

## 지식기반 객체지향 군수시뮬레이션 모델에 관한 연구 \*

- 초기군수지원성 분석모델을 중심으로 -

### (Knowledge Based and Object-Oriented Simulation Model for Logistics Analysis)

마 호 명, 최 상 영\*\*

#### Abstract

Artificial Intelligence(AI) techniques and Object-Oriented(OO) techniques contribute to the simulation modeling of the complex systems. AI techniques are suitable to model human reasoning in the simulation. While OO techniques have advantages of re-usability, maintainability and extendability of the software. Thus, in this paper, we design a knowledge-based object-oriented simulation model, particularly for the logistics analysis of military armor vehicles. The simulation model consists of three modules i.e., scenario, simulation mechanism, and inference engine. The model is designed within the OO paradigm and implemented by using the C++ language. An example case of using the model for the logistic analysis is included.

---

\* 본 연구는 한국과학재단의 지원을 받았음.

\*\* 국방대학원

## 1. 서론

오늘날 무기체계는 첨단과학기술의 발달에 힘입어 고도화, 정밀화 되어가고 있으며, 그로인하여 무기체계에 대한 군수지원(예를들면 보급, 정비, 수송 등) 문제는 더욱 복잡화 세분화 되고 있다. 그런데 오늘날에 있어서 이러한 군수지원성 문제는 단순히 무기 체계에 대한 군수지원이라는 범주에만 영향을 미치는 것이 아니라, 군의 전투력 유지 및 국방예산의 효율적 운용이라는 범주에까지 영향을 미치고 있다.

우리 군의 경우 무기체계를 해외에서 직접 구매하던 70년대 초까지만 해도 군수지원성 문제는 단지 무기체계에 대한 군수지원이라는 범주에만 국한되었으나, 무기체계를 독자개발 할 수 있게 된 오늘날에 이르러서는 군수지원성 문제는 군의 전투력유지와 국방예산의 효율적 운용에도 크게 영향을 미치기에 이르렀다. 특히 80년대 중반 이후 군수지원성의 미비로 말미암아 국방예산에서 군수지원과 관련된 운용유지비가 차지하는 비율이 방위력 개선비가 차지하는 비율에 육박하고, 매년 전년대비 운용유지비의 증가율이 방위력 개선비의 증가율을 상회함으로써 전력증강비의 상대적 감소를 야기시켜 군 방위력 개선사업에 많은 차질을 초래하고 있다. 또한 운용유지비의 압박으로 군수조치율이 저하되므로서 장비가동율이 감소되어, 전투준비태세 유지에도 많은 어려움이 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 군수지원성 문제를 무기체계의 개발 초기단계부터 종합적으로 분석하고 계량화하여 최적의 군수지원요소를 개발해야 하는데, 이러한 군수지원성 분석은 매우 방대하고 복잡한 것으로서 이를 체계적으로 분석하기 위해서는 각종 분석모델이 필요한 실정이다.

군수지원성 분석모델에는 여러 종류가 있는데 대표적인 예로는 수리수준 분석모델, 수리부속품 분석 모델, RAM(신뢰도/정비도/가용도) 분석모델, 수명주기 분석모델, 그리고 종합군수지원 요소분석모델 등이 있다. 선진국의 경우는 이러한 분석모델들을 대부분 자체개발하여 무기체계 개발시 사용하고 있으며, 특히, 미국의 경우는 국방성을 중심으로 많은 군수업체들이 OSAMM, LOGAM, LCCH, CASA 등 [23]과 같은 모델들을 개발하여 사용하고 있다. 우리나라의 경우는 근래에 들어 군수지원성에 대한 중요도가 인식되면서부터 미국의 모델을 기준으로 우리 실정에 맞는 모델을 개발 및 발전시키고자 하는 노력이 시작되고 있으나, 그 수준은 매우 초보적인 상태라고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 군수지원성 분석을 위한 지식기반 객체지향 시뮬레이션 모델(Knowledge-based Object-oriented Simulation model)을 개발하고 이를 이용하여 초기군수지원성 분석예를 보이도록 한다. 이 모델은 인공지능 기술과 객체지향 기술에 기반을 두고 있고 Borland C++를 이용하여 구현하였다. 그리고 모델링 대상개체는 지상 전차체계에 제한을 두었다.

## 2. 군수지원성 분석 고찰

### 2.1 개요

일반적으로 무기체계에 대한 군수지원에 대하여 우리가 지녀왔던 개념은 무기체계가 군에 도입되어 운용되는 최초 운용일자 이후의 군수지원(보급, 정비, 수송 등)에 관한 것이었으나, 오늘날에 있어서의 군수지원 개념은 그와는 달리 무기체계의 소요제기 단계부터 폐기단계에 이르기까지 군수지원요소를 중

합적으로 고려하므로써 개발무기체계에 대한 최적의 군수지원성을 확보하는 것이라고 할 수 있다[23].

따라서 무기체계 개발시 최적의 군수지원성을 확보하기 위해서는 개념형성, 탐색개발, 선행개발 등 개발 초기단계부터 종합군수지원(ILS: Integrated Logistics Support)요소를 식별해내고, 이를 분석계량화 할 수 있는 체계적이고 분석적인 활동이 중요하다고 할 수 있는데, 이와 같은 활동을 군수지원분석(LSA: Logistic Support Analysis)이라고 한다. 따라서 군수지원분석(LSA)활동시는 무기체계 운용형태, 수리정책, 설계특성, 군수지원효과 등을 고려하여야 하며, 또한 RAM(Reliability, Availability, and Maintainability)자료, 부품정보, 인간공학 설계자료, 시험자료, 그리고 각종 LSA기법 및 모델 등을 충분히 이용하므로써 최적의 ILS요소를 개발할 수 있도록 하여야 한다. 이러한 군수지원분석 활동업무의 핵심은 군수지원성 평가, RAM목표설정, ILS요소배분 등이 될 수 있는데, 이중에서도 무기체계 개발시 무기체계의 전·평시 운용유형 및 임무형태를 고려한 RAM목표설정 등과 같은 초기군수지원성 분석은 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다. 왜냐하면 설정된 RAM목표값은 군수지원성 분석의 기초자료가 되는 물론, 이를 근간으로 하여 보다 과학적이고 합리적인 무기체계 ROC(Required Operational Capability)와 설계목표수준을 설정할 수 있게 되고, 또한 이로부터 ILS요소를 체계적으로 도출 및 분석해 낼 수 있기 때문이다.

