JANT 한국항행학회논문지
Journal of Advanced Navigation Technology

항행 및 항법

J. Adv. Navig. Technol. 21(1): 50-57, Feb. 2017

안전필수항행시스템의 시험평가 프로세스

T&E Process for Safety-Critical CNS/ATM Systems

강 자 영* · **김 무 근** · **김 영 훈** · **임 인 규**
한국항공대학교 대학원 항공운항관리학과

Ja-Young Kang* · **Mu-Geun Kim** · **Young-Hoon Kim** · **In-Kyu Lim**
Aviation Management, Graduate School, Korea Aerospace University, Gyeonggi-do 10540, Korea

[요 약]

최근 국내에서 추진된 항공 관련 안전필수시스템 기술 개발 사업들이 중도에 종료되거나 최종 단계에서 실용화되지 못하는 사례가 종종 발생했다. 사업실패의 원인은 여러 가지 요인이 있겠지만 본 연구에서는 불완전한 시험평가 절차에 주안점을 두고 관련 연구를 수행하였다. 일반적으로 안전필수시스템의 시험평가 프로세스는 시스템의 전 수명주기에 걸쳐 분포되고 단계별 연속성을 가져야 하며 시스템 설계 및 획득 전략의 성숙도에 따라 다양한 방법으로 실행될 수 있다. 본 논문의 목적은 국내 안전필수 항행시스템 개발 사업의 리스크를 줄이고 성공률을 높이기 위한 방안으로 국내외 시험평가 프로세스를 분석하여 새로운 전략을 제시하는 것이다. 먼저 안전필수시스템에 대한 검증 및 확인 기법에 대해 토의하고 선진기관의 시험평가 프로세스 및 절차와 국내 현황을 분석한 뒤 국내외 시험평가 프로세스를 비교함으로써 불완전한 시험평가 절차에 대한 보완책을 제시하였다.

[Abstract]

Recently, safety-critical aviation system development programs promoted domestically have been terminated in the middle stage or they have not been put to practical use at the final stage. The program failure may be caused by various factors, but this study focused on imperfect test and evaluation(T&E) procedures. In general, T&E process of a safety-critical system must be distributed throughout the entire life-cycle of the system, have a continuity in phases, and can be implemented in a variety of ways depending on the maturity of the system development and acquisition strategy. This paper aims to present a new strategy by analyzing the domestic and overseas T&E processes to reduce the risk of domestic safety-critical CNS/ATM system development program and increase the success rate of program. First, we discuss the verification and validation techniques for safety-critical systems, analyze the T&E procedures of advanced institutes and the domestic situation, and then compare the domestic and overseas T&E processes to complement the imperfect testing procedure.

Key word : Communication, navigation, and surveillance/air traffic management, Safety-critical system, Systems engineering, Test and evaluation, Verification and validation.

https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.1.50

Received 31 January 2017; **Revised** 2 February 2017
Accepted (Publication) 16 February 2017 (28 February 2017)

***Corresponding Author; Jay Kang**

Tel: +82-2-300-0081
E-mail: jaykang@kau.ac.kr

Ⅰ. 서 론

최근 국내에서 추진된 항공 관련 안전필수시스템 (SCS; safety-critical system) 기술 개발 사업들이 중도에 종료되거나 최종 단계에서 실용화되지 못하는 사례가 발생했다.

삼성전자는 2016년 8월 갤럭시 노트 7을 출시하였지만 배터리 결함문제로 생산중단을 하는 등 큰 손실을 입었다. 이 업체의 2016년도 3분기 매출은 47조, 영업이익은 7.8조로서 전년 동기대비 매출은 9.6 %, 영업이익은 29.63 %로 감소한 것이다[1]. 기업 이미지와 신뢰도 손상으로 인한 업체의 브랜드 가치 하락까지 따진다면 그 손실은 더 클 것이며 수출 중심의 성장구조를 가진 국가 차원에서도 큰 손실이 아닐 수 없다.

Standish 그룹이 2015년 전 세계 5만개의 소프트웨어 개발 프로젝트를 조사하여 발표한 보고서에 따르면 초기 예산 및 일정 내에서 성공적으로 끝난 프로젝트는 29 %, 초기 비용 및 일정을 초과하여 완료된 프로젝트는 52 %, 개발 도중에 종료된 프로젝트는 19 %이었다(표1 참조)[2]. 이처럼 초기에 계획한 비용과 일정을 지키면서 사업을 성공적으로 완료하는 것은 쉽지 않으며, 철저한 사전 계획과 여러 가지 변수를 고려하여 사업을 추진해야 한다.

제품 개발 실패에는 여러 가지 요인이 있겠지만 사업관리 관점에서는 관련 제도나 기준의 미비 또는 예산부족이나 시의 적절하지 못한 리스크 관리 등이 요인이 될 수 있고, 시스템 엔지니어링 관점에서는 완전하지 못한 요구사항이나 설계 오류, 또는 불충분한 시험 및 평가 등이 주요 실패 원인으로 고려될 수 있다.

