



Received: 2019/11/22
 Revised: 2019/01/28
 Accepted: 2019/02/21
 Published: 2019/03/20

***Corresponding Author:**

Jong Hoo Park

Tel: +82-42-552-5740

Fax: +82-42-552-5680

E-mail: pjh321@airforce.mil.kr

국방획득 방법론의 변화 - 체계 공학에서 디지털 공학으로

Transformation of Defense Acquisition Methodology - From System Engineering to Digital Engineering

박종후*

(재)공군본부 연구분석평가단

Jong-Hoo Park*

SAAW (Studies, Analyses and Assessment Wing), Air Force, Republic of Korea

Abstract

본 논문에서는 선진국 국방조직들이 최근 4차 산업혁명 등 발달된 디지털 기술을 최대한 활용하여 무기체계의 소요 제기부터 설계제작 및 운영유지까지 총수명주기 동안의 획득업무에 적용하기 위해서 공학적 방법론을 기존의 체계 공학에서 M&S기반의 '디지털 공학'으로 전환하고 있는 상황을 분석하였고 국내 상황에 적용하는 방안을 제시하였다.

This study evaluated very recent situation of transforming defense engineering methodology from system engineering to digital engineering in the developed countries' defense organizations because they tried to utilize the maximum extent of digital technology from 4th industrial revolution into weapon systems thru TLC(Total Life Cycle) from capability analysis, design and manufacturing, operation and sustainment, and suggested a few recommendation how to adopt the digital engineering into our nation.

Keywords

Defense Acquisition(국방획득),
 System Engineering(체계 공학, 시스템 엔지니어링),
 Digital Engineering(디지털 공학, 엔지니어링),
 Digital Thread/Twin(디지털 스레드, 디지털 트윈),
 M&S, Modeling & Simulation(모델링 및 시뮬레이션)

1. 서론

선진국들은 10여 년 전부터 4차 산업혁명 기술을 국방 획득 절차에(미국 의 획득 절차는 무기체계 소요 제기부터 군수품 총 수명주기 관리까지 포함 됨) 적용하기 위한 정책으로서 “디지털 공학(DE)/스레드(DT)/트윈(DTw)” 로 불리는 M&S 기반의 신개념 방법론을 채택하여 추진 중에 있다.

“디지털 스레드/트윈” 개념은 美 국방부에서 2010년에 정책과 절차를 연구하기 시작하여 2015년에 DoDI 5000.02에 반영하였으며, 2017년에는 모델 기반의 “디지털 공학(DE)” 개념으로 통합하여 시범 적용 및 절차를 구체화 중이다. 또한 美 공군은 2013년에 『과학 기술 비전』에서 생산 (Manufacturing) 분야의 게임 체인저로 선정했다.

무기체계를 생산하는 방위산업체도 M&S 기반의 체계 공학 “MBSE (Model Based SE)” 및 “디지털 태피스트리(Tapestry) 또는 클론(Clone)” 과 같은 유사한 방법론 개념을 구체화하여 시행하고 있다.

이번 연구는 이러한 최근의 추세를 조사하여, M&S 기반 신개념 방법론 인 “DE/DT/DTw”에 대한 배경 및 필요성, 추진 경과, 세부 정책 및 절차, 美 국방 분야에 적용한 사례 등을 분석해 보고, 우리나라 국방 분야에 적용 하기 위한 방향을 제시하였다.

2. 본론

2.1. M&S의 국방 분야 적용 대상

우리나라에서 국방 M&S는 “기존의 워게임 영역을 대폭 확대하여 국

방 기획관리 상의 소요 제기, 획득관리 및 분석평가는 물론, 군의 훈련까지를 과학적으로 지원하는 도구 및 수단을 총칭하는 개념”으로 정의하고 있고, [전력발전업무훈령, 2017] M&S는 주로 전투 발전 업무 영역에서 전투 실험의 한 방법으로 사용되어 왔다. [합동전투발전업무훈령, 2007 제정]

2010년에는 국방획득 업무 영역에 도입하여 M&S 기반획득(SBA: Simulation Based Acquisition) 절차를 수립하였고, 이로써 “획득과정의 전 단계에서 M&S 기술을 활용하여 획득체계에 대한 공통의 관점과 절차적 예측 가능성을 제공함으로써 획득 기간, 비용, 및 성능 목표를 달성”하도록 하였고, [무기체계 획득단계별 M&S 적용지침, 2010년] 2017년에 이를 규정화시켰다[방위사업관리 규정, 2017] (Fig. 1).

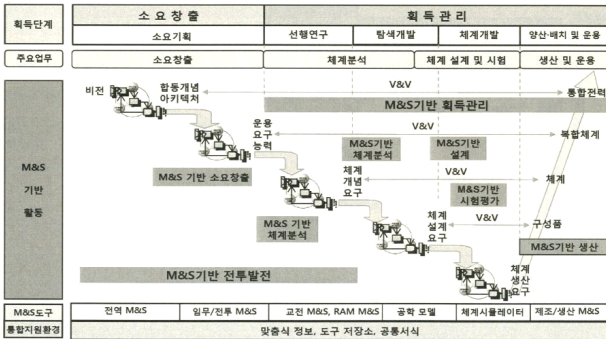


Fig. 1. M&S based Acquisition Process(SBA)

그러나 우리나라 국방 M&S는 주로 연습/훈련, 분석, 획득, 전투 실험 등 4가지 분야에만 주로 도입되어 활용하고 있다[국방정보화업무 훈령, 국방기획관리 기본 훈령] (Fig. 2).