## 2.2 RAM

RAM이란 신뢰도(reliability), 가용도(availability), 정비도(maintainability)의 약어로서 RAM관련요소들

은 군수지원성 분석시 중요한 요소들이다. 이들 각각에 대한 정의와 관련요소들을 살펴보면 다음과 같다.

먼저 신뢰도란 체계(장비), 부품 등이 주어진 시간 동안에 정해진 환경조건하에서 규정된 성능을 발휘할 수 있는 확률을 의미하며, 관련요소로는 MTTF, MKBF, MRBF,  $\lambda$ , R(t) 등이 있다. 여기서 고장율( $\lambda$ : failure rate)이란 임의의 기간까지 작동되어온 체계가 바로 다음 단위 기간내에서 고장을 일으킬 확률로서 통상  $1/MTBF$ 로 나타낼 수 있다. 이때 평균 고장간운용시간(MTBF: mean time between failures)이란 총 운용시간을 총 가동시간으로 나눈 값으로서 아래와 같이 나타낼 수 있으며,

$$MTBF(\text{or MKBF, MRBF}) = \frac{\text{총 운용시간(or 운행거리, 발사수)}}{\text{총 고장횟수}}$$

이와 유사한 개념으로 평균고장간운행거리(MKBF: mean kilometer between failures), 평균고장간발사수(MRBF: mean round between failures) 등이 있다.

그리고 가용도란 임무가 요구된 임의의 시간에서 체계가 임무수행 및 운용 가능한 정도의 척도로서 관련요소로는  $A_i$ ,  $A_a$ ,  $A_o$  등이 있다. 즉, 가용도는 무기체계의 운용준비태세(operational readiness)를 평가해 주는 것으로서 운용환경에 따라 운용가용도( $A_o$ : operational availability), 성취가용도( $A_a$ : achieved availability), 고유가용도( $A_i$ : inherent availability)로 분류되며, 군수지원성 분석시에는 주로 운용가용도가 고려되는데, 이는 다음과 같이 표현된다.

$$A_o = \frac{\text{운용시간} + \text{대기시간} + \text{비상대기시간}}{(\text{운용} + \text{대기} + \text{총 고장정비} + \text{총 예방정비} + \text{총 행정및군수지원})\text{시간}}$$

한편, 정비도란 어떤장비가 고장났을 때 규정된 기술요원이 가용한 절차 및 가용한 자원을 이용하여 주어진 주어진 조건하에서 주어진 시간에 장비를 정비하여 그 성능을 규정된 상태로 원상복귀 시킬수 있는 확률로서, 관련요소는 MTTR, MR 등이 있다. 여기서 평균수리시간(MTTR : mean time to repair)은 특정한 기간에 규정된 조건하에서 특정한 정비단계의 고장장비를 실시한 시간의 합을 총 고장정비횟수로 나눈 값으로서 아래와 같다.

$$MTTR = \frac{\text{총고장정비시간}}{\text{총고장정비횟수}}$$

그리고 정비율(MR : maintenance ratio)이란 단위시간당 소요되는 정비인시(MMH:maintenance man hour)로서 다음과 같이 표현될 수 있는데,

$$MR = \frac{\text{총정비인시}}{\text{총운용시간}}$$

여기서 정비인시란 정비공 1명이 1시간 동안 할 수 있는 작업량을 표시하는 작업량의 측정단위를 말한다.

특히, 이러한 RAM요소 목표값 설정은 소요제기 단계에서 전투개발자에 의하여 이루어지는 업무인테 RAM요소 목표값을 설정하는 방법은 크게 두 가지로서 해석적(analytic) 모델을 이용하는 방법과 시뮬레이션 모델을 이용하는 방법으로 구분할 수 있다 [5].

### 3. 지식기반 객체지향 시뮬레이션

#### 구조

##### 3.1 개요

지식기반 객체지향 시뮬레이션이란 전통적인 시뮬레이션에 객체지향기술(object-oriented technology)

과 인공지능기술(artificial intelligence technology)을 접목시킨 것을 말한다. 지금까지의 전통적인 시뮬레이션은 지능행위(intelligent behavior)를 적절하게 묘사할 수 없었으므로 문제영역(problem domain)에 의사결정 관련부분이 포함되어 있는 경우 시뮬레이션으로 모델링하는데 한계를 지니고 있었으며, 또한 모델링 기술상 현실의 문제영역과 소프트웨어의 구현영역 사이에 많은 의미차이(semantic gap)가 발생하므로써 현실을 모델링하는데 많은 어려움을 지녀왔다[8]. 또한, 소프트웨어를 절차식 언어를 이용하여 개발하므로써 시뮬레이션 소프트웨어의 유지보수, 재사용, 확장 등에도 한계를 지니고 있었다[8]. 이러한 한계는 인공지능기술의 한 분야인 전문가 시스템(expert system)을 시뮬레이션에 접목시키고, 또한 모델링 및 소프트웨어 개발시 객체지향기술을 이용하므로써 극복할 수 있다.

