

시험평가용 M&S에 대한 V&V 프로세스 연구

박주혜
국방과학연구소 정보화기술실

A Study on the V&V Process of M&S for the Test and Evaluation

Ju-Hye Park
Information System & Common Technology Office, Agency for Defense Development

요 약 무기체계 연구개발 시, 실제 환경에서의 기간, 안전, 비용 등의 사유로 시험평가가 제한되는 항목에 대해 M&S(Modeling and Simulation)를 활용하여 시험평가를 실시할 수 있다. 이때 시험평가용 M&S의 신뢰성(credibility) 확보를 위해 VV&A(Verification, Validation and Accreditation) 활동이 요구된다. 최근 무기체계의 연구개발 경향이 첨단화됨에 따라 M&S 활용과 이에 따른 VV&A 활동도 증가되고 있다. VV&A 활동이란 시험평가용 M&S가 실제계의 모습대로 구현되고, 사용 목적과 의도에 대한 신뢰성이 보장되었는지 검증(verification), 확인(validation)하여, 인정(creditation)하는 것이다. VV&A 활동은 V&V(Verification & Validation)와 인정 활동으로 나뉜다. 국방과학연구소(이하, 국과연)에서 시험평가용 M&S의 VV&A를 수행할 시, V&V 활동을 수행하는 V&V에이전트는 국과연의 별도부서가 수행하고 인정 활동을 수행하는 인정(A)에이전트는 기품원이 수행한다. 본 논문은 현재까지 국과연에서 V&V에이전트로 수행한 시험평가용 M&S VV&A에 적용된 V&V 활동 프로세스 적립 결과를 소개한다. 이는 시험평가용 M&S의 개발과정에서 산출되는 각종 문서 및 개발 자료 등을 인정평가 항목의 관점에 따라 검증 및 확인을 하여, 인정판정 및 수락기준 충족여부를 판단할 수 있는 객관적인 근거 자료를 만들기 위해 수행한 프로세스이다.

Abstract When developing a weapon system, a T&E(Test and Evaluation) can be performed using M&S for the test items that cannot be evaluated in the real world. In this case, the VV&A activities are required to prove the credibility of M&S for the T&E. Recently, the use of M&S has been increasing as the R&D trends of weapon systems are becoming more advanced. Therefore, the VV&A activities are also increasing. The VV&A activities aim to verify, validate, and accredit that the simulation can represent a real system and ensure credibility regarding its purpose and intention of use. VV&A activities are divided into V&V and Accreditation. When performing VV&A in the ADD (Agency for Defense Development), the V&V activities are performed by a separate department of the ADD and the accreditation activities are performed in the DTAQ (Defense Agency for Technology and Quality). This paper proposes a V&V process for a T&E of M&S that has been performed in ADD. The process is used to verify and validate the documents and data generated during the development process according to the accreditation criteria, and provides objective data that can be used to judge whether the accreditation decision and acceptance criteria are met.

Keywords : VV&A, V&V, M&S, Credibility, T&E

*Corresponding Author : Ju-Hye Park(Agency for Defense Development)
email: enjoyer.juhye@gmail.com

Received July 3, 2019

Accepted September 6, 2019

Revised July 30, 2019

Published September 30, 2019

1. 서론

무기체계 연구개발 분야에는 다양한 목적으로 M&S를 활용하고 있다. 이에 M&S의 결과를 신뢰할 수 있는가 라는 이슈가 있다. 특히 무기체계 시험평가 시 한정된 자원으로 인한 실 체계를 활용한 시험이 제한되는 시험평가 항목의 경우 M&S를 활용한 시험평가가 가능하다[1]. 이러한 무기체계 시험평가용 M&S의 신뢰성 확보를 위해 VV&A활동이 요구된다.

VV&A 활동은 무기체계 시험평가용 M&S가 요구사항과 사용의도 충족에 부합하는지, 실체계의 모습대로 구현이 되었는지, 그리고 사용 목적과 의도에 대한 신뢰성이 보장되었는지 검증하고, 확인하여, 인정하는 것이다. 본 연구는 현재까지 국과연에서 수행한 무기체계 시험평가용 M&S에 대한 VV&A 활동 중 V&V 활동에 적용한 수행방법을 주로 소개한다. 이는 시험평가용 M&S 개발과정에서 산출되는 각종 문서 및 개발자료 등을 인정평가 항목의 관점에 따라 검증 및 확인하여 인정판정 및 수락 기준 충족여부를 판단할 수 있는 객관적인 근거 자료를 만들기 위해 수행한 활동이다.

2. VV&A 개요

VV&A에서 검증이란 모델이 개발자의 의도대로 만들어진지 여부(Was the M&S built right?)를 검증하는 과정이고, 확인이란 모델이 실 체계를 정확하게 표현하고 있는지 여부(Was the right M&S built?)를 확인하는 과정이다. 마지막으로 인정이란 모델이 특정목적에 부합하게 만들어 졌는지 여부(Is this the right M&S to use?)인정하는 과정이다.

