



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년05월14일
(11) 등록번호 10-2252557
(24) 등록일자 2021년05월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06T 5/00 (2019.01)

(52) CPC특허분류

G06T 5/009 (2013.01)

G06T 5/002 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0088829

(22) 출원일자 2020년07월17일

심사청구일자 2020년07월17일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020110061741 A*

US20130093924 A1*

Norman Lippok et al., Degree of polarization (uniformity) and depolarization index: unambiguous depolarization contrast for optical coherence tomography, Published in final edited form as: Opt Lett. 1 Sept. 2015(2015.09.01.) 1부.*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

공성곤

서울특별시 광진구 군자로12길 46, 102동 1112호 (군자동, 일성파크아파트)

(74) 대리인

송인호, 최관락

전체 청구항 수 : 총 9 항

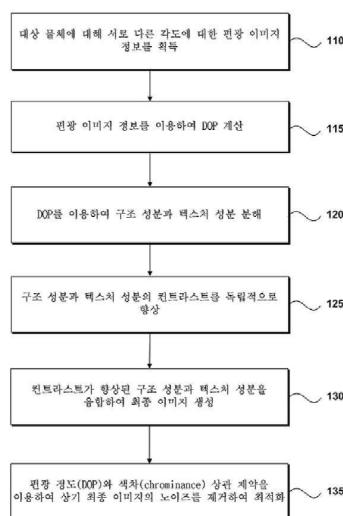
심사관 : 김광식

(54) 발명의 명칭 저조도 이미지의 컨트라스트 향상 방법 및 그 장치

(57) 요약

저조도 이미지의 컨트라스트 향상 방법 및 그 장치가 개시된다. 저조도 이미지의 컨트라스트 향상 방법은, (a) 대상 물체에 대해 각도가 상이한 복수의 편광 이미지를 각각 획득하는 단계; (b) 상기 복수의 편광 이미지를 이용하여 편광 정도(DOP: Degree of Polarization)를 계산하는 단계; (c) 상기 편광 정도(DOP)를 이용하여 편광 정도의 구조 성분(DOP_s)과 텍스처 성분(DOP_T)을 계산하는 단계; 및 (d) 상기 편광 정도의 구조 성분(DOP_s)과 텍스처 성분(DOP_T)을 이용하여 칼라 이미지의 컨트라스트를 향상시키는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711103210
과제번호	2019-0-00231-002
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보보호핵심원천기술개발(R&D)
연구과제명	공공 인프라 안전을 위한 인공지능 기반 영상보안 기술 및 시스템 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	세종대학교 산학협력단
연구기간	2020.01.01 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 대상 물체에 대해 각도가 상이한 복수의 편광 이미지를 각각 획득하는 단계;
 - (b) 상기 복수의 편광 이미지를 이용하여 편광 정도(DOP: Degree of Polarization)를 계산하는 단계;
 - (c) 상기 편광 정도(DOP)를 이용하여 편광 정도의 구조 성분(DOP_s)과 텍스처 성분(DOP_T)을 계산하는 단계; 및
 - (d) 상기 편광 정도의 구조 성분(DOP_s)과 텍스처 성분(DOP_T)을 이용하여 칼라 이미지의 컨트라스트를 향상시키는 단계를 포함하되,
- 상기 (c) 단계는,

상기 편광 정도(DOP)를 이용하여 편광 정도의 구조 성분(DOP_s)을 계산하는 단계; 및

상기 편광 정도(DOP)와 상기 편광 정도의 구조 성분(DOP_s)의 차이를 이용하여 상기 편광 정도의 텍스처 성분(DOP_T)을 계산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 저조도 이미지의 컨트라스트 향상 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 복수의 편광 이미지는 0도 및 90도 각도에 대한 편광 이미지인 것을 특징으로 하는 저조도 이미지의 컨트라스트 향상 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 (d) 단계는,

상기 편광 정도의 구조 성분(DOP_s)을 이용하여 상기 칼라 이미지의 구조 성분의 컨트라스트를 향상시키는 단계;

상기 편광 정도의 텍스처 성분(DOP_T)을 이용하여 상기 칼라 이미지의 텍스처 성분의 컨트라스트를 향상시키는 단계; 및

상기 컨트라스트가 향상된 구조 성분($I'_s(x)$)과 텍스처 성분($I'_T(x)$)을 융합하여 컨트라스트가 향상된 칼라 이미지를 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 저조도 이미지의 컨트라스트 향상 방법.

청구항 5

제1 항에 있어서,

편광 정도(DOP)와 색차(chrominance) 상관 제약을 이용하여 상기 칼라 이미지의 노이즈를 제거하는 단계를 더 포함하는 저조도 이미지의 컨트라스트 향상 방법.

청구항 6

제1 항 내지 제2항, 제4항, 제5 항 중 어느 하나의 방법을 수행하기 위한 프로그램 코드를 기록한 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체.

청구항 7

대상 물체에 대해 각도가 상이한 복수의 편광 이미지를 각각 획득하는 편광 이미지 획득부;

상기 복수의 편광 이미지를 이용하여 편광 정도(DOP: Degree of Polarization)를 계산하는 계산부;

상기 편광 정도(DOP)를 이용하여 편광 정도의 구조 성분(DOP_s)과 텍스처 성분(DOP_T)을 계산하는 분해부; 및

편광 정도의 구조 성분(DOP_s)과 텍스처 성분(DOP_T)을 이용하여 칼라 이미지의 컨트라스트를 향상시키는 향상 및 융합부를 포함하되,

상기 분해부는,

상기 편광 정도(DOP)를 이용하여 편광 정도의 구조 성분(DOP_s)을 계산하고, 상기 편광 정도(DOP)와 상기 편광 정도의 구조 성분(DOP_s)의 차이를 이용하여 상기 편광 정도의 텍스처 성분(DOP_T)을 계산하는 것을 특징으로 하는 이미지 처리 장치.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 복수의 편광 이미지는, 카메라 앞에 편광자를 위치시킨 후 90도 회전하여 0도 및 90도 각도에서 각각 획득되는 것을 특징으로 하는 이미지 처리 장치.

