 포병부대가 운용하는 무기체계 또는 지원장비의 특성을 기반으로 하는 장비모델로서 포병사격, 포병기동, 작전지속 등의 모델이다.

물리모델은 제원DB와 연계하여 사거리, 발사속도, 명중률, 장전시간, 이동시간 등 무기체계의 특성을 반영하여 결과를 산출하도록 한다. 또한 물리모델은 제원에 따른 사격효과 산출 알고리즘을 포함한다.



< 그림 38 > 포병부대 에이전트 모델링

화력지원 명령 작성 및 전파의 모의 개념은 계획표적에 대한 타격과 임기표적에 대한 타격으로 구분한다. 우선 계획표적에 대한 타격은 시나리오에 의해 부대마다 지정된 표적에 대하여 할당된 타격을 실시한다. 임기표적에 대한 타격은 지휘소가 식별된 표적에 대하여 표적정보처리, 표적선정, 타격부대 선정, 타격 요망 수준 설정, 타격 명령 하달, BDA⁵⁷⁾ 실시의 절차를 통해 타격을 실시한다.

표적정보처리는 현재 탐지된 표적 목록의 각 표적별 가치를 식별하고, 그에 따른 결심 시간을 모의한다. 표적선정은 식별된 가치를 기준으로 표적 우선순위를 할당, 표적목록을 정렬하고, 그에 따른 시간을 모의한다.

타격부대 선정은 각 표적목록의 표적들에 대하여 표적의 종류와 거리에 따라 대응 자산을 결정하고, 해당 자산을 보유한 예하부대를 선정하고 그에 따른 시간을 모의한다. 모든 예하 자산에 대하여 타격부대 선정시에 처리되지 못한 표적에 대하여 상급 지휘소에게 일반화력지원을 요청한다.

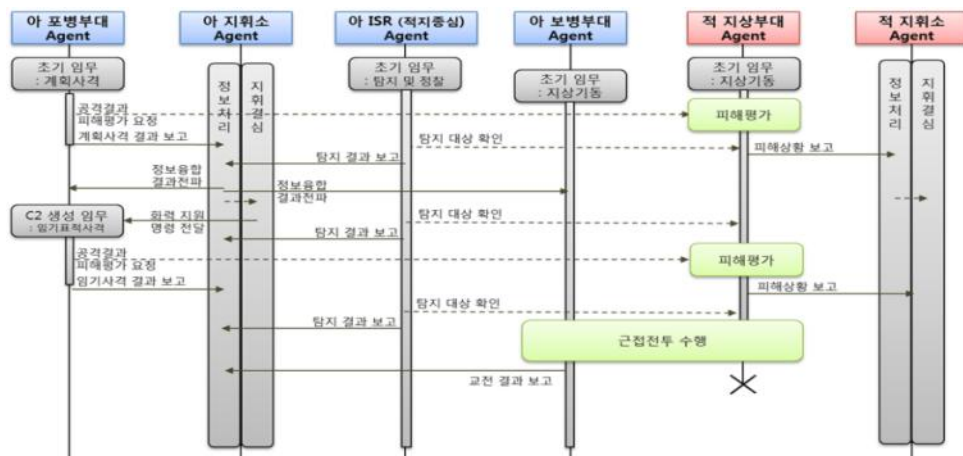
57) BDA(Battel Damage Assesment) 전투피해평가.

타격 요망 수준 설정은 각 표적별로 표적의 종류와 부대의 대응방책에 따라 타격 요망수준을 결정하고, 그에 따른 시간을 모의한다. 타격 명령달은 예하 부대별로 할당된 표적에 대한 타격명령을 생성 전파하고, 그에 따른 시간을 모의한다. BDA 실시는 실시된 타격의 요망수준 달성여부를 확인하고 후속 조치를 결정하며 전파하며, 그에 따른 시간을 모의한다.