무기체계 시험평가용 M&S의 VV&A를 수행하기 위해서는 인정권자, 인정(A)에이전트, V&V에이전트, 개발자, 주제전문가(SME: Subject Matter Expert, 이하 SME)가 필요하다. 인정권자는 VV&A 활동의 조정 및 관리 감독을 수행하며 사업관리기관에서 맡게 된다. 인정(A)에이전트는 인정권자를 대신하여 VV&A를 주관하여 실행하며, 최종 인정판정을 추천한다. 담당기관은 국방기술품질원(이하, 기품원)을 원칙으로 하되, 필요시 전문연구기관이 수행 할 수도 있다. V&V에이전트는 개발자 관점에서 V&V활동 전반을 수행하며, 인정 활동을 지원한다. V&V에이전트 담당기관은 연구개발주관기관의 별도부서 또는 전문연구기관이 수행 할 수 있다. 개발자는 실제 시험평

가용 M&S를 개발하는 연구개발주관기관이며, VV&A활동을 지원한다. SME는 인정(A)에이전트를 지원하며, 각 VV&A 활동에 대한 자문을 수행한다. 그러므로 주제전문가는 해당 무기체계 시험평가용 M&S에 대한 전문지식을 가진 군·산·학·연의 해당분야 전문가가 수행한다 [2].

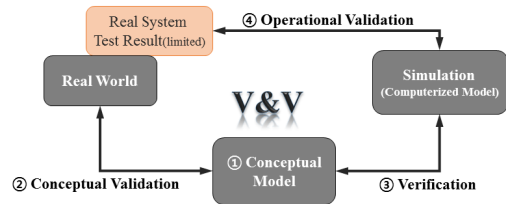


Fig. 1. Conceptual Framework for V&V

실제 시스템을 모의한 시험평가용 M&S가 정확하게 개발되었는지를 V&V하는 개념은 Fig. 1과 같다. V&V는 먼저 개념모델(①conceptual model)을 만들어서, 이 개념모델이 실제시스템을 잘 모의하는지를 확인하는 과정으로 개념확인(②conceptual validation)을 수행한다. 개념확인 과정은 과제 미 참가자가 검토하는 독립기술검토회(ITR: Independent Technical Review, 이하 ITR)를 통하여 실제 시스템처럼 모델링이 되었는지를 확인할 수 있다. 이후 실제 프로그래밍 언어로 구현한 시뮬레이션 모델 소스코드 검증(③verification)이 필요하다. 여기에서 검증이란, 개념모델이 실제 프로그램의 의도대로 잘 구현되었는지를 확인하는 절차이다. 마지막으로 제한된 환경에서 수행한 하드웨어 시험 데이터와 시뮬레이션 결과를 비교 검토하는 운용 확인(④operational validation)을 진행한다.

3. VV&A 활동

3.1 VV&A 프로세스

한국군의 VV&A 프로세스는 DoD(미 국방성)의 M&S VV&A RPG[3]와 MIL-STD-3022[4], 그리고 NASA의 NASA-STD-7009[5], 마지막으로 AEgis사의 컨설팅[6]을 받아 방위사업청과 기품원을 중심으로 M&S적용매뉴얼[2]에 VV&A프로세스를 제정하였다.

VV&A 프로세스의 시작은 M&S요구사항을 식별하여 정의하는 것부터 시작한다. M&S요구사항은 인정(A)에이전트가 주관하여 VV&A 관련한 인원과의 협의하고, 구

체화하여 인정권자의 승인을 거쳐 확정한다. 이후 인정(A)에이전트는 정해진 M&S요구사항을 기반으로 인정수락기준을 선정하여, VV&A의 인정계획을 세운다. 이 과정이 끝난 후 V&V 활동이 진행되며, V&V 활동의 첫 단계로 V&V 계획 수립이다. V&V계획에는 V&V 활동을 어떻게 진행할지에 대해 계획한다. 여기서 V&V 활동은 요구사항 검증, 개념모델 확인, 설계검증, 데이터 검증 및 확인, 구현검증, 결과 확인 순으로 진행된다. V&V 활동은 M&S 개발과정과 함께 진행되며 이들의 관계는 Table 1과 같다.

