

부가처리시스템을 이용한 다목적실용위성 영상자료 위치정확도 개선

이광재¹ · 윤희천^{2*} · 김윤수¹

Improvement of KOMPSAT Imagery Locational Accuracy Using Value-Added Processing System

Kwang-Jae LEE¹ · Hee-Cheon YUN^{2*} · Youn-Soo KIM¹

요 약

국가 우주개발 프로그램에 따라 개발되고 있는 다목적실용위성 시리즈 영상자료에 대한 활용도 증대를 위해서는 표준화된 후처리 공정을 통해 위치정확도가 향상된 고품질의 영상을 생성할 필요가 있다. 본 연구에서는 다목적실용위성 영상자료 후처리를 위하여 구축된 부가처리시스템을 이용하여 국내외 지역의 다목적실용위성 2호, 3호 영상자료에 대한 위치보정 실험을 수행하였다. 우선 남한과 북한지역에서 다목적실용위성 2호 영상자료를 각각 50장씩 선정한 후 GCP Chip을 이용한 모델링 결과 남한과 북한에 대한 RMSE(Root Mean Square Errors)는 각각 1.59 화소와 2.04 화소로 나타났으며, 검사점을 이용한 정사모자이크영상에 대한 위치정확도는 각각 1.33m (RMSE)와 1.90m(RMSE)로 나타났다. 한편 GCP 확보에 어려움이 존재하는 해외지역의 경우 공개도로지도에 이용된 영상보정을 통해 위치정확도 향상을 확인할 수 있었다. 향후 본 연구에서 사용된 부가처리시스템과 참조자료는 전 세계지역에 대한 정밀 영상 DB 구축에 있어 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주요어 : 다목적실용위성, 부가처리시스템, 부가처리, 영상기준점, 공개도로지도

ABSTRACT

To increase the utilization of the Korea Multi-Purpose SATellite(KOMPSAT) series imagery being developed pursuant to the national space development program, high quality images with enhanced locational accuracy should be created through standardized post-processing processes. In the present study, using the Value-Added Processing

2015년 9월 29일 접수 Received on September 29, 2015 / 2015년 11월 17일 수정 Revised on November 17, 2015 /
2015년 12월 7일 심사완료 Accepted on December 7, 2015

1 한국항공우주연구원 위성활용협력팀 Satellite Information Cooperation Team, Korea Aerospace Research Institute

2 충남대학교 토목공학과 Dept. of Civil Engineering, Chungnam National University

* Corresponding Author E-mail : hcyoon@cnu.ac.kr

System(VAPS) constructed for the post-processing of KOMPSAT imagery, location correction experiments were conducted using KOMPSAT-2 and -3 imagery from domestic and overseas regions. First, 50 pieces from each of KOMPSAT-2 imagery were selected from South Korean and North Korean regions, and modeling was conducted using GCP Chips. According to the results, the Root Mean Square Errors(RMSE) for South Korea and North Korea were 1.59 pixels and 2.04 pixels, respectively, and the locational accuracy of ortho mosaic imagery using check points were 1.33m(RMSE) and 1.90m(RMSE), respectively. Meanwhile, in the case of overseas regions for which GCP could not be easily obtained, the improvement of locational accuracy could be identified through image corrections using Open Street Map(OSM). The VAPS and reference materials used in the present study are expected to be very useful in constructing a precise image DB for entire global regions.

KEYWORDS : KOMPSAT, VAPS, Value-Added Processing, GCP Chip, Open Street Map

서 론

각종 지구관측 위성으로부터 촬영되는 다양한 영상자료는 전 지구적인 재해재난, 기후 및 환경변화 분석 등에 이르기까지 매우 광범위하게 사용되고 있다. 특히 저궤도의 고해상도 위성영상은 각종 변화 감시에서부터 원인 분석에 이르기까지 매우 활발하게 이용되고 있다(Lee *et al.*, 2014). 과거에는 인공위성으로부터 획득한 영상을 단순히 처리하여 배포하였다면, 최근에는 위성영상을 가공하여 다양한 분야에 서비스함으로써 부가가치를 높일 수 있는 고부가 활용에 중점을 두고 있다. 그 동안 우리나라는 우주기술 자립을 위해서 우주개발중장기계획에 따라 다양한 위성개발 사업을 수행해 왔으며, 그 중에서 저궤도 고해상도 지구관측위성인 다목적실용위성 시리즈는 높은 공간해상도를 바탕으로 각종 주제도 제작을 비롯하여 국토 및 환경 변화감시, 재해재난 분석 등에 있어 매우 유용하게 활용될 수 있다(Lee *et al.*, 2009; Lee *et al.*, 2012; Song and Oh, 2014). 현재 운영 중에 있는 다목적실용위성 시리즈는 한반도를 비롯하여 전 세계지역을 대상으로 막대한 고해상도 영상을 획득할 수 있기 때문에 한반도뿐만 아니라 해외지역 영상자료 활용을

극대화 시키기 위한 연구가 필요하다.

현재 다목적실용위성 광학 영상자료는 일반 사용자에게 표준영상(1R, 1G) 형태로만 제공되고 있기 때문에 사용자가 원하는 형태로 자료를 활용하기 위해서는 부가적인 가공처리를 직접 수행할 수밖에 없는데, 이는 신속하고 효율적인 위성영상 활용에 있어 문제점으로 대두될 수 있다. 예를 들어 대규모의 재해재난 등과 같은 국가적인 비상상황 시에 신속히 위성영상을 활용함에 있어 자료가공에 따른 시간 소요로 인해 자료 활용의 적시성이 떨어질 수도 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 표준화된 부가처리를 통해 고품질의 신뢰성 높은 자료를 제공할 필요가 있는데, 최근에는 위성영상에 대한 방사보정과 정사보정을 비롯하여 식생지수 산출까지 자동으로 처리할 수 있는 시스템이 개발되고 있다(Ostir *et al.*, 2013).