화력지원 계획 및 전파의 모의는 지휘계통의 차이에 의하여 대화력전과 화력지원으로 구분할 수 있다. 대화력전은 시나리오에 의해 지정된 대화력전 실시 부대마다 기계화된 표적에 할당된 타격을 실시하며, 대화력전을 수행하는 포병부대 및 자산은 합동화력체계를 통해 화력지원 계획 및 전파가 이루어진다. 대화력전 실시간 대화력전수행본부의 역할을 맡은 지상작전사령부 지휘소는 BDA 실시 및 후속조치 결정 절차만을 수행하며, 합동화력체계를 통한 ISR-지상작전사령부-화력부대로의 모의가 진행된다.

시나리오에서 지정된 대화력전 국면 종료후 화력지원 계획 작성임무는 화력 지원을 모의하며, 육군지휘통제체계를 통한 ISR-해당부대지휘소-화력부대로의 모의가 진행된다. 화력 지원은 임기표적에 대한 타격을 모의하며, 사용자가 의도한 모의 국면이 진행되도록 계획 표적 타격에 대한 시나리오를 추가 입력할 수 있다.

<그림 39>는 지상전 모의 수행시 Agent간 상호작용을 도시화하였다.



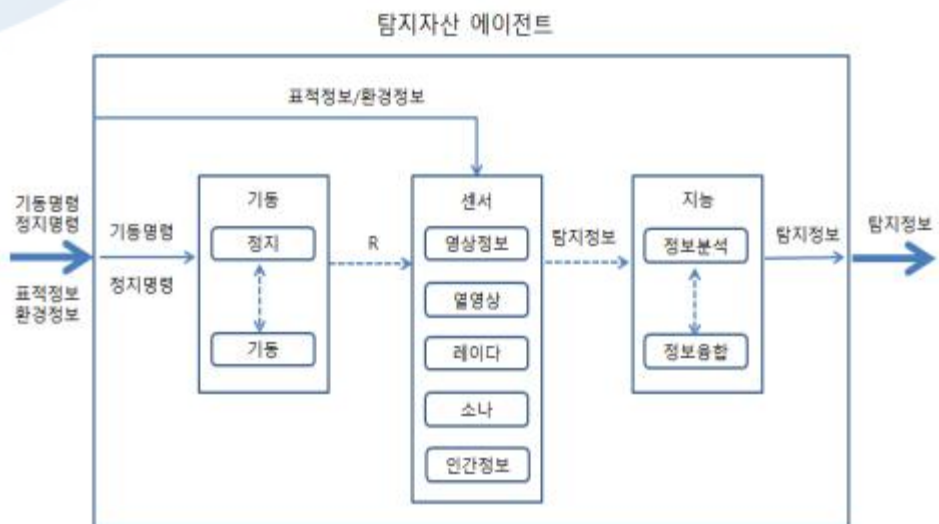
< 그림 39 > 예시: 지상전 모의 수행 시 Agent 간 상호작용

제 3 절 에이전트 모델링의 DEVS 구현 사례

DEVS 형식론을 적용하여 탐지자산 에이전트의 행위모델과 장비모델을 결합모델과 원자모델로 설계한다. 탐지자산 에이전트의 특징 중 기동, 탐지, 지능의 경우만을 고려하여 설계하도록 한다.

탐지자산 에이전트의 행위모델은 <그림 40>과 같이 결합모델 형태로 설계할 수 있다. 기동명령에 의해서 탐지자산이 기동하는 절차를 수행한다. 플랫폼이 기동이 되면 센서가 작동할 수 상태가 되었는지를 확인해야 하는데 이번 사례에서는 시간진행함수에 의해서 R시간이 경과하면 센서가 작동하는 것으로 가정한다.

센서의 종류는 영상정보를 탐지하는 센서, 열영상 센서, 레이더, 음파탐지 소나, 인간정보 등 다양하고, 그에 따라 센서의 능력과 탐지 가능한 대상표적이 달라진다. 센서에 의해서 표적물이 탐지되면 표적정보를 분석해서 표적물을 식별하는 업무가 진행되고, 플랫폼에 장착된 센서가 여러개가 있을 경우 각각 센서로 부터 탐지된 표적정보를 융합하는 과정을 거쳐 정제된 탐지정보를 보고한다.



