

M&S VV&A 핵심 개념

[Key Concept]

(미 국방부 MSE RPG Special Topic)

번역연구-2023-05

본 번역서는 한성대 국방 M&S 인정기술 연구원의 미 국방부 MSE RPG 번역 연구의 일환으로 연구목적 상 작성되었습니다. 임의로 복사 배포할 수 없으며 연구목적으로 활용시 당 연구원의 승인을 받아야 합니다. 번역 내용은 번역자 개인 의견이며 내용에 관한 문의사항은 번역자에게 하시기 바랍니다.

2023. 11. 1.

국방 M&S 인정 기술 연구원

(번역 : 이 동 준)

역자 서문

미 국방부 M&S RPG(권장사례가이드)는 대부분 2000년대 초기에 작성되었다. 이를 현재 한국에서 적용을 검토하는 데에는 다음과 같은 몇가지 고려사항이 있다.

첫째는 미국과 한국의 국방 M&S 관련 인프라이다. 주요한 차이점은 MSCO, MSE 등 미 국방부는 M&S 관련 내용을 관할하는 중앙 통제 부서가 있다는 점이며 특히 VV&A 관련해서는 별도의 커뮤니티를 운영하면서 그 수준을 심화하고 각군 및 관련기관도 이에 해당하는 관련 지침을 운영한다는 점이다. 이러한 VV&A에 대한 특징은 국방 뿐만아니라 항공, 자동차 등 민수 분야에서도 활용한다는 것이다.

두 번째는 시기적으로 작성된 시기가 15년에서 20년 전이라 변화가 있는 기술적인 부분과 관련있는 내용은 기술, 기법 등에서 보다 근원적인 배경을 이해하는 것이 필요하다. 특히 큰 변화는 컴퓨터 기술과 장비의 발전이다. 따라서 많은 메타 모델(특히, 기본 모델을 포괄하여 개략 모델로 포괄하는 등)은 정확성 면에서 부족하더라도 시뮬레이션의 효율성을 위하여 받아들였으나 이제는 이 방법의 중요성이 적어진 것이다. 또한 디지털화 기술의 발전으로 실제 데이터를 그대로 수집, 처리하여 시뮬레이션을 위한 데이터베이스로 활용가능하게 되는 점 등이다.

세 번째는 VV&A의 핵심은 M&S의 개발내용과 절차에 따라 이를 진행하는 것인데 표준화된 M&S 개발절차가 아직 국내에서는 미국 대비 부족하고, 연구도 미흡하다. 이로 인해 문서에 표현된 설명이나 용어에서 미국의 개념과 차이가 있을수 있다는 점이다. 제도면에서 예를 들어 국내의 인정권자는 미국은 M&S의 사용자(소요군) 임에 비해 개발 사업 관리자(방위사업청 사업팀장), 미국의 M&S PM은 비용, 자원을 조정 통제하지만 국내의 업체 PM은 제한된 범위내에서 승인시 가능한 점등이다. 이러한 책임과 권한의 차이는 미 국방부 RPG를 활용할 때 참고해야할 점이다.

끝으로 사족(蛇足)입니다만 위와 같은 문제 외에도 용어와 문장의 번역에 있어서 기본 개념과 맥락을 염두에 둔 의역(意譯)을 하는 것이 좋은지, 영어 원어의 뜻에 맞추어 번역함으로써 독자 스스로가 그 뜻을 이해하도록 하는 것이 좋은지를 고민하여 일부 단락에서는 의견 차이가 있을 수 있음을 양해 부탁드립니다. 좋은 의견 항상 기다립니다.

Email : kopoleon@hansung.ac.kr

목차

RPG 특별 주제

2011년 1월 31일

목차

<u>소개</u>	1
<u>VV&A란 무엇입니까?</u>	1
<u>VV&가 수행되는 이유는 무엇입니까?</u>	3
의도된 사용과 위험은 VV&A에 어떤 영향을 미칩니까?	4
왜 그냥 확인하지 않습니까? 검증이 필요한 이유는 무엇 입니까?	7
<u>효과적인 VV&A를 위해 수행해야 할 과제는 무엇입니까?</u>	9
문제 해결 프로세스 - 조사	10
M&S 사용 프로세스 - 진입	11
M&S 개발/준비 프로세스	12
V&V 프로세스	15
인정절차	16
M&S 사용 프로세스 - 종결	17
문제 해결 프로세스 - 결론	18
VV&A 활동의 범위 지정을 위한 주요 고려사항은 무엇입 니까?	18
<u>VV&A 는 언제 수행됩니까?</u>	19
<u>VV&A에 관여하는 "핵심 플레이어"는 누구입니까?</u>	19
기본 역할	19
주요 지원 역할	20
주요 역할과 책임	21
<u>VV&A를 설명하는데 도움이 되는 "매일" 비유</u>	24
장래의 주택 소유자 비유	24
주택 전설	24
건물이 아닌 구매	27
임대, 구매하지 않음	31
유추 결론	31
<u>VV&A의 비용과 이점은 무엇입니까?</u>	32
<u>참조</u>	34
<u>약어</u>	34

소개

국방부(DoD)와 군사기관은 작전의 여러 측면에서 모델링 및 시뮬레이션(M&S)의 중요성이 커지고 있음을 인식하고 공식적인 VV&A(Verification, Validation, and Accreditation) 절차를 어떻게, 언제, 어떤 상황에서 사용해야 하는지에 대한 일반적인 지침을 제공하는 지침과 지침을 준비했습니다. 이 *권장 관행 가이드* (RPG)는 이러한 지시 및 지침의 적용을 용이하게 하고 VV&A의 효과적인 적용을 촉진하기 위한 것입니다.

이 RPG에 포함된 지침은 이 RPG에 포함된 지침은 물리 및 화학적 프로세스 모델링, 시스템 효율성 예측, 인력 교육, 의사 결정 지원 및 운영 지원, 설계, 엔지니어링, 제조 및 물류를 포함하여 군사 및 방위 응용 분야에 사용되는 모든 M&S에 일반적으로 적용할 수 있어야 합니다. 또한 M&S는 군사 및 방위 업무 프로세스와 모든 의료 응용 분야를 지원하는 데 사용됩니다. 이러한 응용 프로그램의 폭은 독립형, 연합 및 분산 M&S를 포함하여 유사한 범위의 M&S 유형 및 속성을 포함합니다. 즉, 실시간, 가상 및 구성 M&S, 단일 및 다중 CPU 시스템, 미니 컴퓨터에서 슈퍼 컴퓨터, 인간/하드웨어/소프트웨어/시스템(-in-the-loop) M&S, 다양한 형태의 인공지능 및 유전 알고리즘과 같은 적응 프로세스를 사용한 컴퓨팅, 실시간보다 느리거나 실시간보다 빠른 M&S 등입니다. 이러한 다양성은 VV&A의 일부 측면에 대한 지침은 규범이라기보다는 설명으로 작성되었습니다.

RPG는 VV&A를 구성하는 여러 관점에서 상호 관련된 프로세스를 설명합니다. RPG는 다양한 참가자의 다양한 역할과 책임을 다룹니다. VV&A와 연관된 특수 주제에 대해 논의하고, 도구 및 기술을 식별하고, 관련 영역에 대한 참고 자료를 제공합니다.

VV&A란 무엇입니까?

VV&A는 검증, 확인 및 인정이라는 세 가지 별개의 프로세스를 통합합니다. 이들은 시뮬레이션의 기능, 정확성, 완전성 및 유용성(capabilities, accuracy, correctness, and usability) 이 의도된 용도를 지원하기에 충분한지 여부를 결정하기 위해 증거를 수집하고 평가하는 세 가지 상호 관련된 프로세스입니다. 인정 권고 사항은 검증 및 확인(V&V) 증거(evidence)가 시뮬레이션을 사용하여 지원하는 정도를 반영합니다. V&V 증거가 권고안을 강력하게 지지할 때, 그 결론은 서면으로 작성되어 결정에 대한 공식적인 기록을 작성하며, 이는 가볍게 받아들여서는 안 될 것입니다.

이 프로세스에 대한 공식 DoD 정의는 다음과 같습니다.

- **검증** - 모델 구현 및 관련 데이터가 개발자의 개념 설명 및 사양을 정확하게 나타내는지 확인하는 프로세스
- **확인** - 모델 및 관련 데이터가 모델의 의도된 사용의 관점에서 현실 세계를 정확하게 표현하는 정도를 결정하는 프로세스

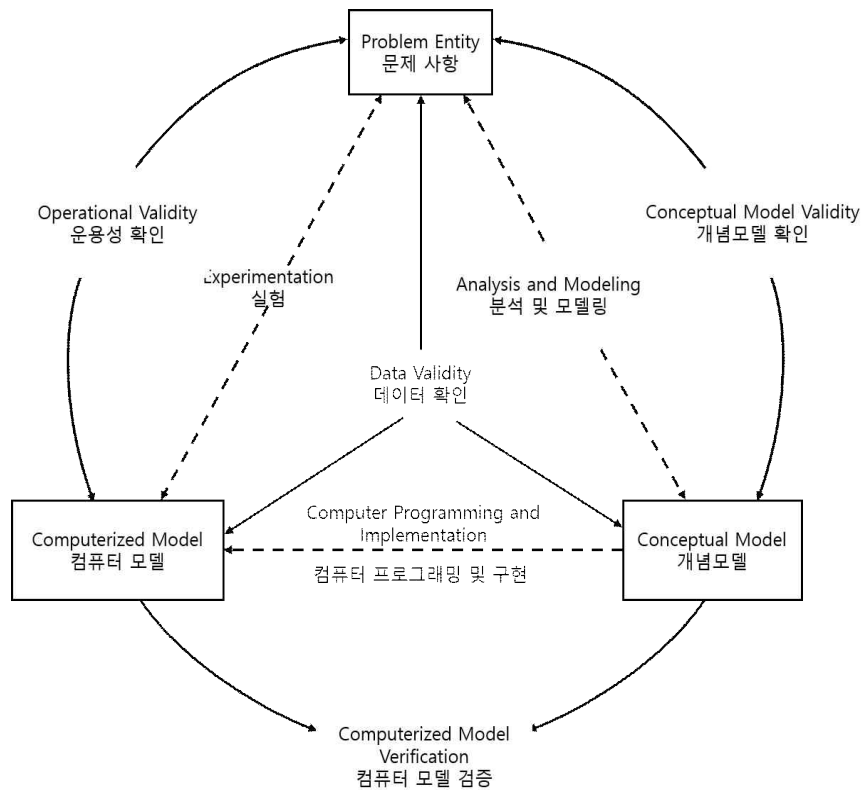
- 인정 - 모델, 시뮬레이션 또는 모델 및 시뮬레이션 페더레이션 및 관련 데이터가 특정 목적에 사용할 수 있다는 공식 인증¹

또한 필수적인 아이디어를 비공식적으로 포착하는 간단한 질문의 관점에서 각각을 기억하는 것이 도움이 될 수 있습니다.

- 검증 - 내가 옳은 것을 만들었습니까?
- 확인 - 올바른 것을 만들었습니까?
- 인정 - 사용하기에 충분히 신뢰할 수 있습니까?

의미론에 대한 확장된 토론에서 Rouche²는 현상을 모델링하는 방정식이 코드에서 올바르게 해결되고 확인이 과학 및 공학과 관련이 있다는 것을 증명하는 것이 목적이라는 점에서 검증은 수학과 관련이 있다고 말하면서 이 용어를 학문과 관련시킵니다. 비슷한 생각으로 인정은 코드가 의도한 용도에 적합한 결과를 생성하는지 여부를 결정하는 것이 목적이라는 점에서 엔지니어링 및 엔지니어링 관리와 관련이 있다고 말할 수 있습니다.

Sargent³은 아래 그림에 표시된 프레임워크에서 개발, 검증 및 확인 활동 간의 관계를 간결하게 보여줍니다. 용어가 약간 다를 수 있지만 개념은 RPG에서 권장되는 개념과 일치합니다. 이 프레임워크는 "실제"문제 엔티티, 개념 모델 및 컴퓨터 모델이라는 세 가지의 구성 요소입니다. 이는 RPG에서 각각 Simuland, 개념 모델 및 시뮬레이션 또는 페더레이션이라고한다. 마찬가지로 이 프레임워크에서의 평가 활동은 개념 모델 확인, 소프트웨어 검증, 데이터 확인, 운용 확인으로 각각 개념 모델 확인, 데이터 검증 및 확인, (결과) 확인입니다. 용어에 관계없이 그림은 이러한 엔티티와 활동 간의 관계를 적절하게 보여줍니다.



모델링 및 시뮬레이션을 위한 개념적 프레임워크

VV&A가 수행되는 이유는 무엇입니까?

주어진 상황에서 모델이나 시뮬레이션 또는 페더레이션을 사용해야 하는지 여부를 결정하려면 의도된 용도에 대한 적합성을 평가하여 신뢰성을 확보해야 합니다. 신뢰성은 시뮬레이션의 기능, 정확성, 정확성 및 유용성을 의도된 용도와 비교하여 평가함으로써 확립됩니다. 신뢰성은 시뮬레이션에 따라 다릅니다.

