

기동헬기 생존장비 설계 및 입증

Design and Verification of Survivability Equipment for Utility Helicopter

이 병 화*
Byoung-Hwa Lee

김 성 우*
Sung-Woo Kim

오 우 섭*
Woo Seop Oh

구 연 덕*
Yeon-Deog Koo

ABSTRACT

Visual information and aural warning of independent aircraft survivability equipment increase the pilot workload and limit the effective countermeasures. For increase the aircraft survivability, Integrated design of survivability display and aural warning need to consider pilot intuitions. If pilot aware the threat by intuition, evade or escape from the threat using the countermeasures equipment, it will increase the survivability. This paper describe the design and verification of for Utility Helicopter survivability equipment.

Keywords : Integrated Threat Information(통합위협정보), Countermeasure Information(대응정보), Aural Warning(음성경보), Evade maneuver(회피기동), Aircraft Survivability(항공기 생존성)

1. 서론

1970년 및 1980년대 생존 장비는 레이더경보수신기만을 장착한 항공기들이 주로 운용되었다. 1990년대에 들어서 항공기 손실의 80~90%가 휴대용 지대공 미사일 시스템 맨패드 미사일 공격으로 인해 발생할 정도로 맨패드의 성능향상이 빠르게 이루어져, 기존의 대공포를 맨패드가 대체하였다. 맨패드 미사일에 특히 취약한 대상은 저공으로 비행하며 상대적으로 느린 속도의 헬기, 대형 수송기, 그리고 이륙시의 항공기다. 맨패드 미사일은 민간 항공기 테러용에도 이용되고 있어, 이제는 피아 무기체계 구분이 없는 회색위협 증대

시대에 대한 대비가 요구된다. 또한, 최근에는 레이저를 이용하는 무기체계 위협도 증가하고 있다. 무기체계의 시대적 발전에 따라 헬기 및 항공기에 맨패드 미사일 및 레이저 무기체계에 대응하기 위한 미사일경보수신기와 레이저경보수신기가 추가로 장착되었다. 현재 운용되고 있는 생존 장비들은 Fig. 1과 같이 경보수신기와 대응장비들이 물리적으로 분리되어, 서로 연동되지 않는 자체 시현장치와 경보음을 가지고 있다. 서로 연동되지 않은 독립적인 생존 장비의 시각정보와 경보음은 조종사의 업무 부담을 크게 하고 효과적인 대응을 제한시킨다. 직관적인 통합 생존상황인지 및 대응은 조종사가 위협을 빠르게 인식하고 회피하거나 또는 대응장비를 사용하여 위협으로부터 벗어나도록 하여 생존성을 높여준다. 본 논문은 기동헬기 생존 장비 설계와 입증에 대해 정리한 내용이다.

† 2013년 2월 5일 접수~2013년 3월 15일 게재승인

* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 이병화(lbh@add.re.kr)

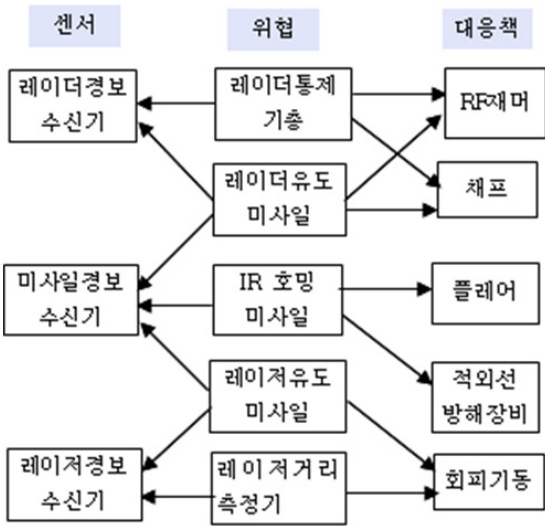


Fig. 1. 위협과 센서, 대응책 간의 관계

2. 생존장비

레이더경보수신기는 적의 대공포, 지대공미사일 무기체계의 탐색 레이더, 추적 레이더, 사격통제 레이더의 위협신호를 탐지, 분석 및 식별하는 장비다^[1]. 레이더경보수신기는 복잡한 고주파 신호 환경 속에서 모든 펄스, 지속파, 펄스 도플러 등의 신호를 탐지 및 분석하여 위협 신호원을 식별하고 식별된 에미터 정보를 전송하여 조종사에게 위협 상황을 알려준다. 레이더경보수신기는 Fig. 2와 같이 안테나와 RF 신호를 측정 및 분석하는 수신기/프로세서, 그리고 조종사에게 정보를 제공하는 시현기로 구성된다.

