

GPU를 이용한 3차원 고속 물체 추적 알고리즘 구현

김수현*, 조창우*, 정창성*
 *고려대학교 전기전자전파공학부
 e-mail:shkim84@korea.ac.kr

The Implementation of Fast 3D Object Tracking using GPU

Su-Hyun Kim*, Chang-woo Jo*, Chang-sung Jeong*
 **Dept of Electrical Engineering, Korea University

요 약

증강 현실(Argument Reality)에 대한 관심이 증가함에 따라 빠르고 강건한 물체 추적(Object Tracking) 기법의 개발이 큰 이슈가 되고 있다. 특히, 마커를 사용하지 않는 경우에 추적 속도와 정확도의 정보가 이루어지는 강건한 Markerless 3D 추적 기술은 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 SIFT(Scale Invariant Feature Transform)를 이용한 특징점 추출 및 매칭 기법을 통하여 높은 정확도의 물체 추적기법을 제안한다. 그리고 실시간으로 적용하기 어려운 SIFT의 느린 특징점 추출과 매칭 단계를 GPU 기반의 병렬화 작업을 통하여 개선시켜 향상된 추적 속도를 보여준다.

1. 서론

증강 현실 기술이 발전함에 따라 증강 현실의 기반이 되는 강건한 물체 추적 기술이 매우 중요하게 되었다. 물체 추적의 방법으로는 크게 영역 기반 추적, 외곽선 기반 추적, 특징점 기반 추적 등으로 나눌 수 있으며, 특징점 기반의 물체 추적은 다른 추적 방식에 비해 상당히 안정적이고 정확한 구현이 가능하다. 하지만 특징점 추출을 위한 연산 과정에서 상당한 양의 계산이 필요하다는 단점이 있다.

본 논문에서는 GPU를 이용한 병렬처리를 통하여 특징점 기반의 강건한 물체 추적을 보장하며 빠른 속도의 추적이 가능한 시스템을 제안하고 있다. 특징점 추출을 위하여 SIFT 알고리즘을 사용하였으며, 전체적인 3차원 물체 추적 알고리즘은 이전에 제안한 FORD(Fast 3D Object Tracking using ROI and Double filtering) 알고리즘을 통하여 수행하였다. 또한, GPU를 통한 병렬처리는 CUDA를 이용하여 구현하였다. 1)

2. 관련 연구

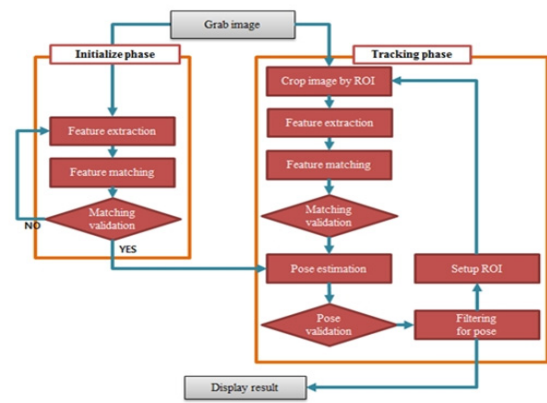
2.1 SIFT(Scale Invariant Feature Transform)

SIFT 특징점은 영상의 크기와 회전에 강한 특성을

가지고 있어 강건한 물체 인식이 가능하다. SIFT는 우수한 성능을 가짐과 동시에 높은 계산 량이 요구됨으로 실시간 인식에는 적합하지 못한 단점이 있다.

2.2 CUDA

GPU는 그래픽스 작업으로 인해 생기는 병목 현상을 해결하기 위해 설계된 특수한 목적의 연산 장치이다. 일반적으로 GP-GPU(General Purpose Computation on GPUs)라 불리는 이 기술은 특히 빠른 속도로 대량의 데이터를 처리해야 하는 컴퓨터 비전 분야 등에서 실시간적인 성능 보장을 위하여 많이 사용되고 있다. CUDA는 강력한 성능의 GPU를 활용하기 위해 설계된 하드웨어와 소프트웨어 구조를 말한다.



