

# 군수지원시스템을 위한 에이전트 기반의 객체 지향 시뮬레이션 모델 아키텍처 설계 방법론

정용호<sup>1</sup> · 함원경<sup>1</sup> · 박상철<sup>2†</sup>

## A Methodology for Creating a Simulation Model for a Agent Based and Object-oriented Logistics Support System

Yong. H. Chung · Won. K. Hwam · Sang. C. Park

### ABSTRACT

Proposed in the paper is an agent based and object-oriented methodology to create a virtual logistics support system model. The proposed virtual logistics support system model consists of three types of objects: the logistics force agent model(static model), the military supplies transport manager model(function model), the military supplies state manager model(dynamic model). A logistic force agent model consists of two agent: main function agent and function agent. To improve the reusability and composability of a logistics force agent model, the function agent is designed to adapt to different logistics force agent configuration. A military supplies transport manager is agent that get information about supply route, make decisions based on decision variables, which are maintained by the military supplies state manager, and transport military supplies. A military supplies state manager is requested military supplies from logistics force agent, provide decision variables such as the capacity, order of priority. For the implementation of the proposed virtual logistics force agent model, this paper employs Discrete Event Systems Specification(DEVS) formalism.

**Key words** : Logistics force agent, Modeling & Simulation, Object-oriented, Three phase modeling framework

### 요약

본 논문의 목적은 복잡한 군수지원시스템의 모델링과 시뮬레이션을 위한 방법론을 제안하는 것이다. 제안하는 군수지원시스템 시뮬레이션 모델을 구성하는 요소들은 세 가지가 있다: Logistics force agent(static model), Military supplies transport manager(function model), Military supplies state manager(dynamic model). Logistics force agent는 main function agent와 function agent로 구성된다. Function agent가 다른 Logistics force agent에도 적용할 수 있도록 설계되었으며, 이는 에이전트의 높은 조합성과 재사용성을 가진다. Military supplies transport manager는 보급로에 대한 정보를 가지며 military supplies state manager로부터 받은 결정변수를 기반으로 보급로를 결정하고 군수품을 수송하는 역할을 하는 에이전트이다. Military supplies state manager는 군수품 보급을 요청받고 보급량, 우선순위 따위의 결정 변수를 military supplies transport manager에게 알려 주는 역할을 한다. 본 논문에서는 군수 시뮬레이션 모델의 설계를 위해 Discrete Event Systems Specification(DEVS) formalism을 이용하였다.

**주요어** : 군수부대 에이전트, 모델링 및 시뮬레이션, 객체 지향, 3단계 모델링 방법론

\*본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소 (UD100009DD, UD080042AD), 한국학술진흥재단 (2010-0021040)의 지원으로 수행되었습니다.

접수일(2011년 8월 23일), 심사일(1차 : 2012년 2월 23일), 게재 확정일(2012년 3월 7일)

<sup>1)</sup> 아주대학교 산업공학과

<sup>2)</sup> 아주대학교 산업정보시스템공학부

주 저 자 : 정용호

교신저자 : 박상철

E-mail; scpark@ajou.ac.kr

## 1. 서론

미래의 전장은 그 크기가 점점 확대되고 다양한 전투 개체들이 포함되며, 모든 상황들이 신속하게 전개될 것이다. 따라서 지원요소에 대한 적시적인 지원을 통해 전장의 주도권을 가져오고, 아군에 유리한 템포를 갖도록 하

는 것이 전쟁에서의 승리를 가져오는 길일 것이다. 이처럼 군수지원 분야는 군사력을 건설하고, 유지하는데 있어서 매우 중요한 역할을 한다.

군수지원은 부대 운영 유지 및 작전활동에 필요한 자원에 대한 보급, 정비, 수송, 근무를 제공하는 제반 활동이다<sup>7)</sup>. 무기체계가 발달하여 고도화, 정밀화 됨에 따라서 무기체계에 대한 군수지원 문제가 복잡해지고 있다. 70년대 초까지만 해도 군수지원 문제는 지원이라는 범주에만 국한되었다. 80년대 이후부터는 국방예산에서 군수지원과 관련된 운용유지비가 차지하는 비율이 방위력 개선비가 차지하는 비율에 육박하여 상대적으로 전력증강비의 감소를 유발시켜 군 방위력 개선사업에 차질을 초래하였다<sup>13)</sup>. 이러한 문제를 해결하기 위해 군은 설계 단계에서부터 검증을 하여 신뢰성 높은 시스템을 구축하여 군수지원 문제를 해결하기 위한 기반을 만들어야 한다. 이를 위해 사용될 수 있는 것이 M&S(Modeling and Simulation)이다.

