



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0096416
(43) 공개일자 2015년08월24일

- | | |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 5/50 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류(Coo. Cl.)
G06T 5/50 (2013.01)
G06T 2207/10028 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2015-7016193</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2013년08월23일
심사청구일자 없음</p> <p>(85) 번역문제출일자 2015년06월17일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/US2013/056397</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2014/099048
국제공개일자 2014년06월26일</p> <p>(30) 우선권주장
2012154657 2012년12월17일 러시아(RU)</p> | <p>(71) 출원인
엘에스아이 코퍼레이션
미국 캘리포니아주 95131, 새너제이, 라이더 파크 드라이브 1320</p> <p>(72) 발명자
페류슈코 알렉산더 에이
러시아 241037 모스크바 브라이언스키 아파트먼트 76 아비아트선나야 스트리트 21
파르페노브 데니스 브이
러시아 117534 모스크바 아파트먼트 39 체르타노브스카야 스트리트 52-1
(뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
제일특허법인</p> |
|---|---|

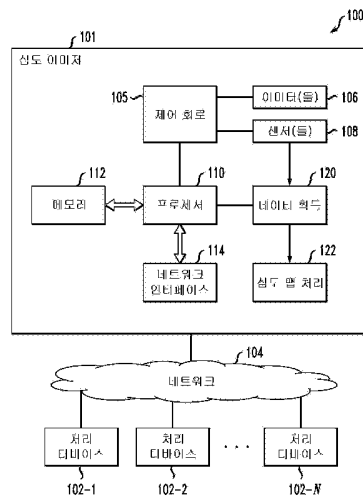
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 발명의 명칭 개별적 심도 이미징 기술들을 이용하여 생성된 심도 이미지들을 병합하기 위한 방법 및 장치

(57) 요약

심도 이미저는 제1 심도 이미징 기술을 이용하여 제1 심도 이미지를 생성하고, 제1 심도 이미징 기술과는 상이한 제2 심도 이미징 기술을 이용하여 제2 심도 이미지를 생성하도록 구성된다. 제1 심도 이미지 및 제2 심도 이미지의 적어도 일 부분들은 병합되어 제3 심도 이미지를 형성한다. 심도 이미저는 적어도 하나의 센서를 포함하고, 적어도 하나의 센서는 제1 심도 이미징 기술 및 제2 심도 이미징 기술에 의해 적어도 부분적으로 공유되는 단일의 공통 센서를 포함하여, 제1 심도 이미지 및 제2 심도 이미지 둘 다 단일의 공통 센서로부터 획득된 데이터를 이용하여 적어도 부분적으로 생성되도록 한다. 예로써, 제1 심도 이미지는 SL(structured light) 심도 이미징 기술을 이용하여 생성된 SL 심도 맵을 포함할 수 있고, 제2 심도 이미지는 ToF(time of flight) 심도 이미징 기술을 이용하여 생성된 ToF 심도 맵을 포함할 수 있다.

도 1



(52) CPC특허분류(Coo. C1.)
G06T 2207/20221 (2013.01)

(72) 발명자

마주렌코 아이반 엘

러시아 141407 킴키 아파트먼트 51 볼로디예즈나야
스트리트 36에이

콜로덴코 알렉산더 비

러시아 117246 모스크바 아파트먼트 16 오브루체바
스트리트 35-3

특허청구의 범위

청구항 1

제1 심도 이미징 기술(a first depth imaging technique)을 이용하여 제1 심도 이미지를 생성하는 단계와,
상기 제1 심도 이미징 기술과는 상이한 제2 심도 이미징 기술을 이용하여 제2 심도 이미지를 생성하는 단계와,
상기 제1 심도 이미지 및 상기 제2 심도 이미지의 적어도 일 부분들을 병합하여 제3 심도 이미지를 형성하는 단계를 포함하고,
상기 제1 심도 이미지 및 상기 제2 심도 이미지 둘 다 심도 이미저(depth imager)의 단일의 공통 센서로부터 획득된 데이터를 이용하여 적어도 부분적으로 생성되는
방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 제1 심도 이미지는 SL(structured light) 심도 이미징 기술을 이용하여 생성된 SL 심도 맵을 포함하고, 상기 제2 심도 이미지는 ToF(time of flight) 심도 이미징 기술을 이용하여 생성된 ToF 심도 맵을 포함하는
방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 제1 심도 이미지 및 상기 제2 심도 이미지는 상기 단일의 공통 센서의 복수의 센서 셀들의 각각의 제1 및 제2 상이한 서브세트들을 이용하여 적어도 부분적으로 생성되는
방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 제1 심도 이미지는 상기 단일의 공통 센서의 복수의 센서 셀들의 지정된 서브세트를 적어도 부분적으로 이용하여 생성되고, 상기 제2 심도 이미지는 상기 지정된 서브세트의 센서 셀들을 이용하지 않고 생성되는
방법.

청구항 5

제2항에 있어서,
상기 제1 심도 이미지 및 상기 제2 심도 이미지를 생성하는 단계는, 상기 공통 센서의 주어진 셀에 대해,
상기 주어진 셀로부터 진폭 정보를 수신하는 단계와,
상기 진폭 정보를 복조하여 위상 정보를 생성하는 단계와,
상기 위상 정보를 이용하여 ToF 심도 평가(ToF depth estimate)를 생성하는 단계와,
상기 진폭 정보를 이용하여 ToF 신뢰도 평가(ToF reliability estimate)를 생성하는 단계와,

상기 주어진 셀로부터 세기 정보(intensity information)를 수신하는 단계와,
상기 세기 정보를 이용하여 SL 심도 평가(SL depth estimate)를 생성하는 단계와,
상기 세기 정보를 이용하여 SL 신뢰도 평가(SL reliability estimate)를 생성하는 단계를 포함하는
방법.

청구항 6

제5항에 있어서,
상기 ToF 심도 평가 및 상기 SL 심도 평가와, 대응하는 상기 ToF 신뢰도 평가 및 상기 SL 신뢰도 평가에 기초하여 상기 주어진 셀에 대한 로컬 심도 평가(a local depth estimate)를 생성하는 단계를 더 포함하는
방법.

청구항 7

제5항에 있어서,
상기 SL 심도 평가 및 대응하는 상기 SL 신뢰도 평가를 생성하는 것은,
상기 세기 정보를 이용하여 평가된 SL 세기 정보를 생성하는 것과,
상기 평가된 SL 세기 정보를 이용하여 상기 SL 심도 평가를 생성하는 것과,
상기 세기 정보를 이용하여 상기 SL 신뢰도 평가를 생성하는 것을 포함하는
방법.

청구항 8

제5항에 있어서,
상기 주어진 셀에 대해 결정되고, 하나 이상의 추가적인 셀에 대해 유사하게 결정된 것으로서, 상기 ToF 심도 평가 및 상기 SL 심도 평가와 대응하는 상기 ToF 신뢰도 평가 및 상기 SL 신뢰도 평가에 기초하여, 상기 주어진 셀 및 상기 센서의 하나 이상의 추가적인 셀에 대한 광역 심도 평가(a global depth estimate)를 생성하는 단계를 더 포함하는
방법.

청구항 9

제2항에 있어서,
상기 제1 심도 이미지 및 상기 제2 심도 이미지를 생성하는 단계는,
상기 공통 센서의 제1 복수의 셀을 이용하여 얻어진 SL 심도 정보의 조합으로서 상기 SL 심도 맵을 생성하는 단계와,
상기 공통 센서의 제2 복수의 셀을 이용하여 얻어진 ToF 심도 정보의 조합으로서 상기 ToF 심도 맵을 생성하는 단계와,
상기 SL 심도 맵 및 상기 ToF 심도 맵의 각각의 해상도를 실질적으로 등화시키기 위해 상기 SL 심도 맵 및 상기 ToF 심도 맵 중 적어도 하나를 사전프로세싱하는(preprocessing) 단계와,
상기 실질적으로 등화된 SL 심도 맵 및 ToF 심도 맵을 병합하여, 병합된 심도 맵을 생성하는 단계를 포함하는

방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 사전프로세싱하는 단계는,

대응하는 심도 맵에서 특정 픽셀을 식별하는 단계와,

상기 특정 픽셀에 대해 픽셀들의 이웃을 식별하는 단계와,

상기 픽셀들의 이웃에서의 각각의 픽셀들의 심도 값들에 기초하여 상기 특정 픽셀에 대한 심도 값을 보간하는 (interpolating) 단계를 포함하는

방법.

청구항 11

컴퓨터 프로그램 코드가 포함된 컴퓨터 판독가능 저장 매체로서,

상기 컴퓨터 프로그램 코드는, 심도 이미지를 포함하는 이미지 처리 시스템에서 실행될 때, 상기 이미지 처리 시스템으로 하여금 제1항의 방법을 수행하게 하도록 하는

컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 12

적어도 하나의 센서를 포함하는 심도 이미지를 포함하는 장치로서,

상기 심도 이미지는, 제1 심도 이미징 기술을 이용하여 제1 심도 이미지를 생성하고, 상기 제1 심도 이미징 기술과는 상이한 제2 심도 이미징 기술을 이용하여 제2 심도 이미지를 생성하도록 구성되고,

상기 제1 심도 이미지 및 상기 제2 심도 이미지 각각의 적어도 일 부분들은 병합되어 제3 심도 이미지를 형성하고,

상기 적어도 하나의 센서는 상기 제1 심도 이미징 기술 및 상기 제2 심도 이미징 기술에 의해 적어도 부분적으로 공유되는 단일의 공통 센서를 포함하여, 상기 제1 심도 이미지 및 상기 제2 심도 이미지 둘다 상기 단일의 공통 센서로부터 획득된 데이터를 이용하여 적어도 부분적으로 생성되도록 하는

장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 제1 심도 이미지는 SL 심도 이미징 기술을 이용하여 생성된 SL 심도 맵을 포함하고, 상기 제2 심도 이미지는 ToF 심도 이미징 기술을 이용하여 생성된 ToF 심도 맵을 포함하는

장치.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 심도 이미지는 SL 심도 이미징 기술에 따라 출력 광을 생성하도록 구성된 제1 이미터 및 ToF 심도 이미징

기술에 따라 출력 광을 생성하도록 구성된 제2 이미터를 더 포함하는 장치.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 심도 이미저는 적어도 하나의 이미터를 포함하고, 상기 적어도 하나의 이미터는 SL 심도 이미징 기술 및 ToF 심도 이미징 기술 둘다에 따라 출력 광을 생성하도록 구성된 단일의 공통 이미터를 포함하는 장치.

청구항 16

제12항에 있어서,

상기 심도 이미저는 상기 단일의 공통 센서의 복수의 센서 셀들의 각각의 제1 및 제2 상이한 서브세트들을 적어도 부분적으로 이용하여 상기 제1 심도 이미지 및 상기 제2 심도 이미지를 생성하도록 구성되는 장치.

