

원형 샘플 화소를 이용한 카메라 캘리브레이션 패턴 특징점 검출

신동원 호요성

광주과학기술원 영상통신연구실

{dongwonshin, hoyo}@gist.ac.kr

Pattern Feature Detection for Camera Calibration using Circular Sample Pixel

Dong-Won Shin and Yo-Sung Ho

Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

요약

카메라 캘리브레이션은 다시점 카메라 시스템에서 내부와 외부 인자로 이루어진 카메라 파라미터를 획득하는 과정을 의미한다. 이는 3차원으로 표현되는 장면과 카메라간의 구조를 다루기 위해 중요하다. 그러나 카메라 캘리브레이션은 사람이 직접 손으로 각 영상에서 사각형의 네 점을 정확히 찍어 주어야 하는 과정 때문에 카메라의 수와 패턴 영상의 수가 늘어남에 따라 상당히 번거로운 작업이 된다. 본 논문에서는 카메라 캘리브레이션 과정에서 손으로 수행하는 작업을 줄이기 위해 자동으로 패턴 특징점을 탐색하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 방법은 먼저 영상에서 패턴 특징점의 후보를 찾기 위해 해리스 코너 검출 방법을 사용한다. 그리고 후보 주변의 원형 샘플 화소를 이용하여 유효한 패턴 특징점을 추출한다. 실험 결과는 Matlab 캘리브레이션 툴박스를 이용하여 획득한 카메라 파라미터와 비교해 보았을 때 큰 차이가 없지만 수작업의 번거로움을 상당히 감소시켰음을 확인하였다.

1. 서론

우리가 생활하는 실제 세계는 3차원으로 구성되어 있다. 하지만 이러한 3차원 공간을 카메라로 촬영하게 되면 2차원의 평면으로 표현이 된다. 만약 2차원의 영상 평면에 위치한 한 점이 3차원 공간의 어느 위치에 나타나는가를 알기 위해서는 먼저 그들 사이의 기하학적인 관계를 파악해야 한다. 그러한 관계를 표현하는 것이 바로 카메라 파라미터인데 카메라 파라미터는 카메라의 위치와 회전각도로 구성되는 외부 인자와 카메라의 렌즈와 영상 센서 간의 관계를 나타내는 내부 인자로 구성되어 있다. 우리는 이러한 카메라 파라미터를 획득하는 과정을 카메라 캘리브레이션이라고 한다.

카메라 캘리브레이션은 다시점 시스템에서 카메라 간의 기하학적 관계를 획득하기 위해 주로 사용되는데 먼저 3차원 공간에 위치시킨 평면의 캘리브레이션 패턴을 각 카메라에서 촬영하는 것으로부터 시작한다. 그리고 회전과 이동을 수행하여 다양한 자세의 캘리브레이션 패턴을 촬영한 다음 각 패턴 영상에서 패턴 특징점을 찾는다. 마지막으로 패턴 특징점의 3차원 공간에서의 좌표와 2차원 영상 평면에서의 좌표를 이용하여 구성된 선형 방정식을 풀면 카메라 파라미터를 획득할 수 있다 [1].

그러나 카메라 캘리브레이션이 다시점 카메라 시스템에서 필수적인 과정임에도 불구하고 패턴 특징점을 찾는 과정에서 사람이 직접 손으로 찾아야 하므로 이 과정에서 시간이 많이 소비된다. 예를 들어 5개의 카메라를 이용하여 평면의 사각형 체크무늬 패턴으로 각 카메라에서 10장의 패턴 영상을 촬영한다고 했을 때 우리는 $5 \times 10 \times 4 = 200$ 개의 점을 직접 손으로 표시해 주어야 한다. 이는 비효율적이며 카메라의 수

와 패턴 영상의 수가 늘어남에 따라 상당히 번거로운 작업이 된다.

본 논문에서는 이러한 불편함을 해소하기 위해 자동으로 패턴 특징점을 탐색하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 방법은 먼저 해리스 코너 검출 알고리즘을 이용하여 영상에서 패턴 특징점의 후보를 획득한다. 그리고 후보점 주변에서 원형으로 샘플 화소의 색상을 검사하여 후보점들 가운데 유효한 패턴 특징점만을 추출한다.

2. 원형 샘플 화소

일반적으로 영상에 해리스 코너 알고리즘을 수행하면 패턴 특징점을 포함하여 많은 수의 코너점들이 검출된다 [2]. 그러나 우리는 모든 코너점들을 필요로 하지 않으며 그 중에서 유효한 패턴 특징점만을 추출해야 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해 우리는 후보점 주변에서 원형의 샘플을 검사하는 방법을 제안한다. 그림 1은 원형 샘플 화소의 예를 보여준다.

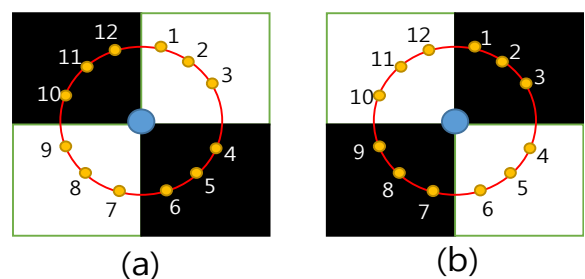


그림 1 원형 샘플 화소

그림 1에서 나온 2가지의 경우에 대해서 유효한 패턴 특징점으로 분류한다. 파란색 점이 헤리스 코너 알고리즘에 의해 검출된 점이라고 가정하자. 그리고 이 점을 기준으로 반경이 r 인 원을 따라서 등간격의 샘플 화소를 노란색 점으로 나타냈다. 반경 r 은 체크무늬 패턴을 구성하는 단일 정사각형의 가로길이보다 작아야 한다. 여기서 샘플 화소의 색상이 적절하게 배치되었는가를 검사하여 해당하는 후보점을 패턴 특징점으로 분류한다. 그림 1(a)의 경우, 점 1-3과 점 7-9는 흰색이고 점 4-6과 점 10-12는 검은색이면 패턴 매칭점으로 분류한다. 마찬가지로 그림 1(b)의 경우는 반대로 점 1-3과 점 7-9는 검은색이고 점 4-6과 점 10-12는 흰색이면 패턴 매칭점으로 분류한다.

