

다목적실용위성 3호 Overlap 영역의 특성분석

서두천*, 김희섭**

Characterizing Overlap Area of KOMPSAT-3

Doo-Chun Seo*, Hee-Seob Kim**

Abstract

The KOREA Multi-Purpose Satellite-3 (KOMPSAT-3) provides 0.7 m Ground Sample Distance (GSD) panchromatic image and 2.8 m GSD multi-spectral image data for various applications. The KOMPSAT-3 system data will be applied in the field of earth observations, covering land, sea, coastal zones, and Geographic Information Systems (GIS).

In order to keep the swath width of 15km at nadir view of KOMPSAT-3, CCD consist of approximately 24,020 pixels excluding 20 dark pixels at both sides and has overlap region. Because there are no CCD-line sensors with a pixel size of 7 μ m, the field of view is separated into 2 parts and imaged on 2 detectors, each with 12,080 pixels. Therefore, 2 detectors have different geometric characteristic. This paper provides image simulation for geometric characteristics analysis of overlapping area of KOMPSAT-3 using KOMPSAT-2 image data.

초 록

다목적실용위성 3호는 고해상도 0.7m 흑백영상을 촬영할 수 있는 PAN 카메라와 2.8m 다중과장대의 칼라 영상을 수집할 수 있는 멀티스펙터럴 카메라를 탑재하고 있다. 이를 통하여 취득한 위성영상은 국토관리, 농업, 환경, 해양감시 및 GIS등의 광범위한 분야에 활용될 예정이다. 다목적실용위성3호의 15km의 관측폭을 가지는 영상을 생성하기 위해, 각 detector의 양 끝단의 20 pixel을 제외하고 24,020 픽셀로 구성된다. 이러한 크기의 CCD를 하나의 CCD로 구성하는 것은 매우 어렵기 때문에 다목적실용위성 3호는 12,080 픽셀로 구성된 두 detector로 구성되며, 따라서 두 detector의 기하학적 특성이 각기 다른 특징을 가지게 된다. 본 연구에서는 다목적실용위성3호의 한 밴드내의 기하학적 특성을 분석하기 위한 시뮬레이션 영상의 생성과정을 서술하고자 한다.

키워드 : KOMPSAT-3, 중복지역(Overlap Area), 시뮬레이션(Simulation)

1. 서 론

2012년 발사에 목표로 개발 중인 다목적실용 위성 3호는 지상해상도가 2.2m인 다중과장대 영

접수일(2011년 8월 28일), 수정일(1차 : 2011년 10월 14일, 게재 확정일 : 2011년 10월 21일)

* 영상검보정기술팀/dcivil@kari.re.kr

** 다목적실용위성3호체계팀/askhs@kari.re.kr

상과 0.7m의 흑백영상을 취득할 수 있는 AEISS 센서를 가지고 있다. 또한 인공위성자료로부터 지상의 3차원 좌표를 해석하고, 위성을 제어하기 위하여 2개의 별관측 센서와 1개의 Gyro 센서를 가지고 있다.

미국과 캐나다를 위시한 북미 지역의 GIS 관련 시장전망 보고서에 따르면 인공위성, 항공사진, S/W, H/W 부문에서 2010년까지 약 매년 9%씩 성장하여 약 60억 달러에 달할 것으로 전망하고 있으며, 특히 고해상도의 영상자료를 활용한 지도제작, 환경모니터링, 자원모니터링 분야 위주로 발전할 것으로 예상되고 있다.

이러한 시장 변화에 근거하여 1999년 후반부터 공간해상도가 1m인 IKONOS 위성, 2001년 후반에는 약 60cm정도의 해상도를 갖는 QuickBird 위성이 성공적으로 임무를 수행하고 있으며, 2000년도에는 Worldview, GeoEye와 같은 고해상 위성영상의 상용화 위성이 지속적으로 개발되어 이러한 시장수요를 충족시키고 있다.

따라서 다목적실용위성 3호로부터 취득한 0.7m의 고해상도 영상자료가 이러한 시장의 요구사항을 충족시키고, 사용자 만족도 확보 및 시장성 확대를 위해서는 고해상도 위성자료를 이용한 중, 대축적의 지도제작에 부합되는 영상품질이 확보되어야 한다.

