



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0028065

(43) 공개일자 2016년03월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01N 21/84 (2006.01) G01N 15/02 (2006.01)

G06T 5/00 (2006.01) G06T 7/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0116342

(22) 출원일자 2014년09월02일

심사청구일자 2014년09월02일

(71) 출원인

한국기술교육대학교 산학협력단

충남 천안시 동남구 병천면 충절로 1600, 내 (한국기술교육대학교)

(72) 발명자

김윤상

서울 강동구 양재대로 1716, 1동 307호 (고덕동, 대우아파트)

김승열

부산 부산진구 진사로77번길 59

(74) 대리인

이한욱, 이성렬, 이성준

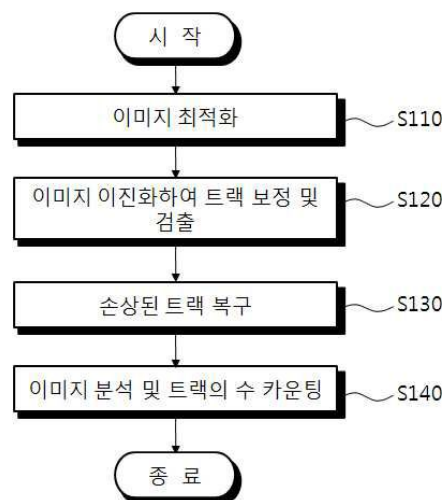
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 트랙 이미지 카운팅 방법

(57) 요약

본 발명은 나노단위의 트랙을 영상처리 기법을 이용하여 카운팅하는 트랙 이미지 카운팅 방법에 관한 것으로, 입력된 트랙이 포함된 이미지를 최적화하는 단계; 상기에서 최적화된 이미지를 이진화하여 트랙을 검출하는 단계; 상기에서 검출된 트랙을 제외한 잡음을 제거하는 단계; 상기에서 검출된 트랙 중 손상된 트랙을 복구하는 단계; 및 상기에서 검출된 트랙 수 및 복구된 트랙 정보를 이용하여 트랙 이미지를 분석하여 전체의 트랙 수를 카운팅하는 단계;를 제공한다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

입력된 트랙이 포함된 이미지를 최적화하는 단계;

상기에서 최적화된 이미지를 이진화하여 트랙 보정 및 검출하는 단계;

상기에서 보정된 트랙 중 손상된 트랙을 복구하는 단계; 및

상기에서 검출된 트랙 수 및 복구된 트랙의 사이즈 정보를 이용한 겹침 트랙의 수를 포함한 전체의 트랙 수를 카운팅하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 트랙 이미지 카운팅 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 이진화하여 트랙 보정 및 검출 단계 이후 트랙 주변의 노이즈를 제거하는 노이즈제거 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 트랙 이미지 카운팅 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 이미지 최적화 단계는 입력된 이미지를 3채널로 분리하는 단계;

상기 3채널 이미지 각각의 평균 픽셀값을 계산하여 중간 분포에 속하는 채널의 이미지의 밝기 및 명암을 최적화하는 단계; 및

상기에서 최적화된 3채널 이미지를 병합하고, Mean-shift segmentation을 이용하여 색상을 균일화하는 단계;로 이루어지는 것을 특징으로 하는 트랙 이미지 카운팅 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 손상된 트랙을 복구하는 단계는 트랙의 엣지에 해당하는 윤곽(contour)을 검출하여 일정길이의 선분으로 변환하는 트랙윤곽검출단계;

상기에서 변환된 트랙의 선분에서 연결 조건을 만족하는 선분을 구분하는 적절시점추정(Suitable point estimation)단계;

상기에서 조건에 만족하는 선분에 RANSAC(RANDom SAMple Consensus) 알고리즘을 적용하여 트랙의 모델을 예측 및 복원하는 모델예측복원단계;로 이루어지는 것을 특징으로 하는 트랙 이미지 카운팅 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 트랙의 사이즈 정보는 장축, 단축, 중심점, 및 장축이 회전한 각도 중 어느 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 트랙 이미지 카운팅 방법.

청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 트랙윤곽검출단계는 이진화된 트랙 이미지에 소벨(Sobel) 필터를 적용하여 트랙의 윤곽을 검출하는 것을 특징으로 하는 트랙 이미지 카운팅 방법.

청구항 7

청구항 4에 있어서,

상기 모델은 원형, 타원형, 및 비원형 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 트랙 이미지 카운팅 방법.

청구항 8

청구항 4에 있어서,

상기 적절시점추정단계는 미스매치드 윤곽 점(Mismatched contour point)의 탐색 및 제거하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 트랙 이미지 카운팅 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기에서 미스매치드 윤곽 점(Mismatched contour point)의 탐색 및 제거하는 단계는 트랙의 연속된 외곽점을 이용하여 벡터를 생성하는 단계;

상기에서 생성된 벡터 중 2개의 벡터의 내적 연산을 통해 사잇각을 구하는 단계;

상기 두 벡터의 사잇각이 기설정 각도 이하인 경우 미스매치드 윤곽 점으로 판단하는 단계; 및

상기 미스매치드 윤곽 점으로 판단된 점들을 제거하는 단계;로 이루어지는 것을 특징으로 하는 트랙 이미지 카운팅 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 기설정 각도는 120° 인 것을 특징으로 하는 트랙 이미지 카운팅 방법.