OOM(Object-oriented modeling)은 실제 시스템의 구성개체들의 행동을 모델링하는 방법론이다. OOM은 복잡한 시스템을 모델링 하는데 효과적이기 때문에, 많은 연구들이 복잡한 시스템을 모델링하고 모의하기 위해 OOM 개념을 이용하였다. 마호명은 군수지원성 분석을 위한 지식기반 객체지향 시뮬레이션 모델을 개발하고 이를 이용하여 초기군수지원성 분석 예를 보였다<sup>13)</sup>. Narayanan은 제조 시스템 소프트웨어 모델을 설계하기 위한 객체지향 방법론들을 정리하였다<sup>14)</sup>. Kovacs는 FMS(flexible manufacturing system) 컴포넌트의 재사용성을 향상시키기 위해 object-oriented design paradigm을 이용하였다<sup>15)</sup>. 최병규는 object model, function model, dynamic model로 구성된 JR-net modeling framework를<sup>11)</sup> 제안하였다. 이는 Rumbaugh의 OOM<sup>10)</sup> 개념을 기반으로 하는 방법론이다.

OOM 개념 외에도 국방 M&S는 객체의 자율성에 많은 연구를 하고 있다. 1960년대 이후로 가상 병력이 가상 장비를 사용하여 모의하는 위게임 모의(Constructive simulation)를 시작으로 보다 다양하고 사실적인 전투상황을 재현하기 위해 실 병력이 가상 장비를 사용하여 모의하는 가상 모의(Virtual simulation)을 발전시켰다. 최근에는 실기동 모의(Live simulation), 가상 모의(Virtual simulation), 위게임 모의(Constructive simulation)를 통합한 LVC(Live-Virtual-Constructive) 통합모의 기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>11)</sup>. 이러한 노력은 전투상황을 좀 더 사실적으로 모의하기 위한 것이고, 이를 위

해 군은 컴퓨터상에서 자율성을 가지는 인간행위를 모델링하기 위해 에이전트 기술을 도입하였다. 국방 M&S에 도입된 에이전트는 자동화된 병력을 모의함으로써 다양한 상황을 표현해 낼 수 있고, 사용자의 개입이 없기 때문에 객관적이고 신뢰성있는 결과를 도출해 낼 수 있다<sup>16)</sup>. 그렇기 때문에 국방 M&S 분야에서 그 효용성이 매우 크다.

에이전트는 1980년 이후 인공지능(Artificial Intelligence) 학자들에 의해 활발하게 연구되어 왔다. 에이전트란 자신의 센서(Sensor)를 통해 환경(Environment)을 지각(Percept)하여 작용기(Effector)를 통해 그 환경에 반응(Action)하는 시스템이다. 에이전트의 특징은 대표적으로 자율성, 사회성, 이동성이 있다. 여기서 말하는 자율성은 에이전트가 사람의 직접적인 지시나 간섭 없이 자율적으로 의사결정을 내려 작업을 수행하는 것을 말하고, 사회성은 에이전트들이 다른 에이전트와 상호작용하여 작업을 수행하는 능력을 말한다. 마지막으로 이동성은 에이전트가 자율적인 판단에 의해 물리적으로 다른 위치에 있는 컴퓨터로 이동하여 작업을 수행하는 능력을 말한다<sup>2)</sup>.

위와 같은 에이전트를 기반으로 하는 M&S를 에이전트 기반의 M&S라고 한다. 에이전트 기반 M&S는 사용자의 개입이 없도록 모델링 된 에이전트의 자율적인 판단 하에 역할을 수행하는 M&S 기법이다. 여러 기관들은 현실성 있고 신뢰성 있는 결과를 얻기 위해 에이전트 기반 M&S 기법에 대한 연구를 진행해왔다. CNA(Center for Naval Analyses)는 ISSAC(Irreducible Semi-Autonomous Adaptive Combat)을 개발하여 소규모 규칙을 포함하고 있는 모델을 만들었다.<sup>3)</sup> 또한 대규모 행위를 모의하기 위해 사용자가 쉽게 복잡한 전투행위를 실험할 수 있도록 인공생명개념이 도입된 EINSTEIn을 개발하였다.<sup>3)</sup> Worcester Polytechnic Institute는 개인병사의 훈련을 위해 CGF(Computer generated Force)를 사용한 튜터링 프로그램을 개발하였다<sup>4)</sup>. Carnegie Mellon University는 MOUT(Military Operations on Urban Terrain) 상황에서 교전 시뮬레이션을 하기 위한 에이전트를 개발하였다<sup>5,6)</sup>. 하지만 이러한 연구들은 모두 전투실험분야의 에이전트 기반의 M&S에 관한 연구이다. 때문에 기존 연구에서 제안된 프레임워크를 군수 분야에 바로 적용하기 무리가 있다. 실제 전쟁에서 전투만큼 중요한 것이 전투력을 유지 시켜주는 군수인 만큼 군수분야에 대한 M&S 시스템에 대해서도 많은 연구를 필요로 한다.

