



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2017년01월03일  
 (11) 등록번호 10-1692428  
 (24) 등록일자 2016년12월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 H04N 5/225 (2006.01) G02B 13/06 (2006.01)  
 H04N 5/232 (2006.01)  
 (52) CPC특허분류  
 H04N 5/2254 (2013.01)  
 G02B 13/06 (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2016-0050015(분할)  
 (22) 출원일자 2016년04월25일  
 심사청구일자 2016년04월25일  
 (62) 원출원 특허 10-2015-0132810  
 원출원일자 2015년09월21일  
 심사청구일자 2015년09월21일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR101427854 B1\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 광주과학기술원  
 광주광역시 북구 첨단과기로 123 (오룡동)  
 (72) 발명자  
 이홍노  
 광주광역시 북구 첨단과기로 123(오룡동) 광주과  
 학기술원 정보통신공학부  
 이용비  
 광주광역시 북구 첨단과기로 123(오룡동) 광주과  
 학기술원 정보기전공학부  
 장환철  
 광주광역시 북구 첨단과기로 123(오룡동) 광주과  
 학기술원 정보기전공학부  
 (74) 대리인  
 김기문

전체 청구항 수 : 총 7 항

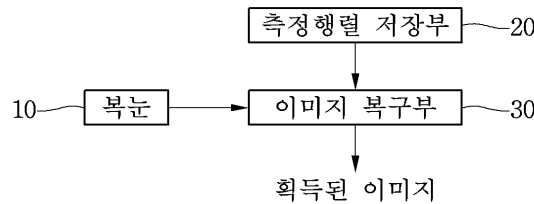
심사관 : 엄인권

(54) 발명의 명칭 **다수의 렌즈를 이용한 촬상장치**

**(57) 요약**

본 발명에 따른 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치에는, 다수의 렌즈에 의해서 감지 이미지가 얻어질 수 있는 겹눈; 적어도 하나의 측정행렬이 저장되는 측정행렬저장부; 및 상기 측정행렬을 이용하여 회소표현을 이용하는 디지털 신호처리방법으로, 상기 감지 이미지로부터 이미지를 복구하는 이미지 복구부가 포함된다. 본 발명에 따르면, 겹눈 구조를 이용함으로써 얻을 수 있는 왜곡없는 넓은 시야각, 무한한 심도, 및 빠른 모션 인지의 특징을 살리면서도 이미지의 해상도를 높일 수 있는 촬상장치를 얻을 수 있다. 이에 따라서, 겹눈에 의한 물체의 식별력을 높일 수 있어서, 카메라 형태의 눈을 가진 인간이 겹눈의 장점을 극대화하여 이미지 정보를 획득할 수 있다.

**대표도** - 도3



(52) CPC특허분류

*H04N 5/23229* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NN14150

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원사업(도약)

연구과제명 부호 이론적 다중 압축 센싱 시스템 개발

기 여 율 1/1

주관기관 광주과학기술원

연구기간 2015.05.01 ~ 2016.04.30

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

다수의 렌즈에 의해서 물체의 감지 이미지가 얻어질 수 있는 겹눈;

상기 다수의 렌즈와 상기 물체 사이의 거리에 따라서 다르게 제공되는 측정행렬이 적어도 두개 이상 저장되는 측정행렬저장부; 및

상기 측정행렬을 이용하여 회소표현을 이용하는 디지털 신호처리기법으로, 상기 감지 이미지로부터 이미지를 복구하는 이미지 복구부가 포함되는 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 겹눈에는,

면(面); 및

상기 면에 지지되는 다수의 렌즈; 및

상기 다수의 렌즈와 각각 일대일 대응되는 다수의 포토센서가 포함되는 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 다수의 렌즈 중의 적어도 일부의 렌즈는,

렌즈 사이각이 렌즈의 수용각보다 작은 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 다수의 렌즈는 그 모두가,

렌즈 사이각이 렌즈의 수용각보다 작은 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 다수의 렌즈 중의 적어도 일부의 렌즈는,

렌즈 사이각이 렌즈의 수용각보다 수십 배 작은 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치.

#### 청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 포토센서는 광량을 감지할 수 있는 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치.

#### 청구항 7

제 2 항에 있어서,

상기 면은 곡면인 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치.

