

F/1.0 이중배율 비냉각 열화상카메라 광학계 개발

본 연구에서는 최근에 민수용으로 활용 빈도가 높은 320x240 어레이를 갖는 비냉각 검출기에 적합하도록 F/1.0 이중배율 광학계를 설계제작하여 열영상을 획득하고 광학성능을 확인하기 위하여 최소분해가능온도차(MRTD; Minimum Resolvable Temperature Difference) 값을 측정하고 사람과 차량의 탐지를 추정하였다.

글/(주)토포스 대표 김현규

1. 서론

열화상카메라는 1970년대 야간전투를 위하여 군사 목적으로 사용하기 시작하였으나, 최근에는 민수용으로 사용하는 사례가 계속해서 증가하는 추세에 있다.

민수용 열화상카메라는 감시용, 산업용, 연구용, 의료용으로 구분할 수 있다. 감시용의 경우에는 적외선 흑백영상을 그대로 사용하고 있으나, 감시용 외에는 표적에서 발생하는 적외선 복사에너지를 온도차이로 표현하여 슈도칼라로 영상을 얻게 되어 표적에 대한 이 차원 온도분포를 볼 수 있게 된다. 이러한 온도분포도는 냉난방 시스템 제작 및 설치 시 에너지 손실을 최소화하는데 사용되거나, 제품검사 또는 열분포 최적화 시스템을 구현하기 위한 연구장비로 활용되고 있다. 그 외에 의료용 체열진단기나 공항검색대에서 조류독감 또는 신종플루에 감염되어 체온이 올라간 사람을 검색하는데 필수품이 되었다.

열화상카메라는 적외선 검출기를 77K로 냉각하여 사용하는 냉각형과 적외선 검출기를 상온에서 사용하는 비냉각형이 있다. 냉각형은 중적외선과 원적외선 대역에서 사용

되고 있으며, 비냉각형은 원적외선 대역에서만 사용이 가능하다. 냉각형 열화상카메라는 검출기에 냉각기를 붙여서 사용해야 하기 때문에 부피가 크고 약간의 진동과 소음이 있다. 하지만 비냉각형에 비하여 검출기의 성능이 좋아서 원거리 관측이나 고화질 구현이 가능하다는 장점이 있다. 반면에 비냉각형 열화상카메라는 냉각기가 필요 없기 때문에 소형경량화가 가능한 장점이 있어서 좁은 공간에 장착하거나 휴대용으로 사용하기에 적합하다. 최근에 널리 보급되고 있는 열화상카메라의 대부분이 비냉각형인 것은 소형경량이면서 휴대용으로 사용 가능한 장점에 기인한다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 최근에 민수용으로 활용 빈도가 높은 320x240 어레이를 갖는 비냉각 검출기에 적합하도록 F/1.0 이중배율 광학계를 설계제작하여 열영상을 획득하고, 광학성능을 확인하기 위하여 최소분해가능온도차(MRTD; Minimum Resolvable Temperature Difference) 값을 측정하고 사람과 차량의 탐지를 추정하였다.

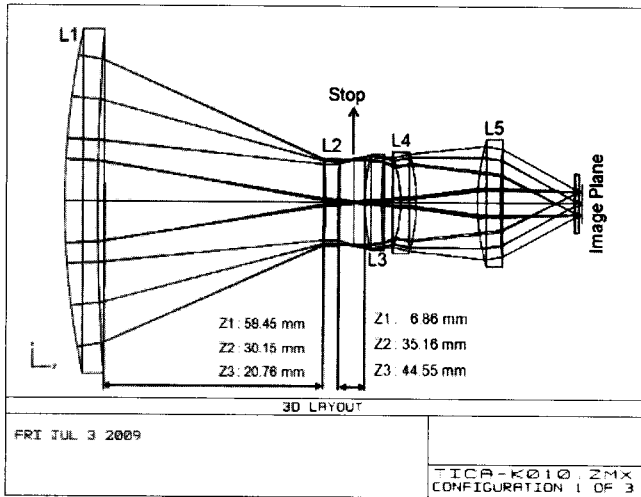


그림1. 광학계 Layout

2. 광학계 설계

광학계의 설계 결과 그림1에서 보는바와 같이 5개의 Ge 렌즈로 구성되었다. 고배율 시야각은 $8^\circ \times 6^\circ$ 로 작은 값을 갖지만 저배율에서 시야각이 $24^\circ \times 16^\circ$ 로 비교적 크고 F/1.0으로 작은 값을 갖기 때문에 수차보정을 위하여 L3 렌즈를 제외한 4개의 렌즈에 한 면씩 비구면을 사용하였다. 이중배율을 구현하기 위해서 구동렌즈는 L2를 선정하였으며, L2 렌즈는 비열화보상을 위해서 사용할 수 있도록 하여 온도변화에 따른 초점조절을 할 수 있도록 하였다. 설계결과 MTF 값은 모든 배율과 시야각에서 0.5 이상의 값을 얻었다.

