

技術論文

DOI: <http://dx.doi.org/10.5139/JKSAS.2012.40.10.910>

보라매 전투기 전자광학타겟팅 장비 탑재형태의 분석 평가

강치행*, 오승현*, 강희창**, 천호정**, 이범석**

An Evaluating Analysis of Installing Type of EOTS
for The Boramae Fighter

Chi-Hang Kang*, Seung-Hyun Oh*, Hee-Chang Kang**, Ho-Jeong Cheon** and Beom-seok Lee**

ABSTRACT

In this paper, the loading methods of EOTS for an exploratory developing fighter were analysed by the technical characteristics of it's operation, maintenance, engineering technology and development cost. By the analysis of operational ability evaluation, the internal type had the merits of stealth function, but the external loading type was preferable to certificate the accessibility, install/detach, compatibility and interoperability with the existing fighter aircraft. From the results of 17 items of technology and development cost evaluation, we found out that the internal type had the advantage of small sizing lightweight, but the external type was highly estimated in the field of application of domestic technology, cost reduction and technical stability for achievement of performance.

초 록

본 논문에서는 탐색개발중인 전투기에 탑재할 EOTS의 운용유지·소요기술·개발비용에 대한 기술적 특성을 평가 분석하여 탑재방식을 연구하였다. 15개 항목의 운용성 측면의 평가 결과, 내장형은 스텔스 기능의 장점이 있으며, 외장형은 장·탈착성, 접근성, 현 운용 항공기와의 호환 활용성 및 무장 교체 가능성 등의 장점이 있다고 평가되었다. 17개 항목의 기술 및 개발 비용 평가 결과, 소형·경량화 및 소모 전력에서는 내장형 탑재 방식이 유리하지만, 국내 기술의 적용에 의한 비용 절감과 성능 달성을 위한 기술 안정성 측면에서는 외장형 탑재방식이 우수하다고 평가되었다.

Key Words : Exploratory Development(탐색개발), Fighter(전투기), EOTS(전자광학타겟팅장비), External Loading Type(외장탑재방식), Internal Type(내장형), Operation(운용성), Developing Cost Reduction(개발 비용 절감), Technical Stability(기술 안정성), Compatibility and Interoperability(호환 활용성)

I. 서 론

† 2012년 2월 29일 접수 ~ 2012년 9월 20일 심사완료

* 정회원, 공군사관학교 항공우주기계공학과
교신저자, E-mail : chkang04@daum.net

충북 청원군 남일면 단재로 635 사서함 335-2호

** 삼성 탈레스

보라매 전투기(KF-X)는 한반도 방위권 내의 자주적 제공권 확보, 장거리 정밀 타격 및 적의 공·지·해상 침투를 무력화하기 위해 공대공, 공대지 및 공대해 임무수행을 완수할 수 있도록 현존하는 KF-16과 F-15K의 중간 정도 성능을 목표

로 국내 기술진에 의해 설계/제작/개발되는 전투기로서 현재 탐색개발 단계에 있다. 보라매 전투기에 적용될 항공전투체계는 임무 통제체계, 센서/통신 체계, 생존체계, 그리고 무장체계로 구성되며 여기에는 현존 항공전투 체계의 기본 요구사항 및 미래지향적인 기술을 응용한 공대공, 공대지 및 공대해 임무를 수행할 수 있도록 해야 한다.⁽¹⁾ 보라매 전투기의 조종사는 상황실, 관제센터, 정찰기, 통제기, 위성 등의 외부 정보원 및 항공기에 탑재된 센서/통신 체계로 부터 전술 상황을 판단하고 목표물을 탐지·포착·추적하면서 위협 또는 표적에 대한 임무를 성공적으로 완수하여야 한다. 전투기가 이러한 임무를 수행하는데 필수적으로 탑재되어야 할 장비가 전자광학 타겟팅 장비 (EOTS: Electro Optical Targeting System)와 적외선 탐색 및 추적 장치 (IRST :Infra-Red Search and Track)이다.

