

DEVS M&S 환경을 위한 에이전트 기반의 SAF 모델링 도구

신석훈¹ · 박강문¹ · 이은복¹ · 지승도^{2†} · 한승진³

Agent-based SAF Modeling Tool for DEVS M&S

Suk-Hoon Shin · Kang-Moon Park · Eun-Bog Lee · Sung-Do Chi · Seung-Jin Han

ABSTRACT

Recently the CGF/SAF (Computer Generated Force / Semi-Automated Force) technology has been getting attention to deal with the increasing complexity in a DM&S(Defence Modeling and Simulation) environment. OneSAF is one of well-known CGF/SAF systems, however, it is not able to support the DEVS framework which is an advanced discrete event based modeling and simulation environment. Especially, most DM&S systems in Korea has been developed on the basis of the DEVS framework. In this paper, we have proposed the agent-based SAF design methodology and tool for supporting DEVS M&S environment. The proposed SAF modeling tool is divided into two parts; the agent modeling part and SAF modeling part. In the agent modeling environment, the modeler can simply create the agent model by writing down the necessary rules. It also provides the agent testing environment so that the modeler maybe conveniently verify the prescribed agent model. The SAF model is finally created by combing the individual agents based on the pre-defined structure. DM&S engineers will be able to employ our tools and modeling methodology to design the DEVS-based DM&S system to be developed.

Key words : Agent-based CGF/SAF, Rule-based Agent Modeling, Simulation Modeling Tool

요약

최근 M&S 및 DM&S (Defense M&S) 환경의 복잡성이 높아짐에 따라 인간 등의 자율세력을 표현하기 위한 기술로 CGF/SAF (Computer Generated Force/Semi-Automated Force)가 주목 받고 있다. 그러나 기존의 OneSAF 과 같은 선전국의 CGF/SAF 기반 DM&S 환경은 DEVS 프레임워크 중심의 국내 DM&S 시스템과 유기적 연동이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 DEVS M&S환경을 지원하는 에이전트 기반의 SAF 설계 방법론 및 모델링 도구를 제안하였다. 제안한 SAF 모델링 도구는 에이전트 모델링 GUI와 SAF 모델링 GUI로 나누어진다. 에이전트 모델링 환경은 간단한 UI를 활용한 규칙 입력만으로 에이전트를 생성할 수 있다. 또한 에이전트 단위테스트 환경을 추가하여 UI 기반의 에이전트 모델의 검증이 가능하다. SAF 모델을 생성하기 위한 환경으로 개개의 에이전트 모델들의 구조적 결합을 정의할 수 있도록 하였다. 본 연구의 모델링 도구 및 방법론을 통해 DM&S 연구자 및 개발자들이 DEVS 기반의 DM&S 및 SAF 시스템을 구축하는데 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주요어 : 에이전트 기반 CGF/SAF, 규칙기반 에이전트 모델링, 시물레이션 모델링 도구

*본 연구는 국방과학연구소의 위탁연구과제 “해양무기체계 전투실험을 위한 전투개체 모델링 기법연구”(UD110040DD)의 지원 및 관리로 수행되었습니다.

접수일(2013년 11월 1일), 심사일(2013년 11월 7일), 게재 확정일(2013년 11월 12일)

¹⁾ 한국항공대학교 컴퓨터공학과 대학원

²⁾ 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신 공학부

³⁾ 국방과학연구소 제6기술연구본부 해양기술센터

주 저 자 : 신석훈

교신저자 : 지승도

E-mail; sdchi@kau.ac.kr

1. 서론

최근 M&S (Modeling & Simulation) 환경은 고도로 복잡한 대상시스템을 모델링하고 시스템을 구성하는 개체간의 관계들과 이로 인해 발생하는 다양한 상황을 모의하는 수준에 이르렀다¹⁾. 특히 DM&S는 무기 및 방어체계에 대한 입/출력 모의부터 교전상황, 임무수행, 전술/전략 평가, 위게임, 훈련 등의 높은 복잡도와 방대한 범위의

요구사항을 갖는다. 즉 인간을 포함한 국방체계라는 사회적 시스템을 주 대상으로 한다²⁾.

