



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년08월26일
 (11) 등록번호 10-2014425
 (24) 등록일자 2019년08월20일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01M 11/08 (2019.01) B64C 39/02 (2006.01)
 B64D 47/08 (2006.01) G01M 3/38 (2006.01)
 G01N 21/88 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
 G01M 11/081 (2013.01)
 B64C 39/024 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-0081826
- (22) 출원일자 2018년07월13일
 심사청구일자 2018년07월13일
- (56) 선행기술조사문헌
 KR101707865 B1*
 KR101718287 B1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
 전남대학교 산학협력단
 광주광역시 북구 용봉로 77 (용봉동)
- (72) 발명자
 한동엽
 전라남도 여수시 용남1길 13-3
 허정원
 전라남도 여수시 소호6길 36, 204동 1505호(소호동, 주은금호2차아파트)
- (74) 대리인
 오위환, 나성곤, 정기택

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 강진영

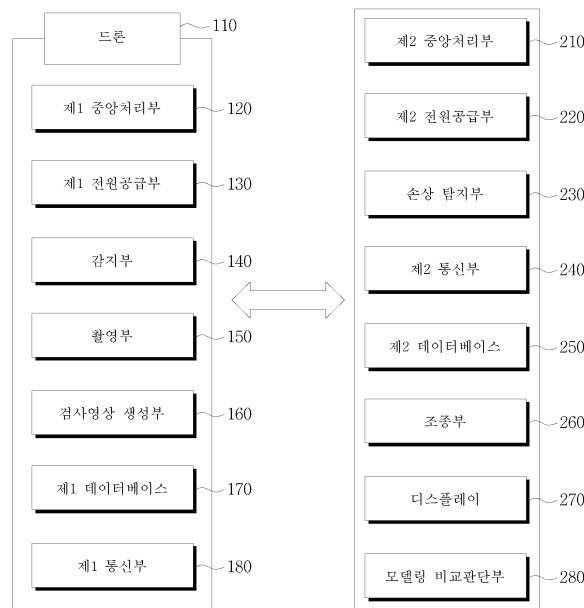
(54) 발명의 명칭 드론을 이용한 터널벽면 손상 검사시스템 및 검사방법

(57) 요약

본 발명은 드론을 이용한 터널벽면 손상 검사시스템 및 검사방법에 관한 것으로서, 드론을 이용한 근접 촬영에 의해 서로 다른 종류의 고해상도 영상정보를 취득하고 이를 비교, 분석함으로써 터널벽면의 손상부위를 보다 정확하게 감지할 수 있도록 한 것이다.

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



이러한 본 발명은, 터널 내부를 이동하는 드론; 드론에 설치되어 장애물과 터널벽면을 감지하면서 드론이 터널벽면과 근접한 위치에서 일정 거리를 유지할 수 있도록 한 감지부; 드론에 설치되어 터널벽면을 촬영하면서 영상정보를 취득하는 촬영부; 촬영부를 통해 취득한 영상정보에 대해 상대좌표를 등록하여 터널벽면의 위치에 따른 검사영상을 생성하는 검사영상 생성부; 검사영상 생성부에서 생성된 검사영상을 분석하여 손상부위를 탐지하는 손상 탐지부를 포함하며, 촬영부는 가시광선 카메라와 열적외선 카메라(156)를 구비하여 터널벽면에 대한 고해상도의 가시광선 영상정보와 열적외선 영상정보를 동시에 취득하며, 손상 탐지부는 가시광선 영상정보와 열적외선 영상정보로부터 각각 생성된 이종의 검사영상을 함께 분석하여 손상부위 탐지의 정확성이 향상되도록 한 것을 특징으로 한다.

(52) CPC특허분류

- B64D 47/08* (2013.01)
- G01M 3/38* (2013.01)
- G01N 21/8851* (2013.01)
- B64C 2201/127* (2013.01)
- G01N 2021/8887* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1615010067
부처명	국토교통부
연구관리전문기관	국토교통과학기술진흥원
연구사업명	지역특성화연구개발사업
연구과제명	호남지역 중소형 교량 통합 관리를 위한 멀티스케일 모니터링 시스템 기술개발
기여율	1/1
주관기관	전남대학교
연구기간	2018.01.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

드론(110)을 이용한 터널벽면 손상 검사시스템으로서,

터널 내부를 이동하는 드론(110); 상기 드론(110)에 설치되어 장애물과 터널벽면을 감지하면서 상기 드론(110)이 터널벽면과 근접한 위치에서 일정 거리를 유지할 수 있도록 한 감지부(140); 상기 드론(110)에 설치되어 터널벽면을 촬영하면서 영상정보를 취득하는 촬영부(150); 상기 촬영부(150)를 통해 취득한 영상정보에 대해 상대 좌표를 등록하여 터널벽면의 위치에 따른 검사영상을 생성하는 검사영상 생성부(160); 및 상기 검사영상 생성부(160)에서 생성된 검사영상을 분석하여 손상부위를 탐지하는 손상 탐지부(230)를 포함하며,

상기 촬영부(150)는 가시광선 카메라(152)와 열적외선 카메라(156)를 구비하여 터널벽면에 대한 고해상도의 가시광선 영상정보와 열적외선 영상정보를 동시에 취득하며,

상기 손상 탐지부(230)는 가시광선 영상정보와 열적외선 영상정보로부터 각각 생성된 이종의 검사영상을 함께 분석하여 손상부위 탐지의 정확성이 향상되도록 하며,

상기 촬영부(150)는 터널벽면에 대한 근적외선 영상정보를 취득할 수 있는 근적외선 카메라(153)를 더 구비하여, 상기 가시광선 카메라(152), 근적외선 카메라(153) 및 열적외선 카메라(156)가 하나의 몸체에 설치된 모듈로 구비되며, 상기 가시광선 카메라(152)와 근적외선 카메라(153)는 지지플레이트(151a)로부터 진퇴 가능하도록 설치된 진퇴플레이트(151b)에 나란히 설치되어 드론(110)의 이동과는 별도로 터널벽면과의 촬영거리를 자체 조절 가능하도록 하며, 상기 가시광선 카메라(152)와 근적외선 카메라(153)의 전면에는 각각 제1조리개(155a)와 제2조리개(155b)가 설치되어 촬영 면적을 조절할 수 있도록 하며,

상기 진퇴플레이트(151b)에는 모터, 모터 구동에 의해 회전하는 롤러(155d), 상기 롤러(155d)로부터 제1조리개(155a)와 제2조리개(155b)의 외측을 동시에 경유하는 벨트(155e)가 더 설치되어, 하나의 모터 및 롤러(155d)의 구동력만으로 상기 제1조리개(155a)와 제2조리개(155b)에 의한 시계를 모두 조절할 수 있도록 하며, 상기 가시광선 카메라(152)와 근적외선 카메라(153)에 의한 촬영을 교번하여 수행할 수 있도록 한 것을 특징으로 하는 터널벽면 손상 검사시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 가시광선 카메라(152)와 열적외선 카메라(156)는 좌우방향 회전 및 상하방향 틸팅이 가능하도록 상기 드론(110) 몸체에 설치된 것을 특징으로 하는 터널벽면 손상 검사시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 드론(110)에는 카메라 촬영시 터널벽면으로 빛을 조사할 수 있도록 한 촬영용 조명(157)이 더 설치된 것을 특징으로 하는 터널벽면 손상 검사시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 감지부(140)에는 드론(110)의 전, 후, 좌, 우 방향, 상, 하 방향, 전방의 좌편과 우편에서 상측 경사방향으로 초음파를 송수신하는 초음파 송수신기(141)가 각각 설치되어 장애물 감지 및 감지된 장애물에 대한 거리측정을 수행할 수 있도록 한 것을 특징으로 하는 터널벽면 손상 검사시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 검사영상 생성부(160)에서 생성한 검사영상과 상기 드론(110)의 관성항법 정보를 기반으로 하여 시공 중에 있는 터널의 내부 모델링을 생성하고, 이를 터널의 설계도 모델링과 비교하여 터널의 시공 정확도를 판단하는 모델링 비교판단부(280)를 더 구비한 것을 특징으로 하는 터널벽면의 손상 검사시스템.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 지지플레이트(151a)의 좌편과 우편에는 레이저광을 발사하여 터널벽면과의 거리를 측정할 수 있도록 한 레이저센서(154)가 더 설치되어, 상기 레이저센서(154)에 의해 측정된 터널벽면과의 거리를 기반으로 상기 진퇴플레이트(151b)를 진퇴시켜 터널벽면에 대한 상기 가시광선 카메라(152)와 근적외선 카메라(153)의 촬영거리를 일정하게 조절하는 것을 특징으로 하는 터널벽면 손상 검사시스템.

