한국시뮬레이션학회 논문지
Vol. 19, No. 4, pp. 281-289 (2010. 12)

함정전투 시뮬레이션을 위한 HEAP 기반 지능 에이전트에 관한 연구

유용준[1†] · 지승도[1] · 김재익[2]

A Study of HEAP-based Intelligent Agent applied to Warship Combat Simulation

Yong-Jun You · Sung-Do Chi · Jae-Ick Kim

ABSTRACT

Recently the intelligent agent systems have been emerged as one of key issues for developing the defense M&S systems. However, most conventional agent architecture of M&S systems utilize the script-based models and can only deal with the individual behaviors so that they cannot suitably describe the precise tactical/strategic behavior and/or complex warfare environment. To overcome these problems, we have proposed the HEAP(Hierarchical Encapsulation and Abstraction Principle)-based hierarchical multi-agent system architecture that is able to intelligently cope with the complex missions based on the functional role of each agent on the hierarchy such as an intelligence officer, captain, commander.

Key words : Intelligent agent, HEAP, Abstraction

요 약

기존의 국방 M&S 시스템에서의 에이전트는 계급과 역할에 따른 계층적인 모습을 갖추고 있지만, 상하위 에이전트는 동일한 속성을 보유함에 따라 서로 구별되는 특징이 없고, 에이전트의 의사결정 수준은 스크립트 기반 또는 유한 상태 기계 기반으로서 주변 환경의 변화에 기계적으로 반응하는 낮은 수준에 머무르고 있다. 이러한 기존 에이전트의 문제를 극복하기 위해서 본 논문에서는 HEAP (Hierarchical Encapsulation and Abstraction Principle) 기반의 지능 에이전트를 제안한다. HEAP 기반의 지능 에이전트는 엔진베이스 모델링 방법을 사용하여 엔진모델과 지식베이스 모델을 분리시킴으로써 모델링이 용이하고 시스템의 모듈화와 추상화를 보다 유연하게 할 수 있다는 장점이 있다. 본 논문에서는 이를 함정전투 시뮬레이션에 적용하여 타당성을 검증하고자 한다.

주요어 : 지능 에이전트, HEAP, 추상화

1. 서 론

1995년 미 국방성 산하의 M&S(Modeling & Simulation) 전담기구인 DMSO (Defense Modeling & Simulation Office)에서는 새로운 M&S 개념인 LVC (Live, Virtual, Constructive) 연동 시뮬레이션을 제안했다[1]. 효과적이고 경제적인 군 모의를 위해, 시뮬레이터를 이용한 가상 시뮬레이터로 가능한한 많은 부분을 대체하여, 최소한의 실제 인원만을 투입하여, Live 시뮬레이션과 비슷한 효과를 얻고자 하는 것이 LVC 연동 시뮬레이션이다[2]. 이러한 LVC 시뮬레이션에서 시뮬레이터로 대체할 수 없는 모델은 컴퓨터 생성 가상전투객체를 활용하고 있으나, 그 효과가 Live 시뮬레이션을 대체할 수 있으려면, 가상전투객체의 자율성(Autonomous), 목적지향적(Goal-Oriented) 행위 기술이 필요하다. 이러한 흐름에 따라 국방 M&S 시스템의 가상전투객체로서 에이전트 기술이 도입되기 시작하였다.

접수일(2010년 10월 2일), 심사일(1차 : 2010년 11월 1일, 2차 : 2010년 11월 13일), 게재 확정일(2010년 11월 18일)
[1)] 한국항공대학교 컴퓨터공학과
[2)] 국방과학연구소
주 저 자 : 유용준
교신저자 : 유용준
E-mail; ilog21c@kau.ac.kr

에이전트 기술은 21세기 컴퓨터 과학 분야에서 가장 두드러진 기술 중의 하나이며, 에이전트와 관련된 기술, 방법론 및 이론들은 현재 수많은 분야에 기여하고 있다. 여기에는 정보검색, UI 설계, 로보틱스, 전자상거래, 컴퓨터 게임, 교육 및 훈련 및 국방 분야 등이 포함된다. 에이전트 기술은 지금도 여전히 주목 받고 있으며, 특히 복잡도, 분산, 상호 작용, 컴퓨팅 및 지능에 관한 문제들을 분석하고 다루는 시스템들을 위한 새로운 패러다임을 제시하고 있다. 에이전트 기반 기술은 수많은 연구 분야들의 이론 및 응용적 측면 모두를 다루고 있으며, 주요 연구 주제들로는 멀티 에이전트 플래닝, 에이전트 통신 언어, 에이전트 간의 조정(coordination) 메카니즘, 협상(negotiation) 전략, 학습 등이 포함된다[3].

현재 에이전트 기술을 도입한 국방 M&S 시스템들로는 미국, 호주, 뉴질랜드 등의 ISAAC/EINSTein, CROCADILE, WISDOM-II, OneSAF 등이 있으며, 국내에서는 SAF 구축을 위해 에이전트 기술을 사용한 창조, 청해, 창공, 천자봉 모델 등이 있다. 국내외를 막론하고 대부분의 국방 M&S 시스템에서의 에이전트는 유사한 모습을 보여주고 있다. 계급과 역할에 따라 계층적이지만, 상하위 에이전트가 동일한 속성을 보유함에 따라 서로 구별되는 특징이 없고, 에이전트의 의사결정 수준은 스크립트 기반 또는 유한 상태 기계 기반으로서 주변 환경의 변화에 기계적으로 반응하는 낮은 수준이다. 이는 복잡한 상황 묘사가 어려움을 의미한다.

본 논문에서는 에이전트의 의사결정 수준을 높여서 복잡한 상황 묘사가 가능한 지능 에이전트를 국방 M&S 시스템에 활용하는 방안을 제시하고, 이를 기존의 에이전트 기반의 국방 M&S 시스템과 비교 분석한다. 본 연구를 위해 본 논문의 저자들은 선행 연구로서 국방 M&S 시스템을 위한 HEAP (Hierarchical Encapsulation and Abstraction Principle) 기반의 지능 에이전트를 설계하였고[4], 이를 이용하여 함정전투 시뮬레이션에 적용해 본 바 있다[5].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 관련연구로서 기존의 에이전트 기반 국방 M&S 시스템에서의 에이전트의 모습과 지능 에이전트 설계 원칙인 HEAP을 살펴보고, 제3장에서는 함정전투 시뮬레이션을 위해 HEAP 기반의 지능 에이전트를 설계한다. 제4장에서는 사례연구로서 HEAP 기반의 지능 에이전트와 기존의 에이전트 기반의 국방 M&S 시스템에서의 에이전트와 비교 분석하고, 제5장 결론으로 마무리하게 된다.

