

M&S 신뢰도 확보를 위한 VV&A 절차 적용에 관한 연구

최유진^{1)*}

국방과학연구소

The Study of process for VV&A on acquiring the credibility of M&S

Choi Yoo Jin^{1)*}

Agency for Defense Development , P.O.Box35 Yuseong, Daejeon, Korea, 305-600

Abstract : This study introduces the verification, validation & accreditation (VV&A) process for modeling & simulation (M&S). VV&A is standard process for credibility of M&S. In several countries including USA, for weapon system of Defense Development using M&S, VV&A is necessary procedures to acquire official approving for credibility of M&S. Many countries have regular recommend practice guide (RPG) and instructive for VV&A of M&S. In this study, we focus the VV&A key concepts as Department of Defense RPG of USA and give the outline of the main VV&A concepts because we don't have any available VV&A Instructive. Also, this report documents the first significant VV&A application for a MITS(M-SAM Integrate Test System) including Verification and Validation(V&V) activity and tasks.

Key Words : M&S, VV&A(검증 확인 및 인정), Acceptability Criteria(수락기준)

1. 서론

현대 무기체계는 system of systems로서 다양한 첨단기술의 결정체를 그 구성물로 가지는 복합체계이다. 따라서 그 개발과정에 복잡하고 다양한 문제들이 얽힐 수 있으므로 비용 및 개발기간의 절약 뿐 아니라 효과적으로 의도된 개발을 완수하기 위해서는 표준화된 체계공학 절차 적용이 필수적이다. 또한 위험관리 및 비용, 개발 기간 단축 등의 여러 이유와 더불어 실세계에서 시험평가가 불가능한 경우 등에 적용하기 위해 무기체계개발에서 M&S(modelling&Simulation)의 효과적인 사용이 증대되고 있는 실정이다. 무기체계개발과정에 사용되는

M&S, 특히 무기체계 시험평가의 도구로서 사용되는 M&S에 대해서는 실체계를 대체 혹은 보완하는 효과 때문에 신뢰도 확보가 무엇보다도 중요한 관건이 된다. 이에 선진 각국에서는 무기체계와 관련된 M&S의 신뢰도 확보를 위하여 표준화된 절차를 만들고 이 절차에 따라 M&S의 신뢰도를 공식적으로 인정해주고 있다. 이 절차를 VV&A(Verification Validation & accreditation)이라 하는데 국내에는 아직 이와 관련한 표준절차가 없는 실정이다. 국내 M&S VV&A의 이와 같은 실정에도 불구하고 현실

*교신저자: eugenia@add.re.kr

적인 요구 때문에, 현재 개발 중인 중거리 지대공 미사일의 시험평가를 지원하기 위해 개발된 통합시험시스템이라는 시뮬레이터에 대해 미 국방성의 표준 VV&A 적용 안내서(DoD VV&A RPG)¹를 따른 인정활동이 진행 중이다. 본 논문에서는 국내에는 생소한 M&S VV&A에 대한 표준절차 및 개념을 소개하고, 국내 처음으로 적용하는 현실에 맞춰 적절하게 조정되어 적용중인 VV&A 절차 및 적용사례를 소개하고자 한다.

2. VV&A 표준 절차

2.1 VV&A 개요

2.1.1 VV&A 패러다임

M&S VV&A는 사용될 M&S 도구의 신뢰성(Credibility)확보에 대한 고민으로부터 출발하였다. 사용될 M&S와 관련 있는 사용자와 개발자 및 이해당사자들의 모든 입장을 고려하여, 과연 만들어진 M&S도구가 사용의도에 맞게 개발되어 믿고 사용할 수 있다는 확신을 어떻게 줄 수 있는지에 대한 방법을 고찰한 결과라고 볼 수 있다.

VV&A의 패러다임을 고찰하기 위해서는 두 가지의 관점의 종합이 필요하다. 첫째는 M&S를 이용해 문제를 분석해가는 과정을 통해 자연스럽게 도출된 VV&A개념이고 둘째는 M&S의 적용 경험상 습득된 오류의 유형을 통해 오류를 줄이기 위해 필요한 확인과정을 절차로 도출해가는 관점이다.