청구항 10

제1항 내지 제5항 및 제9항 중 어느 한 항의 터널벽면 손상 검사시스템을 이용한 터널벽면 손상 검사방법으로서,

- (a) 터널 내부에서 드론(110)의 이동방향을 결정하는 단계;
- (b) 드론(110)에 설치된 감지부(140)에 의해 장애물과 터널벽면을 감지하면서 상기 드론(110)을 터널벽면에 근접한 상태로 일정 거리를 유지하면서 자율이동시키는 단계;
- (c) 상기 드론(110)에 설치된 촬영부(150)에 의해 터널벽면을 촬영하여 영상정보를 취득하는 단계;
- (d) 검사영상 생성부(160)가 상기 촬영부(150)를 통해 취득한 영상정보에 대해 상대좌표를 등록하여 터널벽면의 위치에 따른 검사영상을 생성하는 단계;
- (e) 손상 탐지부(230)가 상기 검사영상 생성부(160)에서 생성된 검사영상을 분석하여 손상부위를 탐지하는 단계;를 포함하며,

상기 (c) 단계에서는 상기 촬영부(150)가 구비하고 있는 가시광선 카메라(152)와 열적외선 카메라(156)를 이용하여 터널벽면에 대한 고해상도의 가시광선 영상정보와 열적외선 영상정보를 동시에 취득하며,

상기 (e) 단계에서는 상기 손상 탐지부(230)가 가시광선 영상정보와 열적외선 영상정보로부터 각각 생성된 이종의 검사영상을 함께 분석하여 손상부위 탐지의 정확성이 향상되도록 하며,

하나의 모터 및 롤러(155d)의 구동력만으로 상기 제1조리개(155a)와 제2조리개(155b)에 의한 시계를 모두 조절할 수 있도록 하되, 상기 가시광선 카메라(152)와 근적외선 카메라(153)에 의한 촬영을 교번하여 수행할 수 있도록 한 것을 특징으로 하는 터널벽면 손상 검사방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 (b) 단계에서 드론(110)이 터널 내부에서 상행선과 하행선을 따라 왕복 이동하되, 상행선 이동과 하행선 이동시 짐벌 상태를 유지하면서 터널벽면의 내주면을 따라 원호방향으로 이동하는 원호이동과, 터널의 길이방향으로 이동하는 직선이동을 교번하여 수행하면서 순차 이동하는 것을 특징으로 하는 터널벽면 손상 검사방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 (d) 단계에서는 터널벽면 전체 영역을 가로 50cm, 세로 50cm 미만의 크기를 갖는 다수의 단위영역으로 분할하며, 분할된 각 단위영역 별로 곡면영상을 평면영상으로 보정하고, 상대좌표를 등록하여 위치정보를 부여함으로써 검사영상을 생성하는 것을 특징으로 하는 터널벽면 손상 검사방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 (c) 단계에서는 상기 촬영부(150)가 구비한 근적외선 카메라(153)를 이용하여 터널벽면에 대한 근적외선 영상정보를 더 취득하며,

상기 (e) 단계에서는 상기 손상 탐지부(230)가 손상부위 탐지를 위하여 근적외선 영상정보를 더 이용하는 것을 특징으로 하는 터널벽면 손상 검사방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 가시광선 카메라(152)와 근적외선 카메라(153)에 의한 터널벽면에 대한 촬영은 교번하여 수행되어, 터널벽면의 특정 영역에 대한 가시광선 영상정보와 근적외선 영상정보를 모두 취득할 수 있도록 한 것을 특징으로 하는 터널벽면 손상 검사방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 촬영부(150)는 가시광선 카메라(152), 근적외선 카메라(153) 및 열적외선 카메라(156)가 하나의 몸체에 설치된 모듈로 구비되며, 상기 가시광선 카메라(152)와 근적외선 카메라(153)가 지지플레이트(151a)로부터 진퇴 가능하도록 설치된 진퇴플레이트(151b)에 나란히 설치되어 드론(110)의 이동과는 별도로 터널벽면에 대한 촬영 거리를 자체 조절 가능하도록 하며,

상기 촬영부(150)에는 레이저광을 발사하여 터널벽면과의 거리를 측정할 수 있도록 한 레이저센서(154)가 더 설치되어, 상기 레이저센서(154)에 의해 측정된 터널벽면과의 거리를 기반으로 상기 가시광선 카메라(152)와 근적외선 카메라(153)의 촬영거리를 일정하게 조절하는 것을 특징으로 하는 터널벽면 손상 검사방법.

청구항 16

제10항에 있어서,

상기 손상 탐지부(230)는 열적외선 영상정보로부터 생성된 검사영상에서 주변영역에 비해 표면온도가 낮은 부위를 추출하여 잠재적인 손상부위로 1차 선정하고 1차 선정된 해당부위에 대하여 가시광선 영상정보로부터 생성된 검사영상을 확인하여 주변영역에 비해 다른 표면을 보이는 경우 터널벽면이 손상되어 박리가 일어난 것으로 판단하는 것을 특징으로 하는 터널벽면 손상 검사방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 손상 탐지부(230)에 의해 잠재적인 손상부위로 1차 선정된 해당부위의 표면온도가 일정 온도 미만인 경우에는 해당부위에 대하여 내부 박리 여부에 더해 누수 여부도 추가적으로 판단하는 것을 특징으로 하는 터널벽면 손상 검사방법.

청구항 18

제10항에 있어서,

모델링 비교판단부(280)에 의해 상기 검사영상 생성부(160)에서 생성한 검사영상과 상기 드론(110)의 관성항법 정보를 기반으로 하여 시공 중에 있는 터널의 내부 모델링을 생성하고, 이를 터널의 설계도 모델링과 비교하여 터널의 시공 정확도를 판단하는 것을 특징으로 하는 터널벽면 손상 검사방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 터널벽면의 손상 검사 기술에 관한 것으로, 특히 드론을 이용한 근접 촬영에 의해 서로 다른 종류의 고해상도 영상정보를 취득하고 이를 비교, 분석함으로써 터널벽면의 손상부위를 보다 정확하게 감지할 수 있도록 한 드론을 이용한 터널벽면 손상 검사시스템 및 검사방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 사회기반시설인 터널은 시공불량이나 시간이 지남에 따라, 누수, 백태현상, 크랙(균열 등)이 발생하게 되며, 이를 오랫동안 방치하는 경우, 터널 붕괴나 내부의 전선의 노출로 인한 화재가 발생하는 등 사고의 위험을 안고 있다.

[0003] 이러한 사고의 예방을 위해서 터널벽면에 대한 정기적인 검사가 필요하며, 공간적 폐쇄성으로 인하여 주로 검사자가 직접 터널로 들어가 육안으로 확인하고 이를 스케치하거나 표시하는 방법으로 수행되어 왔다.

[0004] 하지만, 이처럼 검사자가 직접 터널 내부로 들어가는 경우 터널 특성상 유독가스에 의한 질식 및 건강 상의 위험이 존재하기 때문에 정확하고 지속적인 검사가 어려울 수밖에 없었다.

[0005] 따라서 최근에는 차량을 이용한 영상기반 진단장치가 제안되고 있으나, 터널의 시공 또는 중공 중에는 활용이 어렵고 터널벽면에 대한 근접 촬영에 제약이 있어서 고해상도 영상정보를 취득하기 어려우므로 미세한 손상을 감지하는데 어려움이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제1794198호(2017.10.31)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 이에 본 발명은 상기와 같은 종래의 제반 문제점을 해소하기 위해 제안된 것으로, 본 발명의 목적은 드론을 이용한 근접 촬영에 의해 서로 다른 종류의 고해상도 영상정보를 취득하고 이를 비교, 분석함으로써 터널벽면의 손상부위를 보다 정확하게 감지할 수 있도록 한 드론을 이용한 터널벽면 손상 검사시스템 및 검사방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 기술적 사상에 의한 터널벽면 손상 검사시스템은, 드론을 이용한 터널벽면 손상 검사시스템으로서, 터널 내부를 이동하는 드론; 상기 드론에 설치되어 장애물과 터널벽면을 감지하면서 상기 드론이 터널벽면과 근접한 위치에서 일정 거리를 유지할 수 있도록 한 감지부; 상기 드론에 설치되어 터널벽면을 촬영하면서 영상정보를 취득하는 촬영부; 상기 촬영부를 통해 취득한 영상정보에 대해 상대 좌표를 등록하여 터널벽면의 위치에 따른 검사영상을 생성하는 검사영상 생성부; 상기 검사영상 생성부에서 생성된 검사영상을 분석하여 손상부위를 탐지하는 손상 탐지부를 포함하며, 상기 촬영부는 가시광선 카메라와 열적외선 카메라를 구비하여 터널벽면에 대한 고해상도의 가시광선 영상정보와 열적외선 영상정보를 동시에 취득하며, 상기 손상 탐지부는 가시광선 영상정보와 열적외선 영상정보로부터 각각 생성된 이종의 검사영상을 함께 분석하여 손상부위 탐지의 정확성이 향상되도록 한 것을 그 기술적 구성상의 특징으로 한다.