- **기능** – 절대적인 의미는 아니지만 지정된 응용 프로그램에 필요한 기능에 상대적입니다.
- **정확도(Accuracy)** – 절대적인 의미는 아니지만, 의도된 사용에 필요한 정확성 정도입니다.⁴
- **정확성(Correctness)** – 데이터와 알고리즘이 건전하고 견고하며 적절하게 구현되고 시뮬레이션 결과의 정확도가 예상된 정확도 정도에서 실질적이고 예기치 않게 손상되지 않을 것이라는 신뢰수준입니다. 신뢰성 또한 그것에 달려 있습니다.
- **유용성** – 시뮬레이션을 운영하는 사람들의 교육 및 경험, 응용 프로그램에 사용되는 데이터의 품질 및 적합성, 시뮬레이션에 적용된 구성 제어 절차와 같은 시뮬레이션 사용과 관

⁴ 역자 주) Accuracy는 확인(Validation)관점의 실제값과의 차이에 대한 정확도, Correctness는 검증(Verification)관점에서 구현, 산출 등에서의 예상이나 계획대비 정확성의 차이 정도로 이해함

련된 요소

의도된 사용과 위험은 VV&A에 어떤 영향을 미칩니까?

VV&A의 필요성은 의도된 사용과 시뮬레이션 결과에서 부적절한 결정이 내려지는 위험에서 비롯됩니다. 시뮬레이션의 일반적인 용도 중 일부는 교육, 현장 결정을 지원하기 위한 설계 검증, 가상 테스트, 대체 연구 분석 및 획득 결정입니다. 시뮬레이션이 교육 목적으로 사용되는 경우, VV&A의 중요성은 교육이 수행되는 활동의 중요성, 교육이 효과적이기 위해 필요한 정확도의 정도 및 시뮬레이션 개발자가 그 정확성을 달성하는데 예상되는 난이도에 달려 있습니다.

예시:

거친 바다에서 구축함의 갑판에 착륙하기 위해 헬리콥터 조종사를 훈련시키는 데 사용되는 시뮬레이터에 대해 VV&A를 수행하는 것은 보급선박에서 화물을 이동시키기 위해 지게차 운영자를 교육하는 VV&A보다 상대적으로 중요합니다. 둘 다 중요하지만, 헬리콥터 착륙 상황은 군인의 안전에 훨씬 더 큰 위험을 수반하고, 훨씬 더 비싼 장비를 수반하며, 전투 상황에서 군사 목표에 직접적인 영향을 미칠 가능성이 훨씬 높으며, 시뮬레이션하기가 더 어려운 상황이다.

마찬가지로, 평가에 사용되는 시뮬레이션에 대해 수행되는 VV&A의 적절한 범위는 예산 고려 사항, 시뮬레이션의 사용을 기반으로 하는 모든 결정의 중요성 및 사용되는 문제 표현에 내재된 부정확성의 위험에 따라 달라집니다.

예시:

모델링 및 시뮬레이션(M&S)을 통한 국방부 응용분야는 무기 시스템의 개념 평가, 설계, 제조 또는 건설 등에 많이 활용되고 있습니다. 이를 위해서는 시스템의 요구 사항 및 의도된 사용법을 문서화하고, 기능 시스템 설계가 원칙적으로 이러한 요구 사항을 충족시킬 수 있는지 여부를 결정하고, 중요한 시스템 속성에 대해 선택된 특정 설계값이 시스템이 필요한 성능을 달성하기에 충분한지 확인한 다음 이러한 속성에 대해 선택된 값을 저렴한 비용으로 기술적으로 달성할 수 있는지 확인해야 합니다.

설계되는 시스템의 특성에 따라 설계 값의 합리성을 확인하는 데 사용할 수 있는 방법과 이러한 목적으로 사용할 수 있는 시뮬레이션 유형이 부분적으로 결정됩니다. 의사 결정 품질의 이점은 주로 시뮬레이션 데이터를 기반으로 잘못된 선택을 할 위험을 방지(또는 최소화)하고 시뮬레이션 데이터를 사용할지 아니면 다른 엔지니어링 접근 방식을 기반으로 분석을 추구할지에 대한 결정을 지원하는 두 가지 영역에서 주로 발생합니다.

시뮬레이션이 선택한 설계값의 적합성을 확인하는 수단 중 하나로 사용될 때, 시뮬레이션 결과의 검증은 시스템의 예상 성능에 미치는 영향과 시스템의 전략적 또는 군사적 중요성에 상응하는 중요성을 갖습니다.

예시:

시뮬레이션 난이도와 기술적 불확실성 측면에서 모든 것이 동일하다면 군사적 우월성에 큰 영향을 미칠 수 있는 고가의 무기 시스템 업그레이드를 위한 성능 시뮬레이션은 제한된 비용 절감을 가져올 수 있지만 그렇지 않으면 군사적 효율성에 큰 영향을 미칠 수 없는 저렴한 새 무기 체계 설계를 평가하는 데 사용되는 시뮬레이션보다 더 심층적인 VV&A 활동이 필요할 것입니다.

획득 과정에서 M&S에 대한 의존도가 높아짐에 따라 잘못되었거나 부정확한 시뮬레이션 결과로 인한 재무 및 안전 위험도 증가합니다.

마지막으로, 시뮬레이션이 일부 프로토타입 현장 테스트 또는 실사 테스트를 대체하는 데 사용될 수 있는 경우 특별한 VV&A 고려 사항이 적용됩니다. 여기서 VV&A의 중요성과 필요한 VV&A의 범위는 실물 시험이 시뮬레이션 시험으로 대체되는 중요성에 따라 달라집니다. 과거 사례는 철저한 테스트의 중요성에 대한 수많은 예를 제공하며, 불행히도 테스트가 부적절할 때 무엇이 잘못될 수 있는지에 대한 몇 가지 예를 제공합니다. 시뮬레이션을 사용하면 테스트를 위한 필수 영역을 식별하고 테스트 리소스 사용의 우선 순위를 지정하는 데 도움이 될 수 있습니다.

예시:

화성 기후 궤도선은 부분적으로 "항법 소프트웨어 및 관련 컴퓨터 모델에 대한 완전한 중단 간 검증의 부족"으로 인해 손실되었습니다.

허블 우주 망원경을 제작할 때, 우주로 보내기 전에 모든 정렬을 확인하기 위해 지상에 조립하지 않음으로써 비용을 절감하기 위한 결정이 내려졌습니다. 발사 후 "... NASA는 망원경이 구형 수차로 어려움이 많았다고 발표했습니다... 문제는 두 개의 우수하지만 일치하지 않는 거울에 관한 것입니다..."

이로 인해 허블이 의도된 운영 능력을 달성하는 데 31/2 년 이상 지연되었습니다. 마지막으로, 우주내 수리 임무가 필요했습니다 : "1993 년 12월 첫 번째 보수 임무의 성공적인 완료 ... 계획된 기능의 대부분을 복원했습니다..."

이러한 문제는 오늘날의 매우 복잡한 시스템에만 국한되지 않습니다.

예시:

미국은 위험할 정도로 비효율적인 잠수함 함대를 가지고 제2차 세계대전에 참전했다. 그들의 주요 무기인 마크14 어뢰는 1934년에 새롭고 진보된 폭발기 설계가 통합되었음에도 불구하고 1926년 이후로 시험되지 않았다. 실사격 시험 또한 그 수가 극히 제한되어 있었고 성공률이 50%에 불과했는데, 즉, 두 번의 테스트 샷 중 하나가 성공적이었습니다. 또한, 어뢰는 의도된 지상 선박 목표물의 유형에 대해 실사 시험을 한 적이 없었습니다. 그럼에도 불구하고 수천 발이 생산되었습니다. 아마도 이러한 제한된 테스트로 인해 미국 잠수함 함대가 마침내 완전히 효과를 발휘할 수 있었던 전쟁 중반까지 발견 및 수정되지 않은 세 가지 심각한 설계 결함이 있었습니다

예시:

제2차 세계대전 당시 육군 항공단은 많은 태평양 섬의 단단한 (산호) 표면에서 안정적으로 폭발하지 않는 500파운드 폭탄과 비슷한 문제가 있었습니다. 문제를 해결하기 위해 퓨즈에 대한 현장 수정이 필요했습니다.

제2차 세계대전 중 해군 수리 창고에서 시행된 검증되지 않은 우선 순위 지정 규칙으로 인한 공급 부족으로 중요한 레이더 구성 요소의 "실종"을 초래했습니다. 그들은 나중에 전국을 왕복하는 기차에서 발견되었습니다.

이 모든 시스템 테스트 경험은 M&S용 VV&A와 어떤 관련이 있습니까? M&S용 VV&A와 어떤 관련이 있습니까? 다만 시뮬레이션은 실사격 테스트 및 현장 테스트보다 훨씬 경제적입니다. 앞으로 실사격 시험과 현장 시험은 모의 시험으로 점점 더 보완될 것입니다. 사용된 시뮬레이션이 해당 시스템이 사용될 환경 유형에서 실제 군사 시스템을 나타내기에 충분한 충실도를

갖지 못하면 시뮬레이션된 테스트 결과가 의심스러울 수 있습니다. 시뮬레이션 테스트에 대한 의존도가 높아짐에 따라 시뮬레이션 설계자가 모든 중요한 가능성을 예측하고 이를 시뮬레이션에 통합하지 않을 경우 시스템 설계 결함이 수년 동안 숨겨져 있을 수 있다는 것을 쉽게 상상할 수 있습니다. 역사에서 알 수 있듯이 결함은 시스템 구성 요소와 운영 환경 간의 예상치 못한 상호 작용으로 인해 발생할 수 있고 실제로 발생하기 때문에 시뮬레이션 테스트가 미래 무기 시스템의 설계 결함을 드러내지 않을 수 있는 위험이 항상 존재하고 증가하고 있습니다. 테스트를 지원하는 모델과 시뮬레이션의 역할이 증가함에 따라 효과적인 VV&A의 중요성이 더욱 커지고 있습니다.

방금 설명한 많은 요인이 상황에 따라 다르기 때문에 시뮬레이션을 사용할 수 있는 모든 상황에 적용되는 간단한 "예/아니오" 결정은 있을 수 없습니다. 시뮬레이션이 한 조직에서 한 가지 목적에 적합하다고 판단된다고 해서 다른 조직에서 동일한 유형의 사용에 적합하거나 동일한 조직 내에서 다른 유형의 사용에 적합하다는 것을 자동으로 보장하지는 않습니다. 즉, 한 조직에서 특정 목적을 위해 시뮬레이션을 사용했다는 결정은 유사한 목적으로 시뮬레이션을 사용하려는 다른 조직에서 고려해야 할 중요한 증거로 간주될 수 있습니다. 확정된 V&V 기록의 가용성은 기술 관리자가 새로운 시뮬레이션을 개발하는 대신 기존 시뮬레이션을 사용할지 또는 수정 및 재사용할지 여부를 결정하는 데 도움이 될 수 있습니다. 따라서 효과적인 V&V는 시뮬레이션 재사용으로 인한 비용 절감 가능성을 높입니다.

VV&A는 시뮬레이션을 기반으로 잘못된 결정을 내릴 위험이 VV&A를 수행하는 데 드는 시간과 비용보다 클 때 수행되어 시뮬레이션이 충분히 정확하고 신뢰할 수 있는 결과를 생성하도록 합니다. VV&A 프로세스를 수행하면 조직이 프로젝트의 다음 단계로 진행하고 프로젝트 내 시뮬레이션에 얼마나 의존할지 결정할 수 있는 건전한 기반이 마련됩니다. 또한 VV&A는 위험을 완화하기 위해 시뮬레이션을 추가로 조사할 필요가 있는지 여부와 필요한 경우 부정적인 영향이 발생하기 전에 위험 영역을 해결하기 위한 예방 조치를 취할지 여부를 결정하는 데 도움이 될 수 있습니다.

요약하면, 무기 체계 배치 및 사용의 더 큰 문제는 시뮬레이션의 기술적 특성과 입력 데이터 및 기타 작동 매개변수에 대한 신뢰 수준과 함께 VV&A가 수행되는 시뮬레이션에 할당될 위험 수준을 결정해야 합니다. 이 위험은 시스템의 잠재적인 군사적 영향과 결합되어 VV&A에 지출되어야 하는 이상적인 노력 수준을 결정할 것입니다. 개발 프로그램의 거의 모든 것과 마찬가지로 VV&A의 사용은 경제적 결정입니다. 자세한 내용은 [고급 주제>사양 주제>위험 및 VV&A에 미치는 영향을](#) 참조하십시오.

왜 그냥 확인하지 않습니까? 검증이 필요한 이유는 무엇입니까?

VV&A에 대한 설명을 계속하기 전에 VV&A를 처음 접하는 사람들이 일반적으로 묻는 질문을 해결하는 것이 중요합니다.

확인이 모델 및 관련 데이터가 현실 세계를 정확하게 표현하는 정도를 결정하고, 그 정도의 정확성이 제한적 또는 완전한 인정을 보증하기에 충분하다고 판단되는 경우, 먼저 검증 프로

세스를 수행하기 위해 자원을 소비하는 것이 필요하거나 심지어 바람직하다고 간주되는 이유는 무엇입니까? 확인 자체만으로는 충분하지 않은 이유는 무엇입니까?

