

## 반복 패턴을 이용한 영상 정합

하성종 조남익

서울대학교

oanchovy@ispl.snu.ac.kr nicho@snu.ac.kr

## Image Registration Using Repetitive Patterns

Ha, Seong Jong Cho, Nam Ik

Seoul National University

## 요약

본 논문은 특징 클러스터에 대한 묘사에 기반한 새로운 특징 기반 영상 정합을 제안한다. 추출되는 특징들을 모두 동등하게 처리하는 기존 방법은 반복 패턴이 존재하는 영상에서는 매칭이 종종 실패하거나 적은 일치점만을 제공한다. 그 이유는 서로 닮아 있는 반복 패턴들로 인해 기하학적으로 일관되지 않은 매칭점들이 발생하거나 거리 비울 테스트를 통과하지 못하기 때문이다. 이에 반해 제안하는 방법은 더 많은 수의 일치점들을 발견할 수 있다. 이를 위해 제안하는 방법은 먼저 추출된 특징들을 반복 패턴으로부터 온 것들과 그렇지 않은 두드러진 특징들로 분리한다. 그런 후 support vector data description을 이용하여 각 반복 패턴들을 묘사한다. 동일하지 않은 영상이 매칭되는 경우를 제거하고 기하학적으로 일관된 일치점들을 제공하기 위해 매칭된 쌍에 대한 기하학적인 단서가 추가된다. 실험을 통해 제안하는 방법은 반복 패턴으로부터 추출된 특징들에 대해 일치점을 제공함으로써 더 많은 수의 일치점을 제공하게 되어 더 정확한 영상 정합을 수행한다는 것을 증명하였다.

## 1. 서론

특징 추출 기반 영상 정합은 특징 추출, 특징 매칭, 변환 모델 예측, 그리고 영상 변환, 4단계로 이루어져 있다. 한 영상을 기준 영상으로 정렬하는 매핑 함수는 영상들 사이의 일치점들로부터 예측될 수 있기 때문에, 정확하면서도 기하학적으로 일관된 일치점들을 더 많이 제공하는 것은 더 나은 영상 정합 결과를 얻게 한다.

두 영상 간의 일치점들을 발견하기 위해 다양한 특징들이 개발되었다. 예를 들어, 회전과 크기 변화에 강인한 maximally stable extremal region (MSER), Harris-Laplace, Hessian-Laplace, Difference-of-Gaussian 등과 같은 관심 영역 검출기가 있다. 검출된 영역에서 그 영역을 묘사하기 위해 gradient, shape context, steerable filter 등이 추출되었다. 그것들 중에서 gradient 히스토그램 기반의 묘사자인 SIFT 혹은 SURF가 그것들의 우수한 변별성으로 인해 주로 많이 사용되고 있다.

이들 훌륭하고 강인한 특징들로 인해, 관계있는 영상들을 발견하는 것이 가능하게 되었고, 또한 영상 정합을 포함한 많은 어플리케이션에서 기하학적 일관성을 발견할 수 있었다. 그러나 반복 패턴을 가진 객체에서 특징이 추출되면, 특징들이 서로 닮아 있기 때문에 특징들의 변별성이 사라지게 된다. 이것은 적은 수의 일치점을 제공하거나 기하학적 일관성이 부족한 매칭된 쌍을 제공하게 되어 영상 정합이 실패하게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해, 본 논문은 반복 패턴으로부터의 특징들을 활용한 영상 정합 방법을 제안하고자 한다. 특징들은 먼저 두드러지는 특징들과 반복되는 패턴으로부터의 특징들로 분류한다. 반복

패턴으로 분류된 특징들은 support vector data description (SVDD)를 이용하여 하나의 묘사자로 표현한다. 그런 후 같은 패턴 내에서의 일치점들에 대해 기하학적인 단서를 사용한다. 여기서 기하학적인 단서는 기준 이미지와는 관계없는 이미지를 제거하고 관련성 있는 이미지로부터 많은 매칭점 개수를 갖게 하는 것이다. 실험은 빌딩과 항공 영상에 대해 수행되었다. 빌딩은 전면에 반복 패턴이 나타나고, 항공 영상에서는 작물과 같은 것들이 반복 패턴으로 보여지기 때문이다. 실험을 통해 제안하는 방법이 기존 방법보다 기하학적으로 일관성 있는 일치점들을 더 많이 제공하여 더 나은 영상 정합 결과를 보여주는 것을 증명한다.

논문 구성은 다음과 같다. 2장에서 새로운 특징 기반 영상 정합을 제안한다. 그리고 3장에서 실험 결과를 보여주고, 4장에서 결론을 맺는다.

