

실시간 파노라마 영상 합성을 위한 고속 특징점 추적 기법

이현준 심학준 이상화 조남익 이상욱

서울대학교 전기공학부

hjlee@ipl.snu.ac.kr

Fast Keypoint Tracking for Panoramic Image Alignment

Lee, Hyunjoon Shim, Hackjoon Lee, Sang Wha

Cho, Nam Ik Lee, Sang Uk

Department of Electrical Engineering,

Seoul National University

요약

실시간 파노라마 영상 합성 기술을 모바일 콘텐츠에 적용하기 위해서는 모바일 디바이스에 적합한 영상 합성 방식을 정의해야 한다. 특징점을 추출하여 연속적인 영상들 사이의 유사성을 찾아내는 방식 [1]은 소모되는 연산비용을 고려할 때 모바일 디바이스에 응용하기 부적합하다. 따라서 기존의 접근방식에 비해 소요되는 연산비용을 줄이고, 성능은 유지하는 기법이 필요하다. 본 논문에서는 특징점의 표현자(descriptor)를 생성하지 않고 특징점(feature point) 주변의 움직임을 추정(motion estimation)하여 연속적인 영상의 위치를 찾아내는 기법을 제안한다.

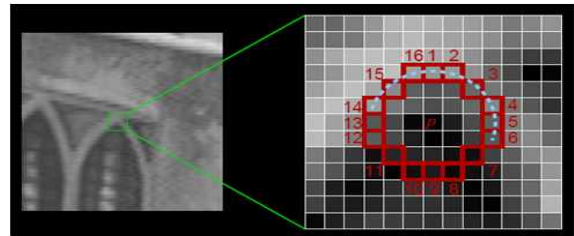
1. 서론

파노라마 영상 합성 기술은 특징점 추출, 이미지 합성, 공간 변환, 유사성 탐색 등 다양한 컴퓨터 비전 기술의 응집으로 이루어진다 [2].

영상 합성에 필요한 기술 중 특징점을 추출하여 원본 영상과 비교할 영상간의 유사성을 찾아내는 기법은 영상 합성의 핵심이 되는 요소라고 볼 수 있다. 보급형 카메라 렌즈의 시야각이 제한적이라는 사실을 미루어 볼 때 광범위한 각도의 촬영 대상을 하나의 영상에 담는 것이 파노라마 영상 합성 기술의 목표이며 그와 관련된 연구가 꾸준히 진행되어 왔다 [3].

본 논문에서는 모바일 단말 관련 기술의 수요 증가와 콘텐츠의 저변 확대 등 정보기술(IT)관련 분야의 동향에 맞추어 모바일 환경에 적합한 실시간 파노라마 영상 합성을 위한 고속 특징점 추적 기법을 제안한다. 기존의 파노라마 영상 합성 방식은 특징점에 대한 표현자를 생성하여 스케일(scale) 변화와 회전 변화, 이행(translation) 변화, 조명 변화 등에 무관한 특징점을 찾아내고, 비교 영상 간의 특징점을 정합시키는 기법(feature matching method)으로 진행 되어왔다 [3]. 그러나 기존의 기법은 다차원 표현자의 사용으로 인해 많은 연산량과 메모리 공간을 필요로 하기 때문에 기기의 성능적 한계를 지닌 모바일 단말에 적합하지 않으며 따라서 연산량과 메모리 공간 등의 비용은 줄이는 동시에 영상 합성의 성능은 유지하는 기법으로의 방향 전환이 필요하다 [4]. 다음 장에서 소개할 고속 특징점 추적 기법은 전술한 문제의 좋은 해결책이 될 것이다 .

본 논문의 전개는 다음과 같다. 2장에서는 고속 특징점 추적을 위한 알고리즘을 소개하고 실시간 파노라마 영상 합성을 위한 몇 가지 정의를 내린다. 3장에서는 제안된 방식의 실험 결과를 보이며, 마지막으로 4장에서는 논문의 결론을 내리기로 한다.



