



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년10월06일
(11) 등록번호 10-1557271
(24) 등록일자 2015년09월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/60 (2006.01) G06T 5/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0078705
(22) 출원일자 2014년06월26일
심사청구일자 2014년06월26일
(56) 선행기술조사문헌
JP2011227748 A*
KR1020010016242 A*
J. E. Kyprianidis, et al., "Image
Abstraction by Structure Adaptive Filtering,
" Theory and Practice of Computer Graphics
(TPCG), pp.51-58, June 2008.*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한밭대학교 산학협력단
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
(72) 발명자
김진수
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
(74) 대리인
특허법인 플러스

전체 청구항 수 : 총 4 항

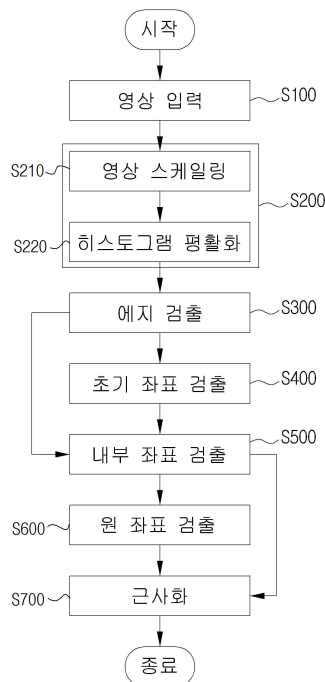
심사관 : 이주미

(54) 발명의 명칭 영상 내 원 형상 검출에 따른 검출 원 형상의 근사화 방법

(57) 요약

본 발명은 영상 내 원 형상 검출에 따른 검출 원 형상의 근사화 방법 및 이를 위한 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 카메라를 이용하여 획득한 검사 영상을 입력받은 영상 입력 단계(S100), 상기 영상 입력 단계(S100)에 의해 입력받은 상기 검사 영상에 포함된 잡음을 제거하기 위한, 영상 전처리(image pre-processing)를 수행하 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



는 영상 전처리 단계(S200), 상기 영상 전처리 단계(S200)에 의해 전처리된 검사 영상에 대한 에지 필터링(edge filtering)을 수행하여 상기 검사 영상 내에 객체에 따른 경계를 검출하는 에지 검출 단계(S300), 상기 에지 검출 단계(S300)에 의해 검출한 객체의 경계를 기준으로, 초기 무게중심 좌표를 검출하는 초기 좌표 검출 단계(S400), 상기 에지 검출 단계(S300)에 의해 검출한 객체의 경계 좌표와 상기 초기 좌표 검출 단계(S400)에 의해 검출한 초기 무게중심 좌표를 이용하여, 경계로 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표를 검출하는 내부 좌표 검출 단계(S500), 상기 내부 좌표 검출 단계(S500)에 의해 검출한 내부 좌표를 이용하여, 원 형상의 중심좌표 및 반지름 좌표를 검출하는 원 좌표 검출 단계(S600) 및 상기 내부 좌표 검출 단계(S500)에 의해 검출한 경계로 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표와 상기 원 좌표 검출 단계(S600)에 의해 검출한 원 형상의 중심좌표, 반지름 좌표를 이용하여, 최적 근사화된 원의 중심좌표 및 반지름 좌표를 결정하는 근사화 단계(S700)로 이루어지는 것을 특징으로 하는 영상 내 원 형상 검출에 따른 검출 원 형상의 근사화 방법에 관한 것이다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 C0149436

부처명 중소기업청

연구관리전문기관 (사)한국산학연합회

연구사업명 산학연공동기술개발지원사업

연구과제명 이미지 분석을 이용한 광검속 소자의 단면 오염도 분석 소프트웨어 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한밭대학교 산학협력단

연구기간 2013.12.01 ~ 2014.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

카메라를 이용하여 획득한 검사 영상을 입력받은 영상 입력 단계(S100);

상기 영상 입력 단계(S100)에 의해 입력받은 상기 검사 영상에 포함된 잡음을 제거하기 위한, 영상 전처리 (image pre-processing)를 수행하는 영상 전처리 단계(S200);

상기 영상 전처리 단계(S200)에 의해 전처리된 검사 영상에 대한 에지 필터링(edge filtering)을 수행하여 상기 검사 영상 내에 객체에 따른 경계를 검출하는 에지 검출 단계(S300);

상기 에지 검출 단계(S300)에 의해 검출한 객체의 경계를 기준으로, 초기 무게중심 좌표를 검출하는 초기 좌표 검출 단계(S400);

상기 에지 검출 단계(S300)에 의해 검출한 객체의 경계 좌표와 상기 초기 좌표 검출 단계(S400)에 의해 검출한 초기 무게중심 좌표를 이용하여, 경계로 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표를 검출하는 내부 좌표 검출 단계 (S500);

상기 내부 좌표 검출 단계(S500)에 의해 검출한 내부 좌표를 이용하여, 원 형상의 중심좌표 및 반지름 좌표를 검출하는 원 좌표 검출 단계(S600); 및

