

## M&S기반 무인지상전투차량 설계를 위한 통합모의실험환경 아키텍처모델

최상영<sup>1</sup> · 박진호<sup>2</sup> · 박강<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>명지대학교 미래지상체계분석특화연구실, <sup>2</sup>아주대학교 NCW학과, <sup>3</sup>명지대학교 기계공학과

### Architectural Model of Integrated Simulation Environment for the M&S Based Design of Unmanned Ground Combat Vehicle

Sang Yeong Choi<sup>1</sup>, Jin Ho Park<sup>2</sup>, and Kang Park<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>The Specialized Center for Future Ground System Analysis, MyongJi Univ.

<sup>2</sup>Depart. of NCW, AJou Univ.

<sup>3</sup>Depart. of Mechanical Engineering, MyongJi Univ.

Received 24 September 2014; received in revised form 20 April 2015; accepted 21 April 2015

#### ABSTRACT

M&S (Modeling & Simulation) based design is widely accepted for the development of the future weapon system with better performance in a cheaper and faster way. Integrated simulation environment (ISE) is needed for the M&S based design. On the ISE, system engineers can not only verify design options but also validate system requirements. In this paper, we propose architectural models of the integrated simulation environment (ISE) which incorporates mission effectiveness M&S (Modeling & Simulation), system performance M&S, the optimization model of integrated performances, digital mockup and virtual prototype. The ISE architectural models may be used to implement the ISE for the development of the future unmanned ground combat vehicle.

**Key Words:** Ground combat vehicles, Integrated simulation environment, M&S based design, Modeling & simulation

## 1. 서 론

미래 전쟁은 무인화, 자동화, 네트워크 추세에 따라 지상전투차량의 무인화가 가속화될 것으로 전망된다. 특히, 무인지상전투차량은 향후 전쟁의 핵심전력으로 대두되고 있다. 이는 전투지역에서 인명피해를 줄일 수 있고, 적 중심 지역, 화생방 지

역 등 위험지역 작전을 수행할 수 있으며, 나아가서 유·무인통합팀으로 구성하여 전투를 수행함으로써 시너지 효과를 달성할 수 있다.

무인지상무기체계의 중요성이 대두됨에 따라 최근 국내에서 국방 무인·로봇 기술을 창조경제 성장엔진으로 선정하여 장기적으로 무인화 기술을 확보하여 미래 무인지상전투차량을 국산화 할 것으로 예상된다. 이러한 미래 무기체계를 개발하는데에는 많은 비용과 개발기간의 장기화, 성능의 미흡 등으로 실패의 위험이 내포되어 있다. 이를 극

\*Corresponding Author, kxp007@gmail.com  
©2015 Society of CAD/CAM Engineers

복하기 위하여 전 수명주기 단계에서 M&S (Modeling & Simulation)를 적극적으로 활용하여 저비용·고효율의 무기체계를 적시·적기에 개발하도록 요구되고 있다. 이를 M&S기반의 체계 개발 혹은 SBA(Simulation Based Acquisition)라고 한다.

SBA개념은 최초 1990년대 말에 미국방부에서 시작되었다<sup>[1]</sup>. 초기에는 개념적인 수준에 머물다가 M&SCO(Modeling & Simulation Coordinate Office)를 중심으로 M&S도구 및 방법론을 지속적인 발전시키고 실제적용을 확산시켜 가고 있다<sup>[2]</sup>. 오늘날에는 민수분야에서 SBE&S(Simulation Based Engineering Science) 개념으로 발전되고 있다<sup>[3,4]</sup>.

그런데 새로운 무기체계를 M&S기반으로 개발하는 데에는 2가지 문제가 항상 선결되어야 한다.

첫번째는 체계 개발방식의 전환이 필요하다. M&S기반의 체계 개발은 기존의 개발방식과 차이가 있다. 기존의 개발방식은 “체계요구정의 → 연구개발 및 설계 → 실제 물리적 시제품제작 → 시험평가 → 생산”이라는 순차적 방식을 따르기 때문에, 시제품 제작 혹은 시험평가에서 오류나 결함이 발생할 경우에는, 이를 해결하기 위해서 다시 “재설계 → 시제품제작 → 시험평가”의 피드백을 해야 하는 구조적 문제가 있다. 그런데, M&S기반의 체계 개발의 경우에는 개발 과정에서 실제 물리적 부체계 혹은 시제품을 제작하는 대신에 M&S 모델, 디지털 목업(CAD 모델), 가상 시제 등(CAD/CAE 모델)을 활용하여 개발 프로세스를 동시에 수행하고, 반복실험을 통해서 검증(verification)과 확인(validation)을 수행함으로써 설계 오류와 결함을 최소화한다. 또한 실제 물리적 시제품제작을 최소화 함으로써 설계기간도 단축시킨다.

