

Research Paper 시험평가 부문

유도무기체계 모드 5 피아식별 체계통합 및 인증시험

김우현^{*,1),2)} · 정세영¹⁾ · 이연수¹⁾ · 장세명²⁾

¹⁾ LIG넥스원(주) PGMI 연구소
²⁾ 국립군산대학교 기계융합시스템공학부

Mark XIIA(Mode 5) IFF System Integration and Certification Test for Surface to Air Missile System

Woo-Hyun Kim^{*,1),2)} · Se-Young Jung¹⁾ · Yun-Soo Lee¹⁾ · Se-Myong Chang²⁾

¹⁾ PGMI R&D Center, LIG Nex1 Co., Ltd., Korea
²⁾ School of Mechanical Convergence System Engineering, Kunsan National University, Korea

(Received 26 August 2021 / Revised 15 November 2021 / Accepted 10 January 2022)

Abstract

The new IFF mode, Mode-5 replacing Mode-4, has already been established by the US DoD for its allies and NATO forces. A IFF retrofit program for replacing the Mark XII Mode-4 with Mark XIIA Mode-5 is in progress in order to overcome the security limitations of the former in R.O.K. IFF certification test for the new mode, Mode-5, has been performed on medium range surface to air missile platform of the Korean armed forces for the first time in R.O.K and this is regarded as a monumental event in Korean defense industry. The present paper is a discussion on the procedures applied to the IFF system retrofit and integration, lessons learned from AIMS test with the US AIMS PO as observer. The minimum modification from the existing Mark XII Mode-4 to Mark XIIA Mode-5 and evolutional adaption from previous design including interoperability are required for the system retrofit. Letter of Certification was received from the US AIMS PO after the tests. The authors propose that the lessons learned and know-how acquired during the tests are managed by the R.O.K Government as the standard structure of a database. It is expected that the use of the database will reduce the developmental difficulties and risk, also increase efficiency in future developments and other projects.

Key Words : IFF(피아식별), Mode-5(모드5), Mark XIIA(마크12A)

1. 서론

기존 운용중인 모드 4를 포함한 Mark XII 피아식별 방식은 40년이 넘는 오랜 기간 사용으로 인하여 암호 알고리즘 노출 가능성이 있으며, 이에 따라 비화기능을 강화한 모드 5가 포함된 Mark XIIA 방식으로 피아

* Corresponding author, E-mail: woohyun.kim2@lignex1.com
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

식별 성능개량이 진행 중이다. 모드 5는 기존의 모드 4와 대비하여 질문 및 응답신호를 암호화함으로써 보안성이 강화되었으며, 다수 항공기 근접 비행 시 발생하는 식별 오류가 감소한 특징이 있으며, 스프레드 스펙트럼을 적용함으로써 신호간섭 및 항재밍 성능이 우수한 특징이 있다. 향후 개발되는 피아식별 시스템은 모드 5가 포함된 Mark XIIA 또는 Mark XII B 적용이 요구되어 진다.

국내에서는 한국군이 운용 중인 지상/함정/항공 무기체계 전력에 모드 5가 적용된 Mark XIIA로 성능개량 사업이 진행 중에 있으며, 향후 Mark XII B 적용도 예상된다. 피아식별 적용 무기체계는 질문기/응답기 단위(Box Level)에서의 AIMS(Air Traffic Control Radar Beacon System, Identification Friend or Foe, Mark XII/XIIA, Systems) 인증뿐만 아니라 질문기/응답기가 탑재된 플랫폼 단위 AIMS 인증이 필수적으로 요구된다. 현재까지 국내에는 AIMS 인증을 위한 시스템 개발 및 통합절차 수립이 미미한 수준이며, AIMS 인증을 위한 시험환경 개선이 요구되고 있다.

본 논문에서는 유도무기 체계의 피아식별 계통에 대한 AIMS 인증 피아식별 요구사항 분석 및 체계통합, AIMS 인증시험 경험에 근거로 Mark XIIA/B 피아식별 성능개량 또는 신규 개발에 적용할 수 있는 피아식별 요구사항 식별 및 통합 절차 수립, 기존의 체계 통합 환경을 개선한 피아식별 통합 환경 구축 및 AIMS 인증의 효율적 적용 방법을 제시하였다.

피아식별 요구사항의 효율적 체계 적용을 위해서는 질문기, 안테나 및 신호연결 계통 및 피아식별 운용통제부로 구성되는 레이더 체계에 대하여 구성 장비 및 부체계/구성품 별 피아식별 요구사항의 할당 및 체계통합 과정이 요구되며, System Engineering Process 표준을 적용할 수 있다¹⁾. 본 논문에서는 System Engineering Process를 이용하여 피아식별 요구사항을 유도무기 체계 피아식별 계통 요구사항으로 전환하고, 유도무기 체계에 효과적으로 적용하기 위한 체계통합 절차를 적용하였다. 분석된 요구사항은 성능개량 대상 체계의 피아식별 부체계/구성품의 요구사항 및 설계로 전환될 수 있도록 하였으며, 지대공유도무기 체계의 피아식별 계통의 체계 통합 절차 수립 및 시험환경 구축에 적용하였다. 본 논문에 제시된 피아식별 요구사항의 분석 및 체계통합 방법은 지대공유도무기 체계 피아식별 성능개량 과정에서 성공적으로 적용되었으며, 향후 피아식별이 적용되는 신규 무기체계개발 과정에서도

효과적으로 적용될 것으로 기대된다.