(가)

(나)

그림 1. FAST 알고리즘. (가) 특징점 추출을 위한 관심영역 선택 (나) 해당 관심영역 내의 화소값 상태 비교 및 판별

2. 고속 특징점 추적 기법

가. FAST 경계점 검출(corner detection)

Features from Accelerate Segment Test(FAST) 경계점 검출 [5]은 실시간 경계점 검출에 적합하게 설계된 알고리즘이다. 이 알고리즘이 기존의 경계점 검출 기법들과 차이를 나타내는 부분은 기계 학습(machine learning) 과정을 적용하여 고속화를 이룬다는 점이다. 그림 1에 FAST 알고리즘의 핵심을 나타내었으며 이를 설명하면 다음과 같다. 임의의 점 P에 대해 하나의 원 안에 있는 16개의 위치에 해당하는 각 픽셀은 세 가지의 상태를 가질 수 있다. 각 상태는 P보다 밝은 상태, P보다 어두운 상태, 마지막으로 P와 같은 밝기의 상태이며 임의의 N개의 연속적인 픽셀의 화소값을 기준으로 하여 P의 경계점 확인 여부를 판별하게 된다. 기계학습 과정에서 임의의 점 P를 둘러싸는 원은 3변수의 벡터로 표현되고, 벡터연산을 통해 영상 내의 엔트로피를 최소화하는 N을 결정하여 빠른 경계점 검출을 가능하게 한다.

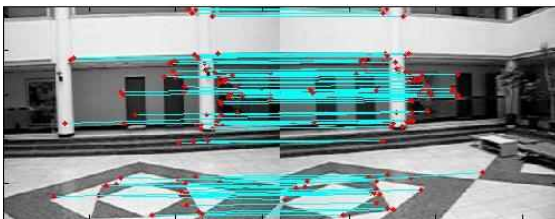
나. 움직임 추정 모델(motion estimation model)

기존의 특징점 정합이 표현자를 생성하여 비교 대상이 되는 특징점간의 표현자 비교 연산이던 것 [6]과는 달리 고속 특징점 추적 기법에서는 각각의 특징점에 대해 움직임 추정을 하여 영상 내의 전체적인 움직임을 표현하는 벡터를 찾는다.

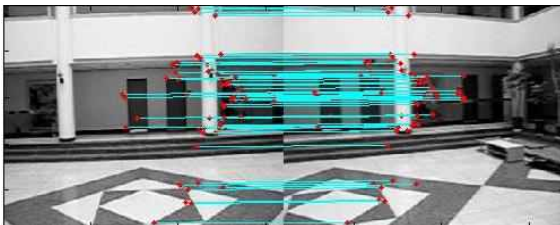
실시간 파노라마 영상의 입력이 종축보다 횡축의 변화에 민감하기 때문에 움직임 벡터는 좌, 우 방향의 성분이 상, 하 성분에 비해 큰 값을 가질 것이며 실시간 영상 촬영에서 카메라의 회전이 매우 일정한 속도로 이루어진다는 점을 전제로 움직임 추정의 범위를 줄일 수 있다. 움직임 추정 모델에 사용된 알고리즘은 블록 기반 다이아몬드 검색법(block-based Diamond Search, DS) [7]과 표준 교차 상관관계(Normalized Cross Correlation, NCC)의 조합이다. DS를 이용해 단계적 검색을 통해 최적점을 찾아낸 후 검색된 최적점 주위의 8x8 패치(patch)에 대해 5 픽셀의 반경 내의 모든 픽셀들의 NCC를 계산하여 비교할 영상 내에서 검출된 특징점과 일치하는 특징점을 찾아낸다. 결과적으로 카메라의 회전에 의해 생성된 움직임 벡터의 누적을 통해 특징점을 추적하게 된다.