암묵적인 주장은 시뮬레이션이 수용 가능하게 잘 작동한다면 (즉, 확인 질문을 다루는 "올바른 모델"로 입증됨) 시뮬레이션이 필연적으로 적절하게 개발되었거나(즉, "올바르게 모델링 된 것"이므로 검증 질문에 답함) 또는 적절한 개발이 중요하지 않다는 것을 의미해야한다는 것입니다. 이것은 나쁜 주장이 아니며, 시뮬레이션에서 발생할 수 있는 모든 범위의 상황을 테스트하는 것이 실용적이거나 가능하다면, 이것은 합리적으로 받아들일 수 있는 주장으로 간주 될 수 있습니다. 그러나 이러한 포괄적인 테스트는 일반적으로 저렴하거나 실현가능하지도 않습니다.

실제로, 검증하려는 시뮬레이션이 작동하고 예상한대로 수행된다는 것을 먼저 확인하지 않고 확인 활동을 수행하는 것은 현명하지 않을 수 있습니다. [결과] 검증 단계(즉, 시뮬레이션이 개발된 후)까지 기다렸다가 시뮬레이션이 요구 사항을 해결하지 못한다는 것을 발견하는 것은 많은 자원과 시간이 낭비되었을 뿐만 아니라 문제를 해결하기에는 너무 늦을 수 있음을 의미합니다.

소프트웨어 엔지니어링 커뮤니티에서는 일반적으로 문제를 조기에 감지할수록 문제를 해결하는 데 드는 비용이 절감되는 것으로 알려져 있습니다. 또한 검증은 시뮬레이션이 테스트 되지 않거나 테스트 할 수 없는 영역에서 비현실적이거나 불안정한 동작을 나타내지 않을 것이라는 확신을 제공하여 시뮬레이션의 전반적인 신뢰성에 기여합니다.

예시:5

만약에 요구 사항이 일부 파라메트릭 영역에 대한 정확한 시뮬레이션 표현을 요구하거나, 특정 사양이 해당 영역 내에서 일관되지 않은 동작이 예상되지 않는 경우(즉, 불안정하고 혼란스러울 수 있는 방정식 또는 기타 기능을 포함하지 않는 경우)라면, 시뮬레이션이 사양의 적절한 구현인지 검증하는 것은 시뮬레이션이 합리적이고 예측 가능한 방식으로 수행될 것이라는 확신을 제공하는 것입니다.

반대로, 수학적 알고리즘에 내재된 수학적 동작이 불안정하거나 정의되지 않는 특정 범위의 매개변수가 있거나, 시뮬레이션 구현에 일부 매개변수 영역에 대해 계산된 값이 순전히 수학적 결과에서 벗어날 수 있는 몇 가지 내재적 한계가 있어야 하는 경우, 시뮬레이션이 이러한 입력 값 범위에서 신뢰할 수 없을 것으로 예상할 수 있습니다.

검증 활동은 또한 문제가 있는 파라메트릭 영역을 식별하여 피할 수 있도록 도울 수 있습니다 (즉, 시뮬레이션 제약 조건 또는 제한 사항으로 식별됨).

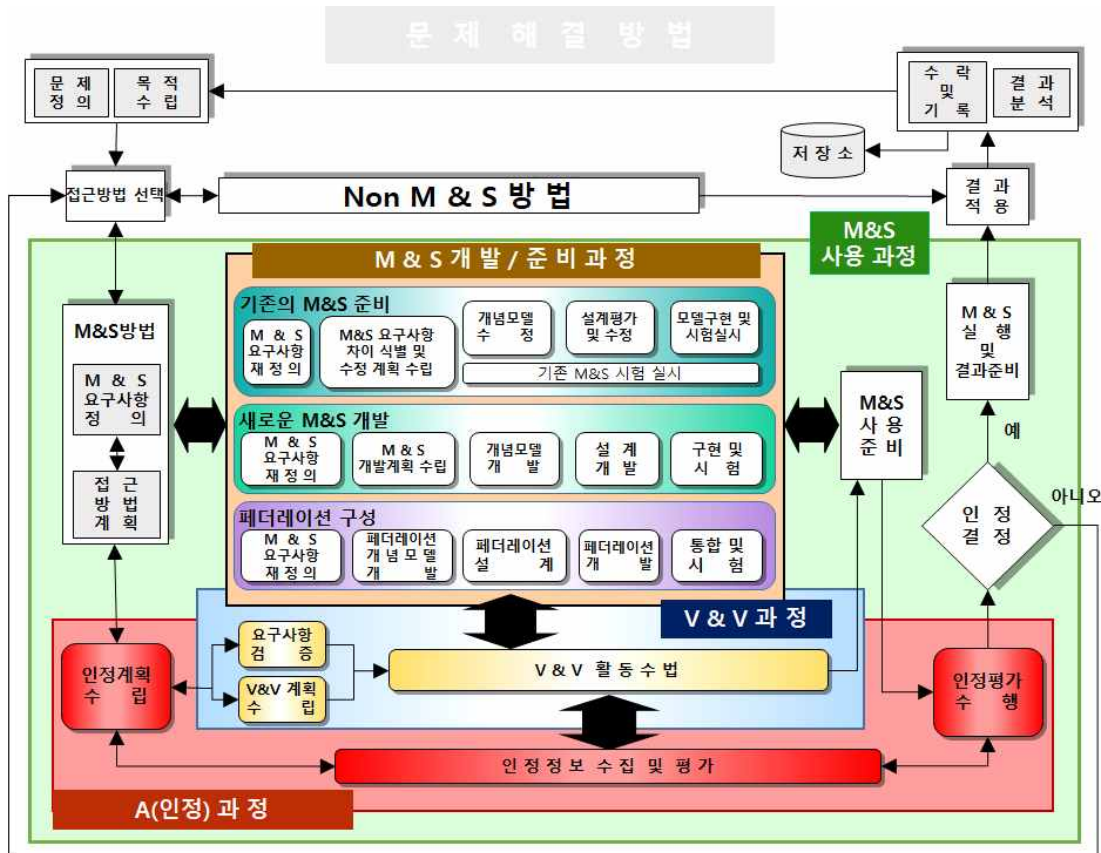
5 역자 주) 수학적 알고리즘 파라메타의 경우 검증에 관련하여 어떤 문제가 없는 경우로 확신한다면 시뮬레이션은 문제가 없다라고 하겠지만, 반대로 수학적이 불안정하고 정이가 어려워 동작 그 자체가 불안한 요소가 있다면, 시뮬레이션 결과를 신뢰할 수 없는 것이다.

검증은 일반적으로 검증이 하지 않는 방식으로 개발자가 이미 준비한 자료를 활용할 수 있도록 허용하고 검증의 기반이 되는 기반을 제공합니다. 검증은 문제의 요구 사항과 테스트 및 검증에서 검사되는 개발 아티팩트(즉, 시뮬레이션 개념 모델, 설계, 코드) 간의 관계를 설정합니다. 검증을 수행하는 것보다 비교적 포괄적인 검증 작업을 수행하는 것이 더 간단하고 비용이 적게 드는 경우가 있을 수 있지만, 이는 규칙이 아니라 드문 예외입니다.

검증을 (건너 뛰는 대신) 수행하면 V&V 결과에 대한 신뢰도가 높아지고 대부분의 경우 전체 VV&A 프로세스를 수행하는 데 드는 전체 비용이 낮아집니다.

효과적인 VV&A를 위해 수행해야 할 과제는 무엇입니까?

VV&A의 목적은 해결해야 하는 각 문제에 대한 시뮬레이션의 적합성을 확립하는 것입니다. 따라서 VV&A는 문제와 문제를 해결하는 데 사용되는 시뮬레이션 간의 관계를 수립하는 데 도움이 됩니다. 아래 그림과 같이 전체 문제 해결 프로세스는 일련의 복합 박스로 상호 관련된 프로세스의 이러한 관계를 보여주며, 각 박스에는 특정 프로세스를 구성하는 기본 활동 및 기능을 나타내는 추가 박스로 구성되어 있습니다. 따라서 M&S 사용 프로세스는 M&S의 사용이 문제 해결 프로세스의 해결 방법 중 하나로 지정될 때 시작되는 하위 프로세스입니다. M&S의 사용이 결정되면, 세 가지 병렬적이고 상호 관련된 프로세스, 즉 M&S 개발/준비 프로세스, V&V 프로세스, 그리고 인정 프로세스가 수행됩니다.



전반적인 문제 해결 과정

문제 해결 프로세스 - 조사

문제 해결 프로세스는 문제를 정의하고 해결하기 위한 접근 방식을 선택하는 두 가지 중요한 활동으로 시작됩니다.

문제 해결 프로세스 : 문제를 정의하고 목표를 수립

문제 설명은 해결해야 할 문제를 식별하고, 충족해야 할 목표를 정의하고, 문제를 해결해야 하는 범위와 조건을 설정합니다. 문제와 목표는 문제 및 요구 사항을 해결하는 방법에 대한 결정을 내릴 수 있을 만큼 충분히 명확하게 설명되어야 솔루션에서 해결해야 하는 측면, 기능, 조건 또는 특성을 정의할 수 있습니다. 문제 정의는 성공적인 솔루션에 매우 중요합니다. 복잡한 문제의 경우 공식적인 문제 분석은 적절한 방법을 선택하는 데 필요한 지침을 제공할 수 있으며 나머지 전체 프로세스를 구축할 수 있는 확고한 기반을 구축합니다.

문제 해결 프로세스 : 접근 방식 선택

모델링 및 시뮬레이션은 문제를 해결하거나 결정을 지원하는 데 필요한 정보를 얻는 데 중요한 방법이지만 하나의 방법에 불과합니다. 시뮬레이션을 사용하기로 한 결정은 해결되는 문제에 대한 신중한 정의와 해결에 필요한 요구 사항의 식별에 의해 관리되어야 합니다. 모든 문제가 시뮬레이션을 필요로 하거나 시뮬레이션을 사용함으로써 얻을 수 있는 이점은 없습니다. 그러나 M&S는 다음과 같은 몇 가지 이점을 제공합니다.

- **반복성** – 실제 세계의 중요한 측면이 실제 사건이나 작전이 일어나는 것처럼 재현할 수 있습니다(예 : 육군 여단 훈련).
- **제어** – 이벤트 또는 동작은 통제된 조건에서 복제될 수 있습니다(예를 들어, 다양한 무기 시스템의 영향을 분석하기 위한 전투 시나리오 실행).
- **안전** – 시스템의 기능은 실제 자원을 소비하지 않고도 테스트하거나 경험할 수 있습니다(예 : 공대공 미사일에 대한 탄두 퓨즈의 작동 평가).
- **속도** – 이벤트 또는 작전의 중요한 측면은 실시간 보다 적은 시간으로 수행될 수 있습니다(예 : 평화 유지 임무를 위한 전역 수준의 배치 연습 실행).
- **비용 절감** – 다양한 전투 상황에서 가상으로 무기 시스템의 잠재적인 성공여부를 실제 개발을 위해 자원이 할당되기 전에 분석할 수 있습니다.

M&S 사용 결정을 가볍게 여겨서는 안 된다. 그 사용이 합리적이고 적절한지를 결정하기 위해 예비 타당성 조사를 수행해야 합니다.

M&S 사용 프로세스 - 진입

모델링 및 시뮬레이션이 솔루션 접근법으로 선택되었을 때, 프로세스의 다음 단계는 M&S 사용 프로세스입니다. 이 프로세스의 모든 활동, 기능 및 중첩 프로세스는 문제 해결 프로세스를 지원하는 시뮬레이션을 선택, 준비 및 실행(즉, 사용)하는 것과 직접 연관됩니다. 초기의 활동은 후속 개발 / 준비 프로세스와 지원 V & V와 인정 프로세스를 위한 토대를 마련하기 때문에 중요합니다.

M&S 사용 프로세스 : M&S 요구사항 정의

일단 모델링과 시뮬레이션을 사용하기로 결정한 후에는 시뮬레이션이 솔루션을 얻는 데 있어 역할을 하는 부분을 보다 정확하게 정의해야 합니다. M&S 기능은 다음과 같은 문제를 해결하여 개발된 일련의 M&S 요구 사항으로 특징지어집니다.

- 모델의 어떤 특정 측면이 모델 또는 시뮬레이션에 의해 해결될 것인가(즉, 의도된 용도는 무엇인가)?
- 솔루션을 찾기 위해 충족해야 하는 요구 사항은 무엇입니까? 문제 도메인의 어떤 측면을 해결해야 합니까? 사용자 도메인의 어떤 특성을 포함해야 합니까?
- 모델 또는 시뮬레이션이 문제를 해결하기 위해 필요한 기능은 무엇입니까?
- M&S 결과에 따라 어떤 결정이 이루어질 것인가?
- 부적절한 모델링의 파급 효과는 무엇입니까? 잘못된 결과가 인정되면 어떤 위험이 수반됩니까?
- 성공이 언제 달성되었는지를 결정하기 위해 어떤 기준이 사용됩니까?

[고급 항목>특별 항목>요구 사항 및 고급 참조 Topics>특별 주제>추가 정보에 대한 수용 가능성 기준](#)을 참조하십시오.

M&S 사용 프로세스 : 계획 접근 방식

접근 방식을 계획하는데는 여러 가지 결정과 작업이 포함됩니다.

- **시뮬레이션 유형 선택** – 기본 M&S 요구 사항을 알고 나면 사용할 시뮬레이션 유형을 결정해야 합니다. 경우에 따라 새로운 시뮬레이션을 개발해야 할 수도 있습니다. 종종 수정 유무에 관계없이 기 사용 시뮬레이션을 재사용하는 것이 가장 경제적이고 효율적인 접근 방식입니다.