CGF/SAF^{3,4,5)} (Computer Generated Force / Semi-Automated Force)는 인간 등의 자율적 세력을 표현하기 위해 제안된 DM&S 기법으로 주목받고 있다. 현재 CGF/SAF는 정해진 규칙에 따라 간단한 자율 행동을 보일 수 있는 수준으로서 DM&S의 군사 모델링에 폭넓게 활용되고 있다⁵⁾.

특히 미국은 이 분야에서 많은 노하우를 축적해 오고 있다. 이 중 OneSAF (One Semi-Automated Forces)은 대표적인 CGF/SAF 기반의 DM&S 환경으로서 SAF 모델 저작 및 시뮬레이션 기능을 포함한다. 국내의 경우에는 합성전장환경에서 훈련참여자가 조종하는 CGF로 구성된 청군과 홍군이 각종 전술 훈련을 반복할 수 있도록 한 기본적인 수준에 머물러 있어, 선진국과의 기술격차가 큰 실정이다⁶⁾. 따라서 선진국과 같은 높은 자율성을 갖는 CGF/SAF에 대한 연구가 시급한 실정이다. 여기에 더하여 DEVS (Discrete Event System Specification) 프레임워크를 중심으로 진행 중인 대부분의 국내 DM&S 시스템과의 유기적 연동을 위해서는 DEVS기반의 CGF/SAF 모델링 도구의 개발이 절실하다.

본 연구는 DEVS M&S 환경을 위한 에이전트기반 CGF/SAF 모델링 도구를 제안한다. 이를 위하여 DEVS M&S 환경에 적합한 에이전트 기반 CGF/SAF 모델 아키텍처를 제안하고, 제안한 아키텍처를 토대로 SAF 모델링 도구를 구현하였다.

2. 관련연구

2.1 CGF/SAF 개발 환경

2.1.1 OneSAF

OneSAF는 다양한 사용자 요구사항을 충족시킬 수 있는 유연성과 기존 요구사항의 확장에 따라 쉽게 변경할 수 있는 확장성, 다른 소프트웨어 컴포넌트와의 협업을 위한 통합성, 필요한 모델을 적시에 제공할 수 있는 사용 용이성 등을 제공한다. OneSAF는 여러 종류의 세분화된 컴포저(Composer)라는 모델링 도구를 제공하는데, 각각의 컴포저는 OneSAF를 구성하는 개체, 분/소대, 플랫폼 등의 계층별로 그 모델링 기능을 분할하여 제공한다⁷⁾. 또한 한국을 포함한 여러 국가를 대상으로 기술이전을 시도하고 있지만, OneSAF 자체가 갖는 기술적 난해함을 극복하기 어렵고, 특히 DEVS기반으로 진행 중인 국내

DM&S 환경에 적용하기에는 어려움이 따른다.

2.1.2 VR-Forces

미국 MAK Technologies에서 개발된 VR-Forces는 전술 훈련 및 시나리오 개발, 훈련 상황, 전시 및 상황분석을 목적으로 하는 M&S 통합 환경으로서 상황 묘사와 개체 편집 기능 등을 지원한다. 또한 기초적인 CGF/SAF 기술을 도입하여 장애물 회피나 지형에 따른 이동속도 변화 등의 단순한 자율 행위를 지원한다⁸⁾. VR-Forces는 간단한 논리를 통해 각 대상들의 작업(Task)을 할당하는 도구를 제공한다. 하지만 VR-Forces는 자체적인 시뮬레이션 프레임워크 및 모델링 형식론을 기반으로 하며, 상업적 제품으로 높은 비용을 요구하는 단점이 있다.

2.2 DEVS M&S 환경

DEVS M&S 환경 기반의 대표적인 도구로는 AutoDEVS⁹⁾와 SES 모델 구조 편집기에 관한 연구¹⁰⁾가 있다. AutoDEVS는 DEVS 기반의 모델링을 위한 템플릿 형식의 모델링 도구를 지원한다. 이를 통해 모델링 과정을 GUI를 통한 파라미터 입력 및 명세를 통해 효율적으로 표현할 수 있음을 보였다⁹⁾. 하지만 제공하는 템플릿 자체의 명세 기능적 한계가 있어 CGF/SAF와 같은 복잡한 시스템을 모델링 하는 데는 적합하지 않다.

SES (System Entity Structure) 기반의 모델 구조 편집기 연구에서는 DEVS 기반의 모델들의 복잡한 구조를 소스코드 프로그래밍 없이 블록 다이어그램의 GUI를 통해 생성/편집하는 효율적인 도구가 제안되었다¹⁰⁾. 그러나 구조설계 모델링만 제공하는 한계를 갖는다.

