

구름을 포함한 푸쉬브룸 스캐너 영상의 밴드간 상호등록

이원희* · 유수홍** · 허 준**†

*조선대학교 토목공학과, **연세대학교 사회환경시스템공학부

Image Registration of Cloudy Pushbroom Scanner Images

Won Hee Lee*, Suhong Yu**, and Joon Heo** †

*Department of Civil Engineering, Chosun University

*School of Civil & Environmental Engineering, Yonsei University

Abstract : Since PAN(panchromatic) and MS(multispectral) imagery of pushbroom scanner have the offset between PAN and MS CCD(charge coupled device) in the focal plane, PAN and MS images are acquired at different time and angle. Since clouds are fast moving objects, they should lead mis-registration problem with wrong matching points on clouds. The registration of cloudy imagery to recognize and remove the contamination of clouds can be categorized into three classes: (1) cloud is considered as noise and removed (2) employing multi-spectral imagery (3) using multi-temporal imagery. In this paper, method (1) and (3) are implemented and analysed with cloudy pushbroom scanner images.

Key Words : Image Registration, KOMPSAT-2, Cloud Detection, Cloud Removal.

요약 : 푸쉬브룸 스캐너 PAN영상과 MS영상 사이에는 오프셋이 존재하며 서로 다른 시간과 각도로 촬영하고 있다. 이로 인하여 구름과 같이 빠르게 움직이는 물체는 오정합 점들을 생성하며 이는 PAN영상과 MS영상간의 상호영상등록의 오차를 발생시킨다. 특히, 구름(안개 및 스모그 포함)이 있는 기상조건 하에서 얻어진 위성영상은 구름에 의해 가려진 지형정보를 추출하는 데 있어 많은 문제를 야기하기 때문에 정확한 영상등록을 위해서는 효과적인 구름 탐지 및 제거 알고리즘이 필요하다. 구름 제거를 위한 관련 연구들은 크게 다음과 같은 세 가지로 나누어지는데, (1) 구름 검출 알고리즘을 통해 구름으로 여겨지는 영역을 분리하여 구름영역을 제거하는 방법 (2) 다중분광영상의 밴드정보를 이용하는 방법 (3) 다시기 영상정보를 이용하는 방법들로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 구름 지역을 제거하는 방법과 다시기영상을 이용하는 방법을 사용하여 구름이 포함된 푸쉬브룸 스캐너 밴드간 영상등록의 정확도를 비교, 분석하였다.

1. 서 론

푸쉬브룸 스캐너 영상은 자료획득체계의 특성으로

인해, PAN(panchromatic) 영상과 MS(multispectral) 영상 사이에는 촬영각 차이 및 시간차가 존재한다. 이러한 차이들 때문에 구름과 같이 지상에서 높이 위치하고

접수일(2010년 11월 12일), 수정일(1차 : 2011년 1월 14일), 게재확정일(2011년 1월 14일).

† 교신저자: 허준(jheo@yonsei.ac.kr)

빠르게 이동하는 물체는 두 영상에서 서로 다른 위치를 가지게 되고 오정합을 발생시키게 된다. 본 연구에서는 원 영상에서 구름지역을 추출하고 이를 이용하여 추출된 정합점을 중에서 구름지역에 존재하는 정합점을 제거함으로써 영상등록시 구름에 의한 오차를 최소화하고자 하였다.

영상등록은 서로 다른 시기, 센서, 주점 등으로 인해 기하학적으로 이질적인 두 영상을 정합하는 과정을 말한다. 영상등록을 위해서는 정합점들이 필요한데, 위성 영상에 존재하는 구름은 위성영상간의 등록 시 오정합을 유발하므로 구름검출을 수행하여 구름이 아닌 지역에 대해서만 정합을 수행하는 알고리즘이 필요하다.