두번째는 M&S기반의 체계개발을 위해서는 통합모의실험환경(Integrated Simulation Environment, ISE)이 필요하다. 통합모의실험환경은 전체 개발 단계에 걸쳐서 다양한 M&S자원들(공학모델, 성능분석모델, 효과분석 모델, 디지털 목업, 가상 시제 등)의 공유가 가능하도록 하여 동시공학적인 협업을 지원하는 일종의 정보체계이다. 이를 통해서 엔지니어는 사용자 요구사항을 확인하고, 체계 요구사항을 설계에 반영한다. 그리고 설계과정에서는 성능모델(혹은 공학모델)를 사용하여 모의실

험을 통해서 성능을 검증하고 공학정보도 신속하게 얻을 수 있다. 나아가서 실제 무기체계 대신에 가상시제품을 개발하여 검증 및 확인을 가능하게 해준다. 또한 개발자들이 통합모의실험환경 하에서 M&S 분석정보와 가상시제품을 공유함으로써 동시공학 활동과 협업을 증진시킨다. 더욱이 통합모의실험환경에서는 가상시제품을 사용하여 가상 시험평가를 함으로써 시험평가 비용을 현저히 절감할 수 있다.

현재 군에서는 첫 번째의 선결 문제(체계 개발 방식의 전환)를 대부분 규정화 하거나 지침화하여 해결하고 있다. 미국방부의 경우에는 획득규정과 M&S 발전계획<sup>[5,6]</sup>에서 그 해결을 명시하고, 국내의 경우에는 국방획득관리규정과 M&S 적용지침<sup>[7,8]</sup>에서 그 해결을 명시하고 있다. 그러나 두 번째의 문제(통합모의실험환경)는 새로운 체계를 개발할 때 마다 새롭게 구축하거나 재사용해서 해결한다.

따라서 본 연구의 목적은 미래 무인지상전투차량을 개발할 때에 활용할 수 있는 통합모의실험환경(ISE)의 아키텍처모델을 제안하여 향후 무인지상전투차량 ISE 구축 시에 활용함으로써 저비용·고효율의 지상무인지상전투차량을 단기간에 개발토록 하는 데에 있다. 이를 위해서 먼저 관련 이론과 유사 사례를 고찰하고, 무인지상차량 통합모의실험환경의 요구특성을 분석한 후에 그 아키텍처모델을 제안한다. 그리고 기대효과를 설명한 후에 결론을 맺는다.

논문의 구성은 제2장에서는 관련 이론 및 유사 사례의 고찰을 설명하고, 제3장에서는 무인지상전투차량 통합모의실험환경의 요구특성을 분석한 것을 설명하고, 제4장에서는 통합모의실험환경 아키텍처모델을 제안하고 설명한다. 그리고 제5장에서는 기대효과를 설명하고 결론을 맺는다.

## 2. 관련 이론 및 유사 사례 고찰

### 2.1 무기체계 획득단계

무기체계의 획득단계는 소요기획으로부터 선행 연구단계, 탐색개발단계, 체계개발단계, 그리고 양산 및 배치운용단계로 이루어진다<sup>[8]</sup>. 각 단계에서는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 5가지 주요활동 즉, 소요분석, 체계분석, 체계설계, 제작 및 시제, 시험평가로 이루어진다<sup>[9]</sup>.

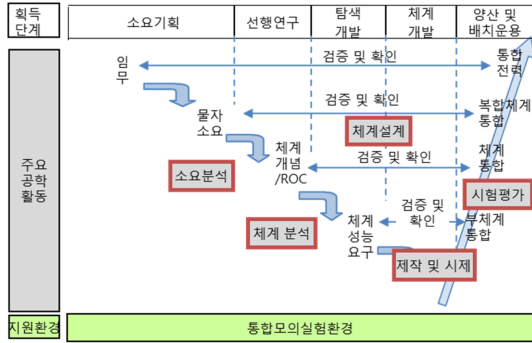


Fig. 1 Life Cycle Phases of Weapon System

소요분석에서는 미래 비전을 바탕으로 요구되는 군사능력과 현재 군사능력의 차이를 분석하여 물자소요를 도출해 낸다. 그리고 물자소요를 충족시킬 수 있는 체계개념과 작전운용성능(Required Operational Capability, ROC)을 설정한다. 체계분석에서는 체계개념과 작전요구능력을 충족시킬 수 있는 체계대안 및 체계 성능대안을 분석하여 체계의 요구성능을 도출한다. 체계설계에서는 체계개념과 체계의 요구성능을 충족시킬 수 있는 체계 기능 및 물리적 구조를 포함한 솔루션을 고안해 낸다. 제작 및 시제에서는 체계의 하부 구성품들을 제작하고 조립하여 시제를 개발한다. 시험평가에서는 최종적으로 체계를 통합하여 시험평가를 수행한다.

