

최신 적외선 열상센서 기술동향

열상센서는 빛의 유무와 관계없이 주야간 선명한 적외선 영상을 실시간으로 제공한다. 이러한 장점으로 최근에는 군사용 뿐 아니라 민간 활용도가 점차 높아지고 있다. 최근 군사용으로는 고정밀, 광역의 장거리 관측센서로 발전하고 있으며, 민간용으로는 안정된 화질로 소형, 경량이며 저가로 공급될 수 있는 기술로 발전 중이다.

〈편집자 주〉

1. 서론

이 세상에 존재하는 모든 물체는 복사 에너지를 방출한다. 물리학 복사 이론에 따르면, 물체 표면의 온도와 상태가 복사 에너지의 파장별 방출량과 밀접한 상관관계를 갖는다. 즉 물체를 흑체(blackbody)로 가정했을 때, 물체의 온도가 높으면 높을수록 온도의 4제곱에 비례하는 많은 에너지를 방출하며, 에너지의 최대 방출 파장[μm]과 물체 절대온도[K]의 곱은 대략 3,000 정도의 값을 갖는다. 따라서 300K 내외의 상온에 존재하는 대부분의 물체가 방출하는 복사 에너지는 그 양이 태양의 복사 에너지보다 매우 적을 뿐 아니라 거의 모두 적외선 영역에 존재하여 사람 눈이나 카메라, 캠코더와 같은 일반적인 가시광선 센서에는 감응되지 않는다.

그렇지만 물체의 복사 에너지도 물체의 형상이나, 배경과의 온도차 등에 따라 미세한 차이를 갖게 되기 때문에 적외선 영역의 미세한 복사 에너지 차이를 검출하여 영상화시킬 수 있는데, 이를 열상센서라고 한다. 따라서 열상센서는 적외선 영역의 에너지 차이를 모으는 적외선 광학계, 에너지 차이를 전기적 신호로 바꾸어 주는 적외선 검출기, 잡음을 제거하면서 미세한 신호차이를 증폭하고 화면으로 구성할 수 있도록 고

속으로 시간 할당을 해주는 신호처리기, 사람의 눈으로 볼 수 있도록 하는 디스플레이 등으로 구성된다.

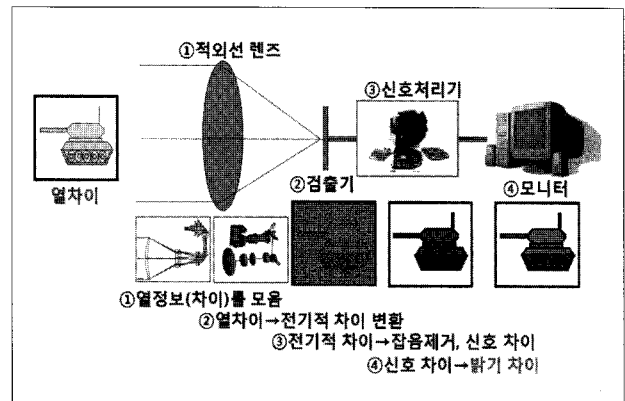


그림1. 열상센서의 원리와 구성

최근의 열상센서들은 항공기, 함정 등 이동하는 탑재체에 실리는 경우가 많으므로 탑재체의 진동이나 충격으로 인한 영상의 떨림을 보정할 수 있는 안정화 장치가 필요하다. 아울러 열상센서가 탑재체에 실려 움직이거나 보고자 하는 표적이 이동할 경우, 또는 두 가지 모두의 경우에 표적들을 화면단위로 계속 추적할 수 있는 영상추적기법도 필요하게 된다. 그렇지만 본 고에서는 열상센서에 국한하여 기술동향을 살펴보고자 한다.

2. 기술 발전 추세

적외선은 0.77 μm ~1mm(1000 μm) 파장 대역으로 가시광선과 레이더/통신 파장 영역 사이에 존재하는 전자파이다. 적외선은 학자에 따라 다르지만 대개 0.77~3 μm 까지를 근적외선(short wave infrared, SWIR), 3~6 μm 까지를 중적외선(mid wave infrared, MWIR), 6~15 μm 까지를 원적외선(long wave infrared, LWIR) 이라 하고 15 μm 이상 1000 μm 까지를 극원적외선(extreme infrared) 이라고 부른다. 적외선 영역은 일반적인 군사 표적들이 방출하는 에너지의 파장 영역, 검출기의 검출 특성과 대기투과특성 때문에 1 μm 근처의 근적외선, 3~5 μm 의 중적외선 및 8~12 μm 의 원적외선 등 일부 영역만이 활용되고 그 밖의 영역은 사용되지 않는다. 특히 에너지 차이를 영상화하는 열상센서의 개념에서는 중적외선과 원적외선 영역만이 사용된다.

