



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0058192
(43) 공개일자 2019년05월29일

- | | |
|--|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 19/02 (2006.01) G06T 7/30 (2017.01)
G06T 7/80 (2017.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
G01N 19/02 (2013.01)
G06K 9/3233 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2017-0155949</p> <p>(22) 출원일자 2017년11월21일
심사청구일자 없음</p> | <p>(71) 출원인
영남대학교 산학협력단
경상북도 경산시 대학로 280 (대동)</p> <p>(72) 발명자
이석규
대구광역시 수성구 상록로 69, 105동 403호
배현수
경상북도 경산시 원효로22길 22, 1동 1416호</p> <p>(74) 대리인
특허법인 피씨알</p> |
|--|---|

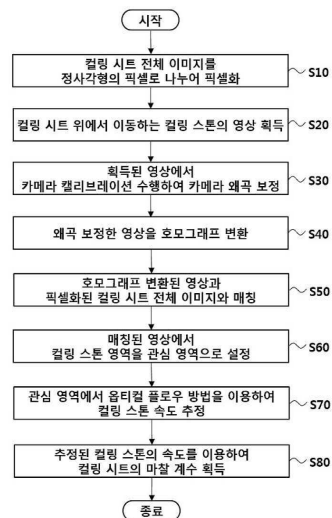
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **컬링 시트의 마찰 계수 추정 방법 및 그 장치**

(57) 요약

컬링 시트의 마찰 계수 추정 방법 및 그 장치가 개시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 컬링 시트의 마찰 계수 추정 방법 및 그 장치는 컬링 시트를 픽셀화하고, 컬링 시트 위를 이동하는 컬링 스톤의 영상을 획득하고, 획득된 영상을 이용하여 호모그래프 변환 및 루카스-카네데 알고리즘을 이용한 옵티컬 플로우 방법을 이용하여 컬링 시트의 마찰 계수를 추정할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06T 7/30 (2017.01)

G06T 7/80 (2017.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711055275

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 ICT융합산업원천기술개발사업

연구과제명 경기전략을 수립하고 경기 수행이 가능한 인공지능 킬링 로봇 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교산학협력단

연구기간 2017.04.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

컬링 시트의 마찰 계수 추정 방법에 있어서,

컬링 시트 전체 이미지를 정사각형의 픽셀로 나누어 픽셀화 하는 단계;

상기 컬링 시트 위에서 이동하는 컬링 스톤의 영상을 획득하는 단계;

상기 획득된 영상에서 카메라 캘리브레이션(calibration)을 수행하여 카메라 왜곡을 보정하는 단계;

상기 왜곡 보정된 영상을 호모그래프(homography) 변환하는 단계;

상기 호모그래프 변환된 영상과 상기 픽셀화된 컬링 시트 전체 이미지와 매칭하는 단계;

상기 매칭된 영상에서 상기 컬링 스톤 영역을 관심 영역으로 설정하는 단계;

상기 설정된 관심 영역에서 옵티컬 플로우(optical flow) 방법을 이용하여 상기 컬링 스톤의 속도를 추정하는 단계; 및

상기 추정된 컬링 스톤의 속도를 이용하여 상기 컬링 시트의 마찰 계수를 추정하는 단계를 포함하는 컬링 시트의 마찰 계수 추정 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 카메라 왜곡을 보정하는 단계는,

상기 획득된 영상에서 초점 거리, 렌즈 중심 영상 좌표, 비대칭 계수를 포함하는 카메라 내부 파라미터를 포함한 행렬식을 이용한 카메라 캘리브레이션 방법을 수행하여 카메라 왜곡을 보정하는 단계를 포함하는 컬링 시트의 마찰 계수 추정 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 옵티컬 플로우 방법을 이용하여 상기 컬링 스톤의 속도를 추정하는 단계는,

상기 설정된 관심 영역에서 모션 벡터를 추정하려는 각 픽셀의 로컬 이웃이 일정하다고 가정하고 최소 제곱 기준에 의해 그 이웃에 있는 모든 픽셀에 대하여 옵티컬 플로우 방법을 적용하는 루카스-카네데(Lucas-Kanade) 알고리즘을 적용하여 상기 컬링 스톤의 속도를 추정하는 단계를 포함하는 컬링 시트의 마찰 계수 추정 방법.

청구항 4

컬링 시트의 마찰 계수 추정 장치에 있어서,

컬링 시트 위에서 이동하는 컬링 스톤의 영상을 획득하기 위한 영상 획득부;

상기 획득된 영상에서 상기 컬링 스톤을 추적하여 상기 컬링 스톤의 인접 영역을 관심 영역으로 설정하기 위한 관심 영역 설정부;

상기 획득된 컬링 스톤의 영상 및 상기 관심 영역을 저장하기 위한 저장부; 및

상기 관심 영역에서 컬링 시트의 마찰 계수를 추정하기 위한 제어부를 포함하고,
상기 제어부는,

컬링 시트 전체 이미지를 정사각형의 픽셀로 나누어 픽셀화 하고, 상기 영상 획득부를 이용하여 컬링 시트 위에서 이동하는 컬링 스톤의 영상을 획득하고, 상기 획득된 영상에서 카메라 캘리브레이션(calibration)을 수행하여 카메라 왜곡을 보정하고, 상기 왜곡 보정된 영상을 호모그래프(homography) 변환하고, 상기 호모그래프 변환된 영상과 상기 픽셀화된 컬링 시트 전체 이미지와 매칭하고, 상기 관심 영역 설정부를 이용하여 상기 매칭된 영상에서 상기 컬링 스톤의 영역을 관심 영역으로 설정하고, 상기 설정된 관심 영역에서 옵티컬 플로우(optical flow) 방법을 이용하여 상기 컬링 스톤의 속도를 추정하고, 상기 추정된 컬링 스톤의 속도를 이용하여 상기 컬링 시트의 마찰 계수를 추정하는 컬링 시트의 마찰 계수 추정 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 카메라 왜곡의 보정은,

상기 획득된 영상에서 초점 거리, 렌즈 중심 영상 좌표, 비대칭 계수를 포함하는 카메라 내부 파라미터를 포함한 행렬식을 이용한 카메라 캘리브레이션 방법을 수행하는 컬링 시트의 마찰 계수 추정 장치.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 옵티컬 플로우 방법을 이용하여 상기 컬링 스톤의 속도의 추정은,

상기 설정된 관심 영역에서 모션 벡터를 추정하려는 각 픽셀의 로컬 이웃이 일정하다고 가정하고 최소 제곱 기준에 의해 그 이웃에 있는 모든 픽셀에 대하여 옵티컬 플로우 방법을 적용하는 루카스-카네데(Lucas-Kanade) 알고리즘을 적용하여 상기 컬링 스톤의 속도를 추정하는 컬링 시트의 마찰 계수 추정 장치.

