



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0031033
(43) 공개일자 2017년03월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 5/00 (2006.01) G06T 7/40 (2017.01)
H04N 5/235 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06T 5/007 (2013.01)
G06T 7/90 (2017.01)
(21) 출원번호 10-2016-0111738
(22) 출원일자 2016년08월31일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
15306350.8 2015년09월02일
유럽특허청(EPO)(EP)

(71) 출원인
툼슨 라이선싱
프랑스 92130 이씨레폴리노 잔 다르크 뢰 1-5
(72) 발명자
레인하드, 에릭
프랑스 35576 쉼송 쉼비네 쉼텍스 아브뉘 데 상
블랑 975 페끄니폴로르 에르 에 데 프랑스
하와리, 파트마
프랑스 35576 쉼송 쉼비네 쉼텍스 아브뉘 데 상
블랑 975 페끄니폴로르 에르 에 데 프랑스
투르칸, 메흐메트
프랑스 35576 쉼송 쉼비네 쉼텍스 아브뉘 데 상
블랑 975 페끄니폴로르 에르 에 데 프랑스
(74) 대리인
양영준, 전경석, 백만기

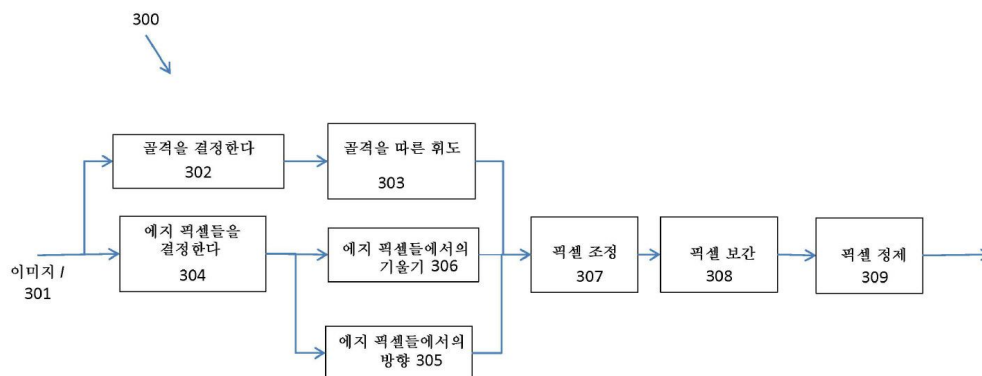
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 과노출 정정을 위한 방법, 시스템 및 장치

(57) 요약

본 원리들의 양태는 이미지 프로세싱을 위한 방법, 장치, 시스템 및 컴퓨터 판독가능한 매체에 관한 것이다. 이미지 프로세싱은 표준 동적 범위(SDR) 이미지를 수신하는 것 또는 표준 동적 범위(SDR) 이미지를 수신하기 위한 수신기를 포함할 수 있다. 그것은 SDR 이미지의 과노출 영역을 결정하는 것 및 과노출 영역의 적어도 한 픽셀에 대한 정정된 휘도 값을 결정하는 것, 또는 SDR 이미지의 과노출 영역 및 과노출 영역의 적어도 한 픽셀에 대한 정정된 휘도 값을 결정하도록 구성되는 프로세서를 더 포함할 수 있다. 정정된 휘도 값은 과노출 영역의 형상, 과노출 영역을 둘러싸는 픽셀들의 휘도 정보, 및 과노출 영역을 둘러싸는 픽셀들의 에지 정보 중 적어도 하나에 기초하여 결정된다. 과노출 영역은 불규칙한 형상의 영역일 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

H04N 5/2355 (2013.01)

G06T 2207/20208 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

이미지 프로세싱 방법으로서,

표준 동적 범위(standard dynamic range)(SDR) 이미지로부터 결정되는 과노출 영역의 적어도 한 픽셀에 대한 정정된 휘도 값을 결정하는 단계를 포함하고,

상기 정정된 휘도 값은 상기 과노출 영역의 형상, 및 상기 과노출 영역을 둘러싸는 픽셀들의 에지 정보 중 적어도 하나에 기초하여 결정되는, 방법.

청구항 2

이미지 프로세싱을 위한 장치로서,

표준 동적 범위(standard dynamic range)(SDR) 이미지로부터 결정되는 과노출 영역의 적어도 한 픽셀에 대한 정정된 휘도 값을 결정하도록 구성되는 프로세서

를 포함하고, 상기 정정된 휘도 값은 상기 과노출 영역의 형상, 및 상기 과노출 영역을 둘러싸는 픽셀들의 에지 정보 중 적어도 하나에 기초하여 결정되는, 장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 과노출 영역은 불규칙적 형상의 영역인, 방법 또는 장치.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 과노출 영역의 타입을 결정하는 것 및 상기 과노출 영역의 타입에 기초하여 정정된 휘도를 결정하는 것을 더 포함하는, 방법 또는 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 타입은 스펙큘러(specular) 하이라이트 영역, 확산 또는 광원들 중 하나인, 방법 또는 장치.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 휘도는 상기 과노출 영역의 골격에 기초하여 정정되는, 방법 또는 장치.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,

휘도는 상기 골격을 따르는 픽셀들의 피크 휘도에 기초하여 정정되는, 방법 또는 장치.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서,

휘도는 상기 과노출 구역을 둘러싸는 픽셀들의 링에 기초하여 정정되는, 방법 또는 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 휘도는 상기 픽셀들의 링에 기초하여 결정되는 에지들에 기초하여 정정되는, 방법 또는 장치.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 휘도는 상기 픽셀들의 링에 기초하여 결정되는 방향 벡터들에 기초하여 정정되는, 방법 또는 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 방향 벡터들은 상기 픽셀들의 링의 등광도선 벡터(isophote vector)들에 기초하여 결정되는, 방법 또는 장치.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 방향 벡터들은 상기 픽셀들의 링의 기울기(gradient)들에 기초하여 결정되는, 방법 또는 장치.

청구항 13

제1항 또는 제2항에 있어서,

휘도는 에지 픽셀에서의 휘도 $L(p_j)$, 에지 픽셀의 기울기 g_j , 상기 에지 픽셀과 내부 픽셀 사이의 거리, 및 사용자 파라미터 η 에 기초하여 다음:

$$L(o_i) = \eta g_j \|p_j - o_i\| + L(p_j)$$

과 같이 정정되는, 방법 또는 장치.

청구항 14

제1항 또는 제2항에 있어서,

휘도는 골격에서의 휘도 $L(s_j)$, 에지 픽셀에서의 휘도 $L(p_j)$, 상기 에지 픽셀과 내부 픽셀 사이의 거리, 상기 에지 픽셀과 상기 골격 픽셀 사이의 거리, 및 사용자 파라미터 η 에 기초하여 다음:

$$L(o_i) = \eta \frac{L(s_j) - L(p_j)}{\|p_j - s_j\|} \|p_j - o_i\| + L(p_j)$$

과 같이 정정되는, 방법 또는 장치.

청구항 15

제1항 또는 제2항에 있어서,

최적화, 즉,

최적화된 휘도 값들 $L'(o_i)$, 에지 픽셀들의 휘도 $L(p_j)$, 입력 이미지의 휘도 값들 $L_{orig}(o_i)$, 골격 픽셀들의 최적화된 휘도 값들 $L'(s_j)$, 에지 픽셀들 p_j , 방향 벡터들 d_j , 임계들 T_1 , T_2 , T_3 및 스칼라들 t_1 및 t_2 사이의 관계들에 기초하는 제약들

$$\min(L'(o_i)) - \max(L(p_j)) > T_1$$

$$L'(o_i) - L_{\text{orig}}(o_i) > T_2$$

$$\|L'(o_i(y))\|_{\infty} - L'(s(y)) < T_3$$

$$\|L'(o_i(x))\|_{\infty} - L'(s(x)) < T_3$$

$$L'(p_j + t_1 d_j) \geq L'(p_j + t_2 d_j) \text{ if } t_1 > t_2$$

중 하나 이상을 받는 $\operatorname{argmin}_{L'} \|L' - L\|_2^2$ 에 기초하여 상기 정정된 휘도를 리파인하는 것을 더 포함하는, 방법 또는 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시내용은 이미지 프로세싱 및 이미지 복원에 관한 것이다. 특히, 본 개시내용은 과노출된 또는 클리핑된 스펙큘러 이미지 영역(들)의 정정에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 카메라들은 통상적으로 실제 장면들보다 더 작은 동적 범위를 가진다. 카메라의 동적 범위를 초과하는 밝은 이미지 부분들은 과노출된 또는 클리핑된 영역들로서 나타날 것이다. 카메라는 이러한 과노출된 또는 클리핑된 영역들에 컬러 채널의 최대 가능한 값을 할당할 것이다. 그러나, 이러한 최대 값의 할당은 이러한 영역들에서의 컬러, 텍스처, 콘트라스트 및 휘도 정보의 손실을 초래한다.

[0003] 자동차 또는 금속 물체들과 같은 스펙큘러 또는 광택 물체들은 카메라 센서를 이용하여 이미징될 때 과노출된 또는 클리핑된 이미지 영역들을 초래하는 경향이 있는 스펙큘러 표면들을 가진다. 스펙큘러 표면들은 스펙큘러 형상을 전달하기 위해 정확하게(또는 적어도 실제같이) 재생될 필요가 있는 하이라이트들을 가지는 경향이 있다.

[0004] 인페인팅(inpainting)은, 과노출된 또는 클리핑된 영역들의 정보와 같은, 유실 이미지 정보의 이미지 영역들을 재구성하는 프로세스이다. 인페인팅은 통상적으로, 유실 정보 영역 주변의 정보를 분석하고, 유사한 주변 영역들로부터 유실 정보 영역으로 정보를 전달하거나 복제한다. 그러나, 이는, 재구성될 영역이 그것의 주변과 유사하지 않을 때 성공적이지 않다. 특히, 이는, 스펙큘러 하이라이트 영역들이 이들의 주변과 상이한 특징들을 가지기 때문에, 이러한 영역들에 대해 성공적이지 않다.

[0005] 스펙큘러 하이라이트 영역들은 이웃 이미지 영역들에서 양호하게 표현되지 않는 피크 휘도 프로파일을 가진다. 그러나, 과노출 이미지 영역들의 휘도 값들은 나머지 이미지의 휘도 값들을 초과하며, 따라서, 이미지 내의 다른 곳으로부터 정보를 전달하고 복제하는 것이 적용가능하지 않다.

[0006] 과노출 영역들의 존재는 종래의 디스플레이들 상에서 저하된 시각적 외양을 가져온다. 그러나, 이러한 문제점은 과노출 콘텐츠를 가지는 화상(imagery)이 높은 동적 범위(high dynamic range)(HDR) 디스플레이 상에서의 디스플레이를 위해 준비될 때 악화된다. 표준 동적 범위(standard dynamic range)(SDR) 콘텐츠는 일반적으로 반전톤 재생 오퍼레이터(또한, 반전톤 매핑 오퍼레이터 또는 짧게 iTMO로서 공지됨)의 보조로 HDR 디바이스 상에서의 디스플레이를 위해 준비될 수 있다. iTMO는 동적 범위를 비선형으로 확장시키며, 밝은 이미지 영역들이 특히 가장 큰 확장을 수용한다. 그 결과, 특징없는(featureless) 과노출 영역들이 강조될 수 있고, 시각적으로 훨씬 덜 매력적이게 될 수 있다.

[0007] Pouli 등은 'Image Statistics in Visual Computing'(A K Peters / CRC Press, 2013)에서 자연 이미지들에서 발견되는 통계적 규칙성들의 개요를 제공하고, 많은 RGB-유사 컬러 공간들이 자연 이미지들에 대한 컬러 채널들 사이에서 강한 상관들을 보임을 보고한다. 이러한 특징은 하나 또는 두 개의 클리핑된 채널들을 가지는 영역들의 재구성을 위해 조정될 수 있다. 예를 들어, Abebe 등은 'Color Clipping and Over-exposure

Correction'(Eurographics Symposium on Rendering (Experimental Ideas & Implementations track), 2015)에서, 컬러 이미지들의 RGB 채널들 사이의 상관에 의존하여 하나의 그리고 두 개의 채널들이 클리핑되는 영역들을 복원하는, 정정 방법을 기술한다. 밝기 재성형 방법은 모든 3개 채널들이 클리핑될 때 사용된다. Abebe 등은 'Correction of Over-Exposure using Color Channel Correlations'(IEEE GlobalSIP, 2014)에서, 교차-채널 상관들을 조정하여 클리핑된 영역들을 재구성하는 추가적인 방법을 기술한다.

[0008] Rempel 등은, Ldr2hdr: on-the-fly reverse tone mapping of legacy video and photographs(ACM Transactions on Graphics (TOG)(2007년 8월, Vol. 26, No.3, p.39))에서, 과노출 영역들을 지시하는 마스크에 가우시안 컨볼루션(Gaussian convolution)을 적용함으로써 과노출 영역들의 재구성을 포함하는 반전 톤 매핑 기법을 기술한다. 컨볼빙된 마스크는 동일한 입력 마스크에 적용되는 에지-스톱 함수로 곱해지고, 결과적인 프로파일은 반전 톤 매핑된 이미지에 더해진다.

[0009] 정보가, 즉, 과노출 영역들에, 존재하지 않는 경우, 일부 기법들은 단순한 가우시안 휘도 프로파일을 중첩시켜서 이러한 영역들에 형상을 제공하는 것을 제안한다. 예를 들어, Wang 등은, High dynamic range image hallucination(높은 동적 범위 이미지 환영)(Proceedings of the 18th Eurographics conference on Rendering Techniques, 2007년 6월 (pp. 321-326))에서, 저주파수 휘도 표현을 생성하기 위해 양방향 필터를 이용한 이미지 휘도의 프로세싱을 논의한다. 고주파수 표현은 이미지와 저주파수 버전 사이의 레지듀얼(residual)에 기초하여 획득된다. 원대칭 가우시안 프로파일이 중첩되어 각각의 클리핑된 영역에 대한 새로운 휘도 프로파일들을 생성한다. Wang은 하나 이상의 스트로크(stroke)들을 이용하여 이미지를 마킹함으로써 사용자가 텍스처 기준을 선택할 것을 요구한다. 텍스처는 텍스처 합성 프로세스를 통해 클리핑된 영역 내에 전달된다. 새로운 휘도 프로파일, 텍스처 및 원래 이미지가 포아송 편집(Poisson editing)을 통해 블렌딩되어 트랜지션들을 스무스하게 한다(smooth).