고해상도 위성영상에 대한 부가처리에 있어 가장 중요한 요소는 정밀 위치보정에 있다. 일반적으로 고해상도 위성영상과 함께 제공되는 RPC(Rational Polynomial Coefficient)는 GCP(Ground Control Point)를 사용하지 않고(Tao and Hu, 2001; Wang *et al.*, 2005), 위성의 궤도정보와 카메라 모델을 통해 생성되기 때문에 위성의 다양한 편의(bias)가 포함되어 있다. 따라서 지도제작 등과 같이 높은 위치

정확도를 필요로 할 경우에는 정확도 향상을 위한 추가적인 처리과정이 요구되는데, Fraser *et al.*(2003)은 GCP를 사용하여 IKONOS-2 RPC의 외부표정 편의를 제거함으로써 IKONOS-2 Geo 등급의 영상에 대한 위치정확도를 향상시킬 수 있음을 확인하였다. PAD(Precision Attitude Determination)와 POD(Precision Orbit Determination)가 적용된 다목적실용위성 2호와 3호 표준영상에 대한 기하위치(geo-location) 요구정확도는 각각 80m(Circular Error at 90% probability; CE90)와 70m(CE90)이나, Saunier *et al.*(2008)은 GCP가 미적용된 2호 표준영상(1R)의 위치정확도가 당초 설계치 보다 높으며, RPC의 편위량(shift)을 보정하기 위해 단일 GCP를 적용할 경우 약 6.6m(Root Mean Square Error; RMSE) 정도의 위치정확도를 가지는 것으로 발표하였다. 한편 높은 위치정확도 확보를 위해서는 다수의 GCP가 필요하지만 많은 연구에서 GCP 확보에 어려움이 존재하기 때문에 기존 정사영상과 DEM(Digital Elevation Model)에서 GCP를 추출하여 신규 영상을 보정하거나(Gianinetta and Scioni, 2008; Oh *et al.*, 2013) 과거 영상기준점(GCP Chip)을 신규 영상보정에 재사용하는 방안(Kim and Im, 2003) 등이 제시되었으며,

이외에도 다양한 영상매칭 방식을 통한 자동 기하보정 방안이 발표되었다(Han *et al.*, 2006; Yu *et al.*, 2008; Han *et al.*, 2010; Han *et al.*, 2011).

한편 다량의 고해상도 영상자료를 체계적으로 부가처리하기 위해서는 자동화된 처리시스템이 요구되지만, 이에 대한 연구는 아직까지 미흡한 실정이며, 특정지역에 대한 제한된 소수의 영상만을 이용한 실험이 대부분이었다. 따라서 본 연구에서는 자동 처리시스템을 이용하여 국내외 지역의 다양한 다목적실용위성 2호와 3호 영상자료에 대해 위치보정한 후 그 결과에 대해서 분석하고자 한다.

부가처리시스템

부가처리시스템(Value-Added Processing System; VAPS)은 당초 다목적실용위성 2호 영상자료를 보다 손쉽게 가공하기 위하여 개발된 후처리시스템이었다(Lee *et al.*, 2014). 초기 VAPS는 영상융합, 정사보정, 모자이크를 자동으로 수행한 후 사용자 정의에 따라 영상을 절취하는 총 3단계의 자료처리 공정을 가지고 각 공정별로 독립된 사용자 인터페이스(User Interface; UI)를 가지도록 개발하였다.

현재 운영되고 있는 VAPS는 기존 시스템과

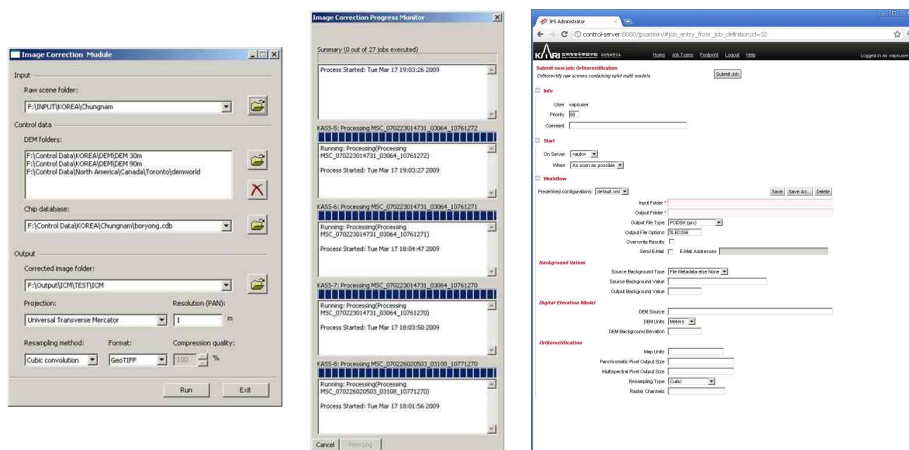


FIGURE 1. User interface of the VAPS(left : ICM, right : ortho module)

