



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0023110
(43) 공개일자 2017년03월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/521 (2017.01) G01B 11/25 (2006.01)
G06T 7/593 (2017.01) H04N 13/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06T 7/521 (2017.01)
G01B 11/2513 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7001724
(22) 출원일자(국제) 2015년06월25일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2017년01월19일
(86) 국제출원번호 PCT/US2015/037564
(87) 국제공개번호 WO 2016/003745
국제공개일자 2016년01월07일
(30) 우선권주장
14/319,641 2014년06월30일 미국(US)

(71) 출원인
마이크로소프트 테크놀로지 라이선싱, 엘엘씨
미국 워싱턴주 (우편번호 : 98052) 레드몬드 원
마이크로소프트 웨이
(72) 발명자
코우들 아다르쉬 프라카쉬 머시
미국 워싱턴주 98052-6399 레드몬드 원 마이크로
소프트 웨이 엘씨에이 - 인터내셔널 페이턴츠
(8/1172) 마이크로소프트 테크놀로지 라이선싱,
엘엘씨 내
젤리스키 리차드 에스.
미국 워싱턴주 98052-6399 레드몬드 원 마이크로
소프트 웨이 엘씨에이 - 인터내셔널 페이턴츠
(8/1172) 마이크로소프트 테크놀로지 라이선싱,
엘엘씨 내
(74) 대리인
김태홍, 김진희

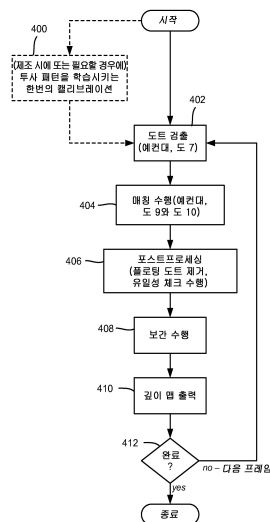
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 다중뷰 스테레오 및 캘리브레이션된 프로젝터를 이용한 깊이 추정

(57) 요약

본 개시내용은 공지된 투사 패턴을 이용하여 스테레오(또는 다른 카메라 기반) 깊이 검출을 보다 강력하게 하기 위한 것이다. 각각의 깊이에서의 매칭 신뢰도 스코어를 결정하기 위해, 캡처된 이미지에서 도트가 검출되어 상이한 깊이에서의 공지된 투사 패턴과 비교된다. 신뢰도 스코어는, 서브픽셀 해상도에 있을 수 있는 각각의 도트 위치에서 깊이를 결정하기 위한 베이스로서 이용될 수 있다. 또한 신뢰도 스코어는 도트 위치에 대응하는 픽셀 사이에 있는 픽셀에 대한 깊이 값을 찾기 위해 픽셀 깊이를 보간하는 가중치 등에 대한 베이스로도 이용될 수 있다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

G06T 7/593 (2017.01)

H04N 13/0271 (2013.01)

H04N 9/3191 (2013.01)

H04N 9/3194 (2013.01)

G06T 2207/10048 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

시스템에 있어서,

광 패턴이 프로젝터에 대해 공지되어 있고, 상이한 깊이에서의 도트 위치를 나타내는 투사 도트 패턴 데이터(projected dot pattern data)로서 유지되는, 도트의 광 패턴을 장면(scene)을 향해 투사하는 프로젝터와,

각각, 상기 프로젝터에 대해 고정되고, 상기 장면의 동기화된 이미지를 상이한 관점에서 캡처하도록 구성되는 복수의 카메라와,

상기 동기화된 이미지 각각에서 캡처된 도트에 대한 도트 위치를 결정하고, 상기 동기화된 이미지 각각에서 각각의 도트 위치마다 상이한 깊이에 대응하는 신뢰도 스코어(confidence score)의 세트를 산출하도록 구성되는 깊이 추정기(depth estimator)

를 포함하고,

각각의 신뢰도 스코어는 상기 투사 도트 패턴 데이터 및 각각의 동기화된 이미지에서의 도트 위치와의 매칭 관계에 기초하며, 상기 깊이 추정기는 또한, 상기 신뢰도 스코어에 기초하여 각각의 도트 위치에서 깊이를 추정하도록 구성되는 것인 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 각각의 도트 위치는 서브픽셀 위치에 대응하는 것인 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 각각의 신뢰도 스코어는 도트 위치와 상기 투사 도트 패턴 데이터 사이에서 매칭하는 인접부(neighbor)의 수에 기초하는 것인 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 각각의 신뢰도 스코어는, 캡처된 도트의 위치를 나타내는 벡터와, 상이한 깊이에서의 상기 투사 도트 패턴 데이터를 나타내는 패턴 벡터의 세트에 기초하는 것인 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 캡처된 도트의 위치를 나타내는 벡터는 상기 캡처된 도트의 위치를 둘러싸는 인접부를 나타내는 비트 벡터를 포함하고, 상기 패턴 벡터의 세트는 상이한 깊이에서의 상기 투사 도트 위치를 둘러싸는 인접부를 나타내는 비트 벡터를 포함하며, 상기 신뢰도 스코어의 세트는, 상기 상이한 깊이에서의 상기 투사 도트 위치를 둘러싸는 인접부를 나타내는 비트 벡터의 세트에 대한 상기 캡처된 도트 위치를 둘러싸는 인접부를 나타내는 비트 벡터의 근접성(closeness)에 기초하는 것인 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 깊이 추정기는 또한, 통계적 정보에 기초하여 적어도 하나의 도트를 제거하도록 구성되는 것인 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 추정기는 또한, 특정 픽셀에 대한 상충하는 깊이를 체크하고, 상충하는 깊이가 검출될 때에 상기 픽셀에 대한 신뢰도 스코어에 기초하여 하나의 깊이를 선택하도록 구성되는 것인 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 깊이 추정기는 또한, 상기 도트 위치 사이에 있는 픽셀에 대한 깊이 값을 보간하도록 구

성되는 것인 시스템.

청구항 9

머신 구현 방법에 있어서,

이미지 내에서 서브픽셀 해상도에 있는 도트 위치를 결정하기 위해, 프로세싱 디바이스에 의해, 이미지를 프로세싱하는 단계와,

각각의 깊이에서의 프로젝터 패턴 데이터와의 도트 위치 데이터의 매칭에 기초하여 그 깊이에서의 신뢰도 스코어를 결정하기 위해 상이한 깊이에서의 공지된 프로젝터 패턴 데이터에 액세스하는 것을 포함하는, 상기 프로세싱 디바이스에 의해, 각각의 도트 위치마다 깊이 데이터를 산출하는 단계와,

상기 프로세싱 디바이스에 의해, 복수의 픽셀의 각각의 픽셀마다, 그 픽셀과 연관된 상기 도트의 서브픽셀 위치에 대한 신뢰도 스코어에 기초하여 깊이 값을 결정하는 단계와,

상기 프로세싱 디바이스에 의해, 상기 깊이 값과 연관된 픽셀 사이에 있는 픽셀에 대한 깊이 값을 보간하는 단계

를 포함하는 머신 구현 방법.

청구항 10

실행 시에 동작들을 수행하는 실행 가능한 명령어를 갖는 하나 이상의 머신 판독 가능한 디바이스 또는 머신 로직에 있어서,

상기 동작들은,

이미지에서 도트 위치를 결정하기 위해 투사 도트에 의해 조사되는 장면을 각각 캡처하는 적어도 2개의 동기화된 이미지를 프로세싱하는 것을 포함하는, 복수의 픽셀의 각각마다 깊이 데이터를 추정하는 동작과,

각 이미지에서의 각각의 도트 위치마다, 도트 관련 데이터(dot-related data)가 상이한 깊이에서의 공지된 투사 도트 패턴 데이터와 얼마나 잘 매칭하는지를 나타내는 신뢰도 스코어를 결정하고, 상기 깊이 데이터를 추정하기 위해 상기 신뢰도 스코어를 이용하는 동작

을 포함하는 것인 하나 이상의 머신 판독 가능한 디바이스 또는 머신 로직.

발명의 설명

배경 기술

[0001] 카메라 기반의 깊이 감지는 광 패턴을 장면(scene)에 투사한 다음 이미지 프로세싱을 이용하여 그 장면 내의 각각의 픽셀마다 깊이를 추정하는 것이다. 예를 들어, 스테레오 깊이 감지 시스템에서는, 텍스처(texture)를 제공하기 위해 (랜덤일 수 있는) 광 패턴을 장면에 투사하고, 2개의 스테레오 카메라로 하여금 상이한 관점으로부터 2개의 이미지를 캡처하게 함으로써 통상 깊이 감지가 달성된다. 그리고, 예를 들어 이미지의 스테레오 쌍으로 깊이 추정을 행할 수 있는 한가지 방법은 이미지 간의 로컬 패치의 연관성(correspondence)을 찾는 것이다. 매칭되면, 이미지 내의 투사 패턴은 서로 상관될 수 있고, 상관된 도트의 하나 이상의 특징 간의 디스패리티(disparity)는 그 특정 도트 쌍까지의 깊이를 추정하는데 사용될 수 있다.

[0002] 2개의 카메라를 사용하는 것 대신에, 공지된 광 패턴이 장면에 투사되면, 단일 카메라로 취득된 이미지와 함께 공지된 패턴이 깊이를 추정하는데 이용될 수 있다. 일반적으로, 카메라 이미지를 프로세싱하여, 장면 내의 오브젝트의 깊이를 나타내는, 공지된 패턴에 관한 디스패리티(disparity)를 찾는다.

발명의 내용

[0003] 본 개요는 상세한 설명에서 또한 후술하는 다양한 대표적인 개념들을 간략화한 형태로 소개하기 위해 제공된다. 본 개요는 청구범위의 발명의 대상이 되는 주요 특징 또는 본질적 특징을 확인하기 위한 것이 아니며, 청구범위의 발명의 대상의 범위를 한정하는 데에 어떤 식으로도 이용되어서도 안 된다.

[0004] 간략히 말하면, 본 명세서에서 설명하는 발명의 대상의 다양한 양태들 중 하나 이상은, 이미지에서 도트 위치를 결정하기 위해 투사 도트(projected dot)에 의해 조사되는 장면을 각각 캡처하는 이미지를 프로세싱하는 것을

포함하는, 복수의 픽셀의 각각마다 깊이 데이터를 추정하는 것에 관한 것이다. 각각의 도트 위치마다, 공지된 투사 도트 데이터가 상이한 깊이에서의 도트 관련 데이터와 얼마나 잘 매칭하는지를 나타내는 신뢰도 스코어(confidence score)가 결정되어 깊이 데이터를 추정하는데 이용된다.

[0005] 다른 효과는 이하의 상세한 설명으로부터 도면과 함께 고찰될 때에 분명해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0006] 본 발명은 예시적으로 설명되며, 유사한 참조 번호가 유사한 엘리먼트를 가리키는 첨부 도면에 제한되지 않는다.

도 1은 하나 이상의 예시적인 구현예에 따라, 광 패턴을 투사 및 캡처하여, 공지된 투사 패턴 데이터와의 매칭을 통해 깊이를 결정하도록 구성될 수 있는 예시적인 컴포넌트를 나타내는 블록도이다.

도 2와 도 3은 하나 이상의 예시적인 구현예에 따라, 장면에 도트를 투사하여 캡처된 이미지 데이터를 공지된 투사 패턴 이미지와 매칭시킴으로써 깊이를 결정하는 예를 나타내는 도면이다.

도 4는 하나 이상의 예시적인 구현예에 따라, 공지된 투사 패턴 데이터에 기초하여 깊이 맵을 결정할 때에 이용되는 예시적인 단계들을 나타내는 흐름도이다.

도 5는 하나 이상의 예시적인 구현예에 따라, 서브픽셀 해상도에서 도트 피크 위치를 결정하는데 투사 도트가 어떻게 이용될 수 있는지를 나타내는 도면이다.

도 6은 하나 이상의 예시적인 구현예에 따라, 도트 관련 데이터가 어떻게 데이터 구조로 압축될 수 있는지를 나타내는 도면이다.

도 7은 하나 이상의 예시적인 구현예에 따라, 도트 피크 위치를 결정하는데 이용될 수 있는 예시적인 단계들을 나타내는 흐름도이다.

도 8은 하나 이상의 예시적인 구현예에 따라, 깊이 데이터를 결정하기 위해 예측 도트 위치를 공지된 투사 도트 패턴 위치와 매칭시킬 때에 투사선(projected ray)에서 기인한 도트가 어떻게 이용될 수 있는지를 나타내는 도면이다.

도 9는 하나 이상의 예시적인 구현예에 따라, 상이한 깊이에서의 매칭 (신뢰도) 스코어를 결정하기 위해 각각의 투사 도트에 대해 각각의 이미지 캡처된 도트를 평가하는데 이용될 수 있는 예시적인 단계들을 나타내는 흐름도이다.

도 10은 하나 이상의 예시적인 구현예에 따라, 매칭이라고 간주되기에 도트 피크가 충분히 가까운지의 여부를 결정하는데 이용될 수 있는 예시적인 단계들을 나타내는 흐름도이다.