< 그림 40 > 탐지자산 에이전트의 행위모델

$CM = \langle X, Y, M, EIC, EOC, IC, SELECT \rangle, 3S3R1F$

X : 입력사건 집합(input events set)

Y : 출력사건 집합(output events set)

M : 내부 구성모델 집합(set of all component names)

$EIC \subseteq CM.X \times iUMi.Xi$: 외부입력 연결관계(external input coupling relation)

$EOC \subseteq iUMi.Yi \times CM.Y$: 외부출력 연결관계(external output coupling relation)

$IC \subseteq iUMi.Yi \times jUMj.Xj$: 내부 연결관계(internal coupling relation)

$SELECT : 2M - \emptyset \rightarrow M$: 우선순위 지정함수(select function)

DEVS 형식론에 의해 3개의 집합과 3개의 관계, 1개의 함수로 표현하면 <표 7>과 같이 표현 가능하다. 우선순위 지정함수의 경우는 정지명령과 기동명령을 제외하고는 내부 구성 모델들이 동시 수행이 가능하기 때문에 의미가 크지는 않다.

< 표 7 > 탐지자산 에이전트 모델링 구성요소

모델링 집합/관계	집합/관계별 구성요소
X : 입력사건 집합	기동명령, 정지명령, 표적정보, 환경정보
Y : 출력사건 집합	탐지정보
M : 내부 구성모델 집합	기동, 센서, 지능
EIC : 외부입력 연결관계	기동명령 x 기동.기동명령, 정지명령 x 기동.정지명령, 표적정보 x 센서.표적정보, 환경정보 x 센서.환경정보
EOC : 외부출력 연결관계	센서.탐지정보 x 탐지정보
IC : 내부 연결관계	기동.기동상태 x 센서.기동상태, 센서.탐지정보 x 지능.탐지정보
$SELECT$: 우선순위 지정함수	① 정지명령에 의한 정지 ② 기동명령에 의한 기동 ③ 그 외 모델은 병행 수행 가능

< 그림 41 > 센서 에이전트의 물리모델

< 그림 41 > 센서 에이전트의 물리모델

$$\text{AM} = \langle X, S, Y, \delta_{\text{ext}}, \delta_{\text{int}}, t_a, \lambda \rangle, 3S4F$$

X : 입력사건 집합(input event set)

Y : 출력사건 집합(output event set)

S : 상태집합(state set)

$$\delta_{\text{ext}} : Q \times X \rightarrow S : \text{외부상태 전이함수(external transition function)}$$
$$Q = \{(s, e) \mid s \in S, 0 \leq e \leq ta(s)\} : \text{AM의 전체 상태 집합}$$

e : 마지막 전이 이후 경과시간

$$\delta_{\text{int}} : S \rightarrow S : \text{내부상태 전이함수(internal transition function)}$$
$$\lambda : S \rightarrow Y : \text{출력함수(output function)}$$
$$ta : S \rightarrow \mathbb{R}_{+0,\infty} : \text{시간진행함수(time advance function)}$$
 $R_{+0,\infty}$: 0에서 무한대까지의 양의 실수

센서 에이전트는 기동명령에 의해서 정지상태에서 기동상태로 전이되고, 정지명령에 의해서 모델 내부의 어떤 상태에 있더라도 정지상태로 전이된다. 기동상태가 되면 센서장비의 제원에 따른 탐지능력 산출을 위해 제원 DB를 검색하도록 DB검색 기능을 호출한다. 장비제원을 Query하여 장비 알고리즘을 수행하여 센서를 운용한다. t_a 는 장비제원에 따른 센서의 작동 주기를 모델링 시간으로 환산 적용한 것이다. 센서가 기동 중에 표적을 탐지하게 되면 탐지상태로 전이한다. 획득한 표적정보에 환경정보에 따른 감쇄율이 적용되어 탐지정보가 산출되고 플랫폼에 탑재된 명령보고 에이전트를 경유하여 지휘통제 에이전트에 보고되어 진다. 장비ID 및 환경ID는 제원DB와 환경DB를 검색하기 위해서 매핑되는 식별자인데, 사용자가 입력하는 시나리오에 의해서 정의되어 질 수도 있고, 시스템에서 랜덤하게 적용시킬 수도 있다.

