

# 유도무기체계 RAM분석을 위한 ILS M&S 설계

이용빈 · 이동욱\* · 이주형 · 엄천섭 · 박장원

## Design of ILS M&S for RAM Analysis in Guided Weapon System

Yong-Bin Lee · Dong-Wook Lee\* · Joo-Hyung Lee · Chun-Sup Um · Jang-Won Park

### ABSTRACT

M&S techniques are utilized for various purposes on the national defense, and its importance is increasing than ever. For analyzing RAM (Reliability, Availability and Maintainability) of weapon system, using M&S techniques can be more effective and practical way than deterministic approach, because M&S approach can consider uncertain variables and various constraints in the ILS (Integrated Logistics support) field. For design of ILS M&S, we first set up a purpose of M&S, attributes of real system and other similar ILS M&S tool. Then, we convert real system into model which consists of mathematical formula and logical expression. In this thesis, we introduce modeling procedures of M&S that describes total life cycle of 'OO guided weapon system' and the contents proposed in this paper can provide references for developing other M&S tool.

**Key words** : RAM, ILS, M&S, DEVS, Guided weapon system

### 요약

국방분야에서 M&S 기법은 분석, 훈련, 획득 등 다양한 목적으로 활용되고 있으며 그 중요성은 더욱 증가하고 있다. 무기체계의 종합군수지원(ILS)요소 개발을 위한 RAM분석 시 M&S 기법을 활용하면 수리적인 기법만으로는 분석하기 어려운 시스템의 다양한 변수와 제약사항을 고려한 분석이 가능하다. 무기체계의 RAM분석을 위한 ILS M&S도구를 설계하기 위해서는 M&S의 목적 설정, 무기체계의 특성 및 유사 M&S Tool 기능 분석 등의 활동이 선행되어야 하며 이를 바탕으로 실제 현실을 프로그램으로 구현하기 용이한 형태의 수학적, 논리적 언어로 모델링해야 한다. 본 논문에서는 'OO유도무기체계'의 배치부터 폐기 시까지 발생하는 운용, 저장, 점검, 고장발생, 정비 등 제반 군수지원활동을 모의하여 유도무기체계의 수명주기 동안의 RAM 특성을 예측, 분석할 수 있는 M&S 도구의 모델링 과정을 제시하고자 하며 이는 유사 M&S 도구의 개발 시 참고자료로도 활용 가능할 것이다.

**주요어** : RAM분석, 종합군수지원, 유도무기체계, 모델링, 시물레이션

## 1. 서론

RAM분석은 신뢰도(Reliability), 가용도 (Availability), 정비도(Maintainability) 분석의 약자로 무기체계가 주어

\*본 연구는 국방과학연구소 연구비 지원으로 수행되었습니다.

**Received:** 30 April 2015, **Revised:** 28 May 2015,  
**Accepted:** 23 June 2015

**\*Corresponding Author:** Dong-Wook Lee  
E-mail: dwrhee@add.re.kr  
Agency for Defense Development

진 환경에서 고장 없이 얼마나 오랫동안 기능을 수행할 수 있는가에 대한 신뢰도 분석, 고장 발생 시 원상태로 복구하기 위해 얼마나 시간이 소요될 것인가를 예측하는 정비도 분석, 임의의 시점에 무기체계가 운용 가능한 상태에 있을 확률을 예측하는 가용도 분석에 대한 총칭이다.<sup>[1]</sup> RAM특성은 무기체계의 안정적인 설계 및 최적의 ILS (Integrated Logistics Support, 종합군수지원)요소 개발을 위한 중요한 정량적 근거가 된다.

M&S(Modeling&Simulation) 분석기법은 분석, 획득, 훈련 등 국방 분야에서 다양한 목적으로 활용되고 있으며 획득분야에서 M&S기법은 체계개발 단계에서 뿐만 아니

라 최초 소요제기 단계에서부터 운용/폐기 등 전 과정에 걸쳐 활용되고 있으며 현재 SBA(Simulation Based Acquisition)제도 정착을 위한 노력이 계속 진행 중이다.

M&S기법을 활용하여 RAM 분석을 수행 할 경우 다양한 변수 및 현실적인 제약사항을 반영할 수 있다는 장점이 있기 때문에 활용도는 점점 증가하고 있는 추세이다. 예를 들어 기존의 수리적, 결정론적 기법을 활용하여 분석할 때는 무기체계가 고장발생 후 정비요원에 의해 고장 탐지가 되고 고장을 복구하기 위한 정비행위가 수행된 후 다시 운용이 된다. 하지만 실제 현실에서는 정비요원이 가용하지 않거나 정비에 필요한 자원이 부족하여 정비가 즉시 진행되지 않고 대기하는 현상이 발생할 수 있다. 이러한 현실을 수리적으로 근사화한 모델을 설계하기란 어려운 일이지만 M&S기법을 활용한다면 이와 유사한 상황에 대한 묘사가 가능하다.

종합군수지원(ILS)분야에서 M&S를 활용한 기존의 연구로는 RAM분석을 위한 M&S 시뮬레이터(RAMsim)의 개발<sup>[4]</sup>, 유도탄의 점검주기 설정을 위한 M&S의 활용<sup>[5]</sup>, 소요제기 단계에서의 RAM업무를 지원하기 위한 계층적 RAM시뮬레이션 모델의 프레임워크에 대한 연구<sup>[6]</sup>, 제약사항을 고려한 보충 유도탄의 시뮬레이션 기법 연구<sup>[7]</sup> 등 다양한 측면에서 연구가 진행 중이다.

