

프레임동영상의 근실시간 센서모델 보정시스템 개발 및 성능분석

권혁태¹⁾ · 고진우²⁾ · 김상희^{*,2)} · 박세형¹⁾

¹⁾ (주)픽소니어

²⁾ 국방과학연구소 제3기술연구본부

Development and Performance Analysis of a Near Real-Time Sensor Model Correction System for Frame Motion Imagery

Hyuk Tae Kwon¹⁾ · Jin-Woo Koh²⁾ · Sanghee Kim^{*,2)} · Se Hyoung Park¹⁾

¹⁾ *Pixoneer Geomatics, Inc., Korea*

²⁾ *The 3rd Research and Development Institute, Agency for Defense Development, Korea*

(Received 20 October 2017 / Revised 10 January 2018 / Accepted 13 April 2018)

ABSTRACT

Due to the increasing demand for more rapid, precise and accurate geolocation of the targets on video frames from UAVs, an efficient and timely method for correcting sensor models of motion imagery is required. In this paper, we propose a method to adjust or correct sensor models of motion imagery frames using space resection via image matching with reference data. The proposed method adopts image matching between the motion imagery frames and the reference frames which are synthesized from reference data. Ground or reference control points are generated or selected through the matching process in near real time, and are used for space resection to get adjusted sensor models. Finally, more precise and accurate geolocation of the targets can possibly be done on the fly, and we have got the promising result on performance analysis in terms of the geolocation quality.

Key Words : Motion Imagery(동영상), Image Registration(영상정합), Sensor Model Correction(센서모델 보정), Space Resection(공간후방교회법)

1. 서론

무인항공기의 동영상 센서를 활용한 감시정찰 시스템은 신속하고 정확한 센서-슈터의 순기를 단축할 뿐만 아니라 체공시간에 따라 무중단 감시(persistence surveillance)를 가능하게 하므로 소요가 급증하고 있다. 표적정보 및 작전활용 측면에서 동영상 프레임에 포착된 표적의 지상좌표 획득이 필수적이다. 이러한 좌표 추출은 센서모델과 기준 지형자료를 활용하므로

* Corresponding author, E-mail: falcon@add.re.kr
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

템은 신속하고 정확한 센서-슈터의 순기를 단축할 뿐만 아니라 체공시간에 따라 무중단 감시(persistence surveillance)를 가능하게 하므로 소요가 급증하고 있다. 표적정보 및 작전활용 측면에서 동영상 프레임에 포착된 표적의 지상좌표 획득이 필수적이다. 이러한 좌표 추출은 센서모델과 기준 지형자료를 활용하므로

표적 좌표의 정확도는 이들 자료의 정확도에 의존적이다. 일반적인 환경에서 획득하는 동영상은 GPS/INS 시스템의 오차, 통신 교란 등으로 인해 비행체나 센서의 텔레메트리, 즉 센서 모델링을 위한 메타자료에 오차를 포함하게 된다. 영상에 포함된 표적의 위치를 보다 정확하게 추정하기 위해서는 오차를 포함한 센서 모델을 보정할 수 있어야 하며, 특히 비접근지역 및 원거리 감시정찰을 목적으로 촬영하는 고경사(highly oblique) 동영상에 적용 가능한 신뢰성 있는 방법이 요구된다. 뿐만 아니라 정보의 최신성을 유지하고 정보량 손실을 최소화하기 위하여 동영상 재생 중에 실시간으로 처리해야 하는 시간 제약은 센서모델 보정 문제의 난이도를 더한다.

전통적으로 원격탐사와 지리정보 분야에서 센서모델 보정은 대체로 정사영상 간 정합과 공간후방교회법(space resection)에 의해 수행되었다. 수치표고자료(Digital Elevation Model, DEM)와 이를 기준으로 정사보정(Orthorectification)한 참조영상을 가지고 있다면, 새 영상과 참조 영상을 정합하여 적절한 대응쌍을 선택하고 이 점들에 지상좌표를 부여하여 새 영상의 센서모델을 추정하는 방식이다. 이러한 보정 기법을 바탕으로 동영상 프레임과 참조 정사영상과의 정합을 통해 센서모델을 보정하고, 동영상의 실시간성과 보정 시스템의 강인성 확보를 위해 칼만 필터를 접목하는 방법론^[1]이 제안되었다. 이 방법론은 일반적으로 경사회전 영상인 동영상 프레임과 정사영상과의 정합을 시도하게 되는데, 정합 기법의 적용 가능 범위에서 양질의 결과를 얻을 수 있다. 그러나 경사도가 증가할수록 정사영상과 차이가 커지는 고경사 동영상의 특성상, affine-SIFT^[2]와 같은 아핀 불변 방법론에서 지적하는 바와 같이, 잘 알려진 SIFT 계열의 회전 및 스케일 불변 정합으로는 양질의 대응쌍을 구하기 어렵다.