Table 1. Relationship between M&S development and V&V activities

M&S Development	V&V activities
M&S Development Plan	Develop V&V Plan
Requirements Analysis	Verify M&S Requirements
Conceptual Model Development	Validate Conceptual Model
Design	Verify Design
Implementation	Verify Implementation
Input Data Review	Data V&V
Result Analysis(Test)	Validate Result
	Summary of V&V activities

각 활동의 자세한 사항은 다음 장 4. V&V 활동에서 다룬다. 그리고 V&V 계획에는 V&V 활동 시 반드시 동반되어야 하는 확인수락기준을 정하여 V&V계획서에 명시한다. 확인수락기준은 인정수락기준과 별개로 V&V에 이전트가 관리하며, V&V에이전트 관점에서 시험평가용 M&S를 개발하는데 필요하다고 생각되는 기준이다. V&V 활동의 마지막 단계는 V&V 결과이다. V&V 결과는 V&V의 모든 활동에서 생산된 산출물을 기반으로 M&S요구사항, 인정수락기준, 확인수락기준을 어떻게 충족하는지 설명한다.

V&V에이전트는 V&V 계획부터 V&V 결과까지 매 활동마다 보고서를 작성하여 총 8종의 보고서를 생산한다. 이 보고서를 통해 인정(A)에이전트는 인정을 위한 정보를 수집하고 평가한다. 이후 인정수락기준에 따라 시험평가용 M&S를 평가하고 인정결과를 인정권자에게 추천하게 된다. 마지막으로 인정권자는 인정(A)에이전트의 추천 내용을 반영하여 인정판정을 내린다. 이 모든 과정인 VV&A 과정은 Fig. 2와 같다.

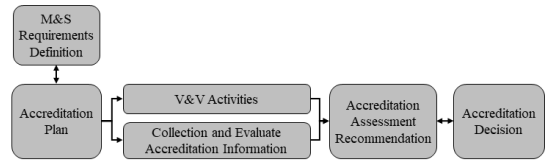


Fig. 2. VV&A Process

3.2 V&V 기법

DMSCO(미 국방 M&S 사무국)에서 배포한 V&V Techniques[7]에는 각 단계별로 적용할 수 있는 V&V 적용 기법들에 대하여 설명 되어있다. 이들 기법들은 Informal, Formal, Static, Dynamic인 4가지 범주로 분류된다. Informal(Inf.)은 사람의 논리적인 사고과정에 의존하는 기법이고, Formal(For.)은 수학적인 정식화 및 증명에 기초한 기법이다. 그리고 Static(Stat.)은 소스코드를 실행시키지 않고 코드자체의 논리 및 알고리즘 분석하는 기법이고, Dynamic(Dyn.)은 프로그램을 실행시킨 결과 관찰 및 작동 확인을 하는 기법이다. 4가지 범주하에 V&V 기법들 중 국과연에서 주로 쓰는 V&V기법은 다음과 같다.

- Audit(inf.): 과제 미 참가자에 의한 ITR을 개최하여 모의모델의 완전성, 정확성, 일관성 등을 확인 수행
- Desk Check(inf.), Documentation Check(inf.), Inspection(Inf.), Walkthroughs(Inf.): V&V 활동 산출물에 대한 완전성, 정확성, 일관성 등에 대한 확인을 수행하며, 상호 참조 검사, 규격서와의 세부적인 비교, 제어 흐름도 분석 등의 작업들이 포함
- Review(Inf.), Traceability Assessment(Stat.): 개발규격, 가이드라인, 규격서 등을 기준으로 검토하는 방식. M&S요구사항, 가정의 타당성, 규격 준수 여부, 모델 구조, 모델의 일관성, 모델 완결성, 문서화 등에 대한 확인을 수행
- Data Interface Test(Dyn.): 인터페이스가 정확하게 구조화 되어있고 데이터 구조, 이벤트 목록 등의 데이터 객체가 올바르게 작동하는지 여부를 확인
- Debugging(Dyn.): SW 개발도구를 이용하여 소스코드를 컴파일/빌드했을 때 오류가 발생하는지 여부를 검증
- Functional test(Dyn.): Black-box test 이라고도 불리며, 모델에 대한 입력-출력 변환의 정확성을 평가
- Semantic analysis(State): 소스코드 자동화 분석 도구를 적용하여, 소스코드가 원래 의도에 맞게 작성되었는지 여부를 검증

- Standards test(Dyn.) : 소스코드 자동화 분석도구를 적용하여, 소스코드의 방위사업청 코딩규칙 준수여부 등을 검증
- Structural analysis(Stat.) : 소스코드 자동화 분석도구를 적용하여, 소스코드의 구조가 적절하게 구성되었는지 여부를 검증
- Syntax analysis(Stat.): 컴파일러를 이용하여 소스코드의 문법 상 오류가 있는지 여부를 검증
- Comparison Test(Dyn.), Graphical Comparison(Dyn.), Real Time Input Test(Dyn.): 실제 결과와 시뮬레이션 결과의 비교 분석 수행
- Performance Test(Dyn.): 시뮬레이션 성능이 기준을 만족하는지 여부를 판단하는 V&V 기법의 한 종류로 M&S 기능/성능이 충분한 정확도로 측정/평가되고, 모든 요구사항을 충족하는지 여부를 판단

