



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0037532
(43) 공개일자 2018년04월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/00 (2017.01) B64C 39/02 (2006.01)
B64D 47/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06T 7/337 (2017.01)
B64C 39/024 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0127830
(22) 출원일자 2016년10월04일
심사청구일자 2016년10월04일

(71) 출원인
계명대학교 산학협력단
대구광역시 달서구 달구벌대로 1095, 계명대학교
산학협력관 201호(신당동)
주식회사 삼우기술
대구광역시 달서구 상화로 177, 2층(상인동)
(72) 발명자
고병철
대구광역시 수성구 범어천로 107 (범어동, 범어
STX KAN) 103동 701호
장준호
대구광역시 수성구 상록로 69 래미안수성아파트
101동 203호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김진우

전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 드론과 열 영상 카메라를 이용하여 열 영상을 획득하는 열 영상 획득부; 상기 열 영상 획득부에서 획득된 열 영상을 분석하여 싱크홀 후보 영역을 추출하는 후보 검출부; 및 상기 후보 검출부에서 추출된 싱크홀 후보 영
(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



역에서 오검출 영역을 제외하고 최종 싱크홀 영역을 추출하는 검증부를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.

또한, 본 발명은 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 (1) 열 영상 획득부가 드론과 열 영상 카메라를 이용하여 열 영상을 획득하는 단계; (2) 후보 검출부가 상기 단계 (1)에서 획득된 열 영상을 분석하여 싱크홀 후보 영역을 추출하는 단계; 및 (3) 검증부가 상기 단계 (2)에서 추출된 싱크홀 후보 영역에서 오검출 영역을 제외하고 최종 싱크홀 영역을 추출하는 단계를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.

본 발명에서 제안하고 있는 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템 및 방법에 따르면, 원격외선 열 영상 카메라가 부착된 드론을 이용하여 촬영된 열 영상을 분석하여 싱크홀 후보 영역 및 최종 싱크홀 영역을 추출함으로써, 비파괴적으로 싱크홀 영역을 탐지할 수 있어, 파괴적 탐지로 인한 지질층 파괴와 싱크홀 발달의 악화를 방지할 수 있으며, 적은 비용으로 광범위한 지역을 효율적으로 탐지할 수 있다.

또한, 본 발명에 따르면, 3단계의 전처리 과정을 통해 신뢰도 높은 싱크홀 후보 영역을 추출할 수 있으며, 가벼운 버전의 회선 신경망 기술(the light-CNN)을 이용하여 기존의 회선 신경망 기술(CNN)을 이용하는 경우에 비하여 학습 시간이 단축 및 실시간 점검이 가능하여 시간 및 비용 측면에도 보다 효율적으로 싱크홀 영역을 추출할 수 있고, 계층적 랜덤 포레스트 분류기(BRF)를 이용하여 회선 신경망 기술로는 분류해낼 수 없는 색채, 질감 및 형상 등의 특징들을 반영하여 분류할 수 있어, 싱크홀 영역 탐지의 정확도가 높아질 수 있다.

(52) CPC특허분류

B64D 47/08 (2013.01)

G06T 7/194 (2017.01)

B64C 2201/12 (2013.01)

B64C 2201/127 (2013.01)

G06T 2207/10048 (2013.01)

(72) 발명자

신상영

경상북도 영천시 고경면 사덕로 608 (상덕리)

이은주

대구광역시 달서구 장산남로 33 롯데캐슬아파트
106-105

이달재

대구광역시 달서구 상화로 177 (상인동)

명세서

청구범위

청구항 1

드론(130)과 열 영상 카메라(110)의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템으로서,
 드론(130)과 열 영상 카메라(110)를 이용하여 열 영상을 획득하는 열 영상 획득부(100);
 상기 열 영상 획득부(100)에서 획득된 열 영상을 분석하여 싱크홀 후보 영역을 추출하는 후보 검출부(200); 및
 상기 후보 검출부(200)에서 추출된 싱크홀 후보 영역에서 오검출 영역을 제외하고 최종 싱크홀 영역을 추출하는
 검증부(300)를 포함하는 것을 특징으로 하는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시
 스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 열 영상 획득부(100)는,
 원적외선 열영상(thermal far-infrared, FIR) 카메라(110)가 부착된 드론(130)을 이용하여 열 영상을 획득하는
 것을 특징으로 하는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 후보 검출부(200)는,
 상기 열 영상에서 다른 영역에 비하여 상대적으로 낮은 열에너지를 갖는 영역을 상기 싱크홀 후보 영역으로 분
 류하는 것을 특징으로 하는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 후보 검출부(200)는,
 상기 열 영상 획득부(100)에서 획득된 열 영상으로부터 상기 싱크홀 후보 영역을 추출하기 위한 전처리 과정을
 수행하는 것을 특징으로 하는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 전처리 과정은,
 이중 적합 임계값 설정(adaptive dual-thresholding)을 통해 상기 열 영상 획득부(100)에서 획득된 열 영상에서
 상대적으로 열에너지가 낮은 영역을 분할하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는, 드론과 열 영상 카메라의
 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 전처리 과정은,
 형태학적 열기(morphological opening)를 통해 전경 픽셀들(foreground pixels)을 제거하여 상기 열에너지가
 낮은 영역의 경계를 정리하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용
 한 자동 싱크홀 탐지 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 전처리 과정은,