2. 피아식별 요구사항 분석 및 체계 적용

2.1 모드 5 피아식별 요구사항 분석

Mark-XIIA(모드 5) 피아식별 방법은 기존의 Mark-XII 나 Mark-X 피아식별과의 호환성을 유지하면서 항공기, 레이더 운용 증가에 따른 FRUIT, GARBLE, GHOST 등의 피아식별 운용 시 발생하는 문제에 대처하기 위한 질문문 제한, 수하 디코딩 성능, Lethal 질문 운용, 암호장비, 스펙트럼/펄스 신호 규격 등의 요구성능이 추가되는 특징을 가지고 있다.

피아식별 요구사항은 크게 System Design & Qualification 표준과 시험 요구사항으로 구분된다. 모드 5에 적용하는 피아식별 체계의 성능/기능적 요구사항은 NATO STANAG 1000으로 분류된다²⁾.

피아식별 인증시험은 지상시험과 비행시험으로 구분되며, 시험 요구사항 및 수행방법은 표준문서로 기술되어 있다^{3,4)}. 최근 Mark-XIIA/B로 전환하는 과정에서 시스템 개발 및 획득 실무에 참고할 수 있도록 Handbook 20-100이 배포되었으며, Handbook에 수록된 모드 5 전환에 따른 주요 피아식별 성능개량 요소와 성능개량 방법 및 내용은 피아식별 체계 요구사항 분석 및 설계 시 적용될 수 있다⁵⁾. 모드 5 피아식별 시스템 규격 및 시험 요구사항의 피아식별 체계 통합 적용 과정을 Fig. 1에 보였다.

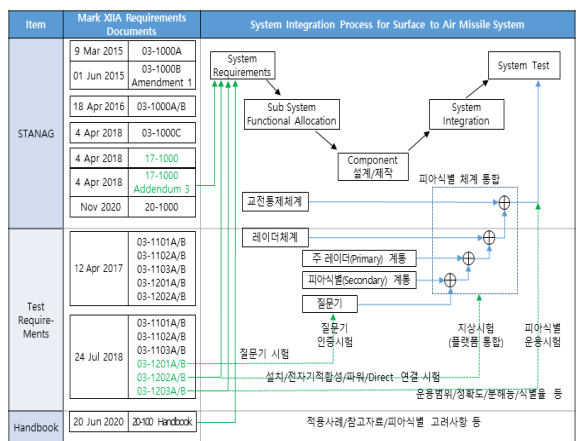


Fig. 1. Relation between mark XIIA requirements and system integration

체계의 모드 5 피아식별 규격 및 요구사항은 DoD AIMS 1000을 적용하여 체계, 부체계/구성품 및 인터페이스 설계로 반영하고, DoD AIMS 1202 및 1203 시험 요구사항은 체계통합 시험절차 수립 및 피아식별 지상통합 및 비행시험에 요구되는 시험 체계구축에 반영한다.

2.2 유도무기 피아식별 체계 분석 및 통합

2.2.1 피아식별 기능할당 및 체계 설계

시스템 엔지니어링 V-프로세스에 따른 무기체계 설계는 요구사항 분석, 기능분석 및 할당, 설계통합 단계로 구성되며, 체계 요구사항은 기능분석 및 할당을 통하여 부체계 및 구성품 설계로 전환된다^[1].

유도무기 체계의 피아식별 요구사항은 지상 및 항공기 등 소군의 피아식별 운용개념 및 피아식별 정보의 전송데이터 연동 등을 포함한 피아식별 운용개념과 유도무기 운용요구사항에 따른 피아식별 요구사항이 동시에 만족하면서 체계에 적용되어야 하는 특성이 있다. 유도무기체계 운용개념으로부터 체계에 적용할 피아식별 요구사항을 수립하고, 모드 5 피아식별 설계 표준을 적용하여 수립된 요구사항을 기능분석 및 할당 과정을 통하여 부체계 및 구성품의 설계 규격으로 적용한다.

요구사항 루프(Requirements Loop)에서는 체계 피아식별 운용 개념 및 요구사항에 따라 체계에 적용될 피아식별 요구사항이 식별된다. 식별된 요구사항은 기능 분석 과정을 통하여 피아식별 무기체계 구성품으로 할당된다. 설계 루프(Design Loop)에서는 각 구성품에 할당된 각 각의 요구사항이 통합되어 AIMS 인증 요구사항과 함께 구성품의 설계 규격으로 설정된다. Fig. 2에 체계 운용요구사항에 따른 AIMS 요구사항의 체계 적용 및 부체계/구성품 할당 과정을 보였다.

요구사항 루프(Requirements Loop)에서는 모드 5 피아식별 요구사항 적용에 따른 체계 운용 요구사항 충족성에 대한 분석 및 통제를 수행하고, 체계 피아식별 요구사항에 따라 부체계 및 구성품으로 할당된 모드 5의 피아식별 요구기능의 적절성을 확인한다. 설계 루프(Design Loop)에서는 부체계 및 구성품으로 할당된 모드 5 요구사항 성능개량 적용에 따른 피아식별 이외의 체계 탐지/추적/교전기능 및 성능에 대한 영향성 유무를 확인한다.