따라서 아핀 불변 방법론들의 계산 부하를 피하면서도 촬영 기하가 상이한 문제를 극복하기 위하여 입력 동영상의 촬영 기하에 따라 참조영상을 기준 자료로부터 3차원으로 합성하는 방식을 제안하였다^[3]. 본 논문에서는 프레임 센서 보정을 통한 좌표결정 정확도 개선을 확인한 이전 연구를 바탕으로 동영상 재생에 따른 센서모델 보정 시스템을 제안한다. 근실시간 처리를 위하여 프레임 영상과 참조영상 정합 외에 인접 프레임 간 정합을 통한 센서모델 보정 방법을 융합하고, 구현한 시스템에서 모의 동영상으로 수행한 보정 결과를 분석하였다.

모의실험을 통하여 제안 시스템은 HD급 프레임 동영상의 센서모델을 한계오차 내에서 갱신주기 10Hz 이상으로 보정할 수 있음을 확인하였다.

2. 프레임 센서모델 보정

영상 정합에 의한 센서모델 보정은 프레임 영상과 촬영 기하가 유사하여 중복도가 상당한 참조영상 간 영상 정합, 정합쌍 추출 및 대응쌍 영상/지상좌표 계산, 공간후방교회법에 의한 센서모델 보정 단계를 거친다. 보정 절차를 도식화하면 Fig. 1과 같다.

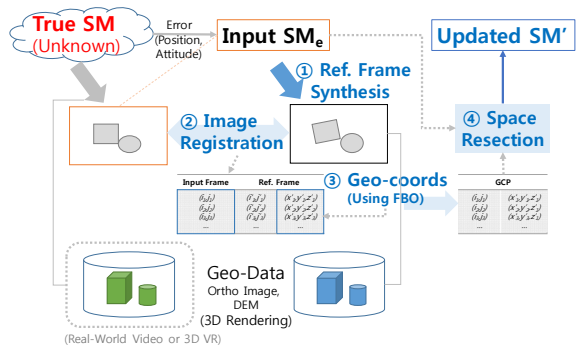


Fig. 1. Process of the sensor model correction

센서모델 보정은 Fig. 1에 표현된 것과 같이 입력 프레임을 촬영한 미지의 센서모델을 지상좌표를 계산할 수 있는 참조 영상으로부터 추정하는 과정이다. 이 절에서는 기준 지형자료와 인접 프레임으로부터 센서모델을 보정하는 방법을 설명한다.

2.1 기준 지형자료를 이용한 센서모델 보정

이 논문에서 제안하는 참조 영상은 입력 프레임과 유사한 촬영 기하로 만들어진 프레임 영상이다. 입력 센서모델이 오차를 포함하고 있지만 입력 센서모델로 촬영한 가상의 장면이 입력 프레임과 중복되는 영역이 있다고 가정하면, 이 가상의 장면을 기준 지형자료로부터 합성한 것이 참조 영상이 된다.

Fig. 2는 동영상 프레임(a)과 촬영 영역의 정사영상(b), 동영상 센서모델로 합성한 영상(c)이다. (a)는 (b)와 차이가 큰 반면 (c)와는 유사하게 보인다. 회전과 기울기 등 촬영기하가 유사하도록 합성한 (c)와 같은 영상이 제안하는 참조 영상이다.