기 사용 시뮬레이션이 존재하는지 또는 새로운 시뮬레이션을 개발할지 여부를 결정하는 것은 관련된 전체 비용과 발생하는 위험 수준에 영향을 미치는 여러 가지 요인을 기반으로 해야 하는 업무상 결정입니다. 기 사용 시뮬레이션의 사용을 고려할 때, 의도된 용도에

가장 적합한 대안을 결정하기 위해 서로 다른 대안을 평가하는 추가 작업이 있을 수 있습니다.

다른 상황에서는 페더레이션이 시뮬레이션 설계에 가장 적합한 접근 방식일 수 있습니다. 페더레이션은 "전체적으로 특정 목표를 달성하기 위해 사용되는 별도로 각각 프로그램명이 있는 페더레이트 응용 프로그램 및 공용 페더레이트 객체 모델(FOM)의 집합"입니다. 각 페더레이트는 그 자체로 시뮬레이션입니다. 이 구성은 시뮬레이션 유형에 대한 여러 가지 가능성을 제시합니다. 예를 들어, 페더레이션은 새로운 것일 수 있지만, 구성된 페더레이트는 신규로 개발하는 시뮬레이션과 또는 기 사용 시뮬레이션일 수 있습니다.

- **참가자 지정** - 관련된 시뮬레이션 활동의 규모에 따라 여러 가지 역할을 수행해야 합니다. 문제를 정의하고 인정 결정을 내리는 데 책임이 있는 사용자 외에도 주요 플레이어는 다음과 같습니다.
 - M&S 프로그램 매니저(PM) - 시뮬레이션 개발 계획 및 자원 조달, 사용시 시뮬레이션 준비 감독, 구성 관리 및 시뮬레이션 유지 보수
 - 개발자 - 설계 및 코드 구현
 - V&V 에이전트 - V&V 활동을 수행하여 시뮬레이션의 적합성에 대한 증거를 축적
 - 인정 에이전트 - 인정 평가 수행
- **전반적인 전략 수립** - 참가자의 책임과 상호 작용을 정의하고, 이정표를 설정하고, 아티팩트 및 제품을 식별하고, 형식 및 보고 구조를 지정하고, 구성 제어 방법을 수립하는 등의 작업을 수행합니다.

M&S 개발/준비 프로세스

시뮬레이션의 유형에 따라 적절한 M&S 개발/준비 프로세스를 결정합니다.

M&S 개발 및 준비 프로세스 : 새로운 M&S 개발

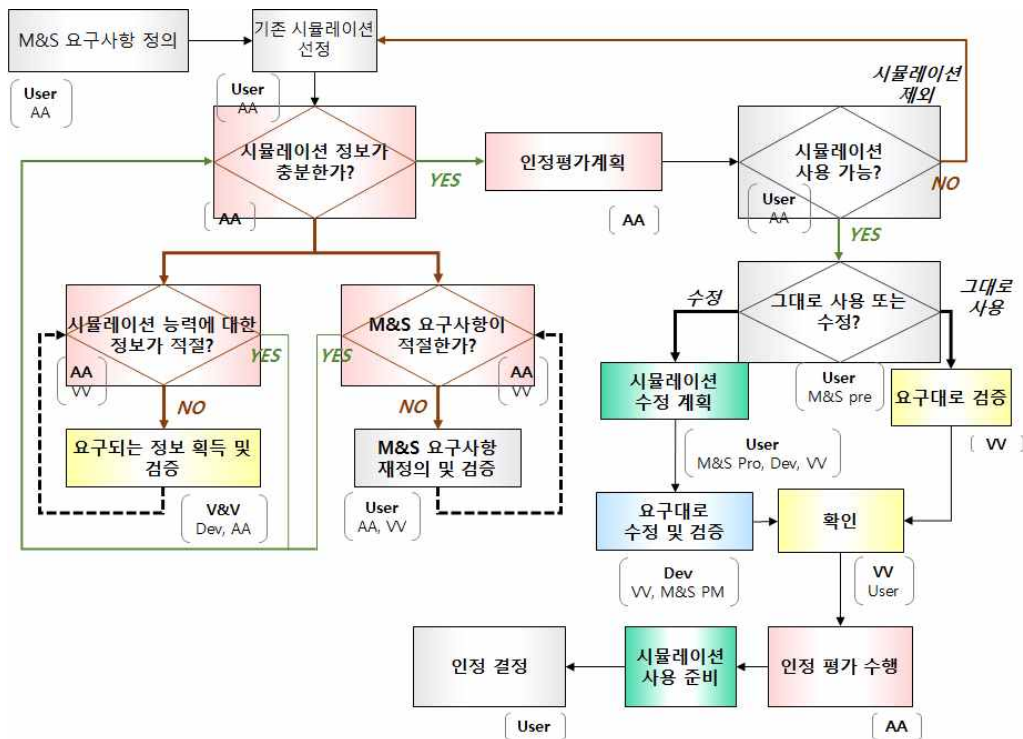
새로운 시뮬레이션을 개발할 때의 장점은 의도된 사용의 요구를 충족시키기 위해 특별히 설계되고 구축된다는 것입니다. 주요 과제는 M&S 요구사항이 개념적 모델에서 적절하게 지정되고 적절하게 반영되도록 하는 것이다. 이 프로세스은 다섯 가지 기본 활동으로 구성되며, 각 활동은 중요한 산출물 또는 제품을 개발합니다.

- **M&S 요구사항 구체화**는 시뮬레이션이 해결해야 하는 세부적인 M&S 요구사항이 전체적으로 정리됩니다.
- **M&S 개발 계획**은 개발 접근법, 자원 할당, 일정, 이정표 등에 대한 정보를 포함하는 개발 계획을 수립합니다.

- **개념 모델 개발**은 시뮬레이션 및 시뮬레이션의 구성 요소에 대한 개발자의 개념을 설명하는 정보 모음인 시뮬레이션 개념 모델을 생성합니다. 이는 개발자와 사용자 사이의 다리 역할을 하여 의도된 용도에 대한 개발자의 이해를 보여줍니다 자세한 내용은 [고급 항목 > 특별 항목 > 개념 모델 개발 및 확인](#)을 참조하십시오.
- **설계 개발**은 소프트웨어(코드) 및 하드웨어에서의 구현을 지원하기 위해 개념 모델에서 도출된 정보를 변환하여 설계 사양의 설계 내용으로 개발합니다.
- **구현 및 테스트**는 하드웨어 및 소프트웨어(코드)의 설계를 실현하고 개별 구성 요소 및 데이터 및 해당 통합과 관련된 테스트 결과를 생성합니다.

M&S 개발 및 준비 프로세스 : 기 사용 M&S 준비

기 사용 M&S는 과거 또는 다른 목적으로 개발된 M&S입니다. 재사용을 위해 기 사용 시뮬레이션을 준비하는 데 중점을 두는 것은 의도된 사용과 관련하여 기존 시뮬레이션의 중요한 차이점(부족함)을 식별하는 것입니다. 차이점(부족함)은 기존 시뮬레이션 아티팩트(예: 개념 모델, 설계, 코드, 시뮬레이션 문서, 테스트 결과, VV&A 기록 및 사용 문서)를 검사하고 기존 시뮬레이션 기능이 의도된 용도의 M&S 요구 사항과 얼마나 밀접하게 일치하는지 평가함으로써 발견됩니다. V&V 활동의 정확한 특성은 다음 흐름도에 표시된 것처럼 이 평가의 결과에 따라 달라집니다.



기 사용 시뮬레이션의 VV&A를 위한 흐름도

차이점(부족함)이 없는 경우(즉, 시뮬레이션 기능이 의도한 용도에 충분하고, 코드나 하드웨어를 변경할 필요가 없음), 시뮬레이션은 있는 그대로 사용될 수 있고, V&V 활동은 그림을 완성하는 데 필요한 모든 작업(예를 들어, 데이터 V&V, 결과 확인)으로 구성될 것이다. 차이점(부족함)이 발견되면 차이점(부족함)을 해결하기 위해 코드 또는 하드웨어가 수정되고 시뮬레이션 아티팩트가 업데이트됩니다. 일반적으로 중요하거나 중요한 수정과 사소한 수정 사이에 구별이 이루어집니다.

중요한 수정에는 코드의 30% 이상을 대체하거나 추가하는 작업이 포함됩니다. 이러한 많은 변화의 크기와 복잡성은 일반적으로 개발자와 M&S PM의 활동을 필요로 합니다. 사소한 수정은 코드의 30%보다 적은 것을 추가하거나 수정하는 것을 포함하며 M&S PM이 필요하지 않습니다. 많은 사소한 수정은 심지어 "사내에서" 처리됩니다. 시뮬레이션과 시뮬레이션의 구성 관리 프로세스에 대한 완전하고 정확한 정보의 가용성은 모두 기 사용 시뮬레이션 평가 및 재사용에 큰 영향을 미칩니다. 기 사용 시뮬레이션이 사용자 이외의 다른 사람이 소유하는 경우, 시뮬레이션을 수정하는 사용자의 능력은 시뮬레이션의 구성 제어 정책에 의해 제한될 수 있습니다.

M&S 개발 및 준비 Process : 페더레이션 구축

페더레이션은 단일 시뮬레이션이 의도한 용도에 필요한 모든 기능을 제공할 수 없는 경우에 사용됩니다. 페더레이트의 식별과 그들의 개별 책임의 할당은 페더레이션 구축의 주요 초점입니다. 페더레이션 내에서 제안된 책임을 수행하는 데 있어 페더레이트의 역량에 대한 적절한 묘사에 중점을 둡니다. 일단 페더레이션이 선택되면, 과제는 기술적으로나 실질적으로 상호 운용 가능한지, 즉 물리적으로 연결되어 있고 신뢰할 수 있는 결과를 산출하는 방식인지 확인하는 것입니다.

- **기술적 상호 운용성** – 페더레이션이 물리적으로 연결하고 이러한 연결을 통해 데이터를 교환할 수 있는 기능
- **실질적 상호 운용성** – 페더레이션이 연결되었을 때 "공정한 싸움"의 원칙을 고수하고 임무 목표를 해결하는 적절하고 정확하며 일관된 시뮬레이션 표현을 제공하는 능력

V&V 프로세스

기본 V&V 활동

V&V 프로세스의 특성은 어떤 유형의 시뮬레이션이 관련되어 있는지에 따라 달라집니다. 기본적인 V&V 활동은 세 가지 시뮬레이션 범주 모두에 적용됩니다. 그러나 각 활동의 상대적 중요성과 수행되는 특정 작업은 시뮬레이션 유형과 응용 프로그램의 세부 사항에 따라 크게 달라집니다. 기본적인 V&V 활동은 다음과 같습니다.

- **M&S 요구사항 검증** – 시뮬레이션 요구 사항이 현재 문제에 필요한 요구 사항과 일치하고 정확하고 일관되며 명확하고 완전한지 확인합니다.
- **V&V 계획 개발** – V&V 활동의 목표, 우선순위, 과제 및 제품 식별, 일정 수립, 자원 할당 등 시뮬레이션 개발 및 인정 계획과 연계하여 조정합니다
- **개념 모델 확인** – 개념 모델에 표시된 기능이 요구 사항을 충족하는 데 필요한 모든 기능을 구현하는지 확인합니다.
- **설계 검증** – 설계가 개념 모델에 충실하고 불필요한 기능을 추가하지 않고 필요한 모든 기능을 제공하는 데 필요한 모든 요소를 포함하는지 확인합니다.
- **구현 검증** – 코드가 올바르게 하드웨어에서 올바르게 구현되었는지 확인합니다.
- **결과 확인** – 시뮬레이션이 의도한 사용의 요구 사항을 해결하는 정도를 결정합니다.

이러한 각 활동에는 시뮬레이션 개발 단계에 해당하는 아티팩트 및 제품을 평가하는 데 일정 수준의 활동이 필요합니다. 각 활동은 여러 개별 작업을 수행하여 수행됩니다. 수행할 특정 작업과 이를 수행하는데 사용되는 기술은 계획 중에 결정됩니다. 즉, V&V 활동은 의도된 용도에

맞게 조정됩니다.

맞춤(Tailoring)의 유익한 예는 [Resources > Reference Documents > Example of Tailoring](#)에서 찾을 수 있습니다. 각 시뮬레이션 유형에 대한 V&V에 대한 자세한 논의는 핵심문서에서 찾을 수 있습니다.

데이터 V&V

시뮬레이션에서 모델과 모델이 사용하는 데이터(예: 입력 데이터, hard-wired(내부 코딩된) 데이터)를 별도로 평가하는 것은 사실상 불가능한데, 이는 시뮬레이션 결과를 생성하는 데이터와 코드의 상호 작용이기 때문에 시뮬레이션 신뢰성에 대한 책임¹이 있습니다. 이러한 상호 의존성은 데이터 V&V 활동이 전체 V&V 프로세스의 일부로 간주되어야 함을 시사합니다. 실제로 데이터 V&V 활동은 RPG 전반에 걸쳐 V&V 프로세스의 일부로 논의됩니다. 그러나 시뮬레이션에 사용되는 많은 데이터 범주와 개별 데이터 세트를 찾고 획득하는 데 필요한 시간 때문에 데이터 V&V는 고유한 특성을 가지고 있습니다. 데이터 V&V의 몇 가지 중요한 측면은 다음과 같습니다.

