

각 군의 주요 워게임 모델의 VV&A 수행 실태 분석과 VV&A 프레임워크 제안

(An Investigation of the application of VV&A on War-game Models and
 Proposal of VV&A Framework)

최 상 영(Choi Sang Yeong)*, 김 혜 령(Kim Hye Lyeong)**, 조 정 남(Cho Jeong Nam)***

초 록

본 논문에서는 국내에서 개발한 각 군의 주요 워게임 모델의 VV&A 수행 실태를 조사 분석한다. 이를 기초로 VV&A 활동의 참조 틀로써 VV&A 프레임워크를 제안한다. VV&A 프레임워크는 VV&A 기본모델과 참조모델 그리고 지원도구로 구성된다. VV&A 기본모델은 VV&A 프로세스, 산출 문서와 적용기법으로 구성된다. VV&A 참조모델은 VV&A 활동 유형별 확인사항 목록표, VV&A 수행 수준 분석모델과 VV&A 성숙도 관리 모델로 이루어진다. VV&A 지원도구는 VV&A 산출 문서 작성과 관리를 지원하는 도구이다. 제안하는 VV&A 프레임워크는 VV&A 계획 수립과 실행 시 참고할 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, we investigate and analyze the application of VV&A on the development of war-game models which were developed in Korea. Then we propose VV&A framework which comprises VV&A basic model, VV&A reference model and a supporting tool. The VV&A basic model consists of VV&A process, products and methodologies. The VV&A reference model includes VV&A check lists for each VV&A activities, an assessment model of VV&A execution level and VV&A process maturity model. The VV&A supporting tool is to document and manage VV&A products. The proposed VV&A framework can be used as the foundation of VV&A plan on its execution.

Keywords : 검증, 확인 & 인정(VV&A : Verification, Validation & Accreditation), 모델링 & 시뮬레이션 (M&S : Modeling & Simulation)

논문접수일 : 2010년 3월 16일 논문게재확정일 : 2010년 4월 13일

* 국방대학교 국방과학부 교수

** 국방대학교 국방과학부 박사과정

*** 육군 1군단 11화학대

1. 서론

최근에는 모델링 및 시뮬레이션(M&S: Modeling & Simulation)을 이용하여 가상 합성 환경을 조성하여 컴퓨터 기반 훈련을 수행하여 전투 수행 능력을 향상시키고 있다. 분석과 획득 업무를 수행할 때도 M&S를 사용하고 있다. M&S의 사용이 증대됨에 따라 M&S의 신용성(Credibility) 확보가 중요한 문제로 제기되고 있다.

군사 선진국은 시험평가로만은 M&S의 신뢰성 확보에 제한이 있음을 인식하여 검증, 확인 및 인정(VV&A: Verification, Validation & Accreditation) 개념을 도입하여 이를 제도화 하고 M&S 개발 시에 적용토록 하고 있다. 관련 지침으로는 미 국방부의 경우 DODD 5000.59와 DODI 5000.61의 V&V 지침서가 있다. NATO는 RTO (Research and Technology Organization)에서 발간한 Technical Report 50에 VV&A 협업에 관한 방법과 절차를 제시하고 있다.

미 국방부에서 발간한 VV&A 지침서[8]에는 VV&A를 다음과 같이 정의하고 있다.

검증(Verification)은 M&S 구현과 그 관련 데이터가 개발자의 개념적 묘사와 설계 규격을 정확하게 반영하여 나타내고 있는지를 결정하는 과정이다. 확인(Validation)은 M&S와 그 관련 데이터가 M&S 용도의 관점에서 실세계(개체, 시스템 등)를 정확하게 나타내고 있는지를 결정하는 과정이다. 인정(Accreditation)은 M&S 어플리케이션과 관련 데이터가 특정 목적(훈련, 분석, 획득 등)에 사용할 수 있다는 것을 공식적으로 승인하는 과정이다.

현재 한국군은 국방 M&S의 VV&A와 관련된 정책과 제도에 대한 기반이 마련되어 있지 않다. 이에 따라 국방 M&S에 대하여 검증, 확인 및 인정 절차에 관한 제도적 기반 구축의 필요성이 제기되고 있으며, 관련 연구가 이루어지고 있다. 최

상영은 국방 M&S의 VV&A 적용 모델 연구[5]에서 VV&A의 적용 방안을 제안하였다. 김형현은 국방 M&S의 VV&A 발전 방안에 관한 연구[1]에서 인정 기관의 역할을 제시하였고, 이와 함께 VV&A 적용에 관한 제도적 장치 마련과 지속적인 교육의 필요성을 제기하였다.

본 논문에서는 이러한 연구 내용과 미 국방부의 VV&A 지침을 참고하여 일반적인 VV&A 프로세스와 산출물, 활동을 기준으로 국내에서 M&S를 개발하는 동안 수행한 VV&A 실태를 분석하고, VV&A 발전 방안으로써 VV&A 프레임워크를 제안한다.

VV&A 수행 실태 분석은 국내에서 개발한 국방 M&S 중 분석모델과 훈련모델을 대상으로 하였다. 국내에서 개발한 분석 모델은 육군의 비전 21, 훈련 모델은 태극 JOS, 창조 21, 청해, 창공, 천자봉이 있다. 이 중에서 분석 산출물 획득이 가능하였던 비전 21, 청해, 창공, 천자봉 4개 모델을 조사 분석하였다. 현재 한국군은 VV&A를 수행하고 있지 않으므로 VV&A 문서를 통한 수행 실태 분석이 제한되어 조사 대상 모델의 개발 문서와 시험평가 문서를 중심으로 VV&A 수행 실태를 조사 분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 국내에서 개발한 주요 위게임 모델을 대상으로 VV&A 수행 실태 분석을 한다. 3장에서는 VV&A 프레임워크 구성에 대하여 설명한다. VV&A 프레임워크는 VV&A 기본모델, 참조모델 그리고 지원 도구로 구성된다. 4장에서는 VV&A 프레임워크의 기본 모델에 대하여 설명한다. 기본 모델은 VV&A 프로세스, 산출물 그리고 기법으로 구성된다. 5장에서는 VV&A 참조 모델인 VV&A 활동 유형별 확인사항 목록과 수행 수준 분석모델, 성숙도 모델에 대하여 설명한다. 6장에서는 VV&A 문서화 지원도구에 대하여 설명한다. 그리고 7장에서 결론을 맺는다.

2. VV&A 수행 실태 분석

VV&A 수행 실태는 육군의 비전21, 해군의 청해, 공군의 창공, 해병대의 천자봉 모델을 대상으로 조사 분석하였다. 조사 대상 모델의 용도는 다음과 같다.

