

딥러닝 기반 특징점 필터링을 이용한 원격 탐사 영상 정합 고속화 연구

이우주, 심동규, *오승준

광운대학교

{krosea, dgsim, *sjoh}@kw.ac.kr

A study high speed remote sensing image registration using deep learning-based keypoints filtering

Wooju Lee, Donggyu Sim, *Seoung-jun Oh

Kwangwoon University

요 약

본 논문에서는 딥러닝 기반 특징점 필터링 방법을 이용한 원격 탐사 영상에 대한 영상 정합 (Image Registration) 고속화 방법을 제안한다. 기존의 특징 기반 영상 정합 방법의 복잡도는 특징 매칭 (Feature Matching) 단계에서 발생한다. 이 복잡도를 줄이기 위하여 본 논문에서는 특징 매칭이 영상의 인공구조물에서 검출된 특징점으로 매칭되는 것을 확인하여 특징점 검출기에서 검출된 특징점 중에서 인공구조물에서 검출된 특징점만 필터링하는 방법을 제안한다. 딥러닝 기반 특징점 필터링은 영상 정합을 위하여 필수적인 특징점을 잃지 않으면서 그 수를 줄이기 위하여 인공구조물의 경계와 인접한 특징점을 보존하고, 축소된 영상을 사용하며, 영상 분할(Image Segmentation) 방법의 결과에서 생기는 영상 패치 경계의 잡음을 제거하기 위하여 영상 패치를 중복하여 잘라 냐으로써 정합 속도와 정확도를 향상시킨다. 영상 정합 고속화 방법을 의 성능을 검증하기 위하여 아리랑 3 호 위성 원격 탐사 영상을 사용하여 기존 특징점 추출 방법과 속도와 정확도를 비교하였다. 딥러닝 기반 영상 정합 방법을 기준으로 하여 비교하였을 때 특징점의 수를 약 82% 감소시키면서 속도를 약 9.17 배 향상시켰지만 정확도가 0.985 에서 0.855 으로 저하되었다.

1. 서론

영상 정합은 같은 장면의 감지 영상 (Sensed Image) 과 참조 영상 (Reference Image) 사이의 기하학적 관계를 추정하고 기하학적으로 일치시키기 위해 널리 사용되는 방법이며, 이러한 영상들은 다른 센서 (Sensor)나 다른 시점에서 취득될 수 있다 [1]. 영상 정합은 영상 융합, 변화 감지, 환경 감시 등 원격 탐사 영상 처리 분야에서 성능에 직접적인 영향을 미치는 중요한 과정이다.

원격 탐사 영상 정합 방법은 영역 기반 영상 정합 방법과 특징 기반 영상 정합 방법으로 나뉜다. 영역 기반 영상 정합 방법은 영상의 유사성을 이용하여 최적의 기하학적 변환 매개변수를 구한다 [2], [3]. 특징 기반 영상 정합 방법은 점, 선, 면적 등의 유사점을 이용하여 기하학적 변환 매개변수를 구한다. 영역 기반 영상 정합 방법은 구현이 쉽다는 장점이 있지만 밝기 변화, 조명 변화, 잡음 등 외부 변화에 민감하다는 단점이 있다. 특징 기반 영상 정합 방법은 외부 변화에 상대적으로 강인한 특성을 보인다.

영상 정합은 원격 탐사 영상 등 대형 영상에 대해 계산 복잡도가 크다는 문제점을 가진다. 원격 탐사 영상 정합의 경우 특징 매칭에서 모든 특징점에 대해 일대일 매칭 작업이 진행되기 때문에 검출기에서 찾은 특징점의 수가 많을수록 특징 매칭의 복잡도가 커진다. 특징 기반 방법은 영상의 크기가 증가함에 따라 실행 시간이 기하급수적으로 증가하고 특징 기반 정합 방법의 특징 매칭 단계에서 가장 많은 시간을 소비하는 것을 확인할 수 있다. 특징 매칭 단계에서 소비되는 시간을 줄이기 위해 딥러닝 기반 특징점 필터링 방법이 제안되었다 [5]. 본 논문에서는 특징 매칭 단계에서 소비되는 시간을 줄이기 위해 딥러닝 기반 특징점 필터링을 적용한 원격 탐사 영상에 대한 영상 정합 가속화 방법을 제안한다.