먼저 M&S를 이용하여 문제해결을 위한 분석을 해나가는 과정을 요약하면 Fig. 1과 같다. Fig.1에 도시된 Sargent's 패러다임은 M&S를 문제해결의 도구로 이용할 때의 과정을 요약하면서 동시에 이 과정에서 신뢰도 확보를 위해 검토해야 할 내용을 식별해 주고 있다.

즉, M&S의 분석과정에 대해 크게 검증(Verification)과 확인(Validation)의 과정이 필요하며, 검증은 개념화된 모델을 프로그램 혹은 코드로 구현하는 과정에서 필요하며, 확인은 실세계를 개념모델화 하는 과정, 코드화

된 모델의 결과가 실제와 부합하는지를 확인하는 과정, 그리고 각 과정에서 사용된 데이터의 유효성을 검토하는 과정에서 필요함을 나타내고 있다.

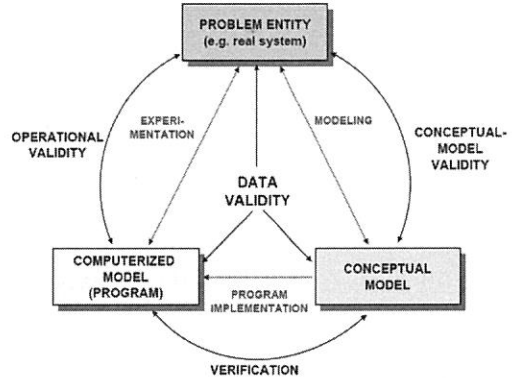


Fig. 1 Sargent's paradigm for M&S

M&S를 이용하여 문제를 해결하는 과정에서 발생할 수 있는 전형적인 오류의 유형을 분석하면 세 가지로 나눌 수 있다.

첫째, 문제가 부정확하게 정식화되었거나 사용의도와는 다른 잘못된 문제를 푼 경우에 해당하는 오류로서 당연히 결과물은 부적절한 경우이다. 주로 검증의 영역에 해당하는 오류의 유형으로서 적절한 검증 활동을 통해 초기에 식별될 수 있는 오류들이다.

둘째, 논리적 모순이 있고 결과의 유효성도 의문시되는 결과를 가진 M&S를 믿을 수 있는 경우로 받아들이는 경우이다. 사용자측의 위험이 큰 오류유형이며, 확인과정을 통해 식별될 수 있다.

셋째, 실제로 충분히 신뢰도가 확보된 시뮬레이션 결과를 적절한 기준의 부재로 인해 채택하지 않게 되는 경우이다. 이와 같은 오류는 M&S개발비용을 증가시키는 요인이 되므로 이를 방지하기 위해서는 절차상 적절한 수락기준의 선정이 필요하고 이 기준에 적합한 검증 및 확인 활동이 필요함을 의미한다.

VV&A는 M&S 도구의 신뢰성(Credibility)확보에 대한 고민으로부터 시작되어 이 두 관점을 종합하여 필요한 절차 및 개념을 도출하게 되었다.

2.1.2 VV&A 개념정의

앞 절에서 설명된 페러다임을 통해 도출된 VV&A의 개념은 다음과 같다.

실세계를 개념화하여 만든 모델을 구현하는 과정에서 생길 수 있는 오류를 확인하는 과정인 검증(verification)과 개념화하여 만든 M&S가 실세계를 잘 반영하는 지를 검토하는 과정인 확인(Validation), 도구로 사용하려는 M&S가 사용목적과 용도에 정확히 부합하는 것인지에 대한 공식적인 문서를 통해 승인받는 인정(Accreditation)으로 구분된다.

국내에는 아직 M&S VV&A과 관련한 직접적인 지침 및 규정은 마련되어 있지 않으나, 2008년 1월 제정된 무기체계 획득 단계별 M&S 적용지침 3조 6항에 검증 및 확인에 대한 개념정의, 4장 보칙 23조에 M&S활용계획 작성대상사업에 대해 검증 및 확인 계획을 포함하여 작성하도록 정해놓고 있다.