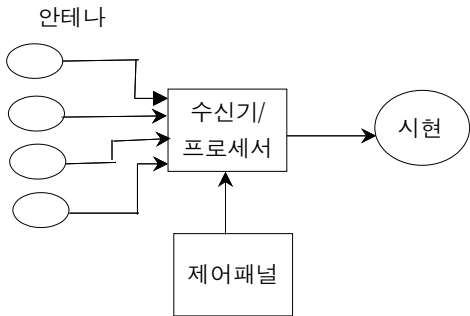


Fig. 2. 레이더경보수신기 구성

4개의 안테나를 90° 방위각 간격으로 항공기에 장

착하여 항공기의 전 영역을 모니터한다. 수신기/프로세서는 4개 안테나로부터의 RF 에너지 크기를 측정하여 진폭 비교를 수행하여 어떤 방향에서 RF 신호가 방사되었는지를 판단한다. 수신한 RF 신호는 사용자 데이터파일이라고 하는 알고 있는 위협 레이더들의 파라미터 목록과 비교한다. 측정 파라미터가 사용자 데이터파일 목록과 일치하면, 수신 신호는 위협으로 처리하여 시현기에 전시된다. 조종사에게 제공하는 정보는 레이더 형태와 발사 방향, 운용 모드 등이다. Fig. 3은 일반적인 레이더경보수신기의 시현화면이다.



Fig. 3. 레이더경보수신기 시현화면

레이더경보수신기 시현화면의 기본구성은 대공포와 대공미사일의 발사 순서에 따라 가장 바깥쪽 원에 탐지, 그 안에 획득과 추적, 가장 안쪽 원에 미사일 발사 및 Gun 추적 순서로 시현된다. 이 같은 시현 방법은 위협 단계별로 움직임을 순차적으로 조종사가 파악할 수 있는 이점이 있다. 조종사는 점선 원 안의 추적 단계 이상의 위협부분만을 집중해서 볼 수 있도록 설계되었다. 처음에 추적 및 획득 단계에서는 심벌만이 시현되며 추적 단계에서는 조종사의 인지성을 높이기 위해 심벌에 사각형 박스를 친다. 그리고 발사 단계에서는 사각형 박스의 심벌이 점멸되어 조종사의 주의를 환기시킨다. 레이더경보수신기의 주요 성능은 위협 식별, 오경보율과 방향 탐지 정확도다. 미사일경보수신기는 발사된 유도탄 및 로켓의 화염에서 방출되는 배기 열을 탐지하고, 탐지한 유도탄 및 로켓의 위협 방향을 제공하는 장비다. 미사일경보수신기는 미

사일 로켓 모터의 화염을 탐지하여 여러 배경 소스들과 로켓 모터 화염을 구분하는 식별 능력을 갖는다. 배경으로부터 위협을 완전히 분리하지 못하게 되면 오경보를 발생한다. 미사일경보수신기의 주요 성능은 위협 식별, 오경보율과 방향 탐지 정확도다. 미사일경보수신기는 Fig. 4와 같이 센서들과 위협 탐지 알고리즘을 처리하는 프로세서, 그리고 조종사에게 정보를 제공하는 시현기로 구성된다. 미사일경보수신기에서 위협을 수신하면 채프/플레이어 발사기로 디스펜서 신호를 보내고 경고음으로 조종사에게 알려준다.