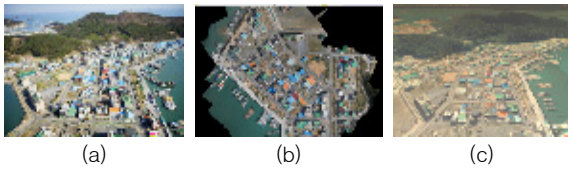


Fig. 2. Frame image (a) and the corresponding reference images(orthorectified (b) and obliquely synthesized (c))

기준 지형자료를 구성하는 수치표고자료(지형 또는 표면)와 정사영상으로부터 3차원 지형을 합성할 수 있고, 보다 정교한 장면 합성을 위해 건물이나 지형지물에 대한 입체 모형을 3차원 지형에 추가할 수 있다. 이렇게 구성되는 3차원 가상공간에 카메라를 위치시켜 장면을 렌더링하면 합성영상을 얻을 수 있다. 컴퓨터 그래픽스 기술의 발달로 셰이더(shader) 프로그램을 통해 장면을 렌더링하면서 프레임버퍼에 모든 화소에 대응하는 지상좌표를 단정도 실수형으로 동시에 기록할 수 있어 즉각적인 좌표 획득이 가능하다.

프레임 카메라의 공선조건식을 이용하여 카메라의 외부표정요소(위치, 자세)를 구하는 공간후방 교회법에는 최소제곱법을 통한 일반적인 비선형 최적화 기법을 적용하였다. 공간후방교회법을 위한 제어점을 정합쌍 중에서 선택하는데, 본 연구에서는 3차원 합성을 통해 촬영기하를 유사하게 유지하였으므로 영상 정합에는 아핀 변환을 고려하지 않는 GPU 가속 SURF^[4] 알고리즘을 적용하였다. 정합 결과의 신뢰성을 높이기 위하여 Preemptive-RANSAC^[5]으로 대응쌍을 거르고 영상 프레임을 구획으로 나누어 공간적으로 고르게 분포하는 점들을 선택하여 최적화 과정의 과적합을 피한다.

2.2 인접 프레임 정합을 통한 센서모델 보정

초당 30 프레임에 이르는 동영상과 급기동이 거의 없는 보통의 감시정찰 임무 상황에서 동영상 프레임 간 중복도는 매우 높은 편이고 동일 센서 촬영으로 영상 내용이 유사하므로 인접 프레임 간 영상 정합은 일반적인 특징점 기반 정합 방법으로도 양호한 결과를 낼 수 있다. 영상 프레임 간 상대적인 움직임을 파악하여 센서 움직임을 추정하는 시각적 주행기록계(visual odometry) 관련 연구는 동영상 처리 분야에서 활발히 진행되고 있는데 무인항공기의 단일 동영상 센서를 이용한 대표적인 연구로 SVO^[6]가 있다.

동영상만으로 센서의 자기 움직임(ego-motion)을 파악하는 것은 GPS 단절/교란 상태 등 예외상황에 대처할 수 있는 장점을 제공한다. 그러나 추정 품질을 위해 번들 조정을 하는 등 계산량이 많고 상대적인 움직임을 위치를 확정하기 위해서는 기준점이 필요하다.

만약 어느 한 시점에서 프레임 센서모델이 보정된 상태라고 하면, 인접 프레임의 센서모델은 기 보정된 프레임을 참조 영상으로 한 영상 정합에서 대응쌍을 구하고, 보정 센서모델에 의해 기준 지형자료로부터 합성하여 얻은 프레임 버퍼로부터 대응쌍의 지상좌표를 확보하여 공간후방교회법을 통해 보정할 수 있다. 이 경우, 그 다음 프레임에 대해서는 새로 보정한 프레임을 기준으로 하기 때문에 보정 센서모델이 부정확한 경우 오차가 누적되므로, 보다 정확한 센서모델 보정 방법을 주기적으로 적용하여 기준 프레임 센서모델을 설정해야 한다.

2.3 센서모델 보정 융합 방법론

일반적으로 촬영 기하와 영상 내용이 유사한 인접 프레임 정합이 참조 영상과의 정합보다 더 빠르고 안정적으로 작동할 것으로 기대할 수 있다.