비전21 모델은 육군 교육사에서 개발한 분석용 모델로 사단 및 여단급 부대의 작전을 모의하고 이에 근거한 분석 자료를 제공한다.

청해 모델은 해군본부 전력분석시험실에서 개발한 훈련용 모델로 해군의 함대 사령부급 이상 지휘관 및 참모의 전쟁 지휘통제 절차훈련을 위해 개발된 것이다.

창공 모델은 공군 작전사령부에서 개발한 훈련용 모델로 공군 지휘관 및 참모가 전투지휘 능력을 배양하고, 전쟁수행 절차를 숙달하기 위하여 사용하는 전쟁연습 모델이다.

천자봉 모델은 해병대 기획관리부에서 개발한 훈련용 모델로 해병대 사단 및 여단급 부대의 지휘관 및 참모들의 전쟁수행 절차 숙달을 위해 사용되며, 타 군의 대부대 연습모델과 연동하여 운용할 수 있다.

조사 대상 모델의 개발 산출 문서를 중심으로 M&S 요구사항 유형 비율, VV&A 수행 활동 비율, VV&A 프로세스와 산출물, V&V 기법 및 인정 절차 측면에서 VV&A 수행 실태를 분석하였다.

2.1 M&S 요구사항 유형 측면

VV&A 활동 유형별 확인사항 목록표를 기준으로 조사 대상 모델의 요구사항 유형별 비율을 비교하여 요구사항이 균형 있게 설정되었는지를 분석하였다.

VV&A 활동 유형별 확인사항 목록표는 VV&A 활동 중점사항과 확인 결과가 요구기준에 부합하는지를 판단하기 위한 척도로 구성된다. 최

상영은 FFX-1 체계검증 시험자료를 이용한 체계 시뮬레이터 신용성 검증 및 확인에 관한 연구[6]와 위게임 모델 인증 및 평가 방법에 관한 연구[7]에서 VV&A 활동 유형별 확인사항 목록을 제시하였다.

VV&A 활동 유형별 확인사항은 미 국방부의 VV&A 지침서[8]에서 권고하고 있는 VV&A 활동에 대해서 요구사항 확인, 개념모델 확인, 설계 검증, 결과 확인, 데이터 검증 및 확인, 인정 절차별로 확인해야 할 사항을 정리한 것이다. 그리고 Fei Liu가 제시한 M&S 신용성 평가 중점 5가지 [11]에 따라 VV&A 확인사항에 대한 결과를 평가하기 위해서 필요한 측정기준과 각각의 확인사항을 M&S 요구사항별로 분류한 것이다. M&S 요구사항은 일반적으로 충실도, 성능, 설치, 운용, 정비 요구사항으로 분류하고 있다.

조사 대상 모델의 개발 문서를 바탕으로 확인한 결과 개발시험평가와 운용시험평가 관련 항목이 총 7,486개였다. 이를 충실도, 성능, 설치, 운용, 정비 요구사항별로 분류하면 <표 1>과 같다.

조사대상 위게임 모델의 요구사항 항목은 총 7,486개이며, 이 중에서 성능 요구사항은 61.2%, 운용 요구사항은 24.4%, 정비 요구사항은 6.4%, 설치 요구사항은 4.6%, 충실도 요구사항은 3.4%를 차지하였다.

<표 1> 조사 대상 모델의 요구사항 항목 수

구 분	소계	비전 21	청 해	창 공	천자봉	
계	7,486 (100%)	1,084	995	1,368	4,039	
요 구 사 항 항 목	충실도	254 (3.4%)	40	55	16	143
	성능	4,581 (61.2%)	650	748	1,050	2,133
	설치	342 (4.6%)	84	67	42	149
	운용	1,828 (24.4%)	214	53	117	1,444
	정비	481 (6.4%)	96	72	143	170

조사 대상 모델의 요구사항에 대하여 VV&A 활동별 확인사항 목록표에 근거한 요구사항 기준 비율과 비교한 결과는 <표 2>와 같다.

<표 2> 조사 대상 모델의 요구사항 비율

요구사항 구분	분석 결과	VV&A 확인사항 목록표의 요구사항 기준(%)	조사대상 모델의 요구사항 비율(%)	차이
계		100	100	-
충실도		25.5	3.4	-22.1
성능		37.9	61.2	+23.3
설치		5.9	4.6	-1.3
운용		25.5	24.4	-1.1
정비		5.2	6.4	+1.2

<표 2>를 보면 성능에 대한 요구사항이 대부분이며, 충실도에 대한 요구사항이 상대적으로 적다. 즉 조사 대상 모델은 소프트웨어의 정확도보다는 모델의 컴퓨터 플랫폼의 성능에 더 많은 비중을 두고 있다는 것을 알 수 있다.

2.2 VV&A 수행 활동 측면

조사 대상 모델의 VV&A 수행활동 항목을 요구 확인, 개념모델 확인, 설계 검증, 구현 검증, 결과 확인, 데이터 검증 및 확인, 인정과 같이 VV&A 활동 형태별로 분류한 결과는 <표 3>과 같다. 조사 대상 모델은 별도로 VV&A를 하지 않았기 때문에 <표 3>의 VV&A 수행 활동 항목은 개발시험평가와 운용시험평가를 하면서 수행한 활동을 VV&A 활동 형태에 따라 재분류한 것이다.

VV&A 활동 유형별 확인사항 목록표에 근거한 VV&A 수행활동 기준 비율과 조사 대상 모델의 VV&A 수행 분포비율은 <표 4>와 같다. VV&A 수행활동 기준 비율은 VV&A 확인사항 목록표를

<표 3> 조사 대상 모델별 VV&A 프로세스 수행활동 항목 수

구분	소계	비전 21	청해	창공	천자봉	
계	7,486	1,084	995	1368	4,039	
VV & A 프로세스	요구확인	· / ·	· / ·	· / ·	· / ·	· / ·
	개념모델 확인	· / ·	· / ·	· / ·	· / ·	· / ·
	설계검증	323	64	97	26	136
	구현검증	6,270	758	737	1,272	3,503
	결과확인	614	158	83	43	330
	인정	77	48	16	13	0
데이터 검증 및 확인	202	56	62	14	70	

<표 4> VV&A 프로세스 활동별 수행비율

분석결과	VV&A 수행활동 기준(%)	위게임 모델 분석 결과(%)	차이 (%)
계	100	100	-
요구확인	5.6	·	-5.6
개념모델 확인	17.8	·	-17.8
설계검증	15.6	4.3	-11.3
구현검증	22.2	83.8	+61.6
결과확인	8.9	8.2	-0.7
인정	11.0	1.0	-10.0
데이터 검증 및 확인	18.9	2.7	-16.2

기준으로 VV&A 활동 유형별 수행 비율을 산정한 것이다. 이를 기준으로 조사 대상 위게임 모델의 VV&A 수행 활동 비율을 비교하였다.