[0009] 여기서, 상기 가시광선 카메라와 열적외선 카메라(156)는 좌우방향 회전 및 상하방향 틸팅이 가능하도록 상기 드론 몸체에 설치된 것을 특징으로 할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 드론에는 카메라 촬영시 터널벽면으로 빛을 조사할 수 있도록 한 촬영용 조명이 더 설치된 것을 특징으로 할 수 있다.

- [0011] 또한, 상기 감지부에는 드론의 전, 후, 좌, 우 방향, 상, 하 방향, 전방의 좌편과 우편에서 상측 경사방향으로 초음파를 송수신하는 초음파 송수신기(141)가 각각 설치되어 장애물 감지 및 감지된 장애물에 대한 거리측정을 수행할 수 있도록 한 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 검사영상 생성부에서 생성한 검사영상과 상기 드론의 관성항법 정보를 기반으로 하여 시공 중에 있는 터널의 내부 모델링을 생성하고, 이를 터널의 설계도 모델링과 비교하여 터널의 시공 정확도를 판단하는 모델링 비교판단부를 더 구비한 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 촬영부는 터널벽면에 대한 근적외선 영상정보를 취득할 수 있는 근적외선 카메라를 더 구비한 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 촬영부는 상기 가시광선 카메라, 근적외선 카메라 및 열적외선 카메라가 하나의 몸체에 설치된 모듈로 구비되되, 상기 가시광선 카메라와 근적외선 카메라는 지지플레이트로부터 진퇴 가능하도록 설치된 진퇴플레이트에 나란히 설치되어 드론의 이동과는 별도로 터널벽면과의 촬영거리를 자체 조절 가능하도록 하며, 상기 가시광선 카메라와 근적외선 카메라의 전면에는 각각 제1조리개와 제2조리개가 설치되어 촬영 면적을 조절할 수 있도록 한 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 진퇴플레이트에는 모터, 모터 구동에 의해 회전하는 롤러, 상기 롤러로부터 제1조리개와 제2조리개의 외측을 동시에 경유하는 벨트가 더 설치되어, 하나의 모터 및 롤러의 구동력만으로 상기 제1조리개와 제2조리개에 의한 시계를 모두 조절할 수 있도록 하며, 상기 가시광선 카메라와 근적외선 카메라에 의한 촬영을 교번하여 수행할 수 있도록 한 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 지지플레이트의 좌편과 우편에는 레이저광을 발사하여 터널벽면과의 거리를 측정할 수 있도록 한 레이저센서가 더 설치되어, 상기 레이저센서에 의해 측정된 터널벽면과의 거리를 기반으로 상기 진퇴플레이트를 진퇴시켜 터널벽면에 대한 상기 가시광선 카메라와 근적외선 카메라의 촬영거리를 일정하게 조절하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0017] 한편, 본 발명에 의한 터널벽면 손상 검사방법은, 터널벽면 손상 검사시스템을 이용한 터널벽면 손상 검사방법으로서, (a) 터널 내부에서 드론의 이동방향을 결정하는 단계; (b) 드론에 설치된 감지부에 의해 장애물과 터널벽면을 감지하면서 상기 드론을 터널벽면에 근접한 상태로 일정 거리를 유지하면서 자율이동시키는 단계; (c) 상기 드론에 설치된 촬영부에 의해 터널벽면을 촬영하여 영상정보를 취득하는 단계; (d) 검사영상 생성부가 상기 촬영부를 통해 취득한 영상정보에 대해 상대좌표를 등록하여 터널벽면의 위치에 따른 검사영상을 생성하는 단계; (e) 손상 탐지부가 상기 검사영상 생성부에서 생성된 검사영상을 분석하여 손상부위를 탐지하는 단계;를 포함하며, 상기 (c) 단계에서는 상기 촬영부가 구비하고 있는 가시광선 카메라와 열적외선 카메라를 이용하여 터널벽면에 대한 고해상도의 가시광선 영상정보와 열적외선 영상정보를 동시에 취득하며, 상기 (e) 단계에서는 상기 손상 탐지부가 가시광선 영상정보와 열적외선 영상정보로부터 각각 생성된 이종의 검사영상을 함께 분석하여 손상부위 탐지의 정확성이 향상되도록 한 것을 그 기술적 구성상의 특징으로 한다.
- [0018] 여기서, 상기 (b) 단계에서 드론이 터널 내부에서 상행선과 하행선을 따라 왕복 이동하되, 상행선 이동과 하행선 이동시 짐벌 상태를 유지하면서 터널벽면의 내주면을 따라 원호방향으로 이동하는 원호이동과, 터널의 길이 방향으로 이동하는 직선이동을 교번하여 수행하면서 순차 이동하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 (d) 단계에서는 터널벽면 전체 영역을 가로 50cm, 세로 50cm 미만의 크기를 갖는 다수의 단위영역으로 분할하며, 분할된 각 단위영역 별로 곡면영상을 평면영상으로 보정하고, 상대좌표를 등록하여 위치정보를 부여함으로써 검사영상을 생성하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 (c) 단계에서는 상기 촬영부가 구비한 근적외선 카메라를 이용하여 터널벽면에 대한 근적외선 영상정보를 더 취득하며, 상기 (e) 단계에서는 상기 손상 탐지부가 손상부위 탐지를 위하여 근적외선 영상정보를 더 이용하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 가시광선 카메라와 근적외선 카메라에 의한 터널벽면에 대한 촬영은 교번하여 수행되어, 터널벽면의 특정 영역에 대한 가시광선 영상정보와 근적외선 영상정보를 모두 취득할 수 있도록 한 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 촬영부는 가시광선 카메라, 근적외선 카메라 및 열적외선 카메라가 하나의 몸체에 설치된 모듈로 구비되되, 상기 가시광선 카메라와 근적외선 카메라가 지지플레이트로부터 진퇴 가능하도록 설치된 진퇴플레이트에 나란히 설치되어 드론의 이동과는 별도로 터널벽면에 대한 촬영거리를 자체 조절 가능하도록 하며,

- [0023] 상기 촬영부에는 레이저광을 발사하여 터널벽면과의 거리를 측정할 수 있도록 한 레이저센서가 더 설치되어, 상기 레이저센서에 의해 측정된 터널벽면과의 거리를 기반으로 상기 가시광선 카메라와 근적외선 카메라의 촬영거리를 일정하게 조절하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0024] 또한, 상기 손상 탐지부는 열적외선 영상정보로부터 생성된 검사영상에서 주변영역에 비해 표면온도가 낮은 부위를 추출하여 잠재적인 손상부위로 1차 선정하고 1차 선정된 해당부위에 대하여 가시광선 영상정보로부터 생성된 검사영상을 확인하여 주변영역에 비해 다른 표면을 보이는 경우 터널벽면이 손상되어 박리가 일어난 것으로 판단하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 손상 탐지부에 의해 잠재적인 손상부위로 1차 선정된 해당부위의 표면온도가 일정 온도 미만인 경우에는 해당부위에 대하여 내부 박리 여부에 더해 누수 여부도 추가적으로 판단하는 것을 특징으로 할 수 있다.
- [0026] 또한, 모델링 비교판단부에 의해 상기 검사영상 생성부에서 생성한 검사영상과 상기 드론의 관성항법 정보를 기반으로 하여 시공 중에 있는 터널의 내부 모델링을 생성하고, 이를 터널의 설계도 모델링과 비교하여 터널의 시공 정확도를 판단하는 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

- [0027] 본 발명에 의한 드론을 이용한 터널벽면의 손상 검사시스템 및 검사방법은 드론을 이용한 근접 촬영에 의해 서로 다른 종류의 고해상도 영상정보를 취득하고 이를 비교, 분석함으로써 터널벽면의 손상부위를 보다 정확하게 감지할 수 있다.
- [0028] 또한, 본 발명은 모델링 비교판단부의 구성에 의해 시공 완료된 터널벽면에 대하여 손상 여부를 탐지할 수 있을 뿐만 아니라 시공 중인 터널에 대하여도 설계도 모델링과 비교하여 정확하게 시공되고 있는지를 관리할 수 있는 장점을 갖는다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사시스템의 구성을 설명하기 위한 구성도
- 도 2는 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사시스템에서 드론의 정면도
- 도 3은 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사시스템에서 촬영부의 정면도
- 도 4는 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사시스템에서 촬영부의 평면도
- 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면의 손상 검사시스템에서 촬영부의 진퇴 동작을 설명하기 위한 일련의 참조도
- 도 6은 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사시스템에서 초음파 송수신부의 배치를 설명하기 위한 평면 배치도
- 도 7은 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사시스템에서 초음파 송수신부의 배치를 설명하기 위한 측면 배치도
- 도 8은 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사방법을 설명하기 위한 흐름도
- 도 9는 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사방법에서 드론의 터널 내 이동방법을 설명하기 위한 참조도
- 도 10은 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사방법에서 손상 지점을 탐지하는 방법을 설명하기 위한 참조도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 의한 터널벽면 손상 검사시스템 및 검사방법에 대하여 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하거나, 개략적인 구성을 이해하기 위하여 실

제보다 축소하여 도시한 것이다.

