

AESA Radar 탑재 FTB 항공기 구축을 위한 국내환경 분석

Domestic Environment Analysis for Building FTB Aircraft with AESA Radar

박 제 홍¹ · 홍 교 영¹ · 엄 정 환² · 정 필 한² · 홍 승 범^{1*}

¹한서대학교 항공전자공학과

²한화시스템

Jehong Park¹ · Gyoyoung Hong · Jeonghwan Eom² · Pilhan Chong² · Seungbeom Hong^{1*}

¹Department of Avionics Engineering, Hanseo University, Chungcheongnam-do, 32158, Korea

²Hanwha Systems, Gyeonggi-do, 17159, Korea

[요 약]

최근 KF-X (Korean Fighter eXperimental)사업에서 AESA (Active electronically scanned array) 레이더, EO-IR (electro-optical and infrared) 및IRST (infra-red search and track) 센서 등의 개발이 진행되고 있으며 현재 AESA 레이더는 비행 시험을 위한 사전 연구가 진행되고 있다. 본 논문은 AESA 레이더 개발에 따른 선진국의 FTB(Flying Test Bed) 항공기 운영 사례를 중점 분석하고, 이 사례를 중심으로 국내 레이더 개발 시험을 위한 비행시험 항공기의 선정 시 요구사항과 고려사항을 검토하였다. 그에 따른 우리는 FTB 항공기가 국내 환경에서 운영하기 위한 감항 관련 국내 관련 법규를 검토하고 FTB 항공기의 운영하기 위한 방안을 살펴본다. 따라서 우리는 국내 환경에 적합한 FTB 항공기 선정, 감항 및 운영 방안을 제시하고 한다.

[Abstract]

Recently, active electronically scanned array (AESA) radar, electro-optical and infrared (EO-IR) and infra-red search and track (IRST) sensors are under development in the Korean fighter experimental(KF-X) project, and AESA radar is currently undergoing preliminary research for flight testing. This paper focuses on the flying test bed (FTB) aircraft operation cases of developed countries in accordance with AESA radar development. As a result, we review domestic laws and regulations related to the airworthiness for FTB aircraft to operate in domestic environment and look for ways to operate FTB aircraft. Therefore, we propose how to selecting, airworthiness and operating FTB aircraft suitable for the domestic environment.

Key words : Flying test bed (FTB), AESA radar, FTB aircraft type, FTB airworthiness, FTB operation.

<https://doi.org/10.12673/jant.2020.24.1.9>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 5 February 2020; Revised 5 February 2020

Accepted (Publication) 27 February 2020 (28 February 2020)

*Corresponding Author; Seung-Beom, Hong

Tel: +82-41-671-6231

E-mail: sbhong@hanseo.ac.kr

I. 서론

최근 국내에서 진행 중인 한국형 전투기개발 사업 중 AESA (active electronically scanned array) 레이더, EO-IR (electro-optical and infrared) 및IRST (infra-red search and track) 센서(sensor) 등의 개발이 동시에 진행되고 있으며 현재 AESA 레이더 및 그 이외의 센서들은 비행 시험을 통한 성능 검증 단계가 진행되고 있다[1].

FTB (Flying Test Bed) 항공기는 항공기의 레이더 혹은 항전 장비를 새롭게 개발하였을 때 실제 항공기에 탑재하여 레이더의 계측시험을 수행하는 저 비용 공중 시험 수단이다. 그러나 모든 레이더 비행시험요구를 만족시킬 수는 없다. 예로 레이더 안테나는 장착에 따라 민감하고 실제 탑재 항공기와 전원, 냉각 장치, 전자기 간섭, 진동, 음향, 레이돔 형태, 가속 등에 있어 레이더의 성능이 다소 차이가 있다[1]-[3].

FTB 운용은 개발 중인 신형 전투기와 달리 기존 항공기(민간 항공기 및 군용 항공기)를 사용함으로써 기존 비행 규정, 허가된 비행영역 그리고 상업용 장비를 장착하여 비행이 가능하다. 즉 FTB 항공기에는 상업용 시험장비, 계기, 시뮬레이터, 자동시험장비, 레이더 ECM (electronic counter measure) 발생기 등 포함하게 된다. 따라서 FTB 항공기 선정은 비용 대비 효과 및 국내 운용 환경, 항공기 수용 능력 및 운영 유지 능력 측면을 고려해야한다. 그리고 FTB 항공기가 운영된다면 민간 항공기는 항공 안전법 제 23조 (감항 증명 및 감항성 유지) 기준을 만족해야하고 군용 항공기는 방위사업청의 “군용항공기 비행안전성 인증에 관한 법률”을 충족해야 한다. 마지막으로 FTB 항공기 운영 방안은 조직 구성, 시설 및 장비, 그리고 항공 종사자 등이 필요하며 이를 운영하기 위해 직접, 간접, 그리고 위탁 운영 방안이 있다[4]-[6].