**청구항 8**

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 촬상장치에 관한 것으로, 더 상세하게는 다수의 렌즈를 이용하는 촬상장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 겹눈은 곤충의 눈으로 대표적으로 예시되는 것으로서, 다수개의 홑눈이 삼차원 곡면으로 배열되어 겹눈을 제공한다.

[0003] 상기 겹눈은 넓은 시야각(FOV:Field Of View), 무한한 심도, 및 빠른 모션 인지 등의 특징을 가진다. 따라서, 적으로부터의 곤충의 생존기회를 높이는 일 요인으로 작용한다. 이러한 특징으로 인하여, 상기 겹눈은 초소형 항공장비의 감시 카메라, 고속 모션 탐지, 영상유도수술, 및 수술장비 등으로의 적용이 기대된다.

[0004] 상기 겹눈의 여러 장점에 대해서는 한국과학기술총연합회 발간 월간 과학과 기술 2013년 7월호 64페이지에 소개되는 전자눈을 참조할 수 있다. 상기 소개문헌에 따르면 곤충의 눈을 본 뜬 인공 겹눈을 제작하는 방법이 소개된 바가 있다. 상기 문헌에 따르면 곤충눈을 제작할 수 있음을 알 수 있다. 그러나, 겹눈에 제공되는 각각의 홑눈을 통하여 입사하는 광을 어떠한 방식으로 처리할 것인지에 대해서는 언급된 바가 없고, 예를 들어 각각의 홑눈에 입사하는 광량이 전체 이미지 중에서 어느 한 픽셀에 해당한다.

[0005] 상기 문헌에 따르면 각각의 홑눈을 통하여 입사하는 빛을 단일의 픽셀로 인식하여 이미지를 처리하기 때문에, 각각의 홑눈에 해당하는 렌즈의 개수를 늘리지 않으면 높은 해상도의 이미지를 얻을 수 없다. 또한, 좁은 공간에 이미지의 해상도를 늘릴 수 있는 만큼 렌즈의 개수를 무한정 늘리는 것이 어려운 것은 당연하다.

**선행기술문헌**

**비특허문헌**

[0006] (비특허문헌 0001)  
 (비특허문헌 0002) 1) [http://www.kofst.or.kr/kofst/PDF/2013/n7s530/GGDCBE\\_2013\\_n7s530\\_64.pdf](http://www.kofst.or.kr/kofst/PDF/2013/n7s530/GGDCBE_2013_n7s530_64.pdf)에 소개되는 전체 문헌

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0007] 본 발명은 상기되는 배경하에서 제안되는 것으로서, 겹눈의 장점을 극대화하면서도 이미지의 해상도를 높일 수 있는 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치를 제안한다.

**과제의 해결 수단**

[0008] 본 발명에 따른 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치에는, 다수의 렌즈에 의해서 감지 이미지가 얻어질 수 있는 겹눈; 적어도 하나의 측정행렬이 저장되는 측정행렬저장부; 및 상기 측정행렬을 이용하여 회소표현을 이용하는 디지털 신호처리방법으로, 상기 감지 이미지로부터 이미지를 복구하는 이미지 복구부가 포함된다.

[0009] 본 발명의 다른 측면에 따른 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치에는, 렌즈 사이각이 렌즈 수용각보다 작게 배치되는 적어도 수십 개의 렌즈; 상기 수십 개의 렌즈 각각에 대응하여 입사하는 빛의 광량을 측정하는 적어도 수십 개의 포토센서; 적어도 하나의 측정행렬이 저장되는 측정행렬저장부; 및 상기 적어도 수십 개의 포토센서에서 측정되는 픽셀정보는  $y$ 이고, 상기 측정행렬은  $A$ 이고, 복구된 이미지의 픽셀정보는  $x$ 이고, 상기 복구된 이미지에서의 픽셀정보( $x$ )라고 할 때  $x = \Psi s$ 이고,  $\Psi$ 는 상기 복구된 이미지에서의 픽셀의 광량정보( $x$ )가 적은 수의 영이 아닌 값(small number of nonzero elements)( $s$ )을 가지도록 추정하는 회소화 베이스(sparsifying basis)이고,

$\varepsilon$  은 임계치라고 할 때,

$$\hat{\mathbf{s}} = \underset{\mathbf{s}}{\operatorname{arg\,min}} \|\mathbf{s}\|_1 \quad \text{subject to} \quad \|\mathbf{y} - \mathbf{A}\Psi\mathbf{s}\|_2^2 \leq \varepsilon$$

[0010]

[0011]

를 이용하여, 상기 복구된 이미지를 획득하는 이미지 복구부가 포함된다.