[0010] Guo 등은 Correcting over-exposure in photographs(Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2010 IEEE Conference, 2010년 6월, (pp. 515-521))에서, 각각의 픽셀의 과노출 우도비를 고려하는 최적화 프로세스를 통해 휘도 프로파일을 재생성한다.

[0011] Hou 등은 Recovering Over-/Underexposed Regions(Photographs, 2013, SIAM J. Imaging Sciences, 6(4), 2213-2235)에서, CIE 랩 컬러 공간에서 조작함으로써 이미지를 밝기 및 색차 정보로 분리하는 것을 논의한다. 이들은 웨이블렛 계수들을 스무스하게 하고 감쇠시킴으로써 인페인팅 밝기 값들을 사용하는 것을 제안한다. 생성되는 밝기 프로파일은 톤 매핑을 통해 압축될 수 있다. 색 채널들은 웨이블렛 계수들이 스무스하게 되는 유사한 절차를 사용하여 인페인팅된다. 추가적인 조정/정규화는 밝기 조정들을 고려한다.

[0012] Rouf 등은 Gradient domain color restoration of clipped highlights(2012년 6월, Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 2012 IEEE Computer Society Conference on (pp. 7-14). IEEE)에서, 클리핑된 영역들에서의 색상 복원에 초점을 둔다. 과노출 영역들에 대해, 경계에서의 계조 값들이 평활화되어 경계 결함들을 회피하고, 가우시안 프로파일을 재구성한다.

[0013] Elboher 등은 Recovering color and details of clipped image regions(2012년 6월, Proc. CGVCVIP)에서, 컬러 라인들, 즉, 픽셀 값들의 3D 플롯들에서 식별되는 선형 구조들에 기초하는, 클리핑된 이미지 영역들에 대한 컬러 정정 방법을 논의한다.

발명의 내용

[0014] 본 원리들의 양태는 이미지 프로세싱을 위한 방법들, 장치, 시스템들 및 컴퓨터 판독가능 매체에 관한 것이다. 이미지 프로세싱은 표준 동적 범위(SDR) 이미지를 수신하는 것 또는 표준 동적 범위(SDR) 이미지를 수신하기 위한 수신기를 포함할 수 있다. 그것은 SDR 이미지의 과노출 영역을 결정하는 것 및 과노출 영역의 적어도 하나의 픽셀에 대한 정정된 휘도 값을 결정하는 것, 또는 SDR 이미지의 과노출 영역 및 과노출 영역의 적어도 하나의 픽셀에 대한 정정된 휘도 값을 결정하도록 구성되는 프로세서를 더 포함할 수 있다. 정정된 휘도 값은 과노출 영역의 형상, 과노출 영역 주변의 픽셀들의 휘도 정보, 및 과노출 영역 주변의 픽셀들의 에지 정보 중 적어도 하나에 기초하여 결정된다. 과노출 영역은 불규칙한 형상의 영역일 수 있다.

[0015] 과노출 영역의 타입이 추가로 결정되는 것 및 과노출 영역의 타입에 기초하여 정정된 휘도를 결정하는 것이 추가로 존재할 수 있다. 타입은 스펙큘러 하이라이트 영역, 확산, 또는 광원들 중 하나일 수 있다.

[0016] 휘도는 과노출 영역의 골격에 기초하여 정정될 수 있다. 휘도는 골격을 따르는 픽셀들의 피크 휘도에 기초하여

정정될 수 있다. 휘도는 과노출 영역 주변의 픽셀들의 링에 기초하여 정정될 수 있다.

[0017]

휘도는 픽셀의 링에 기초하여 결정되는 에지들에 기초하여 정정될 수 있다. 휘도는 픽셀들의 링에 기초하여 결정되는 방향 벡터들에 기초하여 정정될 수 있다. 방향 벡터들은 픽셀들의 링의 등광도선 벡터들에 기초하여 결정될 수 있다. 방향 벡터들은 픽셀들의 링의 기울기들에 기초하여 결정될 수 있다. 휘도는 에지 픽셀에서의 휘도 $L(p_j)$, 에지 픽셀의 기울기 g_j , 에지 픽셀과 내부 픽셀 사이의 거리, 및 사용자 파라미터 η 에 기초하여

다음과 같이 정정될 수 있다: $L(o_i) = \eta g_j \|p_j - o_i\| + L(p_j)$.

[0018]

휘도는 골격에서의 휘도 $L(s_j)$, 에지 픽셀에서의 휘도 $L(p_j)$, 에지 픽셀과 내부 픽셀 사이의 거리, 에지 픽셀과 골격 픽셀 사이의 거리, 및 사용자 파라미터 η 에 기초하여 다음과 같이 정정될 수 있다:

$$L(o_i) = \eta \frac{L(s_j) - L(p_j)}{\|p_j - s_j\|} \|p_j - o_i\| + L(p_j)$$

최적화:

제약들

$$\min(L'(o_i)) - \max(L(p_j)) > T_1; \quad L'(o_i) - L_{\text{orig}}(o_i) > T_2; \quad \|L'(o_i(y))\|_{\infty} - L'(s(y)) < T_3;$$

$$\|L'(o_i(x))\|_{\infty} - L'(s(x)) < T_3; \quad L'(p_j + t_1 d_j) \geq L'(p_j + t_2 d_j), \quad t_1 > t_2 \text{ 이면}; \quad \text{중 하나 이상을 받는}$$

$\text{argmin}_L \|L' - L\|_2^2$ 에 기초하여 정정된 휘도를 리파인하는 것이 더 포함될 수 있다. 제약들은 최적화된 휘도 값들 $L'(o_i)$, 에지 픽셀들의 휘도 $L(p_j)$, 입력 이미지의 휘도 값들 $L_{\text{orig}}(o_i)$, 골격 픽셀들의 최적화된 휘도 값들 $L'(s(y))$, 에지 픽셀들 p_j , 방향 벡터들 d_j , 임계들 T_1 , T_2 , T_3 및 스칼라들 t_1 및 t_2 사이의 관계들에 기초할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019]

본 발명의 특징들 및 장점들은 하기에 기술되는 도면들과 함께 취해질 때 하기의 상세한 설명으로부터 명백할 것이다.

도 1은 본 원리들에 따른 예시적인 방법을 도시하는 다이어그램이다.

도 2는 본 원리들에 따른 예시적인 방법을 도시하는 다이어그램이다.

도 3은 본 원리들에 따른 예시적인 방법을 도시하는 다이어그램이다.

도 4a는 본 원리들에 따른 예시적인 방법을 도시하는 다이어그램이다.

도 4b는 본 원리들에 따른 예시적인 방법을 도시하는 다이어그램이다.

도 5a는 과노출 영역의 골격의 예를 예시한다.

도 5b는 과노출 영역의 골격의 예를 예시한다.

도 5c는 과노출 영역의 골격의 예를 예시한다.

도 6은 과노출 영역의 접선 및 접선에 대한 직교 벡터의 예를 예시한다.

도 7은 과노출 영역의 후보 픽셀들의 예를 예시한다.

도 8은 과노출 영역 및 섹터들의 예를 예시한다.

도 9는 본 원리들에 따른 예시적인 장치를 도시하는 다이어그램이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020]

본 원리들은 과노출 이미지 영역(들)의 정정 및/또는 재구성을 위한 방법들, 장치 및 시스템들에 관한 것이다.

일 예에서, 과노출 영역(들)은 과노출 영역(들) 주변의 잘-노출된 픽셀들의 등광도선들을 분석함으로써 재구성될 수 있다.

[0021] 본원에서 사용되는 바와 같이, "등광도선(isophote line)들"은 영역의 기울기에 직교하는 방향들을 가지는 라인들로서 정의될 수 있다. 본원에서 사용되는 바와 같이, "잘-노출된(well-exposed)" 픽셀들은 과노출 영역(들)의 일부분이 아닌 픽셀들로서 정의될 수 있다. "영역(region)"은 함께 그룹화되는 복수의 픽셀들로서 정의될 수 있다. 픽셀들은 그룹의 각각의 픽셀이 그룹의 적어도 하나의 다른 픽셀에 접속되는 경우 함께 그룹화된다. 이미지는 다수의 이러한 영역들을 가질 수 있다.

[0022] 클리핑된 또는 과노출된 이미지 영역들은 통상적으로, 1개, 2개 또는 3개의 컬러 채널들이 최대 표현가능한 픽셀 값에 도달한 영역들이다. 본 원리들의 양태는 모든 3개의 컬러 채널들이 최대 표현가능한 픽셀 값에 도달한 이미지 영역들의 재구성에 관한 것이다. 그러나, 단 1개 또는 2개의 채널들이 최대 픽셀 값들을 가지는 이미지 영역들은 추가적인 전처리 단계에 기초할 수 있다.

[0023] 본원에서 사용되는 바와 같이, 첨자 i 및 j 는 상호교환가능하게 사용될 수 있다. 그러나, 두 첨자들 모두가 동일한 방정식에서 나타나는 경우, 이들은 상이한 세트들을 지시한다. 예를 들어, 세트 $O = \{o_i\}$ 내의 과노출된 영역의 내부 픽셀은 에지 픽셀 p_i 과 차별화하기 위해 방정식에서 o_j 로써 나타날 수 있다. 반면, 상이한 세트들에 대한 첨자가 동일한 경우, 대응하는 픽셀 정보가 가정된다. 예를 들어, 함께 사용되는 p_j 및 d_j 는 픽셀 위치 및 그것의 대응하는 방향을 지시할 것이다.

[0024] 본 원리들의 양태는 이미지 프로세싱 파이프라인 내의 과노출 영역들의 정정에 관한 것이다. 일 예에서, 본 원리들의 양태는 디바이스(예를 들어, 셋톱 박스, 컴퓨터, 태블릿, 스마트폰, 랩톱 또는 디스플레이를 위한 정보를 제공할 수 있는 임의의 다른 디바이스)에서의 과노출된 또는 클리핑된 영역들의 재구성에 관한 것이다. 일 예에서, SDR 이미지 콘텐츠는 HDR 디스플레이 디바이스에 대해 HDR로 전환된다. 또다른 예에서, 이미지의 과노출된 또는 클리핑된 영역들은 캡처 프로세스 동안 재구성될 수 있다. 예를 들어, (예를 들어, 카메라, 스마트폰에 의한) 이미지 캡처 동안, 이미지는 본 원리들에 따라 향상될 수 있다. 또다른 예에서, 본 원리들의 양태는 후반-제작 동안 과노출된 또는 클리핑된 영역들의 재구성에 관한 것이다. 본 원리들의 양태는 영역의 형상 뿐만 아니라 과노출 영역의 바로 주변의 영역들로부터 취해진 정보를 고려함으로써 저주파수 휘도 프로파일을 과노출 영역에 피팅하는 것에 관한 것이다.

[0025] 본 원리들의 양태는 바람직하지 않은 시각적 주목을 감소시키기 위한 과노출 영역들의 휘도 정정 또는 재구성에 관한 것이다. 본 원리들의 양태는 과노출 영역들의 크기 및 형상, 뿐만 아니라 과노출 영역 주변의 잘-노출된 콘텐츠의 휘도 값들, 기울기 값들, 등광도선 방향들 및/또는 기울기 방향들과 같은 이미지 정보에 기초하여 과노출 영역들의 실제같은 재구성을 개선하는 것에 관한 것이다. 본 원리들의 양태는 최적화 프로세스에 기초하여 정정된 휘도 픽셀들을 비-정정 픽셀들과 끊임 없이 시각적으로 블렌딩하는 것에 관한 것이다.

[0026] 도 1, 2 및 3은 예시적인 휘도 프로파일 재구성 방법들을 예시한다. 도 1은 휘도 프로파일 재구성을 위한 방법(100)을 예시한다. 방법(100)은 영역 특성화를 위한 블록(101)을 포함할 수 있다. 블록(101)은 입력 이미지에 대한 이미지 영역(들)의 형상들을 특성화할 수 있다. 블록(101)은 블록(102)에 제어를 전달할 수 있다. 블록(102)은 영역 정정을 수행할 수 있다. 선택적으로, 휘도 프로파일 재구성은 (예를 들어, 블록(101) 이전에) 이미지 다운샘플링 및 (예를 들어, 블록(102) 이후에) 이미지 업샘플링을 포함할 수 있다. 이러한 샘플링은 영역의 높은 공간 주파수들의 부재에 대해 책임질 수 있다. 더 낮은 픽셀 해상도들을 프로세싱함으로써 프로세싱 양이 감소할 수 있다.

[0027] 도 2는 휘도 프로파일 재구성을 수행하기 위한 방법(200)을 예시한다. 방법(200)은 입력 이미지를 다운샘플링하기 위한 블록(201)을 포함할 수 있다. 일 예에서, 블록(201)은 선택적일 수 있다. 블록(202)은 영역 특성화를 수행할 수 있다. 블록(203)은 과노출 영역(들) 각각을 분류함으로써 영역 특성화를 수행할 수 있다. 예를 들어, 블록(203)은 과노출 영역이 스펙큘러 하이라이트, 확산 표면, 또는 광원이었는지를 결정할 수 있다. 전용 재구성 알고리즘은 블록(203)에 의해 결정된 표면 타입에 기초하여 결정될 수 있다. 예를 들어, 확산 영역에 대해, 블록(204)은 확산 표면 정정을 수행할 수 있다. 스펙큘러 하이라이트 영역에 대해, 블록(205)은 스펙큘러 하이라이트 영역 재구성을 수행할 수 있다. 광원에 대해, 블록(206)은 광원 정정을 수행할 수 있다. 블

록들(204, 205 및 206)로부터 초래되는 정정은 병합되어(도 2의 블록(207)) 정정된 이미지를 생성할 수 있다. 블록(208)은 정정된 이미지를 입력 이미지의 해상도로 업샘플링할 수 있다. 일 예에서, 블록(208)은 선택적일 수 있다.

[0028] 본 원리들의 양태는 영역 특성화에 관한 것이다. 영역 특성화는 도 1의 블록(101) 및 도 2의 블록(202)에 의해 수행될 수 있다. 본 원리들의 양태는 영역 정정에 관한 것이다. 영역 정정은 도 1의 블록(102) 및 도 2의 블록들(204, 205 및 206) 중 하나 이상에 의해 수행될 수 있다.

