

# 항공전자 장비 개발과 운영자의 역할

## Operator Roles of Avionics Equipment Development

안이기  
한국항공우주연구원

### 초 록

항공기 운항과 밀접하게 관련되는 장비중에 하나가 CNS&ATM관련 탑재 항공전자 장비이다. 임베디드 소프트웨어가 들어간 항전장비 개발에 에러 유입이 주로 요구도 분석 및 아키텍처 설계에서 일어난다. 항공전자 장비 개발에 운영자가 적극적으로 참여함으로써 에러 발생 요인 감소, 고장 영향성 분석, 요구도 기반 시험 등을 효율적으로 수행할 수가 있어, 장비의 개발기간 및 비용을 줄일 수가 있다.

### 1. 서론

항공분야 국가 연구 개발 사업을 하면서 개발보다는 연구 중심으로 수행을 하여 왔다. 개발 단계를 보면 그림 1에 Concept 단계는 연구 및 예비개발 단계로 전체 항공기 성능 및 형상을 결정하는 단계이고, 항공전자 장비도 기능 구현에 중점을 두고 연구를 수행하여 왔다. 개발단계에서는 제품 구현을 목적으로 시스템 기능, 시스템 아키텍처, 설계, 제작 및 시험 수행 등의 순서로 표현할 수도 있는데, 항공기 체계 개발 절차는 요구도 설정, 시스템 설계, 예비 설계, 상세 설계, 제작, 시험 등으로 표현할 수도 있다.

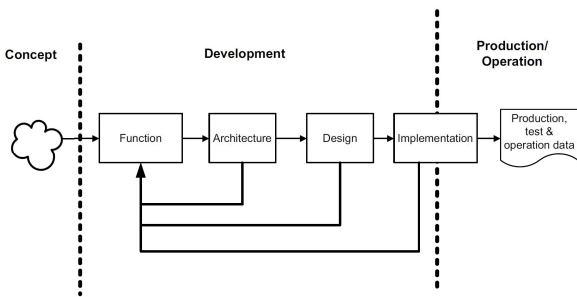


Fig 1. Development Life Cycle[1]

통상 개발은 탐색개발과 체계개발로 구분하여 탐색개발 단계에서 체계 개발의 가능성 및 필요한 핵심 기술의 확보를 목표로 개발 사업을 수행하지만, 향후는 체계 개발에 필요한 대부분의 기반 기술이 축적된 만큼 총 개발기간의 단축을 요

구하는 수요자 및 투자자의 목소리가 커지고 있다. Figure 1의 탐색 및 체계 개발을 통합적으로 추진하면서, Table 1 시장의 요구 사항을 충족하며 개발을 추진하여야 한다. 시장에서 통하는 제품을 개발하려면 전통적인 설계 기술 중심에, Table 2 설계지원기술분야인 신뢰성, 정비성 및 안전성 기술을 통합적으로 반영하여 사업을 추진하여야 한다.

Table 1. Characteristics of Outstanding Product.

EC 사장 발언@인터넷	Reliability, Availability가 우수한 헬기
PWC 카탈로그	Dependable Engine (RAM&S 우수 제품)
GEAE 협력 경험	고객이 신뢰할 때까지 지원

Table 2. 설계 및 설계 지원 기술 분야

설계 기술	Aerodynamics, Avionics, Configuration, Electrical, Flight controls, Mechanic/Hydraulic, Propulsion, Structures, etc.
설계 지원 기술 분야	Reliability, Maintainability, Safety, etc.

## 2. 항전장비 개발 절차와 고장 처리

### 2.1 시스템

항공기(System) - 항전장비(Sub-system) - 항법시스템(Sub-system) - 관성항법장치(Item) - 하드웨어 & 소프트웨어 형상항목(CSCI) - 보드 & 소프트웨어 구성품(CSC) - 기능부 & 소프트웨어 기능함수(CSU) - 부품 & 코드 라인 등의 계층 구조를 가진다고 볼 수가 있다. 통상 항전장비 개발 대상 시스템은 Item 이상을 대상 시스템으로 한다. Figure 2에서 Item을 개발 시스템으로 보고, 설계 단계에서 설계 기술과 설계 지원 기술 간의 관계를 설명하고자 한다. 설계 기술은 하드웨어 및 소프트웨어의 아키텍처를 생성하고, 설계 지원 기술은 정량적인 기술과 정성적인 기술로 나눌 수가 있는데, 정성적인 기술은 신뢰성, 정비성 및 안전성 설계 지침서를 만들어서 설계 진행과 병행하여 설계 아키텍처를 평가하고, 설계 개선을 건의하면 되고, 정량적인 기술은 아키텍처를 분석한 결과가 요구 사항을 충족하여야 한다. 신뢰성의 정량적인 변수는 각 부품 및 개발 Item의 MTBF를 계산하면 되고, 정비성의 정량적인 변수 중에 하나는 Testability (BITE 율)이며, 안전성의 정량적인 변수는 Catastrophic or Hazardous Failures에 해당하는 Failure Mode의 Undetectable Failure Rate인데, 안전 요구도를 충족하는지 여부를 FTA 기법을 적용하여 수행한다.