전문가 시스템은 전문가들의 전문지식을 수집, 정리하여 특정 전문영역에 관한 문제를 컴퓨터의 추론 능력을 이용하여 해결하고자 구축한 컴퓨터 프로그램으로서, 그 구성은 지식공학(Knowledge Engineering), 추론기관(Inference Engine), 질의체계(Enquiry System) 3부분으로 되어 있다[3]. 첫번째 요소인 지식공학요소는 전문가 시스템에서 사용되는 특별한 주제에 대한 지식의 데이터베이스를 제공하는 역할을 하는데, 여기에는 지식의 획득과 지식의 표현이라는 두 가지 측면이 있다. 이중 지식표현의 방법에는 생성규칙(production rule), 논리(logic), 의미회로(semantic network), 프레임(frame)을 이용한 방법 등이 있다. 두번째 요소인 추론기관은 지식베이스에 수록된 지식을 기초로하여 사용자가 입력한 질문에 대한 해답을 찾아내기 위하여 추론을 진행하

는 프로그램 부분을 말하는데, 이때 추론기법에는 전향추론(forward chaining)과 후향추론(backward chaining)기법이 있으며, 지식의 탐색전략(searching strategic)에는 깊이우선방법(depth-first), 넓이우선 방법(breadth-first), 발견적방법(heuristic)이 있다. 마지막으로 질의체계는 사용자의 질의사항에 대하여 적절한 응답을 하는데 있어서 입출력과 관련한 사용자 인터페이스를 제공한다.

한편 객체지향 기술은 현실세계의 모델링에 적합한 개념적, 구조적 틀인 객체지향 구도를 근간으로 하는데, 객체지향 구도의 주요개념에는 객체(object), 메세지(message), 클래스(class), 정보은의성(information hiding), 상속성(inheritance), 포함성(aggregation), 연관성(association) 등이 있으며, 이들을 통상 객체지향 기반요소라고 한다.

객체란 자료구조와 그 자료위에서 수행되는 함수 혹은 절차들을 가지고 있는 객체지향 소프트웨어의 기본 단위로서, 문제영역의 물리적 또는 개념적인 개체(entity)와 대응될 수 있다. 이러한 개념은 모델링시 현실세계와 모델 사이의 의미적 차이를 극복시켜 줌으로써 보다 자연스러운 방법으로 소프트웨어 개발이 가능하도록 해주고 있다. 메세지란 객체 상호간의 대화수단으로서, 소프트웨어에서 메세지를 수신한 객체는 자신에게 정의된 절차에 따라 적절한 행위를 유발하게 된다. 따라서 모든 객체는 메세지에 따라 필요한 응답을 하도록 되어 있으며, 결국 소프트웨어의 실행은 객체 상호간의 메세지 교환에 의하여 이루어지게 된다. 그리고, 클래스란 공통된 자료구조와 절차를 가진 동일종류의 객체집단을 나타내며, 동일한 속성을 가진 객체들을 생성할 수 있는 틀(template)이라고 할 수 있다. 따라서 동일 클

라스로부터 생성된 모든 객체는 동일한 자료구조와 절차를 갖는다. 이러한 클래스는 정보은의성, 상속성, 포함성, 연관성 등과 같은 주요 특성을 갖고 있는데, 먼저 정보은의성이란 소프트웨어에서 필요시 객체상호간의 접근을 제한하고 객체 자신의 정보를 외부로부터 완전히 차단하는 속성으로서, 이는 소프트웨어의 확장 및 유지보수의 용이성을 제공한다. 상속성이란 객체간의 관계에서 'Kind-of' 관계를 나타내며, 소프트웨어의 재사용성을 제공한다. 포함성이란 객체간의 관계에서 'Part-of' 관계를 설계할 수 있도록 해주는 개념이며, 마지막으로 연관성이란 상속성과 포함성을 제외한 모든 관계를 말한다.

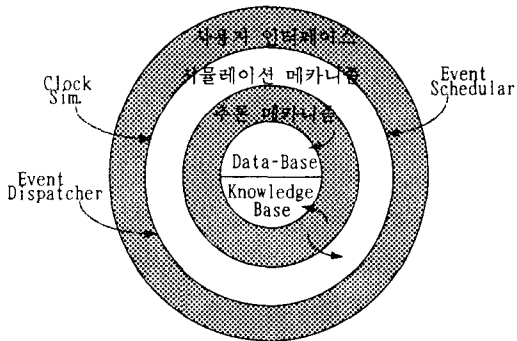
위에서 살펴본 객체, 메세지, 클래스, 정보 은의성, 속성 상속성, 포함성, 연관성 그리고 다형성은 객체지향 소프트웨어를 이루는 기반 요소가 된다. 그래서 객체지향 소프트웨어 개발에 있어서는 무엇보다도 먼저 객체와 메세지를 식별하고, 식별된 객체에서 클래스를 결정하고 설계하는 것이 중요하다. 설계시에는 정보 은의성, 속성 상속성, 포함성, 연관성 그리고 다형성을 이용하여 구체화시킨다. 객체지향 응용소프트웨어 개발은 소프트웨어의 규모가 작은 경우는 비교적 쉽게 할 수 있지만, 규모가 큰 경우는 그렇지가 못하다. 따라서 이를 위한 정형화된 절차가 필요한데, 본 연구에서는 이를 위하여 객체지향 소프트웨어 개발절차OOSD(object-oriented software development with evolutionary approach)[8]를 적용하여 모델을 개발하였다. 이 방법은 개발단계를 문제정의(problem definition), 객체지향 분석(OOA:object-oriented analysis), 객체지향 설계(OOD:object-oriented design), 그리고 객체지향 프로그래밍(OOP:object-oriented programming)

으로 구분하여, 각 단계를 반복적으로 거치면서 점진적으로 소프트웨어를 완성해 나간다.