구름 제거를 위한 관련 연구들은 크게 단 영상에서 구름지역을 오차 영역으로 생각하여 필터링하는 방법, 다중분광영상의 밴드정보를 활용하는 방법과 다시기 영상정보를 이용하는 방법들로 크게 세 가지로 나누어 볼 수 있다(Li *et al.* (2002), Arellano (2003), Helmer and Ruefenacht (2005), Gabarda and Cristobal (2007), Tseng *et al.* (2008), Kong *et al.* (2009), Meng *et al.* (2010)). 본 연구에서는 구름을 포함하는 푸쉬브룸 스캐너의 PAN 영상과 MS 영상의 밴드간 상호등록의 정확도를 높이기 위하여 구름지역을 오차영역으로 생각하여 필터링하는 방법과 다시기 영상정보를 이용하는 방법을 실험하였다.

2. 실험방법 및 데이터

대부분의 푸쉬브룸 스캐너 형태의 위성은 데이터 용량과 방사에너지의 제한 때문에 높은 해상도와 낮은 분광특성을 가진 PAN 영상과 낮은 해상도와 높은 분광특성을 가진 MS 영상을 제공하고 있다. 따라서 서로 다른 해상도의 영상 검색을 위한 초기 위치를 설정해 주어야 하고, 실제정합위치와 2-3픽셀 이내로 근접하게 설정하여 주는 것이 좋다. 본 논문에서 제시하는 정합점 추출방법은 영역기반방법 중의 하나인 상관계수정합(cross-correlation matching)기법에 기반한다. 이 방법은 원영상과 영상정합을 위한 대상지역에서 특징점을 추출한 후, 추출된 한 점과 그 점에 대응하는 공액점 주변의 국부영역의 밝기값의 유사성 상관계수를 계산하는

방법이다. 장점으로는 영상 간의 작은 회전이나 축척변화가 있는 경우에 강건한 결과를 보여준다는 점이며, 단점으로는 원도우기반으로 대응점을 찾기 때문에 각 원도우내에 명백한 특징이 없는 경우가 많을 경우 매칭이 잘 되지 않을 확률이 높다. 그리고, 왜곡이 심할수록 시간소요가 크다. 실험에서 상관계수의 임계치는 0.9로 설정하였고, 입력영상은 PAN 영상이고 기준영상은 MS1 (green band) 영상이다. 이에 앞서 위성영상간의 정합을 위해서는 각각의 영상에 대응되는 지역의 탐색원도우를 생성하는 과정이 필요하다. 실험에 사용한 입력영상의 탐색 원도우의 크기는 17×17픽셀이며, 대응되는 기준영상의 탐색 원도우의 크기는 11×11픽셀이다. 이는 탐색원도우를 정합할 때 탐색원도우 크기를 변화시켜 정합에 수행되는 시관과 결과를 실험을 바탕으로 얻은 최적의 크기이다. 대상지역은 대구지역의 푸쉬브룸 스캐너 영상으로 2세트의 구름이 없는 영상(13143, 18285)과 1세트의 구름이 적게 포함된 영상(18168), 1세트의 구름이 많이 포함된 영상(18504)으로 구성되어 있다(Fig. 1 참조). PAN과 MS영상 간의 해상도 차이는 Fig. 2와 같다.

구름탐지 및 제거는 현재 많이 사용되고 있는 임계값 방법을 사용하였다. 임계값 계산을 위하여서는 반복적 임계치 산정기법을 이용하여 자동으로 임계치를 산정하였다. 임계값 방법은 임의의 화소값 들에 대해서 구름이 없는 지표의 특성값과 비교하여 임계값을 벗어나는 화소는 구름으로 간주하여 제거한다. 구름의 특성, 종류, 크기, 고도 등으로 인하여 영상마다 구름의 특성이 서로 다르므로, 구름의 판단여부는 얇은 구름층의 영향으로 인한 오차를 줄이기 위하여 임계값을 변화시키는 반복적인 실험을 통하여 최종적으로 얻어지는 임계값을 사용한다.