표 2에 나타낸 바와 같이 일반적으로 시스템 개발 시 오류 유입율은 요구사항/설계/제작 단계에서 70 %, 시험단계에서 30 % 이고, 오류 탐지율은 요구사항/설계/제작 단계에서 3.5 %, 시험 및 출시 단계에서 75.5 % , 운용 중에 20.5 %, 기타 0.5 % 이다[3]. 이 자료에 의하면 시스템 오류의 대부분은 개발초기에 유입되지만 오류 탐지는 조기에 되지 않는 특성이 있다. 이러한 특성을 가진 시스템은 개발의 마지막 단계에서 대부분의 오류가 탐지되기 때문에 그로 인한 오류 제거 비용과 일정지연이 상당히 증가되어서 자칫하면 사업 중단이라는 리스크로 발전될 확률이 크다. 또한 운용 중 오류 탐지율이 높기 때문에 이 시스템이 안전필수시스템이라면 인명 또는 재산상의 큰 손실로 이어질 가능성도 크다. 따라서 이러한 특성을 갖는 항공 SCS 시스템 개발 사업에서는 오류 유입이 되도록 적게 일어나게 하고, 개발 초기 단계에서 오류 탐지율을 높이는 전략이 필요하다.

그림 1은 오류검출의 3가지 예를 시스템 개발 수명주기 상에 나타낸 개념도이다. 각 오류검출 곡선에 대응되도록 그 선도 아래에 표시한 중심(centroid)은 해당 오류검출 곡선과 수명주기 축이 만드는 면적의 중심점이다. 그 중심이 수명주기 후반부 쪽으로 치우쳐 있을수록 오류수정비용이 증가하는 형태를 보이고 있다. 그림에서 실선(Curve 3)으로 표시된 오류검출의 예를 현행의 경우로 가정하였고 그 중심이 개발 수명주기 후반부에 치우쳐 있음을 알 수 있다. 가장 이상적인 오류검출 예는 점선(Curve1)으로 표시되었으며 그 중심은 개발 수명주기 축의 전반부 쪽에 위치해 있다. 이 경우는 오류검출이 요구사항 단계와 같은 개발 초기 단계에서 일어나기 때문에 오류가 그 다음 단계로 전파되지 않아서 전체 오류수정비용은 최소가 된다 . 1점쇄선(Curve 2)으로 나타낸 오류검출곡선이 현행의 경우와 이상적인 경우의 절충안인데 그 중심은 개발수명주기 중간 지점에 있고, 개발사업의 단기 또는 중기적 목표가 될 수 있다. 향후에 오류검출기법이 점점 발전될수록 오류검출분포

표 1. S/W 개발 프로젝트 성공률
Table 1. S/W development project success rate.

	2011	2012	2013	2014	2015
Successful	29%	27%	31%	28%	29%
Challenged	49%	56%	50%	55%	52%
Failed	22%	17%	19%	17%	19%

표 2. 단계별 오류 검출율 및 제거비용 추정
Table 2. Error detection rate and estimated elimination cost by steps.

phase \ faults	Where faults are introduced(%)	Where faults are found(%)	The estimated nominal cost for fault removal
Requirements/ Concepts	70	3.5	1x
Design			
Code			
Development Test	20	16	5x
Operational Test	10	50.5	16x
Release	0	9	40x
In-Service		20.5	110x

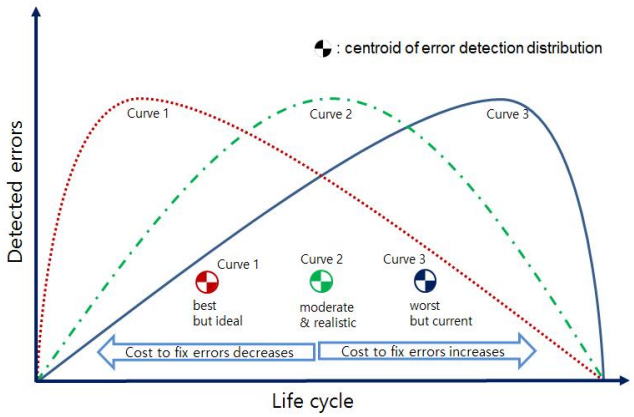

그림 1. 수명주기상의 오류검출 예시
Fig. 1. Life-cycle error detection examples.

중심은 수명주기 초기단계 쪽으로 점점 이동될 것이고 따라서 오류수정비용도 획기적으로 개선될 것으로 기대된다. 개발 후 재작업을 발생시키는 요구사항 오류를 방지하고 개발 비용을 줄이기 위한 방법으로서 시험 자동화에 대한 연구가 학자들 사이에서 시도되고 있다[4]-[6].

본 논문은 국내 안전필수 항행시스템 개발 사업의 리스크를 줄이고 성공률을 높이기 위한 방안으로 국내외 시험평가(T&E; test and evaluation) 프로세스를 분석하여 새로운 전략을 제시하는 것을 목표로 한다. 먼저 안전필수시스템을 정의하고, 그에 대한 검증 및 확인 기법에 대한 동향 관찰과 선진외국의 T&E 프로세스 및 절차 분석, 그리고 국내 현황을 분석한 뒤 국내외 T&E 프로세스를 비교함으로써 문제점에 대한 보완책을 제시하는 것으로 한다.

