

효율적인 계산을 위한 개선된 삼각형 닮음 조건 기반 영상 간 유사 공간 계산 알고리즘

이인홍 강전호 남귀중 김규현

경희대학교

leeih10@khu.ac.kr gaonam@khu.ac.kr nkj0427@khu.ac.kr kyuheonkim@khu.ac.kr

Improved Triangle Keypoints matching system for efficient generation

Inhong Lee, Jeonho Kang, Kwijung Nam, KyuHeon Kim

KyungHee University

요약

기존에 개발한 삼각형 닮음 조건 기반 영상 간 유사 공간 계산 알고리즘은 근접 거리에 과도하게 많은 특징점이 추출되면 정확도가 낮아지는 점, 계산 과정에서의 Threshold를 주관적으로 설정해 주어야 해 정확한 Threshold를 찾기 위하여 전체 알고리즘을 여러번 반복하여 실행시켜야 하는 점에서 비효율적인 측면이 있다. 이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 기존의 삼각형 닮음 조건 기반 영상 간 유사 공간 계산 알고리즘에 근접 거리 내의 특징점을 제거하는 알고리즘과 서로 다른 Threshold를 가진 유사 공간 계산 알고리즘들을 병렬적으로 계산해 한 번의 알고리즘 실행만으로 자동적으로 적절한 Threshold를 찾을 수 있도록 하는 모듈을 추가하여 기존의 알고리즘과 비교하여 더 효율적으로 영상 간 유사 공간을 계산해낼 수 있도록 개선된 삼각형 닮음 조건 기반 영상 간 유사 공간 계산 알고리즘을 제안한다.

1. 서론

파노라마 영상은 일반적인 영상과 비교하여 더 넓은 시야각을 가지는 고해상도 영상으로, AR / VR 등 3차원 콘텐츠의 발전함에 따라서 파노라마 영상에 대한 사용자의 관심이 높아지고 있다. 이러한 파노라마 영상을 생성하기 위해 다수의 영상을 정합해 하나의 영상을 생성하는 영상 스티칭 기술이 필요하다. 기존에 제안된 SIFT, ORB 등의 영상 스티칭 기술은 높은 계산량을 요구하기 때문에 저사양의 디바이스에서는 계산에 오랜 시간이 걸리는 문제가 있다.

영상 스티칭 작업의 계산량을 줄이기 위하여 이전의 연구에서 '삼각형 닮음 조건 기반 영상 간 유사 공간 계산 알고리즘'을 제안한 바 있다.[1] 하지만 위의 알고리즘은 2장에서 서술할 몇몇 문제점들을 가지고 있어 실제 영상 스티칭 프로그램에 적용하기에 무리가 있었다. 따라서 본 논문에서는 기존에 제안된 '삼각형 닮음 조건 기반 영상 간 유사 공간 계산 알고리즘'의 문제점을 개선한 새로운 '삼각형 닮음 조건 기반 영상 간 유사 공간 계산 알고리즘'을 제안하고자 한다.

본 논문의 2장에서 기존에 제안한 알고리즘과 해당 알고리즘의 한계점을 설명하고, 3장에서 이를 해결하기 위한 개선된 알고리즘을 제안한다. 또한, 4장에서 제안하는 알고리즘을 기존의 스티칭 알고리즘과 비교한 결과를 보이고, 5장에서 결론을 서술한다.

* 본 연구는 한국전력공사의 2018년 착수 에너지 거점대학 클러스터 사업에 의해 지원되었음 (과제번호 : R18XA02)

2. 기존 알고리즘과 한계

기존에 제안된 '삼각형 닮음 조건 기반 영상 간 유사 공간 계산 알고리즘'은 크게 특징점 추출 단계, 특징점 그룹화 단계, 삼각형 정합쌍 분류 단계로 구분된다.

