

## 특징점 간 삼각형 닮음 조건 기반 영상 간 유사 공간 계산 알고리즘

이인홍, 강전호, 김규현  
경희대학교

leeih10@khu.ac.kr, gaonam@khu.ac.kr, kyuheonkim@khu.ac.kr

Image similarity evaluation algorithm  
based on Similarity condition of triangles between feature pointsInhong Lee, Jeonho Kang, Kyuheon Kim  
Kyunghee University

## 요 약

IT 기술의 발전으로 다양한 디바이스들이 출현하고 있고, 디바이스들의 디스플레이 크기와 해상도가 증가하는 경향을 보임에 따라 파노라마 영상에 대한 필요성이 대두되고 있다. 현 상황에서 영상 소비 목적과 사용 디바이스에 맞는 영상을 제공하기 위하여 불특정 해상도를 가진 영상들을 정합하여 파노라마 영상을 제작하는 것이 필수적이다. 이와 같은 파노라마 영상을 제작하기 위해서는 영상 간 스티칭 기술이 필요하며, 해당 스티칭 기술은 영상 전체에 대한 정보를 사용하기 때문에 많은 시간이 소요된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 스티칭 대상 영역을 특정하는 영상 간 공간유사도 평가를 활용하면 스티칭 시간의 감소를 가져올 수 있다. 본 논문에서는 추출된 특징점을 대상으로 삼각형 닮음 조건을 적용하여 영상 간 공간유사도를 평가하는 알고리즘을 개발하고자 한다.

## 1. 서론

디지털 카메라의 발전으로 누구나 쉽게 고화질의 영상을 획득할 수 있게 되었고, 이를 효과적으로 소비할 수 있는 스마트폰 또는 태블릿 PC 등의 고해상도 퍼스널 디바이스들 또한 일상적으로 사용되고 있다. 이러한 발전과 맞물려 소비자 개인의 영상 소비 목적과 사용 디바이스에 부합하는 영상 콘텐츠의 소비 욕구가 증가하고 있다. 이 중 대화면을 기반으로 하는 파노라마 영상은 사용자에게 광각의 시야각을 제공하기에 화면의 증가에 따라 그 관심도가 높아지고 있다. 이와 같은 파노라마 영상을 제작하기 위해서는 다수의 영상을 정합하여 하나의 영상으로 제작하는 작업이 필수적인데, 이를 영상 스티칭이라 한다.

현재 가장 많이 사용되는 영상 스티칭 알고리즘으로 SIFT 와 SURF 가 있다. 위의 두가지 알고리즘은 회전, 조명, 이미지의 크기 또는 해상도에 둔감한 결과물을 얻기 위해 특징점 추출 과정과 매칭 과정에서 적분 연산을 하고 지역서술자를 만들어낸다. 그로 인해 많은 계산량이 요구되어 스티칭 완료된 영상을 이용하여 실시간 서비스를 실시하기에는 부족한 측면이 있다. 따라서 더 빠른 영상 스티칭 작업을 위해서는 특징점 추출 및 매칭 과정에서의 계산량 감소를 통한 작업 소요 시간 감소가 필요하다. 또한 이를 위하여 영상 간 공간 유사도 평가를 통해 스티칭 대상 영상 간 유사도를 평가하고 계산 영역을 제한하는 작업이 요구된다. 본 논문에서는 삼각형의 닮음 조건에 기반한 영상 간 공간유사도 평가 알고리즘을 제안하고, 이를 통해 계산 영역을 줄여 영상 스티칭 작업의

소요 시간을 줄이는 방법을 제안하고자 한다.

제안하는 영상 유사도 평가 알고리즘에서는 openCV 라이브러리에서 제공하는 GoodFeatureToTrack 알고리즘을 사용하여 특징점을 검출해 내고 검출된 특징점들을 삼각형 쌍으로 묶어 그룹화 한 뒤 삼각형 쌍의 비교를 통해 영상 간의 공간 유사도 평가를 실시하는 방법을 제안한다. 또한 삼각형 닮음 조건을 이용한 공간 유사도 평가 방식의 한계와 이를 보완하기 위한 방안을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 특징점을 추출하고 삼각형으로 그룹화하는 방법에 대하여 설명한다. 3 절에서는 그룹화된 특징점을 이용하여 유사 공간을 계산하는 방법에 대하여 설명한다. 4 절에서 제안한 알고리즘의 실행결과를 보이고, 5 절에서 결론과 향후 연구 과제에 대하여 서술한다.