4. V&V 활동

V&V 활동에 앞서 유념해야 할 사항으로 각 V&V활동마다 보고서가 작성되는데 각 보고서의 일관성과 정확성을 위해 무기체계 특성을 반영한 보고서 평가항목을 작성하여 각 보고서가 적절하게 작성되었는지 검토한다. 그리고 해당보고서에는 시험평가용 M&S의 한계인 가정 및 제약사항을 명확하게 작성하여 M&S에 대한 오해가 없도록 하여야 한다. 마지막으로 V&V에이전트가 작성한 V&V계획보고서, V&V결과보고서를 포함한 8종의 보고서가 각각 인정(A)에이전트에 제출된 후에 인정(A)에이전트와 SME는 보고서를 검토한 의견을 V&V에이전트에 전달한다. 이후 V&V에이전트와 개발자는 검토의견을 반영하여 수정보완 하고 이 모든 기록을 해당 보고서에 첨부한다.

V&V 활동 시 명확하게 구분되고 관리되어야 하는 시험평가용 M&S의 요구사항, M&S요구사항, 인정수락기준, 확인수락기준에 대한 설명은 다음과 같다.

- 시험평가용 M&S의 요구사항: 체계요구사항명세서(SSS: System Requirement Specification, 이하 SSS), SW요구사항명세서(SRS: Software Requirement Specification, 이하 SRS)에 작성된 요구사항을 의미한다.
- M&S요구사항: 인정(A)에이전트가 시험평가용 M&S의 요구사항을 기반으로 식별한 요구사항으로, VV&A 관련한 인원과의 협의하고, 구체화하여 인정권자의 승인을 거쳐 확정된다.

- 인정수락기준(인정평가항목): 인정(A)에이전트가 관리하며, 인정수락기준은 M&S요구사항으로부터 도출하여 선정하고, 시험평가용 M&S가 사용자 의도에 적합하게 개발되었는지 인정평가하기 위한 기준이다. V&V에이전트는 M&S요구사항을 추적관리하고, 시험평가용 M&S요구사항과 맵핑하여 관리한다.

- 확인수락기준: V&V에이전트가 관리하며, 인정수락기준에서 고려되지 않은 요소와 V&V에이전트 관점에서 시험평가용 M&S를 개발하는데 필요하다고 판단되는 기준이다.

M&S요구사항, 인정수락기준은 기품원에서 NASA-STD-7009[5]와 AEgis사의 컨설팅 결과[6]를 연구하여 국내 여건에 맞게 수정, 보완 적용하였다. 시험평가용 M&S가 시험평가 목적에 맞는 환경을 묘사하는지에 대한 문제영역, 실 체계와 유사하게 구현되었는지에 대한 M&S영역, 마지막으로 사용의 용의성을 보는 사용자영역 범주로 나누어 작성된다. 다음으로 V&V 활동에서 V&V계획과 V&V결과를 제외한 단계별 활동에 대해 실제 국과연에서 수행한 V&V 활동을 각 활동의 목적, 범위, 방법, 절차로 기술한다.

4.1 요구사항 검증

4.1.1 요구사항 검증 목적

요구사항 검증은 V&V 활동 단계 중 시험평가용 M&S를 구현하기 위해 사용자가 정의한 요구사항을 검증하여 향후 발생 될 수 있는 문제점을 사전에 방지하는 활동이다.

4.1.2 요구사항 검증 활동범위

요구사항 검증 활동은 크게 SSS, SRS에 대한 검증활동과 요구사항 추적성에 대한 검증활동으로 나눌 수 있다. SSS와 SRS에 대한 검증활동은 요구사항의 정확성, 완전성 등에 대한 평가를 수행하고, 요구사항 추적에 대한 검증활동은 SSS와 SRS가 M&S 요구사항에 반영되었는지와 M&S 요구사항이 인정수락기준과 어떠한 연관관계가 있는지를 밝히는 활동을 수행한다.

4.1.3 요구사항 검증 방법

요구사항 검증 시 요구사항의 정확성, 완전성, 시험 가능성, 추적 가능 여부 등을 고려되어야 한다. 요구사항 검증을 위한 세부평가항목은 Table 2와 같다. 세부평가항목은 시스템엔지니어링 표준인 EIA-632[8]에서 제시하고 있는 개별 요구사항기술에 대한 확인항목 10개를 준

용하여 각 요구사항을 검증한다. 요구사항검증 기법으로 Review, Desk Check, Documentation Check, Traceability Assessment를 적용한다.