청구항 11

청구항 4에 있어서,

상기 복구된 트랙의 사이즈 정보를 이용하여 트랙 이미지를 분석하여 전체의 트랙 수를 카운팅하는 단계에서 복구된 트랙의 비율이 임계값보다 크거나 트랙의 장축이 평균 장축보다 크면 겹침트랙으로 판단하여 트랙의 수를 증가시켜 2이상으로 증가시켜 카운팅하는 것을 특징으로 하는 트랙 이미지 카운팅 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 임계값은 전체 트랙의 평균 사이즈의 1.5배인 것을 특징으로 하는 트랙 이미지 카운팅 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 트랙 이미지 카운팅 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 나노단위의 트랙을 영상처리 기법을 이용하여 카운팅하는 트랙 이미지 카운팅 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 고체 핵 트랙 검출기 (SSNTDs; Solid-state nuclear track detector)와 같은 감지기는 알파 입자, 양자, 그리고 핵분열 파편에 의해 만들어진 트랙(점)을 감지하는 기술로 높은 방사성 물질의 동위 원소 구성 및 상태를 파악하는데 매우 중요하다.

[0003] 또한, 핵 분야 뿐만 아니라 촬영된 이미지의 미세한 점들을 분석하는 분야는 미세한 점들이 발생하는 다양한 철강의 편향 분석, 의료분야의 천공 분석, 미용분야의 피부표면의 점, 기미, 주근깨와 같이 촬영된 이미지의 점들을 분석하는 기술은 많은 분야에서 활용되고 있다.

[0004] 단순히 촬영된 이미지의 점들에 대한 분포를 분석하여 임계값과 비교하여 많고 적음을 나타내는 것이 일반적이지만, 점의 개수를 카운트하여 더욱 명확하게 활용하기 위한 분석이 필요하다.

[0005] 종래에는 수동적으로 핵 트랙 이미지의 직접 관찰을 통해 트랙 분석이 이루어져 많은 시간을 소모하는 문제가 있었다. 이를 해결하기 위해 고속 푸리에 변환(FFT; Fourier Transform)에 기초하여 하이브리드 알고리즘을 채용하고, 퍼지 하프 변환(FHT; Fuzzy hough transform)으로 배경 노이즈를 제거하여 겹침 트랙을 검출하여 분석하였지만, 퍼지하프 변환은 원을 검색하는 알고리즘으로 명확한 원을 검출하기에는 유리하지만 트랙 이미지는 완전한 원이 아닌 타원이나 겹쳐진 트랙의 형상이 원과 달라 오검출하는 상황이 발생할 수 있어 2개 이상 겹침 트랙의 측정이 제한되거나 검출하더라도 한 개로 인식되는 문제가 있었다.

[0006] 관련 선행기술로는 한국등록특허 제1272005호(공개일:2013.05.30., 열간소재의 표면결합검출장치 및 검출방법)가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 이미지 품질 저하로 인해 발생하는 손상된 트랙 형상을 복구하여 분석결과의 신뢰도를 향상시키는 트랙 이미지 카운팅 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0008] 또한, 본 발명은 트랙의 형상과 상관없이 외곽을 검출하여 그 형상을 기초로 트랙을 검출하여 다양한 형태의 트랙을 검출하는 트랙 이미지 카운팅 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0009] 또한, 본 발명은 겹침이 발생한 트랙의 수를 겹쳐진 트랙의 모든 수대로 카운트시키는 트랙 이미지 카운팅 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0010] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않는다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 트랙 이미지 카운팅 방법은, 입력된 트랙이 포함된 이미지를 최적화하는 단계; 상기에서 최적화된 이미지를 이진화하여 트랙을 명확하게 보정 및 검출하는 단계; 상기에서 보정된 트랙 중 손상된 트랙을 복구하는 단계; 및 상기에서 검출된 트랙 수 및 복구된 트랙의 사이즈 정보를 이용하여 트랙 이미지를 분석하여 전체의 트랙 수를 카운팅하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 구체적으로, 상기 이진화하여 트랙 보정 및 검출 단계 이후 트랙 주변의 노이즈를 제거하는 노이즈제거 단계를