[0029] 도 3은 본 원리들에 따른 영역 정정을 위한 예시적인 방법(300)을 예시한다. 방법(300)은 입력 이미지 I (301)를 수신할 시에 시작할 수 있다. 일 예에서, 과노출 영역들의 식별과 같은, 이미지에 관한 추가 정보가 또한 제공될 수 있다. 각각의 영역은, 예를 들어, 마스크 M 에 의해 식별될 수 있다. 마스크는 입력 이미지와 동일한 크기를 가질 수 있고, 어느 픽셀들이 과노출 영역들에 속하는지를 나타내는 이진값들을 가질 수 있다. 일 예에서, 과노출 픽셀들은 임계값 τ 에 기초하여 결정될 수 있다. 예를 들어, 임계 값과 동일하거나 더 큰 값들을 가지는 픽셀들은 과노출 픽셀들로서 식별될 수 있다.

[0030] 블록(302)은 각각의 과노출 영역(들)에 대한 골격을 결정할 수 있다. 일 예에서, 골격은 도 5a에 도시된 바와 같이 임의의 형상의 과노출 영역(501)에 대해 결정될 수 있다. 도 5a는 과노출 영역(501)에 대해 결정되는 예시적인 골격(502)을 예시한다.

[0031] 일 예에서, 블록(302)은 중앙축 알고리즘에 기초하여 골격을 결정할 수 있다. 골격 위에 있는 과노출 영역 내의 픽셀들은 세트 $S = \{s_i\}$ 에 의해 표시될 수 있다. 이러한 픽셀들의 세트 S 는 또한 골격 픽셀들이라 지칭될 수 있다.

[0032] 블록(302)에 의해 결정되는 골격은 과노출 영역의 형상의 중심이 평가됨을 나타낼 수 있다. 골격화는 과노출 영역을 가지는 2차원 휘도 프로파일의 피팅을 영역의 에지의 포인트들과 골격 상의 포인트들 사이의 1차원 휘도 프로파일의 하나 이상의 피팅들이 되도록 허용한다.

[0033] 블록(303)은 블록(302)으로부터의 골격을 따라 휘도 값들을 결정할 수 있다. 블록(303)은 골격선(들)의 일부분인 각각의 픽셀에 대한 휘도 값들을 결정할 수 있다. 동일한 영역의 골격에 더하여 이용가능한 과노출 영역의 외곽선을 이용하여, 이 영역에 적용될 실제같은 휘도 프로파일은 통상적으로, 영역의 경계에서 최저 휘도 값들을 가지고, 골격의 픽셀 위치들에서 최고 휘도 값들을 가짐으로써 특성화될 것이다.

[0034] 일 예에서, 블록(303)은 골격 위에 있는 픽셀들에 대한 피크 휘도 값들을 결정할 수 있다. 골격 위에 있는 픽셀들의 세트는 $S = \{s_i\}$ 로서 표시될 수 있다. 일 예에서, 세트 S 내의 각각의 픽셀에 동일한 휘도 값이 할당될 수 있다. 대안적으로, 세트 S 내의 각각의 픽셀에 할당되는 휘도 값들은 변경될 수 있다.

[0035] 일 예에서, 블록(303)은 하기에 수학적 번호 1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12 및 14와 관련하여 기술되는 원리들에 따라 각각의 픽셀 s_i 에 대한 휘도 값들 L 을 결정할 수 있다. 본원에서 사용되는 바와 같이, $L(s_i)$ 는 픽셀 s_i 의 휘도 값을 나타낼 수 있고, 픽셀 s_i 는 골격을 따라 위치된다.

[0036] 일 예에서, 블록(303)은 세트 S 의 각각의 픽셀에 대한 피크 휘도를 결정할 수 있다. 피크 휘도는 상대값 또는 절대값일 수 있는, 특정된 값에 기초하여 결정될 수 있다:

수학식 1

[0037] $L(s_i) = k$

[0038] 특정된 값 k 는 사용자, 표준, 전송 시스템의 피크 휘도, 또는 디스플레이 디바이스의 피크 휘도에 의해 특정될 수 있다.

[0039] 또다른 예에서, S 내의 각각의 픽셀에 대한 피크 휘도는 과노출 영역들 밖의 픽셀들의 휘도 또는 휘도 기울기 값들에 기초하여 결정될 수 있다. 예를 들어, 피크 휘도는 과노출 영역 주위의 잘-노출된 링 내의 픽셀들의 휘도 값들에 기초하여 결정될 수 있다. 잘-노출된 링은 하기의 블록(304)에 관해 기술되는 원리들에 따라 결정될 수 있다. 과노출 영역 주위의 링을 형성하는 픽셀들의 세트는 $P = \{p_i\}$ 로서 표시될 수 있다. 일 예에서, 세트 P 내의 픽셀들의 최대 휘도 $L_{p,max}$ 는 다음과 같이 결정된다:

수학식 2

[0040]
$$L_{p,max} = \max_{p_i \in P} L(p_i)$$

[0041] $L_{p,max}$ 의 값은 단일 이미지 내에서 인코딩될 수 있는 최대값보다 더 작을 수 있다(예를 들어, 8-비트 입력 이미지에 대해 255이거나 또는 이미지가 디클리핑 알고리즘을 통해 전달되는 경우 255보다 더 높을 수 있음).

[0042] $L_{p,max}$ 와 동일한 휘도를 가지는 픽셀 세트 P 의 하나 이상의 픽셀들의 위치는 p_{max} 로서 식별될 수 있는데, 즉 $L(p_{max}) = L_{p,max}$ 이다. 세트 P 내의 다수의 픽셀들이 $L_{p,max}$ 의 휘도 값을 가지는 경우, 이러한 픽셀들 중 하나의 위치가 (예를 들어, 랜덤으로) 선택되고, 이러한 픽셀 위치는 p_{max} 로 식별된다. 일 예에서, 골격을 따르는 픽셀들의 피크 휘도는 세트 P 내의 픽셀들의 최대 휘도(예를 들어, 수학식 2로부터의 $L_{p,max}$)에 기초하여 결정될 수 있다. 세트 P 는 하기의 블록(304)에 관해 기술되는 원리들에 따라 결정될 수 있다.

[0043] 또다른 예에서, 골격을 따르는 픽셀들 s_i 의 휘도 $L(s_i)$ 는 피크 휘도 $L_{p,max}$ 곱하기 골격 픽셀과 픽셀 p_{max} 사이의 최소 유클리드 거리에 의해 결정될 수 있다. 휘도는 다음과 같이 결정될 수 있다:

수학식 3

[0044]
$$L(s_i) = L_{p,max} \min_{s_k \in S} (\|p_{max} - s_k\|)$$

[0045] 수학식 3에서, $\|p_{max} - s_k\|$ 는 픽셀들 p_{max} 와 s_k 사이의 유클리드 거리이다. 모든 픽셀들 s_i 는 동일한 휘도 값을 가질 수 있다.

[0046] 또다른 예에서, 골격 픽셀들 s_i 의 휘도 값들은 주어진 골격 픽셀과 에지 픽셀들 사이의 최소 거리에 기초하여 결정될 수 있다. 예를 들어, 각각의 골격 픽셀 s_i 에 대한 휘도 $L(s_i)$ 는 피크 경계 휘도 $L_{p,max}$ 곱하기 골격 픽셀들 s_i 와 세트 P 내의 경계 픽셀들의 위치 사이의 최소 유클리드 거리로서 결정될 수 있다. 골격 상의 픽셀들의 휘도 값들 $L(s_i)$ 은 다음과 같이 결정될 수 있다:

수학식 4

[0047]
$$L(s_i) = L_{p,max} \min_{p_k \in P} (\|p_k - s_i\|)$$

[0048] 여기서, 골격 픽셀들 s_i 는 상이한 휘도 값들을 수신할 수 있다.

[0049] 또다른 예에서, 선택적으로, 골격의 휘도는 골격의 휘도를 증가시키거나 감소시킬 수 있는 추가적인 재성형에 기초하여 결정될 수 있다. 일 예에서, 재성형은 과노출 영역의 분류 동안 결정되는 특징들에 기초할 수 있다. 예를 들어, 과노출 영역들은 광원, 스펙큘러 하이라이트, 또는 확산 영역으로서 이들의 원천을 가지는 것으로서 분류될 수 있다. 이를 다음과 같이 쓸 수 있다:

수학식 5

[0050] $C_r = \{ \text{광원} | \text{스펙큘러} | \text{확산} \}$

[0051] 여기서, C_r 은 영역 r 에 대한 분류이다. 다른 분류들이 가능할 수 있다. 스케일링 인자 α 를 수학식 6, 8, 9, 11, 12 및 14 중 하나 이상에서 후속적으로 사용될 수 있는 각각의 클래스와 연관시키는 것이 가능하다. 이러한 연관은 다음과 같이 달성될 수 있다:

[0052] [수학식 5a]

$$\alpha = \begin{cases} \alpha_1, & C_r = \text{광원 이면} \\ \alpha_2, & C_r = \text{스펙큘러이면} \\ \alpha_3, & C_r = \text{확산이면} \end{cases}$$

[0053]

[0054] 일 예에서, 골격 픽셀들의 휘도 값들은 과노출 영역 아래에 있는 예상되는 장면 콘텐츠의 분류에 기초하여 결정될 수 있다. 일 예에서, 골격 픽셀들의 휘도는 수학식 3에 기초하여, 수학식 5a에 제시된 바와 같은 영역 분류-특정 스케일링 인자 α 와 곱해져서 결정될 수 있다:

수학식 6

$$L(s_i) = \alpha L_{p, \max} \min_{s_k \in S} (\|p_{\max} - s_k\|)$$

[0055]

[0056] 수학식 4의 우항은 또한 수학식 5a에서 결정되는 스케일링 인자와 곱해져서 분류-특정 골격 휘도 값들을 구할 수 있다.

[0057] 일 예에서, 골격 픽셀들의 피크 휘도 값들은 세트 P 내의 픽셀들의 휘도 값들 및 기울기 값들에 기초하여 결정될 수 있다.

[0058] 본원에서 사용되는 바와 같이, 픽셀 p_i 의 기울기를 ∇p_i 라고 쓸 수 있다. 기울기는 벡터-값이며, x-방향의 수평 기울기 및 y-방향의 수직 기울기를 제공한다. 수평 기울기를 계산하기 위해 우측 이웃의 픽셀값과 현재 픽셀의 픽셀 값 사이의 차이에 기초하고, 수직 기울기를 계산하기 위해 수직 이웃의 픽셀 값과 현재 픽셀의 픽셀 값 사이의 차이를 취하여 기울기들이 결정될 수 있다. 이는 전방 차분(forward differencing)이라 명명되며, 그것은 다음과 같이 결정될 수 있다:

수학식 7

$$\nabla p_i = (p_{i,x+1} - p_{i,x}, p_{i,y+1} - p_{i,y})$$

[0059]

[0060] 대안적으로, 기울기들은 후방 또는 중앙 차분 방식들에 기초하여 결정될 수 있다.

[0061] 일 예에서, 기울기 정보를 사용하는 골격을 따르는 픽셀들의 피크 휘도는 과노출 영역 주변의 픽셀들에 기초하여 결정될 수 있다. 예를 들어, 피크 휘도는 $\max_{p_i \in P} (\|\nabla p_i\|)$ 라고 표기되는, 세트 P 내의 픽셀들의 최대 기울기 크기를 발견하고, 이 기울기를 세트 P 내의 최대 휘도 값, 즉, 골격과 p_{\max} 사이의 최소 거리에 의해 증분되는 $L_{p,\max}$ 와 곱함으로써 결정될 수 있다. 이는 α 와 곱함으로써 수학적 식 5의 영역 분류에 기초하여 조정될 수 있다:

수학적 식 8

$$L(s_i) = \alpha \left(L_{p,\max} + \min_{s_k \in S} (\|p_{\max} - s_k\|) \max_{p_i \in P} (\|\nabla p_i\|) \right)$$

[0062]

[0063] 수학적 식 8은 세트 P 내의 모든 픽셀들의 최대 기울기 크기를 사용한다. 대안적인 예는 다음:

수학적 식 9

$$L(s_i) = \alpha \left(L_{p,\max} + \min_{s_k \in S} (\|p_{\max} - s_k\|) \|\nabla p_{\max}\| \right)$$

[0064]

[0065] 에 기초하여, P 내의 모든 픽셀들의 가장 큰 휘도 값, 소위 $L_{p,\max}$ 를 가지는 픽셀 p_{\max} 의 기울기 크기 $\|\nabla p_{\max}\|$ 를 사용할 것이다. 수학적 식 1, 3, 4, 6, 8 및 9 각각 내의 골격 휘도 값 결정들은 세트 S 내의 모든 픽셀들 s_i 에 대해 동일한 휘도 값들을 초래한다. 다른 예들에서, 세트 S 의 골격 픽셀들 s_i 의 휘도 결정은 상이한 골격 픽셀들 s_i 에 대한 상이한 휘도 값들 $L(s_i)$ 을 초래하는 기준에 기초할 수 있다. 후속하는 수학적 식들 10, 11, 12 및 14에 주어진 예들은 상이한 픽셀들 s_i 에 대한 상이한 휘도 값들을 초래할 수 있는 골격 휘도 결정들의 예를 기술한다. 이러한 수학적 식들에서, 이는 첨자가 좌향 및 우향 모두에서 발생함을 주지함으로써 이해될 수 있다.