- [0031] 또한, 제1 및 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 한편, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0032] 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사시스템 및 검사방법은 드론(110)을 이용하여 터널벽면에 근접한 상태로 촬영하면서 터널의 손상 부위를 보다 정밀하게 감지할 수 있도록 한 것으로, 터널벽면에 대한 내부 박리, 누수는 물론, 터널 시공 중에 모델링 비교, 분석을 통해 터널의 시공이 정확하게 이루어지고 있는지도 판단할 수 있도록 구성된다.
- [0033] 아래에서는 먼저 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사시스템에 대해 설명하기로 한다.
- [0034] 도 1은 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사시스템의 구성을 설명하기 위한 구성도이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사시스템에서 드론의 정면도이며, 도 3은 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사시스템에서 촬영부의 정면도이며, 도 4는 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사시스템에서 촬영부의 평면도이며, 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면의 손상 검사시스템에서 촬영부의 진퇴 동작을 설명하기 위한 일련의 참조도이며, 도 6은 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사시스템에서 초음파 송수신부의 배치를 설명하기 위한 평면배치도이며, 도 7은 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사시스템에서 초음파 송수신부의 배치를 설명하기 위한 측면배치도이다.
- [0035] 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사시스템은 드론(110)을 비롯하여 드론(110)에 설치되는 제1중앙처리부(120), 제1전원공급부(130), 감지부(140), 촬영부(150), 검사영상 생성부(160), 제1데이터베이스(170), 제1통신부(180)와, 드론(110)으로부터 원격지에 위치한 컨트롤러 측에 설치되는 제2중앙처리부(210), 제2전원공급부(220), 손상 탐지부(230), 제2통신부(240), 제2데이터베이스(250), 조종부(260), 디스플레이(270), 모델링 비교판단부(280)를 기본 구성요소로 포함한다.
- [0036] 이같은 본 발명은 드론(110)을 터널벽면에 근접한 상태로 이동시키면서 촬영부(150)에 구비된 가시광선 카메라(152)와 열적외선 카메라(156)를 이용하여 터널벽면에 대한 고해상도의 가시광선 영상정보와 열적외선 영상정보를 동시에 취득하며, 이때 취득한 고해상도의 가시광선 영상정보와 열적외선 영상정보를 함께 비교, 분석함으로써 터널벽면의 손상부위를 보다 정확하게 탐지할 수 있는 것이다.
- [0037] 이하, 상기 각 구성요소들을 중심으로 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사시스템에 대해 설명하기로 한다.
- [0038] 상기 드론(110)은 공지된 것처럼 조종사의 탑승없이 무선전파 유도에 의해서 비행 및 조종이 가능하도록 무인항공기로서 초음파를 이용한 감지부(140)에 의해 터널벽면을 따라 근접 이동하면서 서로 다른 종류의 영상정보를 취득할 수 있는 가시광선 카메라(152), 근적외선 카메라(153) 및 열적외선 카메라(156)를 운반하는 역할을 한다.
- [0039] 상기 제1중앙처리부(120)는 드론(110)의 이동을 비롯하여 드론(110)에 탑재된 제1전원공급부(130), 감지부(140), 촬영부(150), 검사영상 생성부(160), 제1데이터베이스(170), 제1통신부(180)에서 필요로 하는 연산 및 제어를 담당한다.
- [0040] 상기 제1전원공급부(130)는 드론(110)과, 드론(110)에 탑재된 제1중앙처리부(120), 감지부(140), 촬영부(150), 검사영상 생성부(160), 제1데이터베이스(170), 제1통신부(180)가 소비하는 전력의 공급을 담당하며, 하나 또는 둘 이상의 배터리로 구비될 수 있다.
- [0041] 상기 감지부(140)는 드론(110)에서 장애물과 터널벽면을 감지하면서 상기 드론(110)이 터널벽면과 근접한 위치에서 일정 거리를 유지하면서 이동할 수 있도록 해준다. 상기 감지부(140)는 도 2와 도 6 및 도 7에 도시된 것처럼 초음파를 송수신하는 초음파 송수신기(141)를 구비한다. 초음파 송수신기(141)는 기본적으로 드론(110)의 전, 후, 좌, 우 방향에 설치되며, 이에 더해 드론(110) 전방의 좌편과 우편에서 상측 경사방향으로 설치된다.

상측 경사방향으로 설치된 초음파 송수신기(141)의 경우에는 드론(110)이 카메라 촬영을 위해 터널벽면을 향해 근접한 상태에 있을 때 터널벽면과의 거리를 보다 안정적으로 유지하기 위해 추가된 것으로 드론(110)의 전측 방향과 상측 방향 초음파 송수신기(141)의 탐지영역 중간 지점을 탐지하면서, 드론(110)의 전측 방향과 좌측 및 우측방향 초음파 송수신기(141)의 탐지영역 중간 지점을 탐지할 수 있도록 상방으로는 45도 정도의 각도, 우측방 45도, 좌측방 45도의 각도로 설치되는 것이 바람직하다. 이같은 초음파 송수신기(141)의 배치에 따르면 드론(110)의 이동시 장애물을 원활히 감지하여 회피하는 것은 물론, 드론이 터널벽면에 근접하여 이동할 때 터널벽면과의 이격거리를 안정적으로 유지할 수 있도록 해준다.

[0042] 상기 촬영부(150)는 상기 드론(110)에 설치되어 터널벽면을 촬영하면서 영상정보를 취득하는 역할을 담당하도록 마련된 것으로 터널벽면의 손상 여부를 판단하는데 가장 중요한 구성이라 할 수 있다. 상기 촬영부(150)는 가시광선 카메라(152)와 열적외선 카메라(156)를 구비하여 터널벽면에 대한 고해상도의 가시광선 영상정보와 열적외선 영상정보를 동시에 취득하며, 이에 더해 근적외선 카메라(153)를 구비하여 근적외선 영상정보까지 취득하는 것이 바람직하다. 단, 장단점은 있지만 근적외선 카메라(153)와 열적외선 카메라(156)만 조합된 구성도 가능하다.

[0043] 좀 더 구체적으로 살펴보면, 상기 촬영부(150)에는 도 3 및 도 4에 도시된 것처럼 가시광선 카메라(152), 근적외선 카메라(153) 및 열적외선 카메라(156)가 하나의 몸체에 설치된 모듈 형태로 구비된다. 가시광선 카메라(152)와 근적외선 카메라(153)는 지지플레이트(151a)로부터 진퇴 가능하도록 설치된 진퇴플레이트(151b)에 나란히 설치되어 드론(110)이 더 이상 터널벽면에 더 이상 접근하기 어려운 상태에서도 카메라 촬영거리를 더 가까이 할 수 있으며 촬영거리를 촬영부(150) 자체적으로 정밀하게 조절 가능하다. 여기서 진퇴플레이트(151b)의 진퇴동작을 위해서 도 4에 도시된 것처럼 전후방향으로 길게 설치된 스크루(151c)가 구비되는데, 상기 스크루(151c)의 선단부는 진퇴플레이트(151b)의 중앙부를 지지한 상태로 설치되고 후단부는 지지플레이트(151a)에 설치된 암나사부재(151d)를 관통한 상태로 나사결합된다. 이로써 스크루(151c)나 암나사부재(151d)가 모터 동력을 제공받아 회전하면 그 회전방향에 따라 진퇴플레이트(151b)와, 이에 수반된 가시광선 카메라(152), 근적외선 카메라(153) 및 열적외선 카메라(156)가 전진하거나 후퇴할 수 있게 된다.