EOTS는 기본적으로 표적을 탐지·포착·추적하여 표적의 확인뿐만 아니라 표적의 위치, 속도 등의 표적정보를 계산하여 레이저 유도무기가 표적을 향하도록 유도하는 전자광학 사통장비이다. IRST는 수동형 적외선 영상 탐색 및 추적장비로 저고도 침투 항공기 및 유도탄의 전자방해대책 (ECM) 기능의 무력화가 가능하고 적에게 노출위험이 없으며 수면과 산란 등에 의해 표적탐지가 곤란한 레이더와 상호 보완 역할을 한다.






본 논문에서는 연구 목적상 범위를 EOTS에 한정하여 어떤 운용 개념과 어떤 구조로 어떻게 보라매 전투기에 장착되는 것이 가장 효과적인가를 살펴보았다. 이를 위해 현재 운용 중이거나 개발 중인 장비 및 발전 추세를 알아보았으며, 장착 형태와 운용, 장비의 유지관리, 국내 기술 적용 및 개발 비용을 분석하여 내장형 탑재 방식과 외장형 탑재방식의 장·단점을 비교 평가하였다.

II. EOTS 장비의 운용 개념

선진국에서는 다양한 항공기에 여러 가지 모델의 EOTS를 운용하고 있는데 최신 전투기에 장착되어 운용 중이거나 개발 중인 EOTS는 Table 1과 같다⁽²⁾. 2020년대 네트워크 중심 전장 환경에서 다양한 작전 임무를 융통성 있게 수행해야 하는 보라매 전투기도 이러한 첨단 기술 및 진보된 운용개념이 적용된 최신 EOTS 장비를 탑재하여 운용하여야 한다.

EOTS와 연동 가능한 무장으로서는 영상추적 유도탄인 Maverick(AGM-65)과 GBU 계열의 레이저 유도폭탄(GBU-10, GBU-12, GBU-24 등), 합동

Table 1. 최신 EOTS 개발 추세

구분	F-16C/D	F/A-18	Rafale	EF-2000	F-35 JSF
장비명	LANTIRN(AAO-14) Sniper XR(AAO-33)	ATFLIR(ASO-228)	DAMOCLES	LITENING(AAO-28)	EOTS(AAO-40)
탑재 형태	NAV/TGP 외장탑재 TGP만 외장탑재	TGP 외장탑재	TGP 외장탑재	TGP 외장탑재	Sniper XR 내장탑재
개발 생산	'80년 ~ '87년 '83년 인도	'98년 ~ '02년	'02년 佛해군인도	'90년대 개발시작	'07.4월 최초시험
사진					

직격탄인 JDAM 등이 있다. 공대지유도미사일 (Maverick)과 연동할 때 EOTS는 지상표적의 영상을 제공하여 식별된 표적을 찾아가도록 도와준다.

레이저유도무기와 연동할 때는 레이저지시기로 추적 중인 표적에 레이저를 조사하여 레이저 유도무기를 표적으로 유도한다. 또한 EOTS가 사통레이더(FCR : Fire Control Radar)와 연동하면 레이더의 표적 식별능력 한계를 보완하는 역할을 한다. 레이더가 탐지한 대공표적의 방향을 EOTS에 제공하면 EOTS는 그 방향으로 시선을 이동하여 영상센서로 표적의 영상을 획득하고 식별한다.

이러한 기존의 EOTS 주요 운용 개념은 Table 2에서 보는 바와 같으며 운용 개념도를 Fig. 1에 도시하였다^(3,4).

오늘날의 EOTS는 최근의 급변하는 전장환경과 그로 인한 작전개념의 변화에 따라 보완 및 발전되고 있으며 아래와 같은 목적을 달성하기 위해

Table 2. EOTS 운용 개념

운용 개념	상세 내용
지상표적의 영상정보획득	주간 카메라 / 열상센서로 표적영상 획득 및 조준점확인 폭탄 투하후의 효과를 영상으로 확인 선택 표적을 자동영상 추적기법으로 화면 중심에 유지
표적에 대한 레이저 조사 및 무기 유도	레이저 조사기로 표적에 레이저를 조사하여 반사되는 레이저 파를 따라 레이저 유도무기로 정밀 타격할 수 있도록 유도
유도탄 유도 명령	추적 표적의 영상과 영상 탐색기 유도탄의 영상을 비교하여 영상 탐색기 유도탄에 lock-on 명령과 유도탄 투하를 명령하는 신호를 발생
표적의 위치 정보 제공	레이저 모듈에 내장된 거리 측정기와 IMU, GPS 정보를 이용하여 표적 위치를 계산할 수 있고 향후 GPS무기에 표적 위치 정보를 제공

