SE 모델기반 시험평가 체계 - 스마트 무인기 적용사례

오수훈[1)*], 김연태[2)], 이중윤[2)]
한국항공우주연구원[1)], SE Technology(주)[2)]

SE Model-Based Test & Evaluation System - Application Case for Smart UAV

Soo Hun Oh[1)], Yuen Tae Kim[2)] and Joong Yoon Lee[2)]

1)Korea Aerospace Research Institute, 45 Eoeun-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-333, Korea
2)SE Technology Ltd., IAE 9th, 633-2, Baegam-myeon, Yongin-si, Kyonggi-do, 449-863, Korea

Abstract : For the systems engineering process-based development, all requirements of 'Smart UAV Development Program' have been constructed as the database of CORE®, computer aided systems engineering tool. In this paper, the construction and application of model-based test & evaluation system using those database is described, which prevents omitting essential tests and performing unnecessary tests and enables automatic reflection of database changes and standardization of document formats.

Key Words : Model-Based T&E System(모델기반 시험평가 체계), TEP Schema(시험평가계획 스키마), Smart UAV(스마트무인기)

1. 서론

시스템 엔지니어링은 대부분의 항공우주 분야 개발사업의 대상인 신개념 시스템이나 복잡한 시스템을 효율적으로 개발하기 위해 없어서는 안 될 필수적인 분야이다. 산업자원부의 '21세기 프론티어연구개발사업' 의 일환으로 추진 중인 '스마트무인기기술개발사업' 은 수직이착륙과 고속비행이 동시에 가능한 신개념 비행체 기술(Fig. 1)과 충돌회피, 자율비행, 고장진단 등의 스마트 기술을 접목하여 새로운 개념의 복잡한 무인기(UAV) 체계를 개발하는 사업으로 시스템 엔지니어링의 적용이 필수적인 기술개발 사업이다.[1]

* 교신저자 : oshtiger@kari.re.kr

본 논문에서는 스마트무인기 시스템의 체계적인 시험 검증을 위한 SE 모델기반 시험평가 체계 구축 및 적용 사례를 기술하였다. 2장에는 시험평가 체계 구축의 필요성을 기술하고, 3장에 스마트무인기 체계 개발을 위하여 구축된 시험평가 체계에 대해 기술하였으며 4장 결론에서 구축된 시스템의 효용성에 대하여 기술하였다.

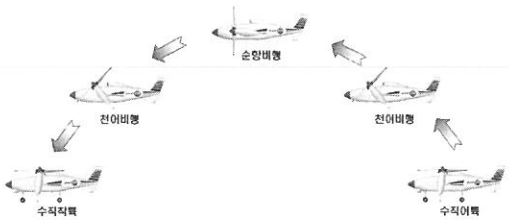

Fig. 1 신개념 비행체

2. 시험평가 체계 구축의 필요성

시험평가(Test & Evaluation)는 설계결과가 설계요구사항과 이해관계자의 요구사항을 모두 충족하는지를 시험으로 검증하기 위한 활동으로 이를 통하여 시기적절한 피드백을 설계팀에 제공함으로써 개발위험도를 낮추는 효과를 기대할 수 있다.

이러한 시험평가 활동은

- 다수의 검증 대상 요구사항
- 설계자와 시험 전문가의 관점 차이
- 소프트웨어와 하드웨어 복합 개발
- 시제(Prototype) 개발
- 다수의 개발 참여기관
- 중복된 검증방법 (예:분석+시험+시범)
- 구성품/부체계/체계 시험 등 시험 단계
- 지상/환경/비행 시험 등 시험 종류

와 같은 다수의 고려 요소와 추적성 문제로 인하여 규모가 작은 개발에 있어서도 복잡한 양상을 나타내게 된다.(Fig. 2) 특히 규모가 큰 개발 프로젝트의 경우 그 복잡도는 사람의 직관에 의지하여 해결할 수 있는 한도를 넘어서게 되므로 체계적인 시험 검증을 위해서는 시스템엔지니어링 개념에 부합되면서, 관리 효율을 위하여 최대한 자동화된 시험평가 체계를 구축할 필요가 있다.