노이즈 제거 및 상기 열에너지가 낮은 영역의 둥글기(roundness) 체크를 하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 검증부(300)는,

패턴 분석기(pattern classifiers)(310)를 이용하여 상기 싱크홀 영역을 추출하는 것을 특징으로 하는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 패턴 분석기(310)는,

가벼운 버전의 회로 신경망 알고리즘(the light-CNN algorithm)을 이용하여 얻어진 분류 결과와, OCS-LBP(oriented center symmetric-local binary pattern) 특징을 계층적 랜덤 포레스트(boosted random forest, BRF) 분류기에 적용하여 얻어진 분류 결과를 결합하여 상기 싱크홀 영역을 추출하는 것을 특징으로 하는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 가벼운 버전의 회로 신경망 알고리즘은,

학습 시간 단축과 실시간 점검이 가능하도록 두 개의 회선(convolution)과 두 개의 2단 추출 레이어(sub-sampling layers)로 구성되는 것을 특징으로 하는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템.

청구항 11

드론(130)과 열 영상 카메라(110)의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 방법으로서,

- (1) 열 영상 획득부(100)가 드론(130)과 열 영상 카메라(110)를 이용하여 열 영상을 획득하는 단계;
- (2) 후보 검출부(200)가 상기 단계 (1)에서 획득된 열 영상을 분석하여 싱크홀 후보 영역을 추출하는 단계; 및
- (3) 검증부(300)가 상기 단계 (2)에서 추출된 싱크홀 후보 영역에서 오검출 영역을 제외하고 최종 싱크홀 영역을 추출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 단계 (1)의 열 영상 획득부(100)는,

원적외선 열영상(thermal far-infrared, FIR) 카메라(110)가 부착된 드론(130)을 이용하여 열 영상을 획득하는 것을 특징으로 하는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 단계 (2)의 후보 검출부(200)는,

상기 열 영상에서 다른 영역에 비하여 상대적으로 낮은 열에너지를 갖는 영역을 상기 싱크홀 후보 영역으로 분류하는 것을 특징으로 하는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템.

청구항 14

제11항에 있어서, 상기 단계 (2)의 후보 검출부(200)는,

상기 단계 (1)에서 획득된 열 영상으로부터 상기 싱크홀 후보 영역을 추출하기 위한 전처리 과정을 수행하는 것을 특징으로 하는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 전처리 과정은,

(2-1) 이중 적합 임계값 설정(adaptive dual-thresholding)을 통해 상기 단계 (1)에서 획득된 열 영상에서 상대적으로 열에너지가 낮은 영역을 분할하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 전처리 과정은,

(2-2) 형태학적 열기(morphological opening)를 통해 전경 픽셀들(foreground pixels)을 제거하여 상기 열에너지가 낮은 영역의 경계를 정리하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 전처리 과정은,

(2-3) 노이즈 제거 및 상기 열에너지가 낮은 영역의 둥글기(roundness) 체크를 하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 방법.

청구항 18

제11항에 있어서, 상기 단계 (3)의 검증부(300)는,

패턴 분석기(pattern classifiers)(310)를 이용하여 상기 싱크홀 영역을 추출하는 것을 특징으로 하는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 방법.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 패턴 분석기(310)는,

가벼운 버전의 회로 신경망 알고리즘(the light-CNN algorithm)을 이용하여 얻어진 분류 결과와, OCS-LBP(oriented center symmetric-local binary pattern) 특징을 계층적 랜덤 포레스트(boosted random forest, BRF) 분류기에 적용하여 얻어진 분류 결과를 결합하여 상기 싱크홀 영역을 추출하는 것을 특징으로 하는, 드론

과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 방법.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 가벼운 버전의 회로 신경망 알고리즘은,

학습 시간 단축과 실시간 점검이 가능하도록 두 개의 회선(convolution)과 두 개의 2단 추출 레이어(sub-sampling layers)로 구성되는 것을 특징으로 하는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 자동 싱크홀 탐지 시스템 및 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 국내 도심지역에서 빈번히 발생하고 있는 싱크홀(sink hole)은 대규모 토목공사, 지하수 유출 등 인제에 의한 것이 대부분이며, 거의 갑작스럽게 발생하여 자연적 싱크홀에 비해 예측이 쉽지 않다는 문제점이 있다.