2.2 무기체계 획득단계에서 적용되는 M&S 자원과 통합모의실험 환경

무기체계 획득단계에서 적용되는 M&S는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 그 역할에 따라 소요분석 M&S, 체계분석 M&S, 설계 및 공학 M&S, 시험평가 M&S, 전투실험 M&S, 군수지원 M&S, 비용 M&S 등으로 구분한다.

소요분석 M&S는 소요기획 단계로부터 선행연

구, 탐색개발 단계에 이르기까지 사용된다. 이는 미래 무기체계에 대한 소요를 도출하는 역할을 한다. 체계분석 M&S는 선행연구 및 탐색개발 단계에서 무기체계의 성능요구를 도출하고 분석하는 역할을 한다. 설계 및 공학 M&S는 체계개발 단계에서 무기체계의 부체계, 구성품 등에 대한 세부 성능을 예측하고 분석하는 역할을 하고, 시험평가 M&S는 양산 및 배치단계에서 모의실험을 통해서 기술시험평가와 운용시험평가를 수행하는 역할을 한다. 기타 전투실험 M&S, 군수지원 M&S, 비용 추정 M&S는 각 단계에 걸쳐 운용효과분석, 군수 지원분석, 그리고 비용추정을 지원하는 역할을 한다.

이러한 M&S들은 모의 범위와 구현형태가 서로 다르며, 구현형태는 구성(Constructive) 시뮬레이션, 가상(Virtual) 시뮬레이션, 실(Live) 시뮬레이션으로 구분된다. 구성 시뮬레이션은 위게임과 같이 교전현상을 모델링하여 소프트웨어로 구현된다. 가상 시뮬레이션은 시뮬레이터와 같이 개별 개체를 중심으로 상세하게 모델링 되고 기계적 장치로 구성된다. 실 시뮬레이션은 과학화 훈련장에서와 같이 실제 장비로 구성하되 사격 시에는 레이저로 발사되도록 하는 등 모의장비를 부착한 장비들로 구성된다. 그 외에 에뮬레이션(Emulation), 스티뮬레이션(Stimulation)이 있는데, 에뮬레이션에서는 부체계간의 전기적 인터페이스를 가지고, 스티뮬레이션은 대상 하드웨어와 기능적/전기적 인터페이스를 가짐으로써 모의실험의 충실도를 향상시킨다. 이들은 HILS(Hardware-in-the-Loop Simulation) 형태를 지닌다.

통합모의실험환경은 체계개발 기간 동안에 이러한 M&S들의 공유기회를 제공하여 소요기획단계로부터 양산배치에 이르기까지 각종 공학활동을 지원해 주는데, 특히, 탐색개발 및 체계개발 단계에서 체계분석, 체계설계, 시험평가가 활동에 핵심적으로 지원한다.

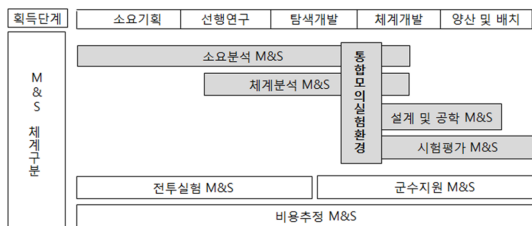


Fig. 2 ISE and M&S Position of ISE in the M&S based System Development Process

2.3 유사 사례

본 연구와 관련된 유사 사례로는 미국 육군의 SMART(Simulation & Modeling Acquisition, Requirements, Training) 개념을 들 수 있다. SMART는 1998년 미국 육군이 SBA 개념을 발전시켜 육군의 주요 무기체계를 개발할 때 적용토록 해왔다. Fig. 3은 미국 육군의 차세대 전차개발 시에 적용한 경우를 보여준다. 체계 개념개발, 성능모델

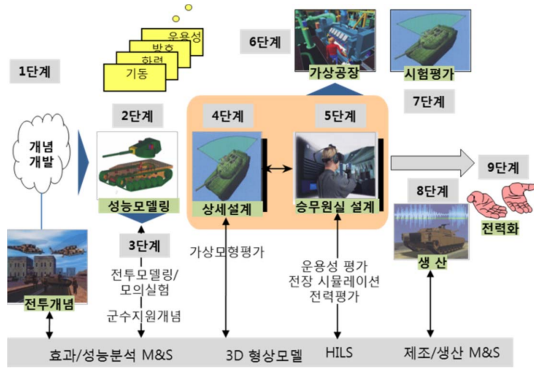


Fig. 3 Application of SMART for Bradley R&D<sup>[9]</sup>

링, 상세설계, 승무원실 설계, 가상공장, 시험평가, 생산 등의 과정에서 효과분석 M&S, 성능분석 M&S, 3D 형상모델, HILS, 그리고 제조 생산 M&S 등을 활용하여 차세대 전차를 개발하고 있음을 볼 수 있다. 이러한 방식으로 브래들리 M2A3개발 시에 M&S투자비 88만\$ 대비 3,400만\$의 개발비 절감효과를 가져왔다<sup>[9]</sup>.