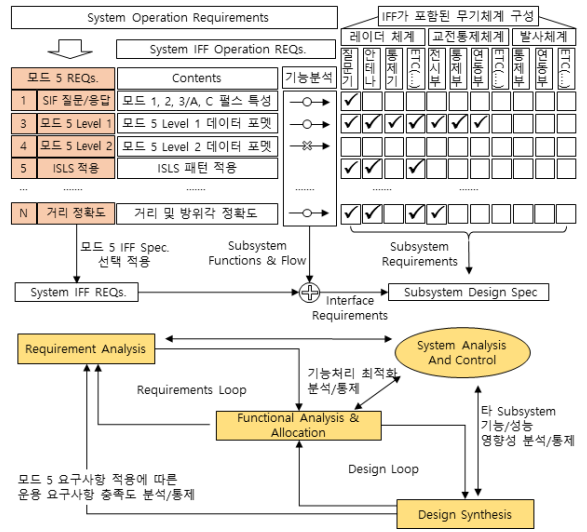


Fig. 2. Functional transition for mark X11A requirements

2.2.2 피아식별 체계통합 절차

유도무기 피아식별 체계는 표적 탐지/추적 기능을 수행하는 주레이더(Primary Surveillance Radar), 피아식별을 수행하는 부레이더(Secundary Surveillance Radar), 그리고 피아식별 기능을 수행하는 질문기로 구성되며, 최종적으로 유도무기 운용을 담당하는 교전통제체계로 통합된다. 피아식별 체계는 체계 통합과정에서 체계 요구사항과 모드 5에서 요구하는 시스템 및 시험 요구사항을 동시에 만족해야 하며, 질문기 단품으로부터 부레이더, 주레이더 및 교전통제 체계로 단계적으로 체계 통합이 수행된다. 지대공유도무기 체계에서 체계 기능과 피아식별 기능을 동시에 통합적으로 수행하기 위한 체계통합 절차를 Fig. 3에 보였다.

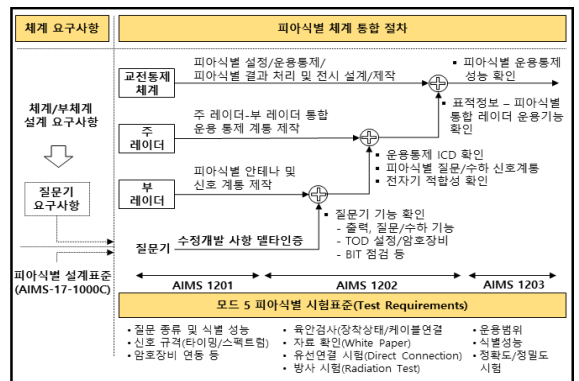


Fig. 3. System integration for mark X11A requirements

피아식별 질문기는 제조사에서 모드 5 피아식별 설계 규격에 따라 AIMS 인증이 확보된 질문기를 적용하며, 질문기의 출력, 질문/수하 기능, TOD(Time of Day) 및 암호장비 연동 등 질문기 기능 및 이상 유무 확인 후에 부레이다와 통합된다. 부레이다 통합 과정에서는 질문기 운용통제 관련 ICD가 검증되고, 피아식별 합/차 채널 신호 계통과 피아식별 안테나과 연동 기능이 검증된다. 부레이다 통합 다음으로 주레이다의 표적 탐지/추적 정보와 피아식별 수하 정보 통합 등 주레이다-부레이다 간 피아식별 운용 기능을 통합한다. 최종으로 피아식별 정보 설정, TOD 운용, 식별정보 전신, Lethal 질문 수행 등 플랫폼 내에서 레이다 체계와 교전통제 체계 간 데이터 연동으로 수행되는 피아식별 기능 통합을 수행한다.

2.2.3 피아식별 시험 및 체계통합 환경 분석

유도무기 피아식별 체계는 피아식별 센서와 표적 센서로 구성되는 멀티센서 정보를 융합하여 운용되는 구조를 가지고 있다⁶⁾. 표적 탐지/추적 및 피아식별, 지령유도명령까지 포함된 무선 신호에 대한 통합시험 환경을 요구한다⁷⁾. 부레이다와 주레이다로 구성되는 유도무기 피아식별 통합은 V-Model 기법에 따라 i)질문기 통합, ii)질문기-부레이다 통합, iii)부레이다-주레이다 통합, iv)유도무기 피아식별 기능 통합의 상향식 시스템 통합 방법을 적용할 수 있다⁸⁾. V-Model에 따른 유도무기 피아식별 통합환경 구성을 Fig. 4에 보였다.

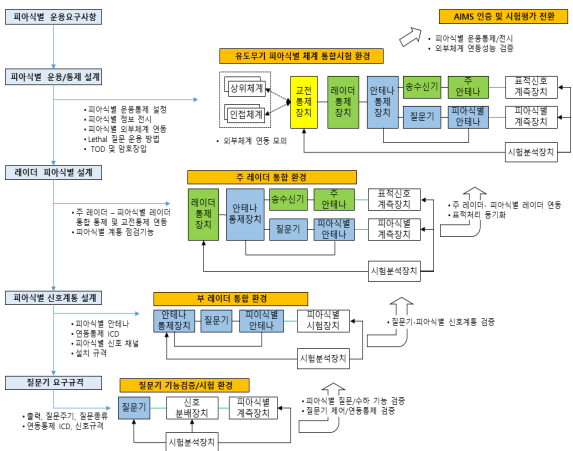


Fig. 4. System integration environments for mark XIIA platform system

질문기 기능시험 환경은 질문기와 암호컴퓨터로 구성되며, 질문기의 피아식별 질문(수하) 기능 및 질문기 제어 및 연동 인터페이스 기능이 검증된다. 질문기 검증 이후 상위 단계로의 통합은 질문기와 연동되는 통제장치 및 피아식별 안테나 통합, 피아식별 정보와 주레이다 부의 표적 정보 간 통합, 유도무기 운용통제 과정에서 피아식별 운용 및 기능/성능에 대한 시스템 통합으로 구성되며, 이에 대한 상향식 통합시험 환경 구축이 요구된다.