- 데이터 V&V 작업은 다양한 데이터 집합에서 수행됩니다.
- 서로 다른 데이터 세트에 대해 서로 다른 데이터 V&V 작업이 필요할 수 있습니다.
- 서로 다른 데이터 세트에서 데이터 V&V 작업을 수행하기 위해 서로 다른 기술과 도구가 필요할 수 있습니다.
- 서로 다른 데이터 세트는 서로 다른 시간에 얻어집니다.
- 데이터 V&V 활동을 수행하는 사람들은 다양한 자격(예 : 개별 데이터 영역에 대한 전문 지식을 갖춘 주제 전문가 [SME])을 요구합니다.

데이터 V&V 활동을 수행하는 사람은 시뮬레이션을 개발 및 준비하는 사람들 및 M&S V&V 활동을 수행하는 사람들과 긴밀히 협력해야 합니다. 데이터 V&V 활동은 신중하게 문서화 되어 V&V 보고서에 포함되어야 합니다. 데이터 V&V에 대한 추가 정보는 [고급 주제>특별 주제>새로운 M&S를 위한 데이터 V&V 및 고급 주제>특별 주제>기 사용 M&S를 위한 데이터 V&V에](#)서 제공됩니다.

인정 절차

인정은 시뮬레이션 및 관련 데이터가 의도된 용도에 적합하다는 공식 인정입니다.

- **인정 계획 개발** – 인정 계획은 시뮬레이션 개발 및 V&V 계획과 협력하여 인정 평가 및 우선순위, 작업, 일정, 참가자 등을 수행하는데 필요한 모든 정보를 식별해야 합니다.

¹ Data와 Code의 결과를 평가하는 것은 시뮬레이션의 신뢰성과도 깊은 관련

- **인정 정보 수집 및 평가** – 평가에 필요한 정보는 V&V 활동 및 기타 출처에서 수집되고 완전성을 결정하기 위해 평가됩니다.
- **인정 평가 수행** – 시뮬레이션의 적합성은 V&V 활동 및 기타 출처에서 수집된 모든 증거를 사용하여 평가되며, 사용자를 위해 인정 보고서 및 권장 사항이 준비됩니다.

인정은 종종 개발 프로세스가 끝날 때 발생하는 것으로 인식되지만, V&V 활동 및 테스트 활동이 인정 평가를 지원하기 위한 적절하고 충분한 정보를 제공할 수 있도록 실제 평가 프로세스를 가능한 한 빨리 시작해야 합니다.

M&S 사용 프로세스 – 종결

인정 프로세스가 완료되면 프로세스가 돌아와 M&S 사용 프로세스 단계를 완료합니다.

M&S 사용 프로세스 : 인정 결정

인정 결정은 본질적으로 시뮬레이션의 신뢰성에 대한 사용자의 믿음입니다. V&V의 활동과 인정 평가는 모두 시뮬레이션 사용과 관련된 위험과 발생 가능성 또는 가능성을 보여주는 증거를 수집하기 위해 수행됩니다. 사용자는 시뮬레이션 기능의 증거와 위험을 비교합니다. 기본적으로 고려해야 할 다섯 가지 옵션이 있습니다.

- **완전 인정** – 시뮬레이션은 의도한 용도를 대체하기에 충분히 신뢰할 수 있는 결과를 생성합니다.
- **제한적 또는 조건부 인정** – 시뮬레이션을 사용하여 의도한 사용을 지원하는 방법에 제약을 가해야 합니다.
- **시뮬레이션 수정 필요** – 시뮬레이션의 기능은 전체 또는 조건부 인정을 지원하기에 불충분하며, 차이점(부족함)을 수정하기 위해 수정 및 후속 V&V가 필요합니다.
- **추가 정보 필요** – 시뮬레이션에 대해 얻은 정보는 전체 또는 조건부 인정을 지원하기에 불충분하며, 추가 정보를 생성하거나 다른 방법으로 얻어야 하며, 인정 결정이 내려지기 전에 필요한 정보를 제공하기 위해 추가 검증, 확인 또는 테스트를 수행해야 합니다.
- **인정 불가** – 평가 결과가 시뮬레이션이 의도된 사용을 적절하게 지원하지 않는다는 것을 보여줍니다.

인정이 가능하지 않다고 판단되는 경우 사용자는 문제를 해결하기 위해 다른 방법을 선택해야 합니다. 사용자가 추가 작업 또는 정보가 필요하다고 결정하면 프로세스는 계획 단계로 돌아가 필요한 작업을 수행하기 위한 새 계획을 수립합니다.

M&S 사용 프로세스 : 결과 실행 및 준비

완전 또는 제한된 인정을 선택하면 시뮬레이션이 실행되고 결과를 분석하여 사용할 수 있도록 준비합니다.

문제 해결 프로세스 - 결론

시뮬레이션 결과는 문제 해결과 관련된 다른 방법의 결과와 결합됩니다. 분석이 수행되고 결론이 도출됩니다. 사용자가 솔루션에 만족하면 결과가 문서화, 보고 및 보관됩니다.

VV&A 활동의 범위 지정을 위한 주요 고려 사항은 무엇입니까?

물론 실제로 사용되는 V&V 프로세스의 구체적인 세부 사항은 시뮬레이션의 성격과 사용 목적에 따라 달라집니다.

예시:

무기 체계 사용자를 위한 훈련 시뮬레이션을 위한 V&V 접근은 시뮬레이터의 즉각적인 반응이 실제와 일치하는가에 초점을 맞추어야 합니다. 시뮬레이터를 이용하여 사용자가 모의 상황에서 대응하는 행동에 대한 영향입니다.

대조적으로, 동일한 무기 체계에 대한 분석 또는 평가 시뮬레이션의 V&V는 선택된 위험에 대한 무기 효과 표현의 정확성에 초점을 맞출 수 있으며, 물류 지원 시스템에 대한 분석은 더 긴 기간에 대한 요구이므로 이에 영향의 표현은 또 다른 면을 고려할 수도 있습니다.

핵심은 V&V 접근법이 시뮬레이션되는 상황뿐만 아니라 시뮬레이션 결과가 지원하는 의사 결정 유형을 포함하는 문제의 성격에 맞게 조정된다는 것입니다. 추가 요소는 시뮬레이션의 특성과 관련이 있습니다. Human-in-the-loop 또는 Hardware-in-the-loop 컴포넌트의 사용, 다양한 유형의 시뮬레이션(예를 들어, 신규, 기 사용, 페더레이션)은 다소 전문화된 처리를 필요로 합니다. 동일한 유형의 시뮬레이션의 경우에도 모든 상황이 이전과 다소 다르므로 엄격한 "요리책"²처럼 VV&A 프로세스가 항상 모든 상황에 적합할 수는 없습니다. 따라서 V&V 활동을 조정하는 것은 V&V 프로세스의 필수적인 부분입니다.

마지막으로, V&V 접근법의 특정 요소는 시뮬레이션에 의해 지원되는 결정에 내재된 위험 수준, 도달하는 결정에 대한 시뮬레이션 결과의 중요도, V&V를 실행할 시간, 비용 및 인력의 가

² 역자 주) 요리의 레시피처럼 엄격하게 반드시 지켜야 할 기준이 아니다라는 면을 강조하고자 사용한 용어로 보입니다.

용성에 따라 선택됩니다.

기술적 또는 자원 제한은 V&V 프로세스가 실제로 순전히 VV&A 관점에서 이상적이지 않은 방식으로 조정되도록 요구할 수도 있습니다. 시간이나 자원으로 인해 V&V 활동에 가해지는 제한을 포함하여 이러한 모든 요소는 시뮬레이션 사용에 대한 승인 또는 불승인에 대한 결론에 도달할 때 인정권자가 고려해야 합니다.

지원되는 프로그램에 가장 적합한 것이 무엇인지를 고려하여 수행되는 V&V 수준을 줄이는 절충 합의에 도달해야 하지만, 시뮬레이션의 장기 사용(재사용)에 대한 더 넓은 맥락도 고려해야 합니다. V&V 노력을 제한하는 결정은 즉각적인 프로그램에 대한 비용을 절감할 수 있지만(어느 정도의 위험을 초래할 뿐만 아니라) 이러한 결정은 시뮬레이션 재사용 기회를 제한하여 다른 프로그램에 대한 비용을 증가시켜 최종 분석에서 최선의 선택이 아닐 수 있습니다.

맞춤의 유익한 예는 [Resources>Reference Documents> Example of Tailoring에서](#) 찾을 수 있습니다.

VV&A는 언제 수행됩니까?

VV&A는 사용할 시뮬레이션을 개발하고 준비하는 전반적인 프로세스의 일부로 수행되는 지속적인 활동으로 가장 잘 달성됩니다. 시뮬레이션의 수명주기(개발, 사용, 수정 및 재사용)는 항상 시뮬레이션의 사용 컨텍스트 내에서 수행합니다. 시뮬레이션은 특정 목적(예 : 조종사 훈련, 포병 탄약의 대안 분석, 센서에 대한 개념 개발 등)을 위해 개발되지만 다른 응용 분야에서 다른 목적으로 재사용될 수 있습니다. 시뮬레이션의 수명주기는 일부 문제를 해결하는 데 적합하다고 판단되는 한 수정 및 재사용 단계를 거칩니다.

VV&A에 관여하는 “핵심 담당자”는 누구입니까?

기본 역할

VV&A 프로세스의 적절한 실행에는 다양한 역할의 참여자가 포함됩니다. DoD 지침 5000.61, DoD M&S(Modeling and Simulation) VVA(Verification, Validation, Accreditation)는 DoD M&S 활동에 사용하기 위한 VV&A 관련 역할을 정의합니다. 마찬가지로 육군, 해군, 공군 및 미사일 방어국은 각각 개별 관점과 정책을 반영하는 M&S 활동에 사용할 특정 VV&A 관련 역할을 정의했습니다. 이러한 역할은 특정 직함과 각각에 할당된 특정 기능의 측면에서 다르지만 전반적인 책임 내용은 동일합니다.

이 RPG의 목적은 DoD 커뮤니티 전체에서 VV&A의 효과적인 적용을 촉진하는 것이므로 서비스 및 DoD 구성 요소 간에 같은 개념으로 이해되지 않을 수 있는 전문적인 용어를 채택하기 보다는 기능과 책임을 논의하는 데 사용할 일반적인 용어가 사용됩니다. VV&A 주제 전문가 패널이 수행한 연구에 따르면 분야별로 책임을 아래에 정의된 다섯 가지 기본 역할로 분류할

수 있습니다.

- **사용자**는 전체 응용 프로그램을 담당하는 조직, 그룹 또는 사람입니다. 사용자는 업무 현장의 문제를 해결하거나 결정을 내리기 위해 시뮬레이션을 사용하려는 것입니다. 사용자는 요구 사항을 정의하고, 시뮬레이션 적합성을 평가할 기준을 설정하고, 사용할 방법을 결정하고, 인정 결정을 내리고, 궁극적으로 결과를 수락합니다.
- **M&S 프로그램 관리자 (PM)** 는 시뮬레이션 개발을 위한 자원 계획 및 관리, 전반적인 시뮬레이션 개발 작업 지시, 시뮬레이션의 구성 관리 및 유지 관리를 감독하는 역할입니다. 기 사용 시뮬레이션 재사용할 때에도 중요한 수정 작업이 필요하다면 사용자는 수정 작업을 계획하고 관리하기 위해 M&S PM을 지정할 수 있습니다.
- **개발자**는 시뮬레이션을 구성 및 개발하고, 시뮬레이션에 사용할 데이터를 준비하고, 다른 참가자가 필요에 따라 시뮬레이션 기능에 관한 기술 전문 지식을 제공하는 개인, 그룹 또는 조직입니다.
- **검증 및 확인 에이전트(V&V Agent)**는 모든 V&V 작업이 적절하게 수행되도록 보장함으로써 시뮬레이션의 의도된 용도에 대한 적합성에 대한 증거를 제공하는 역할을 정의하는 데 사용되는 용어입니다.
- **인정 에이전트**는 인정 평가를 수행할 책임이 있는 사람, 그룹 또는 조직입니다. 인정 에이전트는 V&V 에이전트에게 시뮬레이션 적합성과 관련하여 필요한 모든 증거를 확보하도록 지침을 제공합니다. 증거를 수집 및 평가하며, 사용자에게 인정평가결과를 제공합니다.

이 다섯 가지 역할이 모든 직무 및 DoD 구성 요소 관점을 포함하도록 하기 위해 육군, 해군, 공군, 미사일 방어국 및 국방부의 VV&A 대표는 RPG에 사용된 각 용어를 각각의 정책 문서에 정의된 역할과 함께 매핑했습니다. 결과는 [리소스>다이어그램>VV&A 역할 비교에](#) 제공됩니다.