[0003] 싱크홀을 탐지하는 기존의 방법들로는 ① 싱크홀의 존재가 예상되는 곳에 드릴로 직접 파보는 방법, ② 콘 관입 실험(cone penetrometer test, CPT), ③ 지표 투과 레이더(ground-penetrating radar, GPR), ④ 지표기반 간섭계 합성 개구 레이더(ground-based interferometric synthetic aperture radar, GB-InSAR), ⑤ 공중발사 레이저 기술(airborne laser) 등의 방법들이 있다.

[0004] 그러나 이러한 기존의 방법들은 모두 지질층을 파괴하여 싱크홀 발달을 오히려 악화시키거나, 광범위한 지역을 탐사하기에 부적합하거나, 시간 및 비용 측면에서 비효율적이라는 단점이 있다. 대한민국 등록특허공보 제10-1531697호는 땅꺼짐 확인용 조사장비를 이용한 땅꺼짐 조사방법에 대한 선행기술 문헌을 개시하고 있고, 대한민국 등록특허공보 제10-1620278호는 매립형 센싱부를 활용한 지반 공동 및 함몰 감지 장치에 대한 선행기술 문헌을 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 기존에 제안된 방법들의 상기와 같은 문제점들을 해결하기 위해 제안된 것으로서, 원격외선 열 영상 카메라가 부착된 드론을 이용하여 촬영된 열 영상을 분석하여 싱크홀 후보 영역 및 최종 싱크홀 영역을 추출함으로써, 비파괴적으로 싱크홀 영역을 탐지할 수 있어, 파괴적 탐지로 인한 지질층 파괴와 싱크홀 발달의 악화를 방지할 수 있으며, 적은 비용으로 광범위한 지역을 효율적으로 탐지할 수 있는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템 및 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0006] 또한, 본 발명은, 3단계의 전처리 과정을 통해 신뢰도 높은 싱크홀 후보 영역을 추출할 수 있으며, 가벼운 버전의 회선 신경망 기술(the light-CNN)을 이용하여 기존의 회선 신경망 기술(CNN)을 이용하는 경우에 비하여 학습 시간이 단축 및 실시간 점검이 가능하여 시간 및 비용 측면에도 보다 효율적으로 싱크홀 영역을 추출할 수 있고, 계층적 랜덤 포레스트 분류기(BRF)를 이용하여 회선 신경망 기술로는 분류해낼 수 없는 색채, 질감 및 형상 등의 특징들을 반영하여 분류할 수 있어, 싱크홀 영역 탐지의 정확도가 높아질 수 있는, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템 및 방법을 제공하는 것을 또 다른 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0007] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템은,
- [0008] 드론과 열 영상 카메라를 이용하여 열 영상을 획득하는 열 영상 획득부;
- [0009] 상기 열 영상 획득부에서 획득된 열 영상을 분석하여 싱크홀 후보 영역을 추출하는 후보 검출부; 및
- [0010] 상기 후보 검출부에서 추출된 싱크홀 후보 영역에서 오검출 영역을 제외하고 최종 싱크홀 영역을 추출하는 검증부를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.
- [0011] 바람직하게는, 상기 열 영상 획득부는,
- [0012] 원적외선 열영상(thermal far-infrared, FIR) 카메라가 부착된 드론을 이용하여 열 영상을 획득할 수 있다.
- [0013] 바람직하게는, 상기 후보 검출부는,
- [0014] 상기 열 영상에서 다른 영역에 비하여 상대적으로 낮은 열에너지를 갖는 영역을 상기 싱크홀 후보 영역으로 분류할 수 있다.
- [0015] 바람직하게는, 상기 후보 검출부는,
- [0016] 상기 열 영상 획득부에서 획득된 열 영상으로부터 상기 싱크홀 후보 영역을 추출하기 위한 전처리 과정을 수행할 수 있다.
- [0017] 더욱 바람직하게는, 상기 전처리 과정은,
- [0018] 이중 적합 임계값 설정(adaptive dual-thresholding)을 통해 상기 열 영상 획득부에서 획득된 열 영상에서 상대적으로 열에너지가 낮은 영역을 분할하는 과정을 포함할 수 있다.
- [0019] 더욱 더 바람직하게는, 상기 전처리 과정은,
- [0020] 형태학적 열기(morphological opening)를 통해 전경 픽셀들(foreground pixels)을 제거하여 상기 열에너지가 낮은 영역의 경계를 정리하는 과정을 포함할 수 있다.
- [0021] 더더욱 더 바람직하게는, 상기 전처리 과정은,
- [0022] 노이즈 제거 및 상기 열에너지가 낮은 영역의 둥글기(roundness) 체크를 하는 과정을 포함할 수 있다.
- [0023] 바람직하게는, 상기 검증부는,
- [0024] 패턴 분석기(pattern classifiers)를 이용하여 상기 싱크홀 영역을 추출할 수 있다.
- [0025] 더욱 바람직하게는, 상기 패턴 분석기는,
- [0026] 가벼운 버전의 회로 신경망 알고리즘(the light-CNN algorithm)을 이용하여 얻어진 분류 결과와, OCS-LBP(oriented center symmetric-local binary pattern) 특징을 계층적 랜덤 포레스트(boosted random forest, BRF) 분류기에 적용하여 얻어진 분류 결과를 결합하여 상기 싱크홀 영역을 추출할 수 있다.
- [0027] 더욱 더 바람직하게는, 상기 가벼운 버전의 회로 신경망 알고리즘은,