### 발명의 효과

[0012]

본 발명에 따르면, 겹눈 구조를 이용함으로써 얻을 수 있는 넓은 시야각, 무한한 심도, 및 빠른 모션 인지의 특징을 살리면서도 이미지의 해상도를 높일 수 있는 촬상장치를 얻을 수 있다. 이에 따라서, 겹눈에 의한 물체의 식별력을 높일 수 있어서, 카메라 형태의 눈을 가진 인간이 겹눈의 장점을 극대화하여 이미지 정보를 획득할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0013]

도 1과 도 2는 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치의 간략한 구성을 종래기술과 본 발명의 실시예를 각각 비교하여 설명하는 도면.

도 3을 실시예에 따른 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치의 구성을 보이는 블록도.

도 4와 도 5는 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치에서 수용각과 렌즈 사이각을 종래기술과 본 발명에 따른 실시예에서 서로 비교하여 설명하는 도면.

도 6과 도 7은 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치에서 시야영역을 종래기술과 본 발명에 따른 실시예에서 서로 비교하여 설명하는 도면.

도 8은 시야영역과 픽셀의 관계를 설명하는 도면.

도 9와 도 10은 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치에서 얻은 측정행렬을 종래기술과 실시예 별로 서로 비교하여 설명하는 도면.

도 11은 종래 기술에 따라 수용각을 2.25도로 렌즈 사이각과 동일하게 하여 디지털신호처리를 하지 않고 감지 이미지를 획득한 결과이고, 도 12는 실시예에 따라서 수용각을 60도로 렌즈 사이각에 비하여 대략 27배 크게 하고 디지털신호처리를 수행하여 얻은 복구된 이미지를 나타내는 도면.

도 13은 다양한 거리에 따라서 이미지를 복구하는 실험의 실험결과를 나타내는 도면.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014]

이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 구체적인 실시예를 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명의 사상은 이하에 제시되는 실시예에 제한되지 아니하고, 본 발명의 사상을 이해하는 당업자는 동일한 사상의 범위 내에 포함되는 다른 실시예를 구성요소의 부가, 변경, 삭제, 및 추가 등에 의해서 용이하게 제안할 수 있을 것이나, 이 또한 본 발명 사상의 범위 내에 포함된다고 할 것이다. 또한, 첨부되는 도면은 발명의 사상을 이해하는 것에 주안점을 둔 것으로서 크기, 방향, 및 형태 등에 있어서 실제로 구현되는 것에 있어서는 차이가 있을 수 있다. 또한, 본 발명의 이해에 필요하지만 당업자에게 이미 널리 알려진 수학적 처리 및 알고리즘에 있어서는 그 기술이 소개되는 부분을 제시하고 그 내용 전체가 본 발명의 명세서에 포함되는 것으로 하고 그 구체적인 기술은 생략하도록 한다. 또한, 이하의 설명에서 종래기술이라고 이르는 기술은 상기 비특허문헌에 소개되는 기술을 말하는 것이고, 본 발명과 대비되는 설명을 명확하게 하기 위하여 소개된다.

[0015]

도 1과 도 2는 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치의 간략한 구성을 종래기술과 본 발명의 실시예를 각각 비교하여 나타낸다.