### 3.2 지식기반 객체지향 시뮬레이션

#### 모델의 일반적인 구조

앞에서 설명한 인공지능 기술과 객체지향 기술을 이용하여 지식기반 객체지향 시뮬레이션 구조를 설계하게 되는데, 지식기반 시뮬레이션 구조는 전문가 시스템을 어떤 접근방법으로 병합하느냐에 따라 그 구도가 달라진다. 여러가지 구도중에서 특히 이산형 시뮬레이션과 전문가 시스템을 결합한 형태의 대표적인 구조는 <그림1>에서 보는 것처럼 사용자인터페이스, 시뮬레이션 메카니즘, 추론메카니즘으로 구성할 수 있다[17].



<그림1> 지식기반시뮬레이션 아키텍처 일반

여기서 사용자 인터페이스는 시뮬레이션과 관련된 입출력, 지식기반접근 등을 용이하게 할 수 있는 사용자 환경을 제공하며, 시뮬레이션 메카니즘은 시뮬레이션 전개구도를 나타내는데 이러한 전개구도에는 이산형 시뮬레이션의 경우 사건중심, 활동중심, 과정중심 전개구도가 있다. 그리고 추론 메카니즘은 추론기관과 지식베이스를 포함하며 사건진행에 따른

지능행위 혹은 의사결정 사항을 묘사하는 역할을 한다.

## 4. 군수지원성분석을 위한 지식기반 객체지향 시뮬레이션 모델

### 4.1 개요

새롭게 개발될 무기체계가 전·평시를 막론하고 필승의 전투력을 보유토록 하기 위해서는 무기체계 자체의 성능도 중요하지만, 그에 못지않게 중요한 것은 무기체계에 대한 최적의 군수지원성 확보 문제이다. 따라서 무기체계에 대한 최적의 군수지원성 확보는 무기체계를 개발시 무기체계의 운용유형 및 임무형태 그리고 필수임무기능 등을 충분히 고려한 후, 가용예산과 주어진 제약조건 범위내에서 군수지원 요소를 도출하므로서 가능하게 된다고 할 수 있다. 그런데 군수지원성 분석시 가장 기초가 되는 입력자료는 무기체계의 RAM요소 목표값으로서, 이 값들에 따라 군수지원요소가 상이하게 도출됨은 물론, 무기체계의 운용가용도 및 단위부대전투준비 태세율 등과 같은 전투력 요소와 체계개발비 및 운용유지비와 같은 국방예산의 효율적운용에도 직접적인 영향을 미치게 된다. 따라서 무기체계 개발시 RAM요소 목표값의 설정은 매우 중요한 문제로서 이는 체계적이고 과학적인 방법을 통하여 설정하여야 하는 바, 본 장에서는 이처럼 최적의 RAM요소 목표값을 설정하는데 사용될 수 있는 시뮬레이션 모델을 개발하고자 한다.

### 4.2 제한및 가정사항

본 연구에서는 개발대상 무기체계에 제한하여 모

델을 개발하였다. 그러나 차후 다른 주요 무기체계에 적용이 가능하도록 모델 설계시 모델구도의 일반성을 최대한 고려하였다.

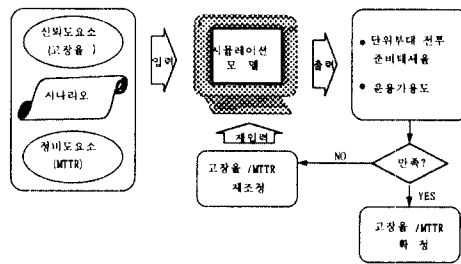
그리고 모델의 묘사범위는 중대급 전차의 교전으로서, 중대급 전차부대의 전형적인 아래 작전상황을 가정하였다.

- ① 청군 전차는 최초 공격개시부터 공격을 실시하며, 목표점령시 교전이 종료된다.
- ② 청군 전차의 공격간 예상위협은 홍군의 항공기, 전차, 포병이고, 위협형태는 미사일과 화학탄 위협이다.
- ③ 청군 전차는 홍군 전차의 모든 위협에 무작위(random)로 피해를 받으며, 일단 피해를 받은 전차는 중복 피해받지 않는다.
- ④ 청군 전차는 교전간 고장이 발생하는데, 이는 적 공격에 따른 피해고장과 전차고유의 고장율에 따른 자연발생적인 고장으로 구분한다. 피해고장의 유형은 경파, 중파, 완파이고, 자연발생 고장의 유형은 경파, 중파이다.
- ⑤ 경파 및 중파시 수리시간은 청군 수리팀에 의존하며, 완파전차는 더 이상 교전이 불가능하다.
- ⑥ 청군 전차는 교전간 홍군의 위협상황이 발생하겠지만, 피해가 발생하지 않을 경우 임의 시간 지체후 계속해서 공격한다.
- ⑦ 홍군의 피해는 고려하지 않는다.

### 4.3 모델의 기본구도

#### 4.3.1 모델 profile

개발하고자 하는 모델의 개략적인 profile은 아래의 <그림2>와 같다.



<그림2> 모델 profile

위의 <그림2>에서 보면, 먼저 모델의 입력요소는 무기체계의 신뢰도 요소인 고장율( $\lambda$ : failure rate)과 정비도 요소인 평균수리시간(MTTR: mean time to repair) 그리고 시나리오이다. 시나리오는 무기체계의 운용유형(operational mode), 임무형태(mission profile), 필수입무기능 등을 고려하여 작성한 것으로서 <표1>과 같은 형태를 지닌다.