<표 4>에서 보면 결과는 구현검증 활동 83.8%, 결과확인 활동 8.2%, 설계검증 활동 4.3%, 데이터 검증 및 확인 2.7%, 인정 1.0% 순서로 나타났다. VV&A 수행활동 기준 비율과 비교했을 때 요구확인과 개념모델 확인, 데이터 검증 및 확인 활동이 미흡하였다. 반면에 구현검증 활동에 집중되었다.

2.3 VV&A 프로세스 및 산출물 측면

한국군은 VV&A 프로세스와 산출물이 정의되어 있지 않다. 그러나 VV&A와 유사한 측면에서 개발하는 M&S에 대하여 시험·평가 활동을 하고 있다. 국방 M&S를 개발할 때 일반적으로 적용하고 있는 국방 소프트웨어 개발 표준 프로세스를 기준으로 각 군에서 개발한 위게임 모델별 적용 프로세스와 시험평가 유형, 기준, 절차, 산출물들을 분석하였다.

국방 M&S 소프트웨어를 개발하는 표준 프로세스에는 ISO/IEC 12207 국제표준 프로세스와 미국의 ISO 표준이행 소프트웨어 수명주기 프로세스인 IEEE/EIA 12207, 그리고 육군에서 자체 개발한 MDP(M&S Development Process) v3.0, 국방부에서 개발한 국방 CBD(Component Based Development) 방법론 등이 있다.

조사 대상 모델의 개발 적용 프로세스와 이에 따른 시험평가 유형, 기준, 절차, 산출물의 현황은

<표 5>에서 보는 바와 같다.

비전21은 미국의 ISO 표준이행 소프트웨어 수명주기 프로세스인 IEEE/EIA 12207을 적용하였으며, 시험평가는 기능, 기술, 운용시험평가를 하였다. 청해와 창공, 천자봉 모델은 각각 국방 CBD 방법론을 적용하여 개발하였다. 그리고 청해는 단위시험과 통합시험, 기능시험과 운용시험을 하였고, 창공과 천자봉 모델은 기술시험평가와 운용시험평가를 하였다.

조사 대상 위게임 모델은 적용한 개발 프로세스가 다르며, 시험평가 유형도 다르다. 그러나 일부 모델은 동일한 프로세스를 적용하였음에도 불구하고 시험평가 절차와 시험평가 산출물은 차이가 있었다. 이는 M&S를 개발할 때 시험평가 절차와 산출물이 명확하게 정의되어 있지 않기 때문이다.

2.4 V&V 기법 및 인정 절차 측면

조사 대상 위게임 모델의 경우 V&V 기법 중

<표 5> 조사 대상 모델 개발 프로세스 및 시험평가 절차, 산출물

적용모델	비전 21	청해	창공	천자봉
적용 프로세스	IEEE/EIA 12207	· 국방 CBD 방법론 · IEEE/EIA 12207 참고	· 국방 CBD 방법론 · MDP v3.0 참고	· 국방 CBD 방법론 · MDP v3.0 참고
시험평가 유형	· 기능/기술시험 (단위시험, 통합시험) · 운용/야전운용시험	· 단위시험, 통합시험 · 기능시험, 운용시험	· 기술시험평가(단위통합시험, 체계통합시험) · 운용시험평가	
시험평가 절차	· 단위시험 준비 →단위시험 수행 →개정과 재시험 →단위시험결과 분석 /기록 ※통합시험/운용시험도 같은 절차로 수행	· 단위/통합시험 준비 /실시→시험결과분석 /기록 ※기능/운용시험도 같은 절차로 수행	· 준비단계→실시단계 →결과확인 단계로 시험평가 수행	· 시험 전 점검 →시험데이터점검 →일일시험실시 →문제점 정리 →시험결과보고 →재시험계획수립 →재시험→시험결과 보고서 작성
시험평가 산출물	· 시험/통합시험계획서 · 단위시험계획/결과서 · 자격시험계획/결과서 · 통합시험계획/결과서 · 합동결과 보고서	· 단위시험 계획/결과서 · 통합시험 계획/결과서 · 기능시험 계획/결과서 · 운용시험 계획/결과서	· 컴포넌트 테스트 계획 /결과서 · 통합 테스트 계획/결과서 · 시스템 테스트 계획 /결과서	· 사용자/운용자지침서 · 기술 시험평가 계획 /결과서 · 운용 시험평가 계획 /결과서

시험(Test)과 평가(Evaluation)만을 실시하고 있는 실정이다. 시험과 평가만으로는 M&S의 요구사항 특성을 제대로 반영하였는지 그리고 VV&A 프로세스 활동별로 올바르게 적용하였는지 등에 대하여 전반적인 확인이 제한이 된다.

인정은 요구확인, 개념모델 확인, 설계검증, 구현검증, 결과확인, 데이터 검증 및 확인 과정을 거치면서 생산된 산출물을 근간으로 이루어진다. 그런데 조사 대상 모델 개발과정에서는 V&V 활동 산출물 생산을 비롯하여 인정 절차가 이루어지지 않았다.

2.5 VV&A 현 실태 문제점 및 발전 방안

주요 위게임 모델에 대하여 VV&A 수행실태를 분석한 결과 다음과 같은 문제점이 식별되었다.

첫째, 요구사항 정의에 있어서 충실도 요구사항, 성능 요구사항, 설치 요구사항, 운용 요구사항, 정비 요구사항 별로 균형 있게 정의하지 못하였다. 조사대상 모델의 요구사항에는 충실도를 검증하는 항목은 거의 포함되어 있지 않으며, 성능, 설치, 운용, 정비 측면에서의 시험평가를 실시하고 있는 실정이다. 이러한 부분을 보완하기 위하여 모델의 요구사항을 개발할 때 위게임 모델의 특성과 용도에 따라 균형 있게 설정해야 한다.

위게임 모델 개발에 있어서 어느 정도 충실도를 가져가야 할 것인가에 대한 판단이 어려울 수 있다. 이를 위해서는 위게임 모델의 용도와 중요성을 고려하여 충실도 수준을 설정하고, VV&A 수행 수준을 판단할 수 있는 방법도 발전시켜야 한다.

