(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0089978
(43) 공개일자 2025년06월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/954 (2006.01) *G01B 11/28* (2023.01)
G01N 21/88 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 21/954 (2013.01)
G01B 11/28 (2023.02)
(21) 출원번호 10-2023-0179902
(22) 출원일자 2023년12월12일
심사청구일자 2023년12월12일

(71) 출원인
경상국립대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
최영환
경상남도 진주시 금산면 중천로 82, 110동 1201호 (금산아이파크아파트)
권가온
경상남도 진주시 대신로 429-7, 402호 (초전동, 다금빌라)
(74) 대리인
김종선

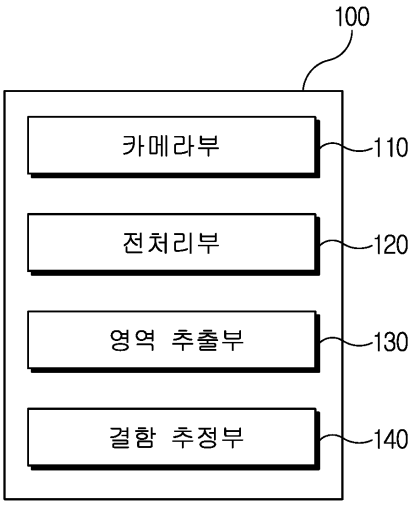
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치 및 방법에 관한 것으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치는 구조물의 내부를 촬영하여 촬영 데이터를 획득하는 카메라부, 상기 촬영 데이터에 대한 전처리를 수행하는 전처리부, 전처리된 상기 촬영 데이터에 대해 허프 변환을 수행하고, 결함 부위를 포함하는 관심 영역을 추출하는 영역 추출부 및 상기 관심 영역의 면적을 산출하여 상기 결함 부위의 면적을 추정하는 결함 추정부를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G01N 21/8851 (2013.01)
G01N 2021/8864 (2013.01)
G01N 2021/8887 (2013.01)
G01N 2021/9548 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1425178451
과제번호 00225315
부처명 중소벤처기업부
과제관리(전문)기관명 중소기업기술정보진흥원
연구사업명 산학연CollaboR&D
연구과제명 디지털트윈형 Web기반 상수도관로 내부 결함 진단 AI 솔루션 연구 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 경상국립대학교산학협력단
연구기간 2023.05.01 ~ 2023.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711187073
과제번호 2021R1G1A1003295
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)
연구과제명 지속가능한 수자원 인프라 구축을 위한 결합형 그린-사이클 물 분배시스템 설계 및 운영 기술 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 경상국립대학교산학협력단
연구기간 2021.03.01 ~ 2024.02.24

명 세 서

청구범위

청구항 1

실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치에 있어서,

구조물의 내부를 촬영하여 촬영 데이터를 획득하는 카메라부;

상기 촬영 데이터에 대한 전처리를 수행하는 전처리부;

전처리된 상기 촬영 데이터에 대해 허프 변환을 수행하고, 결함 부위를 포함하는 관심 영역을 추출하는 영역 추출부; 및

상기 관심 영역의 면적을 산출하여 상기 결함 부위의 면적을 추정하는 결함 추정부를 포함하는 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전처리부는,

상기 촬영 데이터의 대비 조절, 그레이 스케일 변환, 이진화 변환 중 적어도 어느 하나를 포함하는 상기 전처리를 수행하는 것인, 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 영역 추출부는,

전처리된 상기 촬영 데이터에서 상기 구조물의 관로 내부를 대표하는 복수개의 원을 검출하고,

상기 복수개의 원으로부터 소실점을 검출하는 것인, 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 영역 추출부는,

허프 변환이 수행된 촬영 데이터에서 확인된 결함 부위를 포함하는 면적의 상기 관심 영역을 추출하는 것인, 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 결함 추정부는,

상기 관심 영역의 양단의 엣지 픽셀을 통해 상기 복수의 원과 상기 소실점까지의 평행선을 검출하고,

상기 관심 영역의 양단과 소실점 사이의 끼인각으로부터 상기 관심 영역의 폭을 산출하는 것인, 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 결함 추정부는,

하기의 수학식 1 및 수학식 2를 만족하는 길이에 기초하여 상기 관심 영역의 길이를 산출하는 것인, 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치.

[수학식 1]

$$\frac{a}{f} = \tan(\theta_1) = \frac{D}{L_1}$$

[수학식 2]

$$\frac{b}{f} = \tan(\theta_2) = \frac{D}{L_2}$$

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 결함 추정부는,

상기 관심 영역의 면적 대비 상기 결함 부위의 픽셀 면적비를 산출하고,

상기 픽셀 면적비에 기초하여 상기 관심 영역의 면적으로부터 상기 결함 부위의 면적을 추정하는 것인, 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치.