3. 지대공유도무기 피아식별 체계 성능개량 적용

3.1 피아식별 성능개량 요구사항 식별 및 설계

지대공유도무기 체계 피아식별은 자체 질문으로 획득한 피아식별 정보와 외부 체계와의 연동으로 획득한 표적정보를 융합하여 운용된다. 피아식별 과정에서 획득한 피아식별 정보는 표적 위협분석에 적용되고, 표적 교전으로의 전환을 판단하는 주요 기준으로 작용한다. 피아식별 성능개량이 수행된 지대공유도무기 체계는 자동화된 방식으로 피아식별 및 표적 교전을 수행하는 체계의 특징을 가지고 있다. Fig. 5에 체계 피아식별 운용개념 및 절차에 따른 체계 요구사항 수립 과정을 보였다.

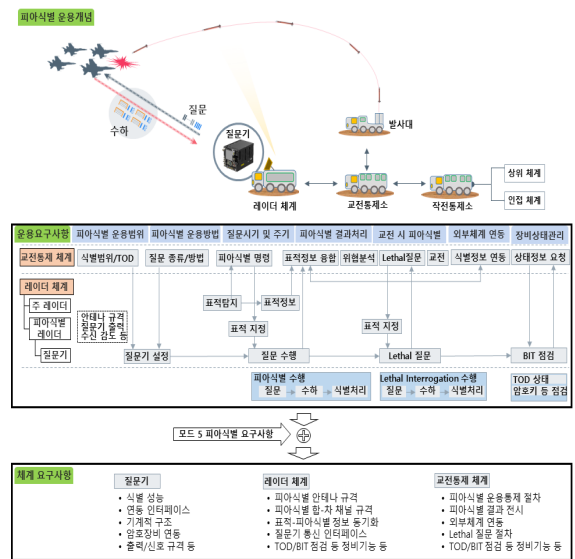


Fig. 5. Mark XIIA retrofit requirements analysis for surface to air missile system

지대공유도무기 체계의 운용 절차, 운용 범위, 피아식별 수하의 종류와 방법, 피아식별 결과 전시, 교전 돌입 시 Lethal 질문 수행, 장비점검 및 상태확인인 운용요구사항 및 운용절차로부터 피아식별 기능분석을 수행하고, 체계에 적용할 요구사항을 식별하였다. 식별된 체계 요구사항에 대하여 피아식별 설계 표준인 모드 5의 피아식별 설계 기준을 적용하여 부체계/구성품 요구사항을 수립하고 성능개량에 적용한다.

3.2 피아식별 체계통합

지대공유도무기 체계의 피아식별 구성은 교전통제 체계와 레이더 체계로 구성된다. 피아식별 질문-수하는 탐지된 표적을 대상으로 수행된다. 지대공유도무기 체계의 피아식별 통합은 피아식별 장비구성과 유도무기 체계 운용특성을 고려하여 체계통합을 구성하였다. 체계운용 요구사항과 美 정부의 운용요구사항을 동시에 만족시키면서 효율적 통합이 수행될 수 있도록 ① 질문기 통합, ② 부레이더 통합, ③ 주레이더 통합, 그리고 ④ 시스템 통합의 4단계로 구분하여 Fig. 6에 보였다.

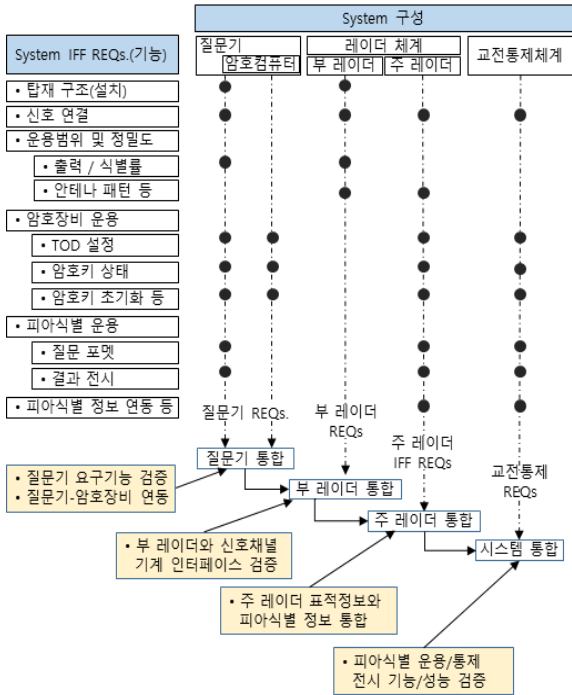


Fig. 6. Mark XIIA platform integration process for surface to air missile system

수립된 피아식별 요구사항은 지대공유도무기 피아식별 체계 구성에 따라 부체계/구성품의 요구성능으로 할당하였고, 할당된 각각의 요구사항을 종합 및 피아식별 요구기능 사항에 대한 단계별 검증을 통하여 지대공유도무기의 피아식별 체계통합이 수행될 수 있도록 체계통합 절차를 구성하였다.

3.3 유도무기 피아식별 체계통합 환경 구축

지대공유도무기 체계 피아식별 통합은 유도무기운용 기능 및 성능에 대한 통합시험과정에서 피아식별 인증시험 항목에 대한 체계통합이 요구된다. 피아식별 성능개량 과정에서 지대공유도무기 체계 피아식별 통합 환경은 기존 유도무기 운용 관련 체계 기능과 추가된 피아식별 기능 간의 통합된 시험 환경 구축이 요구된다. 피아식별 인증시험 시 추가되는 통합시험 환경은 모드 5 피아식별 시험 기준을 근거로 하여 기존 유도무기 체계통합 환경을 보완하여 구축하였다.