Fig. 4. 미사일경보수신기 구성

신호 대 잡음비가 미사일경보수신기의 기본 파라미터다. 미사일경보수신기는 배경 신호를 초과하는 접근하는 위협으로 특징지을 수 있는 안정된 특정 신호 크기를 찾는다. 휴대용 지대공 미사일의 일반적인 특징인 주 모터 점화전에 짧은 시간 지연 후 점화 펄스와 같은 서로 다른 시간 의존 특성도 찾는다. 미사일경보수신기의 위협 탐지 알고리즘으로 접근하는 미사일을 지상 배경으로부터 구분한다. 독립형 미사일경보수신기는 청각 및 시각 정보를 제공하는 시현기를 갖는다. 청각 정보는 조종사에게 새로운 위협을 경고하는 톤들을 제공한다. 시각 정보는 접근하는 위협의 도달 방향을 제공한다. 레이저경보수신기는 적의 레이저 운용 무기체계의 레이저 거리 측정기, 레이저 표적 조사기, 레이저 빔 라이터로부터의 레이저 신호를 탐지하여 위협 방위를 제공하는 장비다. 레이저경보수신기는 Fig. 5와같이 센서들과 프로세서가 있는 제어 유닛, 그리고 조종사에게 정보를 제공하는 시현기로 구성된다.

다. 레이저경보수신기의 주요 파라미터는 민감도, 시계범위 및 도달각, 오경보율과 취약성, 동적 범위다.



Fig. 5. 레이저경보수신기 구성

민감도는 수신기가 위협을 탐지하는 최대 거리와 오프-축 탐지 능력을 결정한다. 오프-축 탐지 능력은 센서가 일반적으로 주 레이저 빔에서 탐지하지 않으므로 중요하다. 시계범위 응답은 탐지 범위에 어떤 구멍이 있는지를 결정한다. 오경보율은 얼마나 자주 위협이 아닌 소스를 위협으로 공표하는지를 시험하는 것이다. 취약성 평가는 레이저경보수신기가 공통 오경보 소스에 얼마나 취약한지를 평가하는 것이다. 동적 범위는 레이저경보수신기 조사 레벨 범위인데, 레이저 위협으로부터 표적에 만들어진 조사는 센서가 주 레이저 빔 또는 빔 주변에 산란된 방사를 탐지했는지에 따라 크게 좌우된다. 레이저 위협은 디스펜스를 발사하는 등의 대응책은 없으며 회피기동으로 위협에 대응한다. 채프/플레이어 발사기는 전자파 스펙트럼을 이용하는 적의 레이더나 미사일을 기만하는 채프와 적의 열 추적 미사일을 다른 방향으로 유인하기 위해 사용하는 플레이어로 적의 위협에 대응하기 위한 장비이다. 채프/플레이어 발사기의 구성도는 Fig. 6과 같다^[2]. Fig. 7과 같은 발사기 패널이라고도 하는 제어 유닛을 통해 채프/플레이어 발사기 모드를 선택한다.