SMART 개념의 성공적인 추진으로 차세대 무기체계 개발에 M&S 적용을 확대시켜 왔다. 이와 관련된 최근의 사례로 APD(Autonomous Platform Demonstrator)가 있다. APD는 Crusher(1세대 야전 돌파용 무인전투차량)의 차세대 버전으로 미 육군에서 추진중인 사업이다<sup>[10]</sup>. APD개발에 있어서 개념형성으로부터 설계, 구현, 시험에 이르기까지 기존의 제작-검증 방식에서 M&S기반의 선검증-후제작 방식으로 개발하였다. 즉, 개발자들이 통합환경에서 M&S를 사용하여 기동성능, 등관능력, 장애물 통과 능력, 탐지능력, 사격능력, 취약성 등을 검증한 후에 제작을 하였다.



Fig. 4 M&S Based Design for APD<sup>[7]</sup>

### 3. 미래 무인전투차량의 통합실험환경에서 요구되는 특성분석

미래 무인지상전투차량 개발 시에는 전통적인 전투차량과 달리 지금까지 현실 세계에 존재하지 않는 혁신적인 아이디어가 다양한 형상과 다양한 기능으로 구상되어야 한다. 이러한 각각의 대안에 대한 분석과 최적의 설계안의 도출을 위해서는 전통적인 방식은 매우 어려울 것이며, 통합모의실험환경에서 M&S기반의 체계개발이 필수적이다. 이에 따라 미래 무인전투차량의 통합실험환경은 다음과 같은 특성이 요구된다.

첫째, 통합모의실험환경에서 무인전투차량이 단독 혹은 유인전투차량과 팀으로 운용될 때, 지휘 통제 및 통신, 감시정찰 등의 효과가 반영된 체계 임무효과(Measure of Effectiveness, MOE)를 분석하여 작전운용성능(Measure of Performance, MOP)을 도출할 수 있어야 한다.

둘째, 앞서 도출된 MOP에 대하여 기동성능 분석모델, 화력성능 분석모델, 취약성 분석모델, 운용성 분석모델 등 각 성능분석모델을 사용하여 검증할 수 있어야 한다.

셋째, 무인지상차량의 가상시제를 통한 가상설계를 지원할 수 있어야 한다. 기하학적 모델링과 해석 모델링을 통해서 가상시제를 생성하여 설계 조합별로 통합 성능을 분석할 수 있고 최적 설계를 지원할 수 있어야 한다. 무기체계의 경우 특정 개별 성능(예, 화력)과 타 성능(예, 기동성능 혹은 생존성)과 더불어 균형이 있게 설계되지 않으면 전체적인 전력발휘가 효과적이지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 그래서 각 성능간의 균형 최적설계가 매우 중요하다.

넷째, 가상시험평가를 지원할 수 있어야 한다. 가상시험평가는 M&S기반으로 모델-시물레이션-수정 시험-반복(Model-Simulation-Fix-Test- Iterate) 방식으로 이루어진다. 가상 시험평가를 통해서 실제 무기체계를 제작하기 전에 선검증을 수행하고 후제작을 함으로써 설계단계에 오류를 최소화하고 최종적으로 작전운용성능의 충족성 여부를 확인할 수 있다.

다섯째, 통합모의실험환경에서 무인전투차량의 임무효과분석, 체계성능분석, 통합성능 최적화, 가상시험 등이 동시적 협조적으로 이루어질 수 있어야 한다. 통합모의실험환경에서 무기체계개발의

이해관계자들이 마치 하나의 공간에서 설계활동을 수행하는 것처럼 정보공유는 물론이고 협업이 될 수 있도록 해야 한다.

### 4. 통합모의실험환경의 아키텍처모델

본 장에서는 제3장의 미래 무인지상전투차량의 통합모의실험환경에서 요구되는 특성을 바탕으로 통합모의실험환경(ISE) 아키텍처모델을 제안하고 설명한다. 아키텍처 모델링을 위해서 사실상의 국제표준인 DoDAF V2.02의 아키텍처모델 산출물 형식<sup>[11]</sup>을 준수하고 5가지의 주요 산출물을 포함하였다. 5가지의 주요 아키텍처모델 산출물에는 운용개념도(OV-1), 운용자원흐름기술서(OV-2), 운용활동모델(OV-5), 체계인터페이스기술서(SV-1), 체계기능기술서(SV-4)가 있다. 여기서 OV는 운영관점(Operational View)의 모델을 의미하고 SV는 체계관점(System View)의 모델을 의미한다. 각 아키텍처모델은 상위 개념수준에서 모델링이 되었는데, 상세한 설명은 다음과 같다.

