

KOMPSAT-2 영상 PAN밴드의 내부표정 정확도 분석 및 개선방안 연구

김태정*† · 정재훈* · 김덕인**

*인하대학교 영상공학 연구실, **한진정보통신 공간영상개발팀

Analysis and Improvement of Interior Orientation Accuracy of KOMPSAT-2 PANchromatic Bands

Taejung Kim*†, Jaehoon Jeong*, and Deok-In Kim*

*Image Engineering lab, Inha University

**Spatial Imagery Development Team, Hanjin Information Systems & Telecommunication Co., Ltd.

Abstract : This paper reports experiments and analysis work done to find out the cause of Y parallax for stereo pairs of KOMPSAT-2 images and means to improve the Y parallax problem. We could conclude that the Y parallax problem was caused by resampling errors of KOMPSAT-2 PANchromatic bands, induced by the process of warping PANchromatic band with reference to multispectral bands. We could also conclude that a rigorous warping process could improve resampling of KOMPSAT-2 PANchromatic band and remove the Y parallax problem significantly. We also confirmed that a rigorous warping process could also remove blocky brightness patterns present on KOMPSAT-2 PANchromatic band. Therefore, by implementing more rigorous warping process within KOMPSAT-2 scene generation procedures, KOMPSAT-2 geometric and radiometric quality will be improved.

Key Words : Digital Photogrammetric Workstation, Y parallax, Warping, KOMPSAT-2.

요약 : 이 논문에서는 KOMPSAT-2 스테레오 영상의 PAN밴드에 존재하는 미세한 크기의 Y시차가 발생하는 원인을 규명하고 이를 개선하기 위한 일련의 실험 및 분석과정을 보고한다. 분석결과, Y시차가 발생하는 원인이 KOMPSAT-2 영상을 생성할 때 PAN밴드를 MS밴드와 일치하도록 Warping처리하는 과정에서 발생한 Resampling 오차 때문인 것으로 판단할 수 있었다. 또한 엄밀한 PAN밴드의 Warping 방식을 적용하여 Resampling 오차를 제거함으로써 Y 시차문제가 상당부분 개선될 수 있음을 확인하였다. 또한 KOMPSAT-2 영상 PAN밴드에서 관측된 밝기값 밀림현상도 엄밀한 Warping처리를 통해서 개선될 수 있음을 확인하였다. 따라서, 보다 엄밀한 Warping기법이 KOMPSAT-2 영상처리과정에 적용될 수 있다면 KOMPSAT-2 영상의 기하정확도 및 복사정확도가 많이 개선될 수 있을 것으로 기대한다.

1. 서론

2006년 7월 29일 우리나라의 두 번째 원격탐사용 위성으로 1m급 전정색영역밴드(이하, PAN밴드) 및 4m급 다분광밴드(이하, MS밴드) 영상을 촬영할 수 있는 다목적실용위성 2호(이하 KOMPSAT-2)가 발사되어 성공적으로 운영되고 있다. KOMPSAT-2의 발사로 인하여 고해상도 위성영상의 획득이 용이해졌으며 이를 활용한 여러 분야의 연구가 활발히 진행 중에 있다. 특히 KOMPSAT-2 영상용 센서모델링 기술개발(Kim and Dowman, 2006; 정재훈과 김태정, 2009), KOMPSAT-2 영상으로부터 자동 수치지형모델(DEM) 생성 기술개발(이태운 외 2인, 2008; 이수암 외 2인, 2009), KOMPSAT-2 영상으로부터 정밀정사영상 생성 기술개발이 이루어졌다. 또한 다양한 상용 소프트웨어를 이용하여 KOMPSAT-2 영상의 센서모델링 및 정사보정을 수행함으로써 획득 가능한 위치정확도를 산출 및 검증하기도 하였다(이현직 외 2인, 2009; 양지연 외 3인, 2009; 서두천과 양지연, 2009). 이러한 연구들을 통해서 KOMPSAT-2 영상을 이용하여 높은 정확도를 가지는 위치정보를 획득할 수 있음이 검증되었다.

그러나, 프랑스의 SPOT-5와 같이 대형 플랫폼과 고정밀 센서들을 가지는 위성영상과의 차이점도 발견되었다. SPOT-5 영상의 경우 영상촬영 시의 플랫폼의 자세가 안정적으로 유지되어 영상의 메타데이터로부터 수립된 초기 센서모델의 정확도가 영상 내에서 일정하게 유지되는 반면(Spot Image, 2002; Kim *et al.*, 2007), KOMPSAT-2 영상의 경우는 그렇지 못한 현상이 보고되었다(정재훈과 김태정, 2009). 이는 KOMPSAT-2 영상에는 위성진행방향으로 균등하게 분포된 기준점이 필요할 수 있음을 의미한다. SPOT-5을 이용하여 개발된 궤도모델링 기술을 KOMPSAT-2 영상 스트립에 적용하였으나 역시 적용범위와 정확도에 있어서 SPOT-5와는 다소 다른 특성을 보이는 것으로 보고되었다(Kim *et al.*, 2007; 정재훈과 김태정, 2009). 따라서 KOMPSAT-2 영상의 활용성을 높이고 정확한 위치정보의 획득을 위해서는 추가적인 노력이 필요하고 하겠다.

이 논문은 본 연구에서 사용한 실험데이터인 KOMPSAT-2 영상자료를 이용하여 영상용 수치도화기 개발과정에서 발견한 특이현상을 분석하기 위해서

시작되었다(Tserennadmid and Kim, 2009). 즉, 기준점을 이용하여 정밀센서모델을 수립한 이후, KOMPSAT-2 스테레오 영상을 수치도화기에 디스플레이한 결과 영상의 일부 지역에서 Y시차가 발생하는 특이현상이 발견되었다. 이러한 Y시차는 KOMPSAT-2의 MS밴드에서는 발생하지 않고 PAN밴드에서만 발생하였으며 PAN밴드 내에서도 불규칙적으로 분포된 일부 지역에 대해서만 발생하였다. Y시차의 크기는 대부분의 경우에 0.5픽셀 정도로 미세하여 DEM 생성 및 정사영상 생성에 영향을 주거나 비전문가의 육안관측으로 발견할 수 있는 정도는 아니었다. 그러나 전문도화사에 의한 1:5000급 대축척 지도제작에는 영향을 줄 만한 현상이었다.