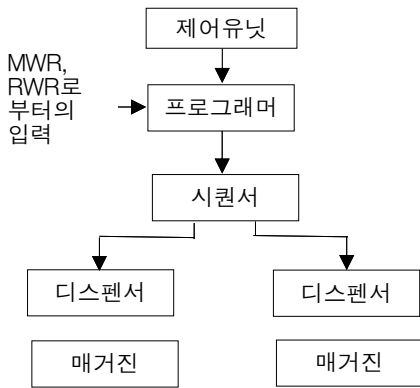


Fig. 6. 채프/플레어 발사기 블록도

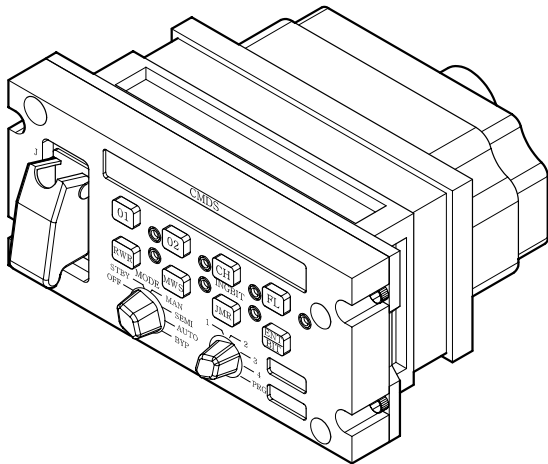


Fig. 7. 채프/플레어 발사기 패널

패널의 시현창을 통해 탑재탄 수량 및 부족상태, 내장형시험 상태, 운용프로그램/사용자정의파일 버전 정보를 확인한다. 모드선택 스위치로 오프 모드, 대기모드, 수동모드, 반자동모드, 자동모드, 바이패스 모드를 선택한다. 오프 모드는 채프/플레어 발사기에 전원이 공급되지 않은 상태로 비상발사를 제외한 모든 채프/플레어 발사기 기능은 수행할 수 없다. 대기모드는 정상적인 채프/플레어의 발사는 불가능하지만 자체진단 시험 및 채프/플레어 잔여량은 발사기 패널의 전시창과 다기능시현기에 전시된다. 수동모드는 운용자가 컬렉티브의 수동 발사 버튼을 통해 위협의 존재여부와 상관없이 채프/플레어를 수동으로 발사할 수 있다. 반자동모드는 정보수신기가 탐지한 위협에 대하여 자동으로 대응 프로그램을 선택하며, 운용자의 발사 승인을 거쳐야만 탑재탄을 발사할 수 있다. 자동모드는 미

사일정보수신기, 레이더정보수신기의 입력에 의해 자동으로 작동한다. 조종사는 다기능시현기의 대응정보 화면의 “CM Ready” 정보 외에도 채프/플레어 발사기 패널의 발사표시등 점등, “디스펜서 준비” 오디오 경고음으로도 인지할 수 있다. 프로그램머는 탑재된 타 생존장비와의 연동을 수행한다. 또한, 비행운용프로그램과 사용자 데이터 파일을 탑재하여 위협에 대응하는 발사프로그램을 제공한다. 비행운용프로그램은 사용자 데이터 파일과 함께 서로 연합하여 적절한 위협 대응을 정한다. 조종사는 디스펜서 수, 그리고 채프와 플레어를 수동으로 프로그램할 수 있다. 조종사가 선택한 채프/플레어 발사기의 수동 프로그램 번호는 다기능시현기 및 제어유닛에 시현된다. 스마트 디스펜서 모듈이라고도 하는 시퀀서는 매거진 내 탑재된 점화에 필요한 전원을 공급하여 탑재탄을 발사한다. 시퀀서는 인코딩 핀을 통해 매거진 식별 코드를 읽어서 매거진을 식별한다. 매거진에 탑재한 채프의 목적은 추적 레이더의 자동추적을 해제하기 위함이다. 추적 레이더가 항공기를 추적하면 항공기는 채프탄을 발사해 Fig. 8과 같이 채프운을 형성시킨다. 채프운이 항공기 뒤쪽으로 점점 커지면서 채프의 레이더유효 반사면적이 증가한다. 채프운의 레이더유효 반사면적이 항공기보다 커지면 레이더 추적 점이 채프운 쪽으로 향하여 항공기는 레이더의 추적 범위를 벗어난다.

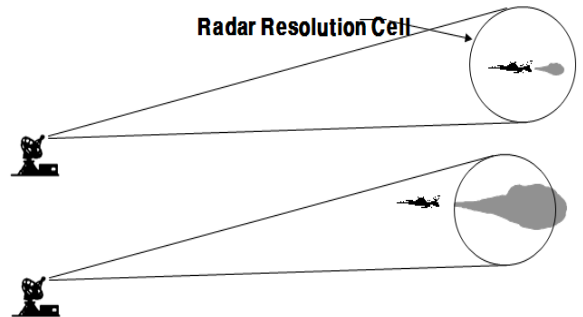


Fig. 8. 채프 재밍

매거진에 탑재한 플레어의 목적은 열 추적 미사일을 기만하는데 사용한다. 플레어는 표적보다 강한 IR 에너지를 가지므로 Fig. 9와 같이 플레어를 발사하면 미사일은 IR 에너지의 증앙을 향하므로 표적을 벗어날 수 있다. 지상에서 의도하지 않은 채프/플레어의 발사를 막기 위한 안전장치로 외부에 “비행 전 제거”가 적힌 안전판이 있다. 안전판이 안전스위치에 장착

되어 있으면 전원이 시퀀서에 전달되지 않아 채프/플레이어가 발사되지 않는다.