#### 4.1 통합모의실험 환경의 운용개념도(OV-1)

Fig. 5는 통합모의실험환경의 운용개념도를 보여준다. Fig. 5에서 보듯이 무인지상전투차량의 개발팀들은 통합레파지토리를 중심으로 통합성능 최적화 분석/설계, 기동성능 분석/설계, 화력성능 분석/설계, 취약성 분석/설계, 설계조합/동특성 분석/설계, 그리고 운용 및 임무효과분석 등을 수행한다. 통합 레파지토리는 각종 M&S 자산을 저장 관리하고, 각 설계팀 노드는 통합 레파지토리에 접근하여 M&S 자원을 상호이용 및 활용이 가능하고 팀간의 협업을 수행한다.

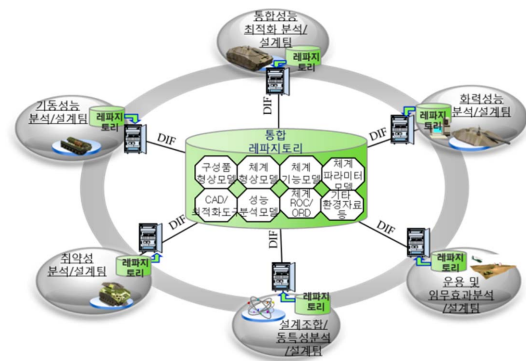


Fig. 5 Operational Concept Graphic(OV-1)

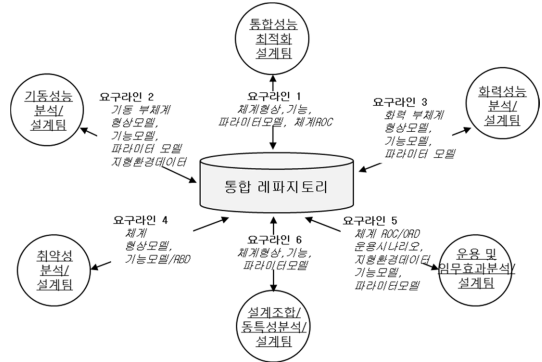


Fig. 6 Operational Node Connectivity Description(OV-2)

#### 4.2 운용자원흐름기술서(OV-2)

Fig. 6은 통합모의실험환경의 운용자원흐름기술서(OV-2)를 보여주고 있다. 통합모의실험환경의 각 운용노드는 설계팀이 된다. 각 설계팀이 설계 활동을 수행하는 사이에 설계팀과 통합모의실험 환경 사이의 정보요구라인이 형성되고, 각 요구라인별 운용교환정보는 Fig. 6의 요구라인에 표시된 바와 같다.

#### 4.3 운용활동모델(OV-5)

Fig. 7은 기능흐름도 형태로 나타낸 운용활동모델(OV-5)을 보여준다. 운용활동모델은 무인지상전투차량의 개발 동안에 엔지니어들이 통합모의 실험환경을 통해서 수행하는 주요 활동들이다. 여기에는 Fig. 7에서 보듯이 6개의 주요 활동들(A1부터 A6까지)이 있다.

그리고 각 활동들은 다시 세부적으로 나누어 지는데, 활동 A1(기동성능을 분석하고 설계한다)과 활동 A2(화력성능을 분석하고 설계한다)의 세부 활동은 Fig. 8과 같다.

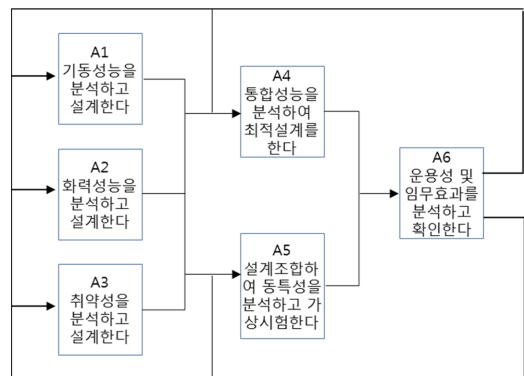


Fig. 7 Operational Activity Model(OV-5b)



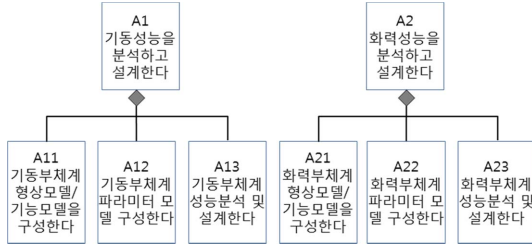


Fig. 8 Operational Activity Decomposition Tree (OV-5a) A1, A2

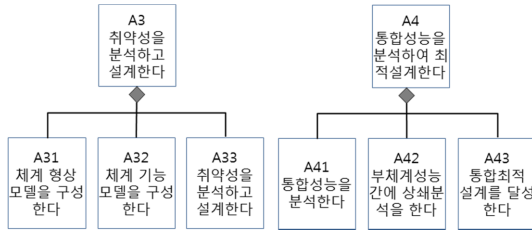


Fig. 9 Operational Activity Decomposition Tree (OV-5a) A3, A4

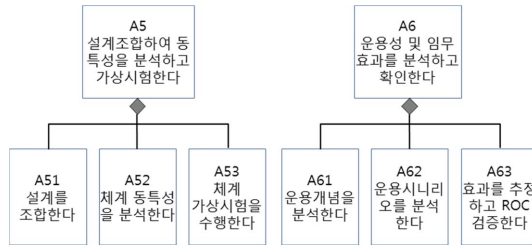


Fig. 10 Operational Activity Decomposition Tree (OV-5a) A5, A6

활동 A3(취약성을 분석하고 설계한다)와 활동 A4(통합성능을 분석하여 최적설계를 한다)의 세부활동은 Fig. 9와 같다.