더 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [0013] 또한, 상기 이미지 최적화 단계는 입력된 이미지를 3채널로 분리하는 단계; 상기 3채널 이미지 각각의 평균 픽셀값을 계산하여 중간 분포에 속하는 채널의 이미지의 밝기 및 명암을 최적화하는 단계; 및 상기에서 최적화된 3채널 이미지를 병합하고, Mean-shift segmentation을 이용하여 색상을 균일화하는 단계;로 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 또한, 상기 손상된 트랙을 복구하는 단계는 트랙 이미지의 엣지에 해당하는 윤곽(contour)을 검출하여 일정길이의 선분으로 변환하는 트랙윤곽검출단계; 상기에서 변환된 선분에서 연결 조건을 만족하는 선분을 구분하는 적절시점추정단계; 상기에서 조건에 만족하는 선분에 RANSAC(RANdom SAMple Consensus) 알고리즘을 적용하여 모델을 예측 및 복원하는 모델예측복원단계;로 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 또한, 상기 트랙의 사이즈 정보는 장축, 단축, 중심점, 및 장축이 회전한 각도 중 어느 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 또한, 상기 트랙윤곽검출단계는 이진화된 트랙 이미지에 소벨(Sobel) 필터를 적용하여 트랙의 윤곽을 검출하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 또한, 상기 모델은 원형, 타원형, 및 비원형 중 어느 하나인 것을 특징으로 한다.
- [0018] 또한, 상기 적절시점추정단계는 미스매치드 윤곽 점(Mismatched contour point)의 탐색 및 제거하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 상기에서 미스매치드 윤곽 점(Mismatched contour point)의 탐색 및 제거하는 단계는 트랙의 연속된 외곽점을 이용하여 벡터를 생성하는 단계; 상기에서 생성된 벡터 중 2개의 벡터의 내적 연산을 통해 사잇각을 구하는 단계; 상기 두 벡터의 사잇각이 기 설정 각도 이하인 경우 미스매치드 윤곽 점으로 판단하는 단계; 및 상기 미스매치드 윤곽 점으로 판단된 점들을 제거하는 단계;로 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 또한, 상기 기설정 각도는 120° 인 것을 특징으로 한다.
- [0021] 또한, 상기 복구된 트랙의 사이즈 정보를 이용하여 트랙 이미지를 분석하여 전체의 트랙 수를 카운팅하는 단계에서 복구된 트랙의 비율이 임계값보다 크거나 트랙의 장축이 평균 장축보다 크면 겹침 트랙으로 판단하여 트랙의 수를 증가시켜 2이상으로 증가시켜 카운팅하는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 또한, 상기 임계값은 전체 트랙의 평균 사이즈의 1.5배인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0023] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명은 나노단위의 트랙의 수를 분석하는데 있어 육안분석방법에 비해 빠르고 일정한 정확도로 분석할 수 있으며, 손상된 트랙 형상을 복원하여 검출오류를 최소화하는 효과가 있다.
- [0024] 또한, 본 발명은 이미지 품질 저하로 인해서 생기는 트랙 형상의 소실에도 형상을 복구하여 검출하므로 분석결과의 신뢰도 및 정확도를 향상시키는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 트랙 이미지 카운팅 방법을 나타낸 흐름도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 트랙 이미지 카운팅 방법의 이미지 최적화 단계에 따른 이미지 흐름도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 트랙 이미지 카운팅 방법의 손상된 트랙을 복구하는 방법을 나타낸 흐름도이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 트랙 이미지 카운팅 방법의 트랙윤곽검출을 나타낸 이미지이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 트랙 이미지 카운팅 방법의 적절시점추정방법을 나타낸 흐름도이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 트랙 이미지 카운팅 방법의 적절시점추정을 설명하기 위한 예시도이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 트랙 이미지 카운팅 방법의 RANSAC 알고리즘을 적용하여 원 모델과 타원 모델의 트랙 복구 결과를 나타낸 이미지이다.