Ⅱ. 안전필수항행시스템의 검증 및 확인

2-1 안전필수시스템(SCS)

SCS는 시스템에 고장이 발생하였을 때 인명에 손상을 주거나 환경에 큰 영향을 주는 시스템[7], [8]으로서 항공기의 제어감시시스템, 원자력 발전시설, 화학 및 의약품 공장의 공정제어시스템, 자동제어시스템 및 정보통신망 등 현대 사회에서 손쉽게 접할 수 있다. 현대의 많은 정보 시스템들은 재정적 손실과 심지어 생명 손실이 그들의 실패로 인해 생길 수 있기 때문에 일반적인 의미에서 안전필수시스템으로 고려되고 있다. 미래의 안전필수시스템은 보다 보편적이고 강력해질 것으로 판단된다. 소프트웨어 관점에서 요구되는 수준과 적절한 확실성(dependability)을 갖춘 SCS를 개발하는 것은 규격, 아키텍처, 검증 및 프로세스와 같은 영역에서 상당한 진보를 요구할 것이다. 정보 시스템 보안 영역에서 자주 발생하는 문제들을 보면 정보통신 보안 또한 주요한 도전 과제임을 시사하고 있다.

안전필수시스템이라는 용어에 대한 정의는 많이 있지만 직관적인 개념이 실제로 잘 통한다. 직관적이든 형식적이든 관심사는 고장으로 인해 발생되는 결과이다. 시스템의 고장으로 인해 수용 불가능한 것으로 판단되는 결과가 발생한다면 그것이 곧 안전필수시스템이기도 하다. 본질적으로 우리가 우리의 행복한 삶을 위해 어떤 시스템에 의존할 때 안전필수시스템이 된다. 안전필수시스템 개념은 광범위하므로 실무자와 연구자가 특정 시스템을 다룰 때 그 폭이 고려되어야 한다. 민간 항공기의 손실은 아마도 사람들을 사망에 이르게 할 것이다. 전화시스템의 손실로 인해 사람들이 사망하게 된다는 것은 분명하지 않다. 그러나 119 서비스의 상실이 오래 지속되면 분명히 심각한 부상이나 사망이 초래될 것이고, 항공관제시스템이나 항공감시시스템도 잘못될 경우 큰 인적, 물적 손상을 가져올 것이기 때문에 SCS로 분류될 수 있다.

2-2 검증 및 확인 (V&V; verification and validation)

복잡한 항공전자장치나 임베디드 시스템을 개발할 때 시스템이 규격을 만족시키는지 그리고 그 출력이 올바른 지를 결정하는 프로세스가 검증 및 확인(V&V)이다.

검증은 객관적인 증거를 가지고 명시된 요구 사항이 충족되었음을 확인하는 작업이다. 이 작업은 모두 요구사항을 대조하여 실시된다. '설계가 요구사항을 정확하고 완전하게 구현했는가', '구현이 요구사항의 올바른 표현인가', '시스템이 올바르게 구축되고 있는가'를 관찰한다.

확인은 객관적인 증거를 통해 시스템이 의도된 기능을 수행한다는 것을 관찰하는 것이다. 의도된 기능과 시스템이 해당 기능을 얼마나 잘 수행하는지는 고객 또는 고객의 대리인이 결정한다. '정말로 고객이 원하는 시스템을 만들었는가', '시스템이 고객의 요구를 충족시키고 있는가', '이것이 고객을 위한 올바른 시스템인가'를 관찰한다.

이러한 V&V 활동은 안전필수 항공전자 또는 임베디드 시스템의 수명주기에서 필수적이다. 모든 시스템의 개발은 구현이 규격과 일치한다는 엄격한 시험 및 검증 없이는 완료되지 않는다. 시스템의 복잡도가 증가하고 개발 수명주기 초반부터 오류의 검출이 요구되기 때문에 특히 소프트웨어에서 검증 및 확인이 더욱 중요하게 되었다. 지난 20~30년 동안 소프트웨어 개발은 소수의 사람이 참여하는 작은 업무에서부터 많은 사람들이 참여하는 엄청난 규모의 작업으로 발전했다. 이러한 변화로 인해 V&V도 유사하게 변경되었다. 이전에는 검증 및 확인 작업이 소프트웨어 엔지니어 자신이 수행한 비공식 프로세스였다. 그러나 시스템의 복잡성이 증가함에 따라 이렇게 개발자가 시험을 계속했을 때 신뢰할 수 없는 제품이 많이 발생했다. 따라서 V&V를 전반적인 소프트웨어 개발 수명주기에서 별도의 활동으로 보는 것이 필요하게 되었다. 오늘날의 V&V는 전체 소프트웨어 수명주기에 걸쳐 실행되기 때문에 과거와 크게 다르다. 또한 고도로 정형화되어 있으며 많은 분야에서 소프트웨어 개발자가 아닌 독립적인 조직이 V&V업무를 수행한다. 또한 대부분의 국가에서 V&V는 SCS 인증(certification)을 지원하는 주요 구성요소가 되고 있기 때문에 인증 프로세스와 밀접하게 관련되어 진행되고 있다. 따라서 V&V는 개발 수명주기 초기부터 그 계획을 수립하는 것이 중요하다.