## 2. 제안하는 방법

두드러지는 특징 뿐만 아니라 반복 패턴으로부터의 특징들의 일치점들을 제공하기 위해 기준 영상으로부터 추출된 특징들은 먼저 반복 패턴으로부터의 특징과 두드러진 특징들로 구분한다. 그리고 [13]에서 제안한 방법을 이용하여 각 패턴에 대해 묘사자를 생성한다. 그런 후 같은 패턴 내의 일치점들의 기하학적인 단서를 추가함으로써, 기준 이미지와 관련 있는 이미지를 발견하고 그 두 영상들 사이의 더 많은 일치점들을 제공할 수 있다.

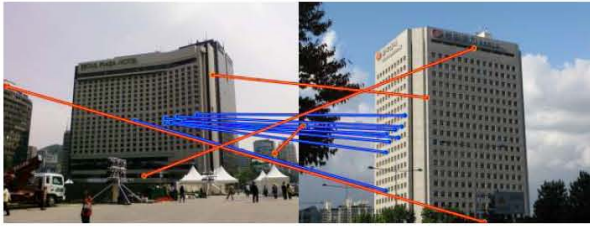


그림 1. [13]에 의한 잘못된 매칭의 예. 빨간색과 파란색 선은 각각 두드러진 특징과 반복 패턴으로부터의 특징들의 일치점을 나타낸다.

### 2.1. [13]의 검토

[13]의 목적은 영상 검색 성능 향상을 위해 패턴을 묘사하는 새로운 방법을 개발하는 것이다. 이를 위해 mean shift clustering [14]이 기준 이미지에서 추출된 특징들을 반복적인 패턴과 그렇지 않은 두드러진 특징들을 구분하기 위해 사용된다. 구체적으로, 특징 공간에서 그 클러스터링 방법이 적용되었을 때, 클러스터들  $\mathbb{F}_i = \{f_{i1}, \dots, f_{ik}\}$  이 얻어진다. 각 클러스터들은 그 클러스터의 구성 요소 개수에 의존하여

$$\mathbb{F}_i = \begin{cases} \mathbb{F}_i^S & \text{if } k = 1 \\ \mathbb{F}_i^R & \text{if } k \geq 2 \end{cases} \quad (1)$$

로 나누어진다. 여기서  $\mathbb{F}_i^S$ 와  $\mathbb{F}_i^R$ 은 각각 두드러진 특징과 반복 패턴으로부터의 특징을 나타낸다. 클러스터된 패턴의 형태를 모르기 때문에, 그 클러스터를 묘사하기 위해 support vector data description (SVDD)를 사용한다. SVDD  $C$ 는

$$C(\mathbf{f}) = \begin{cases} 1, & \text{if } \|\mathbf{f} - \mathbf{a}\|_K \leq R \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad (2)$$

의 형태로 비슷한 특징들을 하나의 셋으로 분류하는 단일 클래스 분류기이다. 여기서,  $\mathbf{a}$ 와  $R$ 은 커널 공간에서 클러스터의 구성 특징들로부터 얻어진 중심 특징과 반지름이다. 각 반복 패턴에 대한 분류기는 독립적으로 학습된다.

다른 영상에서 특징들이 추출된 후에, 학습 단계에서 훈련된 분류기들이 특징들을 분류하기 위해 사용된다. 어떤 특징이 어떤 분류기에 포함되면, 그 특징은 그 분류기가 묘사하는 반복 패턴으로부터 온 특징으로 간주한다. 어떤 분류기에도 포함되지 않는 특징이 존재한다면, 그것은 두드러진 특징으로 간주된다. 그런 후 두드러진 특징 매칭을 가지고 homography를 예측하고 매칭된 반복 패턴을 가지고 그 homography를 검증함으로써 두 영상은 매칭된다. 구체적으로, 제안하는 방법은 두드러진 특징 매칭의 개수  $n^S$ 와 반복 패턴 매칭의 개수  $n^R$ 를 최대화 하는 homography  $H_k$ 를 찾는 것이다. 이를 수식으로 나타내면,

$$H^* = \arg \max_{H_k} (n^S + n^R) \quad (3)$$

과 같고, 여기서  $H_k$ 는 k-th homography.

### 2.2. 일치점들의 기하학적인 단서에 의한 검증

앞에서 소개된 반복 패턴에 대한 묘사자는 영상 검색을 위해 개발된 것이다. 즉, 두 영상에서 비슷한 패턴이 발견된다 할지라도 그 패턴 주변에 두드러진 특징들이 충분히 있지 않은 경우에는 올바른 homography 매칭이 되는 것은 아니다. 그림 1에서 보여지는 것처럼 비슷한 패턴이 존재하였을 때, 때때로 관계없는 영상이 발견되기도 한다. 비슷한 패턴을 발견하는 것이 원래의 목적이려면 이것은 성공적으로 검색한 것이지만, 다른 뷰에서 찍힌 같은 영상을 찾는 것이라면 그렇지 않다.