2. 관 련 연 구

2.1 에이전트 기반의 국방 M&S 시스템

에이전트 기반의 국방 M&S 시스템은 1996년 미국의 ISAAC[6]을 시작으로 미국, 호주 등을 중심으로 개발되어 왔다. ISAAC의 확장판인 EINSTein[6], 2002년 호주의 CROCADILE[7], 2005년 호주의 WISDOM-II[8], 2008년 미국의 OneSAF V2.0[9] 등이 대표적이다.

CROCADILE 시스템에서는 에이전트를 다음과 같이 정의하고 있으며[7], 이는 그 밖에 기존 시스템들에서의 에이전트 정의와 유사하다.

Agent – An entity or asset on the battlefield. Each agent possesses a set of capabilities (e.g., sensors, movement) and has its own behaviour and personality that governs how it acts. It belongs to an Agent Family and Team, has a health level, and a location on the terrain.

위의 정의에 따르면 에이전트는 인간을 포함한 다양한 객체(운송체, 무기 등)들이라고 볼 수 있다. 하지만 본 논문에서는 에이전트가 인간을 대신하는 것으로 한정한다. 앞서 언급된 기존의 에이전트 기반의 국방 M&S 시스템들 각기 고유의 특화된 특징들을 가지고 있지만 에이전트 부분에 있어서는 다음과 같은 유사한 모습을 가지고 있다.

(1) ALife 기반의 멀티 에이전트 시스템이다.
(2) 계급 및 기능에 따른 계층적 구조이다.
(3) 에이전트는 속성을 가지고 있으며, 서로 다른 계층의 에이전트가 동일한 속성을 가지고 있다.
(4) 서로 다른 계층의 에이전트 간의 추상화 관계가 없다.
(5) 에이전트의 의사 결정 수준은 스크립트 기반 또는 유한 상태 기계의 낮은 수준이다.

대체로 기존 시스템에서의 인간을 대신하는 에이전트는 복잡한 교전 상황을 표현하는 데에 한계가 있으며, 실제로 현재 사용되는 시스템들 중에서는 시뮬레이션 중의 중요한 의사 결정을 인간이 개입하여 직접 내리는 경우도 있다. 위 (4)에 언급된 추상화 관계는 에이전트 기반 시스템에서는 매우 중요한데 이는 복잡한 상황을 표현해야 하는 에이전트 시스템일수록 기호적(Symbolic)과 수치적(Numeric) 데이터, 연속시간 및 이산사건 데이터 등의 서로 상반되는 다양하고 복잡한 데이터들을 다뤄야 하기 때문이다. 이러한 서로 상반된 데이터들을 일관성 있게 통합하기 위해 추상화는 매우 중요하다고 할 수 있다[10-11].

따라서 복잡한 교전 상황을 표현해야 하는 국방 M&S 시스템에서의 에이전트들은 에이전트 간의 추상화 관계가 존재하여야 한다.

2.2 HEAP 개요

Zeigler와 Chi는 지능 에이전트 설계를 위해 Endomorphism 개념과 HEAP을 제안하였다[12]. Endomorphism 개념은 지능 에이전트는 제어대상체의 추상화된 모델을 가져야 한다는 개념으로서 즉, 지능 에이전트가 대상체를 제어하려면 대상체에 대한 주요한 정보(추상화된 모델)를 가져야 한다는 것이다. 이러한 Endomorphism 개념에 따른 설계 방법론이 Zeigler와 Chi가 제안한 엔진베이스 모델링 방법이다. 이 방법은 전문가 시스템 개념에서 도입된 것으로 적용대상에 의존적인 지식을 갖는 지식베이스와 이 지식베이스와는 독립적으로 설계 운용되는 추론엔진으로 구성된다. 여기서, 추론엔진은 입력 명령에 따라 지식베이스의 해당 지식들을 추론 알고리즘에 따라 실행시킴에 의해 최적의 결론을 도출해내는 지능적 역할을 담당한다. 엔진베이스 모델링 방법은 엔진모델과 지식베이스 모델을 분리시킴으로써 모델링이 용이하고 시스템의 모듈화와 추상화를 보다 유연하게 할 수 있다는 장점이 있다.

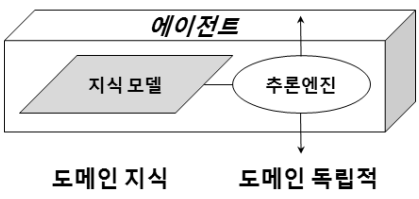


그림 1. 엔진기반 모델링 개념

그림 1은 엔진기반 모델링 개념을 보여준다. 그림에서 평행사변형 모양의 모델은 지식베이스를 말하며 실세계에 대한 정보 (즉, 제어 대상체에 대한 각종 기능별 정보들)가 탑재되어 있다. 타원형의 모델은 추론엔진 모델로서, 지식베이스 모델을 알고리즘적으로 처리하여 최적의 동작을 수행토록 하는 역할을 담당한다.

그림 2는 엔진기반 모델링 방법론을 이용한 Zeigler와 Chi의 HEAP을 함정전투 시뮬레이션에 적용한 모습을 도식하고 있는데, 그림에서 계층적 실행구조 상의 각 에이전트들은 실세계에 관한 기본적 모델들로 부터 자동적으로 추상화된(abstracted) 내부적 모델들 (각각 인식, 의사결정, 행위 등의 기능을 가짐)과 각각의 추론엔진들이 캡슐화되어(encapsulated) 구성된다. 상위계층의 에이전트도 역시 동일한 내부적 모델들을 갖는데, 이것들은 또한

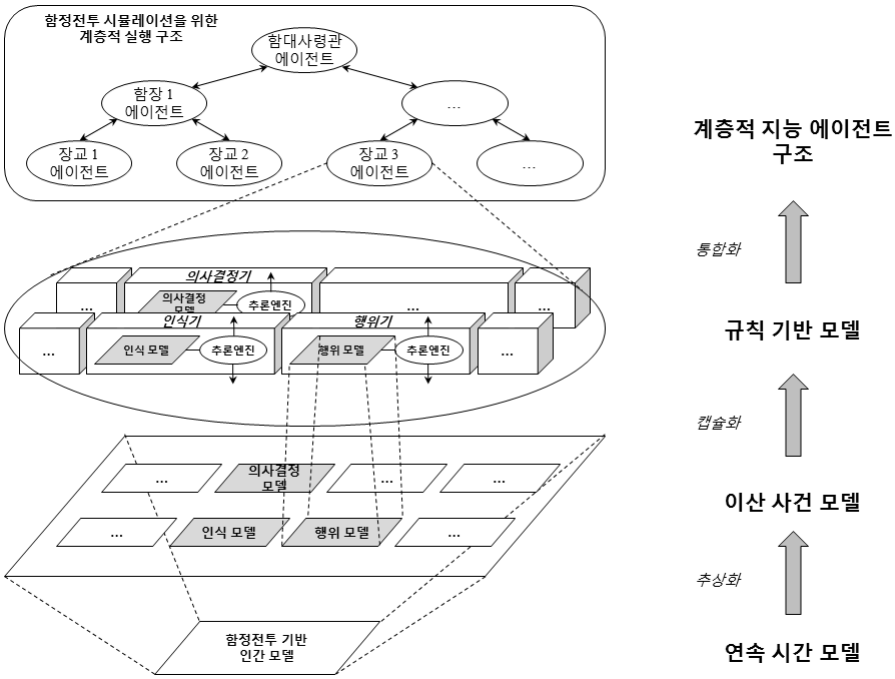


그림 2. 엔진기반 모델링 기법을 이용한 계층적 포괄 및 추상화 원칙(HEAP)