청구항 17

제12항에 있어서,

상기 심도 이미저는 상기 단일의 공통 센서의 복수의 센서 셀들의 지정된 서브세트를 적어도 부분적으로 이용하여 상기 제1 심도 이미지를 생성하고, 상기 지정된 서브세트의 센서 셀들을 이용하지 않고서 상기 제2 심도 이미지를 생성하도록 구성되는 장치.

청구항 18

제12항에 있어서,

상기 단일의 공통 센서는 복수의 SL 센서 셀들 및 복수의 ToF 센서 셀들을 포함하는 장치.

청구항 19

제12항에 있어서,

상기 단일의 공통 센서는 결합 SL 및 ToF 센서 셀인 적어도 하나의 센서 셀을 포함하는 장치.

청구항 20

이미지 처리 시스템으로서,

적어도 하나의 처리 디바이스와,

상기 처리 디바이스와 관련되고, 적어도 하나의 센서를 포함하는 심도 이미저를 포함하고,

상기 심도 이미저는, 제1 심도 이미징 기술을 이용하여 제1 심도 이미지를 생성하고, 상기 제1 심도 이미징 기술과는 상이한 제2 심도 이미징 기술을 이용하여 제2 심도 이미지를 생성하도록 구성되고,

상기 제1 심도 이미지 및 상기 제2 심도 이미지 각각의 적어도 일 부분들은 병합되어 제3 심도 이미지를 형성하고,

상기 적어도 하나의 센서는 상기 제1 심도 이미징 기술 및 상기 제2 심도 이미징 기술에 의해 적어도 부분적으로 공유되는 단일의 공통 센서를 포함하여, 상기 제1 심도 이미지 및 상기 제2 심도 이미지 둘다 상기 단일의 공통 센서로부터 획득된 데이터를 이용하여 적어도 부분적으로 생성되도록 하는

이미지 처리 시스템.

청구항 21

제20항의 이미지 처리 시스템을 포함하는

제스처 검출 시스템.

발명서

기술분야

[0001] 일반적으로, 본 발명의 분야는 이미지 처리에 관한 것으로서, 특히 심도 이미지(depth image)들의 처리에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 공간적 장면의 3차원(3D) 이미지들을 실시간으로 생성하기 위한 다수의 상이한 기술들이 알려져 있다. 예를 들어, 공간적 장면의 3D 이미지들은 각각의 카메라가 상이한 장면 뷰(view of the scene)를 갖도록 배열된 개별적인 카메라들에 의해 캡처된 다수의 2차원(2D) 이미지들에 기초한 삼각 측량(triangulation)을 이용하여 생성될 수 있다. 그러나, 그러한 기술의 커다란 단점은, 그것이 일반적으로 매우 집중적인 계산을 필요로 하므로, 컴퓨터 또는 다른 처리 디바이스의 이용가능한 계산 자원들의 과도한 양을 소비한다는 것이다. 또한, 그러한 기술을 이용할 때, 불충분한 주변 조명을 수반하는 조건들 하에서 정확한 3D 이미지를 생성하는 것이 어려울 수 있다.

[0003] 다른 알려진 기술들은 SL(structured light) 카메라 또는 ToF(time of flight) 카메라와 같은 심도 이미지(depth imager)를 이용하여 3D 이미지를 직접 생성하는 것을 포함한다. 이러한 유형의 카메라들은 통상적으로 콤팩트하고, 신속한 이미지 생성을 제공하고, 전자기 스펙트럼의 근적외선 부분에서 동작한다. 그 결과, SL 및 ToF 카메라들은 비디오 게이밍 시스템들 또는 제스처 기반 휴먼-머신 인터페이스들을 구현하는 다른 유형의 이미지 처리 시스템들에서의 제스처 인식과 같은 머신 비전 애플리케이션들에서 보통 사용된다. SL 및 ToF 카메라들은, 예를 들면, 안면 검출 및 단일의 또는 다수의 사람 추적을 포함하는 매우 다양한 다른 머신 비전 애플리케이션들에서 이용될 수도 있다.

[0004] SL 카메라들 및 ToF 카메라들은 상이한 물리적 원리들을 이용하여 동작되며, 그 결과 심도 이미징에 관하여 상이한 이점들 및 단점들을 나타낸다.

[0005] 전형적인 종래의 SL 카메라는 적어도 하나의 이미터(emitter) 및 적어도 하나의 센서를 포함한다. 이미터는 지정된 광 패턴들을 장면에서의 객체(object)들 상으로 투영하도록 구성된다. 광 패턴들은 라인들 또는 스폿들(spots)과 같은 다수의 패턴 요소들을 포함한다. 대응하는 반사된 패턴들은, 이미터 및 센서가 객체들의 상이한 시각을 갖기 때문에, 센서에서 왜곡된 것으로 나타난다. 삼각 측량 방안은 객체 표면 형상의 정확한 기하학적 재구성을 결정하는데 이용된다. 그러나, 이미터에 의해 투영된 광 패턴들의 본성으로 인해, 센서에서 수신된 대응하는 반사된 광 패턴의 요소들과 장면에서의 특정 포인트들 사이의 연관성을 형성하는 것이 훨씬 용이하여, 상이한 카메라들로부터의 다수의 2D 이미지들을 이용한 삼각 측량과 관련된 많은 부담스러운 계산을 피하게 된다.

[0006] 그럼에도 불구하고, 광 패턴 기반 삼각 측량 방안은 패턴 크기가 높은 해상도를 달성하도록 임의적으로 미세 결정화되지 않기 때문에, SL 카메라들은 x 및 y 차원에서의 정밀도에 있어서 고유의 어려움을 갖는다. 또한, 눈 부상을 피하기 위해, 전체 패턴을 통한 전체 방사된 전력 뿐만 아니라, 각각의 패턴 요소(예를 들면, 라인

또는 스팟)에서의 공간적 및 각도 전력 밀도 둘다 제한된다. 따라서, 결과적인 이미지는 낮은 신호대 잡음비를 나타내고, 잠재적으로 많은 심도 아티팩트를 포함하는 제한된 품질 심도 맵만을 제공한다.

[0007] ToF 카메라들은 전형적으로, SL 카메라들보다 더 정확하게 x-y 좌표들을 결정할 수 있지만, ToF 카메라들은 또한 공간 해상도에 관한 이슈들, 특히, 심도 측정 또는 z 좌표들의 관점에서의 이슈들을 갖는다. 따라서, 관례적으로, ToF 카메라들은 일반적으로 SL 카메라들보다 우수한 x-y 해상도를 제공하는 반면, SL 카메라들은 일반적으로 ToF 카메라들보다 우수한 z 해상도를 제공한다.

[0008] SL 카메라와 같이, 전형적인 종래의 ToF 카메라는 적어도 하나의 이미터 및 적어도 하나의 센서를 또한 포함한다. 그러나, 이미터는 실질적으로 일정한 진폭 및 주파수를 갖는 연속파(continuous wave; CW) 출력 광을 생성하도록 제어된다. 펄스 기반 변조, 다중 주파수 변조 및 코딩된 펄스 변조를 포함하는 다른 변형들이 알려져 있으며, 일반적으로 심도 이미징 정밀도를 향상시키거나 또는 CW 경우에 비하여 다수의 카메라들 사이의 상호 간섭을 감소시키도록 구성된다.

[0009] 이들 및 다른 ToF 배열들에서, 출력 광은 이미징될 장면을 조사하고, 장면에서의 객체들에 의해 산란되거나 반사된다. 결과적인 리턴 광은 센서에 의해 검출되고, 심도 맵 또는 다른 유형의 3D 이미지를 생성하는데 이용된다. 센서는 전체 조사된 장면으로부터 반사된 광을 한번에 수신하고, 대응하는 시간 지연을 측정함으로써 각 포인트에 대한 거리를 평가한다. 이것은 특히, 예를 들면, 출력 광과 리턴 광 사이의 위상 차이들을 이용하여 장면에서의 객체들에 대한 거리들을 결정하는 것을 포함한다.

[0010] 전형적으로, 심도 측정은 아날로그 회로에서의 매우 빠른 스위칭 및 일시적 통합(temporal integration)을 요구하는 기술들을 이용하여 ToF 카메라에서 생성된다. 예를 들어, 각각의 센서 셀은 피코초 스위치들 및 고정밀 통합 캐패시터들을 갖는 광자 센서를 통합하는 복합 아날로그 집적 반도체 디바이스를 포함하여, 센서 광전류의 일시적 통합을 통해 측정 잡음을 최소화할 수 있다. 삼각 측량의 이용과 관련된 단점들이 회피되지만, 복합 아날로그 회로에 대한 필요성은 각각의 센서 셀과 관련된 비용을 증가시킨다. 그 결과, 주어진 실제 구현에서 이용될 수 있는 센서 셀들의 수가 제한되고, 그것은 심도 맵의 달성가능한 품질을 제한하여, 다시 상당한 수의 심도 아티팩트를 포함할 수 있는 이미지를 초래하게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 일 실시예에서, 심도 이미저는 제1 심도 이미징 기술을 이용하여 제1 심도 이미지를 생성하고, 제1 심도 이미징 기술과는 상이한 제2 심도 이미징 기술을 이용하여 제2 심도 이미지를 생성하도록 구성된다. 제1 및 제2 심도 이미지들 각각의 적어도 부분들이 병합되어 제3 심도 이미지를 생성한다. 심도 이미저는 제1 및 제2 심도 이미징 기술들에 의해 적어도 부분적으로 공유되는 단일의 공통 센서를 포함하는 적어도 하나의 센서를 포함하여, 제1 및 제2 심도 이미지들이 둘다 단일의 공통 센서로부터 획득된 데이터를 적어도 부분적으로 이용하여 생성되도록 한다. 단지 예로써, 제1 심도 이미저는 SL 심도 이미징 기술을 이용하여 생성된 SL 심도 맵을 포함할 수 있고, 제2 심도 이미저는 ToF 심도 이미징 기술을 이용하여 생성된 ToF 심도 맵을 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명의 다른 실시예들은, 제한적인 것은 아니지만, 방법들, 장치들, 시스템들, 처리 디바이스들, 집적 회로들, 및 컴퓨터 프로그램 코드가 구현된 컴퓨터 판독가능 저장 매체를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 심도 맵 병합 기능으로 구성된 심도 이미저를 포함하는 이미지 처리 시스템의 실시예의 블록도이다.
 도 2 및 도 3은 도 1의 심도 이미저의 각각의 실시예들에서 구현된 예시적인 센서들을 도시한다.
 도 4는 주어진 심도 이미저 센서의 단일 셀과 관련되며, 도 1의 심도 이미저의 실시예에서 로컬 심도 평가를 제공하도록 구성되는 데이터 획득 모듈의 일부를 도시한다.
 도 5는 도 1의 심도 이미저의 실시예에서 광역 심도 평가들을 제공하도록 구성된 데이터 획득 모듈 및 관련된 심도 맵 처리 모듈을 도시한다.

