



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년12월14일
(11) 등록번호 10-2190717
(24) 등록일자 2020년12월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 5/00 (2019.01) G06T 5/50 (2006.01)
G06T 7/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G06T 5/002 (2013.01)
G06T 5/50 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-7032226
(22) 출원일자(국제) 2014년04월07일
심사청구일자 2019년03월21일
(85) 번역문제출일자 2015년11월10일
(65) 공개번호 10-2015-0140380
(43) 공개일자 2015년12월15일
(86) 국제출원번호 PCT/US2014/033197
(87) 국제공개번호 WO 2014/168880
국제공개일자 2014년10월16일
(30) 우선권주장
61/811,610 2013년04월12일 미국(US)
14/151,589 2014년01월09일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2007035029 A
US20120182451 A
KR1020100039120 A

(73) 특허권자
웰컴 인코포레이티드
미국 92121-1714 캘리포니아주 샌 디에고 모어하우스 드라이브 5775
(72) 발명자
주오 샤오제
미국 92121-1714 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775
장 샤오평
미국 92121-1714 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775
(74) 대리인
(뒷면에 계속)
특허법인코리어나

전체 청구항 수 : 총 24 항

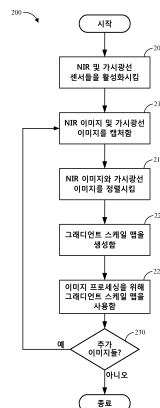
심사관 : 김광식

(54) 발명의 명칭 근적외선 가이드식 이미지 노이즈-제거

(57) 요약

멀티스펙트럼 이미징을 위한 시스템들 및 방법들이 개시된다. 멀티스펙트럼 이미징 시스템은 근적외선(NIR) 이미징 센서 및 가시 이미징 센서를 포함할 수 있다. 개시된 시스템들 및 방법들은 가시광선 이미지 및 NIR 이미지에서의 그래디언트 벡터들로부터 생성된 그래디언트 스케일 맵을 사용하여 가시광선 이미지를 노이즈-제거 하도록 구현될 수 있다. 그래디언트 스케일 맵은 픽셀 단위로 NIR 이미지로부터 가시광선 이미지로 적용된 노이즈-제거 가이드선의 양을 결정하는데 사용될 수도 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G06T 7/70 (2017.01)
G06T 2200/21 (2013.01)
G06T 2207/10016 (2013.01)
G06T 2207/10024 (2013.01)
G06T 2207/10048 (2013.01)
G06T 2207/20012 (2013.01)
G06T 2207/20192 (2013.01)

(72) 발명자

평 천

미국 92121-1714 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775

선 리양

미국 92121-1714 캘리포니아주 샌디에고 모어하우스 드라이브 5775

지아 지아야

중국 홍콩 엔티 마 온 산 몬테 비스타 블록2 22/에프 플랫 비

명세서

청구범위

청구항 1

멀티스펙트럼 이미징 시스템에 의해 수행되는, 이미지 노이즈-제거를 위한 전자 방법으로서,
 NIR (near infrared) 이미지 및 가시광선 이미지를 포함하는 이미지 데이터를 수신하는 단계;
 상기 NIR 이미지에서의 픽셀들을 상기 가시광선 이미지에서의 대응하는 픽셀들과 정렬시키는 단계;
 상기 NIR 이미지에서의 그래디언트 벡터들 및 상기 가시광선 이미지에서의 그래디언트 벡터들을 결정하는 단계;
 상기 NIR 이미지에서의 그래디언트 벡터들을 상기 가시광선 이미지에서의 그래디언트 벡터들과 비교하여 픽셀단위의 제 1 그래디언트 스케일 맵 값들을 생성하는 단계;
 상기 픽셀단위의 제 1 그래디언트 스케일 맵 값들에 기초하여 제 1 그래디언트 스케일 맵을 생성하는 단계;
 상기 가시광선 이미지를 노이즈-제거 (de-noise) 하기 위해 상기 제 1 그래디언트 스케일 맵을 사용하여 제 1 노이즈-제거된 이미지를 생성하는 단계;
 상기 제 1 노이즈-제거된 이미지에서의 그래디언트 벡터들을 결정하는 단계;
 상기 NIR 이미지에서의 그래디언트 벡터들을 상기 제 1 노이즈-제거된 이미지에서의 그래디언트 벡터들과 비교하여 픽셀단위의 제 2 그래디언트 스케일 맵 값들을 생성하는 단계;
 상기 픽셀단위의 제 2 그래디언트 스케일 맵 값들에 기초하여 제 2 그래디언트 스케일 맵을 생성하는 단계; 및
 상기 제 1 노이즈-제거된 이미지를 노이즈-제거하기 위해 상기 제 2 그래디언트 스케일 맵을 사용하여 제 2 노이즈-제거된 이미지를 생성하는 단계를 포함하는, 이미지 노이즈-제거를 위한 전자 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 가시광선 이미지를 노이즈-제거하기 위해 상기 제 1 그래디언트 스케일 맵을 사용하는 것은 상기 NIR 이미지로부터 노이즈-제거 가이드선의 레벨을 결정하기 위해 상기 픽셀단위의 제 1 그래디언트 스케일 맵 값들을 사용하는 것을 더 포함하는, 이미지 노이즈-제거를 위한 전자 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
 상기 가시광선 이미지를 노이즈-제거하기 위해 상기 제 1 그래디언트 스케일 맵을 사용하는 것은 상기 가시광선 이미지로부터 노이즈를 제거하기 위해 가중된 최소 제곱 평활화 기술을 채용하는 것을 포함하는, 이미지 노이즈-제거를 위한 전자 방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,
 상기 픽셀단위의 제 1 그래디언트 스케일 맵 값들은 상기 NIR 이미지에서의 그래디언트 벡터들과 상기 가시광선 이미지에서의 그래디언트 벡터들 간의 차이의 레벨을 나타내는, 이미지 노이즈-제거를 위한 전자 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
 상기 제 2 노이즈-제거된 이미지에서의 그래디언트 벡터들을 결정하는 단계;
 상기 NIR 이미지에서의 그래디언트 벡터들 및 상기 제 2 노이즈-제거된 이미지에서의 그래디언트 벡터들로부터

추가적인 그래디언트 스케일 맵을 생성하는 단계; 및

상기 제 1 그래디언트 스케일 맵과 상기 추가적인 그래디언트 스케일 맵 간의 차이를 계산하는 단계를 더 포함하는, 이미지 노이즈-제거를 위한 전자 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 차이를 임계치와 비교하는 단계; 및

상기 차이가 상기 임계치보다 크면, 상기 제 2 노이즈-제거된 이미지를 노이즈-제거하기 위해 상기 추가적인 그래디언트 스케일 맵을 사용하거나, 또는 상기 차이가 상기 임계치 이하이면, 상기 제 2 노이즈-제거된 이미지를 최종 이미지로서 출력하는 단계를 더 포함하는, 이미지 노이즈-제거를 위한 전자 방법.

청구항 7

멀티스펙트럼 이미징 시스템으로서,

근적외선 (NIR) 이미지를 캡처하도록 구성된 근적외선 (NIR) 이미징 센서;

가시광선 이미지를 캡처하도록 구성된 가시광선 이미징 센서;

상기 NIR 이미지에서의 그래디언트 벡터들 및 상기 가시광선 이미지에서의 그래디언트 벡터들을 결정하고; 상기 NIR 이미지에서의 그래디언트 벡터들을 상기 가시광선 이미지에서의 그래디언트 벡터들과 비교하여 픽셀단위의 제 1 그래디언트 스케일 맵 값들을 생성하고; 그리고 상기 픽셀단위의 제 1 그래디언트 스케일 맵 값들에 기초하여 제 1 그래디언트 스케일 맵을 생성하도록 프로그래밍된 그래디언트 스케일 맵 생성 모듈; 및

상기 가시광선 이미지를 노이즈-제거 (de-noise) 하기 위해 상기 제 1 그래디언트 스케일 맵을 사용하여 제 1 노이즈-제거된 이미지를 생성하도록 프로그래밍된 노이즈-제거 모듈을 포함하고,

상기 그래디언트 스케일 맵 생성 모듈은 추가로,

상기 제 1 노이즈-제거된 이미지에서의 그래디언트 벡터들을 결정하고;

상기 NIR 이미지에서의 그래디언트 벡터들을 상기 제 1 노이즈-제거된 이미지에서의 그래디언트 벡터들과 비교하여 픽셀단위의 제 2 그래디언트 스케일 맵 값들을 생성하고; 그리고

상기 픽셀단위의 제 2 그래디언트 스케일 맵 값들에 기초하여 제 2 그래디언트 스케일 맵을 생성하도록

프로그래밍되고,

상기 노이즈-제거 모듈은 추가로, 상기 제 1 노이즈-제거된 이미지를 노이즈-제거하기 위해 상기 제 2 그래디언트 스케일 맵을 사용하도록 프로그래밍되는, 멀티스펙트럼 이미징 시스템.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 노이즈-제거 모듈은 추가로, 가중된 최소 제곱 평활화 기술을 채용함으로써, 상기 제 1 그래디언트 스케일 맵을 사용한 상기 가시광선 이미지 및 상기 제 2 그래디언트 스케일 맵을 사용한 상기 제 1 노이즈-제거된 이미지 중 하나 또는 그 양자를 노이즈-제거하도록 프로그래밍되는, 멀티스펙트럼 이미징 시스템.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 NIR 이미지와 상기 가시광선 이미지를 정렬시키도록 구성된 이미지 정렬 모듈을 더 포함하는, 멀티스펙트럼 이미징 시스템.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 NIR 이미지를, 적외선 파장들의 스펙트럼에서의 광으로 조명하도록 구성된 NIR 플래시를 더 포함하는, 멀티스펙트럼 이미징 시스템.

청구항 11

제 7 항에 있어서,

상기 노이즈-제거 모듈은 추가로, 상기 가시광선 이미지에서의 각각의 픽셀에 대한 상기 NIR 이미지로부터 노이즈-제거 가이던스의 양을 결정하기 위해 상기 픽셀단위의 제 1 그래디언트 스케일 맵 값들을 사용하도록 프로그래밍되는, 멀티스펙트럼 이미징 시스템.

청구항 12

제 7 항에 있어서,

상기 노이즈-제거 모듈은, 현재 그래디언트 스케일 맵과 이전 그래디언트 스케일 맵 간의 차이가 임계치 미만일 때까지 추가적인 그래디언트 스케일 맵들을 생성하는 것을 계속하도록 프로그래밍되는, 멀티스펙트럼 이미징 시스템.

청구항 13

제 7 항에 있어서,

상기 노이즈-제거 모듈은 추가로, 현재 반복의 노이즈-제거된 이미지와 이전 반복의 노이즈-제거된 이미지 간의 차이가 임계치 미만일 때까지 추가적인 그래디언트 스케일 맵들 및 추가적인 반복의 노이즈-제거된 이미지들로 노이즈-제거 반복들을 계속하도록 프로그래밍되는, 멀티스펙트럼 이미징 시스템.

청구항 14

이미징 시스템으로서,

NIR 이미지를 캡처하는 수단;

가시광선 이미지를 캡처하는 수단;

상기 NIR 이미지에서의 그래디언트 벡터들 및 상기 가시광선 이미지에서의 그래디언트 벡터들을 결정하는 수단;

상기 NIR 이미지에서의 그래디언트 벡터들을 상기 가시광선 이미지에서의 그래디언트 벡터들과 비교하여 픽셀단위의 제 1 그래디언트 스케일 맵 값들을 생성하는 수단;

상기 픽셀단위의 제 1 그래디언트 스케일 맵 값들에 기초하여 제 1 그래디언트 스케일 맵을 생성하는 수단;

상기 가시광선 이미지를 노이즈-제거하기 위해 상기 제 1 그래디언트 스케일 맵을 사용하여 제 1 노이즈-제거된 이미지를 생성하는 수단;

상기 제 1 노이즈-제거된 이미지에서의 그래디언트 벡터들을 결정하는 수단;

상기 NIR 이미지에서의 그래디언트 벡터들을 상기 제 1 노이즈-제거된 이미지에서의 그래디언트 벡터들과 비교하여 픽셀단위의 제 2 그래디언트 스케일 맵 값들을 생성하는 수단;

상기 픽셀단위의 제 2 그래디언트 스케일 맵 값들에 기초하여 제 2 그래디언트 스케일 맵을 생성하는 수단; 및

상기 제 1 노이즈-제거된 이미지를 노이즈-제거하기 위해 상기 제 2 그래디언트 스케일 맵을 사용하여 제 2 노이즈-제거된 이미지를 생성하는 수단을 포함하는, 이미징 시스템.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 그래디언트 벡터들을 결정하는 수단 및 상기 제 1 그래디언트 스케일 맵을 생성하는 수단은 그래디언트 스케일 맵 모듈을 포함하는, 이미징 시스템.