다시기 영상을 이용하는 방법은 얇은 구름이 가장 적은 다른 시기의 영상을 기본영상으로 하여 구름이 많은 영상에 대하여 정합점을 찾는 방법이다. 원본 영상을 컬러 스페이스 상에서 영상개선을 수행한 후 선형 분광 혼합 모델 (Linear spectral unmixing model)을 이용하여 구름과 구름의 그림자 지역을 탐지한다. 탐지 후 구름이 가장 적은 영상을 기본영상으로 하고 구름이 있는 다른 시기의 영상과의 비교 하였다. 기준영상을 격자지역으로 나눈 후 구름 구역과 인접하는 8개 구역정보들

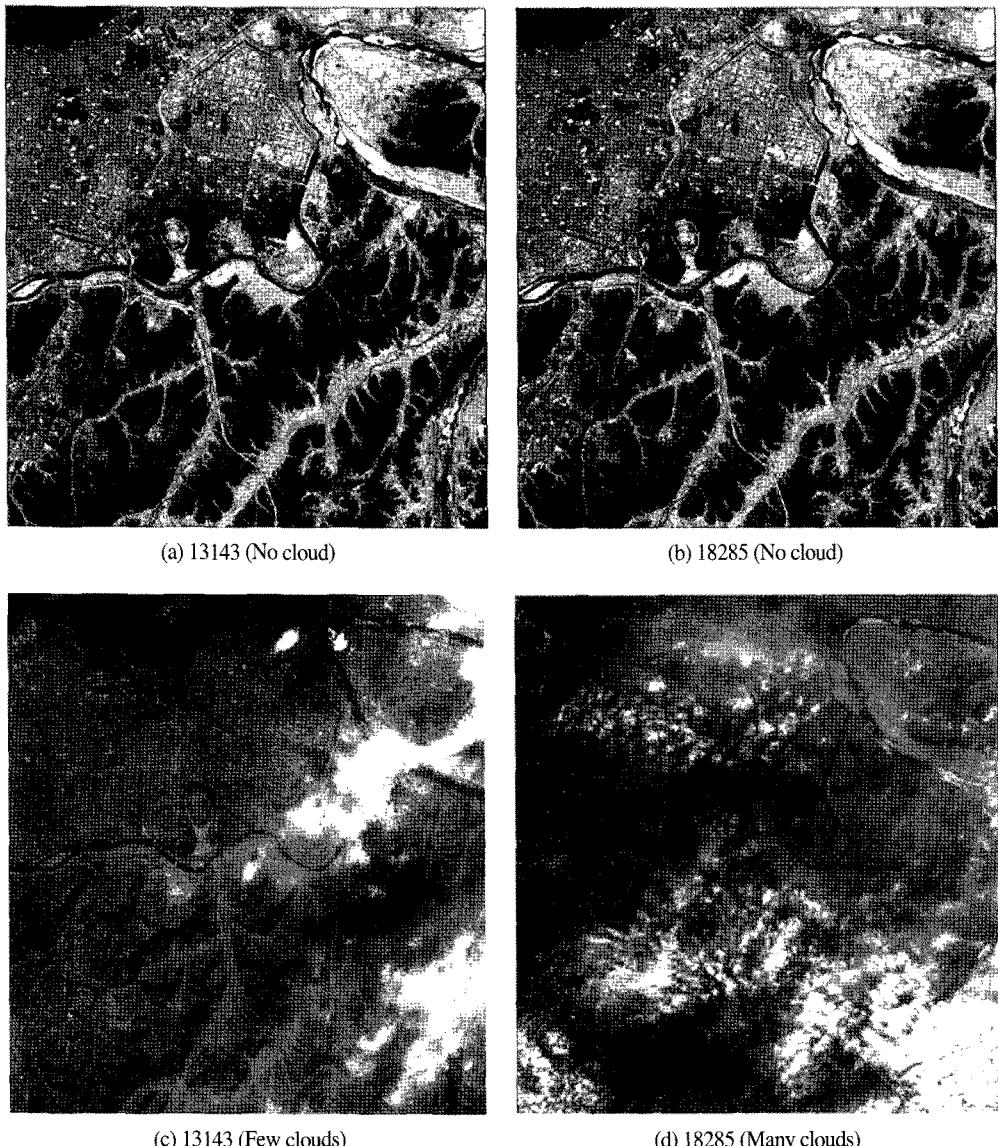


Fig. 1. Test image set.