도 11은 하나 이상의 예시적인 구현예에 따라, 깊이 산출이 준폐색 이미지(semi-occluded image)에 얼마나 강력할 수 있는지를 나타내는 도면이다.

도 12는 하나 이상의 예시적인 구현예에 따라, 보간이 어떻게 상이한 깊이에서의 신뢰도 스코어에 기초할 수 있는지를 나타내는 도면이다.

도 13은 여기에 설명하는 다양한 실시형태들의 하나 이상의 양태가 구현될 수 있는, 게이밍 시스템의 형태로, 예로 드는 비제한적인 컴퓨팅 시스템 또는 동작 환경을 나타내는 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0007] 여기에 설명하는 기술의 다양한 양태들은, 장면에 투사되는 공지된 광 패턴을 갖는 것과, (다른 기술에 비해) 대체로 보다 정확하고 믿을 수 있는 깊이 추정을 제공하기 위해 캡처된 이미지 및 공지된 패턴에 대해 이미지 프로세싱을 이용하는 것에 관한 것이다. 또한 이 기술은 픽셀보다는 도트에 대한 계산(enumerating), 3안렌즈(trinocular)(또는 3-웨이 이상의) 매칭, 서브픽셀 해상도의 이용, 및 신뢰도 기반의 보간 등의, 여기에 설명하는 하나 이상의 다양한 기술을 활용한다. 광 패턴은, 그 광 패턴이 계획된 패턴으로 또는 랜덤한(그러나 그 후에는 변하지 않는) 패턴으로 생성되는지의 여부에 관계 없이, 미리, 예컨대 제조 시에 캘리브레이션되거나 사용자가 행한 캘리브레이션 동작에서 학습되는 공지된 고정형 구조일 수 있다.

[0008] 일 양태에 있어서, 2개 이상의 카메라가 장면의 이미지를 캡처하는데 이용된다. 예를 들어, 좌우의 스테레오 카

메라로, 공지된 광 패턴과 함께 2개의 캡처된 이미지가, 깊이를 나타내는 디스패리티를 결정하기 위해 3-웨이 매칭 기술과 함께 이용될 수 있다. 다시 말해, 공지된 패턴, 좌측 이미지 및 우측 이미지가, 각각의 투사/캡처된 도트의 디스패리티에 기초한 깊이를 추정하는데 이용될 수 있다. 장면을 시찰하는 다수의 카메라를 구비하는 것은, 깊이 추정의 불확실성을 극복하게 하고, 미스매칭을 감소시키는 것을 돕는다. 또한, 이 기술은, 적어도 하나의 카메라가 장면을 시찰하고 프로젝터에 대한 이 카메라의 위치가 알려져 있다면, 카메라의 고장(failure)에 강력하여 (통상 신뢰성은 떨어지겠지만) 계속해서 깊이를 추정한다.

[0009] 보다 정확한 서브픽셀 디스패리티가 주어진다면, 서브픽셀 정확성에 따라 도트의 위치를 추정하는 것을 포함하는, 도트 검출 프로세스가 이용될 수 있다. 이것은 보다 정확한 매칭을 위한 것이며 디스패리티를 이산화하는 것을 피한다.

[0010] 산출된 매칭 스코어(예컨대, 픽셀마다 추정된 깊이의 신뢰도에 각각 대응)를, 픽셀에 대해 추정된 도트 기반의 깊이를 갖지 않고 픽셀에 대해 깊이를 산출하는데 이용하는 보간이 이용될 수 있다. 예를 들어, 각각의 깊이에서의 신뢰도는 보간 연산에서 가중치로서 이용될 수 있다. 이것은, 컬러(예컨대, RGB) 이미지 및 깨끗한(clean) IR 이미지에 기초한 예지 기반의 데이터 등의, 가능하다면 다른 데이터와 함께, 보간을 위한 가이드로서 역할한다.

[0011] 여기에서의 예들은 전부 비제한적인 것임을 이해해야 한다. 예를 들어, 여기에서 일반적으로 예시하는 투사 광 패턴은 대체로 원형의 도트를 포함하지만, 투사 도트는 임의의 형상에 속할 수도 있다(도트 등의 2차원의 투사 형상이 스트라이프 등의 1차원의 투사보다 더 정확한 매칭을 돕는 경향이 있기는 하다). 이처럼, 본 발명은 어떤 특정 실시형태, 양태, 개념, 구조, 기능 또는 여기에서 설명하는 예에 제한되지 않는다. 그보다는, 여기에서 설명하는 특정 실시형태, 양태, 개념, 구조, 기능 또는 여기에서 설명하는 예들은 전부 비제한적이며, 본 발명은 일반적으로 깊이 감지 및 이미지 프로세싱에서 다양하게 이용되어 장점 및 효과를 제공할 수 있다.

[0012] 도 1은 이미지 캡처링 시스템의 스테레오 카메라(102, 103)가 시간 동기화된(예컨대, 카메라가 "젠록 상태(genlocked)"임) 좌측 및 우측 스테레오 이미지(105)를 캡처하는 예시적인 시스템을 보여준다. 일 구현예에서는, 카메라(102, 103)가 적외선(IR) 이미지를 캡처하는데, IR은 장면의 시각적 외관에 영향을 미치지 않기 때문이다(이러한 면은 화상 회의 및 오브젝트 모델링 애플리케이션 등에서 대체로 유리하다). 쉽게 이해하겠지만, 스튜디오 환경 등의 일부 시나리오에서는, 2개보다 많은 수의 IR 깊이 감지 카메라가 존재할 수도 있다. 또한, 소정의 시스템에서는 RGB 카메라 등의 하나 이상의 다른 카메라도 존재할 수 있는데, 이러한 다른 카메라는 예컨대 깊이 추정을 돕는데 이용될 수 있다.

[0013] 도 1에서는, 장면에 도트의 패턴 등의 IR 패턴을 투사하는 프로젝터(106)를 나타내고 있지만, 다른 스팟 형상 및/또는 패턴 타입이 이용될 수도 있다. 간결함을 위해, 이하에서는 주로 도트를 설명한다. 패턴은 레이저 광을 장면에, 예컨대 도트 패턴으로서 분산시키는 회절성 광학 컴포넌트(회절성 광학 엘리먼트 또는 엘리먼트들의 조합)으로 설계(예컨대, 인코딩)될 수 있다. 전술한 바와 같이, 패턴은 계획적일 수도 또는 랜덤일 수 있으나, 캘리브레이션에 의해 학습된다.

[0014] 도 2와 도 3은 투사 개념을 예를 들어 설명하고 있다. 도 2에서는 스테레오 카메라(102, 103) 사이의 원으로서 표시되고, 도 3에서는 디바이스(334)에 통합된 회절성 광학 엘리먼트(332)에 결합된 레이저(330)로서 표현되는 프로젝터(106)는 도트 패턴을 장면(222; 도 2)에 투사한다. 캘리브레이션을 거쳐, 투사 도트 패턴(108)이 깊이 추정기(depth estimator)(110)에 공지되는데, 이 추정기는 이미지 프로세싱 시스템 또는 서브시스템(112)의 부분일 수 있다. 공지된 도트 패턴은 임의의 적합한 데이터 구조로 유지될 수 있고, 일 구현예에서는, 여러 개의 가능한 깊이에서의 각 도트의, (후술하는 바와 같은 서브픽셀 해상도에 있을 수 있는), 적어도 (x, y) 좌표를 추적하는데, 이것은 각 도트의 투사선(projected ray)을 저장하는 것에 대응한다. 대안은 각각의 도트를 비트 벡터로서 표시하는 것인데, 비트 벡터는 벡터로 마찬가지로 표시되는, 카메라 캡처된 도트와 벡터 매칭하는 인접부(neighbor)를 포함한다.

[0015] 카메라(102, 103)는 장면(222)과 (가능하다면) 배경 내의 오브젝트 표면에서 반사될 때의 도트를 캡처한다. 일반적으로, 캡처된 도트의 하나 이상의 특징은 반사 표면까지의 거리는 나타낸다. 도 2와 도 3(또는 본 명세서 내의 도면들 중 어느 것)은 실측으로 도시된 것도 아니며, 서로 동일한 장면을 표시하지도 않고, 어떤 사이즈, 거리, 도트 분포 패턴, 도트 밀도 등을 시사하지도 않는 것이 의도된다.

[0016] 프로젝터(106)의 배치는 카메라 외부에(예컨대, 도 1), 또는 카메라들 사이에(예컨대, 도 2와 도 3), 또는 카메라의 한쪽 또는 양쪽 위 또는 아래 등의 다른 위치에 있을 수 있음을 알아야 한다. 여기의 예들은 카메라 및/또

는 프로젝터가 서로에 대해 어디에 위치하는지에 대해 절대 제한하지 않으며, 마찬가지로, 카메라들은 서로에 대해 상이한 위치에 배치할 수도 있다. 그러나, 카메라와 프로젝터의 상대 위치는, 예컨대 제조 시에 결정되고/되거나 필요하다면 재측정 가능한 것으로 공지된다.

- [0017] 장면을 비교적 다수의 분산형 적외선 도트, 예컨대 통상 대략 수백 또는 수천개로 조사(illuminating)하여, 카메라(102, 103)는 장면 내의 임의의 오브젝트에 대한 적외선 이미지 데이터의 일부로서 텍스처 데이터를 캡처한다. 여기에 설명하겠지만, 좌측 및 우측 이미지 사이의 보다 정확한 도트 매칭을 돕기 위해, 공지된 도트 패턴과 함께, 이미지 내의 도트가 프로세싱된다.
- [0018] 일 구현예에 있어서, 예시적인 이미지 캡처링 시스템 또는 서브시스템(104)은 카메라 인터페이스(116)를 통해 카메라(102, 103)의 동작을 제어하는 컨트롤러(114)를 포함한다. 예시하는 컨트롤러(114)는 프로젝터 인터페이스(118)를 통해 프로젝터(106)의 동작도 제어할 수 있다. 예컨대, 카메라(102, 103)는 컨트롤러 신호(또는 각 카메라마다 상이한 신호) 등에 의해, 동시에 스테레오 이미지를 캡처하도록 동기화된다(철회된다). 프로젝터(106)는 턴온형 또는 턴오프형, 펄스형일 수도 있고, 다르게는 예컨대 제어 가능하게 변하는 하나 이상의 파라미터를 가질 수도 있다.
- [0019] 카메라(102, 103)에 의해 캡처된 이미지(105)는 이미지 프로세싱 시스템 또는 서브시스템(112)에 제공된다. 일부 구현예에 있어서, 이미지 프로세싱 시스템(112)과 이미지 캡처링 시스템 또는 서브시스템(104), 또는 이들의 부분은 단일 디바이스로 조합될 수도 있다. 예를 들어, 홈 엔터테인먼트 디바이스가 도 1에 도시한 컴포넌트(그 외에도 도시하지는 다른 것들)를 모두 포함할 수도 있다. 다른 구현예에서는, 카메라와 프로젝트 등의, 이미지 캡처링 시스템 또는 서브시스템(104)의 부분(또는 전부)이, 게이밍 콘솔, 개인용 컴퓨터, 모바일 디바이스, 전용 프로세싱 디바이스 및/또는 기타 동류에 연결되는 별도의 디바이스 내에 있을 수도 있다. 실제로, 이하에서는 이미지를 깊이 데이터에 프로세싱하는데 이용될 수 있는 한 환경으로서 게이밍 콘솔을 예로 든다.
- [0020] 이미지 프로세싱 시스템 또는 서브시스템(112)은 프로세서(120)와, 깊이 추정기(110) 등의 하나 이상의 이미지 프로세싱 컴포넌트를 포함하는 메모리(122)를 포함한다. 일 양태에 있어서, 깊이 추정기(110)는 깊이 데이터를 추정하기 위해 이미지뿐만 아니라 공지된 프로젝터 패턴(106)을 이용하는 3안렌즈 매칭 컴포넌트(trinocular matching component)(126) 등을 포함한다. 하나 이상의 깊이 맵(128)은 여기에 설명하는 바와 같이 깊이 추정기(110)를 통해 취득될 수 있다.
- [0021] 또한, 도 1에는, 예컨대 컴퓨터 프로그램, 키보드, 게임 컨트롤러, 디스플레이, 포인팅 디바이스, 음성 인식용 마이크, 및/또는 사용자가 애플리케이션과, 또는 깊이 맵을 이용하는 기타 등등과 상호작용하기에 적절한 동류의 디바이스를 접속시키기 위한, 이미지 프로세싱 시스템 또는 서브시스템(118)에의 인터페이스(132)도 도시되어 있다.
- [0022] 도 4는 단계 400에서, 이를테면 디바이스의 제조 시에 한번의 캘리브레이션 프로세스를 포함하는, 하나의 전체 프로세스의 예시적인 단계들을 보여주는 일반화된 흐름도이다. (캘리브레이션은 디바이스 소유자에 의해, 또는 시핑(shipping), 가열, 또는 기타 환경적 요인으로 드리프트가 발생하는 경우처럼 서비스를 위해 디바이스를 보냄으로써 반복될 수도 있다.)
- [0023] 깊이 맵 작성에 이용되는 예시적인 단계들은 이하에서 더 자세히 설명되며, 일반적으로, 단계 402에서 나타내는 바와 같이(그리고 도 7을 참조해서) 카메라에 의해 캡처된 도트의 위치를 찾아서 저장하는 도트 검출 프로세스를 포함한다. 카메라에 의해 캡처된 도트를 나타내는 데이터는, 일반적으로 단계 404에서 나타내는 바와 같이(그리고 도 9와 도 10을 참조해서), 공지된 투사 도트를 나타내는 데이터에 대해 매칭된다.
- [0024] 매칭 후에는, 일반적으로 이상치(anomaly)를 없애는 일부 포스트프로세싱(post-processing)이 단계 406에서 행해질 수 있다. 단계 408에서는 직접적인 도트 기반의 추정 깊이 값을 갖지 않는 픽셀에 대해, 예컨대 도트 사이에 있는 픽셀에 대해 깊이 값을 결정하기 위해 보간이 행해진다. 보간은, 직접적인 도트 기반의 추정 깊이 값을 갖는 인접한 픽셀의 신뢰도 스코어뿐만 아니라, 깊이가 픽셀마다 변할 가능성이 있는지의 여부—픽셀이 전경 오브젝트의 에지 넘을 수도 있기 때문에—를 계산에 넣는 에지 검출 등의 다른 기술에도 기초할 수 있다.
- [0025] 깊이 맵을 완성하는데 필요한 픽셀 깊이 값을 보간으로 채운 후에, 단계 410에서 깊이 맵을 출력한다. 이 프로세스는, 깊이 맵의 프레임이 더 이상 필요하지 않을 때까지, 예컨대 디바이스가 턴 오프될 때까지, 깊이 맵의 프레임을 원하는 애플리케이션이 단히거나 모드를 변경하거나 등등의 경우에 이를 때까지, 단계 412를 거쳐 적절한 프레임 레이트로 반복된다.
- [0026] 도트 검출과 관련하여, 일반적으로, 도트는 가우시안 원이나 블러링된 원(blurred circle)과 같은 소프트한 순