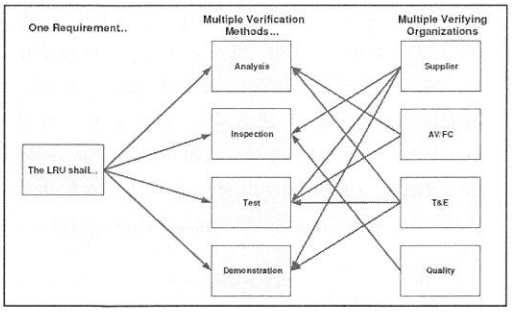

Fig. 2 V&V의 복잡성 [2]

3. 시험평가 체계 구축

스마트무인기기술개발사업의 시험을 통한 검증절차는 시험평가 총괄계획서(Test & Eval-uation Master Plan : TEMP)[3]에 Fig. 3과 같이 규정되었다.

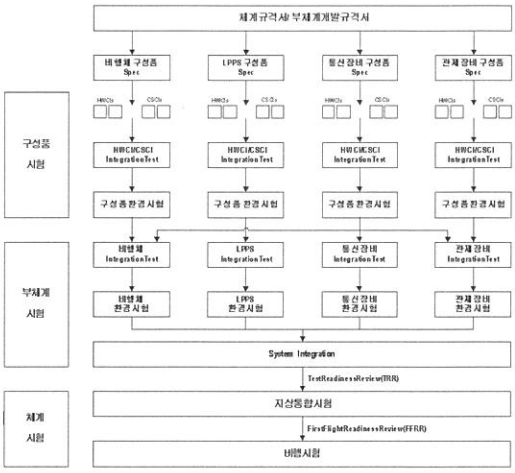

Fig. 3 스마트무인기 Test Flow [3]

3.1 논리체계 및 데이터 구조

Fig. 3과 같이 구성품 수준의 시험에서 시작하여 부체계 및 체계 수준의 시험으로 전개되는 Bottom-Up 방식의, 구조적이고 체계화된 시험이 수행될 수 있도록 전산지원 시스템엔지니어링 도구 CORE®를 이용하여 요구사항 영역(Requirements Domain) 모델과 유기적으로 연결된 검증 영역(V&V Domain) 모델을 구축함으로써 요구사항(Requirement)으로부터 검증요구사항(Verification Requirement) 및 이를 기반으로 하는 검증이벤트(Verification Event)에 이르는 추적성이 확보되었다.

이와 함께 시험평가체계의 논리적 메타모델인 시험평가계획 스키마(TEP Schema)를 스마트무인기 사업에 적용할 수 있도록 조정(Tailoring)하였다. 즉 시스템의 물리적 계층구조에 따른 요구사항-검증요구사항-검증이벤트-시험형상 등에 대한 논리적 메타모델(TEP Schema)을 스마트무인기 사업에 적용할 수 있도록 조정하여 적용함으로써 모델 기반의 시험평가 수행 및 관리가 가능하도록 하였다. 참고문

헌 [4]의 시험평가계획 스키마(Fig. 4)를 이용하였으며 이 시험평가계획 스키마에 의한 데이터 모델의 구조적 개념은 Fig. 5와 같다.

하도록 조정하여, '스마트무인기 시험절차서 자동출력 프로그램' 을 개발함으로써 SE 모델 기반의 시험평가 체계가 완성되었다.