전투실험분야 외에, 군수분야에서도 여러 연구가 진행되었다. 이원호는 아레나 프로그램을 이용해 미래 군수지

원시스템 구현을 위한 전투발전 소요 도출을 목적으로 보급지원체계 실험을 실시하였다<sup>7)</sup>. 주현준은 정비성 시뮬레이션을 유도무기체계 개발에 적용하여 군수지원 개발에 적용한 효과를 기술하였다<sup>8)</sup>. 이러한 연구들은 모두 특정 시나리오를 두고 분석을 하거나 군수분야의 한정된 분야에 치중되었다. 본 논문에서는 이러한 실험들을 가상환경에서 할 수 있도록 기반이 되는 아키텍처를 설계하여 불필요한 노력을 줄이고자 하는 것에 목적을 둔다.

군수지원시스템은 범위가 방대하고 복잡하고 변동성이 크기 때문에 기존의 transaction oriented approach를 기반으로 모델링하면 비효율적이다<sup>9)</sup>. 그래서 본 논문에서는 OOM paradigm을 적용하여 시뮬레이션 모델을 설계하고 구현하였다. 또한 에이전트개념을 도입하여 사용자의 개입이 없는 모델을 구축하여 객관적이면서 불확실한 상황에서의 다양한 상황을 도출할 수 있도록 모델링 하였다. 본 논문의 목적은 복잡한 군수지원시스템의 모델링과 시뮬레이션을 위한 방법론을 제안하는 것이다. 제안된 군수지원시스템 모델의 설계를 위해 Zeigler의 DEVS formalism<sup>10)</sup>을 이용하였다. DEVS 모델은 연결하여 커다란 시스템을 만들고, 또 그 시스템이 더 큰 시스템의 부품으로 사용될 수 있도록 하는 기능을 제공하기 때문에 확장성이 좋다. 그리고 이 군수지원시스템 모델의 구현을 위해 에이전트 기반 시뮬레이션 모델 구현 기능을 제공하는 Xj-technologies 사의 Anylogic을 이용하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 군수지원시스템 모델 아키텍처 설계를 위한 접근방법을 소개하고, 3장에서는 군수지원시스템 모델 아키텍처를 설계하고, 4장에서는 방법론을 적용한 예제 모델을 구현한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

## 2. 군수지원시스템 시뮬레이션 모델 설계를 위한 접근방법

군수 시뮬레이션을 수행하기 위해서는 군수 창고와 보급로 등의 여러 가지 시뮬레이션 요소들을 필요로 한다. 여러 군수 시뮬레이션에서 공통으로 가지고 있는 요소들을 나타내기 위한 참조모델이 필요하다. 본 논문에서는 시뮬레이션 요소들을 도출해 내기 위한 참조모델로써 FMS 관련 연구에서 제안된 three phase modeling framework<sup>11)</sup>를 이용하였다. 이 모델링 프레임워크는 Rumbaugh의 OOM paradigm<sup>12)</sup>에 기반을 둔다. 그리고 3개의 하위 모델로 구성되어있다 : object model, function model,

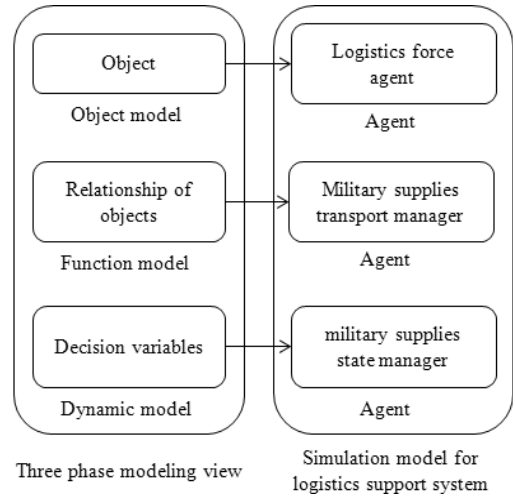


그림 1. Three phase modeling and logistics support system

dynamic model. 그림 1은 three phase modeling framework를 이용해서 군수지원시스템을 위한 시뮬레이션 요소들을 도출한 결과이다. object model로부터 군수부대 에이전트(LFA, Logistics force agent)를 도출하였다. Function model로부터 군수품 수송 관리자(MSTM, military supplies transport manager)를 도출하였다. 그리고 dynamic model로부터 군수품 현황 관리자(MSSM, Military supplies state manager)를 도출하였다.