## 2. 특징점 추출 및 그룹화

영상 간 공간유사도 평가를 실시함에 있어 가장 우선적으로 실시되어야 하는 작업은 비교하고자 하는 영상들 각각의 특징점을 추출해 내는 작업이다. 제안하고자 하는 알고리즘에서는 openCV 라이브러리에서 제공하는 Good FeatureToTrack 알고리즘을 사용하여 특징점을 검출해 내고 특징점을 추출한다. GoodFeatureToTrack 알고리즘은 Harris Corner Detector 에 기반한 특징점 추출 알고리즘으로, Harris Corner Detector 의 특성 상 빠른 속도로 특징점을 추출할 수 있고, 동시에 Threshold 를 조절하여 추출되는 특징점의 수를 쉽게 조절할 수 있기 때문이다.

GoodFeatureToTrack 알고리즘을 이용하여 유의미한 특징점들을 추출해 낸 이후 특징점들을 3 개씩 묶어 삼각형 모양으로 그룹화 하여 삼각형 정합쌍을 생성한다. 영상의 크기와 무관하게 비슷한 밀도의 특징점을 추출해 낼 수 있게 하기 위하여 영상에 크기에 비례하여 추출하는 특징점의 수를 조절한다. 큰 사이즈의 영상은 작은 사이즈의 영상에 비해 많은 수의 특징점을 추출해 내게 되며, 이때 추출되는 특징점의 수는 항상 3 의 배수가 되도록 설정되어야 한다. 그림 1 은 상술한 알고리즘을 사용하여 특징점을 추출한 영상으로 추출된 특징점은 붉은 점으로 표시되어 있다.



그림 1. 특징점을 추출한 영상의 예시

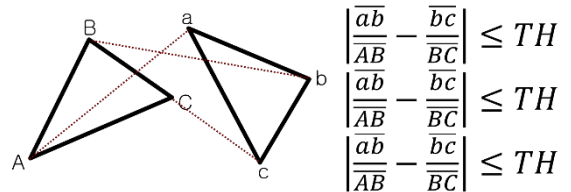
앞서 GoodFeatureToTrack 알고리즘을 이용하여 추출한 특징점들은 벡터 자료형에 순차적으로 저장되는데, 벡터에 들어가 있는 특징점을 순차적으로 검색하여 한 특징점과 가장 가까운 위치에 있는 2 개를 찾아 검색된 특징점 3 개를 삼각형 쌍으로 정합한다. 이때 계산 대상이 되는 특징점의 픽셀값 기준으로 '(x 좌표값의 차의 제곱 + y 좌표값의 차의 제곱)의 제곱근' 이 가장 작은 특징점 3 개를 모아 그룹화한다. 위 과정은 특징점 벡터에 포함된 모든 특징점에 대하여 반복되며, 결과적으로 처음 GoodFeatureToTrack 알고리즘을 이용해 추출된 특징점 수와 동일한 수의 삼각형 정합쌍이 생성된다. 따라서 추출된 모든 특징점은 최소 하나의 삼각형 정합쌍에 포함되며, 특정 특징점은 하나 이상의 특징점에 포함될 수 있다. 그림 2 는 삼각형 정합쌍을 생성해낸 영상으로 생성된 삼각형 정합쌍은 붉은 삼각형으로 표시되어 있다.



그림 2. 삼각형 정합쌍을 생성한 영상의 예시

### 3. 삼각형 정합쌍 분류 및 XML 문서 생성

2 장에서 설명한 것과 같이 모든 특징점들이 삼각형으로 그룹화가 완료되면 양 영상에 존재하는 모든 삼각형 정합쌍들의 닮음 정도를 비교하여 삼각형이 같은 위치에 존재하는지 판별한다. 이 계산에 사용되는 삼각형의 닮음 조건은 SSS 닮음으로 양쪽 삼각형의 세 변의 길이비를 비교하여 닮음 정도를 판별한다.