하위계층의 각 에이전트들의 내부적 모델들로부터 자동적으로 추상화된 모델을 의미한다. 이와 같이 상/하위계층간의 체계적 추상화 관계에 의해서 Bottom-up 방식으로 계층적 실행 구조를 얻을 수가 있으며, 또한 목적에 따른 실행은 Top-down 방식에 의해 연속적으로 분할 수행될 수 있다. 또한 HEAP 에서의 에이전트 내부적 모델들은 그림 2와 같이 이산 사건 기반(DEVS-based)의 모델을 사용하는데 이는 복잡한 상황 묘사가 가능하며, 에이전트의 의사결정 수준을 높일 수 있는 장점이 있다.

Zeigler와 Chi가 제안한 엔진기반 모델링 구조는 지식베이스 모델과 추론엔진 모델을 분리시킴으로써 지능 시스템 설계를 위한 모듈화 및 추상화 기법을 통해 이론적 프레임워크와 응용가능성을 제시한 바 있다[13-18].

3. 함정전투 시뮬레이션을 위한 HEAP 기반의 지능 에이전트

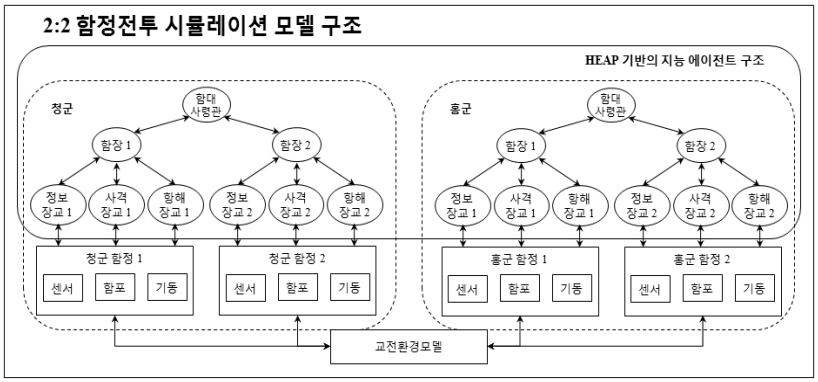
HEAP 기반의 지능 에이전트의 검증을 위해 가상의 시나리오를 구성하여 2:2 함정전투 시뮬레이션을 수행하였다[5].

가상의 시뮬레이션 시나리오로서 서해안 NLL근방에서의 청군(Blue) 참수리급 고속정 2척과 홍군(Red)측 SO-1급 경비정 2척 간의 전투 상황을 표현하였고, 각 함정은 함장, 정보장교, 항해장교, 사격장교 에이전트를 통해 운용되며, 각 함대는 함대사령관에 의해 운용된다고 가정하여, 시뮬레이션 모델을 그림 3-(a)와 같이 구성하였다.

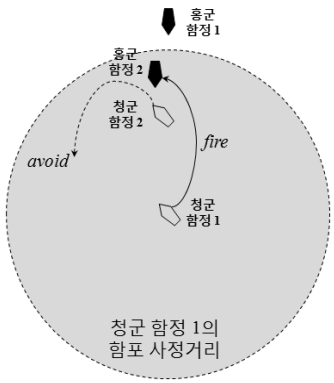
2:2 함정전투 시뮬레이션을 위한 인간 요소인 함대사령관, 함장, 정보장교, 항해장교, 사격통제장교 등을 HEAP 기반의 지능 에이전트로 구성하였다. 이들은 계급에 따른 함대사령관급, 함장급, 장교급 등의 상하 관계를 가지며, 최하위의 각 장교 에이전트들은 각각의 역할에 따른 상태 변수들을 갖는다. 함장과 함대사령관은 하위 에이전트들로부터 추상화된 데이터들을 토대로 상황 판단 및 의사 결정 등의 역할을 수행하게 된다.

그림 4는 시뮬레이션 결과로 얻은 시간에 따른 각 함정들의 상태값들을 보여준다. 이를 토대로 그림 3에서 시뮬레이션 시간 8559 (그림 3-(b) 참조)때의 청군 함정 1에서의 홍군 함대에 대한 정보를 토대로 보고가 올라가는 과정을 표현하였다. 데이터의 추상화 과정은 다음과 같이 이루어진다.