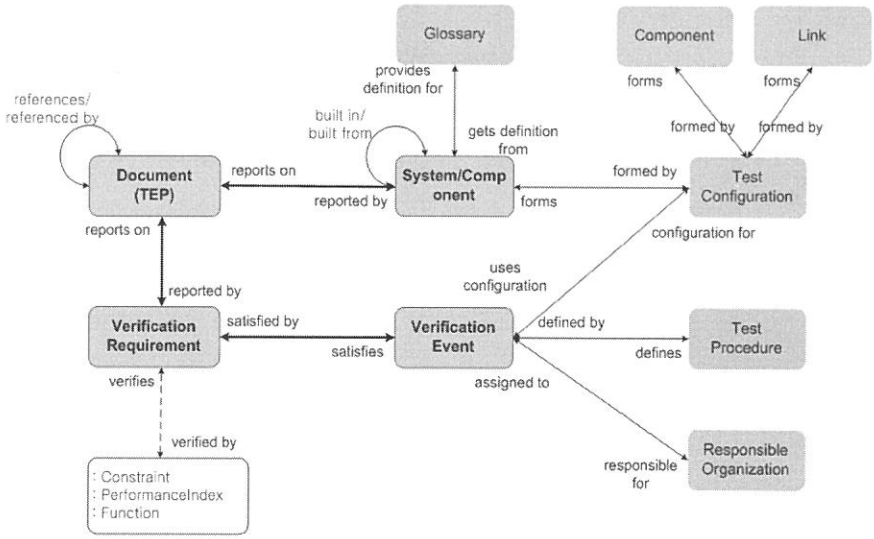

Fig. 4 검증 스키마

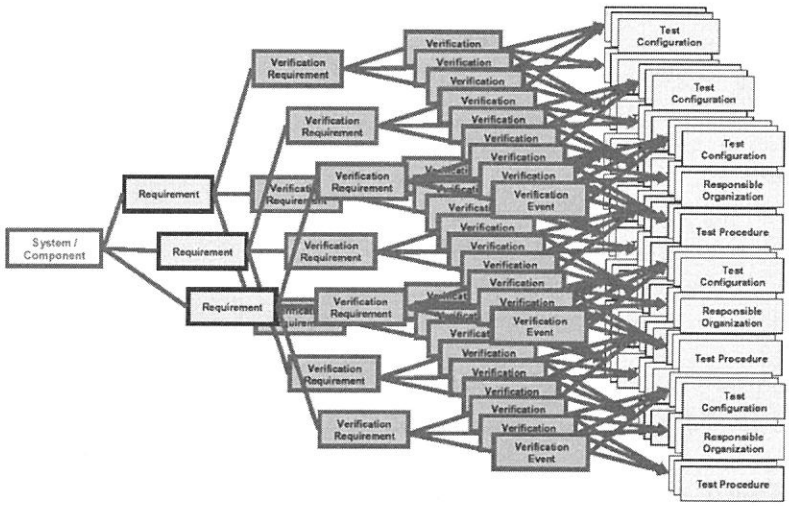

Fig. 5 검증스키마 구조 개념도

3.2 시험절차서 출력 자동화

구축된 요구사항영역 및 검증영역 모델을 기반으로 CORE®에서 제공하는 시험평가계획서 자동출력 프로그램을 스마트무인기 사업에 적합

시험절차서 자동 출력 프로그램은 다음과 같은 요구사항을 충족시키도록 함으로써 시험 계획자의 의도가 최대한 반영될 수 있도록 개발되었다.

- CORE® 데이터베이스에서 사용자가 원하는 요구사항만을 선별하여 관련 시험만으로 구성된 시험절차서를 출력 가능
- 규격서의 요구사항 기술 순서와 무관하게 시험 계획자가 원하는 순서대로 시험절차를 구성 가능
- 하나의 요구사항을 복수의 시험으로 검증하는 경우의 처리 가능
- 복수의 요구사항을 한 시험으로 검증하는 경우의 처리 가능

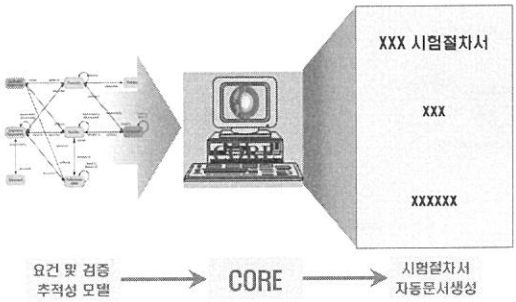

Fig. 6 시험절차서 자동 출력

시험절차서의 내용은 Table 1과 같이 구성되었다. 4장은 검증요구사항을 기술하는 곳으로 해당 시험절차서를 이용하여 검증할 모든 검증요구사항이 시험 순서와 무관하게 나열된다.

- 4.1.1절에 각 검증요구사항의 대상이 되는 요구사항을,
- 4.1.2절에 검증방법(시험 또는 시범, 스마트무인기 사업에서는 검증방법이 시범인 경우도 시험절차서에 그 절차를 기술하도록 규정하였다) 및 수준(구성품 / 부체계 / 체계)을,
- 4.1.3절에 해당 검증이 수행될 검증이벤트를 기술하였다.

5장은 시험절차가 기술되는 곳으로 4장의 모든 검증요구사항에 대한 검증이벤트가 수행 순서에 따라 출력된다. 검증요구사항과 검증이벤트의 관계는 일대다(하나의 검증요구사항을 복수의 검증이벤트를 통하여 검증) 또는 다대일(복수의 검증요구사항을 하나의 검증이벤트를 통하여 검증)의 경우가 모두 가능하며 이를 통하여 자유로운 시험절차의 구성이 가능하다. 이 관계를 정리하여 Table 2와 같이 '검증이벤트/검증요구사항 관계 요약 표' 의 형태로 출력함으로써 전체 시험을 구성하는 검증이벤트와 해당 검증요구사항의 관계를 한 눈에 파악할 수 있도록 하였다.