상기 내부 좌표 검출 단계(S500)에 의해 검출한 경계로 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표와 상기 원 좌표 검출 단계(S600)에 의해 검출한 원 형상의 중심좌표, 반지름 좌표를 이용하여, 최적 근사화된 원의 중심좌표 및 반지름 좌표를 결정하는 근사화 단계(S700);

로 이루어지며,

상기 내부 좌표 검출 단계(S500)는

하기의 수학적식을 이용하여 상기 검사 영상 내에 기설정된 좌표에 의한 직선을 결정한 후,

상기 직선 좌표와 겹치는 상기 에지 검출 단계(S300)에 의해 검출한 객체의 경계 좌표를 이용하여, 상기 직선 좌표와 겹치는 객체의 경계 좌표와 상기 초기 무게중심 좌표 간의 거리 정보를 산출하여 경계로 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표를 검출하는 것을 특징으로 하는 영상 내 원 형상 검출에 따른 검출 원 형상의 근사화 방법.

$$\begin{cases} y = \frac{q - y_e}{p - x_e} (x - x_e) + y_e, \text{ for } p \neq x_e, q \neq y_e \\ y = y_e, \text{ for } p = x_e, q \neq y_e \\ x = x_e, \text{ for } p \neq x_e, q = y_e \end{cases}$$

여기서, (p,q), (x_e, y_e)는 기설정된 임의의 좌표임.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 영상 전처리 단계(S200)는

상기 검사 영상의 밝기 값을 일정하게 하는 화소값 스케일링을 수행하는 스케일링 단계(S210); 및
 상기 스케일링 단계(S210)에 의해 화소값 스케일링을 수행한 상기 검사 영상의 콘트라스트 조정을 수행하는 히스토그램 평활화 단계(S220);
 를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 영상 내 원 형상 검출에 따른 검출 원 형상의 근사화 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,
 상기 에지 검출 단계(S300)는
 양방향 필터(Bi-lateral Filter)를 이용하여 에지 필터링을 수행하며,
 상기 검사 영상 내에 원 형상 객체에 따른 경계(edge)를 검출하는 것을 특징으로 하는 영상 내 원 형상 검출에 따른 검출 원 형상의 근사화 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1항에 있어서,
 상기 근사화 단계(S700)는
 하기의 수학적식을 이용하여 상기 내부 좌표 검출 단계(S500)에 의해 검출한 경계로 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표와 상기 원 좌표 검출 단계(S600)에 의해 검출한 원 형상의 중심좌표, 반지름 좌표 간의 교집합이 최대화되고, 차집합이 최소화되도록 최적 근사화된 원의 중심좌표 및 반지름 좌표를 결정하는 것을 특징으로 하는 영상 내 원 형상 검출에 따른 검출 원 형상의 근사화 방법.

$$S = n(A) + n(B) - n(A \cap B)$$

여기서, n(A)는 경계로 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표,
 n(B)는 검출한 원 형상의 중심좌표, 반지름 좌표,
 S는 차집합의 최소의 값 임.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 영상 내 원 형상 검출에 따른 검출 원 형상의 근사화 방법 및 이를 위한 시스템에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 카메라로 입력되는 검사 영상으로부터 원 형상의 객체를 검출하고, 그 원 형상에 대해 최적으로 근사되는 원을 재현할 수 있는 영상 내 원 형상 검출에 따른 검출 원 형상의 근사화 방법 및 이를 위한 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 영상에서 원형물체 검출 기법들은 대부분 1962년 Hough가 제안한 Hough Transform(HT)에 기초하고 있다.

[0003] 그 중 가장 최적화된 HT의 하나인 Randomized Hough Transform(RHT)은 Lei Xu에 의해 제안되었으며, RHT는 원형물체 검출을 위해 두 과정으로 나누어 수행한다.

[0004] 먼저 임의의 세 점의 중점과 접선의 중점으로 원형 물체의 중심점을 추정하고 간소화된 원형물체 방정식으로부터 나머지 세 개의 변수를 결정하는 방법을 사용하고 있다.

[0005] 기존의 HT에서 원형물체 검출을 위해 사용되는 5차원 공간을 원형물체의 원점에 해당하는 2차원 공간과 나머지 변수들에 해당하는 3차원 공간으로 나눔으로써 저장 공간을 많이 감소시켰다. 그리고 검출하고자 하는 대상 화소를 선택할 때 임의의 화소를 선택하는 방법을 사용하여 계산 시간을 상당히 줄일 수 있다.

[0006] 허나, 영상에서 원형물체를 결정하기 위해 세 개의 에지 픽셀을 임의로 선택하기 때문에, 원형물체를 잘못 찾을 수 있으며, 전체 화소 수에 비례하는 수행시간을 가지며 원형물체의 개수를 정확하게 추정하지 못하는 문제점이 있다.

[0007] 이에 반면에, 본 발명은 영상처리 기법을 사용하여 신속하게 검출할 수 있을 뿐만 아니라, 검출된 원에 대해 최적의 원을 근사화시켜 추출할 수 있다.