열상센서는 주간뿐 아니라 빛이 전혀 없는 야간에도 영상 획득이 용이하고 가시광선 영역의 연막도 투시하는 등 장점이 많아 감시 정찰 장비로 많이 활용되고 있다. 하지만 최근에는 송전선로의 이상 유무 판단, 저장 탱크의 저장량 확인, 전자회로의 이상 유무 확인, 자동차등의 야간 운전, 환자의 체열 검색 등 산업계와 의료계의 이용도 증가하고 있다.

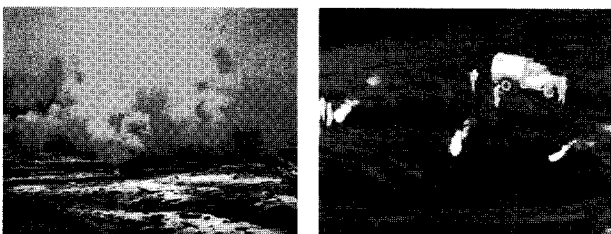


그림2. 주야간 영상을 획득하고 가시광선 연막을 투시하는 열상센서 영상(오른쪽)

선진국에서는 1970년대 이후 군사용 목적의 1세대 열상센서가 개발되기 시작한 이래, 열상센서가 각기 다른 구현방법에 따라 매우 다양한 여러 가지 형태로 설계, 제작되었다. 전술한 바와 같이 열상센서는 일반적인 가시광선 센서와는 달리 표적과 배경의 미세한 복사 에너지 차이를 검출하여 신호처리 하는 것으로, 검출되는 신호량도 극히 작고 주변잡음에 매우 민감하여 초기에는 영상의 선명도가 크게 제한되었다. 특히 완전한 2차원 소자 배열을 갖는 가시광선 검출기

에 비해 적외선 검출기는 평면형 2차원 배열소자의 제작이 어려워, 부분적으로만 검출소자를 배열하여 전체 화면을 순차적으로 구성하는 주사장치가 사용되었다. 그러나 1990년대 이후부터는 보다 분해능 및 탐지성능이 우수하고 신뢰성이 강화된 초점면 배열 방식의 원적외선(2세대) 또는 중적외선(3세대) 열상센서들이 개발되어 이제는 가시광선센서와 동등 수준의 선명도를 갖게 되었다. 특히 3세대 중적외선 검출기는 완전한 2차원 소자 배열이 가능해져 주사장치가 필요없기 때문에 보다 단순한 센서 구조를 가질 수 있다. 또 최근에는 상온에서 동작하는 비냉각 열상센서들도 선을 보이고 있다. 비냉각 열상센서의 경우 원적외선 영역에서도 검출기를 완전 2차원 소자 배열로 제작할 수 있고 검출소자를 극저온으로 냉각시켜주는 냉각장치가 불필요하여 소형, 경량화가 용이하나 센서의 감도가 냉각형에 비해 미흡하여 아직 근거리 관측에만 활용되고 있다.

3. 국내 기술 현황

국내에서는 1990년대 초부터 본격적인 열상센서 기술연구가 시작되었다. 국방과학연구소를 중심으로 산학연이 함께 협력하여 1세대 냉각방식의 원적외선 열상센서를 개발하고, 이어서 2세대 원적외선 및 3세대 중적외선 열상센서도 모두 개발을 완료하였다. 거의 모든 분야에서 국내 최초로 M&S를 통하여 요구사항을 분석, 성능을 예측하여 센서를 설계하고 관련된 구성품들을 독자적으로 설계, 제작하였다. 또 2000년대 중반에는 고선명의 비냉각 열상센서도 산학연 협력 하에 개발이 완료되었다.

구분	1세대	2세대	3세대	비냉각
형 태				
파 장	8~12 μm	8~12 μm	3~5 μm	8~12 μm
검 출 기	8x1 SPRITE	480x6 MCT	480x640 MCT/nSb	480x640 Vox
배 울	3/10배	7~20배 줌	1~20배 줌, 40배	3배
전 자 줌	기능없음	2배/4배	2배	2배(가능)
영상처리	아날로그 + 8bit	14bit 디지털	14bit 디지털	14bit 디지털
화 소 수	25만 화소	47만 화소	30만 화소	30만 화소
전력소모	100W 이하	100W 이하	10W/70W 이하	100W 이하

그림3. 국내 열상센서 개발 사례

적외선 광학계는 원적외선과 중적외선 등 파장 대역 별로 가용한 재질을 선정하여 회절한계성능 수준의 줌 광학계 및 고배율 광학계를 설계하였다. 특히 적외선 광학계는 적외선 검출기에 외부 에너지 정보가 효율적으로 집속되도록 연계하여 설계되었으며, 광학소자의 반사에 의해 나타나는 나르시스 효과를 제거하고 군의 온도운용환경 범위 전체에 대해 비열화 보상이 자동으로 가능토록 구현하였다. 최초에는 굴절 광학계 중심으로 설계, 제작하였으나 점차 고배율화됨에 따라 최근에는 반사광학계를 많이 사용하고 있다.