본 논문은 AESA 레이더 개발을 이룩한 선진국의 사례를 중점 분석하고, 이 사례를 중심으로 국내 레이더 개발 시험을 위한 FTB 항공기의 선정 및 구축 사항을 검토한다. 따라서 앞에서 언급하였듯이 항공기 선정, 운영방안, 그리고 감항 등 검토한다. 이를 통하여 비행 시험을 수행하기 위한 군 항공기이외 민간 항공기를 통한 사전 연구 자료로 활용하고 운영 시 발생할 수 있는 제반 사항을 검토하고자 한다.

본 논문의 구성은 II장에서 AESA 레이더 FTB 운영 사례 분석, III장에서 민간/군 항공기를 운영하기 위한 항공 안전법 및 법률 제 16353호 등을 검토한다. IV장에서 항공기 운영 방안을 살펴본다. 그리고 마지막 V장에서 결론을 맺도록 한다.

II. AESA 레이더 FTB 운영 사례 분석

2-1 FTB 시험 항공기

KF-X(Korean fighter experimental) 항공기에 장착 가능한 AESA 레이더 체계 개발을 위한 환경 제공하기 위한 FTB 항공

기는 실 비행환경에서의 다양한 운용 시나리오 적용, 시험 및 검증을 통한 안정적 성능 확인이 필요하며 KF-X 항공기 장착 전 AESA 레이더 기능 및 성능을 검증함으로써 KF-X 체계 통합 리스크(risk) 제거로 활용된다[1], [2], [7].

FTB 항공기는 KF-X 항공기 장착 시험 전 AESA 레이더 체계 성능 및 기능을 입증하기 위해 지상 환경에서 확인된 AESA 레이더의 기능 및 성능에 대해 실제 비행환경에서의 입증이 필요하며 AESA 레이더 체계의 항공기 통합성 입증에 활용된다. 따라서 실제 비행 환경 하에서 항공전자 장비 연동성 검증이 필요하므로 비행 환경에서 타 비행체계(항법 장비, 다기능 시험기, 미션 컴퓨터 등)와의 연동성 시험 및 입증도 수행하게 된다.

FTB 내부에는 그림 1과 같이 이동 가능하고 다양한 시험관련 장비 장착 가능한 Rack 설비 필요하고, 승무원은 레이더 구성품, 레이더 LRUs (Line replaceable unit), 레이더 통제/시험장치, 무기 및 전자전 장비를 포함한 항전장비 등을 장착할 수 있는 공간 필요하다. 또한 항전장비 및 연동체계가 복잡할 경우보다 큰 FTB 항공기가 필요할 수 있다[3],[7].

FTB 항공기는 일반적으로 형식 증명이 승인된 항공기를 개조하거나 개조된 항공기를 활용한다. 만약 민간 항공기를 선정 기술기준 FAR (federal aviation regulation), 14 CFR (code of federal regulations) part23, part 25인 내부 공간, 항속 거리 및 시간, 비행 속도 및 고도, 야간 및 계기 비행 인가, 소음 및 진동, 내부 전원, 장비 확장성 그리고 자동비행장치 등의 설치 여부를 판단해야 한다. 특히 AESA 레이더의 경우 소음 및 진동의 경우 MIL-STD-810G의 진동, 가속도 충격 등 환경시험 및 MIL-STD-461의 전자파 시험에 적합하지에 대한 장비 시험이 필요하다. 국내 규정 규정에는 특별하게 명시된 것이 없으며 다만 안전한 운항을 위하여 항공기가 갖추어야할 장비 및 성능 등에 대하여 항공안전법, 시험규칙, 운항기술기준 등에 제시된 기본적인 탑재 장비를 탑재해야한다[2],[7].

2-2 해외 운영 사례 분석

AESA 레이더의 개발 사례로는 미국(Lockheed Martine, North Grumman), 그리고 유럽(Selex, Elta, SAAB) 등을 고려하였으며 민간 시험기관의 사례등을 살펴다. 본 논문에서는 AESA Radar의 동작 특성 관하여서는 다루지 않으며 주요 항공기의 선정된 기준만을 검토하여 분석한다[1],[2].

