Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers
Vol. 39, No. 6, pp. 486-497, December 2013.
ISSN 1225-0988 | EISSN 2234-6457
http://dx.doi.org/10.7232/JKIIE.2013.39.6.486
© 2013 KIIE
<Original Research Paper>

국방 M&S의 특징 분석과 이를 통한 VV&A 방향

김정훈 · 정승민 · 황일회 · 조현주 · 김대영 · 장영재†

한국과학기술원(KAIST) 산업 및 시스템 공학과

M&S Verification, Validation and Accreditation Research Direction Considering the Characteristics of Defense M&S

Junghoon Kim · Seungmin Jeong · Illhoe Hwang · Hyunju Cho · Daeyoung Kim · Young Jae Jang

KAIST Industrial and Systems Engineering

In this paper, we first present an in-depth survey of the research on Verification, Validation and Accreditation (VV&A) applied in various areas. Then we introduce the characteristics of the military and defense Modeling and Simulation (M&S) and propose the direction of method for VV&A with the identified characteristics. The M&S has been widely used in many different applications in the military and defense area including training, analysis, and acquisition. Methods and processes of VV&A have been proposed by researchers and M&S practitioners to guarantee the correctness of the M&S. The idea of applying the formal credibility assessment in VV&A is originated from the Software Engineering Reliability Test and Systems Engineering Development Process. However, the current VV&A techniques and processes proposed in the research community have not utilized the military-and-defense specific characteristics. We identify the characteristics and issues that can be found in the military and defense M&S. Then propose the direction of techniques and methods for VV&A considering the characteristics and issues. Also, possible research direction on the development of VV&A is proposed.

Keywords: Defense M&S, VV&A, Simulation, Decision Process

1. 서 론

본 논문에서는 국방 M&S(military and defense modeling and simulation)의 특성을 고려한 VV&A의 필요성 및 타당성을 제안한다. 모델링 시뮬레이션(M&S)은 이미 다양한 분야에 활용되고 있으며, 특히 국방 분야에서는 M&S를 훈련/분석/획득 등 다방면에 적용하고 있다. M&S의 신뢰도를 보장하는 방법으로 정형화된 VV&A, 즉, 검증(verification), 확인(validation), 인정(accreditation) 과정이 제안되고 있다. 이러한 절차는 기존 소프트웨어 공학과 시스템공학에서 소프트웨어나 시스템 모델링의 품질 보증 및 검증 프로세스를 M&S에 맞게 수정 보완한 프로세스로서 일반적인 M&S의 신뢰성 확보를 위한 방식으로 제시되고 있다. 본 연구에서는 우선 과거 VV&A를 정의 한 문헌들을 분석한다. 그리고 기존 소프트웨어나 시스템 엔지니어링에서 파생된 VV&A 방식에서 한걸음 더 나아가 국방 도메인이란 특징을 고려한 VV&A의 필요성을 제시한다. 이러한 국방 특성에 맞는 VV&A의 필요성을 설명하기 위해 국방 M&S의 특성을 정의하고, 각 특성에 따른 VV&A 개발의 요구사항을 정의한다. 국내에 이미 다수의 VV&A 관련 논문이 발표되어 있지만 기존 해외 및 국내 VV&A 연구 현황을 체계적으로 분석한 논문은 아직 소개되지 않았다. 본 논문은 해외 및 국내 VV&A 연구 소개를 통해 연구동향을 분석하며, 국내 국방 M&S에서 VV&A 정립을 위한 개념적 초석을 마련하고 방향을 제시하는 데 그 가치가 있다.

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었음(UD110006MD).
† 연락저자 : 장영재 교수, 305-701 대전광역시 유성구 대학로 291(구성동373-1) 한국과학기술원(KAIST) 산업 및 시스템 공학과,
Tel : 042-350-3130, Fax : 042-350-3114, E-mail : yjang@kaist.ac.kr
2013년 7월 13일 접수; 2013년 9월 11일 1차 수정본 접수, 2013년 10월 29일 2차 수정본 접수; 2013년 11월 15일 게재 확정.

1.1 VV&A 개념 소개

컴퓨터 기술과 IT기술이 발달하면서 우리 군에서도 시험평가, 훈련, 무기획득 등 다양한 분야에서 모델링 시뮬레이션(modeling and simulation 이하 M&S)이 활용되고 있다. 더구나 과거 외국군의 전략 작전을 모방하는 방식에서 탈피하여 국내 실정에 맞는 무기 개발과 전력 증강을 추구하는 현 시점에서 실존하지 않은 상황을 모사할 수 있는 M&S의 기술은 한국군의 필수 기술로 요구되고 있다.

시뮬레이션에서 검증은 그 무엇보다도 중요한 요소라 할 수 있다. M&S의 목적이 실제 존재하지 않은 상황에 대한 모사인 경우, 개발된 M&S가 실제 상황을 재현할 수 있는지, 혹은 실제 M&S를 믿고 작전 수행의 의사결정 및 무기 획득을 결정해도 되는지 등의 신뢰성에 대한 의문은 늘 제기된다. 또한 M&S가 발생하지 않은 상황을 얼마나 잘 연출해 신뢰성 있는 예측 도구로 활용할 수 있는지를 가늠하는 예측가능도(predictive capability)에 대한 논리적인 규명도 필요하다. 이러한 시뮬레이션의 검증에 대한 중요성은 2012년 6월 국내의 차세대 전투기 도입 사업에서도 부각된 적이 있다. 차세대 도입기종 최종 후보 중에 하나로 거론된 F-35기종의 시험평가에 대해 F-35의 제조사인 록히드마틴은 현재 F-35기종이 개발 중이라는 이유로 시뮬레이터를 사용하여 모의비행 성능평가를 제안했다. 하지만 시뮬레이터 평가는 실제 시험 비행 결과와 비교하며 정확도를 검증 받아야 하는 데 F-35는 목표 성능을 갖추고 시험비행을 한 적이 없어 아예 비교 대상이 없다는 비판이 제기되었다. 이처럼 검증되지 않은 시뮬레이터는 결국 논란을 피할 수 없음을 알 수 있다.

이러한 M&S의 신뢰성 대해 논리적인 타당성을 제시하기 위한 프로세스를 M&S 검증(verification) 및 확인(validation)이라 하며, 이러한 프로세스를 통해 신뢰를 보장해서 그 사용을 허가하는 공인하는 프로세스를 인정(accreditation)이라 한다. VV&A에서 검증과 확인은 다음 질문에 대한 답을 제시하기 위한 것이라 정의할 수 있다.

- 검증(verification) : M&S가 요구사항을 충실히 반영하여 개발하였는가?
- 확인(validation) : M&S는 현실세계를 적절히 반영하고 있는가?

그리고 인정은 이러한 검증과 확인 절차를 바탕으로 M&S가 의도 된 사용의 관점에서 활용될 수 있는지에 관한 공식적인 승인이라 할 수 있다.

1.2 VV&A 프로세스 정의

M&S의 검증, 확인, 인정(이하 VV&A)은 개발 된 M&S의 신뢰성을 보장해주는 프로세스라 할 수 있다. 위 개념을 명확하게 정의하기 위해 2001년 Pace가 'Evolved Sarent Circle'에서 제안 한 시스템과 시뮬레이션의 개념도를 바탕으로 모델링과 시뮬레이션에서의 검증과 확인 과정을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

<Figure 1>에서 왼쪽상자는 현실세계(real world)를 표현하는 작업을 포함하고 있고 오른쪽 상자는 시뮬레이션 세계(simulation world)를 표현하는 작업으로 구성되어 있다. 그리고 각기 다른 두 세계를 연결하는 부분이 바로 시스템 이론(system theory)으로 표현되어 있다. 즉, 실제 세계를 표현하기 위해서 현실세계를 추상화(abstraction)하는 방식을 취하게 되며, 시스템 이론을 바탕으로 현실세계를 대변하는 모델을 완성하게 된다. 이 작업에서는 모델링 전문가뿐만 아니라 실세계의 각 기술적 요소를 파악하는 도메인 전문가(domain expert)의 참여가 필요하