[0044] 또한, 진퇴플레이트(151b)의 좌편과 우편에는 진퇴플레이트(151b)의 진퇴동작을 안내하기 위한 한 쌍의 가이드봉(151f)이 설치된다. 상기 한 쌍의 가이드봉(151f)은 원기둥 형상을 갖는 부재로서 각각 전후방향으로 길게 설치되어 진퇴플레이트(151b)를 관통한 상태에서 진퇴플레이트(151b)의 진퇴동작을 안내하게 된다. 상기 가이드봉(151f)은 후단부가 상기 지지플레이트(151a)에 고정된 상태에서 선단부는 지지바(151e)에 지지된다. 상기 지지바(151e)의 경우 후단부는 지지플레이트(151a)에 고정되어 있으며 선단부는 전술된 것처럼 가이드봉(151f)의 선단부에 결합된 상태에서 가이드봉(151f)을 지지한다. 이처럼 상기 진퇴플레이트(151b)의 진퇴동작을 안내하는 가이드봉(151f)이 구비되면 진퇴플레이트(151b)와 그에 수반된 가시광선 카메라(152), 근적외선 카메라(153) 및 열적외선 카메라(156)의 진퇴동작이 흔들림없이 안정적으로 이루어져 촬영 중 이격거리 조절을 흔들림 없는 영상을 취득하는데 도움이 된다.

[0045] 한편, 상기 촬영부(150)에서 가시광선 카메라(152)와 근적외선 카메라(153)의 경우 진퇴플레이트(151b)에 전방을 향해 나란히 설치되며, 그 전면에는 각각 제1조리개(155a)와 제2조리개(155b)가 설치되어 촬영 면적을 조절할 수 있도록 구성된다. 여기서, 상기 진퇴플레이트(151b)에는 모터, 모터 구동에 의해 회전하는 롤러(155d), 상기 롤러(155d)로부터 제1조리개(155a)와 제2조리개(155b)의 외측을 동시에 경유하는 벨트(155e)가 더 설치된다. 이같은 독특한 구성에 따르면 단하나의 모터 구동력을 공유함으로써 제1조리개(155a)와 제2조리개(155b)에 의한 시계를 모두 조절할 수 있다는 장점이 있게 된다. 이로써, 가시광선 카메라(152)와 근적외선 카메라(153)에 의한 촬영을 선택적으로 수행할 수 있는데, 일반모드에서는 터널벽면의 동일 영역에 드론(110)이 멈췄을 때 제1조리개(155a)와 제2조리개(155b)를 교대로 순차 개방하여 가시광선 카메라(152)와 근적외선 카메라(153)에 의한 촬영을 모두 수행한다.

[0046] 상기 촬영부(150)에는 지지플레이트(151a)의 좌편과 우편에 레이저광을 발사하여 터널벽면과의 거리를 측정할 수 있도록 한 레이저센서(154)가 더 설치된다. 이같은 레이저센서(154)가 구비되면 감지부(140)가 초음파를 이용하는 것보다 더욱 정밀한 거리측정이 가능하게 되어 가시광선 카메라(152), 근적외선 카메라(153) 및 열적외선 카메라(156)가 터널벽면에 대해 매우 정확한 이격을 두고 촬영하는 것이 가능해진다. 터널벽면과의 이격거리를 정밀하게 조절할 때 주목할 점은 상기 레이저센서(154)에 의한 거리측정을 기반으로 드론(110)의 이동이 아닌 진퇴플레이트(151b)의 진퇴동작을 통해 가시광선 카메라(152), 근적외선 카메라(153) 및 열적외선 카메라(156)의 위치를 조절하는 방법으로 이루어진다는 점이다. 이와 같이 레이저센서(154)에 의한 터널벽면과의 정밀한 거리 측정을 기반으로 하는 각 카메라의 자체 이격거리 조절 기능을 통해 터널벽면에 대한 고품질의 영상을

일관되게 취득할 수 있게 되며, 이로써 영상의 크기 및 해상도를 보정하는 후처리의 부담을 대폭 줄일 수 있게 된다.

- [0047] 한편, 상기 가시광선 카메라(152), 근적외선 카메라(153) 및 열적외선 카메라(156)는 좌우방향 회전 및 상하방향 틸팅이 가능하도록 구성된다. 이를 위해 상기 촬영부(150)는 지지플레이트(151a)를 상하방향으로 틸팅 가능하게 지지하는 틸팅지지부재(158b)와 상기 틸팅지지부재(158b)를 드론(110) 몸체에 대하여 좌우방향으로 회전 가능하게 지지하는 회전지지부재(158a)를 구비한다.
- [0048] 상기 검사영상 생성부(160)는 촬영부(150)에 구비된 각 카메라를 통해 취득한 영상정보에 대해 상대좌표를 등록하여 터널벽면의 위치에 따른 검사영상을 생성하는 역할을 담당한다. 이를 위해 상기 검사영상 생성부(160)는 터널벽면 전체 영역을 가로 50cm, 세로 50cm 미만의 크기로, 바람직하게는 가로 30cm, 세로 30cm의 사각형 단위 영역으로 분할하며, 이같은 단위영역에 상대좌표를 등록하여 위치정보를 부여함으로써 검사영상을 생성한다. 이 과정에서 곡면영상을 평면영상으로 보정하는 등의 보정이 수반된다. 이같은 검사영상 생성부(160)는 드론(110)에 탑재되어 상기 촬영부(150)에서 취득한 영상정보로부터 곧바로 검사영상을 생성할 수도 있고, 원격지에 위치하는 컨트롤러 측에 설치될 수도 있다.
- [0049] 상기 제1데이터베이스(170)는 드론(110)에 설치되며, 상기 촬영부(150)에서 취득한 영상정보를 저장하는 역할을 한다. 상기 제1데이터베이스(170)에 저장되는 데이터는 컨트롤러 측의 제2데이터베이스(250)에도 전달되어 동시에 저장되는 것이 바람직하며, 드론(110)의 무게를 줄이기 위해서는 제1데이터베이스(170)의 설치를 생략하고 컨트롤러 측에만 제2데이터베이스(250)를 설치하는 것도 가능하다. 상기 제1데이터베이스(170)에는 촬영부(150)의 카메라가 촬영하여 취득한 영상정보 뿐 아니라 드론(110)의 관성항법 정보 등 드론(110)과 드론(110)에 탑재된 장비를 통해 얻어지는 정보를 저장하게 된다.
- [0050] 상기 제1통신부(180)는 드론(110)에 설치되며 드론(110) 내부 간 통신과 드론(110) 외부와의 통신을 담당한다. 상기 제1통신부(180)는 공지된 통신인터페이스로 구비될 수 있으며 컨트롤러 측으로부터 드론(110)의 이동을 유도하기 위해 생성된 데이터를 수신하거나 촬영부(150)에서 취득한 영상정보 데이터, 검사영상 생성부(160)에서 생성한 검사영상 데이터를 송신하는 등 드론(110)측의 모든 통신 기능을 담당하게 된다.
- [0051] 제2중앙처리부(210)는 컨트롤러 측에 설치되어, 제1전원공급부(130), 손상 탐지부(230), 제2통신부(240), 제2데이터베이스(250), 조종부(260), 디스플레이(270), 모델링 비교판단부(280)에서 필요로 하는 연산 및 제어를 담당하며, 드론(110)측에 설치된 제1중앙처리부(120)와 협력하게 된다.
- [0052] 상기 제2전원공급부(220)는 컨트롤러 측에 설치되어 제2중앙처리부(210), 손상 탐지부(230), 제2통신부(240), 제2데이터베이스(250), 조종부(260), 디스플레이(270), 모델링 비교판단부(280)에 대한 전력의 공급을 담당하며, 하나 또는 둘 이상의 배터리로 구비될 수 있다.
- [0053] 상기 손상 탐지부(230)는, 상기 검사영상 생성부(160)에서 생성된 검사영상을 분석하여 손상부위를 탐지하는 역할을 한다. 이를 위해 상기 손상 탐지부(230)는 도 10에서 볼 수 있는 것처럼 가시광선 영상정보와 열적외선 영상정보로부터 각각 생성된 이종의 검사영상을 함께 분석한다. 이때 열적외선 영상정보로부터 생성된 검사영상에서 주변영역에 비해 표면온도가 낮은 부위를 추출하여 잠재적인 손상부위로 1차 선정하고, 1차 선정된 해당부위에 대하여 가시광선 영상정보로부터 생성된 검사영상을 확인하여 주변영역에 비해 다른 표면 즉, 설정된 일정 수준 이상의 표면 형태, 색상의 차이를 보이는 경우 터널벽면이 손상되어 박리가 일어난 것으로 판단한다. 또한, 상기 손상 탐지부(230)에 의해 잠재적인 손상부위로 1차 선정된 해당부위의 표면온도가 일정 온도 미만인 경우에는 해당부위에 대하여 박리 여부에 더해 누수 여부도 판단하게 된다. 열적외선 영상에서 누수가 일어나는 지점의 경우 하절기 기준으로 섭씨 10도 미만의 온도를 나타내기 때문에 주변에 비해 현저히 낮은 온도 분포를 보이며, 형태적으로는 물의 흐름을 따라 하방향으로 길게 형성되는 경향이 있으므로 누수 여부를 충분히 판단할 수 있다.
- [0054] 상기 제2통신부(240)는 컨트롤러 측에 설치되며 컨트롤러 내부 간 통신과, 드론(110)을 포함한 컨트롤러 외부와의 통신을 담당한다. 상기 제2통신부(240)는 상기 드론(110)측에서 송신하는 데이터를 수신하는데 여기에는 촬영부(150)에서 취득한 영상정보 데이터, 검사영상 생성부(160)에서 생성한 검사영상 데이터가 포함된다. 컨트롤러 측의 조종부(260)에서 드론(110)의 이동을 제어하기 위해 생성한 데이터의 경우 상기 제2통신부(240)를 통해 송신되어 제1통신부(180)에서 수신된 후 제1중앙처리부(120)로 보내진다.
- [0055] 상기 제2데이터베이스(250)는 컨트롤러 측에 설치되며, 드론(110)에 탑재된 촬영부(150)와 검사영상 생성부(160)에서 생성된 후 전송된 영상정보와 검사영상 데이터를 모두 저장한다. 또한 드론(110)의 관성항법 정보 등