[0016]

도 1을 참조하면, 물체(object)의 이미지는 곡면(1)에 지지되는 다수의 렌즈(2)로 입사한다. 상기 다수의 렌즈(2)에 포함되는 각각의 렌즈는 삼차원 공간에서 특정의 영역을 바라보고 있다. 상기 특정의 영역을 이후로는 각각의 렌즈에 대응하는 시야 영역이라고 한다. 상기 시야 영역에 물체가 있는 경우에는 그 시야 영역에 놓이는 물체와 대응하는 렌즈가 광량의 변화 형태로 받아들일 수 있다. 상기 다수의 렌즈(2) 각각에는 단일의 포토센서(3)가 대응되어 있을 수 있다. 상기 포토센서(3)는 광량을 인식할 수 있다. 상기 포토센서(3)는 광량을 인식할

수 있으나, 어느 하나의 포토센서를 이용하여 이차원의 광량의 분포는 인식하지 못할 수 있다. 상기 포토센서(3)는 이미지 상에서 단일의 픽셀로 대응되어 감지 이미지(4)를 제공한다. 상기 곡면(1)은 일차원 또는 이차원 또는 삼차원으로 곡면으로 제공될 수 있다.

[0017] 상기 감지 이미지(4)는 렌즈(2)의 개수에 대응하는 픽셀을 제공할 수 있다. 따라서, 렌즈(2)의 개수가 많은 경우에는 해상도가 높은 감지 이미지(4)를 얻을 수 있고, 렌즈(2)의 개수가 작은 경우에는 해상도가 낮은 감지 이미지(4)를 얻을 수 있을 뿐이다. 그러나, 렌즈(2)의 개수를 무한정 늘리는 것은 어려운데, 그 하나의 이유는, 미세전자소자 및 미세광학소자, 특히 외면의 매끄러움이 중요시되는 렌즈(2)를 곡면(1)에 배치하는 것은 어렵기 때문이다.

[0018] 이에 반하는 본 발명의 실시예에 따른 촬상장치는, 곡면(1)에 배치되는 렌즈(2)를 통하여 포토센서(3)가 광량의 형태로 인식한다. 한편, 실시예에서는 렌즈(2)의 수용각이 렌즈(2)의 사이각에 비하여 상당히 크다. 따라서, 각각의 포토센서(3)를 통하여 감지되는 감지 이미지(4)는 픽셀별로 상당량이 중첩되므로 실질적으로 인간이 인식할 수 있는 수준의 이미지를 얻을 수 없다. 그러나, 실시예에서는 상기 감지 이미지(4)는 디지털신호처리(DSP: Digital Signal processing)를 통하여 복구된 이미지(5)를 얻을 수 있고, 상기 복구된 이미지(5)는 종래 기술에 따른 감지 이미지(4)에 비하여 월등한 수준의 해상도를 얻을 수 있다.

[0019] 도 3을 실시예에 따른 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치의 구성을 보이는 블록도이다.

[0020] 도 3을 참조하면, 겹눈(10)을 통하여 감지 이미지(4)가 인식되고, 상기 감지 이미지(4)는 이미지 복구부(30)를 통하여 복구될 수 있다. 상기 이미지 복구부(30)는 이미지를 복구할 때 측정행렬을 이용한다. 여기서 겹눈(10)은 도 2에 제시되는 렌즈(2), 곡면(1), 및 포토센서(3)가 포함되는 구성을 지칭할 수 있다. 상기 측정행렬은 다수 개가 미리 제공되어 있을 수 있고, 측정행렬저장부(20)에 저장되어 있을 수 있다. 상기 측정행렬은 렌즈(2)와 물체 사이의 거리에 따라서 다수 개가 저장되어 있을 수 있다. 이는 상기 렌즈(2)가 바라보는 공간은 삼차원으로 서로 다른 방향을 바라보고 있기 때문에, 실제로 이차원으로 감지되는 시야 영역은 물체와 렌즈(2) 간의 거리에 따라서 달라지기 때문인데, 다시 말하면 물체와 렌즈(2) 사이의 거리에 따라서 시야 영역의 형태 및 크기가 달라지기 때문이다.

[0021] 한편, 실시예에서는 렌즈(2)의 수용각이 렌즈(2)의 사이각에 비하여 상당히 크다. 따라서, 각각의 포토센서(3)를 통하여 감지되는 감지 이미지(4)에서는 픽셀 별로 상당량이 중첩된다. 그러므로, 종래기술과는 달리 특정 지점에 놓이는 점은 다수의 렌즈(2) 및 포토센서(3)에 의해서 중복하여 감지될 수 있다.