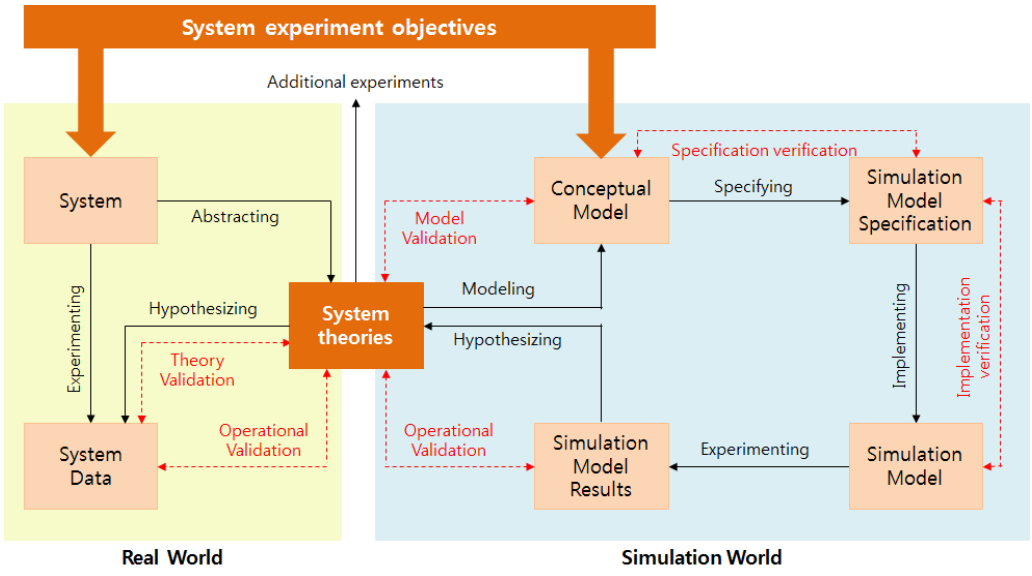


Figure 1. Modeling and simulation verification and validation challenges(Pace, 2001)

다. 국방 M&S의 경우에는 이 단계에서 국방 체계의 특징을 파악할 수 있는 국방 전문가의 역할이 필요하게 된다. 도메인 전문가로부터 파악 된 도메인의 특징은 모델링 전문가에 의해 M&S의 목적에 맞게 추상화 된다. "모델링 시뮬레이션 공학"에서도 현실세계 모델링에서 도메인 엔지니어와 모델링 엔지니어의 협업의 필요성을 강조하고 있으며, 특히 국방 M&S의 경우 모사의 대상이 되는 국방의 특징을 파악할 수 있는 국방 도메인 전문가의 역할을 강조하고 있다(Kim, 2007). 이러한 현실세계를 시스템 이론을 통해 추상화한다는 것은 시뮬레이션 목적에 맞게 현실세계를 표현한다는 의미이다. 목적에 따라 다양한 추상화 방식이 사용될 수 있으며, 미분 방정식을 통한 수학적 표현이나 페트리넷(Petri Net)과 같은 이산사건 모델링 방식이 그 예가 될 수 있다.

이렇게 구현된 모델은 다시 시뮬레이션 세계 내에서 요구사항에 맞는 시뮬레이션 모델로 재구성된다. 즉, 현실세계의 문제가 시스템이론을 거쳐 시뮬레이션 세계 내의 개념모델(conceptual model)로 변환되는 개념모델화 과정을 거치게 된다. 이 과정은 모델링 엔지니어가 담당하게 되며, 먼저 시뮬레이션 모델 명세서(simulation specification)가 정의되고 이를 바탕으로 시뮬레이션 모델이 구현되는 작업이 이뤄진다. 모델이 시뮬레이션 명세서에 잘 정의되었는지를 검증하는 작업이 명세화 검증(specification verification)이며, 정의된 명세서를 바탕으로 시뮬레이션이 정확히 구현되었는지를 파악하는 작업을 개발 검증(implementation verification)이라 한다. 즉, 검증은 시뮬레이션 세계 내에서 원하는 시뮬레이션이 요구사항에 맞게 구현되었는지를 규명하는 절차다. 구현 된 시뮬레이션은 다시 실세계와 비교되어 실제 시뮬레이션이 실세계를 잘 반영하고 있는지를 파악하는 작업이 이뤄진다. 만일 실세계와 시뮬레이션 세계에서 동일한 조건에 동일한 실험이 이뤄질 수 있으면 시뮬레이션 결과와 실세계 결과 값의 비교로 시뮬레이션을 결과 확인(result validation)할 수 있다. 그러나 대다수의 시뮬레이션의 경우 실세계와 동일한 조건하의 실험을 통한 값의 추출은 불가능하다. 이러한 한계점을 극복하기 위해 확인 작업은 실세계와 시뮬레이션 세계의 결과 값을 비교하는 작업뿐만 아니라, 현실 데이터를 바탕으로 시스템 이론 적용 시 이론이 데이터를 잘 반영하고 있는지를 확인하는 확인 이론(theory of validation)을 기반으로 개념모델이 구성되었는지를 확인하는 작업(conceptual model validation)이 필요하다.

주목해야 할 것은, VV&A는 M&S의 개발 후의 결과를 바탕으로 품질을 검사하는 것이 아니라, '개발 전 과정을 관리하는 프로세스'라는 점이다(Tolk, 2012). 결과가 아닌 프로세스를 검토하는 첫 번째 이유로, 일반 상품이나 서비스와 달리 M&S는 그 결과치의 신뢰를 실제 상황과 비교하는 데 한계가 있다는 점이다. 예를 들어 군단급 전시 상황을 모사하는 워 게임(war game) M&S의 신뢰도 측정을 위해 군단급 모의 훈련을 실행하는 것은 현실적으로 불가능하다. VV&A가 개발 전 과정 프로세스여야 하는 또 다른 이유는, M&S가 다양한 엔지니어링 이슈를 가진 복합·시스템적인 완성품이라는 점이다. 개발 과정에서 요구공학(requirement engineering), 모델링 이론, 소프트웨어 공학, 시뮬레이션 공학, 통계 검증 등 다양한 이슈들이 진행되므로 신뢰도 있는 M&S의 개발을 위해서는 개발 단계별 요구되는 전문가들이 VV&A에 참여해야한다(Kim, 2007).

VV&A에서 주목해야 할 또 다른 점은 바로 인정(accreditation) 과정의 중요성이다. M&S는 특정 목적을 가지고 개발되기 때문에 완성된 M&S가 초기 개발 목적에 부합되었는지에 대한 검증(verification)을 거쳐야 한다. 그리고 해당 시뮬레이션이 개발 과정에서 요구되는 옳은 검증(verification)과 확인(validation)을 거쳤는지에 대한 검토와, 그 목적에 맞게 개발되었다는 최종적인 검토는, 검증/확인 과정에 독립적인 제 3의 기관에서 이루어져야 한다. 즉, VV&A에서 VV는 전주기적 프로세스라면, 인정은 이러한 전주기적 프로세스가 합당한 작업을 거쳤음을 검토 및 확인하여 공인하는 절차라 할 수 있다.

1.3 본 논문의 목적과 구성

본 논문의 목적은 과거 문헌조사를 통해 VV&A 방식과 프로세스를 검토하고 그 한계점을 파악하여, 이를 보완한 국방에 특화된 VV&A의 필요성을 제시하는 데에 있다. 다음 제 2장에서는 기존에 제안된 VV&A 지침과 연구를 소개한다. 특히 현존하는 VV&A의 기반이 된 소프트웨어 공학과 시스템 공학에서의 VV&A를 소개하고 이를 분석하여 현 국방 M&S의 VV&A가 국방이라는 도메인에 보다 특화 될 필요성에 대하여 설명한다. 제 3장에서는 국방 M&S란 무엇인지 그 특징에 대하여 분석하고, 제 4장에서 이를 바탕으로 국방 M&S의 특성을 반영한 국방에 특화된 VV&A의 개발 방향을 제안한다.

2. VV&A 연구 동향 분석

본 장에서는 우선 VV&A의 필요성을 강조한 연구논문들을 소개한다. 이후 M&S 프로세스를 연구한 논문들을 소개하며, VV&A를 포함한 일련의 M&S 과정들이 체계적인 틀에 따라 이루어져야 한다는 것을 보인다. 다음으로 국방 M&S VV&A 방법론의 기반이 된 소프트웨어와 시스템 공학에서의 검증 및 확인 연구를 파악하고, 국방에 특화된 VV&A 연구의 필요성을 국내 및 해외 연구 사례를 통해 서술한다.