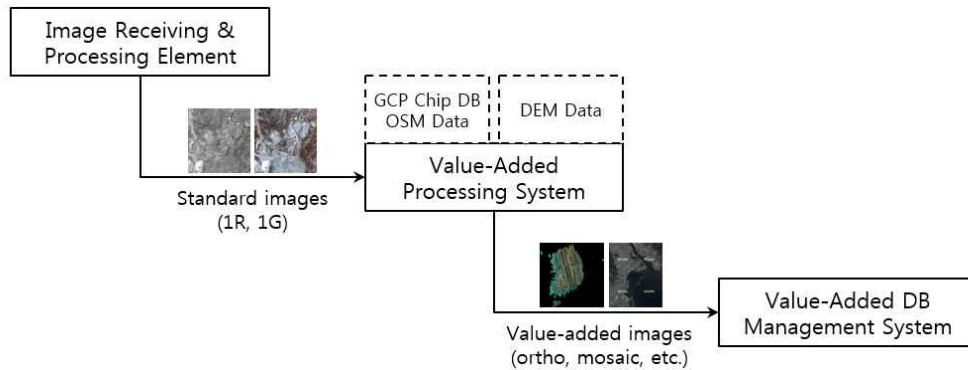


FIGURE 2. Operation interface of the VAPS and operation flow

비교하여 소프트웨어 및 하드웨어적으로 성능이 많이 개선되었다. 우선 다목적실용위성 2호 뿐만 아니라 3호 영상자료도 처리가 가능하며, 그래픽처리장치(Graphics Processing Unit; GPU)를 기반으로 한 다중 병렬처리가 지원된다. 또한 자료처리 공정이 기존 3단계에서 5단계로 세분화되고 각 모듈별 자료처리 기능이 웹 기반의 UI로 변경됨과 동시에 자료처리 스케줄 관리 등이 가능하게 되었다. 그림 1은 초기 VAPS의 영상보정모듈(Image Correction Module; ICM)과 개선된 VAPS의 정사보정모듈 UI를 보여주고 있다. VAPS는 컨트롤서버를 통해 모든 작업이 관리되며, 4대의 처리서버는 GPU를 기반으로 고속 자료처리가 가능하도록 하였다.

한편 그림 2는 VAPS를 중심으로 전/후 시스템간의 운영 인터페이스를 나타내고 있다. IRPE(Image Receiving & Processing Element)를 통해 수신된 2호와 3호 자료는 표준처리과정을 통하여 1R 또는 1G로 생성된 후 VAPS로 전달되며, VAPS는 다양한 참조자료를 이용하여 표준영상을 부가 처리하여 정사영상, 모자이크영상 등을 생성한다. 이와 같이 생성된 결과물들은 VAMS(Value-Added DB Management System)에 등록되어 안정적으로 관리 및 유지된다.

자료처리 실험

1. 대상지역 및 사용자료

본 연구의 대상지역은 크게 한반도와 해외지역으로 구분할 수 있으며, 한반도는 그림 3과 같이 남한지역과 북한지역으로 세분화 된다. 한편 해외지역의 경우 연구대상 지역으로 그림 4와 같이 미국 나파밸리(Napa Valley), 중국 텐진(Tianjin), 이라크 아르빌(Arbil), 쿠웨이트 알자라(Al Jahra) 지역을 선정하였다.

한반도 자료처리 실험을 위해서 남한과 북한 지역에서 각각 다목적실용위성 2호 1R 영상 50장을 선정하였으며, 이들 영상은 2011년부터 2013년 사이에 촬영된 운량 A등급(운량 10% 이내) 영상으로 인접하여 모자이크가 가능한 영상들이다. 한편 해외지역의 경우 그림 4와 같이 각 지역별로 4장씩을 선정하였으며, 나파밸리와 아르빌은 다목적실용위성 3호 영상을 텐진과 알자라는 다목적실용위성 2호 영상자료를 사용하였다.

위성영상에 대한 정밀한 위치보정을 위해서는 다양한 지상 참조자료들이 요구되는데, 본 연구에서는 연구대상 지역별 자료처리 실험 목적이 다르기 때문에 지역별로 서로 다른 지상 참조자료를 사용하였다. 우선 한반도의 경우 정밀 영상보정이 목적이기 때문에 이전 연구(Lee *et al.*, 2014)를 통해 구축한 공간해상도 1m의 GCP Chip을 이용하였으며, 남한지역은 축척

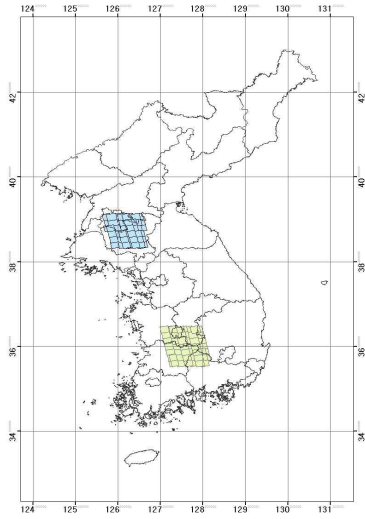
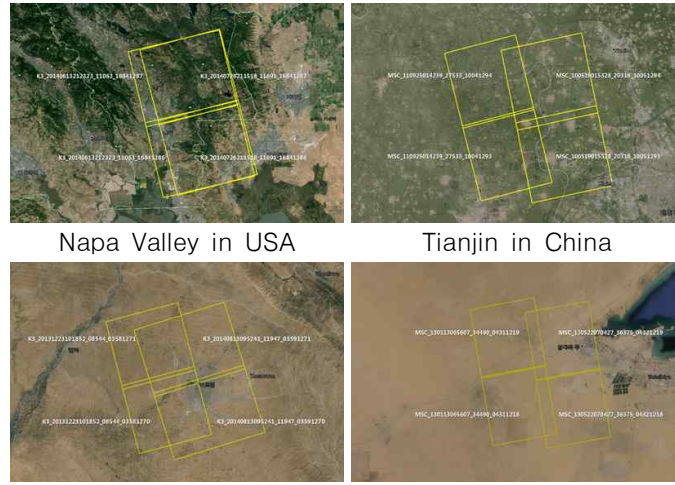


FIGURE 3. Test areas in the Korean peninsula



Napa Valley in USA

Tianjin in China

Arbil in Iraq

Al Jahra in Kuwait

FIGURE 4. Oversea test areas

1:5,000 수치지형도를 이용하여 생성한 격자간격 5m의 DEM을, 북한지역은 유관기관으로부터 제공받는 격자간격 10m의 DEM을 사용하였다. 한편 해외지역의 경우 정밀 지상참조자료 확보에 어려움이 존재하기 때문에 일반에 공개된 자료를 활용하는 것으로 하였는데, 공개도로 지도(Open Street Map; OSM)와 SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) DEM (3 arc second)이 사용되었다. OSM은 위키피디아(wikipedia)처럼 특정기업이나 단체가 아