본 논문의 목적은 복잡한 군수 시뮬레이션 모델을 설계하기 위한 방법론을 제시하는 것이다. Three phase modeling framework는 복잡한 시스템 설계를 위해 유용한 object-oriented modeling을 기반으로 한다. 따라서 본 논문에서는 참조 모델로부터 도출된 군수 시뮬레이션 모델 요소들을 이용해서 군수 시뮬레이션 모델을 설계하기 위해 다시 three phase modeling framework을 이용하였다. 그림 2(a)에서 보는 것처럼 군수 시뮬레이션에서 object model은 static model로 표현하였으며 이것은 정비, 군수품 현황 보고 등의 LFA 고유의 기능을 가지며 물리적인 위치, 군수품 보유량 등의 LFA에 대한 정보를 가진다. 그림 2(b)는 function model을 logistics model로 표현한 것이다. logistics model은 시뮬레이션 요소 중 static model 간의 군수품 보급로를 나타낸 것으로 육로, 해로, 공로 등의 보급로의 종류와 보급로마다의 운송 코스트와 같은 보급로 자체의 특징을 표현한다. LFA를 기반으로 설계되기 때문에 LFA에 의존적이다. 또한 static model 간의 군수품을 수송하는 기능을 가진다. 그림 2(c)는 dynamic model

을 manager model로 표현한 것이다. manager model의 MSTM은 static model를 구성하고 있는 LFA간의 군수품 흐름을 관리하는 역할을 한다. 군수품 흐름에 대한 결정은 LFA의 현재 상태를 기반으로 한다. 본 논문에서는 군수 시뮬레이션 모델을 설계하기 위해 three phase modeling framework를 이용하였고, 이를 위한 시뮬레이션 요소들을 설계하기 위해 Zeigler의 Discrete Event Systems Specifications(DEVS) formalism<sup>[10]</sup>을 이용하였다. DEVS는 계층구조를 가지는 Discrete Event models을 표현 할 수 있다. DEVS formalism에 따르면, 하나의 에이전트는 두 개의 sub-model을 가져야 한다 : the atomic model, the coupled model. atomic model은 내부에 그 모델의 상태를 표시하는 state set을 갖고 적절한 transition function에 따라 자신의 state를 변화시키는 것으로 시스템을 표현한다. 이러한 시스템의 입/출력과 상태변수의 집합이 정의되면 이어서 위에서 정의한 시간진전 함수 등 4개의 함수를 정의한다. atomic model M은 7-tuple에 의해 정의된다<sup>[10]</sup>.

$M = \langle X, S, Y, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, t_a \rangle$   
 $X$  : set of external input events;  
 $S$  : a set of sequential states;  
 $Y$  : a set of outputs;  
 $\delta_{int} : S \rightarrow S$  : internal transition function;  
 $\delta_{ext} : Q \times X \rightarrow S$  : external transition function;  
 $Q = \{(s, e) | s \in S, 0 \leq e \leq ta(s)\}$  : total state of M;  
 $\lambda : S \rightarrow Y$  : output function;  
 $t_a : S \rightarrow Real$  : time advance function;

coupled model은 새로운 모델을 형성하기 위해 여러 서브 컴포넌트를 결합하는 방법을 정의한다. Coupled model DN은 다음과 같이 8-tuple에 의해 정의된다.

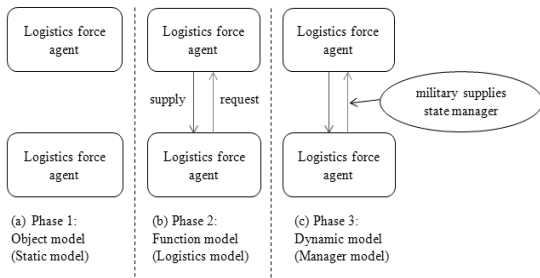


그림 2. Three phase modeling procedure

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

$X$  : input events set;

$Y$  : output events set;

$M$  : set of all component models in DEVS;

$EIC \subseteq DN.IN \times M.IN$  : external input coupling relation;

$EOC \subseteq M.OUT \times DN.OUT$  : external output coupling relation;

$IC \subseteq M.OUT \times M.IN$  : internal coupling relation;

$SELECT : 2M - \emptyset \rightarrow M$  : tie-breaking selector,

.IN과 .OUT은 각각의 DEVS 모델의 input ports와 output ports set을 나타낸다. 군수 시뮬레이션 모델의 설계를 위해 LFA, MSSM, MSTM가 atomic model로 정의된다. 전체 시뮬레이션 모델은 atomic model이 결합된 coupled model로 정의된다. 자세한 내용은 3장에서 묘사된다.

### 3. 군수지원시스템 시뮬레이션 모델

Static model은 군수 시뮬레이션에서 LFA들로 구성된 다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 하나의 LFA는 여러 가지 단위 기능 에이전트의 조합으로 이루어진 다중 에이전트이다. 이러한 구성방식의 이유는 에이전트의 조합성과 재사용성을 높이기 위함이다. 각각의 기능 에이전트는 플러그