청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 NIR 이미지를 캡처하는 수단은 NIR 이미지 센서 및 NIR 플래시를 포함하는, 이미징 시스템.

청구항 17

제 14 항에 있어서,

상기 NIR 이미지와 상기 가시광선 이미지를 정렬시키는 수단을 더 포함하는, 이미징 시스템.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 NIR 이미지와 상기 가시광선 이미지를 정렬시키는 수단은 이미지 정렬 모듈을 포함하는, 이미징 시스템.

청구항 19

제 14 항에 있어서,

상기 가시광선 이미지를 노이즈-제거하기 위해 상기 제 1 그래디언트 스케일 맵을 사용하여 제 1 노이즈-제거된 이미지를 생성하는 수단은 노이즈-제거 모듈을 포함하는, 이미징 시스템.

청구항 20

명령들이 저장된 비-일시적인 컴퓨터 판독가능 저장 매체로서,

상기 명령들은, 실행될 경우,

NIR 이미지 및 가시광선 이미지를 포함하는 이미지 데이터를 수신하는 단계;

상기 NIR 이미지에서의 픽셀들을 상기 가시광선 이미지에서의 대응하는 픽셀들과 정렬시키는 단계;

상기 NIR 이미지에서의 그래디언트 벡터들 및 상기 가시광선 이미지에서의 그래디언트 벡터들을 결정하는 단계;

상기 NIR 이미지에서의 그래디언트 벡터들을 상기 가시광선 이미지에서의 그래디언트 벡터들과 비교하여 픽셀단위의 제 1 그래디언트 스케일 맵 값들을 생성하는 단계;

상기 픽셀단위의 제 1 그래디언트 스케일 맵 값들에 기초하여 제 1 그래디언트 스케일 맵을 생성하는 단계;

상기 가시광선 이미지를 노이즈-제거하기 위해 상기 제 1 그래디언트 스케일 맵을 사용하여 제 1 노이즈-제거된 이미지를 생성하는 단계;

상기 제 1 노이즈-제거된 이미지에서의 그래디언트 벡터들을 결정하는 단계;

상기 NIR 이미지에서의 그래디언트 벡터들을 상기 제 1 노이즈-제거된 이미지에서의 그래디언트 벡터들과 비교하여 픽셀단위의 제 2 그래디언트 스케일 맵 값들을 생성하는 단계;

상기 픽셀단위의 제 2 그래디언트 스케일 맵 값들에 기초하여 제 2 그래디언트 스케일 맵을 생성하는 단계; 및

상기 제 1 노이즈-제거된 이미지를 노이즈-제거하기 위해 상기 제 2 그래디언트 스케일 맵을 사용하여 제 2 노이즈-제거된 이미지를 생성하는 단계를 포함하는

방법을 수행하는, 비-일시적인 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 방법은 상기 NIR 이미지로부터 노이즈-제거 가이드선의 레벨을 결정하기 위해 상기 픽셀단위의 제 1 그래디언트 스케일 맵 값들을 사용하는 단계를 더 포함하는, 비-일시적인 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 22

제 20 항에 있어서,

상기 방법은

상기 제 2 노이즈-제거된 이미지에서의 그래디언트 벡터들을 결정하는 단계;

상기 NIR 이미지에서의 그래디언트 벡터들 및 상기 제 2 노이즈-제거된 이미지에서의 그래디언트 벡터들로부터 추가적인 그래디언트 스케일 맵을 생성하는 단계; 및

상기 제 1 그래디언트 스케일 맵과 상기 제 2 그래디언트 스케일 맵 간의 차이를 계산하는 단계를 더 포함하는, 비-일시적인 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 방법은 상기 차이와 임계치를 비교하는 단계를 더 포함하고, 상기 차이가 상기 임계치보다 크면, 상기 방법은 상기 제 2 노이즈-제거된 이미지를 노이즈-제거하기 위해 상기 추가적인 그래디언트 스케일 맵을 사용하는 단계를 더 포함하거나, 또는 상기 차이가 상기 임계치 이하이면, 상기 방법은 상기 제 2 노이즈-제거된 이미지를 최종 이미지로서 출력하는 단계를 더 포함하는, 비-일시적인 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 24

제 20 항에 있어서,

상기 방법은 상기 가시광선 이미지를 캡처하는 미리결정된 시간 간격 내에서 NIR 플래시를 사용하여 상기 NIR 이미지를 캡처하는 단계를 더 포함하는, 비-일시적인 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 노이즈-제거 프로세스를 포함하는 이미징 시스템들 및 방법들에 관한 것이다. 특히, 본 개시는, 근적외선 이미지를 사용하여 노이즈-제거 프로세스를 가이드하는 시스템들 및 방법들에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 낮은 광 조건들 하에서 고품질 사진들 및 비디오들을 취하는 것은 도전적일 수 있다. 충분한 주변 광없이, 포토크래퍼들은 일반적으로 픽처 품질을 증가시키기 위한 4가지 옵션들을 갖는다. 제 1 옵션은 이미지를 캡처할 경우 높은 ISO 를 사용하는 것이다. 센서 이득을 증가시키는 것은 짧은 노출 시간 내 밝은 이미지들을

획득하기 위해 신호 강도를 효과적으로 증가시킬 수 있다. 하지만, 이미지 노이즈가 물론 불가피하게 증가되며, 따라서, 신호대 노이즈비(SNR)가 개선되지 않는다.

[0003] 제 2 옵션은 큰 애퍼처를 이용하여 이미지를 캡처하는 것이다. 더 많은 광이 카메라 렌즈들을 통과하게 하는 것은 개선된 이미지 품질을 위한 매우 간단한 방법이지만, 애퍼처 사이즈를 변경하는 것은 또한 피사계의 심도에 영향을 줄 것이다. 추가로, 그 효과는, 센서 및 렌즈가 소형 폼 팩터, 예를 들어, 셀 폰 카메라들을 수용하도록 형성되었을 경우에 매우 제한된다.

[0004] 제 3 옵션은 이미지를 캡처하기 위해 긴 노출 시간을 사용하는 것이다. 연장된 노출 시간은 SNR을 증가시킬 수 있지만, 캡처된 이미지에서의 원치않는 모션 블러(motion blur)를 증가시킬 수도 있다.

[0005] 제 4 옵션은 선명한 무-노이즈 이미지를 획득하기 위해 장면에 대한 플래시 또는 다른 강한 인공 광을 채용하는 것이다. 하지만, 플래시 광의 컬러 온도 및 강도가 일반적으로 주변 광의 컬러 온도 및 강도와는 상당히 상이하기 때문에, 플래시의 이용은 주위 분위기를 파괴하고, 레드 아이, 원치않는 반사들, 불쾌한 음영들, 및 강렬한 광 하이라이트들 및 반사들과 같은 원치않는 아티팩트들을 도입할 수도 있다.

[0006] 상기 4가지 옵션들 중, 포토그래퍼들은 일반적으로 높은 ISO 이미지들을 사용하고 그리고 캡처된 이미지에 노이즈 감소를 적용하는 것을 선호한다. 이미지 노이즈-제거는 집중적으로 연구된 과제이고 다수의 방법들이 존재한다. 하지만, 심지어 최신 이미지 노이즈-제거 방법들로도, 특히, 노이즈 레벨이 높을 경우, 고품질의 무-노이즈 사진을 획득하기는 여전히 매우 어렵다.

[0007] 종래의 단일 이미지 노이즈-제거 솔루션들은 수개의 상이한 방법들로 이루어진다. 이미지 필터링 기반 방법들은 노이즈성 이미지의 부분들을 선택적으로 평활화한다. 웨이블릿 기반 방법들은 웨이블릿 계수들의 신중한 축소에 의존한다. 이미지 우선 기반 방법들은 무-노이즈 이미지들 및 노이즈-제거 이미지들로부터의 디커너리들, 그 디커너리에서의 엘리먼트들의 회박한 선형 조합을 이용하여 그 이미지들을 근사화함으로써 학습한다. 더 최근의 접근법들은 자연 이미지들의 "비-로컬" 특성을 활용하며: 즉, 자연 이미지들에서의 작은 패치들은 이미지 내에서 자신을 반복하는 경향이 있다. 최근 클래스의 방법들에 있어서, BM3D는 단일 이미지 노이즈-제거에 있어서 최선책을 잘 표현한다. 하지만, 단일 이미지 노이즈-제거 접근법들에 의한 공통의 기본 과제는, 특히, 더 정세한 이미지 상세(detail)들에 대하여 노이즈와 오리지널 이미지 신호들 간을 구별할 수 없다는 점이다. 따라서, 그 접근법들은 상대적으로 낮은 노이즈 레벨들을 갖는 이미지들에 대한 상당히 양호한 품질의 결과들을 발생시키지만, 일반적으로, 높은 노이즈 레벨들을 포함하는 이미지들에 대한 다수의 아티팩트들에 의해 과도하게 평활화된 결과들을 생성한다.

[0008] 상기 설명된 단일 이미지 노이즈-제거 접근법들의 한계들을 극복하려는 시도에 있어서, 듀얼-이미지 방법들이 다른 이미지를 도입하여 노이즈-제거 프로세스를 가이드한다. 2개의 이미지들이 동일한 장면에 대해 캡처된다. 그 후, 제 2 이미지의 가이드를 사용한 제 1 이미지의 이미지 필터링이 이미지 구조를 더 양호하게 보존하기 위해 적용되고, 이미지 상세 전송이 정세한 이미지 상세들을 향상시키기 위해 적용될 수도 있다. 예를 들어, 가이드 이미지 제 1 이미지와는 상이한 조명 조건들 하에서 캡처될 수도 있으며, 따라서, 이미지 장면의 상세의 상이한 레벨을 포함할 수도 있다. 가이드 이미지에 있어서의 추가적인 상세들이 제 1 이미지의 품질을 향상시키는데 사용될 수도 있다. 듀얼-이미지 노이즈-제거 방법들의 제 1 타입은 가시 플래시 이미지를 가이드 이미지로서 사용한다. 하지만, 이 방법은 약한 에지들을 쉽게 블러링하고 가이드 이미지로부터 아티팩트들을 도입할 수 있다. 추가적으로, 가시 플래시는 낮은 광 조건들 하에서 사용하도록 간섭성(intrusive)이고, 심지어 특정 환경들에서는 금지된다.

[0009] 더 최근에, 가시광선 대역 외부에서 이미지를 캡처하고 그리고 대응하는 가시광선 이미지를 노이즈-제거하는 것을 돕기 위해 그 "다크 플래시" 이미지를 사용하기 위해, "비가시 플래시" 예를 들어 근적외선 또는 자외선 광을 이용한 플래시를 사용하는 듀얼-이미지 노이즈-제거 방법의 제 2 타입이 출현하였다. 심플 프아송 방정식을 통한 그라디언트 전송은 다크 플래시 이미지를 레퍼런스로서 사용하여 가시광선 이미지를 노이즈-제거하도록 채택될 수 있다. 그러한 방법들은 노이즈-제거와 상세 전송을 동시에 수행하고 종종 고품질 노이즈-제거 결과들을 달성할 수 있다. 하지만, 다크 플래시 이미지로부터의 그라디언트 제약은 너무 발견적이고, 가시광선 이미지와 다크 플래시 이미지 간의 차이들을 핸들링하도록 잘 적응되지 않을 수도 있다. 이는, 특히, 집중적인 노이즈를 갖는 이미지들을 핸들링할 경우에 노이즈-제거 결과들에서의 현저한 외형 변화를 발생시킨다.