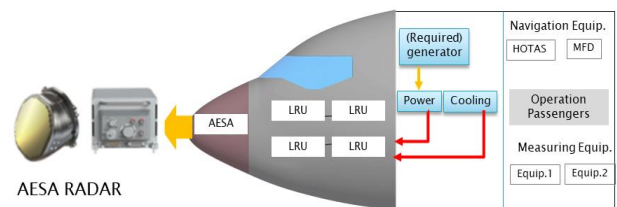


그림 1. FTB 구성도.
Fig. 1. FTB layout.

표 1. AESA RADAR 해외 FTB 사례

Table 1. AESA RADAR oversea FTB case.












Operator	Aircraft Type	FTB Picture	Test Object
Boeing	B757-200		F-22 avionics system - F-22 Forward system and radar - Communication, navigation, identification sensor test
Lockheed Martine	B737-300		F-35 avionics system - Aviation equipment sensor modified through BAE - F-35 Software improvement test
North Grumman	T-39 Sabreliner		F-16AESA Radar test
	Gulfstream		SAR Radar Test
Selex ES	BAC1011		Euro Fighter Captor-E Radar - mechanical Captor-E Radar AESA Remodeling
Thales	Falcon 20		Rafale PESA Radar tst
	Mirage 2000		RafaleAESA Radar test
	Fokker 100		RafaleAviation system integration test
Elta	B737-400		F-15 AESA Radar Test
Saab	Saab 340		Gripen AESA Radar test
	Saab 2000		Gripen AESA Radar test

표 2. 대상 기종 주요항목별 검토

Table 2. Review by major FTB's item.

A/C Type(L)	A/C acq. costs (M\$)	oper. costs(/hr, k\$)	weight (klbs)	alt. (kft)	nose dia.	cruise speed (kts)
Ref.	low	low	5	40	1.1m	400
B737-400 (36m)	4~10	14.8	28	37	1.9m	440
G-IV (27m)	4~6	7.5	5.5	45	1.2m	460
G-III (25.3m)	2~3	8.5~9	5	45	1.2m	442
CL601 (21m)	2.5~3.0	6	4.5	41	0.80m	459
G200 (19m)	6~8	4	3.8	45	0.7m	460
Saab340 (19.4m)	1.5~3	2.8~3.5	4	25	1.0m	250
Learjet40 (16.9m)	2.5~3.5	3.5	2.3	51	0.7m	457

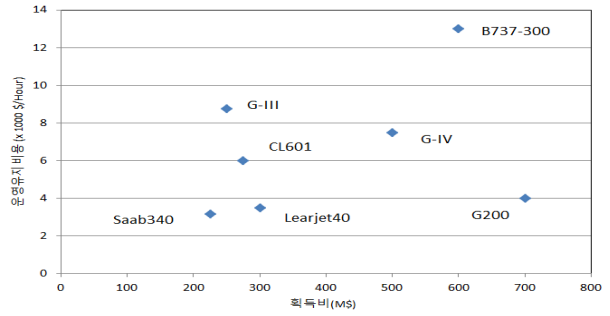


그림 2. 획득비와 운영비용 비교

Fig. 2. Comparison of acquisition and operating costs.

2-3 최적의 기종 선정

FTB 국외 운영사례(표 1)에서 살펴본 것처럼 FTB 대상기종은 상업용 대형 항공기부터 비즈니스제트기, 기존 전투기 등 다양하게 활용된 것을 알 수 있다. 미공군에 의하면 공대공 레이더 시험을 위해 가장 많이 활용되는 FTB 기종은 대형 항공기(Boeing 737-400/500, 이후 B737) 혹은 비즈니스 제트기이다. FTB에는 조종사, 개발연구원 3~4명(계기 운영, FTE, 레이더 조작사) 그리고 기동 점검용 계측 장비를 탑재하게 된다.

항전장비 개발 및 testbed 운영 전문가의 의견에 따라 전투기 AESA 레이더, 각종 센서 장비의 크기, 그리고 무게를 기반으로 두고 기종 선정 시 요구 항목들로 아래와 같이 고려하여 선정한다.

- 기종(기장)(A/C type(L)) : 인원 및 시험장비 탑재공간
- 획득비(A/C acq. costs) : 초기 투자비용
- 운영비(oper. costs) : 연료, 정비 효율성 판단
- 탑재 무게(weight) : 시험장비 장착 수준 판단
- 최대고도(alt.) : 실제 전투기 운용고도 유사성
- Nose 직경(nose dia.) : AESA 레이더 안테나 장착 가능성
- 순항속도(cruise speed) : 전투기 운용속도 유사성

표 2와 같이 항목별 검토 기준(Ref.)에 따라서 우수, 보통, 그리고 미흡을 반영한 결과 대형 기종 (B737) 그리고 소형 기종 (G-III/IV) 등이며 그림 2와 같이 획득비 대 운영비 및 nose 직경에 따라 대형 (B737) 및 소형(G-III) 기종을 선별하였다. 이 중에서 국내 항공정비 환경을 살펴보면 G-III보다 B737이 다수업체가 정비 가능하고 B737중 항공기기의 크기가 중형급에 가까운 B737-400/500을 추천한다.