[0066] 일 예에서, 각각의 골격 픽셀은 골격 픽셀 s_i 와 픽셀 p_{\max} 사이의 유클리드 거리에 의해 제2 항을 나눔으로써 수학적 식 9를 수정하는 것에 기초하여 상이한 휘도 값을 수신할 수 있다. 이는 픽셀 p_{\max} 에 더 가까운 골격 픽셀들에 대해 더 큰 골격 휘도 값들을 초래한다. 추가로, 영역의 크기를 고려하기 위해 사용될 수 있는 사용자 파라미터 β 가 도입될 수 있다. 이러한 결정은 다음과 같이 이루어질 수 있다:

수학적 식 10

$$L(s_i) = \alpha \left(L_{p,\max} + \beta \frac{\min_{s_k \in S} (\|p_{\max} - s_k\|)}{\|p_{\max} - s_i\|} \|\nabla p_{\max}\| \right)$$

[0067]

[0068] 과노출 영역의 경계에 가까운 골격 픽셀들은 경계로부터 더 멀리 떨어진 골격 픽셀들보다 더 낮은 휘도를 유리하게 수신할 수 있다. 주어진 골격 픽셀에 대해, 과노출 영역의 에지까지의 최소 거리는 $\min_{p_k \in P} (\|p_k - s_i\|)$ 와 같을 수 있다. 수학적 식 8에서와 같이 골격 내의 모든 픽셀들에 대한 단일 거리 측정치, 소위

$\min_{s_k \in S} (\|p_{\max} - s_k\|)$ 를 결정하기보다는, 다음은 각각의 골격 픽셀에 대한 경계까지의 거리를 개별적으로 고려한다:

수학식 11

$$L(s_i) = \alpha \left(L_{p, \max} + \min_{p_k \in P} (\|p_k - s_i\|) \max_{p_i \in P} (\|\nabla p_i\|) \right)$$

[0069]

[0070] 수학식 11에서의 나머지 항목들은 수학식 8에서의 항목들과 동일하다. 마찬가지로, 수학식 9은 각각의 골격 픽셀의 그것의 영역의 경계까지의 거리를 고려하도록 수정될 수 있다. 결과적인 결정은 다음과 같이 표현될 수 있으며, 나머지 항목들은 수학식 9에서의 항목들과 동일하다:

수학식 12

$$L(s_i) = \alpha \left(L_{p, \max} + \min_{p_k \in P} (\|p_k - s_i\|) \|\nabla p_{\max}\| \right)$$

[0071]

[0072] 수학식 11 및 12 내의 예들은 주어진 골격 픽셀 s_i 와 세트 P 의 에지 픽셀들 사이의 최소 거리를 고려한다. 어느 에지 픽셀 위치가 골격 픽셀 s_i 에 가장 가까운지를 식별하는 것이 가능하며, 다음과 같다:

수학식 13

$$p_i = \operatorname{argmin}_{p_k \in P} (\|p_k - s_i\|)$$

[0073]

[0074] s_i 에 가장 가까운 에지 픽셀에서의 기울기 크기는 이후 $\|\nabla p_i\|$ 을 이용하여 결정될 수 있고, 골격 픽셀 s_i 와 가장 가까운 픽셀 p_i 사이의 유클리드 거리는 $\|p_i - s_i\|$ 에 의해 주어진다. 이 기울기 크기와 이 거리의 곱이 사용되어,

수학식 14

$$L(s_i) = \alpha (L_{p, \max} + \|p_i - s_i\| \|\nabla p_i\|)$$

[0075]

[0076] 에 따라 픽셀 s_i 에 대한 휘도 값을 도출할 수 있다.

[0077] 골격 픽셀들 s_i 에 대한 휘도 값들을 결정한 이후, 골격 상에 존재하지 않는 스펙큘러 하이라이트 영역 내에 많은 픽셀들이 남아 있을 수 있다. 이러한 픽셀들은 휘도 값을 아직 수신하지 않았다. 그러나, 스펙큘러 하이라이트 영역 내의 나머지 픽셀들의 정정된 휘도 값들은 골격 $L(s_i)$ 의 휘도 값들에 기초하여 결정될 수 있다.

[0078] 블록(304)은 각각의 과노출 영역(들)에 대한 에지 픽셀들을 결정할 수 있다. 일 예에서, 블록(304)은 각각의 과노출 영역 주위의 픽셀들의 링을 결정할 수 있다. 이러한 링 내의 픽셀들은 에지들과 같은 이미지 상세항목들을 제공할 수 있는데, 왜냐하면 이들이 휘도 및 컬러 변화를 포함하기 때문이다. 도 5b는 영역(501), 골격(502), 및 영역(501) 주위의 픽셀들의 링(503)을 예시한다. 픽셀들의 이러한 링(503)의 폭은 도 5b에서 504에

의해 식별될 수 있다. 픽셀들의 링의 폭은 n 개 픽셀들일 수 있으며, $n \geq 1$ 이다. n 의 값은 경험적으로 결정될 수 있거나, 또는 사용자에게 의해 특정될 수 있다. 링(503) 내에 포함되는 픽셀들은 잘-노출된 픽셀들일 수 있다. 이러한 링 픽셀들은 영역 휘도 정정 알고리즘에 통지하기 위해 사용될 수 있다. 이 링 내에 포함되는 픽셀들은 세트 $P=\{p_i\}$ 에 의해 식별될 수 있다. 골격 상에 존재하지 않는 과노출 영역 내의 픽셀(들)은 "내부 픽셀(들)"로서 식별될 수 있다. 도 5c에 도시된 바와 같이, 라인은 에지와 골격 픽셀들(506 및 507)을 접속시킬 수 있다. 이 라인은 에지와 골격 픽셀들(506 및 507)에 기초하여 재구성될 내부 픽셀들의 서브세트를 예시할 것이다.

[0079] 블록(304)에 의해 결정된 에지 픽셀들에 대해, 블록(306)은 기울기를 결정할 수 있고, 블록(305)은 하나 이상의 방향들을 결정할 수 있다. 일 예에서, 블록(305)은 방향들의 세트 D 를 결정할 수 있다. 일 예에서, 블록(305)은 경계 픽셀들의 세트 P 내의 각각의 픽셀 p_i 에 대한 방향 벡터를 결정할 수 있다. 이러한 방향들은 내부 픽셀들에 기여하는 세트 P 로부터 픽셀들을 결정하기 위해 이용될 수 있다. 방향들의 세트는 $D = \{d_i\}$ 에 의해 표기될 수 있는데, 즉, 세트 P 내의 각각의 픽셀과 연관된 하나의 방향이 존재한다.

[0080] 일 예에서, 블록(305)은 과노출 영역의 형상에 기초하여 세트 P 내의 픽셀들에 대한 방향 벡터들을 결정할 수 있다. 블록(305)은 각각의 에지 픽셀에 대한 접선 벡터에 기초하여 방향 벡터들을 결정할 수 있다. 도 6은 과노출 영역(603)의 경계, 및 에지 픽셀에 접하는 접선(601), 및 접선(601)에 직교하는 벡터(602)를 예시한다. 일 예에서, 각각의 에지 픽셀에 대해, 블록(305)은 에지 픽셀에 접하는 벡터(예를 들어, 601)에 직교하는 벡터(예를 들어, 602)에 기초하여 방향을 결정할 수 있다. 이러한 내향 벡터(602)는 t_i 로서 표기될 수 있다. 일 예에서, 적절한 방향 벡터는 $d_i = t_i$ 를 설정함으로써 결정될 수 있다.

[0081] 또다른 예에서, 블록(305)은 $d_i = \nabla p_i$ 를 설정함으로써 세트 P 내의 픽셀들 p_i 의 기울기 벡터들 ∇p_i 에 기초하여 세트 P 내의 각각의 픽셀 p_i 에 대한 방향 벡터 d_i 를 결정할 수 있다.

[0082] 추가적인 예에서, 블록(305)은 등광도선 방향들에 기초하여 세트 P 내의 픽셀들에 대한 방향 벡터들 d_i 를 결정할 수 있다. 등광도선 벡터들 $\nabla^\perp p_i$ 는 대응하는 기울기 벡터들에 직교하는 벡터들로서 정의된다:

수학식 15

$$\nabla^\perp p_i = -\frac{\partial L(p_i)}{\partial y} \vec{x} + \frac{\partial L(p_i)}{\partial x} \vec{y}$$

[0083]

[0084] 수학식 15로부터 초래되는 등광도선 벡터들 $\nabla^\perp p_i$ 는 에지들과 같은 이미지 특징들의 접선들로서 해석될 수 있고, 방향 벡터들의 세트, 즉 $d_i = \nabla^\perp p_i$ 를 결정하기 위해 사용될 수 있다.

[0085] 또한, 각각의 픽셀 p_i 에서의 기울기 ∇p_i 는 접선에 대해 직교하는 벡터인 t_i 에 사영될 수 있다. t_i 로의 기울기 벡터의 사영 $t_{i,p}$ 는:

수학식 16

$$t_{i,p} = \frac{t_i}{|t_i|^2} (t_i \cdot \nabla p_i)$$

[0086]

[0087] 에 따라 결정될 수 있다.

[0088] 이 예에서, 적절한 방향 벡터가 $d_i = t_{i,p}$ 로서 결정될 수 있다. 마찬가지로, 등광도선 벡터 $\nabla^\perp p_i$ 가 t_i 상에 사영될 수 있다:

수학식 17

$$t_{i,p} = \frac{t_i}{|t_i|^2} (t_i \cdot \nabla^\perp p_i)$$

[0089]

[0090] 이 예에서, 적절한 방향 벡터들은 $d_i = t_{i,p}$ 에 따라 설정될 수 있으며, 여기서, $t_{i,p}$ 는 수학식 17의 사용으로 결정된다. 각각의 골격 픽셀 s_j 의 접선에 직교하는 벡터는 u_j 로서 정의될 수 있다. 벡터들 u_j 및 $-u_j$ 는 위치들 p_n 및 p_m 에서의 과노출 영역의 에지를 교차할 것이다. 픽셀들 p_n 및 p_m 에 대해 기록된 방향 벡터들은 이후 $d_n = -u_j$ 및 $d_m = u_j$ 이다.

[0091] 일 예에서, 블록(306)은 블록(304)에 의해 결정되는 에지 픽셀들에 대한 휘도 경사들을 결정할 수 있다. 일 예에서, 경사들의 세트 $G = \{g_i\}$ 는 세트 P 내의 각각의 픽셀에 대해 결정된다. 일 예에서, 이러한 경사들의 세트는 세트 P 내의 픽셀들 p_i 의 기울기들 ∇p_i 의 크기에 기초하여 다음과 같이 결정될 수 있다:

수학식 18

$$g_i = \|\nabla p_i\|$$

[0092]

[0093] 블록(307)은 과노출 영역 내의 각각의 픽셀에 대한 휘도 값들을 결정할 수 있다. 블록(307)은 블록들(302, 303, 304, 305 및/또는 306)에 의해 결정되는 정보에 기초하여 과노출 영역(들)의 픽셀들의 휘도 값들을 정정 및/또는 재구성할 수 있다. 예를 들어, 블록(305)으로부터의 방향 벡터들은 과노출 영역에 대해 내부에 있는 픽셀들에 대한 휘도 값들을 합성하기 위해 사용될 수 있다.

[0094] 일 예에서, 블록(307)은 하나 이상의 골격 픽셀들 s_i 및 영역의 경계에 위치된 하나 이상의 픽셀들(즉, 세트 P 로부터 도출된 하나 이상의 픽셀들)에 기초하여 과노출 영역의 내부에 있는(예를 들어, 도 5c의 509에 의해 식별된 영역 내의) 픽셀들에 대한 휘도 값들을 결정할 수 있다. 도 5c는 에지 픽셀(506)을 골격 픽셀(507)과 접속시키는 예시적인 라인(505)을 예시한다. 픽셀들(506 및 507) 사이의 라인(505) 상의 픽셀들(508)은 에지 및 골격 픽셀들(506 및 507)로부터 검색되는 정보에 기초하여 블록(307)에 의해 재구성될 수 있다.

[0095] 블록(307)에 따른 정정된 휘도 값들 $L(o_i)$ 을 결정하기 위한 예시적인 프로세스들이 도 4a 및 4b에 예시되어 있다.

[0096] 도 4a는 휘도 값들을 정정하기 위한 예시적인 방법(1000)을 예시한다. 일 예에서, 블록(307)은 방법(1000)에 따라 과노출 영역(들) 내의 픽셀(들)에 대한 정정된 휘도 값들을 결정할 수 있다. 방법(1000)은 (예를 들어,

블록(305)에 의해 결정되는) 방향 벡터들 D 중 하나 이상에 따라 놓인 픽셀들에 대한 휘도 값들을 결정할 수 있다. 예를 들어, 골격 픽셀 s_i 와 픽셀 p_i 사이에 놓인 픽셀들의 세트는 방향 벡터 d_i 와 함께 에지 픽셀 p_i 에 기초하여 결정될 수 있다. 이러한 픽셀들은 방법(1000)에 따라 정정되는 픽셀들일 수 있다. 도 7은 방향 벡터 d_i (701), 골격 픽셀 s_i (702) 및 에지 픽셀 p_i (703)에 대한 이러한 후보 픽셀들(704)의 예를 예시한다. 일 예에서, 블록(307)은 과노출 영역(들)의 내부에 있는 픽셀들의 세트에 대한 정정된 휘도 값 $L(o_i)$ 을 결정할 수 있다.

[0097] 도 4a는 과노출 영역의 픽셀들에 대한 정정된 휘도 값들 $L(o_i)$ 을 결정하기 위한 방법(1000)을 예시한다. 방법(1000)은 에지 픽셀들(1001)의 세트를 수신하는 것에 기초하여 시작할 수 있다. 일 예에서, 에지 픽셀들(1001)은 블록(304)으로부터 수신될 수 있다. 방법(1000)은 세트 P 내의 모든 에지 픽셀들 p_i (즉, 모든 픽셀들 p_0, p_1, p_2, \dots) 및 이들의 대응하는 방향들(d_0, d_1, d_2, \dots)을 리뷰할 수 있다. 일 예에서, 블록(1002)은 $i=0$ 으로부터 $i=$ 전체 에지 픽셀들 -1까지 루프를 돌 수 있다(loop). i 의 각각의 값에 대해, 블록(1002)은 에지 픽셀 p_i 및 방향 d_i 를 결정할 수 있다. 각각의 픽셀 p_i 및 그것의 연관된(정규화된) 방향 벡터 (d_i, p_i) (1003)으로서 라벨링됨)에 대해, 블록(1004)은 브레젠햄(Bresenham) 디지털 차동 분석기(Digital Differential Analyzer)(DDA) 알고리즘을 적용하여 에지 픽셀 p_i , 방향 벡터 d_i 및 골격 픽셀 s_i 에 의해 정의되는 라인 세그먼트 상에 있는 내부 픽셀들 o_i 의 서브세트를 결정할 수 있다.

[0098] 블록(1005)은 에지 픽셀 및 방향 벡터 p_i, d_i (1003)에 기초하여 골격 픽셀을 결정할 수 있다. 블록(1005)은 골격 픽셀 s_i (1007)를 출력할 수 있다. 블록(1008)은 골격 픽셀 s_i (1007)가 유효 픽셀인지를 결정할 수 있다. 블록(1008)은 ta 라인 에지 픽셀 및 방향 벡터 p_i, d_i (1003)에 기초하여 골격 픽셀 s_i (1007)가 유효 픽셀인지를 결정할 수 있다. 블록(1008)은 이러한 라인이 골격 픽셀 s_i (1007)에 교차하는지를 결정할 수 있다. 블록(1008)에 의한 부정적 결정 시에(아니오), 블록(1008)은 블록(1012)에 제어를 전달하여 추가적인 프로세싱이 요구되는지를 결정할 수 있다. 대안적으로, 블록(1008)이 골격 픽셀 s_i 가 유효하다고 긍정적으로 결정하는 경우(예), 블록(1008)은 골격 픽셀 s_i (1007)를 블록(1010)에 출력할 수 있다.