2.1.3 VV&A 담당기관 및 책임

미국의 경우 M&S VV&A 관련한 각종 규정 및 지침에서 VV&A의 과정을 수행할 담당기관과 이해당사자들의 역할 및 책임에 대한 업무분장을 정해놓고 있다. 미국의 경우 미 국방성에서 작성한 VV&A에 대한 수행안내서(DoD VV&A RPG)를 표준으로 하여 육, 해, 공 각 군에서는 각 군의 조직과 실정에 맞춰 VV&A와 관련한 담당 기관 등을 다양한 명칭으로 부르고 있으나 RPG를 기준으로 하여 정리한 담당기관의 역할 및 업무 책임은 다음의 Table 1 으로 정리될 수 있다.

VV&A 관련 주요 담당기관은 VV&A에 대한 총괄적인 책임과 관리의 책임이 있는 인정권자(Accreditation Authority)와 인정권자를 대신해 인정활동을 수행할 인정에이전트(Accreditation Agent), 검증 및 확인 활동을 수행할 검증 및 확인 에이전트(Verification & Validation Agent), M&S를 개발하는 책임을 맡은 개발자로 나누어 볼 수 있다. 이밖에 검증 및 확인 활동을 도와 전문가 집단의 자문을 담당해 줄 전문가집단(Subject Matter Experts)

을 추가로 활용할 수 있다. 담당기관이 수행할 주요 활동은 VV&A 업무절차에서 좀 더 자세하게 활동 및 절차를 소개하도록 하겠다.

Table 1 VV&A 담당기관별 역할 및 책임

활동	담당기관			
	M&S Developer	V&V Agent	Accreditation Agent	Accreditators Authority
인정수탁기준		보조	보조	책임
인정계획서			수행	책임
검증 및 확인 계획서	보조	책임, 수행	사용	사용
검증 및 확인활동	보조	책임		
검증 및 확인보고서	보조	책임, 수행	사용	사용
인정평가보고서		보조	책임	
인정판정		보조	보조	책임, 수행
인정보고서		보조	수행	책임

2.2 VV&A 절차

2.2.1 수행절차

VV&A 절차는 V&V agent가 수행하는 절차와 인정 agent가 수행하는 절차, 최종적으로 인정권자가 인정판정을 내리는 절차로 구성되어진다. VV&A 수행절차는 M&S 수명주기와 연관시켜 진행과정을 파악할 수도 있고, VV&A 업무를 중심으로 절차흐름을 도시할 수도 있다.

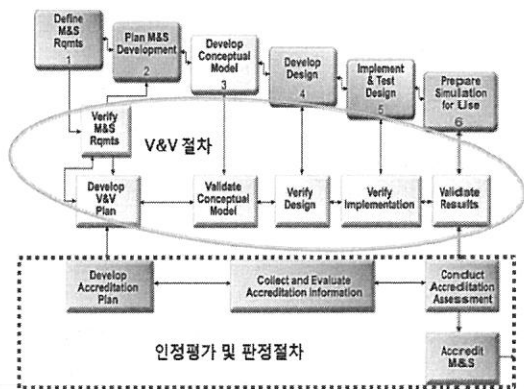


Fig. 2 M&S수명주기에 따른 VV&A 절차

먼저 M&S 수명주기와 연관되어 진행되어야 할 M&S VV&A전체절차를, V&V 절차와 인정 평가

및 판정 절차를 나누어 도시한 것이 Fig. 2이다. Fig. 2를 통해서 M&S 개발단계별로 V&V agent가 수행해야할 업무와 인정agent가 수행해야할 업무의 영역을 파악할 수 있다.

다음으로 VV&A 절차를 수행업무흐름과 산출물 중심으로 도시해보면 다음의 Fig. 3과 같다.