청구항 9

삭제

청구항 10

제7 항에 있어서,

상기 향상 및 융합부는,

상기 편광 정도의 구조 성분(DOP_s)을 이용하여 상기 칼라 이미지의 구조 성분의 컨트라스트를 향상시키고, 상기 편광 정도의 텍스처 성분(DOP_T)을 이용하여 상기 칼라 이미지의 텍스처 성분의 컨트라스트를 향상시킨 후

상기 컨트라스트가 향상된 구조 성분($I'_s(x)$)과 텍스처 성분($I'_T(x)$)을 융합하여 컨트라스트가 향상된 칼라 이미지를 생성하는 것을 특징으로 하는 이미지 처리 장치.

청구항 11

제7 항에 있어서,

편광 정도(DOP)와 색차(chrominance) 상관 제약을 이용하여 상기 컨트라스트가 향상된 칼라 이미지의 노이즈를 제거하는 최적화부를 더 포함하는 이미지 처리 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 저조도 이미지의 컨트라스트 향상 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 영상을 획득하고자 하는 대상 물체와 배경의 밝기 차이가 매우 큰 상황에서 획득한 이미지는 컨트라스트가 심하여 대상 물체가 심하게 부족 노출(underexposed)이 되므로 물체의 상세한 시각적 특징을 어려운 문제점이 있다.

[0004] 이러한 저조도(low-light) 조건에서는 노이즈의 영향이 강해지므로 영상 내 대상 물체의 칼라 정보를 충실하게 표현하기 어렵다. 예를 들어, 한낮의 강한 태양빛하에서 그늘에 위치한 물체의 영상을 획득하면 극단적인 명암비의 차이에 의해 그늘 속에 있는 대상 물체의 시각적 상세와 충실한 칼라 정보를 얻기 어렵다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 미국등록특허공보 9,589,195(2017.05.07.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 저조도 이미지의 컨트라스트 향상 방법 및 그 장치를 제공하기 위한 것이다.

[0008] 또한, 본 발명은 대상 물체가 그늘에 위치하여 강한 배경 조명에 의해 발생하는 심한 부족노출 현상에 의해 중요한 시각적 정보가 손실되는 경우 편광 이미지 정보를 이용하여 이미지의 컨트라스트를 향상시켜 칼라 및 상세한 시각 정보를 충실하게 복원할 수 있는 저조도 이미지의 컨트라스트 향상 방법 및 그 장치를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 측면에 따르면, 저조도 이미지의 컨트라스트 향상 방법이 제공된다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따르면, (a) 대상 물체에 대해 각도가 상이한 복수의 편광 이미지를 각각 획득하는 단계; (b) 상기 복수의 편광 이미지를 이용하여 편광 정도(DOP: Degree of Polarization)를 계산하는 단계; (c) 상기 편광 정도(DOP)를 이용하여 편광 정도의 구조 성분(DOP_s)과 텍스처 성분(DOP_t)을 계산하는 단계; 및 (d) 상기 편광 정도의 구조 성분(DOP_s)과 텍스처 성분(DOP_t)을 이용하여 칼라 이미지의 컨트라스트를 향상시키는 단계를 포함하는 저조도 이미지의 컨트라스트 향상 방법이 제공될 수 있다.

[0012] 상기 복수의 편광 이미지는 0도 및 90도 각도에 대한 편광 이미지이다.

[0013] 상기 (c) 단계는, 상기 편광 정도(DOP)를 이용하여 편광 정도의 구조 성분(DOP_s)을 계산하는 단계; 및 상기 편광 정도(DOP)와 상기 편광 정도의 구조 성분(DOP_s)의 차이를 이용하여 상기 편광 정도의 텍스처 성분

(DOP_T)을 계산하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 상기 (d) 단계는, 상기 편광 정도의 구조 성분(DOP_S)을 이용하여 상기 칼라 이미지의 구조 성분의 컨트라스트를 향상시키는 단계; 상기 편광 정도의 텍스처 성분(DOP_T)을 이용하여 상기 칼라 이미지의 텍스처 성분의 컨트라스트를 향상시키는 단계; 및 상기 컨트라스트가 향상된 구조 성분($I'_S(x)$)과 텍스처 성분($I'_T(x)$)을 융합하여 컨트라스트가 향상된 칼라 이미지를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 편광 정도(DOP)와 색차(chrominance) 상관 제약을 이용하여 상기 칼라 이미지의 노이즈를 제거하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0017] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 저조도 이미지의 컨트라스트 향상시킬 수 있는 장치가 제공된다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 대상 물체에 대해 각도가 상이한 복수의 편광 이미지를 각각 획득하는 편광 이미지 획득부; 상기 복수의 편광 이미지를 이용하여 편광 정도(DOP: Degree of Polarization)를 계산하는 계산부; 상기 편광 정도(DOP)를 이용하여 편광 정도의 구조 성분(DOP_S)과 텍스처 성분(DOP_T)을 계산하는 분해부; 및 편광 정도의 구조 성분(DOP_S)과 텍스처 성분(DOP_T)을 이용하여 칼라 이미지의 컨트라스트를 향상시키는 향상 및 융합부를 포함하는 이미지 처리 장치가 제공될 수 있다.

[0019] 상기 복수의 편광 이미지는, 카메라 앞에 편광자를 위치시킨 후 90도 회전하여 0도 및 90도 각도에서 각각 획득될 수 있다.

[0020] 상기 분해부는, 상기 편광 정도(DOP)를 이용하여 편광 정도의 구조 성분(DOP_S)을 계산하고, 상기 편광 정도(DOP)와 상기 편광 정도의 구조 성분(DOP_S)의 차이를 이용하여 상기 편광 정도의 텍스처 성분(DOP_T)을 계산할 수 있다.

[0021] 상기 향상 및 융합부는, 상기 편광 정도의 구조 성분(DOP_S)을 이용하여 상기 칼라 이미지의 구조 성분의 컨트라스트를 향상시키고, 상기 편광 정도의 텍스처 성분(DOP_T)을 이용하여 상기 칼라 이미지의 텍스처 성분의 컨트라스트를 향상시킨 후 상기 컨트라스트가 향상된 구조 성분($I'_S(x)$)과 텍스처 성분($I'_T(x)$)을 융합하여 컨트라스트가 향상된 칼라 이미지를 생성할 수 있다.