무기체계의 종합군수지원 분야의 분석을 위한 기존의 시뮬레이션 모델은 기계, 전자부품 등으로 구성된 일반 전투 장비를 기준으로 개발된 모델로써 유도무기체계가 가지는 특수성을 반영하는 것이 제한된다. 일반적으로 유도무기체계는 유도탄과 발사통제장비 등으로 구성되며 유도탄은 고가의 일회성장비(One-shot device)이고 화약류를 포함한 장비로 발사통제장비와는 구조적인 특성, 운용환경, 정비/보급지원 체계 등 제반 군수지원요소들이 상이하다. 따라서 유도무기체계와 같이 체계 내에서 서로 다른 조건을 적용해야하는 장비들로 이루어진 무기체계의 ILS M&S는 개별 장비의 특성 및 상이한 조건을 반영할 수 있어야 함과 동시에 체계 관점의 RAM특성, 자원소요 등을 종합적으로 예측할 수 있어야 한다.

본 논문에서는 M&S 기법을 활용하여 OO유도무기체계의 배치 시부터 폐기 시까지의 저장, 운용, 고장발생, 정비 등 제반 군수지원활동을 모의함으로써 OO체계의 수명주기 동안의 RAM특성 예측 및 군수지원성 분석을 위한 시뮬레이션 모델의 개발과정을 제시하고자 한다. 또한 개발 모델은 OO유도무기체계의 특성을 반영하며 기존의 시뮬레이터의 기능을 발전시켜 현실세계의 다양한 고려사항들을 더욱 상세히 모의할 수 있도록 하였다.

## 2. 모델 예비 설계

ILS M&S의 개발범위, 방향을 구체화하기 위해서 시뮬레이션 모델의 목적을 설정하고, 모의하고자 하는 대상 체계에 대한 분석, 유사 상용 시뮬레이션 S/W에 대한 자료 수집 및 분석을 통해 모델링 설계의 방향을 구상하였다.

### 2.1 목적 및 개발개념 설정

모든 시뮬레이션 모델은 해결하고자 하는 문제의 목적을 중심으로 개발되고 활용되며 어떠한 목적으로 개발하느냐에 따라 시뮬레이션 모델의 개발범위와 세부설계 방향이 달라지기 때문에 최초 목적을 명확하게 정의하는 것은 중요하다. 본 ILS M&S 도구의 개발목적은 OO유도무기체계의 수명주기 간 배치, 저장, 운용, 검사, 고장, 정비, 보급 등 제반 군수지원활동을 모의하여 무기체계의 RAM 성능을 예측하고 시뮬레이션 결과를 활용하여 최적 ILS 요소의 개발을 지원하기 위함이다. 위와 같은 목적을 달성하기 위하여 다음과 같은 개발 개념을 설정하였다.

첫째, OO 유도무기체계의 구조를 입력하고 하부 구성품의 신뢰도, 정비 및 운용관련 정보 등을 활용하여 체계의 RAM 성능 예측이 가능한 시뮬레이션을 구현한다.

둘째, OO 유도무기체계의 정비, 보급 및 운용 등 유지보수지원체계 정보를 입력하여 정비자원(인력, 지원장비, 수리부속), 정비시간, 대기시간 등을 예측 가능한 시뮬레이션을 구현한다.

셋째, 기존 ILS M&S S/W의 기능을 보완, 발전시키고 OO유도무기체계의 특성을 반영하며, 시뮬레이션 진행 및 결과를 그래프, 표 형태를 활용하여 표현한다.

설정된 개발개념을 바탕으로 시뮬레이션에서의 입력 및 출력 되어야할 주요 정보들을 요약하면 다음 Table 1과 같다.

### 2.2 체계 특성 분석

ILS M&S의 분석 대상이 되는 OO유도무기체계 특성을 장비의 구조적 특성, 정비/지원 체계의 특성, 운용 시나리오 특성으로 구분하여 분석하였다. 이를 통해서 OO유도무기체계를 모의하기 위해 필요한 기능들을 식별하고, 기존의 유사 M&S 시뮬레이터의 모의기능을 분석하여 설계에 참조하였다.

#### 2.2.1 체계 구조적 특성

OO유도무기체계의 구조적 특성 중 모델링을 위해 고려해야할 주요사항들은 다음과 같다.

**Table 1.** Main-factor (input and output) of ILS M&S

Division	Input	Output
Reliability	<ul style="list-style-type: none"> <li>• System structure</li> <li>• Failure rate (Probability distribution)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MTBF(Mean Time Between Failure)</li> <li>• Failure frequency</li> <li>• Operation/Non-operation time</li> </ul>
Maintainability	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Replace/Repair time</li> <li>• Maintenance resources</li> <li>• Maintenance level</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MTTR(Mean Time To Repair)</li> <li>• Maintenance time/frequency</li> <li>• Maintenance resources consumption                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Manpower, Support equipment, Spare part</li> </ul> </li> <li>• Waiting time</li> </ul>
Availability	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reliability data</li> <li>• Maintainability data</li> <li>• Operational scenario</li> <li>• Deployment plan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operational availability</li> </ul>