닌 일반 사용자들이 만들어가는 오픈소스(open source) 방식의 참여형 무료지도로서 인터넷 (www.openstreetmap.org)을 통해 지리정보를 검색할 수도 있지만, 다운로드 받아서 오프라인 환경에서도 사용이 가능하다. 본 연구에서는 다운로드한 OSM을 shp 파일형태로 변환한 후 불필요한 레이어는 삭제하고 도로 정보만을 추출하여 사용하였다. 그림 5는 OSM 자료의 위치정확도를 개략적으로 분석한 결과로서 대전 지역 구글어스 영상 위에 축척 1:5,000 수치지



FIGURE 5. Overlap of the OSM(yellow line) and the digital map(red line) in Daejeon

형도와 OSM을 중첩한 결과이다. 그림 5의 우측 확대영상에서 보듯이 OSM 자료가 기존 수치지형도 및 구글어스의 도로 중심과 잘 일치하고 있는 것으로 나타났다.

2. 자료처리

본 연구의 자료처리 절차는 그림 6과 같다. 실험에 사용된 다목적실용위성 2호 1R 영상의 경우 흑백과 칼라밴드 간에 밴드정합이 되어 있지만, 3호의 경우 1G 영상에서만 밴드정합이 되어있기 때문에 자료처리에 있어 2호 영상의 경우 그림 6과 같이 영상융합, 정사보정, 모자이크 순으로 진행되는 반면 3호 영상은 정사보정 이후에 영상융합 과정을 거친다.

일반적으로 영상보정을 위해서는 수작업을 통한 GCP 수집과정이 요구되지만 자동화 처리 시스템에서는 영상매칭과 같은 방식으로 GCP를 자동으로 수집한다. 본 연구에서는 참조정보로 구축된 GCP Chip과 OSM을 FFT(Fast Fourier Transform) 매칭방식을 이용하여 GCP를 수집한 후 RPC 블록조정 방식을 이용하여 모델링을 수행하였다. Grodeci *et al.* (2003)이 제안한 RPC 블록조정 방식은 식 (1)을 테일러 선형화와 최소제곱법과 반복계산에 의하여 최확값과 조정변수를 구한 후 기존 RPC의 편의를 보정하는 방식으로 중복영상이 많을 경우 효율적이다.

$$L_i = \Delta l + l(\phi, \lambda, h) + \varepsilon_{L_i} \tag{1}$$

$$S_i = \Delta s + s(\phi, \lambda, h) + \varepsilon_{S_i}$$

여기서, L_i 과 S_i 는 임의의 영상 i 지점에서 관측한 기준점의 영상좌표이며, $l(\phi, \lambda, h)$ 과 $s(\phi, \lambda, h)$ 는 기존 RPC를 이용하여 산출한 영상좌표, ε_{L_i} 와 ε_{S_i} 는 부정오차이다. 식 (1)에서 Δl 과 Δs 는 영상좌표 조정계수 항으로 식(2)와 같이 나타낼 수 있다

$$\Delta l = a_0 + a_s S + a_L L + s_{SL} SL + a_{L2} L^2 + a_{s2} S^2 \dots$$

$$\Delta s = b_0 + b_s S + b_L L + b_{SL} SL + b_{L2} L^2 + b_{s2} S^2 \dots \tag{2}$$

한편 정사영상 생성에 있어 남한지역은 격자간격 5m DEM을 북한지역은 10m DEM을 사용하였으며, 기타 해외지역에 대해서는 격자간격 90m로 변환된 SRTM DEM을 사용하였다. 또한 VAPS에서의 영상융합은 원본 칼라영상과 흑백영상 그리고 융합영상간의 화소 값의 상관관계를 이용하여 각 밴드의 평균값과 표준편차를 유지함과 동시에 색상왜곡이 적인 Zhang (2002, 2004)이 제안한 알고리즘을 기반으로 수행되었으며, 영상모자이크는 중첩구간에서 화소 값 차이가 최소가 되도록 접합선을 추출하

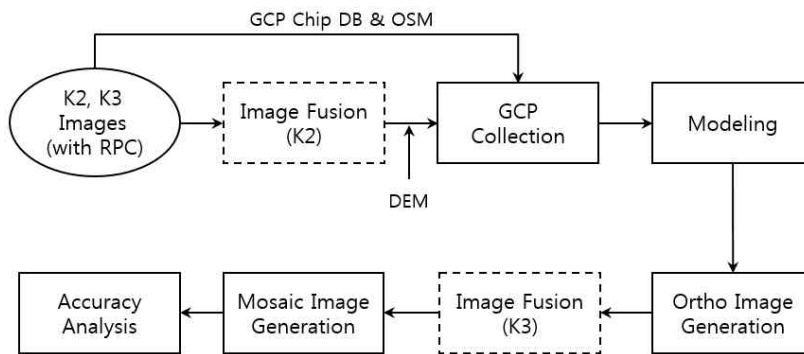


FIGURE 6. Data processing flow

여 모자이크를 수행하였다.

결과 및 고찰

우선 GCP Chip 기반으로 남·북한의 다목적 실용위성 2호 영상자료 50장에 대한 모델링 결과는 각각 1.59 화소(RMSE)와 2.04 화소(RMSE)로 나타났으며, 남·북한 모두 X, Y 방향으로의 오차는 균일한 것으로 확인되었다. 표 1은 해외지역 영상을 OSM 자료를 이용하여 모델링한 결과를 나타내고 있다.