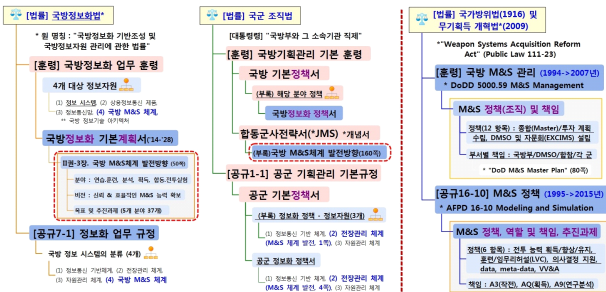


Fig. 2. Defense M&S area and regulation

선진국들은 M&S의 적용 영역을 국방 활동의 전 분야로 넓혀가고 있고, M&S 업무를 다른 모든 국방 활동들을

지원해 주는 독립된 업무영역으로 관리하는 규정과 절차를 갖추고 있다. “M&S is a key enabler for all DOD activities (M&S는 국방 모든 활동에 사용되는 핵심 역량이다)” [美 국방부 훈령, DoDD 5000.59]

국방 활동의 어떤 영역에서 M&S가 적용되는지 미국 공군의 예를 통해서 세부적으로 살펴보면, 획득&군수, 과학&기술, 연구 개발, 시험 평가, 전투 실험, 능력기반 소요, 자원 분배, 전력 계획, 작전 평가(분석), 작전 계획, 교육 훈련, 임무 리허설, 교리 등美 공군의 모든 활동에 걸쳐서 적용되고 있음을 볼 수 있다(Fig. 3).

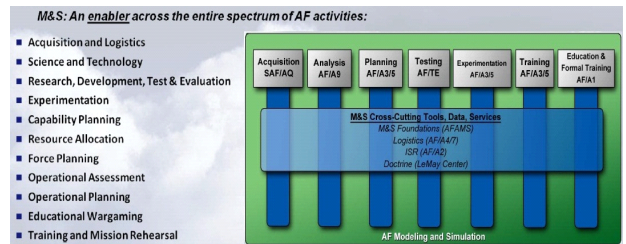


Fig. 3. Air Force M&S area [M&S vision 2010]

이것을 국방 분야의 조직(부서)과 국방 활동들 간의 연관 관계로 종합해 보면 아래의 그림(Fig. 4.)과 같이 정리될 수 있다.

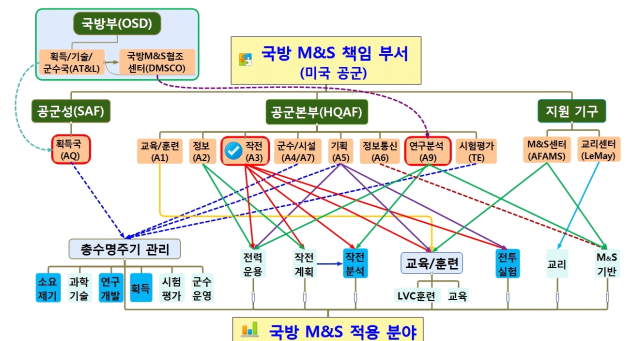


Fig. 4. Defense M&S area and organization

2. M&S의 국방 분야 적용 확대 현황 및 사례

예를 들어 우리나라에는 조금은 생소한 ‘교리’ 발전 분야에 적용하고 있는 M&S 현황을 살펴보자. 우선은 소속 부대들의 전장 관리 전략, 교전 규칙, 무기 및 장비, 자원, 역할(battle management strategies and rules, technical equipment, resources, roles) 등을 모델로 표현한다[1] (Fig. 5).

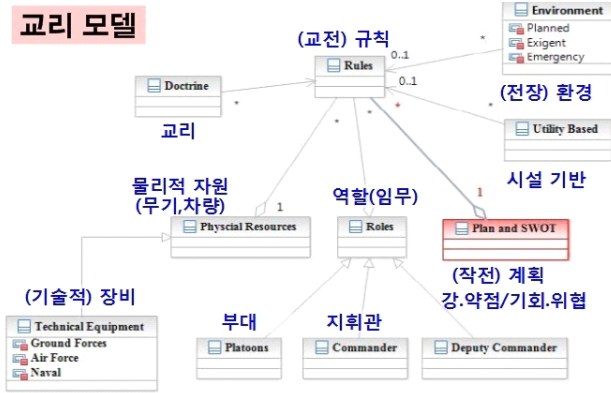


Fig. 5. Doctrine Modeling

이후 여러 가지 전투 시나리오들을 모델에 입력하여 시물레이션을 수행하고, 상황별로 어떤 교리가 가장 적합한지 군사 작전에 관련된 교리를 최종적으로 결정하는 절차를 수행하는 방식으로(step wise functionality to finalize Doctrine for confederated military field operation) 진행한다(Fig. 6.).

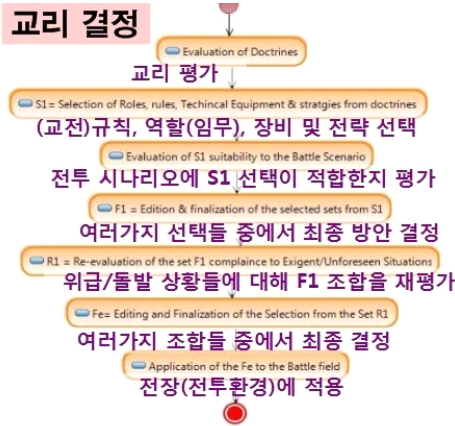


Fig. 6. Doctrine Evaluate Finalize

M&S 방법론 및 도구들은 국방 분야 전체 영역에서 확대되고 있다(Fig. 7.).

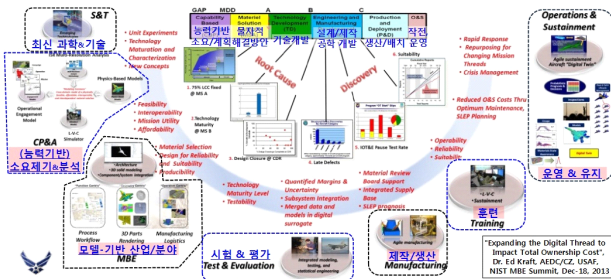


Fig. 7. M&S application area

대표적으로 몇 가지 사례들을 살펴보면, ① 능력기반 소

요 제기 및 분석: 개념(concept) 및 대안(trade) 분석, ROC 구체화, ② 작전 계획 분석: 방책(COA, Course of Action) 분석 및 효과기반작전(EBO) 분석, ③ 방위 제작 및 생산, ④ 훈련, ⑤ 운영 및 유지 등이다.