활동 A5(설계조합하여 동특성을 분석하고 가상 시험한다)와 활동 A6(운용성 및 임무효과를 분석하고 확인한다)의 세부활동은 Fig. 10과 같다.

4.4 체계인터페이스기술서(SV-1)

통합모의실험환경은 Fig. 11에서 보는 바와 같이 임무효과 분석체계, 기동성능 분석체계, 화력성능 분석체계, 취약성 분석체계, 통합성능최적화 분석체계, 데이터변환체계(Data Interchange Format System, DIF), 그리고 통합 레파지토리 들이 서로 네트워크로 연결된다.

임무효과 분석체계는 무인시상전투차량의 임무

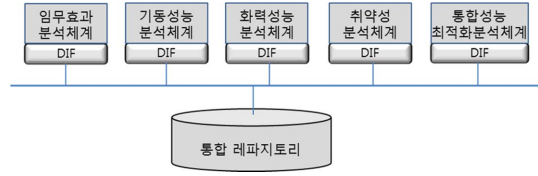


Fig. 11 System Interface Description(SV-1)

효과를 모의실험 할 수 있는 M&S를 포함한다. 기동성능 분석체계는 가상야지노면에서 기동로 지도, 기동속도를 예측할 수 있는 M&S를 포함한다. 화력성능 분석체계는 화력체계를 중심으로 하부체계의 설계변수와 허용오차에 따라 고각과 방위각 방향의 총 분산오차를 추정하고 임의 표적에 대한 명중확률을 추정할 수 있는 M&S를 포함한다.

취약성 분석체계는 전체 체계를 대상으로 적의 위협유형(각종 미사일, 포 등)에 따라 피해수준을 산정 할 수 있는 M&S를 포함한다. 통합성능최적화 분석체계에서는 무인시상전투차량의 부체계별 개별성능을 통합하여 전체 체계의 최적통합성능을 분석할 수 있는 최적화 모델을 포함한다.

한편, 데이터변환체계는 통합 레파지토리를 통하여 각종 분석활동과 설계활동에 필요한 부체계 및 구성품들의 3D 형상모델, 체계 가상시제 등을 포함한 각종 제품정보들의 공동 제작 및 공유를 위한 데이터포맷 전환서비스를 제공한다. 통합 레파지토리는 무인전투차량의 3D 형상모델을 포함한 제품정보뿐만 아니라 가상시제와 가상 시험을 위한 시험환경 데이터를 저장하여 관리한다.

4.5 체계기능기술서(SV-4)

Fig. 12는 통합모의실험환경의 체계기능기술서(SV-4)를 보여주고 있다. 여기서 보다시피 통합모의실험환경의 주요기능은 요구사항분석 지원기능, 체계성능검증 지원기능, 가상통합설계 지원기능, 그리고 가상시험평가 지원기능이 있다. 각 지원기능별로 상세히 설명하면 다음과 같다.

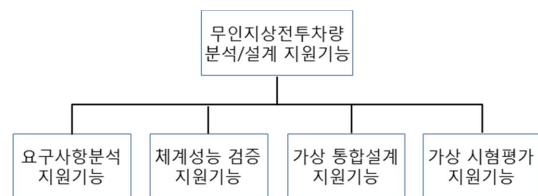


Fig. 12 System Functionality Description(SV-4)

**4.5.1 요구사항분석 지원기능**

통합모의실험환경은 요구분석 단계에서 미래 무인지상전투차량의 임무와 운용 시나리오를 고려하여 작전운용성능 분석을 지원한다. 이때 임무효과 분석모델을 사용하는데, 이를 위한 입력요소로는 Fig. 13의 좌측 상단에서 보드시피 미래 전쟁양상의 변화에 따른 새로운 소요 즉, 미래 지상전투차량의 전술모의 데이터와 체계관련 모의실험 데이터(이 데이터를 체계성능, 혹은 MOP(Measure of Performance) 데이터라고 한다)를 입력하게 된다. 그러면 임무효과분석 M&S에서 모의실험을 통해서 임무효과를 결과로 출력하게 된다. 만약에 이 임무효과가 요구하는 수준에 충족하지 못하면 체계관련 실험데이터 MOP를 변경하면서 반복하게 된다. 이 과정에서 임무효과가 충족이 되면 최종적으로 체계 요구성능으로 설정하게 된다. 물론 여기서 군수지원 등도 고려한다.