청구항 7

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항의 방법을 구현하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 컬링 시트의 마찰 계수 추정 방법 및 그 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 컬링 시트를 픽셀화 하고, 컬링 시트 위를 이동하는 컬링 스톤의 영상을 획득하고, 획득된 영상을 이용하여 호모그래프 변환 및 루카스-카네데 알고리즘을 이용한 옵티컬 플로우 방법을 이용하여 컬링 시트의 마찰 계수를 추정하는 컬링 시트의 마찰 계수 추정 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 컬링은 중세 후반 스코틀랜드에서 처음 시작된 스포츠로서, 컬링 스톤을 평평한 얼음 바닥 위에서 미끄러지게 하여 정해진 표적 위에 얼마나 정확하게 위치시켰는지에 따라서 승패를 결정짓는 스포츠이다.

[0003] 즉, 컬링은 공을 굴리는 볼링과 당구의 물리적 상호작용, 정신적인 면을 중요시 하는 바둑, 장기 등의 특징이 결합된 스포츠로서 전략, 전술과 같은 정신적 요소가 중요한 종목이다. 컬링 경기는 각각 4명으로 구성된 두 팀 사이에 이루어지며, 컬링 경기는 '컬링 시트(curling sheet)'라 부르는 직사각형의 얼음 링크 안에서 스톤을 미

끄러뜨려 상대 팀 하우스 안에 넣으면 득점이 인정된다.

- [0004] 즉, 컬링은 컬링 스톤을 컬링 시트 위에서 이동시켜 정해진 표적 위에 정확하게 위치시켰는지에 따라서 승패가 결정되는 스포츠이므로, 컬링 스톤과 컬링 시트의 마찰 계수를 정확하게 파악하는 것이 컬링 경기에서나 컬링 시뮬레이션 과정에서 필요하다.
- [0005] 다만, 컬링 시트에는 아이스 페블이라 불리는 얼음 알갱이가 붙어 있으며, 컬링 스톤이 지나가면 아이스 페블이 녹아서 컬링 시트의 마찰 계수가 변하기 때문에 정확한 마찰 계수의 측정이 어려운 문제점이 존재하였다.
- [0006] 즉, 컬링 스톤의 위치 및 컬링 시트의 상태에 따라 실시간으로 변하는 컬링 시트의 마찰 계수를 그 상태에서 정확하게 측정할 수 있는 방법 및 장치의 개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1478097호 "컬링 시뮬레이션을 수행하기 위한 이동 단말, 컬링 시뮬레이션 방법 및 기록 매체" (2014.12.31. 공고)
- (특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-1611431호 "컬링 분석 방법, 이를 수행하기 위한 기록 매체 및 장치" (2016.04.12. 공고)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로, 컬링 시트를 픽셀화하고, 컬링 시트 위를 이동하는 컬링 스톤의 영상을 획득하고, 획득된 영상을 이용하여 호모그래프 변환 및 루카스-카네데 알고리즘을 이용한 옵티컬 플로우 방법을 이용하여 컬링 시트의 마찰 계수를 추정하는 컬링 시트의 마찰 계수 추정 방법 및 그 장치를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 컬링 시트의 마찰 계수 추정 방법은, 컬링 시트 전체 이미지를 정사각형의 픽셀로 나누어 픽셀화 하는 단계, 컬링 시트 위에서 이동하는 컬링 스톤의 영상을 획득하는 단계, 획득된 영상에서 카메라 캘리브레이션(calibration)을 수행하여 카메라 왜곡을 보정하는 단계, 왜곡 보정된 영상을 호모그래프(homography) 변환하는 단계, 호모그래프 변환된 영상과 픽셀화된 컬링 시트 전체 이미지와 매칭하는 단계, 매칭된 영상에서 컬링 스톤 영역을 관심 영역으로 설정하는 단계, 설정된 관심 영역에서 옵티컬 플로우(optical flow) 방법을 이용하여 컬링 스톤의 속도를 추정하는 단계 및 추정된 컬링 스톤의 속도를 이용하여 컬링 시트의 마찰 계수를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0010] 또한, 컬링 시트의 마찰 계수 추정 방법에 있어서, 카메라 왜곡을 보정하는 단계는, 획득된 영상에서 초점 거리, 렌즈 중심 영상 좌표, 비대칭 계수를 포함하는 카메라 내부 파라미터를 포함한 행렬식을 이용한 카메라 캘리브레이션 방법을 수행하여 카메라 왜곡을 보정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0011] 또한, 컬링 시트의 마찰 계수 추정 방법에 있어서, 옵티컬 플로우 방법을 이용하여 컬링 스톤의 속도를 추정하는 단계는, 설정된 관심 영역에서 모션 벡터를 추정하려는 각 픽셀의 로컬 이웃이 일정하다고 가정하고 최소 제곱 기준에 의해 그 이웃에 있는 모든 픽셀에 대하여 옵티컬 플로우 방법을 적용하는 루카스-카네데(Lucas-Kanade) 알고리즘을 적용하여 컬링 스톤의 속도를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 컬링 시트의 마찰 계수 추정 장치는, 컬링 시트 위에서 이동하는 컬링 스톤의 영상을 획득하기 위한 영상 획득부, 획득된 영상에서 컬링 스톤을 추적하여 컬링 스톤의 인접 영역을 관심 영역으로 설정하기 위한 관심 영역 설정부, 획득된 컬링 스톤의 영상 및 관심 영역을 저장하기 위한 저장부 및 관심 영역에서 컬링 시트의 마찰 계수를 추정하기 위한 제어부를 포함하고, 제어부는, 컬링 시트 전체 이미지를 정사각형의 픽셀로 나누어 픽셀화 하고, 영상 획득부를 이용하여 컬링 시트 위에서 이동하는 컬링 스톤의 영상을 획득하고, 획득된 영상에서 카메라 캘리브레이션(calibration)을 수행하여 카메라 왜곡을 보정하고, 왜곡 보정된 영상