Table 1 시험절차서 양식

1. 적용 범위
2. 적용 문서
3. 시스템 특성
4. 시험절차
   4.1 ~의 검증 (검증요구사항)
      4.1.1 검증 대상 요구사항 (요구사항)
      4.1.2 검증 방법 및 수준
      4.1.3 관련 검증이벤트
   4.2
   4.3
   .....
5. 검증이벤트
   검증이벤트/검증요구사항 관계 요약 표
   5.1 ~~ 검증이벤트
      5.1.1 시험장비
      5.1.2 시험 주관 조직
      5.1.3 시험 조건
      5.1.4 시험 절차
   5.2
   5.3
   .....
6. 시험성적서
   6.1 -> 5항과 일대일로 작성

Table 2 검증 이벤트/요구사항 요약 표 샘플

검증 이벤트	해당 검증 요구사항
검증이벤트 1	검증요구사항 A
검증이벤트 2	검증요구사항 A 검증요구사항 B
검증이벤트 3	검증요구사항 C 검증요구사항 D

3.3 데이터 입력 자동화

시험절차서 자동 출력 프로그램과 함께 데이터베이스 입력의 편의를 위한 템플릿 및 프로그램도 개발되었다. 사용자가 템플릿의 내용을 채

운 후 관련 프로그램을 실행시키면 템플릿 내용 전체가 자동으로 CORE® 데이터베이스에 입력되도록 개발되었다.(Fig. 7)

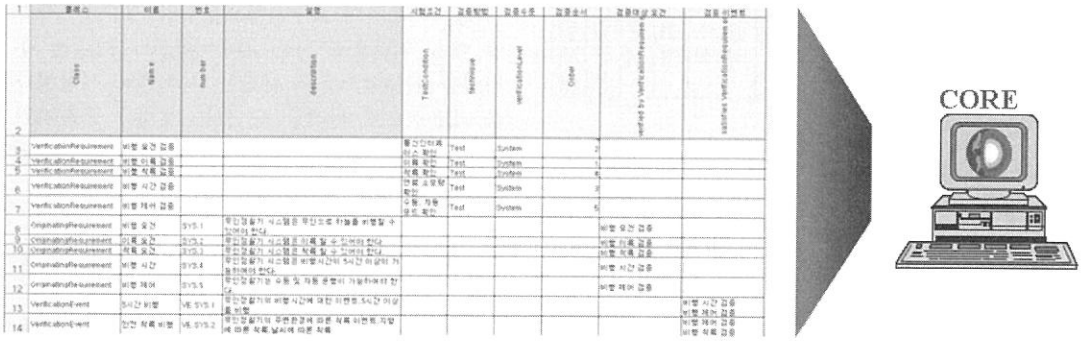

Fig. 7 템플릿을 이용한 데이터 입력

본 시스템을 이용함으로써 시스템 개발 전체를 관장하는 시스템 엔지니어와 세부 시험절차를 계획하는 개발 엔지니어 사이의 개념 장벽을 극복하고 원활하게 CORE® 데이터베이스를 구축할 수 있었다.(Fig. 8)

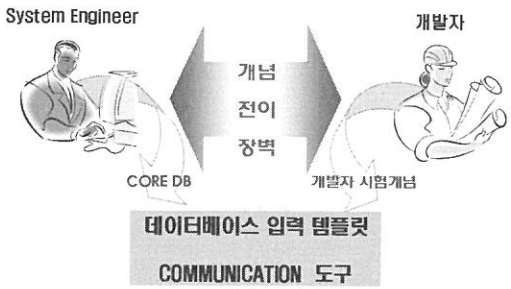

Fig. 8 개념 전이 장벽의 극복

기존 데이터베이스 내용을 수정하지 않고 새로운 내용만 추가하거나, 기존 데이터베이스 내용을 수정하는 방식의 옵션이 모두 가능하도록 개발함으로써 사용자 편의성을 극대화하였다.

템플릿은 모두 3개로 구성되는데 첫째 템플릿은 문서의 속성을 지정하기 위한 것으로 헤더 내용은 Table 3과 같다.

둘째 템플릿은 요구사항-검증요구사항-검증이벤트 간 관계를 지정하기 위한 것으로 헤더 내용은 Table 4와 같다.

