

EO / IR Laser Light 카메라를 이용한 FOD 자동탐지 시험 Automatic FOD Detection Test Using EO/ IR Laser Light Camera

신현성¹ · 홍교영^{2*} · 홍재범² · 최영수³ · 김운섭³

¹한서대학교 대학원 항공시스템공학과

²한서대학교 항공전자공학과

³(주)웨이브텍

Hyun-Sung Shin¹ · Gyo-Young Hong^{2*} · Jae-Beom Hong² · Young-Soo Choi³ · Yun-Seob Kim³

¹Department of Aviation system Engineering, Hanseo University, Chungcheongnam-do, 31962, Korea

²Department of Avionics, Hanseo University, Chungcheongnam-do, 31962, Korea

³Wave Tech, Gyeonggi-do, 13906, Korea

[요 약]

FOD는 항공기에 치명적인 위협을 줄 수 있는 잠재적인 위협요인을 가진 물질을 총칭하는 것이다. 이에, FOD는 공항 전 지역에서 주의해야하며 특히 활주로 및 항공기 이동지역에서는 FOD 탐지 및 수거를 하던 방식은 공항운영의 효율성 및 경제성이 매우 낮기 때문에 국내환경에 적합한 FOD 자동탐지시스템 개발이 필수적으로 요구된다. 이에 항공안전기술개발 사업의 일환으로 공항 내부의 항공기 이동지역 이물질 자동탐지 시스템 개발이 진행 중에 있다. 본 논문에서는 한서대학교 태안비행장에서 EO/IR 카메라를 이용한 이물질 탐지실험을 진행하여 주간에는 EO카메라를 이용하고 야간에는 IR카메라를 이용하여 모두 정상적으로 탐지됨을 확인하였다.

[Abstract]

FOD is a generic term for substances with potential threats that can pose a fatal risk to aircraft. Therefore, FOD should be noted in all areas of the airport. Especially, the method of detecting and collecting FOD in runway and aircraft movements is very low efficiency and economical efficiency of airport operation, so it is essential to develop FOD automatic detection system suitable for domestic environment. As part of the aviation safety technology development project, the development of an automatic detection system for foreign matter in the moving area of the aircraft inside the airport is underway. In this paper, it is confirmed that EO / IR camera is used for detection of foreign objects at Taean Airfield of Hanseo University. EO camera is used during the day and IR camera is used at night

Key word : Foreign Object Debris, Fixed Automatic Detection, Electro-optic/ Infrared radiation Laser Light Camera, PTZ, Fixed Electro-optic sensor processor.

<https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.6.638>



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 6 December 2017; Revised 7 December 2017

Accepted (Publication) 18 December 2017 (30 December 2017)