을 호모그래프(homography) 변환하고, 호모그래프 변환된 영상과 픽셀화된 컬링 시트 전체 이미지와 매칭하고, 관심 영역 설정부를 이용하여 매칭된 영상에서 컬링 스톤의 영역을 관심 영역으로 설정하고, 설정된 관심 영역에서 옵티컬 플로우(optical flow) 방법을 이용하여 컬링 스톤의 속도를 추정하고, 추정된 컬링 스톤의 속도를 이용하여 컬링 시트의 마찰 계수를 추정할 수 있다.

[0013] 또한, 컬링 시트의 마찰 계수 추정 장치에 있어서, 카메라 왜곡의 보정은, 획득된 영상에서 초점 거리, 렌즈 중심 영상 좌표, 비대칭 계수를 포함하는 카메라 내부 파라미터를 포함한 행렬식을 이용한 카메라 캘리브레이션 방법을 수행할 수 있다.

[0014] 또한, 컬링 시트의 마찰 계수 추정 장치에 있어서, 옵티컬 플로우 방법을 이용하여 컬링 스톤의 속도의 추정은, 설정된 관심 영역에서 모션 벡터를 추정하려는 각 픽셀의 로컬 이웃이 일정하다고 가정하고 최소 제곱 기준에 의해 그 이웃에 있는 모든 픽셀에 대하여 옵티컬 플로우 방법을 적용하는 루카스-카네데(Lucas-Kanade) 알고리즘을 적용하여 컬링 스톤의 속도를 추정할 수 있다.

[0015] 한편, 본 발명의 일 실시예로써, 전술한 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체가 제공될 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 컬링 시트의 마찰 계수 추정 방법 및 그 장치에 따르면, 컬링 시트 위를 이동하는 컬링 스톤의 영상을 획득하고, 획득된 영상을 이용하여 호모그래프 변환 및 루카스-카네데 알고리즘을 적용한 옵티컬 플로우 방법을 이용하여 컬링 시트의 마찰 계수를 추정할 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 컬링 시트의 마찰 계수 추정 방법 및 그 장치에 따르면, 컬링 시트의 마찰 계수 추정을 위해서 루카스-카네데 알고리즘을 적용한 옵티컬 플로우 방법을 적용함으로써, 영상 분석만으로도 실시간으로 변하는 컬링 시트의 마찰 계수를 각각의 픽셀 단위로 추정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 이하에 첨부되는 도면들은 본 발명에 관한 이해를 돕기 위한 것으로, 상세한 설명과 함께 본 발명에 대한 실시예들을 제공한다. 다만, 본 발명의 기술적 특징이 특정 도면에 한정되는 것은 아니며, 각 도면에서 개시하는 특징들은 서로 조합되어 새로운 실시예로 구성될 수 있다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 컬링 시트의 마찰 계수 추정 방법을 나타낸 순서도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 컬링 시트 전체 이미지를 픽셀화한 모습을 나타낸 도면이다.

도 3의 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 컬링 시트 위에서 이동하는 컬링 스톤의 모습을 촬영한 영상이다.

도 3의 (b)는 본 발명의 일 실시예에 따른 컬링 시트 위에서 이동하는 컬링 스톤의 모습을 촬영한 영상을 호모그래프(homography) 변환한 영상이다.

도 3의 (c)는 본 발명의 일 실시예에 따른 호모그래프(homography) 변환한 영상에서 컬링 스톤 영역을 관심 영역으로 설정한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 관심 영역에서 옵티컬 플로우 방법을 이용하여 컬링 스톤의 속도를 추정한 모습을 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 컬링 시트의 마찰 계수 추정 장치(100)의 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0020] 본 명세서에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고, 본 발명에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.

[0021] 본 발명에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있

다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.