이 논문에서는 이러한 특이현상이 발생하는 원인을 분석해보고 이의 해결방안을 제시하고자 한다. 실험결과, Y시차가 발생하는 원인이 KOMPSAT-2 영상을 생성할 때 PAN밴드를 MS밴드와 일치하도록 Warping 처리하는 과정에서 발생한 어려움, 즉 PAN밴드의 Resampling 어려움 때문인 것으로 판단할 수 있었다. 또한 Y시차 문제해결을 위해서 보다 엄밀한 PAN밴드의 Warping 방식을 적용하여 Resampling 오차를 제거, KOMPSAT-2 PAN 영상의 내부표정 정확도를 향상함으로써 상당부분 개선될 수 있음을 확인하였다. 또한 영상분석과정에서 KOMPSAT-2 영상의 PAN밴드에서 영상 밝기값이 XY방향으로 밀린 듯한 현상이 관측되었는데 이러한 현상도 엄밀한 Warping처리를 통해서 개선될 수 있음을 확인하였다. 먼저 실험에 사용한 KOMPSAT-2 영상들과 PAN밴드 생성방식에 대해서 소개한다.

2. 실험에 사용한 KOMPSAT-2 영상 및 PAN 밴드 생성방식

이 논문에서는 2007년 2월 26일에 촬영된 화순 및 담양지역에 해당하는 두 장의 KOMPSAT-2 영상과 2007년 2월 28일에 촬영된 화순 및 담양지역에 해당하는 두 장의 KOMPSAT-2 영상, 총 네 장의 영상을 사용하여 실험을 수행하였다. 2007년 2월 26일 영상들은 서쪽으로 14도 회전하여 촬영되었고 2월 28일 영상들은 동쪽

으로 21도 회전하여 촬영되어 각각 스테레오 영상의 우측영상과 좌측영상을 구성한다. Table 1과 Fig. 1에서 실험에 사용한 영상들의 간략한 특징을 정리하였다.

실험을 위해서, 상기 네 개의 영상으로부터 각각의 영상에 대해서 항공우주연구원으로부터 제공된 두가지 처리방식으로 제공된 PAN밴드와 본 연구를 위해서 새로운 처리방식으로 생성한 두 개의 PAN밴드, 총 네 가지 종류의 PAN밴드를 사용하였다.

첫번째 종류는 통상적인 영상주문절차를 거쳐서 항

공우주연구원에서 제공하는 KOMPSAT-2 영상에 포함되는 PAN밴드에 해당한다. KOMPSAT-2 영상은 각 CCD 픽셀이 카메라 좌표계에서 어느 위치에 해당하는지를 밝히는 내부표정을 MS밴드를 기준으로 수행한다고 알려져 있다. PAN밴드는 MS밴드와 촬영각이 달라 MS밴드의 내부표정 정보를 그대로 적용할 수 없기 때문에, PAN밴드의 픽셀을 MS밴드의 픽셀과 같은 위치로 배열될 수 있도록 Warping 처리를 거치는 것으로 알려져 있다. 사용자에게 제공되는 KOMPSAT-2 영상은 항공우주연구원에서 보유하고 있는 KOMPSAT-2 수신처리시스템을 통해서 상기한 Warping처리를 거쳐서 생성된다. 본 연구에서도 이러한 방식으로 처리된 KOMPSAT-2 영상에 포함된 PAN밴드를 실험에 사용하였다. 이러한 과정을 거쳐 생성된 PAN밴드를 원본_2 영상으로 칭하기로 한다.

두번째 종류는 Warping처리를 거치지 않고 생성한 PAN밴드로, PAN밴드와 MS밴드 픽셀이 같은 위치로 배열될 수 있도록 PAN밴드와 MS밴드의 사전 정의된 PAN밴드와 MS밴드간의 상호 변환 모델식 및 영상 촬영 환경에 따른 미소 변위 보정 산출량 등을 이용하여 PAN밴드와 MS밴드의 픽셀을 같은 위치로 변환된 영상이다. 이러한 방식으로 생성된 PAN밴드를 원본_1 영상으로 칭하기로 한다.

본 연구에 사용된 세번째 및 네번째 종류는 다음에서 설명하는 새로운 Warping 방법을 이용하여 각각 원본_1 영상 및 원본_2 영상을 다시 Warping처리하여 생성한 PAN밴드에 해당한다. 이를 각각 재처리_1 및 재처리_2 영상으로 명명한다. Table 2에서 실험에 사용된 네 가지 종류의 PAN밴드를 정리한다.

Table 1. The properties of image used

Scene ID	Path ID	Row ID	촬영 날짜	촬영지역
화순_좌측	1077	1262	2007년 02월 28일	화순
화순_우측	1076	1262	2007년 02월 26일	
담양_좌측	1077	1263	2007년 02월 28일	담양
담양_우측	1076	1263	2007년 02월 26일	

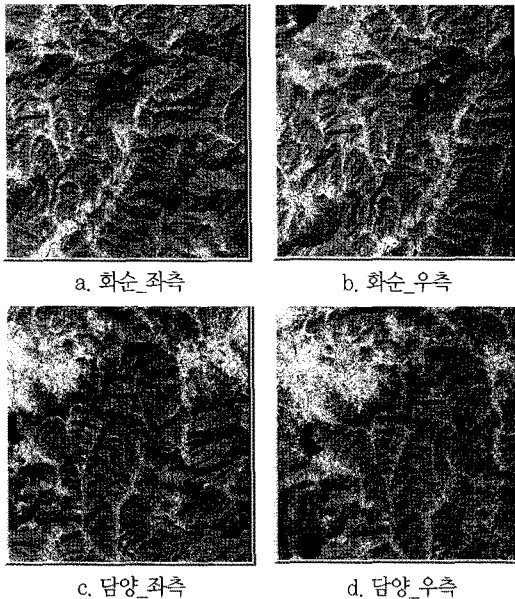


Fig. 1. Satellite images used for experiment.