도면의 간단한 설명

- [0010] 이제, 본 발명의 특정 구현들이, 한정이 아닌 예로서 제공되는 다음의 도면들을 참조하여 설명될 것이다.
- 도 1 은 일 구현에 따른, 멀티스펙트럼 이미징 시스템의 개략 블록 다이어그램이다.
- 도 2 는 일 구현에 따른, 특정 장면의 멀티스펙트럼 이미지 데이터를 캡처하기 위한 방법의 일 실시형태의 플로우차트이다.
- 도 3a 는 예시적인 RGB 및 NIR 이미지를 도시한다.
- 도 3b 는 도 3a 의 RGB 이미지의 레드, 그린, 및 블루 채널들의 다양한 영역들 및 도 3a 의 NIR 이미지의 대응하는 영역들을 도시한다.
- 도 4 는 그래디언트 스케일 맵을 생성하고 그래디언트 스케일 맵을 노이즈-제거를 위해 사용하기 위한 방법의 일 실시형태의 플로우차트이다.
- 도 5 는 노이즈-제거 프로세스의 다양한 단계들에서의 이미지들의 일 예를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 본 명세서에서 개시된 구현들은 이미지 노이즈-제거 어플리케이션들에 대한 시스템들, 방법들 및 장치를 제공한다. 예를 들어, 본 명세서에서 설명된 바와 같이, 근적외선 (NIR) 이미지와 같은 대응하는 다크 플래시 이미지를 사용하여 노이즈성 가시광선 이미지로부터 고품질 이미지를 프로세싱하는 것이 바람직할 수 있다. 비록 실시형태들이 NIR 이미지들을 채용하는 것으로서 본 명세서에서 설명되지만, 적외선 및 자외선 플래시 이미지들이 물론 사용될 수도 있음이 인식될 것이다. 본 명세서에서 개시된 구현들은 동일 이미지 장면의 가시광선, 예를 들어, RGB 와 NIR 이미지들의 쌍을 캡처하는데 사용될 수 있다. 노이즈-제거 프로세스 동안, 가시광선 및 NIR 이미지들은 픽셀 기반으로 정렬될 수도 있고, 정렬된 가시광선 및 NIR 이미지들의 그래디언트 필드들을 관련시키도록 그래디언트 스케일 맵이 도입될 수도 있다.
- [0012] 그래디언트 스케일 맵은 가시광선 이미지의 그래디언트 벡터들과 NIR 이미지의 그래디언트 벡터들 간의 차이들 및 유사성들에 기초하여 생성될 수도 있다. 그래디언트 벡터들은 이미지에서의 픽셀들의 영역들 간의 강도 값들에서의 연속성들 및 불연속성들을 검출하는데 사용될 수 있다. 연속성들 및 불연속성들은 이미지에서의 오브젝트들의 경계들, 장면 조명에서의 변동들, 심도에서의 불연속성들, 및 재료 특성들에서의 변화들을 표현할 수도 있다.
- [0013] 이미지의 그래디언트 벡터들은 이미지를 수평 및 수직 미분 필터들로 컨벌루션 (convolve) 함으로써 각각의 픽셀에서 결정될 수 있다. 예를 들어, x 및 y 방향들을 따르는 그래디언트 벡터들은 NIR 과 가시광선 이미지들 간의 중첩 영역과 같은 픽셀들의 그룹에 대해 계산될 수도 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 그래디언트 벡터들은 이미지를 수평 및 수직 미분 필터들로 컨벌루션함으로써 계산될 수도 있다. 고려된 픽셀들의 각각의 그룹에 대해, 미분 필터들은, 픽셀 강도 값들에서의 수평 및 수직 변화들을 나타내는 수평 및 수직 방향들에 서의 제 1 또는 제 2 도함수를 계산하는데 적용될 수 있다. 이는, 픽셀들의 그룹에 있어서 중심 픽셀에 할당될 수 있는 그래디언트 벡터 값을 생성한다. 이에 따라, 각각의 픽셀 주위의 영역에서의 강도 값들은 픽셀에서의 대응하는 그래디언트 벡터 값을 근사화하는데 사용될 수 있다. 이미지에서의 픽셀들의 그래디언트 벡터 값들은 그래디언트 크기 벡터들 및 그래디언트 방향 벡터들을 계산하기 위해 결합될 수 있다. 그래디언트 방향 벡터들 및 그래디언트 크기 벡터들은 오브젝트 경계들의 위치 및 그 경계들의 어느 하나의 축 상에서의 픽셀들의 영역들의 상이한 강도 값들에 관한 정보를 제공한다. 예를 들어, 오브젝트 경계 픽셀들은 그래디언트 크기들의 로컬 최대치에 위치될 수 있다.
- [0014] 본 명세서에 설명된 노이즈-제거 방법들을 촉진하기 위해, 가시광선 이미지 및 NIR 이미지는 픽셀 단위 기반으로 정렬되고 중첩 영역에서 크롭핑될 수도 있다. 그래디언트 스케일 맵은 가시광선 이미지의 그래디언트 벡터들과 NIR 이미지에서의 그래디언트 벡터들의 값들에서의 차이 또는 그 값들 간의 비율을 계산함으로써 생성될 수도 있다. 이에 따라, 그래디언트 스케일 맵은 이미지들 간의 구조 차이들 및 유사성들의 본성을 캡처하고, 본 명세서에서 설명된 노이즈-제거 프로세스들에서의 사용을 위한 분명한 통계적 및 수치적 의미들을 가질 수도 있다.
- [0015] 일부 실시형태들에 있어서, 그래디언트 스케일 맵에는, 각각의 픽셀 위치에 대해 양수값 또는 음수값이 할당될 수도 있다. 예를 들어, 양수값은, 에지 또는 구조가 가시광선 이미지 및 NIR 이미지 양자에 유사한 그래디언트 방향 벡터들로 존재함을 나타낼 수도 있다. 음수값은, 에지 또는 구조가 가시광선 이미지 및 NIR 이미

지 양자에 존재하지만 NIR 이미지에서의 로컬 그래디언트 벡터의 방향은 가시광선 이미지에서의 로컬 그래디언트 벡터에 대해 반전됨을 나타낼 수도 있다. 제로의 값은, 가시광선 이미지에 존재하지 않는 에지 또는 구조가 예를 들어 NIR 플래시로부터 기인하는 하이라이트들 및 음영들로 기인하여 NIR 이미지에 존재함을, 또는 가시광선 이미지에 존재하는 에지 또는 구조가 예를 들어 장면에서의 오브젝트의 레드 및 적외선 광에 대한 상이한 반사율 특성들로 기인하여 NIR 이미지에 존재하지 않음을 나타낼 수도 있다. 그래디언트 스케일 맵에서의 이들 값들의 분석에 기초하여, 그래디언트 전송에 의한 노이즈-제거를 위한 최적 비율 맵이 적응적 평활화, 에지 보존 및 가이던스 강도 조작을 고려하여 생성될 수도 있다. 최적 비율 맵은, 각각의 픽셀에서의 가시광선 이미지에 적용될 NIR 이미지로부터의 가이던스량을 표현할 수도 있다. 그래디언트 스케일 맵 및 그래디언트 전송 방식을 활용함으로써, 본 명세서에서 설명된 노이즈-제거 방법들은 고품질의 이미지 노이즈-제거를 달성하기 위해 NIR 이미지를 가이던스 이미지로서 더 양호하게 레버리징할 수 있으며, 추가적인 아티팩트들을 가이던스 이미지로부터 노이즈-제거된 가시광선 이미지로 도입하지 않고도 그렇게 할 수 있다.

[0016] 일 실시형태에 있어서, 이미징 장치는 2개의 상이한 타입들의 이미징 센서들, 예를 들어, NIR 센서 및 가시광선 센서를 사용하여 이미지들을 캡처할 수도 있다. 이러한 타입의 멀티스펙트럼 이미징은 가시광선 센서에 의해 캡처된 이미지를 노이즈-제거하기에 유용할 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 가시광선 센서에서 수신된 광은 장면의 컬러 정보를 반송할 수 있지만, NIR 센서에 의해 캡처된 광은 이미지 노이즈-제거를 수행함으로써 가시광선 이미지의 품질을 향상시키는데 사용될 수 있다. 예를 들어, NIR 이미지 및 가시광선 이미지는 그래디언트 벡터들로 분해되고 그래디언트 스케일 맵을 생성하는데 사용될 수도 있다. 상기 설명된 바와 같이, 그래디언트 스케일 맵은, 캡처된 가시광선 이미지의 품질을 개선하기 위해 NIR 이미지에 의해 가시광선 이미지의 노이즈-제거를 가이드하는데 사용될 수도 있다.

[0017] 일 실시형태에 있어서, NIR 센서에 의해 캡처된 이미지는 낮은 광 조건들에서 캡처된 가시광선 이미지들의 품질을 향상시키는데 사용된다. 예를 들어, 종래의 낮은 광 시스템들에 있어서, 가시 플래시 시스템이 종종 이미징될 오브젝트를 조명하기 위해 사용된다. 하지만, 그러한 인공 광은 이미지의 주위를 파괴할 수도 있으며, 레드 아이, 원치않는 반사들, 및 음영들과 같은 원치않는 아티팩트들을 도입할 수도 있다. 본 명세서에서 설명된 방법들에 있어서, NIR 플래시 램프는 NIR 이미지를 캡처하기 위해 가시 플래시 대신 사용될 수도 있으며, (RGB 컬러 CCD 와 같은) 종래의 가시 이미징 센서는 대응하는 가시광선 이미지를 캡처한다. NIR 이미지는 가시광선 이미지에서와 같은 노이즈로 오염되지 않을 수도 있으며, NIR 이미지는, 낮은 조명 조건들에 의해 야기된 가시 (예를 들어, RGB) 이미지로부터 노이즈를 제거하기 위해 (가중된 최소 제곱 평활화 기술과 같은) 노이즈-제거 기술과 함께 사용될 수도 있다. 비록 NIR 플래시를 사용하여 캡처된 NIR 가이던스 이미지의 문맥 내에서 주로 논의되지만, NIR 가이던스 이미지는 또한, 일부 실시형태들에 있어서, 이미지 장면에 자연적으로 존재하는 적외선 또는 근적외선 광을 검출하도록 구성된 이미지 센서를 사용하여 플래시없이 캡처될 수도 있다.

[0018] NIR (근적외선) 광은 인간 눈에는 비가시적이지만 이미지 센서들에 의해 캡처될 수 있다. 비-간섭성 NIR 플래시로, 고품질의 무-노이즈 NIR 사진이 캡처되어, 대응하는 RGB 이미지에서 노이즈-제거 및 상세 복원을 가이드한다. 일부 실시형태들은 RGB 및 NIR 이미지들의 쌍을 동시에 캡처하고, 그 다음으로, RGB 및 NIR 이미지들을 픽셀별로 정렬할 수도 있다. 그러한 이미지 쌍은 듀얼 카메라 시스템, 정적 장면들에서 순차적 RGB-NIR 샷들을 캡처하는 단일 카메라를 이용하여, 단일 RGB-IR 카메라에 의해, 또는 2012년 10월 30일자로 출원된 미국출원 제13/663,897호에 설명된 바와 같은 스테레오 RGB-NIR 카메라 시스템에 의해 캡처될 수 있으며, 이 출원의 전부는 본 명세서에 참조로 통합된다.

[0019] 다음의 설명에 있어서, 특정 상세들은 예들의 철저한 이해를 제공하기 위해 주어진다. 하지만, 그 예들은 이들 특정 상세들없이도 실시될 수 있음이 당업자에 의해 이해될 것이다. 예를 들어, 전기 컴포넌트들/디바이스들은, 그 예들을 불필요한 상세로 불명료하게 하지 않기 위해 블록 다이어그램들로 도시될 수도 있다. 다른 경우들에 있어서, 그러한 컴포넌트들, 다른 구조들 및 기술들은 그 예들을 더 설명하기 위해 상세히 도시될 수도 있다.

[0020] 또한, 그 예들은, 플로우차트, 플로우 다이어그램, 유한 상태 다이어그램, 구조 다이어그램, 또는 블록 다이어그램으로서 도시된 프로세스로서 설명될 수도 있음을 주목한다. 플로우차트가 동작들을 순차적인 프로세스로서 기술할 수도 있지만, 동작들 중 다수는 병렬로 또는 동시에 수행될 수 있고, 프로세스가 반복될 수 있다. 부가적으로, 동작들의 순서가 재배열될 수도 있다. 프로세스는 그 동작들이 완료될 경우에 종료된다. 프로세스는 방법, 함수, 절차, 서브루틴, 서브프로그램 등에 대응할 수도 있다. 프로세스가 소프트웨어 함수에 대응할 경우, 그 종료는 그 함수의 호출 함수 또는 메인 함수로의 반환, 또는 서브루틴 또는 동일한 기

능의 유사한 완료에 대응할 수도 있다.

[0021] 당업자는 임의의 다양한 서로 다른 기술들 및 기법들을 이용하여 정보 및 신호들이 표현될 수도 있음을 이해할 것이다. 예를 들어, 상기 설명 전반에 걸쳐 참조될 수도 있는 데이터, 명령들, 커맨드(command)들, 정보, 신호들, 비트들, 심볼들, 및 칩들은 전압, 전류, 전자기파, 자계 또는 자성 입자, 광계 또는 광학 입자, 또는 이들의 임의의 조합에 의해 표현될 수도 있다.

[0022] 시스템 개관

[0023] 이제, 도 1로 돌아가면, 멀티스펙트럼 이미징 시스템 (100)의 개략 블록 다이어그램이 도시된다. 멀티스펙트럼 이미징 시스템 (100)은 멀티스펙트럼 이미징 장치 (110)를 포함할 수 있다. 멀티스펙트럼 이미징 장치 (110)는, 적어도 가시광선 파장들 및 근적외선 (NIR) 광 파장들을 포함한 광대역의 파장들을 감지할 수 있는 하나 이상의 멀티스펙트럼 이미징 센서들을 포함하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 멀티스펙트럼 이미징 장치 (110)는 약 390 nm와 약 1400 nm 사이의 파장들에서의 광을 검출하도록 구성될 수 있다. 물론, 이미징 장치 (110)는 또한, 훨씬 더 넓은 범위의 파장들을 물론 검출하도록 구성될 수 있다. 일부 구현들에 있어서, 전하 커플링형 디바이스 (CCD)가 멀티스펙트럼 이미징 센서(들)로서 사용될 수 있다. 다른 구현들에 있어서, CMOS 이미징 센서가 멀티스펙트럼 이미징 센서(들)로서 사용될 수 있다. 추가적으로, 플래시 모듈 (118) 및/또는 다른 액세서리들이 멀티스펙트럼 이미징 장치 (110)에 포함되어, 장면을 조명하는 것을 도울 수도 있다. 다양한 구현들에 있어서, 플래시 모듈 (118)은 가시 및/또는 NIR 플래시 디바이스들을 포함할 수 있다.