드론(110)에 탑재된 장비를 통해 얻어지는 모든 정보를 제1데이터베이스(170)와 함께 저장하게 된다.

- [0056] 상기 조종부(260)는 상기 드론(110)을 이동 및 동작을 수작업으로 조작하기 위한 각종의 조작버튼 및 스위치, 컨트롤 레버, 스위치 등을 구비한다. 이같은 조종부(260)는 수동으로 드론(110)을 조종하기 위한 것으로 정상시에는 터널 형태를 고려하여 입력된 항로를 따라 드론(110)이 자율이동하게 된다.
- [0057] 상기 디스플레이(270)는 드론(110)에서 탑재된 카메라들에서 촬영 중인 영상을 표시하며, 검사영상 생성부(160)에서 생성한 각각의 검사영상을 표시한다.
- [0058] 상기 모델링 비교판단부(280)는, 상기 검사영상 생성부(160)에서 생성한 검사영상과 상기 드론(110)의 관성항법 정보를 기반으로 하여 시공 중에 있는 터널의 내부 모델링을 생성하고, 이를 터널의 설계도 모델링과 비교하여 터널의 시공 정확도를 판단하는 역할을 한다. 이같은 모델링 비교판단부(280)가 구비된 구성에 따르면 단지 시공 완료된 터널벽면에 대하여 손상 여부를 탐지할 수 있을 뿐만 아니라 시공 중인 터널에 대하여 설계도 모델링과 비교하여 정확하게 시공되고 있는지를 관리할 수 있는 장점을 갖는다.
- [0059] 계속해서, 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면의 손상 검사방법에 대해 설명하기로 한다.
- [0060] 도 8은 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사방법을 설명하기 위한 흐름도이고, 도 9는 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사방법에서 드론의 터널 내 이동방법을 설명하기 위한 참조도이며, 도 10은 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면 손상 검사방법에서 손상 지점을 탐지하는 방법을 설명하기 위한 참조도이다.
- [0061] 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 의한 터널벽면의 손상 검사방법은, 드론의 이동방향을 결정하는 단계(a), 드론을 터널벽면에 근접한 상태로 자율이동하는 단계(b), 터널벽면을 촬영하여 영상정보를 취득하는 단계(c), 상대좌표를 등록하여 검사영상을 생성하는 단계(d), 검사영상을 분석하여 손상부위를 탐지하는 단계(e), 터널의 시공 정확도를 판단하는 단계(f)를 포함하여 이루어진다.
- [0062] 상기 드론의 이동방향을 결정하는 단계(a)에서는 도 9에서 볼 수 있는 것처럼 터널의 설계도 모델링을 기반으로 드론(110)의 이동방향 및 초기 이동경로를 설정하게 된다. 여기서 이동방향의 경우 도 9에서 볼 수 있듯이 상행선과 하행선을 따라 왕복 이동하게 되는데 상행선과 하행선 중 어디를 따라 먼저 이동할 것인지를 결정하는 것을 의미하며, 초기 이동경로의 경우 터널의 설계도 모델링을 기반으로 하여 짐벌 상태를 유지하면서 터널벽면의 내주면을 따라 원호방향으로 이동하는 원호이동과, 터널의 길이방향으로 이동하는 직선이동을 교번하여 수행하면서 순차이동하기 위한 이동경로를 결정하는 것을 의미한다. 이같은 초기 이동경로의 경우 실제로 드론(110)이 터널 내부를 이동하는 중에 장애물이 감지되거나 터널벽면의 실제 형상이 설계도 모델링과 다르거나, 돌발상황이 발생하는 등의 상황에서 자율적으로 변경된다. 만일 터널이 시공 중인 경우라면 이를 감안하여 드론(110)의 이동방향 및 초기 이동경로를 설정하여 준다.
- [0063] 상기 드론을 터널벽면에 근접한 상태로 자율이동하는 단계(b)에서는 드론(110)에 설치된 감지부(140)의 초음파 송수신기(141)에 의해 장애물과 터널벽면을 감지하면서 드론(110)을 터널벽면에 근접한 상태로 자율이동시키게 된다. 이때 드론(110)은 도 9에 도시된 것처럼 터널 내부에서 상행선과 하행선을 따라 왕복 이동하며, 상행선 이동과 하행선 이동시 짐벌 상태를 유지하면서 터널벽면의 내주면을 따라 원호방향으로 이동하는 원호이동(①, ③)과, 터널의 길이방향으로 이동하는 직선이동(②, ④)을 교번하여 수행하면서 순차이동하게 된다.
- [0064] 상기 터널벽면을 촬영하여 영상정보를 취득하는 단계(c)에서는 드론(110)에 설치된 촬영부(150)의 가시광선 카메라(152), 근적외선 카메라(153) 및 열적외선 카메라(156)가 터널벽면을 근접 촬영하여 영상정보를 취득하게 된다. 이때 이동 중인 드론(110)과 터널벽면과의 이격거리는 초음파 송수신기(141)의 감지를 기반으로 일정하게 유지되고는 있으나 촬영부(150)에 설치된 레이저센서(154)가 터널벽면과의 이격거리를 더욱 정밀하게 측정하고 이를 기반으로 하여 진퇴플레이트(151b)를 진퇴시키는 방법으로 가시광선 카메라(152), 근적외선 카메라(153) 및 열적외선 카메라(156)의 촬영거리를 보다 정밀하게 조절하는 것이 가능하다. 이로써 가시광선 카메라(152), 근적외선 카메라(153) 및 열적외선 카메라(156)로부터 얻어지는 영상들을 고품질이면서 일관성 있는 것으로 얻을 수 있다.
- [0065] 상기 상대좌표를 등록하여 검사영상을 생성하는 단계(d)에서는, 검사영상 생성부(160)가 촬영부(150)를 통해 취득한 영상정보에 대해 상대좌표를 등록하여 터널벽면의 위치에 따른 검사영상을 생성한다. 이때 검사영상 생성부(160)는 터널벽면 전체 영역을 가로 50cm, 세로 50cm 미만의 크기, 바람직하게는 가로 30cm, 세로 30cm의 크기를 갖는 다수의 단위영역으로 분할하며, 분할된 각 단위영역 별 영상에 대해서는 곡면영상을 평면영상으로 평탄화 보정을 수행하고, 여기에 상대좌표를 등록함으로써 검사영상을 생성하게 된다.