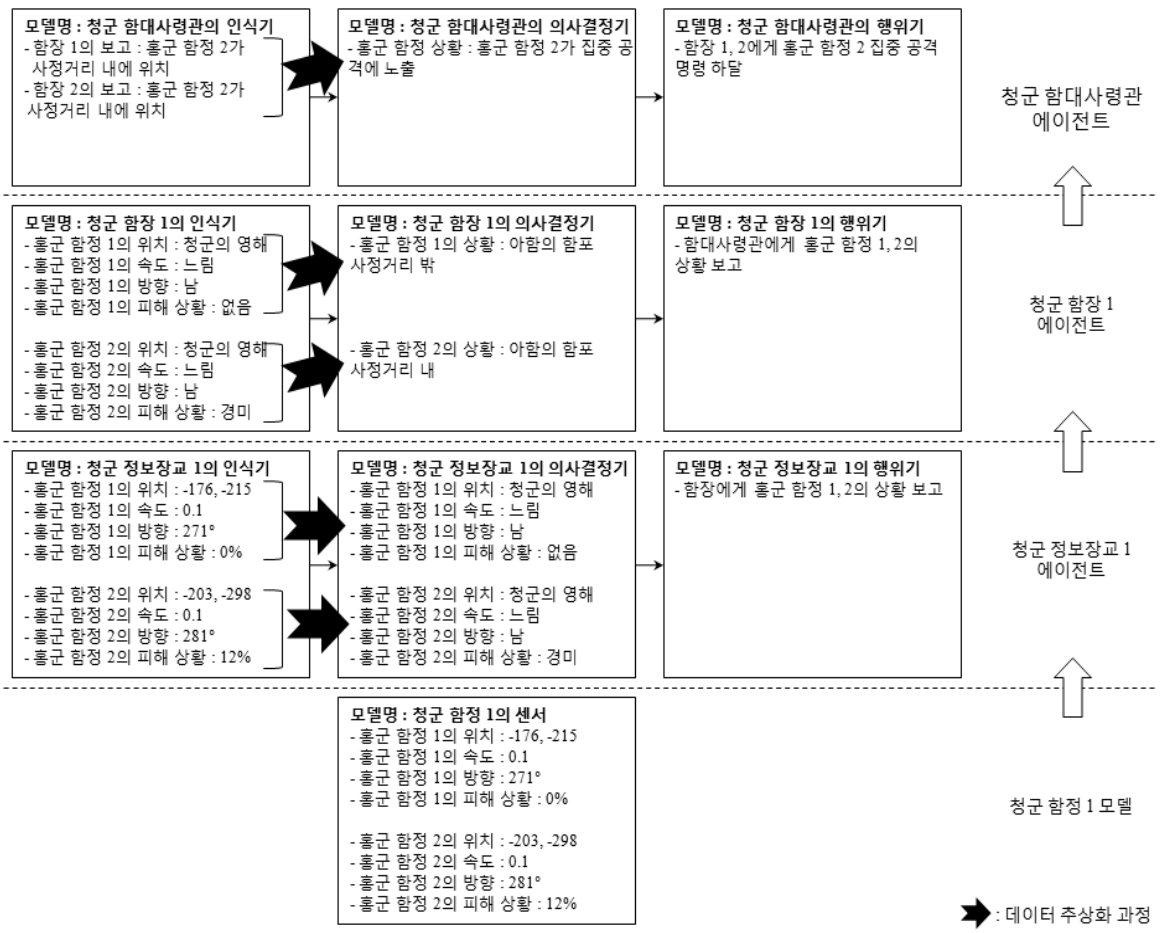
1) 청군 함정 1에 탑재된 센서는 외부 교전 환경으로부터 홍군 함정들의 위치 좌표, 속도 등의 구체적인 수치데이터를 얻을 수 있다.
2) 청군 정보장교 1 에이전트는 함정 1의 센서데이터를 인식기를 통해 받고, 그 각각의 수치데이터를 기호(Symbolic)데이터로 변환한다. 그 후 청군 정보장교 1 에이전트는 이 데이터를 행위기를 통해 청군 함장 1 에이전트에게 보고한다. 이 때의 추상화 과정은 실측데이터를 범주화하여 직관적이며 단순하게 표현하는 것을 가능케 한다.
3) 청군 함장 1 에이전트는 정보장교 1 에이전트의 기호데이터들과 보고를 토대로 홍군 함정들에 대한 정보를 인지한다. 이 때 정보장교 에이전트로부터의 홍군 함정들의 위치, 속도, 방향으로부터 홍군 함정과의 거리가 아함정의 사정권 내에 위치한다는 의미 있는 데이터로의 추상화가 가능함을 보여준다. 청군 함장 1 에이전트는 이 데이터를 다시 청군 함대사령관에게 보고한다.
4) 함대사령관 에이전트는 청군 함장 1, 2 에이전트들의 보고로부터 함대 운용을 결정하게 된다. 청군 함정 1과 2의 사정거리 내에 홍군 함정 2가 위치함을 알게 된 후 함대사령관은 청군 함정들에게 홍군 함정 2를 집중 공격하라는 명령을 하달하게 된다. 이를 통해 청군 함정 1의 센서로부터 얻어진 실측데이터가 청군 함대사령관 에이전트로 올라가면서 데이터는 단순해지고 데이터 처리량은 줄지만, 그 의미는 일관성을 유지함을 볼 수 있다.
5) 데이터의 구체화 과정은 위 추상화 과정과 반대로 이루어진다. 청군 함대사령관 에이전트의 “Fire”라는 명령이 청군 함장 1, 2 에이전트에게 각각 하달된다. 각 함장 에이전트는 현재 교전 상황(그림 3-(b) 참조)을 고려하여 명령을 수행한다.
6) 청군 함장 1 에이전트는 사정권 내에 위치한 홍군 2 함정을 공격하고, 청군 함장 2 에이전트는 홍군 함정 2와 너무 가깝게 위치해 있기 때문에 공격에 용이한 지역으로 회피하는 모습을 보인다. 이를 위해 각 함장 에이전트는 하위의 장교 에이전트들에게 각 함정의 상황에 맞는 명령(청군 함정 1은 “Fire” 명령, 청군 함정 2는 “Avoid” 명령)을 하달하게 된다. 이는 그림 4-(a), (b)의 청군 함정 1, 2의 공격 목표(-203.742, -298.447)가 그림 4-(d)의 홍군 함정 2의 현재 위치로 설정되는 것을 볼 수 있다.
7) 청군 함장 1 에이전트의 “Fire” 명령에, 사격장교는 홍군 함정 2의 위치로 함포를 발사하고, 항해장교는 공격에 알맞은 장소로 함정을 이동시키게 된다.