III. FTB 항공기 감항증명/비행허가 획득방안

3-1 FTB 개조 사항

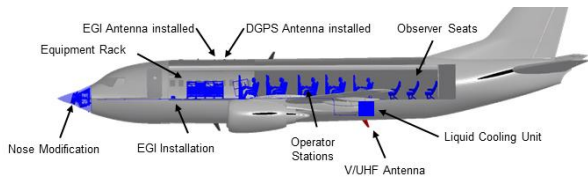


그림 3. AESA FTB 개조·수리 사례(한화 시스템)
 Fig. 3. AESA FTB alternate-repair case (Hanwha system).

AESA radar를 장착하기 위해서는 그림 3에서 보는 것과 같이 외부 nose 부분의 형상과 내부의 캐빈 형상의 변경된 사례이다. 이와 같이 국내 AESA Radar를 장착하기 위한 FTB 항공기 개조 사항은 아래 사항과 같다.

- 항공기 nose 부분 개조 : 레이더 장착 골격 강화 및 레이돔 변경
- 레이더 장착을 위한 항공기 구조 해석: 구조 강도, 레이돔 유동해석, 복합재료에 따른 전파해석, 열 유동해석, 냉각 시스템해석
- 전원 공급 개조 : AESA 레이더 전원 공급 업그레이드, rewiring 회로, EMC 적용
- 항행시스템 : ADS-B, EGI, GPS 등
- 냉각(cooling) 계통 : AESA 레이더 냉각 지원
- 캐빈(cabin) 계통 : 탑승인원, 시험 공간, 항공기 내/외부 통신, weight&balance, floor loading, 비상탈출통로

미국, 유럽, 이스라엘 등 선진국의 FTB 항공기 감항인증 경험 사례를 보면 항공기 개조는 STC (supplemental type certificate) 혹은 항공기 수리/개조(form337/field approval)인증 방법을 택하고 있으며, 감항증명 형태는 대부분 R&D experimental 분류에 속하는 특별감항증명을 보유하고 있다[1].

FAA STC개조는 TC (Type certificate)에서 안전기준을 충족하는 설계변경을 하여 전 세계에서 범용 운용을 위한 방식으로 다수 생산 항공기를 개조 시 적합하다. 따라서 외부형상이나 내부장비 형상 변경 시 세세한 변경 기준에 대해서도 FAA 승인이 요구되고 있어 단순 변경도 많은 비용과 노력이 들어간다.

FAA Form 337 개조는 해당 항공기에만 적용되어 문서화 작업도 덜 까다롭다. 개조관련 자료는 관할 FAA 사무소 FSDO (flight standards district office)의 감독 하에 개조업체에 소속된 FAA 지정 엔지니어링 감독관 DER (designated engineering representative)이 승인한다. 이 절차는 항공기 개조에 따른 운영 제한 사항을 준수해야 하지만 신속히 적은 비용으로 항공기 개조를 하고자 할 때 적합하다[7].

따라서 위의 변경 사항에서 볼 수 있듯이 항공기의 구성품의 변경이나 외형적인 변경사항이 없으므로 해외 사례와 동일하게 국내에서도 동일하게 적용될 것으로 판단된다.

3-2 민간 감항인증

FTB 항공기가 운영되기 위해 국내 감항인증을 받고 운용하는 방안은 FTB 개조사에서 FTB에 대한 감항인증을 해당국에서 받은 후 감항인증 관련 자료를 대한민국 감항인증 당국에 제출하면 감항당국은 항공안전법에 규정된 “항공기가 안전하게 비행할 수 있는 성능이 있다는 증명”이 된다. 항공 안전법에 의거 기술기준을 충족하고 운회사에서 항공기 운영 능력 및 안전에 관한 모든 사항을 확인 한 후에 감항 증명서를 발행하게 된다.