3.3.1 모드 5 피아식별 인증시험 분석

모드 5 피아식별 인증시험은 질문기 단품 수준의 인증시험(Box Level)과 질문기와 지상플랫폼이 통합된 플랫폼에 대한 지상시험 및 항공기를 대상으로 피아식별 운용성능을 시험하는 비행시험(Platform Level)으로 구성된다. 질문기 Box Level 인증시험은 질문기 개발사에 의해 수행된다. 피아식별 인증 지상시험(Ground Test)은 질문기와 레이더체계 및 교전통제체계로 구성된 피아식별 플랫폼을 대상으로 수행한다. 지상시험은 질문기 설치, 안테나 성능, 피아식별 질문 운용 등의 시험 항목에 대한 시험을 수행하고, 검사(Inspection), 분석(Analysis), 시연(Demonstration), 시험(Test)의 검증

Table 1. Mark XIIA mode 5 certification item and verification method

피아식별 인증시험 항목 분석	피아식별 인증시험 환경 준비	검증방법
피아식별 안테나 및 신호 계통 확인	• White Paper • 안테나 패턴 측정자료/피아식별 출력/Path loss 등 • 유선연결 시험(Direct Connection Test) 구성 환경 구현	A/T
질문기 탑재 및 케이블 연결 확인	• 질문기 탑재 및 케이블 연결 상태 육안 검사	I
피아식별 운용방법/식별처리 절차	• White Paper 준비 • 피아식별 설계 자료 및 소프트웨어 자료 등	A
시간 동기 (TOD) 입력 및 관리 기능	• TOD 입력 및 관리 기능 시연	D
암호장비 탑재 및 암호 관리 기능	• 암호장비 탑재 상태 육안 검사 및 • 암호관리 기능 시연	I/D
피아식별 질문기 상태점검 및 표시	• 질문기 자체점검 기능 시연	D
피아식별 질문 운용 및 수하 성공률	• 유선연결(Direct Connection Test) 시험 환경 구성 • 주 안테나 가상표적 생성 및 피아식별 응답 위치 동기화 • 단위 시간당 질문률 확인	D/T
방사출력 확인	• 방사시험(Radiation Test) 환경 및 신호계측 환경	T
거리/각도 분해능 및 정확도 확인	• 피아식별 시험용 항공기(CEA) 및 시험계획 준비	D/T
피아식별 운용 모드별 식별 성공률 확인	• 항공기 계획별 피아식별 질문 운용 시나리오 준비	
피아식별 운용 범위 확인	• 피아식별 응답장치 및 데이터 기록/분석 장치 • 항공기 GPS 및 수신/송신 기록	

※ 검증방법(A : Analysis, D : Demonstration, I : Inspection, T : Test)

방법을 적용한다. 시험 구성은 질문기와 시험 장비의 유선연결시험(Direct Connection Test)과 방사시험(Radiation Test) 등 2가지로 구성된다. 비행시험(Flight Test)은 피아식별 운용시험으로 볼 수 있으며, 피아식별 운용범위 내에서 항공기에 대한 피아식별 질문/수하를 통하여 거리/방위각에 대한 정확도와 분해능 및 피아식별 운용범위에 대한 시험을 수행한다. Table 1에 모드 5 피아식별 인증시험 항목 및 내용, 이에 근거한 시험환경 구축 및 시험 준비사항을 보였다.

3.3.2 피아식별 인증시험 및 통합 환경 구축

질문기 단위에서 피아식별 질문 및 수하, 질문기 출력, 암호컴퓨터 운용 등에 대한 기능 및 성능 확인 후 레이더 탑재 및 연동통합이 진행됐다. 레이더 탑재 후 질문기와 레이더 간 기계적 설치 구조, 전기적 연동 계통, 송수신 신호 계통 및 질문기 연동통제 기능이 검증된다. 피아식별 통합시험 환경은 질문기 단품단위의 시험, 질문기와 레이더 통합 시험 및 교전통제체계가 포함된 체계 단위의 피아식별 시험과 체계 기능 시험을 수행할 수 있도록 구성하였다.

지대공유도무기 체계 피아식별 통합시험 환경은 질문기에 대한 기능시험장치, 피아식별모의장치 및 가상 표적 모의장치로 구성되며, 통합 시험 환경에서 질문기 단독시험, 주레이더 계통시험, 부레이더 계통 시험, 부레이더-주레이더 통합시험 및 교전통제를 포함한 체계 시험이 단계별로 수행 가능하도록 기존 유도무기체계 통합시험 환경을 성능개량 하였다.

다음의 Fig. 7에 구현된 피아식별 체계통합시험환경을 보였다.

구현된 피아식별 체계통합시험환경은 피아식별 인증 전에 美AIMS PO에 제출하는 예비시험(Dry-Run)시 사용되었으며, 피아식별 인증 지상시험(Ground Test) 및 비행시험(Flight Test) 시에는 체계통합시험 환경에 사용된 시험 장비를 피아식별 인증시험 장소로 이동하여 사용할 수 있도록 구현하였다. 통합시험 환경에서 방위각 분해능 등 지상장비만으로 시험이 불가능한 시험 항목에 대해서는 Cessna 208 경항공기 2대를 활용하여 피아식별 운용시험이 될 수 있도록 하였다. 항공기 탑재장비는 모드 5용 응답기와 항공기 위치정보 기록 장치로 구분하여 설계/제작하여 체계통합 시 활용하였으며, 통합비행시험(Integration Flight Test)은 피아식별 인증 비행시험(Flight Test) 조건을 적용하여 수행하였다.