다목적실용위성 3호의 AEISS는 다목적실용위성 2호와 달리 시선각(LOS, Line Of Sight)이 다른 두 개의 detector로 구성되어 있으므로, 두 detector로부터 수집된 영상을 이용하여 하나의 영상을 생성한다. 즉 물리적 각기 다른 두 detector로부터 하나의 영상을 생성하기 때문에 지상에 따른 영상 기복변화 특성, 위성 자세특성 및 위치, 속도 특성이 각 detector에 독립적으로 영향을 주게 되고, 이러한 결과는 영상의 기하학적인 오차 특성이 완전히 다른 형태로 나타나게 된다.

본 연구는 이러한 기하학적 오차특성을 사전에 분석하여, 영상 보정의 기본 수행방향을 설정하기 위해 다목적실용위성 2호 영상자료를 활용하여 이러한 특성을 살펴보고자 한다.

2. 가상영상생성을 위한 자료처리

다목적실용위성 3호의 각기 다른 두 detector의 기하학적 특성을 분석하기 위하여, 사용된 영상자료로 다목적실용위성 2호 영상자료를 사용하였다. 영상의 기하학적 특성에 영향을 주는 요소로는 크게 우주환경에서 위성을 제어하는 위성 자세제어 시스템, 위성 위치시스템 및 탑재체 시스템에 의해서 결정되는 요소와, 영상이 촬영되는 지상환경에 따라 달라진다. 기본적으로 다목적실용위성 2호와 3호는 기본적으로 위성 자세제어시스템, 위치시스템은 거의 동일한 구조계를 지니고 있으며, 또한 탑재체 시스템의 영상취득 개념은 거의 동일한 형태로 구성되어 있으나, 탑재체의 영상취득 기하학적 구조가 다목적실용위성 3호와 2호가 다르다. 즉 다목적실용위성 2호는 bi-focal system 구성되어 있으나, 다목적실용위성 3호는 하나의 focal system으로 구성되어 있는 unit-focal system으로 구성되어 있다. 따라서 다목적실용위성 3호의 다중과장대 영상(MS)과 흑백(PAN)과장대는 동일한 초점거리를 가지고 있으며, 두 과장대의 해상도는 CCD의 크기를 조정하여 해상도를 조절하는 형태이다. 지상환경에서, 기하학적 특성에 영향을 주는 요소는 위성의 경사촬영각에 따른 지표면 높이 차이에 의한 기복변화 특성이다. 이러한 기복변화특성은 다목적실용위성 2호와 유사한 형태로 발생된다.

2.1 사용데이터

다목적실용위성 3호의 두 detector에 따른 기하학적 특성분석을 위한 가상영상 생성은 다목적실용위성 2호 영상자료를 이용하여 1차적인 분석을 수행하고자 한다.

사용된 다목적실용위성 2호 데이터는 공간해상도가 1m 및 4m의 자료로 2010년 9월 12일 몽골 울란바트르 지역을 촬영한 영상자료이다.

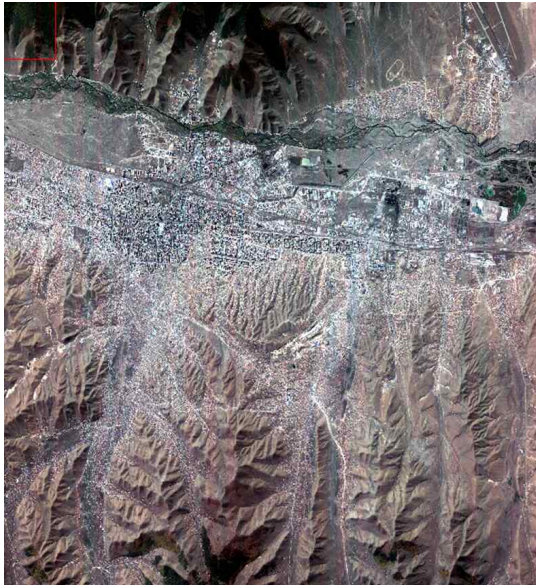


그림 1. 사용된 다목적실용위성 2호 영상

다목적실용위성 3호의 영상특성을 묘사하기 위해서는 사용된 다목적실용위성 2호의 특성을 잘 분석하여 사용하여야 한다. 현재 다목적실용위성 2호 영상자료의 배포는 일반적으로 Level 1R과 Level 1G 형태로 이루어진다.