최근에는 시스템 엔지니어링 그룹이 요구사항에 대한 검증 및 확인에서 주요 역할을 하고 T&E 그룹이 시스템 또는 서비스의 통합 및 시험에 대한 검증 및 확인에서 등가의 역할을 수행하는 추세이다. 이는 시스템 오류가 대부분 개발 초기 단계에 유입되지만 오류 검출은 대부분 개발 후기 단계에 이루어져서 사업 리스크로 발전하는 종래의 단점을 보완한다. 미국 국립연구위원회 (National Research Council)는 정부의 주요 획득 사업에서 개발 시 발생하는 리스크를 적시에 해결하고 시간과 예산을 효과적으로 사용할 수 있도록 시스템 엔지니어링 기법과 T&E의 조기 적용을 권고하고 있다[9]. 원래 T&E가 시스템

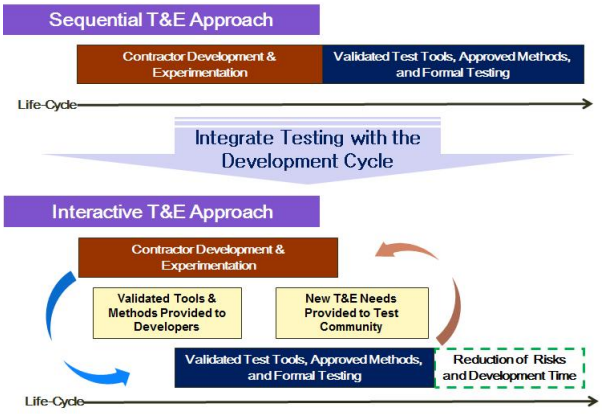

그림 2. T&E 통합형 개발주기 - TSET
Fig. 2. T&E Integrated life cycle – TSET.

수준의 시험일지라도 활동의 상당 부분이 개발 프로세스 초기에 준비되고 앞서의 핵심기술개발 단계에 의해 영향을 받기 때문에, T&E 프로세스를 핵심기술 개발 단계, 즉 수명주기 초기 단계부터 시작하는 것이 중요하다는 것이다. 여기에서 나온 이론이 TSET(the system engineering and test)개념이다[10]. 그림 2는 T&E 통합형개발주기를 나타낸 것이다. 그림의 상단부는 종래의 개념으로서 개발 그룹이 개발 및 실험을 수행하고 난 후에 시험 그룹이 유효한 도구와 방법을 이용하여 시험을 수행하는 순차적 T&E 접근방법을 나타내고, 하단부는 T&E 프로세스가 개발 초기부터 작동하여 개발 그룹에 실험을 위한 유효한 도구들을 제공함으로써 개발 그룹을 지원하는 통합형 접근방법을 보여주고 있다. 통합형 접근방법에서 개발 그룹들은 시험그룹에 새로운 시험에 필요한 요구사항들을 식별하는데 피드백을 제공할 수 있다. 따라서 시험자들과 개발자들은 좀 더 대화형의 협력적 관계를 유지하여 개발 프로세스를 가속화시켜서 종래의 순차적 개발 개념에 비하여 사업 리스크를 완화하고 개발일정을 단축시키는 효과를 가져 온다.

T&E는 크게 개발시험평가 (DT&E; development T&E)와 운용시험평가 (OT&E; operation T&E) 등 2개의 주요 단계로 구성되며, 프로그램 리스크 완화와 성공을 위해서는 관련된 활동을 시스템 전 수명주기 단계로 확대 분포시키는 것이 중요하다. 일반적으로 정부획득 개발시스템에서 제작자는 DT&E를 통하여 설계 입증 및 품질을 보증하고 사업 리스크를 완화하며, 정부는 시스템의 기술규격 합치성과 현장설치 준비 상태를 검증한다. 시스템 설계가 안정화됨에 따라 T&E는 OT&E에 초점이 맞춰지며 기술적 요구사항에 대한 검증보다는 운용요구사항 준수, 운용 효과도 및 적합성 확인에 집중하게 된다. T&E 프로세스는 시스템 설계의 성숙도 및 획득 전략에 따라 여러 가지 형태로 진행될 수 있다. 현재 국내 항행안전시설의 T&E는 제작자가 개발시험을 마친 후 설계 및 시험 결과 서류 등을 첨부하여 관계 당국에 성능적합증명을 신청하면 검사기관의 유효성 확인 검사를 거쳐 성능적합증명서가 발급되는 사후적 검사 프로세스로 볼 수 있다.

Ⅲ. 국외 항행안전시설 시험평가 프로세스

3-1 국제민간항공기구(ICAO)

무선항행지원시설에 대한 국제 표준 및 권고실행 (international SARPs)은 ICAO 부속서 10 제1권에 수록되어 있으며, 제1권의 Attachment C 및 ICAO Doc 8071 (manual on the testing of radio navigation aids)에 ICAO 표준시설의 지상 및 비행 시험에 관한 정보가 기술되어 있다. Doc 8071은 무선항행지원시설이 부속서 10의 표준 및 권고실행을 만족시키고 있다는 것을 보증하기 위해서 통상 실시해야 될 시험 (testing)[1] 및 검사 (inspection)[2]의 정도에 대한 일반 지침을 제공하고 있다.