① 능력기반 소요 제기 및 분석: 개념(concept) 및 대안(trade) 분석. 기존에 사용되던 M&S는 전역급(campaign 또는 theater)/작전급(operation)/임무급(mission)/교전급(engagement) 등 분석모델(위게임, constructive model)들 위주였다고 한다면, 이젠 ISR(정보감시정찰) 및 다수준(Multi-Resolution) 분석 (Analysis) 모델, 무기체계 물리(physics)/공학 모델, 합성전장(LVC, Live Virtual Constructive) 모의장치(시뮬레이터)들 등을 상호 연계하여(cross-domain) 공통의 모델링 환경을 구축하고 이를 기반으로 구현(실현) 가능성(feasible), 예산소요(affordable), 호환성(interoperable), 상호의존성(interdepend) 등을 소요 제기 단계에서 가능한 한 초기에 계량적으로(quantity) 판단하기 위해 노력하고 있다[2](Figs. 8, 9.).



Fig. 8. Modeling Commons for CP&A

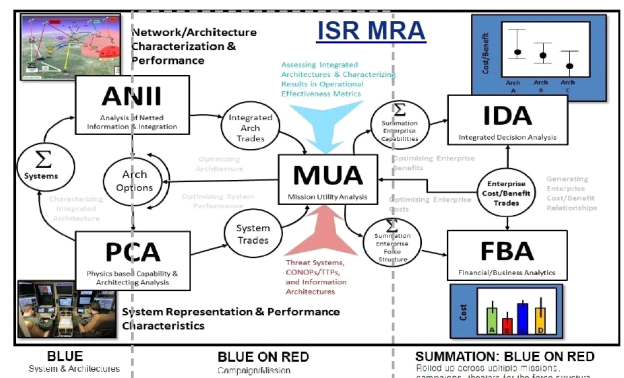


Fig. 9. ISR MRA overview

• 네트워크/아키텍처 특성&성능 분석(ANII) : 네트워크상에서 무기체계와 관련된 정보를 분석 및 통합

- 물리-기반 능력(성능) 및 설계 분석(PCA) : 무기체계를 물리/공학 모델로 표현하여 성능 및 특성 분석
- 재정/사업 분석(FBA) 및 통합적 의사결정(IDA) : 여러 가지 설계구조 중 비용 대 효과를 고려하여 판단
- 임무 활용도 분석(MUA): 작전 효과(Operational Effectiveness) 지표(Metrics) 및 적성 위협, 작전 개념(CONOPs) 등을 종합하여 분석

① 능력기반 소요 제기 및 분석: ROC(Requirement of Capability, 작전요구성능) 구체화. 현대 무기체계는 갈수록 첨단화·복잡화·집적화되어가고 있고 무기체계들이 네트워크로 연결된 체계에서 기능이 발휘되어야 하므로 ROC(작전요구성능)을 작성하는 일 또한 매우 복잡하고 어려운 과업이 되어가고 있다.

무기체계의 작전적인 군사 목적 및 기능들만 단순히 ROC로 제시하게 되면, 이를 설계하고 제작하는 단계에서 해석 및 적용하는데 병목현상이 발생하며 무기체계 개발 사업의 일정 및 비용 관리에 큰 위험요소이다.

이런 문제들을 해결하기 위해서는 소요 제기 단계에서부터 ROC 조건들을 최대한 구체화 시켜서, ROC의 요구 성능들에 맞춰 무기체계를 설계할 때 서로 모순이 발생하지 않도록 해야만 한다. 이를 위한 M&S 방법이 "시스템 모델링언어 'SysML'를 이용한 요구사항 정의"이며, 요구 성능을 블록다이어그램으로 작성하여 구체화시키고, 무기체계의 기능(행위) 다이어그램 및 시스템 블록다이어그램과 상호 연계시킬 수 있도록 해준다.

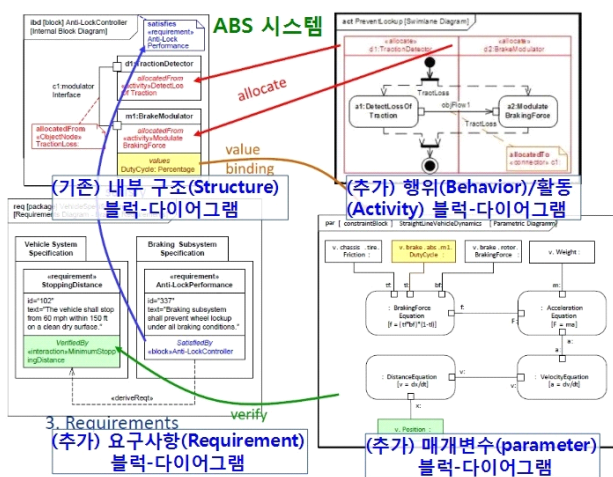


Fig. 10. SysML example; ABS

예로, 미끄럼방지 브레이크 시스템(ABS, Anti-lock Braking System)의 경우, 기존 구성품별 시스템 블록 다

이어그램에 요구사항(Requirement), 행위(Behavior), 매개변수(Parameter) 다이어그램을 추가하여 상호 간에 연결될 수 있는 구조를 만들어 준다[3] (Fig. 10).

② 작전 계획 분석: 다양한 방책(COA, Course of Action) 분석 및 효과기반작전(EBO) 영향 분석. 작전 계획을 분석하는 작업은 민감하고 방대한 성능 데이터들을 다뤄야 하는 과업이며, 통상 1개 방책에 대해 분석하는데도 최소 수개월 걸리는 어려운 업무이다. 이러한 분야에도 고성능컴퓨팅능력(HPC, High Performance Computing)을 활용하여, 자동 시나리오 생성, 부대 구조 모의, 돌발(emergent) 적군 행동 생성 등을 통해서 다양한 방책들을 개발하고 이에 대한 모의분석을 수행하여 방책 간의 장단점을 비교할 수 있고 지휘관의 의사결정에 도움을 주고 있다[4] (Fig. 11.).