2.3 DEVS M&S를 위한 에이전트 모델링 연구

본 연구진은 앞서 DEVS 기반의 M&S환경을 위한 에이전트 모델인 Expert-Agent 모델을 제안한 바 있다¹¹⁾. Expert-Agent 모델은 Fig. 1과 같이 전문가시스템(Expert System)과 DEVS 에이전트(Agent)의 특성을 모두 반영한 DEVS 원자(Atomic)모델의 서브 모델이다. 기존의 규칙기반 전문가 시스템의 추론 기능을 DEVS 형식론에 통합 적용함으로써 구현용이성을 극대화시킨 에이전트 기반 모델링 방법론으로서 CGF/SAF 모델링을 위한 최적의 기반을 제공한다¹¹⁾.

3. 에이전트 기반 SAF 모델 아키텍처

본 논문에서 제안하는 에이전트 기반 SAF 아키텍처를

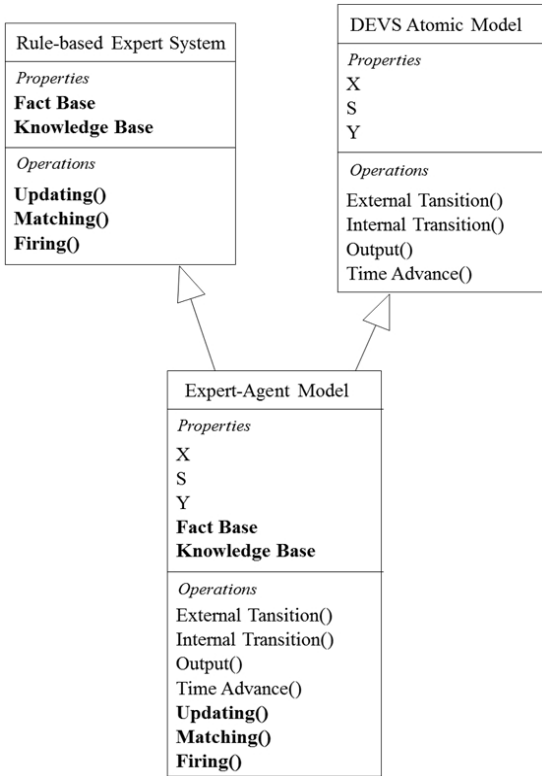


Fig. 1. Expert-Agent Model Concept^[11]

SES^[12]로 표현하였다(Fig. 2). SES로 표현된 에이전트 기반 SAF 모델의 아키텍처를 살펴보자. 우선 SAFs는 여러 개의 SAF들로 구성된다. 각 각의 SAF는 하부개체인 논리에이전트(Logical-Agent)들과 물리모델(Physical-Model)들, 그리고 컨버터(Converter)들의 조합으로 구성된다. SAF를 구성하는 하부개체들 중 논리에이전트는 인간의 의사결정과 판단이 필요한 역할을 수행하는 에이전트를 말하며, 기존에 제안된 Expert-Agent 모델을 사용한다. 물리모델은 SAF안에서 SAF 모델을 포함하는 외부환경과 상호작용하는 모델을 말하며, 센서, 엔진 등의 플랫폼적인 요소들을 포함한다. 컨버터는 SAF 모델의 환경인 HDEVS(Hybrid DEVS)^[13]에서 DEVS 모델과 연속원자 모델간의 정보 전달 과정에서 발생하는 메시지의 차이를 상호 변환하여 원활한 시뮬레이션을 진행하도록 하는 인터페이스 모델이다.