[0008] 이를 통해서, 광 섬유 연결 장치의 원 모양 또는, 이물을 검출하거나, 동전 검출 장비, 얼굴, 동공 형체 인식, 신호등 인식 등과 같이 원형 모양의 물체를 검출하는 것을 기초로 하는 모든 응용 분야에 적용할 수 있는 장점이 있다.

[0009] 학술논문 "홍채 영역 분할을 위한 새로운 원 검출 알고리즘"에서는 임계값의 변경 없이 원둘레의 일부 정보를 이용하여 만들어진 원의 연립 방정식을 이용하여 전안부 영상에서의 홍채 영역을 효과적으로 검출할 수 있는 새로운 알고리즘을 개시하고 있다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0010] (비특허문헌 0001) 한국멀티미디어학회 2013년 한국멀티미디어학회논문지 16(12) 1385-1392 1229-7771 홍채 영역 분할을 위한 새로운 원 검출 알고리즘

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 상기한 바와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 카메라로 입력되는 검사 영상으로부터 원 형상의 객체를 검출하고, 그 원 형상에 대해 최적으로 근사되는 원을 재현할 수 있는 영상 내 원 형상 검출에 따른 검출 원 형상의 근사화 방법 및 이를 위한 시스템을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 영상 내 원 형상 검출에 따른 검출 원 형상의 근사화 방법은, 카메라를 이용하여 획득한 검사 영상을 입력받은 영상 입력 단계(S100), 상기 영상 입력 단계(S100)에 의해 입력받은 상기 검사 영상에 포함된 잡음을 제거하기 위한, 영상 전처리(image pre-processing)를 수행하는 영상 전처리 단계(S200), 상기 영상 전처리 단계(S200)에 의해 전처리된 검사 영상에 대한 에지 필터링(edge filtering)을 수행하여 상기 검사 영상 내에 객체에 따른 경계를 검출하는 에지 검출 단계(S300), 상기 에지 검출 단계(S300)에 의해 검출한 객체의 경계를 기준으로, 초기 무계중심 좌표를 검출하는 초기 좌표 검출 단계(S400), 상기 에지 검출 단계(S300)에 의해 검출한 객체의 경계 좌표와 상기 초기 좌표 검출 단계(S400)에 의해 검출한 초기 무계중심 좌표를 이용하여, 경계로 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표를 검출하는 내부 좌표 검출 단계(S500), 상기 내부 좌표 검출 단계(S500)에 의해 검출한 내부 좌표를 이용하여, 원 형상의 중심좌표 및 반지름 좌표를 검출하는 원 좌표 검출 단계(S600) 및 상기 내부 좌표 검출 단계(S500)에 의해 검출한 경계로 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표와 상기 원 좌표 검출 단계(S600)에 의해 검출한 원 형상의 중심좌표, 반지름 좌표를 이용하여, 최적 근사화된 원의 중심좌표 및 반지름 좌표를 결정하는 근사화 단계(S700)로 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 이 때, 상기 영상 전처리 단계(S200)는 상기 검사 영상의 밝기 값을 일정하게 하는 화소값 스케일링을 수행하는 스케일링 단계(S210) 및 상기 스케일링 단계(S210)에 의해 화소값 스케일링을 수행한 상기 검사 영상의 콘트라스트 조정을 수행하는 히스토그램 평활화 단계(S220)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 더불어, 상기 에지 검출 단계(S300)는 양방향 필터(Bi-lateral Filter)를 이용하여 에지 필터링을 수행하며, 상기 검사 영상 내에 원 형상 객체에 따른 경계(edge)를 검출하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 또한, 상기 내부 좌표 검출 단계(S500)는 하기의 수학식을 이용하여 상기 검사 영상 내에 기설정된 좌표에 의한 직선을 결정한 후, 상기 직선 좌표와 겹치는 상기 에지 검출 단계(S300)에 의해 검출한 객체의 경계 좌표를 이용하여, 상기 직선 좌표와 겹치는 객체의 경계 좌표와 상기 초기 무계중심 좌표 간의 거리 정보를 산출하여 경계로 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표를 검출하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 즉, 상기 검사 영상 내에 좌표 (p, q) , (x_e, y_e) 로 만들어지는 직선은 하기의 수학식과 같다.

$$\begin{cases} y = \frac{q - y_e}{p - x_e}(x - x_e) + y_e, \text{ for } p \neq x_e, q \neq y_e \\ y = y_e, \text{ for } p = x_e, q \neq y_e \\ x = x_e, \text{ for } p \neq x_e, q = y_e \end{cases}$$

- [0017] .
- [0018] 여기서, (p, q) , (x_e, y_e) 는 기설정된 임의의 좌표임.
- [0019] 더 나아가, 상기 근사화 단계(S700)는 하기의 수학식을 이용하여 상기 내부 좌표 검출 단계(S500)에 의해 검출한 경계로 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표와 상기 원 좌표 검출 단계(S600)에 의해 검출한 원 형상의 중심좌표, 반지름 좌표 간의 교집합이 최대화되고, 차집합이 최소화되도록 최적 근사화된 원의 중심좌표 및 반지름 좌표를 결정하는 것을 특징으로 한다.