<표1> 시나리오형태 및 표기방법

사건 번호	Event Time		Event
	시작시간	종료시간	
1	00:00		0(공격개시)
2	00:13	00:15	A3/m(적기 3대 미사일 공격)
...	...	...	...
n	998:45	998:55	G(목표점령)

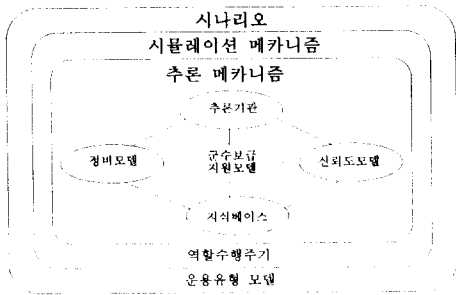
시나리오에 사건을 표기하는 방법은  $A_a/at$ 와 같은 형태로 표기하는데, 여기서 'A'는 사건형태, 'a'는 공격단위, 'at'는 공격시 포탄의 형태를 나타낸다. 따라서 시나리오상에서  $A_a$ (Aircraft)는 a 단위의 적항공기 공격,  $T_t$ (Tank)는 t 단위의 적전차 공격,  $B_b$ (Battery)는 b 단위의 적포병 공격, O(Operation)는 작전개시, G(Goal)는 목표점령을 의미한다. 그리고, 공격시 포탄의 형태는 두가지로서 m(missile

anti tank)은 대전차미사일 공격, c(chemical ammunition)는 화생방 공격을 의미한다.

그리고 이러한 입력 시나리오와 기타 입력자료에 의하여 시뮬레이션을 실시한 이후에는 체계의 전투 준비태세율, 운용가용도 등과 같은 결과값들을 분석하여 RAM요소 목표값을 설정하게 된다.

### 4.3.2 모델구성

군수지원성 분석을 위한 객체지향 시뮬레이션 모델의 구성은 <그림3>에서 보는바와 같이 크게 세계의 모듈 즉, 시나리오, 시뮬레이션 메카니즘, 추론메카니즘으로 구성된다.



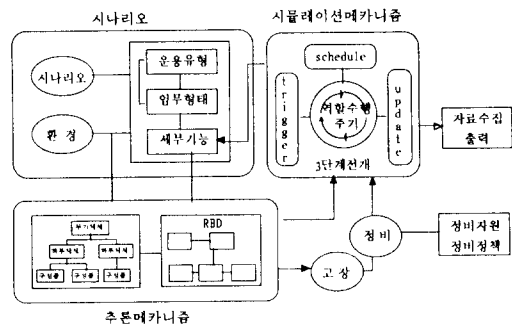
<그림3> 시뮬레이션 모델 구조

시나리오란 운용모형을 나타내는 것으로서, 전시와 평시로 구분되고, 특정 시나리오는 특정 운용유형과 임무형태를 지니면서 이에 종속된 필수임무기능을 지니게 된다. 두번째 모듈인 시뮬레이션 메카니즘에서는 시나리오에 종속된 역할수행주기를 기반으로 장비의 상태전이를 설정하고, 이를 사건중심 전개구도와 접목시키므로써 실질적인 시뮬레이션의 진행을 담당하는 모듈이다. 여기서 역할수행주기는 시나리오의 필수임무기능과 직접 대응될 수 있도록

한다. 마지막 모듈인 추론메카니즘은 신뢰도 모델, 정비모델, 군수모델, 추론기관[4], 그리고 지식베이스를 포함한다. 따라서 시뮬레이션 메카니즘에서 역할수행주기에 따른 사건이 발생하게 되면 이로 인하여 상태전이가 발생하게 되는데, 이때 상태전이가 지능행위의 처리나 의사결정을 필요로 할 경우 이를 가능하도록 해주는 역할을 한다.

### 4.3.3 시뮬레이션 전개구도

시뮬레이션 모델의 전개과정은 <그림4>와 같다.



<그림4> 시뮬레이션 전개구도

위의 <그림4>에서 보는 바와 같이 시뮬레이션의 전개는 전·평시 운용유형, 임무형태, 그리고 필수임무기능에 종속한 시나리오와 이에따른 역할수행주기를 중심으로 이루어지며, 시뮬레이션의 구체적인 진행은 schedule, trigger, update라는 3단계 전개구도에 의하여 이루어지게 된다[4].

전개과정을 구체적으로 살펴보면, 시뮬레이션 최초 시작시에는 먼저 scheduler를 통하여 시뮬레이션 진행기간동안 역할수행주기로부터 발생한 사건(event)별 사건발생 예정시간 중에서 가장 최근에



발생하는 시간과 해당 사건을 찾아 낸다. 그러면 trigger를 통하여 사건을 실행하게 된다. 이때 사건이 지능행위를 수반할 경우는 추론 메카니즘에 있는 추론기관과 지식베이스를 활용하여 추론을 실시하고 그 결과에 따라서 다음 행위가 결정되어 진다. 만약 지능행위를 가지고 있지 않을 경우에는 약정된 상태전이 메카니즘에 따라 다음 행위가 결정된다. 이러한 개념에 의하여 사건이 실행(trigger)되고 난 이후에는 그 사건발생으로 인하여 변경된 사항들 즉, 객체의 상태 및 전이시간 등이 update를 통하여 갱신된다. 이러한 3단계의 전개과정은 시뮬레이션 종료시까지 반복적으로 되풀이 된다.

#### 4.4 객체지향 분석

##### 4.4.1 객체 및 행위차트

객체/행위차트란 시뮬레이션 모델개발을 위하여 문제영역에서 나타난 주요객체와 행위를 추출하여 정리한 것으로서 이는 뒤에서 언급될 객체/관계 분석모형의 기초가 되는 자료이다. 다음의 <표2>는 문제영역에서 나타난 주요객체와 그와 관련된 행위를 나열한 객체 및 행위차트이다.

<표2>에서 보면 시뮬레이션 모델은 위협형태를 포함한 일련의 사건에 대한 모든 사항을 관리하는 Scenario객체, 시뮬레이션 대상 객체인 Tank객체, 그리고 시뮬레이션 진행에 필요한 가장빠른 사건시각(EET:earliest event time) 관리와 주요발생 사건에 대한 정보를 기록관리하는 Scheduler객체 등을 비롯하여 Entity 객체, BackwardEngine 객체, History 객체로 구성되어 있음을 알 수 있다.