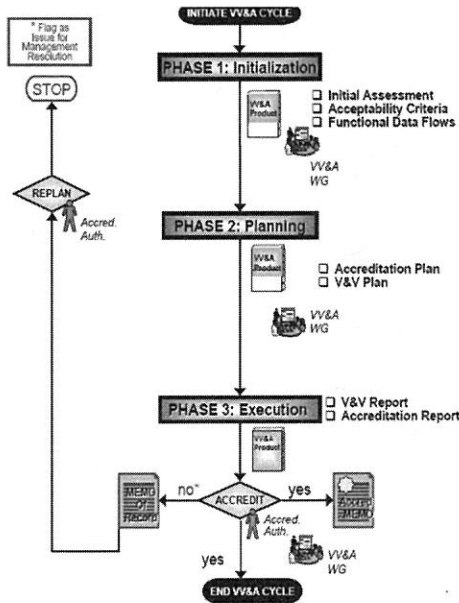


Fig. 3 M&S VV&A 절차 및 산출물

각 절차가 진행되면 절차에 따른 산출물들이 나오게 된다. Fig. 3의 VV&A 절차 중 초기화 단계에 산출되는 수락기준(Acceptability Criteria)은 인정평가의 근거가 되는 기준으로서 인정agent가 작성하고 V&V Agent와의 협의와 검토를 거쳐 인정권자의 승인을 통하여 선정되게 된다.

계획단계에서는 인정수락기준을 근거로 하여 인정agent는 인정계획서를 작성하고, V&V agent는 검증 및 확인 계획서를 작성한다. 이 두 계획서를 기준으로 각 담당기관은 수행단계에서 검증 및 확인 활동과 인정평가활동을 각각 수행한 후 결과를 정리하여 검증 및 확인보고서와 인정평가보고서를 작성하게 된다.

인정권자는 인정평가보고서를 바탕으로 인정판정을 내리게 되며 인정판정 결과는 수락여

부에 따라 인정메모(Accreditation MEMO)나 인정기록(MEMO of Record)등으로 문서화되어 남겨진다.

2.2.2 수행업무

VV&A 절차를 수행하는 각 담당기관은 인정판정을 위해 요구되어지는 정보를 생성해야 한다. 각 단계별 정보생성은 각 담당기관이 수행해야 할 업무와 긴밀한 연관이 있다.

V&V agent는 절차에 따라 검증 및 확인 활동을 수행하고 인정판정을 위해 요구되어지는 기본정보 및 데이터를 생성한다. 인정agent는 V&V agent가 산출한 자료를 검토하고, 필요에 따라 추가 정보 수집 활동을 통하여 M&S에 대한 인정평가를 진행한 후 인정평가보고서를 작성한다. 작성된 인정평가보고서는 인정권자에게 제출되어 최종 판정을 받게 된다.

각 담당기관별 수행업무를 분석해 보면 다음과 같다.

먼저 인정agent는 인정수락기준을 선정하는 작업을 수행하여야 한다. 각 수락기준은 Fig. 4에 도시된 바와 같이 검증 및 확인, 인정의 관점을 고려하여 작성되어야 하며 M&S 평가 준거기준의 3대영역인 M&S 영역, 문제영역, 사용자측면의 영역을 고려하여 균형 잡힌 기준을 선정하도록 NASA Standard 7009²에서 권고하고 있다.

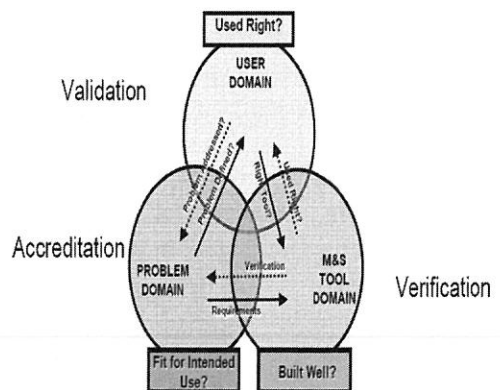


Fig. 4 The Three Domain's M&S Evaluation Criteria

인정 agent는 인정수락기준을 작성한 후 V&V agent와 협의를 거쳐 인정수락기준을 확정하여 인정권자에게 제출한다. 인정권자는 제출된 인정수락기준의 가중치와 기댓값 등을 선정하여 최종승인을 내리고 이를 토대로 인정 agent는 인정계획서를 작성하게 된다. 이후 인정계획서를 토대로 인정평가에 필요한 정보를 수집하는 등 인정활동을 수행하며 V&V agent가 제출한 검증 및 확인 보고서를 검토하여 인정평가보고서를 작성한다.

