

IR 센서 및 영상 검보정을 위한 test site 구축 방법 연구

1. 서론

현재 전 세계적으로 수 천개의 위성이 민수, 군수 분야에서 다양한 목적으로 운용되고 있으며, 위성을 통해 얻은 자료들은 첩보, 감시, 기상 관측, 통신 등 산업 전반에 걸쳐서 사용되고 있다. 인공위성은 그 목적에 따라 과학위성, 군사위성, 통신위성, 과학위성 등으로 분류되며, 본 논문에서는 위성에 장착된 이미지 센서를 이용해 지구를 관찰하는 원격 탐사 위성에 주목하고자 한다. 과거에는 가시광(EO) 영역의 이미지 센서를 주로 이용해 왔으나 최근에는 가시광 영역에서는 판단이 어려운 야간 시간대의 탐사, 산불감시, 화산 활동 연구, 해수면 혹은 지표면 온도 측정, 기후 변화 연구 등에 활용 가능한 적외선(IR) 영역의 이미지 센서 활용에 많은 관심이 집중되고 있다. 이러한 흐름에 발맞추어 우리나라에서도 다목적실용위성 3A호에 적외선 영역의 이미지 센서를 탑재할 계획에 있다. 이와 같이 원격 탐사 위성에 장착되는 이미지 센서의 활용 분야를 확대하고 다양한 사용자의 요구사항을 만족시키기 위해서는 영상품질 신뢰도의 확보가 절대적으로 필요하며, 이를 위해서는 이미지 센서 및 영상 자료에 대한 검보정(Calibration & Validation)이 필수적이며, 검보정에 필요한 알고리즘 개발 및 영상품질 평가 절차 등의 핵심 기반 기술들이 위성 발사 이전에 확보되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 적외선 센서 및 영상품질에 영향을 미치는 여러 인자와 각 인자들의 특성을 분석하였으며, 이를 바탕으로 모의 Test-bed를 구축하여 축소 실험을 수행하여 얻은 결과를 이용해 실제 응용 가능한 검보정 방법에 대해 제시하고자 한다.

2. IR 영상 자료 품질측정 매개변수

본 연구에서는 제시된 여러 인자 중에서 절대복사와 관련 있는 인자(Target temperature, Background temperature, Emissivity, MTF, GSD, TFOV, MRTD, NETD)에 대해 한정적으로 검보정 방법과 영상 품질 측정 방법에 대한 연구를 진행하였다.

Target temperature는 지상 target의 표면온도로써 target의 self-emitted radiance를 계산하는데 필요한 인자이다. 또한 background temperature는 목표가 되는 target 주위의 표면온도를 나타낸다. 위성 영상에는 목표가 되는 target 뿐 만 아니라 그 주위의 배경도 함께 들어오기 때문에 이 또한 영상의 검보정 혹은 영상 품질을 평가하는 데에 있어서 중요한 인자이다. Emissivity는 지상 target, 혹은 그 주변을 이루는 background의 방사율을 의미한다. 만약 두 개의 target이 표면온도는 같지만 방사율이 다르다면 서로 다른 복사에너지를 방출하기 때문에 표면의 emissivity 역시 중요한 인자이다. 이러한 emissivity는 표면의 색상과 같은 표면상태에 따라서 많은 영향을 받는다. MTF는 영상의 선명도를 정량적인 함수로 나타낸 인자이다. 이는 영상내에서 온도경계 부분의 최대, 최소 값을 이용하여 나타낼 수 있다. GSD는 센서의 스펙에 해당하는 인자로써 한 픽셀의 크기에 해당하는 실제 지상에