[0024] 도 1에 도시된 구현에 있어서, 멀티스펙트럼 이미징 장치 (110)는 단일 멀티스펙트럼 이미징 센서 대신 2개의 별개의 센서들을 포함한다. 이 구현에 있어서, 멀티스펙트럼 이미징 장치 (110)는 가시광선 센서 (115) 및 별개의 NIR 센서 (117)를 포함한다. 예를 들어, 멀티스펙트럼 이미징 장치 (110)는, 적어도 약 390 nm와 약 800 nm 사이의 범위에서 가시광선을 검출가능한 CCD/CMOS 센서와 같은 제 1 가시 센서 (115)를 갖는다. 멀티스펙트럼 이미징 장치 (110)는, 약 800 nm와 약 1400 nm 사이의 범위에서 NIR 광을 검출가능한 CCD/CMOS 센서와 같은 제 2 NIR 센서 (117)를 더 포함한다. 일부 구현들에 있어서, 가시 및 NIR 센서들에 대한 파장 범위들은 중첩할 수 있거나 또는 심지어 실질적으로 동일할 수도 있다. 일부 구현들에 있어서, NIR 통과 필터와 같은 이미징 필터들은 오직 NIR 데이터만을 검출하기 위해 적합한 CCD/CMOS 센서에 대해 사용될 수 있다. 일 구현에 있어서, 예를 들어, 가시광선 센서 (115) 및 NIR 센서 (117) 양자는 Samsung® S5K4E1GX QXGA CMOS 센서에 대해 구현될 수 있다. NIR 센서 (117)는 그 센서로 하여금 NIR 광을 수신할 수 있게 하기 위해 IR 컷오프 필터를 제거함으로써 구현될 수 있다. 수정된 NIR 센서 (117)는 추가로, 하위 파장들, 예를 들어, 약 800 nm 미만의 파장들을 필터링하기 위해 IR 필터에 의해 커버될 수 있다. 예를 들어, Kodak® Wratten IR 필터 (#87C)가 NIR 센서 (117)에 대해 적용될 수 있다. 다른 구현들에 있어서, 다양한 다른 센서들 또는 그 조합들이 가시 및 NIR 이미지 데이터를 캡처하는데 사용될 수 있다.

[0025] 일부 구현들에 있어서, 멀티스펙트럼 이미징 시스템 (100)은 RGB 및 NIR 이미지들의 쌍을 동시에 캡처할 수도 있다. 멀티스펙트럼 이미징 시스템 (100)은, 다른 실시형태들에 있어서, RGB 이미지를 캡처하는 미리결정된 시간 간격 내에서 NIR 이미지를 캡처할 수 있으며, 미리결정된 시간 간격은 이미지들의 쌍이 실질적으로 동일한 장면의 것일 수 있기에 충분히 짧을 수도 있다. NIR 이미지는 NIR 플래시를 이용하여, 또는 타겟 이미지 장면에 존재하는 NIR 주변 광을 이용하여 이미지를 캡처함으로써, 캡처될 수도 있다. 가시 이미지는 플래시 또는 주변 광을 이용하여 캡처될 수도 있다.

[0026] 멀티스펙트럼 이미징 시스템 (100)은, 서로와 그리고 이미징 장치 (110)와 데이터 통신하는 프로세서 (140) 및 메모리 (130)를 더 포함한다. 프로세서 (140) 및 메모리 (130)는 이미징 장치 (110)에 의해 캡처된 이미지들을 프로세싱 및 저장하는데 사용될 수 있다. 추가적으로, 멀티스펙트럼 이미징 시스템 (100)은 입력/출력 (I/O) 동작들을 사용자에게 제공하도록 구성된 사용자 인터페이스 (UI) (150)를 포함할 수 있다. 예를 들어, UI (150)는 다양한 아이콘들을 사용자에게 제시하는 디스플레이를 포함할 수 있다. UI (150)는 또한, 키보드, 터치 스크린 입력부, 마우스, 볼러볼, 데이터 입력부들 (예를 들어, USB 또는 무선), 및/또는 임의의 다른 적합한 타입의 입력 디바이스와 같은 다양한 입력 디바이스들을 포함할 수도 있다. UI (150)는 사용자로 하여금 이미지 데이터를 조작하게 하고/하거나 사용자가 사용하길 원하는 이미징 모드를 선택하게 하도록 프로그래밍될 수 있다. UI (150)는 또한, 멀티스펙트럼 이미지 데이터를 캡처하기 위한 제어부들을 포함할 수도 있다.

[0027] 추가로, 프로세서 (140) 및 메모리 (130)는 이미지 프로세싱 모듈 (120)에서 소프트웨어 모듈들로서 저장된

프로세스들을 구현하도록 구성되고 그리고 멀티스펙트럼 이미징 장치 (110) 에 의해 캡처된 멀티스펙트럼 이미지 데이터를 프로세싱하도록 구성될 수 있다. 이미지 프로세싱 모듈 (120) 은 비-일시적 저장 매체와 같은 임의의 적합한 컴퓨터 판독가능 저장 매체에서 구현될 수 있다. 이미지 프로세싱 모듈 (120) 은 임의의 수의 소프트웨어 모듈들을 가질 수 있다. 예를 들어, 통신 모듈 (121) 이 이미지 프로세싱 모듈 (120) 상에 구현될 수 있다. 통신 모듈 (121) 은, 멀티스펙트럼 이미징 시스템 (100) 의 컴포넌트들 간의 데이터의 플로우를 관리하는 컴퓨터 구현식 명령들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 통신 모듈 (121) 은, 멀티스펙트럼 이미징 장치 (110) 로부터의 이미지 데이터의 수신을 관리하는 명령들을 포함할 수 있다. 이미지 프로세싱 모듈 (120) 은 또한, 다양한 타입들의 데이터, 소스 코드, 및/또는 실행가능 파일들을 저장하도록 구성된 저장 모듈 (129) 을 포함한다. 예를 들어, 저장 모듈 (129) 은 이미징 장치 (110) 에 의해 수신된 이미지 데이터 및/또는 이미지 프로세싱 모듈 (120) 에 의해 프로세싱된 이미지 데이터를 저장하도록 프로그래밍될 수 있다.

[0028] 이미지 프로세싱 모듈 (120) 은 또한, 다양한 멀티스펙트럼 이미징 어플리케이션들을 구현하도록 프로그래밍된 다양한 모듈들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 이미지 프로세싱 모듈 (120) 은, NIR 이미지 및 가시광선 이미지 양자를 캡처하도록 프로그래밍된 다크 플래시 이미징 모듈 (123) 을 포함한다. 일부 구현들에 있어서, 다크 플래시 이미징 모듈 (123) 은 가시광선 센서 (115) 및 NIR 센서 (117) 로 하여금 타겟 장면의 이미지들을 실질적으로 동시에 캡처하게 할 수도 있다. 다른 구현에 있어서, 다크 플래시 이미징 모듈 (123) 은 가시광선 센서 (115) 및 NIR 센서 (117) 로 하여금 타겟 장면의 이미지들을 연속적으로 캡처하게 할 수도 있다.

[0029] 추가적으로, 이미지 프로세싱 모듈 (120) 은 하이브리드 이미징 모듈 (125) 을 포함할 수도 있다. 하이브리드 이미징 모듈 (125) 은 이미징 장치 (110) 에 의해 캡처된 스틸 이미지들 및 비디오 이미지들 양자를 프로세싱하도록 프로그래밍될 수 있다. 예를 들어, 하이브리드 이미징 모듈 (125) 은 가시광선 센서 (115) 로부터의 스틸 이미지 데이터 및 NIR 센서 (117) 로부터의 비디오 이미지 데이터를 프로세싱하도록 (또는 그 역도 성립) 프로그래밍될 수 있다. 스틸 이미지 데이터 및 비디오 이미지 데이터는 일부 배열들에 있어서 개별 센서들에 의해 동시에 캡처될 수 있으며; 다른 배열들에 있어서, 스틸 및 비디오 이미지 데이터는 별개의 시간들에서 캡처될 수 있다. 다양한 구현들에 있어서, 스틸 이미지 데이터는 장면의 이미지들에서의 모션 블러를 감소시키기 위해 비디오 이미지 데이터보다 더 높은 해상도에서 캡처될 수 있다.

[0030] 이미지 프로세싱 모듈 (120) 은 또한, 멀티스펙트럼 정보 프로세싱 모듈 (127) 을 포함한다. 멀티스펙트럼 정보 프로세싱 모듈 (127) 은 노이즈-제거 프로세스를 통해 가시광선 센서 (115) 로부터 캡처된 가시광선 이미지 데이터의 품질을 향상시키기 위해 NIR 센서 (117) 로부터 캡처된 NIR 이미지 데이터를 프로세싱하도록 프로그래밍될 수 있다. 멀티스펙트럼 정보 프로세싱 모듈 (127) 은, 하기에서 설명되는 바와 같이, 노이즈 감소 프로세스를 수행하기 위한 다양한 서브-모듈들을 포함할 수 있다.

[0031] 멀티스펙트럼 정보 프로세싱 모듈 (127) 은 이미지 정렬 모듈 (124) 을 포함할 수도 있다. NIR 센서 (117) 및 가시광선 센서 (115) 는 일 거리만큼 이격될 수도 있으며, 따라서, 상이한 프레이밍 및/또는 각도들을 사용하여 타겟 장면을 캡처할 수도 있다. NIR 및 가시광선 이미지들은, 이미지들이 노이즈 감소를 위해 프로세싱되기 전에 정렬될 수도 있다. 이미지 정렬 모듈 (124) 은, 예를 들어, 가시광선 센서 (115) 및 NIR 센서 (117) 가 수직으로 정렬됨을 확인하는 것과 같이 NIR 및 가시광선 이미지들에 대한 임의의 예비 동작들을 수행하도록 프로그래밍될 수 있다. 이미지 정렬 모듈 (124) 은 추가로, 복수의 매칭된 픽셀 쌍들을 형성하기 위해 NIR 이미지에서의 픽셀들을 가시광선 이미지에서의 픽셀들과 매칭하도록 프로그래밍될 수 있다. 이에 의해, 이미지 정렬 모듈 (124) 은 각각의 이미지에 대한 이미지 디스크립터들에 기초하여 NIR 및 가시광선 이미지들의 초기의 픽셀단위 정렬을 제공할 수 있다. 이미지 디스크립터들은 개별 이미지들에서 측정된 이미지 그라디언트들에 부분적으로 기초할 수도 있다.

[0032] 이미지 정렬 모듈 (124) 은 또한, NIR 및 가시광선 이미지들의 희박한 부분들을 일반적으로 정렬시키도록 프로그래밍될 수 있다. 예를 들어, 이미지 정렬 모듈 (124) 은 각각의 매칭된 픽셀 쌍에 대한 픽셀 차이들을 계산하도록 프로그래밍될 수 있다. 다양한 구현들에 있어서, 픽셀 차이들은 각각의 매칭된 픽셀 쌍에 대한 픽셀 분리 거리에 기초할 수 있다. 이미지 정렬 모듈 (124) 은 각각의 매칭된 픽셀 쌍에 대한 계산된 픽셀 차이들에 적어도 부분적으로 기초하여 각각의 매칭된 픽셀 쌍에 가중치들을 할당하도록 프로그래밍될 수 있다. 일단 가중치들이 할당되면, 다양한 구현들에 있어서, 더 높은 가중치들을 갖는 매칭들은 유지되지만 더 낮은 가중치들을 갖는 매칭들은 폐기된다. 가시 이미지와 NIR 이미지 간의 피스별 호모그래픽 제약이 추정될 수 있으며, 호모그래픽 제약을 만족하는 매칭들은 후속 정렬 프로세싱을 위해 유지될 수 있다.

[0033] 더욱이, 이미지 정렬 모듈 (124) 은 할당된 가중치들에 적어도 부분적으로 기초하여 NIR 이미지를 가시광선 이

미지와 정렬하도록 프로그래밍될 수 있다. 예를 들어, 이미지 정렬 모듈 (124) 은, 예를 들어, 할당되었던 가중치들과 같이 강도 유사도 값 및/또는 신뢰도 맵에 기초하여 회박한 매칭 결과들을 밀집한 매칭 결과들로 전파할 수 있다. 일부 양태들에 있어서, NIR 이미지는, 이미지들의 정렬이 정확함을 확인하기 위해 가시광선 이미지의 원근에 대해 워핑될 수 있거나 그 역도 성립한다.

