

소형 위성용 지구관측 광학카메라의 광학정렬 2

Computer-Aided Optical Alignment of

An Earth Observation Camera for Small Satellites

김도형, 양호순*, 최영완, 김이을

(주)세트렉아이 전자광학시스템사업부, *한국표준과학연구원 광기술표준부

edk@satreci.com

Medium-sized Aperture Camera (MAC)는 근적도궤도(Near Equatorial Orbit) 지구관측 위성 MACSAT의 주탑재체로, 현재 인증모델(Qualification Model) 완료와 비행모델 (Flight Model)의 착수 단계에 있다. MAC은 300mm 구경의 변형된 Ritchey-Chrétien 광학계로, 위성고도 685km 상에서 PAN channel에서 2.5m, Multi-Spectral channel에서 5m의 지상해상도를 목표로 개발되고 있다.⁽¹⁾ 본 논문에서는 지난 학회에서 소개된 정밀광학계의 광학정렬 방법⁽²⁾을 실제 인공위성용 카메라의 인증모델에 적용하는 과정과 결과를 요약한다.

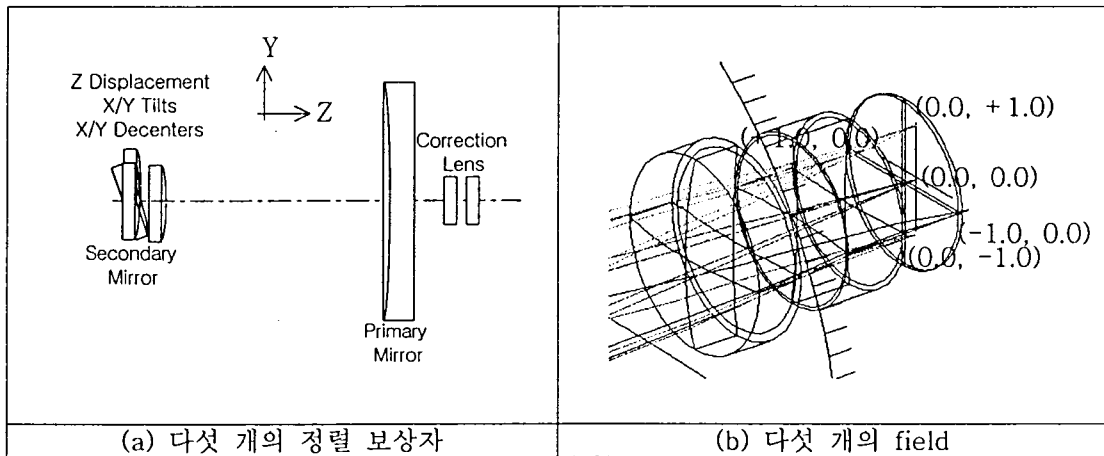


그림 1 다섯 개의 정렬 보상자와 field

그림 1은 MAC의 광학정렬을 위한 정렬 보상자 (alignment compensator)와 field 별 image의 위치를 보여주고 있다. 먼저 민감도 분석을 통해 다섯 (부경의 X/Y tilt, X/Y decenter, 그리고 Z방향 despace)개의 정렬 보상자를 설정하였다. 일단 보상자가 결정되면 그 숫자 만큼의 간섭무늬 측정이 필요하다. 따라서 field의 중앙, 상하좌우에서 각각의 간섭무늬를 측정하여 정렬 보상자 계산에 이용하였다.

측상에서 어느 정도 정렬이 된 카메라를 시작점으로 하여 field 별 간섭무늬에서 각각의 파면오차와 Zernike항 상수들을 추출하였다. Code V를 이용하여, 이들과 정렬이 흐트러지지 않은 원래 설계 상의 각 field 별 파면오차와 비교하여 정렬 보상자들의 값을 계산하였다. 계산된 정렬 보상자 값들을 카메라의 부경에 적용하여 정렬한 후, 다시 각 field 마다 파면오차를 측정하는 작업을 반복하였다. Tilt와 decenter 정렬 보상자의 적용 시, 부경 마운트의 회전축이 부경면에 위치하지 않고 offset 되어 있는 점을 고려하여 tilt를 먼저 적용하고

decenter를 후에 하는 방식으로 순차적으로 적용하였다.

그림 2는 시작점에서의 각 field 별 파면오차와 RMS 평균값들을 보여준다. 먼저 계산된 X/Y tilt를 정렬한 후 측정된 값, 그리고 X/Y decenter까지 정렬한 후 측정된 파면오차 값들을 보여준다.



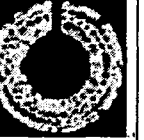





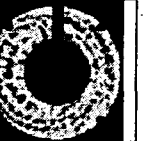






Field.	Initial.	Tilts aligned.	Tilts & decenter aligned.
(0.0, 0.0).	 RMS=70 nm.	 RMS=102 nm.	 RMS=63nm.
(+1.0, 0.0).	 RMS=90 nm.	 RMS=101nm.	 RMS=69 nm.
(-1.0, 0.0).	 RMS=140 nm.	 RMS=111nm.	 RMS=68 nm.
(0.0, +1.0).	 RMS=114 nm.	 RMS=115 nm.	 RMS=67nm.
(0.0, -1.0).	 RMS=76 nm.	 RMS=95 nm.	 RMS=70nm.

그림 2 정렬 과정의 파면오차와 RMS 평균치

시작점에서는 축상에서만 정렬이 잘 되었지만, 컴퓨터 정렬 방법을 이용하여 정렬해 나감에 따라 비축상에서도 고르게 정렬이 되는 것을 볼 수 있다. 이와 같이 간섭계와 컴퓨터를 이용하면 위성용 광학 카메라에 대해서 반복적으로 정밀한 광학정렬 작업을 수행할 수 있음을 확인하였다. 한편, MAC과 같은 Cassegrain 방식의 카메라는 광축에 대해 대칭적인 시스템으로, 광학정렬이 상대적으로 어렵지 않은 편이지만, 특히 Three-Mirror Anastigmat (TMA)와 같은 비대칭 광학계의 경우, 광학정렬이 매우 까다로운 것으로 알려져 있다. 향후 MAC에서 사용된 컴퓨터 광학정렬 방법을 이용하면 TMA와 같은 비대칭 광학계의 정렬에 도움이 될 것으로 기대된다.

1. E-E Kim, Y-W Choi, H-S Yang, et al, Development of Engineering Model of Medium-sized Aperture Camera System, 4th International Symposium, IAA (2003)
2. 김도형, 양호순, 최영완, 김이을, 소형위성용 지구관측 광학카메라의 광학정렬, OSK 하계학술발표 논문집 (2003)