Table 2. List of Requirements Assessment

Items	Description
Ability to preserve competitiveness	permits preservation of a competitive stance and is only as constraining on competitive stance as is justified by benefits delivered by requirement.
Clarity	requirement statement is readily understandable without analysis of meaning of words or terms used.
Correctness	requirement statement does not contain an error of fact.
Feasibility	requirement can be satisfied within (1) natural physical constraints, (2) state of the art as it applies to the project, and (3) all other absolute constraints applying to the project.
Focus	requirement is expressed in terms of 'what' and 'why,' or form, fit and function, not in terms of how to develop the products or the materials to be used — detailed requirements that are required to guide detailed design of a product are an exception to this.
Modifiability	necessary changes to a requirement can be made completely and consistently.
Removal of ambiguity	allows only one interpretation for meaning of the requirement, e.g., not defined by words or terms such as 'excessive,' 'sufficient,' and 'resistant' that cannot be measured.
Singularity	requirement statement cannot be sensibly expressed as two or more requirements having different agents, actions, objects, or instruments.
Testability	existence of finite and objective process with which to verify that the requirement has been satisfied.
verifiability	can be verified at the level of system structure at which it is stated.

4.1.4 요구사항 검증 절차

요구사항 검증 시, 개발자는 요구사항명세서를 작성하여 V&V에이전트에게 제공한다. 그리고 V&V에이전트는 요구사항별 검증을 수행하고, V&V에이전트와 개발부서는 결과 회의를 통하여 시험평가용 M&S 요구사항 검증을 완료한다. 이후 개발자는 확정된 요구사항으로 SSS, SRS를 수정, 보완하여 V&V에이전트에 제출한다. V&V에이전트는 모든 결과를 반영한 요구사항검증보고서를 작성하여 인정(A)에이전트에게 제출한다.

4.2 개념모델 확인

4.2.1 개념모델 확인 목적

요구사항 검증을 통해 결정된 시험평가용 M&S의 요구사항에 따라 실세계를 충분히 반영하여 개념모델을 올바르게 모델링 하였는지의 여부를 확인하는 활동이다. 이 활동을 통해 오류나 위험요소들을 조기에 발견하여 최종 모델의 개발 완성도를 높일 수 있다.

4.2.2 개념모델 확인 활동범위

개념모델 확인활동은 시험평가용 M&S에 대한 개념적인 부분을 개발자가 작성한 개념모델기술서를 통해 확인한다. 개념모델 확인은 개념모델기술서에 시험평가용 M&S의 사용목적대로 구성과 개념을 기술하고, 가정 및 제한사항, 알고리즘, 데이터, 시뮬레이션 능력 등이 기술되었는지 확인한다. 그리고 개념모델이 실 체계를 충실하게 반영하고 있는지와 요구사항과의 추적성을 확인한다.

4.2.3 개념모델 확인 방법

개념모델기술서는 얼마나 세부적으로 묘사를 해야 개념모델을 정확하게 표현하였다는 정량적인 판단 기준이 없다. 그러므로 ITR을 개최하여 과제에 참가하지 않는 해당 분야의 전문가 그룹에게 개념모델을 전파하고, 질의/응답을 통해 검토 및 확인을 받는다. 국과연의 경우 전문가 그룹은 국과연 내의 유사 업무 수행 연구원으로 선정한다. 또한 국과연에서 개념모델 확인 시, 확인수락 기준외의 모의개념모델의 맥락, 모의개념, 모의개념요소로 25개의 세부적인 확인항목을 추가하여 수행한다. VV&A를 한국에 첫 도입한 사레인 철매-II 통합시험시스템 VV&A 진행을 위해 컨설팅을 받은 AEgis사의 결과를 토대로 개념모델 확인항목을 표준화하여 진행한다 [6,9]. 확인 기법으로 Audit, Review, Documentation Check, Traceability Assessment를 적용한다.

4.2.4 개념모델 확인 절차

개념모델 확인 시, 개발자는 개념모델확인서를 작성하여 V&V에이전트에게 제공한다. 그리고 1차적으로 V&V에이전트는 개념모델기술서가 모든 모델의 개념모델을 포함하고, 모델이 일관성을 가지며, 3자가 확인 가능한 상태인지를 검토한다. 다음으로 전문가 그룹을 선정하고, 개념모델 확인을 하기 위한 ITR을 수행하여 개념모델을 검토 및 확인 받는다. 이후 개발자는 검토의견을 반영하여 개념모델기술서를 수정, 보완 후 V&V에이전트에게 제출한다. V&V에이전트는 모든 결과를 반영한 개념모델 확인보고서를 작성하여 인정(A)에이전트에게 제출한다.

4.3 설계 검증

4.3.1 설계 검증 목적

설계 검증 활동은 M&S 요구사항과 실 체계를 반영한 개념모델이 시뮬레이션 모델을 구현하기 위해 시험평가용 M&S의 소프트웨어 설계명세서(SDD: Software Design Document, 이하 SDD) 설계항목으로 빠짐없이 반영되었는지 검증하는 활동이다. 이 활동을 통해 이후 개발되는 시뮬레이션 모델의 완성도를 높일 수 있다.