[0022] 상기 측정행렬저장부(20)에 저장되는 측정행렬은, 렌즈(2) 앞의 일정 거리에 다양한 물체를 놓고서 실제로 특정 함으로써 제공될 수 있다. 예를 들어, 어느 작은 지점에 백지를 놓고 그 백지의 특정 지점에 점을 찍고서 실시예의 겹눈을 통하여 관찰할 때, 다수의 렌즈(2)가 볼 수 있는 시야영역에 물체가 놓일 수 있다. 상기 점을 다양한 위치에 놓고서 완전한 어느 한 측정행렬을 구할 수 있을 것이다. 이는 어느 특정 지점의 점이 다수의 렌즈(2)를 통하여 복잡한 광량으로 감지되어 더 많은 정보를 제공할 수 있는 것을 의미하고, 보다 많은 정보는 압축센싱의 방법으로 해석함으로써 더 선명한 이미지를 복구할 수 있게 된다. 상기 압축센싱은 디지털 신호처리기법의 일종으로서 또 다른 디지털신호처리기법을 통해서도 이미지를 복구할 수 있을 것이다. 그러나 실시예의 경우에는 압축센싱기법을 이용함으로써 더욱 정확하고 선명한 이미지복구를 수행할 수 있다. 이하 마찬가지이다.

[0023] 실시예에 따른 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치의 작용에 대하여 이하에서 상세하게 설명한다.

[0024] 도 4와 도 5는 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치에서 수용각과 렌즈 사이각을 종래기술과 본 발명에 따른 실시예에서 서로 비교하여 설명하는 도면이다.

[0025] 도 4는 종래기술을 설명하는 것으로서 도 4를 참조하면, 렌즈(2) 간의 사이각(11)이  $\Delta\Phi$ 이고, 렌즈(2)의 수용각(12)이  $\Delta\phi$ 일 때,  $\Delta\Phi \geq \Delta\phi$ 의 관계를 가져서, 렌즈 간의 사이각(11)이 렌즈의 수용각(12)보다 크거나 같다. 다시 말하면, 어느 하나의 렌즈(2)를 통해서 입력되는 시야정보는 다른 하나의 렌즈(2)를 통해서 입력되는 시야영역의 정보와 서로 겹치지 않거나 겹치는 영역이 최소화된다. 이는 서로 다른 렌즈(2)를 통해서 입사하는 시야영역의 정보는 감지 이미지(4)에 노이즈 간섭을 증가시키는 작용을 수행하여 바람직하지 않기 때문이다. 물론, 일반 자연계에 있어서는 동물 및 곤충들의 서식환경에 따라서 다른 경우도 있다. 예를 들어, 검정파리(callipora)의 경우에는 홑눈의 수용각이 1.5도이고, 홑눈 간의 사이각이 1.02도인 경우도 있다.

[0026] 도 5는 실시예를 설명하는 것으로서 도 5를 참조하면, 도 4에 반하여 렌즈(2) 간의 사이각(11)이  $\Delta\Phi$ 이고, 렌즈(2)의 수용각(12)이  $\Delta\phi$ 일 때,  $\Delta\Phi \ll \Delta\phi$ 의 관계를 가져서, 렌즈 간의 사이각( $\Delta\Phi$ )이 렌즈의 수용각( $\Delta\phi$ )보다 훨씬 작다. 다시 말하면, 어느 하나의 렌즈(2)를 통해서 입력되는 시야영역의 정보는 다른 하나의 렌즈



(2)를 통해서 입력되는 시야영역의 정보와 많이 겹친다. 예를 들어 비록 렌즈와 물체 간의 거리에는 의존적이지만, 어느 하나의 지점은 수십개의 렌즈(2)로 함께 입사할 수 있다. 이는 서로 다른 렌즈(2)를 통해서 입사하는 시야영역의 정보는 감지 이미지(4)에 간섭을 증가시키는 작용을 하기도 하지만, 이를 분석하여 특정 지점의 점을 더욱 정확하게 알아낼 수 있는 작용을 수행하도록 하기 때문이다. 상기 분석은 상기 측정행렬에 의해서 특정 거리의 특정 지점의 점이 어느 렌즈를 통하여 입사하는 지가 알려질 수 있기 때문에 가능하게 수행될 수 있다.