< 표 8 > 표적탐지(센서) 모델링 구성요소

집합/함수	집합/함수별 구성요소
X : 입력사건 집합	기동명령, 정지명령, 표적정보, 환경정보, 장비정보
Y : 출력사건 집합	탐지정보
S : 상태 집합	정지, 기동, 탐지, DB검색
δ_{ext} : 외부상태 전이함수	정지상태 x 기동명령 $\rightarrow$ 기동상태 Q(모든상태) x 정지명령 $\rightarrow$ 정지상태 기동상태 x 장비정보 $\rightarrow$ DB검색 기동상태 x 표적정보 $\rightarrow$ 탐지상태 탐지상태 x 환경정보 $\rightarrow$ DB검색
δ_{int} : 내부상태 전이함수	기동상태 x t_a $\rightarrow$ 기동상태 DB검색 x 장비알고리즘 $\rightarrow$ 기동상태 DB검색 x 환경감쇄율 $\rightarrow$ 탐지상태
λ : 출력함수	탐지상태.탐지정보 $\rightarrow$ Y
t_a : 시간진행함수	t_a : 장비제원에 따른 탐지주기를 모델링 시간으로 환산 적용

< 표 8 > 표적탐지(센서) 에이전트의 모델링 구성요소를 표로 나타내고 있다.

입력사건 집합, 출력사건 집합, 상태 집합인 3개의 집합과 외부상태 전이함수, 내부상태 전이함수, 출력함수, 시간진행함수인 4개의 함수로 표현이 가능하다.

센서 에이전트의 물리모델을 원자모델 형식으로 설계 할 수도 있고, 또는 결합모델로 설계하고 더 세분화된 원자모델로 분해하여 설계할 수도 있다. 개체를 세분화하여 모델링을 하는 것은 재사용성, 결합성, 이식성, 확장성이 강화되므로 유사모델을 개발할 경우 활용도가 높아지는 이점이 있기 때문이다.



제 5 장 결 론

위게임 모델은 다양하고 복잡한 전장(Battle Field)의 특성을 모의하는 모델링 방법이 매우 중요하다. 본 논문은 현대 및 미래전쟁의 형태가 네트워크에 의한 단위무기체계들의 조합으로 표현할 수 있다는 점과 이들 센서와 타격체계를 조정통제하는 지휘통제수단을 적절하게 모델링할 수 있는 에이전트 모델링 방법에 착안하여 설계 구조를 제시하고자 하였다.

위게임모델의 모든 개체는 에이전트로 표현이 가능하고, 특히 다중에이전트(Multi-Agent)이론에 의해 수평적 수직적 구조를 갖는 에이전트의 조합으로 표현이 되므로 정밀한 센서와 무기를 모델링하기에도 적절하고 모델링의 상세수준을 모델링 목적에 따라 융통성 있게 적용이 가능하다.

한국군이 그동안 개발하여 사용하는 위게임 모델은 군의 지휘훈련용으로서 훈련하는 지휘관 및 참모가 현 지휘통제시스템을 전시와 동일하게 사용하고 지휘 및 참모 활동내용을 위게임 모델에 입력하여 모의결과를 반영함으로써 지속적인 상황조치 절차를 훈련시키고 있다.

이 과정에서 위게임 모델의 입력과 출력을 대신하는 게임어가 필요하며 위게임 모의논리에 숙달된 게임어에 의해 왜곡된 모의결과를 제시하는 경우도 발생한다. 또한 C4I체계와의 연동하에서 의사결정을 지원하는 시뮬레이션 모델로의 발전도 어려운 것이 현실이다.