주요 지원 역할

M&S 제안자(proponent)

기 사용 시뮬레이션 재사용에서 기존 사용자가 아닌 다른 사람이 시뮬레이션을 사용하게 되면 M&S 제안자³는 여섯 번째 역할로 고려될 수 있습니다. M&S 제안자는 수명주기 전반에 걸쳐 시뮬레이션을 관리하고, 공식 버전의 시뮬레이션 구성 제어를 보장하고, 기능을 유지 및 강화하고, 사용을 관리하고, 손상 및 오용으로부터 시뮬레이션을 보호하는 역할을 담당합니다. 시뮬레이션의 구성 제어 정책은 M&S 제안자가 재사용에 관여하는 정도를 결정합니다. 이것은 전혀 관여하지 않는 것에서부터 사용하기 위해 시뮬레이션을 준비할 때 어떤 프로세스와 절차가 뒤따르는지, 어떤 제품이 생산되는지, 그리고 어떤 수정이 이루어질 수 있는지 (그리고 언제, 누구에 의해) 결정할 수 있는지에 이르기까지 다양할 수 있습니다.

³ 역자 주) 제안자(proponent)는 기 사용 시뮬레이션의 사용(관리)자로 봅니다. 즉, 기 사용 시뮬레이션의 수정은 이를 본래의 목적이나 사용을 저해하는 것이 생길수 있으므로 이를 어느 정도 통제 관리할 필요가 있기 때문입니다.

주제 전문가 (SME)

또한 주제전문가는 여러 가지 방법으로 VV&A 활동에 기여하는 보조 역할입니다. 주제전문가는 특정 영역에서 권위자로 인정받는 개인입니다. 시뮬레이션 되는 문제 도메인의 측면에서부터 시뮬레이션에 필요한 데이터 및 컴퓨팅 기술에 이르기까지 주어진 응용 프로그램의 다양한 영역에서 전문가의 의견이 필요할 수 있습니다. 주제전문가는 사용자가 요구 사항 및 인정수락 기준을 수립하도록 돕는 것부터 확인 및 인정 평가 활동에 참여하는 것까지 다양한 방법으로 도움을 요청할 수 있습니다. 자세한 내용은 [고급 주제>특별 주제>주제 전문가 및 VV&A](#)를 참조하십시오.

주요 역할과 책임

VV&A 활동과 관련하여 이러한 역할에 대한 주요 책임은 아래 표에 요약되어 있습니다. 왼쪽 열에는 신규 시뮬레이션, 기 사용 시뮬레이션 및 페더레이션의 개발, 준비 및 VV&A와 관련된 기본 활동입니다. 나머지 열은 해당 활동의 각 역할이 수행하는 정상적인 부분을 식별합니다. 대규모 프로그램의 경우 일반적으로 다른 사람, 그룹 또는 조직이 각 역할을 담당합니다. 소규모 프로젝트의 경우 한 사람, 그룹 또는 조직에서 이러한 역할 중 몇 가지 또는 모든 역할을 수행할 수 있습니다.

M&S VV&A와 관련된 일반적인 역할 및 책임						
역할 활동	사용자	M&S PM	개발자	V&V Agent	Accreditation Agent	SME
요구사항 정의	주관	감독	지원	검토	검토	지원
	승인					
척도 정의	주관	감독	지원	지원	지원	지원
	승인					
인정수락기준 정의	지원	감독	지원	지원	주관	지원
	승인					
M&S 개발(수정) 계획	지원 주관	주관 지원	지원	지원		
	승인					
V&V 계획 수립	검토	지원	검토	주관	지원	
		승인				
인정계획 수립	검토	지원		지원	주관	
	승인					
요구사항 검증	주관	감독	지원	주관 (primary)	지원	지원
	승인					
개념모델 개발	지원	감독	주관			지원
	승인					
개념모델 확인	지원	감독	지원	주관		지원
	승인					
설계		감독	수행			
		승인				
설계 검증	승인	감독	지원	주관		지원
구현		감독	수행			
		승인				
데이터 검증/확인	승인	감독	지원	주관		수행
구현 검증	승인	감독	지원	주관		지원
시험(자체통합)	승인	감독	주관	지원		지원
결과 확인	지원	감독	지원	주관		지원
	승인					
V&V보고서 작성				수행		
사용 조합	지원 주관	주관 지원	지원			
	승인					
인정정보 수집	감독	지원		지원	주관	지원

M&S VV&A와 관련된 일반적인 역할 및 책임						
역할 활동	사용자	M&S PM	개발자	V&V 에이전트	인정 에이전트	SME
인정 평가 수행	감독				수행	지원
인정 평가보고서 준비					수행	
인정 결정	수행					
인정보고서 준비					수행	
검토	참여자:는 일반적으로 작업 결과를 검토하고 권장 사항을 제공하는 것으로 제한됩니다.					
수행	실제로 작업을 수행합니다. 일반적으로 다른 사람들의 적극적인 참여가 거의 필요하지 않습니다.					
감독	감독은 작업이 적절하게 수행되었지만 일반적으로 참여하지는 않습니다.					
주관	작업을 주도합니다. 일반적으로 다른 사람들의 적극적인 참여를 포함합니다.					
지원	작업에 적극적으로 참여합니다(예 : 테스트 수행, 정보 제공).					
승인	활동이 만족스럽게 완료되고 다른 활동이 시작될 수 있는 시기를 결정합니다. 어떤 활동을 할지 결정합니다. 승인은 그 다음에 실시되어야 합니다(예: 다음 예정된 활동으로 계속할지 아니면 이전 활동으로 돌아갈 것인지 여부).					
1)이 활동은 M&S 개발, 수정 또는 준비의 계획 및 일정을 의미합니다.						
2)이 활동은 새로운 개념 모델의 개발과 기존 개념 모델의 수정을 의미합니다.						
3)이 활동은 새로운 M&S 설계의 개발과 기존 M&S 설계의 수정을 의미한다.						
4)일반적으로, 이 활동은 신규 M&S 개발에서 MS PM에 의해 주도되고 기 사용 시뮬레이션의 수정에서는 사용자에 의해 주도된다.						
5)이 활동은 사용 가능한 경우 V&V 에이전트에 의해 주도되고, 작업 시작 시 V&V 에이전트를 사용할 수 없는 경우 사용자가 주도합니다.						

이러한 각 역할에 대한 자세한 논의는 RPG의 다른 섹션에서 제공됩니다. 이 가이드의 핵심문서 섹션에서는 다섯 가지 주요 역할(사용자, 개발자, M&S PM, V&V 에이전트 및 인정 에이전트) 각각의 관점에서 각 시뮬레이션 범주(신규, 기사용, 페더레이션)에서 VV&A에 대한 자세한 논의를 제공합니다. SME에 대한 추가 정보는 [고급 주제>특별 주제>주제 전문가 및 VV&A에](#) 나와 있습니다. VV&A의 성공을 위해서는 모든 담당자가 건강한 업무 관계를 수립하고 유지하는 것이 중요합니다.

VV&A를 설명하는데 도움이 되는 “일상적” 비유

장래의 주택 소유자 비유

시뮬레이션을 위한 VV&A와 (새로운) 집을 취득하는 프로세스 사이에는 많은 유사점이 있습니다. 둘 다 요구사항 정의로 시작합니다. 시뮬레이션의 경우, 요구 사항은 일반적으로 서면 문서에 명시됩니다. 집의 경우, 서면 설명일 수도 있고, 장래의 소유자와 부동산 중개인 또는 건축업자 간의 토론처럼 간단할 수도 있습니다.

물론, 새로운 집을 찾을 때, 결정해야 할 주요 결정 중 하나는 새집을 지을지, 이미 지어진 집을 사거나 (또는 건설 중에) 임대할지 여부입니다.

대부분의 경우, 이 결정은 경제성과 시간에 기초하여 이루어집니다 - 새로운 집을 짓는 것은 일반적으로 더 비싸고, 여러 가지 추가 요인을 필요로 하며, 훨씬 더 많은 시간이 걸립니다. 그러나 건물은 장래 소유자가 모든 요구 사항을 충족시킬 수 있는 유일한 방법일 수 있습니다. 마찬가지로, 새로운 시뮬레이션을 구축하는 것은 비용이 많이 들고 시간이 많이 걸리는 프로젝트이지만, 사용자가 의도된 사용의 모든 요구 사항을 충족시킬 수 있는 유일한 방법일 수 있습니다.

장래의 소유자가 건설하지 않기로 결정하면, 그들은 이미 지어 졌거나 그들의 필요를 충족시키는 건설중인 집을 찾기 시작합니다.

주택 건설

새집을 지을 때 장래의 소유자는 건축가 또는 건축가와 만나 요구사항 및 기타 주택 기준을 논의합니다. 요구사항이 어떤 형태를 취하든, 또는 건축업자는 이러한 진술 또는 서면 요구사항에 대한 이해가 장래의 소유자가 의도한 것을 정확하게 반영하는지 확인하는 것이 중요합니다. 여기에는 요구사항이 명확하게 명시되어 있고 불일치가 아닌지 확인하는 것과 같은 기본 단계가 포함됩니다. 장래의 소유자는 요구사항이 정확하고, 일관되며, 주어진 대로 완전한지 확인해야 합니다. 요구사항이 말하는 것은 그들이 정말로 원하는 것이며, 중요한 감독이나 누락이 없다는 것입니다. 그렇지 않으면 실수가 발생할 수밖에 없습니다.

아래 표는 새로운 시뮬레이션 개발과 새로운 집 개발의 아티팩트 및 역할사이의 몇가지 유사점을 보여줍니다.

새로운 주택 개발과 새로운 시뮬레이션 개발의 비교	
주택 건설 아티팩트	시뮬레이션 아티팩트
• 잠재 소유자의 희망 목록	• M&S 요구사항
• 스케치, 평면도, 예제 사진, 재료 샘플	• 개념 모델
• 블루프린트(청사진)	• 디자인 문서
• 하우스	• 시뮬레이션
주택 건설 역할	시뮬레이션 역할
• 장래의 소유자	• 사용자
• 일반 계약자 (건축업자)	• M&S PM
• 하도급업자	• 개발자
• 전문 검사관 (전기, 배관)	• V&V 에이전트
• 건물 검사 수석 책임관	• SME
• 잠재 소유자의 대리인	• 인정 에이전트

개발자가 시뮬레이션의 논리적 구조와 동작에 대한 시뮬레이션 개념 모델을 준비하는 것처럼, 집 작업은 종종 평면도 레이아웃, 아티스트의 외부 렌더링, 사용할 재료 샘플, 내부 스케치로 시작됩니다. 이것들은 사실상 집의 개념적 모델입니다. 이를 통해 장래 소유자는 집에서 어떤 활동이 일어날 수 있는지, 가구가 어디에 배치될 수 있는지 상상할 수 있으므로 원래 기준에 따라 주택 디자인의 기능적 측면을 교차 확인할 수 있습니다. 이 과정을 통해 장래 소유자는 집에 대한 기대치를 고려하여 집의 구조가 자신의 필요에 적합한지 확인합니다. 본질적으로, 이러한 직접적 검토를 완료하고 주택 설계(정의된 범위 내에서)가 그들의 필요에 적합하다는 결론에 도달함으로써 그들은 주택의 개념적 모델을 확인했습니다.

시뮬레이션 개발자는 항상 개념 모델로부터 작업을 시작한다는 것을 인식하는 것이 중요합니다. 공식적으로 기록되지 않더라도 개발자의 마음속에는 여전히 존재할 것입니다. 개발 작업 초기에 존재하지 않으면 디자인이 준비되거나 코드가 작성될 때 개발자의 마음속에 반드시 나타나야 합니다. 그렇지 않으면 생산되는 소프트웨어를 구성하기 위한 논리적 근거가 없을 것입니다. 공식적인 개념 모델없이 중요한 시뮬레이션을 개발하는 것은 평면도 없이 집을 짓는 것과 유사합니다. 그것은 집이나 시뮬레이션이 요구사항 (운영 위험)을 충족시키고 시간과 예산 (개발 위험) 내에 건설될 것입니다. 시뮬레이션에 대한 개념 모델의 유효성을 검사한다는 것은 해당 요소가 요구사항을 충족시키기에 충분하고 필요에 따라 시뮬레이션되는 환경 및 시스템과 일치 하는지 확인하는 것을 의미합니다.

물론 (한때 미국 국경에 지어진 통나무 오두막과는 달리), 아무도 예술가의 렌더링으로 현대적인 집을 짓지는 않을 것입니다. 어떤 형태의 디자인 문서, 일반적으로 청사진 세트와 같은 설계 문서의 일부 형태는 자재를 주문하고 건설을 시작할 수 있을 만큼 충분한 정밀도로 집을

정의할 수 있도록 준비됩니다. 청사진에는 배관 설비 및 전기 콘센트와 같은 수많은 설계 세부 사항이 표시되며, 이는 평면도 다이어그램에 실제로 나타나지 않지만 그림에도 불구하고 완성된 주택에 있는 것으로 간주됩니다. 청사진은 건설 인력이 집을 조립할 수 있는 충분한 정보를 제공해야 하지만 반드시 집의 모든 구성 요소를 표시하지는 않습니다. 예를 들어, 배관 파이프와 난방 덕트가 자주 표시되지만 스위치와 콘센트 사이의 전기 배선의 정확한 경로는 일반적으로 표시되지 않으므로 작업을 수행하는 전기 기술자에게 맡겨집니다.