항공기의 수리 개조는 항공안전법 제 30조 및 동법 시행규칙 제 66조부터 제 68조의 규정에 명시되어 있으며, 상세한 업무 절차는 국토교통부 훈령 제 1027호 항공기 등의 수리·개조 승인 지침에 기술되어 있으며 국내 감항은 항공안전법 제 23조 ③-2인 “특별감항증명: 항공기의 연구, 개발 등 국토교통부령으로 정하는 경우로서 항공기 제작자 또는 소유자 등이 제시한 운용범위를 검토하여 안전하게 운항할 수 있다고 판단되는 경우에 발급하는 증명”에 발급 요건에 해당하며 수행된 작업이 기술기준에 적합하거나 제한된 범위에서 안전하게 비행할 수 있음을 입증하는 서류를 첨부하여 특별감항증명을 신청해야 한다[4].

항공기 또는 항공기에 사용하는 엔진·프로펠러·장비품 부품의 수리·개조 승인을 위해서는 해당 수리·개조 승인 대상이 항공기기술기준에 적합함을 확인해야 하며, 이 과정에서 항공기기술기준의 적합 여부 심사, 승인 및 관련 기술 자료의 취급 등이 적절하게 이루어져야 한다.

그러므로 AESA radar를 장착하기 위한 FTB 항공기는 항공기기술기준 KAS Part 25(14 CFR part 25)의 규정에 따라 수리·개조 승인을 받아야 하며 국토교통부(국토부) 훈령 제 1027호로 수리·개조의 승인 심사 및 승인을 따른다. 수리 개조의 승인 대상은 B737-500 시험 비행에 활용할 운송용 비행기를 기준하며 개조는 국토부 훈령 제 1027호 별표 2의 각 건별로 평가하여 결정해야 한다. 또한 수리 개조 승인 대상 여부를 결정은 감항당국과 협의하여 결정하게 된다. 만약 수리·개조 승인의 범위가 아닌 STC를 받아야 하는 개조 작업은 국토교통부 훈령 ‘항공기 등의 부가형식증명 지침’을 따른다[6].

시험운영 전문업체에서는 FTB 항공기로 개조 시 안전하게 운항할 수 있는 최적의 감항인증 방안을 결정해야한다. 국내의 경우 해외 전문업체를 통해 해당국 감항증명을 획득한 후 국내에서 운영하는 것을 추천한다. FTB 항공기 감항인증 방안은 그림 4와 같이 운영되며 국내·외에서 항공기 수리/개조 승인을 받은 후 해외 특별감항 증명을 근거하여 국토부로부터 특별 감항증명을 획득하여 추진 가능하다.

선정 항공기별 개조 여부와 안전성 확보 방안은 국내의 수리 전문업체에서 진행되며 FAA DER/DAR (designated airworthiness representative)에 의해 장비 부착 시 필요한 항공기 엔지니어링과 개조 작업을 지시하게 된다. 국내에서 작업 지시에 따른 수리 후 승인된 기술 자료를 첨부하여 특별감항인증을 진행하게 되고, 해외의 경우 해외업체의 해당 국가 특별감항

인증을 취득 및 승인 후 국내에서 변경진행한다.

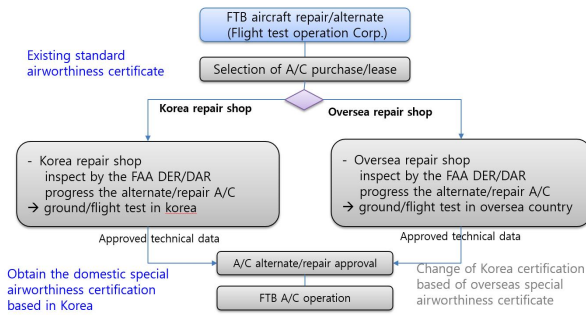


그림 4. FTB 항공기 감항인증 방안
Fig. 4. FTB aircraft airworthiness certification method.

3-3 군 감항인증

군 감항인증은 군용항공기 비행안전성에 관한 법률(법률 제 16353호, 이하 군용기인증법) 및 동 시행령, 시행규칙에 의거 국군, 경찰 및 세관에서 사용되는 항공기의 감항성을 확인하고, 인증받는 행위로 정의된다[5],[7].

민간 감항증명은 민간용으로 사용되기 위해 등록된 항공기에 한정하여 적용되는 것과 달리 군 감항인증법이 적용되는 범위는 국군, 경찰 및 세관에서 사용되는 항공기와 이에 장착되기 위해 연구개발이 필요한 구성품까지 포괄한다. 또한 군용항공기 사업의 범주에도 부품, 구성품 및 무기, 장비를 제작/개조 또는 개량하여 군용항공기에 장착하는 사업을 포함하게 된다.

그래서 AESA radar FTB 항공기의 경우 군용 항공장비를 시험하기 위해, 민간용 항공기를 시험용 항공기로 변경/개조하여 비행안전성을 입증하는 것은 군용기 인증법, 동 시행규칙 및 업무규정에서 제시한 감항성 인증 프로세스 및 기술기준을 사용하여 수행되어 왔다.