**4.5.2 체계성능 검증 지원기능**

요구사항분석에서 도출한 체계성능 즉, MOP는 체계개념형성의 초기단계에 도출되기 때문에 실제 체계가 구체화되는 과정에서 기술적인 혹은 운용적인 제약요소로 인하여 과도 혹은 미달되는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 통합모의실험환경에서 각 성능에 대한 분석모델을 바탕으로 미리 추정하여 체계성능을 검증해야 한다. 성능분석모델에는 기동분석모델, 명중률분석모델, 취약성분석모델, 운용성분석모델 등이 있다.

**4.5.3 가상 통합설계 지원기능**

통합모의실험환경에서 체계를 가상적으로 통합하고 각 부체계의 성능요소와 설계인자간의 연관성을 분석하고, 최적화모델을 사용하여 체계수준

의 최적화를 달성한다. 이때 CAD 솔리드 모델링을 통한 가상시제도 제작한다. 가상 통합설계의 세부기능 단계는 아래와 같이 3개의 단계로 구분할 수 있으며 이들의 반복과정을 통해서 최적설계가 이루어진다.

**• 단계1: 통합성능 최적화**

① 개별 성능모델링: 개별 성능모델링에서는 각 주요성능 모델을 작성한다. 주요성능 모델은 부체계 차원에서 이루어지며, 각 성능은 설계인자와 함수관계를 지닌다. 이 함수관계는 성능요소와 설계인자간의 연관 모델을 바탕으로 해석적 방법 혹은 경험적 방법으로 설정될 수 있다.

② 통합성능분석 및 최적화: 각 성능들은 여기서 특히, 통합 최적화와 관련해서 각 부체계 수준에서 개별 성능이 만족되었더라도, 체계수준에서 통합해서 구현할 때는 상호상쇄 효과 문제가 대두되어 개별성능의 산술적 합이 통합성능이 될 수 없다. 이처럼 설계인자간의 관계를 고려하여 각 부체계수준의 성능에서 체계수준의 통합차원에서 통합성능을 분석하고 최적설계를 수행한다.

**• 단계2: 정적 모델링**

단계1에서 통합 성능 최적화 단계를 통해서 최적 설계인자를 찾을 수 있다. 이를 바탕으로 CAD 파라메트릭 모델링을 수행한다. 그런데, 이 과정에서 물리적 제약(예를 들면, 부피, 생산용이성, 정비용이성 등)으로 인해 또 다른 제약사항이 발생할 수 있고 설계인자에 제약을 가하게 된다. 그런 상황이 되면 다시 단계1을 반복한다. 이 반복 과정을 거쳐 최종적으로 CAD 모델이 완성된다. 이를 디지털목업이라고 한다. 제작된 디지털목업은 체계의 각 부품 CAD 요소와 그 파라미터 모델로 구성된다. 그리고 각 파라미터는 성능모델의 입력 요소가 된다. 협의의 의미로 디지털목업은 CAD 요소와 그 파라미터이지만, 광의의 의미로는 각 CAD 부품의 성능모델까지 포함한다.

**• 단계3: 동적 모델링**

디지털목업은 가상 시스템의 정적특성만을 반영한다. 그래서 여기에 시스템의 다물체 동역학 모델 등을 포함시켜 동적 특성까지도 반영한 가상시제를 제작한다. 가상시제는 실제 물리적 시스템을 가상적으로 나타내는 가상 시스템이다.

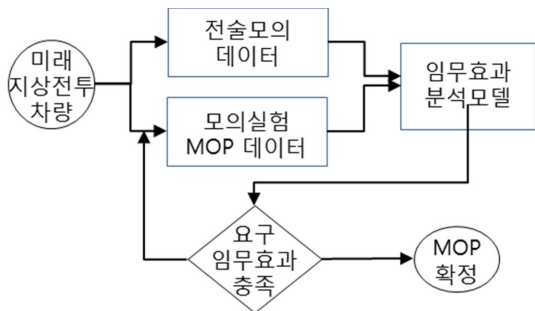


Fig. 13 Requirement Analysis

#### 4.5.4 가상 시험평가 지원기능

마지막으로 통합모의실험환경에서 가상시제로 가상시험평가를 수행하여 각 부체계 수준의 성능과 체계수준의 통합성능을 확인한다. 기동시험인 경우에는 3D야지도면 상에서 가상 기동으로 가상 시험평가를 실시한다. 가상 기동시 분자동역학 특성을 고려한 기동특성을 시험하고, 또한 가상시제의 다물체 동역학 특성을 고려하여 기동시험과 화력시험을 수행한다. 가상 시험평가에서 최종적으로 요구성능의 충족이 확인되면 물리적 시제를 작성하게 된다. 그러나 충족하지 못하고 기술적 문제가 식별되면 다시 반복하여 성능분석, 가상 설계를 반복하게 된다.