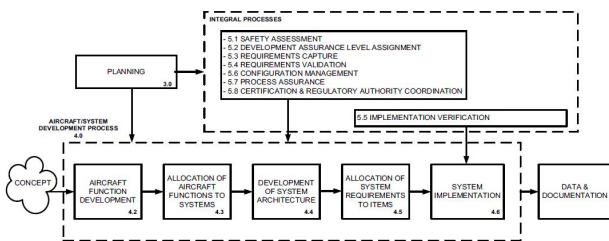


Fig 2. Aircraft or System Development Process Model [1]

시스템의 부품명세서가 있으면 각 부품별 MTBF 예측은 관련 자료 및 프로그램을 이용하면 쉽게 데이터를 얻을 수가 있다. Table 3과 같이 FMEA를 수행한다면 각 기능모듈에 대한 고장 진단 방법인 BITE 방법을 결정할 수가 있다. 원하지 않는 고장 모드에 대한 고장율은 FTA 기법을 이용하여, FMEA에서 얻는 기능모듈별 고장율을 Basic Event로 논리적인 연관 관계를 얻으면 계산을 할 수가 있다.

시스템 개발 고정에서 요구도 설정, 신뢰성 분석, FMEA등 정비성 분석, FHA 및 FTA 기법을 적용한 안전성 분석 등의 업무에 시스템의 해박한 지식이 개발 단계에서 지속적으로 지원이 되어야 한다. 사용자인 운영자가 사업을 중심으로 이끌어 나간다면 시장에서 성공한 제품이 개발될 것으로 본다.

### 2.2 하드웨어

기능 구현은 Proof of Concept이나, 개발은 기본적으로 고장을 고려한 설계를 기반으로 출발한다. 대부분의 기계 부품은 무한 수명으로 설계를 하고, 3표준편차 확률 수명 제한 품목이 있으면 사전에 일정간격으로 고장 징후를 검사하고 운영한다. 그러나 전자 기능 구조물은 평균수명은 있으나, 3표준편차 확률 수명 데이터도 없고, 설령 있더라도 고장 징후를 검사할 방법이 없다. 항공전자 하드웨어는 시스템(Item) - 컴퓨터카드조립체(CCA) - 기능모듈 - 부품 등의 계층 구조로 가정하고, 시스템 설계 당시 수행한 FMEA 결과에 따라 기능 모듈의 고장식별 방법을 반영하여 하드웨어 고장을 판단하고, 소프트웨어 시스템에서 고장 처리 방안을 결정한다. 시스템 설계 결과 및 아키텍처에 따라 HRD(Hardware Requirement Data)를 만들고 상세 설계 및 제작을 수행하게 된다.

Table 3. FMEA Worksheet Contents

Ref#	Phase of Flight
Functional Block	Failure Effect
Failure Rate	Failure Detection
Failure Mode	Comments

### 2.3 소프트웨어

시스템 설계 자료, 시스템 및 소프트웨어 아키텍처를 바탕으로 Fig. 3과 같이 소프트웨어 개발을 수행한다. 특히 소프트웨어 요구도 작성에는 시스템에 대한 이해도가 높은 운영자의 참여가 필요하다.

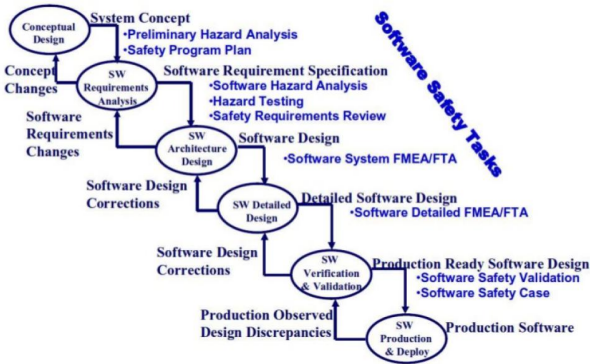


Fig. 3 Software Safety Life-cycle Overview[2].

그리고 Fig. 4와 같이 코딩된 소프트웨어에 대한 시험도 High Level Requirement를 바탕으로 수행하는 시험에는 운영자의 도움이 절실히 필요한 업무이다.