본 에이전트 기반 SAF 모델 아키텍처를 적용한 SAF 모델링의 예로 사령관, 전투함, 항공기로 이루어진 아진영 SAFs의 예는 Fig. 3과 같다. 사령관 SAF는 논리에이전트로 함대사령관 단독으로 구성된다. 전투함 SAF는 논리에

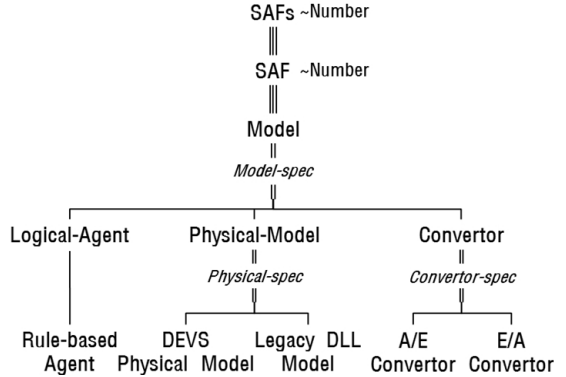


Fig. 2. Agent-based SAF Model Architecture

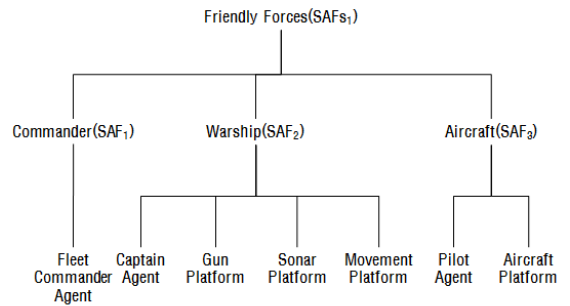


Fig. 3. SAF Architecture Modeling Example

이전트로 함장과 물리모델로 함포, 소나, 기동 플랫폼으로 구성된다. 항공기 SAF는 논리에이전트 파일럿과 항공기 플랫폼 물리모델로 구성된다.

만일 센서나 기동 등의 SAF를 구성하는 물리모델들 중 연속원자모델로 구현된 모델이 있다면, 이들과 논리에이전트 간의 정보전달을 위한 A/E (Analog to Event), E/A (Event to Analog) 컨버터들이 추가 된다.

4. 에이전트 기반 SAF 모델링 도구

본 절에서는 제안된 SAF 아키텍처를 반영하여 개발된 SAF 모델링 도구에 대해 논한다. 본 모델링 도구의 UI는 Fig. 4와 같다. 상단의 메뉴 및 도구모음과 좌측 상단의 현재 SAF 모델의 계층구조, 좌측 하단의 현재 선택된 모델의 속성, 중심부의 에이전트 및 SAF 모델링 작업창, 우측의 작업중인 프로젝트 라이브러리 파일로 구성된다. 본 논문에서는 모델링 작업창에서 제공하는 기능을 중심으로 논리에이전트의 모델링 UI와 SAF 모델의 모델링 UI를 소개한다.

4.1 논리에이전트 모델링 UI

본 도구는 기존에 연구진이 제안한 Expert-Agent 모델을 기반으로 모델링 UI를 지원한다. 논리에이전트의 모델링 UI는 Fig. 5와 같다. 논리에이전트 모델링 UI는 입력된 규칙들을 볼 수 있는 지식베이스 영역과 규칙을 입력/수정할 수 있는 규칙 편집 영역으로 나뉜다.

지식베이스 영역은 규칙편집 영역에서 작성한 규칙이 저장되고, 표시된다. 작성된 규칙을 리스트로 표시하고, 편집/수정할 수 있도록 기능 버튼을 제공한다. 규칙 편집 영역은 규칙을 생성, 수정하는 기능을 갖는다. 규칙의 조건(Conditions)과 행위(Actions)를 작성하고 번호와 설명 등의 속성을 설정하는 UI를 제공한다. 각 조건은 규칙기반 전문가 시스템과 마찬가지로 이진(Boolean) 혹은 퍼

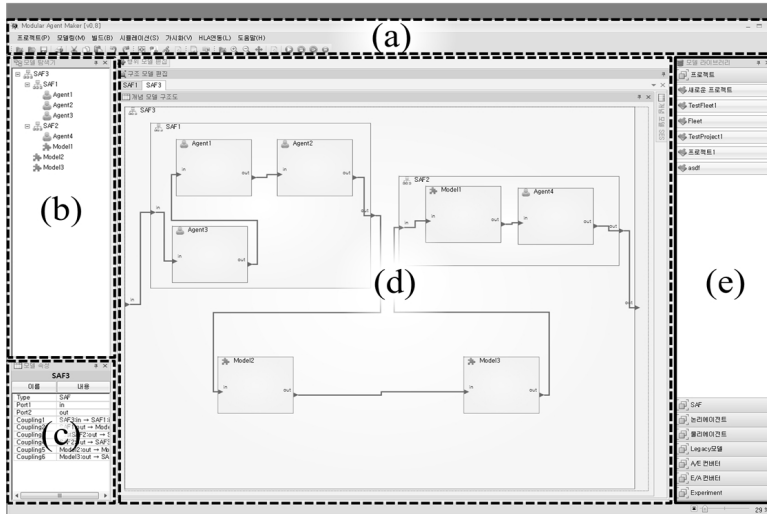


Fig. 4. Agent-based SAF Modeling Tool UI

(a) Menu and Toolbox / (b) SAF Model Hierarchical Architecture / (c) Sub-model Attributes / (d) Modeling Window / (e) Project Library