*Corresponding Author, Gyo-young Hong

Tel: +82-41-671-6232

E-mail: kiathgy@hanseo.ac.kr

I. 서 론

FOD(Foreign object debris)는 항공기에 치명적인 위협을 줄 수 있는 위협요인을 지닌 물질들을 총칭하는 것이다. 활주로를 포함한 항공기 이동지역, 지상조업구역, 정비시설 등 특정구역 및 시간을 가리지 않고 발생하고 있다. 국내외 공항의 FOD는 크기는 항공기 부품 및 정비용 공구부터 작게는 항공기 부품, 목재, 콘크리트 조각 등 크기가 다양하고 많은 종류의 FOD가 발생되고 있으며, 발생 위치는 정비고를 포함한 지상조업구역, 유도로, 활주로, 계류장지역 등 공항 및 활주로의 모든 지역에서 발생되고 있다. 대표적인 FOD 사고사례는 파리에 위치한 샤를드골 공항에서 앞서 선행하는 항공기의 금속파편으로 인하여 후행 이륙하던 여객기의 연료탱크 파손으로 후행하는 여객기가 추락하여 113명의 사망자가 발생하였던 사례가 있다. 국내 또한 선행 착륙하는 항공기에서 발생한 FOD로 인하여 후행 착륙하는 항공기엔진의 파손되었던 사례가 있다. FOD는 항공기 자체에 피해를 주어 항공기 결함과 사고를 발생시키기도 한다. 그리고 낮은 확률로 제트엔진에 의해 FOD물질이 날아가게 되어 후행 항공기 비행에 지장을 주거나 주변 시설과 작업자에게 날아가 피해를 줄 수 있는 치명적인 잠재적 위험성을 지니고 있다. 따라서 FOD는 공항 전 지역에서 주의되어야 하며 특히 활주로 및 항공기 이동지역에서 발생할 경우 효과적이면서 신속한 탐지 후 제거가 요구된다. 또한 국제적으로 FOD발생으로 인한 항공기 정비 등의 직접적인 피해는 약 1조 2천억원의 손실이 발생한 것으로 추정되며, 항공기의 운항지역에 따른 인지도 하락, 채무와 소송 등의 FOD로 인하여 발생하는 간접손실비용이 직접손실비용의 10배 이상인 13조원 정도가 발생한다고 알려져 있다[1]. 그렇기 때문에 기존 인력의 숙련도를 기반으로 하여 FOD 탐지 및 수거를 하던 방식은 공항운영의 효율성 및 경제성이 매우 낮기 때문에 국내환경에 적합한 FOD 자동탐지시스템 개발이 필수적으로 요구된다. FOD 자동탐지시스템은 공항 및 활주로의 운영특성을 반영하여 주간 및 야간 시간조건과 강우, 강설, 안개 등의 기상과 시정조건에 관계없이 실시간으로 FOD발생을 정확하게 탐지하여야 한다. FOD를 탐지하게 되면 유형분석 및 판별 후 사용자에게 발생경보와 함께 위치정보를 제공되어야 한다. FOD 자동탐지기술의 종류는 전자광학 시스템(electro-optical system), 열영상 시스템(thermal image system), 레이더 시스템(radar system), 레이저스캔 시스템(laser scan system) 등이 있다. 국내에서도 항공안전기술개발사업의 일환으로 공항 내부의 항공기 이동지역 이물질 자동탐지시스템 개발이 진행 중에 있다[2].

이에, 본 논문에서는 한서대학교 태안비행장에서 EO카메라를 이용한 이물질 탐지 실험을 진행하여 활주로 상에 존재하는 FOD를 탐지하였다.

II. FOD자동탐지시스템 구성

2-1 FOD시스템 구성

이물질 자동탐지 시스템 구성은 그림 1과 같이 공항의 환경에 따라 계류장, 활주로, 유도로 등의 각 상황에 적절한 이물질 자동탐지를 할 수 있도록 고정형 자동탐지시스템, 이동형 자동탐지시스템으로 구성된다. 수집된 각각의 정보들은 공항의 현장은용부서에 설치된 통합운영시스템으로 전달되어 시스템 운영자가 실시간으로 FOD를 통계, 알람, 관리, 저장을 가능하게 하여 항공기의 운항 안전성을 효율적으로 확보한다.

2-2 고정형 FOD자동탐지시스템

고정형 FOD자동탐지시스템은 레이더와 광학카메라 및 전자광학 카메라를 이용하여 개발이 이루어지고 있다. 전자광학 카메라만을 이용한 경우 효과적인 고해상도 영상자료의 처리를 통하여 이물질의 탐지, 활주로 감시 등이 수행되며, 기상조건에 의하여 발생하는 영상왜곡이 적은 지형에 설치한다. 고정형 FOD자동탐지시스템의 경우 24시간동안 항시 운영할 수 있다는 장점이 있으나, 넓은 영역을 감시하기 위하여 주변 건물 및 환경에 제약을 받아 일정 높이를 가지는 형태로 설치되어야 한다[2].

1) 태안비행장 고정형 FOD자동탐지시스템

현재 태안비행장에 설치되어 있는 고정형 플랫폼은 그림 2와 같이 구성되고, 레이더 및 EO(electro-optic) / IR(infra-red) Laser Light 센서, 전원장치, 제어모듈, 광 Switch Hub로 구성되어 있다. 공항의 항공기 이동지역에 설치되어 이물질 발생지역을 주간에는 광학, 야간 및 악 시정 시에는 IR(infrared radiation) 센서를 이용하여 기상 및 주간, 야간에 관계없이 활주로 이물질 탐지가 가능하다.