$$S = n(A) + n(B) - n(A \cap B)$$

- [0020] .
- [0021] 여기서, $n(A)$ 는 경계로 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표,

- [0022] n(B)는 검출한 원 형상의 중심좌표, 반지름 좌표,
- [0023] S는 차집합의 최소의 값 임.
- [0024] 본 발명의 일 실시예에 따른 영상 내 원 검출에 따른 검출 원 형상의 근사화 시스템은, 카메라로부터 검사 영상을 입력받아 전달하는 영상 입력부(100), 상기 영상 입력부(100)로부터 전달받은 상기 검사 영상에 영상 처리를 수행하여 상기 검사 영상 내에 존재하는 원 형상의 중심좌표, 반지름 좌표를 검출하는 영상 보정부(200) 및 상기 영상 보정부(200)에서 검출한 원 형상의 중심 좌표, 반지름 좌표와 상기 영상 보정부(200)에서 검출한 상기 검사 영상 내에 존재하는 객체의 내부 좌표를 이용하여, 최적 근사화된 원의 중심좌표 및 반지름 좌표를 결정하는 근사 원 판단부(300)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0025] 이 때, 상기 영상 보정부(200)는 상기 영상 입력부(100)로부터 전달받은 상기 검사 영상에 포함된 잡음을 제거하기 위한 영상 전처리(image pre-processing)를 수행하는 영상 전처리부(210), 상기 영상 전처리부(210)에 의해 영상 전처리된 검사 영상에 대한 에지 필터링(edge filtering)을 수행하여 상기 검사 영상 내에 객체에 따른 경계를 검출하는 에지 검출부(220) 및 상기 에지 검출부(220)에 의해 검출한 객체의 경계를 기준으로 초기 무게 중심 좌표를 검출하고, 상기 검출한 객체의 경계 좌표와 상기 초기 무게중심 좌표를 이용하여 경계로 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표를 검출하고, 검출한 내부 좌표를 이용하여 원 형상의 중심좌표 및 반지름 좌표를 검출하는 좌표 검출부(230)를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.
- [0026] 또한, 상기 근사 원 판단부(300)는 상기 좌표 검출부(230)에서 검출한 경계로 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표와 원 형상의 중심좌표 및 반지름 좌표를 이용하여, 최적 근사화된 원의 중심좌표 및 반지름 좌표를 검출하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0027] 상기와 같은 구성에 의한 본 발명의 영상 내 원 형상 검출에 따른 검출 원 형상의 근사화 방법 및 이를 위한 시스템은 카메라로 입력되는 검사 영상으로부터 원 형상의 객체를 검출하고, 그 원 형상에 대해 최적으로 근사되는 원을 재현할 수 있는 방법 및 이를 위한 시스템에 관한 것이다.
- [0028] 이를 통해서, 원 형상의 장비에 대하여 영상처리 기법에 의해 원 형상을 용이하게 검출할 수 있으며, 이 원에 가장 최적으로 맞는 원으로 근사화할 수 있는 효과가 있다.
- [0029] 이를 통해서, 광 섬유 연결 장치의 원 형상 검출 및 이물 검출, 동전 검출 장비, 얼굴, 동공 형태 인식, 신호등 인식 등과 같이 원 형상의 객체를 검출하는 것을 기초로 해서 수행되는 모든 응용 분야에 적용될 수 있으며,
- [0030] 실영상을 통해서 얻어진 원 형상의 객체를 검출하여 컴퓨터 그래픽 등으로 인위적인 근사화된 원으로 재현할 수 있는 장치 등에도 활용 가능한 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 영상 내 원 형상 검출에 따른 검출 원 형상의 근사화 방법을 나타낸 순서도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 영상 내 원 형상 검출에 따른 검출 원 형상의 근사화 시스템을 나타낸 구성도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 영상 내 원 형상 검출에 따른 검출 원 형상의 근사화 방법 및 이를 위한 시스템에서 원 형상의 경계를 검출한 후, 원 형상의 중심 좌표를 찾는 예시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 이하 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 영상 내 원 형상 검출에 따른 검출 원 형상의 근사화 방법 및 이를 위한 시스템을 상세히 설명한다. 다음에 소개되는 도면들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되는 것이다. 따라서, 본 발명은 이하 제시되는 도면들에 한정되지 않고 다른 형태

보정부(200)에서 검출한 상기 검사 영상 내에 존재하는 객체의 내부 좌표를 이용하여, 최적 근사화된 원의 중심 좌표 및 반지름 좌표를 결정할 수 있다.