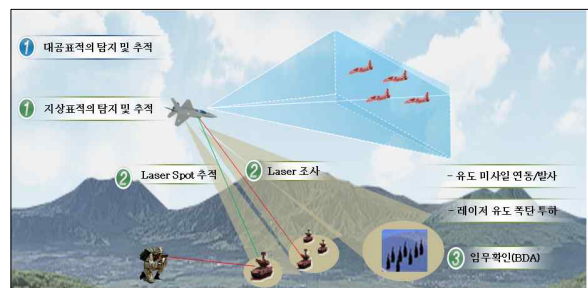


Fig. 1. 운용 개념도

그 필요성이 증대되고 있다⁵⁾.

- 주야간 표적 탐지/인지/식별 능력 확대
- 영상추적을 통한 정밀 타격으로 아군 및 민간 피해 최소화
- 지상군 및 아군 공격기와의 합동작전을 통해 임무성공률 향상
- 표적 정밀타격에 소요되는 조종사의 과중한 임무부담을 줄이고, 표적 지역에서 항공기 노출시간을 줄여 생존성 향상
- 영상정보를 이용한 저고도항법 향상

이러한 목적에 따라 항공기는 적의 위협이 상대적으로 적은 원거리에서 작전을 수행해야 하기 때문에 EOTS에는 해상도가 뛰어난 영상센서와 고출력의 레이저 조사기가 장착된다. 또한 원활한 주야간 표적을 탐지, 추적하기 위해 고해상도의 주간카메라와 열 영상 카메라가 필요하다. 또한 레이저 유도무기 또는 합동직격탄과 연동 가능하도록 레이저지시기로 표적을 조사하거나 표적의 고정밀 위치 정보를 제공하는 기능을 가져야 한다. 계산된 표적위치의 정확도는 시선의 지향정밀도에 의존되므로 정밀타격 능력을 갖추기 위해 높은 지향정밀도를 갖추어야 한다. 레이저 추적기(LST : Laser Spot Tracker), 레이저 표시기(LM : Laser Marker)와 실시간 데이터링크를 통해 지상군 또는 타 항공기 간 합동작전을 수행하여야 한다. 최근에는 전장감시를 위한 정보요구 증가를 충족하기 위해 전투기 EOTS를 이용한 비전통적 정보·감시·정찰(NT-ISR : Non-Traditional Intelligence Surveillance Reconnaissance) 임무가 추가되는 등 그 임무영역이 확장되는 추세에 있다.

III. EOTS 탑재 방식의 분석

항공기의 임무 요구도에 따른 EOTS의 형상설계는 항공기의 형상 설계 절차와 마찬가지로 외부형상 설계와 내부 형상 설계로 나누어지며, 외부형상의 결정을 위해서는 내부 형상에 대한 고려가 반드시 함께 이루어져야 한다. EOTS의 내부 형상은 구성품의 성능 발휘를 위한 적절한 공간적 배치가 이루어져야 하며 이러한 공간적 배치에 알맞는 외부 형상이 설계되어야 한다. 개념설계 단계에서 KF-X 항공기의 임무 수행에 적합한 EOTS의 내부의 구성품 선정과 외부 형상의 설계는 동급 기종에 대한 연구와 미래 개발 방향 및 항공기의 특수 임무를 고려하고 또한 무게와

가격, 그리고 성능을 비교 분석하여 결정해야 한다. 또한 EOTS 장비의 체계개발에 필요한 운용 성능과 비행적합성에 대한 시험 평가요소의 도출과 함께 무기체계의 호환성도 고려해야 한다.