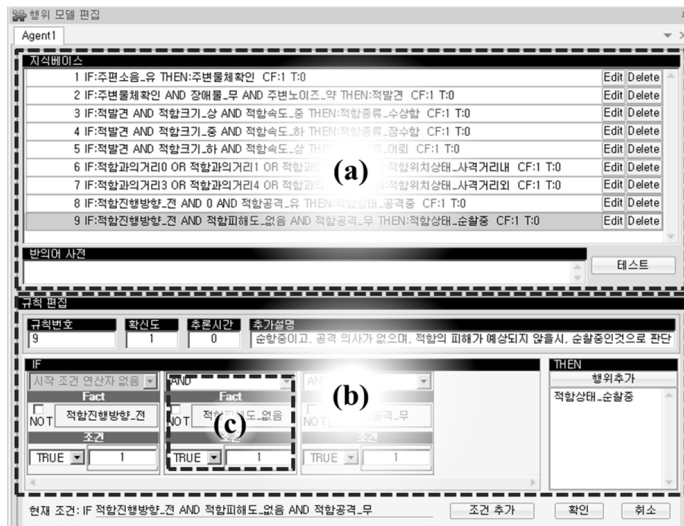


Fig. 5. Logical Agent Modeling UI

(a) Knowledge Base UI / (b) Rule Editing UI / (c) Add Condition UI

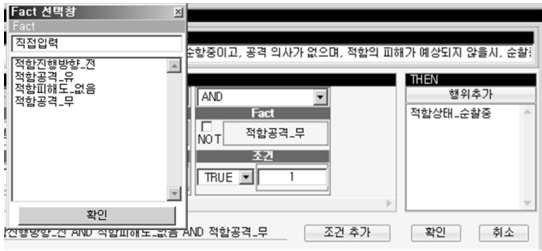


Fig. 6. Rule Setting - Add Condition



Fig. 7. Agent Unit Test UI

지 논리값을 갖는 사실(Fact) 논리변수들이 논리연산자 (AND/OR/NOT)를 통해 구성된 논리식으로 표현된다. 조건 추가 버튼을 클릭하면 조건추가 UI가 추가된다. 조건 UI는 다른 조건과 어떤 연산자로 연관되는지와 새로운 조건의 추가나 기존 사실의 재활용(Fig. 6), 조건이 만족 되기 위한 사실의 임계값을 설정할 수 있다. 행위 또한 사실을 추가/선택 하여 할당되며, 이와같은 절차로 하나의 규칙이 완성되면 지식베이스에 등록된다. 논리에이전트 모델링 UI는 생성된 지식베이스를 Expert-Agent 모델의 소스코드로 자동 생성한다.

논리에이전트 모델링 도구는 입력한 규칙들이 올바르게 추론되는지 확인할 수 있도록 임/출력 기반의 단위테스트 기능을 제공한다. Fig. 7은 제안된 단위테스트 설정 UI이다. 단위테스트는 테스트가 원하는 시간에 입력되는 사실을 설정하고, 올바른 출력이 발생하는지 확인할 수 있도록 테스트 시뮬레이션의 소스코드를 자동으로 생성한다.