환 대칭 프로파일을 갖는다(정확한 형상은 실질적으로 중요하지 않다). 적외선 이미지에 있어서, 도트의 적어도 일부에 의해 조사되는 각 픽셀은 연관된 강도 값을 갖는다. 하나 이상의 구현예에 있어서, 각각의 입력 이미지는 블러링되는데, 예컨대 (이미지 프로세싱에서 공지되어 있는 바와 같이) 각 픽셀마다 1-2-1 필터가 사용되어 노이즈를 저감시킨다. 다음의 동작은, $s \times s$ 면적 내에서 각각의 픽셀을 비교하여 로컬 최대치인(또는 최대치에 필적하는) 픽셀을 찾기 위해 이미지에 대해 $s \times s$ 맥스 필터(max filter)(각 윈도우 위치에서 최대 강도 값을 찾는 슬라이딩 $s \times s$ 윈도우로서, 이 역시 이미지 프로세싱 분야에서 잘 알려져 있음)를 이용한다. s 에 대한 적절한 값은 5이다.

[0027] 이러한 로컬 최대 포인트마다, 그 강도에 대한 수평 및 수직의 3포인트 포물선 피트(parabolic fit)가 서브픽셀 피크 위치와 그 위치에서의 최대 (예컨대, 보간된) 값을 찾는 데 이용된다(즉, 보간은 피크가 서브픽셀에서 중심에 있지 않을 경우에 대해 조정하는데 이용될 수 있다. 픽셀(도 5의 부분적 이미지(550)의 정사각형으로 표시)에서 볼 수 있는 바와 같이, 이 도트 패턴에 대한 특징이 도트 피크 강도 위치이다. 이것은 서브픽셀 정확도 내에서 추정될 수 있다. 보다 구체적으로, 도 5에 나타내는 바와 같이, 더 미세한 그리드 그림(550)에 있는 X자형 크로스는 추정된 도트 중심을 나타내며, 픽셀은 점선에 의해 서브픽셀로 나누어져 있다. 각각의 추정된 중심이 서브픽셀에 대응한다. 예로 든 그리드 바깥에 있는 일부 추가 도트의 중심도 표시되어 있다(예컨대, 그리드가 더 큰 이미지의 일부일 수 있다).

[0028] 도 5는 해상도를 2배로 하기 위해 픽셀을 2×2 서브픽셀로 세분한 것임을 알아야 한다. 그러나, 더블 서브픽셀 해상도 대신에, 픽셀을 더 세분하여, 예컨대 각각 9개의 서브픽셀, 각각 16개의 서브픽셀 등으로 하여 훨씬 더 높은 해상도를 얻을 수도 있다(비(non)정사각 세분을 이용할 수도 있다).

[0029] 검출된 피크를 나타내는 데이터는, 각 피크마다 서브픽셀 위치와 피크 크기를 포함하고, 도트 매칭 시에, 매칭 스코어 등의 정보를 축적하는 추가 공간도 제공하는 데이터 구조로 저장될 수 있다. 하나 이상의 구현예에 있어서, 회절성 광학 엘리먼트의 구축으로, 피크는 d픽셀 이상 떨어져 있지 않고 그래서 더 작은 데이터 구조(셀 어레이를 포함하는 스토리지 이미지)가 이용될 수도 있다. 보다 구체적으로, 도 6에 도시하는 바와 같이, 압축 동작(660)에서는, 이미지(662)로부터 취득된 각 피크에 대한 데이터가, 이미지의 실제 위치를 d로 나누어서 최근 접 픽셀로 라운딩하여 산출된 빈(bin)에 입력되어, 압축된 이미지 구조(664)를 제공한다. 도 6의 셀의 그리드는 도 5에서와 같은 서브픽셀 그리드를 나타내는 것이 아니라, 그보다는, 피크를 갖지 않는 다수의 픽셀에 대한 스토리지를 유지할 필요성을 없앴으로써, 데이터 구조의 요구 사이즈를 압축할 수 있는 방법을 나타내는 것임을 알아야 한다.

[0030] 적합한 압축 파라미터는, 도트(피크) 사이의 공간을 가능한 한 많이 제거하기에 충분히 크지만, 2개의 다른 도트가 소형 셀에서 충돌하지 않을만큼 충분히 작은 것이다. 전술한 예에서는, 임의의 쌍의 피크들이 서로로부터 적어도 2픽셀만큼 떨어져 있기 때문에, 압축 인수 2가 사용되었다.

[0031] 도 7은 예시적인 도트 검출 프로세스를 정리한 것이며, 이 프로세스는 노이즈를 줄이기 위해 캡처된 이미지를 블러링하는 단계 703에서 시작된다. 도 7은 각 이미지, 예컨대 좌측 이미지와 우측 이미지에 대해 수행되며, 적어도 어느 정도까지는 동시에 수행될 수 있음을 알아야 한다. 단계 704는 피크를 찾기 위해 맥스 필터를 이용하는 것을 나타낸다.

[0032] 각 피크마다, 또는 로컬 최대 포인트에 대해, 단계 706, 708, 및 710에서는 피크의 서브픽셀 위치와, 그 위치에서의 (예컨대, 보간된) 강도 값을 포함하는, 대표 정보를 데이터 구조로 저장한다. 이것은, 도 6에 나타내는 바와 같이, 회절성 광학 엘리먼트의 설계 때문에, 통상 성긴 데이터 구조를 채운다. 단계 712에서는 데이터 구조를 압축하는데, 이에 대해서는 도 6을 참조해서 도시 및 설명한다.

[0033] 도트 피크를 찾고 이들을 압축된 데이터 구조로 저장하기 위해 이미지를 프로세싱하였으면, 매칭이 일어난다. 일 대안으로는 3안렌즈 도트 매칭이 이용된다. 각 픽셀을 프로세싱하는 것 대신에, 일 구현예에서는, 3안렌즈 매칭이 플레인 스위프 알고리즘(plane sweep algorithm)을 이용하여 레이저 도트 패턴 내의 각 도트에 대한 디스패리티를 추정한다. 프로젝터 패턴이 공지(캘리브레이션 동작 시에 산출되어 저장)되어 있기 때문에, 3안렌즈 도트 매칭은 도트마다 디스패리티를 추정하기 위해 공지된 패턴 내의 각 도트를 좌측 및 우측 이미지 양쪽과 매칭시킨다.

[0034] 일반적으로, 공지된 패턴의 경우, 상이한 깊이에서의 도트의 광선 (x, y) 위치는 미리 산출될 수도 있다. 도 8에 도시하는 바와 같이, 깊이가 D1에 있다면, 좌측 카메라 이미지는 (서브픽셀) 881L에서 대응하는 도트를 가져야 하고, 우측 카메라 이미지는 (서브픽셀) 881R에서 대응하는 도트를 가져야 하며, 깊이가 D2에 있다면, 이들

서브픽셀 위치는 각각 882L 및 882R로 시프트될 것이다. 각각의 가능한 깊이가 이용될 수도 있지만, 하나 이상의 구현예에서는, 깊이의 일부의 샘플링이 이용될 수도 있다. 예를 들면, 하나의 픽셀에 대해 변하는 깊이 변화가 이용될 수 있는데, 깊이 변화는 그 역깊이(inverse depth)에 관련될 수 있다.

[0035] 공지된 패턴에서 소정의 깊이 및 도트 위치에 대해, 각각의 이미지는, 그 깊이에서 예측되는 대응 위치에 도트를 갖고 있는지의 여부를 결정하는 것을 포함해, 각각의 이미지가 디스패리티 스위프(disparity sweep)로 프로세싱된다. 연산 효율성을 위해, 3-웨이 매칭이 타일 단위(tile-by-tile basis)로 동작할 수 있으며(그리고 타일은 2D 지원이 적절하게 집성될 수 있도록 늘려질 수도 있으며), 이 경우 각각의 타일은 그 자신의 디스패리티 스위프가 행해진다.

[0036] 일 구현예에 있어서, 디스패리티 스위프는 대역이 MatchTriplet structure에 대응하는 다중 대역 이미지(multi-band image)에서 매칭 달성 스코어(winning match score)를 반환한다.

```
[0037] struct MatchPair
[0038] {
[0039]     float score; // matching score (# similar neighbors)
[0040]     float d; // estimated disparity
[0041] };
[0042] struct MatchStack
[0043] {
[0044]     MatchPair curr; // newest match being considered
[0045]     MatchPair prev; // previous match
[0046]     MatchPair best; // best match so far
[0047] };
[0048] struct MatchTriplet
[0049] {
[0050]     MatchStack left; // match in left image
[0051]     MatchStack right; // match in right image
[0052]     MatchPair both; // match in both images
[0053] };
```

[0054] 도 9에 도시하는 바와 같이, 디스패리티 스위프는, 측정되어야 하는 최소 및 최대 깊이를 나타내는 디스패리티 스위프 범위 (dMin, dMax)가 지정된 모든 디스패리티에 대해 외측 반복(단계 902, 920 및 922)을 가진다. 디스패리티 스위프는 우측 및 좌측 이미지에 대한 중간 반복(단계 902, 920 및 922)과, 타일 내의 (x, y) 피크 셀에 대한 내측 반복(단계 906, 912 및 914)을 포함한다.

[0055] 일반적으로, 현재 깊이에 대해, 단계 908에서의 내측 루프는 투사 도트의 위치와 예측된 좌측 도트 위치에서 매칭이 있는지의 여부와, 마찬가지로 투사 도트의 위치와 예측된 우측 도트 위치에서 매칭이 있는지의 여부를 평가한다. 그러나, 대개 노이즈 때문에, 매칭이 있어야 하더라도, 정확한 위치에 있지 않을 수도 있고, 그렇기 때문에, 일 구현예에서는 인접부/인접한 픽셀 또는 서브픽셀도 평가된다.

[0056] 일반적으로, 유사한 인접부가 많을수록 매칭이 있다는 신뢰도도 높아진다. 인접부와 관련하여, 공간적으로 지원을 집성하기 위해, 양립 가능한 디스패리티를 가진 인접부의 스코어는, 예컨대 UpdateNeighbors 루틴을 호출함으로써 상승한다. 이 동작은, (각각의 피크의 인접한 거리 내에 있는) 인접부의 수가, 매칭 달성 결정이 기반으로 할 수 있는 스코어이기 때문에, 가능한 매칭들 사이를 명확하게 한다.