둘째, VV&A 활동이 미흡하였다. 조사 대상 모델 개발에서는 VV&A 활동 중에서 요구사항 확인과 개념모델 확인 활동이 미흡하였다. 설계검증(4.3%), 구현검증(83.8%), 결과확인(8.2%), 인정(1%), 데이터 검증 및 확인(2.7%)만 수행하였으며, 대부분 구현검증 위주로 수행하고 있어서 M&S 개발 산출물에 대한 검증과 확인이 제한적

으로 이루어지고 있는 실정이다. 이는 VV&A 프로세스와 활동에 대한 구체적인 지침이 없기 때문이다. 따라서 VV&A 프로세스와 활동을 정립하고 관련 규정과 지침 등에 반영할 필요가 있다.

셋째, VV&A 절차와 산출물 작성 기준이 명확하지 않았다. 조사 대상 모델은 VV&A와 유사한 차원에서 시험평가를 수행하였다. 조사 대상 모델 별 시험평가 유형, 기준, 절차, 산출물들에 대하여 분석해본 결과 시험평가 절차와 산출물이 서로 상이하였다. 향후 VV&A 프로세스와 이에 따른 산출물을 표준화 할 필요가 있다.

넷째, V&V 기법 적용이 제한적이다. 조사 대상 모델의 신뢰성을 확인하기 위해서 단지 시험평가만을 하였다. M&S를 개발할 때에는 개발완료 단계의 시험평가를 보완하여 개발 과정 동안 V&V를 수행해야 하며, 이때 실시검사(Inspection), 시연(Demonstration), 시험(Test), 검토(Review), 평가(Evaluation), 점검(Walk through), 감사(Audit)등 다양한 기법을 적용하여 여러 측면에서 M&S의 신용성을 검증하고 확인해야 한다.

그리고 V&V 산출물을 근간으로 개발한 M&S에 대하여 어떤 특정한 문제를 해결하는데 사용할 수 있다는 공식적인 동의를 얻기 위한 인정(Accreditation)이라는 과정을 거칠 필요가 있다.

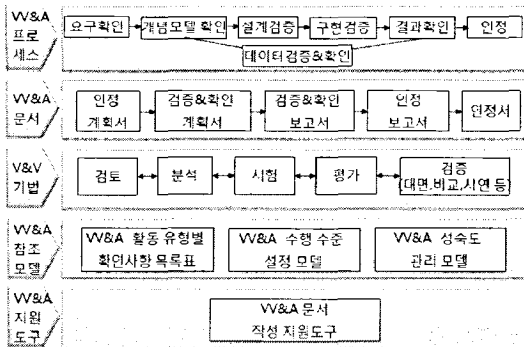
조사 대상 모델은 대부분 군에서 개발하였으므로 군 실무자들이 참여하여 요구사항 확인이나 개념 모델 확인이 있었을 것이다. 그러나 본 논문을 위해 수행한 실태 조사는 주요 위게임 모델의 개발 문서를 중심으로 조사하였으므로 이를 고려하지 못한 제한사항이 있다.

3. VV&A 프레임워크

VV&A 수행 실태를 조사한 결과 도출한 문제점을 해결하고, VV&A 프로세스를 효과적으로 수행하기 위해서는 일련의 활동과 산출물이 무엇

인지 정의되어야 한다. 그리고 VV&A를 효과적으로 수행하기 위해 적용할 수 있는 방법과 지원도구가 필요하다.

이에 따라 국방 M&S의 VV&A 관련 규정을 제정하고 VV&A를 수행할 때 참고 할 수 있는 VV&A 프레임워크를 제안한다. VV&A 프레임워크는 VV&A 수행의 참조 틀로써 <그림 1>과 같다.



<그림 1> VV&A 프레임워크

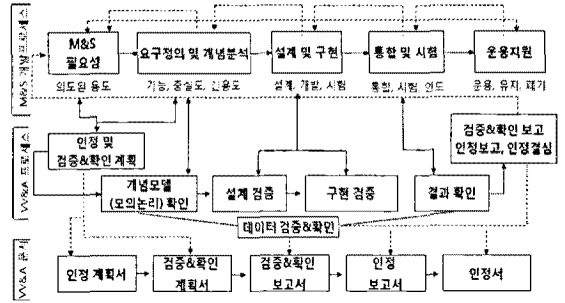
VV&A 프로세스, 산출 문서와 기법은 VV&A를 수행하기 위해 필수적인 기본모델이라고 할 수 있다. VV&A 활동별 확인사항 목록표와 VV&A 수행 수준 분석 모델, VV&A 성숙도 관리 모델은 VV&A를 효과적으로 수행하기 위해 참고할 수 있는 참조모델이다. 그리고 VV&A 지원도구는 VV&A를 수행하는 동안 작성하는 문서들을 효율적으로 작성하고 관리하도록 지원하는 도구이다.

4. VV&A 기본모델

4.1 VV&A 프로세스 및 산출물

M&S VV&A 활동은 M&S 개발 프로세스와 함께 이루어진다. VV&A 프로세스는 M&S 개발 프로세스를 지원하며, <그림 2>의 하단 부분에서 보는 바와 같이 개발 프로세스의 한 부분으로써 계획되고 수행되어야 한다.

M&S 개발 프로세스는 M&S 요구정의, 개발,



<그림 2> M&S 개발과 VV&A 프로세스, VV&A 산출물

배치, 운용과 관련된 활동이며, VV&A는 M&S의 신용성을 확보하기 위해서 M&S 개발 산출물을 대상으로 검증과 확인을 하는 것이다.

VV&A는 계획과 수행 활동으로 구분된다. 계획에는 인정계획과 검증 및 확인 계획 수립이 있고, 수행 활동에는 요구 확인, 개념모델 확인, 설계 검증, 구현 검증, 결과 확인, 데이터 검증 및 확인이 있다. V&V는 M&S 개발 프로세스 산출물에 대하여 M&S 수락기준에 만족하는 지를 검증하고 확인한다. 인정은 검증 및 확인 프로세스 산출물에 대한 평가를 통해서 최종적으로 M&S의 의도된 용도에 적합하게 사용될 수 있다고 공식화하는 것이다.

VV&A 프로세스를 수행하면서 <그림 2>의 맨 하단의 여러 문서들을 생산한다. 인정과 관련된 문서는 인정 계획서, 인정 보고서, 인정서가 있다. 검증 및 확인과 관련된 문서는 검증 및 확인 계획서, 검증 및 확인 보고서가 있다.

4.2 V&V 기법

검증(Verification) 및 확인(Validation) 기법들은 대부분 소프트웨어 V&V 기법을 근간으로 하고 기타 M&S 분야의 특수한 경우의 기법도 포함하고 있다.