[0099] 블록(1010)은 내부 픽셀들(1006)의 서브세트 내의 각각의 픽셀에 대한 정정된 휘도 값을 결정할 수 있다. 블록(1010)은 골격 픽셀 s_i 의 휘도 값, 에지 픽셀 p_i 의 휘도, 기울기 크기 g_i (예를 들어, 수학적식 18과 관련하여 기술된 원리들에 의해 결정된 바와 같이) 및 또는 에지 픽셀 p_i 로부터 도출되는 다른 정보에 기초하여 휘도 값을 결정할 수 있다. 블록(1010)은 수학적식 20 내지 26과 관련하여 기술되는 원리들에 따라 내부 픽셀들(1006)의 서브세트에 대한 정정된 휘도 값을 결정할 수 있다. 블록(1010)은 정정된 휘도 값들(1011)을 블록(1012)에 출력할 수 있다.

[0100] 블록(1012)은 블록(1002)에 의해 결정되는 픽셀 p_i 가 ($i < \text{total_edge_pixels}$ 를 테스트함으로써) 픽셀 세트 P 내의 마지막 픽셀인지를 결정할 수 있다. 블록(1012)이 긍정적(예) 결정을 하는 경우, 방법(1000)은 종료되고 재구성된 휘도 값들(1011)을 출력한다. 블록(1012)이 부정적(아니오) 결정을 하는 경우, 그것은 i 를 1만큼 증분시키고 제어를 다시 블록(1002)에 전달할 수 있다.

[0101] 도 4b는 과노출 영역의 픽셀들에 대한 정정된 휘도 값들 $L(o_i)$ 을 결정하기 위한 방법(1100)을 예시한다. 방법(1100)은 하나 이상의 내부 픽셀들(1101)을 수신하는 것에 기초하여 시작할 수 있다. 픽셀들(1101)은 마스크 M 으로부터 결정될 수 있다. 일 예에서, 블록(1002)은 $i=0$ 으로부터 $i=$ 내부 픽셀들 -1까지 루프를 돌 수 있다. i 의 각각의 값에 대해, 블록(1002)은 내부 픽셀 o_i (1003)를 결정할 수 있다. 블록(1102)은 블록들(1104 및 1106)에 제어를 전달할 수 있다.

[0102] 블록(1104)은 내부 픽셀 o_i (1003)에 대한 최적의 후보 에지 픽셀 p_j 를 결정할 수 있다. 블록(1104)은 대응하는 방향 벡터 d_j 를 가지는 각각의 에지 픽셀 p_j 를 리뷰하여 p_j 가 내부 픽셀 o_i 에 대한 휘도 값의 결정에 참여하기에 적합한 에지 픽셀인지를 결정할 수 있다. 블록(1104)은 픽셀 o_i (1103)가 라인 $p_j + td_j$ 에 충분히 가까운지를 결정할 수 있으며, 여기서 $t \in [-\infty, \infty]$ 이다. 블록(1104)은 포인트-대-라인 거리 테스트에 기초하여 픽셀 o_i 가 충분히 가까운지를 결정하여, 거리 k 를 생성할 수 있다.

[0103] 블록(1104)은:

수학식 19

$$k < \gamma t$$

[0104]

[0105] 에 기초하여 이 거리가 충분히 가까운지 또는 작은지를 결정할 수 있고, 여기서, γ 는 p_j 에서 꼭짓점을 가지는 d_j 주위의 원뿔을 결정하는 고정된 또는 사용자에게 의해 결정된 스칼라이다. 이 원뿔이 더 넓을수록, 픽셀 조정 단계 이후에 남겨지는 과노출 영역 내의 갭들이 더 작다. 블록(1104)은 모든 에지 픽셀들 p_j 에 대해 수학식 19를 평가할 수 있고, 다수의 에지 픽셀들이 내부 픽셀 o_i 에 대한 휘도 값의 결정에 참여하기에 적합하다고 결정할 수 있다. 일 예에서, 블록(1104)에 의해 결정되는 모든 에지 픽셀들 p_j (1105) 및 방향 벡터들 d_j (1105)는 블록(1110)에 제공될 수 있다. 대안적인 예에서, 가장 작은 거리 k 를 생성한 에지 픽셀은 대응하는 방향 벡터 d_j (1105)를 가지는 단일 에지 픽셀 p_j 로서 선택될 수 있다.

[0106] 또다른 예에서, 블록(1104)은, 각각의 픽셀 p_j 주위의 섹터들에 기초하여, 에지 픽셀 p_j 가 내부 픽셀 o_i 에 대한 휘도 값의 결정에 참여하기에 적합한지를 결정할 수 있다. 예를 들어, 도 8에 도시된 바와 같이, 섹터들은 각각의 픽셀 p_j 주위에 라벨링될 수 있다. 픽셀 p_j 에 할당되는 라벨은 이후 방향 벡터 d_j 에 의해 결정된다. 라인 세그먼트들 $o_i - p_j$ 의 배향은 제2 라벨을 생기게 한다. 2개 라벨들 사이에 매치가 발견되는 경우, 픽셀 p_j 와 연관된 정보를 사용하여 내부 위치 o_i 에 대해 휘도 값이 계산될 수 있다.

[0107] 블록(1104)이 픽셀 p_j 가 적절하다고 결정하는 경우, 블록(1104)은 에지 픽셀 p_j (1105)를 블록들(1106 및 1110)에 제공할 수 있다.

- [0108] 블록(1106)은 에지 픽셀 p_j (1105) 및 내부 픽셀 o_i (1003)에 기초하여 골격 픽셀 s_j (1107)을 결정할 수 있다. 블록(1106)은 골격 픽셀 s_j 를 에지 픽셀 p_j (1105)와 연관시키기 위해 포인트-대-라인 거리 측정을 수행할 수 있다. 블록(1106)은 골격 픽셀 s_j (1107)를 블록(1108)에 제공할 수 있다. 블록(1108)은 골격 픽셀 s_j (1107)가 유효한지를 결정할 수 있다. 블록(1108)은 도 7에 도시된 바와 같이, 모든 픽셀들 p_j 가 연관된 골격 픽셀을 가질 수 있는 것은 아니기 때문에, 골격 픽셀들에 대해 결정할 수 있다. 도 7에서, 에지 픽셀 p_j (705)가 방향 벡터 d_j (706)와 함께, 골격에 교차하지 않지만, 대신 에지 픽셀 p_k (707)에서 과노출 영역의 경계에 도달하는 라인을 정의한다. 블록(1108)은, 수학적 식 19의 사용으로 임의의 골격 픽셀 s_j (1107)가 에지 픽셀 p_j (1105) 및 방향 벡터 d_j (1105)에 의해 정의되는 라인에 충분히 가깝게 있는지를 결정할 수 있다.
- [0109] 대안적인 예에서, 블록(1104)은 각각의 픽셀 o_i 에 대해, 가장 가까운 픽셀 s_j 및 라인 $s_j = t(o_i - s_j)$ 상에 있는 에지 픽셀 p_j 를 결정할 수 있다. 이 예에서, 블록(1106)은 o_i 에 가장 가까운 픽셀 s_j (1107)를 선택하고, 블록(1108)은 항상 긍정으로(예) 결정한다. 또다른 예에서, 블록(1104)은, 각각의 픽셀 o_i 에 대해 가장 가까운 픽셀 p_j 를 결정할 수 있고, 블록(1106)은 픽셀 o_i 에 가장 가까운 픽셀 s_j 를 결정할 수 있다. 이 예에서, $\|p_j - o_i\| \leq \|s_j - o_i\|$ 인 경우, 블록(1104)은 에지 픽셀이 픽셀 p_j 라고 결정할 수 있다. 그렇지 않은 경우, 블록(1104)은 에지 픽셀이 라인 $s_j = t(o_i - s_j)$ 상에 있는 픽셀 p_j 라고 결정할 수 있다.
- [0110] 블록(1108)이 골격 픽셀 s_j (1107)가 유효 픽셀이 아니라고 결정하는 경우(아니오), 그것은 제어를 블록(1112)에 전달할 수 있다. 그렇지 않은 경우, 블록(1108)이 골격 픽셀 s_j (1107)가 유효 픽셀이라고 결정하는 경우(예), 그것은 제어 및 골격 픽셀 s_j (1107)를 블록(1110)에 전달할 수 있다. 픽셀, 방향 쌍 p_j, d_j (1105)가 다수의 에지 및 방향 픽셀들을 포함하는 경우, 블록(1106)은 다수의 대응하는 골격 픽셀들 s_j (1107)를 결정할 수 있고, 블록(1108)은 수학적 식 19를 사용하여 이러한 골격 픽셀들 중 어느 것이 유효한지를 결정하여, 제어 및 유효 골격 픽셀들의 세트를 블록(1110)에 전달할 수 있다.
- [0111] 블록(1110)은 내부 픽셀 o_i (1103)에 대한 재구성된 또는 정정된 휘도 값 $L(o_i)$ (1111)을 결정할 수 있다. 블록(1110)은 그것의 휘도, 기울기 또는 에지 픽셀 p_j 의 다른 유도된 정보에 기초하여 픽셀 o_i 에 대한 휘도 값 $L(o_i)$ (1111)을 결정할 수 있다. 블록(1110)은 수학적 식 20 내지 26에 관해 기술되는 원리들에 따라 정정된 휘도 값을 결정할 수 있다.
- [0112] 블록(1112)은 블록(1102)에 의해 결정된 픽셀 o_i 가 ($i < \text{total_pixels}$ 를 테스트함으로써) 내부 픽셀들의 세트 내의 마지막 픽셀인지를 결정할 수 있다. 블록(1112)이 긍정적(예) 결정을 하는 경우, 방법(1100)은 종료하고, 제어가 블록(308)으로 전달되는데, 이는 또한 재구성된 휘도 값들(1111)을 수신한다. 블록(1112)이 부정적(아니오) 결정을 하는 경우, 그것은 i 를 1만큼 증분시키고 제어를 다시 블록(1102)에 전달할 수 있다.
- [0113] 일 예에서, 블록들(1010, 1110 또는 307)은 에지 픽셀에서의 휘도 $L(p_j)$, 에지 픽셀에서의 기울기 g_j , 에지 픽

셀과 내부 픽셀 사이의 거리, 및 사용자 파라미터 η 에 기초하여 내부 픽셀 (o_i) 에 대한 재구성된 휘도 값을 결정할 수 있다:

수학식 20

$$L(o_i) = \eta g_j \|p_j - o_i\| + L(p_j)$$

여기서, η 는 사용자-파라미터이다.

또다른 예에서, 블록(1010, 1110, 또는 307)은 골격 $L(s_j)$ 에서의 휘도에 기초하여 과노출 영역의 내부 픽셀 o_i 에 대한 휘도 값을 결정할 수 있다. 수학식 20에서와 같은 에지 픽셀 p_j 에서의 기울기 g_j 를 사용하는 것 대신, p_j 와 s_j 사이의 공간 거리를 고려하여, 에지에서의 휘도 값 $L(p_j)$ 과 골격 상의 휘도 값 $L(s_j)$ 사이에서 선형으로 보간하는 것이 가능하다:

수학식 21

$$L(o_i) = \eta \frac{L(s_j) - L(p_j)}{\|p_j - s_j\|} \|p_j - o_i\| + L(p_j)$$

또다른 예에서, 블록들(1010, 1110 또는 307)은 비-선형 보간에 기초하여 과노출 영역의 내부 픽셀 o_i 에 대한 휘도 값을 결정할 수 있다. 예를 들어, 블록들(1010, 1110 또는 307)은 다음과 같이 휘도 값을 결정할 수 있다:

수학식 22

$$L(o_i) = f\left(\frac{L(s_j) - L(p_j)}{\|p_j - s_j\|} \|p_j - o_i\|, \eta\right) + L(p_j)$$

여기서, 비선형 함수 $f()$ 의 예들은 전력 함수, 로그 또는 지수 함수, 시그모이드 함수 및 삼각 함수일 수 있다.

또다른 예에서, 블록들(1010, 1110 또는 307)은 단일 내부 픽셀 o_i 상에 수렴하는 몇몇 벡터들 $p_j + td_j$ 에 기초하여 휘도를 결정할 수 있다. 이 경우, 각각의 기여의 평균 값은 다음과 같이 결정될 수 있다:

수학식 23

$$L(o_i) = \frac{1}{n} \sum_{\{p_j | o_i \text{ in near } p_j + td_j\}} \left(f\left(\frac{L(s_j) - L(p_j)}{\|p_j - s_j\|} \|p_j - o_i\|, \eta\right) + L(p_j) \right)$$

여기서, n 은 합산에서의 엘리먼트들의 개수이다.

또다른 예에서, 블록들(1010, 1110 또는 307)은 과노출 영역의 분류에 기초하여 휘도 값들을 결정할 수 있다. 예를 들어, 과노출 영역이 영역 타입(예를 들어, 스페큘러 하이라이트, 확산 표면, 광원)에 기초하여 분류되는

경우, 휘도는 그에 따라 선택되는 비선형 스케일링 함수에 기초하여 결정될 수 있다. 일 예에서, 블록들(1010, 1110 또는 307)은 스페큘러 영역에 대해 비선형 함수에 기초하여 휘도를 결정할 수 있다. 일 예에서, 이 함수는 골격 픽셀들 근처에서 급격한 기울기를 가질 수 있다. 일 예에서, 블록들(1010, 1110 또는 307)은 다음:

수학식 24

$$L(o_i) = \frac{1}{n} \sum_{\{p_j | o_i \text{ near } p_j + \tau d_j\}} \left(f_{\text{spec}} \left(\frac{L(s_j) - L(p_j)}{\|p_j - s_j\|} \|p_j - o_i\|, \eta \right) + L(p_j) \right)$$

[0125]

[0126] 에 기초하여 스페큘러 하이라이트 영역들에 대한 휘도를 결정할 수 있다.

[0127] 일 예에서, 블록들(1010, 1110 또는 307)은 다음:

수학식 25

$$L(o_i) = \frac{1}{n} \sum_{\{p_j | o_i \text{ near } p_j + \tau d_j\}} \left(f_{\text{diff}} \left(\frac{L(s_j) - L(p_j)}{\|p_j - s_j\|} \|p_j - o_i\|, \eta \right) + L(p_j) \right)$$

[0128]

[0129] 에 기초하여 확산 영역들에 대한 휘도를 결정할 수 있다.