지상에서 실시하는 시험 및 검사에는 무선항행지원시설의 적합성(suitability)을 검증하는 현장증명시험 (site proving), 장비들이 표준 및 규격들을 만족시키고 있는지의 여부를 결정하기 위해 시설 설치 후 시운전 직전에 실시하는 초기성능증명검사 (initial proof of performance), 장비들이 표준 및 규격을 계속 만족시키고 있는지를 판정하기 위한 통상적인 정기검사 (periodic), 시설의 고장 또는 기타 상황이 발생하여 요구되는 특별시험 (special) 등이 포함된다.

항공기를 사용하는 비행 시험 및 검사에는 계획된 무선항행지원시설의 성능에 대한 환경의 영향을 결정하기 위해 관련 당국의 선택에 의해 제안된 현장에서 비행기로 실시하는 현장증명시험 (site proving), 시운전검사 (commissioning), 정기검사 (periodic), 그리고 특별시험 (special) 등으로 구성된다. 일반적으로 시스템 시험이라 함은 양산 및 현장설치 시험에 앞서서 실시되는 설계 및 개발 활동의 부분으로 실시되는 시험으로서 설계적격시험 (design qualification test), OT&E 및 Shakedown 시험 등이 포함된다. 따라서 ICAO Doc 8071에 명시된 시험절차는 항행안전시설의 개발에 적용하기 위한 T&E 절차로는 부족한 부분이 많지만, 무선항행지원시설의 운용유지를 위한 시험 및 검사 절차에 적합하다[11], [12].

3-2 미국 연방항공청(FAA)

William J. Hughes 기술 센터(WJHTC)는 FAA의 임무를 지원하고 획득 목표를 이행하기 위한 시험 평가 업무를 수행하고 있다. 또한 시험평가 핸드북을 발행하여 표준 시험 프로세스와 방법을 설명하고 있다[13]. 시험평가 핸드북에는 FAA 획득 또는 국가공역시스템(NAS) 구성 시스템에 대하여 시험평가종합계획 (TEMP) 수립, DT&E, OT&E, 인서비스(in-service) 관리 등에 대한 절차를 설명하고 있으며, 각 단계별 체크 리스트 템

1) 다른 시험들과 결합될 때 검사의 일부분이 될 수도 있는 시설 성능에 대한 특정한 측정이나 점검
2) 시설의 운용 등급을 설정하기 위해 국가 당국 또는 국가 공인 조직에 의해 수행되는 일련의 시험

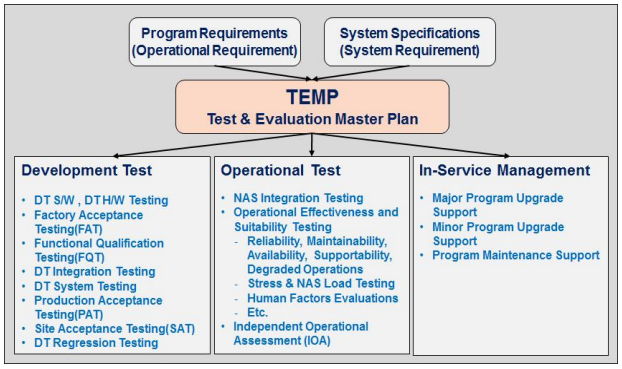

그림 3. FAA WJHTC 시험평가 계획 흐름도
Fig. 3. FAA WJHTC T&E plan flow chart.

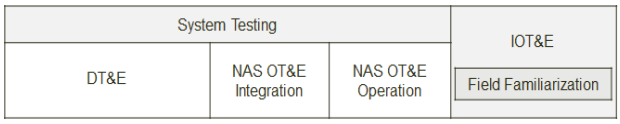

그림 4. 공항감시레이더 시험평가 단계
Fig. 4. Airport surveillance radar T&E phase.

플릿을 제공하고 있다. DT&E에서는 상용제품(COTS) 및 비개발품목(NDI)을 포함한 모든 구성품의 시험부터 현장수락시험(SAT) 및 회귀시험(regression test)까지 계약자 또는 FAA 주관의 T&E가 수행되며, OT&E에서는 시스템의 신뢰성, 상호 운용성, 리스크 요인 식별, 회귀시험 등의 T&E가 이루어진다. 또한 인서비스 관리를 통하여 사용자 교육 및 훈련이 제공되며, 향후 향상된 성능의 시스템 개발에 기여할 수 있도록 시스템 업그레이드 항목 식별 및 유지보수 지원활동을 한다[14]. 그림 3은 FAA T&E 계획의 흐름을 나타낸 것이다.

FAA의 공항감시레이더(ASR)의 시험평가종합계획서[3] 내용을 살펴보면 T&E는 시스템 시험평가 (system T&E)와 독립운용시험평가(IOT&E)의 2가지 유형으로 나누어지며, 실험실 환경에서 확인하지 못하는 사항에 대하여 FAA가 실제 환경 조건에서 DT&E를 지원하는 계획이 수립되어 있다.