서의 길이를 의미한다. TFOV역시 센서의 스펙으로써 센서의 에 들어오는 영역의 전체 시야각을 의미한다. GSD와 TFOV는 영상 검보정 및 영상 품질 측정 인자인 동시에 모의 test-site 혹은 실제 test-site를 만들 때에 site의 크기를 결정할 수 있게 해주는 인자이다. MRTD는 표면온도가 서로 다른 두 물체를 구별해 내는 능력, 즉, 주변과 물체를 구별해 내는 척도를 의미한다. 이 때 MRTD는 공간해상도 개념을 포함하고 있다. 좁은 영역 안에 온도가 서로 다른 물체들이 여러 개가 배치되어 있는 경우, 공간해상력이 낮은 센서를 이용하면 실제로는 서로 떨어져 있는 두 물체를 하나의 물체로 인식하는 경우가 발생할 수 있다. 하지만 공간해상력이 높은 센서라면 좁은 영역 안에 여러 개의 온도를 가지는 물체가 들어온다고 해도 모든 물체를 정확하게 구별해 낼 수 있게 된다. NETD 역시 물체를 구별해 내는 능력이지만 MRTD와는 다르게 노이즈와 관련된 인자이다. 이는 적외선 이미지 시스템 전체의 thermal sensitivity를 나타내는 척도이며 노이즈에 의해 target의 이미지가 식별되지 않다가 target의 온도가 증가하면서 주위 배경과 구분되기 시작하는 순간의 온도 차이를 뜻한다.

3. 모의 test-bed 구축 및 계측

실제로 위성을 운용하고 있는 선진국의 경우 위성 영상의 검보정과 영상 결과물에 대한 검증은 수행하기 위하여 지상에 다양한 검보정 사이트를 구축하고 있다. 이러한 사이트를 구축하기 전에 먼저 모의 test-bed를 제작하여 검보정에 필요한 인자 도출 및 영상 품질 향상 알고리즘의 평가 등에 사용할 수 있다. 본 연구에서는 IR/EO카메라의 초점거리, GSD 등의 센서 특성을 고려하여 지형지물의 크기를 결정하고 실제 지형의 대표적인 인자들(모래, 잔디, 흙, 시멘트, 아스팔트 등)을 이용하여 모의 test-bed를 제작하였다.

(1) 계측장비

본 연구에서 사용한 센서는 IR(Indigo Merlin MWIR Camera)와 EO(Canon EOS 7D) 센서 각각 하나씩 사용하였다.

(2) 모의 test-bed 구축

아래 그림 1에 대표적인 모의 test-bed 구축 도면을 제시하였다.

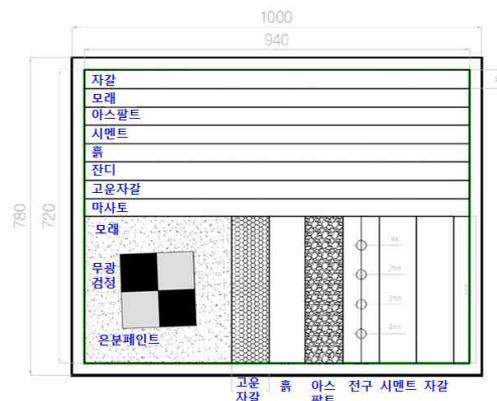


그림 1. Block #3 구조

(3) 모의 test-bed 촬영 및 결과 영상

모의 test-bed의 촬영은 축소된 인공위성-지표면 촬영 개념으로 진행되었으며 카메라의 FOV, GSD를 고려해 높이를 산정하였다.