[0130] 일 예에서, 블록들(1010, 1110 또는 307)은 다음:

수학식 26

$$L(o_i) = \frac{1}{n} \sum_{\{p_j | o_i \text{ near } p_j + \tau d_j\}} \left(f_{\text{light}} \left(\frac{L(s_j) - L(p_j)}{\|p_j - s_j\|} \|p_j - o_i\|, \eta \right) + L(p_j) \right)$$

[0131]

[0132] 에 기초하여 광원 영역들에 대한 휘도를 결정할 수 있다.

[0133] 블록(308)은 픽셀 보간을 수행할 수 있다. 휘도 정정 또는 재구성 이후, 과노출 영역 내의 일부 픽셀들은 아직 휘도 값들을 수신하지 않아서, 재구성된 휘도 프로파일 내에 갭을 남길 수 있다. 블록(308)은 과노출 영역 내의 나머지 갭들을 채울 수 있다. 블록(308)은 (양-)선형 보간을 수행할 수 있다. 또다른 예에서, 블록(308)은 고차 보간을 수행할 수 있다.

[0134] 블록(309)은 픽셀 리파인을 수행할 수 있다. 픽셀 보간 이후, 과노출 영역 내의 모든 픽셀은 휘도 값 $L(o_i)$ 을 수신한다. 그러나, 과노출 영역 내의 휘도 값들은, 이웃하는 재구성된 휘도 값들이 상당히 상이할 수 있음에 따라, 스무스한 프로파일을 아직 형성하지 않아서, 일관성이 결여될 수 있다.

[0135] 블록(309)은 이웃하는 재구성된 픽셀들 사이의 일관성을 개선시키기 위한 픽셀 리파인을 수행할 수 있다. 블록 (309)은 2D 어레이 또는 벡터 L 로 어셈블리되는 픽셀 휘도 값들 $L(o_i)$ 에 기초하여 픽셀 리파인을 수행할 수 있다. 블록(309)은 다음 목적 함수:

수학식 27

$$\text{argmin}_{L'} \|L' - L\|_2^2$$

[0136]

[0137] 에 따라 ($L'(o_i)$ 에 대응하는) 영역에 대한 새로운 값들 L' 을 결정하기 위한 최적화를 수행할 수 있다.

[0138] 수학식 27은 휘도 프로파일의 일관성을 개선하는 원하는 효과를 달성하기 위해 추가적인 제약들이 부과될 것을 요구한다. 수학식 28 내지 32는, 그 중 하나 이상이 수학식 27의 최적화에 추가될 수 있는, 제약들의 세트를 기술한다. 예를 들어, 블록(309)은 재구성된 휘도 값들이 에지 픽셀들 p_i 의 최대 휘도보다 더 클 것을 요구하는 제약을 포함하는 최적화에 기초하여 픽셀 값들을 결정할 수 있다. 이러한 제약은 다음과 같이 공식화될 수 있다:

수학식 28

$$\min(L(o_i)) - \max(L(p_j)) > T_1$$

[0139]

[0140] 여기서, T_1 은 0으로 설정될 수 있는, 또는 대안적으로 0보다 더 큰 값으로 설정될 수 있는 임계이다.

[0141] 최적화 동안 블록(309)에 의해 고려될 수 있는 또다른 제약은, 출력 값들 $L'(o_i)$ 이 입력 이미지의 휘도 값들보다 더 낮지 않은 것을 요구할 수 있다. 원래 휘도 값들을 $L_{\text{orig}}(o_i)$ 로 표기하는 경우, 이러한 제약은:

수학식 29

$$L'(o_i) - L_{\text{orig}}(o_i) > T_2$$

[0142]

[0143]로서 공식화될 수 있고, 여기서 T_2 는 0으로 설정될 수 있는, 또는 대안적으로 0보다 더 큰 값으로 설정될 수 있는 임계이다.

[0144] 최적화 동안 블록(309)에 의해 고려될 수 있는 또다른 제약은, 골격 픽셀들이 영역 내의 나머지 내부 픽셀들보다 더 높은 휘도 값들을 가질 것을 요구할 수 있다. 블록(309)은 각각의 스캔라인에 대한 이러한 제약을 개별적으로 포함할 수 있고, 따라서, 영역의 각각의 스캔라인에 대해, 제약은 다음:

수학식 30

$$\|L'(o_i(y))\|_{\infty} - L'(s(y)) < T_3$$

[0145]

[0146]과 같이 공식화될 수 있고, 여기서 T_3 은 양의 값을 가지는 임계이다. 스캔라인이 다수의 골격 픽셀들을 포함하는 경우, 클리핑된 영역의 경계까지 이들의 거리의 내림차순으로 골격 픽셀들에 최대 값들이 블록(309)에 의해 할당된다.

[0147] 수학식 30의 제약이 스캔 라인들(즉, 픽셀 행들)에 대해 공식화된다. 블록(309)은 픽셀 열들에 작용하지만, 그렇지 않은 경우 수학식 30에 도식된 제약과 동일한, 추가적인 제약을 포함할 수 있다.

수학식 31

$$\|L'(o_i(x))\|_{\infty} - L'(s(x)) < T_3$$

[0148]

[0149] 최적화 동안 블록(309)에 의해 고려될 수 있는 또다른 제약은 과노출 영역 외부의 픽셀들로부터 골격 픽셀들로

의 점진적, 단조 증가 트랜지션을 요구할 수 있다. 주어진 방향을 따른 각각의 픽셀 $p_j + td_j$ 에 대해, 블록 (309)은 휘도 값들이 비-감소적이어야 한다고 결정할 수 있다. 따라서, p_j 로부터 더 멀리 있는 픽셀들일수록 그 결과적인 휘도 값이 더 높아야 하며, 다음의 제약:

수학식 32

$$L'(p_j + t_1 d_j) \geq L'(p_j + t_2 d_j), \quad t_1 > t_2 \text{ 이면}$$

을 초래한다.

블록(309)은 입력 이미지의 나머지(잘-노출된) 픽셀들과 병합되기에 적합한 이미지 내의 각각의 과노출 영역에 대한 평활화된 휘도 프로파일을 출력할 수 있다.

일 예에서, 블록(207)은 블록(309)에 의해 출력되는 재구성된 휘도 값들의, 입력 이미지의 잘 노출된 픽셀들과의 병합을 수행할 수 있다. 블록(207)은 과노출된 휘도 값들을 재구성된 휘도 값들로 대체할 수 있다. 일 예에서, 휘도 값들은 인페인팅 알고리즘의 출력과 병합될 수 있다. 일 예에서, 휘도 값들과 인페인팅 출력의 병

합은 $(R_I(o_j), G_I(o_j), B_I(o_j))$ 로 표기되는, 인페인팅 알고리즘의 RGB 컬러 값 출력에 기초하여 수행될 수 있다.

인페인팅된 픽셀들의 휘도는 3개의 컬러 값들의 가중화된 평균으로서 결정될 수 있다. 휘도 값은 $L_I(o_j)$ 로 표기

될 수 있다. 인페인팅된 휘도 값들의 산술 평균은 L_{av} 로 표기된다. 블록(309)에 의해 출력되는 휘도 프로파일 $L(o_j)$ 은 인페인팅된 픽셀 값들에 다음과 같이 중첩될 수 있다:

수학식 33

$$\begin{pmatrix} R(o_j) \\ G(o_j) \\ B(o_j) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_I(o_j) \\ G_I(o_j) \\ B_I(o_j) \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} L_{av} \\ L_{av} \\ L_{av} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} L(o_j) \\ L(o_j) \\ L(o_j) \end{pmatrix}$$

수학식 33은 블록(309)에 의해 출력되는 재구성된 휘도 프로파일 및 인페인팅 방법의 출력이 가산적일 때 블록 (207)에 의해 수행될 수 있다. 승산 방식(multiplicative approach)이 요구되는 경우, 과노출 영역 내의 각각의 픽셀에 대한 중간 휘도 값은 블록(207)에 의해 다음과 같이 결정될 수 있다:

수학식 34

$$L'' = \frac{L_I(o_j) - L_{av} + L(o_j)}{L_I(o_j)}$$

출력 RGB 컬러 값들은 이후:

수학식 35

$$\begin{pmatrix} R(o_j) \\ G(o_j) \\ B(o_j) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_I(o_j)L'' \\ G_I(o_j)L'' \\ B_I(o_j)L'' \end{pmatrix}$$

[0158]

[0159] 를 이용하여 블록(207)에 의해 결정된다. 수학식 33, 34 및 35에 관해 기술되는 원리들은 색차 채널들에 영향을 주지 않고, 휘도 채널에 대해, 컬러 반대 공간(또는 색차로부터 휘도를 분리시키는 임의의 다른 공간)에서 수행될 수 있다.

[0160] 도 9는 도 1, 2 및 3 및 수학식 1 내지 32에 관련하여 기술되는 방법들을 구현하도록 구성될 수 있는 장치(900)의 예시적인 아키텍처를 나타낸다.

[0161] 장치(900)는 데이터 및 어드레스 버스(901)에 의해 함께 링크되는 후속하는 엘리먼트들을 포함한다:

[0162] - 예를 들어, DSP(또는 Digital Signal Processor)(디지털 신호 프로세서)인, 마이크로프로세서(902)(또는 CPU);

[0163] - ROM(또는 Read Only Memory)(판독 전용 메모리)(903);

[0164] - RAM(또는 Random Access Memory)(랜덤 액세스 메모리)(904);

[0165] - 애플리케이션으로부터, 전송할 데이터의 수신을 위한 I/O 인터페이스(905); 및

[0166] - 배터리(906)(또는 다른 적절한 전원).

[0167] 변형예에 따르면, 배터리(906)는 장치에 대해 외부에 있다. 언급된 메모리 각각에서, 명세서에서 사용되는 단어 <<레지스터>>는 작은 용량(일부 비트)의 영역 또는 매우 큰 영역(예를 들어, 전체 프로그램 또는 다량의 수신된 또는 디코딩된 데이터)에 대응할 수 있다. ROM(903)은 적어도 프로그램 및 파라미터들을 포함한다. 발명에 따른 방법들의 알고리즘은 ROM(903)에 저장된다. 스위치온될 때, CPU(902)은 RAM 내에 프로그램을 업로드시키고, 대응하는 명령들을 실행한다.

[0168] RAM(904)은, 레지스터 내에, CPU(902)에 의해 실행되며 장치(900)의 스위치 온 이후 업로드되는 프로그램, 레지스터 내의 입력 데이터, 레지스터 내의 방법의 상이한 상태들에 있는 중간 데이터, 및 레지스터 내의 방법의 실행을 위해 사용되는 다른 변수들을 포함할 수 있다.

[0169] 본원에 기술되는 구현예들은 예를 들어, 방법 또는 프로세스, 장치, 소프트웨어 프로그램, 데이터 스트림, 또는 신호에서 구현될 수 있다. 단일 형태의 구현예의 상황에서 논의되었지만(예를 들어, 방법 또는 장치로서만 논의됨), 논의되는 특징들의 구현예는 또한 다른 형태(예를 들어, 프로그램)로 구현될 수 있다. 장치는, 예를 들어, 적절한 하드웨어, 소프트웨어 및 펌웨어에서 구현될 수 있다. 방법은, 예를 들어, 컴퓨터, 마이크로프로세서, 집적 회로, 또는 프로그래밍가능 논리 디바이스를 포함하는, 일반적으로 프로세싱 디바이스들을 지칭하는 예를 들어, 프로세서와 같은 장치에서 구현될 수 있다. 프로세서들은 또한, 예를 들어, 컴퓨터, 셀 폰, 휴대용/개인 디지털 정보 단말("PDA"), 및 최종-사용자들 사이의 정보의 통신을 용이하게 하는 통신 디바이스들을 포함한다.

[0170] 이미지 프로세싱의 특정 예에 따르면, 이미지 또는 픽처 I가 소스로부터 획득된다. 예를 들어, 소스는:

[0171] - 로컬 메모리(903 또는 904), 예를 들어, 비디오 메모리 또는 RAM(또는 Random Access Memory)(랜덤 액세스 메모리), 플래시 메모리, ROM(Read Only Memory)(판독 전용 메모리), 하드 디스크;

[0172] - 저장 인터페이스(905), 예를 들어, 대용량 저장소, RAM, 플래시 메모리, ROM, 광학 디스크 또는 자기 지지대를 가지는 인터페이스;

[0173] - 통신 인터페이스(905), 예를 들어, 유선 인터페이스(예를 들어, 버스 인터페이스, 광역 네트워크 인터페이스, 로컬 영역 네트워크 인터페이스) 또는 무선 인터페이스(예컨대, IEEE 802.11 인터페이스 또는 Bluetooth® 인터페이스); 및