도 6은 도 5의 심도 맵 처리 모듈에서 처리된 예시적인 심도 이미지에서의 주어진 보간된 픽셀 주변의 픽셀 이웃의 예를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 본 명세서에서, 본 발명의 실시예들은 각각의 SL 및 ToF 심도 이미징 기술들과 같은 각각의 개별적 심도 이미징 기술들을 이용하여 심도 이미지들을 생성하도록 구성되고, 결과적인 심도 이미지들은 다른 심도 이미지를 형성하도록 병합되는, 심도 이미지들을 포함하는 예시적인 이미지 처리 시스템들과 함께 예시될 것이다. 예를 들어, 본 발명의 실시예들은 종래의 SL 또는 ToF 카메라에 의해 생성되는 것보다 개선된 심도 해상도 및 더 적은 심도 아티팩트를 갖는 고품질 심도 맵들 또는 다른 유형의 이미지들을 생성할 수 있는 심도 이미징 방법 및 장치를 포함한다. 그러나, 본 발명의 실시예들은 심도 맵들 또는 다른 유형의 심도 이미지들에 대해 향상된 품질을 제공하는 것이 요망되는 임의의 이미지 처리 시스템 또는 관련된 심도 이미저에 보다 일반적으로 적용가능함을 이해해야 한다.
- [0015] 도 1은 본 발명의 실시예에서의 이미지 처리 시스템(100)을 도시한다. 이미지 처리 시스템(100)은 네트워크(104)를 통해 복수의 처리 디바이스(102-1, 102-2, ..., 102-N)와 통신하는 심도 이미저(101)를 포함한다. 본 실시예에서의 심도 이미저(101)는, 매우 다양한 다른 유형의 심도 이미저들이 다른 실시예들에서 이용될 수 있지만, 예시적으로 SL 심도 이미징 기능 및 ToF 심도 이미징 기능인 다수의 개별적 유형의 심도 이미징 기능을 통합하는 3D 이미저를 포함하는 것으로 가정된다.
- [0016] 심도 이미저(101)는 장면의 심도 맵들 또는 다른 심도 이미지들을 생성하고, 그러한 이미지들을 네트워크(104)를 통해 하나 이상의 처리 디바이스(102)에게 통신한다. 처리 디바이스(102)는 컴퓨터, 서버 또는 저장 디바이스를 임의의 조합으로 포함할 수 있다. 예로써, 하나 이상의 그러한 디바이스는 심도 이미저(101)에 의해 생성된 이미지들을 제시하는데 이용되는 디스플레이 스크린 또는 다양한 다른 유형의 사용자 인터페이스를 포함할 수 있다.
- [0017] 본 실시예에서는 처리 디바이스(102)로부터 분리되는 것으로서 도시되지만, 심도 이미저(101)는 하나 이상의 처리 디바이스와 적어도 부분적으로 결합될 수 있다. 따라서, 예를 들어, 심도 이미저(101)는 처리 디바이스(102) 중 주어진 하나를 이용하여 적어도 부분적으로 구현될 수 있다. 예로써, 컴퓨터는 심도 이미저(101)를 주변 장치로서 통합하도록 구성될 수 있다.
- [0018] 소정의 실시예에서, 이미지 처리 시스템(100)은 사용자 제스처 또는 다른 사용자 움직임을 인식하기 위해 이미지들을 생성하는 비디오 게이밍 시스템 또는 다른 유형의 제스처 기반 시스템으로서 구현된다. 개시된 이미징 기술들은 제스처 기반 휴먼-머신 인터페이스를 요구하는 매우 다양한 다른 시스템들에서의 이용을 위해 유사하게 적용될 수 있으며, 안면 검출, 개인 추적 또는 심도 이미저로부터의 심도 이미지들을 처리하는 다른 기술들을 수반하는 머신 비전 시스템들과 같은, 제스처 인식이 아닌 다양한 응용들에 적용될 수도 있다. 이들은 로봇 또는 다른 산업 응용들에서의 머신 비전 시스템들을 포함하는 것으로 의도된다.
- [0019] 도 1에 도시된 바와 같은 심도 이미저(101)는 하나 이상의 이미터(106) 및 하나 이상의 센서(108)에 연결된 제어 회로(105)를 포함한다. 이미터들(106) 중 주어진 하나는, 예를 들면, LED 어레이로 배열된 복수의 LED를 포함할 수 있다. 각각의 그러한 LED는 본 명세서에서 "광학 소스"로서 보다 일반적으로 지칭되는 것의 예이다. 이미터가 LED 어레이를 포함하는 실시예에서 다수의 광학 소스가 이용되지만, 다른 실시예들은 단지 하나의 광학 소스만을 포함할 수 있다. 또한, LED 이외의 광학 소스들이 이용될 수 있음을 이해할 것이다. 예를 들어, 다른 실시예들에서 LED들 중 적어도 일부는 레이저 다이오드 또는 다른 광학 소스로 대체될 수 있다. 본 명세서에서 이용된 "이미터"라는 용어는 하나 이상의 광학 소스들의 모든 그러한 배열들을 포함하도록 넓게 해석되는 것으로 의도한다.
- [0020] 제어 회로(105)는 예시적으로 이미터들(106)의 광학 소스들 각각에 대해 하나 이상의 드라이버 회로를 포함한다. 따라서, 광학 소스들 각각이 관련 드라이버 회로를 갖거나, 또는 다수의 광학 소스가 공통 드라이버 회로를 공유할 수 있다. 본 발명의 실시예들에서 이용하기에 적합한 드라이버 회로들의 예들은, "Optical Source Driver Circuit for Depth Imager"라는 명칭으로 2012년 10월 23일에 출원된 미국 특허 출원 제 13/658,153 호에 개시되어 있으며, 이 출원은 본 명세서에서 일반적으로 할당되어 참조로 인용된다.
- [0021] 제어 회로(105)는 하나 이상의 이미터(106)의 광학 소스들을 제어하여, 특정한 특성들을 갖는 출력 광을 생성한다. 제어 회로(105)의 주어진 드라이버 회로를 이용하여 제공될 수 있는 출력 광 진폭 및 주파수 변동의 램프

및 스텝형(ramped and stepped) 예들은, 위에서 인용된 미국 특허 출원 제 13/658,153 호에서 찾을 수 있다.

- [0022] 따라서, 종래의 심도 이미저에 비하여 심도 이미저(101)에서 크게 향상된 성능을 제공하는 방식으로, 제어 회로(105)의 드라이버 회로들은 지정된 유형의 진폭 및 주파수 변동을 갖는 드라이버 신호들을 생성하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 그러한 배열은 드라이버 신호 진폭 및 주파수 뿐만 아니라, 통합 시간 윈도우와 같은 다른 파라미터들의 특히 효율적인 최적화를 허용하도록 구성될 수 있다.
- [0023] 하나 이상의 이미터(106)로부터의 출력 광은 이미징될 장면을 조사하고, 결과적인 리턴 광이 하나 이상의 센서(108)를 이용하여 검출된 후, 제어 회로(105) 및 심도 이미저(101)의 다른 구성요소들에서 더 처리되어, 심도 맵 또는 다른 유형의 심도 이미지를 제공한다. 그러한 심도 이미지는, 예를 들면, 3D 이미지를 예시적으로 포함할 수 있다.
- [0024] 주어진 센서(108)는 각각 반도체 광자 센서를 포함하는 복수의 센서 셀을 포함하는 검출기 어레이의 형태로 구현될 수 있다. 예를 들어, 이러한 유형의 검출기 어레이들은 CCD(charge-coupled device) 센서, 광다이오드 매트릭, 또는 다른 유형 및 배열의 다수의 광학 검출기 소자들을 포함할 수 있다. 센서 셀들의 특정 어레이들의 예는 이하에서 도 2 및 3과 함께 기술될 것이다.
- [0025] 본 실시예에서의 심도 이미저(101)는 적어도 하나의 처리 디바이스를 이용하여 구현되고, 메모리(112)에 연결된 프로세서(110)를 포함하는 것으로 가정된다. 프로세서(110)는 메모리(112)에 저장된 소프트웨어 코드를 실행하여, 제어 회로(105)를 통해 하나 이상의 이미터(106) 및 하나 이상의 센서(108)의 동작의 적어도 일부를 지시한다. 또한, 심도 이미저(101)는 네트워크(104)를 통한 통신을 지원하는 네트워크 인터페이스(114)를 포함한다.
- [0026] 본 실시예에서의 심도 이미저(101)의 다른 구성요소들은 데이터 획득 모듈(120) 및 심도 맵 처리 모듈(122)을 포함한다. 심도 이미저(101)의 데이터 획득 모듈(120) 및 심도 맵 처리 모듈(122)을 이용하여 구현된 예시적인 이미지 처리 동작들은 이하에서 도 4 내지 6과 함께 보다 상세히 기술될 것이다.
- [0027] 심도 이미저(101)의 프로세서(110)는, 예를 들면, 마이크로프로세서, ASIC(application-specific integrated circuit), FPGA(field-programmable gate array), CPU(central processing unit), ALU(arithmetic logic unit), DSP(digital signal processor), 또는 다른 유사한 처리 디바이스 구성요소 뿐만 아니라, 다른 유형 및 배열의 이미지 처리 회로를 임의의 조합으로 포함할 수 있다.
- [0028] 메모리(112)는 데이터 획득 모듈(120) 및 심도 맵 처리 모듈(122) 중 적어도 하나의 부분들과 같은, 심도 이미저(101)의 기능의 일부들을 구현시에, 프로세서(110)에 의한 실행을 위한 소프트웨어 코드를 저장한다.
- [0029] 대응하는 프로세서에 의한 실행을 위한 소프트웨어 코드를 저장하는 소정의 그러한 메모리는, 본 명세서에서 컴퓨터-판독가능 매체 또는 그 안에 구현된 컴퓨터 프로그램 코드를 갖는 다른 유형의 컴퓨터 프로그램 제품으로서 보다 일반적으로 지칭되는 것의 예이며, 예를 들면, RAM(random access memory) 또는 ROM(read-only memory)와 같은 전자 메모리, 자기 메모리, 광학 메모리, 또는 다른 유형의 저장 디바이스들을 임의의 조합으로 포함할 수 있다.
- [0030] 전술한 바와 같이, 프로세서(110)는 마이크로프로세서, ASIC, FPGA, CPU, ALU, DSP 또는 다른 이미지 처리 회로의 부분들 또는 조합들을 포함할 수 있으며, 이들 구성요소들은 그러한 용어가 본 명세서에서 넓게 이용되므로 메모리를 포함하는 것으로 고려되는 저장 회로를 추가적으로 포함할 수 있다.
- [0031] 따라서, 본 발명의 실시예들은 집적 회로들의 형태로 구현될 수 있음을 이해해야 한다. 소정의 그러한 집적 회로 구현에서, 동일한 다이가 반도체 웨이퍼의 표면 상에 반복 패턴으로 전형적으로 형성된다. 각각의 다이는, 예를 들면, 제어 회로(105) 및 가능하게는 본 명세서에서 기술된 바와 같은 심도 이미저(101)의 다른 이미지 처리 회로의 적어도 일부를 포함하며, 다른 구조들 또는 회로들을 더 포함할 수 있다. 개별적인 다이는 웨이퍼로부터 커팅 또는 다이싱된 후, 집적 회로로서 패키징된다. 본 기술 분야의 당업자라면, 집적 회로를 생성하기 위해 웨이퍼를 다이싱하고, 다이를 패키징하는 방법을 알 것이다. 그렇게 제작된 집적 회로들은 본 발명의 고려된 실시예들이다.
- [0032] 네트워크(104)는 인터넷과 같은 WAN(wide area network), LAN(local area network), 셀룰라 네트워크, 또는 임의의 다른 유형의 네트워크 뿐만 아니라, 다수의 네트워크들의 조합들도 포함할 수 있다. 심도 이미저(101)의 네트워크 인터페이스(114)는 심도 이미저(101)가 처리 디바이스들(102) 각각에서의 유사한 네트워크 인터페이스들과 네트워크(104)를 통해 통신하게 하도록 구성된 하나 이상의 종래의 트랜시버 또는 다른 네트워크 인터페이스 회로를 포함할 수 있다.