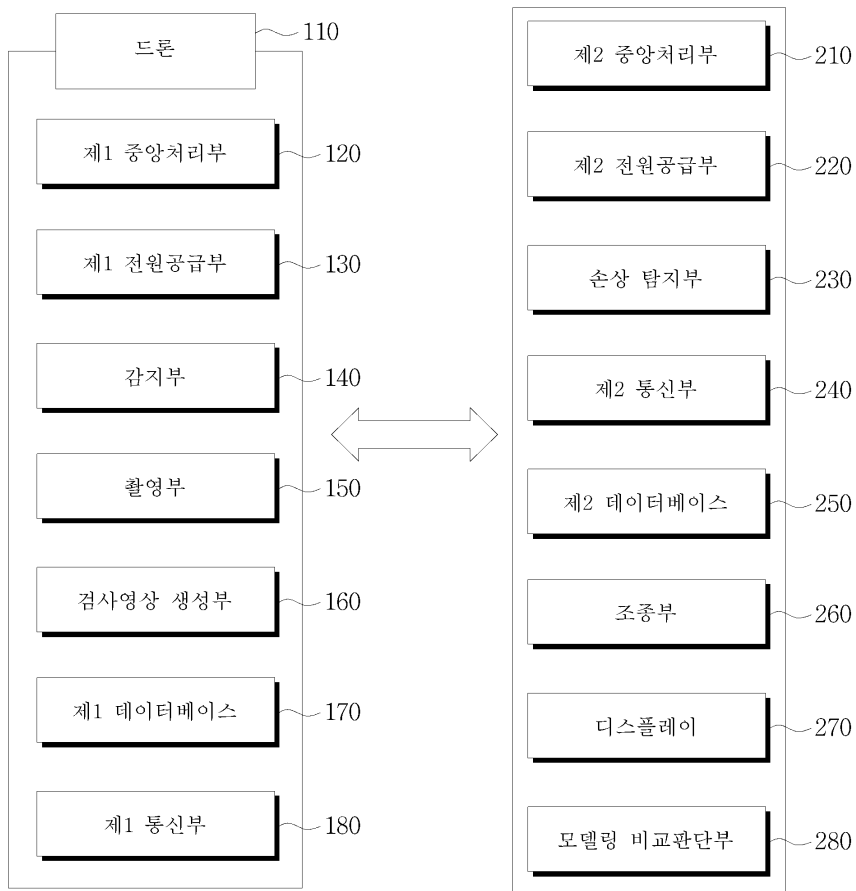
- [0066] 상기 검사영상을 분석하여 손상부위를 탐지하는 단계(e)에서는, 도 10에 도시된 것처럼 손상 탐지부(230)가 가시광선 영상정보와 열적외선 영상정보로부터 각각 생성된 검사영상들을 함께 비교, 분석하여 손상부위를 탐지한다. 이를 위해 열적외선 영상정보로부터 생성된 검사영상에서 주변영역에 비해 표면온도가 낮은 부위를 추출하여 잠재적인 손상부위로 1차 선정하고, 1차 선정된 해당부위에 대하여 가시광선 영상정보로부터 생성된 검사영상을 확인하여 주변영역에 비해 다른 표면 즉, 설정된 일정 수준 이상의 표면 양상을 보이거나 색상 차이를 보이는 경우 터널벽면이 손상되어 박리가 일어난 것으로 판단한다. 또한, 상기 손상 탐지부(230)에 의해 잠재적인 손상부위로 1차 선정된 해당부위의 표면온도가 일정 온도 미만인 경우에는 해당부위에 대하여 박리 여부에 더해 누수 여부도 추가적으로 판단하게 된다. 누수가 일어나는 지점의 경우 하절기 기준으로 섭씨 10도 미만의 온도를 나타내며, 그와 같이 낮은 온도의 영역이 물의 흐름을 따라 하방향으로 길게 형성되는 형태적 특징을 보이므로 열적외선 사진을 통해 누수 여부를 충분히 판단할 수 있다.
- [0067] 여기서, 상기 손상 탐지부(230)를 사용하여 근적외선 카메라(153)가 생성한 근적외선 영상정보를 추가정보로 더 이용함으로써 손상부위를 보다 정확하게 탐색하는 것이 바람직하다. 가시광선 영상의 경우 주로 터널벽면의 표면 변화만 파악할 수 있는데 비해 근적외선 영상의 경우 터널벽면 표면 내부의 변화까지 파악하는 것이 가능하므로 터널벽면의 내부에서 일어난 박리까지도 탐지하는데 더 유용하게 사용될 수 있다. 그러므로 가시광선 카메라(152)가 생성한 가시광선 영상정보와 함께 근적외선 카메라(153)가 생성한 근적외선 영상정보를 종합하여 터널벽면의 손상부위를 판단한다면 보다 정확한 진단결과를 얻을 수 있는 것이다.
- [0068] 상기 터널의 시공 정확도를 판단하는 단계(f)에서는 모델링 비교판단부(280)에 의해 검사영상 생성부(160)에서 생성한 검사영상과 드론(110)의 관성항법 정보를 기반으로 하여 시공 중에 있는 터널의 내부 모델링을 생성하고, 이를 터널의 설계도 모델링과 비교하여 터널의 시공 정확도를 판단하게 된다. 이를 통해 이미 시공 완료된 터널의 시공 정확도를 판단할 수 있는 것은 물론 시공 중인 터널에 대해서도 시공 정확도를 판단할 수 있으므로 터널의 시공 중에 문제가 되는 시공구간을 바로잡는데 큰 도움이 될 것으로 기대된다.
- [0069] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하였으나, 본 발명은 다양한 변화와 변경 및 균등물을 사용할 수 있다. 본 발명은 상기 실시예를 적절히 변형하여 동일하게 응용할 수 있음이 명확하다. 따라서 상기 기재 내용은 하기 특허청구범위의 한계에 의해 정해지는 본 발명의 범위를 한정하는 것이 아니다.

부호의 설명

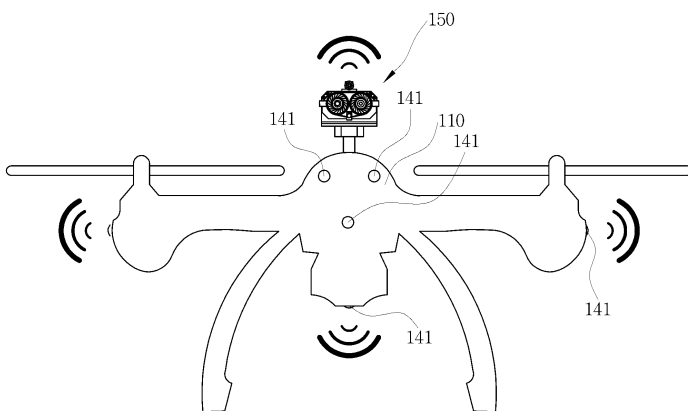
- [0070] 110 : 드론
- 120 : 제1중앙처리부
- 130 : 제1전원공급부
- 140 : 감지부
- 150 : 촬영부
- 160 : 검사영상 생성부
- 170 : 제1데이터베이스
- 180 : 제1통신부
- 210 : 제2중앙처리부
- 220 : 제2전원공급부
- 230 : 손상 탐지부
- 240 : 제2통신부
- 250 : 제2데이터베이스
- 260 : 조종부
- 270 : 디스플레이
- 280 : 모델링 비교판단부