청구항 8

실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 방법에 있어서,

(a) 카메라부가 구조물의 내부를 촬영하여 촬영 데이터를 획득하는 단계;

(b) 전처리부가 상기 촬영 데이터에 대한 전처리를 수행하는 단계;

(c) 영역 추출부가 전처리된 상기 촬영 데이터에 대해 허프 변환을 수행하고, 결함 부위를 포함하는 관심 영역을 추출하는 단계; 및

(d) 결함 추정부가 상기 관심 영역의 면적을 산출하여 상기 결함 부위의 면적을 추정하는 단계를 포함하는 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 전처리부는,

상기 촬영 데이터의 대비 조절, 그레이 스케일 변환, 이진화 변환 중 적어도 어느 하나를 포함하는 상기 전처리를 수행하는 것인, 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 영역 추출부는,

전처리된 상기 촬영 데이터에서 상기 구조물의 관로 내부를 대표하는 복수개의 원을 검출하고,

상기 복수개의 원으로부터 소실점을 검출하는 것인, 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 방법.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 영역 추출부는,

허프 변환이 수행된 촬영 데이터에서 확인된 결함 부위를 포함하는 면적의 상기 관심 영역을 추출하는 것인, 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 결함 추정부는,

상기 관심 영역의 양단의 엣지 픽셀을 통해 상기 복수의 원과 상기 소실점까지의 평행선을 검출하고,

상기 관심 영역의 양단과 소실점 사이의 끼인각으로부터 상기 관심 영역의 폭을 산출하는 것인, 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 결함 추정부는,

하기의 수학식 3 및 수학식 4를 만족하는 길이에 기초하여 상기 관심 영역의 길이를 산출하는 것인, 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 방법.

[수학식 3]

$$\frac{a}{f} = \tan(\theta_1) = \frac{D}{L_1}$$

[수학식 4]

$$\frac{b}{f} = \tan(\theta_2) = \frac{D}{L_2}$$

청구항 14

제8항에 있어서,

상기 결함 추정부는,

상기 관심 영역의 면적 대비 상기 결함 부위의 픽셀 면적비를 산출하고,

상기 픽셀 면적비에 기초하여 상기 관심 영역의 면적으로부터 상기 결함 부위의 면적을 추정하는 것인, 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치 및 방법 에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 관로 형태의 구조물에서 내부결함을 인지하거나 결함의 규모를 정확하게 평가하기 위해서는 관로의 절단, 발굴을 통한 직접적인 관체조사가 필요하다. 관체 조사를 위해서는 장비와 인력 투입 비용과 시스템의 중단 등으로 인한 손실이 발생한다.

[0003] 이러한 이유로 관로 형태의 사회기반시설의 진단을 수행할 경우 시스템의 중단 없이 관로 내부를 탐지할 수 있는 내시경을 활용한 촬영과 이를 통한 관로 형태의 구조물진단 기술이 개발되고 활용되고 있다.

[0004] 그러나, 현재 내시진단은 영상을 통한 관로 내부 상태평가는 조사자의 주관적인 판단으로 평가를 수행하고 있기 때문에 정량적인 평가를 기대하기 어려운 문제점이 존재한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제10-1288528호 (2013년07월16일 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 실린더 형태 구조물의 결함 검출 및 결함 규모를 정량화 할 수 있는 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치는, 구조물의 내부를 촬영하여 촬영 데이터를 획득하는 카메라부, 상기 촬영 데이터에 대한 전처리를 수행하는 전처리부, 전처리된 상기 촬영 데이터에 대해 허프 변환을 수행하고, 결함 부위를 포함하는 관심 영역을 추출하는 영역 추출부 및 상기 관심 영역의 면적을 산출하여 상기 결함 부위의 면적을 추정하는 결함 추정부를 포함할 수

있다.

[0008] 또한, 상기 전처리부는, 상기 촬영 데이터의 대비 조절, 그레이 스케일 변환, 이진화 변환 중 적어도 어느 하나를 포함하는 상기 전처리를 수행할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 영역 추출부는, 전처리된 상기 촬영 데이터에서 상기 구조물의 관로 내부를 대표하는 복수개의 원을 검출하고, 상기 복수개의 원으로부터 소실점을 검출할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 영역 추출부는, 허프 변환이 수행된 촬영 데이터에서 확인된 결함 부위를 포함하는 면적의 상기 관심 영역을 추출할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 결함 추정부는, 상기 관심 영역의 양단의 엣지 픽셀을 통해 상기 복수의 원과 상기 소실점까지의 평행선을 검출하고, 상기 관심 영역의 양단과 소실점 사이의 끼인각으로부터 상기 관심 영역의 폭을 산출할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 결함 추정부는, 수학식 1 및 수학식 2를 만족하는 길이에 기초하여 상기 관심 영역의 길이를 산출할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 결함 추정부는, 상기 관심 영역의 면적 대비 상기 결함 부위의 픽셀 면적비를 산출하고, 상기 픽셀 면적비에 기초하여 상기 관심 영역의 면적으로부터 상기 결함 부위의 면적을 추정할 수 있다.