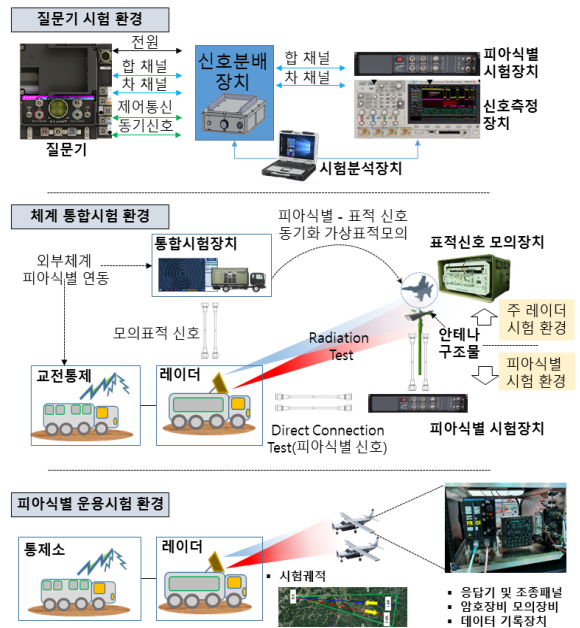


Fig. 7. Platform integration environments for mark X12A retrofit of surface to air missile system

4 피아식별 인증시험

4.1 피아식별 AIMS 인증절차 및 과정

피아식별 AIMS 인증은 美 AIMS PO와 인증절차에 따라 수행된다. 피아식별 성능개량 시 AIMS PO 접촉은 방위사업청 피아식별장비사업팀을 통하여 업무협의 및 인증관련 절차를 진행하였다. 인증 절차는 크게 ① 인증요청서 제출 → ② 피아식별 플랫폼 자료 제출 → ③ 인증시험 계획/절차 제출 → ④ 예비시험(Dry-Run) → ⑤ 지상시험(Ground Test) → ⑥ 비행시험(Flight Test) → ⑦ 인증서(C/L, Certification Letter)발행 순으로 구성된다. 각 단계마다 美 AIMS PO는 제출된 신청서 및 보고 자료에 대한 검토 후 결과를 응답한다. ⑤ 지상시험과 ⑥ 비행시험은 장소/일정 관계상 美 AIMS PO 입회하에 순차적으로 통합하여 수행하였다. AIMS 인증과정에서 수행된 세부 사항을 아래의 표(Table 2)에 정리하였다.

피아식별 인증 시험항목 및 평가기준은 Mark X12A 표준 요구사항과 소요군의 피아식별 운용요구사항이 함께 반영되며, 美 AIMS PO가 인증한 표준 시험환경의 시험을 요구하는 특징이 있다. ⑤ 지상시험과 ⑥

비행시험은 정부가 보유한 인증된 시험환경 및 소요군의 시설/장비 활용이 요구되며, 또한 피아식별 운용범위 등 일부 시험 항목은 소요군 시험과 AIMS 평가간 동일한 평가기준이 적용될 수 있다. 따라서, AIMS 인증시험 및 시험평가 계획 수립과정에서 방위사업청 및 소요군과 시험평가 항목 단일화 방안 수립 및 검토 후 시험적용이 요청된다.

Table 2. AIMS certification process

인증 절차	준비 및 상세 절차	AIMS PO
1 AIMS 인증신청서 제출	• 인증종류, 플랫폼 타입, 탑재 질문기 타입 등 작성 제출	• 신청서 검토 및 인증 진행 승인
2 플랫폼 자료 제출	• 플랫폼 종류, 구성, 피아식별 운용방식, 운용범위, 출력, 피아식별 성능 등 플랫폼 자료	• 플랫폼 데이터 검토 및 협의
3 시험계획/절차 제출	• 예비시험, 지상시험 및 비행시험에 대한 시험계획 및 절차 제출 • AIMS 1202/1203 중 해당 항목	• 시험계획 및 절차 검토
4 예비시험(Dry-Run) 및 결과 제출	• 제출된 시험계획 및 절차에 따른 예비 시험 수행 → 시험결과 보고	• 시험결과 검토 및 지상/비행시험 진행 승인 및 일정 수립
5 지상시험 (Ground Test)	• 시험항목 및 구성/설정 등 계획 수립 • 시험환경 구축 • 시험수행 및 결과 분석 → 보고	• 지상시험 입회 및 결과 확인
6 비행시험 (Flight Test)	• 비행시험 계획 및 피아식별 운용 시나리오 수립 • 데이터 기록/분석 장비 준비 • 시험수행 및 결과 분석 → 보고	• 비행시험 입회 및 결과 확인
7 인증서 (C/L ; Certification Letter) 발행	• 지상/비행시험 결과 보고서 제출 • 결함조치 방안/계획(R/L, Response Letter) 보고	• 결함조치 요구(D/L, Discrepancy Letter) • R/L 검토 후 피아식별 인증서 발급 (C/L, Certification Letter)

4.2 예비시험(Dry-Run)

예비시험(Dry-Run)은 피아식별 인증시험에 대한 준비가 정상적으로 수행되었음을 美AIMS PO에 전달하기 위하여 피아식별 인증시험 6주 전까지 피아식별 지상시험(Ground Test)시험에서 요구하는 피아식별 시험을 수행한다. 예비시험 결과에는 피아식별 시험결과 및 피아식별 요구사항을 만족하는 피아식별 설계 제작 내용에 대한 White Paper 제출까지 포함한다.