도면

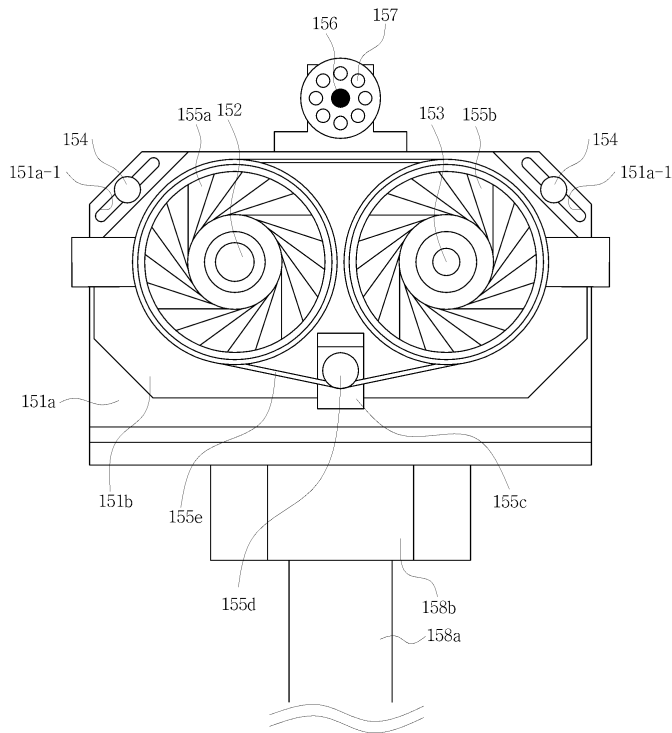
도면1



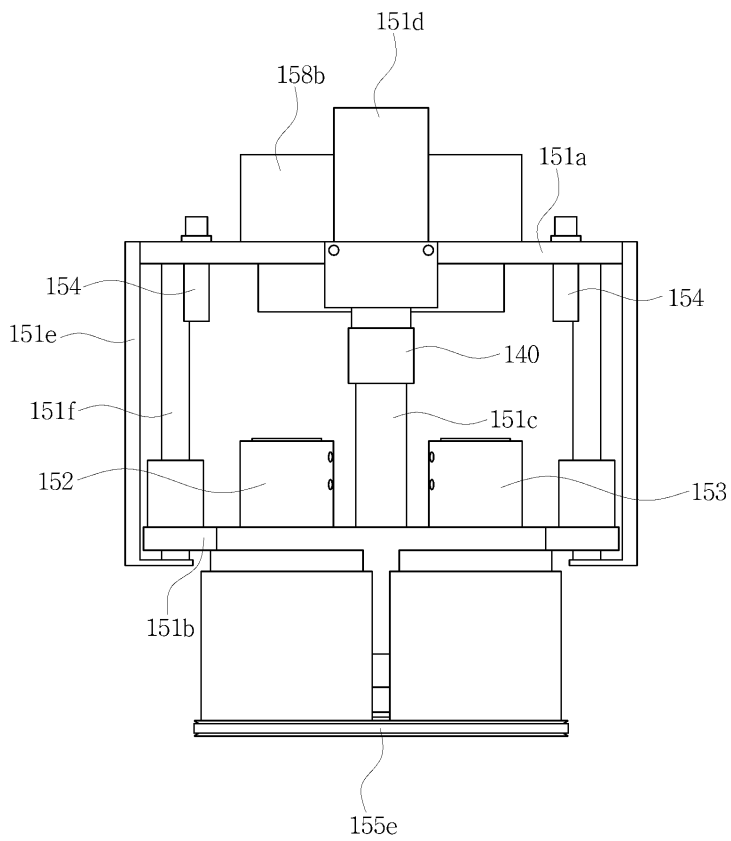
도면2



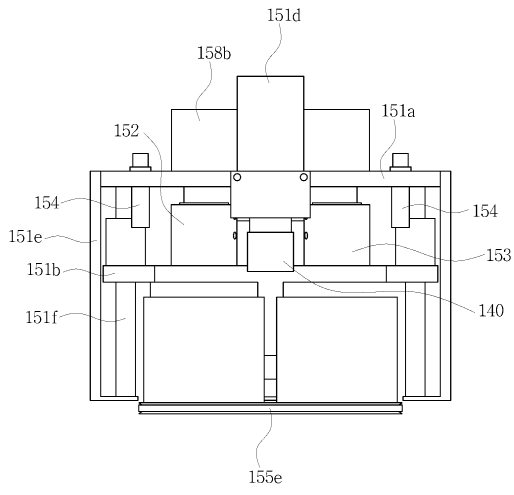
도면3



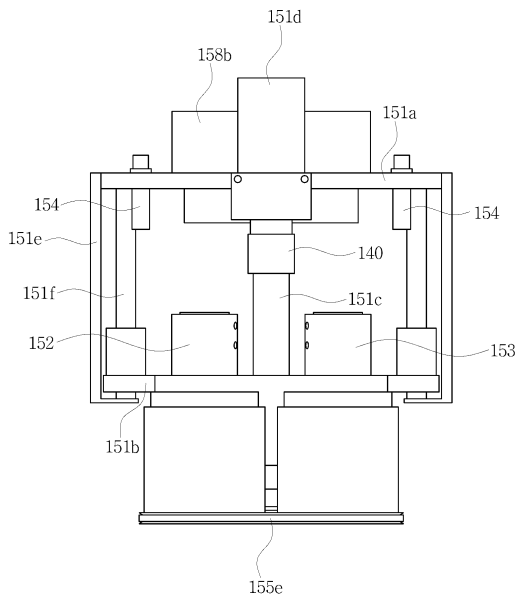
도면4



도면5a

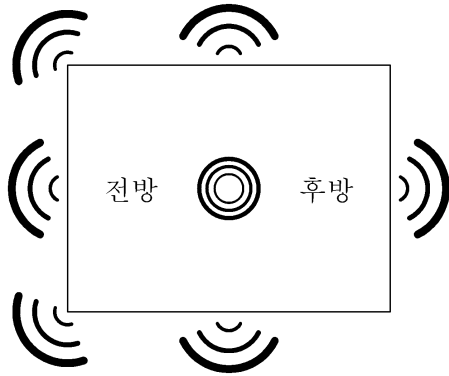


도면5b



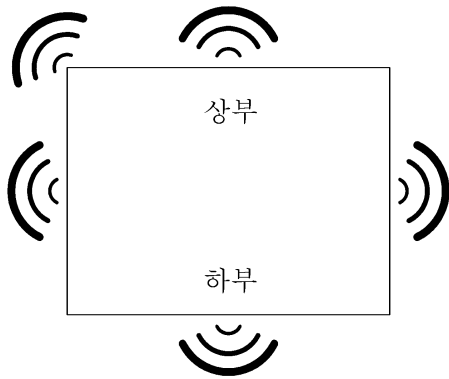
도면6

평면도

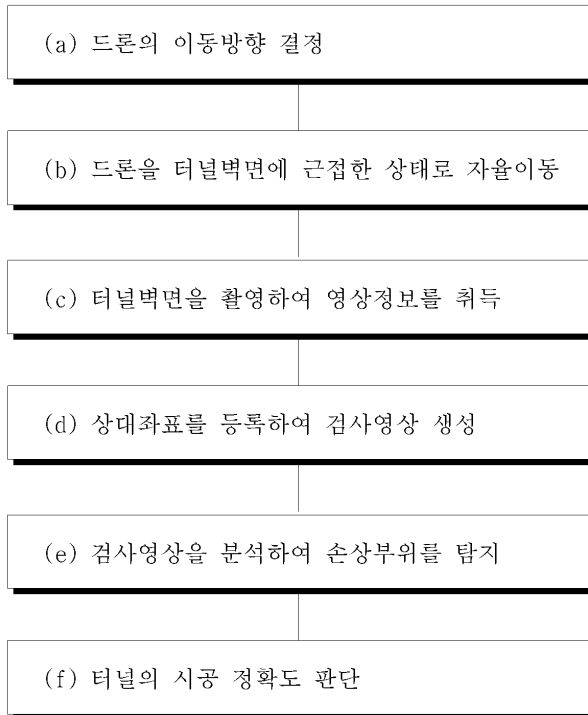


도면7

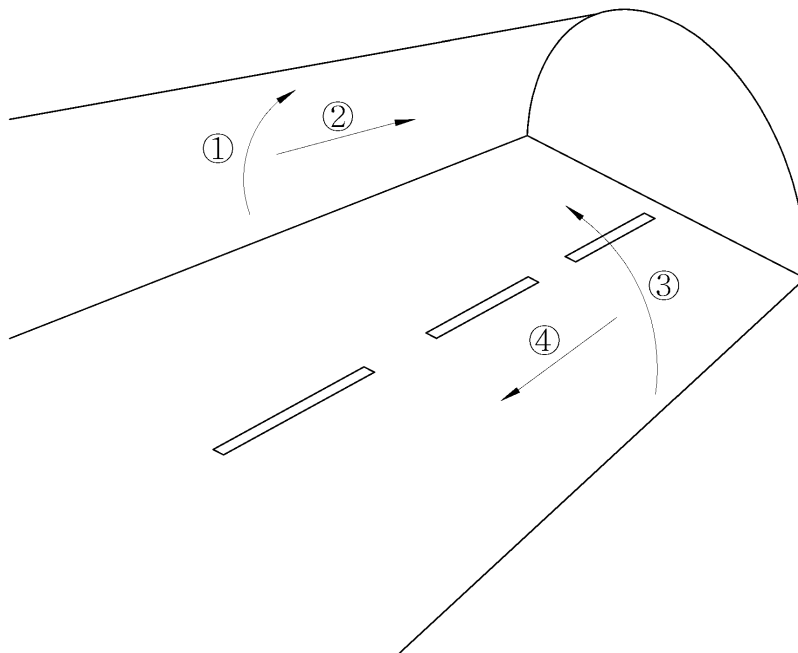
측면도



도면8



도면9



도면10