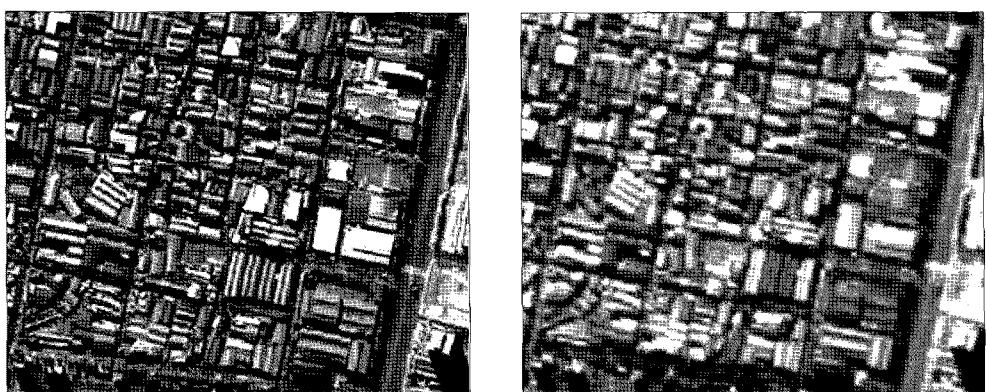


Fig. 2. Panchromatic (1m, left) and Multispectral imagery (4m, right).

을 이용하여 구름과 구름 그림자 지역을 탐지하여 제거하였다.

3. 실험 결과

실험에 사용된 푸쉬브룸 스캐너 영상은 4개의 MS CCD와 1개의 PAN CCD를 가지고 있고, MS와 PAN CCD가 시간차를 두고 영상을 취득하게 된다. 이로 인한 시차는 MS영상과 PAN 영상간의 상호등록에 문제를 야기한다. 상호등록에서 주로 문제가 생기는 부분은 취득시간의 차이로 인한 MS와 PAN 사이의 상호등록이다. 4개의 MS 밴드의 영상은 MS1 (green band)으로 등록되는데 여기서는 시차가 없기 때문에 상호등록에 오차가 많이 발생하지 않으므로, 본 연구에서는 MS1과 PAN과의 상호등록 부분만 생각하기로 한다.

영상등록의 과정은 다음과 같이 4단계로 나눌 수 있다. (1) 특이점 추출 (2) 특이점 매칭 (3) 매핑함수 디자인 (4) 영상변환 및 리샘플링(resampling). 특이점은 영상에 상관없이 구별이 쉽고 쉽게 탐지가 가능하여야 하고 매칭 알고리즘은 강건하고 효율적이어야 한다. 매칭은 주로 국부영역의 밝기값 유사성을 계산하는 영역기반방법(Aear based matching)과 추출된 객체들간의 모양 유사성을 계산하는 형상기반방법(Feature based matching)이 있다. 영역기반방법은 알고리즘이 단순하고 비교적 신속하지만 왜곡에 많은 영향을 받고, 형상기반방법은 객체 추출에 시간이 많이 소요되고 추출된 객체에 대한 신뢰성을 확보하기가 어렵다. 영역기반방법에서는 양쪽 영상의 화소값의 분포가 비슷하여야 정확도를 높일 수가 있으므로, 본 연구에서는 영역기반 매칭 알고리즘을 사용하기 전에 영상개선(image enhancement)을 먼저 실시하였다. 매핑함수를 선택할 때에는 사전정보를 알아야 하며, 이를 모를 때에는 차원의 감소에 상

관없이 유연하고 일반적인 매핑함수를 사용해야 한다. 영상변환과 리샘플링은 일반적으로 Nearest-neighbour나 Bilinear interpolation으로 충분하나, 특정한 경우에는 좀 더 정밀한 방법이 요구된다. 본 논문에서는 영상 전체에 대한 2차, 3차 다항식의 매핑함수(Mapping function)를 사용하였다. 높은 차수의 다항식은 영상을 과하게 왜곡시킬 수 있기 때문에 사용하지 않았다. 참고로 Spline 함수 또는 다른 Warping 방법을 영상등록에 적용하여도 비슷한 결과를 나타내었다. 리샘플링의 경우에는 정확도와 계산비용을 고려할 때 bilinear 기법이 가장 많이 사용되므로 이 방법을 채택하였다. Nearest-neighbour 기법의 경우에는 연산처리 속도는 빠르지만, 객체가 깨져 보이는 효과가 있다.

