

정지궤도복합위성 기상탑재체 영상의 복사 성능 품질 측정

진경욱*, 양군호**, 최재동***

Image Radiometric Quality Assessment of the Meteorological Payload on GEO-KOMPSAT-2A

Kyoung-Wook Jin*, Koon-Ho Yang**, Jae-Dong Choi***

Abstract

In this study, calibration processes and methods of evaluating the radiometric quality of satellite images from the meteorological payload on the GEO-KOMPSAT-2A were described. MTF(Modulation Transfer Function), SNR(Signal-To-Noise Ratio), NEdT(Noise Equivalent Delta Temperature), and Dynamic Range, which are the major parameters for assessment of data radiometric quality of space-borne visible and infrared sensors, are focused. Key process of the quality check of the satellite data is the comparing the image radiometric performance parameters during the In-Orbit Test with those acquired from the ground tests. Validation plan of the image quality of the GEO-KOMPSAT-2A Meteorological Imager is addressed based on the analyses results of COMS MI data during the COMS In-Orbit Test period

초 록

본 논문에서는 정지궤도복합위성 기상탑재체의 보정 과정 및 영상 복사성능 품질 측정 방법에 대한 사항들을 기술하였다. MTF(Modulation Transfer Function), SNR(Signal-To-Noise Ratio), NEdT(Noise Equivalent Delta Temperature) 및 Dynamic Range 등 위성용 가시광선 및 적외선 센서의 복사성능과 관련된 품질 측정을 위한 주요 파라미터들에 초점을 맞추었다. 지상시험과정에서 측정한 이들 파라미터들의 기준 값들을 발사 후 궤도상 시험기간에 측정한 값들을 비교 검토하는 작업이 영상품질 측정의 핵심적인 과정이다. 천리안위성의 궤도상 시험기간 동안 이루어진 기상탑재체의 영상 품질 분석 과정의 사례들을 바탕으로 마련된 정지궤도 복합위성의 기상탑재체 영상의 복사성능 검증 방법에 대한 논의도 기술하였다.

키워드 : 보정(calibration), 영상품질(image quality), 정지궤도복합위성(GEO-KOMPSAT-2A)

접수일(2013년 9월 9일), 수정일(1차 2013년 10월 16일), 게재 확정일(2013년 11월 1일)

* 정복위성체계팀/kwj@kari.re.kr

** 정복위성체계팀/khyang@kari.re.kr

*** 정복위성체계팀/jdchoi@kari.re.kr

1. 서 론

현재 개발 중인 정지궤도복합위성[1] 기상탐재체는 천리안위성 기상탐재체에 비해 현저하게 향상된 차세대 탐재체이다. 채널 수는 3배 이상(5개 채널 → 16개 채널)증가되며, 공간해상도는 2배(적외 채널: 4km → 2km)로 높아지며, 전구영상 촬영모드의 경우 3배 이상(30분 → 10분)의 향상된 시간해상도를 구현할 수 있다. 정지궤도복합위성 기상탐재체 자료는 천리안 기상자료의 연속성을 유지하며, 천리안위성의 임무를 승계하여 기상, 기후와 관련된 중요한 차세대 임무들을 수행할 예정이다[2].

기상임무를 수행하기 위한 탐재체의 성능 못지않게 중요한 사항은 자료의 정확한 보정작업이다. 탐재체 자료의 보정작업은 발사 전 보정작업(주로 탐재체 레벨에서 이루어짐)과 발사 후 시스템 레벨에서의 보정작업(발사 후 궤도상 시험 기간에 집중적으로 이루어짐)으로 나누어진다. 특히 시스템레벨에서의 위성자료 보정처리 과정에서의 영상자료의 품질 측정 작업은 고품질의 1차 위성자료(복사보정 및 기하보정이 완료된 자료)를 생산함으로써 정확한 2차 자료(다양한 지구물리 변수로 표현되는 자료)의 생산으로 이어져 여러 분야에 유용하게 활용되도록 하는 중요한 요소이다. 본 논문에서는 영상 자료의 품질 측정 요소 중에서 기하보정 이전의 위성자료 품질에 초점을 두었다.

2. 정지궤도 복합위성 기상탐재체

2.1 기상탐재체 임무 및 성능

정지궤도복합위성 기상탐재체의 주요 임무 및 기상탐재체 자료의 활용분야를 요약하면 다음과 같다.