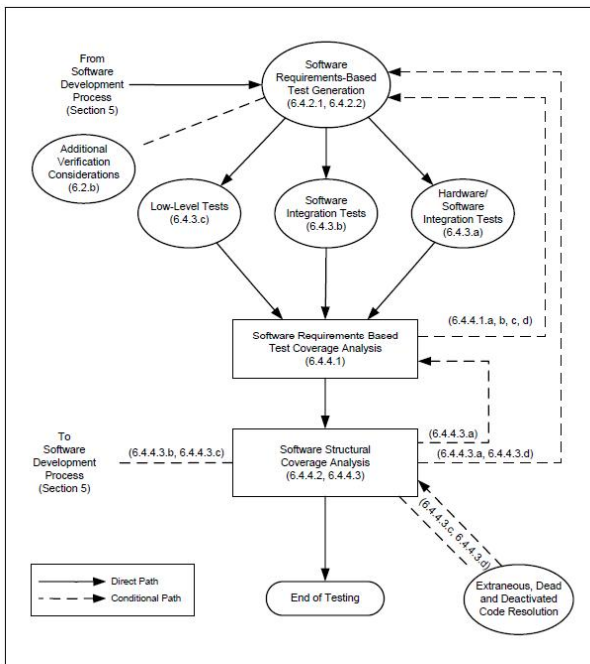


Fig 4. Software Testing Activities [3].

또한 소프트웨어는 설계 잘못에 따른 고장이 대부분이므로 High and Low Level Requirement Based Test를 주로하고 Structural Coverage Test를 수행한다. RTCA DO-178 소프트웨어 개발 절차에 따라 개발을 수행하여도 소프트웨어에 error를 완전히 제거할 수는 없다. 따라서 하드웨어 또는 소프트웨어 아키텍처에 “Systems and items which provide fail-safe protection against software errors.” 가 가능하도록 기능이 구현되어 있어야 한다.

### 3. 항전 기술 확보의 방안

#### 3.1 기술 이전의 한계

항전장비 소프트웨어는 시스템, 하드웨어, 소프트웨어 전문가 팀이 공동으로 수행한 설계 결과가 포함된 내용이다. 설령 소프트웨어의 하드웨어 도면과 소프트웨어 Source Code가 있더라도, 이를 이해하여 Upgrade나 독자 개발은 불가능에 가까운 일이다. 해외에서 개발에 관련된 모든 자료를 제공하고, 기술 지도를 하지 않는 한 기술을 이해하기는 매우 어렵다. 대량 생산이 가능한 정형화된 기술도 무형의 기술에 가까운 성격이라 기술 이전이 매우 어렵다. 그런데 많은 사람은 해외 회사를 사면 그 회사가 보유한 모든 기술을 확보할 수가 있다고 생각하는데, 아래 글과 같이 쉽지 않음을 알 수가 있다.[4]

~중략~ 서울 공대 교수들이 쓴 '축적의 시간'에 따르면 선진국 절대 보호 기술은 어떤 비밀 문서에 적혀 있는 것이 아니다. 대부분 문서화할 수도 없다. 그 나라 인재들이 수십, 수백년간 대(代)를 이어가며 개인과 조직의 머리와 가슴에 체화한 유·무형 가치다. ~중략~ 이런 기술은 그 기술을 보유한 회사를 사들여도 확보할 수 없는 경우가 태반이라고 한다. ~중략~

#### 3.2 수출면허의 한계

미 국방부의 “Source Code를 포함한 소프트웨어 문서 해외 이전 국방 지침서”에는 제품의 운용 및 지원에 관련되는 내용은 이전이 가능하고, 국제공동개발인 경우 정부간 합의서가 있는 경우 수출면허를 긍정적으로 고려하나, 기술 이전

에 따른 미국 안보 위협이 증가해서는 안 된다. 따라서 항전장비는 군사무기와 연관성이 커 실질적으로 해외와 기술협력이 어렵다. [5]

설령 기술 수출 면허가 나오더라도 방법론에 관련된 기술은 승인 대상이 아니며, 다만 당해 기술을 자체 “How to do” 에 대한 내용만 기술협력이 가능한 것이다. 현재 국제 협력의 특성은 상호간에 핵심 기술 교류는 없고, 각자 역할 분담으로 사업적인 협력만을 수행하고 있다.

### 3.3 독자 개발만이 유일한 대안

항전장비는 무형의 기술로서, 근본적으로 기술 이전도 쉽지 않고, 해외수출승인도 어려운 만큼, 개발의 기본 개념을 해외전문가로부터 도입하여 시스템에 대한 독자 개발이 현실적인 대안이다.