셋째 템플릿은 검증이벤트의 속성을 지정하기 위한 것으로 구체적인 시험절차가 입력되며 헤더 내용은 Table 5와 같다. 시험절차 구성의 일관성을 유지하기 위하여 모든 시험절차는 다음과 같은 7개의 항목으로 구분되어 정리되도록 하였다.

- 시험절차 1 : 장비 설치 / 연결
- 시험절차 2 : 초기화
- 시험절차 3 : 시험전 점검
- 시험절차 4 : 본 시험 수행 절차
- 시험절차 5 : Pass/Fail Criteria
- 시험절차 6 : 시험후 점검
- 시험절차 7 : 시험후 처리

Table 3 문서 속성 템플릿 헤더

클래스	이름	번호	설명	문서타입	작성자	검토자	승인자	관련기관	해당개정기록	참고문서	출력문서	참고그림	첨부문서	외부파일경로	첨부파일제목

Table 4 요구사항-검증요구사항-검증이벤트 템플릿 헤더

클래스	이름	번호	설명	시험조건	검증방법	검증수준	검증순서	검증대상요건	검증이벤트

Table 5 검증이벤트 속성 템플릿 헤더

클래스	이름	번호	설명	시험조건	시험절차 1	...	시험절차 7	이벤트순서	시험장비	주관조직	첨부그림	첨부문서	외부파일경로	첨부파일제목

3.4 요구사항 검증현황 출력

요구사항 검증 현황표를 출력하는 프로그램도 개발하여 검증 진행 상황을 일목요연하게 파악할 수 있는 시스템도 구축되었다. 출력되는 표의 서식은 Table 6과 같으며 복잡한 시험평가 진행 현황을 한 눈에 파악하는 것이 가능하게 되어 시험평가 진행 관리를 위한 유용한 도구로 사용되고 있다.

Table 6 요구사항 검증 현황표

OR	VR	Status	VE	문서번호
요구사항	검증요구사항	PASS FAIL Not Verified	검증이벤트	검증결과 증빙 문서번호

4. 결론

이상과 같이 구축된 SE 모델기반 시험평가 체계를 이용하여 요구사항으로부터 검증요구사항 및 이를 기반으로 하는 검증이벤트에 이르는 추적성을 확보함으로써 복잡한 시스템의 시험평가를 효율적으로 관리할 수 있는 체계가 구축되었고 이로부터 최신 데이터베이스 내용이 반영된 시험절차서를 자동으로 출력할 수 있게 되었다.

시험절차서 자동 출력 시스템을 활용함으로써

- 필수 시험이 시험계획에서 누락되는 경우나, 반대로 불필요한 시험이 계획되는 경우를 원천적으로 방지함으로써 합리적 시험절차서 작성 가능
- 규정된 형식의 문서를 자동 출력하므로 문서 양식 및 내용 형식의 통일과 필요시 일괄 변경 가능
- 요구사항 변경 등의 데이터베이스 변경 내용을 자동 반영 가능

등의 효용을 누리게 되었으며, 본 논문에서 서술한 스마트무인기 사업을 위해 구축된 SE 모

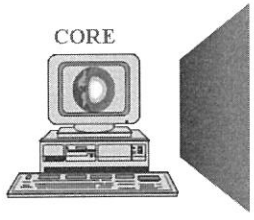

Fig. 36 시험절차서 자동 출력

6 시스템엔지니어링

델기반 시험평가 체계는 향후 복잡한 타 시스템의 시험평가 관리를 위한 유용한 도구로도 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

후 기

이 연구는 산업자원부 지원으로 수행하는 21세기 프론티어 기술개발사업(스마트무인기기술개발사업)의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 오수훈, 김승주, 임철호 "스마트 무인기 개발의 SE 적용 사례", 시스템엔지니어링 춘계워크숍, 2006
2. 손국락, 시스템엔지니어링 실무 교육 자료, 2006
3. 오수훈, "시험평가 총괄계획서", SUDC-TS-A1-03-002, 2004
4. SE Technology(주), 모델기반 시험평가계획 구축 교육자료 ver.1.0, 2004
5. 안석민, 김근택, 최선우, 김근배, "스마트무인기 개발에서의 SE적용사례", 시스템엔지니어링 춘계 심포지엄, 2003
6. 오수훈, 구삼옥, 임철호, "스마트 무인기 체계의 기능 분석", 시스템엔지니어링 춘계 심포지엄, 2003
7. Robert Halligan, "Systems Engineering Course Textbook", Project Performance Pty Ltd, 2003