- [0028] 학습 시간 단축과 실시간 점검이 가능하도록 두 개의 회선(convolution)과 두 개의 2단 추출 레이어(sub-sampling layers)로 구성될 수 있다.
- [0029] 또한, 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른, 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 방법은,
- [0030] (1) 열 영상 획득부가 드론과 열 영상 카메라를 이용하여 열 영상을 획득하는 단계;
- [0031] (2) 후보 검출부가 상기 단계 (1)에서 획득된 열 영상을 분석하여 싱크홀 후보 영역을 추출하는 단계; 및
- [0032] (3) 검증부가 상기 단계 (2)에서 추출된 싱크홀 후보 영역에서 오검출 영역을 제외하고 최종 싱크홀 영역을 추출하는 단계를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.
- [0033] 바람직하게는, 상기 단계 (1)의 열 영상 획득부는,
- [0034] 원적외선 열영상(thermal far-infrared, FIR) 카메라가 부착된 드론을 이용하여 열 영상을 획득할 수 있다.
- [0035] 바람직하게는, 상기 단계 (2)의 후보 검출부는,
- [0036] 상기 열 영상에서 다른 영역에 비하여 상대적으로 낮은 열에너지를 갖는 영역을 상기 싱크홀 후보 영역으로 분류할 수 있다.
- [0037] 바람직하게는, 상기 단계 (2)의 후보 검출부는,
- [0038] 상기 단계 (1)에서 획득된 열 영상으로부터 상기 싱크홀 후보 영역을 추출하기 위한 전처리 과정을 수행할 수 있다.
- [0039] 더욱 바람직하게는, 상기 전처리 과정은,
- [0040] (2-1) 이중 적합 임계값 설정(adaptive dual-thresholding)을 통해 상기 단계 (1)에서 획득된 열 영상에서 상대적으로 열에너지가 낮은 영역을 분할하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0041] 더욱 더 바람직하게는, 상기 전처리 과정은,
- [0042] (2-2) 형태학적 열기(morphological opening)를 통해 전경 픽셀들(foreground pixels)을 제거하여 상기 열에너지가 낮은 영역의 경계를 정리하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0043] 더더욱 더 바람직하게는, 상기 전처리 과정은,
- [0044] (2-3) 노이즈 제거 및 상기 열에너지가 낮은 영역의 둥글기(roundness) 체크를 하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0045] 바람직하게는, 상기 단계 (3)의 검증부는,
- [0046] 패턴 분석기(pattern classifiers)를 이용하여 상기 싱크홀 영역을 추출할 수 있다.
- [0047] 더욱 바람직하게는, 상기 패턴 분석기는,
- [0048] 가벼운 버전의 회로 신경망 알고리즘(the light-CNN algorithm)을 이용하여 얻어진 분류 결과와, OCS-LBP(oriented center symmetric-local binary pattern) 특징을 계층적 랜덤 포레스트(boosted random forest,

BRF) 분류기에 적용하여 얻어진 분류 결과를 결합하여 상기 싱크홀 영역을 추출할 수 있다.

[0049] 더욱 더 바람직하게는, 상기 가벼운 버전의 회로 신경망 알고리즘은,

[0050] 학습 시간 단축과 실시간 점검이 가능하도록 두 개의 회선(convolution)과 두 개의 2단 추출 레이어(sub-sampling layers)로 구성될 수 있다.

발명의 효과

[0051] 본 발명에서 제안하고 있는 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템 및 방법에 따르면, 원격외선 열 영상 카메라가 부착된 드론을 이용하여 촬영된 열 영상을 분석하여 싱크홀 후보 영역 및 최종 싱크홀 영역을 추출함으로써, 비파괴적으로 싱크홀 영역을 탐지할 수 있어, 파괴적 탐지로 인한 지질층 파괴와 싱크홀 발달의 악화를 방지할 수 있으며, 적은 비용으로 광범위한 지역을 효율적으로 탐지할 수 있다.

