

# 유무인복합무기체계의 야간감시성능 향상을 위한 조명시스템 개선 연구

김현수\*, 성수민\*\*, 심정섭\*\*  
\*국방기술품질원 기동화력센터  
\*\*한화에어로스페이스 주식회사  
e-mail : hyunsu0048@gmail.com

## A Study on Lighting System Improvement for Enhancing Nighttime Surveillance performance in MUM-T(Manned-Unmanned Teaming)

Hyunsu Kim\*, Soohmin Seong\*, Jeongseop Sim\*\*  
\*Defense Agency for Technology and Quality  
\*\*Hanwha Aerospace Co. Ltd.

### 요약

본 연구에서는 폭발물 탐지·제거 로봇 운용성 검증 간 나타난 음영 발생에 따른 위험물 식별력 저하를 개선코자 하였다. 기존 설계는 주요 부품 간 상대적인 위치 차이에 의하여 음영 발생함에 따라 시야의 확보가 제한되어 작전 운용 성능의 저하로 이어졌다. 이를 근본적으로 개선하고자 위험물을 탐지·제거하는 조작팔 전방에 조명장치를 추가하여 음영 발생을 방지하였다. 더불어 추가한 조명장치는 집광형 탐조등을 적용함으로써 대상물에 대한 식별력을 높이고 작전 운용성을 대폭 강화하였다. 이에 대한 효과성을 확인하기 위한 검증 척도로 주요 요구사항 및 확인 기준을 정의하였고, 수립된 확인 기준에 충족 여부를 검증하기 위한 시험을 수행하였다. 기본 성능시험을 비롯하여 운용상 요구되는 환경시험 항목을 선정 및 검증하였고 최종적으로 규격 요구조건을 만족하였다. 향후 유사 체계장비의 개선 또는 동일 현상 발생 시 개선안 차용과 함께 입증 결과를 참조, 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

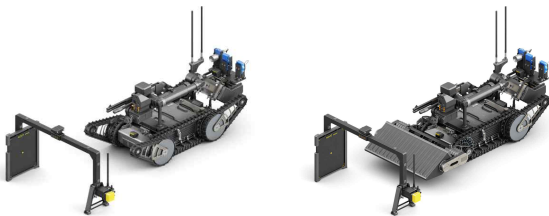
## 1. 서론

우리 군에서 운용하는 폭발물 탐지·제거 로봇은 국내 연구 개발을 거쳐 2026년 최초 전력화가 이루어져 각 군에 배치되고 있다. 기존에는 작전 지역 내 위험물의 탐지·제거 방식으로 폭발물 처리반(EOD, Explosive Ordnance Disposal) 인원이 전용 장비를 착용하고 직접 현장으로 접근하여 위험물 탐지·제거 임무를 수행하는 형태였다. 이 과정에서 작전을 수행하는 인원이 위험물이 내재하고 있는 위험에 노출된다는 단점이 있었다. 이를 대체하는 방안으로 폭발물 탐지·제거 로봇을 도입하여 병력의 안전을 보장하고 효율적인 임무 수행을 도모하고 있다.

주요 특성으로는 원격제어 기능을 탑재하여 리모콘 조종을 통해 폭발물 탐지·제거 로봇이 원격으로 위험물을 탐지 및 처리할 수 있다. 또한, 국내 운용환경 및 지리적 특성을 고려하여 경사지 및 장애물 극복이 가능하도록 기동성을 확보하였다.

폭발물 탐지·제거 로봇은 작전 지역 내에서 의심물체 발견 시 X-ray 및 감시장비 등을 통해 위험 여부를 탐지, 확인한 후 로봇의 전방에 장착된 조작팔을 이용하여 위험물을 제거 및 회수하는 임무를 수행한다. 이 과정에서 로봇 운용 인원은 원거리에서 감시장비를 통해 로봇의 작전 운용 상황 확인이 가능하다.

본 연구에서는 운용성 검증 단계에서 확인된 음영과 이로 인한 위험물 식별력 저하에 대한 근본 원인의 해소와 함께 개선된 장치 적용을 통한 운용성 향상 방안을 제시하였다.