원영상을 구름지역 제거 없이 추출된 정합점을 모두 사용하는 경우 영상등록의 평균제곱근오차(RMSE) 결과는 다음과 같다. 구름이 없는 영상에서는 2차와 3차 다항식을 이용한 영상등록은 만족할 만한 정확도를 보여주고 있다. 따라서 전역적 매핑함수의 선택은 적절하다고 생각할 수 있다.

푸쉬브룸 스캐너의 기하학적 특성으로 인하여 라인(Line)과 샘플(Sample)의 오차는 구름이 많아질수록 Line방향의 오차가 증가함을 알 수 있다. Line 방향의 오차가 더 큰 이유는 MS1영상과 PAN영상 사이의 상호등록의 경우 0.8842° 의 시차로 인해 비행방향의 기복변위에 크게 영향을 받기 때문이다. 구름으로 인하여 생기는 오정합들은 Fig. 3과 같다.

정합점을 기준으로 하는 영역기반방법은 구름이 포함된 영상에서도 오정합의 문제가 발생하기도 하지만, 일정한 패턴이 있는 지역(주차장 등)에서도 역시 오정합 문제가 생긴다. 또한 푸쉬브룸 스캐너는 시차차이로 인하여 기복변위가 큰 산악지역에서도 부정확한 상호등록의 결과가 생기는 문제를 가지고 있다(Fig. 4).

구름을 탐지 후 제거하는 방법을 이용한 결과는

Table 1. Image registration using original PAN and MS1 imagery

기준영상	정합점	2차 다항식 (픽셀)		3차 다항식 (픽셀)	
		Line	Sample	Line	Sample
13143 (구름 없음)	2444	1.20	1.39	1.13	0.61
18285 (구름 없음)	2803	1.10	1.39	1.07	0.53
18168 (적은 구름)	1031	4.00	2.20	3.31	1.42
18504 (많은 구름)	797	10.73	4.42	10.16	4.23