[0052] 또한, 본 발명에 따르면, 3단계의 전처리 과정을 통해 신뢰도 높은 싱크홀 후보 영역을 추출할 수 있으며, 가벼운 버전의 회선 신경망 기술(the light-CNN)을 이용하여 기존의 회선 신경망 기술(CNN)을 이용하는 경우에 비하여 학습 시간이 단축 및 실시간 점검이 가능하여 시간 및 비용 측면에도 보다 효율적으로 싱크홀 영역을 추출할 수 있고, 계층적 랜덤 포레스트 분류기(BRF)를 이용하여 회선 신경망 기술로는 분류해낼 수 없는 색채, 질감 및 형상 등의 특징들을 반영하여 분류할 수 있어, 싱크홀 영역 탐지의 정확도가 높아질 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0053] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템을 도시한 도면.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템의 열 영상 획득부의 구성을 도시한 도면.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템의 열 영상 획득부를 통해 획득된 열 영상을 도시한 도면.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템의 후보 검출부에서의 전처리 과정을 설명하기 위해 도시한 도면.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템의 검증부의 구성을 도시한 도면.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템의 검증부에서의 싱크홀 영역 추출 알고리즘을 설명하기 위해 도시한 도면.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 방법의 흐름을 도시한 도면.

도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 방법의 흐름을 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0054] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 다만, 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 유사한 기능 및 작용을 하는 부분에 대해서는 도면 전체에 걸쳐 동일한 부호를 사용한다.

[0055] 덧붙여, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 ‘연결’ 되어 있다고 할 때, 이는 ‘직접적으로 연결’ 되

어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 ‘간접적으로 연결’ 되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 구성요소를 ‘포함’ 한다는 것은, 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

[0056] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템을 도시한 도면이고, 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템의 열 영상 획득부(100)의 구성을 도시한 도면이다. 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템은, 열 영상 획득부(100), 후보 검출부(200) 및 검증부(300)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0057] 열 영상 획득부(100)는, 드론(130)과 열 영상 카메라(110)를 이용하여 열 영상을 획득할 수 있으며, 보다 구체적으로는, 원적외선 열영상(thermal far-infrared, FIR) 카메라(110)가 부착된 드론(130)을 이용하여 열 영상을 획득할 수 있다.

[0058] 이와 같이, 원적외선 열 영상 카메라(110)가 부착된 드론(130)을 조종하여 탐사 지역의 열 영상을 간편하게 촬영함으로써, 적은 비용으로도 광범위한 지역에 걸쳐서 싱크홀 영역을 비파괴적으로 탐지할 수 있다.

[0059] 후보 검출부(200)는, 열 영상 획득부(100)에서 획득된 열 영상을 분석하여 싱크홀 후보 영역을 추출할 수 있다. 이러한 후보 검출부(200)의 구체적인 구성에 대해서는 추후 도 3 및 도 4를 참조하여 상세히 설명하도록 한다.

[0060] 검증부(300)는, 후보 검출부(200)에서 추출된 싱크홀 후보 영역에서 오검출 영역을 제외하고 최종 싱크홀 영역을 추출할 수 있다. 검증부(300)의 구체적인 구성에 대해서는 추후 도 5 및 도 6을 참조하여 상세히 설명하도록 한다.

[0061] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템의 열 영상 획득부(100)를 통해 획득된 열 영상을 도시한 도면이고, 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템의 후보 검출부(200)에서의 전처리 과정을 설명하기 위해 도시한 도면이다. 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이, 후보 검출부(200)는, 열 영상 획득부(100)를 통해 획득된 열 영상을 분석하여 싱크홀 후보 영역을 추출할 수 있다.

[0062] 이때, 후보 검출부(200)는, 열 영상에서 다른 영역에 비하여 상대적으로 낮은 열에너지를 갖는 영역을 싱크홀 후보 영역으로 분류할 수 있다. 이는 싱크홀은 일반적으로 주변에 비해 상대적으로 낮은 열에너지를 갖는 사실에 기반한 것으로서, 도 3에 도시된 바와 같이, 열 영상 획득부(100)를 통해 얻어진 열 영상에서 어두운 색으로 나타나는 부분이 나머지 부분에 비하여 열에너지가 낮은 부분에 해당할 수 있다.

[0063] 또한, 도 4에 도시된 바와 같이, 후보 검출부(200)는, 열 영상 획득부(100)에서 획득된 열 영상(도 4 (a))으로부터 싱크홀 후보 영역을 추출하기 위한 전처리 과정을 수행할 수 있다.

[0064] 보다 구체적으로는, 먼저, 이중 적합 임계값 설정(adaptive dual-thresholding)을 통해 열 영상 획득부(100)에서 획득된 열 영상(도 4 (a))에서 상대적으로 열에너지가 낮은 영역을 분할할 수 있다. 즉, 도 4의 (b)에 도시된 바와 같이, 열에너지가 상대적으로 낮은 영역이 열에너지가 상대적으로 높은 영역으로부터 명확히 구별되도록 영상을 수정할 수 있다.