## 4. 운영자의 개발 참여 필요성

### 4.1 장비의 효율적인 개발이 가능

항공기에 탑재되는 디지털 항공전자 장비는 하드웨어와 소프트웨어로 구성이 되는데, 개발되는 소프트웨어에 에러가 유입되는 단계의 확률 예가 Table 4에 있다, Requirement Gathering and Analysis/Architectural Design에 70%의 에러가 유입됨을 알 수가 있으며, 에러를 발견하는 단계는 Integration and Component Test/ RAISE (Reliability, Availability, Install, Serviceability, and Ease of Use) System Test에서 50.5%의 에러가 검출이 된다. 이러한 업무를 수행하는데 시스템에 대한 지식이 바탕이 되어야 하므로, 운용자가 직접 시스템 개발에 참여하는 것이 원하는 제품을 제대로 개발을 할 수가 있다. 또한 Table 5에서 보듯이 조기에 에러를 발견하면 생산시 발견하는 것보다 20~30분의 1 경비로 에러를 수정할 수가 있다.

Table 4. Example of the Frequency(%) of Where Errors Are Found, In Relationship to Where They Where Introduced.[6]

Where Errors are Introduced (%)	Where Errors Are Found					Total
	Requirements Gathering and Analysis/ Architectural Design	Coding/ Unit Test	Integration and Component/ RAISE System Test	Early Customer Feedback/ Beta Test Programs	Post-product Release	
Requirements Gathering and Analysis/Architectural Design	3.5	10.5	35	6	15	70
Coding/Unit Test		6	9	2	3	20
Integration and Component/RAISE System Test			6.5	1	2.5	10
Total	3.5	16.5	50.5	9	20.5	100%

Table 5. Preliminary Estimates of Relative Cost Factors of Correcting Errors as a Function of Where Errors Are Introduced and Found (Example Only)[6]

Where Errors are Introduced	Where Errors are Found				
	Requirements Gathering and Analysis/ Architectural Design	Coding/ Unit Test	Integration and Component/ RAISE System Test	Early Customer Feedback/Beta Test Programs	Post-product Release
Requirements Gathering and Analysis/ Architectural Design	1.0	5.0	10.0	15.0	30.0
Coding/Unit Test		1.0	10.0	20.0	30.0
Integration and Component/ RAISE System Test			1.0	10.0	20.0

### 4.2 사고율 감소에 기여 가능

Figure 5에서 보듯이 인적 요소가 사고에 가장 큰 원인으로 나와 있다. 좀 더 운영자가 항전장비 개발에 참여함으로써 운영자의 실수를 최소화하는데 기여할 것으로 본다.

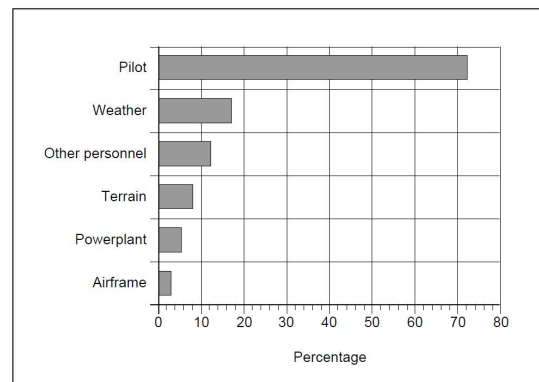


Fig 5. Fatal Accidents to Fixed Wing Aircraft - Broad Accident Factors[7].

## 5. 결론

항공전자 시스템 개발에 지원 기술인 신뢰성, 정비성, 안전성 기술이 반영되어 시장에서 통하는 장비가 개발되어야 하고, 이러한 개발 과정에서 운영자가 적극적으로 참여함으로써 예러 발생 요인 저감, 고장 영향성 분석, 요구도 기반 시험 등을 효율적으로 수행할 수가 있어, 장비의 개발기간 및 비용을 줄일 수가 있다.

## 후 기

본 연구는 본 연구는 2015년도 산업통상자원부 “소형무장헬기 연계 민수헬기 핵심기술 개발” 사업의 지원으로 수행된 연구의 일부입니다.

## 참고문헌

- [1] SAE ARP4754 Rev.A, 2010, Guidelines for development of civil aircraft and systems.
- [2] 한국산업기술시험원, 2012, SW Safety Analysis.
- [3] RTCA DO-178C, 2011, Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification.
- [4] 양상훈, 2015.10.08, “부잣집 문 앞에 선 월급쟁이의 선택,” 조선일보 A38면.
- [5] Office of the Secretary of Defense, 1997, Guidelines on International Transfer of Software Documentation (Including Source Code), DoD.
- [6] Planning Report 02-3, 2002, “The Economic Impacts of Inadequate Infrastructure for Software Testing,” RTI for National Institute of Standards & Technology.
- [7] Bureau of Air Safety Investigation, 1996, Human Factors in Fatal Aircraft Accidents, Department of Transport and Regional Development.