Table 2. Four kind of PANchromatic band images used for experiment.

	PAN밴드 종류	상 세 설 명
1	원본_1 영상	PAN밴드에 Warping처리를 적용하지 않은 영상
2	원본_2 영상	항공우주연구원에서 통상적으로 제공하는 영상으로 KOMPSAT-2 수신처리 시스템에서 제공하는 Warping처리를 거쳐 생성된 영상
3	재처리_1 영상	원본_1 영상에 이 논문에서 제시하는 Warping처리를 적용한 영상
4	재처리_2 영상	원본_2 영상에 이 논문에서 제시하는 Warping처리를 적용한 영상

3. KOMPSAT-2 영상의 Y시차 및 내부표정 정확도 분석

앞에서 설명한 바와 같이, 이 논문의 연구는 선행연구에서 발견한 KOMPSAT-2 스테레오 영상을 수치도 화기에 디스플레이할 때 관측되는 Y시차를 분석하기 위해서 시작되었다. KOMPSAT-2 스테레오 영상에서 발생하는 Y시차는 PAN밴드에서만 관측되었으며 Y시차의 크기는 대부분 0.5픽셀 정도로 미세하였으나 Y시차의 발생지역은 불규칙적이었다. 먼저 Fig. 2에서 KOMPSAT-2 PAN 밴드에서 발생하는 Y시차 문제를 네 개의 사례지역에 대해 도시한다. Fig. 2의 영상들은 Table 2의 원본 2 영상에서 발생하는 Y시차에 해당하는 3D 모니터를 통해 확인할 수 있는 Y시차를 논문에 표현하기 용이하지 않아 비교할 지역에 대해 좌측 영상에는 붉은색 선을, 그리고 우측영상의 동일한 위치에 푸른색 선을 표시하였다. Fig. 2에서 두 선의 간격이 좁을 수록 Y시차가 없다고 볼 수 있다.

본 연구진은 Y시차가 MS밴드에서는 발생하지 않고 유독 PAN밴드에서만 발생한 점, 그리고 발생지역이 불

규칙한 점으로 미루어 Y시차의 발생원인이 KOMPSAT-2 영상생성 시에 적용되는 PAN밴드의 Warping과정에서 발생하는 에러에 기인한 것으로 추정하였다. 이를 확인하기 위해서 원본 1 영상 및 원본 2 영상의 특성을 기하학적 정확도와 밝기값 정확도의 두 가지 측면에서 비교하여 Warping과정에서 발생한 에러에 대해서 분석하였다.

기하학적 정확도 분석은 Warping을 통해서 PAN밴드의 내부표정이 정확하게 수립되었는지를 판단하기 위해서 실시한 것으로, 원본 1 영상과 원본 2 영상에서의 PAN밴드와 MS밴드 간 상호등록 정확도를 파악하여 분석하였다. 상호등록 정확도 비교는 Fig. 3과 같이 영상 내에 일정간격을 가지는 10x10개의 격자를 정의하고 각 격자에서 PAN밴드와 MS밴드가 서로 일치하는 지를 육안으로 판독하는 방식으로 상호등록 정확도를 비교하였다. 판독결과 두 밴드가 완벽히 일치하면 해당 격자에 점으로 표시하고 두 밴드 간의 불일치가 발생한다면 불일치가 발생하는 방향으로 화살표로 표시하였다. 불일치의 정도를 미세한 수준(0.5픽셀 이하), 보통 수준(0.5 ~ 2픽셀) 및 과다한 수준(2픽셀 이상)으로 구분하

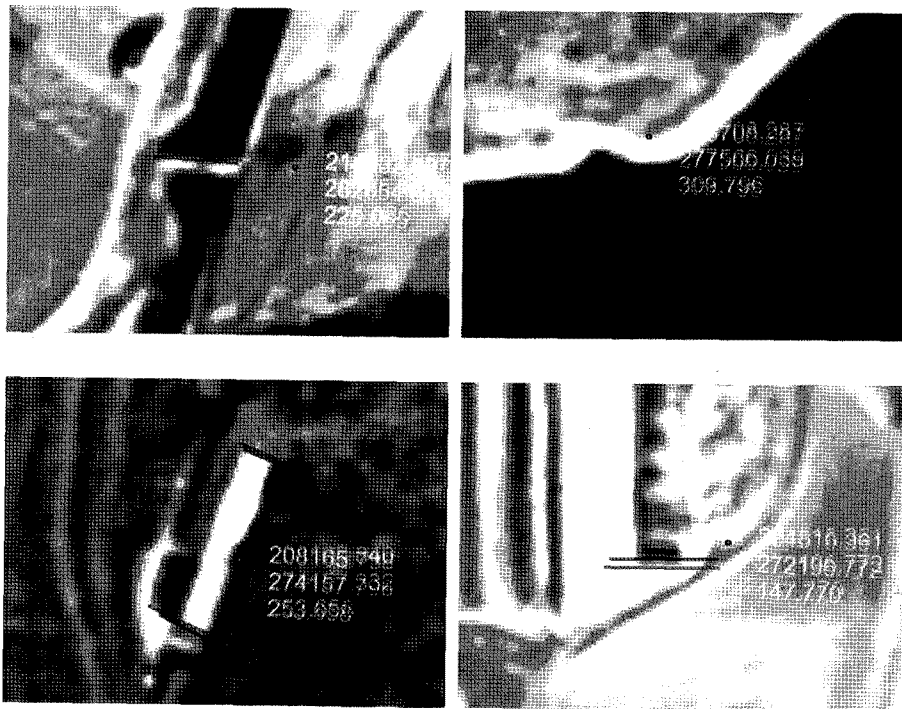


Fig. 2. Examples of Y parallax problem presented in KOMPSAT-2 PANchromatic band.