(a) 2:2 함정전투 시뮬레이션을 위한 모델 구조도

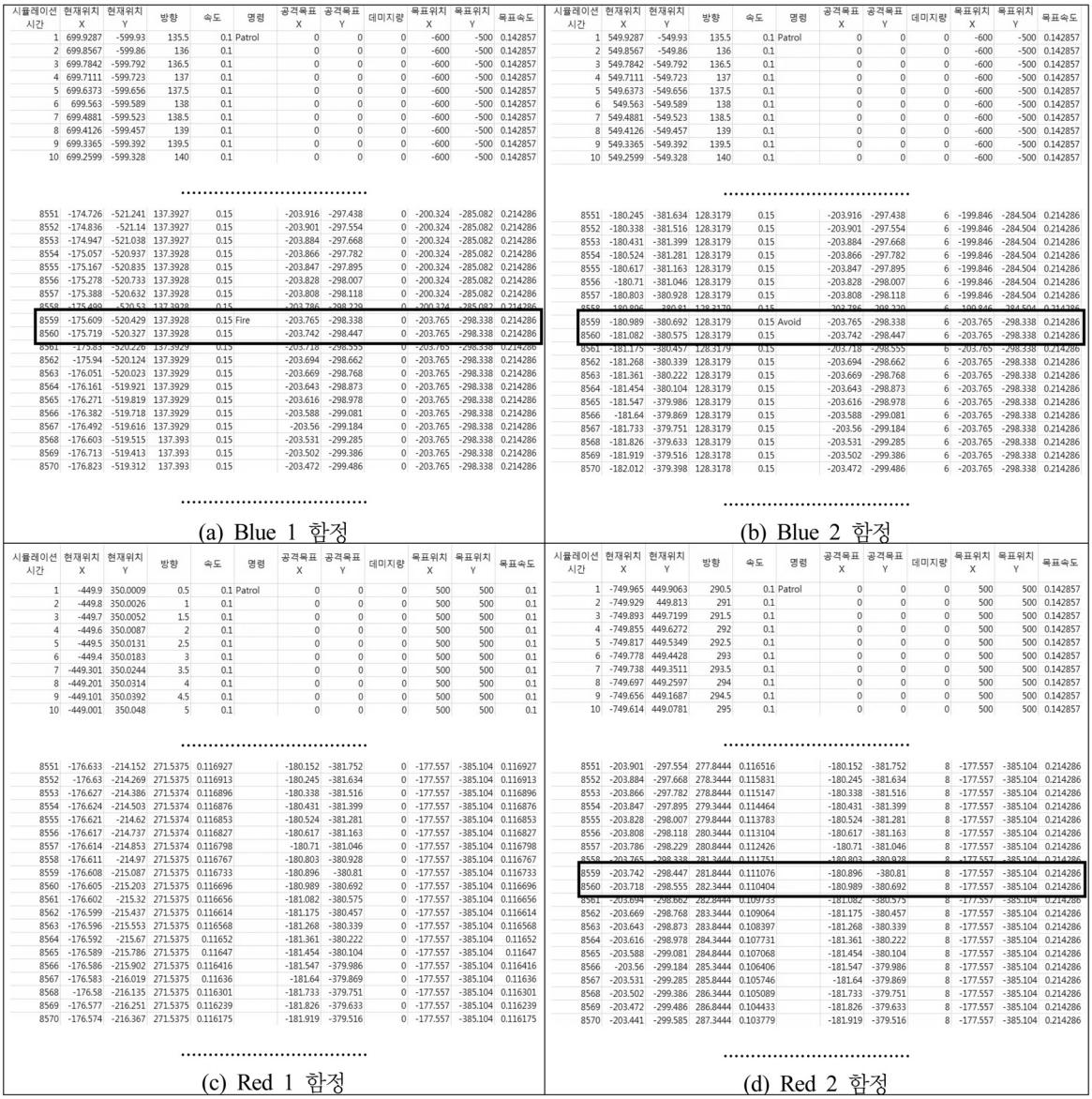


(b) t=8559 때의 상황도



(c) t=8559 때의 청군 함정 1의 데이터 추상화 과정

그림 3. HEAP 기반 지능 에이전트 응용 예 : 2:2 함정전투 시뮬레이션 시뮬레이션 시간 t=8559 때의 데이터 추상화 과정



(a) Blue 1 함정

시뮬레이션 시간	현재위치 X	현재위치 Y	방향	속도	명령	공격목표 X	공격목표 Y	데미지량	목표위치 X	목표위치 Y	목표속도
1	699.9287	-599.93	135.5	0.1	Patrol	0	0	0	-600	-500	0.142857
2	699.8567	-599.86	136	0.1		0	0	0	-600	-500	0.142857
3	699.7842	-599.792	136.5	0.1		0	0	0	-600	-500	0.142857
4	699.7111	-599.723	137	0.1		0	0	0	-600	-500	0.142857
5	699.6373	-599.656	137.5	0.1		0	0	0	-600	-500	0.142857
6	699.563	-599.589	138	0.1		0	0	0	-600	-500	0.142857
7	699.4881	-599.523	138.5	0.1		0	0	0	-600	-500	0.142857
8	699.4126	-599.457	139	0.1		0	0	0	-600	-500	0.142857
9	699.3365	-599.392	139.5	0.1		0	0	0	-600	-500	0.142857
10	699.2599	-599.328	140	0.1		0	0	0	-600	-500	0.142857
8551	-174.726	-521.241	137.3927	0.15		-203.916	-297.438	0	-200.324	-285.082	0.214286
8552	-174.836	-521.14	137.3927	0.15		-203.901	-297.554	0	-200.324	-285.082	0.214286
8553	-174.947	-521.038	137.3927	0.15		-203.884	-297.668	0	-200.324	-285.082	0.214286
8554	-175.057	-520.937	137.3928	0.15		-203.866	-297.782	0	-200.324	-285.082	0.214286
8555	-175.167	-520.835	137.3928	0.15		-203.847	-297.895	0	-200.324	-285.082	0.214286
8556	-175.278	-520.733	137.3928	0.15		-203.828	-298.007	0	-200.324	-285.082	0.214286
8557	-175.388	-520.632	137.3928	0.15		-203.808	-298.118	0	-200.324	-285.082	0.214286
8558	-175.499	-520.53	137.3928	0.15		-203.786	-298.229	0	-200.324	-285.082	0.214286
8559	-175.609	-520.429	137.3928	0.15	Fire	-203.765	-298.338	0	-203.765	-298.338	0.214286
8560	-175.719	-520.327	137.3928	0.15		-203.742	-298.447	0	-203.765	-298.338	0.214286
8561	-175.83	-520.226	137.3929	0.15		-203.718	-298.555	0	-203.765	-298.338	0.214286
8562	-175.94	-520.124	137.3929	0.15		-203.694	-298.662	0	-203.765	-298.338	0.214286
8563	-176.051	-520.023	137.3929	0.15		-203.669	-298.768	0	-203.765	-298.338	0.214286
8564	-176.161	-519.921	137.3929	0.15		-203.643	-298.873	0	-203.765	-298.338	0.214286
8565	-176.271	-519.819	137.3929	0.15		-203.616	-298.978	0	-203.765	-298.338	0.214286
8566	-176.382	-519.718	137.3929	0.15		-203.588	-299.081	0	-203.765	-298.338	0.214286
8567	-176.492	-519.616	137.3929	0.15		-203.56	-299.184	0	-203.765	-298.338	0.214286
8568	-176.603	-519.515	137.393	0.15		-203.531	-299.285	0	-203.765	-298.338	0.214286
8569	-176.713	-519.413	137.393	0.15		-203.502	-299.386	0	-203.765	-298.338	0.214286
8570	-176.823	-519.312	137.393	0.15		-203.472	-299.486	0	-203.765	-298.338	0.214286