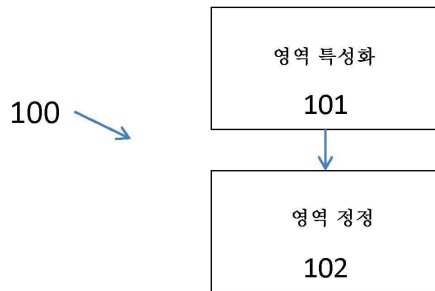
- [0174] - 이미지 캡처 회로(예를 들어, 예컨대, CCD(또는 Charge-Coupled Device)(전하-결합 디바이스) 또는 CMOS(또는 상보적 금속-산화물 반도체))
- [0175] 를 포함하는 세트에 속한다.
- [0176] 상이한 실시예들에 따르면, 디코딩된 이미지 \hat{I} 가 목적지에 송신되며; 구체적으로, 목적지는:
- [0177] - 로컬 메모리(903 또는 904), 예를 들어, 비디오 메모리 또는 RAM 또는 플래시 메모리, 하드 디스크;
- [0178] - 저장 인터페이스(905), 예를 들어, 대용량 저장소, RAM, 플래시 메모리, ROM, 광학 디스크 또는 자기 지지대;
- [0179] - 통신 인터페이스(905), 예를 들어, 유선 인터페이스(예를 들어, 버스 인터페이스(예를 들어, USB(또는 Universal Serial Bus)(유니버설 직렬 버스), 광역 네트워크 인터페이스, 로컬 영역 네트워크 인터페이스, HDMI(High Definition Multimedia Interface)(고 해상도 멀티미디어 인터페이스) 인터페이스 또는 무선 인터페이스(예컨대, IEEE 802.11 인터페이스, Wi-Fi ® 또는 Bluetooth ® 인터페이스); 및
- [0180] - 디스플레이
- [0181] 를 포함하는 세트에 속한다.
- [0182] 상이한 예들에 따르면, 비트스트림 BF 및/또는 F가 목적지에 송신된다. 예로서, 비트스트림 F 및 BF 중 하나 또는 비트스트림들 F 및 BF 모두는 로컬 또는 원격 메모리, 예를 들어, 비디오 메모리(904) 또는 RAM(904), 하드 디스크(903)에 저장된다. 변형예에서, 하나의 또는 두 비트스트림들 모두가 저장 인터페이스(905), 예를 들어 대용량 저장소, 플래시 메모리, ROM, 광학 디스크 또는 자기 지지대를 가지는 인터페이스에 송신되고 그리고/또는 통신 인터페이스(905), 예를 들어, 포인트 대 포인트 링크, 통신 버스, 포인트 대 멀티포인트 링크 또는 방송 네트워크에 대한 인터페이스를 통해 전송된다.
- [0183] 상이한 예들에 따르면, 비트스트림 BF 및/또는 F는 소스로부터 획득된다. 예시적으로, 비트스트림은 로컬 메모리, 예를 들어, 비디오 메모리(904), RAM(904), ROM(903), 플래시 메모리(903) 또는 하드 디스크(903)로부터 판독된다. 변형예에서, 비트스트림은 저장 인터페이스(905), 예를 들어, 대용량 저장소, RAM, ROM, 플래시 메모리, 광학 디스크 또는 자기 지지대를 가지는 인터페이스로부터 수신되고, 그리고/또는 통신 인터페이스(905), 예를 들어, 포인트 대 포인트 링크, 버스, 포인트 대 멀티포인트 링크 또는 방송 네트워크에 대한 인터페이스로부터 수신된다.
- [0184] 상이한 예들에 따르면, 본 원리들에 따라 방법들을 구현하도록 구성되는 장치(900)는:
- [0185] - 모바일 디바이스;
- [0186] - 통신 디바이스;
- [0187] - 게임 디바이스;
- [0188] - 태블릿(또는 태블릿 컴퓨터);
- [0189] - 랩톱;
- [0190] - 스틸 이미지 카메라;
- [0191] - 비디오 카메라;
- [0192] - 인코딩 칩;
- [0193] - 스틸 이미지 서버; 및
- [0194] - 비디오 서버(예를 들어, 방송 서버, 주문형 비디오(video-on-demand) 서버 또는 웹 서버)
- [0195] 를 포함하는 세트에 속한다.
- [0196] 상이한 예들에 따르면, 본 원리들에 따라 이미지 프로세싱 프로세스를 구현하도록 구성되는 장치(900)는:
- [0197] - 모바일 디바이스;
- [0198] - 통신 디바이스;

- [0199] - 게임 디바이스;
- [0200] - 셋톱 박스;
- [0201] - TV 세트;
- [0202] - 태블릿(또는 태블릿 컴퓨터);
- [0203] - 랩톱;
- [0204] - 디스플레이; 및
- [0205] - 디코딩 칩
- [0206] 을 포함하는 세트에 속한다.
- [0207] 본원에 기술되는 다양한 프로세스들 및 특징들의 구현예들은 다양한 상이한 장비 또는 애플리케이션들에서 구현될 수 있다. 이러한 장비의 예들은 인코더, 디코더, 디코더로부터의 출력을 프로세싱하는 후처리기, 인코더에 입력을 제공하는 전처리기, 비디오 코더, 비디오 디코더, 비디오 코덱, 웹 서버, 셋톱 박스, 랩톱, 개인용 컴퓨터, 셀 폰, PDA, 및 다른 통신 디바이스들을 포함한다. 명백해야 할 바와 같이, 장비는 이동식이며, 심지어 자동차에 설치될 수도 있다.
- [0208] 추가로, 방법들은 프로세서에 의해 명령들이 수행됨으로써 구현될 수 있고, 이러한 명령들(및/또는 구현예에 의해 생성되는 데이터 값들)은 예를 들어, 집적 회로, 소프트웨어 캐리어 또는 예를 들어, 하드 디스크, 콤팩트 디스켓("CD"), 광학 디스크(예를 들어, 디지털 다목적 디스크 또는 디지털 비디오 디스크라고 종종 지칭되는 DVD와 같은), 랜덤 액세스 메모리("RAM"), 또는 판독-전용 메모리("ROM")와 같은 다른 저장 디바이스와 같은, 프로세서-판독가능 매체 상에 저장될 수 있다. 명령들은 프로세서-판독가능 매체 상에 유형적으로 구현되는 응용 프로그램을 형성할 수 있다. 명령들은, 예를 들어, 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어, 또는 조합일 수 있다. 명령들은, 예를 들어, 운영 체제, 별도의 애플리케이션, 또는 이들 둘의 조합에서 발견될 수 있다. 따라서, 프로세서는, 예를 들어, 프로세스를 수행하도록 구성되는 디바이스 및 프로세스를 실행하기 위한 명령들을 가지는 (저장 디바이스와 같은) 프로세서-판독가능 매체를 포함하는 디바이스 둘 모두로서 특성화될 수 있다. 또한, 프로세서-판독가능 매체는, 명령들에 더하여 또는 명령들 대신, 구현예에 의해 생성되는 데이터 값들을 저장할 수 있다.
- [0209] 본 기술분야의 통상의 기술자에게 명백할 바와 같이, 구현예들은, 예를 들어, 저장되거나 전송될 수 있는 정보를 수행하도록 포맷팅되는 다양한 신호들을 생성할 수 있다. 정보는, 예를 들어, 기술되는 구현예들 중 하나에 의해 생성되는 데이터, 또는 방법을 수행하기 위한 명령들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 신호는 기술된 예의 구문분석(syntax)을 기록하거나 판독하기 위한 규정들을 데이터로서 반송하도록, 또는 기술된 예에 의해 기록되는 실제 구문분석-값들을 데이터로서 반송하도록 포맷팅될 수 있다. 이러한 신호는, 예를 들어, 전자기파로서 (예를 들어, 스펙트럼의 라디오 주파수 부분을 사용하여) 또는 베이스밴드 신호로서 포맷팅될 수 있다. 포맷팅은, 예를 들어, 데이터 스트림을 인코딩하는 것 및 인코딩된 데이터 스트림을 이용하여 캐리어를 변조하는 것을 포함할 수 있다. 신호가 반송하는 정보는, 예를 들어, 아날로그 또는 디지털 정보일 수 있다. 신호는 공지된 바와 같이, 다양한 상이한 유선 또는 무선 링크들을 통해 전송될 수 있다. 신호는 프로세서-판독가능 매체에 저장될 수 있다.
- [0210] 다수의 구현예들이 기술된다. 그럼에도, 다양한 수정들이 이루어질 수 있다는 것이 이해될 것이다. 예를 들어, 상이한 구현예들의 엘리먼트들이 조합되고, 보충되고, 수정되거나 제거되어, 다른 구현예들을 생성할 수 있다. 추가로, 통상의 기술자는, 다른 구조들 및 프로세스들이 개시된 것에 대해 치환될 수 있으며, 결과적인 구현예들이 적어도 실질적으로 동일한 방식(들)으로 적어도 실질적으로 동일한 기능(들)을 수행하여, 개시된 구현예들과 적어도 실질적으로 동일한 결과(들)를 달성할 것임을 이해할 것이다. 따라서, 이러한 그리고 다른 구현예들이 이 출원에 의해 창작된다.
- [0211] 다수의 특정 상세항목들이 본 발명의 철저한 이해를 제공하기 위해 본원에서 설명된다. 그러나, 위의 예들이 이러한 특정 상세항목들 없이도 구현될 수 있음이 본 기술분야의 통상의 기술자에 의해 이해될 것이다. 다른 경우들에서, 널리-알려진 동작들, 컴포넌트들 및 회로들은 본 발명을 모호하게 하지 않기 위해 상세히 기술되지 않았다. 본원에 개시된 특정 구조적 및 기능적 상세항목들이 대표적이며, 본 발명의 범위를 반드시 제한하지는 않음이 인지될 수 있다.

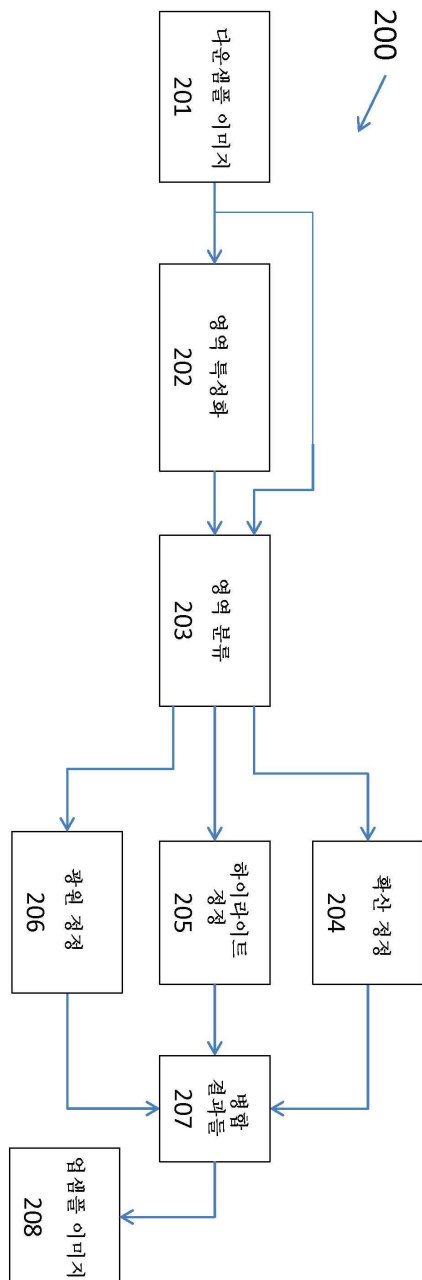
- [0212] 본 발명의 다양한 예들은 하드웨어 엘리먼트들, 소프트웨어 엘리먼트들, 또는 이들 둘의 조합을 사용하여 구현될 수 있다. 일부 예들은, 머신에 의해 실행되는 경우, 머신이 예들에 따른 방법 및/또는 동작들을 수행하게 할 수 있는 명령 또는 명령들의 세트를 저장할 수 있는, 예를 들어, 컴퓨터 판독가능 매체 또는 물품을 사용하여 구현될 수 있다. 이러한 머신은, 예를 들어, 임의의 적절한 프로세싱 플랫폼, 컴퓨팅 플랫폼, 컴퓨팅 디바이스, 프로세싱 디바이스, 컴퓨팅 시스템, 프로세싱 시스템, 컴퓨터, 프로세서 등을 포함할 수 있고, 하드웨어 및/또는 소프트웨어의 임의의 적절한 조합을 사용하여 구현될 수 있다. 컴퓨터-판독가능 매체 또는 물품은, 예를 들어, 임의의 적절한 타입의 메모리 유닛, 메모리 디바이스, 메모리 물품, 메모리 매체, 저장 디바이스, 저장 물품, 저장 매체 및/또는 저장 유닛을 포함할 수 있다. 명령들은, 임의의 적절한 고-레벨, 저-레벨, 객체-지향적, 시각적, 컴파일링된 그리고/또는 분석된 프로그래밍 언어를 사용하여 구현되는, 소스 코드, 컴파일 코드, 분석된 코드, 실행가능 코드, 정적 코드, 동적 코드, 암호화된 코드 등과 같은, 임의의 적절한 타입의 코드를 포함할 수 있다.
- [0213] 본원에 기술되는 구현예들은, 예를 들어 방법 또는 프로세스, 장치, 소프트웨어 프로그램, 데이터 스트림 또는 신호에서 구현될 수 있다. 단일 형태의 구현예의 상황에서만 논의되었지만(예를 들어, 방법으로서만 논의되었지만), 논의되는 특징들의 구현예는 또한 다른 형태들(예를 들어, 장치 또는 프로그램)로 구현될 수 있다. 장치 및 그 내에 포함되는 구성요소들, 예를 들어, 프로세서, 인코더 및 디코더는, 예를 들어, 적절한 하드웨어, 소프트웨어 및 펌웨어에서 구현될 수 있다. 방법들은 예를 들어, 컴퓨터, 마이크로프로세서, 집적 회로, 또는 프로그래밍가능 논리 디바이스를 포함하는, 예를 들어, 일반적으로 프로세싱 디바이스들을 지칭하는 프로세서와 같은, 예를 들어, 장치에서 구현될 수 있다. 프로세서들은 또한, 예를 들어, 컴퓨터, 셀 폰, 휴대용/개인 디지털 보조단말("PDA"), 및 최종-사용자들 사이에서의 정보의 통신을 용이하게 하는 다른 디바이스들과 같은, 통신 디바이스들을 포함한다.
- [0214] 추가로, 이 출원 또는 그 청구항들은 다양한 정보 피스들을 "결정하는" 것을 지칭할 수 있다. 정보의 결정은 예를 들어, 정보를 추정하는 것, 정보를 계산하는 것, 정보를 예측하는 것, 또는 메모리로부터 정보를 검색하는 것 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0215] 또한, 이 출원 및 그 청구항들은 다양한 정보 피스들에 "액세스하는" 것을 지칭할 수 있다. 정보에 액세스하는 것은, 예를 들어, 정보를 수신하는 것, (예를 들어, 메모리로부터) 정보를 검색하는 것, 정보를 저장하는 것, 정보를 프로세싱하는 것, 정보를 전송하는 것, 정보를 이동시키는 것, 정보를 복제하는 것, 정보를 삭제하는 것, 정보를 계산하는 것, 정보를 결정하는 것, 정보를 예측하는 것, 또는 정보를 추정하는 것 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0216] 추가로, 이 출원 및 그 청구항들은 다양한 정보 피스들을 "수신하는" 것을 지칭할 수 있다. 수신하는 것은, "액세스하는" 것과 마찬가지로, 넓은 용어이도록 유도된다. 정보를 수신하는 것은 예를 들어, 정보에 액세스하는 것, 또는 (예를 들어, 메모리로부터) 정보를 검색하는 것 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 또한, "수신하는" 것은 예를 들어, 정보를 저장하는 것, 정보를 프로세싱하는 것, 정보를 전송하는 것, 정보를 이동시키는 것, 정보를 복제하는 것, 정보를 삭제하는 것, 정보를 계산하는 것, 정보를 결정하는 것, 정보를 예측하는 것, 또는 정보를 추정하는 것과 같은 동작들 동안 한 방식으로 또는 또다른 방식으로 통상적으로 수반된다.