표 1. 영상 촬영정보

Satellite NO.	KOMPSAT-2
Instrument ID	MSC
Spectral mode	PAN, MS
KGRS	0949 1359
Date of acquisition	2010. 09. 12
Preprocessing level	Level 0
Scene center (Lat.,Log.)	47.92955648°, 106.84660454°
Tilt angle (roll, pitch)	28.923°, 0.768°
Satellite attitude	699,617.080 m

이 두 처리단계는 radiometric, spatial, geometric 보정이 완료된 영상이므로, 다목적실용위성 3호의 특성을 분석에는 적합하지 않다. 특히 geometric 보정이 완료된 영상이므로 본 연구의 목적인 두 detector 특성분석을 위한 영상 생성에 사용하기 위해서는 기하학적 보정이 완료되지 않은 영상 즉 Level 0 형태의 영상을 사용하여야 한다.

그림 1의 영상은 본 연구에 사용된 영상자료로 Level 0의 영상에서 기본적인 radiometric 보정을 수행한 후, 영상을 나타낸 것으로, 다목적실용위성 2호의 ascending 촬영방식에 따라 영상의 상하가 지도방향과 다른, 즉 영상 아랫부분이 북쪽이며, 상단부분이 남쪽인 형태이다.

2.2 다목적실용위성 2호 영상취득 특성

다목적실용위성 3호의 영상특성을 묘사하기 위해서는 사용된 다목적실용위성 2호의 특성을 잘 분석하여 사용하여야 한다. 사용된 Level 0 영상의 경우 영상취득 형태는 그림 2와 같다.

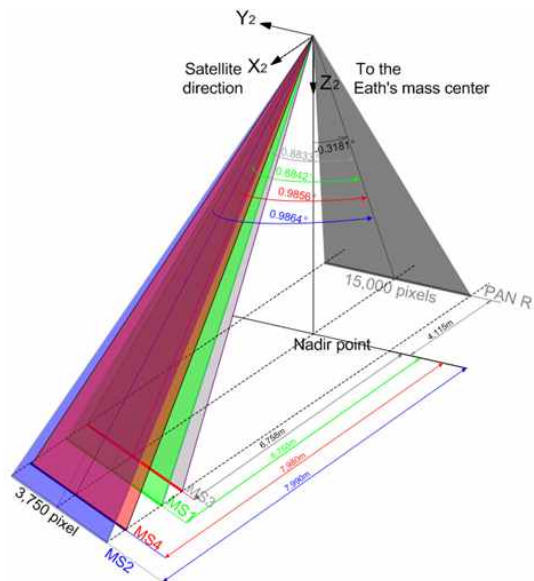


그림 2. 다목적실용위성 2호 영상자료 수집특성

그림 2에서와 같이 다목적실용위성 2호는 다

중과장대 영상이 위성직하방향에 대하여 앞쪽에서 촬영되며, 흑백영상은 직하방향에 대하여 뒤쪽으로 촬영하는 방식으로 이루어진다. 또한 MS2와 MS4, MS1과 MS3 거의 동일한 시선각을 가지고 있다. 따라서 영상촬영 명령이 위성에 전송되어 촬영된 영상을 살펴보면, MS2가 가장 앞쪽에서 촬영되며, MS2와 PAN 영상의 차이는 약 12km의 차이가 나타난 후 비로서 동일한 지역이 나타나게 된다.

본 연구에서 사용된 영상의 상대적인 차이 및 Level 0에서 위치는 표 2와 표 3과 같다.

표 2. 사용된 영상의 Level 0에서의 위치

	Start Line No	End Line No	GSD X	GSD Y	Ground Distance	
					St Line	Ed Line
MS1	20667	24666	5.656 m	4.541 m	93848.8 m	112008.3 m
MS2	20356	24355	5.656 m	4.541 m	92436.6 m	110596.1 m
MS3	20667	24666	5.656 m	4.541 m	93848.8 m	112008.3 m
MS4	20356	24355	5.656 m	4.541 m	92436.6 m	110596.1 m
PAN	93755	109754	1.358 m	1.135 m	106411.9 m	124570.8 m

표 3. MS1을 기준으로한 각 영상의 상대적 차이

	MS1과 상대적인 차이		
	Start Line	End Line	Time
MS1			
MS2	-1412.3 m	-1412.3 m	-0.212 sec
MS3			
MS4	-1412.3 m	-1412.3 m	-0.212 sec
PAN	12563.1 m	12562.5 m	1.892 sec