다.

그림 3. 삼각형 닮음 정도 계산식

그림 3 은 삼각형의 닮음비를 계산하기 위한 식으로, 정확한 닮음비 계산을 위하여 계산 이전의 모든 삼각형의 가장 긴 변을  $\overline{AC}(\overline{ac})$ 로 정의하고 가장 짧은 변을  $\overline{BC}(\overline{bc})$ 로 정의한다. 서로 대응하는 삼각형 각 변 길이 비의 차를 계산하여 모든 결과값이 지정된 TH(Threshold) 이하로 계산된다면 두 삼각형 정합쌍을 매칭되는 정합쌍으로 분류한다. 이때 매칭된 삼각형은 계산에서 제외한다. 이 계산 과정을 양쪽 영상의 모든 삼각형 쌍에 대하여 실시하여 매칭되는 정합쌍들을 분류해내고, 최종적으로 올바르게 매칭된 삼각형 정합쌍들을 통해 양 영상 간 유사 공간을 특정할 수 있다.

계산이 완료된 이후 각각의 영상에 대하여 유사 공간 위치를 쉽게 파악할 수 있도록 하기 위하여 매칭된 삼각형 주변을 매핑해 유사 공간 영역을 지정한다. 표시되는 영역은 매칭된 정합쌍을 모두 포함할 수 있는 최소 크기의 직사각형으로 설정하고, 이는 매칭 완료된 삼각형 정합쌍에 포함된 좌표점들의 픽셀 좌표의 극값을 통해 결정된다.

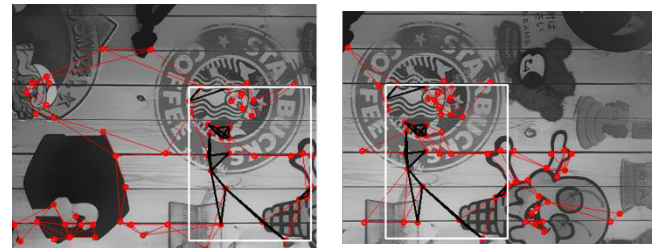


그림 4. 유사 공간 계산이 완료된 영상의 예시

그림 4 는 유사 공간 계산이 완료된 영상으로 계산을 통해 매칭된 삼각형 정합쌍은 검은색 삼각형으로, 유사 공간으로 판별된 영역을 흰색 사각형으로 표시되어 있다.

본 논문에서 제안한 영상 간 유사도 평가 알고리즘은 최종적으로 영상 정합을 수행하기 위한 전처리 과정이기 때문에 설명한 알고리즘의 수행 이후 영상 정합을 시행하는 것을 전제로 하고 있다. 따라서 효율적인 영상 정합을 시행하기 위하여 알고리즘 수행 이후 최종적으로 유사 영역으로 판단된 부분의 정보를 XML 문서의 형태로 저장하고 이후의 영상 정합 과정에서 활용할 수 있는 방법을 제안한다. 생성한 XML 문서에는 영상 간 유사도 평가 알고리즘 수행이 완료된 2 개의 영상 각각의 가로 픽셀 길이, 세로 픽셀 길이와 유사 공간으로 판별된 영역의 좌측 상단과 우측 하단의 좌표 값을 저장한다. 그림 5 는 생성한 XML 문서의 예시이다.

```

<?xml version="1.0"?>
- <opencv_storage>
  <rows1>268</rows1>
  <cols1>435</cols1>
  <maxpoint1> 387 263</maxpoint1>
  <minpoint1> 229 112</minpoint1>
  <rows2>370</rows2>
  <cols2>457</cols2>
  <maxpoint2> 230 349</maxpoint2>
  <minpoint2> 79 191</minpoint2>
</opencv_storage>

```

그림 5. XML 문서의 내용

본 논문에서 제안한 삼각형 닮음 조건 기반 영상 유사도 평가 알고리즘의 구조를 정리하면 그림 6 과 같다.