본 논문에서 제안된 에이전트 기반 SAF 모델링 도구는 SAF와 논리에이전트 모델만을 주된 모델링 목표로 개발되었기 때문에 물리모델 및 컨버터 모델의 편집을 지원하지 않는다. 본 도구의 소스코드 자동생성 기능은 규칙

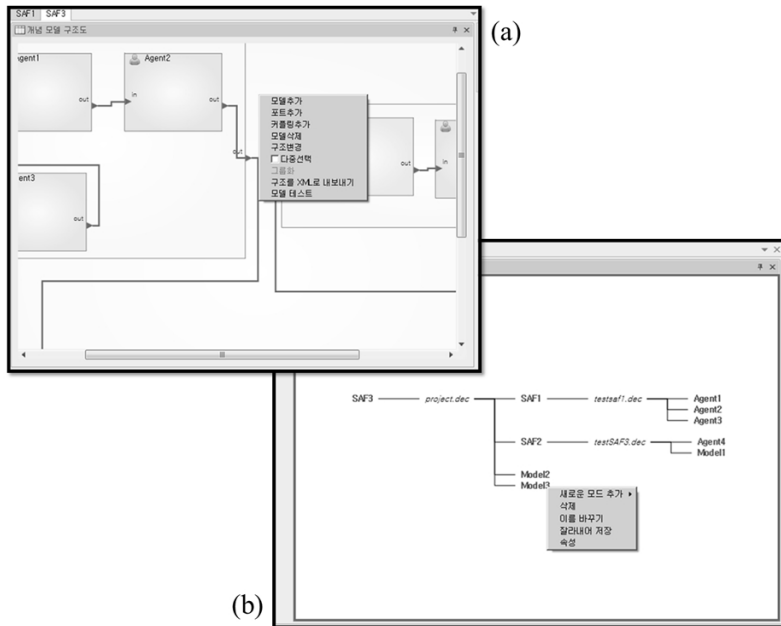


Fig. 8. SAF Modeling UI - Function of Structural Modeling
 (a) Block Diagram-based SAF Modeling UI / (B) SES-based SAF Modeling UI

으로 정규화된 프로그램 논리를 기반으로한다. 때문에 프로그래밍 문법 및 의미적 오류가 발생하지 한다. 그러나 물리모델 및 컨버터 모델은 정규화된 프로그래밍 로직 표현 방법이 정의 되지 않았다. 만일 해당 모델의 소스코드 자동생성을 시도할 경우 프로그램 의미(semantics)적 복잡성을 해결 하지 못할뿐더러 발생하는 문법적 오류를 해결하지 못한다. 차후 모델링 도구의 완성도 향상을 위한 물리 및 컨버터 모델에 대한 정규표현 방법 및 소스코드 자동생성에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

4.2 SAF 모델링 도구

본 에이전트 기반 SAF 모델링 도구는 제한한 SAF 아키텍처를 적용, SAF를 모델링 UI를 제공한다. SAF 모델링 UI는 HDEVS 형식론의 Hybrid Coupled Model^[13]을 하나의 SAF로 설정, 블록 다이어그램(Fig. 8-㉔) 또는 SES(Fig. 8-㉕)를 이용 해당 SAF의 하부를 구성하는 Expert-Agent 모델 에이전트, 물리모델, 컨버터 모델을 추가/삭제 하는 기능을 지원한다. 또한 각 모델간의 연결 관계(Port Coupling)을 가시적으로 추가/편집 할 수 있다. 또한 SAF 모델링 작업은 프로젝트 파일형태로 관리된다. 프로젝트 파일은 여러 개의 SAF와 Expert-Agent 모델에 이진트, 물리모델, 컨버터 모델들로 구성되는 각 SAF의 하부를 구성하는 각 모델은 DLL 파일을 바이너리 형태로 읽어 들여(Import) 라이브러리에 리스트형태로 관리된다.

본 SAF 모델링 도구는 해당 모델의 모델링이 마무리 되었다면, SAF를 시뮬레이션 패키지 형태로 내보낼(Export) 수 있다. 시뮬레이션 패키지는 SAF를 구성하는 하부모델 각각의 DLL 파일들과 모델간의 연결 관계 및 계층구조를 저장한 XML파일을 ZIP으로 압축한 것이다. 시뮬레이션 패키지는 HDEVS 시뮬레이션을 지원하는 엔진에서 바로 실행이 가능하다.

5. 결 론

본 논문에서는 DEVS 및 HDEVS M&S환경을 지원하는 자율적 에이전트 기반의 SAF 전용 도구를 제안하였다. 이를 위해 에이전트 기반의 SAF 모델링 방법론을 제시하였고, 에이전트 모델링을 위한 UI 및 단위테스트 환경을 설계하였다. 또한 구조 모델링 기능을 통한 계층구조적 SAF 모델링 GUI를 개발하였다. 시뮬레이션 실험을 위한 패키지형태의 출력을 제공 기능도 추가하였다. 따라서 DM&S 연구자 및 개발자들은 본 연구에서 제시된 설계기법 및 도구의 활용을 통해 기존 OneSAF 등의 기술

의존 없이도 SAF 기반의 DEVS M&S 시스템을 구축할 수 있을 것으로 기대된다. 향후 모델링 편의성 증진과 에이전트의 자율성 향상에 관한 연구를 계속할 예정이다.