4.3.2 설계검증 활동범위

설계 검증활동은 시험평가용 M&S의 요구사항을 충족하고, 사용목적에 맞게 설계가 이루어졌는지 확인하는 활동으로 SDD를 대상으로 이루어진다. 설계검증 활동은 요구사항이 SDD에 잘 반영 되었는지 확인하기 위한 요구사항 추적성에 대한 검증활동과 SDD 자체의 완전성 및 정확성을 확인하는 활동으로 분류된다.

4.3.3 설계검증 방법

설계 검증 활동은 요구사항 추적성 활동과 SDD 문서 검토 활동으로 구분된다. 이에 따른 검증 절차 다음과 같다. 추적성 활동은 체계 요구사항 식별, SDD 설계사항 식별, 요구사항 추적 매트릭스 결과 확인, 추적 불가능한 SDD 설계사항 식별, 추적 불가능한 체계 요구사항 식별, 결과정리 및 오류 보고를 수행한다. SDD 문서 검토는 완전성, 정확성과 일관성을 유의하여 수행한다. 문서 검토 활동은 문서 자체의 결함에 대한 분류 기준 수립, 개발자의 동료검토 활동 실시, 개발자의 동료검토결과서 작성 및 문서 반영, V&V에이전트의 문서 검증 활동, 문서 검증 결과에 대해 분류된 문서 검증결과서 작성, 결과정리 및 결함 보고를 한다. 설계 검증 기법으로 Audit, Review, Documentation Check, Traceability Assessment를 적용한다.

4.3.4 설계검증 절차

설계 검증 시, 개발자는 SDD를 작성하고 이를 확인하는 과정으로 내부 동료검토를 수행한다. 동료검토가 끝난 SDD를 V&V에이전트에 제공한다. 그리고 V&V에이전트는 SDD의 요구사항 추적성을 검토하고, 문서의 완전성, 정확성, 일관성을 검토한다. 이후 설계 검증을 위한 ITR을 수행하고, 전문가 그룹을 통해 설계상황에 대한 검증을 받는다. 이후 개발자는 전문가 그룹의 의견에 따라 SDD를 수정, 보완하여 V&V에이전트에 제출한다.

V&V에이전트는 검토 의견을 반영한 설계검증보고서를 작성하여 인정(A)에이전트에 제출한다.

4.4 데이터 검증 및 확인

4.4.1 데이터 검증 및 확인 목적

시험평가용 M&S를 구성하는 주요 알고리즘에 사용된 데이터 중 초기입력데이터를 식별하여 사용된 데이터의 정확성, 적절성을 평가하기 위한 활동이다. 이와 같은 활동을 통하여 시험평가용 M&S의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

4.4.2 데이터 검증 및 확인 활동범위

데이터 검증 및 확인 활동은 개념모델기술서와 SDD에서 식별된 입력데이터를 기준으로 한다. 개념모델을 설계하고 구현하며, 시뮬레이션을 실행시키고, 평가하는 모든 과정에서 적절한 데이터의 존재는 필수이다. 데이터 검증 및 확인으로 활용 할 수 있는 데이터의 유형 형태는 4가지로 되어 있다. 모델, 시뮬레이션에 사용되는 특성치, 규격, 질적 성숙도를 묘사하는 참고데이터; 코드의 일부분으로 구현되거나 운용절차상 입력해야하는 장착형태 데이터; 시뮬레이션을 구동시키기 위해 필요한 입력데이터인 상수형태데이터; 실제계로부터 측정된 측정값 또는 전문가로 인해 제공된 추정 값인 검증데이터가 있다. 시험평가용 M&S는 특징에 따라 다른 데이터 유형을 가지고 있을 수 있고, 데이터 중에 초기 입력데이터를 데이터 검증 및 확인 활동 시 수행한다.

4.4.3 데이터 검증 및 확인 방법

데이터 검증 및 확인은 비교·분석·검토 방법을 사용하여 수행한다. 입력데이터를 비교하는 것은 구체적인 분석이 필요 없고 데이터가 유래한 신뢰할 만한 데이터 및 공신력 있는 문서와의 비교 등을 통해 개념모델 데이터가 적절한 범위의 값인지 여부를 확인하는 경우에 사용하는 검증 방법이다. 그리고 분석은 개념모델 데이터가 알고리즘이나 수학적 방정식과 연관되어 계산과정을 통하여 산출되는 경우 혹은 수학적 방정식으로 모델링되는 과정에서 데이터가 단순화 될 경우 오차 분석 등을 통하여 사용하는 데이터 값에 대한 신뢰를 확보하는 평가방법이다. 마지막으로 검토는 유형의 문서는 없으나 무기체계의 운영개념등과 관련된 전문가 혹은 오랜 기간 동안 무기체계를 개발해온 전문가의 의견으로 검증하는 방법이다. 또한 모든 입력데이터는 정의 및 내용이 명확하고 누락

된 것이 없는지, 데이터의 단위와 범위 등이 일관적이고 적절한지 등도 수행한다. 이러한 데이터 검증 및 확인 방법을 수행 시 Audit, Review, Documentation Check, Traceability Assessment 기법을 적용한다.