특징점 추출 단계에서는 유사 공간 계산을 원하는 두 개의 이미지를 입력으로 받으며, 각각에 영상마다 입력 영상의 해상도에 비례하는 개수의 특징점을 Harris Corner Detector를 통해 추출한다.[2] 이어지는 특징점 그룹화 단계에서는 추출된 모든 특징점을 대상으로 가장 가까운 두 개의 다른 특징점을 찾아 삼각형 모양으로 그룹화한다. 이렇게 그룹화된 삼각형 모양의 특징점 그룹을 삼각형 정합쌍이라고 하고, 추출된 특징점의 개수와 동일한 개수의 삼각형 정합쌍이 생성된다. 삼각형 정합쌍 분류 단계에서는 입력된 두 개의 영상에서 생성된 삼각형 정합쌍들을 비교하여 서로 닮은 삼각형을 찾아냄으로써 두 이미지의 간의 유사 공간을 계산해낸다. '삼각형 닮음 조건 기반 영상 간 유사 공간 계산 알고리즘'의 구조도는 그림 1과 같다.[1]

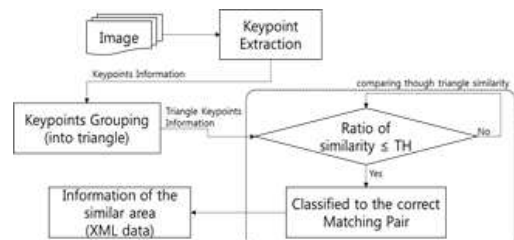


그림 1. 기존 알고리즘의 구조도

위의 알고리즘은 정확한 유사 공간을 계산하는 데에 있어 두 가지 문제를 가진다. 먼저, 특징점 추출 과정에서 특징점 간 거리를 신경 쓰지 않고 강한 특징을 가진 점을 우선하여 추출하기 때문에 영상에서 강한 특징을 지는 부분에 다수의 특징점이 쏠리게 추출되는 문제가 있다. 특정 부분에 과도하게 많은 특징점이 생성되게 되면 특징점 그룹화 단계에서 매우 짧은 면을 가진 삼각형이 다수 생성되며, 이렇게 생성된 삼각형들은 시차를 가진 이미지에 대하여 민감하게 반응한다. 따라서 조금의 시차를 가지는 두 개의 입력 영상에 대하여 낮은 정확도를 보인다. 다음으로, 삼각형 정합쌍 분류 단계에서의 Threshold를 주관적으로 정해줘야 한다는 문제점이 있다. ‘삼각형 닮음 조건 기반 영상 간 유사 공간 계산 알고리즘’이 두 입력 영상 간의 유사 공간을 정확히 계산해 내기 위해서는 삼각형 정합쌍 분류 단계에서의 Threshold를 정확하게 지정하는 것이 중요하다. 하지만 기존의 알고리즘에서는 Threshold를 임의의 값으로 정해야 하기 때문에 정확한 실험 결과를 얻기 위해서 정확한 결과를 얻을 때까지 Threshold를 변경해가며 알고리즘을 반복적으로 시행해야만 하는 비효율적인 과정을 거쳐야 한다.

3. 제안하는 알고리즘

2장에서 언급한 두 가지 문제를 해결하고 더 효율적으로 두 영상 간의 유사 공간을 계산해내기 위해서 ‘삼각형 닮음 조건 기반 영상 간 유사 공간 계산 알고리즘’에 몇 가지 과정을 추가하여 이를 개선하였다. 먼저, 특정 영역에 다수의 특징점이 추출되는 문제를 해결하기 위하여 특징점 추출 과정에서 ‘최소 거리 기반 특징점 추출 모듈’을 추가하였다. ‘최소 거리 기반 특징점 추출 모듈’은 특징점을 추출할 때 높은 우선 순위를 가진 특징점부터 순차적으로 추출하며, 만약 이미 추출된 특징점과 가까운 거리에서 새로운 특징점이 추출되는 경우 새롭게 추출된 특징점을 사용하지 않고 계산에서 제외한다. 위 과정을 통해 특징점을 추출하는 과정에서 특징점 간 최소 거리를 제한하고 근접 거리에서 다수의 삼각형이 추출되지 않도록 하는 역할을 한다.

다음으로 정확한 Threshold를 알아내기 위하여 전체 알고리즘을 반복적으로 시행해야 하는 문제를 해결하기 위하여 서로 다른 Threshold를 가진 삼각형 정합쌍 분류 모듈을 병렬적으로 배치하였다. 병렬적으로 배치된 삼각형 정합쌍 분류 모듈들은 각각 다른 Threshold를 가지고 있다. 각각의 삼각형 정합쌍 분류 모듈은 기존의 삼각형 정합쌍 분류 단계에서와 마찬가지로 하나의 유사 공간 계산 결과를 생성한다. 최종적으로 위 과정을 통해 생성된 유사 공간 계산 결과는 Threshold 선택기에 입력으로 넣어지며, Threshold 선택기는 두 이미지의 유사 공간의 크기를 비교하여 이 중 가장 좋은 결과를 보인 삼각형 정합쌍 분류 모듈 시행 결과를 선택한다.