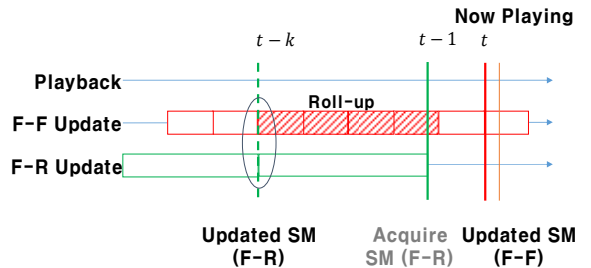


Fig. 3. Asynchronous acquisition of sensor models

Fig. 3은 어느 한 시점에서 얻어지는 세 종류의 센서모델을 나타낸다. 만약 인접 프레임 간 영상 정합은 거의 실시간으로 처리되는 고속 기법을 쓰고, 기준 지형자료 참조 영상과의 정합은 보다 계산 집약적인 기법을 적용하여 처리 지연이 발생한다면, Fig. 3의 상황과 같이 동영상 재생 시점 t 에서 $t-k(k \geq 1)$ 시점의 보정 센서모델을 얻을 수 있다. 인접 프레임 정합은 $t-1, t$ 시점의 프레임을 취급하고 있으므로, $t-k$ 시점부터 현재 시점 t 까지 인접 프레임 간 정합을 누적하면 최신의 보정 센서모델을 얻는다. $t-k$ 시점의 기준 보정 센서모델이 정확할수록 정확한 최

신 보정 센서모델을 얻게 되며, 비교적 고속 처리가 가능한 인접 프레임 정합을 통해 참조 영상과의 정합 처리 지연을 보상할 수 있다.

3. 근실시간 동영상 센서모델 보정 시스템

군용 감시정찰 체계에서 동영상 센서 텔레메트리 정보는 STANAG 4609에서 표준으로 채택한 MISP-2015.1을 준수하여 MPEG-TS 데이터 스트림으로 비디오 스트림과 함께 전송된다(Fig. 4^[7]).

동영상 센서모델 보정 시스템은 상호운용성을 위해 표준에 따른 동영상 처리와 메타데이터 해석을 수행하며, 적용성을 위해 동영상 재생에 따른 근실시간 처리를 만족해야 한다.

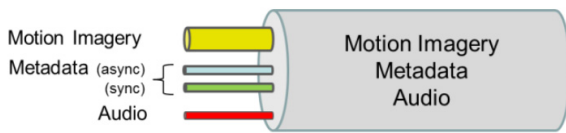


Fig. 4. MPEG-2 Transport Stream Container

3.1 시스템 설계

Fig. 5는 전체적인 시스템 소프트웨어 구성과 처리 구조를 나타낸다.

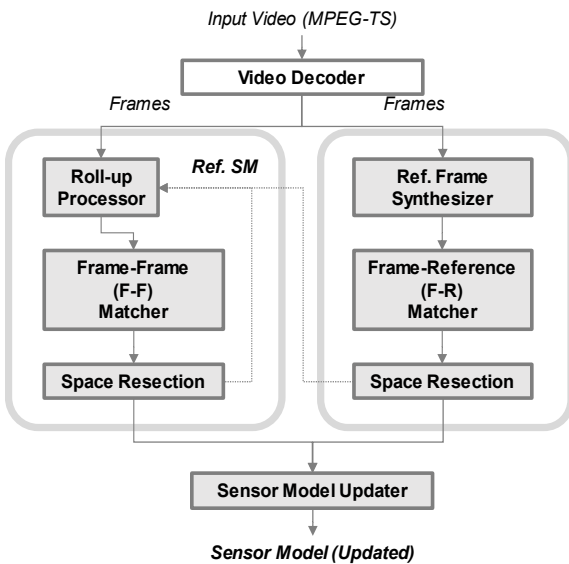


Fig. 5. Processing pipeline

비디오 처리기(Video decoder)는 입력 동영상을 해석(decoding)하여 영상 프레임과 센서모델을 생성하며 병렬적으로 실행되는 두 영상 정합기에 공급한다.

기준 지형자료와 정합하는 오른쪽 프레임-기준영상 정합기(F-R matcher) 흐름에서는 2.1절의 방법론을 구현한다. 먼저 입력 센서모델에 따라 기준 지형자료로부터 참조 영상을 3차원으로 합성하고, 동영상 프레임과 참조 영상 간 정합 및 공간후방회법을 통해 센서모델을 보정한다. 이후 보정 센서모델은 센서모델 보정기(Sensor model updater)에 보고되고, 인접 프레임 정합의 상대 기준 프레임 센서모델(Ref. SM)로 전달된다.

인접 프레임 간 정합을 수행하는 왼쪽 프레임-프레임 정합기(F-F matcher) 흐름에서는 2.2절의 방법론을 따라 상대 기준 프레임으로부터 현재 입력 프레임 간 정합을 누적하여 센서모델을 보정한다. 새로운 보정 센서모델을 센서모델 보정기에 보고하고 다음 프레임의 영상 정합 및 보정을 위하여 영상 프레임과 함께 상대 기준 센서모델로 설정한다.