인정평가보고서에 수록되어야 할 주요 내용은 다음과 같다.

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> ① M&S 개요(한계 및 제약사항) ② M&S 인정범위 ③ 인정수락기준 ④ 평가기준에 따른 평가결과 ⑤ 인정추천 |
|--|

인정평가에 필요한 정보로서, V&V agent가 수행해야 할 업무를 산출되어야 하는 정보를 중심으로 요약하면 다음과 같다.

- ① 검증 및 확인 계획서 작성
- ② 검증 및 확인 보고서 작성
- ③ 형상관리문서 검토 및 관리
- ④ 입력데이터에 대한 보증근거자료 작성
- ⑤ 분석자/자문위원의 검토의견 반영

V&V agent가 검증 및 확인 계획서를 작성하기 위해 필수적으로 수행해야 할 업무는 UUT(Unit Under Test)및 수행할 V&V Activity를 선정하고 이를 토대로 수행계획을 작성하는 일이다. UUT는 검증 및 수행업무를 수행해야할 대상이 되는 기본 단위가 되며 M&S에 대해 다음과 같은 UUT들을 선정할 수 있다.

- ① 시스템 소프트웨어
- ② 시스템 모델
- ③ 시스템 능력
- ④ 데이터
- ⑤ 문서
- ⑥ 시뮬레이션 결과관련 정보

V&V Agent가 각 UUT에 대해 수행할 검증 및 확인 활동은 다음의 Table 2와 같다.

V&V Agent는 수행대상 UUT와 V&V activity

를 식별한 후 비용과 기간, 가용자원 등을 종합적으로 고려하여 인정수락기준을 만족하기 위하여 기본적으로 산출해야 할 근거자료를 산출하기 위한 UUT-Activity Matrix를 작성하고 이를 근거로 검증 및 확인 계획서를 작성한다.

Table 2. V&V 활동 분류

	Verification		Validation	
분류	Logical Verification	Code verification	Structure Validation	Output Validation
수행시점	Early Phase	Later Phase	concurrently	concurrently
활동대상	규격 설계 코드개발	코딩 시험(testing) Operation 수명주기보조	시뮬레이션 결과	시뮬레이션 결과 입출력데이터
활동내용	문서검토 요구사항 추적 설계검토 비교검토	민감도분석 Stress Test 자동화도구분석 수학적안정성 단위확인 통계적시험설계	Peer review /Bench Marching	분석 비교 (Test or field, 공신력있는 자료 전문가의 의견)
활동흐름	M&S요구사항 규격서문서 설계문서	코드검토 동료검토 변경식 및 알고리즘확인	결과확인	결과확인

또한 V&V agent는 작성된 검증 및 확인 계획서와 Fig. 2와 Fig. 3에서 도시된 절차에 따라 검증 및 확인 활동을 수행하고, 그 결과를 정리하여 검증 및 확인 보고서를 작성한다.

검증 및 확인 보고서에 수록되어야 할 주요 내용들은 다음과 같다.

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> ① M&S 개요(한계 및 제약사항) ② 검증 및 수행 업무분석 ③ 검증 및 수행 활동결과 <ul style="list-style-type: none"> -요구사항에 대한 검증결과 -개념모델에 대한 확인결과 -설계 및 규격화에 대한 검증결과 -코드구현에 대한 검증결과 -시뮬레이션 결과에 대한 확인결과 -입력데이터에 대한 검증 및 확인 결과 -형상관리에 대한 검토 결과 ④ 검증 및 확인 추천 ⑤ 검증 및 확인 가용자원 |
|---|