2.1 VV&A 필요성 연구

M&S의 규모가 커지고 복잡해짐에 따라, M&S의 개발 및 운영과정이 프로세스로 정리되고 연구되어 가면서 이에 대한 필요성은 끊임없이 대두되고 있다. 지난 10년간 VV&A의 필요성에 대한 구체적인 연구 및 지침은, 첫 번째로 미국 국방성(Department of Defense)에서 2001년도에 정립한 국방 M&S 지침에

서 찾을 수 있다. 본 지침에는 시뮬레이션에서 확인(validation)이 무엇인지, 그 중요성에 대해 언급하고 성공적인 시뮬레이션 연구를 위한 7단계의 방법론을 제시하였다(Department of Defense Modeling and Simulation Coordination Office M&SCO, 2001). 2004년도에는 V&V(verification and validation)의 도래와 발전에도 불구하고 M&S의 잠재성을 저해하는 V&V 요소를 파악하고 더 나은 방법론의 필요성에 대한 논의가 있었다(Pace, 2004). 이후 시뮬레이션 모델에 관한 검증, 확인 과정에 대한 논의를 통해 타당성을 결정하는 네 가지 접근 방식, 다양한 확인 기술에 대한 정의, 그리고 확인을 위한 추천 과정을 제안하는 연구가 진행되었다(Sargent, 2005). 스웨덴 국방과학연구소(FOI)에서는 수행할 검증, 확인의 전체적인 수준을 결정하기 위한 위험분석(risk analysis)을 사용하여 V&V가 집중되어야 할 분야의 효율성을 증진시키는 연구가 진행되었고 이러한 연구의 필요성에 대해 언급했다(Eliasson, 2002). 이처럼 VV&A의 필요성은 2000년대 초반에 활발히 논의 되었고 이제는 더 이상 그 필요성 자체가 언급되지 않는 것은, M&S에서의 VV&A 필요성에 대해 학계 전반의 동의가 이뤄졌기 때문이라 추론할 수 있다. 대신 2000년대 중반 이후로는 VV&A의 필요성 보다는 현실적인 방법론과 프로세스가 소개되기 시작했다.

2.2 M&S 프로세스 연구

앞서 언급한 바와 같이 M&S의 개발에 비용과 시간이 많이 소요되고 실증적인 검증 및 확인에는 제약이 따르므로, 프로세스 관리를 통한 체계적인 검토 작업이 필요하다. 일찍이 미국 NASA에서는 M&S의 표준을 제시하는 문서를 발행하여 NASA에서 진행되는 프로젝트들에 프로세스 절차 및 방법 등을 명시하여 적용시켜왔다. 이 표준 문서는 M&S의 개발 단계에서부터 운영 및 분석, 그리고 결과에 대한 프레젠테이션 단계까지 일련의 프로세스를 다루고 있다(NASA, 2008). 국내에서는 2007년도에 시스템의 설계/개발/분석/획득 시 M&S의 적용은 시스템 공학 이론에 기반 한 표준화된 프로세스 내에서 이루어져야 한다는 모델링 시뮬레이션 공학(M&S 공학)이 정의되었고, 이와 관련한 모델링 이론, 시뮬레이션 방법론 및 응용 등을 다루는 연구가 발표되었다(Kim, 2007). 이 연구의 연장으로 국방 M&S에 대한 표준모델에 대한 연구도 진행되었는데, 어뢰체계와 잠수함체계에 대한 표준모델 구조를 정립하고 개별 구성요소 모델링 방안을 개발하고 모델의 입/출력 자료 및 정보 흐름도를 도출함으로써, 상위 시뮬레이션인 교전급 모델에서 공통으로 사용될 수 있는 방안이 소개되었다(Shin, 2007; Kim *et al*., 2007). 또한 이산사건 모델의 객체 지향 규격을 계층적이고 규격화된 방법으로 지원하는 DEVS를 활용한 모델링 프로세스가 제안되었다(Sung and Kim, 2012). 프로세스 그 자체만을 연구 주제로 다룬 논문은 제한적이지만 과거 많은 논문들이 프로세스의 중요성을 강조하고 있다. 프로세스의 중요성을 언급한 논문들은 다음과 같다 : Balci(1994), Balci *et al*.(2002), Choi(2012), Oberkampf *et al*.(2004), Sargent(2005).

2.3 타 분야에서의 VV&A 관련 연구 동향 : 시스템 공학과 소프트웨어 공학

현재 국방관련 M&S에서 제안하는 VV&A의 방식과 절차는 시스템공학과 소프트웨어 공학에서 제시한 검증 및 확인 방식을 모방하고 있다(IEEE, 1998; Adrion *et al*., 1982; Choi, 2012). 따라서 현재 국방 분야에서 이루어지고 있는 V&V의 특징을 파악하기 위해서는, 시스템 및 소프트웨어 공학의 VV&A 관련 연구의 동향을 검토할 필요가 있다. 다음의 <Table 1>에서 시스템 공학과 소프트웨어 공학에서 제시하고 있는 V&V의 특징을 정리했다.

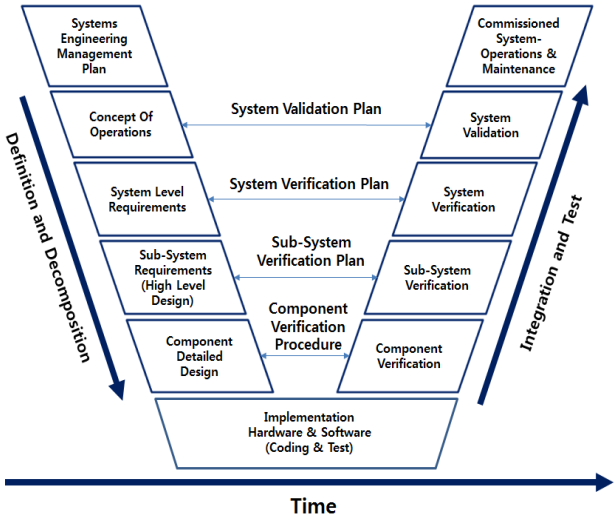


Figure 2. Framework of V model(BMDO Directive 5002, 1994)

시스템 공학에서는 BMDO Directive 5002(BMDO Directive 5002, 1994)에서 규정된 지침에 따라 시뮬레이션을 통해 나온 결과와 시험평가 결과의 유사성분석에 초점을 두고 V&V를

Table 1. Characteristics of V&V in systems engineering and software engineering

	System Engineering	Software Engineering
Process of V&V	Phased V&V based on the V model	Phased V&V and test based on the software life cycle
V&V guideline	BMDO Directive 5002	IEEE standard 1012-1998
Element applied in defense M&S	V&V process based on the V model	V&V method, quality control method

진행한다. 또한 V 모양의 시스템 공학 개발 전 단계(V model)를 기반으로 <Figure 2>, 상위 단계의 요구조건이 하위 단계의 요구 조건에서 정확히 반영되어 있는지, 그리고 각 단계의 요구조건이 충족되었는지를 검토하는 절차가 진행된다. 국방 M&S의 VV&A에서는 V model을 토대로 V&V의 프로세스를 진행하고 있다.

소프트웨어 공학에서는 <Figure 3>에 도식화 된 소프트웨어 생명 주기 기반의 틀에 따라서 V&V가 진행된다. 여기서 V&V의 대상이 되는 소프트웨어의 생명 주기는 획득, 공급, 개발, 운용, 유지보수 단계로 분류 된다(IEEE, 1998). 소프트웨어 생명 주기의 각 단계에서의 검증 및 확인 활동(activities)과, 이를 위해 수행하여야 할 검증 및 확인 작업(tasks), 각 작업 프로세스의 요구입력사항(required input) 및 요구산출물(required output), 그리고 이러한 작업 수행을 지원하는 기법(Techniques)이 IEEE standard 1012-1998에 명시되어 있다(IEEE, 1998).