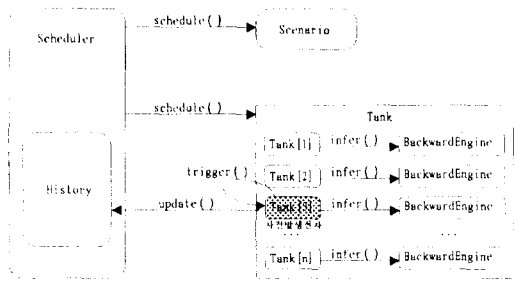
<표2> 객체 및 행위 차트

객 체	행 위
Scenario	시뮬레이션의 운용모델을 나타내는 객체로서, 시뮬레이션 진행간 발생하는 일련의 사건에 대한 모든 정보를 가진다.
Entity	시뮬레이션 대상객체를 추상화한 기저객체(base object)로서, 시뮬레이션 진행중에 대상객체가 기본적으로 갖는 공통적인 속성을 정의한 객체이다. 따라서 이는 모델을 일반화시키기 위한 객체라고 할 수 있다.
Tank	Entity 객체를 기본적으로 상속받고, 시뮬레이션간 전차가 갖는 개별적인 속성을 추가한 객체로서 schedule(), trigger(), update() 메세지에 응답할 수 있는 멤버함수가 정의되어 있다.
BackwardEngine	시뮬레이션 진행간 상태전이서 전차의 고장여부를 추론하는 객체로서 시뮬레이션 대상객체는 각각 자신만의 BackwardEngine을 포함한다.
Scheduler	시뮬레이션 진행에 필요한 가장빠른 사건시각(EET:earliest event time)을 관리하며, 시뮬레이션 진행간 주요발생 사건에 대한 정보를 기록관리하는 객체로서, 시뮬레이션 결과를 분석할 수 있는 각종 정보를 관리한다.
History	시뮬레이션 결과분석에 필요한 각종 정보를 관리하는 객체로서, 각 전차별 고장횟수 및 누적정비소요 시간등과 같은 정보를 관리한다.

##### 4.4.2. 메세지 흐름도

시뮬레이션에서 객체의 행위유발은 객체상호간의 메세지 교환을 통하여 이루어지게 되는데 메세지 흐름도란 객체간의 이러한 메세지 교환을 나타낸 그림이다. 따라서 앞에서 추출한 객체들간의 메세지 전달과정은 <그림5>와 같은 메세지 흐름도로 나타낼

수 있는데, 그 과정을 살펴보면, 먼저 Scenario객체와 Tank객체에게 Scheduler참조자와 함께 schedule()메세지를 보낸다. 그러면 자신들의 사건시각과 Scheduler참조자가 관리하고 있는 가장빠른 사건시각을 비교하여 가장빠른 사건시각을 갖는 객체를 선정하게 된다. 이때 가장빠른 사건시각을 갖는 객체가 Scenario객체이면 이 사건의 발생으로 인하여 영향을 받게되는 객체들만 정의된 행위를 유발하도록 trigger() 메세지를 Scenario객체에게 보내며, 그렇지 않고 가장빠른 사건시각을 갖는 객체가 Tank객체이면 발생된 사건에 따라서 정의된 행위를 유발하도록 trigger() 메세지를 해당 Tank객체에게 보낸다. trigger() 메세지에 의하여 상태전이가 발생하는 객체는 자신의 추론기관에 infer()메세지를 보내어 해당기능이 그 시간부로 정상인지 여부를 추론하여 그 결과에 따른 trigger를 하게 된다. 그리고 이어서 trigger결과에 따른 변동사항을 갱신시키기 위하여 Scheduler객체에게 update()메세지를 보내는데 이 메세지에 의하여 시뮬레이션 결과분석을 위한 관련사항을 갱신시킨다.

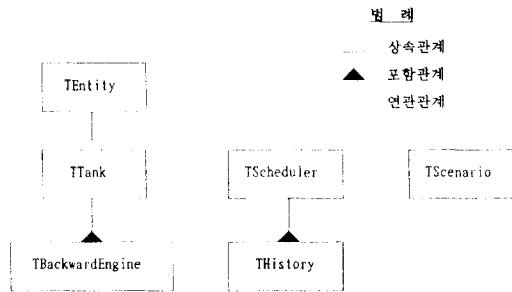


<그림5> 객체간 메세지 흐름도

#### 4.4.3 객체 / 관계 모형

객체지향 분석에서는 시스템에 대한 분석을 정적인

측면과 동적인 측면에서 각각 실시하게 되는데, 객체/관계모형은 시스템을 정적인 측면에서 분석하여 객체와 객체들간의 관계를 약정된 형태로 나타낸 것을 말한다. 즉 이는 먼저 객체를 추출하고, 이를 분류하여 클래스화 한 후에 객체들간의 관계를 관계군으로 구분하여 나타낸 것이다. 따라서 앞에서 추출한 객체를 클래스로 분류하여 이들의 관계를 나타내면 <그림6>과 같은 객체/관계모형을 구축할 수가 있다.