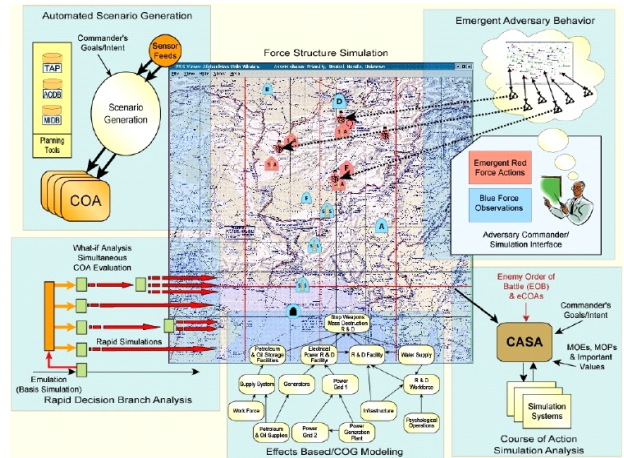


Fig. 11. Real-time COA analysis

그리고 적군/아군의 내부 상관관계(지휘구조, 무기체계 간 연결구조 등)를 COG(Center of Gravity 중심) 모델링하여, 복잡한(complex) 관계에서 피해, 연쇄적(cascading) 피해, 복구(recovery) 시간 등을 분석함으로써, 단순한 표적의 파괴 여부가 아닌 상대편의 부대 구조 및 무기체계의 상관 구조에 따른 연쇄(cascade) 효과를 분석함으로써 효과기반작전(EBO)에 대한 분석 및 의사결정 지원을 하고 있다.

예를 들어 상대국의 대량살상무기(WMD) 연구개발(R&D) 시설의 경우, 유류 공급소/저장소, 전력 발전소/변전소/송전 시설, 상수도 공급, 수송(도로)체계 등이 상호 복잡하게 구성되어 있으며, 어떤 표적 및 연결지점을 공격해야만 효과적으로 마비시킬 수 있는지 분석하기 위해서는 이러한 모델링이 필요하다(Fig. 12.).

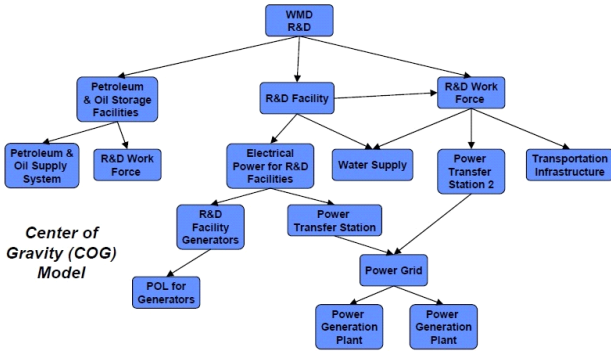


Fig. 12. COG model example

③ 방위산업 제작 및 생산 분야. 무기체계의 설계 및 제작 분야에서는 이미 오래전부터 M&S 도구들을 적극적으로 활용하고 있었으며 최근 들어서는 M&S 방법이 단순히 무기체계를 생산하는 도구가 아니라 목적(무기체계) 그 자체가 되는 역전 현상이 발생하고 있다.

예로 美 공군의 최신에 F-35 전투기 디지털 모델은 단순히 설계, 제작 또는 물리·역학 분석을 하는 도구로 사용하는 용도가 아니라, 전투기의 모든 기능을 컴퓨터상에서 실제와 거의 똑같이 시뮬레이션할 수 있을 정도로 발전했으며 복제품(클론, clone)으로 불릴 수 있을 수준이다. 즉 소프트웨어로 F-35 ‘디지털 클론’을 구축하고 이를 통해 미래의 성능, 수명, 고장률을 예측하고, 특정 부품이 고장 나기 전에 미리 교체시기를 예측할 수 있게 되었다[“US Military creating ‘digital clones’ of the F-35 fighter jet”, 영국 『DailyMail』신문, 2016년 5월 16일].

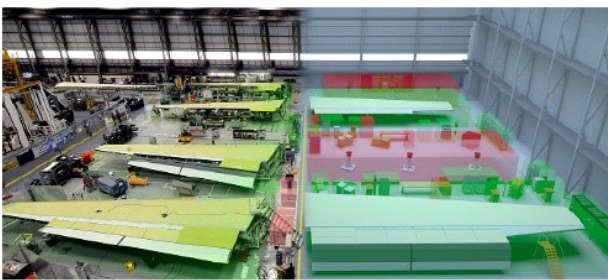


Fig. 13. Digital Twin of F-35 Manufacturing

관련하여 F-35 전투기를 생산하는 美LM사의 공장에서는 생산공정을 통제하기 위해 공장 전체를 디지털 모델링화 하는, 사물인터넷(IoT) 기반의 ‘디지털 트윈(twin)’ 구축 작업을 시작했다. 美LM사의 텍사스 포트워스 공장에는 작년 말에(2017년 12월) 英유비센스(Ubisense) 회사의 SmartSpace® 소프트웨어를 설치하여, 실제 공장의 생산 계획, 제작 수행, 물품의 이동 과정 등의 활동을 실시

간으로 관리하고 측정함으로써, 생산 지연 요소들을 사전에 예측하고 방지하여 막대한 위험(납품 지연에 따른 지체 보상금 등)을 예방하고 있다[영국 유비센스(Ubisense) 회사 발표자료, 2017년 12월 6일] (Fig. 13.).

이밖에도 전 세계의 방위산업 업체들은 이미 기존에 보유하고 있던 M&S 모델들 및 시뮬레이션 객체들을 상호 연계하여 더 효율적으로 활용하기 위한 노력들을 하고 있으며, 디지털 스레드(thread, 실, 연계), 디지털 태피스트리(tapestry, 짜맞춤 직물) 등의 용어로 표현하고 있다. 이는 서로 다른 영역(domain)에 있는 M&S 객체들을 짜임새 있게 엮어서, “하나의 시스템”(As a System)처럼 관리해야 한다는 것을 의미한다[美LM사 홈페이지, 2016년 2월].