[0065] 그 다음으로, 형태학적 열기(morphological opening)를 통해 전경 픽셀들(foreground pixels)을 제거하여 열 에너지가 낮은 영역의 경계를 정리할 수 있다. 즉, 도 4의 (c)에 도시된 바와 같이, 도 4의 (b)에 흰색으로 나타난 영역의 경계들을 정리하여 해당 영역이 나머지 영역들로부터 명확하게 분류될 수 있도록 할 수 있다.

[0066] 마지막으로, 노이즈 제거 및 열에너지가 낮은 영역의 둥글기(roundness) 체크를 할 수 있다. 즉, 도 4의 (d)에 도시된 바와 같이, 도 4의 (c)에서 열에너지가 낮은 영역, 즉, 흰색 영역으로 나타나 있으나, 10 픽셀 이하의 크기로 나타난 영역은 노이즈로 취급하여 제거하고, 싱크홀은 일반적으로 원형 또는 타원형의 형상을 가지므로, 흰색으로 나타난 영역의 둥글기를 체크하여, 둥글기(R)가 0.5 초과 및 1.5 이하($0.5 < R \leq 1.5$)인 경우에 최종적으로 싱크홀 후보 영역으로 추출할 수 있다. 이때, 둥글기(roundness, R)는, 하기의 수학적 식 1을 통해 얻어질 수 있다.

수학적 식 1

$$R = \frac{P^2}{4\pi A}$$

[0067]

[0068] 여기서, P는 원둘레(perimeter)를 나타내고, A는 영역, 즉, 열에너지가 낮은 영역의 면적을 나타낸다.

[0069] 이러한 전처리 과정을 거쳐서 최종적으로 싱크홀의 후보 영역을 검출할 수 있으며, 이후에 검증부(300)에서 오검출 영역을 제외한 싱크홀 영역을 추출할 수 있다.

[0070] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템의 검증부(300)의 구성을 도시한 도면이고, 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템의 검증부(300)에서의 싱크홀 영역 추출 알고리즘을 설명하기 위해 도시한 도면이다. 도 5 및 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 시스템의 검증부(300)는, 패턴 분석기(pattern classifiers)(310)를 이용하여 싱크홀 영역을 추출할 수 있다.

[0071] 이때, 패턴 분석기(310)는, 가벼운 버전의 회로 신경망 알고리즘(the light-CNN algorithm)을 이용하여 얻어진 분류 결과와, OCS-LBP(oriented center symmetric-local binary pattern) 특징을 계층적 랜덤 포레스트(boosted random forest, BRF) 분류기에 적용하여 얻어진 분류 결과를 결합하여 싱크홀 영역을 추출할 수 있다.

[0072] 보다 구체적으로, 도 6에 도시된 바와 같이, 가벼운 버전의 회로 신경망 알고리즘(the light-CNN algorithm)을 랜덤 포레스트(random forest, RF) 분류기에 적용하여 얻어진 분류 결과와, 색상, 질감 및 형상 등의 특징들에 해당하는 OCS-LBP 특징을 계층적 랜덤 포레스트 분류기에 적용하여 얻어진 분류 결과를 결합하여 싱크홀 영역을 추출할 수 있다.

[0073] 이때, 도 6에 도시된 바와 같이, 가벼운 버전의 회로 신경망 알고리즘은, 학습 시간 단축과 실시간 점검이 가능하도록 두 개의 회선(convolution)과 두 개의 2단 추출 레이어(sub-sampling layers)로 구성될 수 있다.

[0074] 이와 같이, 가벼운 버전의 회선 신경망 기술(the light-CNN)을 이용하여 기존의 회선 신경망 기술(convolution neural network, CNN)을 이용하는 경우에 비하여 시간 및 비용 측면에서 보다 효율적으로 싱크홀 영역을 추출하기 위한 기계 학습 과정을 수행할 수 있다.

[0075] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 방법의 흐름을 도시한 도면이다. 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 방법은, 열 영상 획득부(100)가 드론(130)과 열 영상 카메라(110)를 이용하여 열 영상을 획득하는 단계(S100), 후보 검출부(200)가 단계 S100에서 획득된 열 영상을 분석하여 싱크홀 후보 영역을 추출하는 단계(S200), 및 검증부(300)가 단계 S200에서 추출된 싱크홀 후보 영역에서 오검출 영역을 제외하고 최종 싱크홀 영역을 추출하는 단계(S300)를 포함하여 구현될 수 있다.

[0076] 이때, 단계 S100 내지 S300의 열 영상 획득부(100), 후보 검출부(200) 및 검증부(300)의 구체적인 구성 및 내용에 대해서는 앞에서 도 1 내지 도 6을 참조하여 상세히 설명한 바와 같으므로, 이하 생략한다.