- 천리안위성 기상임무의 연속성 확보
- 고품질 기상위성 관측 자료의 안정적 제공
- 실시간 자료 활용 및 예보 현업지원 강화
- 실황 예보지원 강화를 위한 관측주기 및 해상도 향상

- 위험기상(폭우, 폭설, 태풍 등) 조기탐지를 통한 기상재해 경감
- 적극적인 국가재난 안전관리 체계의 구축
- 장기간, 연속적 기상관측자료 (대기복사, 지면 식생정보, 해수면 온도 등) 확보를 통한 기후변화 감시

2.1.1 정지궤도 복합위성 기상탐재체

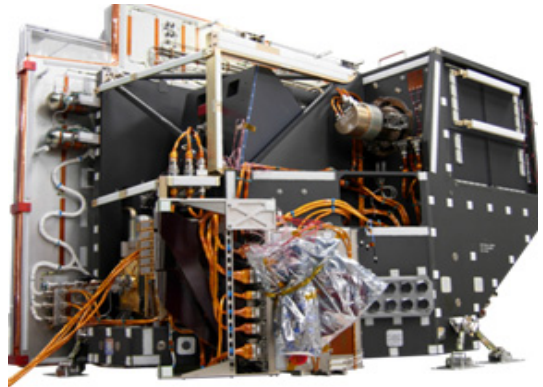


그림 1. GOES-R ABI PTM(프로토타입모델) 센서부
(www.goes-r.gov)

표 1. 정지궤도복합위성 기상탐재체 주요 성능 규격

구분	기상탐재체 규격
임무수명	10 years
채널 수	16채널
분광범위 (Spectral Range)	0.46 μ m - 13.3 μ m
공간분해능 (GSD)	VIS: 1km (Red채널: 0.5km) IR: 2km
Radiometric Accuracy	VIS \leq 5 % @100% 알베도 IR \leq 1K @300K
관측영역	전구관측: FD 북반구 관측: NH 북반구 확장: ENH 지역관측: LA (2,000 km x 2,000 km@Nadir)
관측주기	FD: 6회/1시간 NH, ENH: 12회/1시간
관측소요시간	FD \leq 10분 NH, ENH \leq 5분 LA \leq 2분

정지궤도복합위성 기상탑재체 AMI(Advanced Meteorological Imager)의 주요 성능은 표 1에 요약되어 있다. AMI는 GOES-R(2015년 말 발사 예정)에 탑재될 ABI(Advanced Baseline Imager)(그림 1) 및 Himawari-8(2014년 발사 예정)에 탑재되어 발사될 AHI(Advanced Himawari Imager)와 거의 동일한 탑재체로 그동안 운영되어 왔거나 현재 운영 중인 GOES 씨리즈의 기상탑재체와는 그 기능과 성능 면에서 현저하게 향상된 차세대 고성능 탑재체이다.

2.1.2 천리안기상탑재체와의 비교

천리안위성 기상탑재체와의 비교는 표 2에 나타나 있다. 이를 보면 채널 수(5개 -> 16개)와 공간 해상도(적외채널: 4km -> 2km), 시간 해상도(전구영상: 30분 -> 10분) 및 운영 수명 면에서 현저한 차이를 확인할 수 있다. 특히 AMI 탑재체는 RGB 채널 합성을 통한 컬러 영상을 얻을 수 있어 가시채널의 활용도 면에서도 상당한 효과를 나타낼 것으로 기대된다.

표 2. 천리안 기상탑재체와 정지궤도복합위성 기상탑재체의 성능 비교

	천리안 기상탑재체	정지궤도복합 위성기상탑재체
수명	7년	10년
채널수	5개	16개
컬러합성 여부	없음	있음
관측주기 (FD관측)	1회/3시간	6회/1시간
관측 소요시간 (FD관측)	30분 이내	10분 이내
공간해상도	가시채널:1km 적외채널:4km	가시채널:1km (0.6 μ m:0.5km) 적외채널:2km

2.2 탑재체 자료의 보정

탑재체 자료의 보정 과정은 보정이 이루어지는 단계에 따라 발사 전 보정과 발사 후 보정으로 나눌 수 있다. 발사 전의 주요 보정작업은 탑재체 수준에서 이루어진다. 일반적으로 NIST 측정치와 비교 검증하여 NIST Traceability를 획득하도록 한다. 지상 보정과정의 여러 시험과정에서 획득하는 보정 파라미터들은 위성체와 탑재체를 조립한 뒤 시스템 수준에서의 영상 품질 검증 및 발사 후 보정과정에서 기준 값으로 활용된다. 영상의 실질적인 품질은 발사 후 궤도상 시험 기간에 이루어지는 검보정 작업에서 확인된다. 영상의 품질을 결정하는 주요 보정 작업은 크게 복사 보정과 기하 보정 (혹은 INR)이 있다.