[0022] 편광 정도(DOP)와 색차(chrominance) 상관 제약을 이용하여 상기 컨트라스트가 향상된 칼라 이미지의 노이즈를 제거하는 최적화부를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0024] 본 발명의 일 실시예에 따른 저조도 이미지의 컨트라스트 향상 방법 및 그 장치를 제공함으로써, 대상 물체가 그늘에 위치하여 강한 배경 조명에 의해 발생하는 심한 부족노출 현상에 의해 중요한 시각적 정보가 손실되는 경우 편광 이미지 정보를 이용하여 이미지의 컨트라스트를 향상시켜 칼라 및 상세한 시각 정보를 충실하게 복원할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 저조도 이미지의 컨트라스트 향상 방법을 나타낸 순서도.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 그늘에서의 편광 이미지 획득을 설명하기 위해 도시한 도면.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전정색 이미지와 DOP 이미지를 예시한 도면.

도 4는 도 3에서 마크된 영역을 확대한 영상을 나타낸 도면.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 서로 상이한 정도의 그림자를 구현한 일 예를 도시한 도면.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 DOP 거리와 색차 거리를 설명하기 위해 도시한 도면.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 컨트라스트 향상 결과를 나타낸 도면.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 저조도 이미지의 컨트라스트 향상 방법의 의사 코드를 예시한 도면.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 처리 장치의 내부 구성을 개략적으로 도시한 블록도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0028] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다.

[0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 저조도 이미지의 컨트라스트 향상 방법을 나타낸 순서도이며, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 그늘에서의 편광 이미지 획득을 설명하기 위해 도시한 도면이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전정색 이미지와 DOP 이미지를 예시한 도면이며, 도 4는 도 3에서 마크된 영역을 확대한 영상을 나타낸 도면이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 서로 상이한 정도의 그림자를 구현한 일 예를 도시한 도면이고, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 DOP 거리와 색차 거리를 설명하기 위해 도시한 도면이며, 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 컨트라스트 향상 결과를 나타낸 도면이고, 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 저조도 이미지의 컨트라스트 향상 방법의 의사 코드를 예시한 도면이다.

[0031] 단계 110에서 이미지 처리 장치(100)는 대상 물체에 대해 서로 다른 각도에 대한 편광 이미지 정보를 획득한다.

[0032] 예를 들어, 이미지 처리 장치(100)는 대상 물체에 상응하여 0도 및 90도의 두가지 각도에 대한 편광 이미지 정보를 획득할 수 있다.

[0033] 영상을 획득하고자 하는 대상 물체가 그늘 속에 위치하는 경우 대상 물체의 가시성은 떨어지게 되며, 강한 배경 조명으로 인해 발생하는 심한 부족 노출로 인해 노이즈의 영향이 더 커지게 된다. 노이즈 영향으로 그림자 영역의 특징이 저하될 수 있다.

[0034] 그늘에서의 이미지 생성 모델은 수학식 1과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

$$I(x) = f(x)L(x) + n$$

[0035]

[0036] 여기서, x 는 픽셀의 좌표를 나타내고, $I(x)$ 는 카메라에 의해 관찰된 조도(irradiance)를 나타내며, L 은 이미지의 오리지널 조도를 나타내며, f 는 그림자로 인한 저하 프로세스를 나타내며, n 은 노이즈를 나타낸다.

[0037] 수학식 1을 이용하여 조도 L 은 수학식 2와 같이 획득될 수 있다.

수학식 2

$$L(x) = f^{-1}(x)I(x) - f^{-1}(x)n$$

[0038]

[0039] 여기서, f^{-1} 는 수학식 1에서의 f 의 역과정으로 이는 이미지의 밝기와 대비를 향상시키나 노이즈 또한 증폭된다.

[0040] 편광자를 카메라 앞에 놓고 90도 회전하면 0도와 90도의 두 편광 이미지를 획득할 수 있다. 두 편광 이미지를 이용하여 물체의 편광 특성을 찾을 수 있다. 칼라 이미지(관측 이미지)의 장면의 복사조도(irradiance)는 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$I(x) = I_{0^\circ}(x) + I_{90^\circ}(x)$$

[0041]

[0042] 여기서, $I_{0^\circ}(x)$ 는 0도 편광 이미지를 나타내고, $I_{90^\circ}(x)$ 는 90도 편광 이미지를 나타낸다.

[0043] 단계 115에서 이미지 처리 장치(100)는 서로 다른 각도에서 획득된 편광 이미지 정보를 이용하여 편광정도(DOP: Degree of Polarization, 이하 DOP라 칭하기로 함)를 계산한다.

[0044] DOP를 이용하여 그늘에 있는 대상 물체에 대한 편광 상태를 측정할 수 있다. DOP는 총 입사광에 대한 편광의 비율로 정의되며, 이를 수학식으로 나타내면 수학식 4와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 4

$$DOP(x) = \frac{I_{0^\circ}(x) - I_{90^\circ}(x)}{I_{0^\circ}(x) + I_{90^\circ}(x)} \approx \frac{f(x)L_{0^\circ}(x) - f(x)L_{90^\circ}(x)}{f(x)L_{0^\circ}(x) + f(x)L_{90^\circ}(x)} \approx \frac{L_{0^\circ}(x) - L_{90^\circ}(x)}{L_{0^\circ}(x) + L_{90^\circ}(x)}$$

[0045]

[0046] 여기서, L_{0° 과 L_{90° 는 각각 I_{0° 와 I_{90° 의 ordinary 조도(irradiance)를 나타낸다.

[0047] 광원이 충분할 때, I_{0° 와 I_{90° 는 각 채널의 DOP 이미지를 계산하는데 사용될 수 있다.

[0048] 도 3은 장난감 공을 이용하여 획득된 전정색(panchromatic) 이미지와 DOP 이미지를 설명하기 위해 도시한 도면이다.

[0049] 도 3의 (a)는 전정색(panchromatic) 이미지를 나타내고, (b)는 R 채널의 전정색(panchromatic) 이미지이며, (c)는 G 채널의 전정색(panchromatic) 이미지이고, (d)는 B 채널의 전정색(panchromatic) 이미지이다. 또한, (e)는 R 채널의 DOP 이미지이고, (f)는 G 채널의 DOP 이미지이며, (g)는 B 채널의 DOP 이미지이다.