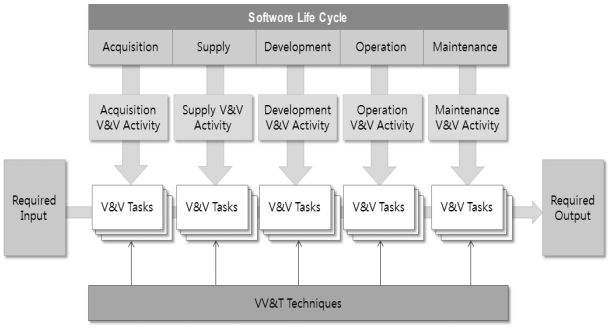


Figure 3. Framework of V&V processes, activities, and tasks hierarchy(IEEE, 1998)

소프트웨어 공학에서 정의하는 검증(verification)은 생성된 산출물이 이전 단계 에서 설정된 요구사항을 만족하는지를 결정하는 과정이고, 확인(validation)은 소프트웨어 개발 과정에서 생성된 최종 산출물이 소프트웨어 요구사항을 만족하는지를 보장하기 위한 평가과정이며, V&V와 함께 시험(testing)은 수동 또는 자동적으로 시험 자료 집합을 프로그램을 이용하여 수행시켜봄으로써 프로그램의 동작을 검사하는 과정을 말한다(NCA, 1990). 이때 소프트웨어 개발의 마지막 단계에서만 검증, 확인 및 시험(VV&T)이 이루어지게 되면 이전 단계의 문제 발생이 나중에 발견되기 때문에 심각한 오류와 문제해결 비용 발생의 원인이 되므로, 소프트웨어 생명 주기의 모든 단계에서 VV&T는 매우 중요한 요소로 강조된다(Adrion *et al*., 1982). 국방 M&S의 개발과정에서도 이러한 전주기적 VV&T의 필요성을 인지하고 그 방식을 도입하여 적용하고 있다. 이러한 소프트웨어 공학의 검증 방식이 M&S에 특화되기 위해 필요했던 기술과, 이 기술이 전체 M&S 개발 생애 주기에서 어떻게 적용되고 다루어졌는가에 대한 연구는 1994년 Balci에 의해 연구된 바 있다(Balci, 1994).

이처럼 국방 M&S VV&A는 시스템 및 소프트웨어 공학의 V&V의 요소를 상당 부분 차용하고 있다. 국방 M&S VV&A의 프로세스가 기존 시스템 공학의 모델을 바탕으로 제안되고, 이러한 프로세스가 실제 VV&A 과정에 활용되고 있다는 점은 실제 사례를 통한 연구에서도 입증된바 있다(Choi, 2012). 한편 소프트웨어 공학의 V&V에서 핵심적인 역할을 하는 전 주기적 검증/확인 그리고 시험을 통한 최종 점검 작업은 국방 M&S VV&A 방식에서도 중요한 요소로 강조되고 있다. 하지만 아직까지 국방 도메인의 특징을 바탕으로 특화 된 VV&A는 제안된 바가 없으며, 다음 제 3장에서는 국방 M&S의 특징을 정의함으로써 본 논문에서 제안하는 특화 된 VV&A가 필요하다는 주장의 타당성을 제시하고자 한다.

2.4 해외 및 국내 국방 분야 M&S의 VV&A 연구와 사례

앞선 소개된 대부분의 문헌은 국방 M&S에 대한 VV&A 연구가 아닌 타 분야에서의 연구였다. 보다 국방과 밀접한 이슈를 다룬 VV&A 연구는 다음과 같다.

먼저 해외의 사례로, 미 국방부(DoD)는 2005년 “Under Secretary of Defense for Acquisition Technology, and Logistics”와 2007년 “DoD Modeling Simulation Management”에서, 국방 도메인 관점에서의 VV&A 이슈화와 모델 및 시뮬레이션, 분산 시뮬레이션 및 그에 관련된 데이터에 대한 VV&A를 위한 정책, 임무할당 절차에 관해 소개하였다(DOD, 2009). 또한 미 국방부 DoD RPG의 주요 개념에 초점을 맞추고 VV&A의 주요 아웃라인에 대해 설명하고 미사일 통합시험 시스템(Missile/Mid surface to air missile Integrated Test System, MITS)에 대한 최초의 VV&A 적용사례를 소개하고 있는 연구가 진행되었다(Choi, 2012). 이처럼 국방이란 특징을 VV&A에 강조하기 시작한 것은 최근의 동향이라 할 수 있다.

해외사례에 비해서 국내 국방 M&S의 VV&A 적용 사례 및 연구는 그리 역사가 길지 않지만 그 필요성이 지속적으로 제기되고 있으며, 국내 실정에 맞는 방법론에 대한 연구도 점차 진행되고 있다. 2007년 방위사업청에서 VV&A를 검증, 확인, 인정이란 용어로 정립하였다. 국방 M&S는 그 오차 및 오류가 전투의 성패, 인명과 직관되기 때문에 VV&A가 다른 어떤 분야보다 중요시된다는 그 필요성과 발전 방안에 대한 연구가 진행되었다(Kim *et al*., 2009). 또한 현재 국내에서 연구 진행 중인 한국형 CMMS(임무 수행과 관련한 전투요소 객체들과 그 행위, 상호작용들을 개념적 차원에서 나타낸 모델)에 대하여 소개하고, CMMS 의 완전성을 높이기 위해 VV&A 과정이 매우 중요함을 밝히고 CMMS 개발 및 관리시스템의 신뢰성을 보장할 수 있는 CMMS VV&A 적용 방법이 제안되었다(Kim *et al*., 2010). M&S는 실제 시스템을 가상적으로 표현할 수 있다는 점에서 그 활용이 두드러지지만, 신뢰성 확보를 위한 뚜렷한 근거제시가 어렵기에 아직까지 단순하고 일률적인 검증방법만이 적용되고 있다. 이러한 단점을 극복하고자 M&S의 VV&A를 위한 새로운 검증 모형을 제시하여 신뢰성을 향상시

키고 국방 분야에 적합한 절차의 필요성이 피력되었다(Park, 2011). 한국의 순수 기술로 기획, 연구 개발된 국군의 최첨단 지대공 유도무기인 “천궁”의 개발 과정에서 사용된 VV&A 절차는 국내 무기획득 시뮬레이션의 첫 번째 VV&A 적용 사례로 관련 프로세스와 국방부 직할부대 및 기관들의 역할이 2011년에 소개되기도 하였다(Paik, 2011).

2.5 VV&A 과거 연구 분석 결론

VV&A의 필요성은 이미 M&S 학계 내에서 동의가 이뤄진 상황이고 VV&A의 방식도 지속적인 개발 중에 있다. 그러나 국방이란 도메인 분야에 특성을 고려한 VV&A 방식은 아직 구체적으로 제안되지 않고 있다. 국방 M&S의 목적이 다양하고 구성 방식 및 묘사 방식도 요구 사항에 따라 매우 다르다. 이러한 다양성을 고려하지 않은 채 일반적인 VV&A 방식을 제시하는 것에는 무리가 있다. 앞서 설명한 VV&A의 개념도 <Figure 1>에서도 실세계를 형상화 하는 작업에 따라 다양한 모델링 방식이 도출 될 수 있음을 확인할 수 있다. 이러한 형상화 작업에서는 실세계 그 자체에 대한 도메인 전문가가 모델링 엔지니어와 함께 모델링 작업을 수행하여야 한다는 점 역시 언급된 바 있다. 여기서 도메인 전문가의 역할은 각 도메인의 특징을 M&S의 목적에 맞게 구체화하는 것을 의미하며, 결국 M&S은 도메인의 특징을 바탕으로 구축됨을 알 수 있다. 따라서 도메인의 특성을 간직한 M&S를 그 대상으로 하는 이러한 VV&A의 특징을 고려한다면, 국방이란 도메인의 특징을 파악하고 이를 바탕으로 국방 M&S에 특화된 VV&A 방식을 구체화하는 방안이 필요하다. 이러한 국방이란 특징을 고려한 연구로는 2012년 소개된 국방 M&S 내 시스템 요구사항을 모델링하기 위해 DEVS를 통해 구현되는 이산 사건 수준 모델과 알고리즘 및 수식으로 정의되는 행동 수준 모델에 대한 표준화된 프로세스에 대한 연구(Sung and Kim, 2012)가 있고 이외 몇몇 연구들이 진행되고 있지만 아직 국방이란 특징을 정의하고 그 특징에 맞은 VV&A를 제시한 연구는 제한적이다.

다음 장에서는 현존하는 VV&A의 기반이 된 소프트웨어 공학과 시스템 공학에서의 VV&A를 소개한다. 본 논문에서는 국방 M&S의 특성을 분석하고 이러한 국방이란 특성에 맞춰 갖춰야 할 VV&A 방식을 제안한다. 다음 장에는 M&S의 특징을 정의한 다음, 이러한 특징을 고려한 VV&A의 필요성에 대한 타당성을 제시한다.

3. 국방 M&S의 특징

국방 M&S에 특화 된 VV&A를 제안하기 위해서는 우선 다른 시뮬레이션과 차별되는 국방 시뮬레이션의 특징을 파악할 필요가 있다. 본 논문에서는 국방 시뮬레이션의 특징을 다음 세 가지 형태로 제안한다.