에이전트기반의 모델링은 현재 위게임 모델의 이러한 운용상의 문제점에 대한 해결을 기대할 수 있는 방법론이다.

복잡한 전장상황과 다양한 전투요소를 효율적으로 모델링하는 기술과 기법의 연구 없이 M&S 체계개발에만 치중하게 되면 기술력 부족에 따른 성능미달, 진부화, 중복개발 등의 부작용을 동반하게 된다. 선진국은 방정식기반의 교전위주 모델에서 SAF/CGF 기반의 모델로 M&S 개발의 방향이 전환되고 있다.

사람의 개입을 최소화할 수 있는 자동화시스템 구축과 더불어 재활용성

과 확장성을 강화시킬 수 있는 방안으로 시스템 내부에서 스스로 작동할 수 있는 모듈화 개념을 적용한 에이전트 기반의 모델링 기술에 대한 연구가 무엇보다 요구되는 시점이다.

본 논문은 멀티 에이전트 기반으로 위게임 모델을 설계하는 방법을 제시하였다. 아직까지 한국군에 이러한 개발방법론으로 개발된 사례가 없어 많은 어려움이 있는 것이 사실이지만 한걸음 한걸음 선진국의 개발 수준을 따라가기 위해 노력하고 있다.

본 논문이 제시한 방법론을 요약하면 다음과 같다.

인공지능과 객체지향 방법론을 결합하여 전장상황을 모델링하는 에이전트 기반 모델링 방법을 적용하였다. 에이전트 기반 모델링 방법을 적용하면 인공지능의 자율성과 적응성을 가진 자동화된 시스템이면서 객체지향의 재활용성과 확장성을 갖는 모듈화된 시스템 구축이 가능하다.

복합 계층 구조 모델링 기법을 적용하여 위게임 모델을 모의대상의 특성과 운용관점으로 수직 수평의 계층별 에이전트 구조로 분할하고, 에이전트간의 상호작용을 통한 체계 통합 방안을 연구하였다.

단위 객체 에이전트의 구조는 OneSAF 모델에서 활용한 행위모델과 물리모델의 개념을 적용하여 모델링하였고, DEVS 형식론 기반의 에이전트 모델링 기법을 활용하여 단위 객체 에이전트의 상태와 함수를 정의하고 에이전트간의 관계를 모델링함으로써 멀티 에이전트의 구조 설계 방안을 개념적으로 제시하였다.

본 연구는 다음과 같은 한계를 갖고 있다.

첫째로는 이를 적용한 실제 모델의 개발이 완료되지 않아 국내에서는 실증되지 못하는 점이다. 미국의 OneSAF나 독일의 DNS모델은 에이전트 방법론으로 개발된 모델이다. 오랜기간 개발이후 안정성을 가지면서 모델 구조 또한 체계화 되어있다. 그러나 한국군의 위게임 모델 개발 절차를 적용하여 에이전트 기반 모델을 개발하는데 있어서 다소 어려움이 있는 것이 사실이지만 개발 완료가 되면 이 방법론이 실증될 것으로 기대한다.

두 번째로는 적용사례가 C4ISR 분석모델의 설계단계 구조로 표현되어 모델링 대상이 C4ISR 체계로 제한되어있다는 점이다. 행위모델과 물리모델의 모델링 방법은 대상이 다양화되더라도 적용에 있어서 문제가 없는 방법론이지만 처음 적용하는 모델러(모델링 개발자)에 의해 구체화되는 과정에 시행착오가 발생할 수 있다는 점에서 향후 지속적인 발전이 요구된다.

세 번째는 전술교리의 모델링 대상에 대한 연구가 부족하다는 점이다. 이 부분은 인공지능 이론이 보다 심층 적용되는 분야이다. 인공지능이론에서 에이전트가 갖는 중요한 특성은 학습능력이다. 이는 모델링 방법론 이전에 전술교리 자체에 대한 개념 모델링이 선결되어야할 분야이기는 하지만 본 연구 역시 이 부분에 대한 제한사항을 가지고 있다.