[0077] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 드론과 열 영상 카메라의 영상분석을 이용한 자동 싱크홀 탐지 방법의 흐름을 도시한 도면이다. 도 8에 도시된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 단계 S200의 후보 검출부(200)는, 단계 S100에서 획득된 열 영상으로부터 싱크홀 후보 영역을 추출하기 위한 전처리 과정을 수행할 수 있다.

[0078] 즉, 단계 S200은, 이러한 전처리 과정을 포함할 수 있으며, 보다 구체적으로는, 이중 적합 임계값 설정(adaptive dual thresholding)을 통해 단계 S100에서 획득된 열 영상에서 상대적으로 열에너지가 낮은 영역을 분할하는 단계(S210), 형태학적 열기(morphological opening)를 통해 전경 픽셀들(foreground pixels)을 제거하여 열에너지가 낮은 영역의 경계를 정리하는 단계(S220), 및 노이즈 제거 및 열에너지가 낮은 영역의 둥글기(roundness) 체크를 하는 단계(S230)로 구성되는 전처리 과정 포함할 수 있다.

[0079] 여기서 단계 S210 내지 S230의 전처리 과정에 대한 구체적인 내용은 앞에서 3 및 도 4를 참조하여 상세히 설명한 바와 같으므로, 이하 생략한다.

[0080] 이상 설명한 본 발명은 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 다양한 변형이나 응용이 가능하며, 본 발명에 따른 기술적 사상의 범위는 아래의 특허청구범위에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

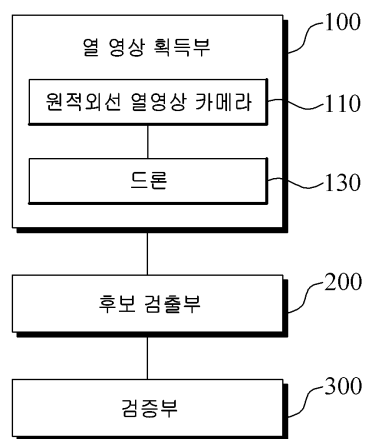
[0081] 100: 열 영상 획득부 110: 원적외선 열영상 카메라
130: 드론 200: 후보 검출부
300: 검증부 310: 패턴 분석기
S100: 열 영상 획득부가 드론과 열 영상 카메라를 이용하여 열 영상을 획득하는 단계
S200: 후보 검출부가 단계 S100에서 획득된 열 영상을 분석하여 싱크홀 후보 영역을 추출하는 단계
S210: 이중 적합 임계값 설정(adaptive dual-thresholding)을 통해 단계 S100에서 획득된 열 영상에서 상대적으로 열에너지가 낮은 영역을 분할하는 단계
S220: 형태학적 열기(morphological opening)를 통해 전경 픽셀들(foreground pixels)을 제거하여 열에너지가 낮은 영역의 경계를 정리하는 단계
S230: 노이즈 제거 및 열에너지가 낮은 영역의 둥글기(roundness) 체크를 하는 단계
S300: 검증부가 단계 S200에서 추출된 싱크홀 후보 영역에서 오검출 영역을 제외하고 최종 싱크홀 영역을 추출하는 단계