EOTS 장비의 체계개발 과정에서는 기본 성능 시험, 체계 종합시험, 환경 및 전자기 시험, 비행 인증 시험, 비행 성능 시험, 전력화 지원요소시험 등을 거쳐 시제품이 제작된다⁶⁾. 따라서 현 탐색 개발 단계에서는 ① EOTS 장착 방식에 따른 운용 특성 분석 평가 ② EOTS 국내 개발에 따른 기술적 특성 평가 ③ EOTS 개발 및 생산의 비용적 분석 평가 및 ④ EOTS 기술 발전 동향에 따른 운용성 평가를 수행하여 내장 탑재방식과 외장 탑재방식의 장·단점을 비교 분석하였다.

3.1 장착 방식에 따른 운용 특성 평가

일반적으로 전투 항공기의 무장 및 외부 장차물 탑재능력은 항공기의 능력평가의 기준이 되며 무장은 항공기의 임무에 따라 달라진다.

Table 3에서 보는 바와 같이 EOTS 운용 특성 평가는 장착성에 따른 5개 항목, 비행인증에 대한 적합성 4개 항목 및 비행성능에 대한 적합성 6개 항목 등 15개 항목에 대한 분석 평가를 수행하였다.

장착성 평가결과, 내장형은 스텔스 기능이 가능하다는 점과 공기역학적 특성이 양호한 반면, 운용중인 항공기 KF-16, F-15K에도 공통으로 탑재할 수 있는 호환성 유지 항목 및 다른 무장과 교체 가능성이 전무하다는 단점을 가진다. 그러

Table 3. 운용성 분석 평가

구분	항목	기술적 성능 특성	외장	내장	분석
장착성	공기역학	항력에 따른 비행속도·기동제한	▲	○	외장형은 공기역학적 항력감소 구조로 설계 요함
	피탐성	적 레이더 탐지에 대한 회피	x	○	스텔스기능
	호환·활용성	KF-16, F-15K 장착 및 운용 호환 활용	○	x	내장형은 타 항공기 적용 불가
	무장 교체의 용이성	EOTS 장착위치에 타 무장 장비 장착	○	x	외장형 가능 내장형 불가
	지상·장거리	유지보수 및 접근성	○	x	내장형의 경우 장·탈착 및 접근성 측면에서 불리하여 유지보수 곤란 예상
전자기 간섭	지상전자기 간섭		○	○	EMI 대책 설계/재적에 좌우됨
	비행전자기 간섭	비행인증에 대한 적합성	○	○	
비행적합성	구조적 정밀성		▲	○	내장형의 경우 구조상 유리한 측면은 있으나 현재 운용중인 외장형의 문제 사례 없음
	진동·내구성		▲	○	
최대조사 고도(레이저)	표적인자 거리		○	○	레이저 발진기의 말뚝 및 기계적/광학적 설계에 좌우됨
	지상합동 작전	비행 성능에 대한 적합성	○	○	광학계 및 센서 성능에 좌우됨
	무장 연동		○	○	레이저 추적기 성능에 좌우됨
	공대공 임무(레이더 연동)		○	○	SMS와 인터페이스에 좌우됨
	선력도		○	○	표적좌표의 영상처리에 좌우됨 부품선정 및 상세설계에 좌우됨

나 외장 탑재 방식은 장·탈착의 용이성, 정비 접근성, 현 운용 항공기와의 호환 활용성 및 여러 무장을 교체 장착할 수 있는 유연성을 가지고 있다. 또한 스텔스 기능이 부족하고 공기역학적으로 내장형 보다 높은 항력을 갖는다는 것이 단점이다. 이러한 공기역학적인 항력 특성을 개선하기 위해서는 동체와 일치된 형태로 외장형 EOTS Pod를 설계하여야 한다⁷⁾.

비행 인증에 대한 적합성은 구조적 정열성 및 진동/내구성 항목에서 외장형에 비해 내장형이 유리한 측면이 있으나 현재 운용되고 있는 EOTS에서 문제를 제기한 사례가 없었다. 항공기 탑재 장비와의 전자기 상호 간섭성 항목은 내장형이든 외장형이든 이에 대한 대책이 포함된 설계와 제작이 필요하다.