여 각각의 수준을 화살표의 상대적크기로 표시하였다. Fig. 3에서 좌측 열은 각 위성영상, 가운데 열은 원본_1 영상의 상호등록정확도, 우측열은 원본_2 영상의 상호

등록정확도를 나타내며 첫 번째 줄부터 아래로 화순 좌측영상, 화순 우측영상, 담양 좌측영상, 담양 우측영상을 나타낸다. Fig. 3을 살펴보면 원본_1 영상은 PAN밴

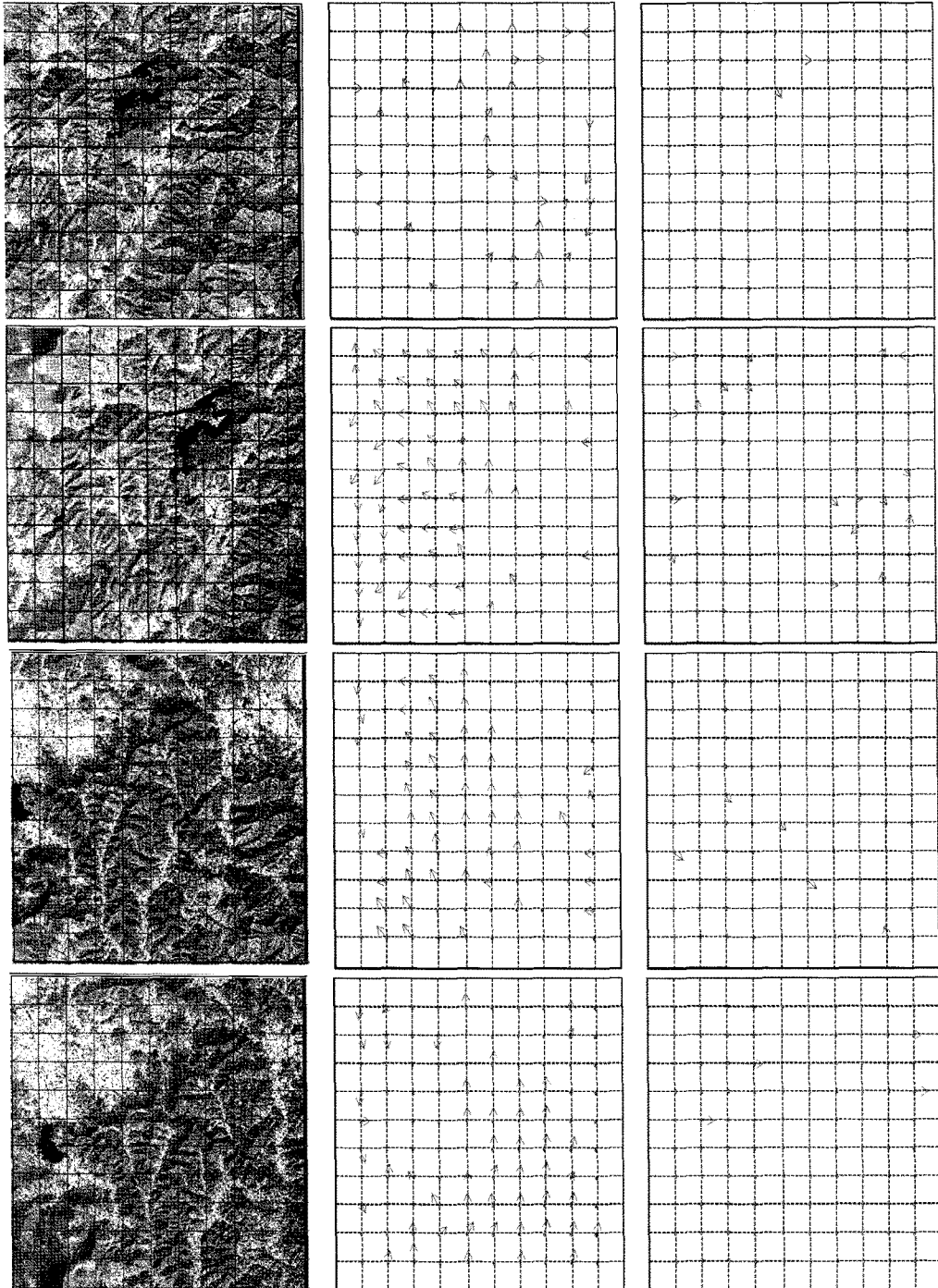


Fig. 3. Accuracy analysis of Image registration between PANchromatic band and Multi-Spectral bands. (Original image_1 and Original image_2).

드와 MS밴드의 촬영각도의 차이로 인해서 두 밴드간의 상호등록 정확도가 맞지 않으나 원본_2 영상에서는 대부분의 지역에서 두 밴드간의 상호등록이 잘 이루어져 있음을 알 수 있다. 그러나, 원본_2 영상에서도 몇몇 지역에서는 여전히 두 밴드간의 상호등록 불일치가 발생한다. 이는 Warping처리과정에서 적용된 MS밴드와 PAN밴드간 정합에서의 오정합때문인 것으로 추정되나, 원본_2 영상에서 발생하는 상호등록 불일치의 원인을 규명하기 위한 분석과정은 별도로 수행하지 않았다.

밝기값 정확도 분석은 원본_2 영상 생성에 적용된 Warping과정에서 밝기값의 왜곡현상이 발생하였는지를 판단하기 위해서 실시되었다. 원본_1 영상과 원본_2 영상을 확대해서 살펴보면, 원본_1 영상에는 존재하지 않던 밝기값의 밀림현상이 원본_2 영상에는 존재하고 있음을 육안으로 관찰할 수 있었다. Fig. 4에 원본_1 영상과 원본_2 영상의 동일한 지역을 확대하여 나타내었다. Fig. 4를 살펴보면 원래의 원본_1 영상에서는 존재하지 않던 인접한 행 및 열간의 밝기값의 차이가 원본_2 영상에서 관측된다. 이러한 현상은 영상 전역에서 관측되었고 실험에 사용한 네 개의 KOMPSAT-2 영상에서 공통적으로 발생하였다. 이는 원본_2 영상의 Warping 처리 과정에서 원본_1 영상에 존재하지 않는 밝기값 밀림현상이 발생하였음을 의미한다.