표 1에서 영상상의 도로와 OSM이 일부 불일치하는 중국 텐진지역의 경우 모델링 정확도가 다소 낮게 나타났지만, 기타 다른 지역 영상에서의 평면 RMSE는 3 화소를 넘지 않는 것으로 나타났으며, X와 Y방향으로의 오차도 균일한 것으로 확인되었다.

한편 VAPS 기반으로 GCP Chip을 이용하여 생성한 남·북한 지역의 정사모자이크영상에

대한 위치정확도 분석은 기존 연구(Lee *et al.*, 2013)를 통해서 구축된 한반도 정사영상에서 일정간격으로 추출한 남한 190점과 북한 142점의 검사점을 이용하여 수행하였다. 그림 7은 남한과 북한의 검사점 분포 현황을 나타내고 있다.

그림 8과 그림 9는 남·북한 정사모자이크영상에 대한 위치정확도 분석 결과를 보여주고 있다. 남한지역 정사모자이크영상의 위치정확도는 1.33m(RMSE)로 나타났으며, X와 Y방향으로의 편차는 일정한 것으로 나타났다. 한편 북한지역은 1.90m(RMSE)로 남한지역과 비교하여 위치정확도가 다소 떨어지는 것으로 나타났으며, 일부 지역에서는 최대 약 8.50m까지 편차가 존재하는 것으로 나타났다. 주로 산악지역에서 위치정확도가 낮게 나타났는데, 이는 남한지역에 비해 사용된 DEM의 해상도 및 품질 등이 떨어지기 때문에 나타난 현상으로 해석된다.

TABLE 1. The results of sensor modeling using the OSM (unit : pixel)

	Scene ID	RMSE	
		X	Y
USA	K3_20140613212323_11063_16841286	1.61	1.85
	K3_20140613212323_11063_16841287	1.87	1.98
	K3_20140726211518_11691_16841286	1.30	2.00
	K3_20140726211518_11691_16841287	1.98	1.75
China	MSC_100519015328_20316_10051293	4.57	4.89
	MSC_100519015328_20316_10051294	4.64	3.63
	MSC_110925014239_27533_10041293	2.95	2.82
	MSC_110925014239_27533_10041294	4.94	2.04
Iraq	K3_20131223101852_08544_03581270	1.60	1.98
	K3_20131223101852_08544_03581271	1.69	1.88
	K3_20140813095241_11947_03591270	1.98	1.96
	K3_20140813095241_11947_03591271	2.00	1.96
Kuwait	MSC_130113065607_34490_04311218	1.80	1.07
	MSC_130113065607_34490_04311219	1.70	1.88
	MSC_130522070427_36375_04321218	1.79	1.73
	MSC_130522070427_36375_04321219	1.86	1.99

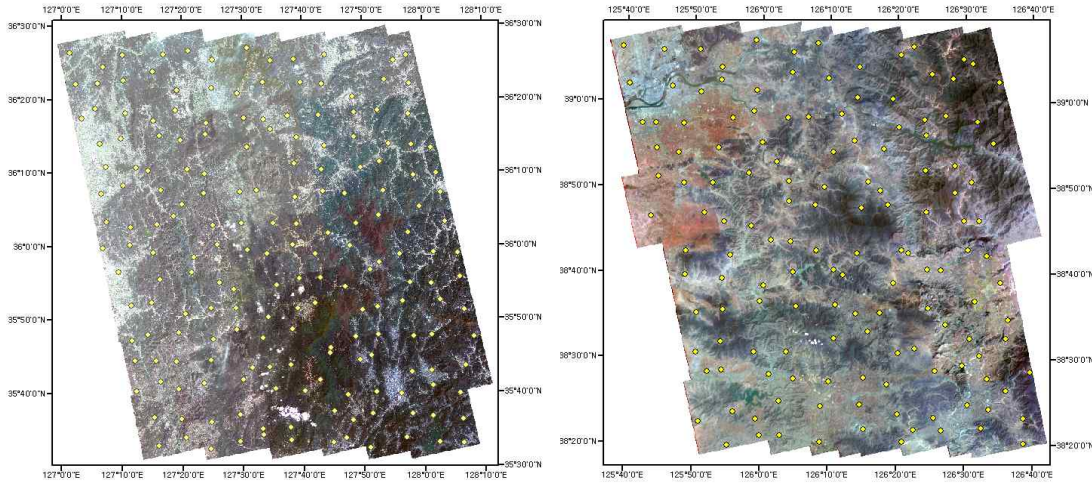


FIGURE 7. Distribution of the check points in South Korea(left) and North Korea(right)

본 연구를 통해 생성된 해외지역 정사영상에 대한 위치정확도는 그림 10과 같이 OSM과의 중첩을 통해서 확인하였다.

그림 10에서 좌·우 영상간의 중복율이 약 85% 이상인 미국 나파벨리 영상은 중첩구간에서 도로 등이 이격 없이 연속되고 OSM과의 중첩에서도 도로 중심이 잘 일치하는 것으로 나타났다. 한편 중국 톈진지역의 경우 OSM이 고

르게 분포하는 좌측의 2010년 영상 2장에서는 OSM과 잘 일치하는 것으로 나타났지만, OSM 자료가 부족한 우측의 2011년 영상 2장의 경우 일부 지역에서 OSM의 도로 중심과 최대 약 10m 정도 차이가 발생하는 것으로 확인되었다. 이라크 아르빌과 쿠웨이트 알자라주 지역은 지형의 고저 차이가 거의 없는 평탄한 사막지역으로 OSM 자료가 존재하는 도심부분과 공항지