- 1) OO체계는 크게 유도탄, 발사장비, 거치대 세 종류의 장비로 구성되며 각 장비의 하위는 장치, 부, 조립체, 부품 등 다수의 계층적 구조를 갖는 다양한 구성품들로 설계되어 있다.
- 2) OO체계를 구성하는 모든 각 구성품들은 고유한 고장율 값(확률적 수치)을 가지고 있으며 고장율을 기준으로 고장이 발생한다. 이를 통해 체계 전체의 신뢰도(MTBF)를 예측할 수 있다.
- 3) OO체계의 각 구성품은 고장 발생 및 식별 시 교환 또는 수리를 실시하며 이 때 필요한 시간, 인력, 지원장비(공구, 물자 등) 등은 각각 상이하다.
- 4) 각 구성품은 제조사로부터 조달에 필요한 고유한 조달시간을 가지며 구성품 중에는 배치 후 일정시기가 도래하면 무조건 교환해야하는 주기교환 품목이 존재한다.
- 5) 단일 OO체계는 n개의 유도탄과 1개의 발사장비 및 거치대로 구성된다. 따라서 체계의 가용여부는 r개의 유도탄과 1개의 발사장비 및 거치대가 가용하면 가용한 것으로 볼 수 있다. ( $1 \leq r \leq n$ )
- 6) 유도탄은 일회성장비(One-shot device)로 평시 장기간 저장 상태로 보관되며 유사 시 1회 사용 후 폐기된다. 단, 일반 포탄과는 달리 유도탄은 내부에 다수의 전자부품을 포함한 고가의 일회성장비로 예방 정비 등 주기적인 검사를 통해서 장비의 고장여부를 점검한다.
- 7) 유도탄과 달리 발사장비와 거치대는 평시 운용부대에서 운용 및 관리하며 고장발생 시 운용 전/후 검사를 통해 즉각 식별이 가능하고 정비 후에는 재사용이 가능하다.

특히 5)~7)항목의 경우는 유도무기체계의 특별한 특성이라 할 수 있으며 유도탄과 발사장비/거치대의 서로 다른 운용환경, 정비/보급지원체계를 각각 모의하고 종합할 수 있는 형태의 모델 설계가 필요하다고 할 수 있다.

**2.2.2 정비/보급지원 체계 특성**

정비/보급 지원체계는 무기체계의 운용유지를 위하여 이루어지는 검사, 정비, 보급, 수송 등의 군수지원활동의 체계를 말하며 OO체계의 정비/보급지원체계 특성 중 모델링을 위해 고려해야할 주요사항들은 다음과 같다.

- 1) 정비계단은 부대, 야전, 창정비 3계단으로 구분된다.
- 2) 정비계단은 장비에 따라 이원화 되어 적용된다. 유도탄은 탄약정비체계를 적용하며 발사장비/거치대는 일반적인 전자/기계장비의 정비체계를 따른다.
- 3) 구성품에 고장이 발생하면 고장난 장비는 정비부대에 입고되어 정비가 수행되며 정비부대에서 정비를 위한 수리부속이 없으면 보급부대에 이를 청구한다. (단, 발사장비의 경우 이동정비를 우선 실시하며 불가 시 입고정비를 한다.)
- 4) 각 구성품은 정비가 가능한 최소 정비계단이 있으며 해당계단으로 이동하여 정비된다.
- 5) 정비/보급/제조사에서 정비/보급/조달을 요청할 때는 행정시간이 소요된다.
- 6) 부대와 부대 간에 장비 및 수리부속이 이동할 때 이동시간이 소요된다.
- 7) 구성품을 정비하는 행위는 교환 또는 수리로 구별되며 수리를 시도하더라도 수리가 될 수도 있고 안 될 수도 있다. 수리가 안되면 교환을 실시한다. 또한 수리가 되더라도 신품과 같은 상태로 완전수리가 될

수도 있고 그렇지 않을 수도 있다.

- 8) 보급부대에서는 재고량 관리정책에 따라 필요한 재고량을 유지한다.
- 9) 주기별로 야전정비 수준의 점검을 실시하며 운용가 용도 및 비용을 고려하여 점검주기, 샘플링 비율, 주기점검 분할횟수는 장비별로 다르게 적용된다.
- 10) 특정한 구성품에 대해서는 신속한 정비를 위해 정비부대에서 직접교환품목을 보유할 수 있으며 M/F 장비를 보유/활용할 수도 있다.
- 11) 정비/보급 부대별 가용한 자원(인력, 지원장비, 수리부속)은 상이하다.
- 12) 정비/보급 부대의 편제는 부대여건에 따라 비대칭적 구조를 가질 수도 있다.

### 2.2.3 운용시나리오 특성 분석

운용시나리오는 무기체계가 야전에 배치된 이후에 계획에 의하여 훈련, 임무수행 등으로 운용되는 시나리오를 말하며 OO체계의 운용 특성 중 모델링을 위해 고려해야 할 주요사항들은 다음과 같다.

- 1) 운용상태와 저장상태를 구분할 경우 운용을 할 때 무기체계는 신뢰도 측면에서 저장상태보다 더욱 가혹한 환경에 노출된다.
- 2) OO체계는 배치된 이후 부대별로 계획적으로 훈련, 작전 등 다양한 임무를 실시한다.
- 3) 임무에 참여하는 체계의 수, 임무를 수행하는 시간은 임무의 형태에 따라 다르다.

- 4) 특정한 임무는 하위 업무 및 세부기능으로 계층화할 수 있으며 세부 기능에 따라 체계 전체에 영향을 줄 수도 있고 특정 구성품에만 영향을 줄 수도 있다. 예를 들면 ‘전술훈련’이라는 임무 하위에는 ‘관측/경계라’는 업무가 있고 그 하위에 ‘전원On’이라는 세부기능이 있다고 할 때 ‘전원On’이라는 세부기능은 체계의 스위치, 배선, 전지, 전원모듈 등 일부 구성품들에 영향을 준다.
- 5) OO체계는 각 부대에 한 번에 동시에 배치되지 않으며 배치계획에 의해서 순차적으로 배치된다. 배치된 순서가 빠를수록 먼저 폐기수명에 도달한다.