시스템 시험평가에서는 DT&E와 통합 및 운용 측면의 OT&E를 수행하기 위한 계획을 수립하고, IOT&E에서는 FAA 현장 근무자에 의해 수행되어야 하는 T&E 활동들에 대한 계획을 설명하고 있다. 또한 DT&E의 생산수락시험 (PAT; production acceptance test)이 끝난 후 공항감시레이더를 현장(캘리포니아 스톡턴 공항)에 설치하여 계약자에 의한 DT&E와 FAA의 T&E가 이루어지도록 되어있다. 시스템 시험평가가 종료되면 IOT&E 계획에 의거하여 FAA 현장 근무자(항로시설 및 항공교통)가 현장숙지훈련 (field familiarization)을 수행하게 된다[15]. 그림 4는 공항감시레이더 T&E 단계를 나타낸 것이다.

3) 미국 DOD와 FAA는 공항감시레이더(ASR)의 합동개발을 위하여 시험평가종합계획을 수립하였다.

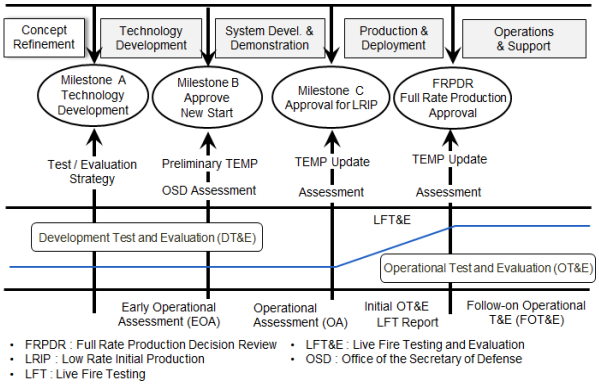

그림 5. DOD 시험 및 획득 프로세스
Fig. 5. DOD test and acquisition process.

3-3 미국 국방성(DOD)

DOD에 의하면 DT&E는 기술기준 목표를 달성하기 위하여 수행하는 것이며, OT&E는 사용자의 요구사항을 만족하는가에 대한 평가를 제공하기 위한 방법으로 접근하고 있다. T&E 프로세스에서 전반기에는 DT&E를 중점적으로 수행하다가 점차적으로 OT&E로 전환되어 T&E 프로세스의 DT&E와 OT&E를 시스템 전 수명주기 동안 수평적으로 실시해야 하는 것으로 고려하고 있다.

따라서 사용자 요구사항을 분석하고 정립된 개념을 정리하는 단계부터 운용 및 지원 단계까지 DT&E 및 OT&E 활동이 동시에 나타나 있다. 주요 DT&E 단계에서 시스템의 개발 및 입증이 완료되면 시제품 제작 승인이 이루어지며 시제품을 이용하여 DT&E와 OT&E가 수행되고, 실사시험평가 (live fire T&E)를 거쳐 완제품 생산 승인을 받게 된다. 마지막으로 후속운용시험평가 (follow-on OT&E)를 통해 T&E 프로세스가 완성된다. 그림 5는 DOD 시험 및 획득 프로세스를 나타낸 것이다[16].

Ⅳ. 국내 항행안전시설 시험평가 프로세스

국내 항행안전시설의 T&E는 제작자가 개발시험을 마친 후 설계 및 시험 결과 서류 등을 첨부하여 관계 당국에 성능적합증명을 신청하면 검사기관의 적합성 확인(일종의 confirmation of compliance)을 거쳐 성능적합증명서가 발급되는 사후적 프로세스로 볼 수 있다. 성능적합증명 시행절차를 보면, 제작자가 항행안전무선시설 또는 항공정보통신시설의 성능적합증명 신청서를 구비서류와 함께 국토부장관에게 제출하고, 국토부장관은 관련 기술기준에 적합한지를 확인하거나, 전문검사기관을 지정하여 검사업무를 대행하게 하고, 성능적합증명의 검사 결과가 항행안전시설에 관한 기술기준에 적합하게 제작된 것이 인정되면 국토부장관이 증명서를 발급하게 된다[17], [18]. 국내 최초로 2008년 7월에 거리측정시설(DME)에 대한 성능적합증명이 발급된 것으로 조사되었다[19]. 그림 6은 국내

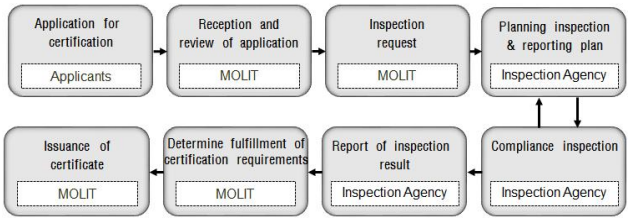

그림 6. 성능적합증명 검사 프로세스
Fig. 6. Processes of compliance inspection.

성능적합증명 검사 프로세스를 나타낸 것이다. 성능적합증명을 신청할 때 제출해야 하는 구비 서류는 다음과 같다[18].