예비시험은 설치상태 검사, 피아식별 설계 White Paper 준비, 유선연결시험(Direct Connection Test) 및 방사시험(Radiation Test)으로 구분되며, Cessna 208 경항공기를 활용한 피아식별 예비비행시험을 추가로 수행하였다.

Table 3의 ① 유선연결시험과 ② 방사시험은 Fig. 7의 피아식별 체계통합시험 환경에서 피아식별 시험장비를 사용하여 피아식별 신호 응답 및 계측을 수행하였으며, 시험 시 표적 응답과 피아식별 응답의 시간간 정보가 동기화되도록 구성 하였다. 안테나 패턴, 질문기 송신범위, 질문기 제어 및 통제 등 질문기 운용과 관련된 기능 설명은 White Paper에 기술하였다.

Table 3. Dry-Run test contents and method

Item	Contents	Method
설치 상태 검사 (Pre-Ground Test)	• 질문기 고정 상태 확인 • 케이블 연결 및 고정 확인	육안 검사
유선연결 시험 (Direct Connection Test)	• Pulse 및 PRF 측정, 거리 정확도, 압축조기화 및 TOD • 피아식별 모드별 응답 및 코드 전시 • 질문기 BIT 및 상태정보 • Power On/OFF 시 질문기 동작	케이블을 사용 IFF-45TS와 질문기 직접 연결 시험
방사 시험 (Radiation Test)	• 피아식별 모드 방사 파워측정 및 예상 파워레벨 비교 • 피아식별 코드 전시 확인	안테나를 사용 IFF-45TS와 레이다간 질문 응답 시험
White Paper 준비	• 체계 구성 및 피아식별 운용 절차 • 안테나 패턴, 전자기 적합성 시험자료, 질문 주기 등	설계/측정 자료 준비
예비비행시험(추가 수행)	• AIMS 1203 시험 항목에 대한 추가 시험	경항공기 및 통합장치 사용

경항공기를 사용한 예비 비행시험은 응답기, GPS 수신장치 및 데이터 기록 장치로 구성된 ‘피아식별 시험 장치’를 탑재하고, 피아식별 인증 비행시험 항목에 대한 시험을 예비시험 시 추가로 수행하였다. 예비 비행시험은 실제 AIMS 인증 비행시험 시 발생 예상되는 오류 사항을 사전 제거에 의미가 있다.

4.3 피아식별 인증 지상시험(Ground Test)

피아식별 인증 지상시험은 비행시험이 수행되는 군부대 시험장소로 이동하여 비행시험 전에 수행하였다. 지상시험 환경은 예비시험에서 사용 되었던 피아식별 체계 통합시험환경의 유선연결시험(Direct Connection Test) 및 방사시험(Radiation Test) 장비 일부를 비행시험 장소로 이동하여 비행시험 현장에 피아식별 인증 지상시험 환경을 구축하고 시험하였다. 예비시험 시 송신출력, 수신감도, 피아식별 채널 패스 등 일부 시험에 제한이 되는 사항에 대해서는 현장에서 분석 (Analysis) 방법으로 美 AIMS PO(Air Traffic Control Radar Beacon System, Identification Friend or Foe, Mark XII/XIIA, Systems Program Office)담당자에게 설명할 수 있도록 시험 관련 자료를 준비하였다.

4.4 피아식별 인증 비행시험(Flight Test)

피아식별 인증 비행시험은 美 AIMS PO로부터 인증된 피아식별 시험용장비(시험항공기)를 이용하여 유도무기 피아식별 체계에 대한 피아식별 비행시험을 수행하였다. 시험항목은 운용범위, 거리분해능 및 정확도, 방위각 분해능 및 정확도, Lethal 질문 성능으로 구성되며, 방위각 방향 및 거리방향 각각의 시험 궤적에 대하여 2대의 시험 항공기를 교차 비행하면서 인증 시험을 수행한다⁴⁾. 비행시험 시 항공기의 시간별 위치 정보와 Lethal 질문을 포함한 피아식별 모드별 질문/수하 성공률 데이터가 수집/분석된다. 데이터 분석 시 운용범위 내에서 유도무기 체계의 피아식별 운용범위 내에서 거리별, 방위각별 피아식별 성공률 및

정확도를 종합적으로 분석할 수 있도록 시험 계획과 피아식별 질문 시나리오를 구성하였다. Fig. 8에 피아식별 인증 비행시험의 시험 구성, 시험 계획 준비, 데이터 기록 및 분석에 대한 내용을 보였다.