### 2.3 유사 상용 시뮬레이션 S/W 특성

유사한 기능을 가진 기존 상용 시뮬레이션 S/W의 기능분석을 통해 개발하고자 하는 시뮬레이션 모델에서의 발전요소를 도출할 수 있다. 유사한 상용 시뮬레이션 S/W로는 스웨덴 Systecon사에서 개발한 SIMLOX, 국내 ADD에서 개발한 RAMsim이 있으며 주요기능의 차이점은 다음 Table 2와 같다.

- 1) 운용시나리오의 경우 SIMLOX는 주기 및 시간으로 설정할 수 있으며 RAMsim은 운용을 임무/운용형태/운용업무/기능설정의 4단계로 구분하여 입력 및 설정할 수 있다.
- 2) 체계의 신뢰도구조 표현의 경우 SIMLOX은 Family Tree구조를 이용하여, RAMsim은 신뢰성블록도(RBD)를 이용하여 입력한다.

Table 2. Comparison with other simulator

Division	SIMLOX	RAMsim
Development company (Institution)	Systecon	ADD
Operational scenario	Phase	Hierarchy (Mission/Type/Task/Function)
System structure	Family Tree	RBD
Failure rate (Probability distribution)	Exponential	Exponential/Weibull/Lognormal
Repair time	Constant	Exponential/Weibull/Lognormal
Maintenance/support level	No limits	4-level limits
Maintenance/support troops	Inseparability	Separability
Spare part stock plan (Reorder point, Initial stock point )	(s, S)	(S-1, S)
Repairman	×	○
Support equipment	×	○
Spare part	○	○

- 3) 고장발생분포 및 수리시간 분포는 확률분포를 적용하거나, 상수값을 적용하며 확률분포의 경우도 적용 가능한 분포의 종류가 서로 상이하다.
- 4) 정비 및 보급체계의 경우 SIMLOX는 정비부대, 보급부대 분리가 되지 않고 정비/보급부대가 하나의 부대로 통합 적용된다.
- 5) 보급부대의 재고정책의 경우 SIMLOX는 (s, S)정책으로 사용자가 최대재고량(S) 및 재주문점(s)을 설정할 수 있으며 RAMsim의 경우는 최대재고량(S)만 설정하면 재주문점은 S-1로써 재고량 1개 감소 시 자동으로 재주문하는 방식이다.
- 6) 정비소요자원과 관련해서는 SIMLOX에서는 수리부속은 모의 가능하나 정비인력, 지원장비(치공구 등)는 모의되지 않으며 RAMsim에서는 정비인력, 지원장비, 수리부속 모두 모의가 가능하다.

### 3. 모델 상세 설계

시뮬레이션 모델의 목적, 대상 체계의 특성 및 유사 시뮬레이션 S/W 기능을 분석한 결과를 바탕으로 다음과 같이 모델을 설계 하였다.

#### 3.1 체계구조 모델 설계

체계구조 모델은 OO체계의 특성을 고려하여 Fig. 1과 같이 크게 유도탄, 발사장비, 거치대 세 종류의 장비를 기본으로 구성하고 그 하부 레벨의 구성품들은 사용자가 직접 트리구조를 구성하고, 확장이 가능하며 구성품별로 고장율 값, 정비 소요자원, 조달시간 등 기본적인 고유정보를 입력할 수 있도록 설계하였다.

단일 OO체계는 n개의 유도탄과 1개의 발사장비 및 거치대로 구성되므로 이를 반영하여 전체 OO체계의 가용

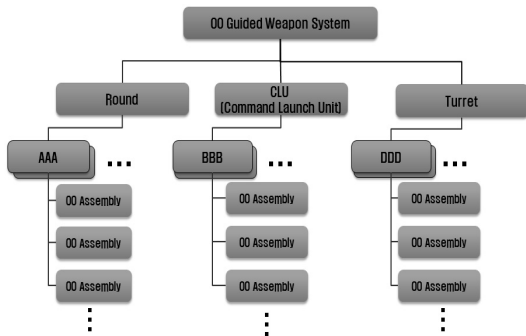


Fig. 1. System structure design

도 산출 시 유도탄의 기준 가용수를 설정할 수 있도록 하고 주기교환품목 설정이 가능하도록 하였다. 구성품 별 고유의 저장 신뢰도와 운용 신뢰도를 구분하여 반영할 수 있도록 하고 운용 신뢰도는 운용 시나리오와 연결되어 체계가 운용 중일 경우는 운용신뢰도의 적용을 받아 고장이 발생하도록 하였다.

#### 3.2 정비지원체계 설계

정비지원체계는 OO체계의 특성 및 현실을 고려하여 다음과 같이 설계하였다.

- 1) 부대, 야전, 창고의 3계단 정비를 기본으로 하며 장비에 따라 정비계단이 상이한 특성을 반영하여 유도탄의 정비계단과 발사장비 및 거치대의 정비계단을 Fig. 2와 같이 이원화하였다.