References

1. Li, Bo Hu. "Some focusing points in development of modern modeling and simulation technology." Systems Modeling and Simulation: Theory and Applications. Springer Berlin Heidelberg, 2005. 12-22.
2. Smith, Roger D. "Essential techniques for military modeling and simulation." Proceedings of the 30th conference on winter simulation. IEEE Computer Society Press, 1998.
3. Calder, R. B., et al. "Modsaf behavior simulation and control." Proceedings of the Conference on Computer Generated Forces and Behavioral Representation. 1993.
4. Jones, Randolph M., et al. "Automated intelligent pilots for combat flight simulation." AI magazine 20.1 (1999): 27.
5. Erdem, Ali, W. Lewis Johnson, and Stacy Marsella. "Task oriented software understanding." Automated Software Engineering, 1998. Proceedings. 13th IEEE International Conference on. IEEE, 1998.
6. Kang M. G. "Application and Adaptation of Autonomous Intelligent Computer Virtual Object Technology for Military M&S." The Korea Information Science, 26.11 (2008): 27-32.
7. Parsons, Doug, J. Surdu, and Ben Jordan. "Onesaf: a next generation simulation modeling the contemporary operating environment." Proceedings of Euro-simulation interoperability workshop. 2005.
8. VT MÁK, VR-Forces User Guide, Cambridge, USA, 2009
9. Salas, Manuel C. AutoDEVS: a methodology for automating systems development. Diss. THE UNIVERSITY OF ARIZONA, 2008.
10. Park K. M, et al. "Research for Model Structure Editor based SES", Conference on Korea Society for Simulation 2012 Spring, 2012.
11. Shin. S. H, et. al. "Expert-Agent Modeling and Simulation", IEICE, 2013
12. B. P. Zeigler, "Object-Oriented Simulation with Hierarchical Modular Models - Intelligent Agents and Endomorphic Systems", Academic Press, Boston, 1990.
13. Kwon S. J, et al. "Integrated Hybrid Modeling Methodology and Simulation Engine Design Based on HDEVS Formalism" Journal of the Korea Society for Simulation 22.1 (2013): 21-30.



신 석 훈 (ev4shin@kau.ac.kr)

2009 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 학사
 2011 한국항공대학교 컴퓨터공학과 석사
 2011~현재 한국항공대학교 컴퓨터공학과 박사과정

관심분야 : 지능시스템, 자율에이전트, ABMS, 시물레이션 모델링 방법론



박 강 문 (kmoon422@naver.com)

2011 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 학사
 2013 한국항공대학교 컴퓨터공학과 석사
 2013~현재 한국항공대학교 컴퓨터공학과 박사과정

관심분야 : 인공생명, 진화시물레이션, 에이전트 기반 자율 무인항공기



이 은 복 (danaleebb@gmail.com)

2008 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 학사
 2010 한국항공대학교 컴퓨터공학과 석사
 2010~현재 한국항공대학교 컴퓨터공학과 박사과정

관심분야 : 다중에이전트 시스템 디자인, 소프트웨어 설계, 피난 시물레이션



지 승 도 (sdchi@kau.ac.kr)

1982 연세대학교 전기공학과 학사
 1984 연세대학교 전기공학과 석사
 1985~1986 두산 컴퓨터(현 한국 디지털) 근무
 1991 미국 아리조나대학교 전기전산공학과 박사
 1992~현재 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 교수

관심분야 : DEVS M&S, 컴퓨터 보안, 지능시스템 디자인 방법론, 시물레이션 기반 인공생명, 교통 모델링



한 승 진 (sjhan@add.re.kr)

1999 한국과학기술원 항공우주공학과 학사
 2001 한국과학기술원 항공우주공학과 석사
 2001~현재 국방과학연구소 제6기술연구본부 선임연구원

관심분야 : 국방 모델링&시물레이션, 수중음향 스텔스