산업분야에서는 더욱 활발하게 이런 노력들을 시행하고 있으며, 글로벌 리서치 기관 가트너(Gartner)는 ‘디지털 트윈’을 2018년 10대 전략기술로 선정하였고, ‘디지털 트윈’은 기존의 3D 모델링&시뮬레이션 기술과는 다르게 실물과 1대 1 대응(매칭)되는 개념이다[“3D Opportunity and the Digital Thread”, Deloitte, 2018].

④ 교육 및 훈련(Education & Training) 분야는 국방에서도 M&S 기술이 활발히 적용되고 있는 영역이며, 최근에는 합성전장(LVC) 훈련체계에 적용되고 있다.

공군에서 합성전장(LVC) 훈련체계는, 실기동 항공기(L), 모의비행훈련장치 시뮬레이터(V), 워게임모델(C)을 상호 연동하여 가상의 합성전장(LVC) 환경을 만들고, 이를 통해서 조종사의 전술훈련 수행, 작전계획 수행능력 향상 및 전시 임무 수행 절차를 숙달하는 것을 목표로 하고 있다(Fig. 14.).



Fig. 14. LVC training system

⑤ 운영 및 유지. 무기체계를 정비, 수리/제작, 보급, 검사, 창정비(재생), 성능개량 등 총수명주기(total life cycle) 동안 운영유지 업무 영역에서도 M&S 도구 및 방법론이 다양하게 활용되고 있다.

군수(Logistics) 및 정비(Maintenance) 업무는 작전 지원을 위해 다양한 무기체계, 수많은 정비 병력/인력, 복잡한 정비/기술 관리를 해야만 하는 상황에 직면하고 있으며 M&S 도구 및 방법론을 적극적으로 도입하여 활용하고 있다.

예로, 美 국방 분야(육/해/해병/공군)의 군수(정비)의 규모는 연간 약 75조 원의 예산 규모를 운영하는 사업체로 판단되며 전사적(Enterprise) M&S 관리기법들이 적용되고 있다[5] (Fig. 15.).

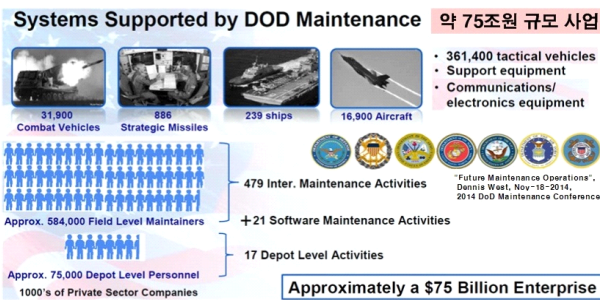


Fig. 15. DoD Maintenance Enterprise

- 전투 무기 약 5만 대(지/해/공/미사일), 전술 차량 36만대, 지원 장비, 통신/전자 장비
- 정비사 약 66만 명(일선/창 정비사), 1000개 이상의 민간업체
- 임무 간(일선/야전) 정비 활동 479개, 소프트웨어 정비 활동 21개, 창정비 활동 17개

운영 및 유지 업무에서 바탕이 되는 것은 무기체계의 설계에서부터 폐기까지의 수명관리이며, 단지 생산 및 설계 단계에서만 M&S를 활용하는 것이 아니라 시험 평가, 작전 운영 및 군수 유지 단계에서도 M&S 모델을 지속적으로 보완하고 실제 운영 자료를 보강하여 운영 유지를 효율화하면서도 다음의 차기 무기체계를 탐색 개발하고 설계할 때에 이전 무기체계의 M&S를 재활용하는 '연결된' (close loop) 절차를 수립하여 적용하고 있다[6] (Fig. 16.).

- 탐색 개발(Concept Development) 단계 : 초기(예비) 모델 및 요구도 제작
- 설계(Design) 단계 : 세부적인 모델 및 요구도 작성
- 시험&평가(T&E) 단계 : 모델 및 요구도를 검증하고 수정
- 생산(Production) 과정에서 생성된 자료들을 통해 모델 및 요구도를 최신화

- 운영(Operation) 과정에서 생성된 자료들을 통해 모델 및 요구도를 최신화
- 유지(Sustainment) 과정에서 생성된 정비 자료들을 통해 모델 및 요구도를 최신화
- 차기(다음)의 무기체계 탐색 개발 단계에서는, 이전 무기체계에서 구축된 모델 및 요구도를 활용

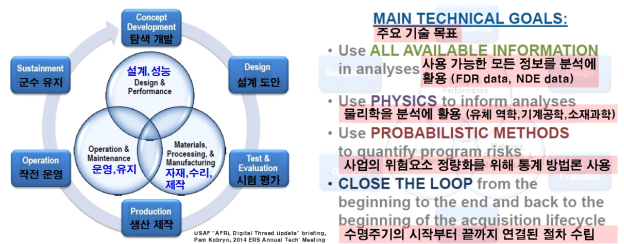


Fig. 16. LifeCycle Management (TO-BE)

실제로 정비(Maintenance) 및 수리 작업의 기본이 되는 비파괴검사(NDI, Non-Destructive Inspection) 업무에 적용된 M&S 방법론을 살펴보면, 균열(crack) 크기를 판단하고 예측하여 검사하기 위해 금속 소재에 대한 모델 기반 및 데이터 기반의 양방향 모델링 방법을 사용한다 [7] (Fig. 17.).

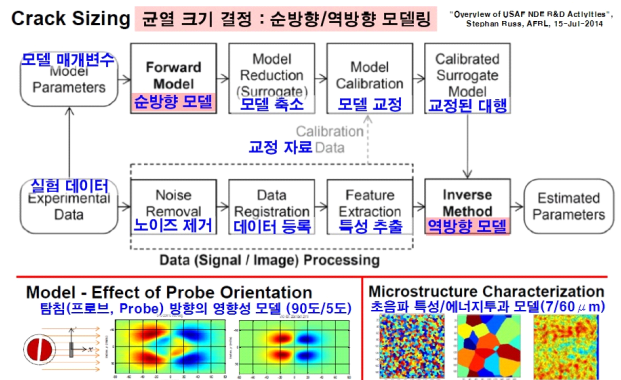


Fig. 17. Crack Sizing

- 재질(금속)의 미세(마이크로) 구조의 특성을 모델링하여 분석에 활용
- (순방향) 균열 발생 모델에서 시작하여, 측정 자료를 통해 교정(calibration)하여 균열 예측
- (역방향) NDI 측정 자료를 기반으로 소재의 특성을 추출하여, 모델을 만들어서 균열 예측
- (순방향 적용) 균열 발생 모델을, 실제로 정비사가 NDI 장비의 탐침(probe) 방향별로 측정된 자료를 이용하여 편차값을 보완

3. 체계 공학(System Engineering, SE) 방법론의 국방 분야 적용 역사

체계 공학(SE)은, 사람이 기술을 목적(국방)에 적용하는 절차/방법/도구/환경(PMTE, Process, Method, Tool, Environment)을 제공한다.