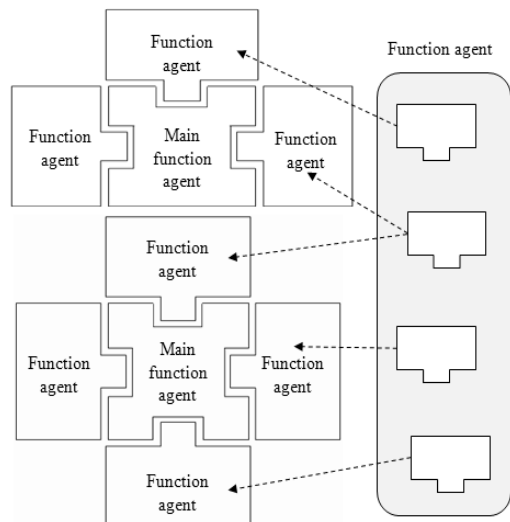


그림 3. Outline of LFA

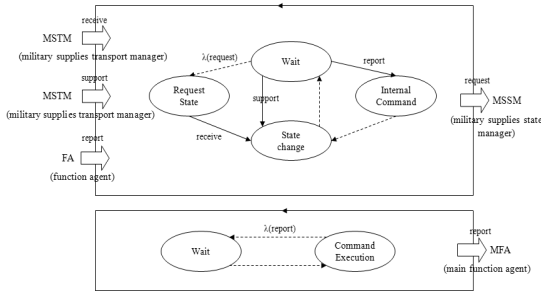


그림 4. Main function agent and function agent model

인 개념을 가지고 있기 때문에 LFA가 새로운 기능 에이전트를 추가하기가 용이하다. 또한 다른 LFA를 설계하는데 있어서도 LFA마다 공통적으로 가지는 기능들은 이미 만들어져 있는 기능 에이전트를 가져다가 쓰면 되기 때문에 재사용성 또한 높다. LFA를 구성하는 기능 에이전트는 두 가지가 있다 : MFA(main function agent), FA(function agent). MFA는 자신의 상태를 지속적으로 확인하여 요구되는 역할을 수행한다. 위 모델에서는 자신의 군수품 수량을 지속적으로 확인하여 수량이 기준 이하로 떨어졌을 때 MSSM에게 요청한다. 요청 후 MSTM를 통해 받은 군수품 수량에 맞게 기존의 수량을 최신회시킨다. 각 MFA는 지원과 요청을 모두 할 수 있으며, 단일 기능을 가지는 FA를 가질 수 있다. FA는 정비, 제고관리 등의 단일 기능을 가지며 시뮬레이션이 진행되면서 적절한 시기에 스스로 기능을 수행한다. 그리고 수행한 업무 결과를 MFA에게 보고한다. 그림 4는 위의 내용을 나타내는 상태 전이도(state transition diagram)이다. 그리고 DEVS atomic model은 아래와 같다.

$$\begin{aligned}
 MFA &= \langle X, S, Y, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, t_a \rangle \\
 X &= \{ \text{receive, support, report} \} \\
 S &= \{ \text{Wait, Request state, State change, Internal command} \} \\
 Y &= \{ \text{request} \} \\
 \delta_{int}(\text{Wait}) &= \text{Request state} \\
 \delta_{int}(\text{State change}) &= \text{Wait} \\
 \delta_{int}(\text{Internal command}) &= \text{State change} \\
 \delta_{ext}(\text{Request state, receive}) &= \text{State change} \\
 \delta_{ext}(\text{Wait, support}) &= \text{State change} \\
 \delta_{ext}(\text{Wait, report}) &= \text{Internal command} \\
 \lambda(\text{Wait}) &= \text{request} \\
 t_a : S &\rightarrow \text{Real} : \text{time advance function;}
 \end{aligned}$$

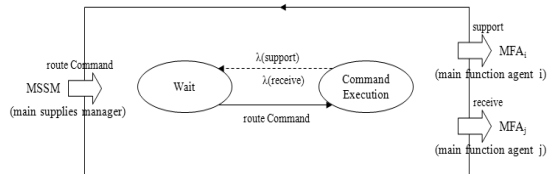


그림 5. Military supplies transport manager model

$$\begin{aligned}
 FA &= \langle X, S, Y, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, t_a \rangle \\
 X &= \{ \} \\
 S &= \{ \text{Wait, Command execution} \} \\
 Y &= \{ \text{report} \} \\
 \delta_{int}(\text{Command execution}) &= \text{Wait} \\
 \lambda(\text{Command execution}) &= \text{report} \\
 t_a : S &\rightarrow \text{Real} : \text{time advance function;}
 \end{aligned}$$

Logistics model은 군수 시뮬레이션에서 LFA간의 군수품 흐름을 위한 보급로에 대한 정보를 가지며 이를 결정한다. 보급로를 결정하는 에이전트를 MSTM(military supplies transport manager)라 한다. LFA 간의 보급로의 종류는 육로, 해로, 공로 세 종류가 있다. 각각의 보급로는 운송수단, 비용, 시간, 수송량 등의 정보들을 가질 수 있고 그 외에도 많은 정보를 가질 수 있다. MSTM는 이러한 정보들을 기반으로 하여 군수품 수송을 위한 보급로를 결정한다. 그림 5와 같은 시뮬레이션 모델에서 보급로에 대한 설계는 static model을 기초로 하여 다양하게 수행될 수 있다. MSTM는 manager model의 구성요소인 MSSM에 의해 결정된 LFA에 대한 보급로를 결정하고 이를 기반으로 목표한 LFA로 군수품을 운반한다. 그림 6은 위의 내용을 나타내는 상태 전이도이다. 그리고 MSTM model의 DEVS atomic model은 아래와 같다.