2.3 자료처리의 기본방향

다목적실용위성 3호의 두 detector 기하학적 특성을 고려한 가상영상 생성 방향은 아래의 그림과 같이 구성하였다. 아래의 그림에서는 빨간색 부분은 두 detector에서 생성된 영상이 detector 차이에서 발생하는 위성외부 환경이 완벽하게 보정 되었을 경우의 특성을 시각적으로

설명하고, 또한 두 detector부터 생성된 영상의 기하학적 특성을 비교하기 위해서 생성과정을 나타낸 것이며, 본 연구에서는 ideal 영상 생성과정으로 정의한다. 녹색부분과 파랑색 부분은 실제 다목적실용위성 3호의 두 detector로부터 생성되는 영상특성을 알아보기 위해 다목적실용위성 2호의 각기 다른 두 밴드로부터 하나의 영상을 생성과정을 나타낸 것이다. 본 연구에서는 이를 real 영상 생성과정으로 정의한다.

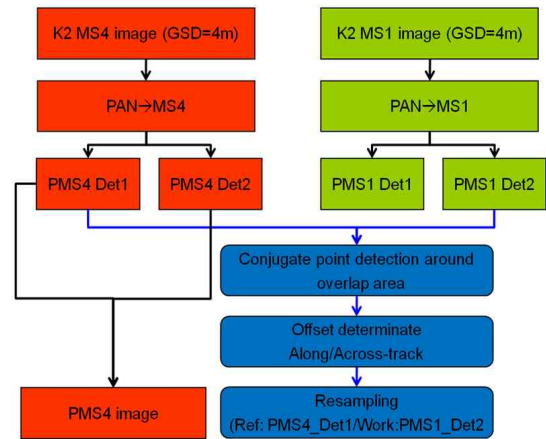


그림 3. 자료처리 흐름도

ideal 영상과 real 영상 생성과정을 위의 그림을 기본으로 작업 단계를 설명하면 다음과 같다.

Step 1: 기하학적인 특성은 각기 다르지만, 기본적으로 다목적실용위성 3호의 두 detector는 동일 과장대를 지니고 있으며, 해상도도 0.7m이므로, 다목적실용위성 2호의 PAN영상을 MS영상과 기하학적 성질이 동일하도록 일치시켰다. 이때 적용된 방법은 영상 매칭기법을 적용하였다.

위의 그림에서 PAN->MS4, PAN->MS1 단계이다.

Step 2 : 다목적실용위성 3호의 detector 설계 규격에 맞게 영상을 분할하고, 영상을 각 detector 별로 나누는 과정이다. 위의 그림에서 3번째 박스에 해당되는 것이다.

Step 1과 Step 2 과정을 거치면 ideal 영상과 real 영상을 해석하는데 필요한 기본적인 영상이

생성된다.

과광색 부분은 두 detector에서 생성된 영상을 기본적인 보정 단계를 거쳐 하나의 영상으로 생성하는 과정을 나타낸다.

2.4 영상자료 매칭

앞 절에서 다목적실용위성 3호의 영상특성을 살펴보기 위해 다목적실용위성2호의 PAN영상을 MS영상의 기하학적 특성에 일치시키는 영상매칭 기술을 적용하였다. 본 연구는 다목적실용위성 3호의 두 detector의 특성을 사전에 알아보기 위해 가상영상을 생성하는 것이므로, 영상매칭기술이 특히 중요하다. 즉 다목적실용위성 2호의 흑백영상이 다중과장대 영상 MS1, MS4의 기하학적 특성이 거의 완벽하게 재현 되어야 한다.

