

열상카메라 광학성능의 열탄성 효과 분석

Thermo-elastic Effect Analysis of Optical Performance for Thermal Imaging Camera

김현규, 김창우, 서상호*, 유병철*, 김창오*

국방과학연구소, *삼성탈레스

bc.yoo@samsung.com

1. 개요

열상카메라는 빛이 전혀 없는 야간에도 선명한 영상을 획득할 수 있도록 구성된 장비이다. 이러한 열상카메라는 야간 영상 획득에 있어서 많은 분야에서 사용되고 또한 반드시 사용되어야만 한다.

또한 열상카메라를 구성하기 위하여 사용되는 렌즈의 재질은 온도에 대한 굴절률의 변화가 크고 경도가 낮아 외부 환경에 대한 영향성이 크다. 열상카메라의 성능에 영향을 주는 외부 환경 요소로는 열상카메라가 사용되는 환경에서 발생하는 진동의 요인과 내부 및 외부로부터 받는 온도에 대한 요인이다. 특히 온도에 대하여 민감한 특성을 가진 열상카메라는 장비 내부의 발열원에 대한 장비의 온도 불균일과 열변형에 의하여 광학계의 성능에 영향을 주는 장애 요소로 나타나게 된다. 이러한 장애 요소는 영상의 선명도를 저하시켜 원하는 영상의 질을 획득하기 어렵게 한다. 이러한 장애 요소를 제거하기 위하여 내부 열원을 외부로 배출하기 위하여 열경로를 생성하고 방열판을 장착하는 등의 방열 설계를 하게 된다. 그러나 이러한 방열 설계는 시스템 내부의 열을 외부로 내보내기 위해서는 좋은 방법이지만 전도에 의해 하우징 및 내부 구조물이 열에 대한 응력을 받게 된다. 이러한 내부 구조물의 열변형은 시스템 전체에 예측하기 어려운 형태로 나타나게 되고 열상 장비와 같은 광학 장비에 치명적인 영향을 주는 광축의 변형을 가져오게 된다.

본 논문에서는 열상카메라가 작동하는 환경 조건을 적용하고 내부의 발열원에 의하여 발생하는 구조적인 열변형을 검토하고 이에 따른 각 렌즈들의 오차 변화를 검토하여 성능에 어떠한 영향으로 나타나는지를 분석하였다.

2. 설계/분석 개념

장비 내부 발열에 의한 열상카메라의 성능을 검토하기 위해서는 먼저 열상카메라가 가지게 되는 각종 발열원을 정리하게 된다. 이러한 발열원은 열상카메라를 작동시키기 위한 전기적 기판류에서부터 구동 장치, 열구속, 자연대류 조건 등 여러 가지가 있게 된다. 이러한 발열원 및 조건은 열탄성 해석에서 반드시 있어야 할 경계조건이 된다. 이러한 경계조건을 정리하고 나서 발열원의 적용성을 고려한 유한요소모델(Finite Element Model)을 구성하게 된다.

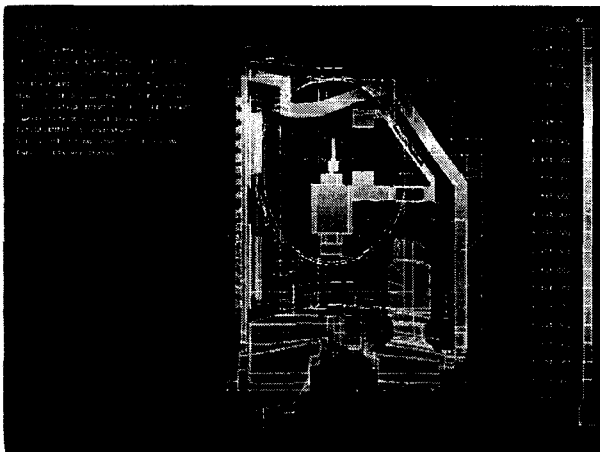
열상카메라의 유한요소모델(Finite Element Model)에 각 발열 및 열전달 조건을 적용하여 열전달 해석(Heat Transfer Analysis)를 수행하게 되고 열전달해석의 결과에서 각 부위 온도 분포를 추출하게 된다. 이러한 온도 분포를 이용하여 선형정적해석(Linear Static Analysis)를 연결 해석하여 내부 발열에 의한 열변형 결과를 추출하게 된다. 이렇게 추출된 열변형에 의한 광축 오차 변화값을 계산하면 발열에