3.2 시스템 구현

동영상 센서모델을 영상 정합에 의해 근실시간으로 보정하는 시스템을 Fig. 6과 같이 개발하였다.

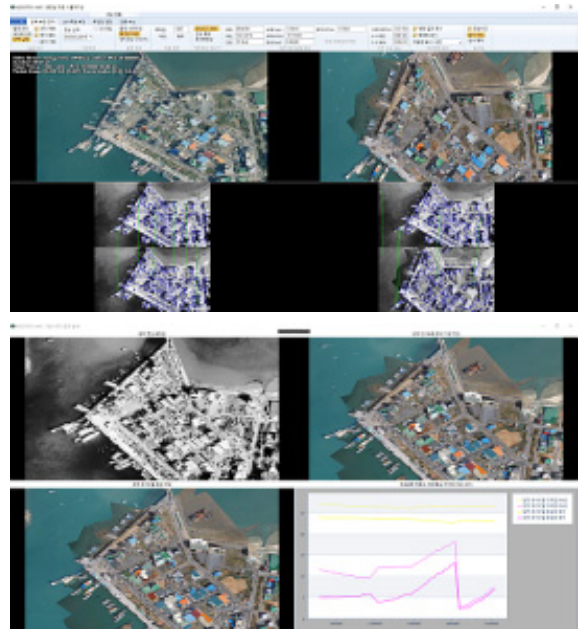


Fig. 6. Sensor model correction system software

원도 환경에서 SURF를 포함한 다양한 영상 정합 알고리즘을 선택하여 실험할 수 있도록 구성하였고, 영상 정합과 센서모델 보정 결과를 영상 비교와 분석 그래프를 통해 시각적으로 확인하는 기능을 제공하도록 하였다.

4. 센서모델 보정 성능 평가

제안 방법론과 개발 시스템의 유효성을 검증하기 위하여 먼저 기준 지형자료로부터 합성한 참조 영상과의 정합을 통한 센서모델 보정 성능과 인접 프레임 정합을 통한 센서모델 보정 성능 평가 실험을 수행하였다. 다음으로 실제 구현 시스템에서 모의 동영상을 입력하여 센서모델을 보정하는 사례를 분석하였다.

4.1 공간교회법에 의한 좌표결정 정확도 평가

동영상 좌표결정 시스템을 위한 센서모델 보정 성능 분석을 위해 이전 연구^[3]에서와 같이 입력 동영상과 참조영상을 동일한 지형자료로부터 합성하여 영상 정합이 잘 작동하도록 통제된 실험을 계획하였다. 본 논문에서는 동영상 프레임 내 표적 위치결정을 목적으로 하므로 센서모델 외부표정요소(위치, 자세)의 정확한 복원^[8]은 특성치에서 제외하였다(Table 1).

Table 1. Experimental factors and characteristics

특성치	내용
좌표결정 정확도	• 영상 격자점 35개의 ECEF 좌표 상 거리의 RMSE
입력 센서모델 오차 잡음인자	• 위치: 3축 성분별 표준편차 10 m (정규분포) • 자세: $\pm 0.02^\circ$ (균일분포)

동영상 센서모델 보정 성능 분석을 위한 제어인자들로써, 구역은 5수준(안흥, 태안 일대 5개 구역), 각 구역 당 화각은 3수준(광/중/협시계), 촬영 고도는 4수준(12/10/7/5 km)으로 하였다. 또한 제어인자들의 수준을 임의 조합하여 연속된 100개의 임의 항적을 생성하는 시뮬레이션을 10회 반복하여 실험을 수행하였다.