4.4.4 데이터 검증 및 확인 절차

데이터 검증 및 확인은 입력데이터에 대한 것으로 개념모델기술서와 SDD에 작성된 입력데이터를 식별하여 참고문서 기반으로 개발자와 V&V에이전트가 검토한다. 이후 데이터 검증 및 확인을 하기 위한 ITR을 통해 전문가그룹을 통한 입력데이터의 완전성, 정확성, 일관성, 적절성 등을 검증 및 확인하는 과정을 수행한다. 이후 개발자는 전문가 그룹의 의견에 따라 개념모델기술서와 SDD를 수정, 보완하여 V&V에이전트에 제출한다. V&V에이전트는 모든 결과를 반영한 데이터 검증 및 확인보고서를 작성하여 인정(A)에이전트에 제출한다.

4.5 구현검증

4.5.1 구현검증 목적

설계단계의 소프트웨어를 구현하면서 M&S 구성요소와 데이터가 통합된다. 구현검증활동은 요구사항-개념모델-설계-구현이 올바르게 연결되었는지 평가하고 소프트웨어가 사용목적에 맞게 구현되었는지 검증하는 활동이다. 이 활동은 개념모델과 설계 수정이 가능한 마지막 단계로, 이를 통해 시험평가용 M&S 최종모델의 개발 완성도를 높일 수 있다.

4.5.2 구현검증 활동범위

구현 검증은 시험평가용 M&S의 요구사항이 설계문서를 따라 구현되었는지 검증하기 위하여, 산출물 검토, 요구사항 반영여부 점검, 인정 수락기준과의 연관성 검토, 구현검증 오류 검토를 수행한다.

4.5.3 구현검증 방법

구현검증은 먼저 소스코드가 개념모델기술서와 SDD에 명시된 변수와 함수로 구현이 되었는지 검토하는 소스코드 검토와 구현된 소스코드가 표준화된 코딩 규칙 준수여부, 정적시험을 수행하여 코드에 대한 오류사항들이 적절히 수정되었는지를 점검할 수 있는 소스코드 자동화 분석도구 결과보고서 검토가 있다. 마지막으로 소프트웨어가 사용목적(요구사항)에 맞는 기능을 구현하였는지를 확인하는 기능/성능 SW 시험 문서(STP(Software

Test Plan), STD(Software Test Description), STR(Software Test Report))를 검토한다. 구현 검증 기법으로 Desk check, Review, Debugging, Functional test, Semantic analysis, Standards test, Structural analysis, Syntax analysis, Walkthroughs, Traceability Assessment를 적용한다.

4.5.4 구현검증 절차

구현검증 시, 개발자는 소스코드, 소스코드 자동화분석도구 결과보고서, STP/STD/STR를 V&V에이전트에게 제공한다. V&V에이전트는 소스코드로 설계문서 및 코드 구현의 일관성을 검토하고, 소스코드 자동화분석도구 결과보고서로 요구사항과 코드구현의 정확한 매핑과 코딩 오류 식별 및 정확한 조치 여부로 완전성을 검증하고, 표준 코딩규칙 준수와 오류 식별 및 조치 여부로 구현의 정확성을 검증한다. 마지막으로 STP/STD/STR로 각 SRS상의 요구사항과 잘 일치하며 시험결과의 내용이 요구사항을 충족 여부와 소프트웨어 구현항목과 M&S 요구사항, 시험평가용 M&S의 요구사항, 인정 수락기준과의 연관성으로 추적성을 검증한다. 이후 개발자는 V&V에이전트 의견에 따라 소스코드, 자동화분석도구 결과보고서, STP/STD/STR를 수정, 보완하여 V&V에이전트에 제출한다. V&V에이전트는 모든 결과를 반영한 설계검증보고서를 작성하여 인정(A)에이전트에 제출한다.

4.6 결과확인

4.6.1 결과확인 목적

결과확인 활동은 V&V 활동의 최종단계로서, 시험평가용 M&S가 사용의도에 적합한 결과를 도출하는지 평가하기 위한 활동이다. 체계요구사항 항목에 따른 시험결과 및 시험 데이터 결과 비교를 통하여 운용성 확인을 수행함으로써 최종적으로 시험평가용 M&S의 신뢰도를 확인할 수 있다.

4.6.2 결과확인 활동범위

결과 확인 활동은 모든 M&S 요구사항의 추적성을 확인하고, 시험평가용 M&S의 결과 데이터와 제한된 환경의 실제 시험데이터와의 유사성을 확인한다. 그리고 시험평가 절차의 적합성 확인, 시스템 안정성과 편의성 확인 평가를 활동범위로 한다.