[0034] 그라디언트 스케일 맵 생성 모듈 (126) 은 NIR 및 RGB 이미지들로부터 그라디언트 스케일 맵을 생성하도록 프로그래밍될 수 있다. 예를 들어, 상기 설명된 바와 같이, 그라디언트 스케일 맵은 가시광선 이미지 및 NIR 이미지에서의 그라디언트 벡터들 간의 차이들 및 유사성들에 기초하여 생성될 수도 있다. 이에 따라, 그라디언트 스케일 맵 생성 모듈 (126) 은, 예를 들어, 미분 필터를 픽셀 블록들에 적용하고 그라디언트 벡터 값을 각각의 픽셀 블록에서의 중심 픽셀에 할당함으로써, 가시 및 NIR 이미지들 각각에 있어서의 각각의 픽셀에서의 그라디언트 벡터 값들을 계산하도록 프로그래밍될 수 있다.

[0035] 그라디언트 스케일 맵 생성 모듈 (126) 은 추가로, NIR 이미지와 가시광선 이미지의 그라디언트 벡터들의 비교에 기초하여 그라디언트 스케일 맵을 생성하도록 프로그래밍될 수도 있다. 이에 따라, 그라디언트 스케일 맵은 NIR 이미지와 가시광선 이미지 간의 구조 차이들 및 유사성들의 본성을 캡처할 수도 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 그라디언트 스케일 맵 생성 모듈 (126) 은 그라디언트 스케일 맵 내의 각각의 픽셀 위치에 양수값 또는 음수값을 할당할 수도 있다. 예를 들어, 양수값은, 에지 또는 오브젝트 경계가 가시광선 이미지 및 NIR 이미지 양자에 유사한 그라디언트 방향 벡터들로 존재함을 나타낼 수도 있다. 음수값은, 에지가 가시광선 이미지 및 NIR 이미지 양자에 존재하지만 NIR 이미지에서의 로컬 그라디언트 벡터의 방향은 가시광선 이미지에서의 로컬 그라디언트 벡터에 대해 반전됨을 나타낼 수도 있다. 제로의 값은, 가시광선 이미지에 존재하지 않는 에지가 예를 들어 NIR 플래시로부터 기인하는 하이라이트들 및 음영들로 기인하여 NIR 이미지에 존재함을, 또는 가시광선 이미지에 존재하는 에지 또는 구조가 예를 들어 장면에서의 오브젝트의 레드 및 적외선 광에 대한 상이한 반사율 특성들로 기인하여 NIR 이미지에 존재하지 않음을 나타낼 수도 있다.

[0036] 노이즈-제거 모듈 (128) 은 그라디언트 스케일 맵 생성 모듈 (126) 로부터 그라디언트 스케일 맵 값들을 수신하고 그리고 가시광선 이미지를 노이즈-제거하기 위해 그러한 값들을 활용하도록 프로그래밍될 수도 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 그라디언트 전송에 의한 노이즈-제거를 위한 최적 비율 맵이 그라디언트 스케일 맵에 있어서의 픽셀단위 값들의 분석에 기초하여 생성될 수도 있다. 최적 비율 맵을 형성할 경우, 노이즈-제거 모듈 (128) 은 적응적 평활화, 에지 보존 및 가이던스 강도 조작과 같은 이미지 품질 향상 팩터들을 고려할 수도 있다. 최적 비율 맵은, 노이즈-제거 모듈 (128) 이 각각의 픽셀에서의 가시광선 이미지에 적용할 수도 있는 NIR 이미지로부터의 가이던스량을 표현할 수도 있다.

[0037] 일부 실시형태들에 있어서, 노이즈-제거 모듈 (128) 은 추가로, 가시광선 이미지에 대해 반복적인 노이즈-제거 프로세스를 수행하도록 프로그래밍될 수도 있다. 예를 들어, 노이즈-제거된 가시광선 이미지는, 노이즈-제거된 가시광선 이미지 및 NIR 이미지에서의 그라디언트 벡터 필드들 간의 차이들 및 유사성들을 표현하는 업데이트된 그라디언트 스케일 맵을 생성하기 위해, 그라디언트 스케일 맵 생성 모듈 (126) 로 다시 NIR 이미지로 전송될 수도 있다. 노이즈-제거 모듈 (128) 은 노이즈-제거된 가시 이미지를 더 노이즈-제거하기 위해 이러한 업데이트된 그라디언트 스케일 맵을 사용할 수도 있다. 이러한 프로세스는, 일부 실시형태들에 있어서, 업데이트된 그라디언트 스케일 맵이 이전 그라디언트 스케일 맵으로부터 임계량 미만으로 변환 때까지 반복될 수도 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 그 프로세스는, 결과적인 노이즈-제거된 가시광선 이미지가 업데이트된 그라디언트 스케일 맵을 구성하는데 사용된 가시광선 이미지로부터 임계량 미만으로 변환 때까지 반복될 수도 있다.

[0038] 프로세스 개관

[0039] 도 2 는 일 구현에 따른, 특정 장면의 멀티스펙트럼 이미지 데이터를 캡처하기 위한 방법 (200) 의 플로우차트이다. 도시된 방법 (200) 은, NIR 및 가시광선 센서들이 활성화되는 블록 205 에서 시작한다. 예를 들어, 도 1 을 참조하면, 사용자는 센서들로 하여금 장면을 캡처할 수 있게 하도록 이미징 시스템 (100) 을 파워업 및/또는 부트업할 수도 있다. 다양한 구현들에 있어서, 모바일 디바이스 상의 아이콘이 NIR 및 가시광선 센서들 (115 및 117) 을 활성화하는데 관여될 수도 있다. 그 후, 방법은, 가시광선 이미지가 가시광선 센서에 의해 캡처되고 NIR 이미지가 NIR 센서에 의해 캡처되는 블록 210 으로 이동한다. 다양한 배열들에 있어서, 플래시 (예를 들어, 가시 및/또는 NIR 플래시) 가 장면을 조명하는데 사용될 수도 있다.

[0040] 장면의 가시광선 및 NIR 이미지들을 캡처한 이후, 프로세스 (200) 는, NIR 이미지와 가시광선 이미지가 도 1 의 이미지 정렬 모듈 (124) 에 대하여 정렬될 수 있는 블록 215 로 이동한다. 이미지들을 정확하게 정렬함으로써

써, 오정렬에 의해 야기된 이미지 아티팩트들이 감소 또는 제거될 수 있다. 정렬된 이미지들은 후속 프로세싱을 위해 중첩 영역에서 크롭핑될 수도 있다.

[0041] 그 후, 프로세스 (200) 는, NIR 및 가시광선 이미지들의 그래디언트 벡터 필드들 간의 차이들 및 유사성들을 표현하는 그래디언트 스케일 맵이 생성되는 블록 220 으로 이동한다. 상기 설명된 바와 같이, 그래디언트 스케일 맵은 NIR 및 가시광선 이미지들의 각각의 픽셀에 대한 그래디언트 벡터 방향과 그래디언트 벡터 크기 간의 차이를 계산함으로써 생성될 수도 있다.

[0042] 다음으로, 블록 225 에서, 그래디언트 스케일 맵이 이미지 프로세싱을 위해 사용된다. 예를 들어, 그래디언트 스케일 맵은, 가시광선 이미지를 노이즈-제거하기 위해 NIR 이미지로부터 가시광선 이미지로 적용된 가이던스의 레벨을 결정하는데 사용될 수도 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 그래디언트 스케일 맵은 가시광선 이미지를 헤이징-제거 또는 블러링-제거하여 가시광선 이미지에서의 선명성 또는 콘트라스트를 증가시키기 위해 또는 스킨 평활화 어플리케이션들을 위해 사용될 수도 있다.

[0043] 그 후, 프로세스 (200) 는 판정 블록 230 으로 이동하여, 추가적인 이미지들이 프로세싱되는지 여부를 결정한다. 판정 블록 230 에서 추가적인 이미지들이 프로세싱된다는 판정이 행해지면, 방법 (200) 은 블록 210 으로 리턴하여, 추가적인 NIR 이미지 데이터 및 가시광선 이미지 데이터를 캡처한다. 판정 블록 230 에서 어떠한 추가적인 이미지들도 프로세싱되지 않는다는 판정이 행해지면, 방법 (200) 은 종료한다.

[0044] NIR 및 RGB 그래디언트들 개관

[0045] 도 3a 는 예시적인 가시광선 이미지 (300) 및 예시적인 NIR 이미지 (310) 를 도시한다. 이 예에 있어서, 가시광선 이미지 (300) 는 RGB 이미지로서 논의되지만, 가시광선 이미지 (300) 는 또한 그레이스케일일 수도 있다. 도 3b 는, 도 3a 의 이미지들 상의 직사각형 테두리들 (320, 330 및 340) 에 의해 노트된, 도 3a 의 RGB 이미지 (300) 의 레드, 그린, 및 블루 채널들의 다양한 영역들, 및 NIR 이미지 (310) 의 대응하는 영역들의 zoom된 뷰들을 도시한다. RGB 이미지 (300) 의 노이즈-제거를 가이드하기 위해 NIR 이미지 (310) 를 사용하는 것은, RGB 이미지의 각각의 채널 (레드, 그린, 및 블루 채널들) 에 비해, 상세 분포 및 강도 포메이션에서의 현저한 차이를 만들 수도 있다. 도 3a 및 도 3b 에 도시되고 하기에서 더 상세히 논의되는 바와 같이, RGB (300) 와 NIR (310) 이미지들 간의 예지 구조 및 그래디언트 불일치들이 거의 모든 픽셀들에 대해 존재한다.

[0046] 존재할 수도 있는 하나의 구조 불일치는 그래디언트 크기 변동이다. 일 예로서, 영역 (320) 의 zoom된 뷰들에서 도시된 바와 같이, 책 커버 위의 문자 'D' 는 RGB 이미지 (300) 에서 보다 NIR 이미지 (310) 에서 훨씬 더 낮은 콘트라스트로 캡처되었다. 이러한 효과는 적외선 및 가시광선에 대한 상이한 반사율 특성들로 기인할 수도 있다.

[0047] 그래디언트 방향 발산은, RGB 이미지 (300) 에서의 일부 그래디언트 방향 벡터들이 NIR 이미지 (310) 에서의 대응하는 예지를 따라 위치된 그래디언트 방향 벡터들에 대하여 반전될 수도 있는 다른 구조 불일치이다. 예시하기 위해, 책 커버의 하위 영역 (330) 의 레드 채널, 그린 채널, 및 블루 채널이 동일 영역 (330) 의 NIR 채널과 비교하여 도 3b 에 도시된다. 2개 이미지들의 그래디언트 벡터 방향들이 반전되며; 즉, 레드, 그린, 및 블루 채널들에서의 하위 픽셀 영역은 상위 픽셀 영역보다 더 연하지만, NIR 이미지에서는, 상위 픽셀 영역이 하위 픽셀 영역보다 더 연하다. 상위 및 하위 이미지 영역들에서의 픽셀들은 그 상대적인 강도 레벨들을 크게 변경하지만, RGB 및 NIR 이미지들에서 반대 방향으로 변경한다.

[0048] 다른 구조적 불일치는, RGB 이미지 (300) 에 제시된 일부 그래디언트들이 NIR 이미지 (310) 에서 완전히 손실될 수도 있는 그래디언트 손실이다. 도 3b 의 마지막 행에 도시된 바와 같이, Jewel Scarabs 책 커버의 영역 (340) 에 있어서 레드, 그린, 및 블루 채널들에서의 가시적인 텍스트는 NIR 이미지의 그 동일 영역 (340) 으로부터 완전히 없어진다. 이러한 그래디언트 손실은 또한, 적외선 및 가시광선에 대한 장면에서의 오브젝트의 상이한 반사율로 기인할 수도 있다. 도시되지 않지만, 예를 들어, 그 상이한 조명 소스들로 인해 개별 이미지에 존재하는 하이라이트들 또는 음영들에서의 차이들로부터 기인하는, 다른 구조적 불일치들이 RGB 및 NIR 이미지들에서의 픽셀 영역들 사이에 존재할 수도 있다.

[0049] 일반적으로, NIR 이미지 광의 콘텐츠는 대응하는 가시광선 이미지보다 더 양호한 콘트라스트를 산출하고, 더 풍부한 상세 레벨들을 반송할 수도 있으며, 이는 RGB 이미지의 품질을 향상시키기 위해 NIR 이미지를 가이던스 이미지로서 사용하기 위한 큰 포텐셜을 생성한다. 하지만, 상기 논의된 구조적 불일치들로 인해, NIR 이미지의 모든 영역들이 RGB 이미지에서의 대응하는 영역들을 향상시키는데 사용하기에 적합한 것은 아님이 명백하다. RGB 이미지와 NIR 이미지 간의 구조적 불일치들로 인한 가이던스 문제들을 회피하기 위해, 본 명세서에서 설

명되는 노이즈-제거 방법들은 2개 이미지들의 그래디언트 필드들 간의 관계를 기술하기 위한 그래디언트 스케일 맵을 채용한다.