먼저 입력 프레임 영상과 참조 영상 간 정합을 통해 센서모델을 보정하고, 참값으로 설정한 센서모델

(1)을 기준으로 오차를 부여한 입력 센서모델(2), 보정 센서모델(3)을 이용하여 영상 중심점의 지상좌표를 계산한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Results of geolocation using synthesized reference frame(unit: m)

	(1)-(2)			(1)-(3)			(1)-(2)	(1)-(3)
	x	y	z	x	y	z	Center	Center
μ	7.17	6.02	6.91	0.16	0.10	0.16	-	-
σ	5.56	4.68	5.34	0.30	0.19	0.32	-	-
RMSE	9.07	7.62	8.73	0.33	0.22	0.36	14.72	0.53

센서 위치에 부여한 표준편차 10 m 오차는 CEP 7 m를 3차원 거리 RMSE 17.5 m로 환산하여 적용한 것인데, (1)-(2)의 RMSE 14.72 m는 오차가 적절히 부여되었음을 나타낸다. 보정 결과, 위치 성분별로 편차가 크게 줄어들고 (1)-(3) RMSE가 0.5 m 수준으로 개선되었다.

Table 3. Results of geolocation via frame-frame matching(unit: m)

	(1)-(2)			(1)-(3)			(1)-(2)	(1)-(3)
	x	y	z	x	y	z	Center	Center
μ	7.29	6.04	6.81	1.89	0.85	1.82	-	-
σ	5.35	4.61	5.23	4.49	1.18	3.70	-	-
RMSE	9.04	7.60	8.59	8.59	1.46	4.12	14.60	6.55

다음으로 인접 프레임 정합을 통한 센서모델 보정 실험을 수행하였다. 상대 기준 센서모델을 부여하기 위하여 모의 항적의 첫 프레임에서 지상좌표가 주어 진 참조 영상과 정합을 통해 센서모델을 보정하고, 이를 기준으로 이후 항적에서 인접 프레임 정합만 수행하여 센서모델을 보정하였다. 앞의 실험과 동일하게 제어 인자 조합 당 100개의 임의항적을 생성하는 시뮬레이션을 10회 반복하였다. 각 성분별 평균은 많이 개선된 것으로 보이나, RMSE가 참조 영상 정합 때보다 증가하였다. (1)-(3) 중심점 RMSE가 약 6.5 m로 증가하였고, 입력 오차의 절반 이하로 보정되었다. 프레임 회차에 따른 RMSE 그래프(Fig. 7)에서 오차 누적

현상과 예외적인 정합 오류 현상을 확인할 수 있는데, 특히 정합 오류가 크게 발생한 지역은 특징점 정합이 어려운 해상 또는 산림지대로 파악되었다. 실험 결과 예외적인 오류를 방지하고 주기적으로 정확한 기준 센서모델을 제공할 수 있다면 인접 프레임 정합을 통해 센서모델을 보정할 수 있음을 확인하였다.

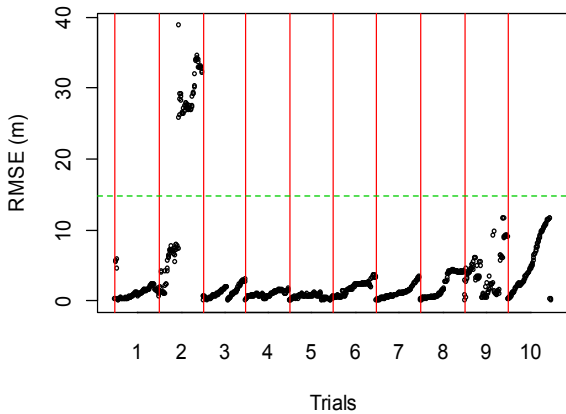


Fig. 7. Geolocation error of the grid points in the frame-frame matching method. Dash line indicates the input error level(14.60 m)

4.2 모의 동영상 센서모델 보정 사례 분석

동영상 센서모델 보정 시스템 성능 확인을 위해 입력 동영상을 모의하는 지형자료와 참조 영상을 합성할 기준 지형자료를 서로 다르게 하여 모의실험을 수행하였다. 입력 동영상은 25 cm급 항공영상으로 합성한 3차원 지형을 중시계, 25,000 ft 상공에서 좌표지향(고각 -42도)으로 촬영하는 장면을 모의한 HD급(1280×720) 30 fps 동영상으로 하고, 약 3 cm급 드론 정사영상을 기준 지형자료로 하여 센서모델 보정 시스템을 실행하였다. 입력 동영상의 센서모델 오차는 보정 효과가 잘 드러나도록 센서 ECEF 위치에서 x, y축으로 각각 20 m 거리로 일괄 부여하였다.

