

소형 위성용 지구관측 광학카메라의 광학정렬

Optical Alignment of

An Earth Observation Camera for Small Satellites

김도형, 양호순, 최영완, 김이을
 (주)세트렉아이, 전자광학사업부
edk@satreci.com

Medium-sized Aperture Camera (MAC)는 근적도궤도(Near Equatorial Orbit) 지구관측 위성 MACSAT의 주탑재체로, 우리나라의 (주)세트렉아이와 말레이시아의 ATSB社와 오는 2004년 발사를 목표로 공동 개발되고 있다. MAC은 push-broom 방식의 전자광학 탑재체로, 지상해상도 2.5 m를 가지는 PAN band 1개, 지상해상도 5 m를 가지는 Multi-Spectral band 4 개를 가지고, 지상의 swath width는 20 km를 가진다. MAC programme의 주 목적은 이와 같은 사양의 지구관측 탑재체를 총 무게 200 kg의 소형 위성에서 성공적으로 구현, 검증하는데 있다. 본 논문에서는 현재 개발 중인 MAC의 인증모델(Qualification Model)의 광학정렬 방법에 대해 소개하고, 정렬 모사 결과를 요약한다.

통상적인 광학계의 광학정렬은 그림 1과 같은 과정을 거친다.

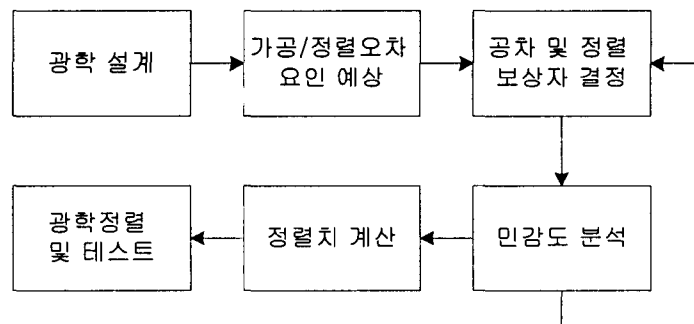


그림 1 일반적인 광학계의 광학정렬 순서

여기서 정렬 보상자(alignment compensator)의 정렬치는 각 공차(tolerance) 들이 어떤 범위 안의 값을 가질 때 보상해 주어야 할 값을 확률적으로 계산한다. 그러나 우주용 영상 광학계 등의 초정밀 광학계에서는 보다 정밀한 정렬 방법이 요구되는데, 현재 알려진 가장 정밀한 광학정렬 방법으로는 컴퓨터와 간섭계를 이용한 역최적화 (reverse optimisation, 또는 computer-aided alignment optimisation) 방법이 있다. 역최적화 방법을 이용하면, 실제로 정렬이 어긋난 상태를 간섭계로 측정해서 거꾸로 보상해 주어야 할 정도를 정량적으로 계산할 수 있다. 광학계의 여러 field에서 실제로 찍은 간섭무늬로 얻은 파면과, 보상자를 움직여가며 계산한 파면을 비교하여 - 각 경우의 Zernike polynomial fitting에서 얻은 계수들을 비교하여 - 두 파면의 차이를 최소화하는 보상자의 값을 역으로 계산한다.

우주용 광학계에 널리 쓰이는 Cassegrain 방식 망원경의 광학정렬은 그 정확도에 따라 단계

적으로 1) 눈으로 주반사경의 중앙 hole을 통해 visual inspection하는 방법, 2) 광학정렬 망원경(alignment telescope)을 이용하는 방법, 3) 간섭계를 이용하는 방법 등을 거치는데, 3) 단계에서 최종 정렬 방법으로 역최적화 방법이 쓰인다. 그림 2는 역최적화 광학정렬 방법의 개념도를 보여준다.

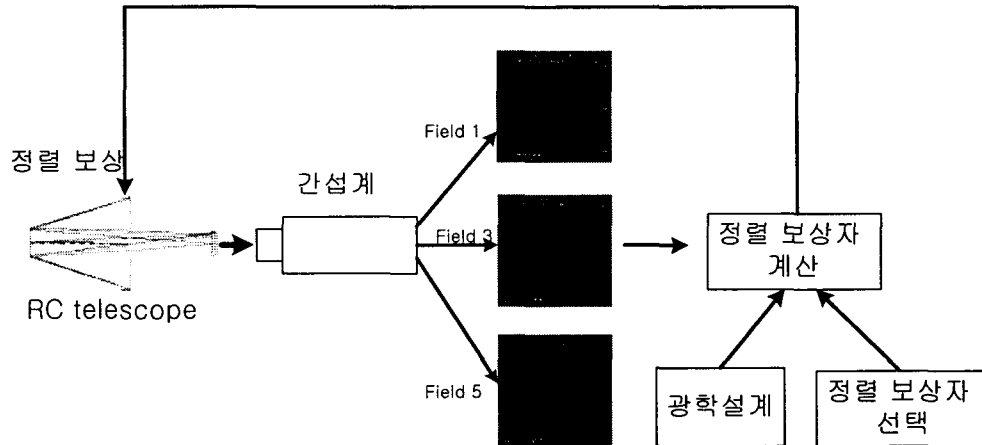


그림 2 역최적화 광학정렬 개략도

MAC은 구경 300mm 급의 modified Ritchey-Chrétien 광학계를 이용하는데, 표 1은 다음과 같은 random한 정렬 오차가 생겼을 경우, 간섭계로 각 field별로 오차를 포함한 파면을 측정하여, 이를 다시 취합하여 광학정렬 보상 면들을 얼마만큼 보상해 주어야 하는지를 모사한 결과이다. Decenter, displacement, tilt 등의 error에 대해서 높은 정확도로 보상해주어야 할 정렬치를 계산해 낼 수 있다.

Type	Surf	Pert (mm,rad)	Comp (mm,rad)	Diff (mm,deg)
X-DEC	SM	0.131069	0.12989	0.0011787
Y-DEC	SM	0.150247	0.15252	-0.002273
Z-DISP	SM	0.120394	0.12224	-0.001846
X-TILT	SM	0.002548	0.0025511	-0.000178
Y-TILT	SM	0.001706	0.0017083	-0.000132

표 3 MAC 광학부에 대한 random 정렬 perturbation과 계산된 정렬치

MAC의 경우는 광축에 대해 대칭적인 시스템으로 광학정렬이 상대적으로 어렵지 않은 편이지만, Three-Mirror Anastigmat (TMA) 설계와 같은 비대칭 광학계의 경우, 광학정렬이 상당히 어려운 것으로 알려져 있다. 향후 MAC에서 사용된 광학정렬 방법을 이용하면 TMA와 같은 비대칭 광학계의 정렬에 도움이 될 것으로 기대된다.