[그림 1] 폭발물 탐지·제거 로봇 이미지

## 2. 본론

### 2.1 현실태 및 문제점

폭발물 탐지·제거 로봇의 전방에는 위험물을 파지할 수 있는 조작팔이 장착되어 있다. 그리고 중앙 상단에는 대상물을 식별하는 감시장비와 시야 개선을 위한 조명장치가 장착되어 있다. 이를 통해 야간에도 위험물의 탐지·제거가 가능하다. 하지만 운용 시 대상물-조작팔-조명장치 순으로 위치함에 따라 그림 2와 같이 조작팔에 의한 음영이 발생하여 대상물 식별 및 위치 파악이 제한되는 경우가 발생하였다.



[그림 2] 음영 발생으로 인한 운용 제약 상황

## 2.2 개선방안 수립

음영 발생으로 인한 작전 간 위험물 식별력을 개선하기 위하여 2가지 방안을 수립하였다.

첫째, 조명장치의 위치를 추가하여 음영 발생을 방지하였다. 조작팔 하위 부품으로서 조명장치를 조작팔 전방 하단에 장착하여 대상물-조명장치-조작팔 순으로 위치하도록 구현하여 근본적인 음영 발생 요인을 제거하였다.

둘째, 추가되는 조명장치는 집광형 탐조등을 적용하여 위험물 식별력을 개선하였다. 집광형 탐조등은 좁고 강한 빔을 만들어 빛을 한 방향으로 멀리 비추는 특징이 있어, 일반 조명과 비교하여 시야 확보를 통한 대상 식별에 장점이 있다.

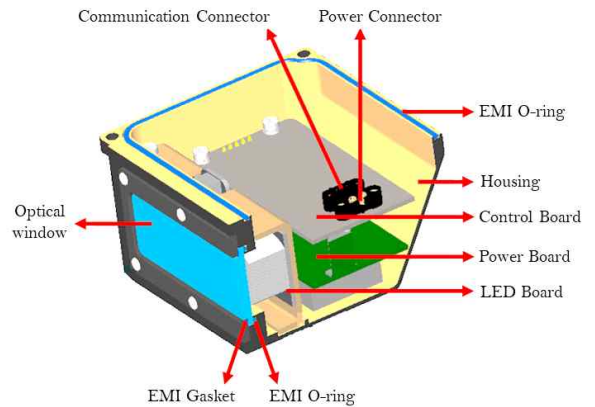
위 개선방안의 효과성을 확인하기 위한 기준을 표 1와 같이 수립하였다.

[표 1] 개선안 검증 기준 수립

분류	확인 기준
제품 요구사항	조명 전원 및 밝기 조절 가능할 것
	조명 LED 색상은 흰색을 적용할 것
	조명 집광각은 25° 적용할 것
운용 요구사항	폭발물/지뢰 표식기를 통해 전방 00m 이격된 물체의 표식점 및 지뢰탐지방향 안내용 삼각뿔이 감시장비(광학카메라)로 관측 가능할 것
	기밀 및 수밀 성능 확보할 것
기타	환경시험 요구 조건을 충족할 것

검증 기준을 충족하기 위하여 추가한 조명장치는 밝기 조절 기능을 적용하고 이를 0에서 10단계로 나누었다. 0단계는 조명 OFF 상태를 나타내고, 10단계는 최고 수준의 조도가 나타나도록 하였다. 또한, 조명장치 LED 색상 조건을 충족하고자 색온도 표를 참조하여 흰색과 가장 유사한 색온도 5,700K를 나타내는 LED 소자를 선정하였다. 더불어 집광각 요구조건인 25°를 충족하는 광학렌즈를 반영하였다.

조명장치에 반영된 탐조등은 밀폐형 하우징을 반영함으로써 기밀 및 수밀 성능을 확보하였으며, EMI 차폐를 위한 가스켓 및 오링을 적용하였다. 제품 구조는 그림 3과 같다.



[그림 3] 탐조등 형상 및 구조

## 2.3 개선방안 유효성 검증

개선안이 적용된 탐조등 및 조작팔에 대하여 수행한 입증 시험은 아래 표 2와 같다.