V&V 기법은 크게 4개의 범주로 분류된다. 즉 비공식적(informal), 정적(static), 동적(dynamic), 그리고 공식적(formal) 기법이다. 비공식적 기법

으로부터 공식적 기법으로 갈수록 수학과 논리적인 형식론을 사용한다. 그리고 그 복잡성도 증가한다.

비공식 V&V 기법은 가장 널리 사용된다. 이것은 수행 규칙과 방법이 수학 공식과 같이 정량화된 기법이 아니라 인간의 이성과 주관에 의존적이다. 그러나 비공식적(informal)이란 말이 구조나 공식적인 가이드라인이 없다는 의미는 아니다. 비공식적 기법으로는 감사, 검토, 점검, 검사 등이 있다.

정적 V&V 기법은 정적 모델 디자인과 소스코드의 정확성 점검에 초점을 둔다. 정적 기법은 모델의 물리적인 기기 실행(machine execution)을 필요로 하지 않지만, 분석과 검토와 이성적 판단으로 수행하는 것이다. 정적기법으로는 통계 분석, 데이터 분석, 추적성 평가 등이 있다.

동적 V&V 기법은 기기 또는 모델 실행을 필요로 한다. 대부분의 동적 V&V 기법은 실행하는 동안 모델 행위에 대한 정보를 수집하기 위해서 실행할 수 있는 모델 장치와 소프트웨어가 필요하다. 동적V&V 기법은 실행 가능한 모델을 개발하여 실행한 결과를 분석하는 절차로 이루어진다. 예로는 수락시험을 비롯하여 각종 시험, 통계 분석, 시연 등의 검증이 있다.

공식적 V&V 기법은 공식적인 수학적, 공학적 증명이나 수식에 기반하고 있으며, 모델 V&V의 가장 완전한 방법이다. 공식적 방법은 최상의 효과를 얻기 위해서는 모델 개발 프로세스 초기부터 적용해야 한다. 그리고 많은 노력과 비용을 필요로 하기 때문에 복잡한 문제를 해결하는 모델 개발에 적용하는 것이 적합하다.

5. VV&A 참조 모델

5.1 VV&A 활동 유형별 확인사항

M&S의 요구수준에 부합하는지 확인하려면 요

구사항이 무엇이고, 어디에 초점을 두고 검증 및 확인 활동을 할 것인지 정의되어야 한다. VV&A 활동 유형별 확인사항은 신용성 평가 중점 5가지를 근간으로 VV&A 확인사항과 평가 척도를 종합한 것[2,7]이다. VV&A 활동은 미 국방부의 VV&A 지침서[8]와 미 해군의 VV&A 지침서[9]에서 제시하는 권고 활동을 참고하였다.

M&S 신용성 평가 중점은 Fei Lui의 M&S 신용성 평가 척도에 관한 연구[11]에서 최소한 5가지로 정의하였다. 신용성 평가 중점 요소는 타당성(Validity), 정확성(Correctness), 신뢰성(Reliability), 사용성(Usability), 그리고 상호운용성(Unteroperability)이다.

타당성(Validity)은 추론하거나 계산한 결과를 근거로 특정 체계로써 충분히 적합한지에 관한 속성이다[12]. 타당성 확인은 M&S 개발 산출물이 특정 용도에 적합한 M&S임을 보장하기 위해 출처가 분명하고 정확한 증거를 필요로 한다. 그리고 개발 산출물들이 요구사항을 완전하게 갖추고 내용이 명확한지, 일관된 기준에 의거 수집되고 결과가 산출되었는지에 초점을 둔다[8].

정확성(Correctness)은 사실에 근거하여 결점이 없으며, 바르고 확실한 성질로써 여러 다른 표현 형식과 구성요소들이 모순 없이 정확하게 묘사되는지에 관한 속성으로 정의된다[14]. 정확성을 평가하기 위해서는 V&V 결과가 요구하는 기준 값과 일치(consistency)하거나 매우 근접하여 정밀한 정도(precision)와 요구하는 M&S 성능에 요구되는 정확성의 만족 정도(accuracy), V&V에 필요한 정보와 산출물이 필요 요건을 완전하게 갖추고 있는지(completeness)에 초점을 둔다.

신뢰성(Reliability)은 어떤 제품이 주어진 조건과 기간 동안 요구되는 기능을 수행할 수 있는 능력으로 정의된다[15]. 또한 정보의 출처(source)가 분명하고, 근거가 명확하여 요구되는 기능을 수행할 수 있는 능력에 대한 신뢰도를 말한다.

사용성(Usability)은 사용자 편의성과 시물레이

션을 오사용 가능성을 최소화하는지에 관한 속성이다. 사용자가 목적 달성에 있어서 효과적이고 효율적으로 지원하는지 그리고 주어진 환경에서 시뮬레이션의 오사용 가능성을 줄임으로써 운용상의 오류를 막는 것과 관련되는 사항이다[11].

상호운용성(Interoperability)은 동일 또는 다른 M&S끼리 상호 통신 할 수 있고 정보교환이나 일련의 처리를 정확하게 실현할 수 있는 능력이다.

여러 M&S가 통합 운용되어 효과적으로 서비스를 제공할 수 있도록 관련 표준을 따르고, 이중 M&S간 상호운용이 가능하도록 하는 것이다[11].

개발하는 M&S의 요구사항은 크게 5가지로 분류된다. 5가지 요구사항은 충실도, 성능, 설치, 운용, 그리고 정비 요구사항이다. 충실도 요구사항은 모델링 관련 표현 요구사항에 해당하고, 나머지 4가지는 시뮬레이션 관련 구현 요구사항에 해

〈표 6〉 요구사항 구분 및 관련 VV&A 활동

VV&A프로세스	요구사항 특성	구현 요구사항				
	표현 요구사항 (정확도, 해상도)	성능	설치	운용	정비	
요구사항 확인	○	○	●	○	○	
개념모델 확인	○	○	●	○	●	
설계검증	○	○	●	○	●	
구현검증	○	○	○	○	○	
결과확인	○	○	○	○	●	
인정	○	○	○	○	○	
데이터 V&V	○	○	○	○	●	