비행 성능에 대한 적합성은 EOTS의 레이저 발진기의 기계적/광학적 설계와 광학계 및 센서, 레이저 추적기의 성능, SMS와 인터페이스의 설계 특성, 표적좌표와 연산처리 능력, 부품 선정 등에 좌우된다. 이러한 설계 및 광학 및 센서 부품의 정확한 사양 충족을 한다면 내장형이든 외장형이든 비행 성능에 적합한 탑재방식이다.

3.2 EOTS 기술 평가 분석

전자광학 타겟팅 장비의 기술적 분석은 탑재공간의 유용성, 장비의 규모와 무게, 장비의 소모 전력, 국내기술의 성숙도, 적용기술의 안정성 항목을 Table 4와 같이 비교 분석하였다.

내장형 탑재방식은 항공기 내부의 공간 제약에 따른 광학계 및 센서 성능의 목표 달성에 어려움이 예상되고, 사파이어 광학창과 레이저 모듈의 국내 개발이 미흡한 실정이므로 해외도입이 불가피한 부분이다. 아직까지 내장형은 개발중에 있으므로 기술적 검증이 완료된 상태는 아니다. 외장형의 경우는 환경조절장치가 필요하여 소형 및 경량화 측면에서 내장형에 비해 불리한 측면이 있다.

Table 4. 기술적 분석 평가

구분	항목	기술적 성능 특성	외장	내장	분석
기술적 분석	탑재공간	탑재공간 대비 개발 용이성	○	×	내장형은 공간제약에 따른 광학계 및 센서 성능 달성에 어려움 예상
	소형 경량화	EOTS형상 및 무게의 경량화	▲	○	내장형은 ECU가 불필요하여 소형 경량화 및 소모전력 감소 가능
	소모 전력 감소	EOTS 소비 전력	▲	○	
	국내 설계 제작 기술 성숙도	주요 구성품 기준	○	×	내장형용 사파이어 광학창/레이저모듈 해외도입 불가
기술적 안정성	적용 기술의 검증	○	×	내장형은 기술적 검증이 완료되지 않았음	

3.3 EOTS 국내 개발 기술 비용 평가

국방기술품질원에서 발간한 2010 국방과학기술조사서⁸⁾에 의하면 복합 전자광학 탑재체의 중분류 기술은 선진국 대비 탑재 구조 기술 79%, 안정화 기술 72%, 센서헤드 구동기술 80% 수준이다. 전자광학 센서기술은 선진국 대비 가시광 검출조사 기술 74%, 가시광 광학기술 78%, 가시광 검출 신호처리 기술은 58% 수준이다. 적외선 영상센서 기술은 적외선 검출 기술 73%, 광학 기술 80%, 신호처리 기술이 79% 수준이다. 레이저 검출 및 신호처리 기술 수준은 78%, 레이저 광학계 기술은 65% 수준이다. 이러한 EOTS의 국내 기술 수준은 선진국에는 못 미치지만 우선순위를 고려한 정책적인 뒷받침만 주어진다면 활발한 연구 활성화로 국내기술이 업그레이드가 기대되는 부분이다.

Table 5는 EOTS 장비의 국내 개발과 양산 측면에서 주요 구성품인 내부 광학계, 외부 광학창, 영상센서, 레이저 모듈, 외부 구조물에 대한 기술 비용을 분석 평가한 결과이다.

국내 개발 측면에서 내장형은 공간제약에 따른 복잡 구조로 성능 달성의 시행착오 비용 발생이 예상되고, 외장형은 광학창의 국내개발 가능성이 있다. 외부 구조물 측면에서 내장형이 긍정적인 부분이 있지만, 공간제약에 따른 시행착오 비용의 상쇄에 한계가 있다. 생산적 측면에서 내장형은 사파이어 광학창 및 레이저 모듈의 국내 생산성이 미흡하여 비용증가가 예상된다. 외국의 개발 생산 사례를 보면 외장형인 Sniper의 생산 비용이 ILS를 제외하고 300만\$이지만 내장형은 400만\$ 이상으로 예상된다.