2. 특징점 필터링 방법

딥러닝 기반 특징점 필터링을 특징 기반 영상 정합 방법의 전체 구조는 그림 1 과 같다. 입력 영상이 들어오면 영상 축소를 진행한다. 축소된 영상은 특징점 검출기에서 특징점을 검출하고 동시에 인공구조물 분할 방법에서 인공구조물만 분할된 영상을 뽑는다. 이때 인공구조물 분할 방법의 결과인 이진 영상에 대해 영상 팽창을 적용하고 원본 영상과 합성한다. 그 뒤 합성된 영상과 원본 영상은 검출된 특징점의 정보를 바탕으로 서술자를 계산한다. 두 영상에서 생성된 같은 위치의 서술자를 비교하여 특징점을 필터링한다. 마지막으로 필터링 된 키포인트를 바탕으로 딥러닝 기반의 영상 정합을 수행한다 [6].

2.1 인공구조물 분할 및 키포인트 비교

인공구조물 분할 방법은 영상 분할 분야에서 널리 사용되고 있는 U-Net 을 사용하였다 [7]. 인공구조물 분할 방법을 통해서

이진 영상으로 변환된 영상은 다시 원본 영상과의 요소 곱을 통하여 배경이 제거된 영상으로 변환된다. 배경이 제거된 영상은 SIFT 의 검출기에서 검출된 원본 영상의 특징점에 대한 정보를 받아와서 서술자를 생성한다. 생성된 서술자는 원본 영상에서 같은 위치의 특징점에서 생성된 서술자와 일치 여부를 비교한다. 두 영상에서 생성된 서술자가 일치한다면 원본 영상에서 그 위치의 특징점은 보존되고 일치하지 않으면 제거된다.

3. 실험 결과

본 논문에서는 딥러닝 기반 영상 정합 방법과 키포인트 필터링을 적용한 정합 방법의 성능 비교를 진행한다. 구현 및 실험은 PyCharm 인터페이스에서 이루어졌고, GPU 는 Nvidia GeForce 1080ti 를 사용하였다. 정합 결과를 비교하기 위해 아리랑 3호 위성 원격 탐사 영상을 사용하였다.

그림 2 의 (a)와 (b)는 2014 년 3 월과 2015 년 10 월에 경기도 수원 지역에서 취득된 영상에 대해 1,000×1,000 크기로 자른 한 쌍의 영상을 보여준다. 딥러닝 기반 정합 방법을 통해 하나의 체크 보드 영상으로 나타낸다. 딥러닝 기반 영상 정합 방법을 기준으로 하여 비교하였을 때 특징점의 수를 약 82% 감소시키면서 속도를 약 9.17 배 향상시켰지만 정확도가 0.985 에서 0.855 으로 저하되었다. 딥러닝 기반 정합 방법의 결과 영상과 유사하게 매끄럽게 이어져 있는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 딥러닝 기반 특징점 필터링 방법을 이용한 원격 탐사 영상에 대한 영상 정합 (Image Registration) 가속화

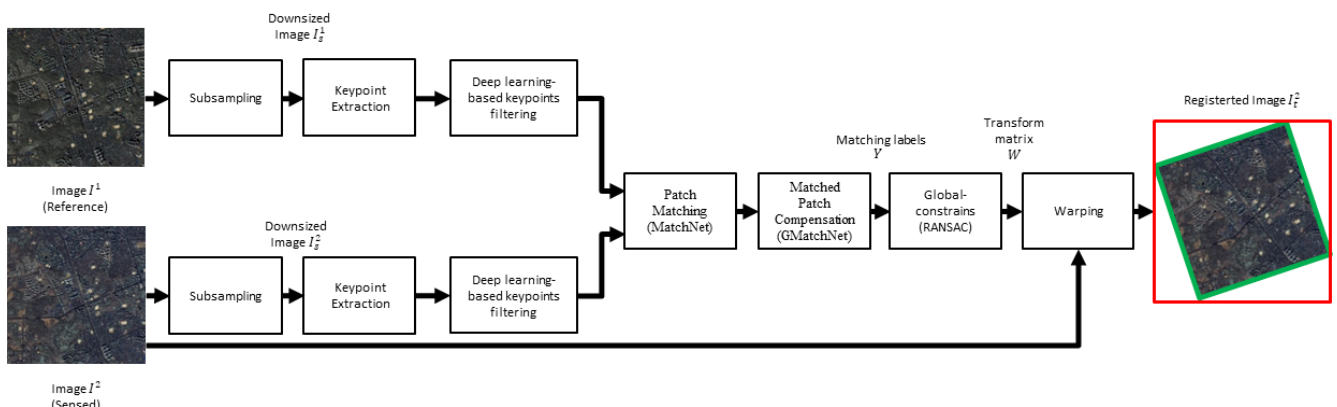
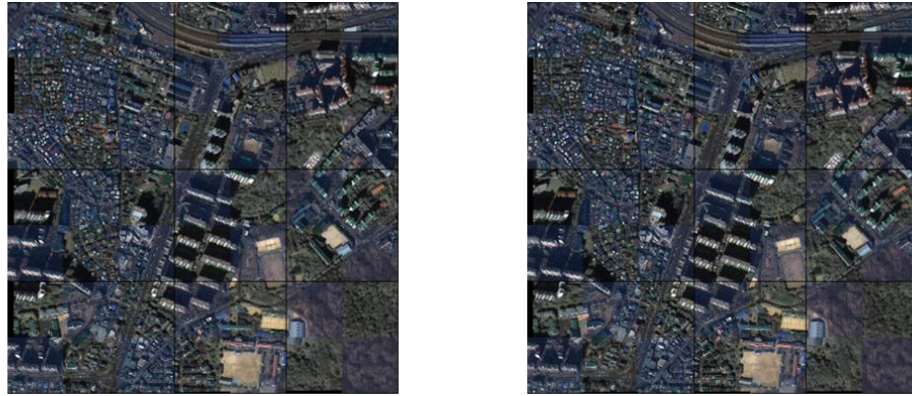