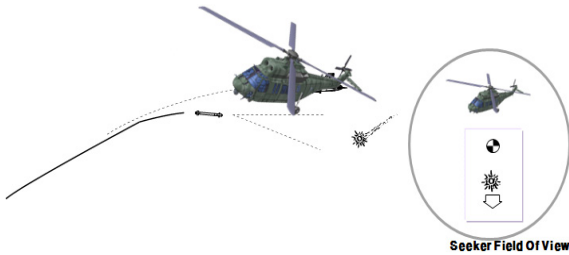


Fig. 9. 플레이어 재밍

3. 통합 생존상황인지

레이더경보수신기, 레이저경보수신기, 미사일경보수신기, 채프/플레이어 발사기 등의 생존장비가 서로 연동되지 않고 독립적인 장비로 각각에 대한 시현정보와 경고음을 조종사에게 제공하면 조종사의 업무 부담이 증가되어 효율적인 생존성이 저하된다. 모든 경보수신기 및 대응책 정보를 통합시켜 조종사에게 통합된 상황인지와 대응책을 제공하면 위협상황에 신속하게 대처할 수 있게 되어 생존성이 크게 향상된다. Fig. 10은 위협과 경보수신기, 통합 상황인지, 대응책간의 관계로 생존통합장치로 조종사에게 통합시현, 통합경고 정보와 대응책 정보를 제공한다.

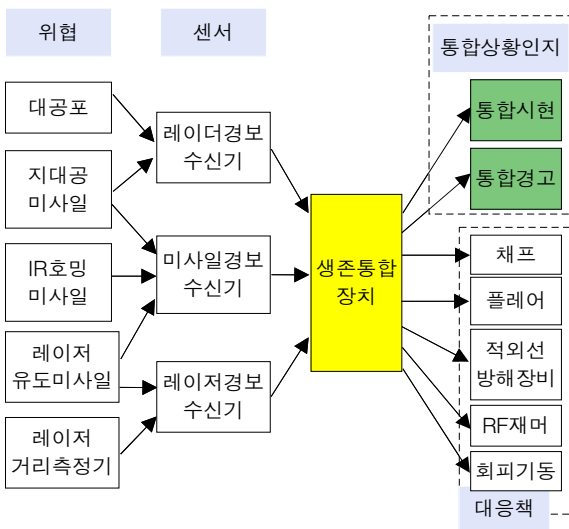


Fig. 10. 위협과 센서, 통합상황인지, 대응책 간의 관계

기동헬기 생존통합장치 구성도는 Fig. 11과 같다. 임무컴퓨터는 기동헬기 임무탑재장비 제어를 위한 구성품으로서, 임무탑재장비 및 헬기체계장비와 연동하여 시현 및 제어 기능을 수행한다. 임무컴퓨터는 응용 소프트웨어를 실행하여 임무탑재장비 구성품 제어, 임무수행에 필요한 데이터 입력 및 처리, 항법, 비행정보, 생존정보 등을 4개의 다기능시현기와 2개의 통제시현장치를 통하여 시현한다. 생존통합 컴퓨터는 생존 센서가 탐지한 위협을 수신하여 위협정보, 대응정보, 하부장비 정보 등을 임무컴퓨터를 통하여 다기능시현기에 시현한다. 음성정보 정보는 임무컴퓨터를 경유하여 인터콤으로 전송한다. 다기능시현기는 생존장비 운용의 주요 인터페이스로 활용된다^[3]. 통합된 위협 정보를 이용하여 가장 효율적인 대응책을 선정함으로써 제한된 대응자원의 낭비를 막을 수 있다.