Table 5. 국내 개발 비용적 분석 평가

구분	항목	기술적 성능 특성	외장	내장	분석	
개발 측면	주요 구성품	내부 광학계	공동 광학창 등	○	×	내장형은 공간제약에 따른 복잡 구조로 성능 달성의 시행착오 비용이 발생 예상 외장형은 광학창의 국내개발 가능성이 있음 외부 구조물 측면에서 내장형이 긍정적인 부분이 있지만, 공간제약에 따른 시행착오 비용의 상쇄에 한계가 있음
		외부 광학창	사파이어 광학창	▲	×	
		영상센서	IR, EO	○	×	
		레이저 모듈	LD/LRF, LTD, LM	▲	×	
		외부 구조물	POD, ECU	×	▲	
	개발비용	개발 및 인증	○	×		
비용적 분석	주요 구성품	내부 광학계	주요 구성품 기준	○	×	내장형은 사파이어 광학창 및 레이저 모듈의 국내 생산성이 미흡하여 비용 증가 예상됨 외장형인 Sniper의 생산 비용이 ILS 제외하고 300만\$ 내장형은 400만\$ 이상으로 예상됨
		외부 광학창	사파이어 광학창	○	×	
		영상센서	IR, EO	○	○	
		레이저 모듈	LD/LRF, LTD, LM	○	×	
외부 구조물	POD, ECU	×	○			
생산비용	제작비용 (ILS 제외)	○	▲			



Fig. 2. Sniper 구성품

3.4 EOTS 기술 발전 동향에 따른 운용성 평가

국내 개발로 EOTS 장비를 외장형으로 설계 및 제작할 경우 외장형 EOTS 장비중 가장 최신에 개발된 Sniper APT를 모델로 삼을 수 있다. Sniper를 모델로 삼을 경우 Fig. 2(9)와 같은 구성품을 가지며 특징적인 장점은 다음과 같다.

- Nose 부분이 둥근 형태인 기존 Pod와 달리 사파이어 유리 2면이 결합된 삼각구조로, 광학 센서에 6대의 진동 보상장치를 부착하여 속도 증가시 안정성을 증대시킴
- 3세대 FLIR, common aperture, 안정화 시스템이 탁월한 영상 품질을 제공하여 HD급 고화질의 영상정보 수집이 가능함
- 표적 획득을 위해 주간에는 CCD TV, 야간에는 NVG(Night Vision Goggle)와 연동되는 레이저 표적 추적장치 및 레이저 표시기 등을 이용하여, 조종석에 실시간으로 시현되는 영상을 통해 표적을 자동 추적함
- 39개의 LRU(Line Replaceable Unit)로 구성되어 신속한 정비가 가능하도록 하였으며, 정비 단계도 기존의 3단계에서 2단계로 단축함으로써 후속 군수 지원 및 장비 운영 유지의 신뢰성을 강화함
- ATP는 LANTIRN보다 10배 더 정확한 geo-pointing 능력, 2배의 분해능, 3배의 recognition range 능력을 확보함
- JDAM에 입력으로 제공되는 지상표적의 위치
- 호환성이 우수하여, F-15기종을 비롯 F-16 Block 30/40/50, F/A-18, Eurofighter, JAS 39 등 다양한 항공기에 장착이 가능함

국내 개발로 EOTS 장비를 내장형으로 설계 및 제작할 경우 세계 유일의 내장형 EOTS로 개발되



Fig. 3. F-35 JSF의 내장형 EOTS

는 F-35 JSF EOTS(10)를 모델로 삼을 수 있다. F-35 JSF EOTS의 구성품은 Sniper를 모델로 삼았기 때문에 구성품과 성능적인 장점은 Sniper와 거의 같으며 다만 내장형으로서의 특징적인 장점은 다음과 같다.

- 저 형상 faceted 윈도우로 동체 기수 하부에 매립되어 초음속에도 속도제한 없이 운용이 가능하며 스텔스 구조로 생존성이 우수함
- 콤팩트한 단일 광학렌즈로 설계되었으며 200lb 이하의 경량임
- 공대지 3세대 FLIR와 공대공 IRST 모드가 작동 가능하며 고도의 정밀성 geo-coordinate generation이 탑재됨

IV. 결론

탐색개발 단계에서 보라매 전투기에 적용할 EOTS에 대해 내장 탑재 방식과 외장 탑재방식의 운용 특성 분석, 국내 개발에 따른 기술 특성 및 개발 비용 분석 그리고 기술 발전 동향에 따른 운용성 평가를 수행하여 장·단점을 비교 분석한 결과는 다음과 같다.