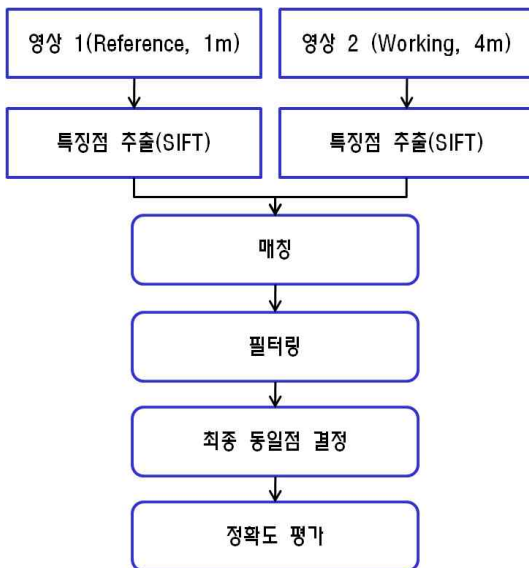


그림 4. 매칭 작업흐름도

이러한 조건을 기본으로 매칭성공률(matching success rate), 매칭 수행속도(matching speed), 매칭정확도(matching accuracy) 등이 비교적 우수한 알고리즘을 적용하기 위해, 하나의 매칭기법을 적용하기보다는 여러 가지 종류의 알고리즘을 적절하게 혼합하여 사용하였으며, 적용된 영

상매칭 작업흐름도는 그림 4와 같다. 그림 4에서 두 영상에서 동일점 찾기 위한, 특징점 해석은 SIFT(Scale Invariant Feature Transform) 알고리즘, 오매칭 점의 제거 및 동일점 해석은 표준상관기법, RANSAC 등의 알고리즘을 적용하였다.

SIFT는 스케일 공간상에서 극점을 찾는 알고리즘이다. 스케일 공간상에서의 극점은 이미지의 스케일 변화나 이미지 변환에 대하여도 다시 탐색될 가능성이 높은 지점으로 알려져 있다. 이는 물체의 크기변화와 회전에 강건한 성능을 보이며 잡음이 추가되어도 강건한 성능을 보인다. 특히 영상 획득 시점 전환으로 인한 영상의 변화에도 안정적인 성능을 보인다.

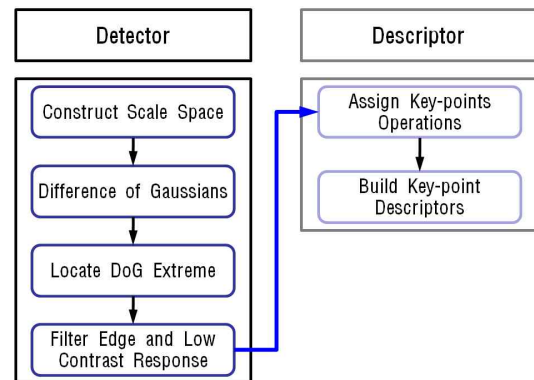


그림 5. SIFT 알고리즘

SIFT알고리즘은 크게 디텍터 와 서술자로 구분할 수 있으며 스케일 공간에서의 특징점은 인접한 26개의 이웃 픽셀과 비교하여 가장 작거나 큰 값을 가질 때 후보 특징점으로 선택하게 된다.

최초로 선택된 특징점들은 노이즈에 민감하여 안정적이지 않으므로, 이들의 안정성을 높이기 위해 대비값이 낮고 에지성분이 약한 특징점을 제거한다. 그리고 방향벡터 지정은 전 단계에서 추출된 특징점을 중심으로 하는 16x16블록의 그레디언트 크기와 방향을 계산한 후, 각 방향을 36개의 빈을 가지는 히스토그램을 구한다. 방향벡터를 지정한 후, 회전에 대한 불변을 위해 서술자와 그레디언트 방향은 키포인트 방향에 대하여 상대적으로 회전된다. 서술자를 구하기 위해

특징점을 중심으로 주변영역의 4x4 그레디언트 원도우를 계산한 후, 8방향 히스토그램을 구한다. 이러한 특징벡터는 448=128 차원을 가지며, 마지막으로 조명변화에 대한 효과를 감소시키기 위하여 단위 길이의 벡터로 정규화 된다. 위의 과정을 거쳐 특징점을 추출하여 초기 매칭을 하는데 초기에 추출된 특징점은 오매칭을 포함하므로 이를 제거하기 위하여 필터링을 한다. 필터링을 통해 최종적으로 매칭된 특징점만을 사용하여 registration 변환 모델을 추정한 후 정합된 출력 영상을 얻게 된다.

그림 4를 기본 작업 흐름을 바탕으로 최종적으로 추출된 동일점을 이용하여, PAN과 MS를 각기 하나의 공간상으로 변환시킨 후, 동일공간에서의 시각적 판독 정확도를 평가하였으며, 보정된 PAN 영상과 MS 영상 공간대로 변환 영상의 매칭 정확도 0.5 픽셀이하로 평가되어 본 연구의 목적에 충분히 사용 될 수 있을 것으로 판단된다.