[0057] 도트를 패턴 데이터와 매칭시키는 대안적 방법(또는 추가 방법)은 각각의 캡처된 도트를 벡터로, 그리고 각각의 공지된 투사 도트를 벡터로 표시하는 것인데, 이들 벡터는 도트의 주변 인접부(픽셀 또는 서브픽셀 값)에 대한

데이터를 포함한다. 도트의 공지된 투사 패턴에 대한 벡터 표시는 미리 산출되어 록업 테이블 등에 유지될 수도 있다. 예컨대 캡처된 도트 벡터를 상이한 깊이에서의 벡터 세트에 대해 평가하는 최근접 벡터에 최고 신뢰도 스코어가 주어지고, 다음의 최근접 벡터에는 다음의 최고 신뢰도 스코어가 주어지며, 등등으로, 최저 신뢰도 스코어까지 이어진다.

[0058] 벡터는 비트 벡터일 수 있는데, 각각의 비트 값은 인접부의 각각의 주변 위치에 대해 도트의 존재 여부를 나타낸다. 그런 다음, 캡처된 이미지 내의 각각의 도트에 대해, 그 도트의 인접부의 비트 벡터를 산출한 후에, 비트 벡터들 간의 거리(예컨대, 해밍 거리)를 최근접 매칭을 찾는데 이용할 수 있다. 이것은 예컨대 저가의 하드웨어로 효율적으로 행해질 수도 있는 것을 알아야 한다. 또한, 이 벡터 기반의 기술은 소정의 애플리케이션, 예컨대 골격 추적(skeletal tracking)에 매우 적합할 수 있다.

[0059] 하나 이상의 구현예에 있어서, 디스패리티 스위프 스테이지 내의 최심 레벨에는 2개의 피크가 양립 가능한지의 여부를 테스트하는 TestMatch 서브루틴(예컨대, 도 10)이 있다. 피크들은 등극선 기하구조(epipolar geometry)에서 충분히 가깝다면 양립 가능하다(이용될 수 있는 다른 테스트는 좌측 및 우측 피크가 동일한 크기를 갖는지의 여부를 체크하는 것임을 알아야 한다). 스코어(등극선 거리)가 허용한계(tol) 파라미터 내에 있고(단계 1002), 새로운 매칭이면(단계 1004), 이 매칭을 MatchStack 구조에 푸시하기 위해 NewMatch 루틴이 이용될 수 있다(단계 1006). tol 파라미터에 대한 적합한 값은 1.5 픽셀로 설정될 수 있다.

[0060] 매칭 스테이지의 말미에서, 각 프로젝트 피크에 대한 MatchStack 구조는 그것의 최상 필드(best field)에서 매칭 달성(winning match)을 포함한다. MatchTriplet는 좌측 이미지에서의 최상 매칭(best match), 우측 이미지에서의 최상 매칭, 및 좌측 및 우측 양측이 서로 일치하는 최상 매칭에 대해 매칭 달성을 갖는다.

[0061] 실제 실행 시에는 좌측 및 우측 카메라에 의해 캡처되는 이미지에 작은 차이가 존재하고, 이에 일부 시나리오에서는 인접한 피크들이 검출 시에 하나의 도트로 병합된다. 이상적인 시나리오에 있어서, 좌측 이미지에 대한 최상 매칭, 우측 이미지에 대한 최상 매칭, 및 좌측 및 우측 양측에 대한 최상 매칭은 동일한 디스패리티가 될 것이며, 최상의 결합 디스패리티(best joint disparity)는 이상적으로 최상의 3-웨이 매칭된 디스패리티이다. 그러나, 노이즈, 임계치 미만의 강도 값 등이 도트 누락을 일으켜 상이한 디스패리티를 초래할 수 있다.

[0062] 또한, 준폐색(semi-occlusion)도 양 카메라가 동일한 도트를 보는 것을 막을 수 있다. 준폐색은 도 11에서 일반적으로 설명되는데, 도 11에서, 좌측 카메라(C1)는 그것의 대응하는 이미지(I1)에서 투사 도트(1100)를 캡처할 수 없지만, 우측 카메라(C2)는 그것의 이미지(I2)에서 할 수 있다. 이에, 유효한(그러나 스코어가 낮은) 3-웨이 매칭이 존재하더라도 도트의 깊이를 결정하기 위해 2뷰(2-view) 매칭이 최종 위너(final winner)가 되게 하는 강력한 결정(robust decision)이 이용될 수 있다.

[0063] 최종 결과는 통상 신뢰도가 부정확한 도트 매칭으로 인해 스파스 에러(sparse error)를 갖는다. 이들 아티팩트는 하나 이상의 포스트프로세싱 단계를 수행함으로써 저감될 수 있다. 예를 들어, 한 단계는 실질적으로 5 x 5 인접부 내의 최근접 도트와는 실질적으로 상이한 디스패리티를 갖는 단일 이상 도트(single outlier dot)를 포함하는 플로팅 도트를 제거할 수 있다. 인접부 내의 도트의 디스패리티의 평균 및 표준 편차(시그마)는 이러한 용도로, 예컨대 3시그마를 초과해서평균 디스패리티와 상이하면 현재 픽셀에 할당된 디스패리티를 삭제하기 위해 이용될 수 있다.

[0064] 다른 포스트프로세싱 단계는 유일성 체크(uniqueness check)를 수행하는 것이다. 이것은 좌측 및 우측 깊이 데이터에 관해, 특정 픽셀에 대해 상충하는 깊이가 없는 것을 체크한다. 일 구현예는 (투사, 좌측 픽셀) 쌍과 (투사, 우측 픽셀) 쌍을 고려하는데, 그 쌍들 중 어느 것에서 충돌(clash)이 있을 경우에, 스코어가 더 낮은 픽셀은 무효로 마킹된다. 대안적인 3-웨이 유일성 체크가 2-웨이 체크를 대신해 또는 추가로 이용될 수도 있다.

[0065] 도트 매칭은 도트에 대해 디스패리티 기반의 깊이 추정치를 취득하게 하여, 성긴 디스패리티 맵이 되게 한다. 다음의 스테이지는, 예컨대 깊이 맵에, 매 픽셀에 대한 깊이 값을 제공하기 위해, 도트에서 추정된 저밀도 깊이(sparse depth)에서 시작하고 나머지 픽셀에서 누락 데이터를 보간하는 보간 동작(업샘플링(up-sampling) 스테이지)이다. 한 보간 프로세스는 장면의 고밀도 깊이(dense depth)를 복구하기 위해 매칭 스코어에 의해 그리고/또는 가이드 이미지 또는 이미지들(예컨대, 도트가 없는 깨끗한 IR 이미지 및/또는 RGB 이미지 또는 이미지들)에 의해 안내되는 푸시-풀(push-pull) 보간 기술을 이용한다. (깊이가 보간되고 있는) 픽셀과 사용중인 각각의 도트와의 거리는 보간이 가중되는 한 방법이다.

[0066] 도 12는 검출된 도트와 연관된 신뢰도 스코어(예컨대, S1-S6)의 개념을 나타내고 있다. 예를 들어, 도 12에서 화살표로 나타내는 소정의 광선에 대해, 카메라가 인접한 도트를 검출할 수도 있지만, 스코어(S3)로 나타내는

한 도트는, 깊이(D3)에서의 투사 도트와 비교할 때에 캡처된 이미지 내에 있을 것으로 예측되는 경우이며, 따라서 더 높은 신뢰도를 갖는다. 전술한 바와 같이, 신뢰도 스코어는 인접부 매칭(예컨대, 합해진 인접부의 수)에 의해 또는 벡터 비트맵 유사도(예컨대, 해밍 거리에 반비례)를 통해, 또는 다른 매칭 기술을 통해 산출될 수 있다. 인접한 픽셀에 대해 깊이 값을 결정하는 보간에서는, 더 많은 가중치가 이 맵에 주어진다.

[0067] 이에, 업샘플링 스테이지는 이들 성긴 디스패리티/깊이 값을 다른 픽셀에 전파시킨다. 도트 매칭 스코어는 도트 사이의 픽셀에 대해 깊이를 보간할 때에 보간 가중치에 대한 베이스로서 이용될 수 있다.

[0068] 실제로, 보간은 에지를 계산에 넣을 수 있고, 예컨대 에지 인지 보간(edge-aware interpolation)을 포함할 수 있는데, 오브젝트의 에지를 만날 경우 인접한 픽셀에 상당한 깊이 변화가 발생할 수 있기 때문이다. 더러 RGB 이미지의 컬러 변화는 IR 이미지의 강도 변화만큼, 에지를 나타낸다. 장면의 RGB 및/또는 깨끗한 IR (무도트) 뷰가 캘리브레이션된 위치에서 이용 가능하다면, 저밀도 깊이는 이 뷰에서 왜곡될 수 있고, 에지 인지 푸시-풀 보간 등의 기술을 이용하거나 양방향 필터링(bilateral filtering)을 이용하여 에지 인지 보간을 수행할 수 있다. 깨끗한 IR은, 캡처된 IR 이미지에서 도트를 제거하는(그리고 가능하다면 충분한 IR를 제공하기 위해 일반적으로 장면 전체를 조사하는 상이한 주파수 IR 소스를 이용하는) 노치 필터를 이용해서 취득될 수 있음을 알아야 한다.

[0069] 신뢰도 스코어 및/또는 에지에 대한 가중치는 트레이닝 데이터로부터 학습될 수 있음을 알아야 한다. 이런 식으로, 예컨대 다른 신뢰도 스코어의 두배인 한 신뢰도 스코어는 반드시 주어진 두배의 가중치일 필요는 없으며, 기타 인수일 수도 있다.

[0070] 여기에 설명하는 기술들 중 몇몇은 공지된 투사 패턴을 가진 단일 카메라에 적용될 수도 있다. 예를 들어, 전술한 3안렌즈 계산(trinocular enumeration)을 포함하는 도트 기반의 계산(dot based enumeration)은 이미 누락 픽셀을 취급하기 때문에, 3-웨이(또는 그 이상)의 매칭만큼 아마도 정확하지는 않지만, 카메라가 고장나거나 하는 경우에, 동일한 프로세스가 적용된다. 또한, 쉽게 이해할 수 있겠지만, 시스템이 단일 카메라만 구비하여 설계되면, 매칭 쌍 구조 및 도 9는 예컨대, 우측 이미지 필드와 우측 이미지 중간 반복을 제거함으로써, 단일 이미지에 맞게 수정될 수 있다.

[0071] 마찬가지로, 2개보다 많은 수의 카메라의 경우에는 추가 필드가 데이터 구조에 추가될 수 있고, 추가 중간 반복이 이용될 수 있다. 예를 들어, 스튜디오 셋업은 2개보다 많은 수의 카메라를 구비할 수 있고, 이들은 프로젝터와 직선으로 배치되기보다는 프로젝터 주위에 배치될 수 있다. 예컨대 첫번째 카메라 이미지를 선택(단계 904), 맨 마지막 카메라 이미지가 프로세싱되었는지의 여부를 평가(단계 916), 그렇지 않다면 다음 카메라 이미지를 선택(단계 918)하도록, 도 9의 단계 904, 916, 및 918이 임의의 개의 카메라에 맞게 수정될 수 있다.

[0072] 따라서, 여기에서 설명하는 한 효과는 다중뷰 매칭(multi-view matching)이 행해지는 것인데, 이것은 잘못된 연관성(false correspondence)의 확률을 낮추고, 또한 매칭을 지원 또는 검증하는데 필요한 인접 포인트의 수를 줄이기 때문이다. 또한, 한 카메라 또는 다른 것에서 섀도우 속에 있는 영역도 (신뢰성은 낮지만) 예측 도트 위치에 매칭될 수 있다. 실제로, 동일한 매칭 알고리즘이, 프로젝터와 단일 카메라를 이용한 매칭을 수행하도록, 또는 프로젝터 패턴 및 2개보다 많은 수의 카메라를 이용한 매칭을 수행하도록 수정/확장될 수 있다.

[0073] 캘리브레이션을 거쳐, 스태틱 도트 패턴을 포함해, 장면에 투사된 임의의 랜덤하거나 공지된 도트 패턴이 이용될 수 있다. 이것은 고속 스위칭 및 정밀한 제어를 가진 복잡한 프로젝터를 필요로 하는 동적 구조형 광을 이용하는 솔루션과 대조되는 점이다.

[0074] 또한, 여기에 설명하는 바와 같이 다중뷰 스테레오 솔루션은 실제로 추정 깊이를 향상시킨다. 매칭 요구는 매 픽셀이 아니라 도트에서만 생겨서 훨씬 더 효율적이다. 또한, 도트 위치가 서브픽셀 정밀도로 추정될 수 있기 때문에, 등곡선 기하구조에 관해 상당히 근접하고 서브픽셀 디스패리티 추정치를 취득하는 매칭 도트가 매칭될 수 있다. 그렇게 개발된 시스템은 다중뷰 셋업 내에서 카메라의 고장에 대해 강력하며, 단일 카메라가 투사 도트 패턴을 시찰하더라도 양호한 품질의 깊이가 추정된다.