청사진은 청사진이 정확하고, 완전하며, 규제 규정을 준수하고, 장래 소유자의 요구 사항과 일치하는지 확인하기 위해 다양한 참가자가 청사진을 자주 확인해야 합니다. 장래 소유자는 청사진을 평면도와 비교하여 예상한 모든 것이 있는지 확인해야 합니다. 건축업자는 자재와 치수 및 여유 공간이 주 및 지역 건축 법규를 준수하는지 다시 확인해야 합니다. 배관공, 전기 기술자 및 기타 전문가는 전문 분야의 잠재적인 문제에 대한 청사진을 확인해야 합니다. 이러한 방식으로 설계가 검증됩니다. 마찬가지로, 시뮬레이션 개발에 관련된 전문가 또는 외부 전문가가 수행하든 시뮬레이션 설계의 검증은 설계가 코딩 및 구현 단계로 진행하기에 적합한 기반을 제공하는지 검증합니다.

주택 건설의 여러 단계에서 행정관서 건물 검사관이 안전, 건강 및 건축법규에 따라 집이 건설되고 있는지 확인하기 위해 검사를 실시하고 수석 검사관은 건설 중인 것이 일반적으로 행정관서에 제출된 계획과 일치하는지 확인합니다. 건축 허가증이 발급되었을 때, 이 검사관은 시뮬레이션 검증에서 주제 전문가의 역할을 효과적으로 수행합니다. 각각은 특정 전문 분야를 가지고 있으며 집의 그 측면을 검증할 책임이 있습니다. 건축업자는 SME로서 하청업체의 작업을 검토하여 올바르게 수행되었는지 확인합니다.

검사는 또한 특정 요구사항이 해결되고 있는지 확인하기 위해 장래 소유자가 수행해야 합니다. 그들은 필요한 코드를 충족할 수 있지만 특정 요구사항을 충족시키지 못하는 기능을 식별하는데 가장 적합합니다. 장래 소유주가 시간이나 전문 지식이 부족하면 검사관을 고용하여 대리인으로 진행할 수 있습니다.

주택 건축 예 :

장래의 소유자가 건설 또는 전기 작업에 대한 배경 지식을 가지고 있지 않는 한, 문제가 명확하게 명백하지 않는 한 배선에서 코드 위반 문제 또는 안전 위험을 발견하지 못할 것입니다. 그들은 배선을 검사하려고 시도조차 하지 않을 수도 있습니다. 반면에, 건물 검사관은 벽난로를 위한 돌 일 (예를 들면, 내화성이 있는)의 질을 검사할지도 모르다 있는 동안, 단지 장래 소유자, 또는 그들의 대리인은, 돌 일의 전반적인 외관의 감성론을 평가할 것이다 (예를 들면, 색깔, 본, 크기) 벽난로가 유형 및 크기이라는 것을 확인할 것입니다.

따라서 다양한 검사관은 시뮬레이션 SME 역할에 해당하며 V&V 에이전트 및 인정 에이전트의 기능을 수행합니다. 진행 중인 작업에 대한 검사관 검토는 구현 검증에 해당합니다. 이러한 검

사의 범위와 빈도는 검사 대상의 중요성, 특정 요소가 문제를 일으킬 가능성이 있다는 우려의 정도 (즉, 위험 수준) 및 건설 초기 단계에서 문제가 감지되었는지 여부에 따라 달라집니다. 이러한 고려 사항은 개발 중인 시뮬레이션을 위한 V&V 에이전트와 인정 에이전트의 작업에도 유사하게 영향을 미칩니다.

집이 지어지면 일련의 최종 검사와 연습을 통해 집이 장래의 소유자의 요구와 규칙에 맞게 지어 졌는지 확인합니다. 집에 대한 최종 검사 및 연습은 시뮬레이션에 대한 결과 확인과 같습니다. 그가 집이 예상했던 것과 다르거나 규칙 위반이 감지되면 장래의 소유자는 사업자가 문제를 해결하도록 해야 합니다. 최후의 수단으로, 장래의 소유자는 고소하거나 지불을 보류할 수 있습니다. 마찬가지로, 결과 확인 중에 누락된 증거가 시뮬레이션이 사용자의 요구에 맞지 않는다는 것을 나타내면, 수정을 해야 하거나 시뮬레이션을 사용하지 않습니다. 필요한 수정이 이루어지고 추가 확인 및 검증을 통해 시뮬레이션이 의도된 용도에 적합하다는 것이 표시되면 사용자는 시뮬레이션을 인증하고 사용을 수락합니다. 마찬가지로, 건축업자가 필요한 변경을 하고(검사를 통해 입증됨) 장래 소유주가 주택을 수락하고 소송을 취하하고 건축업자에게 자금을 제공하는 데 동의하면 주택을 수용 가능한(즉, 의도된 용도에 적합한) 것으로 인증하는 것입니다.

집을 지을 때, 집을 지을 때 V&V를 수행하는 데 필요한 모든 다양한 검사와 검토를 최종 점검까지 미룰 수 없는 이유를 잘 알고 있습니다. 시공 중에 결함이 비교적 빨리 발견되지 않으면 후속 작업의 덮개로 사라질 수 있습니다. 결함이 눈에 보이더라도 나중에 작업을 실행 취소하고 다시 실행하지 않고는 결함을 수정할 수 없을 수 있으며, 이로 인해 문제 수정 비용이 크게 증가할 수 있습니다. 때로는 시정 작업에 비용이 많이 들기 때문에 장래의 소유자는 문제를 안고 살거나 주택 계약을 취소하는 불쾌한 선택을 해야 합니다.

건축이 아닌 구매

다른 옵션은 잠재적인 주택 소유자가 건설 중이거나 이미 소유자가 있는 주택 (즉, 다른 사람의 사양에 따라 지어진 주택)이 전체 또는 대부분의 요구 사항에 맞는 것으로 보이는 집을 찾는 것입니다. 이 옵션은 건물과 관련된 많은 문제점을 피하지만 장래의 소유자가 자신의 기대에 정확히 맞는 집을 찾을 가능성은 거의 없습니다.

기 사용 시뮬레이션 재사용 및 주택 구매와 관련된 아티팩트 및 역할에 대한 요약은 아래 표에 나와 있습니다.

주택 구매와 기 사용 시뮬레이션 재사용 비교	
주택 구매 아티팩트	기 사용 시뮬레이션 아티팩트
- 잠재 소유자의 요구 목록 - 기존 주택 특성	사용 목적의 M&S 요구사항
사진, 부동산 부동산 광고	시뮬레이션 개념 모델
청사진, 평면도	디자인 문서
하우스	시뮬레이션 문서, 사용 설명서, 코드
주택 구매 역할	시뮬레이션 역할
장래의 소유자	사용자
주택 소유자 또는 재산 관리자	M&S 제안자
일반 계약자**	M&S PM **
리모델링 업체, 하청업체*	개발자*
전문 검사관	- V&V 에이전트 - SME
- 잠재 소유자의 대리인 - 건물 검사 수석 책임관	인정 에이전트
* 일반적으로 "있는 그대로" 옵션에 관여하지 않습니다.	
**일반적으로 "있는 그대로" 또는 사소한 수정 옵션에 관여하지 않음	

신중하게 자신의 요구 사항을 정의하고 우선 순위를 정함으로써 잠재 소유자는 최상의 적합성을 보장할 수 있습니다(그리고 검색 기간을 줄일 수 있습니다).

주택 비유 예 :

잠재 소유자의 요구 사항 : 2 도어 차고, 사무실 공간, 중앙 공기, 휠 의자 출입구가 있는 지상 1 층, 울타리가 있는 뒷마당, 좋은 학교 및 쇼핑 센터와 가까움, 3개의 침실, 3개의 욕실 집, 최대 비용은 \$225,000입니다.

잠재적인 주택은 요구사항 중 어느 것이 해결되는지 확인하기 위해 주택을 둘러보고(검토)됩니다. 대부분의 경우 장래의 소유자는 그들이 보고 집에 대해 듣는 것을 계속해야 하지만, 때에 따라서는 집 계획, 난방비 등을 검사할 수 있고 외부 전문가(예: 배관공, 전기 기술자)를 데려와 잠재적인 문제를 검사할 수 있습니다. 장래 소유자는 이러한 검사를 직접 수행하거나 전문 주택 검사관을 고용하여 검사를 수행하도록 선택할 수 있습니다. 검사 중에 식별된 결함을 분석하고 잠재적인 주택 소유자의 요구에 맞는 주택을 만들기 위한 시간, 노력 및 비용을 결정하기 위해 평가가 이루어집니다. 장점도 있습니다.

잠재적인 주택은 잠재 소유자의 요구사항을 충족시키는 데 얼마나 많은 시간, 활동 및 비용이 관련되어 있는지에 따라 분리될 수 있습니다 : 대략 두 가지 범주가 있습니다 : 그대로 사용할 수 있는 주택, "일부 작업"이 필요한 주택. "일부 작업"이 필요한 주택은 사소한 수정이 필요한 주택과 큰 수정이 필요한 주택으로 나눌 수 있습니다.

- **있는 그대로의** - 집은 우선 순위가 높은 모든 요구 사항을 충족하며 외관 변경 또는 외부 도움 없이 소유자의 편의에 따라 수행할 수 있는 사소하고 일부 변경만 필요합니다.

있는 그대로의 주택 구매 예 :

집에는 침실 3개와 2와 3/4개의 욕조, 2대의 차고, 중앙 공기, 1층의 방 1개를 제외한 모든 방은 휠체어로 출입할 수 있으며 좋은 학군이고 지하실에는 사무실로 쉽게 전환할 수 있는 추가 침실이 있으며 비용은 \$205,000입니다. 집은 비어 있습니다.

차이점(부족함) : 울타리 없음; 3 대신 2와 3/4 욕실. 설치된 지하 사무실에 업무용 전화선이 필요하고, 휠체어 접근을 위해 메인 층의 문 크기를 조정 필요하며 (예상되는 구조적 문제 없음), 새로운 카펫, 재도장(내부)이 필요합니다.

장점 : 예산이 미만 \$20,000; 3/4 목욕탕은 메인 층에 있으며 휠체어로 접근 가능합니다. 바로 사용할 수 있습니다.

지하실에 사무실을 두는 것이 받아들여질 수 있다면, 집이 검사를 통과하는지 확인하기 위해 검사관을 데려오는 것 외에는 거의 할 필요가 없습니다. 울타리를 설치하고 문 크기를 조정하는 것은 예산 내에서 수행할 수 있는 빠르고 쉬운 수정이어야 하며 원하는 경우 카펫을 교체하고 벽을 다시 칠할 수 있을 만큼 충분히 남아 있어야 합니다.

이 상황에서 참여해야 할 유일한 역할은 장래의 주택 소유자 (및 대리인), 현재 소유자 및 검사관입니다. 마찬가지로, "있는 그대로" 재사용될 수 있는 기 사용 시뮬레이션은 M&S PM 또는 개발자의 개입을 필요로 하지 않을 것입니다.

- **사소한 수정** - 집은 장래의 소유자 요구사항의 대부분을 충족하지만 일부 격리된 수정이 필요합니다.

사소한 수정 예 :

집에는 침실 3 개와 욕조 3 개, 차고 두 대, 중앙 에어컨, 부분적으로 완성된 지하실, 부분적으로 휠체어 접근이 가능하며, 좋은 학군에, \$190,000의 비용이 듭니다.

차이점(부족함) : 지하 사무실을 만들려면 건식 벽체 마무리, 페인팅, 카펫 추가 및 추가 전화선 추가가 포함됩니다. 지하실에는 화장실이 없기 때문에 1/2 또는 3/4 욕조도 추가해야 합니다. 휠체어 접근을 완료하려면 정문에 경사로를 추가하고 메인 층 욕조에 핸디캡 바, 싱크대 및 의자를 설치해야 합니다.

장점 : 예산 미만으로 \$35,000. 수정은 더 광범위 하지만 여전히 상대적으로 저렴하고 복잡하지 않습니다.

장래의 주택 소유자가 이 집을 선택하면 모든 요구 사항을 해결하기 전에 몇 가지 작업을 수행해야 하지만, 각 문제는 리모델링 업체 또는 전문 계약자가 별도로 해결할 수 있으며 나머지 집에는 거의 영향을 미치지 않습니다. 리노베이션을 조정하기 위해 일반 계약자가 필요하지 않습니다. 그러나 집과 개조가 만족스러운지 확인하기 위해서는 추가 검사가 필요할 것입니다. 마찬가지로, 일반적으로 사소하고 일부 수정만 필요로 하는 시뮬레이션은 M&S PM의 개입을 필요로 하지 않고, 코드를 수정하려면 개발자가 필요하지만 실제로는 별도의 조직이 아닌 사내에서 수행할 수 있습니다.

- **주요 수정** - 집은 우선 순위가 높은 요구 사항을 많이 충족하지만 더 정교하고 값비싼 변경이 필요합니다.

주요 수정 예 :

훌륭한 학군에 있는 매력적인 오래된 집에는 침실 3개와 욕조 3개, 두 대의 차고, 중앙 에어컨, 휠체어 출입구, 수영장이 있는 크고 잘 보존된 울타리가 있는 마당, 차고 위의 미완성 다락방에 있는 잠재적인 사무실 공간이 있으며 \$150,000의 비용이 듭니다. 즉시 입주할 수 있습니다.

차이점(부족함) : 다락방을 사무실로 전환하려면 바닥을 보강하고, 내부 벽을 추가하고, 난방 및 배관 라인을 연장하고, 반 욕조를 설치하고, 전원 및 전화선을 추가하고, 단열재를 설치하고, 창문과 안전한 외부 입구를 설치해야 합니다. 집의 노후화로 인해 가전 제품, 전기 배선, 배관, 지붕, 단열재 등은 모두 잘 작동하는지 현재 건축법규를 충족하는지 검사해야 합니다. 수영장은 상태에 따라 결핍일 수도 있고 아닐 수도 있습니다.