복사보정이란 위성센서가 측정하여 지상으로 보내오는 전기적 신호를 에러를 제거한 정확한 지구복사에너지 값으로 바꾸어 주는 일련의 과정을 말하며, 복사보정을 거친 데이터를 Level1A (혹은 Level 1R)데이터라 부른다. 기하보정은 우주에서 위성센서가 관측한 영상을 이 영상이 지구 좌표계에서 가지는 정확한 위치 (위, 경도)로 바꾸어 주는 일련의 과정을 말한다. 위성의 궤도나 자세 등의 변화로 야기되는 여러 에러들을 제거하는 과정이 포함된다. 기하보정은 크게 두 부분으로 나누어지는데 첫째는 영상 내의 각 픽셀의 정확한 위치를 결정짓는 작업 (navigation)과 둘째로 이 결정된 위치가 영상 내의 다른 픽셀들과 이루는 상대적인 위치를 일정하게 유지시키며 또 시간에 따라 촬영되는 연속적인 영상들에서 지정된 픽셀의 위치가 계속 일정하게 유지되도록 해주는 작업(registration)이다. 기하보정을 거친 데이터를 흔히 Level1B(혹은 Level 1G) 데이터라 부른다. 기하보정 과정이 최종적으로 위성영상의 위치와 관련된 품질을 결정하는 중요한 요소이지만 본 논문에서는 복사보정을 거친 Level 1A 데이터의 품질 측정으로 한정하였다.

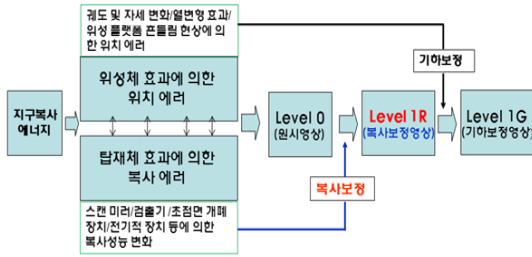


그림 2. 탐재체 자료의 보정 과정 흐름도

그림 2에 두 개의 중요 보정과정(복사보정 및 기하보정)의 흐름도가 표시되어 있다. 복사보정을 거친 영상은 그림 3와 같이 줄무늬 등 복사성능과 관련된 에러 등이 제거 되고, 정확한 복사량 (Radiance) 값 혹은 반사도(Albedo)값을 가진 영상으로 표현된다. 기하보정을 거친 영상 자료는 그림 4와 같이 영상의 각 픽셀에 대한 지구 지표면 상의 정확한 위/경도 값이 표시된다.

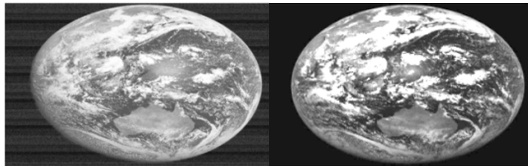


그림 3. 복사 보정 처리 전/후의 천리안 기상탐재체 영상 비교 (좌: 보정 전, 우: 보정 후)

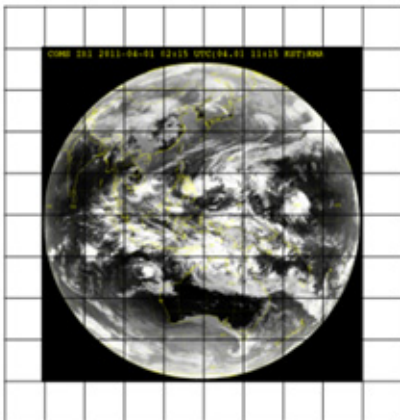


그림 4. 기하 보정(INR) 처리 후의 천리안 기상탐재체 영상

2.3 탐재체 영상자료의 품질 측정

복사 보정을 거친 탐재체 자료의 품질을 정량적으로 분석하고 모니터링하기 위한 품질 측정을 위한 파라미터들로 SNR/NEdT 및 MTF 등이 있다.

2.3.1 SNR/NEdT 측정

신호대 잡음비 (SNR)는 배경 노이즈 성분에 대한 의미있는 신호 값의 비율을 나타낸다.

$$SNR = P_{\text{signal}} / P_{\text{noise}} \quad (1)$$

여기서,

P_{signal} = 신호 파워(power) 값

P_{noise} = 노이즈 값

영상 처리의 경우 신호대 잡음비는 영상 내 픽셀의 표준편차(노이즈 성분)와 평균값(신호 성분)의 비로 구할 수 있다. 일반적으로 의미 있는 신호 값은 ROI (Region of Interest)내에서의 평균 값을 구하고, 노이즈 성분의 경우 균질한 (homogeneous) 배경이 필요하므로 이미지 바깥 지역 (기상탐재체의 경우 심우주관측 값)에서 표준편차 값을 구한다. SNR값을 측정하는 두 기준점은 각각 5% 알베도 (Dark Image에서 측정) 및 100% 알베도 (Brightest Image에서 측정)이다.

적외채널의 경우 가시광선 채널의 SNR측정 대신 센서의 노이즈 성분에 초점을 두어 노이즈 상응 온도 값으로 불리는 NEdT값을 측정하게 된다. NEdT값을 측정하는 두 기준 값은 각각 Cold End에 해당하는 220K(Dark Noise값) 과 Warm End에 해당하는 300K(흑체 복사 온도 값)에서 측정한다.

