광학 탑재체 가상영상 생성기 개발

Development of an Optical Payload Virtual Image Generator

이종훈*, 이준호*, 김희섭**
*공주대학교, **항공우주연구원
cenesb@kongju.ac.kr

본 논문에서 개발된 시뮬레이터는 광학 탑재체의 성능예측에 있어 지배적인 영향을 미치는 MTF인자 및 PSF인자들을 수치해석프로그램인 MATLAB 상에서 계산하였다. 또한 광학해석 프로그램인 ZEMAX를 연동하여 광학계의 가공, 제조 그리고 정렬할 때 발생할 수 있는 오차들을 적용 수 있다. 이를 통하여 광학탑재체의 운용상 발생하는 Jitter, Smear, Detector sampling, Detector diffusion등의 MTF를 쉽게 구할 수 있으며 여기에 광학계 제조상의 문제를 직접 적용할 수 있다. 그 결과 이를 영상에 넣어 가상영상을 생성하여 광학 탑재체 성능 예측을 효율적으로 수행할 수 있게 되었다.

1. 서론

인공위성 광학 탑재체를 이용한 지표면의 고해상도 영상획득은 세계 각국에서 많은 노력과 투자를 하고 있다. 이러한 동향에 따라 고해상도 광학 탑재체의 성능을 높이기 위하여 기술적 연구와 개발에도 많은 노력이 이루어지고 있는데, 국내에서도 계속되는 다목적 실용위성 또는 과학기술위성 등의 광학 탑재체의 개발계획에 따라 노력하고 있다.

광학 탑재체는 태양 빛을 통해 지상의 물체에서 반사되는 에너지를 탐지하는 역할을 한다. 위성영상은 일차적으로 광학 탑재체에 의해 생성되므로 위성영상의 품질은 탑재체의 성능에 크게 의존한다. 위성영상의 품질을 높이기 위해서는 카메라 성능 인자를 고려하고 그에 따른 성능을 예측할 수 있어야한다. 이러한 이유로 인공위성의 성능을 통합적으로 예측할 수 있고 적용가능한 모델이 필요하다.

광학 탑재체의 성능은 인공위성의 운용상 발생되는 Detector Integration, Image Motion등의 MTF와 이보다 먼저 탑재체의 제조 및 가공 그리고 정렬 할 때 발생하는 오차에 따라 크게 좌우 된다.

본 논문은 다목적실용위성 3호의 지구관측 광학 탑재체를 묘사하여 가상의 지구관측영상을 생성하는 '가상영상생성기'를 개발하는 것이다. 이를 위하여 성능인자 중 MTF를 이용하여 인공위성 운용상 발생되는 인자들을 해석할 수 있는 해석모델을 구현하였고 또한 광학 탑재체 개발에 있어서 발생할 수 있는 오차(가공, 정렬)들을 적용할 수 있는 광학해석 프로그램인 ZEMAX를 연동하여 하나의 통합적인 툴로 개발하였다.

2. 관련이론

본 논문에서 사용되는 인자인 MTF는 기하광학적 MTF와 회절광학적 MTF로 구별된다. 먼저 기하광학적 MTF는 광선추적을 통해 점광원에대한 상면의 강도분포를 얻어 이를 푸리에 변환하여 OTF를 구하는 방법으로 이것은 빛의 회절효과가 고려되지 않았으므로 수차가 큰 광학계의 평가에 사용된다. 그리고 회절광학적 MTF는 회절이론을 이론을 이용하여 상면의 강도분포를 얻고 이를 푸리에 변환하여 OTF를 구하거나 동함수를 구한 후 이를 autocorrelation 시켜 OTF를 구하는 방법이다. 일반적으로 RMS Wavefront Error가 $\lambda/4$보다 작거나, RMS Spot Size가 회절반경보다 작은 경우에는 회절을 이용한 MTF가 더 정확하고 이것의 반대의 경우에는 기하광학적

MTF가 더 정확하다. 여기서 OTF는 광전달함수로 여기에 절대값을 취하면 MTF가 된다.