그런데 이 단계를 수행하고 나면 그림 2와 같이 동일한 패턴 매칭점에 대해서 중복된 결과를 보이게 된다.

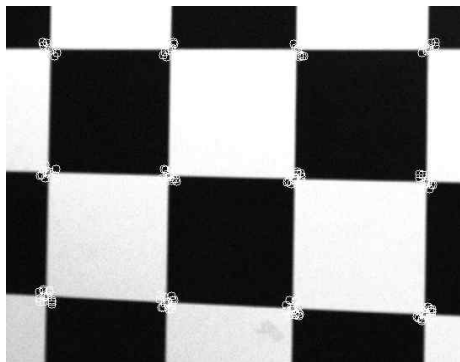


그림 2 중복된 후보점

중복된 후보점에 대해 하나의 패턴 매칭점만 남기기 위해 각 후보점 그룹에 대한 중점을 최종 패턴 매칭점으로 결정하였다.

3. 실험 결과

제안하는 방법은 평행형으로 설치된 4대의 카메라를 이용하였고 각 카메라에서 6x4크기 10장의 패턴 영상을 촬영하여 총 40장의 영상을 이용하여 실험하였다. 그림 3은 제안하는 방법의 결과를 보여주는 그림이다.

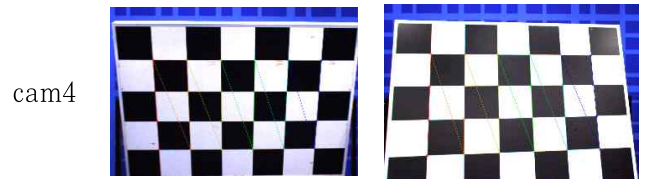
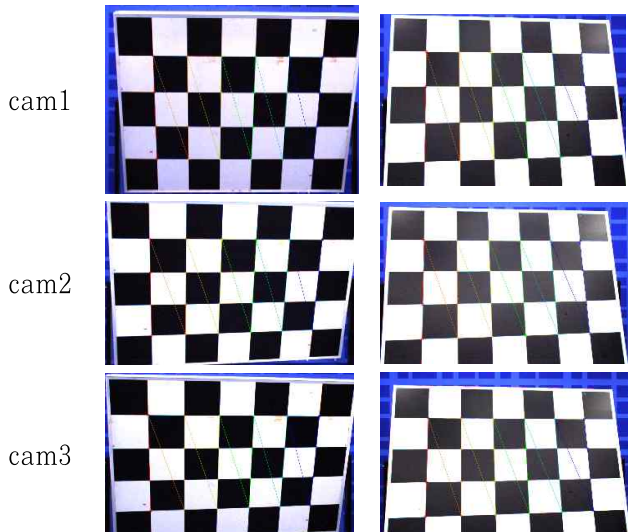


그림 3 제안하는 방법으로 검출된 패턴 특징점

그림 3에서 각 카메라에 대해서 2장의 결과를 보였고 OpenCV에서 제공하는 `cvDrawChessboardCorners()` 함수를 이용하여 패턴 특징점을 색상이 입혀진 점과 선으로 연결하고 `cvCalibrateCamera2()` 함수를 이용하여 카메라 파라미터를 계산하였다.

표 1은 제안하는 방법으로 얻은 카메라 파라미터와 Caltech에서 제공하는 Matlab 캘리브레이션 툴박스를 이용하여 얻은 카메라 파라미터에서 각 행렬간의 2-Norm 값을 계산하여 나타냈다. 각 카메라 파라미터간의 차이가 매우 작고 실제적으로 사용하기에 무시할 만한 수치임을 확인하였다.

	내부 인자	회전 행렬	이동 벡터
cam1	0.8570	2.6397e-04	1.3794
cam2	0.6170	1.5813e-04	1.0443
cam3	0.2672	1.3518e-04	0.4244
cam4	0.8230	2.4823e-04	1.1014

표 1 카메라 파라미터간의 차이 (2-Norm)

4. 결론

본 논문에서 우리는 패턴 특징점을 자동으로 검출하는 방법에 대해서 제안하였다. 실험을 통해 Caltech에서 제공하는 Matlab 캘리브레이션 툴박스로부터 얻은 카메라 파라미터와 비교하여 차이는 거의 없지만 수작업의 불편함을 제거하여 자동으로 패턴 매칭점을 얻을 수 있었다. 제안하는 알고리즘은 다시점 시스템에서 카메라의 수와 패턴 영상의 수가 증가할수록 기존의 방법과 비교하여 더 효율적이다. 다양한 조명환경에 대해 강인하게 작동하지는 않지만 허용 가능한 제한사항에 대해 효율성을 높이기 위해 사용할 수 있다. 따라서 제안하는 방법은 다시점 영상 처리에 관한 응용에서 이점을 발휘할 수 있을 것이다.

감사의글

이 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2011-0030079)

참고 문헌

- [1] Z. Zhang, "A Flexible New Technique for Camera Calibration," PAMI, vol. 22, no. 11, pp. 1330-1334, 2000.
- [2] C. Harris and M. Stephens, "A combined corner and edge detector," Alvey vision conference, 1988.
- [3] www.opencv.org/