2.3.2 MTF 측정

MTF란 원본이 가지는 100% 콘트라스트에 대해 투사된 결과물(투사본)이 가지는 콘트라스트의 정도 혹은 렌즈를 통해 투사된 해상력 차트가 본래의 해상력 차트와 비교해서 본래의 원본을 얼마나 재현해 냈는가를 %로 표현한 것으로 정

의할 수 있다. MTF의 요구 조건은 일반적으로 Nyquist 주파수에서 정의된다. Nyquist 주파수란 sampling rate의 반에 해당하는 주파수로 이 주파수 대를 넘으면 샘플 시그널을 통한 영상의 주파수 성분을 정확하게 표현할 수 없게 된다(즉 aliasing을 유발함). 예를 들어 천리안 기상탐재체의 가시채널(픽셀 크기:28 μ rad)의 Nyquist 주파수는 Nyquist 주파수의 정의에 따라 17857 cycles/rad (=0.5 x 1/ (28 x 10⁻⁶ rad))가 되며, 천리안 해양탐재체의 경우

GOCI Detector 크기가 E/W=14.81 μ m , N/S=11.53 μ m 이므로 Nyquist 주파수는 동서방향으로 33.6 mm⁻¹ , 남북방향으로 43.4 mm⁻¹ 이다.

천리안 기상탐재체의 MTF측정에는 달영상이 이용되었다. 달영상을 이용한 MTF 측정의 예를 들면 다음과 같다.

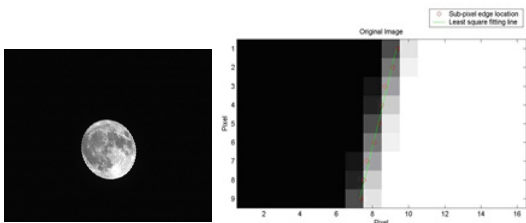


그림 5. MTF 측정을 위해 획득한 달 영상 (2012.2.18) 및 Contrast가 효과적으로 나타나는 Edge부근을 확대한 그림

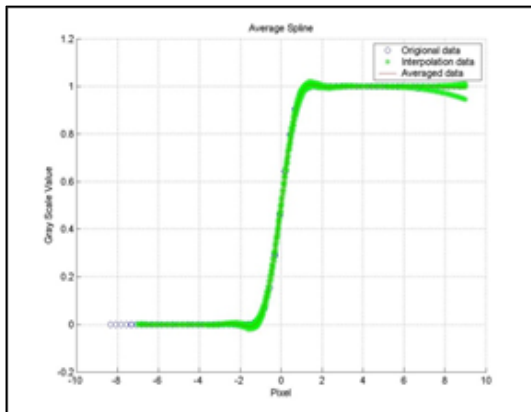


그림 6. Edge Spread Function

그림 5의 오른쪽 그림에서 열방향에 대해 Deep Space 부분의 검은 색 부분은 0, 달을 촬영한 영상 부분을 1로 하여 Edge를 사이에 두고 명암의 대비를 수치적으로 나타낸 그림이 ESF(Edge Spread Function)이다. 완전하게 수직인 Edge에 비해 그림과 같이 약간 기운 형태(대략 5 ~15°)의 Edge의 경우 각각의 행에 해당하는 픽셀에 대해 ESF를 그려보면 같은 위치가 아닌 약간씩 옮겨진 ESF를 얻을 수 있어 보다 효과적이다. 각 라인별 Edge의 위치는 Cubic Polynomial(예상되는 Edge position주위의 네 개의 픽셀을 이용)을 이용한다. 그림 6의 ESF는 그림 5의 Edge 위치에서 측정된 ESF를 내삽한 데이터를 이용하여 구한 값이다. 하지만 그림 5의 Edge는 각 행과 Edge 라인이 수직이 아니므로 이를 보정해 줄 필요가 있다 (기운 각도의 코사인 값을 취함). 이렇게 보정한 ESF를 각 점에서 미분을 취해서 얻은 그래프가 그림 7의 LSF(Line Spread Function)이다. 그리고 이 LSF를 푸리에 변환(이산 푸리에 변환(Discrete Fourier Transform)형태인 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform)을 취하여 얻은 값이 MTF그래프(그림 8)이다.