[0050] 도 3에 도시된 바와 같이, 장난감 공을 이용하여 전정색 이미지 및 편광된 이미지를 획득한 후 DOP를 계산하였다. 선명한 채널의 칼라 이미지와 편광 이미지의 예지는 더 큰 그래디언트 값을 가지는 반면, 매끄러운 영역의 그래디언트 값이 더 작은 것을 알 수 있다.

[0051] 도 3 및 도 4를 참조하면, 편광 이미지는 배경 영역에서 노이즈의 영향을 받는 것을 알 수 있으며 물체의 DOP 이미지는 텍스처 정보를 잘 반영하는 것을 알 수 있다.

[0052] 따라서, 도 3 및 도 4를 참조하면, DOP 이미지가 광이 부족할 때 전정색 이미지보다 영향을 덜 받는 것을 알 수 있다.

[0053] 따라서, 본 발명의 일 실시예에서는 복수의 편광 이미지를 획득한 후 DOP를 계산하여 컨트라스트 향상에 이용할 수 있다. 이에 대해서는 하기의 설명에 의해 보다 명확하게 이해될 것이다.

[0054] 조명이 어두운 경우 DOP의 영향이 줄어들게 된다. 프레넬 공식과 편광정도의 정의에 따르면 편광 정도와 법선

벡터의 천정각 사이의 관계는 수학식 5와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 5

$$DOP = \frac{2 \sin^2 \theta \sqrt{n^2 - \sin^2 \theta - n^2 \sin^2 \theta - \sin^4 \theta}}{n^2 - \sin^2 \theta - n^2 \sin^2 \theta - 2 \sin^4 \theta}$$

[0055]

[0056] 여기서, θ 는 입사광의 입사각과 법선벡터의 천정각이다. N은 대상 표현상의 물질의 굴절률을 나타낸다. 빛의 강도가 변할 때, 빛의 경로가 변하지 않는 것을 가정하기로 한다.

[0057] 편광 상태는 입사광의 각도 및 물체 표면의 재료의 특성에만 의존하기 때문에, 편광 상태는 변하지 않는다.

[0058] 조명 방향을 변경하지 않고 조명의 강도를 변경하면 그림자의 정도가 달라진다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 서는 대상 물체에 대한 0도 및 90도 편광 이미지를 획득한 후 이를 이용하여 DOP를 계산할 수 있다.

[0059] 도 5에서 (a)는 panchromatic 이미지를 나타내고, (c)는 DOP 이미지를 나타내고, (b)와 (d)는 (a)와 (c)에 대 한 그래디언트 이미지를 나타낸다. 도 5에 표시된 백분율은 가장 밝은 경우의 그래디언트 합과 이미지 그래디언 트 합의 비율을 나타낸다. 그래디언트 비율은 노이즈로 인해 100%보다 클 수 있다. 도 5에서 보여지는 바와 같 이, 빛의 강도가 변하더라도 편광 이미지와 편광 이미지의 에지의 특징이 일치하는 것을 알 수 있다.

[0060] 도 3에서 이미 전술한 바와 같이, 선명한 칼라 이미지 및 편광 이미지의 에지는 더 큰 그래디언트 값을 갖는 반 면 매끄러운 영역의 그래디언트 값이 더 작은 것을 알 수 있다. 칼라 이미지와 편광 이미지 사이에는 상관 관계 가 있다. 따라서, 칼라 이미지와 편광 이미지 사이의 상관 관계를 측정하기 위해 DOP 거리 및 색차 거리를 정의 하기로 한다.

[0061] DOP 이미지의 경우 두 픽셀의 DOP 거리는 수학식 6과 같이 정의될 수 있다.

수학식 6

$$D_1(x, y) = |DOP(x) - DOP(y)|$$

[0062]

[0063] 여기서, x와 y는 각각 두 픽셀의 좌표를 나타낸다. $DOP(.)$ 는 다른 좌표에서 DOP의 강도값을 나타낸다.

[0064] DOP의 강도값은 0과 1 사이의 값을 갖도록 정규화되며, 두 픽셀 사이의 색차 거리는 수학식 7과 같이 정의된다.

수학식 7

$$D_2(x, y) = |C(x) - C(y)|$$

[0065]

[0066] 여기서, $C(.)$ 는 다른 좌표에서의 강도값(RGB 채널에서의 강도값)을 나타내며, [0, 10 사이로 정규화된다.

[0067] 상관 관계를 분석하기 위해 명확한 이미지에서 DOP 거리와 색차 거리를 이용하여 분포를 계산한다.

[0068] 예를 들어, 100개의 음영 처리되지 않은 이미지와 해당 DOP 이미지를 수집한 후 3 x 3 슬라이딩 창을 사용하여 DOP 거리와 중심 픽셀 및 주변 픽셀의 색차 거리를 계산할 수 있다.

[0069] 도 6을 참조하면, 도 6의 (a)는 DOP 거리를 나타내고, (b)는 색차 거리를 나타낸다.

[0070] 도 6의 (a)를 참조하면, 픽셀 쌍의 약 65%는 편광 거리가 0.05 미만이지만, 색차 거리를 0.05 미만으로 제한하

면 DOP 거리는 약 80% 이상의 픽셀 쌍에서의 편광 거리가 더 큰 것을 알 수 있다. 색차 거리가 0.05 미만인 경우 색차 거리 제약 조건을 추가하여 편광 거리를 클러스터링할 수 있다. 로컬 편광과 색차 사이에는 강한 상관관계가 있는 것을 알 수 있다.

[0071] 도 6의 (b)는 100개의 선명한 이미지의 통계 결과를 도시한 것이다. 편광 거리가 0.05 미만인 픽셀 쌍은 약 62%에 불과하다. 색차 거리를 0.05 미만으로 제한하면 편광 거리는 0.05미만인 픽셀 쌍이 약 82% 이상이 된다. 색차 거리 제약 조건이 추가되어 편광 거리의 로컬 일괄성이 크게 클러스터링 될 수 있다.

[0072] 도 6에서 보여지는 바와 같이, 로컬 색차와 편광도 사이의 일관된 상관 관계가 보장되어야 한다.

[0073] 단계 120에서 이미지 처리 장치(100)는 DOP를 이용하여 구조 성분($I_S(x)$)와 텍스처 성분($I_T(x)$)을 계산한다.