〈표 7〉 설계검증 확인사항 목록표 예

참조 산출물	확인 사항		해당 요구사항					척도
	중점	내용	충실도	성능	설치	운용	정비	
인터페이스 설계 기술서	일관성 정확성	2. 규격서와 개념모델로부터 요구사항으로부터 설계에 이르기까지 전환이 정확하고 일관성 있게 이루어지고 있는가?		●				Y/N, Order상,중,하
	타당성	3. 규격서와 기능 설계서는 개념모델에 부합하는가?	●	●				Y/N, Order상,중,하
패드레이션 객체모델	정확성	3.1 개념모델에서 정의된 특성, 기능, 행위, 알고리즘, 그리고 상호작용이 규격서와 설계 문서에 정확하게 포함되었는가?	○	○				Y/N, Order상,중,하
	상호운용성	4. 연동되어야 하는 다른 시뮬레이션과 상호운용 되는가? <HLA>	●			●		Y/N, Order상,중,하
HW, SW 에비설계서	상호운용성	4.1 S/W컴포넌트별 표준 인터페이스가 정의되었는가?	○			○		Y/N
	상호운용성	4.2 H/W컴포넌트 및 서브 시스템간 인터페이스는 기술표준을 근거로 정의되었는가?	○			○		Y/N
HW, SW 상세설계서	상호운용성	4.3 단위체계간 교환해야하는 데이터는 상호 연계가 가능한가?	○			○		Y/N, Order상,중,하

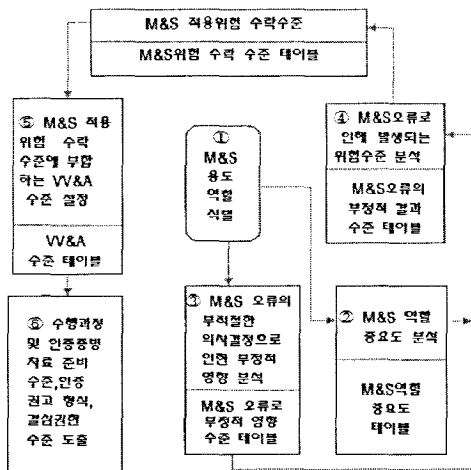
당한다. <표 6>은 VV&A 활동 중에 확인해야 하는 사항들의 해당 요구사항을 나타내고 있다. <표 7>은 설계검증 단계에서 참고 할 수 있는 VV&A 확인사항 목록표 예다.

M&S 개발 시에 VV&A 확인사항 목록표의 모든 사항에 해당하도록 요구사항을 정의 하거나 확인해야 할 필요는 없다. 또한 요구사항을 과다하게 설정할 필요도 없다. 요구사항이 과다하면 그만큼 비용이 증가한다. 그래서 M&S의 특성과 용도에 따라 요구사항은 다를 수 있다. 그러나 일반적으로 요구사항 종류별로 균형 잡힌 비율로 정의하고 VV&A 활동 동안에 확인해야 한다.

5.2 VV&A 수행 수준 분석모델

M&S 신용성을 확보하기 위해서 얼마만큼의 VV&A 수행 노력을 기울여야 할 것인가가 문제이다. 이를 해결 위해서 M&S 용도에 따라 VV&A 수행 수준을 설정해야 한다.

VV&A 수행 수준 분석방법은 미 해군 항공연구소(NAVAIR)에서 적용하고 있는 방법을 기반으로 재구성하여 개념을 정립하였다. 미 해군은 특정 무기체계에 적용할 수 있는 데에 초점을 두고 있는데 반해, 여기서 재구성하여 정립한 것은



<그림 3> VV&A 수준설정 단계(6)

국방 M&S 개발 사업 전반에 초점을 둔 것이다.

VV&A 수행 수준을 설정하기 위한 단계는 <그림 3>에서 보는 바와 같이 6단계로 구성된다.

단계1: VV&A 수행수준을 설정하기 위해 M&S를 어디에 사용될 것인지에 대한 용도와 그 역할을 식별한다.

단계2 : M&S가 활용되는 프로세스 혹은 활동에서 M&S의 역할이 어느 정도 중요한지를 분석하고 그 중요도를 확인한다.

단계3 : M&S 오류로 부적절한 의사결정으로 인한 부정적 영향 예를 들어 비용, 일정에 미치는 영향을 분석한다. M&S가 적용되어 의사결정을 하거나 M&S가 부정확할 때 얼마만큼 부정적인 영향을 미칠 것인지를 분석하고 그 부정적 영향의 정도를 분석한다. 이 분석의 결과는 1~5 수준 중의 하나가 된다.

단계4 : 단계2와 단계3에서 분석한 M&S 오류로 부적절한 의사결정으로 인한 부정적 영향과 M&S 역할 중요도를 고려하여 M&S 오류로 인해 발생하는 위험수준을 분석한다. 위험수준은 4가지 수준으로 구분되고, 분석결과는 이중에서 하나의 수준이 된다.

단계5 : M&S 적용 위험수락수준은 M&S를 사용하여 의사결정을 할 의사결정자가 사업의 특성을 고려하여 3개 수준 중의 하나를 M&S 위험 수락수준으로 결정한다.

단계6 : 단계5에서 설정된 VV&A 수행수준에 따라 VV&A의 수행과정 및 인정 증빙 자료 준비수준, 인정권고형식, 결심권한 수준을 도출한다.

M&S와 관련해서 위험은 M&S 사용에 따른 운용 위험을 의미하고, 더 구체적으로 보면 부정확한 M&S나 잘못된 입력 데이터 사용으로 인해서 발생하는 운용 위험이다. M&S 운용 위험은

M&S 오류발생 가능성과 그 M&S 오류로 인한 결과의 곱으로 표현될 수 있다. 여기서 M&S 오류는 부적합한 모델, 부정확한 시뮬레이션 혹은 입력 데이터의 오류 등에서 발생된다. M&S 오류로 인한 결과는 사업 성공에 미치는 부정적인 영향을 의미하며, 비용초과, 일정지연, 성능저하 등이 될 수 있다.

5.3 VV&A 성숙도 모델

성숙도 개념은 시스템 엔지니어링, 소프트웨어 엔지니어링에서 발전되어 있다. 시스템/소프트웨어 엔지니어링에서 성숙도는 주로 제조 및 개발공정 과정을 관리하는 데에 중점이 있다. 그런데, VV&A 성숙도는 M&S의 VV&A 평가의 객관성을 높이는데 중점이 있다.

Harmon과 Youngblood는 M&S의 VV&A 성

숙도 관련 연구[13]에서 성숙도 관리 요소를 확인 기준, 레퍼렌트(Referent)¹⁾, 개념모델, 개발 산출물, 시뮬레이션 결과, 그리고 문서의 일관성, V&V 시험 표준, 형상관리 기준으로 제시하고 있다. 이러한 기준에 대하여 성숙도 수준을 0~5 단계로 구분하였으며, 각 단계별 수준 기준은 <표 8>과 같다.