- [0022] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다. 또한, 명세서 전체에서 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, "그 중간에 다른 소자를 사이에 두고" 연결되어 있는 경우도 포함한다.
- [0023] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명을 상세히 설명하기로 한다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 컬링 시트의 마찰 계수 추정 방법을 나타낸 순서도이다.
- [0025] 도 1을 참조하면, 단계 S10에서, 컬링 시트의 마찰 계수 추정 장치(100)는 컬링 시트의 마찰 계수를 정확하게 추정하기 위해서, 컬링 시트 전체 이미지를 정사각형의 픽셀로 나누어 픽셀화 할 수 있다.
- [0026] 즉, 컬링 경기는 길이 45~46m, 너비 4.4~5m 의 길이를 가지는 컬링 시트 위에서 이루어지는데, 컬링 시트에는 아이스 페블이라 불리는 얼음 알갱이가 붙어 있으며, 컬링 스톤이 지나가면 아이스 페블이 녹아서 컬링 시트 각 부분의 마찰 계수가 달라지게 되므로, 정확한 마찰 계수의 추정을 위해서, 컬링 시트 전체 이미지를 정사각형의 픽셀로 나누어 픽셀화 할 수 있다.
- [0027] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 컬링 시트 전체 이미지를 픽셀화한 모습을 나타낸 도면이다.
- [0028] 도 2를 참조하면, 컬링 시트의 마찰 계수 추정 장치(100)의 제어부(40)는 아이스 페블을 영향을 고려한 정확한 마찰 계수 추정을 위해서, 전체 컬링 시트 이미지를 이용하여 각각의 정사각형의 픽셀로 픽셀화 할 수 있다.
- [0029] 예를 들어, 제어부(40)는 도 2의 (a)의 컬링 시트 전체 이미지를 이용하여 픽셀화 과정을 수행함으로써, 도 2의 (b)와 같이, 컬링 시트의 전체 이미지를 9×89(801)개의 정사각형의 픽셀로 픽셀화할 수 있다.
- [0030] 단계 S20에서, 컬링 시트의 마찰 계수 추정 장치(100)는 컬링 시트 위에서 이동하는 컬링 스톤의 영상을 획득할 수 있다.
- [0031] 도 3의 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 컬링 시트 위에서 이동하는 컬링 스톤의 모습을 촬영한 영상이다.
- [0032] 즉, 컬링 시트의 마찰 계수 추정 장치(100)는 컬링 스톤의 이동 영상에서 마찰 계수를 추정하기 위해서, 영상 획득부(10)를 이용하여 컬링 시트 위에서 이동하는 컬링 스톤의 영상을 획득할 수 있다.
- [0033] 단계 S30에서, 컬링 시트의 마찰 계수 추정 장치(100)는 영상 획득부(10)를 이용하여 획득된 영상에서 카메라 캘리브레이션(calibration)을 수행하여 카메라 왜곡을 보정할 수 있다.
- [0034] 예를 들어, 컬링 시트의 마찰 계수 추정 장치(100)는 영상 획득부(10)를 이용하여 컬링 시트 위를 움직이는 컬링 스톤의 영상을 획득할 수 있지만, 그 구조적으로 영상 획득부(10)는 렌즈 및 카메라의 사용으로 인하여 획득되는 영상이 실제 영상과는 다르게 왜곡된 영상을 획득하게 된다.
- [0035] 즉, 영상 획득부(10)를 통하여 얻어진 영상은 볼록렌즈의 굴절률에 의해서 영상의 왜곡 정도가 중심 거리에 의해서 심해지는 방사왜곡 또는 카메라 렌즈와 이미지 센서의 수평이 맞지 않거나 센터가 맞지 않아서 타원형 형태로 왜곡 분포가 발생하는 접선 왜곡의 형태가 나타날 수 있다.
- [0036] 즉, 획득된 영상의 카메라 왜곡을 보정하기 위해서, 컬링 시트의 마찰 계수 추정 장치(100)는 제어부(40)를 이용하여 카메라 캘리브레이션(calibration)을 수행할 수 있다.
- [0037] 예를 들어, 제어부(40)는 획득된 영상의 카메라 왜곡 보정을 위해서 다음의 <수학식 1>을 이용하여 카메라 캘리브레이션을 수행할 수 있다.

수학식 1

$$s \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & cf_x & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} [R|t] \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} = A [R|t] \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$

[0038]

[0039]

<수학식 1>에서, (X,Y,Z)는 월드 좌표계상의 3차원 좌표이고, [R|t]는 월드 좌표계를 카메라 좌표계로 이동시키기 위한 회전, 이동 변환 행렬이며, A는 카메라 파라미터 행렬이고, f_x , f_y 초점 거리, c_x , c_y 는 렌즈 중심 영상 좌표(주점), cf_x 는 비대칭 계수이다.

[0040]

즉, 제어부(40)는 영상 획득부(10)를 이용하여 획득된 영상에서, 초점 거리, 렌즈 중심 영상 좌표, 비대칭 계수를 포함하는 카메라 내부 파라미터를 포함한 행렬식을 이용한 카메라 캘리브레이션 방법을 수행하여 카메라 왜곡을 보정할 수 있다.

[0041]

단계 S40에서, 제어부(40)는 왜곡 보정된 영상을 호모그래프(homography) 변환할 수 있다.

[0042]

예를 들어, 영상 획득부(10)를 이용하여 획득된 영상을 카메라 왜곡 보정하더라도, 전체 킬링 시트의 픽셀화와 매칭하기 위해서는 위에서 아래를 내려다 보는 형태의 2D 호모그래프 변환이 필요하기 때문에, 제어부(40)는 왜곡 보정된 영상을 다음의 <수학식 2>를 이용하여 호모그래프(homography) 변환할 수 있다.

수학식 2

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

[0043]

[0044]

<수학식 2>에서, h_{11} , h_{22} 는 늘어남(Shearing), h_{12} , h_{21} 는 반사(Reflection)를 나타내는 파라미터이고, h_{13} , h_{23} 은 평행이동, h_{31} , h_{32} 는 원근(perspective) 변화, h_{33} 는 스케일링을 나타내는 파라미터이고, x , y 는 각 픽셀들을 나타낸다.

[0045]

도 3의 (b)는 본 발명의 일 실시예에 따른 킬링 시트 위에서 이동하는 킬링 스톤의 모습을 촬영한 영상을 호모그래프(homography) 변환한 영상이다.

[0046]

도 3의 (a) 및 (b)를 참조하면, 호모그래프 변환에 의해서 위에서 멀리 있던 사람은 가운데 두 명의 사람과 가까운 위치로 변환되었고, 아래에 서 있는 사람은 가운데 두 명의 사람과 더 멀리 아래쪽의 위치로 변환된 것을 확인할 수 있다.

[0047]

단계 S50에서, 제어부(40)는 호모그래프 변환된 영상과 픽셀화된 킬링 시트 전체 이미지와 매칭할 수 있다.

[0048]

즉, 제어부(40)는 킬링 시트 전체 이미지에서 픽셀화된 픽셀 좌표와 호모그래프 변환된 영상에서의 픽셀 좌표를 일치시키기 위해서 매칭 작업을 수행할 수 있다.

[0049]

다만, 제어부(40)의 픽셀 좌표의 매칭 작업은 단계 S50과 같이 호모그래프 변환 후에 수행될 수도 있으나, 영상 획득부(10)에 의한 킬링 스톤의 영상 획득 후에 픽셀 좌표를 일치시키기 위한 픽셀 좌표 매칭 작업이 수행될 수도 있으며, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.

[0050]

단계 S60에서, 킬링 시트의 마찰 계수 추정 장치(100)는 관심 영역 설정부(20)를 이용하여 매칭된 영상에서 킬링 스톤 영역을 관심 영역으로 설정할 수 있다.