- [0033] 본 실시예에서의 심도 이미저(101)는 일반적으로, 제1 심도 이미징 기술을 이용하여 제1 심도 이미지를 생성하고, 제1 심도 이미징 기술과는 상이한 제2 심도 이미징 기술을 이용하여 제2 심도 이미지를 생성하도록 구성된다. 그 다음, 제1 및 제2 심도 이미지들 각각의 적어도 부분들은 제3 심도 이미지를 형성하도록 병합된다. 심도 이미저(101)의 센서들(108) 중 적어도 하나는 제1 및 제2 심도 이미징 기술들에 의해 적어도 부분적으로 공유되는 단일의 공통 센서이므로, 제1 및 제2 심도 이미지들 둘다 단일의 공통 센서로부터 획득된 데이터를 이용하여 적어도 부분적으로 생성된다.
- [0034] 예로써, 제1 심도 이미지는 SL 심도 이미징 기술을 이용하여 생성된 SL 심도 맵을 포함할 수 있고, 제2 심도 이미지는 ToF 심도 이미징 기술을 이용하여 생성된 ToF 심도 맵을 포함할 수 있다. 따라서, 그러한 실시예에서 제3 심도 이미지는, SL 또는 ToF 심도 맵들을 단독으로 이용하여 얻어질 수 있는 것보다 높은 품질 심도 정보를 초래하는 방식으로 단일의 공통 센서를 이용하여 생성된 SL 및 ToF 심도 맵들을 병합한다.
- [0035] 제1 및 제2 심도 이미지들은 단일의 공통 센서의 복수의 센서 셀들의 각각의 제1 및 제2 상이한 서브세트들을 이용하여 적어도 부분적으로 생성될 수 있다. 예를 들어, 제1 심도 이미지는 단일의 공통 센서의 복수의 센서 셀들 중 지정된 서브세트를 이용하여 적어도 부분적으로 생성될 수 있고, 제2 심도 이미지는 지정된 서브세트의 센서 셀들을 이용하지 않고서 생성될 수 있다.
- [0036] 도 1에 도시된 바와 같은 이미지 처리 시스템(100)의 특정한 구성은 단지 예시적인 것이며, 다른 실시예들에서 시스템(100)은 구체적으로 도시된 것들에 추가하여 또는 그것을 대신하는, 그러한 시스템의 종래의 구현에서 공통적으로 발견되는 유형의 하나 이상의 요소들을 포함하는 다른 요소들을 포함할 수 있다.
- [0037] 이제 도 2 및 3을 참조하면, 전술한 단일의 공통 센서(108)의 예들이 도시된다.
- [0038] 도 2에 도시된 바와 같은 센서(108)는, SL 센서 셀들 및 ToF 센서 셀들을 포함하는 센서 셀들의 어레이의 형태로 배열된 복수의 센서 셀들(200)을 포함한다. 특히, 6×6 어레이 예는 4개의 SL 센서 셀들 및 32개의 ToF 센서 셀들을 포함하는데, 이러한 배열은 단지 예시적인 것이며, 도시의 명료성을 위해 간략화된 것임을 이해해야 한다. 센서 셀들 및 어레이 치수들의 특정한 수는 주어진 응용의 특정한 요구를 수용하도록 변할 수 있다. 각각의 센서 셀은 본 명세서에서 픽처 요소 또는 "픽셀" 로서 지칭될 수도 있다. 이러한 용어는 각각의 센서 셀들을 이용하여 생성된 이미지의 요소들을 지칭하는 데에 또한 이용된다.
- [0039] 도 2는 전체 36개의 센서 셀들을 도시하며, 여기서 4개는 SL 센서 셀들이고, 32개는 ToF 센서 셀들이다. 보다 일반적으로, 센서 셀들의 전체 수의 대략 M 은 SL 센서 셀들이고, 나머지 $M-1$ 센서 셀들은 ToF 센서 셀들이며, 여기서 M은 전형적으로 9 정도이지만, 다른 실시예에서는 다른 값들을 취할 수 있다.
- [0040] SL 센서 셀들 및 ToF 센서 셀들은 상이한 구성들을 가질 수 있음을 주지해야 한다. 예를 들어, SL 센서 셀들 각각은 SL 심도 이미징 기술에 따라 비변조된 광을 처리하기 위한 DC(direct current) 검출기를 포함하는 반도체 광자 센서를 포함할 수 있는 반면, ToF 센서 셀들 각각은 ToF 심도 이미징 기술에 따라 무선 주파수(RF) 변조된 광을 처리하기 위한 피코초 스위치 및 고정밀 집적 캐패시터를 포함하는 상이한 유형의 광자 센서를 포함할 수 있다.
- [0041] 대안적으로, 센서 셀들의 각각은 실질적으로 동일한 방식으로 구성될 수 있으며, 소정의 그러한 센서 셀의 DC 또는 RF 출력은 센서 셀이 SL 또는 ToF 심도 이미징에서 이용되는지의 여부에 따라 더 처리된다.
- [0042] 본 실시예에서 단일의 이미터 또는 다수의 이미터들로부터의 출력 광은 일반적으로 DC 및 RF 성분들 둘다를 가짐을 이해할 것이다. 예시적인 SL 심도 이미징 기술에서, 처리는 평균값을 얻기 위해 시간에 걸쳐 리턴 광을 통합함으로써 결정된 DC 성분을 주로 이용할 수 있다. 예시적인 ToF 심도 이미징 기술에서, 처리는 동기 RF 복조기로부터 얻어진 위상 시프트 값들의 형태로 RF 성분을 주로 이용할 수 있다. 그러나, 다른 실시예들에서는 많은 다른 심도 이미징 배열들이 가능하다. 예를 들어, ToF 심도 이미징 기술은 그 특정한 세트의 특징들에 따라, 가능하게는 위상 측정 신뢰도 평가에서의 조명 상태들을 결정하기 위해 또는 다른 목적을 위해, DC 성분을 추가적으로 이용할 수 있다.
- [0043] 도 2 실시예에서, SL 센서 셀들 및 ToF 센서 셀들은 단일의 공통 센서(108)의 센서 셀들(200)의 각각의 제1 및 제2 상이한 서브세트들을 포함한다. 본 실시예에서 SL 및 ToF 심도 이미지들은 단일의 공통 센서의 센서 셀들의 이러한 각각의 제1 및 제2 상이한 서브세트들을 이용하여 생성된다. 상이한 서브세트들은 본 실시예에서 분리되어, SL 심도 이미지가 단일 SL 셀들만을 이용하여 생성되고, ToF 심도 이미지가 단지 ToF 셀들만을 이용하

여 생성되도록 한다. 이것은 제1 심도 이미지가 단일의 공통 센서의 복수의 센서 셀들의 지정된 서브세트를 이용하여 적어도 부분적으로 생성되고, 제2 심도 이미지가 지정된 서브세트의 센서 셀들을 이용하지 않고서 생성되는 배열의 예이다. 다른 실시예들에서, 서브세트들은 분리될 필요가 없다. 도 3의 실시예는 분리되지 않는 센서 셀들의 상이한 서브세트들을 갖는 센서의 예이다.

[0044] 도 3에 도시된 센서(108)는 센서 셀들의 어레이의 형태로 배열된 복수의 센서 셀들(200)을 또한 포함한다. 그러나, 이러한 실시예에서, 센서 셀들은 ToF 센서 셀들 뿐만 아니라 다수의 공동 SL 및 ToF (SL+ToF) 센서 셀들도 포함한다. 특히, 이러한 6×6 어레이 예는 4개의 SL+ToF 센서 셀들 및 32개의 ToF 센서 셀들을 포함하는데, 이러한 배열은 단지 예시적인 것이며, 도시의 명료성을 위해 간략화된 것임을 또한 이해해야 한다. 또한, 본 실시예에서 SL 및 ToF 심도 이미지들은 단일의 공통 센서(108)의 센서 셀들(200)의 각각의 제1 및 제2 상이한 서브세트들을 이용하여 생성되지만, SL+ToF 센서 셀들은 SL 심도 이미지 생성 및 ToF 심도 이미지 생성 둘 다를 위해 이용된다. 따라서, SL+ToF 센서 셀들은 후속하는 SL 심도 이미지 처리에서 사용하기 위한 DC 출력 및 후속하는 ToF 심도 이미지 처리에서 사용하기 위한 RF 출력 둘 다를 생성하도록 구성된다.

[0045] 도 2 및 3의 실시예들은 본 명세서에서 "센서 결합(sensor fusion)" 으로서 또한 지칭되는 것을 도시하며, 여기서 심도 이미저(101)의 단일의 공통 센서(108)는 SL 및 ToF 심도 이미지를 둘 다를 생성하는데 이용된다. 많은 대안적인 센서 결합 배열들이 다른 실시예들에서 이용될 수 있다.

[0046] 심도 이미저(101)는 본 명세서에서 "이미터 결합(emitter fusion)" 으로서 지칭되는 것을 추가적으로 또는 대안적으로 구현할 수 있으며, 여기서 심도 이미저(101)의 단일의 공통 이미터(106)는 SL 및 ToF 심도 이미징 둘 다를 위한 출력 광을 생성하는데 이용된다. 따라서, 심도 이미저(101)는 SL 심도 이미징 기술 및 ToF 심도 이미징 기술 둘 다에 따라 출력 광을 생성하도록 구성된 단일의 공통 이미터(106)를 포함할 수 있다. 대안적으로, 분리된 이미터들이 상이한 심도 이미징 기술들에 대해 이용될 수 있다. 예를 들어, 심도 이미저(101)는 SL 심도 이미징 기술에 따라 출력 광을 생성하도록 구성된 제1 이미터(106) 및 ToF 심도 이미징 기술에 따라 출력 광을 생성하도록 구성된 제2 이미터(106)를 포함할 수 있다.