(b) Blue 2 함정

시뮬레이션 시간	현재위치 X	현재위치 Y	방향	속도	명령	공격목표 X	공격목표 Y	데미지량	목표위치 X	목표위치 Y	목표속도
1	549.9287	-549.93	135.5	0.1	Patrol	0	0	0	-600	-500	0.142857
2	549.8567	-549.86	136	0.1		0	0	0	-600	-500	0.142857
3	549.7842	-549.792	136.5	0.1		0	0	0	-600	-500	0.142857
4	549.7111	-549.723	137	0.1		0	0	0	-600	-500	0.142857
5	549.6373	-549.656	137.5	0.1		0	0	0	-600	-500	0.142857
6	549.563	-549.589	138	0.1		0	0	0	-600	-500	0.142857
7	549.4881	-549.523	138.5	0.1		0	0	0	-600	-500	0.142857
8	549.4126	-549.457	139	0.1		0	0	0	-600	-500	0.142857
9	549.3365	-549.392	139.5	0.1		0	0	0	-600	-500	0.142857
10	549.2599	-549.328	140	0.1		0	0	0	-600	-500	0.142857
8551	-180.245	-381.634	128.3179	0.15		-203.916	-297.438	6	-199.846	-284.504	0.214286
8552	-180.338	-381.516	128.3179	0.15		-203.901	-297.554	6	-199.846	-284.504	0.214286
8553	-180.431	-381.399	128.3179	0.15		-203.884	-297.668	6	-199.846	-284.504	0.214286
8554	-180.524	-381.281	128.3179	0.15		-203.866	-297.782	6	-199.846	-284.504	0.214286
8555	-180.617	-381.163	128.3179	0.15		-203.847	-297.895	6	-199.846	-284.504	0.214286
8556	-180.71	-381.046	128.3179	0.15		-203.828	-298.007	6	-199.846	-284.504	0.214286
8557	-180.803	-380.928	128.3179	0.15		-203.808	-298.118	6	-199.846	-284.504	0.214286
8558	-180.896	-380.81	128.3179	0.15		-203.786	-298.229	6	-199.846	-284.504	0.214286
8559	-180.989	-380.692	128.3179	0.15	Avoid	-203.765	-298.338	6	-203.765	-298.338	0.214286
8560	-181.082	-380.575	128.3179	0.15		-203.742	-298.447	6	-203.765	-298.338	0.214286
8561	-181.175	-380.457	128.3179	0.15		-203.718	-298.555	6	-203.765	-298.338	0.214286
8562	-181.268	-380.339	128.3179	0.15		-203.694	-298.662	6	-203.765	-298.338	0.214286
8563	-181.361	-380.222	128.3179	0.15		-203.669	-298.768	6	-203.765	-298.338	0.214286
8564	-181.454	-380.104	128.3179	0.15		-203.643	-298.873	6	-203.765	-298.338	0.214286
8565	-181.547	-379.986	128.3179	0.15		-203.616	-298.978	6	-203.765	-298.338	0.214286
8566	-181.64	-379.869	128.3179	0.15		-203.588	-299.081	6	-203.765	-298.338	0.214286
8567	-181.733	-379.751	128.3179	0.15		-203.56	-299.184	6	-203.765	-298.338	0.214286
8568	-181.826	-379.633	128.3179	0.15		-203.531	-299.285	6	-203.765	-298.338	0.214286
8569	-181.919	-379.516	128.3178	0.15		-203.502	-299.386	6	-203.765	-298.338	0.214286
8570	-182.012	-379.398	128.3178	0.15		-203.472	-299.486	6	-203.765	-298.338	0.214286

(c) Red 1 함정

시뮬레이션 시간	현재위치 X	현재위치 Y	방향	속도	명령	공격목표 X	공격목표 Y	데미지량	목표위치 X	목표위치 Y	목표속도
1	-449.9	350.0009	0.5	0.1	Patrol	0	0	0	500	500	0.1
2	-449.8	350.0026	1	0.1		0	0	0	500	500	0.1
3	-449.7	350.0052	1.5	0.1		0	0	0	500	500	0.1
4	-449.6	350.0087	2	0.1		0	0	0	500	500	0.1
5	-449.5	350.0131	2.5	0.1		0	0	0	500	500	0.1
6	-449.4	350.0183	3	0.1		0	0	0	500	500	0.1
7	-449.301	350.0244	3.5	0.1		0	0	0	500	500	0.1
8	-449.201	350.0314	4	0.1		0	0	0	500	500	0.1
9	-449.101	350.0392	4.5	0.1		0	0	0	500	500	0.1
10	-449.001	350.048	5	0.1		0	0	0	500	500	0.1
8551	-176.633	-214.152	271.5375	0.116927		-180.152	-381.752	0	-177.557	-385.104	0.116927
8552	-176.63	-214.269	271.5375	0.116913		-180.245	-381.634	0	-177.557	-385.104	0.116913
8553	-176.627	-214.386	271.5374	0.116896		-180.338	-381.516	0	-177.557	-385.104	0.116896
8554	-176.624	-214.503	271.5374	0.116876		-180.431	-381.399	0	-177.557	-385.104	0.116876
8555	-176.621	-214.62	271.5374	0.116853		-180.524	-381.281	0	-177.557	-385.104	0.116853
8556	-176.617	-214.737	271.5374	0.116827		-180.617	-381.163	0	-177.557	-385.104	0.116827
8557	-176.614	-214.853	271.5374	0.116798		-180.71	-381.046	0	-177.557	-385.104	0.116798
8558	-176.611	-214.97	271.5375	0.116767		-180.803	-380.928	0	-177.557	-385.104	0.116767
8559	-176.608	-215.087	271.5375	0.116733		-180.896	-380.81	0	-177.557	-385.104	0.116733
8560	-176.605	-215.203	271.5375	0.116696		-180.989	-380.692	0	-177.557	-385.104	0.116696
8561	-176.602	-215.32	271.5375	0.116656		-181.082	-380.575	0	-177.557	-385.104	0.116656
8562	-176.599	-215.437	271.5375	0.116614		-181.175	-380.457	0	-177.557	-385.104	0.116614
8563	-176.596	-215.553	271.5375	0.116568		-181.268	-380.339	0	-177.557	-385.104	0.116568
8564	-176.592	-215.67	271.5375	0.11652		-181.361	-380.222	0	-177.557	-385.104	0.11652
8565	-176.589	-215.786	271.5375	0.11647		-181.454	-380.104	0	-177.557	-385.104	0.11647
8566	-176.586	-215.902	271.5375	0.116416		-181.547	-379.986	0	-177.557	-385.104	0.116416
8567	-176.583	-216.019	271.5375	0.11636		-181.64	-379.869	0	-177.557	-385.104	0.11636
8568	-176.58	-216.135	271.5375	0.116301		-181.733	-379.751	0	-177.557	-385.104	0.116301
8569	-176.577	-216.251	271.5375	0.116239		-181.826	-379.633	0	-177.557	-385.104	0.116239
8570	-176.574	-216.367	271.5375	0.116175		-181.919	-379.516	0	-177.557	-385.104	0.116175