$$\begin{aligned}
 MSTM &= \langle X, S, Y, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, t_a \rangle \\
 X &= \{ \text{route Command} \} \\
 S &= \{ \text{Wait, Command execution} \} \\
 Y &= \{ \text{support, receive} \} \\
 \delta_{int}(\text{Command execution}) &= \text{Wait} \\
 \delta_{ext}(\text{Wait, route Command}) &= \text{Command execution} \\
 \lambda(\text{Command execution}) &= \text{support or receive} \\
 t_a : S &\rightarrow \text{Real} : \text{time advance function;}
 \end{aligned}$$

Manager model은 MSSM이라는 에이전트로 구성되어, LFA로부터 요청 받은 군수품에 대하여 보급 받아야

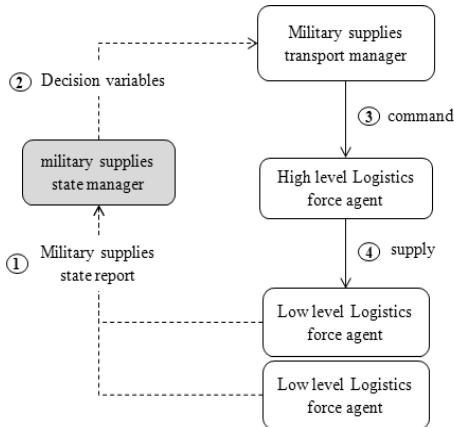


그림 6. Outline of military supplies state manager

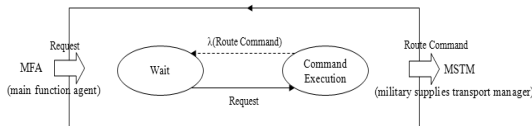


그림 7. Military supplies state manager model

하는 보급량, 우선순위 등을 결정한다. 이 때, 우선순위는 군수품의 종류에 따라 결정될 수도 있고, 수량에 의해 결정될 수도 있고, 또는 LFA의 위치에 의해서도 결정될 수도 있다. MSSM은 결정된 LFA에 대한 정보를 MSTM에게 보낸다. MSTM은 받은 정보를 기반으로 보급로를 결정한다. 그림 6은 이러한 내용을 도식화한 것이다. MSSM은 LFA로부터 요청 메시지를 받는다. 자신의 역할을 수행 한 후 MSTM에게 보급로 결정에 대한 메시지를 보낸다. 그림 7은 위의 내용을 나타내는 상태 전이도이다. 그리고 DEVS atomic model은 아래와 같다.

$$\begin{aligned}
 \text{MSSM} &= \langle X, S, Y, \delta_{\text{int}}, \delta_{\text{ext}}, \lambda, t_a \rangle \\
 X &= \{ \text{Request} \} \\
 S &= \{ \text{Wait}, \text{Command execution} \} \\
 Y &= \{ \text{Route Command} \} \\
 \delta_{\text{int}}(\text{Command execution}) &= \text{Wait} \\
 \delta_{\text{ext}}(\text{Wait}, \text{Request}) &= \text{Command execution} \\
 \lambda(\text{Wait}) &= \text{Route Command} \\
 t_a : S &\rightarrow \text{Real} : \text{time advance function};
 \end{aligned}$$

위에서 언급한 것처럼 군수 시뮬레이션 모델은 main function agent, function agent(static model), Military

supplies transport manager(logistics model), Military supplies transport manager(manager model), 이렇게 네 가지 에이전트로 구성되었다. 네 가지 에이전트가 DEVS atomic model로 설계 되었고, 전체 군수 시뮬레이션 모델은 coupled model로 표현된다. 그림 8은 군수 시뮬레이션 모델에 대한 간단한 예를 보여주며, coupled model은 아래와 같이 묘사된다.