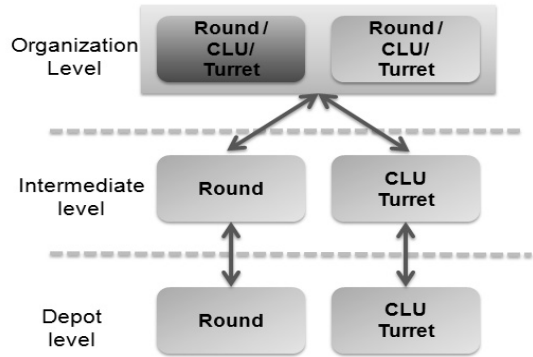


Fig. 2. Dual maintenance support system design

- 2) 정비부대의 개체는 사용자가 직접 구성함으로써 Fig. 3과 같이 부대 특성에 따라 일정하지 않고 비대칭적인 정비부대의 구조를 반영하도록 설계하였다.

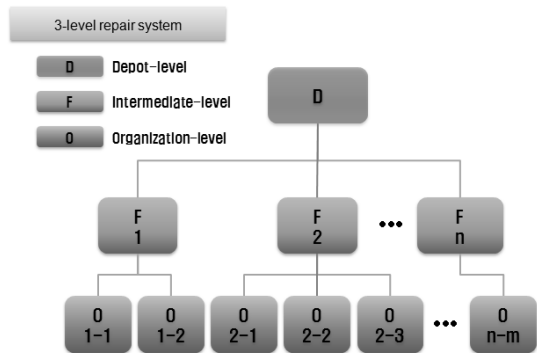


Fig. 3. Asymmetric maintenance support system design

3) 고장발생 시 장비에 해당되는 정비계단을 따라 장비가 이동하여 정비를 수행하며 유도탄과 발사장비 및 거치대의 정비흐름은 다음 Fig. 4, Fig. 5와 같이 구분하였다.

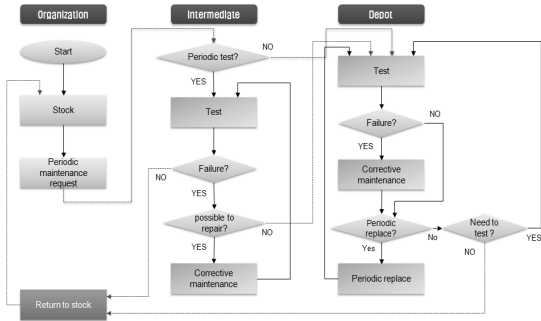


Fig. 4. Maintenance flow chart of round

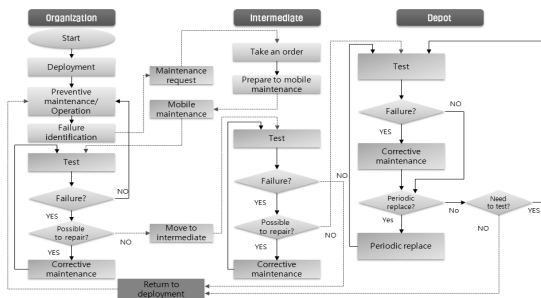


Fig. 5. Maintenance flow chart of CLU/Turret

4) 보급부대는 정비부대의 수리부속 요청에 따라 수리부속을 지원하며 흐름은 유도탄, 발사장비, 거치대 모두 동일하며 다음 Fig. 6과 같다.

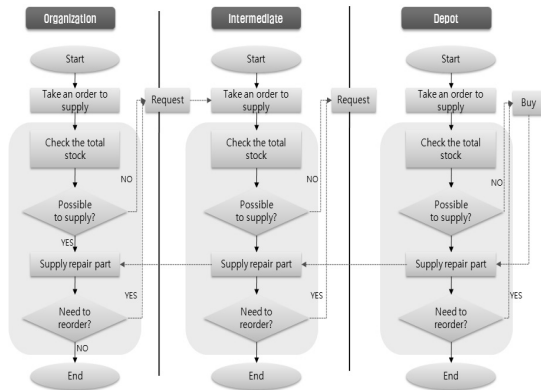


Fig. 6. Supply support flow chart of spare part

- 5) 정비/보급부대 및 제조사에서 정비/보급/조달을 요청할 때의 행정시간과 부대 간 장비 및 수리부속 이동 시 이동시간을 반영한다.
- 6) 수리효과는 다음 Fig. 7과 같이 완전수리(Perfect repair), 최소수리(Minimal repair), 불완전 수리(Imperfect repair)로 구분될 수 있다.

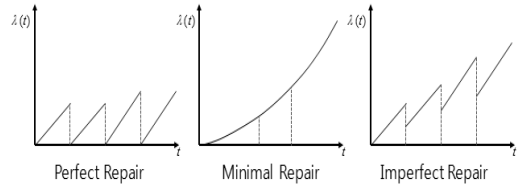


Fig. 7. Repair effect model

장비를 신제품과 같이 회복시키는 것이 완전수리, 고장직전의 상태로 회복시키는 것이 최소수리, 신제품과 같진 않지만 현 상태보다 나은 상태로 회복시키는 것이 불완전 수리이다. 수리효과는 완전, 최소, 불완전 수리를 모두 포함할 수 있도록 정량화된 확률로 입력 하도록 설계 하였다.

- 7) 재고정책은 재주문점을 사용자가 용통성 있게 설정할 수 있도록 SIMLOX와 같이 (s, S) 재고정책을 적용하였다.
- 8) 주기점검은 현실을 반영하여 점검주기에 도래하면 지정한 샘플링 비율을 고려, 지정한 횟수만큼 수량을 분할하여 점검할 수 있도록 하였다.
- 9) RAMsim과 마찬가지로 정비부대의 인력, 지원장비, 수리부속을 입력할 수 있도록 하였으며 직접교환품목, M/F 장비 적용이 가능하도록 하였다.