향후 연구되어야 할 분야는 다음과 같다.

다중 에이전트 구조에 대한 체계화이다. 에이전트가 다중으로 결합되면 에이전트간 주고받는 정보의 체계화가 필요하다. 즉, 에이전트 상호간의 상호작용(Interaction)에 대한 표준적인 정의가 필요하다.

행위모델과 물리모델의 실제 적용을 진행하면서 행위모델과 물리모델의 상세모델링에 대한 방법도 발전이 필요하다.

향후 개발되는 모델에서는 CGF/SAF와 같은 자율성과 적응성이 보다 강화된 지능형 에이전트를 국방 위게임 모델에 적용하는 방안에 대한 연구가 필요하다.

본 연구는 앞으로 한국군의 위게임 모델 개발시 에이전트 기반으로 개발하는 방법으로서 기초적인 구조설계에 대해 제시하였다. 에이전트 기반으로 모델링하게 되면 재활용성과 확장성이 강화되기 때문에 후속 모델로의 적용이 용이할 것이다. 이는 에이전트 기반으로 실제 위게임 모델을 개발하는데 적용하고 있으므로 향후 다양한 형태의 발전에 기여하기를 기대한다.

참 고 문 헌

1. 국내문헌

- 권순걸 외 3명. (2010). 『소부대 교전훈련 Virtual-Constructive 시뮬레이션 연동개변 연구를 위한 테스트베드』. 한국시뮬레이션학회 논문지, p. 220.
- 김태섭 외 3명. (2010). 『무기체계 분석을 위한 모의엔진 아키텍처 연구』. 한국시뮬레이션학회 논문지 Vol.19, No.2, pp. 51-62.
- 김헌기. (2015). 『SES/MB 프레임워크 및 DEVS 시뮬레이션을 이용한 전차 취약성 분석』.
- 김희수. (2009). 『에이전트 기반 모델링에 의한 근접전투 손실예측 관련 연구』, p. 118~126.
- 도용태 외 4명. (2013). 『인공지능 개념 및 응용』. 사이텍미디어, p. 4~11.
- 문형곤 외 2명. (2008). 『OneSAF 모형 도입/실용화(I)』. 한국국방연구원.
- 방위사업청 & LIG넥스원. (2016). 『C4ISR 분석모델 체계개발 사업 모의논리 분석서』, Ver. 0.8.
- 손재홍 외 5명. (2007). 『국방 M&S 특화센터 연구요구의뢰서』. 국방과학연구소, p. 40~232.
- 오길석. (2016). 『에이전트 기반 모의논리 설계 방안』.
- 우종우, 김대령. (2007). 『멀티 에이전트 기반의 지능형 시뮬레이션 도구의 개발』. 한국 컴퓨터정보학회 논문지 제12권 제6호, p. 21-30.
- 유용준. (2011). 『계층구조적 자율형 가상군 모델링 및 시뮬레이션』.
- 이동준. (2007). 『에이전트 기반 지휘통제 모의방법론』.
- 조영임. (2003). 『인공지능시스템』. 홍릉과학출판사, p. 360.

- 조준호. (2015). 『SAF의 행위 자동 계획 기법에 관한 연구』, p. 5~8.
- 천윤환 외 6명. (2016). 『국방 모델링 및 시뮬레이션』. 황금소나무.
- 최상영. (2010). 『국방 모델링 및 시뮬레이션 총론』. 북코리아.
- 한국과학기술원, SMS Lab. (2015). 『국방 M&S 이론 및 기술』 강좌 교재.
- 한국국방연구원. (2003). 『국방 시뮬레이션 용어사전』.
- 함원경 외 2명. (2011). 『Cougaar Architecture 활용 다중 에이전트 기반
소규모 교전 시뮬레이션 Framework』. 한국시뮬레이션학회 논문지
vol.20, No.3, pp.101-109.
- 합동참모본부. (2015). 『국방 위게임모델 목록집』.