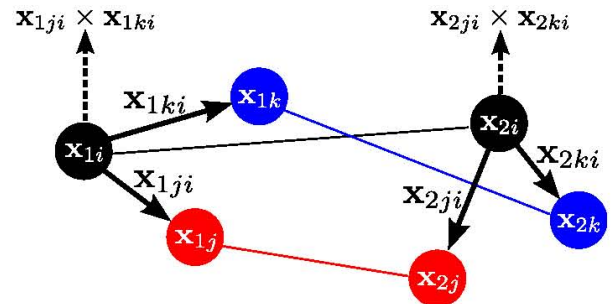


그림 2. 기준 영상의 세 점과 다른 영상에서의 일치점들 사이의 위상 일관성.

### 3. 실험 결과

빌딩과 인공물의 주된 특징 중 하나는 전면에 반복 패턴이 나타나고 농작물은 항공 영상에서 반복적인 패턴으로 나타나기 때문에, 빌딩과 항공 영상을 가지고 테스트를 수행하였다.

표 1. Homography 정확성

방법	autostitch	RSOC	제안하는 방법
e (픽셀/pt)	-	2.51	<b>0.96</b>

### 4. 결론

한 쌍의 영상 사이에서 더 많은 수의 일치점들은 더 나은 영상 조합 결과를 보여준다. 그러나 영상 내에 반복 패턴이 존재할 경우 기하학적으로 일관되지 않은 일치점들을 주게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 두드러지는 특징과 더불어 반복 패턴의 일치점도 발견하는 새로운 매칭 알고리즘을 제안하였다. 이를 위해 추출된 특징들을 먼저 두드러지는 특징과 반복 패턴으로부터 온 특징들로 나누고, 반복 패턴으로 분류된 것은 support vector descriptor로 묘사한다. 여기에 매칭된 특징들의 기하학적인 단서를 추가한다. 제안하는 알고리즘은 건물과

항공 영상을 가지고 테스트하였고, 기존 방법들보다 더 정확하면서 더 나은 결과를 보여주었다.

## 5. 참고 논문

- [1] B. Zitova, "Image registration methods: a survey," *Image and Vision Computing*, vol. 21, no. 11, pp. 977-1000, Oct. 2003.
- [2] Tinne Tuytelaars and Krystian Mikolajczyk, "Local invariant feature detectors: A survey," *Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision*, vol. 3, no. 3, pp. 177-280, 2008.
- [3] J. Matas, O. Chum, M. Urban, and T. Pajdla, "Robust wide baseline stereo from maximally stable extremal regions," in *BMVC*, 2002, pp. 384-393.
- [4] Krystian Mikolajczyk and Cordelia Schmid, "Indexing based on scale invariant interest points," in *Proc. ICCV*, 2001, pp. 525-531.
- [5] Krystian Mikolajczyk and Cordelia Schmid, "Scale & affine invariant interest point detectors," *IJCV*, vol. 60, no. 1, pp. 63-86, October 2004.
- [6] D. G. Lowe, "Object recognition from local scale-invariant features," in *Proc. ICCV*, 1999, pp. 1150-1157.
- [7] S. Belongie, J. Malik, and J. Puzicha, "Shape matching and object recognition using shape contexts," *TPAMI*, vol. 24, no. 4, pp. 509-522, 2002.
- [8] W. T. Freeman and E. H. Adelson, "The design and use of steerable filters," *TPAMI*, vol. 13, no. 9, pp. 891-906, Sep. 1991.
- [9] David G. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints," *IJCV*, vol. 60, pp. 91-110, 2004.
- [10] Herbert Bay, Andreas Ess, Tinne Tuytelaars, and Luc Van Gool, "Speeded-up robust features (surf)," *CVIU*, vol. 110, no. 3, pp. 346-359, 2008.
- [11] Krystian Mikolajczyk and Cordelia Schmid, "A performance evaluation of local descriptors," *TPAMI*, vol. 27, no. 10, pp. 1615-1630, October, 2005.
- [12] Matthew Brown and David G. Lowe, "Automatic panoramic image stitching using invariant features," *IJCV*, vol. 74, no. 1, pp. 59-73, 2007.
- [13] Seong Jong Ha, Sang Hwa Lee, and Nam Ik Cho, "Discrimination and description of repetitive patterns for enhancing object recognition performance," in *ICIP*, September 2011, pp. 2425-2428.
- [14] Dorin Comaniciu and Peter Meer, "Mean shift: a robust approach toward feature space analysis," *TPAMI*, vol. 24, pp. 603-619, 2002.
- [15] David M. J. Tax and Robert P. W. Duin, "Support vector data description," *Machine Learning*, vol. 54, no. 1, pp. 45-66, 2004.
- [16] Martin A. Fischler and Robert C. Bolles, "Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography," *Communications of the ACM*, vol. 24, no. 6, pp. 381-395, June 1981.
- [17] Zhaoxia Liu, Jubai An, and Yu Jing, "A simple and robust feature point matching algorithm based on restricted spatial order constraints for aerial image registration," *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 50, no. 2, pp. 514-527, Feb. 2012.