2.3 국내 무기체계에 적용사례

2.3.1 무기체계 M&S 개요

국내에는 아직 VV&A에 대한 절차 및 규정이 없으나, 국내 무기체계로는 최초로 중거리 지대공유도무기에 시험평가를 지원하는 도구로서 개발된 M&S에 대해 VV&A 절차가 적용되어 그 신뢰성을 확보하려는 노력이 진행되었다. 이는 국내 시험평가 환경이 다변화하고 첨단 복잡화되는 무기체계를 시험하기에는 환경적, 비용적, 기술적인 제약사항에 직면하여 실장비로 시험이 불가능한 시험평가 항목에 대해 M&S 도구를 이용하여 시험평가를 수행하기위한 방편으로 적용되었다.

개발된 M&S는 실시간 분산 시뮬레이션 환경 하에서 실제계와 연동하여 교전상황을 실시간 모의하는 기능을 구현하여 시험평가환경을 지원하는데 그 사용목적이 있다.

2.3.2 VV&A 절차의 적용

본 무기체계 M&S에 대해 VV&A 절차를 적용하는 과정에서 미국의 표준 VV&A 절차 및 핵심 적용 개념 등을 분석하여 VV&A 업무를 24개의 tasks로 나누고 이를 재분류하여 무기체계개발 과정 및 M&S 개발과정과 연동하여 업무를 식별³하였다. 이와 같은 과정을 통해 분석된 VV&A 업무분석 결과, 산출물과 세부업무를 정리^{4,5}하면 Table 3과 Table 4와 같다.

Table 3. 인정 업무 분석

A업무	A세부업무	A산출물
인정계획	인정요구조건 분석	인정 계획서
	인정기준 및 척도 정의	
	인정수탁기준 선정	
	인정 계획서 작성	
인정평가	인정평가정보 수집	인정평가보고서
	인정평가	
	인정평가보고서 작성	
인정 판정	인정 판정 및 인정등급분류	인정메모
	인정결과 보고서 작성	인정결과보고서
전문가위원회 운영		

Table 4. 검증 및 확인 업무 분석

V&V 업무	V&V 세부업무	V&V 산출물
V&V 계획	검증 및 확인 계획 수립	검증 및 확인 계획서
V&V 활동	체계규격서 검토	요구조건 검증 보고서
	소프트웨어 요구사항 명세서 검토	
	모의개념모델 작성/모의개념모델검토	모의개념모델 확인보고서
	설계 검토회의 수행	설계검증보고서
	SW설계명세서 검토	
	소스코드작성 및 실행	구현검증보고서
	입력데이터 검증 및 확인	데이터 V&V 보고서
	개발시험 수행/사용을 위한 구성	결과확인보고서
	검증 및 확인 보고서작성	V&V 보고서
	형상관리 수행	형상감사보고서

3. 결론

본 연구에서는 국내에서는 처음으로 무기체계 시험평가에 활용될 M&S 도구에 대해 검증 및 확인, 인정 절차를 적용한 결과를 요약하고 있다. 국내에는 M&S VV&A절차가 공식적으로 수행되고 있지 않으므로 미 국방성 표준절차를 수정 보완하여 국내 현실에 맞도록 준용하여 적용하였다. 무기체계 개발에 있어 M&S의 활용이 증대되고 있는 현실적인 요구로 인하여 VV&A 절차 마련이 시급한 시점에서 본 적용결과는 중요한 준거가 될 수 있다.

참고문헌

1. Department of Defense VV&A Recommended Practice Guide, 2006
2. NASA Standard 7009
3. 박재권, 이승영, 김세환, 최유진, 중거리 지대공 유도탄 시험시스템에 적용된 VV&A Task의 재분류, 16회 지상무기학술대회, 2008
4. 최유진, 무기체계 시험평가에 사용될 M&S d의 신뢰도 확보를 위한 VV&A방법론, 15차 유도무기학술대회, 15권, pp 94, 2009,
5. 최유진, M&S 신뢰도 확보를 위한 VV&A 절차 소개, 2009추계 시스템 엔지니어링 추계심포지엄, pp 139-147, 2009,