3. 광학계 제작

광학계는 5매의 렌즈로 구성되어 있으며, 적외선 렌즈 마운트는 그림2(a)에서 보는 것처럼 4 부분으로 만들었다. 왜냐하면 그림1의 광학계 Layout에서 보는바와 같이 L3와 L4 렌즈는 가깝게 모여 있기 때문에 하나의 마운트에 같이 조립하였다.

L2 렌즈 마운트는 스텝핑모터 축의 나사산에 결합되어 광축방향으로 이동하면서 배율변환과 비열화 보상의 역할을 하게 된다. 그림2(b)에 사각형 기판이 스텝핑모터 구동 회로 기판이며, 구동정밀도는 $5\mu\text{m}$ 로 미세초점조정이 가능하도록 하였다.

그림3은 광학계와 검출기 및 스텝핑모터가 결합된 열화상 카메라 모듈을 보여주고 있으며, 영상을 보기 위해서는 RS170 신호로 노트북에 연결해서 볼 수 있다.

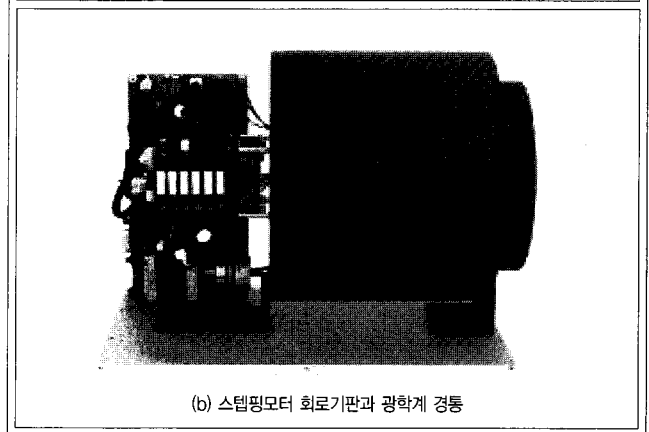
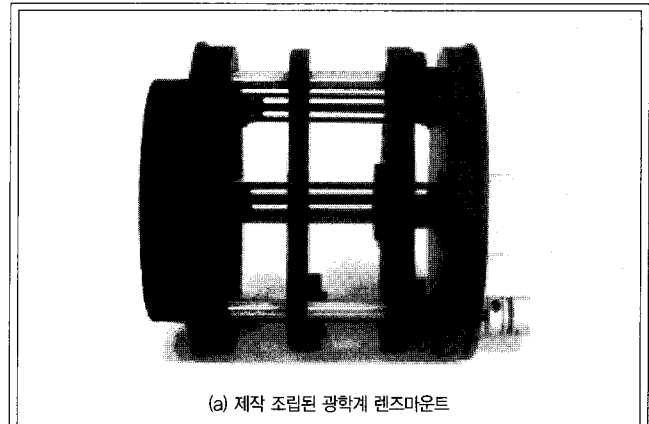


그림2. 광학계 기구 구조물과 스텝핑모터 회로기판

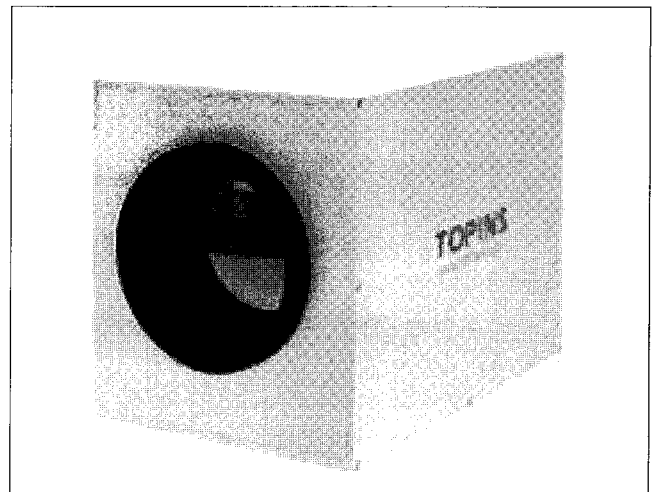
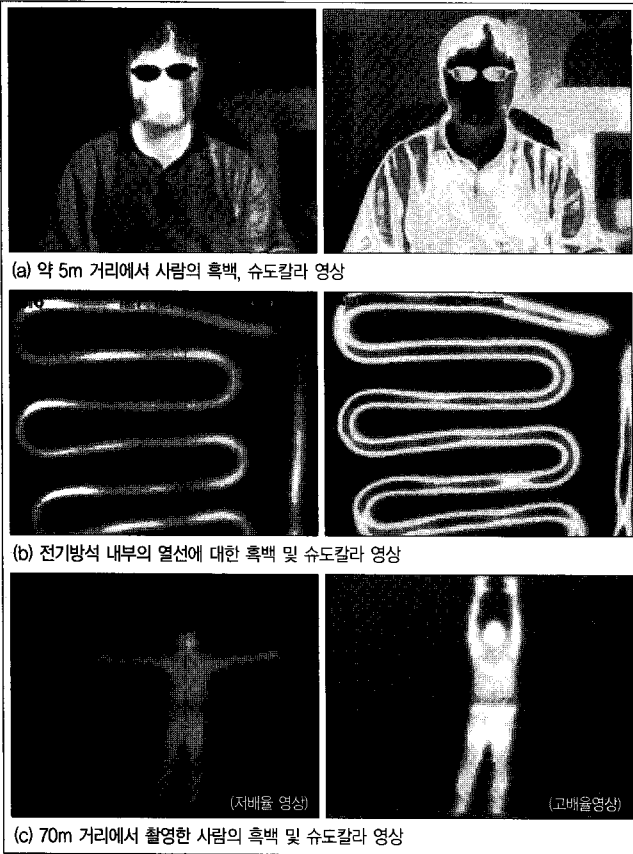