가. 15개 항의 운용성 측면의 평가 결과, 내장형은 스텔스 기능의 장점이 있으며, 외장형은 장·탈착성, 접근성, 현 운용 항공기와의 호환 활용성 및 무장 교체 가능성 등의 장점이 있다.

나. 17개 항의 기술 및 개발 비용 평가 결과, 소형·경량화 및 소모 전력에서는 내장형 탑재 방식이 유리하지만, 국내 기술의 적용에 의한 비용 절감과 성능 달성을 위한 기술의 안정성 측면에서는 외장형 탑재방식이 우수하다.

다. 보라매 전투기 EOTS의 목표 성능을 충족하는 탑재방식은 탑재 공간 제약과 성능 달성을 위한 개발 비용이 높은 내장형보다는, 스텔스 성능에 무게를 두지 않을 경우 국내기술의 안정적 적용에 의한 생산 비용 절감과 호환 활용성이 상대적으로 우수하다고 판단되는 외장형이 바람직하다.

후 기

본 논문은 (주) 삼성 탈레스의 '전투기 전자광학 타겟팅장비 운용개념 및 시나리오 연구' 과제를 수행하면서 작성된 것입니다.

참고문헌

- 1) 김영일, 김나영, "보라매 항공전투체계 주요 운용요구도 분석", ADD 연구보고서, 국방과학연구소, 2011
- 2) 김성수, 신용산, 송대범, 홍석민, "야간 표적 식별 장비 기술 분석(I)", ADD 연구보고서, 국방과학연구소, 2008.
- 3) 강치행, 오승현, 이범석, 강희창, 강명호 "전투기용 EOTS 장비의 운용사례와 기술 동향", 한국항공우주학회 2012 춘계학술발표회, 2012. 4.
- 4) 삼성탈레스, "전자광학 타겟팅 장비 내/외장형 장단점 분석 및IRST 통합방안 분석", 2012.
- 5) Jane's Electro-Optic Systems.
- 6) 송대범, 신용산, 김기홍, 김성수 홍석민, "야간 표적 식별 장비 기술 분석(II)", ADD 연구보고서, 국방과학연구소, 2008.
- 7) 항공기설계교육위원회, "항공기 개념설계", 경문사, 2009.
- 8) 국방기술품질원, "2010 국방과학기술조사서 제3권 감시·정찰", 2011.

9) Robert Dooley, "PANTERA Targeting Pod", Headquarters US Air Force 2003.

10) www.airforce-technology.com, JSF(F35) JOINT STRIKE FIGHTER.

11) 제 3체계개발 본부 고정익체계부, "보라매 사업 현황", ADD 현황보고자료, 국방과학 연구소, 2011.

12) CCIP Briefing Agenda, "F-16 Block 50 CCIP", ASC/YPXB, F-16 SPO(KFP II), WPAFB.

13) Joint Pub 3-091, "Joint Tactics, Techniques, and Procedures for Laser Designation Operation", 1999.

14) Joshua Aaron Lane, "A study to enhance the B-1B targeting pod integration development procedure", University of Tennessee Knoxville, 2006.

15) 국방획득연구센터, "야간표적식별장비 (TGP) 사업 분석 평가", 2009.

16) 공군전투발전단, "전자광학/적외선 원리와 군사적 응용", 2010.

17) 국방기술품질원, "감시정찰 전자광학장비 개발동향", 2010.

18) 강치행, 오승현, 이성만, 천호정, 이범석, 강희창, 강명호 김병훈, "전투기 EOTS 탑재 방식의 평가 분석 연구", 한국항공우주학회 2012 춘계학술발표회, 2012. 4.

19) 오승현, 강치행, 천호정, 김병훈, "전투기 EOTS와IRST 체계의 통합방안 분석", 한국항공우주학회 2012 춘계학술발표회, 2012. 4.