[표 2] 입증시험 항목

시험종류	적용규격	항목
성능시험	-	전원인가
		최대 소비전력
		LED 밝기 조절
		LED 최대 밝기
환경시험	MIL-STD-810H	고온 작동시험
		저온 작동시험
		진동시험
		강우시험
	KS C IEC 60529	방진시험((IP6X))
MIL-STD-461G	전자파시험 (RE102, CS118, RS103)	

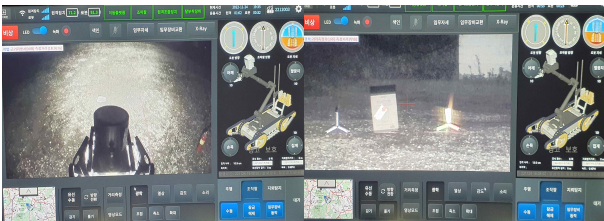
## 참고문헌

- [1] Se-Jin Kim, Sun-Jae Kim, Hee-Ju Ha, Gyung-Suk Kil, Il-Kwon Kim. "Design and fabrication of a high power LED searchlight", Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol. 38, No. 6, pp. 737-743, 2014.
- [2] Ji-hoon Choi, Young-hyeong Kim. "Development of unmanned weeding robot technology based on cluster control and autonomous driving that can be integrated with mine detection robots and systems", 한국정보기술학회 하계 종합학술대회 논문집, 2025.
- [3] "주요국 지뢰탐지 로봇 개발 현황 및 시사점", 한국방위산업진흥회, 국방과 기술 제426호, 2024.
- [4] "한화디펜스, '폭발물 탐지·제거 로봇' 체계개발 계약: 병사 대신 위험지역 지뢰 및 급조폭발물 탐지·제거, '군 인명 피해 최소화'", 한국방위산업진흥회, 국방과 기술 제502호, 2020.

성능시험을 통해 전원인가 가능 여부를 점검하여 제품 작동 간 이상 여부 확인하고, 최대 밝기 상태에서 소비전력을 측정하여 요구조건인 00 W를 충족함을 검증하였다. 또한, LED 작동시험을 통하여 탐조등의 밝기가 0~10단계로 조절이 이루어짐을 확인하였고, 10단계 적용 시 요구조건인 00 Lux를 충족하였다.

환경시험 항목은 탐조등과 조작팔 운용에 요구되는 항목에 대한 검증을 수행하였다. 이에 고/저온 작동, 진동, 전자파시험을 통하여 체계 운용 간 발생 가능한 극한 환경에서의 작동성을 검증한 결과 환경시험별 규격 요구조건을 충족하였다. 그리고 운용 요구사항에 포함된 기밀 및 수밀 성능 확보 요구조건을 충족하고자 강우 및 방진시험을 수행하여 규격 요구사항을 충족함을 확인하였다.

운용 요구사항 관련하여 감시장비를 통한 물체의 표식점 및 지뢰탐지방향 안내용 삼각뿔 관측 가능 여부를 검증한 결과 그림 4와 같이 기존대비 시야 개선 및 제품 식별력이 대폭 향상된 것으로 확인하였다.



[그림 4] 감시장비 확인결과

### 3. 결론

본 연구에서는 무인탐지체계의 운용성 검증 간 발생한 음영으로 인한 위험물 식별력 저하를 개선하고자 했다. 운용성 검증간 확인된 문제점을 분석하고 근본적인 해소 방안을 제시하고, 나아가 추가적인 개선 대책을 제시하였다. 조명장치 추가를 통해 작전 운용성을 대폭 강화하였고, 체계 본연의 임무인 위험물의 탐지력을 강화할 수 있었다. 더불어 적용되는 조명장치에 대한 운용 요구사항을 수립하여 향후 양산되는 제품에 대한 품질 기준을 확립할 수 있었다.

개선방안에 대하여 실제 운용상 요구되는 환경 조건들을 고려하여 성능 및 환경시험 검증단계를 적용함으로써 최종적으로 설계안에 대한 신뢰성을 확보할 수 있었다. 이 점에서 본 연구는 향후 유사 체계장비의 개선 수요가 있거나 동일한 현상이 발생하였을 시 개선안의 수립 방향성과 입증 방안에 대한 방법론적 부분의 활용도가 있을 것으로 기대한다.