### 5. 기대효과 및 결론

#### 5.1 기대효과

통합모의실험환경은 체계개발 과정에서 성능향상, 개발기간 단축, 비용절감 측면에서 다음과 같은 기대효과가 예상된다. 먼저, 성능향상 측면에서는 군의 사용자가 무인지상전투차량 개발에 관여하여 군요구사항을 적극적으로 반영하고 효과를 확인할 수 있도록 해준다. 통합모의실험환경에서 대상 무기체계를 모의실험하고, 사용자는 그 결과를 활용하여 요구되는 능력이나 변경사항을 설계팀에게 환류시킨다. 그러면 설계팀은 이를 설계에 반영하고 체계성능 모델링을 통해서 확인한다. 설계과정에서는 What-If 분석을 반복적으로 수행하여 체계통합성능을 향상시키고 최종 설계목표를 달성한다. 개발기간 단축 측면에서는 통합모의실험환경에서 조기에 오류를 발견하여 수정함으로써 시험 및 제작단계에서 발생하는 오류를 최소화하여 수정으로 인한 개발기간 지연을 최소화할 수 있게 해준다. 또한 일단 모델을 만들면, 모의실험을 통해서 빠른 시간 내에 요구되는 정보를 얻고 그 정보를 동시에 공유하고 재사용함으로써 동시공학 활동이 가능하기 때문에 개발기간을 상당히 단축시킨다. 비용절감 측면에서는 실물 시제품 대신에 공학모델, 가상시제 등을 사용함으로써 제작비 절감도 가능하다. 물리적 시제품을 만들지 않더라도 가상시제를 통해서 가상시험평가도 가능하여 시험평가 비용도 현저히 줄인다.

#### 5.2 결론

본 논문에서는 M&S를 활용하여 미래 무인지상전투차량을 설계할 때 적용할 수 있는 통합모의실험환경의 아키텍처모델을 제안하였다. 제안된 아키텍처모델은 무인지상전투차량을 개발하기 위한 통합모의실험환경을 구축할 때 활용될 수 있을 것이며, 통합모의실험환경 솔루션 구축을 위한 상위구조를 제공할 수 있어 개략설계도로도 활용할 수 있을 것이다. 향후 본 연구에서 제안한 아키텍처모델을 바탕으로 무인지상전투차량 통합모의실험환경을 구축하여 활용함으로써 저비용·고효율의 무인지상전투체계를 적시·적기에 전력화할 수 있기를 기대한다.

### 감사의 글

본 연구는 한국 국방과학연구소의 지상체계분석특화연구실 과제의 지원을 받았으며, 이에 감사드립니다.

### References

1. Patricia Sanders, 1997, *Simulation Based Acquisition – An Effective, Affordable Mechanism for Fielding Complex Technologies*, OUSD(A&T).
2. <http://www.msco.mil>.
3. NSF, 2012, *Simulation-Based Engineering Science*, BiblioGov.
4. Sharon C. Glotzer et al., 2009, *International Assessment of Research and Development in Simulation-Based Engineering and Science*, WTEC Panel Report, World Technology Evaluation Center, Inc.
5. DAU, 2011, *Defense Acquisition Guidebook*.
6. DoD, 2012, *DoDI 5000.70: Management of DoD Modeling and Simulation Activities*.
7. DAPA, 2008, *M&S Application Guide for Weapon System Acquisition*, Seoul, Korea.
8. DAPA, 2013, *Project Management Guidance*, Seoul, Korea, pp.51-52.
9. Jang, S.C., 2001, *Revolution of Weapon System Acquisition Process and SBA*, Report, KIDA, Seoul, Korea.
10. U.S. Army RDECOM-TARDEC, 2010, *Autonomous Platform Demonstrator*, Army Science Conference.
11. DoD, 2010, *DoD Architecture Framework Version 2.02*.





### 최 상 영

1982년 육군사관학교 졸업(학사)  
 1985년 국방대학교 국방과학 졸업  
 (석사)  
 1989년 (영) 크랜필드 대학 졸업(박사)  
 1989년~2013년 국방대학교 국방과  
 학부 교수  
 2014년~현재 명지대 미래지상특화  
 센터 연구 교수

### 박 진 호

1995년 국방대학교 무기체계 석사  
 현 아주대학교 박사과정



### 박 강

1986년 2월 서울대학교, 공학학사  
 (기계설계학과)  
 1988년 2월 서울대학교, 공학석사  
 (기계설계학과)  
 1996년 8월 The Pennsylvania State  
 University, Ph.D. (Industrial and  
 Manufacturing Eng.)

#### 학회활동

현 대한기계학회 교육부문 이사  
 현 대한기계학회 생산 및 설계 부문  
 이사  
 현 한국정밀학회 종신회원  
 2013년 3월~현재 한국CAD/CAM  
 학회 부회장  
 2010년 3월~2012년 2월 한국CAD/  
 CAM학회 총무