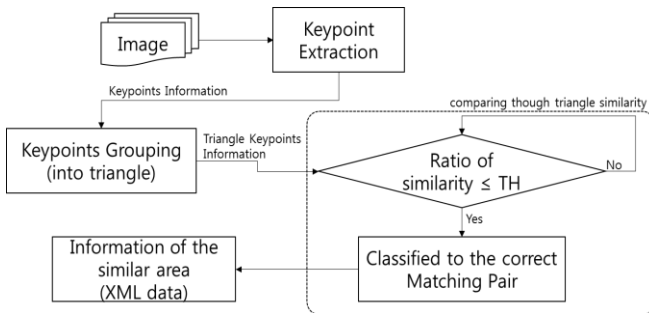


그림 6. 제안한 알고리즘의 구조도

1. GoodFeatureToTrack 알고리즘을 사용하여 영상의 크기에 비례한 숫자의 특징점 정보를 얻는다.
2. GoodFeatureToTrack 알고리즘을 통해 추출한 특징점 정보를 활용하여 삼각형 정합쌍을 생성한다.
3. 양쪽 영상의 삼각형 정합쌍들의 닮음 정도를 계산하여 지정된 Threshold 이하일 경우 매칭된 정합쌍으로 분류한다.
4. 얻어진 매칭 정보를 이용하여 유사 공간 영역을 계산한다.
5. 계산된 유사 공간 영역의 정보를 XML 문서로 저장한다.

#### 4. 실험 결과

본 논문에서 제안한 알고리즘을 검증하기 위하여 HD 규격의 이미지를 사용하였으며, Intel Core i7-8550U @ 1.80GHz 환경에서 Microsoft Visual Studio 2017 과 OpenCV 2.7.9 라이브러리, C++언어를 기반으로 프로그램을 구현하여 실험하였다.

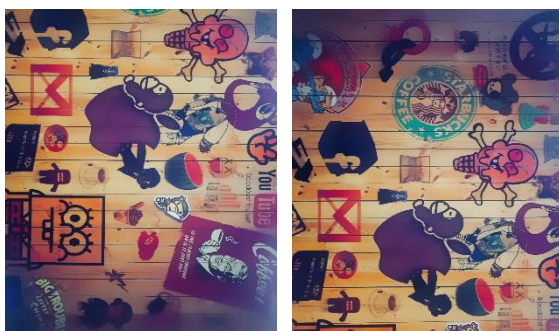


그림 7. 실험 이미지 세트

그림 7은 두 장의 HD 규격 영상으로 제안한 알고리즘의 검증을 위한 실험을 위한 이미지 세트이다. 그림 7 을 사용한 유사 공간 계산 알고리즘의 실행 결과는 다음과 같다.

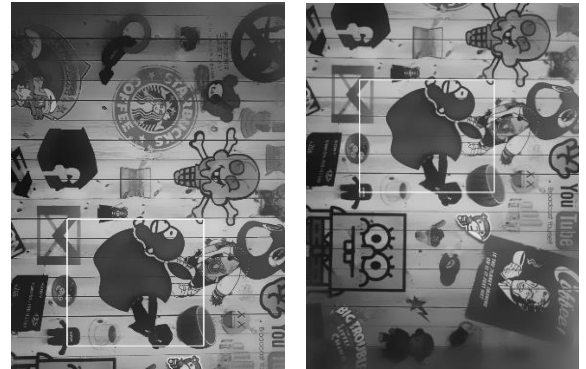


그림 8. 제안한 알고리즘의 실행 결과

그림 8에서 흰색 사각형으로 표시된 부분이 제안한 유사 공간 파악 알고리즘을 통해 계산된 양 쪽 영상의 유사 공간이다. 위 그림을 통해 양쪽 영상의 유사 공간이 정확히 계산되었음을 육안으로도 쉽게 확인할 수 있다.

	제안방법 (msec)	SURF(msec)	감소율(%)
1	498	603	17.41
2	455	611	25.53
3	471	587	19.76
4	486	593	18.04
5	460	586	21.50
6	475	599	20.70
7	492	600	18.00
8	501	587	14.65
9	479	588	18.54
10	477	597	20.10
평균	479.4	595.1	19.44

표 1. 기존 방법과의 실험 결과 속도 비교

표 1은 본 논문에서 제안하는 알고리즘과 기존의 SURF 알고리즘의 계산 시간을 비교한 표이다. 표 1 에서 보는 것과 같이 10 회의 반복 시행 결과 유사 공간 계산에 있어 기존의 방법과 비교하여 평균적으로 약 20% 정도의 수행시간이 단축되었음을 확인할 수 있다.