[0050] 그래디언트 스케일 맵 개관

[0051] 도 4 는 그래디언트 스케일 맵을 생성하고 그래디언트 스케일 맵을 노이즈-제거를 위해 사용하기 위한 방법의 일 실시형태를 도시한 플로우차트이다. 상기 논의된 바와 같이, 그래디언트 스케일 맵은 가시광선 이미지와 NIR 이미지 간의 구조들의 고유의 차이를 더 잘 핸들링하기 위해 생성될 수도 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 그래디언트 스케일 맵들은 다음과 같이 정의될 수도 있다:

$$\min \|\nabla I^* - s \cdot \nabla G\|. \quad (1)$$

[0053] 여기서, ∇ 는 x 및 y 방향 그래디언트들을 갖는 벡터를 형성하는 연산자이고, I^* 는 최적으로 노이즈-제거된 가시광선 이미지를 나타내는 실제자료 (ground-truth) 이미지이고, G 는 노이즈-제거 프로세스에서 가이드스 이미지로서 사용된 NIR 이미지이다. 일부 실시형태들에 있어서, 그래디언트 스케일 맵 (s) 은 NIR 의 그래디언트 필드들과 실제자료 이미지들 간의 스케일 또는 비율 맵을 나타낼 수도 있다. 이는 ∇G 와 ∇I^* 간의 구조적 차이들에 대응하는 몇몇 고유의 특성들을 가질 수도 있다.

[0054] 프로세스 (400) 는, 이미지 데이터가, 노이즈성 이미지일 수도 있는 RGB 이미지 (I_0) 에 대해 수신될 뿐 아니라 이미지 데이터가 무시가능한 노이즈를 가질 수도 있는 대응하는 NIR 플래시 이미지 (G) 에 대해 수신될 때 블록 405 에서 시작한다. 그 후, I_0 의 전체 시각적 외형을 보존하면서 G 에 따라 노이즈 제거되고 구조가 유지된 I_0 로부터 클린 이미지 (I) 및 그래디언트 스케일 맵 (s) 을 복원하기 위해, 프로세스 (400) 는 NIR 및 RGB 이미지들 양자에서의 각각의 픽셀에 대한 x 및 y 방향 그래디언트 벡터들을 결정기 위해 블록 410 으로 이동한다. 일부 실시형태들에 있어서, 이는, 각각의 블록에서의 중심 픽셀에 대한 그래디언트 벡터 값들을 획득하기 위해, 상기 설명된 바와 같이 NIR 및 RGB 의 픽셀 블록들에 수평 및 수직 선형 컨벌루션 필터들을 적용함으로써 달성될 수도 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 중심 픽셀을 둘러싼 적어도 4개 픽셀들이 중심 픽셀의 그래디언트 벡터 값을 계산하기 위해 사용될 수도 있지만, 더 많은 픽셀들이 사용될 수도 있다. 예를 들어, 각각의 픽셀에 대한 그래디언트 벡터 값들은 좌표 쌍, 예를 들어, (x, y) 로서 정의될 수도 있으며, 좌표 쌍의 "x" 변수의 값은 그래디언트가 우측 방향으로 증가하는지 또는 좌측 방향으로 증가하는지를 표시할 수도 있고, 좌표 쌍의 "y" 변수의 값은 그래디언트가 이미지의 배향에 대하여 상방으로 증가하는지 또는 하방으로 증가하는지를 표시할 수도 있다.

[0055] NIR 이미지 및 RGB 이미지의 그래디언트 벡터들을 계산한 이후, 프로세스 (400) 는, 그래디언트 스케일 맵 값들이 그래디언트 벡터들로부터 계산되는 블록 420 으로 이동한다. 일부 실시형태들에 있어서, 그래디언트 스케일 맵은 NIR 및 RGB 그래디언트 벡터들에서의 값들 간의 비율일 수도 있다. 일부 실시형태들에 있어서, 그래디언트 스케일 맵은 각각의 픽셀 위치에 대한 양수값 또는 음수값을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 양수값은, 에지가 가시광선 이미지 및 NIR 이미지 양자에서 유사한 그래디언트 방향으로 존재함을 나타낼 수도 있지만, 음수값은, 에지가 가시광선 이미지 및 NIR 이미지 양자에 존재하지만 NIR 이미지에서의 로컬 그래디언트 벡터의 방향은 가시광선 이미지에서의 로컬 그래디언트 벡터에 대해 반전됨을 나타낼 수도 있다. 재료의 값은, 가시광선 이미지에 존재하지 않는 에지가 예를 들어 NIR 플래시로부터 기인하는 하이라이트들 및 음영들로 기인하여 NIR 이미지에 존재함을, 또는 가시광선 이미지에 존재하는 에지는 예를 들어 이미지들에서의 재료의 가시 및 근적외선 광에 대한 상이한 반사율 특성들로 기인하여 NIR 이미지에 존재하지 않음을 나타낼 수도 있다.

[0056] 다음으로, 프로세스 (400) 는, 가시광선 이미지 (I_0) 의 이미지 노이즈-제거를 가이드하기 위해 그래디언트 스케일 맵 값들을 사용하도록 블록 425 로 이동한다. 그래디언트 스케일 맵 (s) 을 사용하여 I_0 로부터 노이즈-제거된 이미지 (I) 를 획득하는 문제는 다음의 조건부 확률을 최대화하는 것으로서 공식화될 수 있다.

$$\begin{aligned} P(I, s | I_0, G) &= \frac{P(I_0, G | I, s) P(I, s)}{P(I_0, G)} \\ &\propto P(I_0, G | I, s) P(I, s) \\ &\propto P(G | I, s) P(I_0 | I, s) P(s). \end{aligned} \quad (2)$$

[0057]

[0058] 여기서, $P(I)$ 는 균등 분포임이 가정된다. 양측의 네거티브 로그를 취함으로써, 식 (2) 는 다음과 같이 재기입될 수 있다.

$$[0059] \quad E(s, I) = E_1(s, I) + \lambda E_2(I) + \beta E_3(s). \quad (3)$$

[0060] 식 (3) 은 3개 항들을 포함한다: 즉, $E_1(s, I)$ 은, 추정된 이미지 (I) 및 가이드선 이미지 (G) 를 관련시키기 위해 s 를 사용하는 비용을 나타내는 s 및 I 에 대한 데이터 항이고; $E_2(I)$ 는, 얼마나 많은 추정된 이미지가 입력 노이즈성 이미지 (I_0) 로부터 일탈하는지를 나타내는 I 에 대한 데이터 항이며; $E_3(s)$ 는 s 의 평활화에 대해 페널티를 강제하는 s 에 대한 정규화 항이다. 여기서, λ 는 노이즈성 이미지 (I_0) 에 대한 신뢰도를 제어하고, 1-10 의 범위이다. β 는 s 의 평활화에 대응한다. 그 값은, 경험적으로 [0.2-0.8] 로 통상 설정될 수도 있다.

[0061] 하기의 식 (4) 에 있어서, I 는 오리진널 노이즈성 RGB 이미지 (I_0) 의 노이즈-제거된 반복을 나타내고, 이는 실제자료 이미지 (I^*) 의 추정치이며, 식 (1) 은

$$[0062] \quad \min \sum_i \|\nabla I_i - s_i \cdot \nabla G_i\|, \quad (4)$$

[0063] 로서 픽셀 합산 형태로 업데이트되며, 여기서, i 는 ∇G_i 에 의해 표현되는 NIR 가이드선 이미지의 그래디언트 필드에서의 픽셀들을 인덱싱한다. 여기서, ∇G_i 는 s_i 에 대한 스케일로서 간주될 수 있고, 상이한 픽셀들에서 s_i 를 계산할 경우 페널티를 제어할 수 있다. 이러한 형태로 비용 함수를 이용할 경우, 최종 비용은 ∇G_i 의 값에 고도로 의존한다. 예를 들어, ∇G_i 및 ∇I_i 가 동시에 배가되면, 비록 s_i 가 동일하게 유지되더라도, $|\nabla I_i - s_i \cdot \nabla G_i|$ 로부터의 비용은 배가되게 될 것이다. 따라서, ∇G_i 의 그래디언트 크기들은 비용을 고도로 불안정하게 하여, s_i 의 계산에 악영향을 준다. 이를 보상하기 위해, 프로세스 (400) 의 일부 실시형태들은 비용 함수를

$$[0064] \quad \sum_i \left| s_i - \frac{\nabla_x I_i}{\nabla_x G_i} \right| + \left| s_i - \frac{\nabla_y I_i}{\nabla_y G_i} \right|. \quad (5)$$

[0065] 로서 정규화할 수도 있다.

[0066] ∇G_i 를 (그 2개 컴포넌트들을 고려하여) 제산함으로써, G 에 의해 야기된 예상못한 스케일링 효과가 제거된다. $\nabla_x G_i$ 또는 $\nabla_y G_i$ 가 제로로 근접하는 자명한 (trivial) 상황을 회피하기 위해 그리고 아웃라이어들을 제거하기 위한 능력을 요청하기 위해, s 및 I 에 대한 데이터 항은

$$[0067] \quad E_1(s, I) = \sum_i \left(\rho \left(s_i - p_{x,i} \nabla_x I_i \right) + \rho \left(s_i - p_{y,i} \nabla_y I_i \right) \right), \quad (6)$$

[0068] 로서 정의될 수도 있으며, 여기서, $\rho(x)$ 는 추정 아웃라이어들을 제거하기 위해 사용된 강인한 함수이다. 이는

$$[0069] \quad \rho(x) = |x|^\alpha, \quad 0 < \alpha < 1, \quad (7)$$

[0070] 로서 정의되며, 여기서, $p_{k,i}$ (k 는 $\{x, y\}$ 에 있음) 는

$$[0071] \quad p_{k,i} = \frac{1}{\text{sign}(\nabla_k G_i) \cdot \max(|\nabla_k G_i|, m)}, \quad (8)$$

[0072] 로서 설정된 절단 함수이다.

[0073] 여기서 $\text{sign}(x)$ 는 부호 연산자이고, x 가 양수이거나 제로이면 1 을 출력하고 그 이외에는 -1 을 출력한다. 임계치 (m) 는 제로에 의한 제산을 회피하기 위해 사용될 수도 있으며, 일부 실시형태들에 있어서 경험적으로

0.004 로 설정된다.

I 에 대한 데이터 항은 간단히

$$E_2(I) = \sum_i \rho(I_i - I_{0,i}), \quad (9)$$

로서 설정되며, 여기서, ρ 는 식 (7) 에서 정의된 동일한 강인한 함수이다. 데이터 항은, 복원 결과가 특히 중요하고 현저한 에지 영역들에 대해 입력된 노이즈성 이미지 (I_0) 로부터 임계량 초과로 이탈하지 않음을 요구할 수도 있다. 강인한 함수는 I_0 로부터 노이즈를 제거하는데 유리하게 사용될 수도 있다.

정규화 항은 특별히 이방성 그래디언트 텐서들로 정의될 수도 있다. 이는, 그래디언트 스케일 맵 (s) 에서의 값들이 오직 특정 방향들에서만 국부적으로 유사하다는 사실에 기초한다. 예를 들어, s 값들은 평활하게 변하거나, 에지에 걸친 값들보다 더 크게 에지를 따라 일정할 것이다. 모든 방향들에서 s 를 균등하게 평활화하는 것은 연속적인 에지를 따라 불연속성을 생성하거나 또는 선명한 경계를 블러링할 수도 있다.

이에 따라, 이방성 텐서 방식은 G 의 그래디언트 방향들에 따라 선명한 에지들을 보존할 수 있다. 이방성 텐서는

$$D(\nabla G_i) = \frac{1}{(\nabla G_i)^2 + 2\eta^2} \left((\nabla G_i^\perp) (\nabla G_i^\perp)^T + \eta^2 \mathbf{1} \right), \quad (10)$$

로서 표현될 수도 있으며, 여기서, ∇G_i^\perp 는 ∇G_i 에 수직인 벡터이다. $\mathbf{1}$ 은 이방성 평활화를 제어하는 항등 매트릭스 및 스칼라이다. ∇G_i 가 η 보다 훨씬 작을 경우, 이방성 텐서는 등방성으로 감소한다. 다른 더 일반적인 경우들에 있어서, 이방성 텐서는

$$D(\nabla G_i) = \begin{pmatrix} v_1 & v_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mu_1 & 0 \\ 0 & \mu_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1^T \\ v_2^T \end{pmatrix}, \quad (11)$$

로 분해될 수 있으며, 여기서, $D(\nabla G_i)$ 의 2개의 직교 고유벡터들은

$$v_1 = \frac{\nabla G_i}{|\nabla G_i|}, \quad v_2 = \frac{\nabla G_i^\perp}{|\nabla G_i|}, \quad (12)$$

이며,

$$\mu_1 = \frac{\eta^2}{((\nabla G_i)^2 + 2\eta^2)}, \quad \mu_2 = \frac{((\nabla G_i)^2 + \eta^2)}{((\nabla G_i)^2 + 2\eta^2)}. \quad (13)$$

의 대응하는 고유값들을 갖는다.