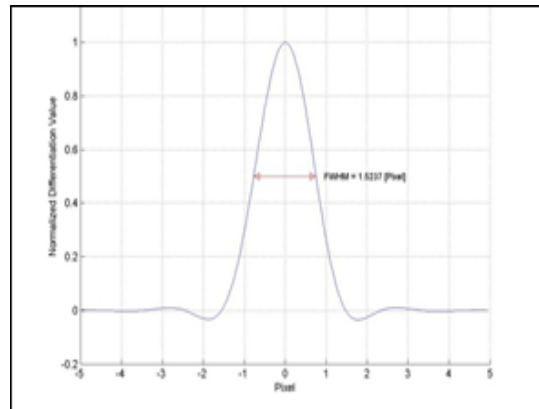


그림 7. Line(point) Spread Function

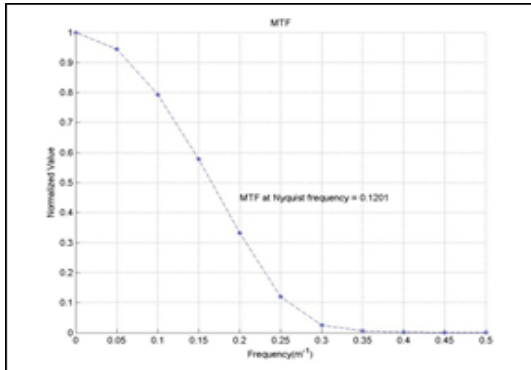


그림 8. MTF 그래프

2.4 천리안 위성 기상탐재체 영상품질 측정

천리안위성(2010년 6월 ~) 기상탐재체의 복사 성능과 관련된 영상품질 측정[3,4]이 궤도상 시험 기간 동안(발사 후 약 7개월) 이루어 졌다. 그림 9는 MTF측정을 위해 촬영한 달영상(가시채널)을 보여 준다. 이 영상을 토대로 2.2에서 설명된 방법에 따라 측정된 MTF값(그림 10의 오른쪽 그림)은 요구조건을 만족하는 결과를 보였다.



그림 9. 천리안 기상탐재체 가시채널 MTF 측정을 위해 획득한 달 영상

(좌: Side1, 2010.7.28, 우: Side 2, 2010.7.16)

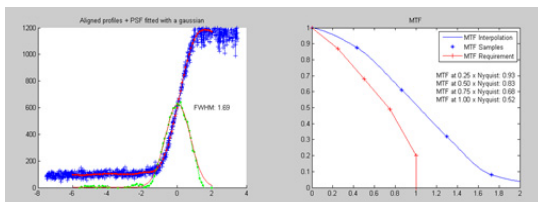


그림 10. 천리안 기상탐재체 가시채널의 궤도상 MTF(2010.7.28).

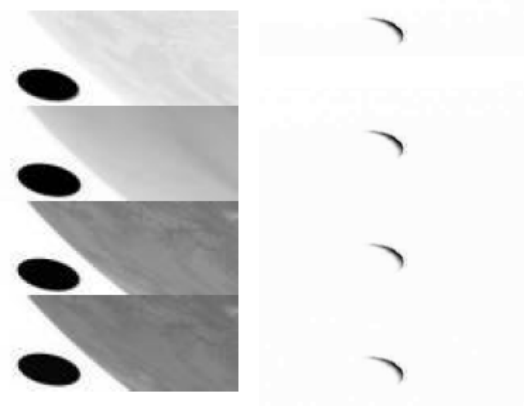


그림 11. 천리안 기상탐재체 적외채널 MTF 측정을 위해 획득한 달 영상

(좌: Side1, 2010.8.25, 우: Side 2, 2010.8.13).

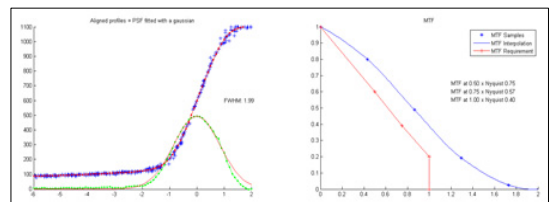


그림 12. 천리안 기상탐재체 적외채널의 궤도상 MTF

그림 11은 천리안 기상탐재체 4개의 적외 채널로 촬영한 달영상을 보여준다. 이를 이용하여 측정된 MTF 값도 요구조건을 넘는 값을 보여 주었다(그림 12). 궤도상 시험기간 동안 기상탐재체 가시채널의 SNR값의 측정을 위해 사용된 계산식은 아래 식 (2)와 같다. 천리안 기상탐재체의 경우 100% 알베도 값을 보여주는 온보드 타겟이 없으므로 심우주의 관측치에 상응하는 5% 알베도 값에 해당하는 복사량과 이에 대한 노이즈 성분의 비를 통해 SNR값을 측정하였다. 노이즈 성분은 지상에서 측정된 값과 궤도상에서 측정된 두 가지 성분의 합으로 표현된다. (즉 두 성분이 독립적이라는 가정). 식(3)와 같이 궤도상에서의 노이즈 성분은 심우주 관측 값의 표준편차에 의해 표현된다. 표 3에는 2010년 7월 12일치 자료를 이용하여 구한 궤도상 SNR값이 나타나 있

다. 요구조건인 10에 비해 2배 이상의 SNR성능을 보여 준다.

$$SNR_{5\%} = \frac{L_{5\%}}{\sqrt{A_{in_orbit} + B_{on_ground} \times L_{5\%}}} \quad (2)$$

$$A_{in_orbit} = (m \times \sigma_C)^2 \quad (3)$$

여기에서,

L=입력 복사량

A, B= 각각 궤도상 및 지상측정 잡음 매개변수값, B는 광자에 의한 잡음 (photonic noise)과 관련되어 있음.

m=기울기 값($wm^{-2}.sr^{-1}.micron^{-1}.count^{-1}$)

σ_C =심우주 관측 카운트 값의 표준편차

표 3. 천리안 기상탐재체 가시채널의 궤도상 SNR @5% 알베도 (2010.7.12 Side 1).