체계 공학(시스템 엔지니어링)은 2차 세계대전 중에 국방 분야의 운영분석(OR, Operation Research)에서 시작되어, 1960년대에는 대규모 무기시스템(항공기, 군함, 위성 등) 개발에 사용이 되면서 국방규격으로(MIL-STD-499) 만들어졌고, 1990년대는 산업 분야를 포함하여 범세계적인 SE표준인 EIA-632 규격으로 발전, 2000년대는 능력(capability) 기반인 EIA-731 규격이 제정되어 국방 소요 제기 업무인 능력기반기획(CBP, Capability Based Planning)의 토대가 되었다(Fig. 18).

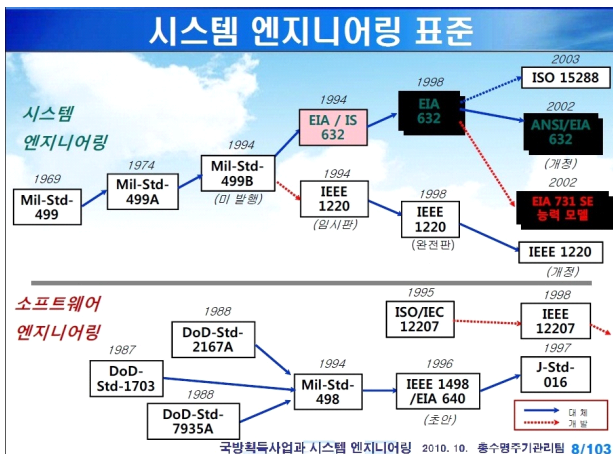


Fig. 18. System Engineering Standard

체계 공학(System Engineering)은 통합적인 기술 과정(절차, process)을 제공하여, 지휘부가 무기체계의 성능, 수명주기 비용, 일정, 위험도, 보안 등을 정의하고 사업들의 균형을 잡게 한다. [美 국방 획득시스템 운영 훈령, DoDI 5000.02, 1991년부터 체계 공학(SE) 반영] 2008년에는 사업담당자(PM)가 무기체계 전체 수명주기 동안 사업을 계획 및 실행할 때 체계 공학(SE)을 포함하도록 의무화하였다. [美 국방 체계 공학(SE) 지침서(Guidebook), 2008년]

우리나라도 2009년부터 무기체계의 설계환경 변화, 복잡화(SoS), 효율화 필요로 인해 SE 적용을 시작하여 2009년에는 방사청 방위사업관리 규정에 포함되었고, “효율적인 연구개발을 위해 대상 무기체계에 대한 모든 이해관계

자와 총수명주기(Total life cycle)를 고려하여 체계 공학에 관한 절차를 적용해야 한다.” 2012년에는 국방 전력발 전업무 훈령에 “소요-획득-운영유지 업무수행 간 총수명 주기 관리를 통한 국방경영 효율성 제고를 위해 … 체계 공학기법(System Engineering), … 등 선진경영기법을 적용한다”가 포함되었다.

3차 산업혁명이 시작되면서 국방 분야도 많은 변화가 시작되었다. 1980년대부터 M&S 방법론이 SE 업무에 적용되기 시작했고, 1990년대에 시뮬레이션 기반 획득(SBA, Simulation Based Acquisition) 절차가 수립되어 국방 획득분야에 적용되었고, 2000년대 모델기반 체계 공학(Model-Based, MBSE)으로 체계화되었고, 특히 4차 산업혁명의 급속한 발달에 따라서 20년도 채 지나지 못해 이제는 디지털 공학(Digital Engineering, DE)으로 변화되고 있다[8] (Fig. 19).

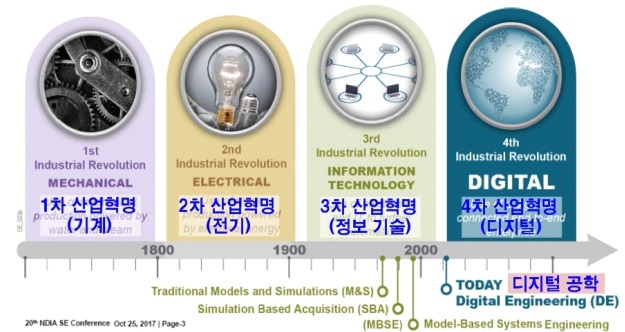


Fig. 19. Digital Engineering History

4. 국방 분야 체계 공학(SE)의 발전 : 모델기반 체계 공학(MBSE) → 디지털 공학(DE)

국제시스템공학회(INCOSE, International Council on Systems Engineering)의 정의에 따르면 모델기반 체계 공학(MBSE)은, “무기체계의 개념 설계 단계에서부터 개발 및 수명주기 단계에 걸쳐서 요구조건(ROC), 설계, 분석, 검증/인증 활동들을 지원하기 위해 공식적으로 모델링을 적용하는 것”이다.¹⁾ [美 INCOSE SE Vision 2020, 2007년]

국방 분야에 이러한 디지털 모델-중심 공학(Digital

1) “Model-based systems engineering (MBSE) is the formalized application of modeling to support system requirements, design, analysis, verification and validation activities beginning in the conceptual design phase and continuing throughout development and later life cycle phases” [美 INCOSE SE Vision 2020, 2007년]

Model-Centric Engineering)이 적용되게 된 배경은, 문서와 회의를 통한 의사결정을 도구로 사용하는 기존 체계 공학(SE) 방법론이 무기체계의 다양화, 복잡화, 첨단화에 따라 더 이상 문서 체계로는 폭증하는 지식을 감당하기 어려운 상황에 직면했기 때문이며, 지식을 포함한 모델(model)을 도구로 활용하는 것이 효과적이기 때문이다 [9] (Fig. 21.).