- [0049] 다시 말하자면, 상기 근사 원 판단부(300)는 상기 좌표 검출부(230)에서 검출한 경계로 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표와 원 현상의 중심좌표 및 반지름 좌표를 이용하여, 최적 근사화된 원의 중심좌표 및 반지름 좌표를 검출할 수 있다.
- [0050] 상기 영상 입력부(100), 영상 보정부(200) 및 근사 원 판단부(300)에서 수행하는 각 동작은 하기의 본 발명의 영상 내 원 영상 검출에 따른 검출 원 영상의 근사화 방법을 통해서 자세히 설명한다.
- [0051] 본 발명의 영상 내 원 영상 검출에 따른 검출 원 영상의 근사화 방법은 도 1에 도시된 바와 같이, 영상 입력 단계(S100), 영상 전처리 단계(S200), 에지 검출 단계(S300), 초기 좌표 검출 단계(S400), 내부 좌표 검출 단계(S500), 원 좌표 검출 단계(S600) 및 근사화 단계(S700)로 이루어질 수 있다.
- [0052] 각 단계에 대해서 자세히 알아보자면,
- [0053] 상기 영상 입력 단계(S100)는 상기 영상 입력부(100)에서 카메라를 이용하여 획득한 검사 영상을 입력받을 수 있다.
- [0054] 상기 검사 영상은 카메라로부터 입력된 영상의 캡처 정지 영상 또는, 동영상의 한 개의 프레임을 의미한다.
- [0055] 이 때, 입력된 상기 검사 영상은 조명과 주위 환경에 따라 밝기의 최대값과 최소값이 상이하므로, 이를 일정하게 하기 위하여 최대값과 최소값으로 조정할 필요가 있다.
- [0056] 이를 위해서, 상기 영상 보정부(200)에서 상기 영상 전처리 단계(S200)를 수행할 수 있다.
- [0057] 상기 영상 전처리 단계(S200)는 상기 영상 입력 단계(S100)에 의해 입력받은 상기 검사 영상에 포함된 잡음을 제거하기 위한, 영상 전처리(image pre-processing)를 수행할 수 있다.
- [0058] 상기 영상 전처리 단계(S200)는 스케일링 단계(S210) 및 히스토그램 평활화 단계(S220)로 이루어질 수 있다.
- [0059] 상기 스케일링 단계(S210)는 상기 검사 영상의 밝기 값을 일정하게 하기 위하여, 화소값 스케일링을 수행할 수 있다.
- [0060] 자세하게는, 상기 검사 영상의 밝기의 최대값과 최소값을 조정하기 위하여 하기의 수학식 1을 적용하여 화소값 스케일링을 수행할 수 있다.

수학식 1

$$f(i,j) = \frac{I(i,j) - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} (L - 1)$$

[0061]

[0062] 여기서, $I(i, j)$ 는 임의의 공간 위치 (i, j) 에서의 상기 검사 영상의 밝기 값을 의미하고,

[0063] I_{\max} 와 I_{\min} 은 상기 검사 영상의 밝기 값의 최대값과 최소값을 의미하며,

$$[0, 1, \dots, L-1]$$

[0064] L은 화소값의 단계수 (8비트 영상인 경우 L=256임.)를 의미한다.

[0065] 이 때, 상기 수학식 1을 통한 상기 스케일링 단계(S210)를 수행하여 화소값 스케일 변화를 수행하더라도, 시각적으로 품질은 개선되지 않기 때문에, 화소값의 범위를 넓은 고대비(high contrast)를 얻고 시각적인 질을 개선하기 위하여, 상기 히스토그램 평활화 단계(S220)를 수행할 수 있다.

[0066] 상기 히스토그램 평활화 단계(S220)는 상기 스케일링 단계(S210)에 의해 화소값 스케일링을 수행한 상기 검사 영상의 콘트라스트(contrast) 조정을 수행할 수 있다.

[0067] 상기 히스토그램 평활화 단계(S220)는 화소값의 범위를 넓은 고대비를 얻고 시각적인 질을 개선하기 위하여, 밝기 값의 균일한 분포 밀도를 갖도록 한다.

[0068] 즉, 하기의 수학식 2와 같이, 상기 검사 영상의 화소값을 대응시킬 수 있다.

수학식 2

$$S_k = \left(\sum_{j=0}^k \frac{n_j}{N} \right) \times (L-1)$$

[0069]

[0070] 여기서, N은 전체 화소 개수이며,

[0071] n_j 는 화소값 j의 개수를 의미한다.

[0072] 상기 에지 검출 단계(S300)는 상기 영상 보정부(200)에서 상기 영상 전처리 단계(S200), 즉, 상기 스케일링 단계(S210) 및 히스토그램 평활화 단계(S220)에 의해 전처리된 검사 영상에 대한 에지 필터링(edge filtering)을 수행하여 상기 검사 영상 내에 객체에 따른 경계를 검출할 수 있다.

[0073] 상기 에지 검출 단계(S300)는 양방향 필터(Bi-lateral Filter)를 이용하여 에지 필터링을 수행하며, 상기 검사 영상 내에 원 형상 객체에 따른 경계(edge)를 검출할 수 있다.