4.6.3 결과확인 방법

시험평가용 M&S의 요구사항을 모두 만족하는지 확인하기 위하여, SRS, 시험데이터 관련문서, STD/STR 등을 참조한다. 그리고 시험평가용 M&S의 체계요구사항은 GUI를 통하여 SW 기능/성능 평가를 확인하거나, 시험데이터 로그를 분석한 그래프를 통하여 결과를 확인하며, 제한된 환경에서 진행된 시험데이터와 시험평가용 M&S 데이터를 비교 분석하여 요구사항을 확인한다. 또한 하드웨어가 있는 경우 현장방문 실사를 통하여 시험평가용 M&S의 기능/성능 테스트를 진행하고, 하드웨어 및 인터페이스를 확인한다. 그리고 체계요구사항의 기능을 확인하면서, V&V 계획 단계에서 제시되었던 M&S 요구사항들을 충족하는지 여부를 검토하고, 인정 수락항목과 시험평가용 M&S의 요구사항과의 연관관계를 검토한다. 결과 확인 기법으로 Review, Documentation Check, Traceability Assessment, Data Interface Testing, Functional Test, Performance Testing을 적용한다.

4.6.4 결과확인 절차

결과확인 시, 개발자는 시험데이터와 시험평가용 M&S에서 나온 데이터를 V&V에이전트에게 제공한다. 이를 토대로 V&V에이전트는 시험데이터와 시험평가용 M&S 데이터를 비교 분석하는 운용성 확인을 수행하고 필요 여부에 따라 현장 실사를 한다. 또한 시험평가를 위해 작성된 STD/STR과 실 시험 결과와의 비교확인을 통해 오류 여부를 다시 확인한다. 그리고 시험평가용 M&S의 요구사항 전체 만족 여부 확인을 위해 개발자가 제공한 모든 산출물을 확인한다. 이후 개발자는 V&V에이전트 의견에 따라 시험/M&S데이터, STD/STR을 수정, 보완하여 V&V에이전트에 제출한다. V&V에이전트는 모든 결과를 반영한 결과확인보고서를 작성하여 인정(A)에이전트에 제출한다.

5. 결론

최근 시험평가용 M&S의 신뢰성을 보장하기 위해 VV&A 활동이 요청됨에 따라 국내에 많이 소개되고, 연구되어지고 있다. 본 논문은 실제 국과연에서 수행한 V&V 활동의 각 단계의 목적, 범위, 방법, 절차를 다룸으로써 시험평가용 M&S의 신뢰도를 올리는 방법에 대해 작성하였다. 이는 V&V 활동을 프로세스화하여 새로운 무기체계 시험평가용 M&S의 VV&A를 수행할 시에도 적용 할 수 있도록 프로세스 개념을 적립하였다. VV&A

프로세스를 통해 시험평가용 M&S 개발과 운용에 따른 문제점을 미리 확인하고 점검하여, M&S의 신뢰도를 향상 시킬 수 있다. VV&A 활동을 수행할 때, 반드시 V&V 에이전트와 인정(A)에이전트와의 유기적인 협업으로 진행되어, 마지막 인정추진 시기에 해당 M&S에 대한 이견이 없도록 주의하여야한다. 마지막으로 VV&A 활동은 시험평가용 M&S로 인정받는 것으로 간주될 수 있지만, 근본적인 이유로는 신뢰할 수 있는 M&S를 만드는 것에 목적이 있다.

References

- [1] Defense Force Development Business Instruction, Department of Defense, South Korea, pp 74, 2019
- [2] M&S Application Manual, DAPA, South Korea, 2017
- [3] M&S VV&A RPG Core Document: Introduction, DMSCO, U.S.A., 2011
- [4] MIL-STD-3022: Documentation of VV&A for models and simulations, DoD, U.S.A., 2008
- [5] NASA-STD-7009, Standards for Models and Simulations, NASA, U.S.A., 2006
- [6] Verification, Validation & Accreditation of Models and Simulations : Training Event, AEgis, U.S.A., 2000
- [7] RPG Reference Document: V&V Techniques, DMSCO, U.S.A., 2001
- [8] EIA-632, "Processes for Engineering a System", EIA Standard, U.S.A, pp 97, 1999
- [9] H. M. Chung, Y. J. Choi, H. M. Lee, Simulation Conceptual Validation Report for MSAM MITS, ADD, South Korea, 2009

박 주 혜(Ju-Hye Park)

[정회원]



- 2012년 8월 : 부산대학교 조선해양공학과(조선해양공학 석사)
- 2013년 9월 ~ 현재 : 국방과학연구소 연구원

〈관심분야〉
국방 M&S