Military logistics simulation : DN

$$= \langle X, Y, M, \text{EIC}, \text{EOC}, \text{IC}, \text{SELECT} \rangle$$

$$X = \{ \}, Y = \{ \}$$

$$M := \{ \text{MSSM}, \text{MSTM}, \text{High level MFA}, \text{Low level MFA}_1, \text{Low level MFA}_2, \text{FA}_1, \text{FA}_2 \}$$

$$\text{EIC} = \{ \}, \text{EOC} = \{ \}$$

$$\text{IC} = \{ (\text{MSSM.O1} \times \text{MSTM.I1}), (\text{MSTM.O1} \times \text{High level MFA.I1}),$$

$$(\text{High level MFA.O1} \times \text{Low level MFA}_1.I1), (\text{Low level MFA}_1.O1 \times \text{MSSM.I1}),$$

$$(\text{High level MFA.O2} \times \text{Low level MFA}_2.I1), (\text{Low level MFA}_2.O1 \times \text{MSSM.I2}),$$

$$(\text{FA}_1.O1 \times \text{Low level MFA}_1.I2), (\text{FA}_2.O1 \times \text{Low level MFA}_2.I2) \}$$

$$\text{SELECT} : 2M - \emptyset \rightarrow M : \text{tie-breaking selector},$$

#### 4. 가상 군수지원시스템 모델 구현

본 논문에서는 제안된 군수 시뮬레이션 모델의 유용성을 증명하기 위해 Zeigler의 DEVS를 이용하여 설계하였고, java를 기반으로 하는 Anylogic을 이용하여 구현하였다. Anylogic의 구현은 Anylogic 6 User's Guide를 참고하였다.

그림 8은 DEVS의 coupled model을 이용하여 설계한 군수 시뮬레이션 모델이다. 그리고 그림 9은 이것을 기반으로 구현한 simulation model의 실행 모습이다. 그림 10의 모델은 여러 가지 시뮬레이션 요소들 중에서 static model을 이루는 MFA의 모델링과 실행 모습을 보여주는 그림이다. 본 논문에서 구현한 군수 시뮬레이션 모델은 객체 지향 패러다임을 기반으로 하는 three phase modeling framework를 기반으로 하는 모델이다. 제안된 구조는 군수 시스템에서 가장 기본이 되는 기능들을 기본 모델로 정하였고, 이를 기반으로 구조를 설계 하였다. 따라서 새로운 기능들을 가질 때 마다 필요로 하는 기능의 모델을

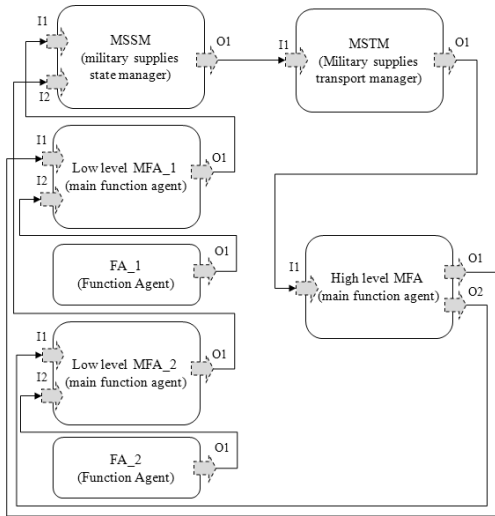


그림 8. A logistics support simulation model

생성하여 연결하면 된다. 그렇기 때문에 간단하지만 이를 이용하여 복잡하고 거대한 구조를 표현할 수 있다. LFA의 경우에는 MFA와 FA로 나뉘어져 있기 때문에 재사용성 또한 높다고 할 수 있고, 그로 인해 사용자들 또한 쉽게 사용할 수 있다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 OOM paradigm개념을 기반으로 하는 three phase modeling framework과 자율 지능형 객체의 개념을 가진 에이전트 개념을 이용하여 군수 시뮬레이션 모델 설계를 위한 방법론을 제안하였다. 우선 three phase modeling framework는 OOM paradigm을 기반으로 하기 때문에 복잡한 시스템을 설계하는데 유용하다. 이는 기존의 FMS 관련 연구에서 이미 검증된 바가 있다. 여기에 에이전트 개념을 도입하여 더욱 복잡하고 다양한 상황을 묘사하고 사용자의 개입이 없는 객관적인 모델을 설계하기 위한 아키텍처를 제안하였고 세 가지의 하위 모델로 구성된다 : static model, logistics model, manager model.

Static model은 MFA와 FA로 구성되며, LFA 자체의 정보를 가지고 있다. Logistics model은 LFA간의 보급로 정보를 가지며, 이를 기반으로 LFA간에 군수품을 수송한다. 이러한 역할을 하는 에이전트를 Military supplies transport manager model이라고도 한다. Manager model은 military supplies state manager model이라고도 하며, LFA로부터 군수품 보급 요청을 받아 MSTM에게 전달해

주는 역할을 한다. MSTM은 전달받은 결정 변수들을 기반으로 결정을 내린다. 이러한 모델 아키텍처는 내부에 작성되는 알고리즘에 따라 다양한 시나리오를 연출할 수 있으며, 모델링이 간단하고 기능이 세부적으로 나누어져 있기 때문에 유용성 또한 높다.