(그림 1) FORD 알고리즘

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 육성 지원사업(NIPA-2013-H0301-13-3006)과, 2012년도 정부(교육과학기술부)의 지원으로 한국연구재단-차세대정보컴퓨팅기술개발사업(2012-0006425)과, 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2012년도 문화콘텐츠산업기술지원 사업의 연구결과로 수행되었음(R2012030096).

2.3 FORD 알고리즘

FORD 알고리즘은 특징점 기반의 순차적 3D 물체 추적 알고리즘이다. 특징점 추출 단계에서는 FAST Corner를 사용하였고, 물체의 Pose 정보를 예측하는 방법으로 PnP(Perspective n Problem)를 사용하였다. 강건한 추적을 위하여 확장 칼만 필터를 사용하였다.

3. GPU를 이용한 물체 추적 기법

기존의 FORD 알고리즘은 FAST Corner를 사용하여 강건한 추적 성능을 보장할 수 없었다. 이를 보완하기 위하여 SIFT 특징점을 물체 추적에 적용하였고 이를 GPU를 통한 병렬화 작업을 통하여 기존보다 빠른 성능 향상을 나타내었다.

3.1 GPU를 이용한 SIFT 특징점 추출 가속화

SIFT 알고리즘의 주요 단계에서 GPU 연산을 통하여 크게 개선된 성능을 얻을 수 있었다. 전처리 단계에서 각 Octave마다 생성될 가우시안 영상의 데이터를 담은 모든 GPU 메모리를 미리 할당하여 연산 과정에서 발생할 메모리 할당 수행 시간을 최소화 하였다.

미리 할당한 GPU의 Global 메모리에 피라미드화된 이미지를 로드한 후, Gaussian filter만큼의 스투드로 피라미드 영상과 convolution하여 빠른 속도로 가우시안 영상을 얻는다.

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y)$$

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2}$$

가우시안 영상의 픽셀 크기만큼 스투드를 생성하여 빠른 속도로 DoG(Difference of Gaussian) 영상을 얻는다.

$$D(x, y, \sigma) = (G(x, y, k\sigma) - G(x, y, \sigma)) * I(x, y) \\ = L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma)$$

이후, DoG 영상 각 픽셀의 이웃점(주변, 위, 아래)을 비교하여 값이 가장 크거나 작은 극점(Extrema)을 얻는다. 이때에도 GPU의 스투드를 이용하여 각 픽셀 단위로 한번에 계산해 낼 수 있다.

다음으로는 극점을 정규화 및 filtering 하여 필요 없는 극점을 제거하여 크기, 회전 변환에 강건한 최종적인 특징점을 얻는다.

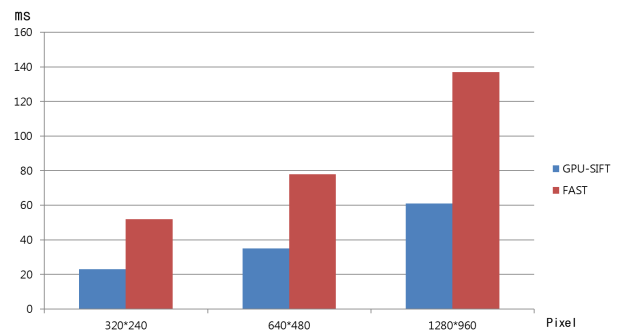
위의 작업으로 구한 특징점을 기반으로 서술자를 만들게 되는데 서술자(Descriptor) 생성을 위한 Gradient 및 Orientation 연산 시에도 병렬화 기법을 이용하여 빠른 속도의 결과를 획득할 수 있다.