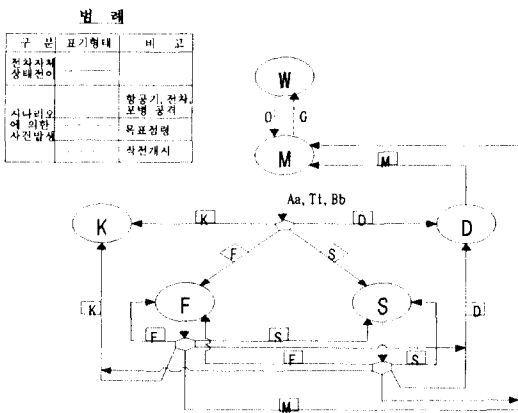
<그림6> 객체/관계 모형

이들간의 관계를 살펴보면, 우선 TEntity객체는 모델의 적용범위를 일반화시키기 위하여 전차를 포함한 모든 개발대상객체들이 공통적으로 갖을 수 있는 속성과 절차를 고려하여 설계한 객체이며, 이에 반하여 TTank객체는 이러한 TEntity객체로부터 공통적인 속성과 절차를 상속받고 그외에 필요한 속성과 절차들을 추가 하였으며. 또한 각각의 TTank객체는 추론기관을 갖도록 TBackwardEngine객체를 포함시켰다. 그리고 TScheduler객체에는 THistory객체를 포함시키므로써 시뮬레이션의 전체적인 진행은 물론 시뮬레이션 종료후 시뮬레이션 결과를 분석하는데 필요한 자료들을 관리하도록 하였다. 그리고 객체간 인터페이스를 위하여 TScheduler객체와

TScenario객체 및 TTank객체간에는 연관관계를 유지시켰다.

#### 4.4.4 동적과정 분석모형

동적과정 분석모형이란 시스템을 동적인 측면에서 분석한 것으로서 외부환경에 대한 반응과 그에 따른 작용, 반작용, 상호작용 과정을 통하여 시스템이 어떻게 진행되는가를 분석한 것인데, 이는 상태(state), 사건(event), 조건(condition), 작동(activity or action), 전이(transition) 등으로 구성된다. 따라서 앞의 문제정의에서 가정한 사항들을 바탕으로하여 동적과정 분석모형을 구성하면 <그림7>과 같은데, 이는 시뮬레이션상에서 구문객체인 전차객체를 중심으로 그들의 상태전이 메카니즘을 나타낸 것이다. 따라서 시뮬레이션 진행시 전차객체는 시나리오에 명시된 사건이 발생함에 따라 <그림7>과 같은 상태전이 메카니즘을 근간으로 하여 가정사항에 명시된 상태전이 절차에 따라 그들의 상태를 전이시키게 되므로 시뮬레이션이 진행되게 된다.



<그림7> 객체의 동적과정 분석모형

위의 그림에서 ○는 객체(전차)의 상태를 나타내

는데, 여기서 전차가 가질 수 있는 상태는 W(wait) 대기상태, M(move) 이동상태, F(fire) 사격상태, S(smoke) 화생방 방호상태, D(damage) 고장상태, K(kill) 완파상태 등임을 알 수 있다. 또한, 오각형과 육각형기호는 시나리오에 의하여 발생하는 사건에 따른 조건적 노드(conditional node)이며, 사각형기호는 전이시간(transition time)을 갖는 전이(transition)를 나타낸다.

### 4.5 객체지향 설계(OOD) 및 구현(OOP)

객체지향 설계란 객체지향 분석단계에서 구성한 객체/관계 모형과 동적과정 분석모형을 근거로 클래스를 정의하는 단계로서, 각 클래스별로 그들의 속성과 절차인 데이터 멤버와 멤버함수들을 포함하여 설계하였다.

그리고 설계된 클래스를 기반으로 한 모델의 구현은 객체지향언어인 Borland C++ 3.1을 사용하였는데, 프로그램을 선언(declaration)부분인 Header파일, 정의(definition)부분인 CPP파일, 그리고 사용부분인 main파일과 같은 3개의 모듈로 구분하여 작성하였다.

## 5. 모델의 적용

### 5.1 모델적용을 위한 가정사항

본 절에서는 모델을 이용하여 전차체계의 RAM요소 목표값을 설정하는 과정을 예로 보았다.

단위부대가 보유한 전차는 10대이고, 전차의 운용 유형 즉, 시뮬레이션 모델에 입력할 시나리오는 아래의 <표3>과 같이 가정하였다.

<표3> 시나리오

사건 번호	Event Time		Event
	시작시간	종료시간	
0	00:00		Oo(공격개시)
1	00:25	00:28	A3/m(적기 3대 미사일 공격)
2	00:52	00:58	T5/m(전차 5대 미사일 공격)
3	01:03	01:05	B10/c(야포 10대에 의한 화학탄 공격)
4	01:20	01:28	A5/m(적기 5대 미사일 공격)
5	01:57	02:01	A2/m(적기 2대 미사일 공격)
6	02:20	02:35	T10/m(전차 7대 미사일 공격)
7	02:38	02:43	A3/m(적기 3대 미사일 공격)
8	02:50	02:55	T2/m(전차 2대 미사일 공격)
9	03:00		Gg(목표점령)

위의 시나리오에서 전차가 적의 위협시 피해를 입지 않았을 경우 교전지체 시간은 1분이고, 화생방 공격시 지체시간은 5분으로간주한다.

또한, 모델의 적용성을 보이기 위하여 RAM요소 목표값에 대한 몇 가지 대안을 <표4>와 같이 설정하였으며, 각 대안별로 모델을 이용하여 시뮬레이션을 실시한 후, 시뮬레이션 결과를 비교분석하여 최적대안을 선정하도록 한다.

<표4> 대안별 RAM요소 목표값 추정치

구 분	고장율	평균수리시간(MTTR)	
		경 과	중 과
대안A	0.000511	40 분	100 분
대안B	0.000495	50 분	110 분
대안C	0.000325	60 분	120 분

한편, 최적대안을 선정하기 위한 효용측정치(figures of merit)는 <표5>와 같이 가정한다. 따라서 각 대안별 시뮬레이션결과 분석값들을 비교하여 아래 <표5>의 효용측정치 범주를 가장 합리적으로 만족시키는 대안을 최적대안으로 선정하기로 한다.