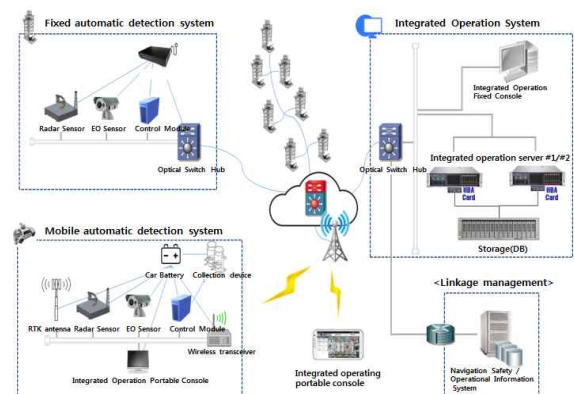


그림 1. FOD자동탐지시스템 구성도

Fig. 1. automatic FOD detection system.

2-3 이동형 FOD자동탐지시스템

이동형 FOD자동탐지시스템은 고정형 FOD자동탐지시스템을 이용하기에 넓은 공간의 계류장지역, 복잡하게 이어져있는 유도로 지역 등 고정형 FOD자동탐지시스템을 이용하기 어려운 지역에서 사용이 용이하다. 또한 시스템 사용자가 원하는 시간대에 활주로 전체를 스캔할 수 있다는 장점이 있다. 주로 군 공항과 같은 상시적인 이물질 탐지가 불필요한 공항에서 요구된다. 이동형 FOD자동탐지시스템의 구성은 그림 3.과 같이 EO/IR Lighting 센서모듈, 레이더 센서모듈, 서치라이트, 후방 카메라 등으로 구성되어 있다[2][3].

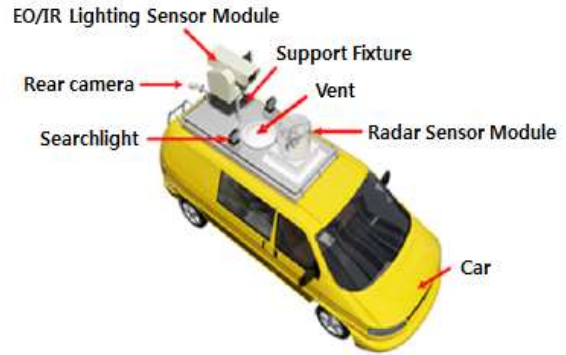


그림 3. 이동형 FOD자동탐지시스템
Fig. 3. Mobile automatic FOD detection system.

III. EO / IR Laser Light 센서

3-1 EO / IR Laser Light 모듈

고정형 EO / IR Laser Light 센서모듈은 고정형 FOD자동탐지시스템 철골 구조물의 상부 작업 펜스 위치에 설치되어 영상을 획득하는 EO / IR Laser Light 카메라와 시스템 랙에 장착되어 획득된 영상을 분석하여 활주로 내의 FOD를 탐지하는 EO 센서 프로세서로 구성된다. EO / IR Laser Light 카메라는 400 m에서 20 mm × 20 mm 크기의 FOD를 탐지하기 위해 1500 mm 렌즈를 탑재하여 설계한다. 비, 눈, 안개 등의 이상 기후에서도 FOD를 탐지하기 위하여 860 nm 밴드패스 필터를 탑재한다. 고정형 EO / IR Laser Light 센서 모듈은 그림 4.와 같이 구성된다[4].

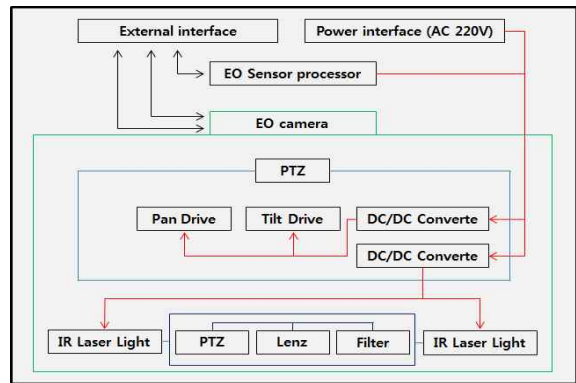


그림 4. 고정형 EO / IR Laser Light 센서 모듈
Fig. 4. Fixed EO / IR Laser Light Sensor Module.



그림 2. 고정형 FOD자동탐지시스템
Fig. 2. Fixed automatic FOD detection system.

3-2 센서모듈 구성

1) 고정형 PTZ

카메라 및 장비를 고정 및 보호시키고 틸트(tilt)와 팬(pan)을 조정하여 카메라가 공항 내 이물질을 탐지할 수 있도록 한다[4].