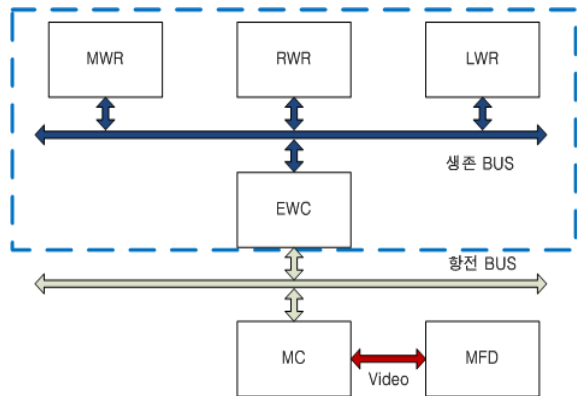


Fig. 11. 기동헬기 생존통합장치 구성도

위협정보 통합은 사용자 데이터파일에 설정된 데이터를 확인하여 서로 다른 센서로부터 수신한 데이터가 통합이 가능함을 확인한 후, 센서로부터 수신한 위협간의 차이가 일정 범위 이내에 포함되어 있는지 확인한다. 레이더경보수신기는 위협에 대한 식별이 가능하므로 레이더경보수신기 위협을 기준으로 다른 센서로부터 수신한 위협정보가 통합이 가능한지를 판단한다. 사용자 데이터파일을 통하여 확인한 결과 현재의 위협이 다른 센서들로부터 수신된 위협에 통합 가능한 경우, 현재 수신된 위협들의 방위각, 발생시간차 및 발생 순서를 확인한다. 센서들로부터 받은 정보를 이용하여 무기체계를 판별하고, 탐지 및 식별한 위협이 서로 다른 플랫폼으로부터 온 정보인지, 또는 동일한 플랫폼으로부터 온 정보인지를 판별하기 위해 위

협의 방위각 정보 등을 이용한다. Fig. 12는 센서들로부터 온 위협정보를 통합하는 방법이다. 만약 새로운 위협이 추적 목록에 없는 방위각으로부터 보고된 것이고 또한 활동 중인 다른 위협의 시간에 발생된 것이 아니면 이 위협은 별개의 위협으로 처리한다^[4]. 정보 통합으로 레이저 위협과 통합된 미사일에 대해서는 체프나 플레어로 대응하지 않고 회피 기동하여 위협으로부터 헬기를 보호한다. 정보통합으로 대응책을 낭비하지 않고 적절한 대응책 사용이 가능하다. 무기 체계의 위협에 대한 대응은 조종사들에 의해 직접 이루어지기 때문에 직관적인 화면 구성이 중요하다. 주계기 비행의 정보는 “T형”으로 속도, 자세, 고도, 방향으로 정해진다. 현대 디지털 조종석이 60년 전 아날로그 장비 시대의 “T형”을 그대로 사용하고 있는 이유는 조종사의 상황 인식을 위한 직관성 때문이다. 생존 시현도 이 같은 조종사의 직관성을 고려한 설계가 요구하고 있다. 기동헬기 생존화면은 조종사와의 협의 및 시험을 통해 운용자의 직관성을 반영하여 설계하였다.

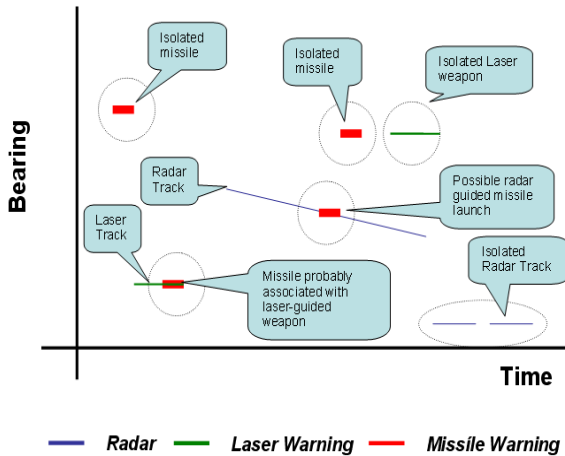


Fig. 12. 생존 위협정보 통합 방법

통합 생존 장비는 운용모드와 관리모드가 있다. 관리모드에서는 생존통합 컴퓨터, 레이더경보수신기, 체프/플레어 발사기의 사용자 데이터파일을 업로드 및 비행로그에 대한 다운로드를 한다. 운용모드는 위협 정보를 전시하고 위협에 대한 대응책 선정 및 발사, 경보를 발생한다. 생존 장비가 위협정보를 탐지하면 경고 등 형태로 다기능시현기 화면에 팝업 시현한다. 생존 위협정보는 다기능시현기로의 시현함과 동시에

인터콤을 통해 조종사에게 위협 경보음을 제공한다. 경보 우선순위는 발생하는 이벤트의 심각도와 헬기와 임무의 영향에 따라 결정된다. 여러 개의 경보가 발생하는 경우 정해진 우선순위에 따라 경보를 생성하는 순서가 결정된다. 경보음은 경보수신기에 의해 탐지 및 식별된 모든 위협에 대하여 경보음을 발생할 경우 조종사의 주의를 흐트러지게 할 수 있으므로, 가장 우선순위가 높은 위협에 대해서만 경보음을 발생한다.