(d) Red 2 함정

시뮬레이션 시간	현재위치 X	현재위치 Y	방향	속도	명령	공격목표 X	공격목표 Y	데미지량	목표위치 X	목표위치 Y	목표속도
1	-749.965	449.9063	290.5	0.1	Patrol	0	0	0	500	500	0.142857
2	-749.929	449.813	291	0.1		0	0	0	500	500	0.142857
3	-749.893	449.7199	291.5	0.1		0	0	0	500	500	0.142857
4	-749.855	449.6272	292	0.1		0	0	0	500	500	0.142857
5	-749.817	449.5349	292.5	0.1		0	0	0	500	500	0.142857
6	-749.778	449.4428	293	0.1		0	0	0	500	500	0.142857
7	-749.738	449.3511	293.5	0.1		0	0	0	500	500	0.142857
8	-749.697	449.2597	294	0.1		0	0	0	500	500	0.142857
9	-749.656	449.1687	294.5	0.1		0	0	0	500	500	0.142857
10	-749.614	449.0781	295	0.1		0	0	0	500	500	0.142857
8551	-203.901	-297.554	277.8444	0.116516		-180.152	-381.752	8	-177.557	-385.104	0.214286
8552	-203.884	-297.668	278.3444	0.115831		-180.245	-381.634	8	-177.557	-385.104	0.214286
8553	-203.866	-297.782	278.8444	0.115147		-180.338	-381.516	8	-177.557	-385.104	0.214286
8554	-203.847	-297.895	279.3444	0.114464		-180.431	-381.399	8	-177.557	-385.104	0.214286
8555	-203.828	-298.007	279.8444	0.113783		-180.524	-381.281	8	-177.557	-385.104	0.214286
8556	-203.808	-298.118	280.3444	0.113104		-180.617	-381.163	8	-177.557	-385.104	0.214286
8557	-203.786	-298.229	280.8444	0.112426		-180.71	-381.046	8	-177.557	-385.104	0.214286
8558	-203.765	-298.338	281.3444	0.111751		-180.803	-380.928	8	-177.557	-385.104	0.214286
8559	-203.742	-298.447	281.8444	0.111076		-180.896	-380.81	8	-177.557	-385.104	0.214286
8560	-203.718	-298.555	282.3444	0.110404		-180.989	-380.692	8	-177.557	-385.104	0.214286
8561	-203.694	-298.662	282.8444	0.109733		-181.082	-380.575	8	-177.557	-385.104	0.214286
8562	-203.669	-298.768	283.3444	0.109064		-181.175	-380.457	8	-177.557	-385.104	0.214286
8563	-203.643	-298.873	283.8444	0.108397		-181.268	-380.339	8	-177.557	-385.104	0.214286
8564	-203.616	-298.978	284.3444	0.107731		-181.361	-380.222	8	-177.557	-385.104	0.214286
8565	-203.588	-299.081	284.8444	0.107068		-181.454	-380.104	8	-177.557	-385.104	0.214286
8566	-203.56	-299.184	285.3444	0.106406		-181.547	-379.986	8	-177.557	-385.104	0.214286
8567	-203.531	-299.285	285.8444	0.105746		-181.64	-379.869	8	-177.557	-385.104	0.214286
8568	-203.502	-299.386	286.3444	0.105089		-181.733	-379.751	8	-177.557	-385.104	0.214286
8569	-203.472	-299.486	286.8444	0.104433		-181.826	-379.633	8	-177.557	-385.104	0.214286
8570	-203.441	-299.585	287.3444	0.103779		-181.919	-379.516	8	-177.557	-385.104	0.214286

그림 4. 2:2 함정전투 시뮬레이션 결과 : 시뮬레이션 시간(t=8559)에 따른 각 함정들의 상태값 변화

4. 기존 시스템과의 비교 분석

OneSAF를 포함한 기존 에이전트 기반의 국방 M&S 시스템들에서의 에이전트는 역할에 따른 계층적 구조를 가지고 있지만 상하위 에이전트가 동일한 속성을 보유함에 따라 서로 구별되는 특징이 없다. 이는 제3장에서 설명한 하위 에이전트의 정보로부터 의미 있는 데이터를 얻을 수 있는 추상화 과정의 이점을 표현할 수 없다는 것을 뜻한다. 이에 반해 HEAP 기반의 지능 에이전트에서는 상위 에이전트는 하위 에이전트보다 더 적은 데이터 크기로도 하위 에이전트와 일관성 있는 데이터 표현이 가능하다.

OneSAF[19]에서의 에이전트 의사결정 수준은 스크립트 또는 유한상태기계의 낮은 수준이다. 이는 복잡한 상황 묘사에 한계가 있음을 나타낸다. 제3장에서 설명한 데이터 구체화 과정에서 청군 1 함장 에이전트의 “Fire” 명령에 따른 사격통제장교와 항해장교의 각기 역할에 맞는

표 1. OneSAF에서의 에이전트와 HEAP 기반의 에이전트의 비교

구 분	OneSAF 에서의 에이전트	HEAP 기반의 에이전트
계층별 에이전트의 속성	함대사령관, 함장 및 각 장교 에이전트들이 모두 인간 요소로서 가지는 동일한 속성을 보유	함대사령관, 함장 및 각 장교 에이전트들은 서로 다른 속성들을 가지고 있지만, 계층간의 추상화 관계로 인해 일관성 있는 표현이 가능함
에이전트 의사결정 수준	Script-based, SM-based 시간에 따른 상태 변화 표현 불가	DEVS-based 시간에 따른 상태 변화 표현 가능함으로 인해 보다 복잡한 상황 표현 가능
에이전트 구조	에이전트의 기능에 따른 각기 다른 알고리즘을 사용한 구현	지식베이스와 추론 엔진으로 모듈화 및 캡슐화로 인한 동일한 구조

다른 행동을 위해서는 함장 에이전트가 사격통제장교에게는 발포 명령을, 항해장교에게는 이동 명령을 각각 다르게 내려야 한다.

OneSAF는 조립형 개념을 지원하기 때문에 에이전트 생성을 위해서 PLAF (Product Line Architecture Framework)[20]라는 프레임워크를 이용한다. 역할에 따른 에이전트의 생성을 위해서는 역할에 따른 지식베이스와 알고리즘을 사용하기 때문에 에이전트의 구조가 역할과 기능에 따라 다르다. 하지만 HEAP 기반의 지능 에이전트는 엔진기반 모델링 개념을 이용하기 때문에 모든 에이전트는 도메인 지식베이스와 도메인과 별개의 추론 엔진으로 동일한 구조를 가지고 있기 때문에 에이전트 설계가 용이하다는 장점이 있다.