- 계층적 시스템(Hierarchical System)
- 이질적 시스템(Heterogeneous System)
- 특정 목적형 시스템(Object Specific System)

미국 국방부의 M&S 마스터플랜(DOD1)에 의하면 개발 된 모델들의 상호운영성(interoperability)을 위해 표준모델을 제시하고 있다. 이 표준모델에는 M&S 범위를 계층별에 대해서는 공학(engineering), 교전(engagement), 임무/전투(mission), 전구(campaign)로 구별하였으며, M&S의 목적에 따라 훈련(train), 분석(analysis), 획득(acquisition)으로 나누고 있다. 그리고 시뮬레이션의 인간 참여도에 따른 분류도 존재한다. 이러한 분류 기준들은 국방 M&S의 특징을 단적으로 표현하는 것으로 파악할 수 있다.

3.1 계층적 시스템

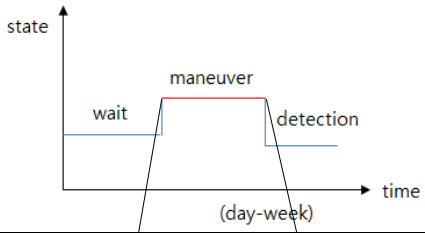
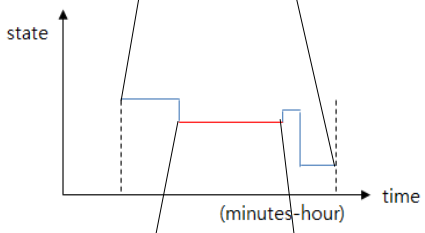
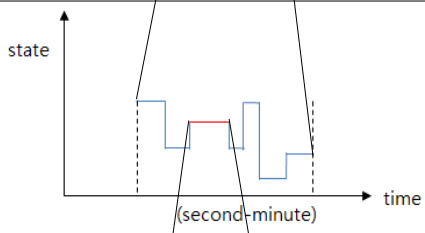
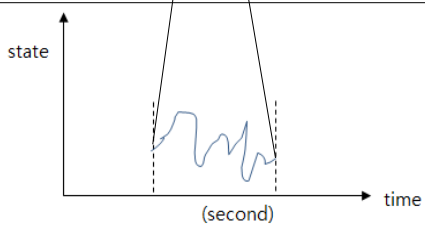
계층 시스템이란 시뮬레이션을 구성하는 객체들의 관계가 계층으로 분류됨을 의미한다. <Table 2>는 이러한 계층적 시스템을 개괄적으로 나타낸다. 시뮬레이션은 모의 수준별로 공학급, 교전급, 임무급, 전구급으로 나눌 수 있다. 최상위 레벨인 전구급은 다양한 임무급 모델의 집합체이고 다시 임무급은 교전급의 집합체이며 마찬가지로 교전급은 공학급 시뮬레이션의 복합체이다. 이처럼 국방모의 수준별로 계층이 존재하며 이러한 명확한 계층관계의 특징은 시뮬레이션 개발과 VV&A에 많은 영향을 미친다.

3.2 이질적 시스템

국방 M&S의 또 다른 특징으로 제안하는 것이 바로 이질적인 시스템이다. 국방 시뮬레이션에는 일반적으로 무기(weapon), 병력(troop), 교리(rules of engagement), 그리고 환경(environment)으로 구성된다. 각 요소들은 자신의 특성에 따라 적합한 시뮬레이션 방법을 통해 구현된다. 예를 들어 각각의 무기의 경우, 무기의 움직임은 공학급의 미분방정식 형태로 표현이 되고 이는 연속사건 시뮬레이션으로 구현될 수 있다. 병력의 경우 각 병력 모델의 움직임은 교리를 바탕으로 구현된다. 여기서 무기와 병력은 실제 움직이는 동적인 독립체로 구현되며, 교리는 시뮬레이션 내 각 독립체가 따르는 룰로 구현되고, 환경은 독립체들이 활동하는 기반으로 구현된다. 이처럼 다양한 구성요소가 함께 복합적으로 구성되는 것이 국방 M&S의 특징 중 하나다.

제조 산업이나 기계 역학에서의 시뮬레이션과 달리, 국방 M&S는 워게임과 같은 전구급 모델의 경우 무기와 병력의 상관관계와 아군과 적군의 대치 상황에서의 동적인 움직임이 표현되고 환경이란 변수에 상호 대처하는 복잡한 상황이 구현되어야 한다. 다시 말해, 국방 M&S의 경우 이질적인 요소들의 관계는 수학식만으로는 표현이 불가능하고 이산 사건 내 다양

Table 2. Defense model : categorization of abstraction level(Jang *et al*., 2012)

Abstraction level	System	Modeling Method	Domain knowledge	State transition property
Campaign	Discrete Event System	DEVS formalism+ Lanchester equation	Military science (strategic/ operational doctrines, etc.)	
Mission/ Battle/ Engagement			Military science (strategic/ tactical doctrines, etc.)	
			Military science (engagement, etc.) OR (optimization, etc.)	
Engineering	Continuous Sysyem	Differential Equation	Engineering (Physics, Electronics, Mechanics, Aeronautics, Energetics, etc.)	

한 룰(교리)로만 그 동적인 관계를 설정할 수 있다. 이처럼 모사한 모델이 다양한 이질적인 요소들의 복잡한 관계식으로 표현된다는 것은 국방 M&S의 대표적인 특징 중 하나다.

3.3 특정 목적형 시스템(Object Specific System)

마지막으로 국방 M&S은 특정 목적형 시스템이란 특징을 가진다. 물론 모든 M&S가 특정한 목적을 띄고 구현되지만, 국방 M&S의 경우 크게 다음의 세 가지 목적으로 분류 된다는 특징을 갖는다.

- 훈련(train)
- 분석/전투실험(analysis)
- 획득(acquisition)

먼저 훈련의 활용 목적은 연습, 전사 교육 및 군사작전 훈련을 지원하는 것이다. 다음으로 분석/전투실험 활용 목적은, 일상적인 작전 운용면에서의 전략, 전술적 의사 결정 및 군수, 행정지원을 위한 결정 등의 작전지원을 위한 분석과 군의 작전수행능력 및 소요평가, 전투발전 요소들의 평가하는 것이다. 마지막으로 획득의 활용 목적은, 무기체계의 연구개발, 생산 및 군수지원, 그리고 시험평가 지원의 역할을 수행하는 것이다 (Air University, 2000).

4. 국방 M&S 특징을 고려한 VV&A 분석 및 연구 방향 제안

본장에서는 앞장에 언급한 특징을 바탕으로 국방 M&S에 합당한 VV&A의 요구 조건을 분석한다.

4.1 모의 수준별 VV&A 차별화

국방 M&S는 <Figure 4>에서와 같이 모의 수준별로 공학급(engineering), 교전(engagement), 임무/전투(mission/battle), 전구(theater/campaign) 급으로 나눌 수 있다. 모델 구성의 가장 하단인 공학급의 경우 실제 성능 정밀도 평가가 가능한 대신 가장 상위 모델링은 집합도 증가로 인해 정밀 평가가 불가하고 상대

평가만 가능하다. 또한 공학급에서는 실제 실험을 통해 제한적이나마 검증이 가능하지만 상위 레벨로 올라갈수록 실제 실험은 사실상 불가능하다. 그러므로 국방 M&S의 각 모의수준별로 차별화된 VV&A를 진행하여야 한다. 이 때, 공학급 M&S에서는 보다 엄밀하고 정량적인 실험 데이터를 통한 VV&A가 적합하다.