[0047] 단일의 공통 이미터를 포함하는 이미터 결합 배열에서, 단일의 공통 이미터는, 예를 들면, LED들, 레이저들 또는 다른 광학 소스들의 마스크된 집적 어레이를 이용하여 구현될 수 있다. 상이한 SL 및 ToF 광학 소스들이 단일의 공통 이미터에 체커보드 패턴으로 배치될 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, ToF 심도 이미징을 위해 유용한 RF 변조가 단일의 공통 이미터의 SL 광학 소스들에 적용되어, 결합 SL+ToF 센서 셀로부터의 RF 출력을 취할 때에 발생할 수 있는 오프셋 바이어스를 최소화할 수 있다.

[0048] 본 명세서에서 기술된 센서 결합 및 이미터 결합 기술들은 분리된 실시예들에서 이용되거나, 또는 그러한 기술들 둘 다 하나의 실시예에서 결합될 수 있음을 이해해야 한다. 도 4 내지 6과 함께 이하에 보다 상세히 기술되는 바와 같이, 적절한 데이터 획득 및 심도 맵 처리와 결합하여 하나 이상의 이러한 센서 및 이미터 결합 기술들을 이용하는 것은, 종래의 SL 또는 ToF 카메라들에 의해 생성된 것보다 개선된 심도 해상도 및 더 적은 심도 아티팩트를 갖는 보다 높은 품질의 심도 이미지들을 초래할 수 있다.

[0049] 이제, 데이터 획득 모듈(120) 및 심도 맵 처리 모듈(122)의 동작이, 도 4 내지 6을 참조하여 더욱 상세히 기술될 것이다.

[0050] 먼저 도 4를 참조하면, 특정 반도체 광자 센서(108-(x,y))와 관련된 데이터 획득 모듈(120)의 일부가 요소들(402, 404, 405, 406, 410, 412, 414)을 포함하는 것으로서 도시된다. 요소들(402, 404, 406, 410, 412, 414)은 대응하는 픽셀과 관련되며, 요소(405)는 다른 픽셀들로부터 수신된 정보를 나타낸다. 도 4에 도시된 이러한 요소들 전부는 단일의 공통 센서(108)의 픽셀들 각각에 대해 복제되는 것으로 가정한다.

[0051] 광자 센서(108-(x,y))는 도 2 또는 3의 단일의 공통 센서의 센서 셀들(200) 중 소정의 하나의 적어도 일부를 나타내며, 여기서 x 및 y는 센서 셀 매트릭스의 행들 및 열들의 각각의 인덱스들이다. 데이터 획득 모듈(120)의 대응하는 부분(120-(x,y))은 ToF 복조기(402), ToF 신뢰도 평가기(404), SL 신뢰도 평가기(406), ToF 심도 평가기(410), SL 삼각 측량 모듈(412) 및 심도 판정 모듈(414)을 포함한다. ToF 복조기는 본 실시예의 문맥에서, "ToF형 복조기" 로서 보다 구체적으로 지칭되는데, 그것이 ToF 기능을 수행하도록 적용된 복조기를 포함할 수 있기 때문이다.

[0052] SL 삼각 측량 모듈(412)은 하드웨어 및 소프트웨어의 조합을 이용하여 예시적으로 구현되며, 심도 판정 모듈(414)은 하드웨어 및 펌웨어의 조합을 이용하여 예시적으로 구현되는데, 하드웨어, 소프트웨어 및 펌웨어 중 하나 이상의 다른 배열들을 이용하여 이들 모듈들 뿐만 아니라, 본 명세서에서 개시된 다른 모듈들 또는 구성요소

들을 구현할 수 있다.

[0053] 도면에서, 이미징되는 장면으로부터 리턴된 IR 광이 광자 센서(108-(x,y))에서 검출된다. 이것은 ToF 복조기(402)에 적용되는 수율 입력 정보(yields input information) $A_i(x,y)$ 를 제공한다. 입력 정보 $A_i(x,y)$ 는 진폭 정보 $A(x,y)$ 및 세기 정보 $B(x,y)$ 를 포함한다.

[0054] ToF 복조기(402)는 진폭 정보 $A(x,y)$ 를 복조하여, ToF 심도 평가기(410)에 제공되는 위상 정보 $\phi(x,y)$ 를 생성하며, ToF 심도 평가기(410)는 위상 정보를 이용하여 ToF 심도 평가를 생성한다. 또한, ToF 복조기(402)는 진폭 정보 $A(x,y)$ 를 ToF 신뢰도 평가기(404)에게 제공하고, 세기 정보 $B(x,y)$ 를 SL 신뢰도 평가기(406)에게 제공한다. ToF 신뢰도 평가기(404)는 진폭 정보를 이용하여 ToF 신뢰도 평가를 생성하고, SL 신뢰도 평가기(406)는 세기 정보를 이용하여 SL 신뢰도 평가를 생성한다.

[0055] 또한, SL 신뢰도 평가기(406)는 세기 정보 $B(x,y)$ 를 이용하여, 평가된 SL 세기 정보 $\tilde{I}_{SL}(x,y)$ 를 생성한다. 평가된 SL 세기 정보 $\tilde{I}_{SL}(x,y)$ 는 SL 심도 평가를 생성시에 이용하기 위해 SL 삼각 측량 모듈(412)에 제공된다.

[0056] 이러한 실시예에서, 평가된 SL 세기 정보 $\tilde{I}_{SL}(x,y)$ 는 세기 정보 $B(x,y)$ 대신에 이용되는데, 후자는 삼각 측량을 통해 심도를 재구성하는데 유용한 SL 패턴 또는 그 부분으로부터 반사된 광 I_{SL} 을 포함할 뿐만 아니라, 가능하게는 ToF 이미터로부터의 DC 오프셋 성분 I_{offset} 및 다른 주변 IR 소스들로부터의 백라이트 성분 $I_{backlight}$ 를 포함하는 바람직하지 않은 항들을 포함하기 때문이다. 따라서, 세기 정보 $B(x,y)$ 는 다음과 같이 표현될 수 있다.

[0057]
$$B(x,y) = I_{SL}(x,y) + I_{offset}(x,y) + I_{backlight}(x,y)$$

[0058] 각각의 바람직하지 않은 오프셋 및 백라이트 성분들을 나타내는 $B(x,y)$ 의 제2 및 제3 항들은 시간적으로 비교적 일정하고, x-y 평면에서 균일하다. 따라서, 이러한 성분들은 다음과 같이 모든 가능한 (x,y) 값들에 걸쳐 그들의 평균을 감산함으로써 실질적으로 제거될 수 있다.

[0059]
$$\tilde{I}_{SL}(x,y) = B(x,y) - \frac{1}{XY} \sum_{x=1}^X \sum_{y=1}^Y B(x,y)$$

[0060] 바람직하지 않은 오프셋 및 백라이트 성분들에 기인하는 $\tilde{I}_{SL}(x,y)$ 의 임의의 남아 있는 변동들은 심도 측정기에 심각한 영향을 미치지 않을 것이며, 그것은 삼각 측량이 픽셀 세기들보다는 픽셀 위치들을 포함하기 때문이다. 평가된 SL 세기 정보 $\tilde{I}_{SL}(x,y)$ 은 SL 삼각 측량 모듈(412)로 전달된다.

[0061] 많은 다른 기술들을 이용하여 세기 정보 $B(x,y)$ 로부터 평가된 SL 세기 정보 $\tilde{I}_{SL}(x,y)$ 를 생성할 수 있다. 예를 들어, 다른 실시예에서, x-y 평면에서의 평활화된 제곱 공간 그래디언트 평가 $G(x,y)$ 는 바람직하지 않은 성분들에 의해 가장 많이 악영향을 받는 그러한 (x,y) 위치들을 식별하기 위해 평가된다.

[0062]
$$G(x,y) = \text{smoothing_filter} ((B(x,y)-B(x+1,y+1))^2 + (B(x+1,y)-B(x,y+1))^2)$$

[0063] 이러한 예에서, 평활화된 제곱 공간 그래디언트 $G(x,y)$ 는 영향을 받은 픽셀 위치들을 식별하기 위한 보조 마스크로서 기능하여, 아래와 같이 되고,

[0064]
$$(x_{SL}, y_{SL}) = \text{argmax} (B(x,y) \cdot G(x,y))$$

[0065] 여기서, 쌍들 (x_{SL}, y_{SL}) 은 영향을 받은 픽셀 위치들의 좌표들을 제공한다. 다시, 다른 기술들을 이용하여

$\tilde{I}_{SL}(x, y)$ 을 생성할 수 있다.