표 1은 OneSAF 에서의 에이전트와 HEAP 기반의 에이전트를 비교 분석한 것으로서 HEAP 기반의 에이전트의 장점을 보여준다.

5. 결 론

본 논문에서는 LVC 연동 시뮬레이션을 경제적이고 효과적으로 수행할 수 있도록, 실제 사람을 대체할 수 있는 컴퓨터생성 가상전투객체를 효과적으로 모델링하고, 모델링된 가상전투객체가 자율성을 갖추고 목표지향적 행위를 할 수 있는 방안으로 HEAP 기반의 지능 에이전트 기법을 제안하였다.

HEAP 기반의 지능 에이전트는 (1) 상하위 에이전트는 서로 다른 속성을 갖지만, 계층간의 추상화 관계를 통한 일관성 있는 표현이 가능하며, (2) 에이전트의 의사결정 수준을 끌어올렸고, (3) 계층간 상하위 에이전트의 구조가 동일함으로 인한 시스템 개발이 용이하다는 장점들을 가지고 있음을 알 수 있었다.

HEAP 기반의 지능 에이전트 기법은 컴퓨터생성 가상전투객체 모델간의 상호교신, 기계학습을 통해 더욱 인간과 유사한 의사결정 능력을 지닌 가상전투객체를 구현할 수 있으리라 기대하며, 또한 이를 통해, 분석용/획득용 워게임에서 Construcive 모델의 의사결정능력을 향상시킬 수 있고, 훈련용 워게임에서 대부대 지휘관 예하 지휘관 대리인을 대체할 수 있을 것이다.

6. 사 사

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다(계약번호 UD030000AD).

참 고 문 헌

1. Office of the Under Secretary of Defense, “Modeling and Simulation Master Plan”, DoD Directive 5000.59-P, Oct. 1995.
2. 권태영, 장상철, “전략환경 대 변환기의 국방 M&SBA 발전 개념 및 방향”, 국방과학기술정보 제7호, 2007년 11/12월, 국방기술품질원.
3. Jennings N. R., Sycara K. and Wooldridge M., A Roadmap of Agent Research and Development, *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems* 1 (1998) 7-38.
4. 지승도, 유용준 외 3명, “에이전트 기반의 인간 미개입형 함정전투 M&S 시스템 설계 및 서해교전 사례연구”, 한국시뮬레이션학회 논문지 vol. 17, no. 2, 2008년 6월.
5. 정찬호, 유용준 외 4명, “계층구조적 다중에이전트를 이용한 다대다 함정전투 M&S 시스템”, 한국시뮬레이션학회 논문지 vol. 18, no. 4, 2009년 12월.
6. Ilachinski A., “Artificial War: Multiagent-based Simulation of Combat”, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2004.
7. Easton A., M. Barlow, “CROCADILE: An Agent-based Distillation System Incorporating Aspects of Constructive

Simulation", SimTecT 2002 Conference, 13-16 May 2002, Melbourne, Australia.
8. Yang A., H. A. Abbass, R. Sarker, "Evolving Agents for Network Centric Warfare", GECCO 2005 Conference, 25-29 June 2005, Washington, D.C. USA.
9. Logsdon J., D. Nash, M. Barnes, "OneSAF Tutorial", 2008 Defense Modeling and Simulation Conference (DMSC), Olando, FL, USA, March 2008.
10. Zeigler B. P., Object-oriented Simulation with Hierarchical, Modular Models: Intelligent Agents and Endomorphic systems, Academic Press, 1990.
11. Zeigler B. P., Multifacetted Modeling and Discrete Event Simulation, Academic Press, 1984.
12. Zeigler B. P., Sungdo Chi, "Hierarchical Encapsulation and Abstraction Principle (HEAP) for Autonomous System Development", pp. 176-180, Proceedings of the Third Annual Conference of AI, Simulation and Planning in High Autonomy Systems, 1992. Integrating Perception, Planning and Action.
13. Zeigler B. P., "High Autonomy System: Concept and Models", AI, Simulaton and Planning in High Autonomy Systems, IEEE, 1990.
14. Zeigler B. P., S. D. Chi et al, "Model-based Architecture Concepts for Autonomous System Design and Simulation", In: Introduction to Intelligent and Autonomous Control, Kluwer, 1992.
15. Zeigler B. P. and S. D. Chi, "Hierarchical Architecture for Artificial Intelligence", Porc. on 34th Int. Soc. System Sciences Conf., 1990.
16. Zeigler B. P. and S. D. Chi, "DEVS-based Intelligent Control: Space-adapted Mixing System Example", H. Cybernetics and Systems, vol. 25, no. 3, pp. 471-510, 1994.
17. Chi S. D. and B. P. Zeigler, "Hierarchical Model-based Designs for High Autonomy Systems", J. Intelligent and Robotic Systems, vol. 9, pp. 193-203, 1994.
18. Lee J. K., S. D. Chi, et al., "Hierarchical Command & Control Modeling in Distributed Virtual Warfare Simulation Environment", ASTC Conf. Florida, 2003.
19. Tran O., C. Karr, D. Knospe, "OneSAF-Behavior Modeling", www.onesaf.net, OneSAF Users Conference, 18 August 2004,
20. Robert L. Wittman 외, "The OneSAF Product Line Architecture: An Overview of The Products and Process", 미 PEO-STRI, 2007.

유 용 준 (ilog21c@hau.ac.kr)

2003 한국항공대학교 컴퓨터공학과 학사
2005 한국항공대학교 컴퓨터공학과 석사
2005～현재 한국항공대학교 컴퓨터공학과 박사 과정

관심분야 : 모델링 및 시뮬레이션, 워게임, 네트워크 보안

지 승 도 (sdchi@hau.ac.kr)

1982 연세대학교 전기공학과 학사
1984 연세대학교 전기공학과 석사
1985～1986 두산 컴퓨터 (현 한국 디지털) 근무
1991 미국 아리조나대학교 전기전산공학과 박사
1991～1992 미국 SIMEX Systems and S/W 회사 S/W 담당자로 근무
1992～현재 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 교수

관심분야 : 이산사건 시스템 모델링 및 시뮬레이션, 컴퓨터 보안, 지능시스템 디자인 방법론, 시뮬레이션 기반 인공생명, 교통 모델링

김 재 익 (jaeick@add.re.kr)

1990 경북대학교 전자공학과 학사
1992 경북대학교 전자공학과 석사
1992～현재 국방과학연구소 선임연구원

관심분야 : 함정 전투체계 무장통제장치 개발, 전투체계 모델링 및 시뮬레이션, 전투체계 교전 효과도 분석