[0074] 자세히 알아보자면,

[0075] 상기 에지 검출 단계(S300)는 상기 검사 영상 내에 포함되어 있는 원 형상 객체의 에지를 검출하는데 용이하기 위하여, 양방향 필터를 통과시켜 에지를 잘 보존하고 원형을 검출할 수 있다.

[0076] 이 때, 상기 에지 검출 단계(S300)는 하기의 수학식 3을 이용하여 양방향 필터링에 의한 상기 검사 영상 내의 원 형상 객체의 에지 검출을 수행할 수 있다.

수학식 3

$$G(i,j) = \frac{\sum_{s=-P1/2}^{P1/2} \sum_{t=-P2/2}^{P2/2} w(s,t)g(i-s,j-t)}{\sum_{s=-P1/2}^{P1/2} \sum_{t=-P2/2}^{P2/2} w(s,t)}$$

[0077]

$$w(s,t) = w_s(s,t)w_r(s,t)$$

[0078] 여기서, $w_s(s,t)$ 이며,

$$w_s(s,t) = \exp\left[-\frac{s^2 + t^2}{2\sigma_s^2}\right]$$

[0079] $w_r(s,t)$ 이며,

$$w_r(s,t) = \exp\left[-\frac{g(x,y) - g(s,t)^2}{2\sigma_r^2}\right]$$

[0080] $w_r(s,t)$ 이며,

[0081] P1과 P2는 양방향 필터의 탭 크기를 의미하며,

[0082] σ_s 는 커널의 중앙으로부터 떨어진 화소의 거리의 가중평균을 위한 가우시안 함수의 표준편차이고,

[0083] σ_r 는 화소값의 가중평균을 위한 가우시안 함수의 표준편차이다.

[0084] 다시 말하자면, 상기 에지 검출 단계(S300)는 양방향 필터링에 의해 상기 검사 영상 내에 객체의 에지 검출을 수행할 수 있다.

[0085] 이를 위한 에지 필터링 동작은 다음과 같으며,

[0086] 소벨(Sobel) 연산자를 사용하여 그래디언트 벡터의 크기를 계산하고,

[0087] 가느다란 에지를 얻기 위해 3x3 창을 사용하여 그래디언트 벡터 방향에서 그래디언트 크기가 최대값 인 것만을 남기고 나머지는 0으로 억제하고,

[0088] 연결된 에지를 얻기 위하여 두 개의 임계값을 사용하여, 높은 값의 임계값을 통해 그래디언트 방향에서 낮은 임계값이 나올 때까지 추적하여 에지를 연결하는 히스테리시스 임계값 방식을 사용할 수 있다.

[0089] 상기 초기 좌표 검출 단계(S400)는 상기 영상 처리부(200)에서 상기 에지 검출 단계(S300)에 의해 검출한 객체의 경계를 기준으로, 초기 무게중심 좌표를 검출할 수 있다.

[0090] 즉, 상기 에지 검출 단계(S300)에서 검출한 에지는 연결된 시퀀스 형태로 검출되며, 연결된 에지를 표현하기 위해 사용되는 좌표의 개수가 M개 라고 가정할 경우, 하기의 수학적 식 4와 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 4

$$E = \{(x_i, y_i), i = 0, \dots, M-1\}$$

[0091]

[0092] 상기의 수학적 식 4와 같이 구해진 에지의 좌표를 이용하여 검출한 초기 무게중심 좌표(x_e, y_e)는 하기의 수학적 식 5와 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 5

$$x_e = \frac{1}{M} \sum_{i=0}^{M-1} x_i$$

$$y_e = \frac{1}{M} \sum_{i=0}^{M-1} y_i$$

[0093]

[0094] 상기 초기 좌표 검출 단계(S400)에 의해 초기 무게중심 좌표가 결정되면, 에지로 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표 집합을 구하기 위해 상기 내부 좌표 검출 단계(S500)를 수행할 수 있다.

[0095] 상기 내부 좌표 검출 단계(S500)는 상기 영상 처리부(200)에서 상기 에지 검출 단계(S300)에 의해 검출한 객체의 경계 좌표와 상기 초기 좌표 검출 단계(S400)에 의해 검출한 초기 무게중심 좌표를 이용하여, 경계로 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표를 검출할 수 있다.

[0096] 즉, 하기의 수학적 식 6을 이용하여 상기 검사 영상 내에 미리 설정된 좌표에 의한 직선을 결정한 후, 상기 직선 좌표와 겹치는 상기 에지 검출 단계(S300)에 의해 검출한 객체의 경계 좌표를 이용하여, 상기 직선 좌표와 겹치는 객체의 경계 좌표와 상기 초기 무게중심 좌표 간의 거리 정보를 산출하여 경계로 둘러싸인 객체에 대한 내

부 좌표를 검출할 수 있다.

[0097] 다시 말하자면, 상기 내부 좌표 검출 단계(S500)는 상기 검사 영상 내에 임의로 주어진 좌표(p, q)와 (x_e, y_e)로 만들어지는 직선을 산출할 수 있다.