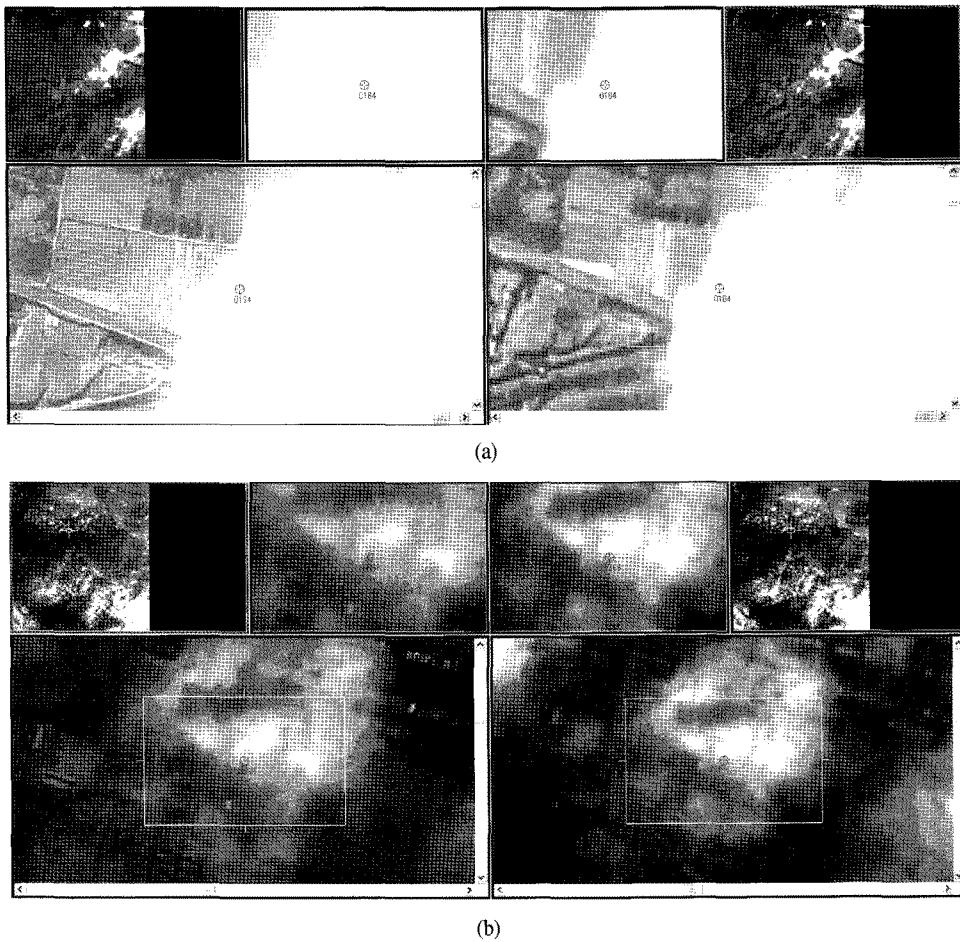


Fig. 3. Matching error points by clouds.

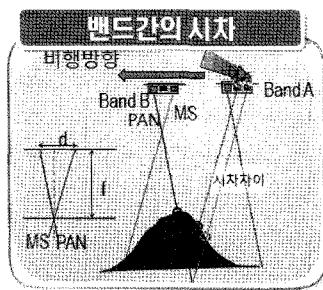


Fig. 4. Parallax between bands.

Table 2와 같다. 적은 구름이 있는 18168영상에서는 총 1031점의 정합점 중에서 491점이 제거된 후 540개의 정합점이 영상등록에 사용되었으며, 많은 구름이 있는 18504영상에서는 총 797점 중에서 452점이 제거된 후 345개의 정합점이 영상등록에 사용되었다. 18168영상에서는 Line방향으로는 4.00픽셀 RMSE가 1.34픽셀, Sample방향으로는 2.20픽셀 RMSE가 0.24픽셀로 감소하였다. 18504영상에서는 10.73(Line), 4.42(Sample)

Table 2. Image registration with cloud removal

기준영상	정합점	2차 다항식 (픽셀)		3차 다항식 (픽셀)	
		Line	Sample	Line	Sample
18168 (적은 구름)	540	1.34	0.24	1.32	0.24
3.5 σ 오정합 제거	529	1.27	0.24	1.25	0.24
18504 (많은 구름)	345	5.42	1.80	5.21	1.68
3.5 σ 오정합 제거	331	5.31	1.72	4.57	1.59

Table 3. Image registration with multi-temporal analysis

기준영상	정합점	2차 다향식 (픽셀)		3차 다향식 (픽셀)	
		Line	Sample	Line	Sample
18168 (적은 구름)	564	2.34	0.26	2.23	0.26
3.5 σ 오정합 제거	539	1.10	0.22	1.84	0.22
18504 (얇은 구름)	332	6.31	1.97	5.36	1.91
3.5 σ 오정합 제거	326	5.63	1.97	4.73	1.90

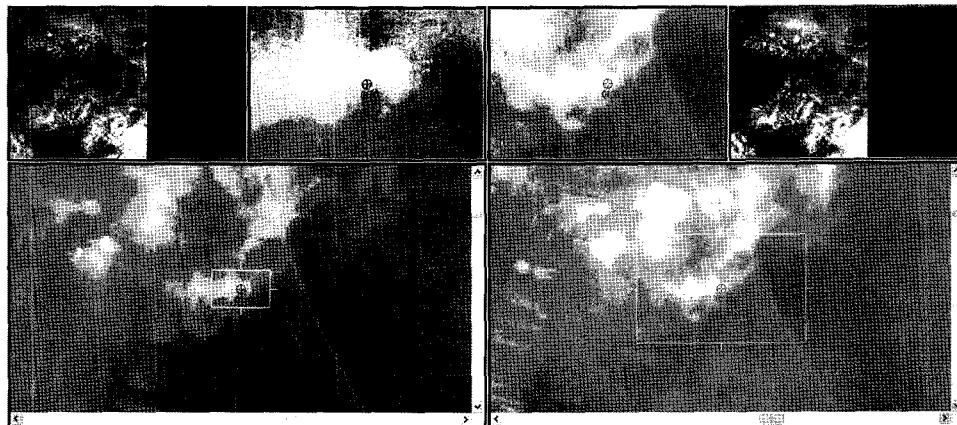


Fig. 5. Matching error point in thin cloud.

픽셀 오차가 5.42(Line), 1.80(Sample) 픽셀로 감소하였다. 18504 영상에서는 얇은 구름의 영향으로 인하여 오차가 크다.