[0014] 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 방법은 (a) 카메라부가 구조물의 내부를 촬영하여 촬영 데이터를 획득하는 단계, (b) 전처리부가 상기 촬영 데이터에 대한 전처리를 수행하는 단계, (c) 영역 추출부가 전처리된 상기 촬영 데이터에 대해 허프 변환을 수행하고, 결함 부위를 포함하는 관심 영역을 추출하는 단계 및 (d) 결함 추정부가 상기 관심 영역의 면적을 산출하여 상기 결함 부위의 면적을 추정하는 단계를 포함할 수 있다

[0015] 또한, 상기 영역 추출부는, 전처리된 상기 촬영 데이터에서 상기 구조물의 관로 내부를 대표하는 복수개의 원을 검출하고, 상기 복수개의 원으로부터 소실점을 검출할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 영역 추출부는, 허프 변환이 수행된 촬영 데이터에서 확인된 결함 부위를 포함하는 면적의 상기 관심 영역을 추출할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 결함 추정부는, 상기 관심 영역의 양단의 엣지 픽셀을 통해 상기 복수의 원과 상기 소실점까지의 평행선을 검출하고, 상기 관심 영역의 양단과 소실점 사이의 끼인각으로부터 상기 관심 영역의 폭을 산출할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 결함 추정부는, 수학식 3 및 수학식 4를 만족하는 길이에 기초하여 상기 관심 영역의 길이를 산출할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 결함 추정부는, 상기 관심 영역의 면적 대비 상기 결함 부위의 픽셀 면적비를 산출하고, 상기 픽셀 면적비에 기초하여 상기 관심 영역의 면적으로부터 상기 결함 부위의 면적을 추정할 수 있다.

발명의 효과

[0020] 상기한 본 발명의 일 실시예에 따르면 실린더 형태 구조물의 결함 검출 및 결함 규모를 정량화 할 수 있는 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치의 구성을 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치의 촬영 데이터 전처리의 예를 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치의 소실점 및 단면 연산의 예를 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치의 관심 영역 설정의 예를 도시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치의 관심 영역 길이 및 폭 계산의

예를 도시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 방법의 흐름을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명의 목적 및 효과, 그리고 그것들을 달성하기 위한 기술적 구성들은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0023] 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0024] 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다.

[0025] 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있다. 단지 본 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0026] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0027] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가진 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0028] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시 예를 보다 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명을 설명함에 있어 전체적인 이해를 용이하게 하기 위하여 도면상의 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 사용하고 동일한 구성요소에 대해서 중복된 설명은 생략한다.

[0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치의 구성을 도시한 도면이다.

[0030] 도 1을 참조하면, 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치(100)는 카메라부(110), 전처리부(120), 영역 추출부(130) 및 결함 추정부(140)를 포함할 수 있다.

[0031] 카메라부(110)는 구조물의 내부를 촬영하여 촬영 데이터를 획득할 수 있다. 본 발명에서 구조물은 관로 형태를 가진 것으로서, 엔진, 보일러, 배관, 열교환기, 튜브, 발전기, 실린더, 용기, 탱크 등 보어(bore) 구조를 갖는 구조물을 의미한다.

[0032] 카메라부(110)는 구조물의 내부로 삽입 가능하도록 구비되어 구조물 내면의 영상 또는 이미지를 촬영함으로써 촬영 데이터를 획득할 수 있다. 예시적으로, 카메라부(110)는 전자 내시경(Electronic Endoscope)을 포함할 수 있으며, 전단에 조명, 렌즈 및 카메라가 구비되어 일반적으로 산업용으로 제공되는 다양한 종류의 전자 내시경을 응용하여 적용할 수 있을 것이다.

[0033] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치의 촬영 데이터 전처리의 예를 도시한 도면이다.

[0034] 전처리부(120)는 촬영 데이터에 대한 전처리를 수행할 수 있다. 전처리부(120)는 촬영 데이터의 대비 조절, 그레이 스케일 변환, 이진화 변환 중 적어도 어느 하나를 포함하는 전처리를 수행할 수 있다. 도 2를 참조하면, 도 2의 (a)는 구조물을 촬영한 촬영 데이터의 원본 이미지이고, (b)는 촬영 데이터에 대해 그레이 스케일 및 이진화 작업을 적용한 결과이다.

[0035] 영역 추출부(130)는 전처리된 촬영 데이터에 대해 허프 변환을 수행하고, 결함 부위를 포함하는 관심 영역을 추출할 수 있다. 도 2의 (c)는 (b)의 결과에 대해 허프 변환을 통해 원을 검출한 결과를 나타낸다. 허프 변환이란 화상 처리 분야에서 선분 검출을 위한 변환 알고리즘으로 본 발명에서는 원을 검출하기 위한 허프 서클(Hough circle) 변환을 사용한다.

[0036] 허프 변환을 수행하기 위해, 영역 추출부(130)는 도 2의 (b)와 같이 그레이 스케일 및 이진 영상으로 변환된 촬영 데이터에 대하여 윤곽선 검출 알고리즘을 통해 윤곽선 검출을 수행할 수 있다. 윤곽선 검출 알고리즘은 예시적으로, 캐니 윤곽선 검출과 같이 이진 영상을 입력 영상으로 사용하여 동선적 이진화 또는 모폴리지와 같은 다양한 전처리를 수행하여 노이즈를 제거하고, 직선 성분을 검출하는 알고리즘을 활용할 수 있다. 영역 추출부(130)는 검출된 직선들의 직교 좌표를 극좌표로 변환하여 원을 검출할 수 있다. 구체적으로, 캐니 윤곽선 검출 이후 소벨 필터를 적용하여 엣지의 경사도를 누적하여 원을 검출할 수 있다.

[0037] 영역 추출부(130)는 전처리된 촬영 데이터에서 구조물의 관로 내부를 대표하는 복수개의 원을 검출할 수 있다. 예시적으로, 영역 추출부(130)는 상기 허프 변환을 통해 관로 내부를 대표하는 2개의 원을 검출할 수 있다. 여기서 관로 내부를 대표하는 원은 예시적으로, 관로 중심선을 법선 벡터로하는 평면에 의하여 절단되는 모든 단면을 의미하며, 복수개의 원 중 사용자에 의해 선택된 2개의 원일 수 있다

[0038] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치의 소실점 및 단면 연산의 예를 도시한 도면이다.