확인 기준은 M&S의 공식적인 인정을 위한 기준으로 주제 전문가의 의견 수렴, 사용자의 사용 용도에 근간을 둔 진술, 정량적인 허용 범위 및 신뢰수준, 그리고 시뮬레이션 개체간의 논리적인 근거 등을 고려하여 설정할 수 있다.

레퍼렌트는 M&S 개발을 위한 지식정보를 제공한다. 이는 주제전문가의 지식정보로부터 다양한 원천 자료들이 될 수 있다.

개념모델은 M&S의 논리적 솔루션이다. M&S를 개발할 경우에 이를 생략해서 하기도 하며 레

<표 8> VV&A 성숙도 모델

수준	확인 기준	레퍼렌트(Referent)	개념모델	개발 산출물	시뮬레이션 결과	문서의 일관성	V&V 시험 표준	형상관리 기준
5	레벨 4 기준의 인과관계 및 논리적 근거	<모델/시스템의 용도를 근간으로> 대상체계의 특성이 엄격히 반영된/동계적 의미를 가지는 원천자료	입증기준&레퍼렌트를 근간으로 정제화 되고 공식적인 입증; 결과 입증용 위한 표준공간의 정의	개념모델을 근간으로 상세 검증, 검증결과 상세 사용하여 결과입증 및 검증용 위한 표준공간 제공	개념모델과 검증과정에서 확인된 표준공간에서 샘플링되고, 입증기준 및 레퍼렌트를 근간으로 객관적 검증에 의한 입증	표준문서에 따라 완전히 생산되고, 데이터베이스 포함하고, 검색시스템 구비	이해관계자가 아닌 요원이 표준화된 절차에 따라 수행	표준화되고 관리통제가 가능한 자동화 절차에 따른 형상관리
4	레벨 3 + 검증/신뢰수준	<모델/시스템의 용도를 근간으로> 상호 체계적 연관성을 구비한 다양한 원천자료의 샘플	입증기준&레퍼렌트를 근간으로 객관적 검증에 의한 입증; 결과추출을 위한 표준공간을 제한하고, 샘플과 관련된 추적 제공	개념모델을 근간으로 상세 검증, 결과 샘플 추출을 위한 정보제공	개념모델과 검증과정에서 제공된 지침을 기준으로 샘플링되고, 입증기준 및 레퍼렌트를 근간으로 객관적 검증에 의한 입증	표준문서에 따라 완전히 생산되고, 데이터베이스 포함	이해관계자가 아닌 요원이 표준화된 절차에 따라 수행	표준화된 자동화 절차에 따른 형상관리
3	레벨 2 + 속성 허용범위 및 오차	<모델/시스템의 용도를 근간으로> 단일 원천자료로부터 도출	입증기준&레퍼렌트를 근간으로 객관적 검증에 의한 입증	개념모델을 근간으로 상세 검증	입증기준 및 레퍼렌트를 근간으로 객관적 검증에 의한 입증	표준문서에 따라 생산되고, 범위 포함	개발자 및 다른 요원이 이해할 수 있는 절차에 따라 수행	표준화된 매뉴얼 절차로 형상관리
2	사용자진술을 근간으로 체계적 연관관계 중심의 구성영역	<모델/시스템의 용도를 근간으로> 주제전문가의 유일한 의견	주제전문가에 의해서 입증기준에 따라 입증	개념모델을 근간으로 개략 검증	입증기준을 근간으로 주제전문가에 의한 입증	표준문서에 작성되었지만 발췌가 제한	개발자가 자체 기준으로 V&V 수행	비표준화된 매뉴얼 절차로 형상관리
1	주제전문가의 의견 근간으로 수행	주제전문가의 의견	미개발	개발 지원을 위한 개략 검증	주제전문가에 의해 시뮬레이션 결과 활용을 통해서 입증	문서가 거의 없거나 없음	없음	없음
0	없음	없음	미개발	개발 지원을 위한 개략 검증	입증양행	문서가 거의 없거나 없음	없음	없음

1) Referent : 모의되는 개체에 대한 지식을 체계적으로 정리한 것(a codified body of knowledge about a thing being simulated)

프렌트를 근간으로 상세하게 모델링하여 체계적으로 M&S를 개발하기도 한다.

개발 산출물은 M&S 개발 산출물을 의미하며, 시뮬레이션 결과는 시뮬레이션을 통해서 얻는 결과이다. 문서의 일관성은 산출물 생산과정에서 문서 작성에 대한 일관성을 의미한다. V&V 시험 표준은 V&V 시험활동에서 표준화된 절차와 기준에 관한 사항이다. 형상관리는 M&S 산출물에 대한 형상관리이다.

성숙도 모델에서 성숙도가 높을수록 M&S 기반의 의사결정 위험도가 낮아지지만, 성숙도 수준을 높이기 위해서는 상대적으로 많은 노력과 비용이 소요된다.

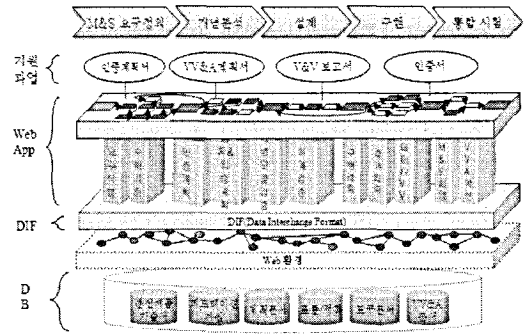
6. VV&A 지원도구

VV&A 지원도구는 VV&A 산출물에 대하여 문서화 작업을 지원하는 웹 기반의 어플리케이션이다. VV&A 문서화 지원도구는 웹 환경에서 VV&A 관련 문서 정보를 공유할 수 있도록 한다. VV&A 문서는 웹 환경에서 데이터베이스 서버인 M&S 자원저장소에 XML(eXtensible Markup Language) 형식으로 저장되고 관리된다. 사용자는 VV&A 문서화 지원도구의 사용자인터페이스를 통해서 VV&A 산출물 문서 작업을 하고, 이를 저장하고 필요한 경우 다시 불러들여 계속 작업을 할 수 있다.

VV&A 문서화 지원도구는 <그림 4>에서 보다시피 지원과업, 웹 어플리케이션(Web App)과 자료교환형식(DIF: Data Interchange Format), 데이터베이스(DB)로 구성된 개념을 제안한다.

지원 과업은 VV&A 문서화 지원도구가 지원할 수 있는 VV&A 과업이다. 이는 VV&A 계획 및 결과 보고서 작성 과업을 지원한다. 웹 어플리케이션은 VV&A 문서화 지원도구의 응용 소프트웨어로서 이를 실행하여 지원과업을 수행한다.