- [0051] 예를 들어, 관심 영역 설정부(20)는 컬링 시트의 마찰 계수 추정을 위해서 컬링 스톤 영역, 예컨대, 컬링 스톤 및 컬링 시트를 포함하는 영역을 사각형의 관심 영역으로 설정할 수 있다.
- [0052] 도 3의 (c)는 본 발명의 일 실시예에 따른 호모그래프(homography) 변환한 영상에서 컬링 스톤 영역을 관심 영역으로 설정한 도면이다.
- [0053] 도 3의 (c)를 참조하면, 관심 영역 설정부(20)는 컬링 시트의 마찰 계수 추정을 위해서 컬링 스톤 및 컬링 시트를 포함하는 영역을 사각형의 관심 영역으로 설정할 수 있다.
- [0054] 또한, 관심 영역 설정부(20)는 기계 학습으로 컬링 스톤의 이미지들의 특징점을 파악하여, 인공 지능을 이용하여 컬링 스톤 포함 영역을 관심 영역으로 설정할 수 있다.
- [0055] 예를 들어, 관심 영역 설정부(20)는 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine, SVM), 인공신경망(Artificial Neural Network, ANN), 순환 신경망(Recurrent Neural Network, RNN) 및 딥러닝 알고리즘 중의 적어도 하나를 사용하여 기계 학습을 수행하고, 컬링 스톤의 대상 물체를 인식하여 영상에서 컬링 스톤 및 컬링 시트 포함 영역을 관심 영역으로 설정할 수 있다.
- [0056] 단계 S70에서, 제어부(40)는 설정된 관심 영역에서 옵티컬 플로우(optical flow) 방법을 이용하여 컬링 스톤의 속도를 추정할 수 있다.
- [0057] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 관심 영역에서 옵티컬 플로우 방법을 이용하여 컬링 스톤의 속도를 추정된 모습을 나타낸 도면이다.
- [0058] 도 4를 참조하면, 제어부(40)는 컬링 스톤 및 컬링 시트가 포함된 관심 영역에서 옵티컬 플로우 방법을 이용하여 컬링 스톤의 모션 벡터인 (V_x , V_y)를 추정할 수 있다.
- [0059] 예를 들어, 옵티컬 플로우 방법은 원래 시간 t 에서 (x,y) 의 위치에 있던 픽셀의 인텐시티(intensity)를 $I(x,y,t)$ 라고 가정하면, 매우 짧은 시간 δt 동안, 픽셀의 인텐시티는 변하지 않았고, 위치의 변화만 일어났다고 가정하는 방법으로, 다음의 <수학식 3>과 같이 모션 벡터를 추정할 수 있다.

수학식 3

[0060]
$$I_x V_x + I_y V_y = -I_t$$

- [0061] 즉, 컬링 스톤의 관심 영역의 영상을 x 축으로 미분(I_x)하고, y 축으로 미분(I_y)하고, 시간축으로 미분(I_t)해서 <수학식 3>에 대입하면 컬링 스톤의 모션 벡터인 (V_x , V_y)를 추정할 수 있다.
- [0062] 다만, 관심 영역에서 픽셀(모션 벡터 계산 영역)의 구분 없이 전체 관심 영역에 옵티컬 플로우 방법을 고려하면, 전체 영상에서 모션 벡터 (V_x , V_y)의 하나의 값만을 추정할 수 있으므로, 컬링 스톤만의 속도라고 결정하기도 어렵고 부정확할 수 있으므로, 단계 S50에서 매칭된 픽셀 단위로 모션 벡터를 추정해야 한다.
- [0063] 즉, 제어부(40)는 관심 영역을 픽셀화 된 부분으로 각각 구분하여 컬링 스톤의 모션 벡터 (V_x , V_y)를 추정해야 하는데, 두 개의 인스턴트(프레임) 사이에서 각 픽셀 영역 안에서는 변위가 거의 일정하다고 가정하여 모션 벡터를 추정할 수 있다.
- [0064] 즉, 제어부(40)는 모션 벡터를 추정하려는 각 픽셀의 로컬 이웃이 일정하다고 가정하고 최소 제곱 기준에 의해 그 이웃에 있는 모든 픽셀에 대하여 기본 옵티컬 플로우 방정식을 적용하는 방법, 예컨대, 루카스-카네데(Lucas-Kanade) 알고리즘을 적용한 옵티컬 플로우 방법으로 컬링 스톤의 모션 벡터 (V_x , V_y)를 추정할 수 있다.
- [0065] 루카스-카네데 알고리즘을 적용하기 위해서, 각 픽셀 이웃 부분에서 변위가 거의 일정하다고 가정하여 각 픽셀 부분에 적용한 옵티컬 플로우 방정식은 다음의 <수학식 4>와 같이 표현될 수 있다.

수학식 4

$$I_x(q_1)V_x + I_y(q_1)V_y = -I_t(q_1)$$

$$I_x(q_2)V_x + I_y(q_2)V_y = -I_t(q_2)$$

⋮

$$I_x(q_n)V_x + I_y(q_n)V_y = -I_t(q_n)$$

[0066]

[0067] <수학식 4>에서, q는 관심 영역 내의 픽셀, I(q)는 관심 영역 내의 q 픽셀 영역의 영상 미분값(x, y, t 에 대한 영상 미분값)을 나타낸다.

[0068] 킬링 스톤의 모션 벡터 (V_x , V_y)를 추정하기 위해서, <수학식 4>의 방정식을 행렬 형식인 $Av=b$ 형식으로 표현하면 다음의 <수학식 5> 와 같이 표현될 수 있다.

수학식 5

$$A = \begin{bmatrix} I_x(q_1) & I_y(q_1) \\ I_x(q_2) & I_y(q_2) \\ \vdots & \vdots \\ I_x(q_n) & I_y(q_n) \end{bmatrix} \quad v = \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} -I_t(q_1) \\ -I_t(q_2) \\ \vdots \\ -I_t(q_n) \end{bmatrix}$$

[0069]

[0070] <수학식 5>에서, 루카스-카나데 알고리즘의 가정인 최소 제곱 기준을 적용하면 다음의 <수학식 6>과 같이 킬링 스톤의 모션 벡터를 추정할 수 있다.