[0039] 영역 추출부(130)는 복수개의 원으로부터 소실점을 검출할 수 있다. 도 3을 참조하면, 영역 추출부(130)는 검출된 2개의 원의 기하학전 변화 비율에 기초하여 소실점을 연산할 수 있다. 예시적으로, 영역 추출부(130)는 두 원의 반지름의 비율 변화로부터 소실점을 산출할 수 있다. 또한, 영역 추출부(130)는 상기 소실점으로부터 두 원의 단면적을 연산할 수 있다. 영역 추출부(130)는 검출된 두 원의 기하학적 변화 비율에 기초하여 하기의 수학식을 기초로 소실점을 산출하 수 있다.

[0040] 먼저, 2개의 원의 중심좌표와 반지름은 수학식 1을 통해 산출될 수 있다.

[0041] [수학식 1]

[0042] $$C_1 = [O_1, r_1], C_2 = [O_2, r_2] \text{ (단, } r_1 > r_2\text{)}$$

[0043] 2개의 원의 기하학적 변화 비율은 수학식 2를 통해 산출될 수 있다.

[0044] [수학식 2]

[0045] $$dr_{\max} = r_1 + r_2 - \overline{O_1 O_2}$$
$$dr_{\min} = r_1 - r_2 - \overline{O_1 O_2}$$
$$dr_{ratio} = \frac{dr_{\max}}{dr_{\min}} = constant$$

[0046] 2개의 원의 기하학적 변화 비율에 따른 직선 위의 소실점의 좌표는 수학식 3을 통해 산출될 수 있다.

[0047] [수학식 3]

[0048] $$\overline{O_2 V.P} = \frac{r_2(dr_{ratio} - 1) - dr_{ratio} + 1}{dr_{ratio} + 1} \text{ (여기서 } V.P\text{는 소실점의 좌표)}$$

[0049] 소실점으로부터 관로 내부를 대표하는 원까지의 중심거리는 수학식 4를 통해 산출될 수 있다.

[0050] [수학식 4]

[0051] $$\overline{O_n V.P} = \frac{(r_n - 1)(dr_{ratio} - 1)}{dr_{ratio} + 1}$$

[0052] 여기서 관로 내부를 대표하는 원의 반지름이 1pix씩 증가하는 단면은 수학식 4와 같이 계산되며 이는 관심영역을 지정하기 위한 집합으로 사용된다.

[0053] [수학식 5]

[0054] $$\overline{O_nO_{n-1}} = \frac{dr_{ratio}-1}{dr_{ratio}+1}$$

[0055] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치의 관심 영역 설정의 예를 도시한 도면이다.

[0056] 영역 추출부(130)는 허프 변환이 수행된 촬영 데이터에서 확인된 결함 부위를 포함하는 면적의 관심 영역을 추출할 수 있다. 여기서 결함 부위는 카메라부(110)를 이용하여 파악된 구조물의 내벽의 균열, 박리, 구조물 내에 잔류하는 이물질에 의한 오염 정도, 긁힘, 도금 상태, 구조물을 제작하는 과정에서 형성된 기공 등이 발생된 부위를 의미한다.

[0057] 관심 영역은 상기 결함 부위가 포함되도록 사용자에 의해 설정된 영역을 의미한다. 예시적으로 관심 영역은 결함 부위가 모두 포함될 수 있는 최소한의 격자 간격을 의미한다. 즉, 관심 영역의 부피를 통해 결함 부위의 면적이 추정될 수 있도록 관심 영역은 결함 부위보다 큰 면적으로 설정될 수 있다.

[0058] 구체적으로, 관심 영역은 관로 내부를 대표하는 모든 원의 집합에서 원 내부에 결함의 모든 엣지 픽셀이 포함되는 원 중 가장 작은 원과 가장 큰 원 두 개를 선택하고, 결함의 모든 엣지 픽셀과 소실점을 잇는 직선 중 기울기가 가장 완만한 직선과 가장 급한 직선을 선택한 결과일 수 있다.

[0059] 결함 추정부(140)는 관심 영역의 면적을 산출하여 결함 부위의 면적을 추정할 수 있다. 결함 추정부(140)는 관심 영역의 양단의 엣지 픽셀을 통해 복수의 원과 소실점까지의 평행선을 검출할 수 있다. 도 4를 참조하면, 결함 추정부(140)는 2개의 원에 의한 소실점에서 가까운 원과 상대적으로 먼 다른 원 간의 평행선을 검출할 수 있다. 여기서 평행선에 대해 살펴보면, 실세계의 평행선은 서로 만날 수 없지만 이미지 내에서는 원근법에 의하여 소실점에서 만나며, 평행선은 결함의 모든 엣지 픽셀과 소실점을 잇는 직선 중 기울기가 가장 완만한 직선과 가장 급한 직선으로 결함 부위가 모두 포함되며 평행선의 간격이 최소한인 두 직선으로 구해질 수 있다.