<표5> RAM요소목표값 결정을 위한 모델의 효용

측정치

구 분	기준치
단위부대전투준비태세율	0.60 - 0.69
체계의 운용가능도	0.6 이상

위의 <표5>에서 효용측정치의 기준값은 특정한 기준이 있는것이 아니라 단지 개발될 무기체계를 직접 사용하게될 사용자의 판단에 달려있는 사항인데, 본 연구에서는 단위부대 전투준비태세율을 아래와 같이 정의하였다.

$$\text{단위부대 전투준비태세율} = \frac{\text{시뮬레이션 종료후 고장 및 생존전차의 댓수}}{\text{시뮬레이션 시작시 전차의 총 보유댓수}}$$

그리고 체계의 운용가능도는 시뮬레이션 기간동안 장비 1대에 대한 가동비율로서 아래와 같이 정의하였다.

$$\text{운용가능도} = \frac{\text{총 시간(calendar time)} - \text{총 고장정비시간(down time)}}{\text{총 시간(calendar time)}}$$

## 5.2 대안별 결과비교 및 RAM

### 목표값 설정

앞에서 제시한 3가지 대안에 대하여 각각 시뮬레이션을 실시한 결과 아래의 <표6>과 같은 결과를 얻을 수 있었는데, 결과에서 보면 3가지 대안중 효용측정치를 모두 만족시키는 대안은 "대안C"가 됨을 알 수 있다. 따라서 전투개발자는 RAM요소 목표값을 고장율은 0.000325, 평균고장간 수리시간은 경과시 60분, 중과시 120분으로 설정하여 연구개발 동서에 반영할 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

<표6> 대안별 시뮬레이션 결과

구 분	운용가용도 (기준:0.6)	전투준비태세율 (기준0.60-0.69)	비 고
대안A	0.57	0.5	
대안B	0.57	0.7	
대안C	0.63	0.6	최적대안

## 제 6 장 결 론

현대전에 있어서 전쟁의 승패를 결정짓는 요인은 여러가지가 있을 수 있겠으나, 무기체계에 대한 최적의 군수지원이야말로 전승을 보장할 수 있는 직접적인 요인이라고 생각한다. 이러한 최적의 군수지원성을 보장하기 위해서는 무기체계 개발시 무기체계의 수명주기(life cycle)에 따라 개발초기단계부터 군수지원성 분석을 실시하여 최적의 군수지원요소를 도출해내는 것이 무엇보다 중요하다고 할 수 있는데, 이를 위해서는 분석모델이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 무기체계의 군수지원성 분석을 위한 지식기반 객체지향 시뮬레이션 모델에 관한 연구를 실시하였는데, 본 연구에서 개발한 모델은 시뮬레이션 결과로서 체계의 운용가용도와 전투준비태세를 산출해 낼 수 있기 때문에 전투개발자가 무기체계에 대한 RAM요소 목표값을 설정할 경우 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 본 모델은 설계목적상 고장발생시 정비소요시간을 비롯한 정비체계와 각종 사건발생시 객체의 상태전이 절차 등과 같은 사항들에 대하여 단순화된 가정을 사용하여 묘사하므로써 다소 현실성이 결여된 단점이 있다. 이 점을 보완, 발전시킨다면 실질적인 분석용 모델로 사용될 수 있을 것이다.

1. 김 철, RAM기법, 국방과학연구소, 1986.
2. 김재연, 컴퓨터 시뮬레이션, 박영사, 1987.3.
3. 김화수, 고순주, 인공지능의 이론과 실제, 집문당, 1993.
4. 마호명, 최상영, "군수지원성 분석을 위한 지식기반객체지향 시뮬레이션 아키텍처와 추론기관 설계", 대한산업공학회 '95추계 학술대회 발표논문집, 1995.10.
5. 마호명, "군수지원성 분석을 위한 지식기반 객체지향 시뮬레이션 모델에 관한 연구", 국대원 석사학위 논문, 1995.12.
6. 조상훈, 볼랜드 C++로 시작하자, 가남사, 1994.4.
7. 신동준, 터보C 입문, 기전연구소, 1993.3.
8. 최상영, 객체지향 기법의 시스템모델 개발 적용, 국방대학원, 1993.9.
9. 한국소프트웨어 개발연구 조합, 한국형 전문가 시스템 TOOL개발, 1차년도 년차보고서, 과학기술처, 1990.6.
10. 현대정공기술연구소, RAM PLAN, STS-II-026 부록1, 1993.12.
11. Booch G, Object-oriented design, The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc., 1991
12. Borland International Inc., Borland C++ manuals, 1992.
13. Chit-Sang Tsang, "A design of expert system architecture for communication engineering simulation", Simulation, March 1991. pp197-202.

14. David L. Eldredge, et al., "Applying The Object-Oriented Paradigm to Discrete Event Simulations using the C++ language", Simulation, February 1990., pp.83-91
15. Embley D W, et al., Object-oriented systems analysis, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1992.
16. Galina V. Merkurjeva et al., "Knowledge Based Simulation Systems-A Review", Simulation, February 1994., pp74-89
17. Ghanshyam Sharma, et al., "A Knowledge-Based Simulation Approach(K-SIM) for Train Operation and Planning", Simulation, June 1990. , pp.381-391.
18. Jerzy W.Rozenblit, "AN integrated framework for knowledge-based modeling and simulation of natural systems", Simulation, September 1991. pp152-165.
19. Michael A.Smith, Object-oriented software in C++, CHAPMAN & HALL, 1994.
20. MIL-STD-1388-2A, DOD Requirements for Logistic Support Analysis Record, Department of Defense, Washington, D.C., July 20, 1994.
21. Ming Rao and Tsung-Shann Jiang, et al., "Integrated intelligent simulation environment", Simulation, June 1990. , pp291-295
22. Rumbaugh J, et al., Object-oriented modeling and design, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1991.
23. US Army, RAM Rationale Report Handbook, TRADOC/AMC-P70-11, July 1987.