기존의 알고리즘에서는 Threshold를 변경해야 하는 경우 알고리즘 전체를 다시 시행해야 했고, 이는 실제 알고리즘의 동작 시간을 크게 상승시켰다. 하지만 삼각형 정합쌍 분류 모듈을 병렬적으로 배치함으로써 정확한 Threshold를 획득하는데 있어 삼각형 분류 모듈만 반복적으로 시행하도록 하는 효과를 얻을 수 있고, 이를 통해 한 번의 알고리즘 실행만으로도 정확한 결과를 얻어낼 수 있어 올바른 결과를 얻어내기까지의 최종적인 알고리즘의 동작 시간을 단축시킬 수 있다.

새롭게 제안하는 ‘개선된 삼각형 닮음 조건 기반 영상 간 유사 공간 계산 알고리즘’의 구조는 그림 2와 같다. 그림 2에서 빨간색으로 표시된 부분은 본 논문에서 새롭게 추가된 모듈을 의미한다.

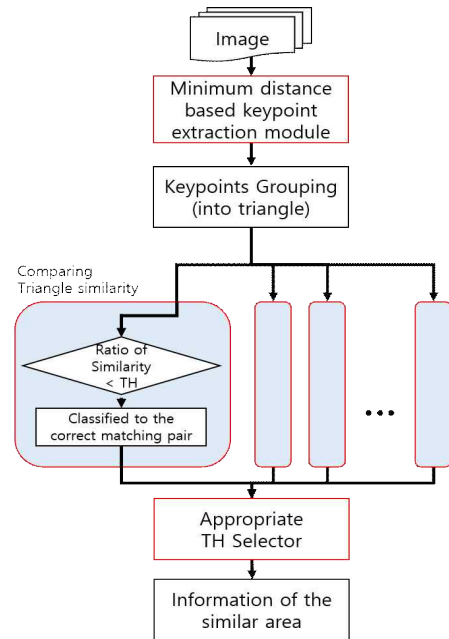


그림 2. 개선된 알고리즘의 구조도

4. 실험 결과

본 논문에서 새롭게 제안한 알고리즘을 검증하기 위하여 Window10 환경에서 Microsoft Visual Studio Code와 OpenCV 2.7.9 라이브러리, Python을 기반으로 프로그램을 구현하여 실험하였다.

그림 3은 기존의 종의 특징점 추출 모듈과 최소거리 기반 특징점 추출 모듈의 실험 결과를 비교한 그림이다. 기존의 특징점 추출 모듈에서는 가까운 거리에 과도하게 많은 특징점이 생성되어 정확한 결과를 얻어 내지 못했음을 그림 3.a를 통해 확인할 수 있으며, 특징점 간 최소 거리 제한을 둔 최소 거리 기반 특징점 추출 모듈의 실험 결과는 정확하게 얻어졌음을 그림 3.b를 통해 확인할 수 있다.