[0075] 하나 이상의 양태는, 광 패턴이 프로젝터에 대해 공지되어 있고, 상이한 깊이에서의 도트 위치를 나타내는 투사 도트 패턴 데이터로서 유지되는, 도트의 광 패턴을 장면을 향해 투사하는 프로젝터에 관한 것이다. 각각 프로젝터에 대해 고정되어 있는 복수의 카메라(예컨대, 좌측 카메라와 우측 카메라)가 상이한 관점으로부터 장면의 동기화된 이미지를 캡처한다. 깊이 추정기는, 각 이미지에서 캡처된 도트에 대한 도트 위치를 결정하고, 각 이미지에서 각각의 도트 위치마다 상이한 깊이에 대응하는 신뢰도 스코어의 세트를 산출하는데, 각각의 신뢰도 스코어는 투사 도트 패턴 데이터와, 각각의 동기화된 이미지에서의 도트 위치와의 매칭 관계에 기초한다. 깊이 추정

기는 또한 신뢰도 스코어에 기초하여 각각의 도트 위치에서 깊이를 추정한다. 각각의 도트 위치는 서브픽셀 위치에 대응할 수 있다.

- [0076] 신뢰도 스코어는 도트 위치와 투사 도트 패턴 데이터 사이에서의 매칭하는 인접부의 수에, 그리고/또는 캡처된 도트의 위치를 나타내는 벡터와, 상이한 깊이에서의 투사 도트 패턴 데이터를 나타내는 패턴 벡터의 세트에 기초할 수 있다. 캡처된 도트의 위치를 나타내는 벡터는 캡처된 도트 위치를 둘러싸는 인접부를 나타내는 비트 벡터를 포함하고, 패턴 벡터의 세트는 상이한 깊이에서의 투사 도트 위치를 둘러싸는 인접부를 나타내는 비트 벡터를 포함할 수 있다. 신뢰도 스코어의 세트는 상이한 깊이에서의 투사 도트 위치를 둘러싸는 인접부를 나타내는 비트 벡터의 세트에 대한 캡처된 도트 위치를 둘러싸는 인접부를 나타내는 비트 벡터의 근접성에 기초할 수도 있다.
- [0077] 깊이 추정기는 통계적 정보에 기초하여 적어도 하나의 도트를 제거할 수도 있다. 깊이 추정기는 또한, 특정 픽셀에 대해 상충하는 깊이를 체크하고, 상충하는 깊이가 검출될 때에 그 픽셀에 대한 신뢰도 스코어에 기초하여 하나의 깊이를 선택하는 것일 수 있다.
- [0078] 깊이 추정기는 도트 위치 사이에 있는 픽셀에 대한 깊이 값을 보간할 수 있다. 보간은 신뢰도 스코어 및/또는 에지 검출에 기초할 수 있다.
- [0079] 하나 이상의 양태는 이미지 내에서 도트 위치를 결정하기 위해 이미지를 프로세싱하는 것에 관한 것이며, 이미지에서의 도트 위치는 서브픽셀 해상도에 있다. 깊이 데이터는, 각 깊이에서의 프로젝터 패턴 데이터와의 도트 위치 데이터의 매칭에 기초하여 그 깊이에서의 신뢰도 스코어를 결정하기 위해 상이한 깊이에서의 공지된 프로젝터 패턴 데이터에 액세스하는 것을 포함해, 각 도트 위치마다 산출된다. 깊이 값은 그 픽셀에 연관된 도트 서브픽셀 위치에 대한 신뢰도 스코어에 기초하여 추정된다. 깊이 값과 연관된 픽셀들 사이에 있는 픽셀에 대해, 깊이 값을 찾기 위해 보간이 이용된다. 깊이 값의 보간은, 보간 동작에 이용되는 픽셀과 연관된 도트 서브픽셀 위치에 대한 신뢰도 스코어에 기초하여 가중 보간(weighted interpolation)을 이용할 수 있다.
- [0080] 도트 위치는 압축된 데이터 구조 내에 데이터로서 포함될 수 있다. 이것은 픽셀 위치와 연관된 서브픽셀에 도트를 갖지 않는 적어도 일부 픽셀 위치를 제거하기 위해 데이터를 압축함으로써 달성된다.
- [0081] 상이한 깊이에서의 각 도트 위치에 대한 깊이 데이터의 산출은 좌측 이미지 도트에 대한 좌측 신뢰도 스코어를 결정하는 것과 우측 이미지 도트에 대한 우측 신뢰도 스코어를 결정하는 것을 포함할 수 있다. 깊이 값의 결정은, 개별적으로 그리고 함께 조합될 때에, 각 깊이마다 좌측 및 우측 신뢰도 스코어를 평가하는 것을 포함하는, 최고 신뢰도에 대응하는 깊이를 선택하는 것을 포함할 수 있다.
- [0082] 프로젝터 패턴 데이터와의 도트 위치 데이터의 매칭에 기초하여 깊이 데이터를 산출하는 것은 각각의 인접부 위치에 도트가 포함되는지의 여부에 대해 인접부 위치를 평가하는 것을 포함할 수 있다. 깊이 데이터의 산출은, 도트 위치와, 그 도트 위치를 둘러싸는 인접부를 나타내는 벡터를 산출하는 것을 포함할 수 있다.
- [0083] 하나 이상의 양태는, 이미지에서 도트 위치를 결정하기 위해 투사 도트에 의해 조사되는 장면을 각각 캡처하는 적어도 2개의 동기화된 이미지를 프로세싱하는 것을 포함하는, 복수의 픽셀의 각각마다 깊이 데이터를 추정하는 것과, 각 이미지에서의 각각의 도트 위치마다, 도트 관련 데이터가 상이한 깊이에서의 공지된 투사 도트 패턴 데이터와 얼마나 잘 매칭하는지를 나타내는 신뢰도 스코어를 결정하는 것에 관한 것이다. 신뢰도 스코어는 깊이 데이터를 추정하는데 이용될 수 있다.
- [0084] 여기에는 또한, 도트 위치에 대응하는 픽셀에서의 픽셀 깊이 값을 추정하기 위해 깊이 데이터를 이용하는 것과, 도트 위치 사이에 있는 픽셀에 대한 값을 보간하기 위해 픽셀 깊이 값과 신뢰도 스코어를 이용하는 것을 포함하는, 깊이 맵을 작성하는 것이 설명되어 있다. 또한, 상이한 깊이에서의 도트 패턴 위치를 결정하는 것과, 공지된 투사 도트 패턴 데이터를 적어도 하나의 데이터 구조로 유지하는 것을 포함하는, 공지된 투사 도트 패턴 데이터를 캘리브레이션하는 것도 설명되어 있다.
- [0085] 예시적인 동작 환경
- [0086] 전문한 구현예와 그것의 대안에는 게이밍 시스템, 개인용 컴퓨터, 태블릿, DVR, 셋톱 박스, 스마트폰 및/또는 기타 등등을 비롯한 임의의 적절한 컴퓨팅 디바이스 상에서 구현될 수 있음이 쉽게 이해될 수 있다. 이러한 디바이스의 조합도 다수의 이러한 디바이스들이 함께 링크될 때에 실현 가능하다. 설명의 목적상, 이하에서는 게이밍(미디어를 포함) 시스템을 하나의 예시적인 동작 환경으로서 설명한다.
- [0087] 도 13은 예시적인 게이밍 및 미디어 시스템(1300)의 기능 블록도이며 기능적 컴포넌트를 보다 자세하게 도시하

고 있다. 콘솔(1301)은 중앙 처리 장치(CPU)(1302), 및 플래시 ROM(Read Only Memory)(1304), RAM(Random Access Memory)(1306), 하드 디스크 드라이브(1308), 및 휴대형 미디어 드라이브(1309)를 비롯한 다양한 타입의 메모리에의 프로세서 액세스를 용이하게 하는 메모리 컨트롤러(1303)를 구비한다. 일 구현예에 있어서, CPU(1302)는 데이터를 일시적으로 저장하는 레벨 1 캐시(1310)와 레벨 2 캐시(1312)를 포함하여 하드 드라이브에서 행해지는 메모리 액세스 사이클 수를 감축함으로써 프로세싱 속도 및 쓰루풋을 향상시킨다.

[0088] CPU(1302), 메모리 컨트롤러(1303) 및 다양한 메모리 디바이스들이 하나 이상의 버스(도시 생략)를 통해 상호접속된다. 본 구현예에 이용되는 버스의 상세는 본 명세서에서 설명하는 관심 대상을 이해하는데 특별히 관련되지 않는다. 그런데, 상기 버스가 각종의 버스 아키텍처 중 임의의 것을 이용해, 직렬 및 병렬 버스 중 하나 이상, 메모리 버스, 주변장치 버스, 및 프로세서 또는 로컬 버스를 포함할 수 있는 것이 이해될 것이다. 예를 들면, 상기 아키텍처는 ISA(Industry Standard Architecture) 버스, MCA(Micro Channel Architecture) 버스, EISA(Enhanced ISA) 버스, VESA(Video Electronics Standards Association) 로컬 버스, 및 메자닌(Mezzanine) 버스라고도 알려진 PCI(Peripheral Component Interconnect) 버스를 포함할 수 있다.

[0089] 일 구현예에 있어서, CPU(1302), 메모리 컨트롤러(1303), ROM(1304), 및 RAM(1306)은 공통 모듈(1314)에 통합된다. 본 구현예에 있어서, ROM(1304)은 PCI(Peripheral Component Interconnect) 버스나 동류 및 ROM 버스나 동류(이들 양쪽 모두 도시 생략) 등을 통해 메모리 컨트롤러(1303)에 접속되는 플래시 ROM 등으로서 구성된다. RAM(1306)은 별도의 버스(도시 생략)를 통해 메모리 컨트롤러(1303)에 의해 독립적으로 제어되는 다중 DDR SDRAM(Double Data Rate Synchronous Dynamic RAM)으로서 구성될 수 있다. 하드 디스크 드라이브(1308)와 휴대형 미디어 드라이브(1309)는 PCI 버스와 ATA(AT Attachment) 버스(1316)를 통해 메모리 컨트롤러(1303)에 접속된 것으로 도시된다. 그러나, 다른 구현예에서는, 대안적으로 상이한 타입의 전용 데이터 버스 구조가 적용될 수도 있다.

[0090] 3차원 그래픽 프로세싱 유닛(1320)과 비디오 인코더(1322)가 고속 및 고해상도(예컨대, 고선명) 그래픽 프로세싱을 위해 비디오 프로세싱 파이프라인을 형성한다. 디지털 비디오 버스(도시 생략)를 통해 그래픽 프로세싱 유닛(820)으로부터 비디오 인코더(1322)로 데이터가 전달된다. 오디오 프로세싱 유닛(1324)과 오디오 코덱(코더/디코더)(1326)이 다양한 디지털 오디오 포맷의 다중 채널 오디오 프로세싱을 위해 대응하는 오디오 프로세싱 파이프라인을 형성한다. 오디오 데이터는 통신 링크(도시 생략)를 통해 오디오 프로세싱 유닛(1324)과 오디오 코덱(1326) 사이에 전달된다. 비디오 및 오디오 프로세싱 파이프라인은 데이터를 A/V(오디오/비디오) 포트(1328)에 출력하여 텔레비전 또는 기타 디스플레이/스피커에 전송한다. 도시하는 구현예에 있어서, 비디오 및 오디오 프로세싱 컴포넌트(1320, 1322, 1324, 1326, 1328)는 모듈(1314) 상에 탑재된다.

[0091] 도 13은 USB 호스트 컨트롤러(1330)와 네트워크 인터페이스(NW I/F)(1332)를 포함하는 모듈(1314)을 도시하는데, 이것은 유선 및/또는 무선 컴포넌트를 포함할 수 있다. USB 호스트 컨트롤러(1330)는 버스(예컨대, PCU 버스)를 통해 CPU(1302)와 메모리 컨트롤러(1303)와 통신하며 주변장치 컨트롤러(1334)에 대해 호스트로서 서빙하는 것으로 도시되고 있다. 네트워크 인터페이스(1332)는 네트워크(예컨대, 인터넷, 홈 네트워크 등)에 대한 액세스를 제공하고, 이더넷 카드 또는 인터페이스 모듈, 모뎀, 블루투스 카드, 케이블 모뎀 등을 포함하는 다양한 무선 또는 유선 인터페이스 컴포넌트 중 임의의 것일 수 있다.