이러한 밝기값 밀림현상에 대한 정량적인 분석을 수행하였다. 아래의 수식에 입각하여 인접한 라인간 및 인접한 샘플간의 밝기값의 차이를 구하고 이를 다시 영상 전체에 대해서 평균을 산출하였다. 아래의 수식은 인접한 라인간의 밝기값 차이에 대한 평균치를 구하기 위한

수식이다.

$$Diff_i = \frac{\sum_{j=1}^{n(Col)} |DN_{i,j} - DN_{i+1,j}|}{n(Col)} \quad 1-(a)$$

$$QS_{row} = \frac{\sum_{i=1}^{n(Row)-1} |Diff_i|}{n(Row) - 1} \quad 1-(b)$$

상기 수식에서 i, j는 각각 영상의 행과 열좌표를 나타내며 $DN_{i,j}$ 는 픽셀좌표 (i, j) 위치의 밝기값을 나타낸다. 식 1-(a)에서 $Diff_i$ 는 i번째 행의 픽셀과 i+1번째 행의 픽셀의 밝기값 차의 평균, 즉 인접한 두 행에서 위아래 픽셀간의 밝기값 차의 평균을 의미한다. QS_{row} (Quantity of Shift)는 $Diff_i$ 를 모든 행에 대해서 계산하여 평균치를 산출한 것이며 이를 통해 영상전역으로부터 위아래 픽셀의 밝기값 차이를 계산할 수 있다. 또한 열방향으로의 QS 도 유사한 수식을 적용하여 계산할 수 있다. 이런 방식으로 계산된 QS 를 이용하면 영상 내에서 픽셀 밝기값의 변화정도를 정량적으로 파악할 수 있으며 상대적으로 픽셀들이 얼마나 평활(smooth)한지 아닌지를 비교할 수 있는 지표로 활용할 수 있다. 네가지 영상에서 원본_1 영상과 원본_2 영상에 대해서 분석된 QS 를 Table 3과 Fig. 5와 같이 정리했다.

Table 3과 Fig. 5의 분석결과는 육안분석을 통해서

Table 3. Measurement of variation in pixel values

	좌측		우측		좌측		우측	
	Col	Row	Col	Row	Col	Row	Col	Row
원본_1 영상	5.67	7.13	6.25	7.78	6.56	7.94	7.11	8.68
원본_2 영상	5.93	7.53	6.52	8.19	6.81	8.19	7.39	8.96

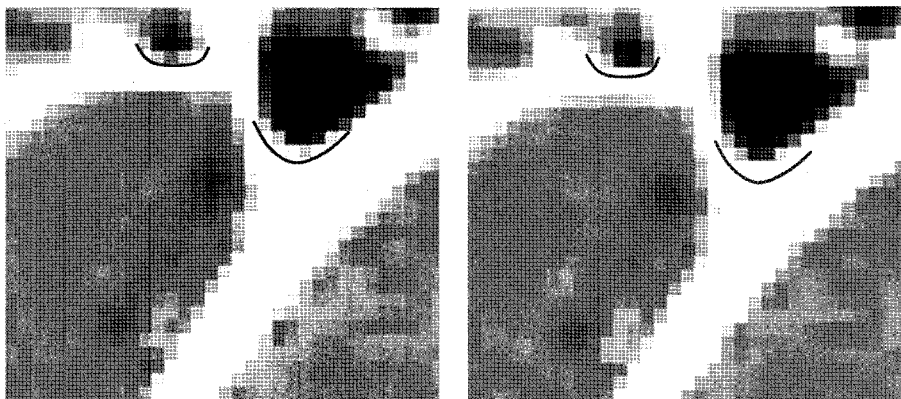


Fig. 4. Cross-sectional images of original image 1 and original image 2.

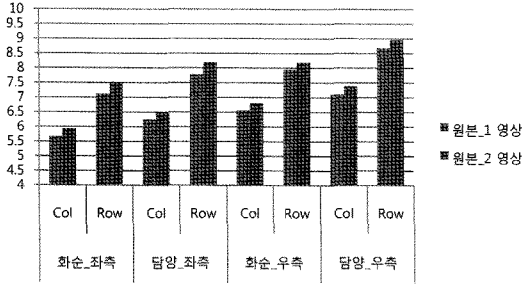


Fig. 5. Graph of variation in pixel values.

확인된 원본_2 영상에서의 밝기값 밀림현상을 잘 설명하고 있다. 일반적으로 Warping처리를 위해서는 밝기값 보간과정이 포함되게 된다. 밝기값 보간에는 여러가지 방식이 존재하나 대부분의 밝기값 보간방식은 밝기값 보간을 위해서 주변 화소의 밝기값을 참조하게 되며 이는 결과적으로 밝기값 보간 후의 영상이 원래의 영상보다 더 평활해지는 효과로 나타난다. 그러나 상기 표에 따르면 원본_2 영상은 원본_1 영상에 비해서 밝기값의 변이율이 샘플과 라인 방향으로 모두 의미있게 증가하였음을 확인할 수 있다. 원본_2 영상 생성에 적용된 구체적인 Warping방식이 공개되지 않아 단정할 수는 없으나 아마도 영상의 열화현상을 일으키는 밝기값 보간 방식을 사용하였을 것으로 추정된다.

결론적으로 본 논문에서 사용된 원본_2 영상, 즉 Warping과정을 거쳐 생성된 KOMPSAT-2 영상의 PAN 밴드는 Warping과정에서 발생한 오정합 및 밝기값 보간과정에서의 에러로 인하여 내부표정이 완벽하게 수립되지 않았고 이것이 Y시차를 발생시키는 원인으로 판단된다.

4. 새로운 Warping 기법을 통한 내부표정 정확도 개선

앞에서 밝혀진 문제점들을 PAN영상에 새로운 Warping방식을 적용하여 해결할 수 있는지를 판별하기 위한 여러 실험들이 진행되었고 이 절에서 이에 대해서 보고한다. 먼저 새로 고안된 Warping기법에 대해서 간략히 설명하고 새로운 Warping기법을 적용하여 생성된 PAN영상들의 품질분석을 통해서 KOMPSAT-2 영상의 내부표정 정확도가 개선되었는지를 판단한다.