[0074] 이미지($I(x)$)는 수학식 8에 도시된 바와 같이, 평활한 부분의 칼라 특성을 나타내는 구조 성분($I_S(x)$)과 시각적 상세와 에지를 나타내는 텍스처 성분($I_T(x)$)으로 분해될 수 있다. 이를 수학식으로 나타내면 수학식 8과 같다.

수학식 8

$$I(x) = I_S(x) + I_T(x)$$

[0075]

[0076] DOP 이미지가 영상의 시각적 상세를 잘 보존하고 있으므로, 본 발명의 일 실시예에서는 DOP 이미지를 이용하여 구조 성분($I_S(x)$)을 계산한다.

[0077] 이에 대해 보다 상세히 설명하기로 한다.

[0078] 이미지 처리 장치(100)는 칼라 이미지의 구조 성분 및 텍스처 성분을 마스크하기 위해 DOP 이미지를 사용한다. 우선, 이미지 처리 장치(100)는 DOP 이미지를 이용하여 DOP 이미지의 구조 성분(DOP_S)과 텍스처 성분(DOP_T)을 생성한다.

[0079] DOP 이미지의 구조 성분(DOP_S)은 수학식 9를 이용하여 계산될 수 있다. 이어, DOP이미지와 DOP 이미지의 구조 성분(DOP_S)의 차이를 이용하여 DOP 이미지의 텍스처 성분(DOP_T)이 계산될 수 있다. DOP 이미지의 텍스처 성분(DOP_T)는 수학식 10을 이용하여 계산될 수 있다.

수학식 9

$$DOP_S(x) = \arg \min_{DOP_S} \sum_x (DOP(x) - DOP_S(x))^2 + \lambda \|\nabla DOP_S(x)\|$$

[0080]

수학식 10

$$DOP_T(x) = DOP(x) - DOP_S(x)$$

[0081]

[0082] 구조 성분을 획득하기 위해 본 발명의 일 실시예에서는 수학식 9의 목적 함수를 전체 변형 이미지 재구성 정규화에 기초하여 최소화할 수 있다. 수학식 9의 첫번째 항은 구조 성분이 DOP 이미지로부터 추출된 주요 구조를 가지도록 하는 것이며, 두번째 항은 구조 성분을 가능한 국부적으로 부드럽게(smooth)하기 위한 것이다. 텍스

처 성분에는 에지에 대한 정보가 거의 없다.

[0083] 단계 125에서 이미지 처리 장치(100)는 DOP 이미지의 구조 성분(DOP_S)과 텍스처 성분(DOP_T)을 이용하여 이미지의 구조 성분과 텍스처 성분의 컨트라스트를 독립적으로 각각 향상시킨다.

[0084] 예를 들어, 이미지 처리 장치(100)는 수학식 11 및 수학식 12를 이용하여 구조 성분($I_S(x)$)과 텍스처 성분($I_T(x)$)의 컨트라스트를 각각 향상시킨다.

수학식 11

$$I'_S(x) = Enhance(I(x) \cdot \Phi(DOP_S(x)))$$

[0085]

수학식 12

$$I'_T(x) = Enhance(I(x) \cdot \Phi(DOP_T(x)))$$

[0086]

[0087] 여기서, Φ 는 컨트라스트를 향상시키기 위한 수학적 연산자를 나타낸다.

[0088] 단계 130에서 이미지 처리 장치(100)는 컨트라스트가 향상된 구조 성분($I'_S(x)$)과 텍스처 성분($I'_T(x)$)을 융합하여 컨트라스트가 향상된 최종 이미지를 생성한다. 예를 들어, 이미지 처리 장치(100)는 수학식 13을 이용하여 컨트라스트가 향상된 최종 이미지를 생성할 수 있다.

수학식 13

$$L'(x) = I'_S(x) + I'_T(x)$$

[0089]

[0090] 단계 135에서 이미지 처리 장치(100)는 편광 정도(DOP)와 색차(chrominance) 상관 제약을 이용하여 상기 최종 이미지의 노이즈를 제거하여 최적화한다.

[0091] 도 8을 참조하면 가시성이 개선됨에 따라 노이즈가 증폭되는 것을 알 수 있다. 전술한 바와 같이 DOP를 계산하는 과정은 노이즈를 증폭시킨다.

[0092] 따라서, 본 발명의 일 실시예에서는 DOP 정보와 색차를 하나의 목적함수에 포함시켜 최적화함으로써 노이즈 성분을 제거하여 칼라 정보와 시각적 상세를 충실하게 복원할 수 있다. 이에 대해 보다 상세히 설명하기로 한다.

[0093] 전술한 바와 같이, DOP 및 색차는 높은 상관을 가진다. 향상된 결과와 DOP간의 일관성을 보장하기 위해서는 공동 DOP-Chromaticity 보상 정규화는 수학식 14와 같이 정의될 수 있다.

수학식 14

$$E_1(DOP, L) = \sum_x \sum_{y \in \Omega(x)} W_3(x, y) \|DOP(x) - DOP(y)\|_2$$

[0094]

[0095] 여기서, x, y 는 두 픽셀의 공간 좌표를 나타내고, $\Omega(x)$ 는 인접 지역(area)를 나타내며, $W_3(x, y)$ 는 가중

치 함수를 나타낸다.

[0096] 가중치 함수($W_3(x, y)$)는 수학식 15와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 15

$$W_3(x, y) = \frac{1}{2\sigma^2} \exp\left(-\sum_{k \in R, G, B} \|L(x) - L(y)\|_2^2\right)$$

[0098] 여기서, k는 칼라 채널을 나타내고, σ 는 로컬 이웃의 표준 편차를 나타낸다.

[0099] 픽셀들이 이미지의 에지 영역에 분포될 때, 에지 양쪽에 인접한 픽셀들의 DOP는 상이하다. 이 영역에서 색상 채널의 강도 차이는 매우 크다.

[0100] 본 발명의 일 실시예에서는 에지의 노이즈 증폭 및 왜곡을 효과적으로 억제하고, 에지의 세부 정보를 효과적으로 유지할 수 있다.

[0101] 노이즈 제거 후 DOP 이미지는 수학식 16을 이용하여 계산될 수 있다.