장점 : 저렴한 비용, 우수한 학군, 집과 재산의 미적 매력, 마당의 크기 및 (아마도) 수영장.

모든 소유자의 요구를 해결하기 전에 광범위한 작업을 수행해야 할 수도 있습니다. 알려진 사무실 개조 외에도 가전 제품, 배선 또는 배관을 고정하거나 업그레이드해야 할 수도 있습니다. 잠재적인 문제를 식별하기 위해 검사관을 데려와야 합니다. 문제가 발생하면 전문가 (배관공, 전기 기술자, 루퍼 등)를 고용하여 문제를 해결해야 할 수도 있습니다.

사무실 리노베이션의 어색함 때문에 자재 주문, 하청업체 감독, 작업 일정 잡기 등을 위해 일반 계약자가 필요할 수 있습니다. 차고의 건축 계획을 검토하고 수정해야 합니다. 건축업자가 일하기 위해 상세한 디자인과 사양을 작성해야 합니다.

또한, 잠재 소유자, 일반 계약자 또는 다른 전문가에 의한 검사는 리노베이션의 각 단계와 마지막에 리노베이션이 건축 법규를 준수하고 장래의 소유자의 요구를 충족하는지 확인해야 합니다. 큰 수정이 필요한 시뮬레이션은 일반적으로 M&S PM과 개발자가 수정을 수행해야 하며 V&V 활동과 인정 평가는 훨씬 더 강합니다.

구매가 아닌 임대

잠재적인 주택 소유자를 위한 최종 옵션은 임대하는 것입니다. 집을 임대하는 것은 구매와 동일한 아티팩트와 역할을 포함하지만 임대 부동산은 기존 소유자의 통제하에 있기 때문에 잠재 소유자(임차인)는 모든 요구사항을 충족하는 주택을 찾는 것을 선호하지는 않습니다. 임대 계약은 대부분 어떤 변경을 할 수 있는지는 매우 제한적입니다. 그리고 재산 소유자가 유지 보수에 대한 책임을 질 때, 많은 것은 그들의 대응에 달려 있습니다.

이것은 사용자 이외의 누군가가 시뮬레이션을 소유할 때 기 사용 시뮬레이션 재사용의 상황과 매우 흡사합니다. 사용자는 시뮬레이션의 소유자 또는 관리자(즉, M&S 제안자)와 계약을 체결합니다. 시뮬레이션을 언제 어떻게 사용할 수 있는지, 그리고 부분적으로는 시뮬레이션을 변경할 수 있는 방법은 구성 제어 정책에 의해 관리됩니다. 시뮬레이션이 엄격한 구성 제어 하에서 유지될 때(예를 들어, 오직 하나의 승인된 버전이 있을 때), M&S 제안자는 수정이 이루어질지 여부를 결정하고 심지어 누가 그것을 만드는지 결정할 수도 있습니다. 엄격하게 구성을 제어하는 것은 또한 시뮬레이션이 잘 문서화 또는 잘 이해되고 그 평판 (사용 기록)이 적어도 부분적으로 의도된 용도로 이전되는 높은 수준의 신뢰성을 제공한다는 것을 의미합니다. 구성 제어가 덜 엄격하게 유지되는 경우 필요에 따라 수정할 수 있는 복사본이 사용자에게 제공될 수 있습니다. 이로 인해 각각 제한된 기록을 가진 여러 버전의 시뮬레이션이 생성됩니다. 개별적으로는 잘 문서화되거나 의도된 용도로 쉽게 전환될 수 있는 매우 신뢰할 수 있는 "사용 내역"을 가질 가능성이 적습니다.

비유 결론

이 비유는 합리적인 데까지 확장되었지만 한 가지 측면이 남아 있습니다. 시뮬레이션 개발 및 사용에서 자주 가정하는 것은 코드 라인이 처음 배치되었을 때와 마찬가지로 적은 시간과 노력으로 텍스트 편집기로 항상 변경할 수 있기 때문에 시뮬레이션이 제공될 때까지 기다렸다가 V&V를 수행할 수 있다는 것입니다. 확실히 내부에 새는 파이프 조인트를 교체하는 것보다 훨씬

훨씬 더 쉽게 코드 라인을 변경할 수 있다는 것은 사실입니다. 벽이 있지만 다른 많은 면에서 주택 건설과 시뮬레이션 개발 간의 유사성은 언뜻 보이는 것보다 더 가깝습니다.

초기에 개발된 코드는 집의 기초와 마찬가지로 나중에 코드가 의존하는 기초가 됩니다. 인정된 표준 (예 : 네트워킹 프로토콜, 파일 형식)을 준수하지 않는 행동을 구현하기 위한 코드는 결국 행정관서의 표준에 부합하지 않는 배관처럼 분해되고 수정되어야 합니다. 이 작업을 적시에 수행하지 않으면 시뮬레이션의 다른 부분에 파급 효과가 발생하여 벽 뒤의 누출 된 파이프 조인트를 수리하기 위해 집안의 건식 벽체 작업이 반드시 손상되어야 하는 것처럼 다른 곳에서 코드 재 작업이 발생합니다.

시뮬레이션 개념 모델 또는 설계 문서 단계에서 발견되는 오류는 종종 수정하기가 저렴하지만 수정이 끝날 때까지 감지되지 않으면 동일한 오류를 수정하는 데 엄청난 비용이 소요될 수 있습니다. 오류의 원인을 파악하는 것이 훨씬 더 어려울 뿐만 아니라 프로젝트 후반에 소량의 코드만 변경하면 상당한 테스트 작업을 다시 수행해야 합니다.

시뮬레이션 개발 및 사용의 이러한 측면이 더 널리 이해된다면, 시뮬레이션 개발이 끝날 때까지 V&V를 연기하려는 경향이 널리 퍼져 있을지 의심스럽습니다. 자원과 시간이 제한된다는 점을 감안할 때, 시뮬레이션을 구축하거나 사용을 준비하려는 사람들은 "작업을 계속"하기를 원하며 V&V 작업을 준비하거나 수행함으로써 산만해지는 것을 꺼려한다는 것은 확실히 이해할 수 있습니다. 그럼에도 불구하고, 이것은 궁극적으로 "페니는 현명하지만 파운드는 어리석은" 접근 방식입니다. 이러한 비유에서 예시된 바와 같이, 그리고 V&V 지침과 지시에서 시뮬레이션 개발 및 사용이 성공하기 위해서는 V&V 활동이 개발 및 준비 프로세스에 통합되어야 한다는 것이 필수적입니다.

VV&A의 비용과 이점은 무엇입니까?

VV&A의 목적은 의사 결정을 내릴 때 신뢰할 수 있는 시뮬레이션이 사용되도록 하는 것입니다 (신뢰할 수 있는 것은 상황에 따라 다르다는 것을 인식), 신뢰할 수 없는 시뮬레이션을 사용하여 중요한 결정을 내리는 것은 비논리적이기 때문에 VV&A의 주요 결과는 단순한 이익을 제공하는 것 이상이라고 말할 수 있습니다. 필요성을 제공하는 수준에 도달합니다. 물론, 상황이 이렇게 단순하거나 명확한 것은 거의 없습니다.

VV&A 활동이 완료된 후 시뮬레이션이 신뢰할 수 있는 것으로 보일 확률은 항상 있습니다. 따라서 시뮬레이션을 위해 VV&A를 건너뛰고 싶은 유혹이 항상 있습니다. 이 시뮬레이션은 모든 것이 말하고 완료될 때 "신뢰할 수 있는" 것입니다. 이것은 쉽게 페니는 현명하고 파운드는 어리석은 전략으로 이어질 수 있으며, 여러 가지 이유로 이 유혹을 피해야 합니다.

- **잘 정립 된 시뮬레이션 개발 프로세스에 V&V를 포함하면 비용이 적게 들면서 진행중인 프로세스가 향상됩니다.**

많은 성숙한 소프트웨어 개발 프로세스에는 이미 확립된 소프트웨어 품질 보증(QA) 프로

세스의 일부로 검증과 매우 유사한 단계가 통합되어 있습니다. 소프트웨어 QA 활동을 포함한 시뮬레이션에서 V&V 활동은 기존 QA 문서를 수집하고, 적절하게 처리되지 않았을 수 있는 모든 요구 사항을 식별하고, 이를 해결하는 데 필요한 V&V를 수행하고, 결과 확인을 수행하는 것으로 구성됩니다. 인정 평가는 지정된 목적에 대한 시뮬레이션의 적합성에 관한 QA 및 V&V 활동의 모든 정보를 평가하고 결과를 문서화 합니다.

- VV&A의 추가는 실제로 전체 순 시뮬레이션 개발 비용을 줄일 수 있습니다.

이는 시뮬레이션의 소프트웨어 개발 프로세스가 아직 품질에 중점을 두지 않은 경우에 발생할 수 있습니다. V&V에서 수행되는 작업, 특히 검증은 소프트웨어 개발 프로세스에 효과적으로 추가되어 다른 경우보다 초기 단계에서 소프트웨어 설계 오류를 감지하고 수정하는 데 도움이 될 수 있습니다. 개발 프로세스 후반에 발견된 오류를 수정하는 데 드는 비용이 크게 증가하면 초기 검색 및 수정을 통해 코드 테스트 및 디버깅 영역에서 상당한 비용 절감 효과를 얻을 수 있습니다. 실제로 시뮬레이션 개발의 비용 절감은 V&V 활동의 비용을 지불하는 데 도움이 될 수 있습니다.

- VV&A는 잘못된 프로그램을 만드는 위험과 비용을 최소화합니다.

VV&A의 진정한 비용이 반드시 그렇게 중요한 것은 아니지만 진정한 이점은 될 수 있습니다. 이러한 비용과 혜택은 원칙적으로 프로그램의 결과가 적용되는 상황의 특성에서 파생되기 때문에 프로그램 비용을 초과할 수도 있습니다. 부적절한 시스템 테스트로 인한 부작용의 몇 가지 예는 이 문서의 앞부분에서 제공되었습니다. VV&A가 충분하지 않으면 동일한 유형의 문제가 발생할 수 있습니다.

- VV&A는 관리되는 프로세스 세트로 구성되어 있기 때문에 양자택일로 진행 / 중단 결정을 내릴 필요가 없습니다.

VV&A 프로세스의 수행 전반에 걸쳐 증거가 수집됨에 따라 시뮬레이션의 신뢰성에 대한 선행적 평가가 지속적으로 수정될 수 있습니다. 어느 시점에서든, 사용자는 신뢰성 결정을 내리기에 충분한 증거가 있거나(또는 그렇지 않은) 결론을 내릴 수 있거나, 아직 완전한 확실성이 없더라도 시뮬레이션이 신뢰할 수 있는 것으로 입증될 가능성이 매우 높으며, 확실성의 정도를 더욱 향상시키는 비용은 그 당시 남아 있는 위험 수준과 비교하여 보증되지 않는다고 결론지을 수 있다. 요컨대, VV&A 활동은 비용에 비해 이익을 극대화할 수 있도록 관리 될 수 있습니다.

VV&A는 단순히 모델과 시뮬레이션이 신뢰할 수 있도록 보장하는 것 이상의 역할을 하며, 개발 오류를 수정하는 비용을 방지하는 데 도움이 되며, 잘못된 프로그램 결정으로 인한 부정적인 영향을 방지하는 데 도움이 됩니다. 전반적으로 제대로 수행된다면 VV&A의 이점은 비용보다 훨씬 큼니다.

참조

1. DoD Instruction (DoDI) 5000.61 : DoD Modeling and Simulation (M&S) Verification, Validation, Accreditation (VVA), April 1996 (현재 개정 중)
2. Rouche, P. J., 검증 및 확인의 기초, Hermosa Publishing, 2009, p. 42. 사르겐트, R. G., 1998. "시뮬레이션 모델의 검증 및 확인," 1998년 겨울 시뮬레이션 컨퍼런스 논문집, pp 121-130.
3. 화성 기후 궤도 실패 보드 발표 보고서, 릴리스 : 99-134,
<http://mars.sgi.com/msp98/news/mco991110.html>
4. "허블 우주 망원경은 행성 과학을 초래한다"(소개), 레타 비베, Astronomy Department, New Mexico State University, LasCruces, New 멕시코,
<http://www.agu.org/revgeophys/beebe01/beebe01.html>
5. "어뢰 차 세계 대전", 역사 채널, A & E 텔레비전 네트워크 ©, 2000에 발표 다큐멘터리의 침묵 서비스 시리즈의 일부
6. 문제를 진단하기 위해 실시된 실시간 테스트 드랍의 관찰자와의 개인적인 대화.
7. 누락 된 구성 요소를 추적하는 데 관련된 개인과의 개인 대화.

약어

AA	인정 에이전트
CPU	중앙 처리 장치
DMSO	국방 모델링 및 시뮬레이션 사무소
DoD	국방부
M&S	모델링 및 시뮬레이션
QA	품질 보증
PM	프로그램 관리자
RPG	권장 사례 가이드
SME	주제 전문가
V&V	검증 및 확인
VV&A	검증, 확인 및 인정