도면

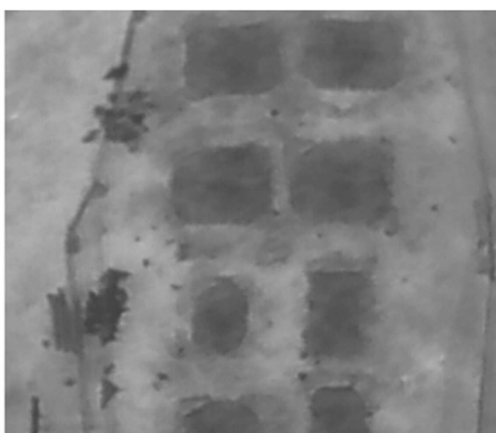
도면1



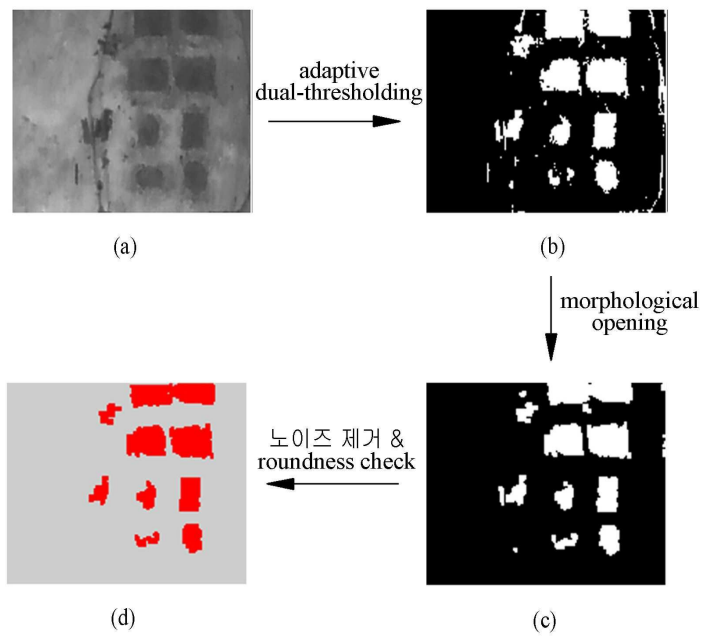
도면2



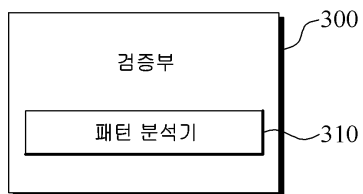
도면3



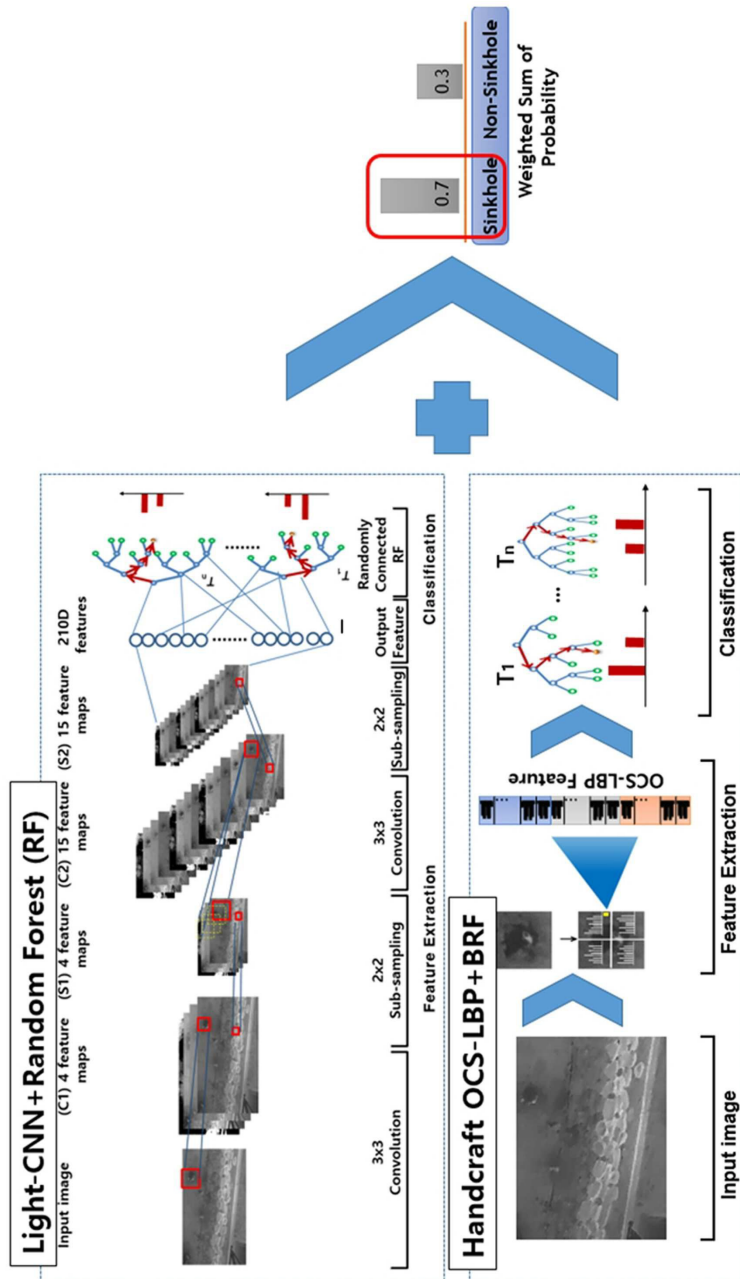
도면4



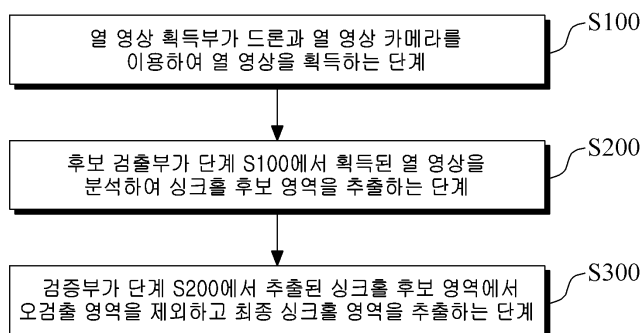
도면5



도면6



도면7



도면8