의한 열상카메라의 성능을 예측 가능하게 된다. 이러한 광축 오차 변화값을 CODE V를 이용하여 광학 성능을 검토하여 설계에 대한 적합성 및 보완 데이터를 축적할 수 있게 된다.

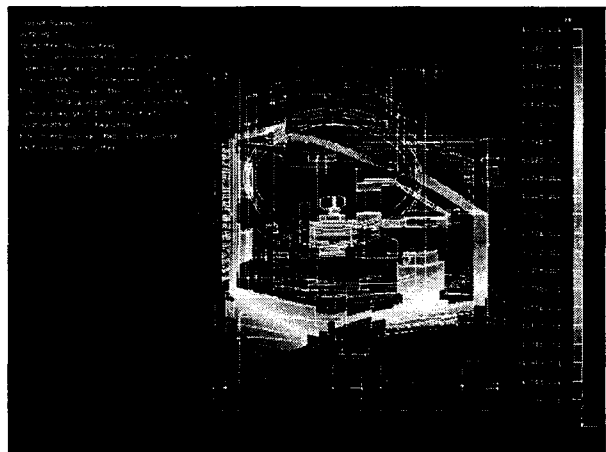
3. 열탄성 해석 및 광학 성능 분석

각종 발열원 및 열구속조건을 적용하여 열전달 해석(Heat Transfer Analysis)을 수행한 결과를 토대로 선형정적 해석(Linear Static Analysis)을 수행하여 시스템의 주 몸체의 열변형으로 인한 광축의 오차 발생에 대하여 검토하였다. 이는 내부의 발열원과 외기의 온도에 의하여 발생하는 시스템의 구조적인 변형 현상을 분석하는 것 뿐 아니라 이러한 변형으로 인하여 발생하는 광축 거리 변화에 따른 시스템의 성능을 예측하기 위함이다. 또한 향후 설계에 최소의 변형이 발생하도록 하는 설계 기준이 될 것이다. 이러한 일련의 해석을 수행하기 위한 Pre/post processor는 I-DEAS Simulation Task를 사용하게 되고 solver도 I-DEAS solver를 사용하여 아래와 같은 구조적인 열변형 해석 결과를 도출하였다.

시스템 자체의 변형 특성을 보면 50°C의 외기상태에서 최대 0.24mm의 변형이 발생함을 볼 수 있고 -32°C 외기에서는 0.443mm의 변형량을 보여 주고 있다. 이것은 구조의 최대 변위이고 각 렌즈에 대한 변위를 도출한 값을 이용하여 CODE V를 이용하여 세부적인 광학 성능을 검토하였다. 다음의 그림은 열상카메라의 열탄성 해석을 수행한 결과이다.



< 그림 1 > 외기 50°C에서의 변형량



< 그림 2 > 외기 -32°C에서의 변형량

참고문헌

1. 김현숙, 최세철, 이국환, 박용찬, 김현규, "20:1 줌 열영상 장비 비열화 분석 및 시험, 한국광학회지, pp.281-288, Vol. 12, No. 4, Aug. 2001
2. Yunus A. Cengel, Heat Transfer a Practical Approach, McGraw-Hill, Singapore, 1999, pp.423-446, pp711-735.
3. Ralph Remsburg, Thermal Design of Electronic Equipment, CRC, New York, 2001, pp.189-274.
4. Bob Griffin, Thermal Design, Texas Instrument, Texas, 1992, pp1-114.
5. Davis S. Steinberg, Cooling Technigues for Electornic Equipment, Wiley Interscience, California, 1980, pp106-117.
6. Structural Dynamics Research Corporaion, I-DEAS FEM User's Guide, SDRC, Milford, Ohio, 1998, pp257-267.