수학식 6

$$\begin{cases} y = \frac{q - y_e}{p - x_e} (x - x_e) + y_e, \text{ for } p \neq x_e, q \neq y_e \\ y = y_e, \text{ for } p = x_e, q \neq y_e \\ x = x_e, \text{ for } p \neq x_e, q = y_e \end{cases}$$

[0098]

[0099] 상기 수학식 6을 통해서 구해진 직선 위에 있는 모든 점들의 좌표를 F라고 하면, F에 포함되면서 동시에 에지 좌표에 포함되는 경우를 고려함으로써, 에지에 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표를 검출할 수 있다.

[0100] 이에 따라, 상기 검사 영상의 좌표들을 스캔하면서 무게중심과의 거리를 측정하고, 미리 주어진 좌표(p, q)와 무게중심 좌표(x_e, y_e)가 이루는 직선을 산출할 수 있으며,

[0101] 그 직선 위에 있는 에지 좌표를 구하고,

[0102] 직선 위에 있는 에지 좌표와 무게중심 좌표와의 거리를 산출함으로써, 에지로 둘러싸인 객체의 내부 좌표들의 집합을 다음의 수학식 7로 정의할 수 있다.

수학식 7

$$A = \left\{ (p, q) \mid \sqrt{(p - x_e)^2 + (q - y_e)^2} \leq \sqrt{(x_i - x_e)^2 + (y_i - y_e)^2}, \forall (x_i, y_i) \in F \right\}$$

[0103]

[0104] 에지로 둘러싸인 객체의 내부 좌표가 결정된 후, 원 형상 및 원 형상 내부의 좌표를 결정하는 과정, 즉, 상기 원 좌표 검출 단계(S600)가 요구된다.

[0105] 상기 원 좌표 검출 단계(S600)는 상기 영상 처리부(200)에서 상기 내부 좌표 검출 단계(S500)에 의해 검출한 내부 좌표를 이용하여, 원 현상의 중심좌표 및 반지름 좌표를 검출할 수 있다.

[0106] 다시 말하자면, 상기 원 좌표 검출 단계(S600)는 원 형상의 중심좌표는 상기의 수학식 5와 수학식 6을 통해서 검출된 좌표를 원 형상의 초기 중심좌표($x_e(0)$, $y_e(0)$)로 고려한다.

[0107] $x_e(0) = x_e$, $y_e(0)=y_e$ 이며,

[0108] 원 형상의 초기 반지름은 다음의 수학식 8과 같이 결정할 수 있다.

수학식 8

$$r(0) = \frac{1}{M} \sum_{i=0}^{M-1} \sqrt{(x_i - x_e)^2 + (y_i - y_e)^2}$$

[0109]

[0110] 이를 이용하여, 원 형상의 내부 좌표로 이루어진 점들의 집합을 다음의 수학식 9와 같이 결정할 수 있다.

수학식 9

$$B = \left\{ (p, q) \mid \sqrt{(p - x_e(0))^2 + (q - y_e(0))^2} \leq r^2(0) \right\}$$

[0111]

[0112] 원과 원의 내부 좌표들이 결정되면, 상기 근사 원 추출부(300)에서는 상기 근사화 단계(S700)를 통해서, 에지를 최적으로 근사화하는 원을 찾을 수 있다.

[0113] 상기 근사화 단계(S700)는 상기 내부 좌표 검출 단계(s500)에 의해 검출한 경계로 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표와 상기 원 좌표 검출 단계(S600)에 의해 검출한 원 형상의 중심좌표, 반지름 좌표를 이용하여, 최적 근사화된 원의 중심좌표 및 반지름 좌표를 결정할 수 있다.

[0114] 자세하게는, 하기의 수학식 10을 이용하여 상기 내부 좌표 검출 단계(S500)에 의해 검출한 경계로 둘러싸인 객체에 대한 내부 좌표와 상기 원 좌표 검출 단계(S600)에 의해 검출한 원 형상의 중심좌표, 반지름 좌표 간의 교집합이 최대화되고, 차집합이 최소화되도록 최적 근사화된 원의 중심좌표 및 반지름 좌표를 결정할 수 있다.

[0115] 여기서, 최적으로 근사화 가능한 점의 좌표를 구하기 위해 에지로 둘러싸인 원 형상의 객체 내부의 좌표의 개수는 $n(A)$ 로 표시하고, 원 내부의 좌표의 개수는 $n(B)$ 로 표시할 수 있으며, 이 값들은 상기의 수학식 7과 수학식 9를 각각 만족하는 화소의 개수로 나타낼 수 있다.

[0116] 또한, 집합 A와 집합 B의 교집합으로 이루어지는 공통된 좌표들의 개수는 $n(A \cap B)$ 로 표시할 수 있다.