- 설계서, 설계도면 목록 및 도면, 부품표
- 제작된 시설의 성능 확보의 방법 및 절차를 적은 서류
- 지상 · 비행성능 시험방법 및 성능시험 결과서
- 그 밖의 참고사항

Ⅴ. 국내외 시험평가 프로세스의 비교

국내외 T&E 프로세스를 항행안전시설의 개발 사례에 적용하여 비교하였다. ICAO는 현재 통용되는 항행안전시설에 대한 표준과 지상 및 비행 시험/검사절차를 제공하여 체약국의 항행안전시설이 표준 및 권고실행을 만족시키고 지속적인 운용 유지가 되도록 유도하고 있다.

FAA는 WJHTC를 중심으로 국가공역시스템에 영향을 미치는 획득 시스템의 T&E에 참여하고 있다. 특히 오래전부터 개발 및 운용 T&E절차를 수립하고 훈령을 통하여 적용함은 물론 DT&E의 여러 단계 활동에서 증인 또는 시험 주관자로 참여하여 신뢰성 있는 시스템이 개발되고 획득될 수 있도록 시스템의 전 주기적 T&E 업무를 지원한다. 또한 실제 운용 환경과 동일한 조건을 조성하기 위해 현장시험을 위한 사이트를 제공하며, 후속 DT&E 및 OT&E가 지속적으로 이루어지도록 하였다. DOD도 DT&E와 OT&E 절차를 상세히 수립하여 시스템의 전 수명주기에 걸쳐 T&E활동이 지속적으로 이행되도록 하고 있으며, 개발시험단계에서 시제품 제작을 승인하여 효과적으로 시스템이 개발될 수 있도록 지원하고 있다.

국내에서는 개발자(계약자)에 의해 DT&E가 수행되고 있으며, 성능적합증명을 신청한 경우에 한하여 정부 관련기관 또는 검사기관이 참여하여 적합성 확인 검사를 수행하게 된다. 이 경우 국제 기술기준과 시험결과를 확인하고 비행검사를 실시한 후 성능적합증명 요구사항을 충족하면 증명서가 발급되고 T&E를 종료하게 된다. DT&E가 개발자 중심으로 이루어지는 제도에서는 설계 및 제작에 대한 검증이 소홀해 지는 단점이 발생할 수 있다.

그림 7은 시스템 전 수명주기에 걸친 국내외 T&E 프로세스를 비교하여 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 미 국방성 및 연방항공청은 DT&E 및 OT&E 에 대한 전주기적 활동을 지

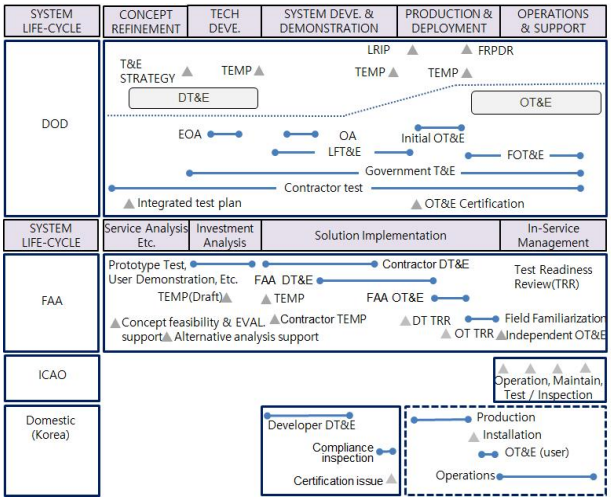

그림 7. 시스템 수명주기상의 국내외 시험평가 프로세스 비교
Fig. 7. Comparison of domestic and foreign T&E processes over system life-cycle.

원하고 있지만 국내에서는 시스템 개발 및 실증 단계에서만 한시적인 활동 (성능적합증명 검사)을 지원하고 있다.

Ⅵ. 결 론

본 논문에서는 항행안전시설 개발을 위한 국내외 T&E 프로세스를 비교 분석해 보았다. ICAO는 항행안전시설을 위한 국제 표준 및 권고실행과 항행안전시설이 이 범위 내에서 적합하게 운용 유지됨을 보장하기 위한 시험절차를 개발하여 체약국들이 활용하도록 하고 있다. 그러나 ICAO의 시험관련 문서들은 시스템 DT&E 부분을 다루고 있지 않아서 항행안전시설 제조국들은 정부주도로 상세한 T&E절차를 수립하고 DT&E 및 OT&E 활동을 지원하고 있다. 미국 연방항공청 및 국방성의 예에서 볼 수 있듯이 정부는 시스템 전 수명주기에 걸쳐 T&E 활동의 여러 단계에 참관인 또는 주관기관으로 적극적으로 참여하고 있으며 시제품개발단계에서 양산단계 및 운용 지원단계로 옮겨진 이후에도 지속적인 운용평가 및 지원업무를 수행하고 있다. 이러한 시스템 전 수명주기에 걸친 정부의 T&E절차 수립 및 적극적인 참여 활동은 개발사업의 리스크를 현저히 줄여서 사업의 성공률 및 관련 제조업의 경쟁력을 높이고 정부로 하여금 고 신뢰성의 국적 장비의 획득을 촉진시켜서 유지보수 관리 등 시스템 운용의 편리성과 항공안전을 도모한다. 따라서 국내에서도 정부주도의 시스템 개발을 위한 T&E절차를 항공선진국 수준으로 개선함은 물론 DT&E 단계에서부터 OT&E 단계에 이르기까지 적극적인 참여가 요구되며 또한 국가차원의 항행안전시설 전용의 종합시험 인프라 구축이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 항공안전기술개발사업 (과제번호: 15ATRP-C109146-01)의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고 문헌