먼저, 경사 합성영상의 효용성을 확인하기 위하여 경사 참조 영상을 합성하는 제안 방법론과 센서 촬영 각을 직하방으로 하고 원 영상에 포함된 피사체가 가급적 포함되도록 고도 변경을 통해 촬영거리를 보정한 정사 참조 영상과의 보정 결과를 비교하였다. 영상 정합은 OpenCV CUDA SURF 알고리즘을 사용하였고, 각 영상에서 3,000개 정도의 특징점이 추출되도록 모수를 조정하였다.

Fig. 8은 개발 시스템에서 제공하는 화면 중심점(실선)과 격자점(점선)의 RMSE를 동영상의 재생 시간에 따라 표시한 그래프인데, 경사 참조 영상을 사용한 (a)에서 보정 결과가 양호한 것을 확인할 수 있다.

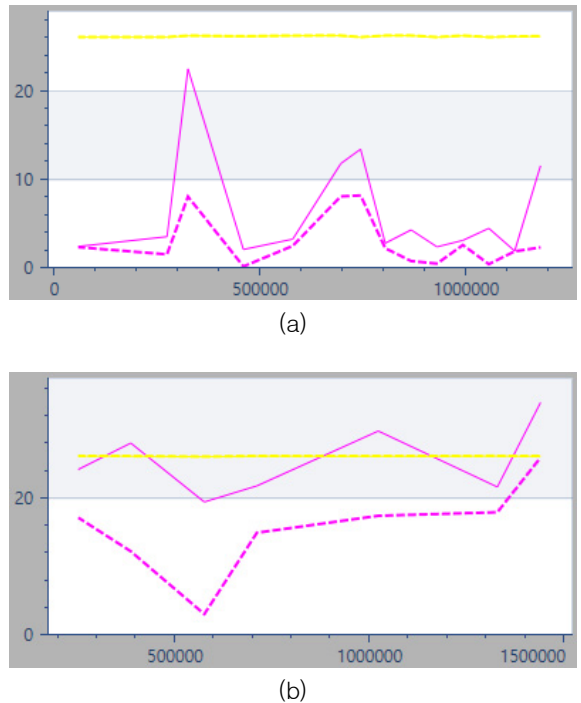


Fig. 8. Results of sensor model correction using (a) oblique vs. (b) orthorectified reference frame. Yellow lines indicate the input error level (about 25m), and pink lines indicate the geolocation error by the adjusted sensor model.(solid for RMSE on grid points, and dash for center points deviation)

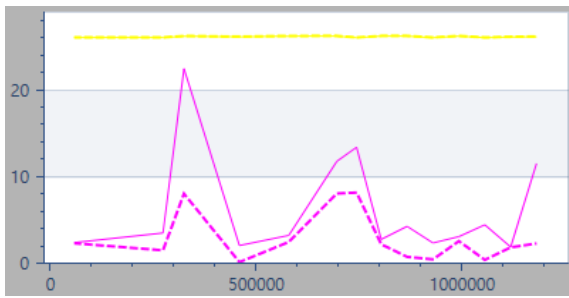
또한 동일한 모의실험 환경에서 인접 프레임 정합을 융합하여 처리 속도와 보정 결과의 변화를 확인하였다. 인접 프레임 정합을 통한 센서모델 보정에서 필요한 상대적인 기준 센서모델을 생성하기 위하여 먼저 참조 영상과의 정합을 단독으로 수행하고, 이후 인접 프레임 간 정합을 융합하여 실행하였다.

Intel Core i7-4790 3.60 GHz CPU, 16 GB RAM, NVIDIA GeForce GTX 750 Ti GPU 환경에서 OpenCV CUDA SURF 알고리즘을 적용한 평균적인 처리 속도는 Table 4와 같다.

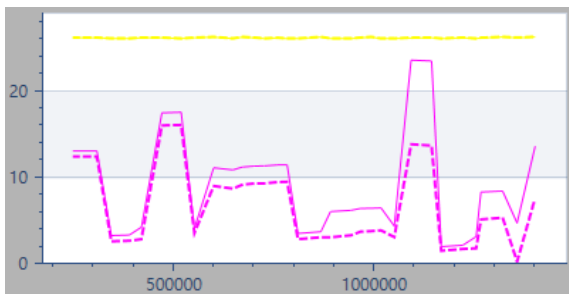
Table 4. Processing rates of matching methods