### 3.3 운용시나리오 설계

운용시나리오는 OO무기체계가 야전에 배치된 이후에 계획에 의하여 운용되는 시나리오이며 OO체계의 특성과 유사 S/W인 RAMsim의 특성을 참조하여 임무 - 운용업무 - 기능의 3단계로 구분하여 사용자가 직접 운용시나리오를 구조화하여 입력 시킬 수 있도록 설계하였다. 입력된 운용 시나리오의 운용주기, 운용시간, 운용할 때 가동되는 체계의 수, 참여하는 부대 등의 세부사항을 설정하여 실제 현실을 반영할 수 있도록 설계하였다. 또한 최하위 단계인 기능과 직접관련이 있는 구성품 설정할 수 있도록 하여 해당 기능이 수행되는 시뮬레이션 시간 동안에는 관련된 구성품은 저장상태의 고장율이 아닌 운용상태의 고장율을 적용받도록 하였다. 따라서 유도탄처럼 장기

간 탄약고에 저장/보관되는 장비 및 구성품의 경우는 시뮬레이션 기간 동안 저장상태의 고장율을 적용받게 할 수 있으며 발사장비 및 거치대와 같은 상시 운용하는 장비 및 구성품은 사용자가 입력한 시나리오에 따라 운용하지 않을 때는 저장상태의 고장율을 운용 중일 경우는 운용상태의 고장율을 적용받도록 할 수 있다.

### 3.4 기타 가정사항

모델설계를 위한 추가적인 주요 가정사항들은 다음과 같다.

- 1) 주기점검, 주기교환의 경우는 계획된 시간에 진행되므로 행정지연시간을 적용하지 않는다.
- 2) 정비부대에서 정비를 수행하기 위한 자원(인력, 공구, 수리부속)이 부족한 경우는 필요한 자원이 가용한 상태가 될 때까지 정비를 지연하고 대기한다.
- 3) 교환이 완료된 고장상태의 구성품은 정비계단에서 정비를 수행한 후 동일한 수준의 보급부대에 저장한다.
- 4) 시뮬레이션 내에서 부대의 근무시간은 평일(월~금) 일일 8시간이며 공휴일은 고려하지 않는다.
- 5) 정비수준이 높은 고장이 있을 경우 현재 정비계단에서 정비가 가능한 구성품을 모두 정비한 후에 상위 정비계단으로 이동한다.
- 6) 운용 중 고장이 발생하면 즉시 현장을 이탈하여 정비절차에 따라 정비를 수행한다.
- 7) 운용에 투입되는 유도탄, 발사장비, 거치대는 해당 운용부대에서 무작위로 선택한다.
- 8) 시간과 관련된 입력값은 4가지 주요 확률분포(정규, 지수, 대수정규, 와이블) 및 모수를 선택 입력할 수 있도록 설계한다.

### 3.5 출력값 설계

시뮬레이션 결과를 나타내는 출력값은 RAM성능과 관련된 신뢰도, 가용도, 정비도 및 정비소요자원(인력, 공구, 수리부속, 지연시간)에 대한 항목들로 설정하고 다음과 같이 설계 하였다.

#### 3.5.1 체계 가동률

체계의 가동률은 각 장비의 가용도 평균으로 산출하며 기준가용수가 적용되는 장비는 다음과 같은 수식을 통해 산출한 후 종합한다.

$$P = \sum_{x=S}^N \binom{N}{x} A_0^x (1 - A_0)^{N-x} \quad (1)$$

$P$  = 체계가동률  
 $S$  = 기준가용수  
 $N$  = 총장비수  
 $A_0$  = 장비가용도

#### 3.5.2 가용도

장비의 가용도 척도는 운용가용도( $A_0$ )를 사용하며 시뮬레이션에서 산출되는 데이터를 이용하여 다음과 같은 수식으로 산출한다.<sup>[2]</sup>

$$\text{운용가용도} = \frac{\text{시뮬레이션 간 } TUT}{\text{총시뮬레이션 시간}} \quad (2)$$

위의 수식에서 TUT(Total Up Time)는 장비의 운용시간, 대기시간 등 장비가 사용가능한 시간의 총합을 의미한다. 장비가 계획 또는 비계획정비를 위해 행정 처리하는 시간, 정비를 위해 이동하는 시간, 정비대기 및 정비를 수행하는 시간 등 불가동시간의 총합은 TDT(Total Down Time)이며 총시뮬레이션 시간은  $TUT+TDT$ 가 된다.

#### 3.5.3 정비도

정비도의 척도는 MTTR(평균정비시간)이며 시뮬레이션을 통해 산출되는 고장횟수 및 정비시간 데이터를 이용하여 다음의 수식으로 산출한다.<sup>[2]</sup>

$$\text{정비도}(MTTR) = \frac{\text{시뮬레이션 간 정비시간의 합}}{\text{시뮬레이션 간 총정비횟수}} \quad (3)$$

#### 3.5.4 신뢰도

신뢰도 척도는 MTBF(고장간 평균시간)이며 시뮬레이션을 통해 산출되는 데이터를 이용하여 다음과 같은 수식으로 산출한다.<sup>[2]</sup>

$$\text{신뢰도}(MTBF) = \frac{\text{시뮬레이션 간 } TUT}{\text{시뮬레이션 간 총 고장 횟수}} \quad (4)$$

### 3.5.5 평균인력가동률

평균 인력가동률은 시물레이션 전체 기간, 연단위, 정비부대 별 정비인력의 가동률을 산출하며 다음과 같은 수식으로 산출한다.

$$\text{평균인력가동률} = \frac{\sum(\text{정비투입인력} \times \text{정비시간})}{\text{총정비인력} \times \text{총근무시간}} \quad (5)$$