L	A	B	SNR(5%) In Orbit	Ground	Spec
23.92	7.52E-01	9.46E-04	27.18	24	10
23.92	8.05E-01	9.62E-04	26.29	24	10
23.92	8.17E-01	6.90E-04	26.20	23	10
23.92	7.65E-01	7.67E-04	27.03	24	10
23.92	8.75E-01	9.48E-04	25.25	23	10
23.92	7.61E-01	8.15E-04	27.08	23	10
23.92	8.25E-01	8.97E-04	26.00	23	10
23.92	8.03E-01	1.25E-03	26.21	24	10
AVG			26.40	23.5	10

가시채널과 마찬가지로 천리안 기상탐재체 적외채널의 랜덤 노이즈를 나타내는 NEdT값을 측정하였다. 우선 적외채널의 복사량 값을 휘도온도(brightness temperature)값으로 변환하는 과정은 식(4)의 플랑크 복사 방정식을 통해 구할 수 있다. 이 때 역변환에 의해 변환된 흑체 상온 온도는 실제 흑체가 가지는 온도값으로 정확하게 보정해 주어야 한다. 이는 식

(5)의 관련 식을 통해 변환된다. 식(6)에 나타난 것처럼 220K의 휘도 온도 기준 값에 대한 차이가 곧 노이즈 성분이 된다. 이 때 220K는 심우주 관측에 상응하는 절대 온도 값으로 가정한다. NEdT값은 휘도 온도의 두 극값 (저온:220K, 고온: 300K)에서 각각 측정된다. 300K는 흑체의 온도 값에 대응한다. 이렇게 구한 NEdT값은 실제 센서의 각 채널별 범 폭에 대한 표준화(normalization)가 필요하다. 예를 들어 단파 적외 채널 검출기 A의 경우 동서 및 남북방향의 IFOV는 각각 102.8 μ rad 및 90.9 μ rad로 이상적인 동서 및 남북방향에 대한 검출기 크기인 112 μ rad에 대해 표준화를 해준다.(식 (7)).

$$T^* = \frac{10^6 hc}{\ln \left[\frac{2 \cdot 10^{24} hc^2}{R \lambda_c^5} + 1 \right] \lambda_c k} \quad (4)$$

$$T = A + BT^* \quad (5)$$

여기에서,

T*=Inversion 온도 값

T= 실제 흑체 온도

$$T = 220 + NEdT_{220} \quad (6)$$

$$\sqrt{\frac{IFOV(EW) \times IFOV(NS)}{112^2}} \quad (7)$$

이와 같이 측정된 천리안 기상탐재체 적외채널의 NEdT값은 요구조건에 비해 2배 이하의 낮은 값을 보였다(표 4).

표 4. 천리안 기상탐재체 적외체널의 궤도상 NEdT @220K (2010.8.16 Side 1, Patch Low).

	A	B	(T+dT)*	T+dT	NEdT	Normal ized NEdT	Spec.
SWIR A	-2.34	1.0031	224.89	223.25	3.25	2.80	5.70
SWIR B	-2.34	1.0031	224.37	222.72	2.72	2.33	5.70
WV A	-0.42	1.0010	220.60	220.40	0.40	0.40	0.86
WV B	-0.42	1.0010	220.58	220.37	0.37	0.37	0.86
WIN1 A	-0.32	1.0011	220.21	220.14	0.14	0.13	0.40
WIN1 B	-0.32	1.0011	220.22	220.14	0.14	0.14	0.40
WIN2 A	-0.20	1.0007	220.28	220.24	0.24	0.23	0.48
WIN2 B	-0.20	1.0008	220.28	220.25	0.25	0.25	0.48

접적인 보정 방법이 쓰였다. 정지궤도복합위성의 경우 그림 14과 같이 온보드 보정타겟들이 장착되어 직접적인 탐재체의 보정이 궤도상에서 이루어 질 예정이다.