[0027] 도 6과 도 7은 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치에서 시야영역을 종래기술과 본 발명에 따른 실시예에서 서로 비교하여 설명하는 도면이다. 상기 시야영역은 어느 하나의 렌즈(2)를 통하여 입사하는 이차원 영역을 나타내는 것임은 이미 설명한 바와 같다.

[0028] 도 6은 종래 기술의 시야영역을 나타내는 것으로서, 도 6을 참조하면, 어느 하나의 렌즈에 해당하는 시야영역(6)은 다수의 렌즈(2)의 배열 상에서 가운데 부분에 배열된 것은 좁고, 바깥으로 갈수록 넓어지는 것을 볼 수 있다. 이는 렌즈의 배열이 그와 같은 형태로 되어 있고, 또한, 상기 렌즈가 바라보는 지점이 삼차원으로 배열되는 것임에 반하여 시야영역은 이차원으로 배열되는 것이기 때문이다.

[0029] 도 7은 실시예의 시야영역을 나타내는 것으로서, 도 7을 참조하면, 어느 하나의 렌즈에 해당하는 시야영역(6)이 다수의 렌즈(2)의 배열 상에서 가운데 부분에 배열된 것은 좁고, 바깥으로 갈수록 넓어지는 것은 종래기술과 동일할 수 있다. 그러나, 어느 하나의 시야영역(6)의 크기는 종래기술과 비교할 때 상당히 큰 것을 볼 수 있다. 따라서, 특정 지점은 크게는 수십 개의 렌즈(2)에 해당하는 시야영역(6)에 동시에 포함될 수 있다.

[0030] 도 8은 시야영역과 픽셀의 관계를 설명하는 도면이다.

[0031] 도 8을 참조하면, 어느 하나의 렌즈(2)의 시야영역(6)이 원형으로 예시되고, 각각의 픽셀(7)은 사각형으로 도시된다. 중심에 있는 네 개의 픽셀(7)에는 네 개의 시야영역(6)에 모두 포함되므로 네 개의 렌즈로부터의 정보를 획득할 수 있다. 이와 달리 최외각에 있는 모서리의 픽셀에는 어느 하나의 시야영역(6)에만 해당하므로 하나의 렌즈로부터만 정보가 획득될 수 있다. 여기서 픽셀은 감지 이미지(4)의 픽셀일 수 있다.

[0032] 상기 도 8에 제공되는 시야영역과 픽셀의 상호 관계는 시야영역이 원형일 때를 도시한 것으로서, 실제로 상기 시야영역은 렌즈의 배치와 개수에 따라서 다양한 양상과 형태를 가지므로 시야영역과 픽셀은 더욱 복잡한 상호 관계를 가질 수 있다.

[0033] 도 9와 도 10은 다수의 렌즈를 이용한 촬상장치에서 얻은 측정행렬을 종래기술과 실시예 별로 서로 비교하여 설명하는 도면이다. 여기서 측정행렬은 렌즈와 물체와의 거리가 동일하고 동일한 물체를 이용하여 측정행렬을 얻어내는 것이라고 할 수 있다.

[0034] 도 10의 실시예의 경우에는 도 9의 종래기술과 비교할 때, 측정행렬에 더 많은 нену로(non-zero) 성분이 존재하는 것을 볼 수 있다. 도 10에 있어서 특정 열은 어느 한 픽셀에 어느 렌즈로부터의 정보가 입사하는 지를 나타내고, 특정 행은 어느 한 렌즈로부터의 정보가 어느 픽셀에 입사하는 지를 나타내고 있다. 상기 측정행렬은 렌즈와 물체 사이의 직근 거리가 동일한 편평한 평면상의 지점에 대한 측정행렬이라고 정의할 수 있다. 다시 말하면 곡면의 꼭지점에 위치하는 렌즈에서 굽는 직선과 수직하는 편평한 평면에서의 측정행렬이라고 할 수 있다.

[0035] 결국, 어느 한 지점에 이미지에 의한 신호가 있을 때 더욱 많은 렌즈(2)를 통하여 그 신호가 입사하는 것으로 이해할 수 있다. 이와 같은 방법을 반복으로 수행함으로써, 렌즈와 물체 사이의 다양한 직선거리에서의 편평한 평면에 대한 측정행렬을 얻어낼 수 있다.