## 감사의 글

본 연구는 방위사업청(UD10009DD), 국방과학연구소(UD110006MD), 및 한국연구재단(2011-0026545)의 지원으로 수행되었습니다

## 참 고 문 헌

1. 박재현, 박정찬, 유찬곤, 강명구(2008), “자율지능형 컴퓨터 가상객체 기술의 국방 M&S 적용현황 및 활용방안”, *정보과학회지*, 제26권, 11호, 통권 제234호, pp. 27-32.
2. 장명옥, 이광로, 민병의(1997), *에이전트 기술*, 전자통신동향분석, 12권, 6호, pp. 58-69.
3. Ilachinski A.(2004), “Artificial War: Multiagent-based Simulation of Combat”, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
4. Livak, T., Heffernan, N. T., Moyer, D.(2004), “Using Cognitive Models for Computer Generated Forces and Human Tutoring”, *13th Annual Conference on Behavior Representation in Modeling and Simulation(BRIMS)*.
5. Bradley J. Bext and Christian Lebiere(2003), “Spatial Plans, Communication, and Teamwork in Synthetic MOUT Agents”, *In Proc. of the 12th Conference on Behavior Representation In Modeling and Simulation*.
6. G. Sukthankar and K. Sycara(2006). “Robust recognition of physical team behaviors using spatio-temporal models”, *In Proceedings of Fifth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems(AAMAS)*.
7. 이원호(2007), *시뮬레이션을 이용한 전사 군수지원체제 발전방향 연구* 석사학위논문, 국방대학교, pp. 1-10.
8. 주현준, 박영근, 김천영, 정나현, 이준규, 양지연(2010), “군수지원 개발을 위한 정비성 시뮬레이션 활용 효과”, *한국항공우주학회 2010년도 추계학술발표회 논문집*, pp. 1240-1243.
9. Sang C. Park (2005), “A methodology for creating a virtual model for a flexible manufacturing system”, *Computer in Industry*, Vol. 56, No. 5, pp. 734-746.
10. B.P. Zeigler (1984), “Multifaceted Modeling and Discrete Event Simulation”, Academic Press, Orland, .
11. B.K. Choi, Kwan H. Han, Tea Y. Park(1996), “Object-oriented graphical modeling of FMSs”, *The International*

- Journal of Flexible Manufacturing System*, pp. 159-182.
12. J. Rumbaugh, M. Blaha, W. Premerlani, W. Losenson (1991), "Object-Oriented Modeling and Design", Prentice Haal Inc., Englewood Cliffs, NJ.
  13. 마호명, 최상영(1996), "지식기반 객체지향 군수시물레이션 모델에 관한 연구", *한국국방경영분석학회지*, 22권, pp. 67-80.
  14. S. Narayanan, D.A. Bodner, U. Srekanth, T. Govindaraj, L.F. McGinnis, C.M. Mitchel(1998), "Research in object-oriented manufacturing simulations : an assessment of the state of the art", *IIE Transaction*, Vol. 30, Num. 9, pp. 795-810.
  15. G.L. Kovacs, S. Kopacsi, J. Nacs, G. Haidegger, P. Groumpos(1999), "Application of software reuse and object-oriented methodologies for the modeling and control of manufacturing systems", *Computers in Industry*, Vol. 39, pp. 177-189.
  16. 유용준, 지승도, 김재익(2010), "함정전투 시물레이션을 위한 HEAP 기반 지능 에이전트에 관한 연구", *한국시물레이션학회 논문지*, Vol. 19, No. 4, pp. 281-289.

**박 상 철** (spark@ajou.ac.kr)



Ph.D. (2000) in Industrial Engineering, Dept of I.E., KAIST, Korea  
B.S. (1994) in Industrial Engineering, Dept of I.E., KAIST, Korea  
M.S. (1996) in Industrial Engineering, Dept of I.E., KAIST, Korea  
2000년 9월~2001년 12월 큐빅테크, 선임연구원  
2002월 1년~2004년 2월 DaimlerChrysler ITM Dept. Research Engineer  
2008년 2월~현재 아주대학교 산업정보시스템 공학부, 부교수

관심분야 : Disital Manufacturing Systems, CAPP and CAD/CAM Integration, Manufacturing system modeling and simulation, Computer Graphics & Computational Geometry, Sculptured surface modeling and NC machinings

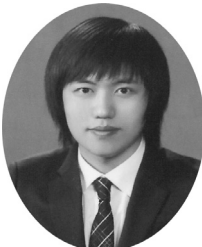
**정 용 호** (yongho1230@ajou.ac.kr)



2011 아주대학교 산업정보시스템공학부 학사  
2011~현재 아주대학교 산업공학과 석사과정

관심분야 : 모델링&시물레이션, 합성 환경 표현, 컴퓨터 그래픽

**함 원 경** (lunacy@ajou.ac.kr)



2011 아주대학교 산업정보시스템공학부 학사  
2011~현재 아주대학교 산업공학과 석사과정

관심분야 : 모델링&시물레이션, 국방 시물레이션, 분산 시물레이션, 합성 환경 표현