표 1. 고정형 PTZ 규격

Table 1. Fixed PTZ Standards.

Category	Detailed specifications
CPU specifications	AVR 1280
Memory specifications	64KB
I/O Interface	Ethernet RJ-45 1 port PTZ (IN 4Port HUB)
Power Interface	AV 24V MS3102A18-3P
Rotation speed	PAN : 0.01 ~ 12°/sec TILT : 0.01 ~ 9°/sec
Rotation angle	PAN : 0° ~ 360° TILT : -20° ~ +15°
Positioning resolution	PAN: 0.000002288° TILT : 0.0000019°
Size	1060 x 852.5 x 800
Weight	70Kg Max

2) 고정형 EO / IR Laser Light 카메라

200만화소(1920×1080) 모듈을 사용하여 IRIS동작에서는 수동모드로 작동이 되고 400 m에서 20 mm×20 mm를 판단하기 위하여 Full HD 30 frame을 사용하고 실시간 영상을 전송하기 위하여 Net Module이 탑재되어 있다[4].

3) 1500mm렌즈

400 m에서 20 mm×20 mm크기의 FOD를 탐지하기 위하여 충분한 화각을 설계하고 포커스 제어를 원활하게 하기 위한 충분한 포커스 유격거리를 설정한다[4].

4) 필터 / IR Laser Light

눈, 비, 안개, 야간등의 이상 기후에도 FOD를 탐지하기 위한 860 nm과장대 투과 필터를 사용하고 860 nm과장대만 발생시키는 Light를 설계하여 이상기후에 대한 제약을 받지 않도록 설정한다[4].

5) 고정형 EO센서 프로세서

제어 및 조회 등의 외부 인터페이스 적용하여 획득한 영상에서 이물질 탐지하도록 하고, 이러한 이물질정보를 전송하는 기능을 한다[4].

IV. EO / IR Laser Light 센서 FOD탐지 결과

고정형 FOD자동탐지시스템 실험은 한서대학교 태안비행장에서 수행을 하였다. EO카메라의 광센서를 이용하여 빛의 양이 많을 경우, 광학을 이용하여 주간에 실험을 진행하였고, 약 기상 및 야간에는 IR을 이용하여 FOD를 탐지하였다. 다음 그림 5.는 주간에 실험을 진행하였고 약 200 m의 거리에서 FOD 탐지를 실시하였다. 빨간색 표시되어 있는 부분은 FOD 자동탐지시스템이 조류물질을 FOD물질로 인식하여 표시가 되어 있는 것이다. 주간 FOD실험이 정상적으로 이루어진 것을 확인하였다. 야간 실험은 IR을 이용하고 FOD물질로는 항공기 페타이어 조각을 사용하여 진행을 하였다. 실험결과 정상적으로 활주로 내부의 FOD물질을 탐지한 것을 확인할 수 있었다.

표 2. 고정형 EO / IR Laser light 카메라 규격
Table 2. Fixed EO / IR laser light camera standards.

Category	Detailed specifications	
Video	The image pickup element	1/2.8" Ps Exmor(2.38M, CMOS)
	Effective Pixels	1944(H) x 1104(V)
	Scanning method	Progressive
	Minimum illumination	B/W : 0.01 Lux (F1.2, 50IRE)
Camera Function	Improving Contrast	SSDR(Samsung Super Dynamic Range)(Off/On)
	Noise Reduction	SSNR(2D+3D Noise Filter)(Off / On)
	White Balance	ATW / AWC / Manual / Indoor / Outdoor
	Electronic Shutter	Minimum / Maximum / Anti flicker (2~1/12,000sec)
	Serial Interface	RS-485
Network	Ethernet	RJ-45 (10/100BASE-T)
	Video Compression Method	H.264 (MPEG-4 Part 10/AVC), Motion JPEG
	Resolution	Maximum 1920x1080
	Maximum Frame Rate	Maximum 30fps
	Image quality control	H.264 : Compression level, Bit rate level control MJPEG : Quality Level Control
	Bit rate control	H.264 : CBR or VBR, Motion JPEG : VBR
	Transmission method	Unicast / Multicast
Power	Power consumption / current consumption	AC24V, DC12V, PoE
	Power Consumption	Max. 12.5W (AC 24V) Max. 10.5W (DC 12V) Max. 12.0W (PoE)
Exterior	material	Aluminum / plastic
	Dimensions	73.1 x 66.6 x 147.8 mm
	weight	395g