자료교환형식(DIF)은 웹 기반에서 VV&A 문



<그림 4> VV&A 문서화 지원도구 구성(3)

서화 지원도구의 응용 소프트웨어 간 교환되는 문서정보에 대한 메타데이터이다. VV&A 문서정보는 XML 형식의 자료교환형식을 기반으로 한다.

데이터베이스(DB)는 VV&A 문서 정보를 저장한다. 문서정보는 VVXML(VV&A XML)형식으로 정의되며, VVXML은 VV&A 문서화 지원도구의 VV&A 문서 정보교환을 위한 마크업(markup) 언어이다. 이는 응용 소프트웨어 사이의 VV&A 문서 교환정보를 XML로 정의한 것이다.

VV&A 문서정보는 웹에서 VVXML 형식의 자료교환형식으로 편집(Edit), 게시(Post), 수집(Pull), 열람(Viewing)한다. VV&A 문서화 지원도구의 각 편집기에서 웹 서비스 기술을 적용하여 각 편집기에서 편집한 정보는 데이터 파일에 게시(Post)하고, 자신은 필요할 경우에 자신에게 맞춤형으로 VVXML 형식에 따라 끌어와서(Pull) 사용한다.

7. 결론

본 논문에서는 국내에서 개발한 주요 위계임 모델을 대상으로 VV&A 수행 실태를 조사 분석하였다. 한국군의 경우 VV&A 수행이 제도화 되어 있지 않으므로 조사 대상 모델에 대하여 직접적인 VV&A 수행 실태 조사가 제한되었다. 그래서 조사 대상 모델의 개발 문서와 시험평가 자료를 토대로 VV&A 수행 항목을 중심으로 간접적

으로 VV&A 수행 실태를 분석하였다.

VV&A 실태 분석을 근간으로 향후 VV&A 활동을 체계적으로 수행함에 있어서 참고할 수 있도록 VV&A 프레임워크를 제안하였다. VV&A 프레임워크는 VV&A 기본모델, 참조모델 그리고 문서화 지원도구로 구성된다.

기본모델은 VV&A 프로세스, 산출물 그리고 VV&A 기법 등으로 VV&A 활동의 기본 요소이다. 참조 모델은 VV&A를 더욱 효과적으로 수행할 수 있도록 지원하는 것으로 VV&A 활동 유형별 확인사항 목록, VV&A 수행 수준 분석모델과 VV&A 성숙도 모델로 구성된다. VV&A 지원도구는 VV&A 산출물 작성과 관리를 지원하는 도구로 본 논문에서는 운용개념을 제시하였고, 별도의 개발이 필요하다.

차후에는 제안하는 VV&A 프레임워크를 참고하여 VV&A 관련 규정과 지침을 수립하여 M&S 개발 시 VV&A를 제도화 할 필요가 있다. 그리고 VV&A 수행을 위해 VV&A 이해관계자(기관)의 역할을 정립하고, 각 이해관계자의 역할에 따라 적합한 교육이 필요하다.

참고문헌

[1] 김형현, 이창희, 조내현, “국방 M&S VV&A 적용 및 발전방안 연구”, 한국시뮬레이션학회 논문지, 제18권 제4호, pp.157~164, 2009.12.

[2] 김혜령, 김재익, 최상영, “M&S VV&A 평가 참조모델에 관한 연구”, 국방과학기술정보, 제2권 제3호, pp.14~23, 2009.9.

[3] 정완희, 김혜령, 최상영, “국방 M&S VV&A 문서화 체계 지원도구 연구”, 국방과학기술정보, 제2권 제1호, p.28, 2009.3.

[4] 최상영, “SBA 발전방향”, 제1회 획득 M&S 세미나, 국방기술품질원, 2007. 10. 9.

[5] 최상영, “M&S 신용성 향상을 위한 VV&A 적용 모델”, 한국군사과학기술학회지, 제9권 제1

호, pp.60~71, 2006.3.

[6] 최상영 외, “FFX-1 체계검증시험자료를 이용한 체계 시뮬레이터 신용성 확인/검증 기법 연구”, 국방과학연구소 연구보고서, 2009.12,

[7] 최상영 외, “위게임 모델 인증 및 평가 방법론 연구”, 국방대학교 연구보고서, 2010.2,

[8] DMSO, 『Verification, Validation and Accreditation Recommended Practice Guide』, millennium ed, Alexandria, VA, 2000.

[9] Department of the Navy, 『Modeling and Simulation Verification, Validation, and Accreditation Implementation Handbook Vol. I VV&A Framework』, Navy Modeling and Simulation Management Office, 30. March 2004.

[10] IEEE Standard Software Verification & Validation(IEEE-STD-1012)

[11] Fei Liu, Ming Yang, Zicai Wang, “Study on Simulation Credibility Metrics”, Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference, 2005, pp.2554~2559.

[12] Gross, D. C. “Report from the fidelity definition and metrics implementation study group”, In Proceedings of the 1999 Spring Simulation Interoperability, Workshop. Orlando, FL, 1999.

[13] Harmon, S. Y, and S. M. Youngblood, “A Proposed Model for Simulation Validation Process Maturity”, SISO Spring 2003 Simulation Interoperability Workshop, 2003,

[14] Robert G. Sargent, “Verification and Validation of Simulation Models”, Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference, 2003.

[15] Roger W. Logan Cynthia K. Nitta. “Verification & Validation(V&V) Methodology and Quantitative Reliability at Confidence: Basis for an Investment Strategy”, University of California Lawrence Livermore, 2002.12.

■ 저자 소개 ■

최 상 영(E-mail: sychoi@kndu.ac.kr)

- 1982 육군사관학교 토목공학과 졸업(학사)
- 1985 국방대학교 무기체계학과 졸업(석사)
- 1989 (영) 크랜필드대 체계과학과 졸업(박사)
- 2000 미국 조지메이슨대 C4I 센터 객원교수
- 현재 국방대학교 국방과학부 무기체계학과 교수
- 관심분야 M&S 및 VV&A, 복합시스템아키텍처, 체계공학

김 해 령(E-mail: yhu2ki@hanmail.net)

- 1998 부경대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 2006 서울대학교 기계항공공학부 졸업(석사)
- 현재 국방대학교 국방과학부 무기체계학과 박사과정
- 관심분야 모델링 및 시뮬레이션, VV&A, 복합시스템아키텍처

조 정 남(E-mail: chojn@naver.com)

- 1998 군산대학교 졸업(공학사)
- 2010 국방대학교 무기체계학과 졸업(석사)
- 현재 육군 1군단 11화학대
- 관심분야 모델링 및 시뮬레이션, VV&A