그림 1. 딥러닝 기반 특징점 필터링을 특징 기반 영상 정합 가속화 방법의 블록도



(a) 딥러닝 기반 원격 탐사 영상 정합 결과

(b) 키포인트 필터링 방법을 적용한 딥러닝 기반 원격 탐사 영상 정합 결과

그림 2. 아리랑 3 호 위성 원격 탐사 영상에 대한 정합 결과 비교

Method	N_{red}	RMS_{all}	RMS_{100}	P_{quard}	$BPP(1.0)$	S_{kew}	S_{cat}	ϕ	Time
Deep learning-based registration	288	1.89	1.792	1.000	0.474	0.044	1.000	0.855	312
Keypoints filtering + Deep learning-based registration	215	2.06	2.320	0.992	0.604	0.068	1.000	0.985	34

표 1. 제안하는 방법의 추가에 따른 기존 방법과의 성능 비교

방법을 제안하였다. 기존의 특징 기반 영상 정합 방법의 복잡도는 특징 매칭 (Feature Matching) 단계에서 발생한다. 이 복잡도를 줄이기 위하여 본 논문에서는 특징 매칭이 영상의 인공구조물에서 검출된 특징점으로 매칭되는 것을 확인하여 특징점 검출기에서 검출된 특징점 중에서 인공구조물에서 검출된 특징점만 필터링을 적용하여 영상 정합을 위한 필수적인 특징점을 잃지 않으면서 그 수를 줄일 수 있다. 제안하는 방법의 성능을 검증하기 위하여 아리랑 3 호 위성 원격 탐사 영상을 사용하여 기존 특징점 추출 방법과 속도와 정확도를 비교하였다. 영상 정합 고속화 방법을 의 성능을 검증하기 위하여 아리랑 3 호 위성 원격 탐사 영상을 사용하여 기존 특징점 추출 방법과 속도와 정확도를 비교하였다. 딥러닝 기반 영상 정합 방법을 기준으로 하여 비교하였을 때 특징점의 수를 약 82% 감소시키면서 속도를 약 9.17 배 향상시켰지만 정확도가 0.985 에서 0.855 으로 저하되었다.

감사의 글

"본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학 ICT 연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음"(IITP-2021-2016-0-00288), 본 연구는 2021 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2021R1A2C2092848)의 지원을 받아 수행되었음

참고 문헌

- [1] Zitova, B., Flusser, J. "Image registration methods: a survey" Image and Vision Computing. Vol.21, No.11, pp 977-1000. June 2003
- [2] Suri, s., Reinartz, p. "Mutual-information-based registration of terrasars-x and ikonos imagery in urban areas" IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. Vol. 48, No.2, pp 939-949. November 2009.
- [3] Kern, J.P., Pattichis, M.S. "Robust multispectral image registration using mutual-information models" IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. Vol.45, No.5, pp 1494-1505. April 2007.
- [4] Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T., Gool, L.V. "Speeded-up robust features (surf)" Computer Vision and Image Understanding. Vol.110, No3, pp 346-359. June 2008.
- [5] J. Sung, W. Lee, and S. Oh, "Deep Learning-based Keypoint Filtering for Remote Sensing Image Registration," Journal of Broadcast Engineering, vol. 26, no. 1, pp. 26-38, Jan. 2021.
- [6] Lee W, Sim D, Oh S-J. A CNN-Based High-Accuracy Registration for Remote Sensing Images. Remote Sensing. 2021; 13(8):1482.
- [7] O. Ronneberger, P. Fischer, and T. Brox. "U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation" Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention. Vol.9351. pp 234-241. November 2015.