적외선 검출기는 초기, 도입에 의존하였으나, 최근 MCT(HgCdTe) 재질의 320×240급 완전 2차원 배열을 갖는 중적외선 적외선 검출기를 산학연 협력으로 개발하였고, 이어서 고밀도 2차원 배열 검출기를 냉각형(중적외선)과 비냉각형(원적외선)으로 각각 개발 중이다.

영상신호처리기는 저잡음 신호증폭과 고속 정밀 타이밍 기술을 개발하고 다양한 방식의 검출기 불균일 보정, 대조비 최적 제어 기법 등을 독자적으로 연구하여 영상을 개선하였다. 특히 검출기 불균일 보정 기술은 검출기로부터 고화질 영상을 획득하기 위한 핵심 기술로서, 정밀 보정 알고리즘은 선진국에서 기술 이전을 기피하는 기술이다.



그림4. 검출기 실시간 불균일 보정 사례(원적외선, 주사방식 영상)

열상센서는 국내에서 군사용으로 점차 고정밀, 광역의 장거리 관측센서로 발전하고 있으며, 이를 위한 기술개발이 활발히 진행 중이다. 최근에는 함정 등에서 360도 전방위를 저고도로 탐색할 수 있는 적외선 탐색 및 추적(IRST : InfraRed Search & Track) 기술도 개발 중이다. IRST 기술은 열상센서와 같이 표적의 적외선 에너지 차이 정보를 이용하지만 탐색 레이더와 같이 순차적으로 360도 전방위를 탐색한다는 점

이 기존의 열상센서와는 다른 점이며 통상 100개 정도의 표적을 동시에 추적, 관리하는 기술이다.

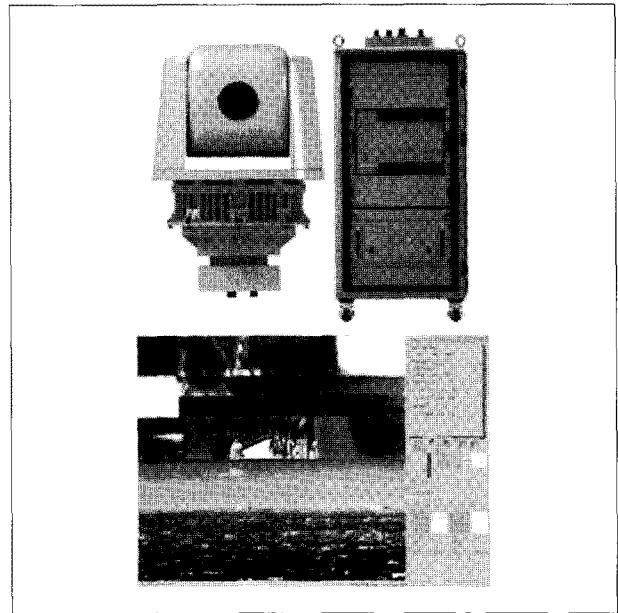


그림5. 적외선 탐색 및 추적 센서, 신호처리부 및 획득된 전방위 영상

4. 결론

열상센서는 빛의 유무와 관계없이 주·야간 선명한 적외선 영상을 실시간으로 제공한다. 이러한 장점으로 최근에는 군사용 뿐 아니라 민간 활용도가 점차 높아지고 있다.

국내에서는 1990년대 초부터 국방과학연구소를 중심으로 여러 형태의 군사용 열상센서를 독자적으로 연구하여 대부분의 기술을 확보하였고, 산학연과 협력하여 제작, 활용 중이다. 또 이러한 열상센서 기술들은 공통모듈 개념으로, 핵심기술이 여러 시스템에 공통으로 적용될 수 있도록 개발되었다.

열상센서 기술은 군사용으로는 점차 고정밀, 광역의 장거리 관측센서로 발전하고 있으며, 민간용으로는 안정된 화질로 소형, 경량이면서도 저가로 공급될 수 있는 기술로 발전 중이다.



홍석민

충남대 전자공학 박사(1995)로, 1979년 국방과학연구소에 입소한 이래 연구원, 열상장비팀장, 전자광학실장, 광학/열상센서 팀장, 미 육군 ARDEC 연구소의 교환연구원을 거쳐 현재 전자광학기술부장으로 재직 중이다.