도면

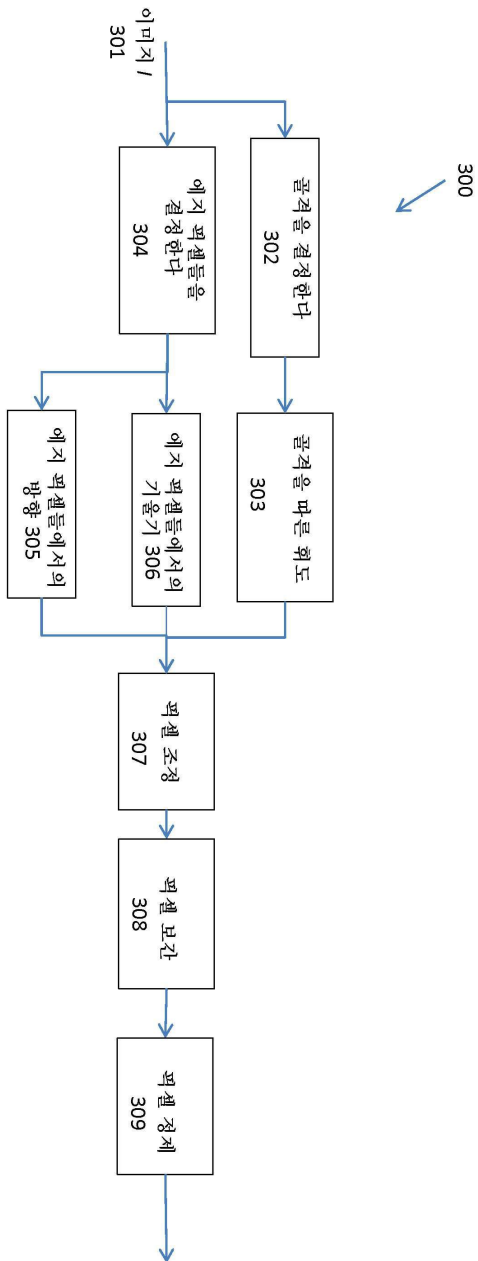
도면1



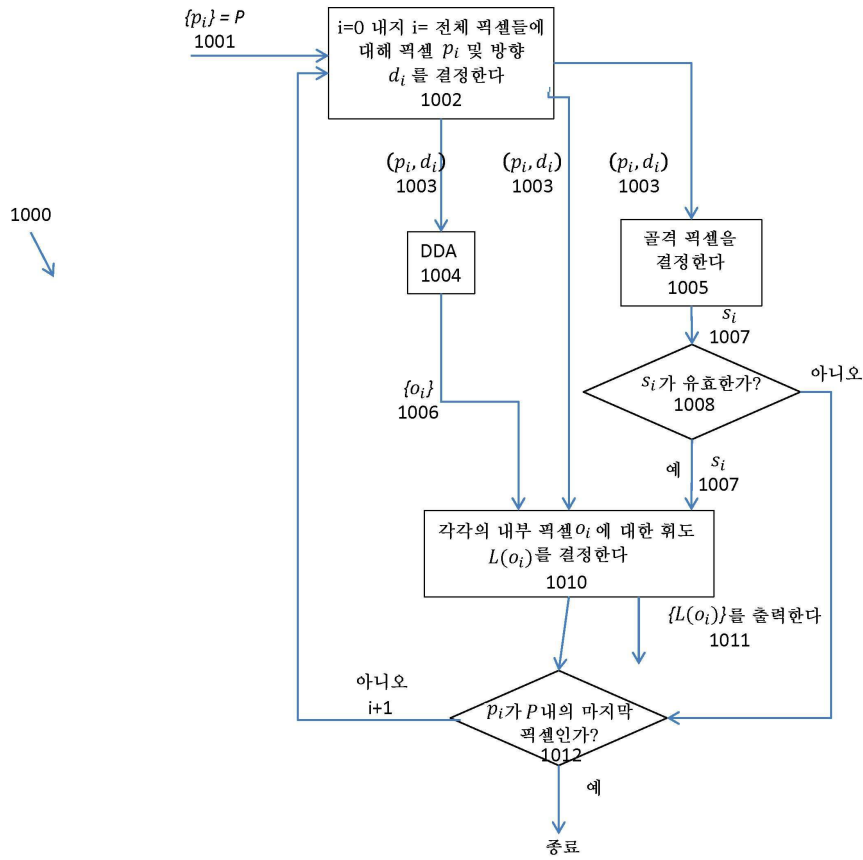
도면2



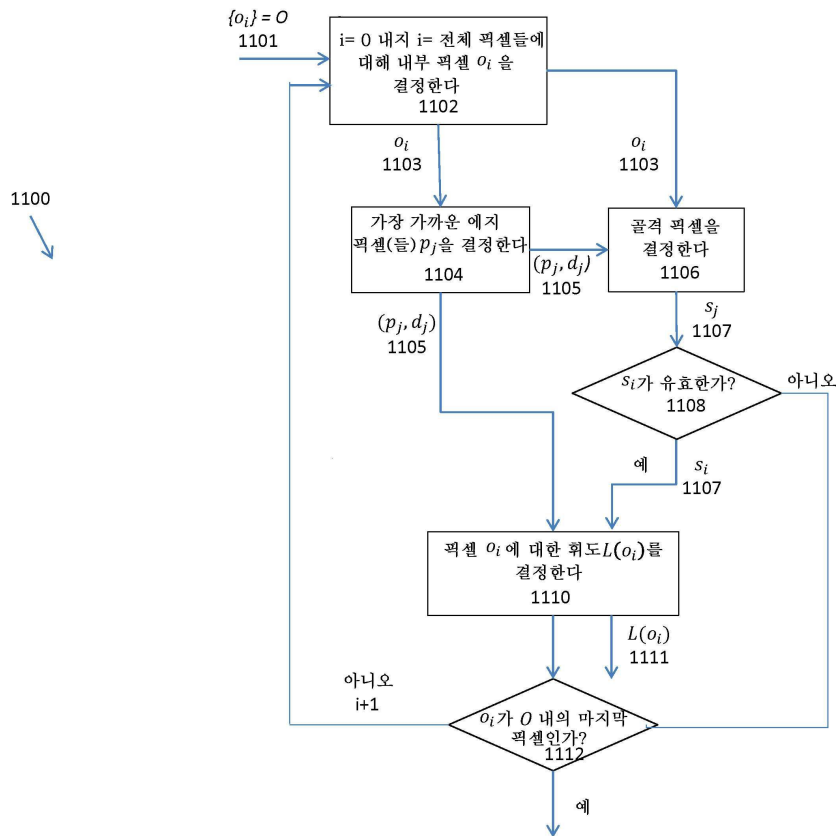
도면3



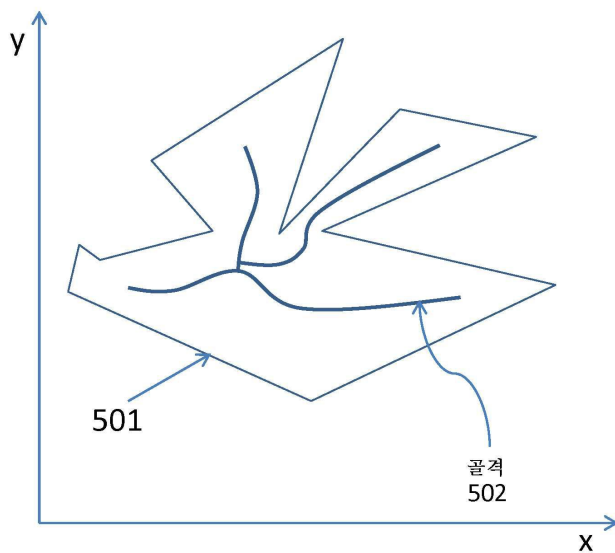
도면4a



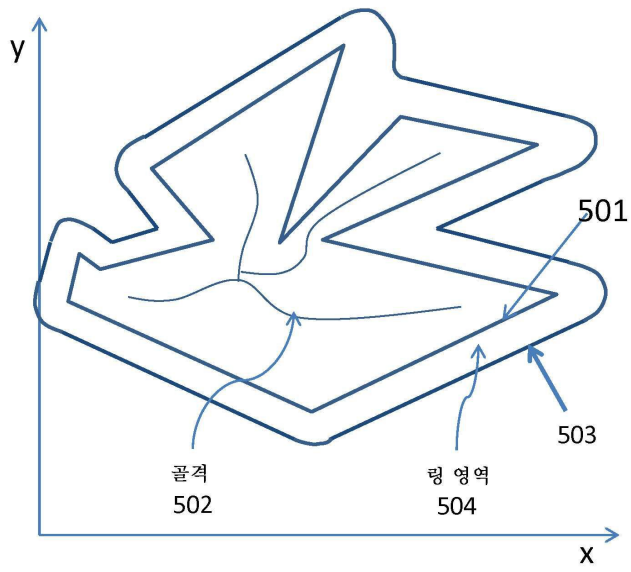
도면4b



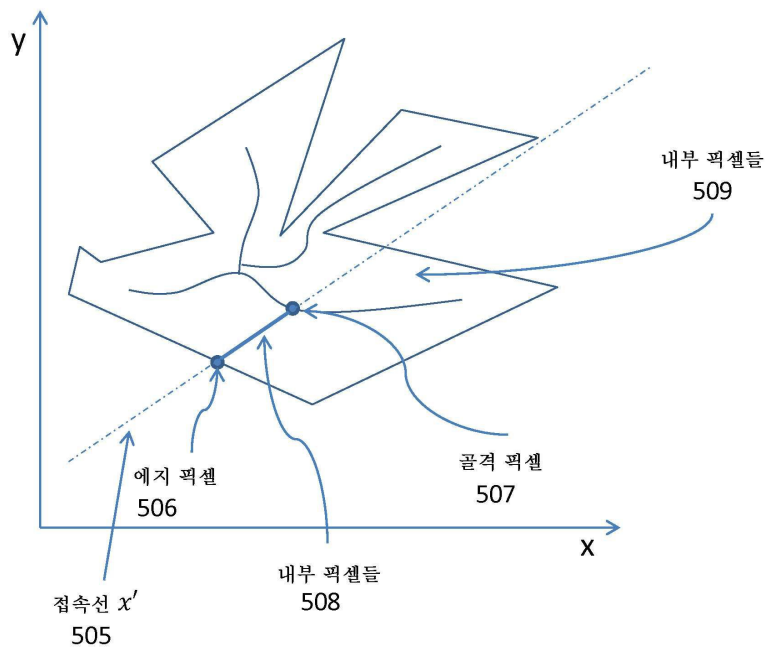
도면5a



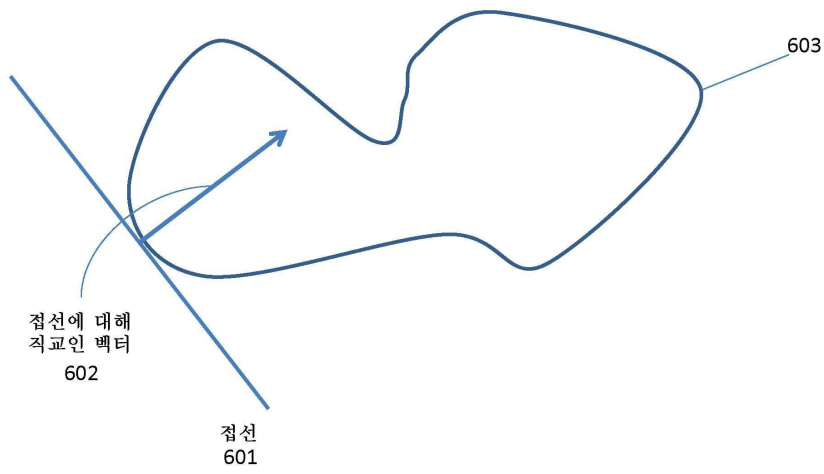
도면5b



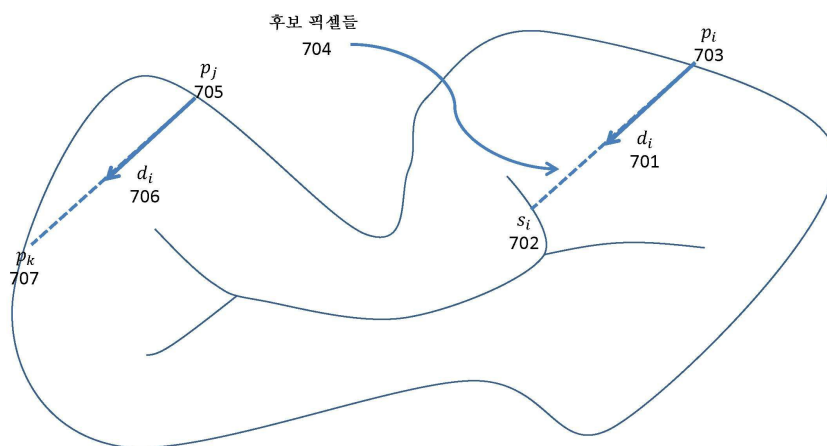
도면5c



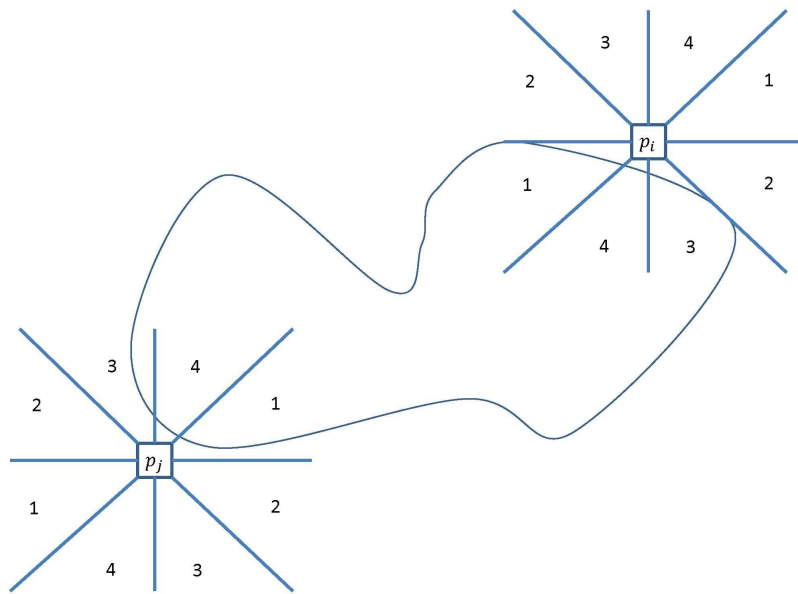
도면6



도면7



도면8



도면9