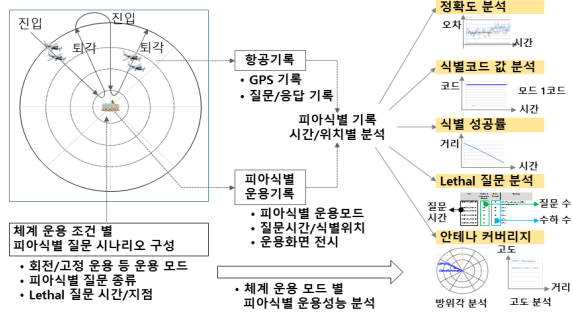


Fig. 8. Flight test record and data analysis

5. 결론

Mark XIIIA 피아식별 성능개량은 기존 피아식별 방식과 호환성이 유지되는 특징을 가지고 있다. 現 운용 중인 피아식별 체계에 대한 피아식별 성능개량 최적화 및 美AIMS PO로부터 신속한 피아식별 인증획득을 위해서는 기존 체계에 반영되어 있는 피아식별 개발 결과물을, 최신 피아식별 인증기준과 일치시키는 관점에서 요구사항의 분석, 체계통합 방안의 수립 및 적용이 필요하고, 이를 위하여 요구사항 분석단계에서 현재 체계 개발 시 적용된 재사용을 가능성 식별하였고, 피아식별 성능개량 과정에서 체계 변경을 최소화하였다. 또한 시험 및 시험준비 과정에서 美AIMS PO의 요구사항에 대한 간극을 줄일 수 있었으며, 이 과정에서 얻은 교훈은 차기 사업의 효율적 수행에 도움을 될 것으로 기대된다. AIMS 인증시험을 2021년 4월 美AIMS PO 입회하에 수행하였으며, 같은 해 8월 피아식별 인증(C/L, Certification Letter)을 획득하였다⁹⁾.

본 피아식별 AIMS 인증 확보는 업체 자체적인 노력도 있었지만, 방위사업청 피아식별장비사업팀 주관의 美AIMS PO 조율 및 업체 교육 등 사전 준비가 선행되어 있었던 요인이 매우 크다.

전력화된 무기체계에 대한 피아식별장비 성능개량은 방위사업청 피아식별장비사업팀 지원으로 피아식별 AIMS 인증 업무가 원활하게 수행되고 있으나, 신규 개발 무기체계의 피아식별 인증 업무에 대해서는 전

담 부서의 구축 필요성이 증대되고 있다. 피아식별 분야 장비 및 체계 개발은 AIMS 인증, 암호장비 및 자료 접근, 주파수 관리, 시험 인프라 활용, 국외와의 공조 등에서 전담조직에 의한 관리 지원이 요구된다. 또한 단독으로 운용되기 보다는 연합 운용되는 체계특징으로 인해 국외의 기술 개발 경향에 보조를 맞추어 국내 피아식별 기술 개발 정책을 수립할 필요가 있다.

국외에서는 지상무기체계, 무인기 등으로 피아식별 영역을 확대해가고 있으며, 양자암호화 등 신기술 적용도 연구되고 있다. 피아식별은 질문기/응답기의 단순 장비 측면에서 보다는 암호화 관리, 전술데이터링크 연동, GPS, 피아식별에 따른 전술적 운용 및 민간 항공 분야 연관성 등 다 학제간(Multi-disciplinary) 전문적 접근이 필요한 상황에 있다. 이를 감안하여 미국은 AIMS PO와 같은 정부 차원의 전문화된 통합 관리 체계를 구축 및 운용하고 있다.

이런 차원에서 현재 진행되고 있는 피아식별 성능개량 사업에서 획득한 피아식별 AIMS 인증의 교환 및 Know-How의 후속 사업 활용, 지속적으로 발전하는 피아식별 분야 기술 개발 지원에 적용될 수 있는 정부 차원의 체계적 DB화 및 통합 관리체계 구축, 美AIMS PO의 인증 결과의 국내 시험평가 근거 활용 등 피아식별 분야 연구개발 효율성 향상에 본 연구가 조금이나마 기여가 되길 희망합니다.

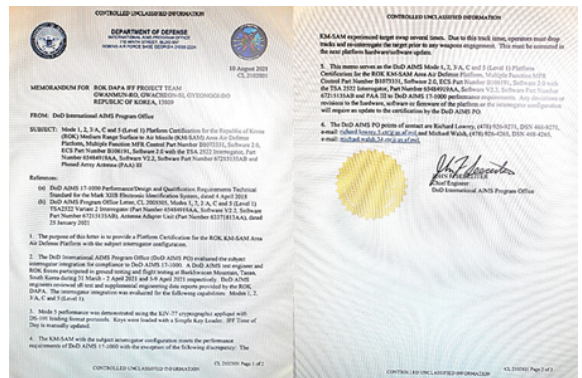


Fig. 9. AIMS certification letter(CL2102801)^[9]

References

[1] Bob Lightsey “System Engineering Fundamentals,” Defense Acquisition University Press, Virginia 22060

- 5565, 31-40, 2000.
- [2] DoD AIMS Program Office, "Technical Standard for The Mark XIIIB Electronic Identification System," pp. 1-7, April, 2018.
- [3] DoD AIMS Program Office, "Mark XIIIA and Mode S & Mark XIIIB Interrogator Installation Test Requirements," pp. 7-49, July, 2018.
- [4] DoD AIMS Program Office, "Mark XIIIA and Mode S & Mark XIIIB Interrogator Operational Test Requirements," pp. 1-7, July, 2018.
- [5] DoD AIMS Program Office, "Mark XIIIB(Mode 5) Handbook," pp. 53-65, June, 2020.
- [6] Shin-Woo Kang, Seung-Pin Lee and Jun-Hyun Park, "A Study on Multi-Sensor Information Fusion Architecture for Avionics," Journal of Advanced Navigation Technology, Vol. 17, No. 6, pp. 777-784, 2013.
- [7] Kyoung-Hwan Jo, Gwan-Beum Choi, "System Level Test & Evaluation for command Guided Missile System," Journal of The KIMST, Vol. 14, No. 6, pp. 1031-1036, 2011.
- [8] GEIA "GEIA STANDARD, Processes for Engineering System," Government Electronics and Information Technology Association, pp. 58-59, 1999.
- [9] DoD AIMS Program Office, "CL2102801," pp. 1-2, August, 2021.