[0117] 이를 이용한 초기의 비용(cost)을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 10

$$S = n(A) + n(B) - n(A \cap B)$$

[0118]

[0119] 상기 수학식 10은 예지로 표현되는 원 형상의 내부 좌표와 근사화되는 원으로 표현되는 내부 좌표와의 차집합이 최소가 되도록 비를 결정하는 것으로서,

[0120] 초기에 결정된 원 형상의 중심좌표와 반지름을 일정 범위 내에서 가변하게 되면, 즉,

$$(x_c(0) \pm \epsilon_x, y_c(0) \pm \epsilon_y), r_c(0) \pm \epsilon_r$$

와 같이 변화될 경우,

[0121] 상기의 수학식 10에 의해 결정되는 최소값 S를 산출할 수 있다.

$$(\epsilon_x^{\min}, \epsilon_y^{\min}), \epsilon_r^{\min}$$

[0122] 최소값 S를 이용하여, 구해지는 가변량을 라고 표현할 경우, 최적으로 근사화되는 원의 중심좌표 및 반지름 좌표는 하기의 수학식 11과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 11

$$r \leftarrow r(0) + \epsilon_r^{\min}$$

$$(x_c, y_c) \leftarrow (x_c(0) + \epsilon_x^{\min}, y_c(0) + \epsilon_y^{\min})$$

[0123]

[0124] 즉, 다시 말하자면, 본 발명의 일 실시예에 따른 영상 내 원 현상 검출에 따른 검출 원 형상의 근사화 방법 및 이를 위한 시스템은, 디지털 영상 내에 존재하는 물체들 중에서 원 형상을 검출하고, 검출된 원 형상에 대해 최적으로 근사화되는 원을 용이하게 그릴 수 있다.

[0125] 더불어, 원형 소자의 단면을 촬영한 영상을 카메라로부터 입력받아, 미리 설정되어 있는 영상처리 기법을 통하여 원 형상을 검출하고, 이에 포함되어 있는 많은 잡음을 제거하여 잡음에 효과적인 원 검출에 대한 알고리즘을 생성할 수 있다.

[0126] 또한, 검출된 원 형상에 가장 최적으로 대응되는 근사 원의 중심과 반지름을 찾음으로써, 최적의 대체 근사 원을 그리는 알고리즘 또한 용이하게 생성할 수 있다.

[0127] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것 일 뿐, 본 발명은 상기의 일 실시예에 한정되는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0128] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허 청구 범위뿐 아니라

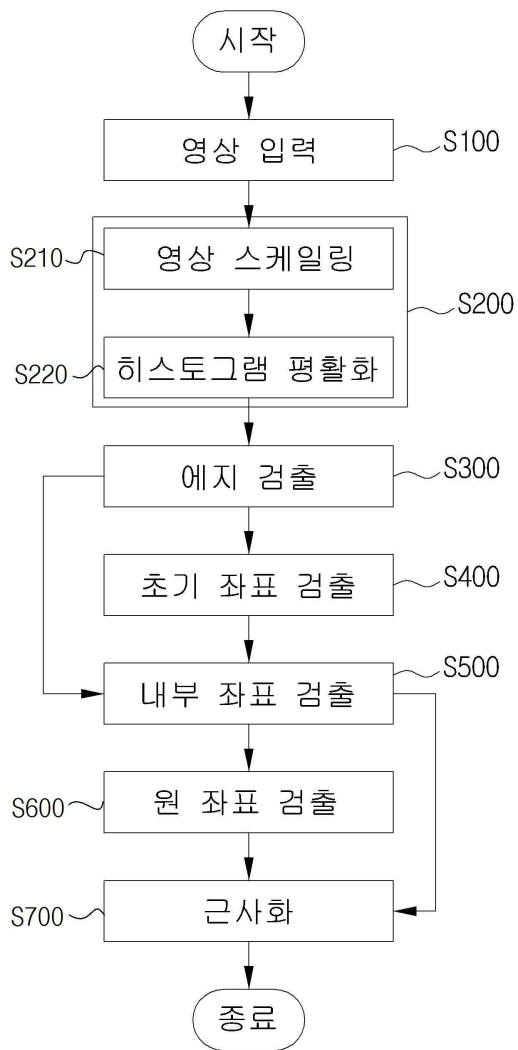
이 특허 청구 범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

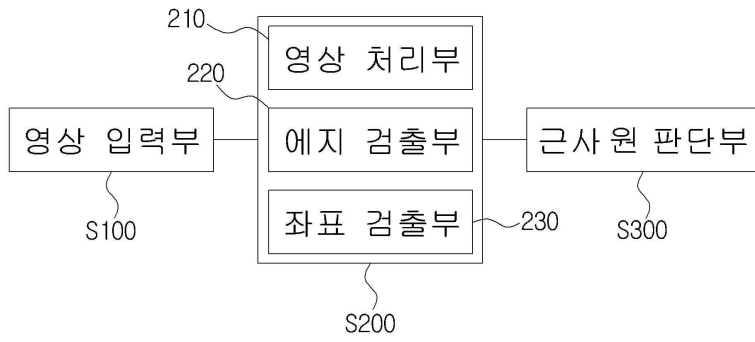
- 100 : 영상 입력부
- 200 : 영상 처리부
- 300 : 근사 원 판단부

도면

도면1



도면2



도면3