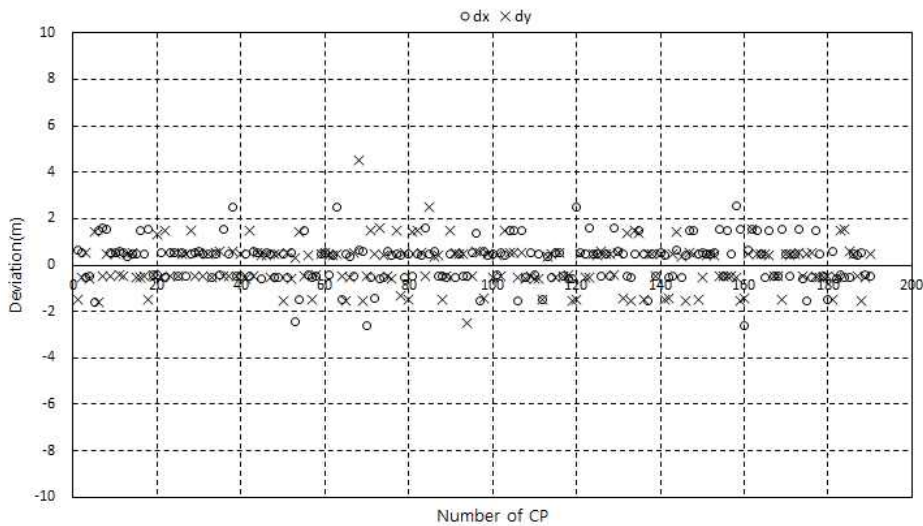


FIGURE 8. Accuracy analysis of the ortho mosaic image in South Korea

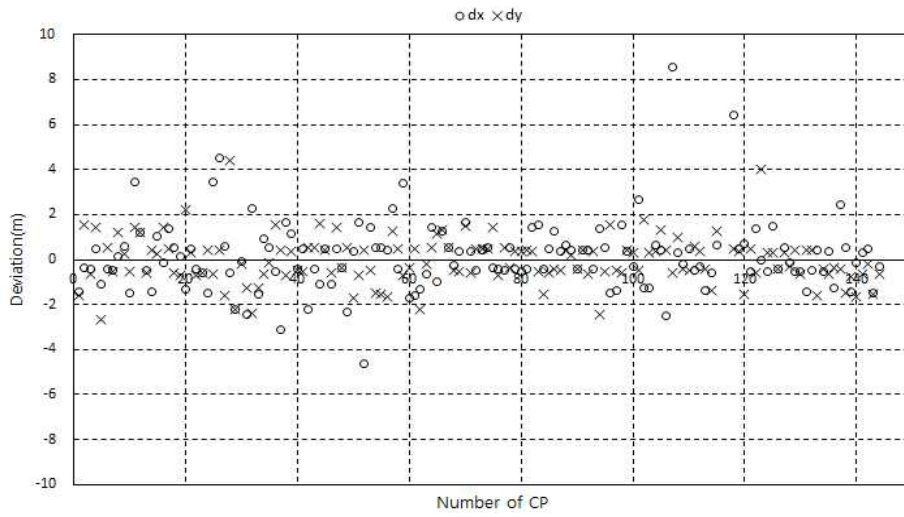
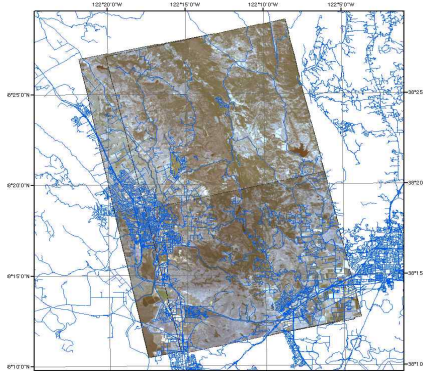
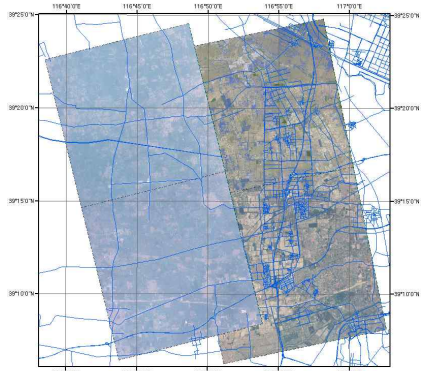


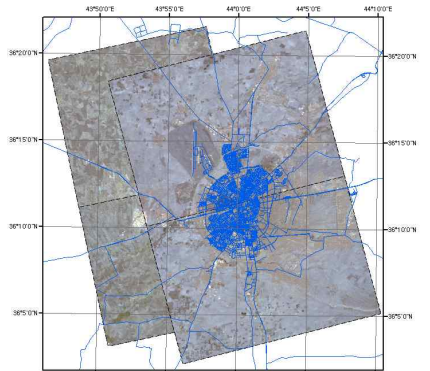
FIGURE 9. Accuracy analysis of the ortho mosaic image in North Korea



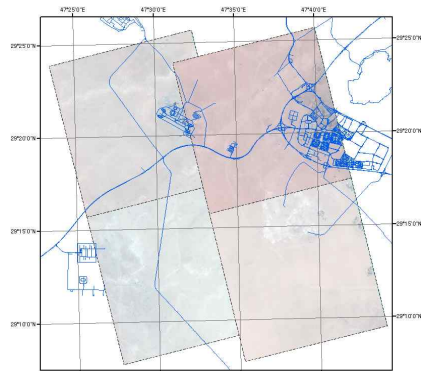
Napa Valley in USA(K3 0.7m color)



Tianjin in China(K2 1m color)



Arbil in Iraq(K3 0.7m color)



Al Jahra in Kuwait(K2 1m color)