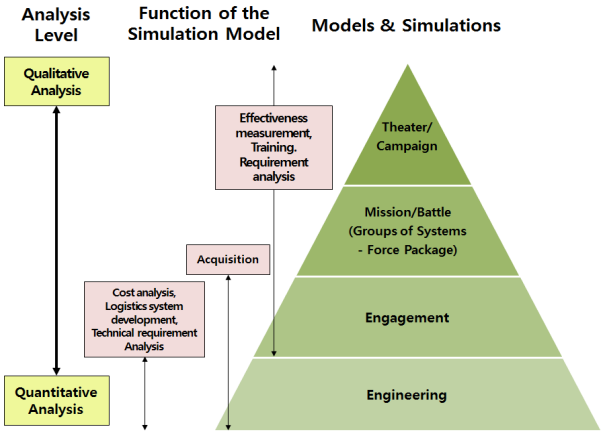


Figure 4. Defense M&S classification by abstraction level (Kim *et al*., 2007)

교전 및 전투/임무급 M&S는 전투 훈련, 모의 훈련 전투 체계 분석/훈련을 목적으로 한다. 교전 급에서는 여러 공학급 모델들의 복합적인 요소들로 구성되어있다. 단일 무기의 모의 형태뿐만 아닌 다수 무기 혹은 무기체계 와 군의 구성요소들이 함께 모델링에 고려되어야 한다. 또한 공학급에서 개발된 모델들의 상호 운영성과 재사용성을 위해 표준모델(authoritative representations of weapon systems)의 준수 여부도 VV&A의 과정에 포함되어야 한다. 표준모델이란 M&S의 재사용성과 상호 운영성을 갖기 위해 무기 개발에 공통적으로 사용되는 모델에 대해서 지침을 적용한 모델을 의미한다. 예를 들어 미사일 체계 효과도 분석을 위해서는 미사일 발사체, 레이더 등의 모델이 필요하다. 이처럼 무기체계 분석에서 공통적으로 사용되는 모델들에 대해 표준화가 설정되어 있으면 모델의 일관성 유지와 기존 모델을 재사용함으로써 개발의 효율성 도모할 수 있다. 미국 국방 M&S 기본계획(DOD)에 이러한 표준모델이 제안된 바 있다. 이처럼 공학급 이상의 상위레벨에는 모델간의 표준화 준수 여부를 VV&A에서 검토할 필요가 있다. 또한 엔지니어링의 모델이 복합적으로 이뤄진 교전모델의 경우 공학급의 모델에서의 가정과 모델링 구현이 교전 및 상위레벨에서 동일한 가정으로 이뤄졌는지를 확인하는 작업이 VV&A내 이루어져야 한다.

전구급 모델의 경우 주로 군의 연합/합동 훈련 및 워게임을 통해 전력의 구조를 분석하고, 전략이나 전력의 균형을 살펴보거나 참모 훈련을 하는 데 그 목적이 있는데, 모든 구성요소에 대해 개별적으로 VV&A를 적용할 수 없기 때문에 VV&A는 주로 전문가들의 주관적인 의견을 통해 이루어진다. 이 때 VV&A 참여자는 교범 및 전투/훈련 경험에 관련된 기반 전문가(subject matter expert, SME)와 모델링 및 시뮬레이션에 정통한 'M&S 엔지니어', 그리고 프로그램에 정통한 '플랫폼(platform) 엔지니어' 등의 전문가 집단으로 구성되는데, 제대로 된 VV&A를 위해서는 전문가 간 상호 협력이 필요하며. 이를 도식화하면 <Figure 5>과 같다(Jang *et al*., 2012).

4.2 시뮬레이션 분류(LVC) 별 VV&A

국방 M&S의 시뮬레이션 분류는 1994년 미국 국방 과학위원회에 의해 제안되었는데, 운용자와 시스템의 종류에 따라 다음 <Table 3>과 같이 실(live) 시뮬레이션, 가상(virtual) 시뮬레이션, 구성(constructive) 시뮬레이션으로 분류 할 수 있다. 이들 시뮬레이션은 분류된 방법에 따라 각기 다른 특징을 지니고 있으므로, 시뮬레이션의 규모 및 사용 목적을 고려한 적절한 VV&A 방식 적용이 필요하다.

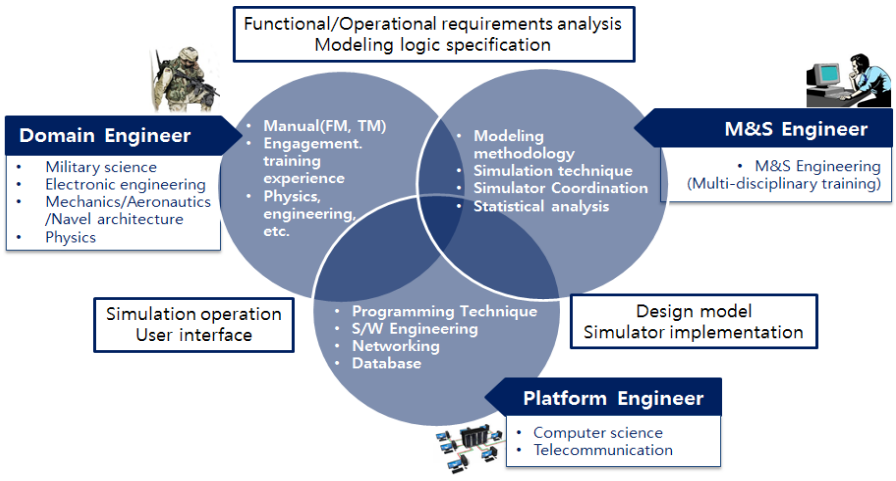


Figure 5. Cooperative Participation in the Engagement Level M&S Development(Jang *et al*., 2012)

Table 3. Categorization of M&S Simulation, (US Defence Science Board, 1992)

Method	Operator	System	Examples
Live Simulation	men	Real System	Real Training Excercise
Virtual Simulation	men	Virtual System (hardware)	Training using Flight simulator(H/W)
Constructive Simulation	Virtual men	Virtual System (software)	Wargame Simulation

실 시뮬레이션은 실제 시스템의 운용을 실제 사람이 참여하는 유형으로 전투를 제외한 모든 실제 군사 훈련은 실 시뮬레이션에 해당한다(Piplani, 1994). 실 시뮬레이션을 통해 얻어진 데이터는 획득 과정에서 사용되었던 모델과 시뮬레이션의 타당성을 검증하는 데 활용될 수 있으나 이는 많은 시간과 재원, 인력을 요구하므로 상대적으로 적은 자원을 필요로 하는 M&S를 사전도구로 사용하게 된다(Braddock and Thurman, 1993). 따라서 실 시뮬레이션을 위한 M&S는 실제 시스템에 대한 충실도가 가장 중요한 평가 요소이다.

가상 시뮬레이션은 가상의 시스템의 운용을 실제 사람이 참여하는 유형으로, 운용자가 가상 환경에서 실제와 같은 전장 환경을 경험할 수 있게 하는 시뮬레이션인데, 이 경우 M&S가 얼마나 실제 임무 훈련이나 체계 시험 평가와 유사한지에 VV&A의 초점을 맞추어야 한다.

구성 시뮬레이션은 가상의 시스템의 운용에 있어서 실제 사람은 시뮬레이션의 시작과 같은 입력 이외에는 결과에 어떠한 영향도 주지 않고, 시뮬레이터 내의 가상 인간에 의해 시뮬레이션이 진행되는 유형이다. 구성 시뮬레이션은 주로 대상 시스템을 모델링하여 그 특성을 대표하는 역할을 수행하는 데 구축된 시뮬레이션은 공학급부터 전구급까지 여러 모의 수준별로 분화 또는 종합되어 사용되고 있다. 이 때 어떤 모의수준의 모델을 시뮬레이션 하는가에 따라 앞서 제 4.1절에서 보인 모의 수준의 단계별 요구사항을 포함하므로, 구성 시뮬레이션의 VV&A는 먼저 어떠한 모의 수준으로 모델도었는지 파악한 뒤, 앞서 논의한 각 모의수준별 VV&A 절차 및 방식의 적용을 통해 이루어 질 수 있다.

4.3 기타 시뮬레이션 구성 별 요구사항

국방 M&S 내에는 무기(weapon), 병력(troop), 교리(rules of engagement), 그리고 환경(environment)이라는 요소가 존재하고, 이는 각 구성 요소 별로 VV&A의 접근 방식이 세분화되어 논의가 이뤄져야 함을 의미한다. 특히 이러한 구성 요소 별 VV&A에서는, 모델이 실세계를 잘 표현하고 있는지를 판단하는 검증(validation)이 중요한 프로세스이다.

각 구성 요소의 모델을 검증하는 방식에서, 검증데이터의 유무를 기준으로 검증의 난이도를 비교해봤을 때, 환경 모델의 검증이 용이한 반면 병력에 대한 모델은 검증이 가장 까다로운 모델이라 할 수 있다. 무기의 경우 공학급에서 무기체계(미사일, 어뢰, 등등)를 구성하는 요소 별로 제한적이나마 실험 데이터를 추출할 수 있고 이를 바탕으로 모델을 구현할 수 있다.