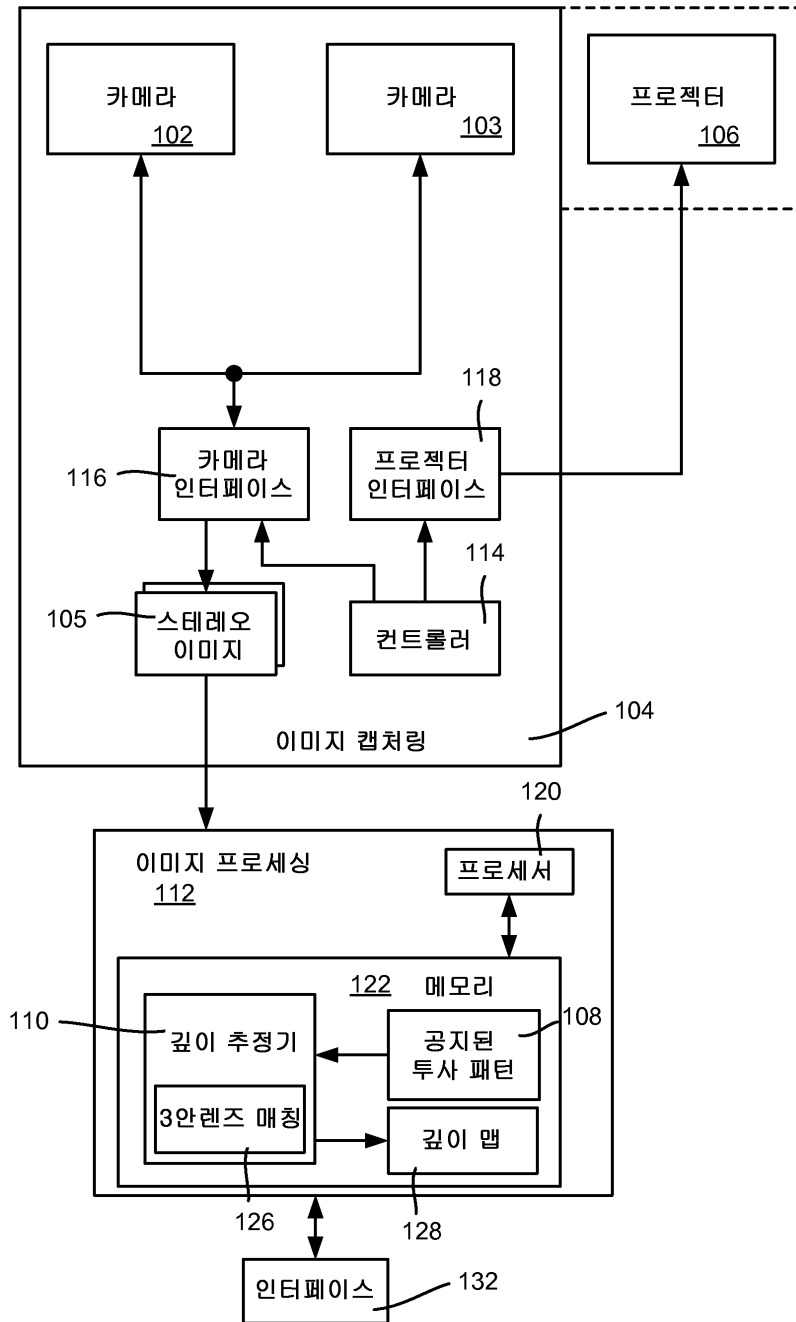
[0092] 도 13에 도시하는 구현예에서는, 콘솔(1301)이 4개의 게임 컨트롤러(1341(1)-1341(4))를 지원하는 컨트롤러 지원 서브어셈블리(1340)를 포함한다. 컨트롤러 지원 서브어셈블리(1340)는 예컨대 미디어 및 게임 컨트롤러 등의 외부 컨트롤 디바이스와의 유선 및 무선 동작을 지원하는데 필요한 임의의 하드웨어 및 소프트웨어 컴포넌트를 포함한다. 프론트 패널 I/O 서브어셈블리(1342)가 콘솔(1301)의 외면에 드러난 임의의 LED(발광 다이오드) 또는 기타 인디케이터뿐만 아니라 전원 버튼(1343), 배출 버튼(1344)의 다중 기능을 지원한다. 서브어셈블리(1340, 1342)는 하나 이상의 케이블 어셈블리(1346) 등을 통해 모듈(1314)과 통신한다. 다른 구현예에 있어서, 콘솔(1301)은 추가의 컨트롤러 서브어셈블리를 포함할 수 있다. 도시하는 구현예는 또한 모듈(1314)에 전달될 수 있는 신호를 송신하고 (예컨대, 리모트 컨트롤(1379)로부터) 신호를 수신하도록 구성되는 광학 I/O 인터페이스(1348)를 도시하고 있다.

[0093] 메모리 유닛(MU)(1350(1), 1350(2))은 MU 포트 "A"(1352(1)) 및 "B"(1352(2))에 각각 접속 가능한 것으로서 도시되어 있다. 각각의 MU(1350)는 게임, 게임 파라미터 및 기타 데이터가 저장될 수 있는 추가 스토리지를 제공한다. 일부 구현예에 있어서, 기타 데이터는 디지털 게임 컴포넌트, 실행 가능한 게이밍 애플리케이션, 게이밍 애플리케이션을 확장하기 위한 명령어 세트, 및 미디어 파일 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 콘솔(1301)에 삽입될 경우, 각각의 MU(1350)는 메모리 컨트롤러(1303)에 의해 액세스될 수 있다.

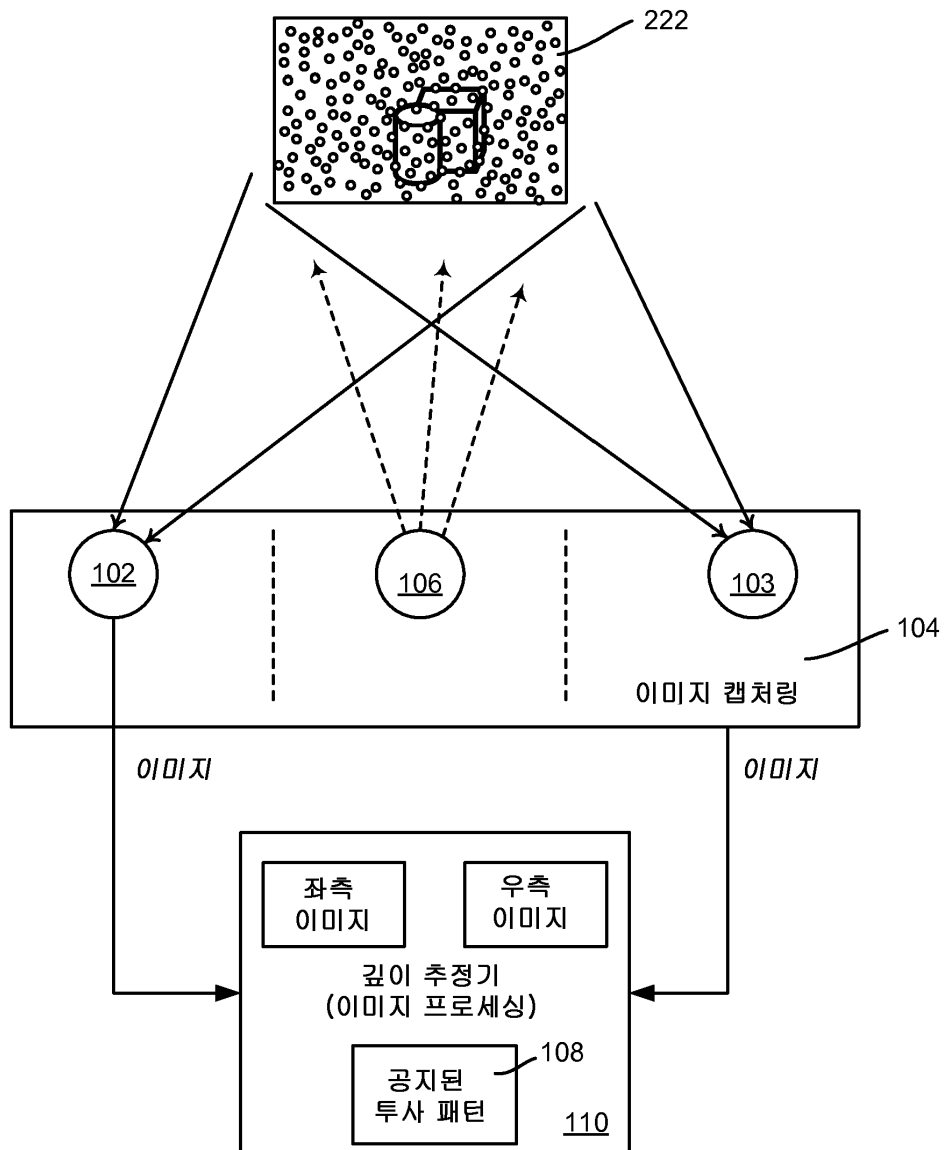
- [0094] 시스템 전원 모듈(1354)은 게이밍 시스템(1300)의 컴포넌트에 전력을 제공한다. 팬(1356)은 콘솔(1301) 내부의 회로를 냉각시킨다.
- [0095] 머신 명령어를 포함하는 애플리케이션(1360)은 통상 하드 디스크 드라이브(1308) 상에 저장된다. 콘솔(1301)에 전력이 공급되면, 애플리케이션(1360)의 다양한 부분이 RAM(1306) 및/또는 캐시(1310, 1312)에 로딩되어 CPU(1302) 상에서 실행된다. 일반적으로, 애플리케이션(1360)은 디스플레이(예컨대, 고선명 모니터) 상에서의 프레젠테이션을 위해 대화창을 제어, 사용자 입력에 기초하여 트랜잭션을 제어, 그리고 콘솔(1301)과 외부 접속된 디바이스 간의 데이터 송수신을 제어하는 것과 같은 다양한 디스플레이 기능을 수행하기 위한 하나 이상의 프로그램 모듈을 포함할 수 있다.
- [0096] 게이밍 시스템(1300)은 시스템을 고선명 모니터, 텔레비전, 비디오 프로젝터, 또는 기타 디스플레이 디바이스에 연결함으로써 독립형 시스템으로서 동작할 수 있다. 이 독립 모드에서는, 게이밍 시스템(1300)이 예컨대 영화를 보거나 또는 음악을 들음으로써 하나 이상의 플레이어가 게임을 플레이하거나 디지털 미디어를 즐기는 것을 가능하게 한다. 그러나, 네트워크 인터페이스(1332)를 통해 이용 가능해지는 광대역 접속성의 통합으로, 게이밍 시스템(1300)은 더 큰 규모의 네트워크 게이밍 커뮤니티 또는 시스템 내에 참여 컴포넌트로서도 동작할 수 있다.
- [0097] 결론
- [0098] 본 발명은 다양한 변형 및 대안적 구성이 가능하지만, 소정의 예시적인 실시형태들을 도면에 도시하여 앞에서 상세하게 설명하였다. 그러나, 본 발명은 개시하는 특정 형태에 한정하려는 의도는 없으며, 반면 의도하는 바는 모든 변형, 대안적 구성, 및 본 발명의 사상 및 범주 내에 있는 균등물을 포함하는 것이다.