FIGURE 10. Generation of the ortho images using the OSM

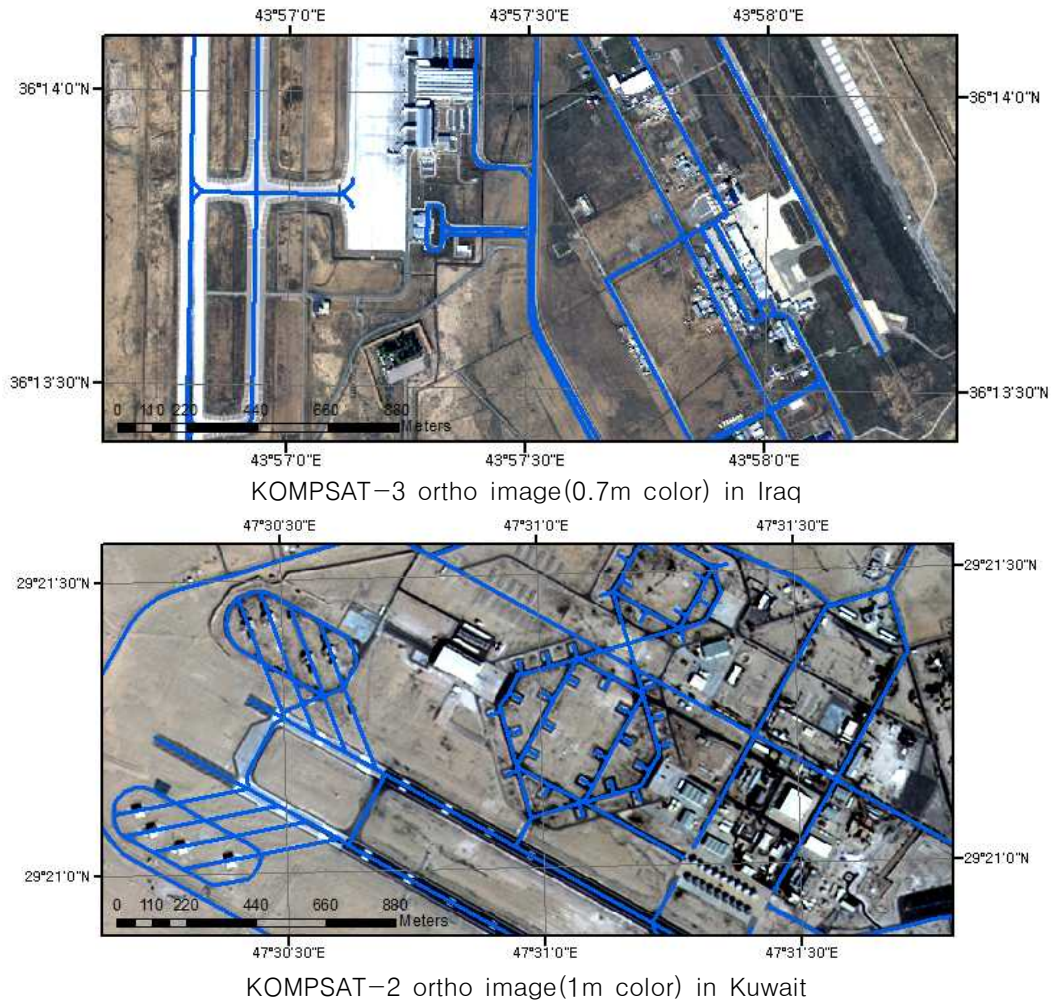


FIGURE 11. Overlap of the KOMPSAT ortho images and the OSM

역의 경우 그림 11과 같이 OSM과 매우 잘 일치하는 것으로 나타났다. 그러나 중국 텐진지역과 마찬가지로 OSM 자료가 존재하지 않는 황무지 사막지역 영상에서는 인접 간에 불일치하는 지역이 존재하였는데, 이라크 아르빌에 비해 상대적으로 좌·우 영상간의 중복율이 낮은 쿠웨이트 알자라주의 좌·우 영상에서 인접 간에 불일치하는 지역이 많이 발견되었다.

한편 OSM 기반의 영상보정 유효성을 보다 명확하게 확인하기 위하여 그림 12와 같이 OSM을 이용한 영상보정 전·후의 위치정확도

변화 분석을 미국 나파벨리 지역을 대상으로 수행하였다.

그림 12에서 (a)는 OSM을 이용한 GCP 수집 없이 단순히 RPC와 SRTM DEM(90m)만을 이용하여 보정한 결과이며, (b)는 OSM으로부터 GCP를 수집한 후 이를 이용하여 RPC 편의를 보정 후 동일한 SRTM DEM(90m)을 이용하여 정사영상을 생성한 결과이다. 그림 12의 (a)와 같이 RPC만을 이용하여 보정한 영상을 구글 어스의 도로 레이어와 비교한 결과 약 38m 정도의 위치 차이가 존재하는 것으로 분



(a) Ortho-rectification without OSM



(b) Ortho-rectification with OSM

FIGURE 12. Overlap of the KOMPSAT-3 ortho images and the Google Earth in Napa Valley

석되었다. 그러나 (b)와 같이 OSM을 이용하여 보정한 경우는 구글 어스의 도로 레이어와 잘 일치하는 것으로 나타났다.

결론

본 연구에서는 다목적실용위성 광학 영상자료를 자동으로 부가처리하기 위하여 구축된

VAPS를 이용하여 국내의 지역의 다목적실용위성 2호와 3호 영상자료에 대한 위치보정 실험을 수행하였다. 이를 위하여 한반도 지역에 대해서는 GCP Chip을 사용하고 해외지역에 대해서는 손쉽게 활용 가능한 OSM 자료를 활용하였다. 우선 GCP Chip을 이용한 남·북한 지역의 다목적실용위성 2호 영상자료 각각 50장에 대한 모델링 결과는 1.59 화소(RMSE)와 2.04