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 트랙 이미지 카운팅 방법의 겹침 트랙의 수를 카운팅하는 방법을 나타낸 흐름도이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 트랙 이미지 카운팅 방법의 트랙의 사이즈정보를 나타내는 도면이다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 트랙 이미지 카운팅 방법의 (a)단일트랙 및 (b)겹침트랙의 예시를 나타낸 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명한다. 도면들 중 동일한 구성요소들은 가능한 어느 곳에서든지 동일한 부호로 표시한다. 또한 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0027] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 트랙 이미지 카운팅 방법을 나타낸 흐름도로서, 트랙 이미지 카운팅 방법은 먼저, 입력된 트랙이 포함된 이미지를 최적화한다(S110). 트랙의 선명도가 낮으면 트랙 검출이 용이하지 않으므로 이미지를 최적화하는 전처리를 수행해야 한다.
- [0028] 여기서, 이미지를 최적화하는 방법은 도 2와 같이, 입력된 이미지를 3채널로 분리한다(S111).
- [0029] 이때, 3개의 채널은 RED 채널, GREEN 채널, 및 BLUE 채널을 포함한다.
- [0030] 그리고, 3개의 채널 이미지 각각의 평균 픽셀값을 계산하여 중간 분포에 속하는 채널의 이미지의 밝기 및 명암을 최적화시킨다(S112).
- [0031] 그리고, 최적화된 3채널 이미지를 병합하고 Mean-shift segmentation을 이용하여 색상을 균일화하여 이미지를 최적화시킨다(S113).
- [0032] 이어서, 최적화된 이미지를 이진화하여 트랙을 보정 및 검출한다(S120). 여기서, 이진화를 보정한 후 보정한 이미지에서 트랙을 제외한 잡음을 제거할 수 있다. 잡음을 제거함으로써 트랙을 명확히 하게 되고, 잡음이 트랙으로 간주되어 카운팅되는 것을 막을 수 있는 효과가 있다.
- [0033] 이어서, 검출된 트랙 중 손상된 트랙을 복구한다(S130). 본 단계는, 트랙을 측정하는 유닛에 의해 빛의 반사로 트랙의 형태가 완전하지 않거나 부분적으로 희미한 경우에 트랙을 측정할 수 없으므로 트랙을 복원하는 작업을 수행해야 한다.
- [0034] 여기서, 손상된 트랙을 복구하는 방법은 도 3에 도시된 바와 같이, 트랙의 엣지에 해당하는 윤곽을 검출하여 일정길이의 선분으로 변환시켜 트랙의 윤곽을 검출한다(S131). 이때, 트랙의 윤곽은 이진화된 이미지를 입력 받아 검출한다. 이때, 여기서, 이진화된 이미지의 트랙 영역에 소벨 필터(Sobel Filter)를 적용하면 트랙의 외곽선을 검출함과 동시에 잡음도 함께 제거하는 효과가 있다.
- [0035] 즉, 도 4에 도시된 바와 같이, 최적화된 트랙 이미지에 소벨 필터(Sobel Filter)를 바로 적용하면 잡음이 그대로 노출되나, 최적화된 트랙 이미지를 이진화한 이미지에 소벨 필터(Sobel Filter)를 적용하면 잡음이 제거되는 것을 알 수 있다.
- [0036] 트랙의 윤곽을 검출한 후, 변환된 트랙의 선분에서 연결 조건을 만족하는 선분을 구분한다(S132). 이때, 연결조건을 만족하는 선분을 구분하기 위해 손상된 트랙의 Contour sequence는 방향이나 각도가 불규칙적이기 때문에 Mismatched contour point를 탐색 및 제거해야 한다.
- [0037] 여기서, 미스매치드 윤곽점의 탐색 및 제거방법은 도 5에 도시한 바와 같이, 트랙의 연속된 외곽점을 이용하여 벡터를 생성한다(132a). 이때, 트랙의 외곽선은 연속된 점으로 구성되어 있다.
- [0038] 그리고, 생성된 벡터 중 임의의 2개의 벡터의 내적연산을 통해 사잇각을 구한다(132b).
- [0039] 두 벡터의 내적 연산을 통해 구해진 사잇각을 기 설정 각도와 비교했을 때(132c), 사잇각이 기 설정 각도보다 작으면, 미스매치드 외곽점으로 판단하고 외곽점을 제거한다(S132d).

여기서, 사잇각이 기 설정 각도보다 크면, 외곽점을 유지하여 트랙의 형상을 유지한다(S132e). 이때, 기 설정 각도는 120° 인 것이 바람직하다. 이는 복수회 테스트에 의해 설정된 각도이다.

이는 하기의 [표 1]과 같은 알고리즘에 의해 수행될 수 있다.

표 1

```
(Step 1) Set  $C_0 = s, C_s = \emptyset$ 
 $C_0$  : a set of contour component for suitable contour estimation
 $C_s$  : a set of suitable contour components
(Step 2) While  $C_0 \neq \emptyset$ , repeat (a) and (b)
(a) Two line segment generation:
    Choose any contour point  $P_{c-1}$  from  $C_0$ 
    (generally, start point is selected)
    Continue, choose the next by  $d$  points  $P_c$ ,
    then first line segment is generated  $l_i$ 
    Finally, choose the next by  $d$  points  $P_{c+1}$ ,
    then second line segment is generated  $l_{i+1}$ 
(b) Estimation effective contour points
    Set two vectors,  $V_1 = P_c - P_{c-1}$  and  $V_2 = P_{c+1} - P_c$ ,
    Compute  $\theta$  between two vectors,
    If  $\theta$  is smaller than  $\theta_{max}$ ,
        Remove the contour point  $P_c$  from  $s$ ,
    Else
        Add the point  $P_c$  to  $C_s$ 
    If the number of  $C_s$  is smaller than  $P_{min}$ 
        End while
(Step 3) Output the set of estimated contour points  $C_s$ .
```

미스매치드 윤곽점의 탐색 및 제거방법에 대한 알고리즘을 [표 1]과 도 6을 통해 설명하면, 먼저, C_0 는 모든 Contour point의 집합 s 를 가지며, C_s 는 유효한 Contour point를 저장하기 위한 집합이며, 처음엔 공집합으로 설정된다.

이 과정은 C_0 가 남지 않을 때까지 반복한다.

먼저, 두 개의 라인을 생성한다. 이때, C_0 로부터 P_{c-1} 포인트를 선택하고, P_{c-1} 로부터 d 만큼 떨어진 P_c 를 선택한다. 이러면, 첫 번째 라인 l_i 가 생성된다.

또한, P_c 로부터 d 만큼 떨어진 P_{c+1} 을 선택한다. 이러면, 두 번째 라인 l_{i+1} 이 생성된다.

이어, 유효한 contour 포인트를 평가한다. 상기에서 생성한 3개의 포인트를 이용하여 2개의 벡터를 구성한다.

$V_1 = P_c - P_{c-1}$ 그리고 $V_2 = P_{c+1} - P_c$ 이고 두 벡터 사이의 각 θ 를 계산하는데, θ 가 임계값 θ_{max} 보다 작으면 집합 s 에서 contour 포인트 P_c 를 제거하고, 아니면 포인트 P_c 를 C_s 에 추가하되, C_s 의 포인트 수가 P_{min} 값보다 적으면 반복을 중지한다.