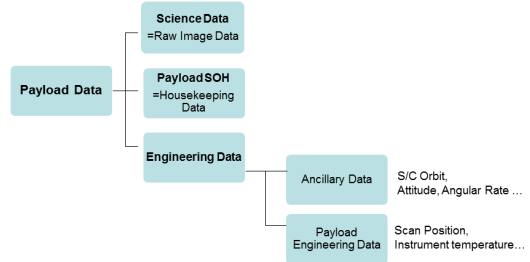


그림 13. 정지궤도 복합위성의 탐재체 데이터 분류표

3. 정지궤도복합위성 기상탐재체의 복사 성능 품질 측정 계획

3.1 궤도상 영상의 품질 측정을 위한 주요 파라미터

정지궤도복합위성 탐재체 자료는 그림 13와 같이 분류된다. 탐재체 자료는 크게 원시영상자료에 해당하는 Science data, 탐재체의 상태를 모니터링하기 위한 Payload SOH 그리고 영상자료 처리에 이용되는 보조적인 자료인 Engineering data로 나뉜다.

이들 자료 중 위성의 발사 후 Science data의 분석을 통해 궤도상 영상품질 측정을 위한 주요 파라미터는 표 5와 같이 분류된다. 이 표에서는 기하보정에 대한 품질 측정은 포함되지 않았다. 파라미터의 성격 상 네 가지(공간, 복사, 보정 및 운영 성능)성능파라미터들로 구분하였다. MTF의 경우 탐재체 수준에서의 측정하는 MTF (탐재체의 광학계, 검출기 및 스캔운동 및 안정성과 주로 관련됨)이외에 시스템 수준의 MTF인 위성체 버스의 Drift 및 Jitter에 의한 영향 그리고 지상 영상처리과정에서의 효과(re-sampling 및 convolution)등이 고려되어야 한다. 천리안 기상탐재체 가시 채널의 경우 궤도상에서 온보드 보정을 위한 보정 타겟이 장착되어 있지 않아 보조적인 알베도 모니터 및 달영상 촬영을 통한 간

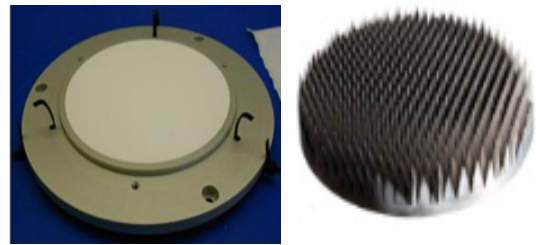


그림 14. 탐재체에 장착되는 가시채널 및 적외선 채널의 보정 타겟의 예 (좌: 태양광선 확산기 우: 흑체 복사체)

표 5. 정지궤도복합위성 기상탐재체 궤도상 품질측정을 위한 주요 파라미터

SP	SSD		MTF		
RP	SNR/ NEdT	Dynamic Range	Linearity	Radiometric Stability	
CP	Absolute Calibration Accuracy		Relative Calibration Accuracy		
OP	D u t y Cycle	Observat ion Area	Observati on Time	Swath-to -Swath Overlap	Missing Pixels

여기서,

- SP: Spatial Performance (공간 성능)
- RP: Radiometric Performance (복사 성능)
- CP: Calibration Performance (보정 성능)
- OP: Operation Performance (운영 성능)

3.2 기상탐재체 궤도상 영상 품질 측정

3.2.1 다이내믹 레인지

$$DR=CR \cdot M+CR^2 \cdot Q \quad (8)$$

여기서,

- CR=카운트 레인지
- M=Gain 값
- Q=Offset 카운트 값

다이내믹 레인지의 경우 위의 식을 통해 측정이 가능하다. Q값은 지상시험과정에서 얻어 지며 M값은 궤도상에서 측정된다.

3.2.2 SNR/NEdT

2장에서 설명된 원리대로 정지궤도 복합위성 기상탐재체 가시채널 및 적외채널의 신호대 잡음비 및 탐재체 노이즈 성분은 아래 관계식으로 측정이 가능하다.

$$SNR=(\mu/\sigma)_{VNIR} \quad (9)$$

$$NEdT=(\sigma/\mu)_{IR} \quad (10)$$

여기서,

- μ =평균 값
- σ =표준편차 값
- VNIR=가시 및 근적외 채널
- IR= 적외채널

보정 타겟은 그림 14에 나타난 태양광 확산기 및 흑체 복사체가 가시채널과 적외 채널에 각각 이용된다.

3.2.3 MTF

천리안 기상탐재체의 경우 궤도상 MTF측정은 달 영상을 이용하여 이루어졌다. 정지궤도 복합위성 기상탐재체는 현저하게 향상된 고성능 탐재체로 지상에서 정밀하게 측정된 MTF값을 궤도상에서 관측한

영상을 통해 충분한 측정 정확도를 가지고 검증하기 어려운 점이 있다. 따라서 지상에서 측정된 MTF값을 기준으로 이 값의 경향을 분석하여 MTF값의 변화 여부를 상대적으로 모니터링하는 방법이 쓰일 예정이다. 이와 병행하여 보조적인 방법으로 지구관측 영상 혹은 달촬영 영상을 이용하여 MTF값을 측정할 수도 있다. 참고문헌 [5]를 바탕으로 그림 15에서와 같이 실험적으로 흑/백의 대비가 뚜렷한 Edge Target을 이용하여 천리안의 달영상을 이용한 MTF측정과 마찬가지로 MTF를 계산할 수 있음을 알 수 있다. (그림 16 ~그림 18).