3. 실험 결과

실험은 Intel Q9550-2,83GHz CPU와 3.25GB RAM 메모리 환경에서 진행하였으며 사용된 영상은 320x240 크기이다. 일정한 카메라 회전 속도를 가정하여 임의의 3장의 영상을 선택하고, 모바일 기기에서 부동소수점 연산이 지원되지 않는다는 가정 하에 정수형 연산을 수행하였다. 그림2에는 제안된 방식의 특징점 정합의 성능을 나타내었으며 FAST와 움직임 추정의 방식의 조합이 기존의 방식에 근사한 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다.



(가)



(나)

그림 2. 특징점 정합 성능 비교. (가)표현자 기반 특징점 정합 기법 (나)제안된 고속 특징점 추적 기법

특징점 추출 및 움직임 추정에 소요된 시간은 그림 3에 나타내었고, 제안된 방식에 소요된 시간이 기존의 방식에 소요된 시간에 비해 3배 가량 감소하는 것을 알 수 있다. 그림4는 고속 특징점 추적의 결과이며 카메라의 회전 각도와 초점 거리등 내부 변수를 고려하고, 공간 변환을

통해 영상을 재투영하는 과정과 투영된 영상의 중첩 부분에 대한 보정 [3]을 거치면 파노라마 영상을 얻게 된다.

4. 결론

본 논문에서는 실시간 모바일 환경에서 파노라마 영상 합성을 위해 고속화된 특징점 추적 기법을 제안하였다. 모든 특징점에 대해 다차원의 표현자를 형성하는 대신 특징점 주변의 움직임을 추정하고, 카메라의 회전에 대한 초기 가정을 적용하여 특징점 추적 과정에 소요되는 시간을 줄일 수 있다. 또한 제안된 특징점 추적 기법은 실시간 영상 내에서 임의의 목표물의 이동경로 추적에도 응용이 가능하다. 모바일 환경에 적합한 영상 재투영과 후처리 방식에 대한 논의가 추가적으로 필요하며 이 부분을 향후 연구 주제로 남겨둔다.

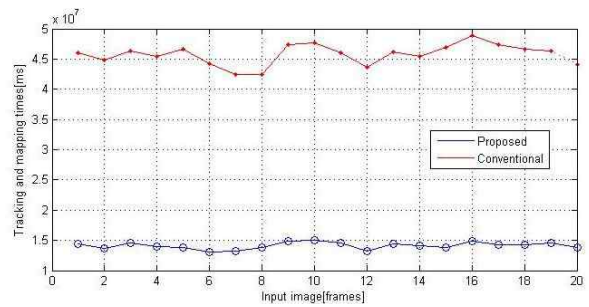


그림 3. 소요시간 분석.



그림 4. 특징점 추적 기반 영상 합성 결과

참고문헌

- [1] M. Brown and D. Lowe, "Recognizing panoramas," Int. Conf. Computer Vision, vol. 2, pp. 1218-1225, Oct. 2003.
- [2] D. A. Forsyth and J. Ponce, Computer Vision: A Modern Approach, Prentice Hall, 2003. pp. 175-184
- [3] R. Szeliski, "Image alignment and stitching: A tutorial," Foundations and Trends in Computer Graphics and Computer Vision, vol. 2, no. 1, 2006.
- [4] D. Wagner and A. Mulloni, "Real-time Panoramic Mapping and Tracking on Mobile Phones," In Proceedings of IEEE Virtual Reality Conference, pp. 211-218. Mar. 2010.
- [5] E. Rosten and T. Drummond, "Machine Learning for High-Speed Corner Detection," In Proceedings of ECCV 2006, Berlin/Heidelberg: Springer Verlag, 2006, pp. 430-443.
- [6] D. G. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints," Int. Journal of Computer Vision, vol. 60, pp. 91-110, Nov. 2004.
- [7] Shan Zhu, and Kai-Kuang Ma, "A New Diamond Search Algorithm for Fast Block-Matching Motion Estimation", IEEE Trans. Image Processing, vol 9, no. 2, pp. 287-290, Feb. 2000.