화소(RMSE)로 나타났으며, 정사보정 후 생성된 모자이크영상에 대한 위치정확도는 남한지역이 1.33m(RMSE), 북한지역이 1.90m(RMSE)로 나타났다. 한편 해외지역 다목적실용위성 2호와 3호 영상자료는 OSM을 이용하여 GCP를 수집하고 이를 이용하여 모델링을 수행하였는데, 중국 텐진 지역을 제외하고는 3화소(RMSE)를 넘지 않는 것으로 나타났다. 또한 OSM 자료를 이용한 영상보정의 유효성을 확인하기 위하여 본 연구에서 생성한 미국 나파벨리 지역의 다목적실용위성 3호 정사영상을 구글 어스의 도로 레이어와 중첩하여 비교한 결과 단순히 RPC 만을 사용하여 보정한 경우보다 최대 약 38m 정도의 위치정확도 향상 효과가 존재하는 것으로 분석되었다. 본 연구의 결과는 한반도뿐만 아니라 전 세계지역에 대한 정밀 영상정보 DB 구축에 있어 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대되며, 향후 다목적실용위성 3A호를 비롯하여 후속 고해상도 광학위성 영상자료에도 적용 가능하도록 VAPS에 대한 성능 개선 연구를 지속적으로 수행하고자 한다. [KAGIS](#)

REFERENCES

- Fraser, C.S. and H.B. Hanley. 2003. Bias compensation in rational function for IKONOS satellite imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 69(1): 53-57.
- Gianinetto, M. and M. Scioni. 2008. Automated geometric correction of high-resolution pushbroom satellite data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 74(1):107-116.
- Grodecki, J. and G. Dial. 2003. Block adjustment of high-resolution satellite images described by rational function. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 69(1):59-68.
- Han, D.Y., D.S. Kim, J.B. Lee, J.H. Oh and Y.I. Kim. 2006. Automatic image-to-image registration of middle-and low-resolution satellite images using scale-invariant feature transform technique. *Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography* 24(5):409-416 (한동엽, 김대성, 이재빈, 오재홍, 김용일. 2006. SIFT 기법을 이용한 중·저해상도 위성영상간의 자동 기하보정. *한국측량학회지* 24(5):409-416).
- Han, Y.K., Y.G. Byun, J.W. Choi, D.Y. Han and Y.I. Kim. 2010. Automatic registration of high resolution satellite images using local properties of tie points. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography* 28(3):353-359 (한유경, 변영기, 최재완, 한동엽, 김용일. 2010. 지역적 매칭쌍 특성에 기반한 고해상도 영상의 자동기하보정. *한국측량학회지* 28(3):353-359).
- Han, Y.K., Y.G. Byun, T.B. Chae and Y.I. Kim. 2011. Automatic registration between KOMPSAT-3 and TerraSAR-X images. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography* 29(6):441-448 (한유경, 변영기, 채태병, 김용일. 2011. KOMPSAT 영상과 TerraSAR-X 영상 간 자동기하보정. *한국측량학회지* 29(6):441-448).
- Kim, T.J. and Y.J. Im. 2003. Automatic satellite image registration by combination of stereo matching and random sample consensus. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 41(5): 1111-1117.
- Lee, H.J., J.H. You and Y.C. Koh. 2009. Analysis for practical use as KOMPSAT-2

- imagery for product of geo-spatial information. Journal of the Korean Society for Geospatial Information System 17(1):21-35 (이현직, 유지호, 고영창. 2009. 지형공간정보 생성을 위한 KOMPSAT-2 영상의 활용성 분석. 한국지형공간정보학회지 17(1):21-35).
- Lee, K.J., E.S. Kim, J.Y. Moon and Y.S. Kim. 2014. Improved of satellite image value-added processing system and performance evaluation. Aerospace Engineering and Technology 13(1):174-183 (이광재, 김은선, 문정예, 김윤수. 2014. 위성영상 부가처리시스템(VAPS) 개선 및 성능평가. 항공우주기술 13(1):174-183).
- Lee, K.J., H.C. Yun and Y.S. Kim. 2013. Generation of the KOMPSAT-2 ortho mosaic imagery on the Korean peninsula. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 16(3):103-114 (이광재, 윤희천, 김윤수. 2013. 아리랑위성 2호 한반도 정사모자이크영상 제작. 한국지리정보학회지 16(3):103-114).
- Lee, K.J., Y.S. Kim and H.D. Seo. 2012. A feasibility study for mapping using the KOMPSAT-2 stereo imagery. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 15(1):197-210 (이광재, 김윤수, 서현덕. 2012. 아리랑위성 2호 입체영상을 이용한 지도제작 가능성 연구. 한국지리정보학회지 15(1):197-210).
- Oh, J.H, C.N. Lee and D.C. Seo. 2013. Automated HRSI georegistration using orthoimage and SRTM: focusing KOMPSAT imagery. Computers & Geosciences 52:77-84.
- Ostir, K., A. Marsetic, P. Pehani, M. Perse, K. Zaksek, J. Zaletelj and T. Rodic. 2013. Development of automatic near-real-time image processing chain for small satellites. Proceeding of 5th Nano-Satellite Symposium(on CD ROM).
- Song, J.H. and J.H. Oh. 2014. Epipolar resampling from Kompsat-2 and Kompsat-3. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 17(4):156-166 (송정현, 오재홍. 2014. 아리랑 위성 2호와 3호를 이용한 이중 영상 간 에피폴라 영상 생성. 한국지리정보학회지 17(4):156-166).
- Sunier, S., B. Collet and A. Mambimba. 2008. New third party mission, quality assessment : KOMPSAT-2 mission. GAEL Consultant GAEL-P232-DOC-005.
- Tao, C.V. and Y. Hu. 2001. A comprehensive study of the rational function model for photogrammetric processing. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 67(12):1347-1357.
- Wang, J., K. Di and R. Li. 2005. Evaluation and improvement of geo positioning accuracy of IKONOS stereo imagery. Journal of Surveying Engineering 131(2):35-42.
- Yu, L., D. Zhang and E.J. Holden. 2008. A fast and fully automatic registration approach based on point features for multi-source remote sensing images. Computers & Geosciences 34:838-848.