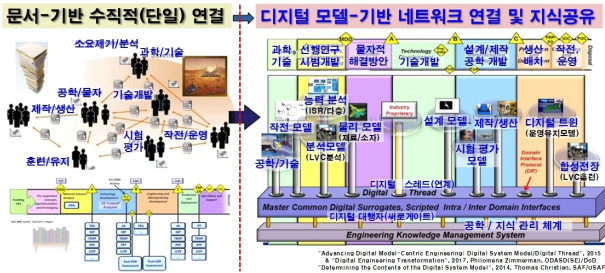


Fig. 20. Digital Model-Centric Engineering

5. 디지털 공학(Digital Engineering, DE) 개요 및 디지털 스레드(thread)/트윈(twin) [DT/DTw] 도구

美 국방부 획득·기술·군수 차관실(ODASD AT&L) 정의에 따르면, 디지털 공학은 “권위있는 기관으로부터 제공된 무기체계의 자료와 모델을 사용하여, 개념설정 단계부터 폐기 단계까지 수명주기 동안의 모든 활동을, 지속적으로 그리고 관련 지식 분야들을 총괄하여 지원해 주는, 통합된 디지털 접근방법”이다.2)

- 모델들을 통해 무기체계를 설계하고, 설계에 대한 트레이드-오프 분석을 하며, 자료(data)를 수집/유지/공유하고, 가상 환경과 공학 도구들을 더 많이 사용
- 방위사업의 전 기간(수명주기)에 걸쳐서 이해관계자들이 정확하고, 적절하며, 일관된 정보(information)에 접근할 수 있게 함으로써, 효율성 및 일관성이 증가되고, 위험은 감소

디지털 공학 범위는 체계 공학(SE)을 포함하고 있고, 디

2) “Digital Engineering: An integrated digital approach that uses authoritative sources of systems’ data and models as a continuum across disciplines to support lifecycle activities from concept through disposal.” [美 국방부 획득·기술·군수 차관실(ODASD AT&L) 홈페이지]

지털 시스템모델(DSM)/스레드(DT)/트윈(DTw)을 방법 및 도구로 사용한다[10] (Fig. 21.).

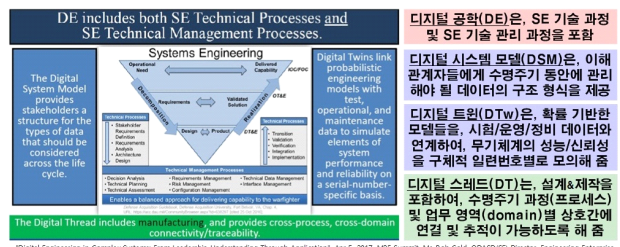


Fig. 21. Digital Engineering Scope

- 디지털 스레드(DT)/트윈(DTw): 무기체계 획득~운영 전 단계에서 활용할 디지털 대행자(surrogate)를 구축하는 연계과정인 스레드(thread)이고, 디지털로 표현된 가상 시스템이 트윈(twin)이다.
- 2018년에 글로벌 리서치 기관 가트너(Gartner)는 디지털 트윈을 10대 전략 기술로 선정했고, 기존의 3D 모델링 & 시뮬레이션 기술과는 다르게, ‘디지털 트윈’은 실물과 1대1 매칭되는 개념이다.

美 국방부 획득·기술·군수 차관실에서는 2015년부터 디지털스레드/트윈 방법론을 연구 및 정책화하기 시작했고(Initiation), 2017년부터는 ‘디지털 공학’ 용어를 주도적으로 사용하고 있으며, 2019년부터는 국방 분야에 실제 적용(transition)시킬 예정이다(Fig. 22.).

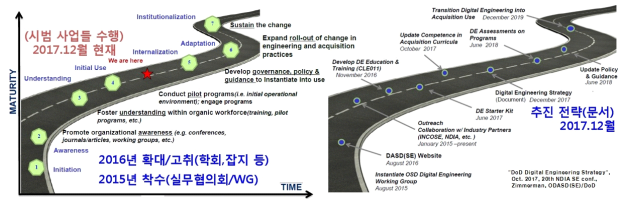


Fig. 22. DoD DE Strategy

6. 디지털 공학(DE)의 韓 국방 분야 적용 방향(안)

우선적으로 필요한 것은 지휘부의 의지와 기획이며, 지침 수립, 시범활동, 협력기관의 공조 등이 필요하다. (Fig. 23.)

- (정책/지침 수립) 관련 규정 및 지침서에 디지털 공학 (DE) 내용 반영, 교육과정 신설

- (시범 활동) 실무협의회(DEWG), 시범사업(ERS, HPC), 용어 및 자료 분류체계(taxonomy) 구축
- (협력 기관 공조) 합참, 육/해/해병/공군, 정부연구기관(예: NASA/FAA), 산업/산업기관, 학교 등

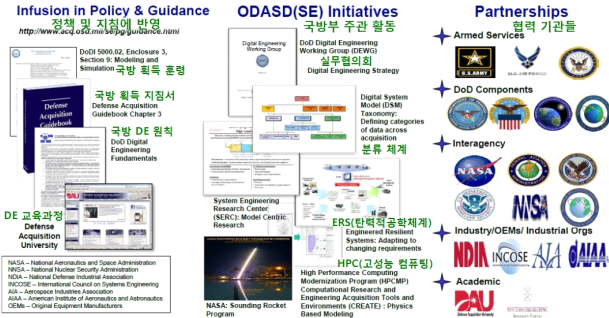


Fig. 23. Activities to DE in DoD

그 다음은 디지털 공학을 적용할 대상을 선정하는 것이며, 국내의 제한된 자원(예산, 인력, 시간)을 최대한 효율적으로 집중할 수 있는 분야를 선정해야 한다. 예로 우리나라의 산업기술 수준이 높은 분야이면서 동시에 무기체계 중 고비용·첨단기술 체계를 선정하여 디지털 공학 방법론을 적용시킬 때에 효과가 뚜렷하게 비교될 수 있을 것이다.