그러나 현재 고려되고 있는 시험용 항공기의 플랫폼은 운송용 항공기의 일부를 개조한 후, 민간 운항자격을 보유한 조종사가 민간소유의 항공기를 운용하는 것으로 항공기 운용의 범위에서 군용기인증법을 적용하는 것에 타당성을 확인할 필요가 있다. 또한 대상항공기를 군용으로 운용하기 위해 민간 항공기 등록을 말소시켜야 하는 최소한의 조치가 필요함을 감안할 때, 시험비행의 운용에 있어 항공안전법 제3조 1항의 군용항공기에 대한 예외 적용의 타당성을 가지는가 법률적 모호성 및 한계가 존재한다.

따라서 시험용 플랫폼 항공기의 군용기 인증법 적용은 비용/일정 및 운용상의 이중 업무를 수행해야하는 절차로서 부적절하다 할 수 있다. 본 논문에서 군 감항 인증으로 통한 비행 시험은 비용 측면과 군 조종사를 통한 시험 항공기의 운영 등의 문제점으로 민간 항공기의 군 감항은 부적절한 것으로 판단한다.

IV. FTB 항공기 운영 방안

FTB 항공기 운영을 위해서는 조직 구성, 시설 및 장비, 그리고 항공 종사자 등이 필요하다. 각 항목별로 살펴보면 다음과 같다.

① 조직 구성

운항 정보 획득, 기술 정보 획득 및 전파, 운항중인 항공기의 조원, 일반 행정 업무 수행 등의 지원 업무를 담당하는 부서, 항공기 정비, 검사 및 관리 등을 수행하는 정비부서, 비행 계획 수립을 수립하고 직접 항공기를 조종하는 운항 부서 등의 조직 구성이 요구된다.

② 시설 및 장비

운영 시설과 장비는 항공기의 정치장에 준비가 되어야 한다. 항공기의 정치장은 공항이 되며 민간 공항 중 한화 시스템의 이용상 편리한 곳을 선정할 수 있다. 정치장내에 일반 행정 업무 및 비행 준비를 수행하는 최소한의 사무실이 필요하며 그 규모는 대략 9m×9m가 예상된다. 정비 조직 인증을 받기 위한 수준의 격납고와 정비 시설과 장비가 요구된다. 격납고는 최소 35m×30m 크기가 요구되며 통상적인 소모품과 시간에 의하여 관리되는 예비 부품이 준비되어야 한다.

③ 항공종사자

조직을 관리하는 인원 외에도 행정 업무를 겸하여 수행할 수 있는 1인이 운항 관리자, 조직 인증을 받기 위한 기체, 엔진 및 전기·전자 전문가 등 3인 이상의 정비사, 2인 이상의 조종사 등이 필수 운영요원이 된다.

이와 같이 FTB 항공기 운영을 위해서 아래와 같이 3가지 방식으로 구분되며 아래와 같다.

- 직접운영방식 : 한화 시스템 내에 별도의 운영 조직을 구성하여 항공기의 구입, 등록, 관리 및 운영을 직접함
- 위탁운영방식 : 항공기 구입/리스 및 항공기 개조, 유지 관리 및 운영을 전담하여 진행하는 방식
- 간접운영방식 : 유지 관리 및 운영의 일부분을 외부기관에 위탁하고, 한화시스템에서 구입하고 항공기의 관리 및 운영만을 위탁하는 방식

FTB 항공기 운영에 따른 방식별 특성을 비교하기 위해 항공기, 비행 시험 그리고 지상지원에 대하여 주요 항목에 대한 장·단점을 비교한다. 표 3에서 각 장·단점에 대하여 좋음(○), 보통(△), 그리고 나쁨(×)으로 구분한다. 항공기 구매/임대의 경우 위탁운영방식은 항공기 임대기간 변동에 따른 비용 상승이 발생하며 비행 시험이 종료가 되면 원상태로 복원해야 하므로 추가 비용이 산출된다.

비행 시험관련한 간접/위탁 운영방식은 전문 운영 업체 중 비행시험과 지상 지원을 동시에 가능 업체가 국내에 없고, 미국, 유럽, 그리고 남아프리카공화국 등 전문 시험 업체와 독자적인 공항을 소유한 적절한 위탁기관 선정이 어려운 문제점이 있다.

표 3. FTB 항공기 운영 방식

Table 3. Review by major FTB's item.