### 3.5.6 평균지원장비가동률

평균 지원장비가동률은 시물레이션 전체 기간, 연단위, 정비부대 별 각 지원장비의 가동률을 산출하며 다음과 같은 수식으로 산출한다.

$$\text{평균지원장비가동률} = \frac{\sum(\text{정비투입장비} \times \text{정비시간})}{\text{총지원장비수} \times \text{총근무시간}} \quad (6)$$

### 3.5.7 평균재고수준

평균재고수준은 구성품별로 보급부대에 저장된 재고량의 평균을 의미하며 시물레이션을 통해 산출한 보급부대 별 보유한 보급품의 평균재고량을 이용하여 다음과 같이 산출한다.

$$\text{평균재고수준} = \frac{\text{구성품의 부대별 평균재고수준의 합}}{\text{구성품을 보유한 총부대수}} \quad (7)$$

### 3.5.8 평균지연시간

평균지연시간은 정비자원(인력, 지원장비, 수리부속)의 부족으로 정비를 수행하지 못하고 대기했던 시간의 평균을 의미하며 시물레이션을 통해 산출한 데이터를 이용하여 다음과 같이 산출한다.

$$\text{평균지연시간} = \frac{\text{총 정비 지연된 시간의 합}}{\text{총 정비 횟수}} \quad (8)$$

지연시간 산출을 위한 정비에는 비계획정비 뿐만 아니라 주기점검, 주기교환 등 계획정비에 의한 정비도 포함한다.

## 4. 시물레이션 구현

시물레이션은 DEVS형식론<sup>[1]</sup>에 따른 모델구성 및 시물레이션 실행, 분석을 제공하는 C++로 개발된 DEVSim

어플리케이션을 활용하였다.

### 4.1 시물레이션 입/출력 구조

시물레이션의 입력 데이터는 무기체계의 시스템적 특성, 운용시나리오, 정비/보급지원체계에 대한 상세 정보이며 시물레이션 실행에 대한 출력값은 무기체계의 RAM 성능 예측값과 자원요소가 된다. 이를 요약하여 나타내면 다음 Fig. 8과 같다.

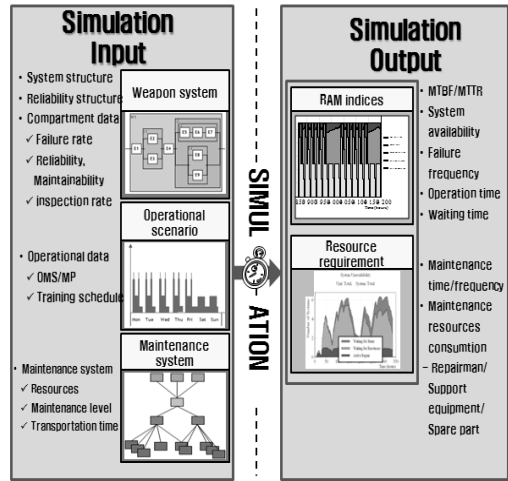


Fig. 8. ILS M&S input-out flow

### 4.2 시물레이션 구현

다음 Fig. 9는 구현된 시물레이션 모델의 데이터 정보를 입력하는 화면으로 트리구조 형태로 체계의 물리적 특성, 정비/보급지원부대, 운용시나리오의 정보 및 배치정보 등 체계의 세부사항들을 입력할 수 있다.

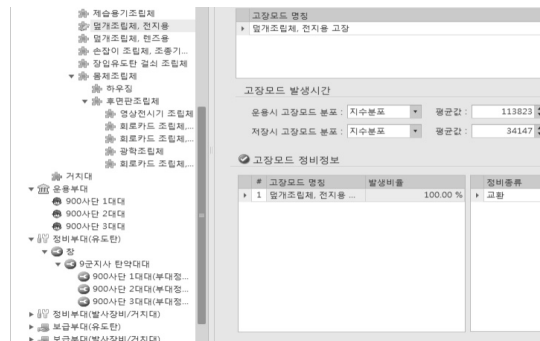


Fig. 9. Input information of system



다음 Fig. 10은 구현된 시뮬레이션 모델의 실행화면으로 시뮬레이션 실행 시간별 체계 가용도 변화추이를 그래프로 나타낸다.

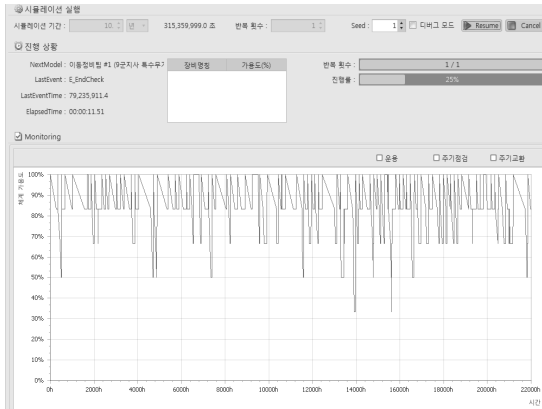


Fig. 10. Simulation performed on screen

다음 Fig. 11는 시뮬레이션 결과의 로그데이터 화면으로 시뮬레이션 간 발생한 정비활동, 정비 지연 등의 세부적인 이벤트 기록을 확인할 수 있다.