[0060] 또한, 결함 추정부(140)는 관심 영역의 양단과 소실점 사이의 끼인각으로부터 관심 영역의 폭을 산출할 수 있다. 구체적으로, 끼인각은 이미지 내에서 관로 내부를 대표하는 원과 두 평행선의 교점에서 원 중심까지의 직선 사이의 각도이다. 또한, 결함 추정부(140)는 소실점으로부터 관심영역의 양 끝단의 픽셀인 엣지 픽셀간을 연결하는 평행선을 각 소실점마다 검출할 수 있다. 즉, 도 4에 도시된 바와 같이, 각 소실점을 기준으로 관심영역의 양 끝단에 위치한 2개의 엣지 픽셀과 소실점을 연결하는 평행선이 검출될 수 있다.

[0061] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치의 관심 영역 길이 및 폭 계산의 예를 도시한 도면이다.

[0062] 결함 추정부(140)는 하기의 수학식 1에 기초하여 관심 영역의 폭을 산출할 수 있다.

[0063] [수학식 1]

[0064] $$l = r\emptyset$$

[0065] 여기서, $\emptyset$는 끼인각이다.

[0066] 또한, 결함 추정부(140)는 하기의 수학식 2 및 수학식 3을 만족하는 길이에 기초하여 관심 영역의 길이를 산출할 수 있다.

[0067] [수학식 2]

$$\frac{a}{f} = \tan(\theta_1) = \frac{D}{L_1}$$

[0068]

[0069] [수학식 3]

$$\frac{b}{f} = \tan(\theta_2) = \frac{D}{L_2}$$

[0070]

[0071] 결함 추정부(140)는 관심 영역의 면적 대비 결함 부위의 픽셀 면적비를 산출할 수 있다. 또한, 결함 추정부(140)는 픽셀 면적비에 기초하여 관심 영역의 면적으로부터 상기 결함 부위의 면적을 추정할 수 있다. 결함 추정부는 관심 영역의 길이와 폭으로부터 관심 영역의 면적을 산출할 수 있다. 이때 관심 영역의 면적을 픽셀화 하였을 때, 관심 영역에서 결함 부위가 차지하는 픽셀의 면적 비율을 활용하여 관심 영역의 면적의 역산을 통해 결함 부위의 면적을 추정할 수 있다.

[0072] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 방법의 흐름을 도시한 도면이다.

[0073] 도 6에 도시된 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 방법은 앞선 도1 내지 도 5를 통해 설명된 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치(100)에 의하여 수행될 수 있다. 따라서 이하 생략된 내용이라고 하더라도 도 1 내지 도 5를 통해 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치(100)에 대하여 설명된 내용은 도 6에도 동일하게 적용될 수 있다.

[0074] 도 6을 참조하면 단계 S110에서 카메라부(110)는 구조물의 내부를 촬영하여 촬영 데이터를 획득할 수 있다.

[0075] 카메라부(110)는 구조물의 내부로 삽입 가능하도록 구비되어 구조물 내면의 영상 또는 이미지를 촬영함으로써 촬영 데이터를 획득할 수 있다. 예시적으로, 카메라부(110)는 전자 내시경(Electronic Endoscope)을 포함할 수 있으며, 전단에 조명, 렌즈 및 카메라가 구비되어 일반적으로 산업용으로 제공되는 다양한 종류의 전자 내시경을 응용하여 적용할 수 있을 것이다.

[0076] 단계 S120에서 전처리부(120)는 촬영 데이터에 대한 전처리를 수행할 수 있다. 전처리부(120)는 촬영 데이터의 대비 조절, 그레이 스케일 변환, 이진화 변환 중 적어도 어느 하나를 포함하는 전처리를 수행할 수 있다.

[0077] 단계 S130에서 영역 추출부(130)는 전처리된 촬영 데이터에 대해 허프 변환을 수행하고, 결함 부위를 포함하는 관심 영역을 추출할 수 있다. 허프 변환이란 화상 처리 분야에서 선분 검출을 위한 변환 알고리즘으로 본 발명에서는 원을 검출하기 위한 허프 서클(Hough circle) 변환을 사용한다. 영역 추출부(130)는 전처리된 촬영 데이터에서 구조물의 관로 내부를 대표하는 복수개의 원을 검출할 수 있다. 예시적으로, 영역 추출부(130)는 상기 허프 변환을 통해 관로 내부를 대표하는 2개의 원을 검출할 수 있다

[0078] 영역 추출부(130)는 복수개의 원으로부터 소실점을 검출할 수 있다. 도 3을 참조하면, 영역 추출부(130)는 검출된 2개의 원의 기하학전 변화 비율에 기초하여 소실점을 연산할 수 있다. 또한, 영역 추출부(130)는 허프 변환이 수행된 촬영 데이터에서 확인된 결함 부위를 포함하는 면적의 상기 관심 영역을 추출할 수 있다.

[0079] 단계 S140에서 결함 추정부(140)는 관심 영역의 면적을 산출하여 결함 부위의 면적을 추정할 수 있다. 결함 추정부(140)는 관심 영역의 양단의 엣지 픽셀을 통해 복수의 원과 소실점까지의 평행선을 검출할 수 있다.