[0036] 이하에서는 상기 측정행렬을 이용하여 이미지를 복구하는 과정을 설명한다.

[0037] 먼저, 상기되는 과정을 통하여 얻어진 측정행렬은 상기 측정행렬저장부(20) 부에 거리별로 저장되어 있을 수 있다. 상기 이미지 복구부(30)에서는 겹눈(10)별로 입사한 빛의 광량을 구현한 상기 감지 이미지(4)와 상기 측정행렬저장부(20)에 저장되는 측정행렬을 이용하여 이미지를 복구할 수 있다.

[0038] 상기 감지 이미지(4)에는 렌즈(2)의 개수에 상응하는 픽셀이 제공될 수 있고, 상기 측정행렬저장부(20)로부터 상기 렌즈(2)로부터 상기 물체까지의 거리에 해당하는 측정행렬을 불러올 수 있다. 상기 렌즈로부터 상기 물체까지의 거리는 별도의 거리측정센서를 이용하여 측정할 수도 있고, 다수개의 측정행렬을 이용하여 반복하여 이미지를 복구한 다음에 최적의 이미지를 복구해 낸 측정행렬이 바람직한 행렬로 선택될 수도 있다.

[0039] 상기 감지 이미지(4)에서의 픽셀의 광량정보-이것은 렌즈(2)의 시야영역과 대응할 수 있다-를  $y$ 라 하고, 측정행렬을  $A$ 라 하고, 복구된 이미지(5)에서의 픽셀의 광량정보를  $x$ 라고 할 때, 하기되는 수학적 1의 관계가

성립한다.

수학식 1

$$\mathbf{y} = \mathbf{A}\mathbf{x}$$

$$= \mathbf{A}\Psi\mathbf{s}$$

[0040]

[0041] 여기서,

$$\mathbf{y} \in \mathbb{R}^{M \times 1}$$

$$\mathbf{x} \in \mathbb{R}^{N \times 1}$$

$$\mathbf{A} \in \mathbb{R}^{M \times N}$$

$$\Psi \in \mathbb{R}^{N \times N}$$

[0042]

[0043] 이다.

[0044] 여기서, N은 복구된 이미지(5)의 픽셀의 개수이고, M은 감지 이미지(4)의 픽셀의 개수이고, A는 측정행렬이고,  $\Psi$ 는 상기 복구된 이미지에서의 픽셀의 광량정보(x)가, 적은 수의 영이 아닌 값들(small number of nonzero elements)(s)을 가지도록 추정하는 희소화 베이스(sparsifying basis)로 제공될 수 있다. 상기 측정행렬(A)의 임의의 원소인  $a_{ij}$ 는 j번째 복구된 픽셀의 광량이 i번째 렌즈의 시야영역의 영향을 받는 것을 나타낸다. 예를 들어,  $a_{ij}$ 가 영인 경우에는 j번째 복구된 이미지의 픽셀이 i번째 렌즈의 시야영역이(6)의 바깥에 있는 것이고,  $a_{ij}$ 가 일인 경우에는 j번째 복구된 이미지의 픽셀이 i번째 렌즈의 시야영역이(6)의 안에 있는 것이고,  $a_{ij}$ 가 영보다 크고 일보다 작은 경우에는 j번째 복구된 이미지의 픽셀이 i번째 렌즈의 시야영역이(6)의 경계선에 있는 것으로 생각할 수 있다.

[0045] 한편, 상기 수학식 1은  $N > M$ 으로 주어지는 비결정 시스템(underdetermined system)이다. 상기 비결정 시스템을 최적화 과정을 통하여 해를 구하기 위해서는, 첫째, 희소신호(sparse signal)로 표현할 수 있어야 하고, 둘째 상기 측정행렬은 서로 비간섭성(incoherent)으로 제공될 필요가 있다. 그런데, 자연계의 이미지는 웨이블릿 도메인(wavelet domain) 또는 이산코사인변환 또는 이산푸리에변환 등과 같은 도메인에서 희소신호로 표현된다는 것이 알려져 있다. 따라서, 상기 첫째 조건은 만족한다. 둘째, 상기 측정행렬에서 어느 렌즈의 시야영역은 복구된 이미지의 특정 픽셀에만 정보를 인가하므로 전체 픽셀에 대해서는 비간섭적이라고 할 수 있다. 따라서 상기 둘째 조건은 만족한다.