구분	F-F 처리속도	F-R 처리속도
F-R 정합 단독	-	6 fps
F-F 정합 융합	11 fps	2 fps

인접 프레임 정합을 융합한 방식에서 처리 속도가 크게 향상되는 이유는 처리 속도가 빠른 인접 프레임 정합이 실행 우위를 점하면서 참조 영상 정합 처리 횟수를 줄여 GPU 자원을 많이 소모하는 참조 영상 합성과 영상 정합 절차가 감소하였기 때문인 것으로 보인다. 즉, 인접 프레임 정합은 이전 정합 과정의 결과를 활용하므로 새 프레임에 대해 특징점을 추출하는 반면, 참조 영상 정합은 항상 두 영상에 대한 특징점을 추출하게 된다.



(a)



(b)

Fig. 9. Results of sensor model correction using (a) frame-to-reference matching only vs. (b) fusion method

좌표 결정 정확도 분석 결과 인접 프레임 정합으로 인해 오차가 다소 증가하거나 예외적인 정합 오류로 인해 순간적으로 높게 나타나기도 한다. 그러나 참조

영상 정합 결과의 갱신에 맞춰 조절되는 것을 알 수 있다(Fig. 9).

이상의 결과를 종합하여 인접 프레임 간 정합 융합을 통해 한계 오차 내에서 HD급 동영상 센서모델을 갱신주기 10 Hz 이상 근실시간으로 보정할 수 있음을 확인하였다.

5. 결론

본 연구에서는 경사 촬영된 무인항공기 동영상 프레임의 센서모델을 보정하기 위하여 촬영 기사가 유사한 경사 영상을 기준 지형자료로부터 합성하여 참조 영상으로 활용하는 방법론을 제안하고 소프트웨어 시스템으로 구현하여 모의실험을 수행하였다. 실험 결과, 제안하는 방법론을 통하여 동영상 센서모델을 보정하여 오차를 개선할 수 있었고, 경사 참조 영상을 활용하는 것이 정사 영상을 그대로 이용하는 것보다 보정 성능이 우수함을 확인하였다. 또한, 인접 프레임 간 정합을 융합하여 한계 오차 내에서 HD급 동영상의 센서모델을 근실시간으로 보정할 수 있었다.

제안 시스템을 실용화하기 위하여 우선적으로 다양한 동영상 입력과 지형자료에 대한 검증이 필요하다. 이를 위해 동영상 모의기를 개발하는 한편, 실제 촬영 동영상을 이용해 검증 실험을 수행할 예정이다. 또한, 센서모델 보정이 영상 정합을 기반으로 하므로 입력 동영상과 기준 지형자료가 필연적으로 상이한 운용환경을 고려하여 이종영상 간 강인한 영상 정합 연구를 계획하고 추진 중에 있다.

References

- [1] C. R. Taylor, R. J. Settergren, "Full-Motion Video Georegistration for Accuracy Improvement, Accuracy Assessment, and Robustness," Proc. SPIE 8386, Full Motion Video(FMV) Workflows and Technologies for Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (ISR) and Situational Awareness, May 2012.
- [2] J.-M. Morel, G. Yu, "ASIFT: A New Framework for Fully Affine Invariant Image Comparison," SIAM Journal on Image Sciences, Vol. 2, No. 2, pp. 438-469, 2009.

- [3] J.-W. Koh, H. T. Kwon, S. Kim, "Performance Analysis of the Sensor Model Correction for Frame Motion Imagery," KIMST Annual Conference Proceedings, pp. 469-470, 2017.
- [4] H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars, L. Van Gool, "SURF: Speeded Up Robust Features," Computer Vision and Image Understanding, Vol. 110, No. 3, pp. 346-359, 2008.
- [5] D. Nistér, "Preemptive RANSAC for Live Structure and Motion Estimation," Machine Vision and Applications, Vol. 16, Issue 5, pp. 321-329, 2005.
- [6] C. Forster, M. Pizzoli, D. Scaramuzza, "SVO: Fast Semi-Direct Monocular Visual Odometry," IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2014.
- [7] Motion Imagery Standards Board(MISB), "MISP-2015.1 Motion Imagery Standards Profile," October 2014.
- [8] X. Xu, et. al., "A Two-Phase Space Resection Model for Accurate Topographic Reconstruction from Luna Imagery with Pushbroom Scanners," Sensors, Vol. 16, Issue 4, 507, 2016.