4. 생존장비 입증

기동헬기 생존장비는 Fig. 13과 같은 통합실험실^[5]의 위협모의기에 의한 시험과 지상 및 비행시험을 통해 입증하였다.

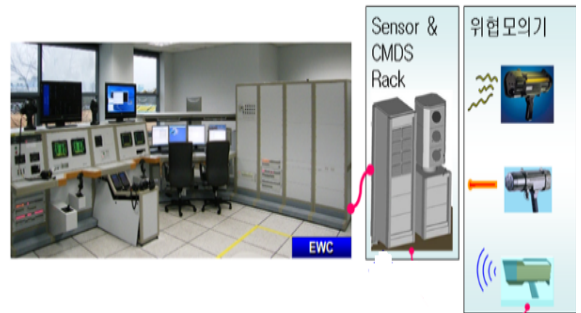


Fig. 13. 통합실험실

레이더경보수신기 시험은 특정 레이더에 대한 식별과 시험 심벌이 올바른 각도와 거리에 특정 시간 동안에 시현되는 지를 평가한다. 안테나 성능, 수신기 성능, 위협 인지 능력, 다중 신호 환경 운용, 시현 품질, 인터페이스를 시험한다. 위협 인지 능력은 레이더경보수신기가 사용자 데이터 파일의 목록에 있는지를 식별하고 측정하여 조종사에게 심벌로 알려주는 능력이다. 사용자 데이터 파일은 레이더 주파수 운용 범위, 펄스 또는 연속파 운용, 펄스 폭 범위, 펄스 반복 간격 범위, 스캔 형태, 스캔 주파수 범위와 같은 위협을 특징하는 파라미터들이 저장되어 있다. 레이더경보수신기는 모드들의 전 운용 범위에 걸쳐 위협을 식별하고 프로그램된 대로 반응하는 지를 시험한다. Fig. 14는 레이더경보수신기 시험 형상으로 RF 위협 시뮬레이터를 항공기에 방사하여 시험한다.

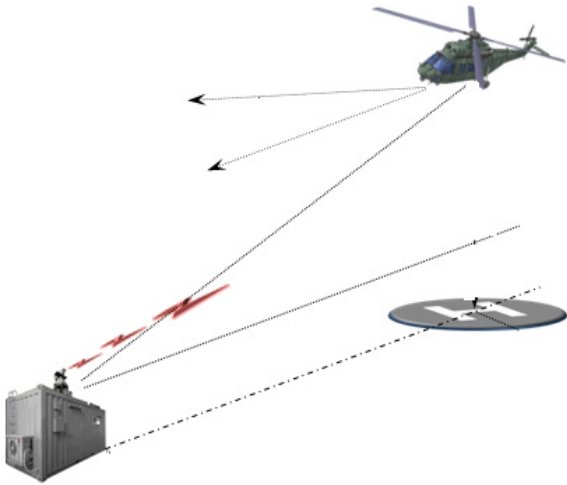


Fig. 14. 레이더경보수신기 시험 형상

다중 신호 환경 운용 시험은 다수 레이더가 항공기를 향하는 비행시험을 통해 수행한다. 위협이 나타나거나 또는 각도가 변경될 때 얼마나 부드럽게 시험이 변화하는지가 조종사의 상황인식에 중요하다. 또한, 얼마나 빠르게 상대적 위치, 그리고 우선순위 변경에 대한 시험이 갱신되는지도 상황인식에 중요하다. 미사일경보수신기 시험의 주요 파라미터는 효과도와 적절성 평가다. 효과도는 위협 공표, 경고 시간, 오경보율 확률을 시험한다. 미사일경보수신기는 대응에 필요한 경고시간을 적절하게 제공하는 지를 평가한다. 적절성 평가는 임무 신뢰도, 정비성, 디스펜서 시스템과 미사일경보수신기의 연동이 적절한지를 시험한다. Fig. 15는 미사일경보수신기 시험 형상으로 미사일 위협 시뮬레이터를 항공기에 방사하여 시험한다.