- [0066] 심도 판정 모듈(414)은 ToF 심도 평가기(410)로부터 ToF 심도 평가를 수신하고, 만약 있는 경우, 주어진 픽셀에 대한 SL 심도 평가를 SL 삼각 측량 모듈(412)로부터 수신한다. 또한, 그것은 각각의 신뢰도 평가기들(404, 406)로부터 ToF 및 SL 신뢰도 평가들을 수신한다. 심도 판정 모듈(414)은 ToF 및 SL 심도 평가들 및 대응하는 신뢰도 평가기들을 이용하여, 주어진 센서 셀에 대한 로컬 심도 평가를 생성한다.
- [0067] 일례로서, 심도 판정 모듈(414)은 SL 및 ToF 심도 평가들의 균형을 맞추어, 가중된 합을 고려함으로써 결과적인 불확실성을 최소화할 수 있다.
- [0068] $D_{result}(x,y) = (D_{ToF}(x,y) \cdot Rel_{ToF}(x,y) + D_{SL}(x,y) \cdot Rel_{SL}(x,y)) / (Rel_{ToF}(x,y) + Rel_{SL}(x,y))$
- [0069] 여기서, D_{SL} 및 D_{ToF} 는 각각의 SL 및 ToF 심도 평가들을 나타내고, Rel_{SL} 및 Rel_{ToF} 는 각각의 SL 및 ToF 신뢰도 평가들을 나타내며, D_{result} 는 심도 판정 모듈(414)에 의해 생성된 로컬 심도 평가를 나타낸다.
- [0070] 본 실시예에서 이용된 신뢰도 평가들은 SL 및 ToF 심도 이미징 성능 사이의 차이들을 이미징된 객체에 대한 범위의 함수로서 고려할 수 있다. 예를 들어, 일부 구현들에서, SL 심도 이미징은 짧은 및 중간 범위들에서의 ToF 심도 이미징보다 우수하게 수행될 수 있는 반면, ToF 심도 이미징은 보다 긴 범위들에서의 SL 심도 이미징보다 우수하게 수행될 수 있다. 신뢰도 평가들에서 반영된 것으로서의 그러한 정보는 결과적인 로컬 심도 평가에서 추가적인 향상을 제공할 수 있다.
- [0071] 도 4의 실시예에서, 로컬 심도 평가들이 센서 어레이의 각각의 셀 또는 픽셀에 대해 생성된다. 그러나, 다른 실시예들에서, 이제 도 5와 함께 기술되는 바와 같이, 광역 심도 평가들이 다수의 셀들 또는 픽셀들의 그룹들에 걸쳐 생성될 수 있다. 특히, 도 5의 배열에서, 광역 심도 평가가, 주어진 셀에 대해 결정되고, 하나 이상의 추가적인 셀에 대해 유사하게 결정된 것으로서, SL 및 ToF 심도 평가들 및 대응하는 SL 및 ToF 신뢰도 평가들에 기초하여 단일의 공통 센서(108)의 주어진 셀 및 하나 이상의 추가적인 셀에 대해 생성된다.
- [0072] 또한, 도 4에 도시된 바와 같이 생성된 로컬 심도 평가 및 도 5에 예시된 바와 같이 생성된 광역 심도 평가들의 조합을 포함하는, 하이브리드 배열들이 이용될 수 있음을 주지해야 한다. 예를 들어, SL 및 ToF 소스들 둘다로부터의 신뢰할 수 있는 심도 데이터의 부재로 인해서 또는 다른 이유들로 인해 가능하지 않을 때, 심도 정보의 광역 재구성성이 이용될 수 있다.
- [0073] 도 5의 실시예에서, 심도 맵 처리 모듈(120)은 K 센서 셀들 또는 픽셀들의 세트에 걸쳐 광역 심도 평가를 생성한다. 데이터 획득 모듈(120)은 일반적으로 도 4의 배열에 대응하지만 로컬 심도 판정 모듈(414)이 없는 단일 셀 데이터 획득 모듈의 K개의 인스턴스(instance)들을 포함한다. 단일 셀 데이터 획득 모듈의 인스턴스들(120-1, 120-2, ..., 120-K) 각각은 관련된 광자 센서(108-(x,y)) 뿐만 아니라, 복조기(402), 신뢰도 평가기들(404, 406), ToF 심도 평가기(410) 및 SL 삼각 측량 모듈(410)을 갖는다. 따라서, 도 5에 도시된 단일 셀 데이터 획득 모듈들(120) 각각은 실질적으로 도 4에 도시된 바와 같이 구성되며, 로컬 심도 판정 모듈(414)이 각각의 모듈로부터 제거된다는 차이점을 갖는다.
- [0074] 따라서, 도 5의 실시예는 단일 셀 데이터 획득 모듈들(120)을 심도 맵 병합 프레임워크 내에 종합한다. 각각의 모듈들(120)의 적어도 서브세트와 관련된 요소들(405)은 그러한 모듈들의 대응하는 ToF 복조기들(402)로부터의 세기 신호 라인들과 결합되어, 지정된 이웃에 대해 특정된 세트의 세기 정보 $B(\dots)$ 를 운반하는 그리드(grid)를 형성할 수 있다. 그러한 배열에서, 지정된 이웃에서의 ToF 복조기들(402) 각각은 그의 세기 정보 $B(x,y)$ 를 결합된 그리드에 제공하여, 이웃하는 모듈들 사이의 그러한 세기 정보의 분배를 용이하게 한다. 일례로서, 크기 $(2M+1) \times (2M+1)$ 의 이웃이 정의될 수 있으며, 대응하는 모듈들(120)에서 SL 신뢰도 평가기들(406)에 공급되는 세기 값들 $B(x-M,y-M) \dots B(x+M,y-M), \dots, B(x-M,y+M) \dots B(x+M,y+M)$ 을 운반하는 그리드를 갖는다.
- [0075] 도 5의 실시예에 도시된 K개의 센서 셀들은 단일의 공통 센서(108)의 센서 셀들(200)의 전부, 또는 센서 셀들 전부보다 적게 포함하는 특정 그룹을 포함할 수 있다. 후자의 경우, 도 5의 배열은 센서 셀들의 다수의 그룹들에 대해 복제되어, 단일의 공통 센서(108)의 센서 셀들의 전부를 커버하는 광역 심도 평가들을 제공할 수 있다.
- [0076] 이러한 실시예에서의 심도 맵 처리 모듈(122)은 SL 심도 맵 결합 모듈(502), SL 심도 맵 전처리기(preprocessor)(504), ToF 심도 맵 결합 모듈(506), ToF 심도 맵 전처리기(508) 및 심도 맵 병합 모듈(510)을 더 포함한다.

[0077] SL 심도 맵 결합 모듈(502)은 각각의 단일 셀 데이터 획득 모듈들(120-1 내지 120-K)에서의 각각의 SL 삼각 측량 모듈들(412) 및 SL 신뢰도 평가기들(406)로부터 SL 심도 평가들 및 관련된 SL 신뢰도 평가들을 수신하고, 이러한 수신된 정보를 이용하여 SL 심도 맵을 생성한다.

[0078] 유사하게, ToF 심도 맵 결합 모듈(506)은 각각의 단일 셀 데이터 획득 모듈들(120-1 내지 120-K)에서의 각각의 ToF 심도 평가기들(410) 및 ToF 신뢰도 평가기들(404)로부터 ToF 심도 평가들 및 관련된 ToF 신뢰도 평가들을 수신하고, 이러한 수신된 정보를 이용하여 ToF 심도 맵을 생성한다.

[0079] 결합 모듈(502)로부터의 SL 심도 맵 및 결합 모듈(506)로부터의 ToF 심도 맵 중 적어도 하나가 그의 관련된 전처리(504 또는 508)에서 더 처리되어, 각각의 심도 맵들의 해상도들을 실질적으로 등화시킨다. 그 다음, 실질적으로 등화된 SL 및 ToF 심도 맵들은 심도 맵 병합 모듈(520)에서 병합되어, 최종적인 광역 심도 평가를 제공한다. 최종적인 광역 심도 평가는 병합된 심도 맵의 형태일 수 있다.

[0080] 예를 들어, 도 2의 단일의 공통 센서 실시예에서, SL 심도 정보는 센서 셀들(200)의 전체 수의 대략 $\frac{1}{M}$ 로부터 잠재적으로 획득가능하고, ToF 심도 정보는 나머지 $\frac{M-1}{M}$ 센서 셀들로부터 잠재적으로 획득가능하다. 도 3의 센서 실시예는 유사하지만, ToF 심도 정보는 모든 센서 셀들로부터 잠재적으로 획득가능하다. 전술한 바와 같이, ToF 심도 이미징 기술들은 일반적으로 SL 심도 이미징 기술들보다 우수한 x-y 해상도를 제공하는 반면, SL 심도 이미징 기술들은 일반적으로 ToF 카메라들보다 우수한 z 해상도를 제공한다. 따라서, 이러한 유형의 배열에서, 병합된 심도 맵은 상대적으로 더욱 정확한 SL 심도 정보를 상대적으로 덜 정확한 ToF 심도 정보와 결합하는 반면, 또한 상대적으로 더 정확한 ToF x-y 정보를 상대적으로 덜 정확한 SL x-y 정보와 결합하므로, 단지 SL 또는 ToF 심도 이미징 기술들만을 이용하여 생성된 심도 맵보다 모든 차원들에서의 개선된 해상도 및 더 적은 심도 아티팩트를 나타낸다.

[0081] SL 심도 맵 결합 모듈(502)에서, 단일 셀 데이터 획득 모듈들(120-1 내지 120-K)로부터의 SL 심도 평가들 및 대응하는 SL 신뢰도 평가들이 이하의 방식으로 처리될 수 있다. D_0 은 (x,y,z) 트리플의 세트를 포함하는 SL 심도 이미징 정보를 나타내고, 여기서 (x,y)는 SL 센서 셀의 위치를 나타내며, z는 SL 삼각 측량을 이용하여 얻어진 위치 (x,y)에서의 심도 값이다. 세트 D_0 은 임계값 기반 판정 규칙을 이용하여 SL 심도 맵 결합 모듈(502)에서 형성될 수 있다.

[0082]
$$D_0 = \{(x,y, D_{SL}(x,y)) : Rel_{SL}(x,y) > Threshold_{SL}\}$$

[0083] 일례로서, $Rel_{SL}(x,y)$ 는, 대응하는 심도 정보가 손실되는 경우 0, 그리고 존재하는 경우 1과 동일한 이진 신뢰도 평가일 수 있으며, 그러한 배열에서 $Threshold_{SL}$ 은 0.5와 같은 중간 값과 동일할 수 있다. 많은 대안적인 신뢰도 평가들, 임계값들 및 임계값 기반 판정 규칙들이 이용될 수 있다. D_0 에 기초하여, 스파스 매트릭스(sparse matrix) D_1 을 포함하는 SL 심도 맵이 결합 모듈(502)에서 구성되고, 스파스 매트릭스 D_1 은 대응하는 (x,y) 위치들에서 z 값들을 포함하고, 모든 다른 위치들에서 0들을 포함한다.

[0084] ToF 심도 맵 결합 모듈(506)에서, 유사한 방안이 이용될 수 있다. 따라서, 단일 셀 데이터 획득 모듈들(120-1 내지 120-K)로부터의 ToF 심도 평가들 및 대응하는 ToF 신뢰도 평가들이 이하의 방식으로 처리될 수 있다. T_0 은 (x,y,z) 트리플의 세트를 포함하는 ToF 심도 이미징 정보를 나타내고, 여기서 (x,y)는 ToF 센서 셀의 위치를 나타내며, z는 ToF 위상 정보를 이용하여 얻어진 위치 (x,y)에서의 심도 값이다. 세트 T_0 은 임계값 기반 판정 규칙을 이용하여 ToF 심도 맵 결합 모듈(506)에서 형성될 수 있다.

[0085]
$$T_0 = \{(x,y, D_{ToF}(x,y)) : Rel_{ToF}(x,y) > Threshold_{ToF}\}$$

[0086] 전술한 SL 경우에서와 같이, 다양한 상이한 유형의 신뢰도 평가들 $Rel_{ToF}(x,y)$ 및 임계값들 $Threshold_{ToF}$ 가 이용될 수 있다. T_0 에 기초하여, 매트릭스 T_1 을 포함하는 ToF 심도 맵이 결합 모듈(506)에서 구성되고, 매트릭스 T_1 은 대응하는 (x,y) 위치들에서 z 값들을 포함하고, 모든 다른 위치들에서 0들을 포함한다.

[0087] 도 2 또는 도 3에 도시된 바와 같이 배열된 센서 셀들을 갖는 단일의 공통 센서(108)의 이용을 가정하면, ToF

센서 셀들의 수는 SL 센서 셀들의 수보다 훨씬 크고, 따라서, 매트릭스 T_1 은 매트릭스 D_1 과 같은 스파스(sparse) 매트릭스가 아니다. D_1 에서보다 T_1 에서 더 적은 0 값들이 존재하므로, T_1 은 ToF 및 SL 심도 맵들이 심도 맵 병합 모듈(510)에서 병합되기 전에 전처리(508)에서 보간 기반 재구성을 겪게 된다. 이러한 사전프로세싱은 특히 T_1 에서 0들을 포함하는 위치들에 대한 심도 값들을 재구성하는 것을 포함한다.