(1) 임무 공간 모델링 및 검증

최근 연구되고 있는 임무/교전급 VV&A를 위한 모델링 방법으로는 임무공간 개념모델(CMMS : Conceptual Model of the Mission Space)이 있다. 임무공간 개념 모델은 군사작전을 모의하는 데 요구되는 전장환경과 전투요소에 대한 모의논리를 표준화된 형태로 표현하는 모형화 기법이다. 다시 말해, 현실세계 구성 객체와 행위, 상호작용, 환경 등 임무공간을 단순화하여 훈련 모델(워 게임)에 적용하기 위해 구축된 표준화된 개념모델인 것이다. 국방 M&S는 각 군 또는 사용 기관별 개발 절차 및 방법에 대한 표준화가 되어 있지 않기 때문에 기존 모델의 장점을 활용할 수 없는 재사용성에 대한 문제와 구축된 데이터를 각기 다른 개발자가 사용 할 수 없는 상호운용성 문제가 있다. 그래서 이를 해결해 보고자 미국과 스웨덴에서 도입하기 시작한 것이 CMMS 방법이다(Jang *et al*., 2012). 전장 환경 VV&A의 가장 큰 특징은 다양한 지리 정보를 바탕으로 실제 데이터를 취합할 수 있고 이를 바탕으로 실제 데이터를 바탕으로 검증이 가능하다는 것이다. 예를 들어 전장 환경의 기온이나 습도 강우량과 같은 상황은 기존 기후 데이터를 통해 데이터 입력값으로 활용할 수 있고 기후 변화와 같은 환경 변화 상황을 모델링할 경우, 실제 데이터를 통해 구체적인 검증이 가능하다.

(2) 무기 및 무기체계 검증

무기와 무기체계 관련 VV&A는 무기의 명세서(specification)이나 무기체계 구성 요소들을 파악 및 각 무기 별 실험 데이터를 통해 제한적이나마 실제 데이터를 통한 최종 검증이 가능하다. 이 또한 무기 및 무기체계가 포함된 모델의 모의 수준에 따라 그 산출물이 다른데 공학급 모델의 경우에는 각 무기 별 시험 평가 M&S에서 나타나는 개별 장비 및 무기의 성능 등에 대해 모델 분석 및 통계적 방법을 통해 검증을 수행할 수 있으며, 교전/임무 모델의 경우에는 관련 무기체계에 대해 통계적 방법을 이용하여 임무효과도나, 체계효과도 등에 대한 VV&A가, 전구급의 경우에는 무기나 무기체계에 의한 직접적인 전투결과나 전력 손실에 대한 전문가의 견해가 포함된 VV&A가 이루어 져야 한다. 예를 들어 특정 무기체계를 제외한 결과와 그렇지 않은 결과의 비교를 통해 모델의 타당성 검증을 할 수 있다(Park, 2011).

(3) 병력 및 인간 모델 검증

최근 시뮬레이션 툴이 발전하고 컴퓨팅 파워가 늘어나면서,

개개인의 인간을 모델링하고 이러한 모델링을 국방M&S에 활용하는 방안이 제시되고 있다(Tolk, 2012). 실 시뮬레이션을 통해 실세계 인간의 행동에 대한 데이터를 수집하기도 하며, 국방에서는 작전 훈련의 목적 중에 하나가 인간의 판단과 관련한 데이터를 수집하는 것이기도 하다. 인간의 행동은 수학적 모델 기반이 아니기 때문에, 모의하기 어렵다는 단점이 있다. 하지만 인간의 행동에 대한 방대한 양의 데이터가 수집되어 있으며, 통계적인 방법을 통해 인간의 행동에 대한 검증 및 확인이 가능하다. 인간 행동에 대한 검증을 통해 인간의 성격과 성향에 대해 일관성, 정확성 및 그 효과를 파악하여 그 영향을 줄이는데 있으며, 이를 위해 많은 훈련 시나리오를 통한 다양한 모델 결과물의 비교와 민감도 분석이 뒤따라야 한다(Goerger *et al*., 2005). 또한 인간의 심리적, 생리적인 요소의 상관관계 또는 사회적, 물리적인 요소의 상관관계 분석을 통해서도 인간 모델을 검증해볼 수 있다. 이러한 인간 모델의 검증은 데이터 수집의 일관성 및 신뢰성에 의해 크게 영향을 받는다(RPG Reference Document, 2001).

4.4 국방 M&S를 고려한 VV&A의 연구 방향 제안

앞에 언급한 것과 같이 일반적인 M&S와 비교했을 때 국방 M&S는 그 자체만의 고유한 특성을 지니고 있다. 앞선 제 3장에서 규명한 국방M&S의 특징을 반영하여 계층적 시스템(Hierarchial System)을 기준으로 제 4.1절에서 보인 바와 같이 M&S를 모의 수준별로 분류할 수 있다. 모의 수준별 M&S 목적이 명확히 다르므로 각 수준에서 요구하는 기술적 사항 및 검증과 확인을 위한 전문 지식 또한 상이하다. 모의 수준별 VV&A의 요구사항은 다음의 <Table 4>로 정리할 수 있다. 공학급 모델의 경우, 실제 성능 평가가 가능하기 때문에 개별 무기나 병력을 대상으로 이들의 기능이나 하드웨어적 검증에 초점을 맞추어 ANOVA, 회귀분석의 통계적 방법, 혹은 민감도 분석과 같은 방법을 통해 VV&A를 적용해야 하지만, 한 단계 높은 모의 수준인 임무급의 경우, 다양한 무기체계나 병력 및 전술, 전장 환경의 복합적 구성으로 각각의 개별 요소 뿐만 아니라 이들 간의 상호작용에 초점을 맞추어 VV&A를 적용해야 한다. 좀 더 높은 모의 수준인 교전/전구급 모델의 경우에는 작전 및 전략과의 상호 작용에도 초점을 맞춰 VV&A를 진행해야 한다. 이러한 교전/전구급의 VV&A는 통계적 기법이나 민감도 분석을 주로 적용하던 공학, 입무급과는 규모가 다르므로 모든 구성요소를 평가하는 것보다는 전문가의 의견을 바탕으로 하는 Delphi 방법이나 AHP(Analytic Hierarchy Process) 방법이 추가적으로 적용되어야 한다. 이처럼 각 모의 수준별로 요구사항이 다르기 때문에 적합한 도메인 지식을 바탕으로 적절한 관점에서 적절한 분석방법을 통해 VV&A가 이루어져야 한다.

또한 국방 M&S는 시뮬레이션 분류(LVC)나 구성 및 앞에 언급한 분석/훈련/획득으로 분류된 시뮬레이션의 궁극적 목적에서도 타 M&S와 비교되는 특성을 지니고 있으며, VV&A 또한 이러한 여러 가지 특성을 반영하여 그 특징과 방향에 맞게 프로세스 및 전문 검증 방식도 분류가 되어야 한다.

예를 들어 수중 어뢰 탐지기 성능 파악을 위한 시뮬레이터와 연단급 훈련을 위한 시뮬레이션은 구성 및 본질부터 큰 차이를 지니고 있다. 수중어뢰 탐지의 경우 공학급 시뮬레이션을 통해 어뢰탐지기 그 자체에 대한 M&S가 이뤄져야하고 이후 어뢰의 성능 파악을 위해 주변 환경과 교리 및 적군 어뢰의 움직임을 함께 포함한 시뮬레이터가 필요하다. 이 경우 교전급에 해당하는 시뮬레이터로 VV&A 관점에서는 어뢰의 움직

Table 4. Required skills and knowledge for VV&A categorized by abstraction level

	Engineering	Engagement	Mission and Campaign
VV&A Entities	◦ Individual entity (weapon, troop, etc)	◦ Multiple entities(weapon, troop, tactics etc) ◦ Environment ◦ Interactions between entities	◦ Multiple entities(weapon, troop, operations and strategies) ◦ Environment ◦ Interactions between entities
VV&A Focus	◦ Functional analysis ◦ Hardware validation	◦ Functional interactions between entities ◦ Functional analysis of individual entities ◦ Interaction of the entities within the engagement rules	◦ Functional interaction and operations of entities within the strategic rules
VV&A Methods	◦ Modeling analysis ◦ ANOVA ◦ Regression ◦ Sensitivity analysis ◦ Visual inspection	◦ Modeling analysis ◦ ANOVA ◦ Regression ◦ Sensitivity analysis ◦ Vidual inspection	◦ Modeling analysis ◦ Sensitivity analysis ◦ Delphi method ◦ Process analysis ◦ AHP
VV&A Knowledge Domains	◦ Physics ◦ Engineering ◦ Modeling ◦ Statistics	◦ Military tactical rules ◦ Military operations ◦ Statistics	◦ Military strategies ◦ Military operations ◦ Statistics

임이 신뢰도 있게 표현 되었는지, 어뢰와 탐지기간 서로 다른 구성들 간의 상호 작용이 이산사건으로 표현되었는지 그리고 임무 공간에 대한 정보가 명확히 정리되었는지 등이 VV&A에 포함되게 된다. 그 반면 연단급 훈련을 위한 시뮬레이터 개발에서 VV&A는 훈련이라는 목적에 부합되었는지 그리고 연단급을 이룬 다양한 소대/부대 등의 상화 작용이 어떻게 구성되었는지와 작전 교리가 어떻게 시뮬레이터에 반영되었는지가 검증 대상이 될 수 있다. 그리고 수학적 기술적 검증 보다는 전문가들의 견해를 통해 전체적인 신뢰성을 파악하는 확인 작업이 이뤄져야한다. 이때 Delphi 방식이나 전문가들이 고려해야 할 점을 파악하는 AHP분석 등이 이뤄지게 된다.

