

# 다목적 실용위성 3호 광학탑재체 묘사기 개발

## Development of an Optical Payload Simulator for KOMSAT-3

이중훈\*, 이준호\*, 김희섭\*\*

\*공주대학교, \*\*항공우주연구원

[cenesb@kongju.ac.kr](mailto:cenesb@kongju.ac.kr)

본 논문은 광학 탑재체에서 성능예측에 있어 주요 MTF인자를 MATLAB으로 계산하여 기본 광학계 성능 해석 모델을 통합적인 틀로 구현하였다. 그 결과 광학 탑재체 성능 해석에 있어 광학 탑재체의 초기 설계 단계에서 주요 설계인자를 도출하여, 인공위성 광학 탑재체에 있어 지배적인 영향을 미치는 Jitter, Smear, Detector sampling, Detector diffusion 등의 MTF인자 및 PSF인자들을 활용하여 광학 탑재체의 성능 예측을 수행함에 있어 간단하고 효율적인 틀을 개발하였다.

### 1. 서론

원격탐사는 실제 관찰하고자 하는 목적물에 접근하지 않고 멀리 떨어진 거리에서 측정된 물체로부터 정보를 추출해내는 기법이다. 이 경우에 있어 항공기나, 인공위성은 탑재된 관측기기를 사용하여 관찰되는 대상이 관측자와 직접적인 접근이 없이도 관찰대상에 대한 정보를 보다 신속하고 광역적으로 획득할 수 있으며, 이러한 자료를 활용, 분석하여 토지, 환경, 도시 및 자원에 대해 필요한 정보를 추출해 낼 수 있다. 1960년대 이전에는 항공사진이 원격탐사에 주로 사용되어 왔으나, 그 후에는 인공위성 영상이 나옴으로써 급격한 발전과 함께 위성영상이 원격탐사의 활동의 중요한 자료로 대두되었다. [1]

특히 고성능 관측위성 기술은 국방과 직결되고, 자국의 정보수집 능력의 우월성을 유지하기 위해 더욱 제한하고 있다. 현재 국내에서도 관측위성의 성능을 예측하고 향상시키기 위한 연구는 실행되고 있으며, 그 중 대표적인 위성이 다목적실용위성이다. 지구관측카메라가 관측하는 신호는 지상의 물체가 반사하는 태양 에너지를 측정하는 것으로, 지구관측카메라의 해석모델을 개발하기 위해서는 태양 → 대기 → 대상 → 대기 → 광학계 → 검출기 → 전자부 → 통신 → 신호처리의 단

계를 거치게 되어있으며, 이를 위한 각 단계의 모델 개발이 필요하다. 현재까지는 각 세부분야에 대해서만 해석이 이루어지고 있지만 이를 통합한 총괄적인 성능연구가 부족한 실정이다.

본 논문은 과학기술위성 3호의 지구관측카메라의 영상을 묘사할 수 있는 가상영상묘사기의 개발을 최종목표로 하고 있으며 현재는 그 중간단계로 MATLAB을 통하여 인공위성의 운용특징(Jitter, Diffusion 등)을 반영한 광학특성변수(MTF, PSF)를 계산하고 이를 이용하여 통합적으로 묘사할 수 있는 프로그램을 보고한다.

### 2. 결상이론 및 계산

광학계의 성능평가 방법은 광전달함수(OTF)를 계산하거나 측정하는 것이며 매우 종합적이며 효과적인 방법으로 인정되고 있다. OTF는 공간주파수 영역에서 광학계의 투과율을 나타내는 복소함수로써 복소수 극형식 표현에서 OTF의 절댓값은 MTF이며, 위상 항은 주기적인 물체함수의 위상변화를 나타내는 위상 전달 함수(PTF)가 된다. 광학계의 설계 자료로부터 OTF를 계산하는 방법은 기하광학적 방법과 회절광학적 방법으로 나눌 수 있다. 기하광학적 방법은 광선의 추적을 통하여 점광원에 대한 상면의 강도분포를 얻고 이를 Fourier 변환하여 OTF를 구하는 방법으로 빛의