이 형태는 s 에 대한 정규화를

$$E_3(s) = \sum_i \left(\mu_1 (v_1^T \nabla s_i)^2 + \mu_2 (v_2^T \nabla s_i)^2 \right) \quad (14)$$

로서 표현가능하게 한다.

상이한 평활화 페널티들이 에지들에 걸쳐 및 에지들을 따라 각각 방향들 (v_1 및 v_2) 에서 μ_1 및 μ_2 에 의해 제어될 수도 있다. 더 강한 평활화는 자연적으로 에지들을 따라 부과된다.

[0091] 식 (3)에 대한 각각의 항을 정의한 이후, 최종 목적 함수는

$$E(s, I) = \sum_i \left(\rho(s_i - p_{x,i} \nabla_x I_i) + \rho(s_i - p_{y,i} \nabla_y I_i) \right) + \lambda \sum_i \rho(I_i - I_{0,i}) + \beta \sum_i \left(\mu_1 (v_1^T \nabla s_i)^2 + \mu_2 (v_2^T \nabla s_i)^2 \right) \quad (15)$$

[0092]

[0093] 와 같이 표현된다.

[0094] 식 (15)에서의 목적 함수는 회박성 항들로 인해 비볼록형이다. 최적화에 있어서 s 및 I에 대한 공동 표현은 문제를 더 복잡하게 한다. 이를 심플 그라디언트 디스토프에 의해 고지식하게 푸는 것은 최적화를 보장할 수 없고, 심지어 로컬 최소치에 대해서도 매우 느린 수렴을 유도할 수도 있다. 도시된 실시형태는 가중된 최소 제곱 방식을 채용하며, 이 가중된 최소 제곱 방식은 오리지널 특성들을 손실하지 않으면서 몇몇 대응하는 선형 시스템들을 이용하여 오리지널 문제 - 식 (15)에서의 목적 함수 - 가 풀려지게 할 수 있다. 하지만, 이 문제를 푸는데 사용될 수 있는 다수의 표준 수치 솔루션들이 존재한다.

[0095] 처음에, 임의의 스칼라 (x)에 대한 식 (4)에서의 강인한 함수 (ρ(x))가

$$\rho(x) \approx \phi(x) \cdot x^2, \quad (16)$$

[0096]

[0097] 과 같이 근사화될 수 있으며, 여기서, ϕ(x)는

$$\phi(x) = \frac{1}{|x|^{2-\alpha} + \varepsilon}. \quad (17)$$

[0098]

[0099] 로서 정의된다.

[0100] 여기서, ε은 제로에 의한 제산을 회피하기 위해 작은 수일 수도 있다. 이 형태는 강인한 함수를 2개 부분들로 분할할 수 있으며, 여기서, ϕ(x)는 x²에 대한 가중치로서 간주될 수 있다. 프로세스 (400) 동안, 재가중된 최소 제곱들의 방식 이후, ϕ(x) 및 x² 각각이 다른 항들과 함께 활용되어, 최적화에 도움을 주는 더 단순한 표현을 형성할 수 있기 때문에, ϕ(x) 및 x²는 최적화 동안 교번하여 업데이트된다. 가중된 최소 제곱 방식을 이용함으로써, 식 (3)은 다음과 같은 벡터 형태로 재가입될 수도 있다:

$$E(s, I) = (s - P_x C_x I)^T A_x (s - P_x C_x I) + (s - P_y C_y I)^T A_y (s - P_y C_y I) + \lambda (I - I_0)^T B (I - I_0) + \beta s^T L s, \quad (18)$$

[0101]

[0102] 여기서, s, I 및 I₀는 s, I 및 I₀의 벡터 표현이다. C_x 및 C_y는, x 및 y 방향들에서 이미지 그라디언트들을 계산하는데 사용되는 별개의 역방향 차이 매트릭스들이다. P_x, P_y, A_x, A_y 및 B는 모두 대각선 매트릭스들이고, 그 i번째 대각선 엘리먼트들은

$$(P_x)_{ii} = p_{x,i}, \quad (A_x)_{ii} = \phi(s_i - p_{x,i} \nabla_x I_i), \\ (P_y)_{ii} = p_{y,i}, \quad (A_y)_{ii} = \phi(s_i - p_{y,i} \nabla_y I_i), \\ B_{ii} = \phi(I_i - (I_0)_i).$$

[0103]

[0104] 로서 정의된다.

[0105] 이들 중, A_x, A_y 및 B는 재-가중화 프로세스를 설명하고, 통상적으로, 이전 반복으로부터의 추정치들을 이용하여 계산되며; P_x 및 P_y는 가이드된 입력 (G)으로부터의 정규화 항들이다.

[0106] 식 (18)의 마지막 항은 s 의 공간 평활화를 제어함을 주목하며, 여기서, 매트릭스 L 은

$$L = C_x^T (\Sigma_1 V_x^2 + \Sigma_2 V_y^2) C_x + C_y^T (\Sigma_2 V_x^2 + \Sigma_1 V_y^2) C_y + 2C_y^T (\Sigma_1 - \Sigma_2) V_x V_y C_x, \quad (19)$$

[0107]

[0108]로서 비자명하게 표현되는 평활화 라플라시안이며, 여기서, Σ_1 , Σ_2 , V_1 및 V_2 는 모두 대각선 매트릭스들이다. 그 i 번째 대각선 엘리먼트들은

$$(\Sigma_1)_{ii} = \mu_1, \quad (V_x)_{ii} = \nabla_x G_i / \max(|\nabla G_i|, m), \\ (\Sigma_2)_{ii} = \mu_2, \quad (V_y)_{ii} = \nabla_y G_i / \max(|\nabla G_i|, m).$$

[0109]

[0110]로서 정의된다.

[0111]다음으로, 프로세스 (400)는, 프로세스 (400)가 식 (18)을 풀기 위해 교번하는 최소화 프로세스를 유리하게 채용하도록, 노이즈-제거된 이미지가 추가적인 그래디언트 스케일 맵을 생성하도록 사용되는 블록 430으로 이동한다. 각각의 반복 (t)에서의 s 및 I 의 결과들은 $s^{(t)}$ 및 $I^{(t)}$ 로서 표기된다. 처음에, $s^{(0)} = 1$ 이며, 여기서, 엘리먼트들은 모두 1이고 $I^{(t)} = I_0$ 이다. 모든 초기 s_i 를 1로 설정함으로써, 높은 평활화가 달성될 수 있다. 이는 $E_3(s)$ 에 대해 제로 비용, 즉, 최적화를 위한 매우 좋은 시작 포인트를 산출한다.

이러한 초기화는 또한 시작 ∇I 를 다수의 상세들을 갖는 ∇G 와 동일하게 한다. 그 후, 반복 ($t+1$)에서, 다음의 2개의 하위 문제들이 순차적으로 풀려야 할 수도 있다.

[0112] $s^{(t+1)}$ 을 푼다: $s^{(t)}$ 및 $I^{(t)}$ 가 주어지면, $E(s, I)$ 를 최소화하여 $s^{(t+1)}$ 을 푼다. s 에 대한 $E(s, I)$ 의 도함수들을 취하고 이들을 0으로 설정함으로써, 희박한 선형 시스템이 획득된다:

$$(A_x^{(t,t)} + A_y^{(t,t)} + \beta L)s = A_x^{(t,t)} P_x C_x I^{(t)} + A_y^{(t,t)} P_y C_y I^{(t)}, \quad (20)$$

[0113]

[0114]여기서, $A_x^{(t,t)}$ 및 $A_y^{(t,t)}$ 는 $s^{(t)}$ 및 $I^{(t)}$ 을 이용하여 계산된다. 이는 사전-조정된 공액 그래디언트 (PCG)를 이용하여 풀려질 수도 있다. 그 솔루션은 $s^{(t+1)}$ 에 의해 표기된다.

[0115] $I^{(t+1)}$ 을 푼다: $s^{(t+1)}$ 및 $I^{(t)}$ 가 주어지면, $E(s, I)$ 를 최소화하여 $I^{(t+1)}$ 을 푼다. 유사하게, I 에 대한 $E(s, I)$ 의 도함수들을 취하고 이들을 0으로 설정함으로써, I 를 풀기 위한 최종 희박한 선형 시스템은

$$(C_x^T (P_x)^2 A_x^{(t+1,t)} C_x + C_y^T (P_y)^2 A_y^{(t+1,t)} C_y + \lambda B^{(t+1,t)}) I \\ = (C_x^T P_x A_x^{(t+1,t)} + C_y^T P_y A_y^{(t+1,t)}) s + \lambda B^{(t+1,t)} I_0, \quad (21)$$

[0116]

[0117]이며, 여기서, $A_x^{(t+1,t)}$ 및 $A_y^{(t+1,t)}$ 는 $s^{(t+1)}$ 및 $I^{(t)}$ 을 이용하여 계산된다. $B^{(t+1,t)}$ 는 $I^{(t)}$ 에 의존한다. 선형 시스템은 또한, $I^{(t+1)}$ 을 획득하기 위해 PCG를 이용하여 풀려진다.

[0118] 2개의 단계들은, 판정 블록 435에서, s 및 I 가 임계량 초과로 변하지 않음을 프로세스 (400)가 결정할 때까지 반복한다. 일부 실시형태들에 있어서, 시각적으로 만족스런 결과들을 생성하기 위해 3회 내지 6회 반복이 충분할 수도 있다.

[0119] BM3D, 조인트 BF, 및 기존의 다크 플래시 방법들과 같은 기존의 이미지 노이즈-제거 방법들에 비해, 본 명세서에 개시된 반복 프로세스 (400)는 최종 노이즈-제거된 이미지에서의 컬러들, 콘트라스트, 및 이미지 구조들의 보존, 그리고 예지들을 따른 아티팩트들의 회피와 같은 수개의 이점들을 제공한다. 구체적으로, 기존의 다크 플래시 노이즈-제거 방법들의 결과와 비교하여, 본 명세서에서 설명된 노이즈-제거 프로세스들의 결과는 더 우수한 전체 콘트라스트를 가지며, 노이즈성 예지들에 따른 계단식 아티팩트들을 회피시킬 수 있다. 두 방법들 모두는 오리지널 RGB 이미지와의 컬러 유사성 및 가이드된 이미지와의 그래디언트 유사성을 강제한다. 하지만, 기존의 다크 플래시 방법들은 발견적인 희박한 그래디언트 제약을 이용하며, 이는 본질적으로, 오리지널 RGB 이미지와 NIR 플래시 이미지 간의 차이들을 다루도록 잘 적응되지 않는다. RGB 이미지의 그래디언트

들에서의 큰 변화들은, 종래의 다크 플래시 방법들이 사용될 경우, 이미지 콘트라스트의 감소를 야기할 수도 있다. 이에 반하여, 본 명세서에서 설명된 바와 같은 방법 (400)은 그라디언트 스케일 맵을 사용하여, 이미지 쌍 간의 차이들 및 유사성들을 잘 모델링한다. 이에 따라, 노이즈-제거 방법 (400)은 노이즈성 RGB 이미지의 그라디언트들을, 노이즈없는 타겟 이미지 장면의 실제자료 이미지의 그라디언트들에 근접하도록 제약할 수 있다. 추가적으로, 프로세스 (400)에서 사용된 이방성 텐서 방식은 희박한 그라디언트 제약에 의해 야기된 계단식 아티팩트들을 감소하는 것을 돕는다.

[0120] 노이즈-제거 프로세스 이미지들 개관

[0121] 도 5는 상기 설명된 노이즈-제거 프로세스 (400)의 다양한 이미지들 및 스테이지들을 도시한다. 이 실시 형태에 있어서, 오리지널 RGB 이미지 (500)는 높은 노이즈 레벨을 갖고, NIR 플래시 이미지 (505)의 일부 그라디언트들은 노이즈성 RGB 이미지 (500)의 그라디언트들과 비교하여 반전되고 더 약하다. 도 5는 또한, 그라디언트 스케일 맵 (510), 추정된 노이즈-제거된 이미지 (515)의 반복, 및 최종 노이즈-제거된 이미지 (520)를 도시한다.