MS1과 MS4의 다중과장대 영상의 기하학적 공간으로 변환된 흑백영상의 크기는 15000 픽셀 x 16000 픽셀이며, 생성된 영상은 아래의 그림과 같다.



그림 6. MS1 기하공간으로 변환된 PAN 영상



그림 7. MS4 기하공간으로 변환된 PAN 영상

2.5 가상영상 생성

2.3에서 생성된 주 영상을 이용하여, 다목적실용위성 3호와 같은 두 detector 영상으로 생성하는 방법은 아래의 그림과 같이 적용하여 생성하였다.

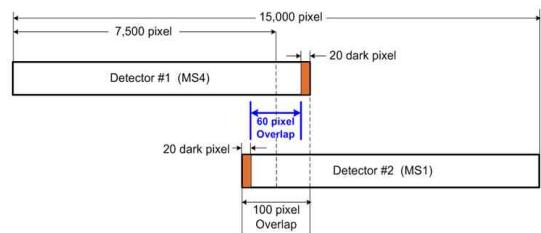
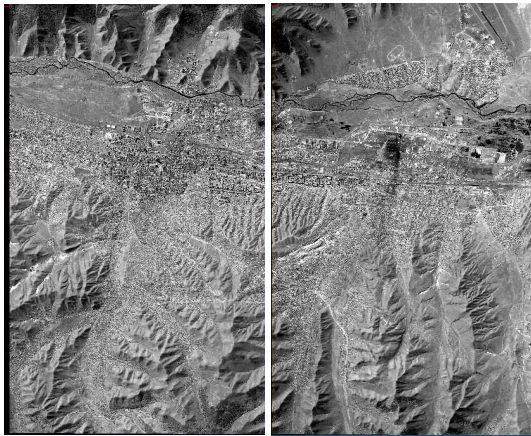


그림 8. 가상영상 생성을 위한 detector 형태

현재 다목적실용위성의 두 detector가 중복되는 지역을 Overlap 영역으로 정의되어 있으며, 두 detector의 각 끝단은 그림에서와 같이 20 pixel의 dark pixel로 정의되어 있으며, 전체 중복 영역은 100 pixel이지만, 이 dark pixel을 제거하면 실제 두 detector의 중복되는 영역은

PAN 영상의 경우 60 픽셀, MS 영상의 경우 30 pixel 정도이다.



(a) Detector #1 영상 (b) Detector #2 영상

그림 9. 생성된 다목적실용위성 3호의 detector 영상



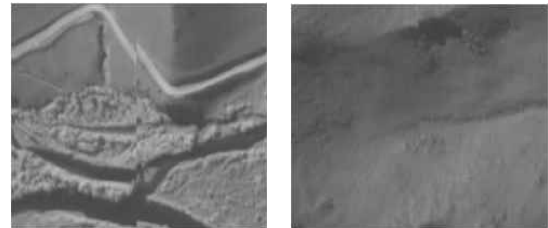
그림 10. 생성된 다목적실용위성3호 가상영상

3. 가상영상 기하학적 특성 분석

2.5절의 그림9와 같이 생성된 영상을 두 detector에서 중복되는 위치를 결정한 후, 두 detector의 영상을 연결시켰다. 중복되는 위치는 두 detector의 끝단에 존재하는 dark pixel을 제거한 후, 중복되는 30 픽셀의 중앙 위치로 결정하였다. 이 경우 두 detector의 연속되는 라인은 일치한다고 가정하였다.

그림 11은 생성된 가상영상에서 두 detector가 중복되는 위치에서의 영상이 시각적으로 어떻게 보여주는지를 나타낸 것이다. 그림에서 나타나고 있듯이 두 영상의 상당히 많이 양이 어긋나 있는 것을 볼 수 있다.

본 연구에서는 이러한 양을 정량적으로 표현하고, 그 특성을 분석하기 위하여, 두 detector가 중복되는 30 픽셀을 대상으로 영상 매칭을 수행하였다. 아래의 그림과 표는 중복지역의 상대적인 차이를 나타낸 것이다.