[0088] 본 실시예에서의 보간은 T_1 에서의 그 위치에서 0을 갖는 특정 픽셀을 식별하고, 특정 셀에 대한 픽셀들의 이웃을 식별하고, 픽셀들의 이웃에서의 각각의 픽셀들의 심도 값들에 기초하여 특정 픽셀에 대한 심도 값을 보간하는 것을 포함한다. 이러한 프로세스는 T_1 에서의 0 심도 값 픽셀들 각각에 대해 반복된다.

[0089] 도 6은 ToF 심도 맵 매트릭스 T_1 에서의 0 심도 값 픽셀 주변의 픽셀 이웃을 도시한다. 이러한 실시예에서, 픽셀 이웃은 특정 픽셀 p 를 둘러싸는 8개의 픽셀들(p_1 내지 p_8)을 포함한다.

[0090] 예로써, 특정 픽셀 p 에 대한 픽셀들의 이웃은 픽셀 p 의 n 개의 이웃들의 세트 S_p 를 예시적으로 포함한다.

[0091]
$$S_p = \{p_1, \dots, p_n\}$$

[0092] 여기서, n 개의 이웃들 각각은 불균등을 만족시킨다.

[0093]
$$\|p - p_i\| < d$$

[0094] 여기서, d 는 임계값 또는 이웃 반경이고, $\| \cdot \|$ 는 x-y 평면에서의 픽셀들 p 와 p_i 사이의, 그들 각각의 중심들 사이에서 측정된 유클리드 거리(Euclidian distance)를 나타낸다. 이러한 예에서는 유클리드 거리가 이용되지만, 맨하튼 거리 매트릭, 또는 보다 일반적으로 p-놈(norm) 거리 매트릭과 같은 다른 유형의 거리 매트릭들이 이용될 수 있다. 원의 반경에 대응하는 d 의 예가 도 6에서, 픽셀 p 의 8-픽셀 이웃에 대해 도시된다. 그러나, 많은 다른 기술들이 각각의 특정한 픽셀들에 대한 픽셀 이웃들을 식별하는데 이용될 수 있음을 이해해야 한다.

[0095] 도 6에 도시된 픽셀 이웃을 갖는 특정 픽셀 p 의 경우, 해당 픽셀에 대한 심도 값 z_p 는 각각의 이웃하는 픽셀들의 심도 값들의 평균으로서 계산되거나,

[0096]
$$z_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i$$

[0097] 또는, 각각의 이웃하는 픽셀들의 심도 값들의 메디안(median)으로서 계산될 수 있다.

[0098]
$$z_p = \text{median}_{i=1}^n (z_i)$$

[0099] 위에서 이용된 평균 및 메디안은 본 발명의 실시예들에서 적용될 수 있는 단지 예시적인 2개의 가능한 보간 기술들이며, 본 기술 분야의 당업자에게 알려진 많은 다른 보간 기술들이 평균 또는 메디안 보간 대신에 이용될 수 있음을 이해할 것이다.

[0100] SL 심도 맵 결합 모듈(502)로부터의 SL 심도 맵 D_1 은 또한, SL 심도 맵 전처리(504)에서, 하나 이상의 사전프로세싱 동작을 겪을 수 있다. 예를 들어, ToF 심도 맵 T_1 에 대해 진술한 유형의 보간 기술들은, 일부 실시예들에서 SL 심도 맵 D_1 에도 적용될 수 있다.

[0101] SL 심도 맵 사전프로세싱의 다른 예로서, SL 심도 맵 D_1 은 병합된 심도 맵의 원하는 크기에 대응하는 $M_D \times N_D$ 픽셀들의 해상도를 갖고, ToF 심도 맵 결합 모듈(506)로부터의 ToF 심도 맵 T_1 은 $M_{ToF} \times N_{ToF}$ 픽셀들(여기서, $M_{ToF} \leq M_D$ 및 $N_{ToF} \leq N_D$)의 해상도를 갖는 것으로 가정한다. 이러한 경우, ToF 심도 맵 해상도는, 선형(bilinear) 또는 큐빅(cubic) 보간에 기초한 업샘플링 기술을 포함하는 다수의 잘 알려진 이미지 업샘플링 기술들 중 임의의 것을 이용하여 SL 심도 맵의 해상도에 실질적으로 매칭되도록 증가될 수 있다. SL 및 ToF 심도 맵들 중 하나 또는 둘다의 크로핑(cropping)이, 필요한 경우 심도 맵 리사이징 이전 또는 이후에 적용되어, 원하는 종횡비(aspect ratio)를 유지할 수 있다. 그러한 업샘플링 및 크로핑 동작들은, 본 명세서에서 심도 이미지 사전프로세싱 동작들로서 보다 일반적으로 지칭되는 것의 예들이다.

[0102] 본 실시예에서의 심도 맵 병합 모듈(510)은 사전프로세싱된 SL 심도 맵 및 사전프로세싱된 ToF 심도 맵을 수신하며, 이들 둘다 실질적으로 동일한 크기 또는 해상도를 갖는다. 예를 들어, 전술한 바와 같은 업샘플링 이후에 ToF 심도 맵은 $M_b \times N_b$ 의 원하는 병합된 심도 맵 해상도를 갖고 어떠한 픽셀도 손실되는 심도 값들을 갖지 않는 반면, SL 심도 맵은 동일한 해상도를 갖지만 손실된 심도 값들을 갖는 일부 픽셀들을 가질 수 있다. 그 다음, 이러한 2개의 SL 및 ToF 심도 맵들은 이하의 예시적인 프로세스를 이용하여 모듈(510)에서 병합될 수 있다.

[0103] 1. SL 심도 맵 D_1 에서의 각각의 픽셀 (x,y) 에 대해, D_1 에서의 (x,y) 의 고정된 픽셀 이웃에 기초하여 표준 심도 편차 $\sigma_D(x,y)$ 를 평가한다.

[0104] 2. ToF 심도 맵 T_1 에서의 각각의 픽셀 (x,y) 에 대해, T_1 에서의 (x,y) 의 고정된 픽셀 이웃에 기초하여 표준 심도 편차 $\sigma_T(x,y)$ 를 평가한다.

[0105] 3. 표준 편차 최소화 방안을 이용하여 SL 및 ToF 심도 맵들을 병합한다.

[0106]
$$z(x,y) = \begin{cases} D_1(x,y), & \sigma_D(x,y) < \sigma_T(x,y) \text{인 경우} \\ T_1(x,y), & \text{그 외} \end{cases}$$

[0107] 대안적인 방안은 가능하게는 마르코프 랜덤 필드들(Markov random fields)에 기초한 초해상도 기술을 적용하는 것이다. 이러한 유형의 방안의 실시예들은 "Image Processing Method and Apparatus for Elimination of Depth Artifacts" 라는 명칭의 러시아 특허 출원 대리인 문서 번호 L12-1346RU1에 보다 상세히 기술되어 있으며, 이것은 공동으로 양도되어 본 명세서에서 참조로 인용되고, 심도 맵 또는 다른 유형의 심도 이미지에서의 심도 아티팩트들이 실질적으로 제거되거나 또는 그렇지 않은 경우 특히 효율적인 방식으로 감소되도록 할 수 있다. 하나의 그러한 실시예에서의 초해상도 기술은 하나 이상의 잠재적으로 결함이 있는 픽셀들의 심도 정보를 재구성하는데 이용된다. 본 발명의 실시예들에서 사용하기 위해 적용될 수 있는 초해상도 기술들에 관한 추가적인 세부사항들은, 예를 들면, J. Diebel 등에 의한, "An Application of Markov Random Fields to Range Sensing" 이라는 명칭의 NIPS, MIT Press, pp. 291-298, 2005 문헌 및 Q. Yang 등에 의한 "Spatial-Depth Super Resolution for Range Images" 라는 명칭의 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2007 문헌에서 찾을 수 있으며, 이들 두 문헌은 본 명세서에서 참조로 인용된다. 그러나, 위의 내용은 본 발명의 실시예들에서 이용될 수 있는 초해상도 기술들의 예에 불과한 것이다. 본 명세서에서 이용된 "초해상도 기술" 이라는 용어는, 가능하게는 하나 이상의 다른 이미지들을 이용함으로써, 주어진 이미지의 해상도를 개선할 수 있는 기술들을 포함하도록 넓게 해석되도록 의도한다.

[0108] 일부 실시예들에서 캘리브레이션이 이용될 수 있음을 주지해야 한다. 예를 들어, 2개의 분리된 센서들(108)을 이용하여 각각의 SL 및 ToF 심도 맵들을 생성하는 실시예에서, 2개의 센서는 서로에 대하여 고정된 위치에 있으며, 이하의 방식으로 캘리브레이션된다.

[0109] 먼저, 각각의 센서를 이용하여 SL 및 ToF 심도 이미지들이 얻어진다. 다수의 대응하는 포인트들, 즉, 통상적으로 적어도 4개의 그러한 포인트들이 이미지들에서 위치 결정된다. 그러한 포인트들의 갯수로서 m 을 나타내고, SL 심도 이미지로부터의 m 포인트들 각각에 대한 x, y, z 좌표들을 포함하는 $3 \times m$ 매트릭스로서 D_{xyz} 를 정의하고, ToF 심도 이미지로부터의 대응하는 m 포인트들 각각에 대한 x, y, z 좌표들을 포함하는 $3 \times m$ 매트릭스로서 T_{xyz} 를 정의한다. A 및 TR 을, 최소 평균 제곱 의미에서 최적으로서 결정된, 아핀(affine) 변환 매트릭스 및 트랜스레이션 벡터로서 각각 나타낸다. 여기서, 아래와 같이 된다.

[0110]
$$T_{xyz} = A \cdot D_{xyz} + TR$$

[0111] 매트릭스 A 및 벡터 TR 은 이하의 최적화 문제의 해결책으로서 발견될 수 있다.

[0112]
$$R = \|A \cdot D_{xyz} + TR - T_{xyz}\|^2 \rightarrow \min$$

[0113] 엘리먼트-와이즈(element-wise) 표기법을 이용한다. 즉, $A = \{a_{ij}\}$ (여기서, $(i,j) = (1,1) \dots (3,3)$) 및 $TR = \{tr_k\}$ (여기서, $k = 1, \dots, 3$)이다. 최소 평균 제곱들 의미에서의 이러한 최적화 문제의 해결책은, 12개의 변수들 및 $12m$ 의 방정식들을 포함하는 아래의 선형 방정식의 시스템에 기초한다.

$$dR/da_{ij} = 0, \quad i=1,2,3, \quad j=1,2,3,$$

[0114]

$$dR/dtr_k = 0, \quad k=1,2,3$$

[0115]

다음의 캘리브레이션 단계는 SL 심도 맵 D_1 을 ToF 심도 맵 T_1 의 좌표 시스템으로 변환하는 것이다. 이것은 다음과 같이 이미 알려진 A 및 TR 아핀 변환 파라미터들을 이용하여 수행될 수 있다.