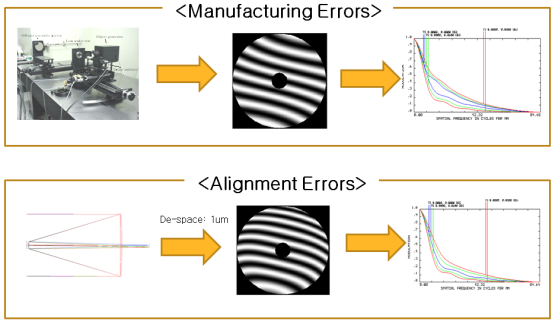

그림1 ZEMAX를 이용한 오차 반영

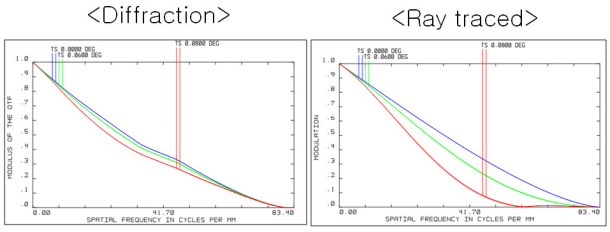

그림 2 회절광학적 MTF와 기하광학적 MTF

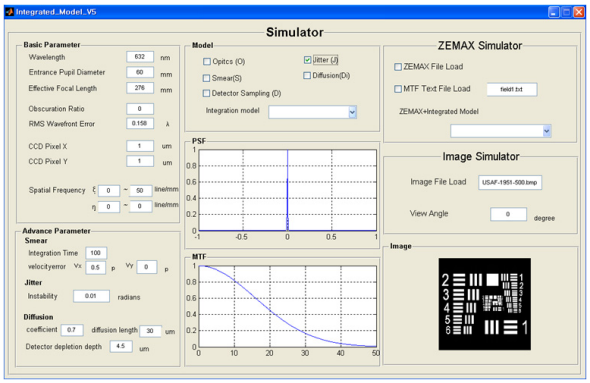

그림 3. 통합모델의 전체 화면

3. Simulator 개발

본 논문에서 제안한 시뮬레이터는 MATLAB 언어를 기본적으로 작성되었다.

통합모델의 구성은 1) 탑재체의 기본 파라미터 입력 2)고급 파라미터 입력 3) 모델을 선택으로 이루어진다. 여기서 회절한계(중앙차폐가 있을 경우와 없을 경우)와 Aberration의 MTF와 PSF는 광학계의 기본적인 파라미터의 입력만으로 구할 수 있으며, 다음의 Image motion(Jitter, Smear), Detector(Sampling, Diffusion)등의 인공위성에 고려할 수 있는 주요 인자들의 MTF와 PSF의 효과는 주요 파라미터를 입력하여 생성할 수 있다.

그리고 여기에 ZEMAX File Load를 클릭하면 설계된 파일을 넣을 수 있는 창이 뜨고 원하는 파일을 선택하면 설계된 광학계의 MTF가 적용된 영상이 생성되고 거기에 MTF ZEMAX Plot이 함께 나타난다. 생성된 Plot에서 MTF를 텍스트 파일로 저장하여 밑에 MTF Text File Load에 넣고 클릭을 하면 Simulator 내부에 PSF와 MTF 그리고 가상영상이 생성된다. 그리고 나서 밑의 스크롤바를 선택하면 운용상의 MTF와 설계파일의 MTF를 통합한 MTF와 PSF 그리고 그에 따른 가상영상을 확인 할 수 있다.

그 아래 Image Simulator는 image file을 넣으면 된다. 그리고 View Angle에는 위성과 지표사이의 각이다.

Ⅲ. 결론

본 논문은 광학 탑재체의 성능해석을 위해 인공위성의 주요인자들(Image motion, Detector Integration)의 MTF, PSF 모델을 MATLAB으로 계산하여 쉽게 나타낼 수 있는 툴을 개발 하였고, 거기에 광학해석프로그램인 ZEMAX를 통하여 광학계의 제조 및 가공 그리고 정렬상의 오차를 적용할 수 있다. 그리고 그에 따른 광학 탑재체 전체 MTF와 그에 따른 PSF 및 가상영상의 생성이 가능하다. 결과적으로 통합모델을 이용하여 초기 설계단계에서 주요 영향 요소를 도출하고, 지배적인 영향을 미치는 입력변수와 설계 요소들을 활용하여 광학 탑재체의 성능예측을 수행할 수 있게 되었다.

Acknowledgement

본 연구는 한국항공우주연구원의 다목적실용위성 3호 시스템종합개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. 임천석,조재홍,장수,고동섭, (2003), “현대광공학”,북스힐
2. Robert E. Introne,(2004), “Enhanced Spectral Modeling of Sparse Aperture Imaging System”,