Operation method		Direct	Indirect	Contraction
Item				
FTB A/C	purchase(lease)	x	x	△
	repair/restoration	△	△	x
	duration	○	△	x
	maintance	x	○	○
Flight Test	test scinario	x	△	△
	flight test	x	△	△
	data acq. and analysis	○	△	△
	radar reliablility	○	x	x
	test airspace	domestic	oversea	oversea
Ground support	organization	x	△	△
	facilites	x	△	△
	aviation worker	x	△	△

간접/위탁 운영 방식은 시험 장비의 신뢰성이 가장 큰 관건이다. 이는 국내보다 국외의 시험 장소에서 더 유리한 상황이지만, radar의 예상하지 못했던 고장이나 결함이 발생할 경우 위탁 운영 방식은 항공기 임대 기간이 증가하는 문제점이 발생하는 반면 간접운영방식은 한화 시스템에 직접운영하는 장점이 있다. 그에 반하여 직접과 간접 운영방식은 비행 시험이 종료된 이후 유사한 비행 시험이 진행되면 효율성이 높지만 그렇지 않으면 항공기의 폐기 혹은 판매를 수행해야 하는 문제점이 있다.

이와 같이 FTB 운영 방식별 각 장·단점에 따라 간접운영방식과 위탁운영방식이 있으나 항공기의 추후 활용적 측면을 보면 위탁운영방식이 보다 나은 측면이 있다. 따라서 한화시스템에서는 위탁운영방식을 통한 해외에서 시험 운영을 진행한다.

IV. 결 론

최근 국내 KF-X 사업은 2002년에 소요가 제기된 이후 AESA Radar, EO-TGP,IRST, 그리고 jammer의 개발이 진행되었으며 본 논문에서 AESA radar의 비행 시험 항공기 선정, 항공기 감항 그리고 항공기 운영 방안을 조사하였다.

본 논문에서는 AESA radar의 해외 비행 시험 사례를 바탕으로 국내의 항공안전법 상 요구조건과 해외 기종별 분석을 통하여 항공기 추천, 항공기 수리·개조 및 운영 방안을 분석하였다.

따라서 FTB 국외 운영사례로 ① 상업용 대형 항공기부터 비즈니스 제트기 등 다양하게 활용되고 있다. FTB에는 조종사, 개발연구원 3~4명(계기 운영, FTE, 레이더 조작사) 그리고 기동을 하는 계측 장비를 탑재된다. ② FTB 항공기는 지상 및 공중에서 항전장비가 작동이 가능하도록 충분한 전기, 냉각, 유압(필요시) 장치가 지원 되어야 한다. ③ FTB 내부에는 이동 가능하고 다양한 시험장비 장착 가능한 rack 설비 필요하다. ④ FTB

내부 설계는 비행시간이 길기 때문에 탑승자들이 편리한 환경을 구비함과 동시에 안전, 신뢰, 효율적인 업무를 수행할 수 있어야 한다. ⑤ FTB에 레이더 및 항전장비 장착은 전투기 장착과 동일할 필요는 없지만 가능한 유사하게 장착되어야 한다. 따라서 KFX 사업 및 군/민간 적용 가능 기종 추천에 활용 가능하며 Nose 직경이 100 cm 이상되어야 하며 B737-500 혹은 Gulfstream III/IV 등이다.

FTB 항공기에 AESA radar을 장착하기 위해서는 항공기 nose 부분 개조 및 구조 해석을 수행, 전원 공급, 항행 시스템, 냉각 계통 그리고 캐빈 계통 등의 수리가 필요하다. 항공기의 구조적 변경 및 외형적 변형이 발생하지 않으므로 수리·개조로 감항 인정을 받을 수 있다. 민간 감항과 군 감항에 대하여 검토하였으며 민간 감항은 수리 개조로 항공안전법 제 30조 및 동법 시행규칙 제 66조부터 제 68조의 규정에 명시되어 있으며, 상세한 업무 절차는 국토교통부 훈령 제 1027호 항공기 등의 수리·개조 승인 지침을 수행할 수 있다. 군 감항은 법률 제 16353호 군용항공기 비행안전성에 관한 법률에 따르면 민간 항공기를 통한 군 감항을 받기 위해 민간 항공기 말소 후 군용 항공기로 등록해야 하며 군 조종사를 통한 시험 항공기의 운영 등의 문제점으로 민간 항공기의 군 감항은 부적절한 것으로 판단하였다.

그리고 마지막으로 FTB 항공기의 운영 방안으로 직접/간접/위탁 운영방안을 제안하였으며 항공기 구매/비행 시험/지상 지원등의 항목에 대하여 각 방식별로 비교하였다. 그에 따라 위탁 운영 방식은 해외에서 비행시험을 운영하고, AESA radar의 신뢰성이 높을 경우 가장 우수한 운영 방식으로 평가되었다.