수학식 6

$$\begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_i I_x(q_i)^2 & \sum_i I_x(q_i)I_y(q_i) \\ \sum_i I_y(q_i)I_x(q_i) & \sum_i I_y(q_i)^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} -\sum_i I_x(q_i)I_t(q_i) \\ -\sum_i I_y(q_i)I_t(q_i) \end{bmatrix}$$

[0071]

[0072] 즉, 제어부(40)는 설정된 관심 영역에서 모션 벡터를 추정하려는 각 픽셀의 로컬 이웃이 일정하다고 가정하고 최소 제곱 기준에 의해 그 이웃에 있는 모든 픽셀에 대하여 오퍼터컬 플로우 방법을 적용하는 루카스-카네데 (Lucas-Kanade) 알고리즘을 적용하여 킬링 스톤의 모션 벡터, 즉 속도를 추정할 수 있다.

[0073] 단계 S80에서, 제어부(40)는 추정된 킬링 스톤의 속도를 이용하여 킬링 시트의 마찰 계수를 추정할 수 있다.

[0074] 즉, 제어부(40)는 킬링 스톤의 질량, 킬링 스톤의 추정 속도 및 에너지 보존 법칙을 이용하여 킬링 시트의 마찰 계수를 추정할 수 있다.

[0075] 마찰력에 의한 포텐셜 에너지 및 킬링 스톤의 운동에너지를 고려하면, 킬링 스톤의 에너지 보존 법칙 및 마찰력은 다음의 <수학식 7>, <수학식 8>과 같이 표현될 수 있다.

수학식 7

$$\frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}mv_f^2 + Fs$$

[0076]

수학식 8

$$F = \mu mg$$

[0077]

[0078] <수학식 7>에서, m은 컬링 스톤의 질량, v_i 는 컬링 스톤의 초기 속도, v_f 는 컬링 스톤의 최종 속도, F는 마찰력, S 는 컬링 스톤의 변위를 나타내고, <수학식 8>에서, μ 는 컬링 시트의 마찰 계수, g 는 중력 가속도를 나타낸다.

[0079] <수학식 7> 및 <수학식 8> 을 이용하여 컬링 시트의 마찰 계수는 다음의 <수학식 9>와 같이 표현될 수 있다.

수학식 9

$$\mu = - \frac{(V_f^2 - V_i^2)}{(2 \times 9.8 \times s)}$$

[0080]

[0081] 즉, 제어부(40)는 루카스-카네데 알고리즘을 이용한 엡티컬 플로우 방법에 의해 추정된 컬링 스톤의 속도, 컬링 스톤의 질량, 컬링 스톤의 변위를 이용하여 컬링 시트의 마찰 계수를 추정할 수 있다.

[0082] 여기에서, 컬링 스톤의 질량은 미리 측정되어 기 입력된 값이며, 컬링 스톤의 변위(이동 거리)는 획득된 영상 분석을 통하여 추정되는 값이다.

[0083] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 컬링 시트의 마찰 계수 추정 장치(100)의 블록도이다.

[0084] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 컬링 시트의 마찰 계수 추정 장치(100)는 컬링 시트 위에서 이동하는 컬링 스톤의 영상을 획득하기 위한 영상 획득부(10), 획득된 영상에서 컬링 스톤을 추적하여 컬링 스톤의 인접 영역을 관심 영역으로 설정하기 위한 관심 영역 설정부(20), 획득된 컬링 스톤의 영상 및 관심 영역을 저장하기 위한 저장부(30) 및 관심 영역에서 컬링 시트의 마찰 계수를 추정하기 위한 제어부(40)를 포함할 수 있다.

[0085] 본 발명의 일 실시예에 따른 영상 획득부(10)는 컬링 시트의 마찰 계수를 추정하기 위한 영상 분석을 위해서, 컬링 시트 위에서 이동하는 컬링 스톤의 영상을 획득할 수 있다.

[0086] 예를 들어, 영상 획득부(10)는 컬링 시트의 마찰 계수 추정을 위해서 컬링 경기 중인 영상, 컬링 시트 전체를 포함한 컬링 스톤의 이동 영상을 획득할 수 있다.

[0087] 즉, 영상 획득부(10)는 픽셀화된 컬링 시트 전체 이미지와 매칭 작업을 위해서, 컬링 시트 전체를 포함한 컬링 스톤의 이동 영상을 획득할 수 있다.

[0088] 본 발명의 일 실시예에 따른 관심 영역 설정부(20)는 획득된 영상에서 컬링 스톤을 추적하여 컬링 스톤의 인접 영역을 관심 영역으로 설정할 수 있다.

[0089] 예를 들어, 관심 영역 설정부(20)는 영상 분석을 통한 컬링 시트의 마찰 계수 추정을 위해서 획득된 영상에서 컬링 스톤 및 컬링 시트를 포함하는 영역을 사각형의 관심 영역으로 설정할 수 있다.

[0090] 또한, 관심 영역 설정부(20)는 기계 학습으로 컬링 스톤의 이미지들의 특징점을 파악하여, 인공 지능을 이용하

여 컬링 스톤 포함 영역을 관심 영역으로 설정할 수 있다.