도면

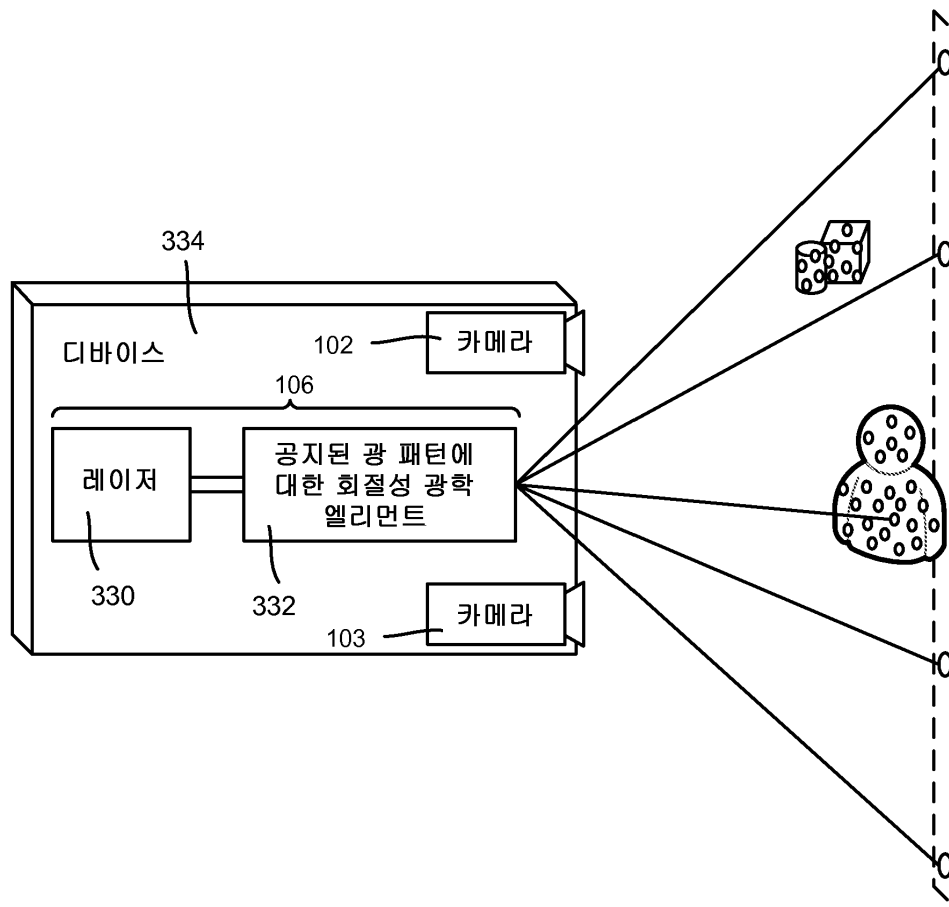
도면1



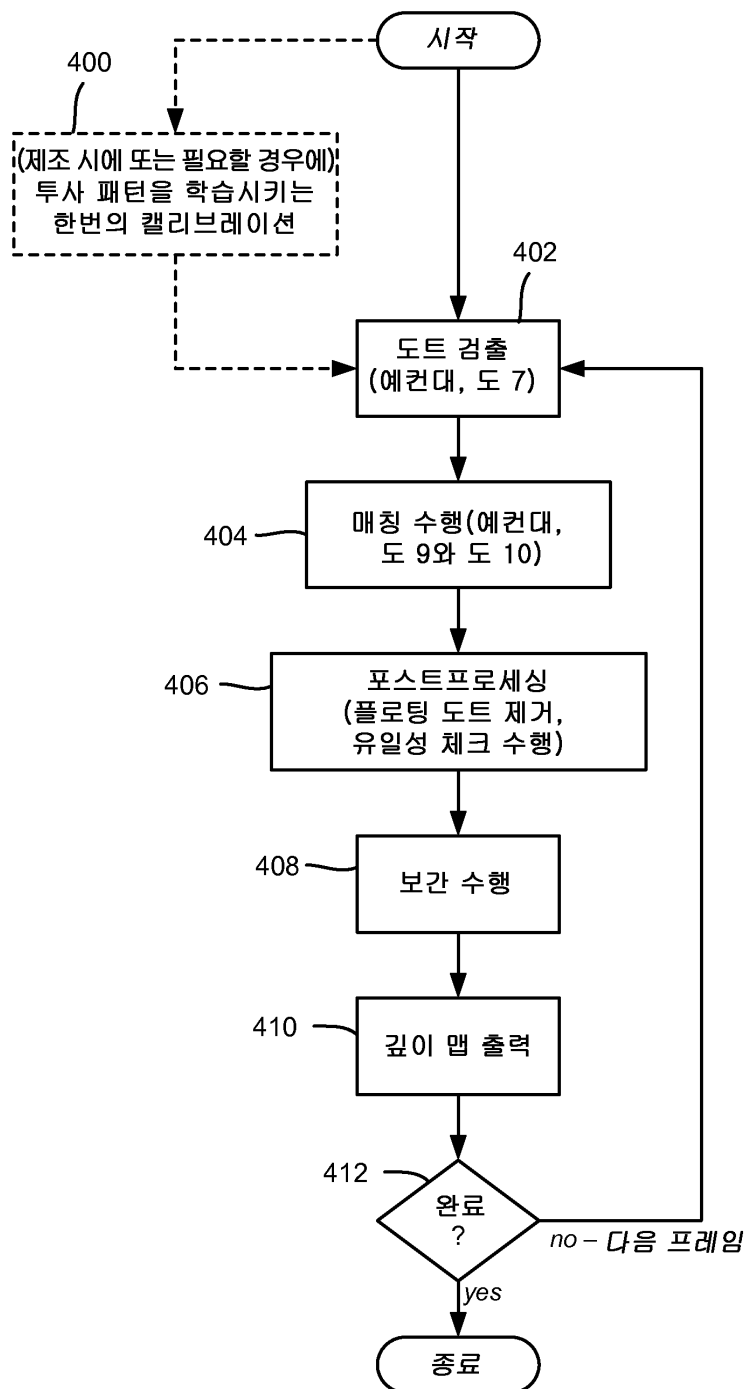
도면2



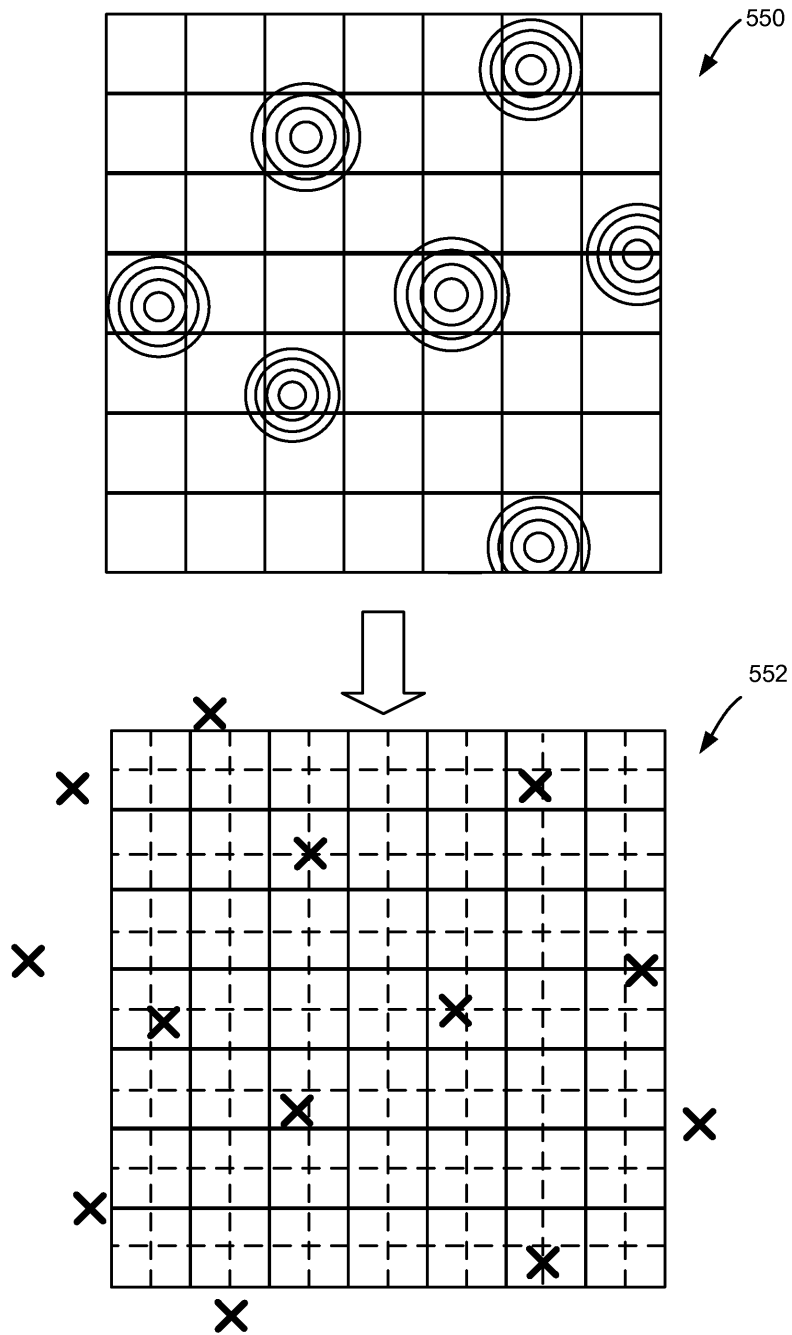
도면3



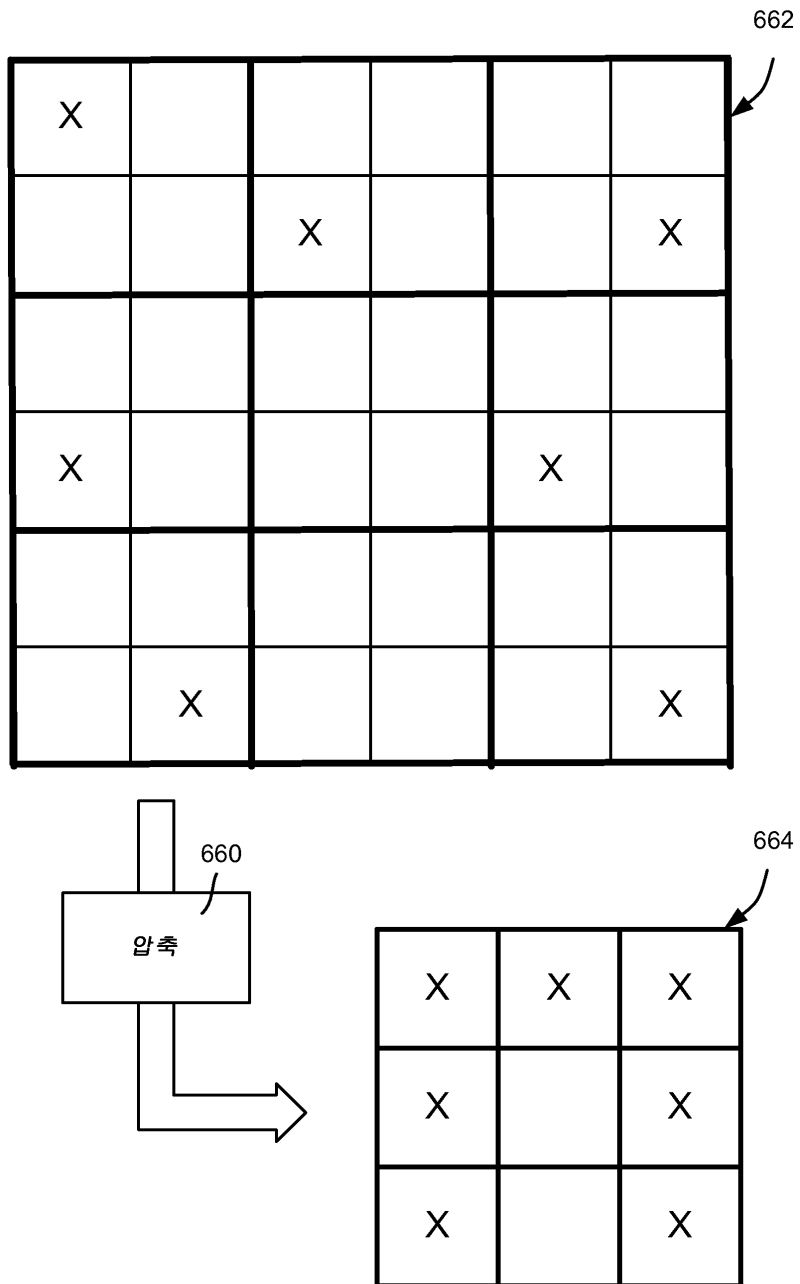
도면4



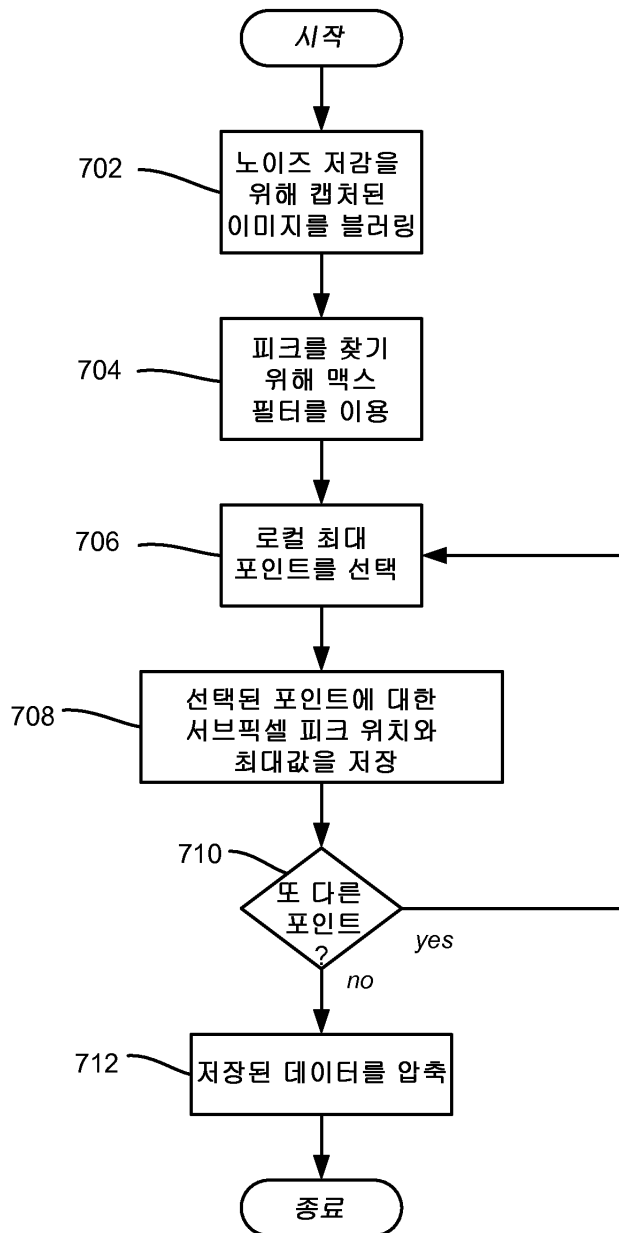
도면5