그림 2. Block #3 촬영 방법

(4) 계측 결과

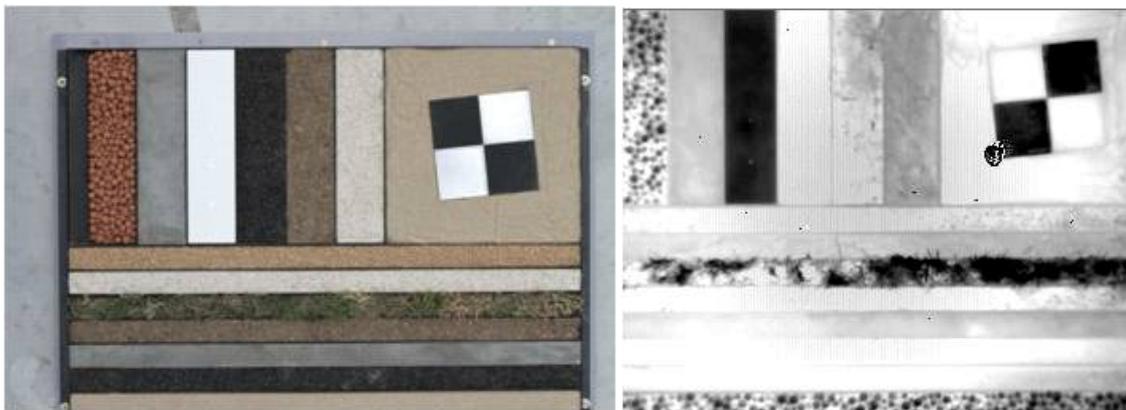


그림 3. Block #3의 EO(좌) 및 IR(우) 계측 영상

4. 검보정 방법 제시

각종 검보정 인자를 실제 위성을 운용하며 계측하기 위해서는 인공적으로 만들어진 물

체를 이용하는 방법이 측정에서는 유리한 부분이 많으나 위성에 장착되는 센서의 GSD에 따라서는 매우 거대한 물체가 필요해지는 경우도 있으므로 제작 상의 큰 어려움이 존재할 수 있다. 그러나 실제 자연물 중에서도 위와 같이 정확하게 경계가 구분되는 물체를 찾는 것 역시 어려운 일이다. 정확도가 가장 우선시 되어야 하는 상황이라면 미세한 온도 조절이 가능한 구조물을 이용해야 한다. 구조물의 크기는 최소한 GSD의 2배 크기로 이루어져야 하며, 재질은 열전도율이 높은 알루미늄을 사용하여 원하는 온도에 빠르게 고루 분포할 수 있도록 해야 한다. 알루미늄 판 전체에 온도가 일정할 수 있게 내부에는 이중 열선을 설치하고 이를 조절하기 위한 컨트롤러도 필요하다.

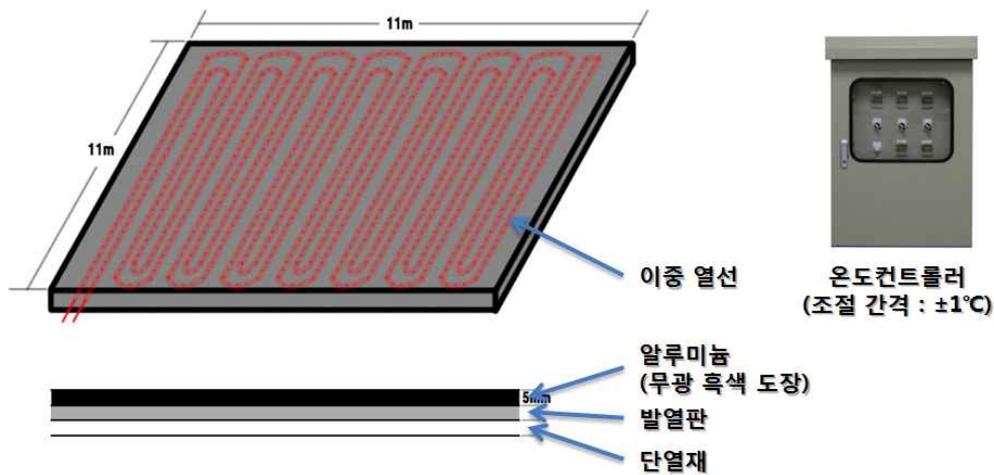


그림 4. 인공물(알루미늄 재질) 개략도(+ 열선 삽입)

5. 결론

IR 검보정 방법 및 사이트 구축에 대한 기반 기술의 국내 현황은 선진국과 비교해 초보적인 수준에 머물러 있기 때문에 선진국에서 공개된 기술 자료를 일부 확보하여 분석 및 활용하는 것이 중요하다고 판단된다. 본 논문에서는 여러 기술 자료들을 검토하여 필요한 검보정 인자들에 대해 정리하고, 축소된 모의 test-bed를 제작하여 실제 실험을 수행하였으며 그 결과를 바탕으로 실제 test site 구축 및 검보정 방법에 대해 제시하였다. 이러한 결과를 바탕으로 IR 검보정 방법에 따른 장비 및 실제 검보정 site 구축 준비가 가능하다고 판단된다. 본 논문의 결과를 활용하여 향후 지구 환경(화산활동 연구, 해수면 및 지표면 온도 측정, 기후변화 연구, 환경 감시 등) 및 군 관련 중요 시설물 탐지 등 다양한 분야의 정보 수집이 가능할 것으로 기대된다.