마지막으로 유효한 포인트로 평가된 집합 C_s 를 출력한다.

이때, θ 가 사잇각을 의미하고 임계값 θ_{max} 가 기설정 각도를 의미한다.

그리고, 변환된 트랙의 선분에서 연결 조건을 만족하는 선분을 구분(S132)한 후, 조건에 만족하는 선분에 RANSAC(RANdom SAMple Consensus) 알고리즘을 적용하여 모델을 예측 및 복원한다.

- [0052] 미스매치드 윤곽 점(mismatched contour point)을 제거한 윤곽 구성요소(contour component) RANSAC 알고리즘을 적용하면 도 7과 같이 나타낼 수 있다. (a)는 모델을 복원하기 전의 모습으로 완전한 모델을 얻지 못하였으나, RANSAC을 이용하여 (b)와 같은 모델로 복원 할 수 있다. 이때, 트랙의 모델은 원형, 타원형, 및 비원형 중 어느 하나일 수 있다.
- [0053] 마지막으로, 검출된 트랙 수 및 복구된 트랙의 사이즈 정보를 이용한 겹침 트랙의 수를 포함한 전체의 트랙 수를 카운팅한다(S140).
- [0054] 여기서, 상기 복구된 트랙의 사이즈 정보를 이용하여 트랙 이미지를 분석하여 전체의 트랙 수를 카운팅하는 단계에서 겹침 트랙의 수를 분석하는 방법은 도 8 및 도 9에 도시된 바와 같다.
- [0055] 먼저, 트랙의 사이즈 정보를 획득한다(S141). 이때, 상기 트랙의 사이즈 정보는 장축(10), 단축(20), 중심점(30), 및 장축이 회전한 각도 중 어느 하나 이상을 포함한다.
- [0056] 그리고, 전체 트랙의 평균사이즈를 계산한다(S142). 이때, 평균 사이즈를 1로 설정할 수 있다.
- [0057] 이어, 각 트랙의 평균 비율을 계산하고(S143), 평균비율이 임계값보다 크거나(S144a), 트랙의 장축이 평균 장축보다 크면(S144b), 겹침 트랙으로 판단하여 트랙의 수를 증가시켜 2이상으로 증가시켜 카운팅하고(S145), 평균비율이 임계값보다 작거나(S144a), 트랙의 장축이 평균장축보다 작으면(S144b), 단일 트랙으로 트랙의 수를 계산한다.
- [0058] 여기서 도 10과 같이, (a)단일트랙 및 (b)겹침트랙으로 구분될 수 있다. (b)겹침트랙의 경우 트랙의 장축이 평균 장축보다 커서 겹침트랙으로 판단된다.
- [0059] 즉, 정원 형태를 갖는 트랙의 특성을 이용하여 검출된 트랙 영역의 최대길이와 최소길이의 비로 겹침트랙의 수를 측정할 수 있다.
- [0060] 여기서, 임계값은 1.5로 평균사이즈가 1일 때, 각 트랙의 비율이 1.5배가 되면 트랙이 큰 것으로 판단할 수 있다.
- [0061] 하기의 [표 2] 및 [표 3]를 통해 비교 예들에 비해 본 발명의 카운팅 방법 월등히 우수한 방법임을 알 수 있다.

표 2

		비교 예1	비교 예2	본 발명
실험 예1	시간	0.28	0.986	0.937
	정확도	68.18%	77.00%	95.51%
	검출트랙수	15	17	21
실험 예2	시간	0.394	0.994	0.977
	정확도	81%	83.8%	94.6%
	검출트랙수	30	31	35
실험 예3	시간	0.663	0.997	1.653
	정확도	83.3%	90.3%	93.1%
	검출트랙수	60	65	67
실험 예4	시간	0.395	0.9	1.254
	정확도	62.9%	91.4%	97.1%
	검출트랙수	22	32	34

- [0063] 먼저, [표 2]을 통해 비교 예들 보다 시간, 정확도, 및 검출 트랙 수가 월등함을 알 수 있다.
- [0064] 비교 예1이 본 발명에 비해 처리속도가 빠르다고 보일 수 있으나, 검출 트랙수에 있어서 본 발명보다 월등히 적은수가 검출되고, 정확도가 본 발명에 비해 떨어짐을 알 수 있다.

표 3

	비교 예 2				
	Image1	Image2	Image3	Image4	Image5
이미지 최적화	0.128	0.258	0.754	0.142	0.163
Histogram/Threshold	0.053	0.057	0.055	0.053	0.056
잡음 제거	1.678	1.394	1.531	1.721	1.571

트랙 복구	0.613	1.964	0.77	0.835	0.838
트랙 분석	0.155	0.35	0.21	0.219	0.204
전체시간	2.627	4.023	3.32	2.97	2.832
	본 발명				
	Image1	Image2	Image3	Image4	Image5
이미지 최적화	0.130	0.253	0.154	0.134	0.155
Histogram/Threshold	0.049	0.05	0.047	0.049	0.048
잡음 제거	0.147	0.112	0.123	0.13	0.118
트랙 복구	0.492	0.980	0.505	0.553	0.777
트랙 분석	0.119	0.258	0.148	0.148	0.156
전체시간	0.937	1.653	0.977	1.014	1.254

[0066] 상기의 [표 3]는 비교 예1보다 우수한 비교 예2와 본 발명을 단계별로 처리속도를 비교한 사항으로 동일한 이미지에 대해 이미지 최적화, Histogram/Threshold, 잡음제거, 트랙복구, 트랙분석 및 전체시간을 비교한 결과를 나타낸다.