추가적으로 실험 이미지 세트를 변형하여 시행한 추가적인 실험을 통하여 본 논문에서 제안한 알고리즘이 비교 대상의 되는 영상의 크기와 무관하게 잘 동작하고, 이미지의 회전에 특히 강인하다는 점을 그림 9 와 10 을 통해 각각 확인할 수 있다.

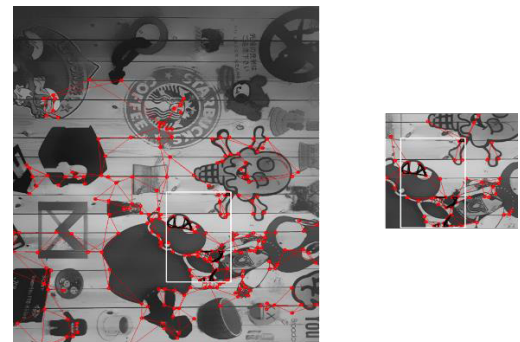


그림 9. 크기가 다른 영상에 대한 알고리즘 실행 결과

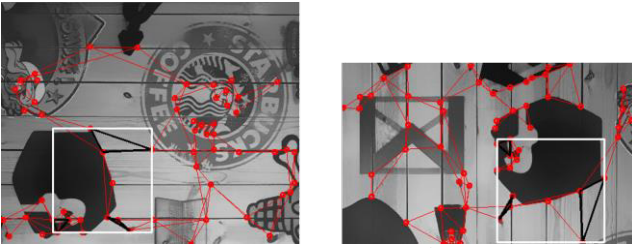


그림 10. 회전된 영상에 대한 알고리즘 실행 결과

## 5. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서 제안한 특징점 간 삼각형 닮음 조건 기반 영상 간 유사 공간 계산 알고리즘은 일차적인 수학 법칙에 기반한 계산만을 시행하기 때문에 계산에 오랜 시간이 소요되지 않고 높은 성능의 디바이스를 요구하지 않는 장점이 있다. 또한 계산 과정에서 특징점의 좌표를 활용하기 때문에 영상 간 유사도 평가를 함과 동시에 영상의 후처리를 통해 삼각형을 같은 모양으로 이어 붙임으로써 영상 정합 시 바로 활용할 수 있다는 점에서 효과적이다. 또한 4 절에서 확인할 수 있듯이 비교 대상이 되는 영상의 크기가 크게 차이나는 경우에도 문제없이 작동하며, 이미지의 회전에 있어 강인한 결과를 보인다는 것에 장점이 있다.

반면 제안하는 방법은 특징점을 검출하는 데에 Harris Corner Detector 에 기반한 방법을 사용하기 때문에 스케일 변화에 민감하게 반응하는 문제점이 있다. 다만 이는 추후에 코너 추출 과정에서 다른 코너 검출 알고리즘을 활용함으로써 해결할 수 있을 것이라 기대한다. 또한 특징점이 가까운 위치에 과도하게 생성되는 영상에 있어 계산된 삼각형 정합쌍 변의 비율이 크게 차이나지 않아 엉뚱한 삼각형 정합쌍이 매칭되는 결과가 발생할 수 있어 가까운 위치에 여러 개의 특징점이 추출될 경우 이를 제거하는 과정이 추가적으로 요구된다.

\* 본 논문은 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음. [2017-0-00224, UHD 방송콘텐츠 기반 지능형 Dynamic Media 생성, 분배 및 소비 기술 개발]

### 참고문헌

- [1] C. Harris and M.J. Stephens. "A combined corner and edge detector," In Alvey Vision Conference, pp. 147-152, 1988.
- [2] Jin Wook Park, Yong Tak Kim, Do Kyung Shin, "Feature points matching based on the condition of triangle similarity", 한국정보기술학회논문지, 2010
- [3] Jiheon Im, Euisang Lee, Hoejung Kim, Kyuheon Kim, "Images Grouping Technology based on Camera Sensors for Efficient Stitching of Multiple Images", 방송공학회논문지, 2017