(a) 산악지역

(b) 산악지역



(c) 도심지역

(d) 주거지역

그림 11. 생성된 가상영상에서 중복위치에서의 영상특성

표 4. 중복지역에서의 두 detector 차이

항 목	Across-track 방향	Along-track 방향
RMSE	6.25 pixel	5.88 pixel
Average	6.24 pixel	-5.87 pixel
Standard Deviation	0.26 pixel	0.45 pixel
Maximum	7.22 pixel	-4.3 pixel
Minimum	4.89 pixel	-7.35 pixel

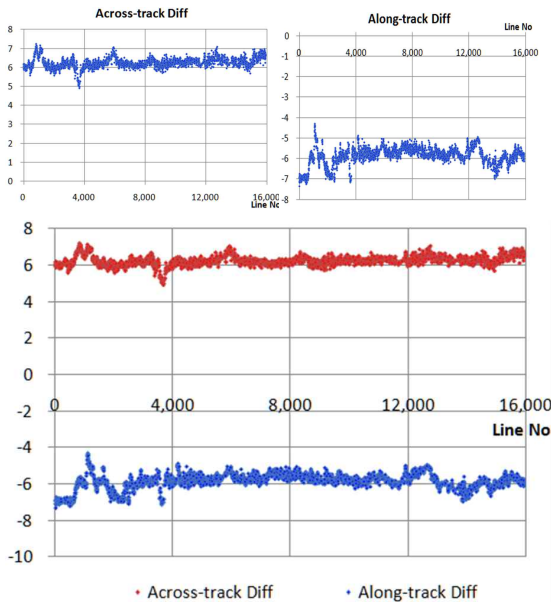


그림 12. 생성된 가상영상의 중복지역내 두 detector의 차이

위의 그림과 표에서 나타난 것처럼, 중복 지역 내에서 두 detector의 차이는 along과 across 방향으로 각각 6.25 pixel과 5.88 pixel 정도차이가 나타남을 알 수 있다. 그러나 아래의 그래프를 살펴보면 그 변화의 차이가 아린에 따라 변화의 특성이 각기 다르게 나타남을 알 수 있다. 즉 최대와 최소 차이의 변화가 약 3 pixel 정도 발생되고 있다. 이러한 원인은 위성 기동특성, 지형 표고에 따른 영향에 의해 발생되고 있는 것으로

파악된다. 즉 두 detector의 시선각의 차이와 지형 표고에 따라 영상 중횡방향으로 기복변위 오차가 발생된다. 또한 위성 기동특성에 따라서 발생된 오차가 시선각 및 지형기복에 복합적으로 영향을 주기 때문에 이러한 오차가 발생되고 있음을 알 수 있다. 따라서 이러한 오차를 체계적으로 소거하고, 최소화시키는 연구가 진행되어야 한다.

4. 결 론

본 연구에서는 다목적 실용위성 3호의 두 detector의 시선각 차이에 따른 영상특성 분석을 위해, 다목적실용위성 2호 영상자료를 활용하여 가상영상을 생성하고, 두 detector가 중복되는 지역의 영상왜곡 정도를 정성적 및 정량적으로 평가하였다. 그 결과 중복 지역 내에서 두 detector의 차이는 along과 across 방향으로 각각 6.25 pixel과 5.88 pixel 정도차이가 나타남을 알 수 있으며, 최대 및 최소 변위의 차이는 약 3 pixel 정도 발생되고 있다.

다목적실용위성 3호 영상자료를 활용한 지도 제작 분야의 요구사항을 충족시키고, 사용자 만족도 확보 및 시장성 확대를 위해서는, detector 사이에 존재하는 기하학적 특성변화를 상대적 또는 절대적으로 보정하는 기술 개발이 필요하다. 또한 이러한 보정기술은 위성 기동특성, 지형 표고에 따른 영향을 복합적으로 고려하여야 될 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Jacobsen, K. (1997), Joint Workshop "Sensors and Mapping from Space", Hannover, Calibration of IRS-1C PAN-camera.
2. Jacobsen, K. (1980/1982), ISP Hamburg 1980 and Photogramtria 1982, Attempt at Obtaining the Best Possible Accuracy in Bundle Block Adjustment, p 219 - 235
3. 이응식, 공종필 (2009), KOMPSAT-3 EOS

Pixel Deirection Convention

4. ASPRS, (1980) Manual of Photogrammetry
4th Edition, Elsevier, Amsterdam, pp.
321-332.
5. Mikhail E. M. and Bethel J. S. (2001)
Introduction to Modern Photogrammetry,
New York, John Wiley and Sons Ins.