따라서 본 논문에서 FTB 항공기는 Boeing 737-500을 임대하는 것을 추천하였으며 항공기 수리·개조에 수행하여 해외 수리 업체를 통한 해외특별감항을 취득한 후 국내에서 운영하며 비행 시험 및 운영에 대하여 해외시험대행업체를 통한 비행 시험의 경험 부족을 충족할 것으로 판단하였다.

Acknowledgments

본 연구는 2019년도 한화 시스템의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

References

[1] G. Y Hong, S. B. Hong, Y. K Cha, and Y. S. Lim, Establishment of FTB(Flying Test Bed) for domestic environment, Hanseo University Aeronautical technology Institute, ChungNam, Technical Report, 2017.
 [2] S. B. Hong G. Y. Hong, Y. K Cha, and Y. S. Lim, "Overseas operation case of FTB airplane for AESA Radar," in *Spring*

Conference of The Korean Society for Aviation and Aeronautics,
Goheung Aerospace Center: Korea, pp. 167-170, May, 2017.

- [3] Y. C. Kim, A Study on the Introduction and Operation of Meteorological Dedicated Aircraft, National Institute of Meteoroporgical Research, Seoul, Technical Report 11-1360395-000169-01, Sep, 2009.
- [4] Act 14116(Aviation Safety Act), [Internet]. Available: <http://www.law.go.kr/lsSc.do?tabMenuId=tab18&query=%ED%95%AD%EA%B3%B5%20%EC%95%88%EC%A0%84%EB%B2%95#undefined>
- [5] Act No.16353(Military aircraft airworthiness certification Act)

[Internet]. Available: <http://www.law.go.kr/lsSc.do?tabMenuId=tab18&query=%ED%95%AD%EA%B3%B5%20%EC%95%88%EC%A0%84%EB%B2%95#undefined>

- [6] Land, Infrastructure and Transport Ministry Directive No. 1027 Guidelines for Approval of repair modifications of aircraft, [Internet]. Available: <http://www.law.go.kr/admRulSc.do?tabMenuId=tab107&query=%EA%B5%B0%EC%9A%A9%20%ED%95%AD%EA%B3%B5%EA%B8%B0#libgcolor6>
- [7] G.Y Hong, KF-X EO-TGP/IRST Supplier Flight Test Performance Study, Hanseo University Aeronautical technology Institute, ChungNam, Technical Report, 2018.



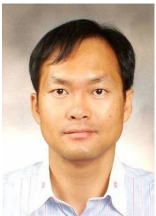
박 제 흥 (Jehong PARK)

2002년 8월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학석사)
 2009년 8월 : 한국항공대학교 항공우주기계공학과 (공학박사)
 2003년 12월 ~ 2018년 2월 : 대한항공 항공우주사업본부 항공기술연구원
 2018년 3월 ~ 현재 : 한서대학교 항공전자공학과 조교수
 ※관심분야 : 체계공학, 무인기시스템, 우주시스템, 체계안전, 감항인증, 위성항법/통신 및 기술분석



홍 교 영 (Gyoyoung Hong)

1993년 ~ 2001년 대한항공 항공기술연구소 선임연구원
 2001년 9월~현재 : 한서대학교 항공전자공학과 교수
 ※ 관심분야 : 비행시험, 항공기시스템, 항공통신 등



엄 정 환 (Jeonghwan Eom)

1995년 2월 : 대전대학교 컴퓨터통신학과 (공학석사)
 2009년 8월 ~ 2016년 5월 : 한화시스템 지휘통제.통신연구소
 2016년 6월 ~ 현재 : 한화시스템 레이더 연구소
 ※관심분야 : 체계안전, 감항인증, 항공전자 등



정 필 한(Pilhan Chong)

1993년 10월 ~ 2013년 3월 한화시스템 레이더 연구소
 2016년 7월 ~ 2018년 7월 한화시스템 AESA 레이더 연구 센터
 2018년 8월 ~ 현재 한화시스템 구매팀
 2018년 7월 ~ 현재 한서대학교 항공시스템 공학과 석사과정
 ※관심분야 : 항공전자, 우주시스템, 항공인증 등



홍 승 범 (Seungbeom Hong)

2003년 8월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (공학박사)
 2004년 2월 ~ 현재 : 한서대학교 항공전자공학과 교수
 ※관심분야 : 항공전자, 컴퓨터 비전, 항공 시뮬레이터, 항공사고