수학식 16

$$DOP(x) = \arg \min_{Dop} \|DOP(x) - DOP_0(x)\|_2^2 + \lambda E_1(DOP, L)$$

[0103] 여기서, DOP_0 는 초기 편광정도를 나타내고, λ 는 표준 라그랑주 승수이며, 수학식 16에서의 DOP의 표현은 표준 구배 하강법을 사용하여 계산될 수 있다. 최적화된 편광정도 또는 편광각도 이미지를 사용하여 강도 이미지(L)이 획득될 수 있다.

[0104] 정규화식은 수학식 17과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 17

$$E_2(L, DOP) = \sum_x \sum_{y \in \Omega(x)} W_4(x, y) \|L(x) - L(y)\|_2$$

[0106] 여기서, $W_4(x, y)$ 는 가중치 함수를 나타내며, 수학식 18과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 18

$$W_4(x, y) = \frac{1}{2\sigma^2} \exp\left(-\sum_{k \in R, G, B} \|DOP(x) - DOP(y)\|_2^2\right)$$

[0108] 인접한 픽셀의 값이 명확하게 변하는 경우, 픽셀이 에지 영역에 분포되기 때문에 영역의 DOP 차이가 상당히 크다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따르면 가중치가 적용된 정규화식은 에지의 노이즈 증폭 및 왜곡을 효과적

으로 억제하고 에지의 세부 사항을 효과적으로 유지할 수 있다.

[0109] 노이즈 제거 후 강도 이미지는 수학적 식 19와 같이 나타낼 수 있다.

수학적 식 19

$$L(x) = \arg \min_L \|L(x) - L_0(x)\|_2^2 + \beta E_2(L, DOP)$$

[0111] 여기서, L_0 는 초기 이미지 강도를 나타내고, β 는 표준 라그랑주 승수를 나타낸다. 수학적 식 19의 L는 표준 구배 하강법에 의해 풀수 있다.

[0112] DOP는 강도 이미지의 계산과 관련되어 있기 때문에, 최적화된 DOP 이미지는 강도 이미지를 추가로 최적화하기 위해 사용될 수 있으며, 최적화된 강도 이미지는 편광 이미지에서 노이즈를 감소시키기 위해 사용될 수 있다.

[0113] 이미지의 강도와 편광을 동시에 최적화하는 반복을 기반으로 이미지가 복원될 수 있다.

[0114] 이에 대한 의사코드는 도 8에 도시된 바와 같다.

[0116] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 처리 장치의 내부 구성을 개략적으로 도시한 블록도이다.

[0117] 도 9를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따르면 이미지 처리 장치(100)는 편광 이미지 획득부(910), 계산부(915), 분해부(920), 향상 및 융합부(925), 최적화부(930), 메모리(935) 및 프로세서(940)를 포함하여 구성된다.

[0118] 편광 이미지 획득부(910)는 대상 물체에 대해 각도가 상이한 복수의 편광 이미지를 획득한다. 예를 들어, 편광 이미지 획득부(910)는 대상 물체에 대해 0도 및 90도 각도에 대한 편광 이미지를 각각 획득할 수 있다.

[0119] 계산부(915)는 복수의 편광 이미지를 이용하여 편광 정도(DOP)를 계산한다.

[0120] 이는 이미 전술한 바와 같으므로 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0121] 분해부(920)는 계산된 편광 정도(DOP)를 이용하여 구조 성분($I_s(x)$)과 텍스처 성분($I_T(x)$)으로 분해한다. 예를 들어, 분해부(920)는 편광 정도(DOP)를 이용하여 구조 성분($I_s(x)$)을 계산하며, 편광 정도(DOP)와 구조 성분($I_s(x)$)의 차이를 이용하여 텍스처 성분을 계산할 수 있다.

[0122] 향상 및 융합부(925)는 구조 성분($I_s(x)$)과 텍스처 성분($I_T(x)$)의 컨트라스트를 각각 향상시킨 후 이를 융합하여 최종 이미지를 생성한다.

[0123] 최적화부(930)는 편광 정도(DOP)와 색차(chrominance) 상관 제약을 이용하여 최종 이미지의 노이즈를 제거할 수 있다.

[0124] 메모리(935)는 본 발명의 일 실시예에 따른 저조도 이미지의 컨트라스트 향상 방법을 수행하기 위해 필요한 명령어들(프로그램 코드)을 저장한다.

[0125] 프로세서(940)는 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 처리 장치(100)의 내부 구성 요소들(예를 들어, 편광 이미지 획득부(910), 계산부(915), 분해부(920), 향상 및 융합부(925), 최적화부(930), 메모리(935) 등)를 제어하기 위한 수단이다.

[0127] 본 발명의 실시 예에 따른 장치 및 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 분야 통상의 기술자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프

와 같은 자기매체(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.