[0122] 용어

[0123] 당업자는 본 명세서에 개시된 구현들과 관련하여 설명된 다양한 예시적인 논리 블록들, 모듈들, 회로들, 및 프로세스 단계들이 전자 하드웨어, 컴퓨터 소프트웨어, 또는 이들 양자의 조합들로서 구현될 수도 있음을 추가로 인식할 것이다. 하드웨어와 소프트웨어의 이러한 대체 가능성을 분명히 예시하기 위하여, 다양한 예시적인 컴포넌트들, 블록들, 모듈들, 회로들 및 단계들이 일반적으로 그들의 기능의 관점에서 상기 기술되었다. 그러한 기능이 하드웨어로서 구현될지 또는 소프트웨어로서 구현될지는 전체 시스템에 부과된 특정 어플리케이션 및 설계 제약들에 의존한다. 당업자는 설명된 기능을 각각의 특정 어플리케이션에 대하여 다양한 방식으로 구현할 수도 있지만, 그러한 구현의 결정들이 본 발명의 범위로부터의 일탈을 야기하는 것으로서 해석되지는 않아야 한다. 당업자는 일부분 또는 부분이 전체보다 작거나 같은 어떤 것을 포함할 수도 있음을 인식할 것이다. 예를 들어, 픽셀들의 집합의 일부분은 그 픽셀들의 부분 집합으로 지칭할 수도 있다.

[0124] 본 명세서에 개시된 구현들과 관련하여 설명된 다양한 예시적인 논리 블록들, 모듈들, 및 회로들은 범용 프로세서, 디지털 신호 프로세서 (DSP), 주문형 집적회로 (ASIC), 필드 프로그래밍가능 게이트 어레이 (FPGA) 또는 다른 프로그래밍가능 로직 디바이스, 이산 게이트 또는 트랜지스터 로직, 이산 하드웨어 컴포넌트들, 또는 본 명세서에서 설명된 기능들을 수행하도록 설계된 이들의 임의의 조합으로 구현 또는 수행될 수도 있다. 범용 프로세서는 마이크로프로세서일 수도 있지만, 대안적으로, 그 프로세서는 임의의 종래의 프로세서, 제어기, 마이크로 제어기, 또는 상태 머신일 수도 있다. 프로세서는 또한, 컴퓨팅 디바이스들의 조합, 예를 들어, DSP와 마이크로프로세서의 조합, 복수의 마이크로프로세서들, DSP 코어와 결합된 하나 이상의 마이크로프로세서들, 또는 임의의 기타 다른 구성물로서 구현될 수도 있다.

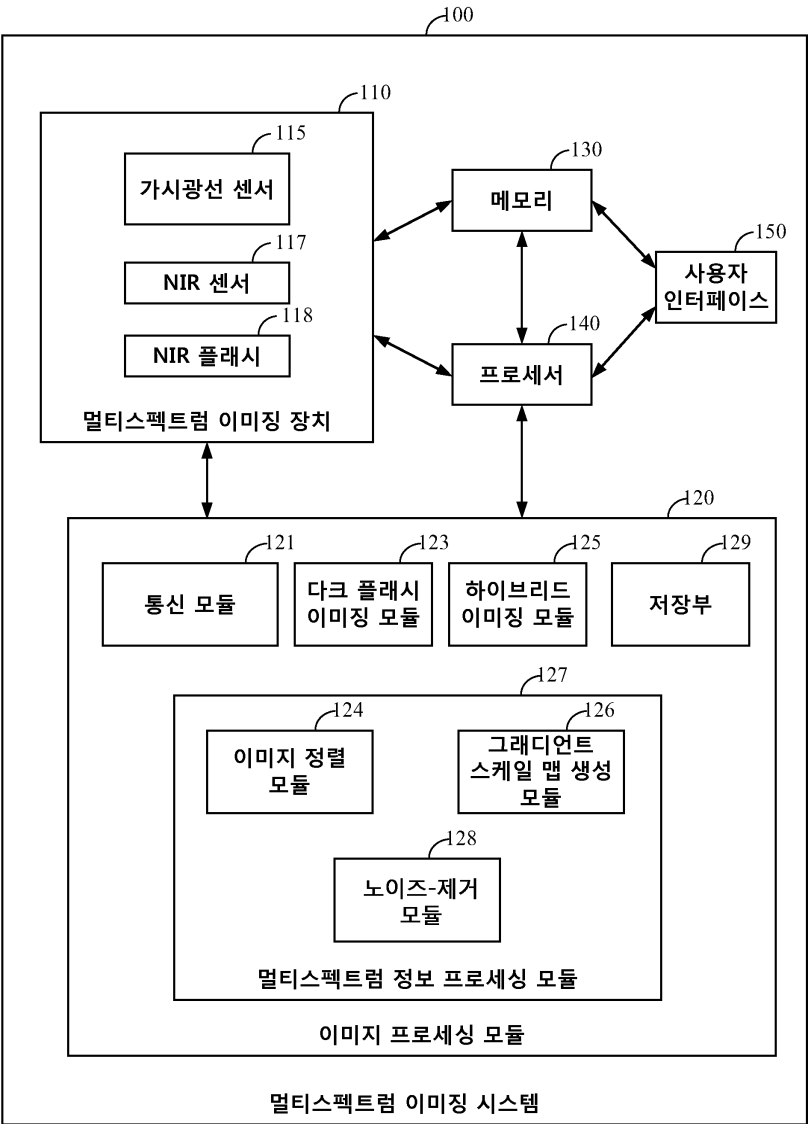
[0125] 본 명세서에 개시된 구현들과 관련하여 설명된 방법 또는 프로세스의 단계들은 하드웨어에서, 프로세서에 의해 실행되는 소프트웨어 모듈에서, 또는 이들 양자의 조합에서 직접 구현될 수도 있다. 소프트웨어 모듈은 RAM 메모리, 플래시 메모리, ROM 메모리, EPROM 메모리, EEPROM 메모리, 레지스터들, 하드 디스크, 착탈가능 디스크, CD-ROM, 또는 당업계에 공지된 임의의 다른 형태의 비-일시적인 저장 매체에 상주할 수도 있다. 예시적인 컴퓨터 판독가능 저장 매체는 프로세서에 커플링되어, 그 프로세서는 컴퓨터 판독가능 저장 매체로부터 정보를 판독할 수 있고 컴퓨터 판독가능 저장 매체에 정보를 기입할 수 있다. 대안적으로, 저장 매체는 프로세서에 통합될 수도 있다. 프로세서 및 저장 매체는 ASIC에 상주할 수도 있다. ASIC는 사용자 단말기, 카메라, 또는 다른 디바이스에 상주할 수도 있다. 대안적으로, 프로세서 및 저장 매체는 사용자 단말기, 카메라, 또는 다른 디바이스에 별개의 컴포넌트들로서 상주할 수도 있다.

[0126] 헤딩들이, 참조를 위해 그리고 다양한 섹션들을 로케이팅하는 것을 보조하기 위해 본 명세서에 포함된다. 이들 헤딩들은, 관련하여 설명된 개념들의 범위를 한정하도록 의도되지 않는다. 그러한 개념들은 전체 명세서 전반에 걸쳐 적용가능성을 가질 수도 있다.

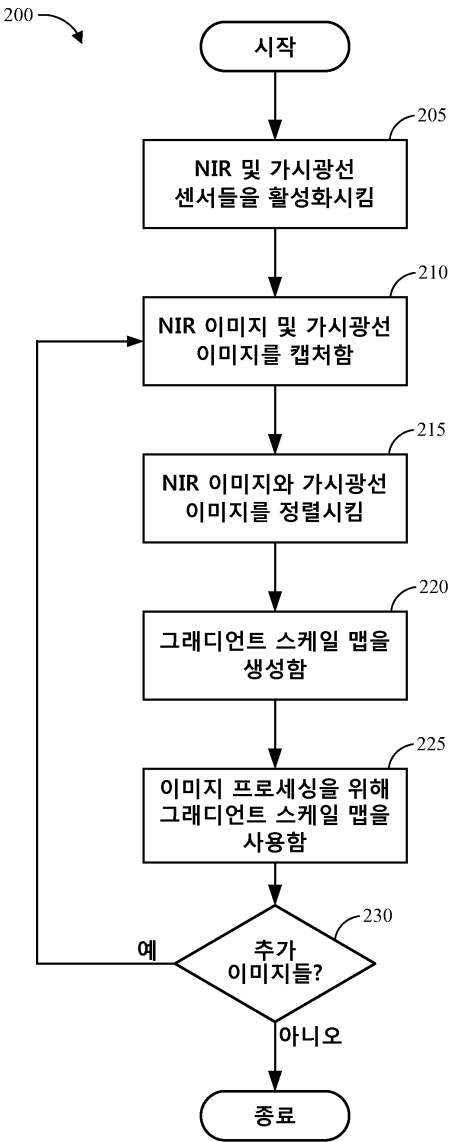
[0127] 개시된 구현들의 상기 설명은 당업자로 하여금 본 발명을 제조 또는 이용하게 할 수 있도록 제공된다. 이들 구현들에 대한 다양한 변형들은 당업자에게 용이하게 자명할 것이며, 본 명세서에서 정의된 일반적인 원리들은 본 발명의 사상 또는 범위로부터 일탈함없이 다른 구현들에 적용될 수도 있다. 따라서, 본 발명은 본 명세서에서 설명된 구현들로 한정되도록 의도되지 않으며, 본 명세서에 개시된 원리들 및 신규한 특징들과 부합하는 최광의 범위를 부여받아야 한다.

도면

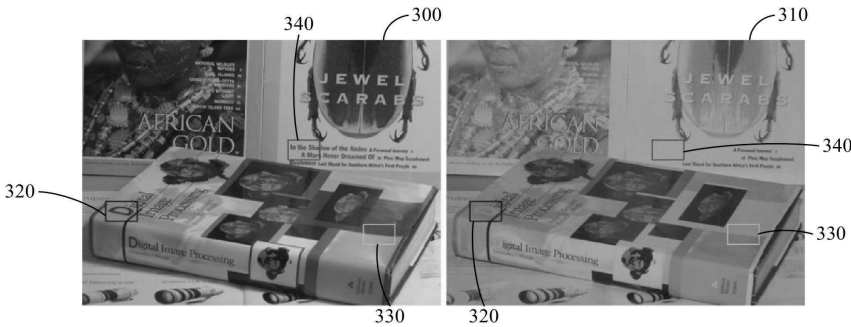
도면1



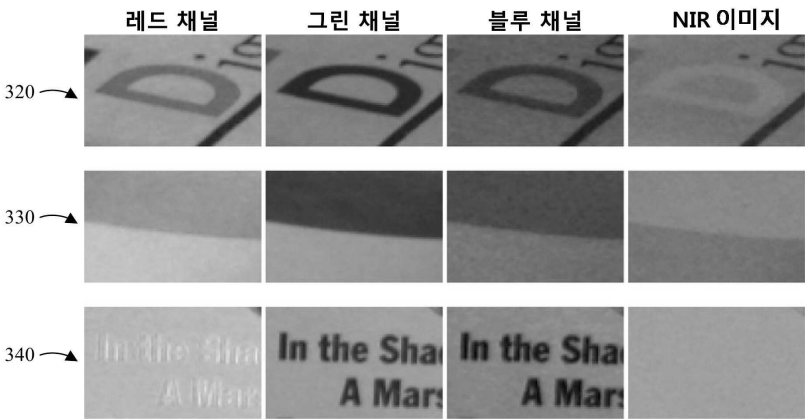
도면2



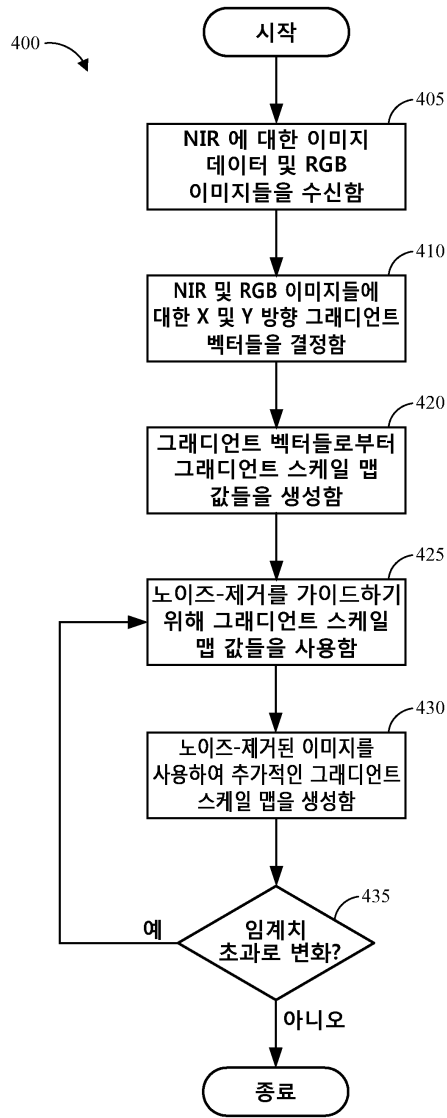
도면3a



도면3b



도면4



도면5