새로 개발된 Warping기법은 Fig. 6과 같은 순서로

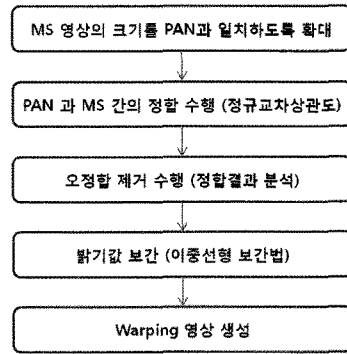


Fig. 6. Procedures of warping method proposed in this paper.

수행되며 PAN밴드 및 MS밴드의 정합단계, 오정합 제거단계 및 밝기값 보간단계의 크게 세가지 단계로 구분된다.

먼저 PAN밴드와 MS밴드의 정합을 위해서 먼저 MS 밴드 중에서 녹색영역밴드를 4배 확대하여 PAN밴드와 동일한 크기 및 동일한 공간해상도를 가지도록 하였다. 정합은 정규교차상관도(Normalized Cross Correlation)를 사용하여 1픽셀 간격으로 정합창을 이동시키며 수행하였고 특별히 서브픽셀 정밀도를 가지는 정합방식은 사용하지 않았다. 이론적으로 가장 높은 상호등록정확도를 위해서는 PAN밴드 및 MS밴드간 정합을 매 픽셀에 적용해야 하나 처리시간 등의 문제로 실험에서는 매 256픽셀마다 정합을 수행하였고, 정합이 이루어지지 않은 픽셀에 대해서는 정합이 실시된 픽셀의 정합결과를 이중선형보간법(Bilinear Interpolation)을 사용하여 보간하여 사용하였다.

PAN밴드와 MS밴드의 정합결과는 필연적으로 오정합을 포함하게 되므로 정합을 마치고 나면 오정합 제거를 수행한다. 영상에는 호수, 나대지, 패턴이 일정하게 반복되는 농경지 등과 같은 밝기값 상관도에 기반한 정합알고리즘이 실패할 확률이 매우 높은 지역이 포함되어 있기 때문에 이를 해결하기 위해서 정합창 내의 밝기값의 표준편차가 특정값을 넘지 않으면 정합을 실시하지 않도록 하였다. 또한 정합이 수행된 PAN밴드의 픽셀 (i, j) 과 이에 해당하는 확대된 MS밴드의 픽셀좌표 (i', j') 간의 Disparity를 기록하여 정합 Disparity 값이 전체 Disparity의 표준편차보다 매우 크면 해당 정합결과를 삭제하도록 하였다. 그리고 정합이 이루어지지 않았거나 정합결과가 삭제된 경우는 주변에 성공적으로 정합된 결

과를 해당 픽셀의 정합결과로 대체하였다.

마지막으로 Warping된 영상을 생성하기 위해 밝기 값 보간단계는 거치게 되는데 이는 일반적인 영상재배

열 과정과 유사하다. Warping된 영상의 픽셀좌표 (i' , j')에 해당하는 원래의 PAN밴드의 픽셀좌표값 (i , j)를 계산하고 이 픽셀좌표값에서의 밝기값을 주위의 밝기값