[0128] 상술한 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

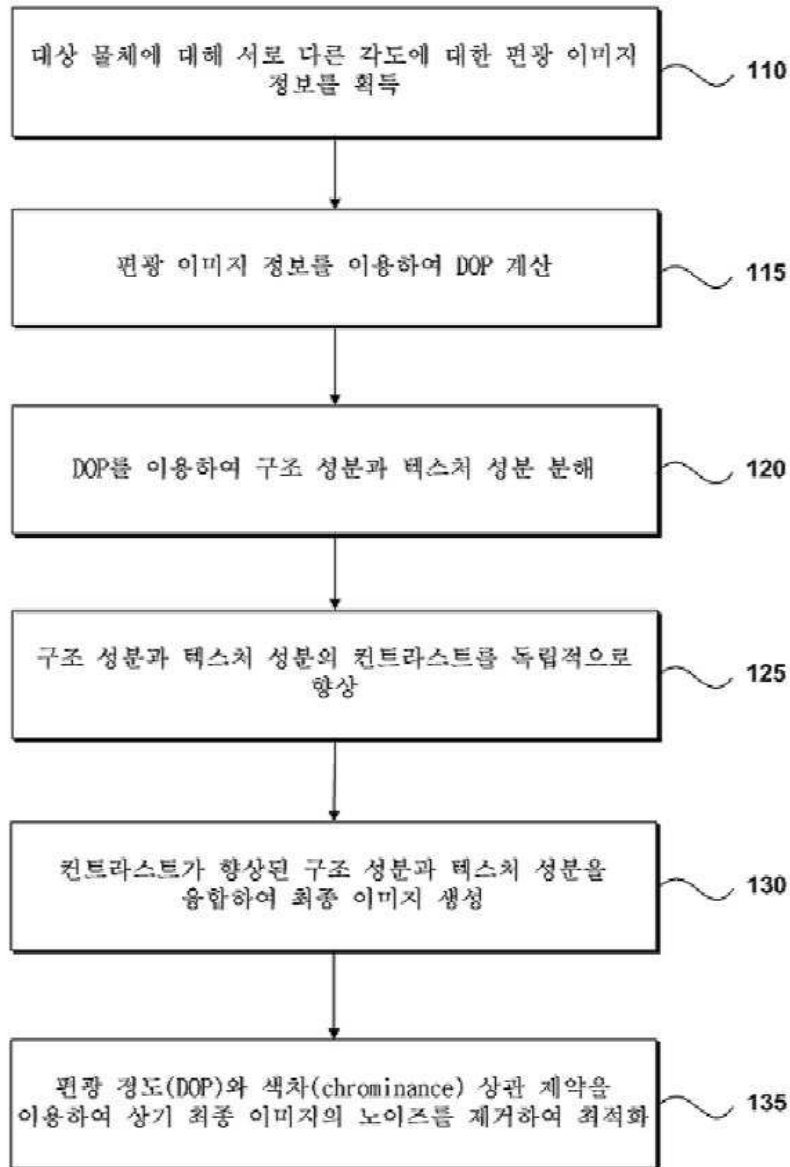
[0129] 이제까지 본 발명에 대하여 그 실시 예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

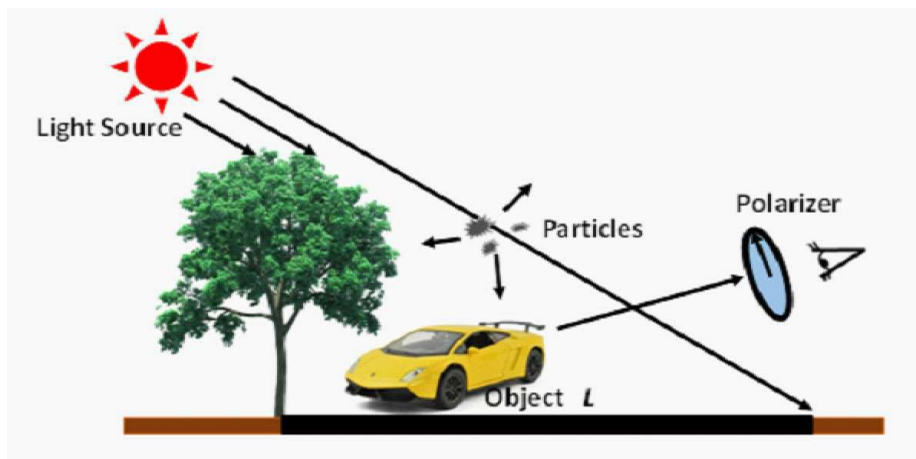
- [0131]
- 100: 이미지 처리 장치
 - 910: 편광 이미지 획득부
 - 915: 계산부
 - 920: 분해부
 - 925: 향상 및 융합부
 - 930: 최적화부
 - 935: 메모리
 - 940: 프로세서