[0080] 결함 추정부(140)는 2개의 원에 의한 소실점에서 가까운 원과 상대적으로 먼 다른 원 간의 평행선을 검출할 수 있다. 또한, 결함 추정부(140)는 관심 영역의 양단과 소실점 사이의 끼인각으로부터 관심 영역의 폭을 산출할 수 있다. 구체적으로, 결함 추정부(140)는 소실점으로부터 관심영역의 양 끝단의 픽셀인 엣지 픽셀간을 연결하는 평행선을 각 소실점마다 검출할 수 있다.

[0081] 또한, 결함 추정부(140)는 하기의 수학식 4에 기초하여 관심 영역의 폭을 산출할 수 있다.

[0082] [수학식 4]

[0083] $$l = r\emptyset$$

[0084] 여기서, Ø는 끼인각이다.

[0085] 또한, 결함 추정부(140)는 하기의 수학식 5 및 수학식 6을 만족하는 길이에 기초하여 관심 영역의 길이를 산출할 수 있다.

[0086] [수학식 5]

[0087] $$\frac{a}{f} = \tan(\theta_1) = \frac{D}{L_1}$$

[0088] [수학식 6]

[0089] $$\frac{b}{f} = \tan(\theta_2) = \frac{D}{L_2}$$

[0090] 결함 추정부(140)는 관심 영역의 면적 대비 결함 부위의 픽셀 면적비를 산출할 수 있다. 또한, 결함 추정부(140)는 픽셀 면적비에 기초하여 관심 영역의 면적으로부터 상기 결함 부위의 면적을 추정할 수 있다. 결함 추정부는 관심 영역의 길이와 폭으로부터 관심 영역의 면적을 산출할 수 있다. 이때 관심 영역의 면적을 픽셀화하였을 때, 관심 영역에서 결함 부위가 차지하는 픽셀의 면적 비율을 활용하여 관심 영역의 면적의 역산을 통해 결함 부위의 면적을 추정할 수 있다.

[0091] 본 발명의 일 실시 예에 따른, 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 방법은, 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0092] 상술한 실시 예에 설명된 특징, 구조, 효과 등은 본 발명의 적어도 하나의 실시 예에 포함되며, 반드시 하나의 실시 예에 만 한정되는 것은 아니다. 나아가, 각 실시 예에 서 예시된 특징, 구조, 효과 등은 실시예들이 속하는 분야의 통상의 지식을 가지는 자에 의하여 다른 실시예들에 대해서도 조합 또는 변형되어 실시 가능하다.

[0093] 따라서 이러한 조합과 변형에 관계된 내용들은 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다. 또한, 이상에서 실시 예들을 중심으로 설명하였으나 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시예의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 실시 예들에 구체적으로 나타난 각 구성 요소는 변형하여 실시할 수 있는 것이다. 그리고 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부한 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0094] 100: 실린더 형상 구조물의 내부 결함 검출 장치