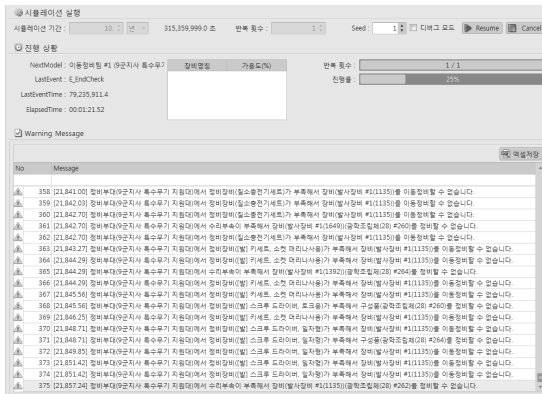


Fig. 11. Log data of simulation on screen

다음 Fig. 12는 시뮬레이션 결과의 종합 요약화면으로 RAM예측값, 인력/지원장비/수리부속 소요 등에 대한 시뮬레이션 결과 종합화면을 나타낸다.

결과종합	RAM 분석결과	인력가동률	지원장비가동률	재고수준
<b>실행정보</b>				
결과명칭	Result(389)			
총실행시간	87600시간			
실행일자	2015-03-09 오후 1:58			
반복횟수	1회			
<b>설명</b>				
<b>체계가용도</b>				
체계가용도	90.35%			
<b>신뢰도</b>				
유도단	1.45964.53시간			
발사장비	902.8시간			
거지대	Infinity시간			
<b>장비도</b>				
유도단	9.65시간			
발사장비	6.62시간			
거지대	Infinity시간			
<b>가용도</b>				
유도단	99.98%			
발사장비	90.55%			
거지대	100%			
<b>평균인력가동률</b>				
평균 인력 가동률	0.37%			
<b>평균정비지공구 가동률</b>				
{유} 손, 철사재(굽어내가용)	0.02%			

Fig. 12. Simulation result on screen

### 5. 결론 및 향후추진

본 논문에서는 OO체계의 ILS M&S도구 개발을 위한 모델의 목적 설정, 관련 정보 수집 및 분석, 모델링 설계, 시뮬레이션 구현까지 일련의 개발과정을 제시하였다. 구현된 ILS M&S 시뮬레이터는 유도무기체계의 특성과 현실의 다양한 변수 및 제약조건을 반영하여 실제 현상에 근접한 모의가 가능하며 기존의 RAMsim, SIMLOX의 기능을 보완, 발전시킨 모델로 OO체계의 RAM 특성 예측 및 군수지원성을 분석하는 측면에 기여할 것으로 판단된다. 또한 OO체계와 유사한 구조를 갖는 무기체계에 대한 종합 군수지원요소 개발 시에도 확장 적용이 가능할 것이다.

추후연구과제로는 개발된 ILS M&S의 입력/출력 데이터와 연계한 비용분석, 최적 점검주기 산출, 최적 수리부속 산출 등과 같은 ILS 주요 이슈 해결을 위해 활용할 수 있는 모델의 개발, ILS M&S S/W에 대한 검증방안에 대한 연구, 시뮬레이션 결과를 활용하여 RAM목표값 설정 등 실제의 다양한 문제에 활용하기 위한 방법 및 사례 연구 등이 있다.

### References

1. Bernard P. Zeigler, Herbert Praehofer, and Tag Gon Kim, Theory of Modeling and Simulation, Academic Press, London, 2000.
2. DOD, MIL-STD-1388-2B, 1991.

3. James, V. Jones, Integrated Logistics Support Handbook 3rd Ed, Mc Graw Hill, 2006.
4. D.H. Kim, H.S. Roh, I.H. Ghung, S.C. Han, "RAMsim-Discrete Event Simulator for evaluating RAM indices in Weapon Systems", in Proc. The Korea Society for Simulation, Seoul, pp80-85, 2006.
5. B.S. Kim, K.S. Lee, D.S. Kim, K.S. Moon, "Certified Missile Rounds Concepts Using Modeling and Simulation", Journal of the Korea Society for Simulation, Vol. 18, No. 4, pp. 95-105, 2009.
6. H.L. Kim, S.Y. Choi, "A Hierarchical RAM Simulation Model Framework", Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, Vol. 13, No. 1, pp. 41-49, 2010.
7. K.S. Lee, Y.H. Lee, Y.S. Cho, H.C. Kim, S.M. Kim, "Study of Simulation Method for Certified Missile Rounds Concepts with Constraints", Journal of the Korea Society for Simulation, Vol. 20, No. 4, pp. 127-138, 2011.



**이 용 빈** (yongbin.lee@lignex1.com)

2011 KAIST 산업공학 석사  
2012~현재 LIG넥스원 ILS연구센터 재직중

관심분야 : RAM, ILS, M&S



**이 동 옥** (dwrhee@add.re.kr)

1989 부산대학교 산업공학 학사  
1991 부산대학교 산업공학 석사  
2003 아주대학교 시스템 공학과 박사 수료  
1991~현재 국방과학연구소 재직 중

관심분야 : ILS, LSA, System Engineering



**이 주 형** (joohyung.lee@lignex1.com)

2006 중앙대학교 전자전기공학부 학사  
2008~현재 LIG넥스원 ILS연구센터 재직중

관심분야 : ILS, RAM, M&S



**엄 천 섭** (chunsup.um@lignex1.com)

2010 한양대학교 산업공학과 학사  
2011~ 현재 LIG넥스원 ILS연구센터 재직 중

관심분야 : ILS, LSA, M&S



**박 장 원** (jangwon.park@lignex1.com)

2013 숭실대학교 산업공학과 학사  
2013~현재 LIG넥스원 ILS연구센터 재직 중

관심분야 : ILS, RAM, 인간공학