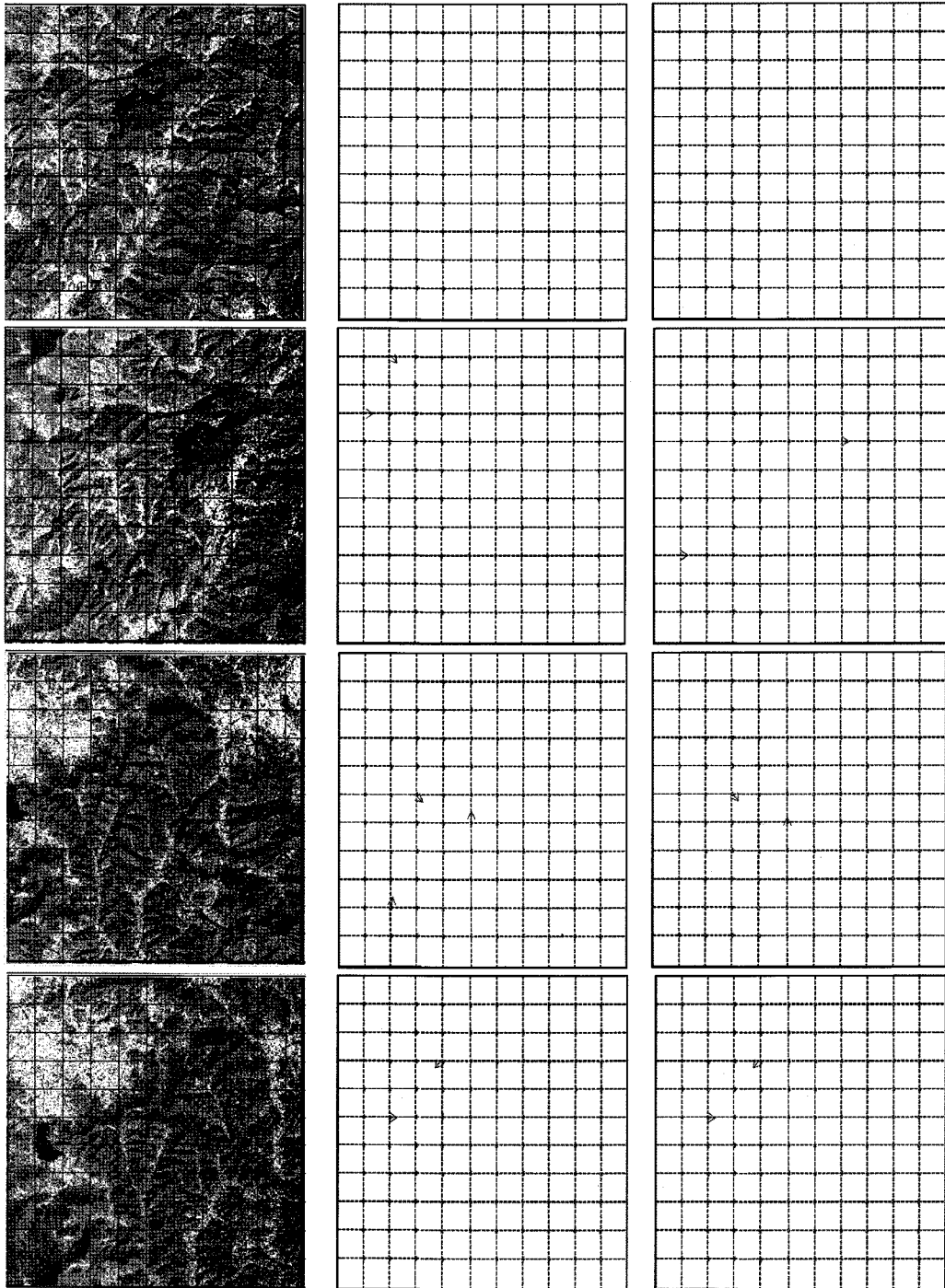


Fig. 7. Accuracy analysis of Image registration between PANchromatic band and Multi-Spectral bands. (Reprocessed image_1 and Reprocessed image_2).

을 이용하여 밝기값 보간을 통해 결정한다. 이때, 밝기값 보간 알고리즘은 이중선형보간법을 사용하였다.

상기 설명된 Warping 기법을 원본_1 영상과 원본_2 영상에 각각 적용하여 재처리_1 영상 및 재처리_2 영상을 생성하였다. Fig. 7에 새로운 Warping이 적용된 영상에서의 PAN밴드 및 MS밴드간의 상호등록 정확도를 나타내었다. Fig. 7에서 좌측 열은 각 위성영상, 가운데 열은 재처리_1 영상의 상호등록정확도, 우측열은 재처리_2 영상의 상호등록정확도를 나타내며 첫 번째 줄부터 아래로 화순 좌측영상, 화순 우측영상, 담양 좌측영상, 담양 우측영상을 나타낸다. Fig. 3의 원본_2 영상에서의 상호등록정확도와 비교하면 새로운 Wapring처리를 거쳐서 상호등록 정확도가 상당히 개선되었음을 알 수 있다. 그러나, 여전히 제거되지 못한 상호등록 에러가 남아 있음을 알 수 있다. 이 논문에서 사용한 정합방식의 최적화가 필요하다고 하겠다.

Table 4. Measurement of variation in pixel values

	화순_좌측		담양_좌측		화순_우측		담양_우측	
	Col	Row	Col	Row	Col	Row	Col	Row
원본_1 영상	5.67	7.13	6.25	7.78	6.56	7.94	7.11	8.68
원본_2 영상	5.93	7.53	6.52	8.19	6.81	8.19	7.39	8.96
재처리_1영상	5.29	6.53	5.90	7.19	6.26	7.28	6.72	8.04
재처리_2영상	5.47	6.86	6.09	7.51	6.44	7.49	6.95	8.26

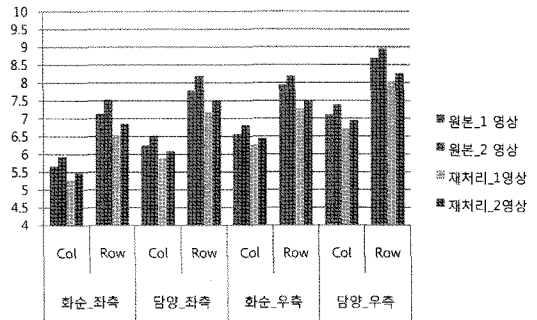


Fig. 8. Graph of variation in pixel values.

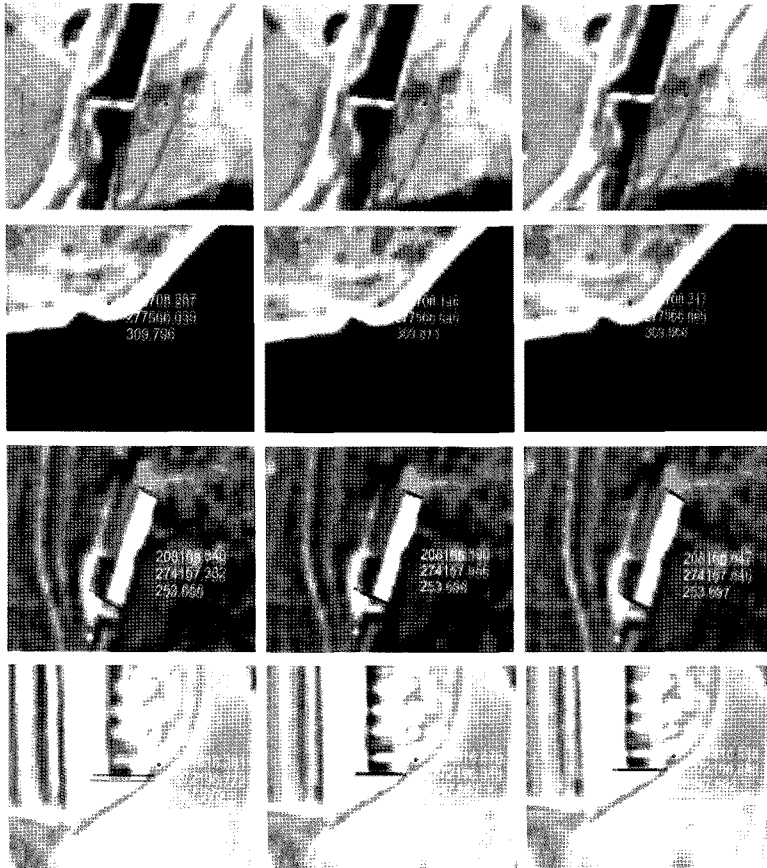


Fig. 9. Y parallax of four kind of KOMPSAT-2 PANchromatic images.

다음은 새로 생성된 재처리_1 영상 및 재처리_2 영상에서의 밝기값 변이율을 Table 4에서 살펴보았다. 편의상 원본_1 영상과 원본_2 영상에서의 밝기값 변이율도 함께 표시하였다. 원본_1 영상을 다시 Warping한 재처리_1 영상을 서로 비교하고 원본_2 영상을 다시 Warping한 재처리_2 영상과 서로 비교해보면 두 경우 모두 다시 Wapring처리한 영상이 원래의 영상에 비해서 밝기값 변이율이 줄어들었음을 확인할 수 있다. 즉, Wapring처리를 거친 영상이 원래의 영상에 비해서 더 평활하게 나타났으며 원본_2 영상에서와 같은 밝기값 밀립현상 또는 열화현상은 발견되지 않았다. 지면관계상 재처리된 영상들의 부분확대영상은 생략하기로 한다.