[0116]

$$D_{1xyz} = A \cdot D_{xyz} + TR$$

[0117]

D_{1xyz} 에서의 픽셀들의 결과적인 (x,y) 좌표들이 항상 정수들은 아니지만, 보다 일반적으로 유리수이다. 따라서, 그러한 유리수 좌표들은, 가능하게는 가장 근접한 이웃들 또는 다른 기술들에 기초한 보간을 이용하여, 해상도 $M_b \times N_b$ 를 갖는 ToF 이미지 T_1 의 등거리 직교 정수 격자 포인트들을 포함하는 정규 그리드로 맵핑될 수 있다. 그러한 맵핑 이후에, 정규 그리드에서의 일부 포인트들은 채워지지 않은 채 유지될 수 있지만, 이러한 결과적인 공극의 격자는 초해상도 기술의 응용에 대해 중요한 것은 아니다. 그러한 초해상도 기술은 해상도 $M_b \times N_b$ 를 가지며, 가능하게는 하나 이상의 0 심도 픽셀 위치들을 갖는 SL 심도 맵 D_2 를 얻기 위해 적용될 수 있다.

[0118]

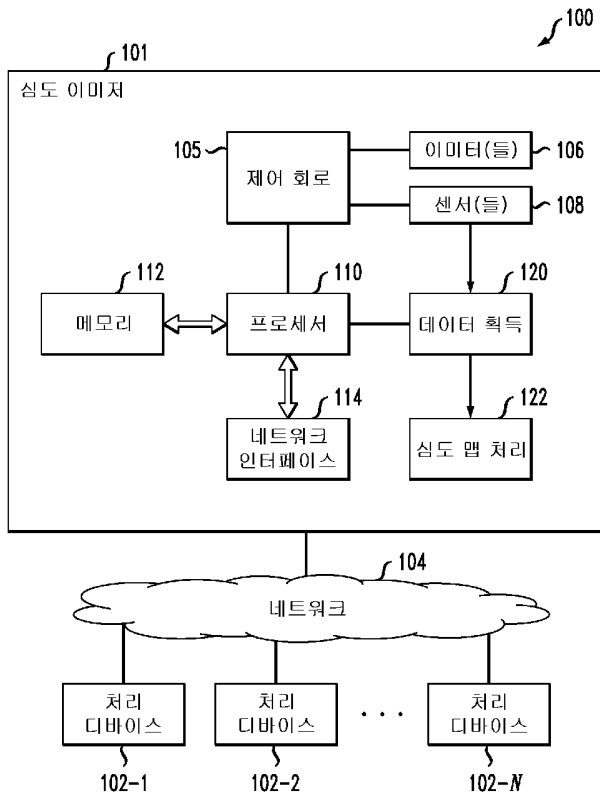
다양한 대안적인 캘리브레이션 프로세스들이 이용될 수 있다. 또한, 다른 실시예들에서는 캘리브레이션이 적용될 필요가 없다.

[0119]

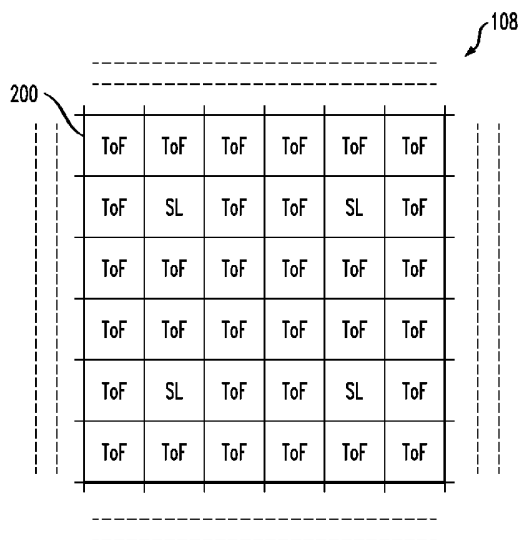
다시, 본 명세서에서 기술된 바와 같은 본 발명의 실시예들은 단지 예시를 위한 것임을 강조한다. 예를 들어, 본 발명의 다른 실시예들이 본 명세서에서 기술된 특정 실시예들에서 이용된 것보다 매우 다양한 상이한 유형 및 배열의 이미지 처리 시스템, 심도 이미저, 심도 이미징 기술, 센서 구성, 데이터 획득 모듈 및 심도 맵 처리 모듈을 이용하여 구현될 수 있다. 또한, 특정 실시예들을 기술하는 문맥으로 본 명세서에서 행해진 특정한 가정들이 다른 실시예들에서 적용될 필요는 없다. 당업자라면, 이하의 청구항들의 영역 내에 있는 이들 및 많은 다른 대안적인 실시예들을 쉽게 이해할 수 있다.

도면

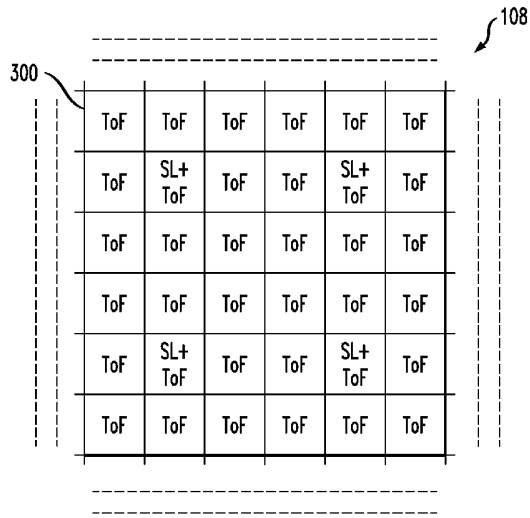
도면

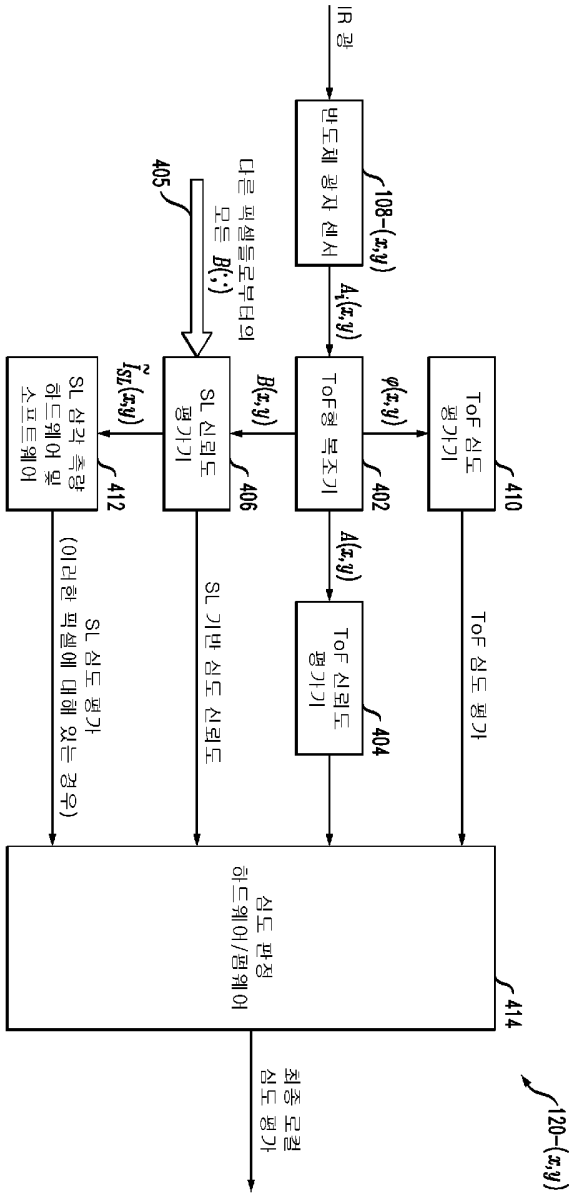


도면



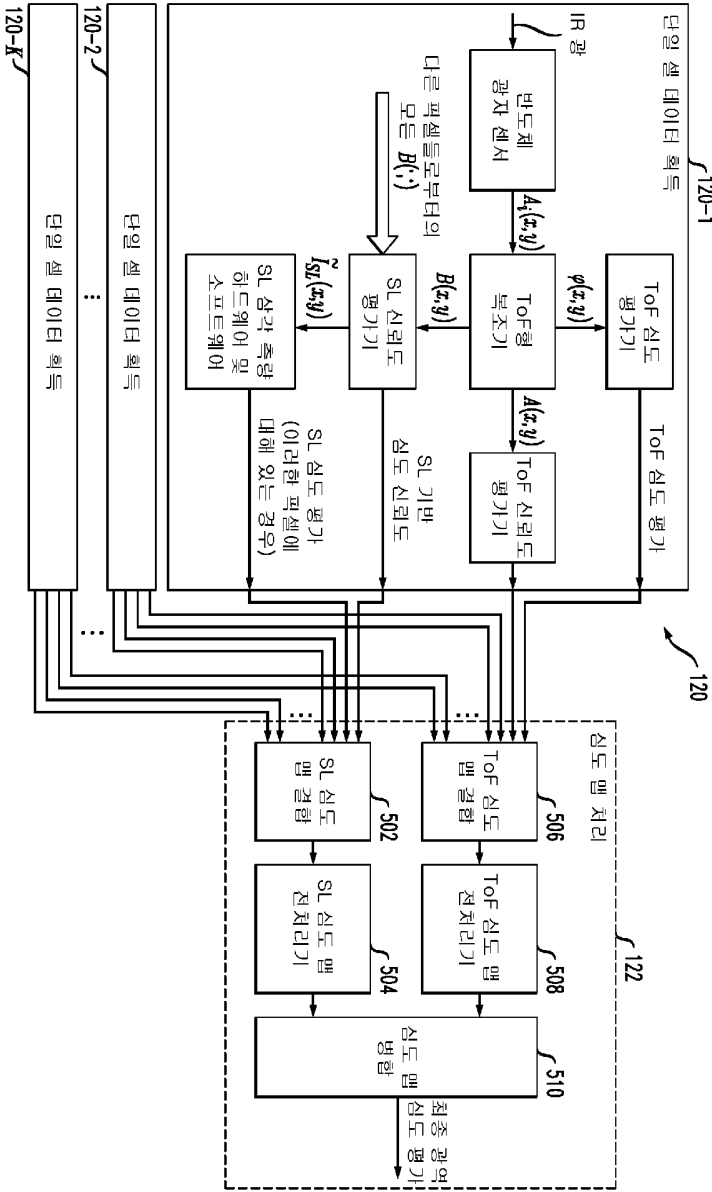
도면3





도 12

도 120



도 121