Fig. 15. 미사일경보수신기 시험 형상

Fig. 16은 레이저경보수신기 시험 형상으로 레이저소스를 항공기에 방사하여 시험한다. 비행시험 전에 야외 환경에서 레이저경보수신기가 적절하게 동작하는 지를 점검한다. 비행시험을 통하여 오프-축 탐지 능력, 시계범위와 도달각 등을 평가하였다.

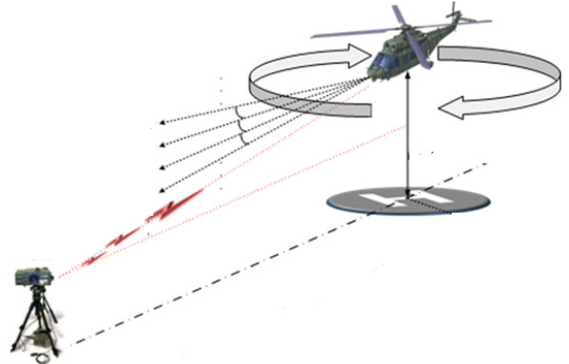


Fig. 16. 레이저경보수신기 시험 형상

체크/플레이어 발사기의 전반적인 효과도는 대응책의 특성 외에도 발사시의 공기역학적 효과에도 의존하므로 성능 및 대응책의 사용이 항공기에 나쁜 영향을 미치지 않는 것을 시험한다. 체크/플레이어가 항공기 구조물 간의 간섭이 없이 다양한 기동조건에서 디스펜스되는 지를 시험한다. Fig. 17은 플레이어 제티슨 시험을 수행하는 모습이다.



Fig. 17. 플레이어 제티슨

위협에 대한 대응은 조종사들에 의해 직접 이루어지기 때문에 직관적인 화면 구성이 중요하다. 비행 시험 시 통합 생존상황인지 화면의 전반적인 적절성을 평가하였다. 각각의 생존 장비 및 통합 위협정보 시험과 통합 경보음 설계가 비행시험 평가를 통해 적절한 성능과 조종사의 직관적인 위협 인식 및 대응에 적절함을 입증하였다.

5. 결론

현대의 위협은 레이더, 미사일, 레이저 무기체계 등으로 다양하게 발전하는 추세에 있다. 이들 위협에 대한 경보수신기 및 대응책의 성능 및 장비 신뢰성이 기본적으로 중요하다. 또한, 무기체계의 위협에 대한 대응은 조종사가 시현화면과 경보음을 듣고 순간적으로 판단해야 하므로 생존 위협에 대한 직관적인 상황인지와 대응이 요구된다. 각각의 생존경보수신기와 대응장비의 시현과 경보음에 의한 독립적인 대응은 조종사의 업무부하를 크게 증가시킨다. 기동헬기는 직관적인 통합생존위협정보 시현과 통합 경보음의 구현으로 이 같은 문제점을 극복하여 생존능력을 극대화시켰다. 맨패드 미사일 등의 생존위협은 이제는 군사용뿐만이 아니라 테러용으로도 활용되어 있어 민수항공기에도 생존위협에 대한 대응이 요구되고 있다. 본 논문이 향후 국내에서 개발하는 생존장비 및 생존

통합 상황인지 설계 및 입증에 도움이 되기를 기대한다.

References

- [1] 고은경, 이상민, 김숙경, 정운섭, “무기체계 운용특성 및 방위각을 이용한 위협정보 통합연구”, 12차 통신전자학술대회, pp. 98~101, 2008. 10. 23.
- [2] AGARD Flight Test Techniques, “Electronic Warfare Test and Evaluation”, Vol. 17, 2000. 3.
- [3] MEP 운용요구규격서(88ZE7102), 2011. 11. 7.
- [4] KHP생존기능요구규격서(88ZE9047), 2010. 6. 18.
- [5] 유연운, 김태열, 장원홍, 김성우, 임종봉, “한국형 기동헬기 임무컴퓨터 비행필수기능 설계”, 한국군사과학기술학회지 제14권 제2호, pp. 213~221, 2011. 4.