다시기 영상을 이용한 영상등록의 결과는 Table 3과 같다. 적은 구름이 있는 18168영상에서는 총 1031점의 정합점 중에서 467점이 제거된 후 564개의 정합점이 영상등록에 사용되었으며, 많은 구름이 있는 18504영상에서는 총 797점 중에서 465점이 제거된 후 332개의 정합점이 영상등록에 사용되었다. 18168영상에서는 Line방향으로는 4.00픽셀 RMSE가 2.34픽셀, Sample 방향으로는 2.20픽셀 RMSE가 0.26픽셀로 감소하였다. 18504영상에서는 10.73(Line), 4.42(Sample) 픽셀 오차가 6.31(Line), 5.63(Sample) 픽셀로 감소하였다. 18504 영상에서는 얇은 구름의 영향으로 인하여 오차가 크다. 제거된 정합점의 수와 오차의 크기는 구름제거 방법과 다시기 영상 이용방법이 큰 차이를 보이고 있지는 않고 있고, 두 방법 모두 얇은 구름이 있는 지역에서는 정확도가 떨어지는 경향을 보이고 있다(Fig. 5).

4. 결 론

푸쉬브룸 스캐너 영상은 자료획득체계의 특성으로 인해, PAN 영상과 MS 영상 사이에는 활영각 차이 및 시간차가 존재한다. 이로 인하여 구름과 같이 빠르게 물체는 PAN과 MS 영상간의 영상등록에 오차를 발생시키는 요인이 되고 있다. 본 논문에서는 대표적 구름제거 기법인 구름 검출 알고리즘을 통해 구름으로 여겨지는 영역을 분리하여 구름영역을 제거하는 기법과 다시기 영상정보를 이용하는 기법을 푸쉬브룸 스캐너 영상에 적용하였을 때 나타나는 영상등록의 성능 차이를 기술하였다. 이를 위해 영상등록 정확도를 산출하였으며, 통계적 오정합 점들의 제거 후 정확도 계산을 수행하였다. 두 가지 방법 모두 얇은 구름이 있는 지역에서는 오차가 발생하였으나 그 외의 구름지역에서는 성공적인 오정합 점 제거를 통하여 전체적인 정확도는 향상됨을 보였다. 푸쉬브룸 스캐너 위성영상에서는 구름 검출 알고리즘을 통해 구름으로 여겨지는 영역을 분리하여 구름영역을 제거하는 방법이 높은 정확도를 보였으며, 구름이 적은 영상의 경우 1~5픽셀의 오차가 1~2픽셀로 감소하였고

구름이 많은 영상의 경우 15~20픽셀의 오차가 5~10픽셀로 감소하였다.

참고문헌

- Arellano, P., 2003. Missing information in remote sensing wavelet approach to detect and remove clouds and their shadows, *Master Thesis, Institute of Geo-information Science and Earth Observation*, Enschede, The Netherlands.
- Gabarda, S. and G. Cristobal, 2007. Cloud covering denoising through image fusion, *Image Vision Computation*, 25: 523-530.
- Helmer, E. H. and B. Ruefenacht, 2005. Cloud-free satellite image mosaics with regression trees and histogram matching, *Photogrammetry Engineering & Remote Sensing*, 71(9): 1079-1089.
- Kong, J. G. S. Hu, and D. Liang, 2010. Thin cloud removing approach of color remote sensing image based on support vector machine, 2010 *Asia-Pacific Conference on Wearable Computing Systems*, 131-135.
- Liwe, S. C., M. Li, and L. K. Kwok, 2003. Producing cloud free and cloud-shadow free mosaic from cloudy IKONOS images, *Proceedings 2003 IEEE International Geoscience and Remote Sensing System*, Toulouse, France.
- Meng, Q., B. E. Borders, C. J. Ciesewski, and M. Madden, 2009. Closest spectral fit for removing clouds and cloud shadows, *Photogrammetry Engineering & Remote Sensing*, 75(5): 569-576.
- Tseng, D. C., H. T. Tseng, and C. L. Chien, 2008. Automatic cloud removal from multi-temporal SPOT images, *Applied Mathematics and Computation*, 205: 584-600.