이와 같이 국방 M&S를 VV&A하기 위해서는 M&S가 어떤 모의수준에서 어떠한 목적으로 이루어지고 있는지 우선적으로 파악해야 한다. 이를 위해 국방 M&S의 목적과 취지 그리고 구성과 같은 특징에 따른 세분화된 지침이 요구되고 이러한 관점에서의 관련된 연구가 필요하며, 각 모델 구성 및 목적별로 구체적인 VV&A 지침과 관련 프로세스의 연구를 위해, 본 절에서 국방 M&S의 분류 및 목적에 따른 분석의 초점과 적합한 분석 방법론을 제시하였다.

5. 결 론

본 논문에서는 기존 국방 M&S의 특징과 다양한 VV&A 연구를 분석하고 국방에서의 VV&A의 연구 방향을 제시하였다. M&S에서의 검증 및 확인 방식은 기존 소프트웨어 공학에서 파생되어 시스템 공학의 제품 품질 평가 방식과 결합되어 오늘날의 검증 및 확인 방식으로 발전되었다. 그리고 이러한 검증 및 확인된 절차와 방식을 검토해서 M&S가 목적에 맞게 개발되었는지를 평가하고 공인하는 작업이 인정이다. 검증, 확인, 인정 작업은 M&S의 신뢰도를 평가 및 공인하는 방법으로 M&S의 목적에 맞게 프로세스와 방식이 정의되어야 한다. 국방 M&S는 기존 M&S와 달리 모의수준별로 다양한 계층을 이루고 있으며 시뮬레이션 내 다양한 이질적인 요소들이 함께 연동되는 복잡한 시스템이라 할 수 있다. 또한 국방 M&S는 그 목적에 따라 크게 훈련, 분석, 획득용으로 구분할 수 있다. 이러한 국방 M&S만의 특징을 바탕으로 VV&A의 방식도 특화되어야 하며 VV&A도 국방 M&S의 특징 및 요구 사항에 맞게 방식과 프로세스가 정의 되어야 한다. 본 연구에서는 이러한 국방 M&S의 특징 및 요구사항에 대한 정의를 내렸으며, 이를 바탕으로 VV&A가 국방 M&S란 요구사항에 맞게 그 절차와 방법이 새롭게 정의될 필요가 있음을 분석하였다. 본 연구가 국방 M&S란 특징에 맞게 VV&A 방식이 정의되고 해석되어야 한다는 타당성을 피력했다면, 다음 연구로는 보다 구체적으로 국방 M&S에 적합한 VV&A의 프로세스와 목적과 모사 수준 등을 고려한 세부적인 방법론이 연구될 필요가 있다. 이러한 구체적인 방법론과 프로세스는 추후 연구로 제안한다.

참고문헌

Adrion, W. R., Branstad, M. A., and Cherniavsky, J. C. (1982), Validation, Verification, and Testing of Computer Software, *ACM Computing Surveys(CSUR)*, **14**(2), 159-192.

Air University (2000), *Introduction to War-game*, Air University.

Balci, O. (1994), Validation, Verification, and Testing Techniques Throughout the Life Cycle of a Simulation Study, *Annals of operations research*, **53**(1), 121-173.

Braddock, J. V. and Thurman, M. R. (1993), Impact of Advanced Distributed Simulation on Readiness, Training and Prototyping, *Report of the Defense Science Board Task Force on Simulation, Readiness and Prototyping,* Washington, D. C. : Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition.

BMDO Directive 5002 (1994), Test and Evaluation Verification, Validation, and Accreditation (VV&A) Policy for the Ballistic Missile Defense Organization.

Choi, Y. J. (2012), The Study of Process for VV&A on Acquiring the Credibility of M&S, *Journal of the Korea Society of Systems Engineering*, **5**(2).

Department of Defense (DoD) Modeling and Simulation Coordination Office (M&SCO) (2001), A Practitioner's Perspective on Simulation Validation.

Eliasson, F. (2002), A Risk Perspective on Verification and Validation Efforts in Simulation Models.

Goerger, S. R., McGinnis, M. L., and Darken, R. P. (2005). A validation methodology for human behavior representation models. *The Journal of Defense Modeling and Simulation : Applications*, *Methodology*, *Technology*, **2**(1), 39-51.

Hong, J. H., Seo, K. M., Seok, M. G., and Kim, T. G. (2011), Interoperation between Engagement and Engineering-Level Models for Effectiveness Analyses, *The Journal of Defense Modeling and Simulation : Applications*, *Methodology*, *Technology*.

IEEE (1998), IEEE Standard for Software Verification and Validation 1012-1998.

Jang, Y. J., Kim, J. H., Jo, H. J., Hwang, I. H., and Kim, D. Y. (2012), Research Direction Proposal on VV&A of the Defense M&S and the Categorization of VV&A Method Based on Modeling Abstraction, *Journal of the Korea Society for Simulation*, **2**.

Kim, D.-H., Shin, J.-H., and Kim, C.-K. (2007), On the Development of the Authoritative Representations of Submarine for Engagement Level Simulation, *Journal of the Korea Society for Simulation,* **16**(4), 1-12.

Kim, G. S., Lee, J. M., Bae, Y. M., Lee, Y. H., and Pyun, J. J. (2010), The VV&A Process Design for CMMS in Consideration of Korean Mission Space Characteristics, *Journal of the Korea Society for Simulation*, **19**(4), 189-198.

Kim, H. H., Lee, C. H., and Cho, N. H. (2009), A Study on Application and Promotion of DM&S VV&A (Focused on M&S for Test and Evaluation), *Journal of the Korea Society for Simulation*, **18**(4), 157-164.

Kim, T. G. (2007), Modeling Simulation Engineering, *Journal of the Korean Data and Information Science Society*, **25**(11), 5-15.

NASA (2008), NASA-STD-7009 (Standard for Models and Simulations).

National Computerization Agency (1990), Verification, Validation and Test Guideline for Software (Agenda).

Pace, D. K., (2001), Simulation Conceptual Model Role in Determining Compatibility of Candidate Simulations for a HLA Federation,

The Simulation Interoperability Workshop.

Pace, D. K. (2004), Modeling and Simulation Verification and Validation Challenges, *Johns Hopkins APL Technical Digest*, **25**(2), 163-72.

Paik, H. Y. (2011), Guardian of Sky, The Latest Middle Range Surface-to-Air Missile 'Cheon-Goong.'

Park, J. (2011), The Study on the Method of Validation for Defense M&S Confidence.

Piplani, L. K. (1994), Systems Acquisition Manager's Guide for the use of MODELS AND SIMULATIONS, *DEFENSE SYSTEMS MANAGEMENT COLL FORT BELVOIR VA*.

Sargent, R. G., (2005), Verification and Validation of Simulation Models, *Proc. 37th Conf. on Winter Simulation*.

Shin, J.-H. (2007), On the Development of Authoritative Representations of Torpedo Systems for Engagement Level Simulation, *Journal of the Korea Society for Simulation*, **16**(3), 19-28.

Sung, C. and Kim, T. G. (2012), Collaborative Modeling Process for Development of Domain-Specific Discrete Event Simulation Systems, *Systems*, *Man*, *and Cybernetics*, *Part C : Applications and Reviews*, *IEEE Transactions on*, **42**(4), 532-546.

Tolk, A. (2012), Engineering Principles of Combat Modeling and Distributed Simulation, Wiley.

United States Department of Defense (2009), Modeling and Simulation (M&S) Verification, Validation, and Accreditation (VV&A).