110: 카메라부

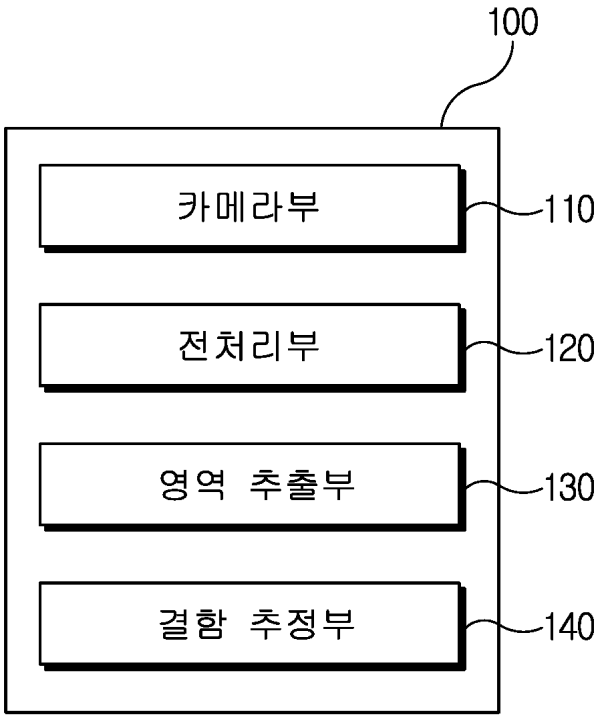
120: 전처리부

130: 영역 추출부

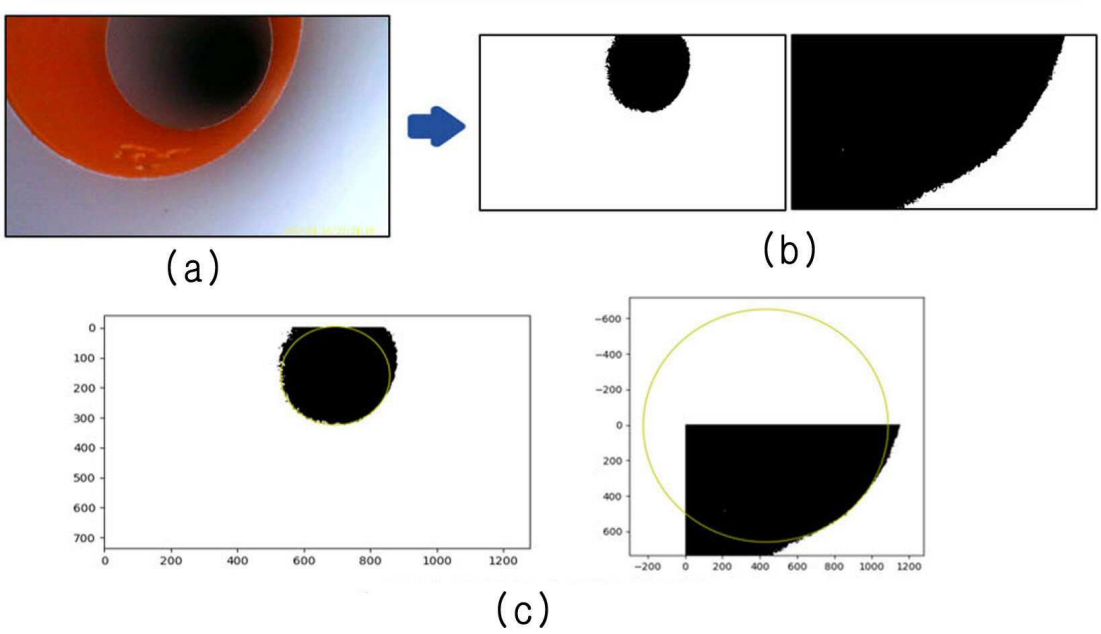
140: 결함 추정부

도면

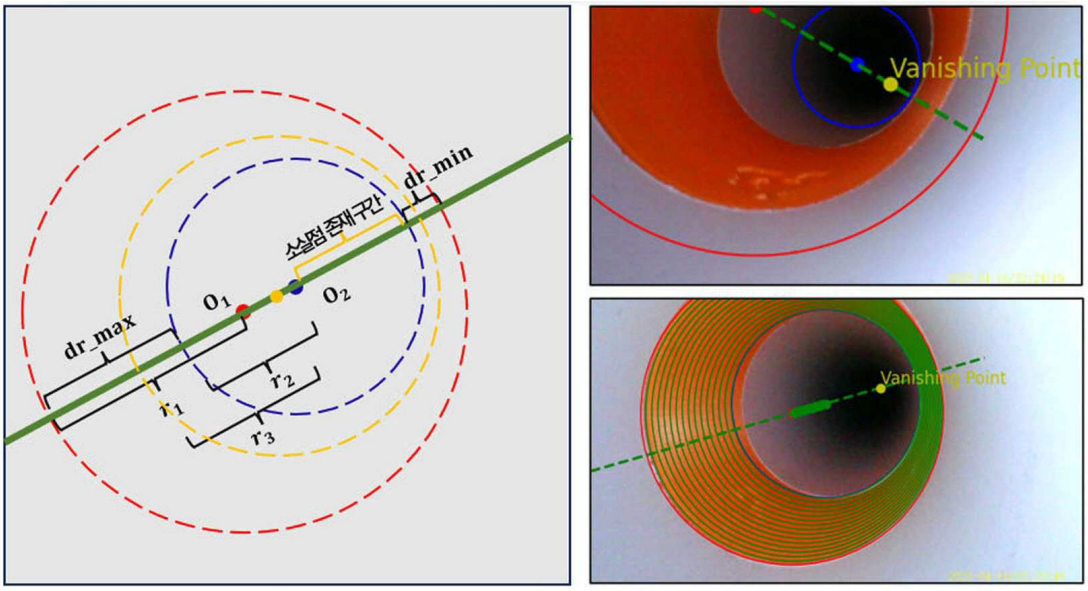
도면1



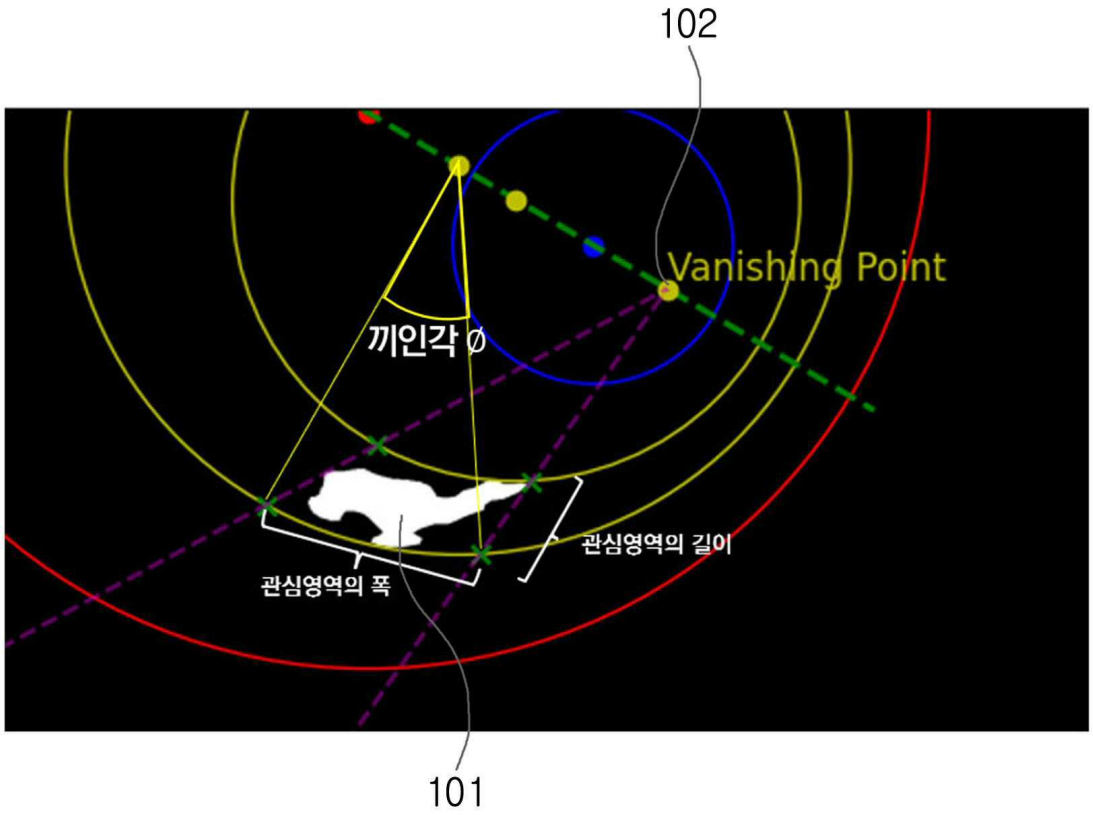
도면2


(a)
(b)
(c)

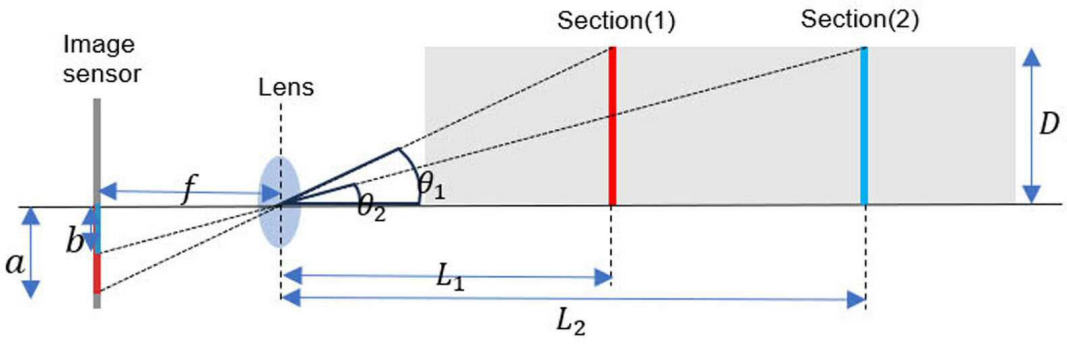
도면3


dr_min
소실점존재구간