[0067] 이미지 최적화 및 Histogram/Threshold까지는 비교 예1 과 본 발명의 처리속도가 유사하게 진행되었으나, 잡음 제거부터 트랙분석까지는 본 발명이 처리속도가 월등히 우세함을 알 수 있다. 이는 잡음 제거에 있어 비교 예1은 잡음인지 아닌지 판단하는데 시간이 걸릴 뿐 아니라 트랙분석에 있어서도 겹침 트랙의 분석의 여건이 맞지 않아 처리속도가 지연됨을 알 수 있다.

[0068] 따라서, 상기와 같은 본 발명의 실시 예에 따른 트랙 이미지 카운팅 방법을 이용하여 트랙의 이미지를 카운트 하면 나노단위의 트랙의 수를 분석하는데 있어 육안분석방법에 비해 빠르고 일정한 정확도로 분석할 수 있으며, 손상된 트랙 형상을 복원하여 검출오류를 최소화하는 효과가 있다.

[0069] 또한, 본 발명은 핵 트랙에 국한되지 않고 트랙과 같은 결점이 있는 이미지를 이용한 분야에서 사용될 수 있는 효과가 있다.

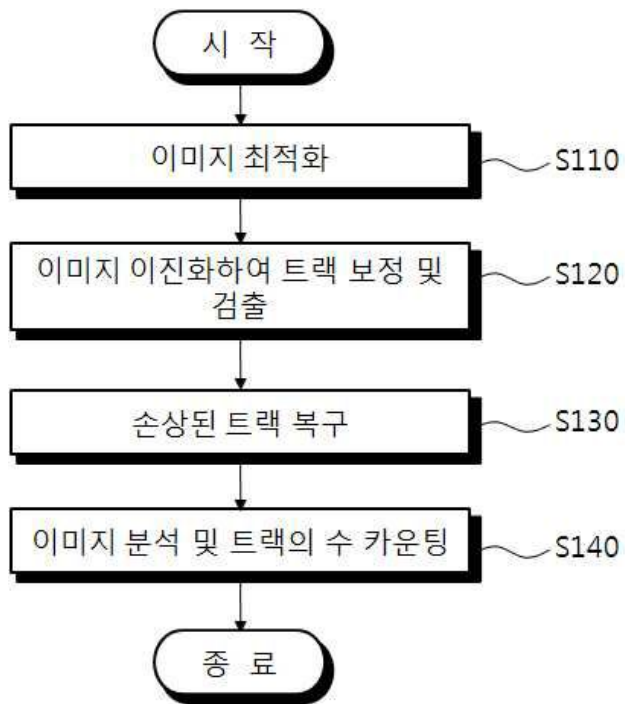
[0070] 상기와 같은 트랙 이미지 카운팅 방법은 위에서 설명된 실시 예들의 구성과 작동 방식에 한정되는 것이 아니다. 상기 실시 예들은 각 실시 예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 구성될 수도 있다.