- [0091] 예를 들어, 관심 영역 설정부(20)는 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine, SVM), 인공신경망(Artificial Neural Network, ANN), 순환 신경망(Recurrent Neural Network, RNN) 및 딥러닝 알고리즘 중의 적어도 하나를 사용하여 기계 학습을 수행하고, 컬링 스톤의 대상 물체를 인식하여 영상에서 컬링 스톤 및 컬링 시트 포함 영역을 관심 영역으로 설정할 수 있다.
- [0092] 본 발명의 일 실시예에 따른 저장부(30)는 획득된 컬링 스톤의 영상 및 관심 영역을 저장할 수 있다.
- [0093] 예를 들어, 저장부(30)는 컬링 시트의 마찰 계수 추정을 위한 영상 분석을 위해서, 영상 획득부(10)에 의해 획득된 컬링 스톤의 영상 및 관심 영역 설정부(20)에 의해 설정된 관심 영역의 영상을 저장할 수 있다.
- [0094] 본 발명의 일 실시예에 따른 제어부(40)는 컬링 시트의 마찰 계수 추정 장치(100)에 포함된 모든 전자 장치를 제어하여 컬링 시트의 마찰 계수를 추정할 수 있다.
- [0095] 예를 들어, 제어부(40)는 영상 분석을 통한 컬링 시트의 마찰 계수 추정을 위해서 영상 획득부(10)로 하여금 컬링 경기 영상, 예컨대, 컬링 시트 위를 이동하는 컬링 스톤의 영상을 획득하도록 제어할 수 있으며, 관심 영역 설정부(20)로 하여금 영상에서 컬링 스톤 영역을 관심 영역으로 설정하도록 제어할 수 있다.
- [0096] 또한, 제어부(40)는 저장부(30)로 하여금 영상 획득부(10)가 획득한 컬링 스톤의 영상을 저장하도록 하거나 관심 영역 설정부(20)가 설정한 관심 영역의 영상을 저장하도록 제어할 수 있다.
- [0097] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 제어부(40)는 컬링 시트 전체 이미지를 정사각형의 픽셀로 나누어 픽셀화 할 수 있다.
- [0098] 예를 들어, 제어부(40)는 컬링 시트의 마찰 계수 추정을 위한 영상 분석을 위해서, 도 1과 같이 컬링 시트의 전체 이미지를 이용하여 컬링 시트의 전체 이미지를 $9 \times 89(801)$ 개의 정사각형의 픽셀로 픽셀화할 수 있다.
- [0099] 또한, 제어부(40)는 영상 획득부(10)를 이용하여 컬링 시트 위에서 이동하는 컬링 스톤의 영상을 획득하고, 획득된 영상에서 카메라 캘리브레이션(calibration)을 수행하여 카메라 왜곡을 보정할 수 있다.
- [0100] 예를 들어, 제어부(40)는 영상 획득부(10)의 렌즈 및 카메라의 사용으로 실제 영상과는 다르게 왜곡된 영상을 획득하게 되므로, 방사 왜곡 또는 접선 왜곡의 형태를 보정하기 위해서, <수학식 1>의 초점 거리, 렌즈 중심 영상 좌표, 비대칭 계수를 포함하는 카메라 내부 파라미터를 포함한 행렬식을 이용한 카메라 캘리브레이션(calibration)을 수행하여 카메라 왜곡을 보정할 수 있다.
- [0101] 또한, 제어부(40)는 왜곡 보정된 영상을 호모그래프(homography) 변환하고, 호모그래프 변환된 영상과 픽셀화된 컬링 시트 전체 이미지와 매칭할 수 있다.
- [0102] 예를 들어, 제어부(40)는 전체 컬링 시트의 픽셀화와 매칭하기 위해서, 왜곡 보정된 영상을 <수학식 2>를 이용하여 위에서 내려다 보는 형태로 호모그래프(homography) 변환하고, 호모그래프 변환된 영상과 픽셀화된 컬링 시트 전체 이미지와 매칭할 수 있다.
- [0103] 또한, 제어부(40)는 관심 영역 설정부(20)를 이용하여 매칭된 영상에서 컬링 스톤의 영역을 관심 영역으로 설정할 수 있다.
- [0104] 예를 들어, 제어부(40)는 컬링 시트의 마찰 계수 추정을 위해서 관심 영역 설정부(20)를 제어하여 컬링 스톤 및 컬링 시트를 포함하는 영역을 사각형의 관심 영역으로 설정할 수 있으며, 기계 학습을 이용한 딥러닝 알고리즘을 적용하여 컬링 스톤 포함 영역을 관심 영역으로 설정할 수 있다.
- [0105] 즉, 제어부(40) 및/또는 관심 영역 설정부(20)는 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine, SVM), 인공신경망(Artificial Neural Network, ANN), 순환 신경망(Recurrent Neural Network, RNN) 및 딥러닝 알고리즘 중의 적어도 하나를 사용하여 기계 학습을 수행하고, 컬링 스톤의 대상 물체를 인식하여 영상에서 컬링 스톤 및 컬링 시트 포함 영역을 관심 영역으로 설정할 수 있다.
- [0106] 즉, 관심 영역 설정부(20)가 기계학습을 통하여 영상에서 컬링 스톤을 추적하여 직접 컬링 스톤 및 컬링 시트 포함 영역을 관심 영역으로 설정할 수도 있으나, 제어부(40)가 직접 기계학습을 수행하여 컬링 스톤을 추적하고 관심 영역 설정부(20)를 제어함으로써 관심 영역을 설정하는 것도 가능하다.
- [0107] 또한, 제어부(40)는 설정된 관심 영역에서 옵티컬 플로우(optical flow) 방법을 이용하여 컬링 스톤의 속도를

추정할 수 있다.