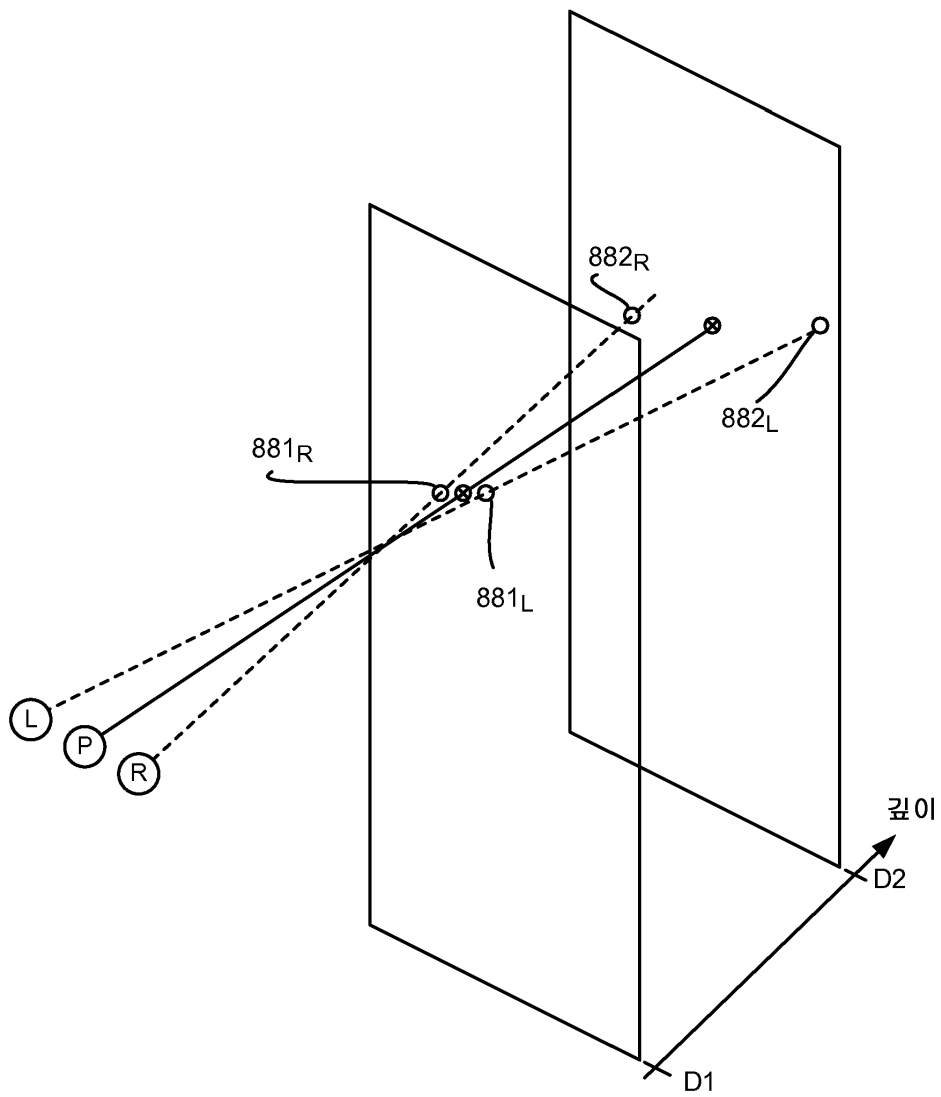
도면6



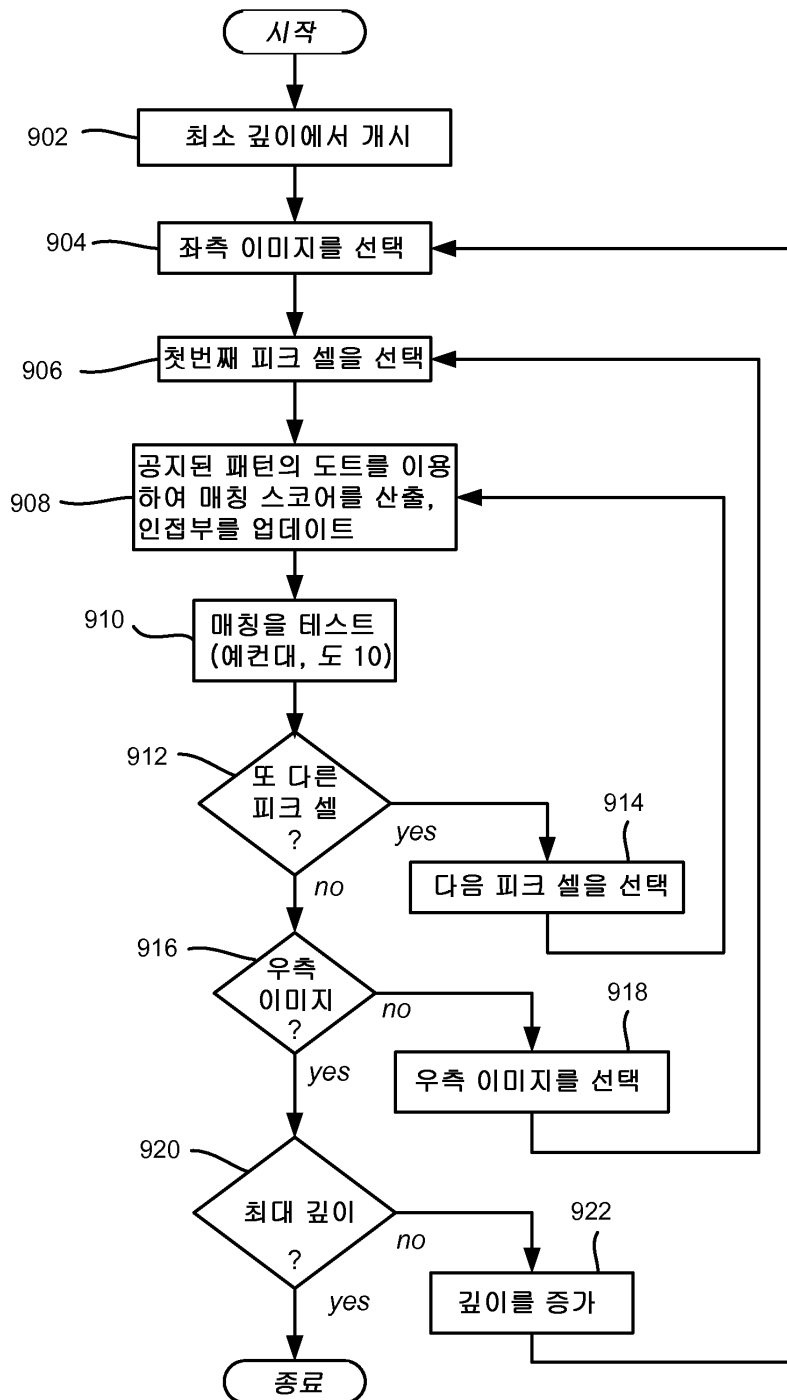
도면7



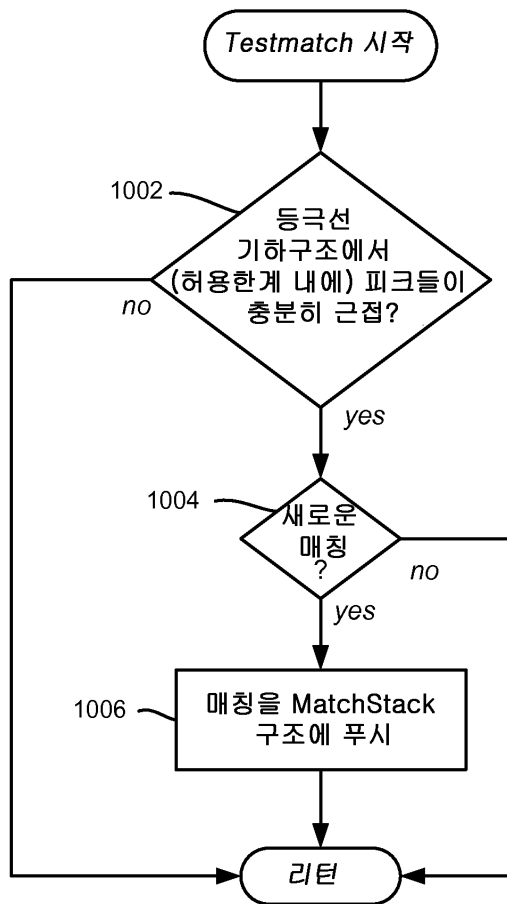
도면8



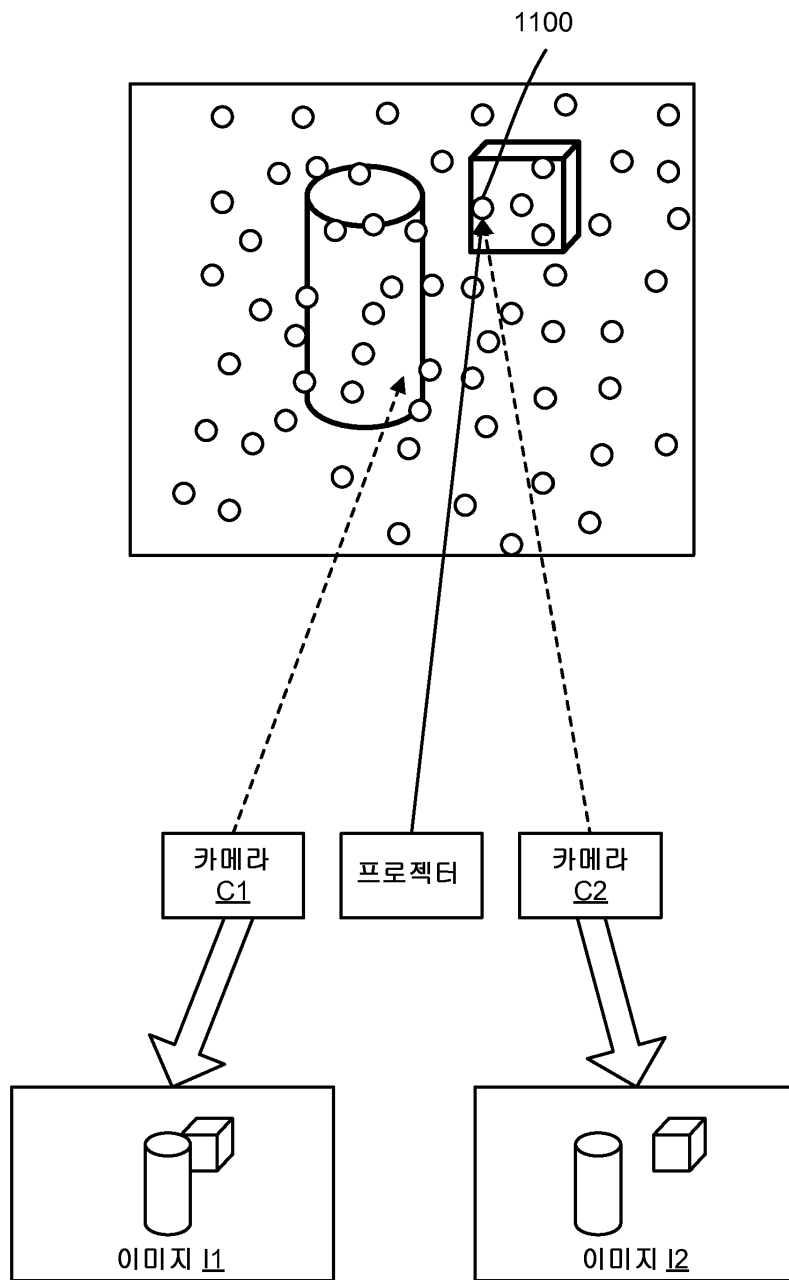
도면9



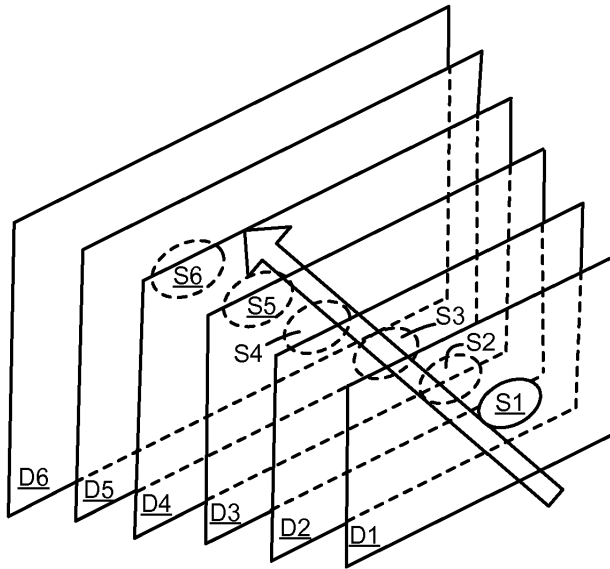
도면10



도면11



도면12



도면13