부호의 설명

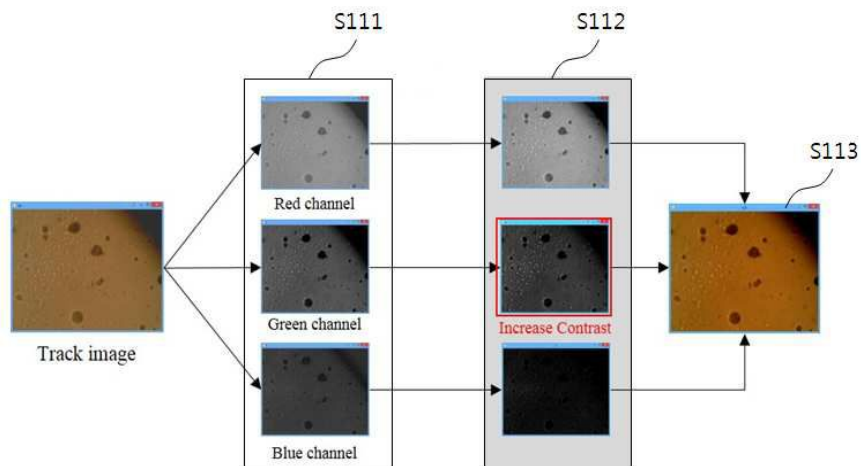
- [0071] 10: 장축
20: 단축
30: 중심점

도면

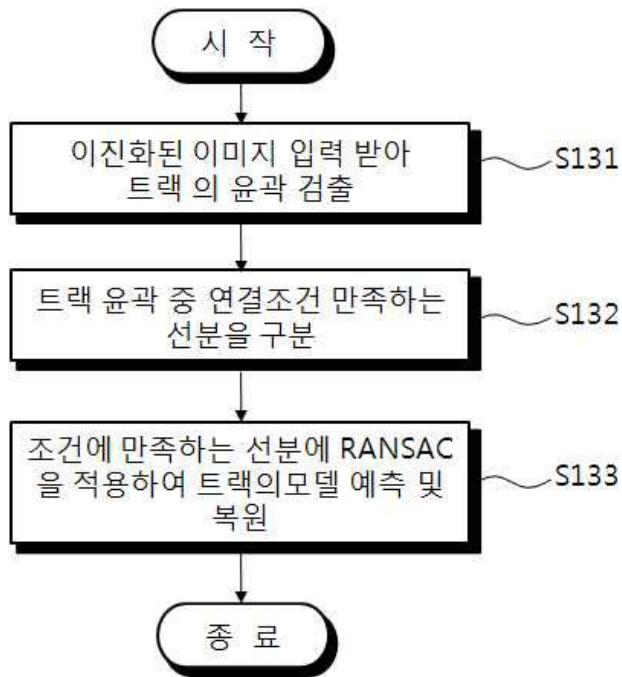
도면1



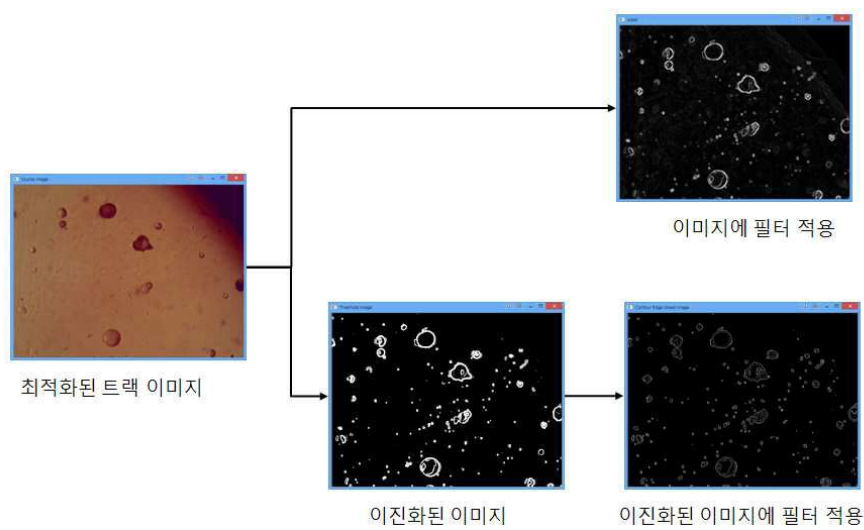
도면2



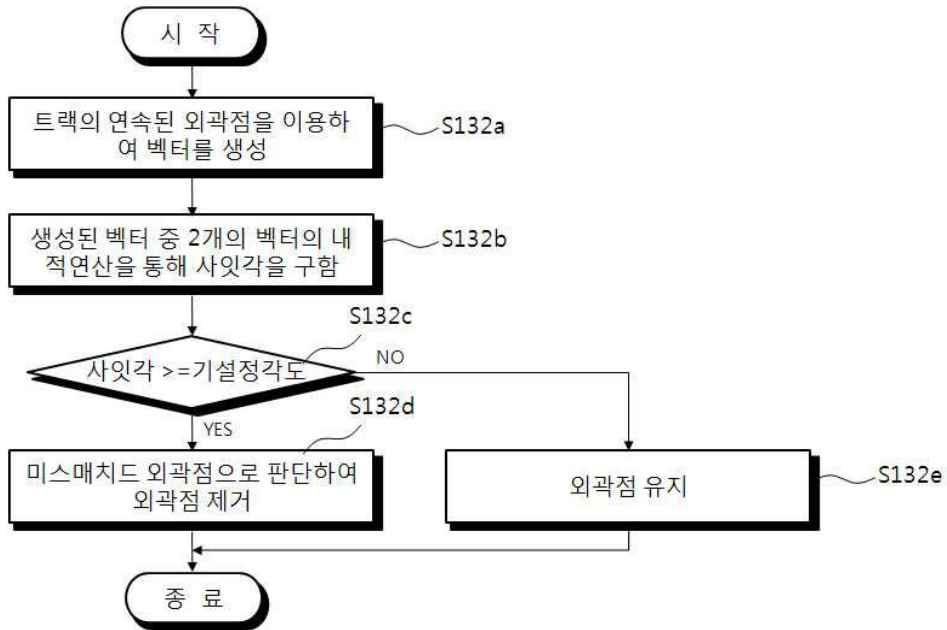