회절효과가 고려되지 않으므로 수차가 큰 광학계의 평가에만 사용될 수 있다. 회절광학적인 방법은 회절이론을 사용하여 상면의 강도분포를 얻고 이를 Fourier 변환하여 OTF를 구하거나 동함수(pupil function)를 구한 후 이를 autocorrelation 시켜서 OTF를 구하는 방법이다. 본 논문에서 사용한 MTF의 계산은 광학계의 동에 의해 정의된 PSF는 다음과 같은 식으로 계산되며, 여기서  $u_o$ ,  $u_i$ 는 각각 물체와 상의위치이다.[3]

$$FT(u_i) = FT(PSF) \cdot FT(u_o) \text{ 는 } FT(PSF) = FT(u_i) / FT(u_o) \text{ 가 되고 결과적으로 } OTF = FT(FT(PSF)) \quad (1)$$

를 얻을 수 있으며, (1)식은 다시 다음과 같이 표현된다.

$$OTF = MTF \cdot e^{-iPTF} \quad (2)$$

$$MTF = \sqrt{Re(OTF)^2 + Im(OTF)^2} \quad (3)$$

$$PTF = \tan^{-1} \left[ \frac{Im(OTF)}{Re(OTF)} \right] \quad (4)$$

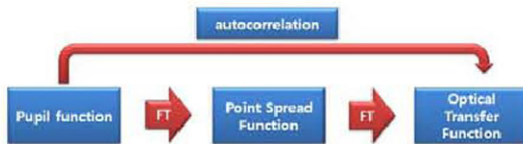


그림 1. 파동광학적 특성에 기인한 MTF계산

### 3. Simulator 개발

본 논문에서 제안한 MTF와 PSF 기본 모델을 구현하는 시뮬레이터는 MATLAB을 이용하였다.

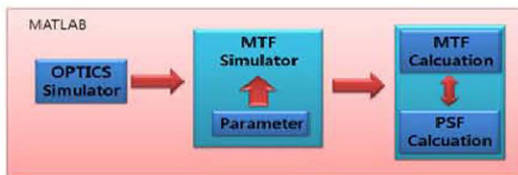


그림 2. Simulator의 개념

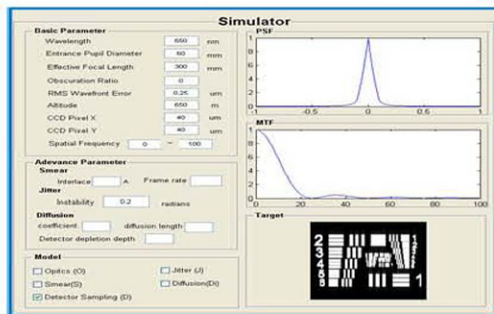


그림 3. 통합모델의 전체 화면

통합모델의 구성은 1) 탐재체의 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 광학 탐재체와 주요 인자들을 고려하여 광학 탐재체 전체의 MTF와 PSF를 구할 수 있다. 그리고 각 인자들의 MTF특성에 따른 MTF 타겟의 영상을 확인할 수 있다.

### 4. 결론

현재까지 국내에서의 광학 탐재체의 성능을 해석하는 것에 있어서는 전문적인 프로그램을 이용한 각 세부 분야에 대하여 상세해석 모델 및 결과분석이 이뤄지고 있지만 이를 통합한 총괄적인 성능해석 연구가 부족한 실정이다. 최근에 들어서야 개념 설계단계에서 광학 탐재체 성능을 개략적이고 빠르게 예측할 수 있는 단순화된 모델에 대한 연구가 이뤄지고 있다. 본 논문은 광학 탐재체의 성능해석을 위해 인공위성의 주요인자들(Image motion, Detector Integration)의 MTF, PSF 모델을 MATLAB으로 계산하여 쉽게 나타낼 수 있는 툴을 개발 하였고, 그에 따른 광학 탐재체 전체 MTF와 그에 따른 PSF를 얻을 수 있다. 결과적으로 통합모델을 이용하여 초기 설계단계에서 주요 영향 요소를 도출하고, 지배적인 영향을 미치는 입력변수와 설계 요소들을 활용하여 광학 탐재체의 성능예측을 수행할 수 있게 되었다.

### Acknowledgement

본 연구는 한국항공우주연구원의 다목적실용위성 3호 시스템종합개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. Rovert A. Schowengerdt,(2006), "REMOTE SENSING", Academic press, pp 1-44
2. Storey J. C, (2001), "Landsat 7 on-orbit modulation transfer function estimation" SPIE vol. 4540 pp.50-61
3. 임천석 외, (2007), "현대광공학", 북스힐, pp 391-434