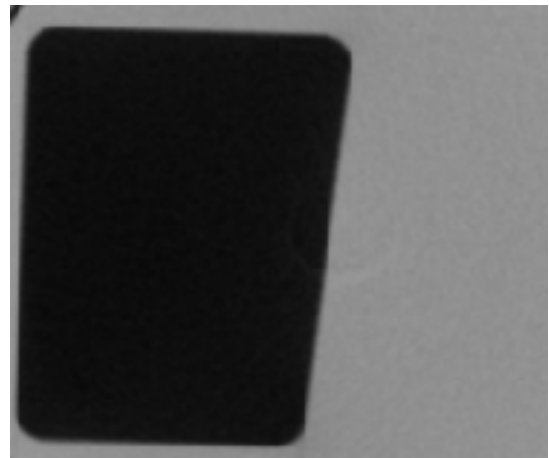


그림 15. MTF 측정 시뮬레이션을 위한 Edge Target

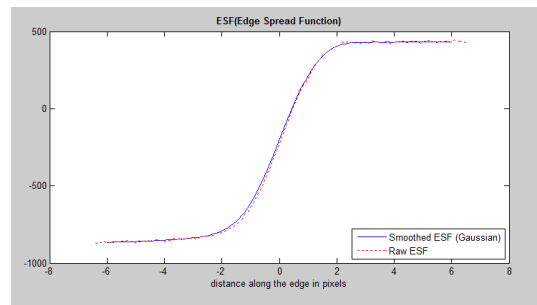


그림 16. 그림 15의 Edge Target에 대해 측정한 ESF

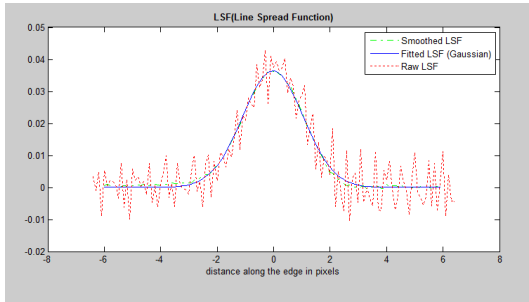


그림 17. 그림 15의 Edge Target의 ESF로 구한 LSF

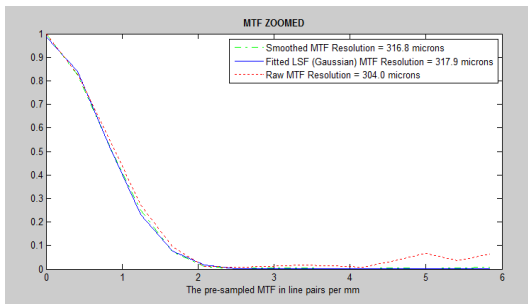


그림 18. 그림 17의 LSF의 Fourier 변환을 통해 얻은 MTF.

4. 결 론

정지궤도위성용 기상탑재체의 복사보정과정을 통해 생산된 영상 자료의 품질 측정을 위해 이용되는 핵심적인 파라미터들에는 MTF와 SNR/NEdT 등이 있다. 천리안 기상탑재체 궤도상 시험 기간 동안에 이루어진 분석방법들을 토대로 현재 개발 중인 정지궤도복합위성 기상탑재체의 영상품질 측정을 위한 방법들을 요약 기술하였다.

참 고 문 헌

1. Park, B-K. et al., "GEO-KOMPSAT-2 Mission and its Applications", 2012 EUMESAT Meteorological Satellite Conference, 3-7 Sept 2012, Sopot, Poland
2. Jin, K-W. et al, "GEO-KOMPSAT-2 Mission's Scientific Objectives and Requirements", 2012 ISRS (International Symposium On Remote Sensing) Conference, 10-12 Oct 2012, Incheon, Korea.
3. Jin, K-W., and Seo, S-B., 2011. "In Orbit Radiometric Calibration Tests of COMS MI Infrared Channels". Korean Journal of Remote Sensing, 27 (3): 369-377.
4. Duquesne, J-L., C. Ledez, 2011. COMS Meteo-Imager In-Orbit Test Report, EADS Astrium.
5. Samei, E., Flynn, M.J., and Reimann, D.A., "A method for measuring the presampled MTF of digital radiographic systems using an edge test device", Med. Phys. 25(1), Jan 1998, pp. 102-112.