도면3



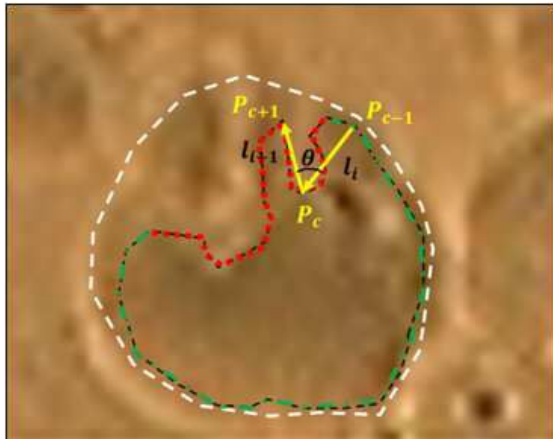
도면4



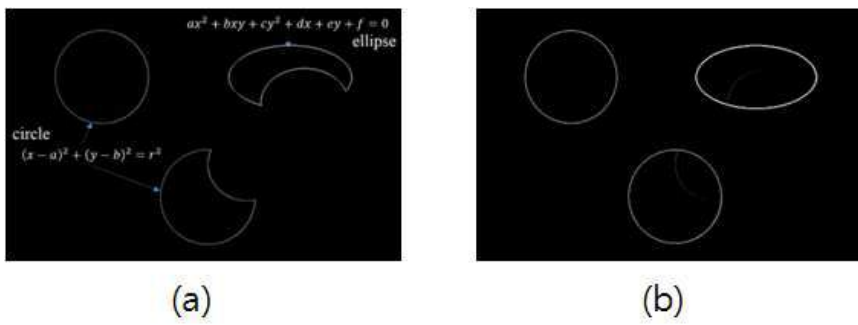
도면5



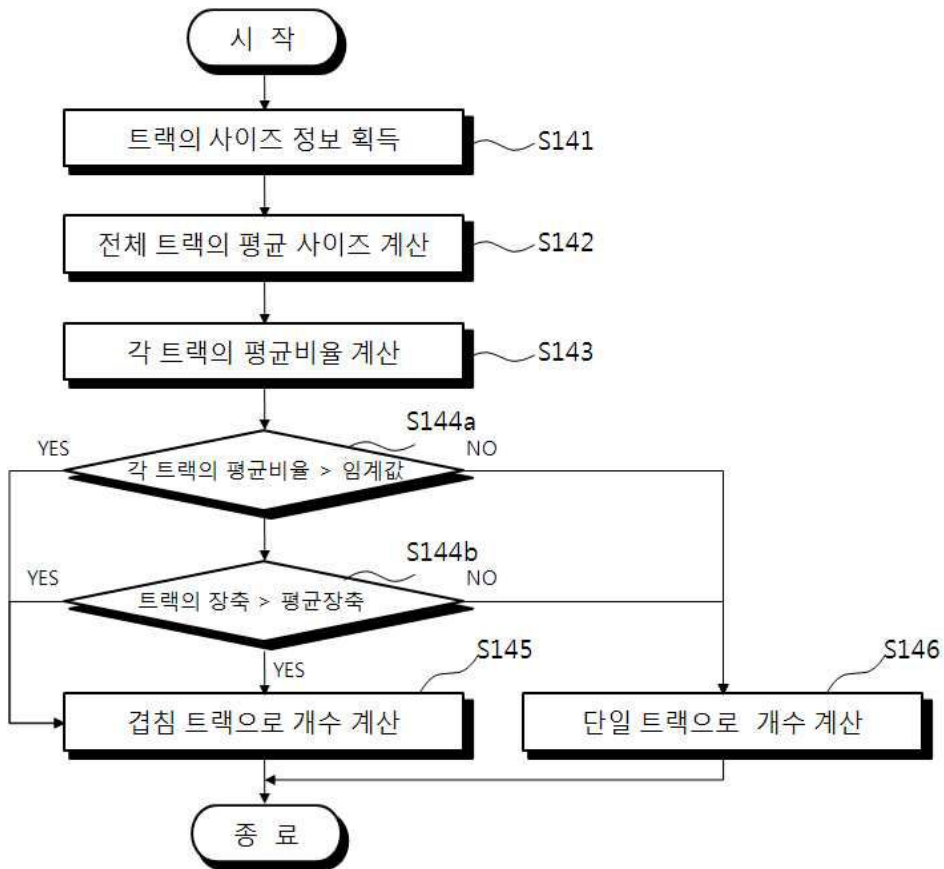
도면6



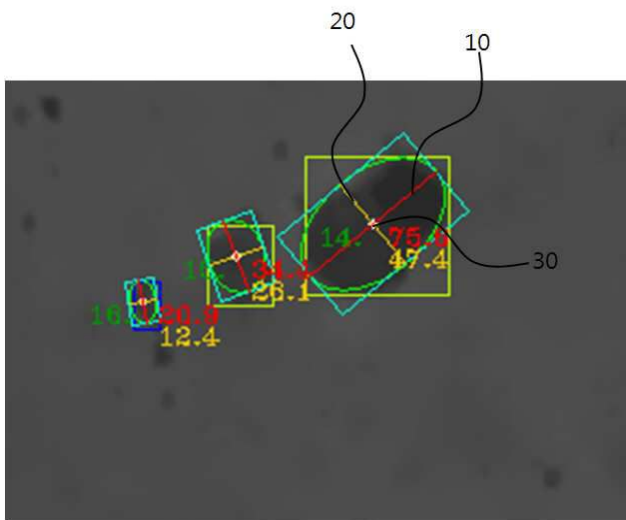
도면7



도면8



도면9



도면10