O1
O2
dr_max
r1
r2
r3
Vanishing Point
Vanishing Point

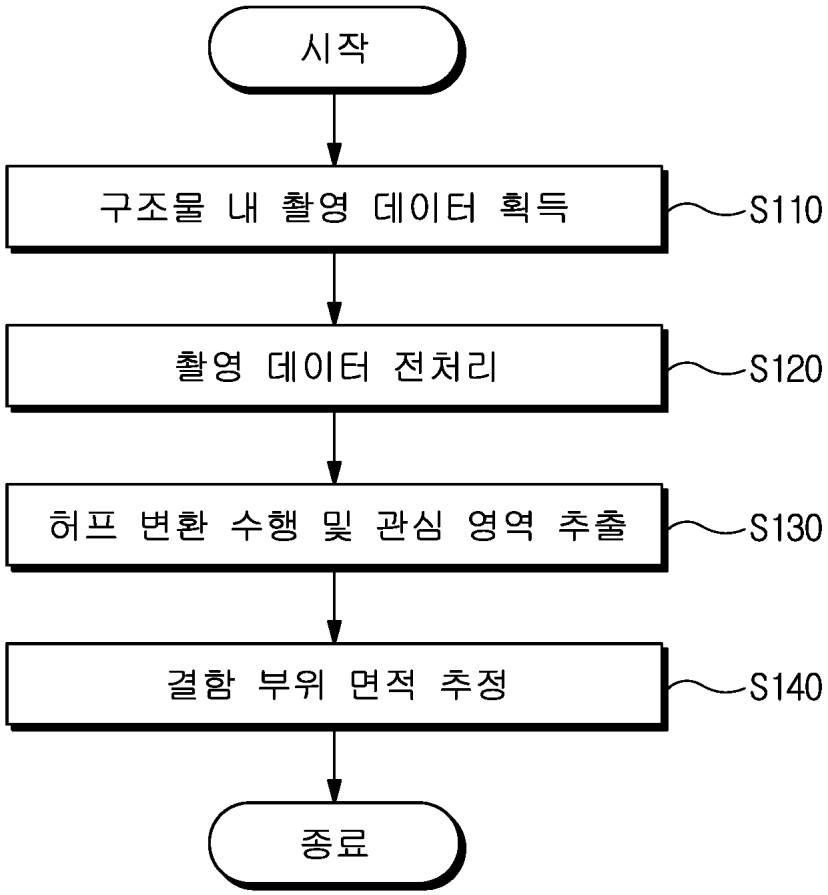
도면4


102
Vanishing Point
끼인각 ∅
관심영역의 길이
관심영역의 폭
101

도면5


Image sensor
Lens
Section(1)
Section(2)
D
f
θ1
θ2
a
b
L1
L2

도면6


시작
구조물 내 촬영 데이터 획득
S110
촬영 데이터 전처리
S120
허프 변환 수행 및 관심 영역 추출
S130
결함 부위 면적 추정
S140
종료