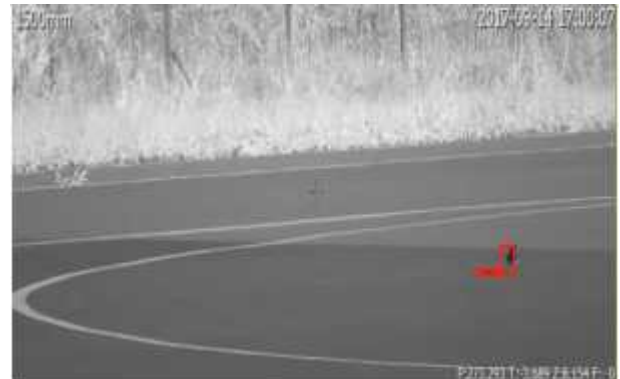


그림 5. 주간 EO카메라 1500mm FOD 탐지
Fig. 5. EO camera 1500mm FOD detection day test.



그림 6. 야간 IR카메라 1500mm FOD 탐지
Fig. 6. IR camera 1500mm FOD detection night test.

V. 결 론

본 논문에서는 항공안전에 심각한 위험을 초래할 뿐만 아니라 막대한 경제적 손실을 발생시킬 수 있는 FOD를 인력이 아닌 자동탐지가 가능한 시스템 개발을 위하여 EO / IR카메라 실험을 진행하였다. 주요 센서 모듈은 EO / IR센서 프로세서와 고정형 PTZ, 1500 mm렌즈, EO / IR카메라 등으로 구성하였다. 악기상이나 야간에는 EO카메라에서 IR카메라로 전환하여 실험하였다. 1500 mm렌즈를 이용하여 주간에는 EO카메라를 이용하고 야간에는 IR카메라를 이용하여 실험을 하였다. 주간 및 야간 모두 정상적으로 FOD 물질을 탐지한 것을 확인할 수 있었다.

Acknowledgments

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행 되었습니다(과제번호: 15ATRP-C108046-01)

References

- [1] J. G. Lee, Development of Automatic Detection System for FOD in Runways, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, pp.3-5, 2014
- [2] S. H. Kim, M. K. Park, G. Y. Hong, J. S. So, S. K. Kim, and U. E. Kim, "Analysis for FOD automatic detection system," *The Journal of Koera Navigation Institute*, Vol.20. No.3, pp.210-217, 2016.
- [3] K. B. Lee, FOD automatic detection system a study on the development direction for localization, Ph.D. dissertation, Incheon Univ, 2014.
- [4] Y. S. Choi, and M. G. Park, Developed FOD automatic detection system for airport moving area in airport, Wavetech, Anyang, 2017-FOD-DE-02H, pp.1-12, Sep.2017.



신 현 성 (Hyun-sung Shin)

2017년 9월 : 한서대학교 항공전자학과 (공학사)
2017 9월 ~ 현재 : 한서대학교 대학원 항공기 시스템학과
※관심분야 : 항공기 시스템, 비행시험



홍 교 영 (Gyo-Young Hong)

1993년 3월 ~ 2001년 : 대한항공 항공기술연구소 선임 연구원
2001년 9월 ~ 현재 : 한서대학교 항공전자공학과 교수
※관심분야 : 비행시험, 항공통신, 항공기 시스템



홍 재 범 (Jae-Beom Hong)

2012년 3월~현재: 한서대학교 항공전자공학과
※관심분야 : SBAS, 비행시험, 항공기시스템



최 영 수 (Young-Su Choi)

2010년 2월 : 순천향대학교 정보기술공학부 (공학사)
2010년 3월 ~ 2012년 2월 : 순천향대학교 전기통신시스템공학과
※관심분야 : 초고주파공학, 항공전자



김 윤 섭 (Yun-Seob Kim)

1999년 3월 ~ 2006년 2월 : 한양대학교 전기전자공학부 (공학사)
2006년 3월 ~ 2008년 2월 : 광운대학교 전자공학과
※관심분야 : 초고주파공학, 항공전자