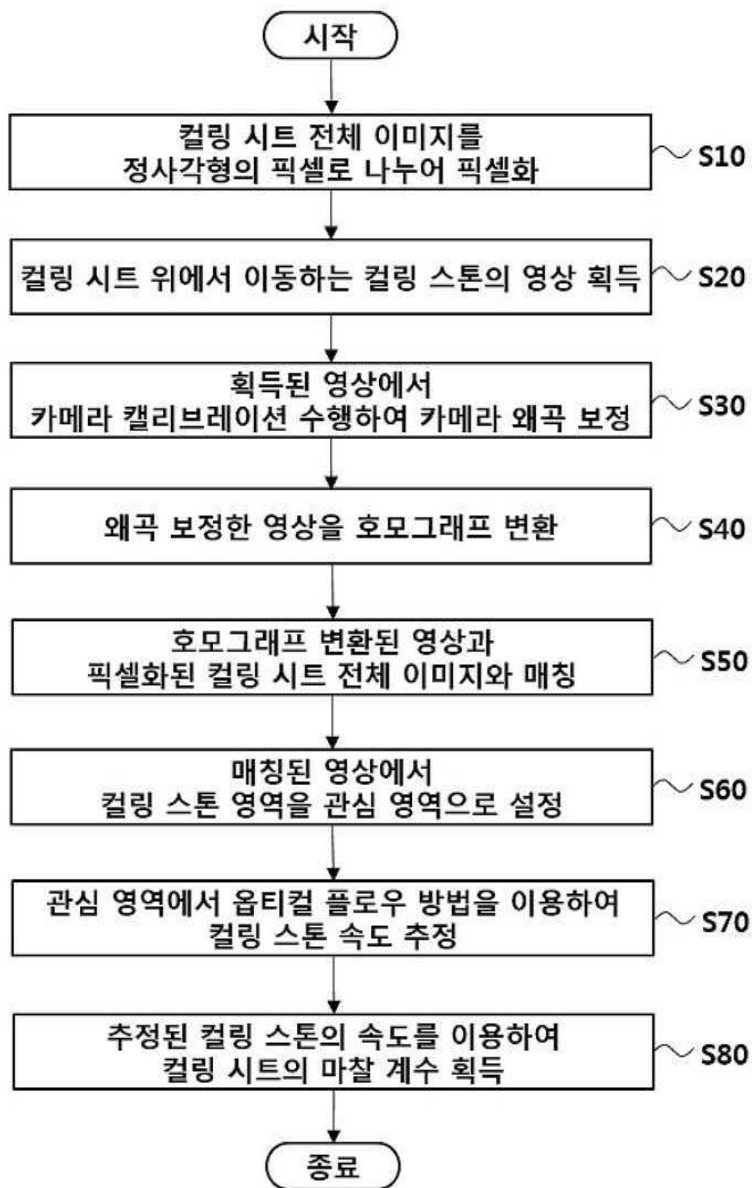
- [0108] 예를 들어, 제어부(40)는 킬링 스톤의 모션 벡터를 추정하려는 각 픽셀의 로컬 이웃이 일정하다고 가정하고 최소 제곱 기준에 의해 그 이웃에 있는 모든 픽셀에 대하여 기본 옵티컬 플로우 방정식을 적용하는 방법, 예컨대, 루카스-카네데(Lucas-Kanade) 알고리즘을 적용한 옵티컬 플로우 방법, 전술한 <수학식 4> 내지 <수학식 6>을 이용한 방법으로 킬링 스톤의 모션 벡터 (V_x , V_y)를 추정할 수 있다.
- [0109] 또한, 제어부(40)는 추정된 킬링 스톤의 속도를 이용하여 킬링 시트의 마찰 계수를 추정할 수 있다.
- [0110] 예를 들어, 제어부(40)는 킬링 스톤의 질량, 킬링 스톤의 변위(이동 거리), 킬링 스톤의 추정 속도 및 에너지 보존 법칙을 이용하여 전술한 <수학식 7> 내지 <수학식 9>를 이용한 방법으로 킬링 시트의 마찰 계수를 추정할 수 있다.
- [0111] 본 발명의 일 실시예에 따른 킬링 시트의 마찰 계수 추정 장치(100)에 관련하여서는 전술한 킬링 시트의 마찰 계수 추정 방법에 대한 내용이 적용될 수 있다. 따라서, 킬링 시트의 마찰 계수 추정 장치(100)와 관련하여, 전술한 킬링 시트의 마찰 계수 추정 방법에 대한 내용과 동일한 내용에 대하여는 설명을 생략하였다.
- [0112] 본 발명의 일 실시예는 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터 저장 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다.
- [0113] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0114] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

- [0116] 10: 영상 획득부
20: 관심 영역 설정부
30: 저장부
40: 제어부
100: 킬링 시트의 마찰 계수 추정 장치

도면

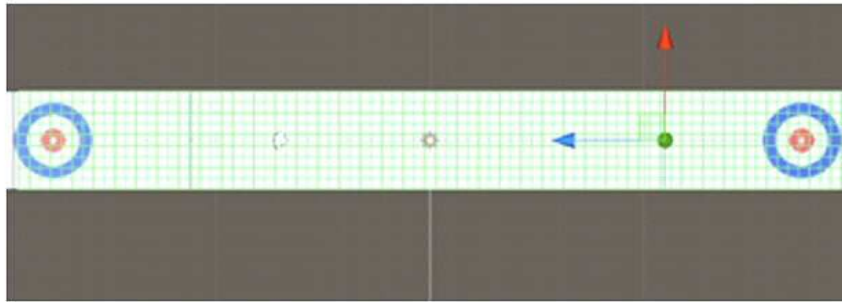
도면1



도면2



(a) 컬링 시트 전체 이미지



(b) 컬링 시트의 픽셀화

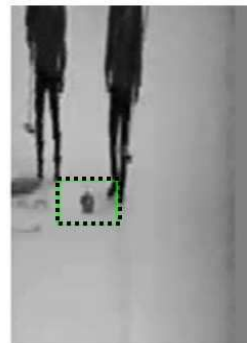
도면3



(a) 원본 영상

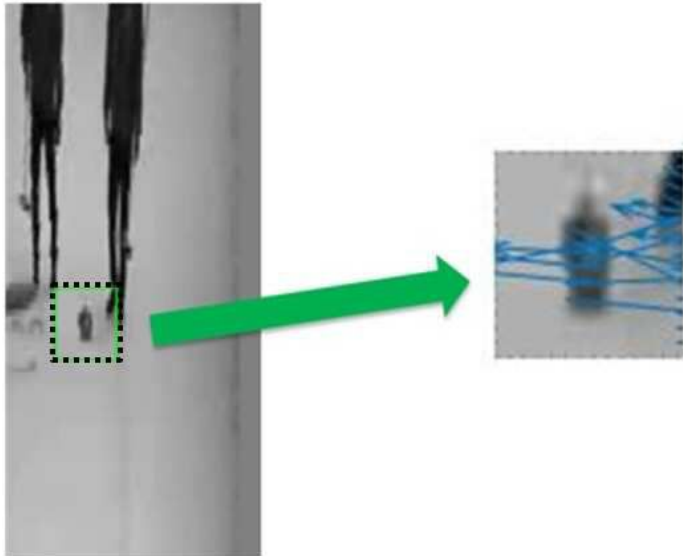


(b) 호모그래프 변환 영상



(c) 컬링 스톤 관심 영역 설정

도면4



도면5