그림3. 완전 조립된 이중배율 열화상카메라(TICA-K010)

4. 광학계 성능분석

본 연구에서 설계하고 제작된 F/1.0 비냉각 이중배율로 열화상카메라의 영상은 그림4와 같다.

그림4(c)의 왼쪽 영상은 저배율로 촬영한 것이고, 오른쪽



(a) 약 5m 거리에서 사람의 흑백, 슈도칼라 영상

(b) 전기방식 내부의 열선에 대한 흑백 및 슈도칼라 영상

(c) 70m 거리에서 촬영한 사람의 흑백 및 슈도칼라 영상

그림4. F/1.0 이중배율 비냉각 열화상카메라로 획득된 열영상

은 고배율로 촬영한 영상이다. 고배율 영상에서는 사람의 손가락이 구분되어 보이는 것을 알 수 있다.

제작된 광학계를 이용하여 MRTD를 측정한 결과 0.25cy/mm에서 고배율에서 섭씨 0.08도, 저배율에서 섭씨 0.25도로 나타났다. 이 값을 토대로 사람과 차량의 탐지

거리는 저배율에서 1.47km 이고, 고배율에서 3.75km로 추정되었다. 그리고 차량은 저배율에서 3.15km 이고, 고배율에서 7.37km로 추정되었다. 여기서 사람의 크기는 1.8m×0.5m로, 차량은 NATO 표준 차량크기인 2.3m×2.3m로 정의하였다.

5. 결론

F/1.0 이중배율 비냉각 열화상카메라 광학계를 설계하고 제작하였다. 배율변환을 위해서 두 번째 렌즈를 스테핑모터를 이용하여 광축방향으로 구동하였으며, 온도변화에 의한 적외선 렌즈의 굴절을 변화 때문에 발생하는 초점이동량을 보상하기 위한 비열화 보상 시에도 동일한 구동렌즈를 이용하였다. 구동렌즈를 이용하면 섭씨 100도의 온도변화 시에도 초점조절이 가능하다.

제작된 광학계는 320×240 어레이를 갖는 비냉각형 검출기와 결합하여 열영상을 획득하였다. 획득한 열영상에 슈도칼라 처리하여 상대온도차이를 쉽게 구분할 수 있도록 하였다.

마지막으로 MRTD를 측정하여 그 값을 토대로 각 배율에 따라 사람과 차량의 탐지거리를 추정하였다.



김현규

1984년 국방과학연구소에 입소하여 20여년간 전자광학 장비 연구개발 담당, 책임연구원 및 팀장을 거쳐 2006년 3월 명예퇴직했다. 1990년 경북대학교에서 물리학으로 박사학위를 취득했고, 2004년 광기술 전문업체인 (주)토포닉스를 설립하여 현재 대표이사를 맡고 있다.

Korea Optical Industry Association



www. koia.or.kr 광학세계 클릭

『광학세계』과월호를 보실수 있습니다.

그동안 책자로 보시던 『광학세계』를 이제 인터넷상에서 편리하게 만나보실 수 있습니다. 기존에는 『광학세계』를 구독하기 위해서 우송료 1만 2천원을 납부하셨으나 홈페이지상에서 무료 회원 가입을 통해 간편하게 이용하실 수 있습니다.

KOIA 한국광학기기협회 (156-819) 서울시 동작구 사당3동 218 청보빌딩 4F
KOREA OPTICAL INDUSTRY ASSOCIATION TEL 02-3481-8931 FAX 02-3481-8669