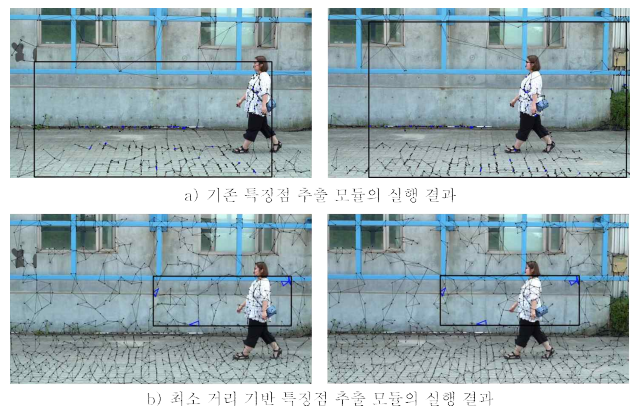


그림 3. 기존의 특징점 추출 모듈과 최소거리 기반 특징점 추출 모듈의 실험 결과 비교

그림 4는 새롭게 제안한 '개선된 삼각형 닮음 조건 기반 영상 간 유사 공간 계산 알고리즘'과 기존의 알고리즘, 그리고 SURF를 각각 10번 구동하여 각 알고리즘의 계산 시간을 비교한 그림이다. 각각의 알고리즘의 평균 구동 시간은 개선된 알고리즘은 3534msec, 기존 알고리즘은 3372msec, SURF는 3392msec로 새롭게 제안한 알고리즘이 다른 두 알고리즘에 비해 약간 더 긴 소요시간을 가진다. 하지만 이는 삼각형 정합쌍 분류 모듈의 병렬적 배열로 인한 것으로, 기존의 '삼각형 닮음 조건 기반 영상 간 유사 공간 계산 알고리즘'이 실제 올바른 결과를 얻어내기 위하여 Threshold 변경하며 여러 번 실행해야 할 필요성이 있었다는 점을 감안하면 한번의 실행으로 올바른 값을 자동적으로 찾아내는 제안 알고리즘의 구동 시간이 더 짧다고 볼 수 있다. 또한 Parallel triangle matching system은 SURF와 비교하여 142msec의 시간이 더 소요되지만, 시차가 심한 영상에 대하여 더 높은 정확도를 보인다는데 강점이 있다. 그림 5는 매우 큰 시차를 가진 입력 영상에 대하여 SURF와 제안된 알고리즘을 이용하여 유사 공간을 계산한 결과이다. SURF에서는 두 이미지의 유사 공간 영역을 계산해내지 못하였지만, 제안된 알고리즘은 이미지 간의 시차가 크더라도 유사 공간 영역을 정확히 계산해냄을 확인할 수 있다.

참고 문헌

[1] 이인홍, 강전호, 김규현, “특징점 간 삼각형 닮음 조건 기반 영상 간 유사 공간 계산 알고리즘”, 방송미디어공학회 하계 학술발표대회 논문집, 2019

[2] C. Harris and M.J. Stephens. “A combined corner and edge detector,” In Alvey Vision Conference, pp. 147-152, 1988.

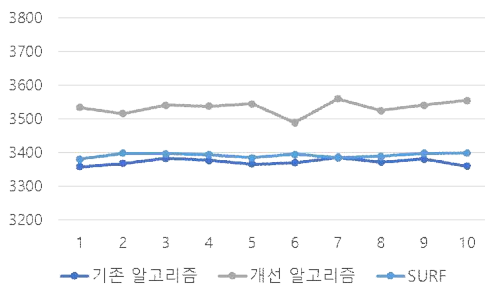


그림 4. 유사 공간 계산 알고리즘의 속도 비교

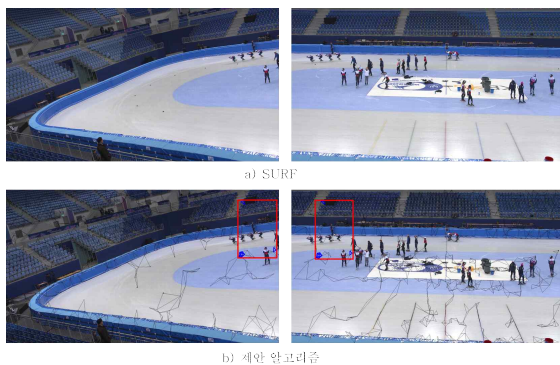


그림 5. 시차가 큰 영상에 대한 알고리즘 시행 결과

5. 결론

본 논문에서 제안한 개선된 삼각형 닮음 조건 기반 영상 간 유사 공간 계산 알고리즘은 삼각형 정합쌍 분류 모듈의 병렬적 배열을 통해 계산 시간의 큰 증가 없이도 기존에 제안했던 알고리즘의 문제점을 효과적으로 해결하였고, 이에 더불어 기존 기술이 가지던 강점을 그대로 가진다는 점에서 큰 이점을 가진다. 또한, 최소 거리 기반 특징점 추출 모듈의 사용으로 기존의 유사 공간 계산 알고리즘과 비교하여 시차가 큰 영상에 대하여 강인한 결과를 보인다는 장점이 있다.