상기 분석결과를 토대로 새로운 Warping을 적용함으로써 원래 KOMPSAT-2 영상에 존재하던 상호등록 에러 및 밝기값 밀립현상이 상당히 개선되었음을 확인할 수 있었다. 이렇게 개선된 내부표정 정확도를 가지는 재처리_1 영상과 재처리_2 영상을 수치도화기에 디스플레이하여 Y시차 현상을 관찰하였다. Fig. 9에 Fig. 2와 동일한 지역에 대한 Y시차 분석결과를 도시하였다. Fig. 9에서 좌측열은 원본_1영상, 가운데열은 재처리_1 영상, 우측열은 재처리_2 영상을 나타낸다. Fig. 9에 나타낸 바와 같이 개선된 내부표정 정확도를 가지는 재처리_1 영상 및 재처리_2 영상은 모두 Y시차가 상당히 개선되었다. Y시차문제는 전문도화사에 의한 3D 모니터 상의 판독으로만 정밀분석이 가능하여 지면으로 옮기기에 한계가 있으나 재처리를 마친 영상들은 모두 극히 일부지역을 제외하고는 원본_2 영상에서 나타난 Y시차문제가 거의 제거되었음을 전문도화사로부터 확인받을 수 있었다.

이 실험결과는 본 논문에서 사용된 KOMPSAT-2 영상에서 발생한 Y시차 문제가 PAN밴드와 MS밴드의 Warping과정에서 발생한 에러에 기인한다는 추론을 잘 뒷받침해준다. 또한 새로운 Warping 기법의 적용을 통해서 KOMPSAT-2 영상에 내재하던 Y시차 문제 및 PAN영상의 내부표정 문제가 충분히 개선될 수 있음을 확인할 수 있었다.

6. 결론

이 논문에서는 선행연구에서 발견한 KOMPSAT-2

스테레오 영상의 PAN밴드에 발생하는 미세한 크기의 Y시차 문제의 원인을 규명하기 위해서 수행된 일련의 실험 및 분석과정을 보고하였다. 실험결과, Y시차가 발생하는 원인이 KOMPSAT-2 영상을 생성할 때 PAN밴드를 MS밴드와 일치하도록 Warping처리하는 과정에서 발생한 에러, 즉 PAN밴드의 내부표정 에러 때문인 것으로 판단할 수 있었다.

또한 새로운 PAN밴드의 Warping 방식을 적용하여 PAN밴드의 내부표정 정확도를 향상함으로써 상호등록 에러와 밝기값 밀립현상을 제거하였고 Y시차 문제를 상당부분 개선하였음을 확인하였다. 따라서, 후속연구를 통해 보다 엄밀한 Warping기법이 KOMPSAT-2 영상 처리과정에 적용될 수 있다면 KOMPSAT-2 영상의 기하정확도 및 복사정확도가 많이 개선될 수 있을 것으로 기대한다. 끝으로 이 논문을 통해서 확인된 사항들이 향후 KOMPSAT-2 영상 및 후속으로 발사되는 위성영상들의 품질을 높이고 정밀지도제작 등의 분야에서 많이 활용되는 데 기여하기를 희망한다.

사 사

이 논문은 공간정보 전문인력 양성사업의 지원을 받아 수행된 연구입니다. 본 연구를 위해 많은 기술적 조언과 협력을 주신 한국항공우주연구원의 이동한 연구원과 쎬트랙아이의 김문규 PM께 감사드립니다. 아울러 Y시차 분석을 수행해주신 한진정보통신 공간영상개발팀과 실험에 도움을 준 인하대학교 지리정보공학전공 김혜연 씨께 감사드립니다. 논문의 형평성과 객관성을 위해서 세심하게 심사해주신 심사위원회도 깊이 감사드립니다.

참고문헌

- 서두천, 양지연, 2009. 센서모델링 특성에 따른 KOMPSAT-2 PAN 영상의 정확도. 항공우주기술, 8(2): 75-82.
- 양지연, 서두천, 최혜선, 임효숙, 2009. DEM 및 GCP 특성에 따른 KOMPSAT-2 영상의 정사보정 정확도 비교분석. 한국지형공간정보학회, 424-430.

- 이수암, 정재훈, 김태정, 2009. KOMPSAT-2 영상의 DEM 생성 및 상용 소프트웨어와의 성능평가. *대한원격탐사학회지*, 25(4): 359-366.
- 이태운, 정재훈, 김태정, 2008. 고해상도 위성영상과 기존 수치표고모델을 이용하여 신뢰성이 향상된 수치표고모델의 자동생성. *한국 GIS 학회지*, 16(2): 193-206.
- 이현직, 유지호, 고영창, 2009. 지형공간정보 생성을 위한 KOMPSAT-2 영상의 활용성 분석. *한국지형공간정보학회지*, 17(1): 21-35.
- 정재훈, 김태정, 2009. Spot 영상과 KOMPSAT-2 영상에서의 궤도 자세각 모델의 성능비교. *대한원격탐사학회지*, 25(2): 133-143.
- SPOT Image, 2002. SPOT satellite geometry handbook. S-NT-73-12-SI. 76 pages.
- T.Tserennadmid and Taejung Kim, 2009. Stereoscopic 3D modelling approach with KOMPSAT-2 satellite data, *Korean Journal of Remote Sensing*, 25(3): 205-214.
- Taejung Kim and Ian Dowman, 2006. Comparison of two physical sensor models for satellite images: position-rotation model and orbit-attitude model, *The Photogrammetric Record*, 21(114): 110-123.
- Taejung Kim, Hyunsuk Kim, and Sooahm Rhee, 2007. Investigation of Physical Sensor Models for Modelling SPOT 3 Orbits, *The Photogrammetric Record*, 22(119): 257-273.