3.1 GPU를 이용한 SIFT 특징점 매칭 가속화

SIFT의 너무 많은 서술자로 인하여 SIFT 매칭 시에도 많은 연산 시간이 걸린다. 이를 위해 기존의 FORD 알고리즘에서는 KD Tree 구조화 및 K-NN(Nearest neighbor) 검색 방법을 이용하였다. 하지만 본 논문에서는 SIFT 특징을 GPU의 스투드를 이용하여 Brute Force한 방식으로 매칭 하였다. 결과적으로는 동시에 계산된 GPU 기반의 매칭이 조금 더 좋은 결과를 가져왔다.

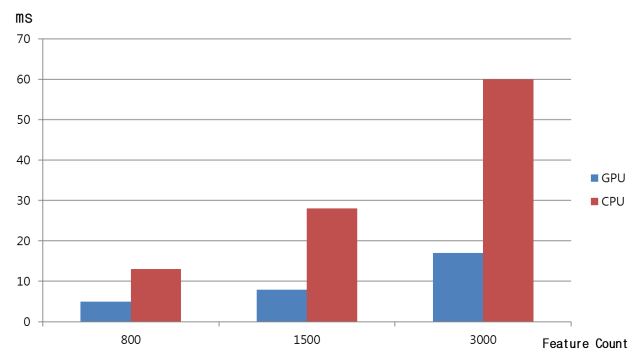
4. 실험 결과 및 결론

실험에 쓰인 하드웨어는 intel Core i5 CPU, GeForce GTX 560 Ti를 사용하였으며, Windows 7 64bit 운영체제에서 이루어 졌다.



(그림 2) 특징점 추출 수행 시간

GPU를 이용한 SIFT 특징점 추출 수행 시간이 FORD에서 사용한 FAST Corner를 이용한 특징점 추출 시간보다 약 2-2.5배정도 빠른 결과를 나타내었다. 실험 결과는 그림(2)와 같다.



(그림 3) 특징점 매칭 수행 시간

FORD에서는 특징점 매칭을 위한 KD Tree와 K-NN 검색을 CPU에서 수행한다. 하지만 그림 (3)과 같이, 본 논문에서 구현한 GPU 기반의 매칭 수행 속도가 기존 수행 결과보다 더 빠른 속도를 보였다.

FORD와 본 논문에서 제안한 GPU를 이용한 3차원 물체 추적 알고리즘의 총 수행 시간 비교 실험 결과 제안한

알고리즘의 추적 속도가 더 뛰어남을 볼 수 있다.

<표 1> 물체 추적 수행 시간

	처리 시간(ms)	초당 프레임(FPS)
FORD	67.4	15.7
제안된 알고리즘	44.6	22.4

본 논문에서는 GPU를 이용한 3차원 물체 추적 알고리즘을 제안하였다. 기존의 FORD 알고리즘에서 연산 시간이 가장 오래 걸린 특징점 추출과 매칭 부분을 GPU를 통하여 병렬 처리함으로써 추적 성능을 개선하였다. 또한, FAST Corner에서 SIFT로의 특징점 추출 알고리즘을 변경함으로써 높은 정확도로 물체 추적을 할 수 있었다.

참고문헌

- [1] David G. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints", International Journal of Computer Vision, 60, 2, 2004, pp. 91-110.
- [2] A. Yilmaz et al., "Object tracking: A survey," ACM Journal of Computing Surveys, vo.38, no.4, 2006.
- [3] 구민석, 서동환, 박진형, 정창성. "강건한 필터링을 통한 안정된 물체추적", 한국인터넷정보학회 2010년도 정기총회 및 춘계학술발표대회, 2010.10, pp. 273-274.
- [4] 서동화, 구민석, 박진형, 정창성. "칼만필터와 SIFT를 이용한 고속 물체 추적", 한국인터넷정보학회 학술 발표대회 논문집, 2010. pp.757-761.
- [5] 김준철, 전용한, 허욱렬. "CPU와 GPU의 병렬 처리를 이용한 고속 물체 인식 알고리즘 구현", 제어로봇시스템학회 논문지, 2009.5, pp. 488-495.



(그림 4) GPU를 이용한 3차원 물체 추적