[1] The NewYork Times. Galaxy Note 7 is not Samsung's only problematic product[Internet]. Available: https://www.nytimes.com/2016/10/13/business/international/samsung-galaxy-note7 -profit-battery-fires.html

[2] S. Hastie and S. Wojewoda (2015, October). Standish Group 2015 Chaos Report [Internet]. Available: https://www.infoq.com/articles/standish-chaos-2015

[3] J. Frederick (2014, April). Evolving T&E in the FAA [Internet].Available:http://www.incose.org/docs/default-source/enchantment/140409frederick-evolvingtandeinthefaaF92D0915726F.pdf?sfvrsn=2

[4] M. Blackburn, R. Busser, and A. Nauman, Removing Requirement Defects and Automating Test, Software Productivity Consortium NFP, Inc., 2001.

[5] M. Blackburn, R. Busser, and A. Nauman, "Interface-Driven, Model-Based Test Automation," The Journal of Defense Software Engineering, pp. 27-30, May 2003.

[6] Vishawjyoti and S. Sharma, "Interface-Driven, Model-Based Test Automation," *Journal of Global Research in Computer Science (JGRCS)*, Vol. 3, No. 12, pp. 36-43, Dec. 2012.

[7] I. Sommerville, *Software Engineering*, 9th ed., Boston, MA: Addison Wesley, 2010.

[8] N. Manju and J Jayanthi, "An Effective Verification and Validation Strategy for Safety-Critical Embedded Systems," *International Journal of Software Engineering & Applications(IJSEA)*, Vol.4, No.2, pp. 123-142, March 2013.

[9] P. Kaminsky and L. Lyles, *Pre-Milestone A and Early-Phase Systems Engineering*, National Research Council, Washington D.C.: National Academy Press, 2008.

[10] L. G. Weiss, R. Roberts and S. E. Cross, "The system engineering and test (TSET) approach for unprecedented systems," *ITEA Journal*, Vol. 30, pp. 386–394, Sep. 2009.

[11] ICAO, Aeronautical Telecommunications, Annex 10 Vol. I, Jule 2006.

[12] ICAO, Manual on Testing of Radio Navigation Aids, Doc 8071 Vol. I, 4th ed. 2015.

[13] FAA, William J. Hughes Technical Center's Test and Evaluation Policy, Order NG 1810.8A, Oct. 2015.

[14] FAA, William J. Hughes Technical Center Test and Evaluation Handbook, VVSPT-A2-PD D-013, Sep. 2013.

[15] FAA, Airport Surveillance Radar Model Test and Evaluation Master Plan(TEMP), DOT/FAA/ CT-TN97/27, Feb. 1998.

[16] DAU, Test and Evaluation Management Guide, Jan. 2005.

[17] Paragraph 2 article 80 of Aviation Act, MOLIT, Jan. 2016.

[18] Paragraph 2~4 article 245 of Regulation of the Aviation Act, MOLIT, Oct.2016.

[19] MLTM, Study of NAVAIDs Certification and Technical Standards Advancement, Nov. 2012.

강 자 영 (Ja-Young Kang)
1992년 06월 : 미국 Auburn Univ, AE/Ph.D.
1979년 03월 ~ 1984년 08월 : 국방과학연구소 연구원
1992년 06월 ~ 2002년 03월 : ETRI 책임연구원/팀장
2002년 03월 ~ 현 재 : 한국항공대학교 항공운항학과 교수
2011년 12월 ~ 2015년 12월 : 한국항공대학교 부설 항공체계시험인증연구센터장
※관심분야 : CNS/ATM, 항공체계공학, 위성시스템 응용

김 무 근 (Mu-Geun Kim)
2009년 2월 : 아주대학교 교통·ITS대학원 교통공학과 (공학석사)
2015년 3월 ~ 현재 : 한국항공대학교 대학원 항공운항관리학과 박사과정
※관심분야 : CNS/ATM, 시험평가인증, 공항운영 및 관리

김 영 훈 (Young-Hoon Kim)
2016년 8월 : 한국항공대학교 항공운항관리학과 (이학석사)
※관심분야 : 시스템엔지니어링

임 인 규 (In-Kyu Lim)
2002년 8월 : 한국항공대 정보통신공학과 (공학석사)
2015년 8월 ~ 현재 : 한국항공대학교 대학원 항공운항관리학과 박사과정
1991년 12월 ~ 현재 : 대한항공 정비본부 항공기 정비
※관심분야 : CNS/ATM, 시험평가인증, 공항운영 및 관리, 항공보안공학