현재 방사청에서 추진하고 있는 다수준-해상도모델(MRM, Multi-Resolution Model) 연구는, 위계임 모델 상호 간에 수직적인(전구-임무-교전-공학급) 연결('디지털 스펙트럼'과 유사한 개념)을 통해 활용성 및 효용성을 높이는 시도라고 할 수 있다.

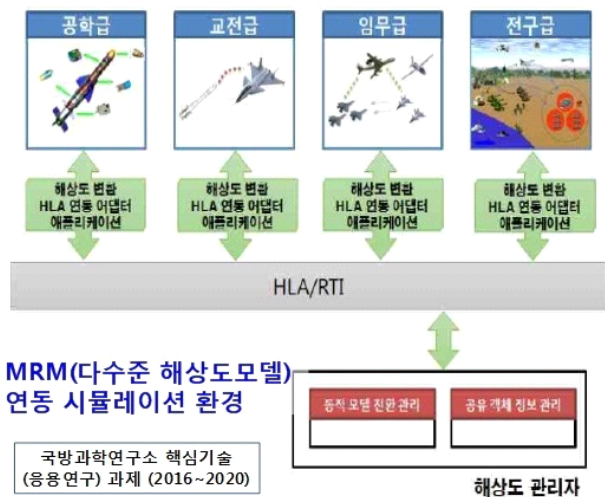


Fig. 24. 국방과학연구소 무기체계 컴포넌트 라이브러리

또한 국방과학연구소에서 추진 중인 '무기체계 컴포넌트 모델 라이브러리' 시험개발 연구(2016~2019)는, 무기체계 효과에 기반하여 전장 환경에서의 무기체계 효과 분석이 가능하도록 프레임워크(토대)를 구축하는 시도로서 향후 무기체계 공학 모델의 발전에 초석이 될 기술이라고 판단된다.

마지막으로 선진국의 추진 과정 및 경과를 분석해 볼 때, 우리나라에 맞는 추진전략 수립이 필요하다.

- SWOT 분석 등을 통해 국내 환경에서의 취약 부분 판단 및 보강 필요
- 중기적인(최소 4~5년) 추진계획을 수립하여 수년간 꾸준히 계획적으로 추진 필요 : 정책 및 방법론 제기(발의) → 인식/이해/공감 → 개념 정립, 시범 사업, 추진전략 수립 → 정책&지침(안) 수립 및 검증 등의 과정을 미리 계획하고 추진해야 한다.
- 새로운 기술&정책을 도입할 때 가장 어려운 것은, 용어, 개념 및 데이터에 대한 혼선이며, 이에 대한 분류체계(Taxonomy) 정립을 병행해야만, 혼란을 최소화할 수 있다.
- 정책&지침 수립 시 부서 및 기관별 이해 상충 방지, 책임과 역할에 대한 상호 협조는 기본적인 바탕이 되어야 한다.
- 군-산-학-연 등 대외 기관 협력 시에 군사보안, 기술 자료 유출 문제 방지 필요
- 선진국 시범사례(예: ERS 등)를 연구 및 분석하고 시행착오를 거쳐서 수립된 로드맵(Roadmap)을 참고하여 업무 영역별, 시기별 계획 수립 필요: 계획(Plan), 절충(Trade), 지식(Knowledge), 시연(Demo), 향상(Enhance) 등

7. 결론

선진국들은 4차 산업혁명 등 급속한 기술발전, 이에 반해서 감축되는 국방예산, 그리고 적대국 위협세력의 능력 발전에 대비하기 위해, 발달된 디지털 기술을 최대한 활용하여 무기체계에 적용하기 위해 공학적 방법론을 M&S 기반의 '디지털 공학'으로 전환하고 있다.

우리나라의 국방 기술 및 정책 업무에 관련된 사람들은 이런 선진국의 방향과 추세를 면밀히 연구하고 분석하여 취사 선택을 함으로써 국내 상황에 적용하는 추진 전략을 수립해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Abdullah S. Al-Ghamdi, Syed Amanullah Quadri, "A UML Approach: Unified Military Doctrine Modeling in Integrated Defense Operations", 2011 3rd ICMLC (International Conference on Machine Learning and Computing), King Saud University, pp. V4-459 ~V4-463
- [2] Ed Kraft, AEDC/CZ, USAF, "Expanding the Digital Thread to Impact Total Ownership Cost", NIST MBE Summit, Dec-18, 2013.
- [3] Laura E. Hart, Lockheed Martin, "Introduction To Model-Based System Engineering (MBSE) and SysML", INCOSE meeting, July-30, 2015.
- [4] Duane A. Gilmour, William E. McKeever, "High Performance Computing (HPC) for real-time Course of Action (COA) Analysis", 미공군연구소(AFRL) In-House Final Technical Report, January 2008 (관리번호: AFRL-RI-RS-TR-2007-273).
- [5] Dennis West, "Future Maintenance Operations", Nov 14, 2014 DoD Maintenance Conference.
- [6] Pam Kobryn, Structures Technology Branch, AFRL, "AFRL Digital Thread update", ERS (Engineered Resilient Systems) Annual Technology meeting, 2014 (88ABW-2014-5509).
- [7] Stephan Russ, Materials & Manufacturing Directorate, AFRL, "Overview of USAF NDE R&D Activities", July-15, 2014 (88ABW-2014-0539).
- [8] Philomena Zimmerman, ODAS, DoD, "DoD Digital Engineering Strategy", 20th Annual NDIA Systems Engineering Conference, October 25, 2017.
- [9] Philomena Zimmerman, ODASD(SE), "Advancing Digital Model-Centric Engineering: Digital System Model/Digital Thread", 2015, "Digital Engineering Transformation", 2017.
- [10] Mr. Rob Gold, Director, Engineering Enterprise, ODASD (SE), DoD, "Digital Engineering in Complex Systems: From Leadership Understanding Through Application", Apr 5, 2017, MBE Summit.