2. 국외문헌

Bernard P. Zeigler, Herbert Praehofer, & Tag Gon Kim. (2000).
Theory of Modeling and Simulation, Second Edition. Academic
Press.

Bonabeau, E. (2001). Agent-based modeling: methods and techniques
for simulating human systems. In Proceedings of National
Academy of Sciences.

_____. (2002). Agent-based Modeling : Methods and techniques
for simulating human systems, Adaptive Agents, Intelligence,
and Emergent Human Organization: Capturing Complexity
through Agent-Based Modeling. PNAS vol.99/suppl.3.

_____. (2003). Agent-based modeling for Testing and Designing
Novel Decentralized Command and Control System Paradigms,
Modeling and Simulation and Network-Centric Application. 8th
International Command and Control Research Technology
Symposium.

Casti, J. (1997). Would-be worlds: how simulation is changing the
world of science. Yew York: Wiley.

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

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

E. Rich and K. Knight. (1991). Artificial Intelligences (2nd ed.). New
York: McGraw-Hill.

- Jennings, N. R. (2000). On agent-based software engineering, Artificial Intelligence.
- Maes, P. (1994). Agents that reduce work and information overload. CACM.
- P. H. Winston. (1993). Artificial Intelligence (3rd ed.). Reading: Addison Wesley.
- R. E. Bellman. (1978). An Introduction to Artificial Intelligence: Can Computers Think? San Francisco: Boyd & Fraser.
- R. J. Schalkoff. (1990). Artificial Intelligence: An Engineering Approach. New York: McGraw-Hill.
- Stewart Robinson. (2004). Simulation: The Practice of Model Development and Use. England: John Wiley & Sons, Ltd. p.52, p.78
- Stuart J. Russell & Peter Norvig. (1995). Artificial Intelligence : A Modern Approach. New Jersey: A Simon & Schuster Company.

3. 인터넷 사이트

<http://www.ndsl.kr>, 국가과학기술정보센터

<http://www.kisti.re.kr>, 한국과학기술정보연구원

<http://www.riss.kr>, 한국교육학술정보원 학술연구정보서비스

<http://kiss.kstudy.com>, 한국학술정보(주) 학술정보서비스

<http://dlps.nanet.go.kr>, 국회도서관

ABSTRACT

A Study on the Development Methodology for Multi-agent based War-game Model: Focused on Agent Framework Design

Kim, Young-Sook

Major in National Defense Modeling & Simulation
Dept. of National Defense Modeling & Simulation
Graduate School of National Defense Science
Hansung University

Modern and future warfare tends to move into the network-centric operational environment, and more of new weapon systems are developed. As the complexity of operation plan adds on, development of defense M&S system that displays these aspects in cyberspace is also accelerated.

Against this backdrop, lack of research on the modelling technology and methodology that efficiently models complex war environment and multiple war elements would bring about adverse effects such as poor performance, obsolescence and duplication in development. appropriate

In this context, it is appropriate to do an in depth study on the agent-based modelling technology that applies modularization concept which operates automatically within the system along with the construction of automated system to minimize human intervention as a means to improve recyclability and scalability.

This study presented a methodology to design war-game model based on multi-agent. I segmented the war game model into hierarchical multiple agent structure by the characteristics of the simulation object and by operation perspectives and studied system integration methods based on the interaction among agents.

In doing so, I applied the concept of Behavior model and Physical model utilized in OneSAF model, and introduced modelling method by unit agent, utilizing agent modelling methodology based on DEVS method.

This thesis studied modelling methodology for general rule based agent structure for ISR, C2 and engagement simulation considering recyclability and scalability. It is deemed necessary to do further research on the methodology to apply the intelligent agent reinforced with autonomy and adaptability such as CGF/SAF in the future war-game model development.

【Keyword】 M&S, war-game, agent, artificial intelligence, DEVS, OneSAF