도면

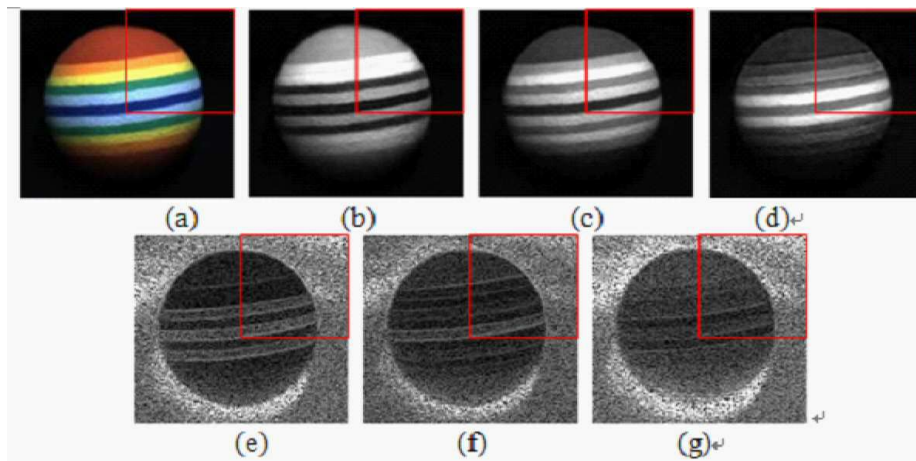
도면1



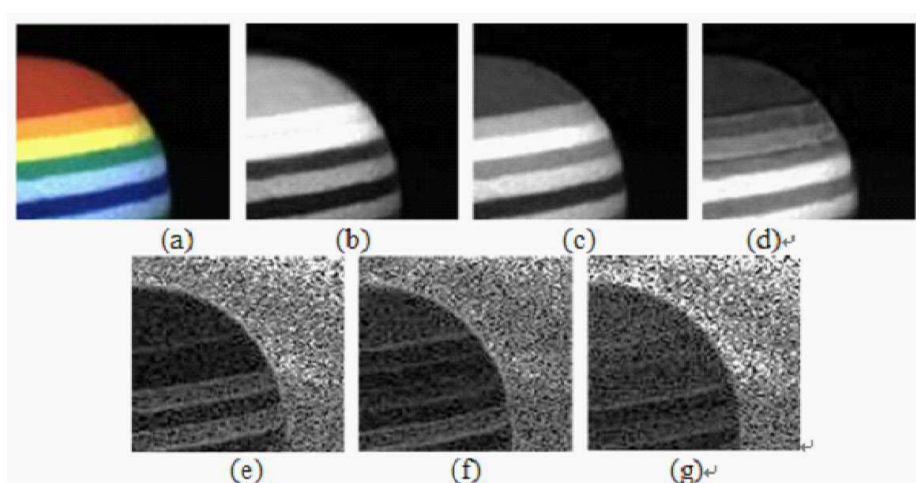
도면2



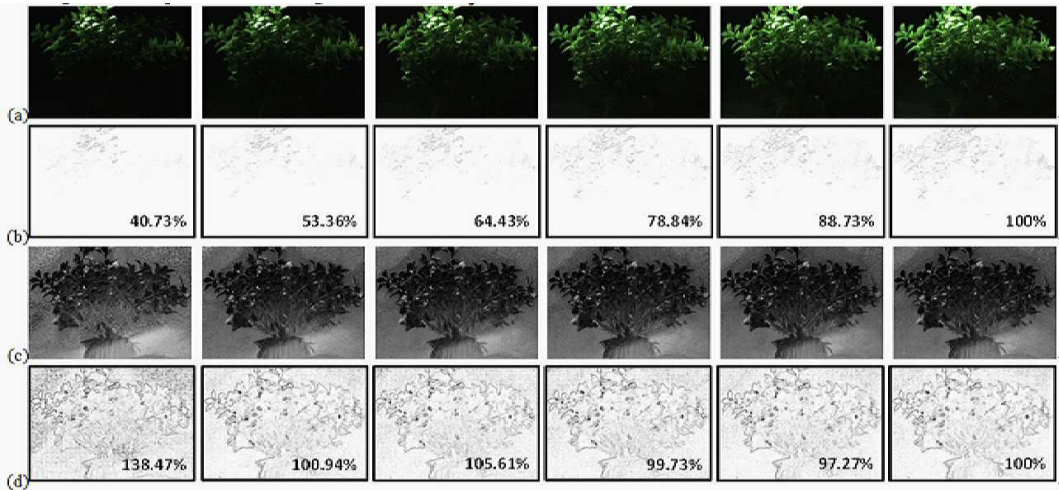
도면3



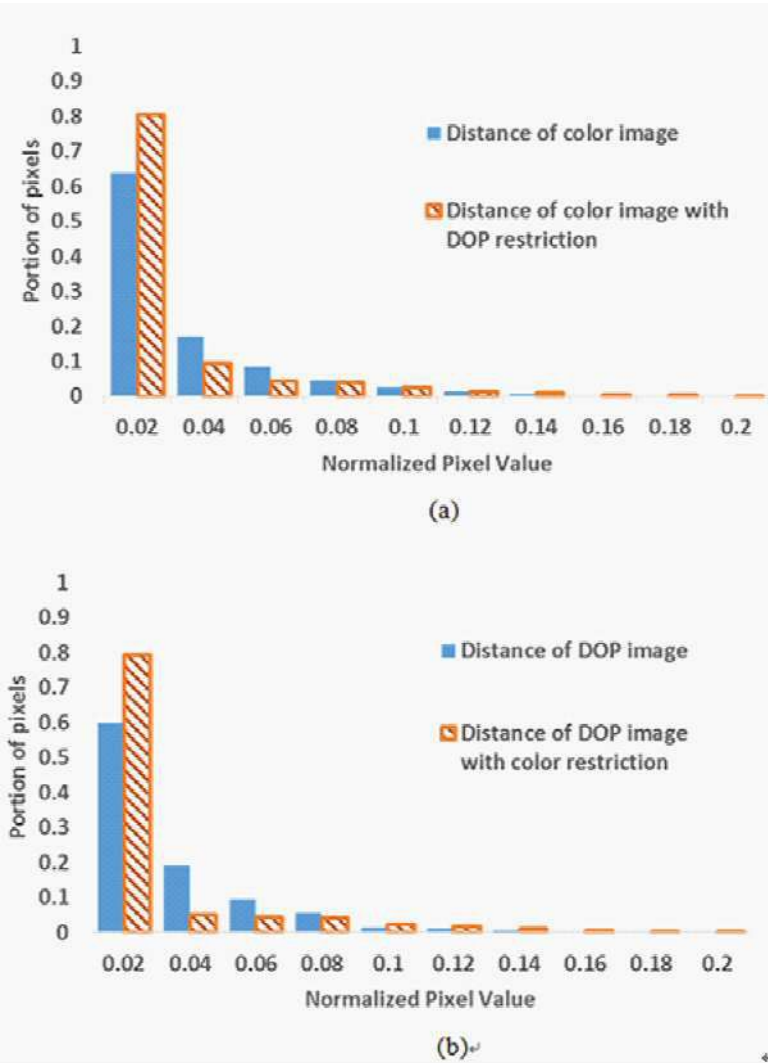
도면4



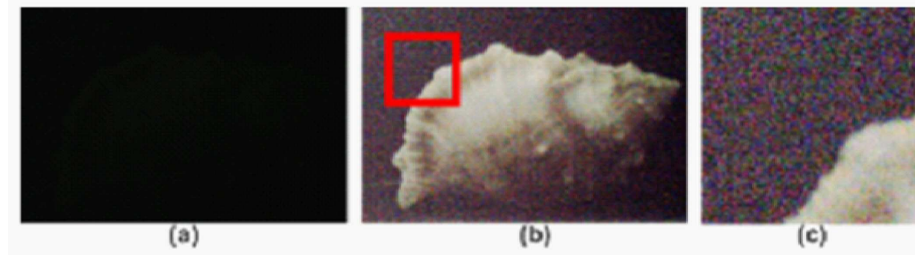
도면5



도면6



도면7



도면8

Algorithm 1 Image Contrast Enhancement based on Polarization Priors.

Require: $\{I_0, I_{90}\}$;

Output: L_{opt} (The enhanced result of the scene);

- 1: Calculate the structure layer $I_S(x)$ by (9);
 - 2: Calculate the texture layer $I_T(x)$ by (10);
 - 3: Calculate $I'_S(x)$ and $I'_T(x)$ respectively by (11) and (12);
 - 4: Calculate the illuminance image $L_0(x)$ by (13);
 - 5: **do** $i=0$;
 - Calculate $DOP_{i+1}(x)$ by (16);
 - Calculate illuminance image $L_{i+1}(x)$ by (19);
 - $i=i+1$;
 - until** $\|DOP_i(x) - DOP_{i-1}(x)\| < \epsilon$;
 4. **return** the enhanced result of the scene $L_{opt} = L_i$;
-

도면9