[0046] 이에, 실시예에서는 상기 수학식 1의 해를 구하기 위하여 희소표현(sparse representation)을 이용하는 압축센싱(compressed sensing)을 이용하고, 실시예에서는 이를 일 특징으로 하고 있다.

[0047] 상기 수학식 1의 x는 수학식 2의 선형방정식으로 풀어낼 수 있다.



수학식 2

$$\hat{\mathbf{s}} = \underset{\mathbf{s}}{\operatorname{argmin}} \|\mathbf{s}\|_1 \quad \text{subject to} \quad \|\mathbf{y} - \mathbf{A}\Psi\mathbf{s}\|_2^2 \leq \varepsilon$$

[0048]

[0049]

[0050]

[0051]

$\|\cdot\|_1$ 는 L1 놈(norm)을 나타내고,  $\varepsilon$ 은 미리 설정되거나 수정되거나 선택될 수 있는 임계치이다.

실시예에서 상기 수학식 2는 대체방향방법(alternating direction method)으로 풀었다. 상기 대체방향방법은 Yang, J. & Zhang, Y. Alternating direction algorithms for l1-problems in compressive sensing. SIAM J. Sci. Comput. **33**, 250-278 (2011)을 참조할 수 있다. 이 뿐만이 아니고, 심플렉스법(simplex methods) 또는 기울기하강법(steepest decent methods) 또는 이차미분법(second derivative methods)을 사용하여 최적의 해를 구할 수 있다. 또 다른 예로서 본 발명의 출원인이 대한민국특허등록번호 10-1423964에서 제안한 바가 있는 L1 놈 최적화 방법을 이용하여 최적의 해를 구할 수 있다.

L1 놈 최적화 방법에 의해서 상기 적은 수의 영이 아닌 값들(s)이 구하여지면, 하기 수학식 3을 이용하여 상기 복구된 이미지에서의 픽셀의 광량정보(x)를 얻어낼 수 있다.

수학식 3

$$\hat{\mathbf{x}} = \Psi \hat{\mathbf{s}}$$

[0052]

[0053]

상기 수학식 3에서  $\hat{\mathbf{x}}$ 는 복구된 이미지에서의 픽셀의 광량정보(x)로 생각할 수 있다.

[0054]

실시예에 따른 제 1 실험을 행함에 있어서, 픽셀의 갯수로 주어지는 N은 160×160으로 주어지는 25600개로 이차원 픽셀로 하고, 렌즈(2) 및 포토센서(3)로 주어지는 M은 80×80로 주어지는 6400개로 하여 구면으로 배치하고, 렌즈 사이각(11)은 2.25도로 하고, 렌즈(2)에서 물체까지의 직근거리는 10mm로 하여 시뮬레이션을 수행하였다.

[0055]

도 11은 종래 기술에 따라 수용각을 2.25도로 렌즈 사이각과 동일하게 하여 압축센싱을 하지 않고 감지 이미지를 획득한 결과이고, 도 12는 실시예에 따라서 수용각을 60도로 렌즈 사이각에 비하여 대략 27배 크게 하고 압축센싱을 수행하여 얻은 복구된 이미지를 나타내는 도면이다.

[0056]

도 11를 참조하면, 감지 이미지(4)는 종래기술의 경우에는 흐릿한 이미지를 얻어서 호랑이인지 아닌지를 알아내기 어려운 것을 알 수 있다. 도 12를 참조하면, 감지된 이미지(4)는 전혀 이미지를 알아낼 수가 없다. 이는 렌즈(2)의 수용각이 넓기 때문에 렌즈를 통해서 다량의 광량이 입사하기 때문이다. 그러나, 측정행렬과 감지 이미지를 이용하여 희소표현(sparse representation)을 이용하는 압축센싱(compressed sensing)을 이용하여 복구된 이미지(5)는 해상도가 향상된 이미지를 복구할 수 있는 것을 알 수 있다.

[0057]

실시예에 따른 제 2 실험을 행함에 있어서, 픽셀의 갯수로 주어지는 N은 160×160으로 주어지는 25600개로 이차원 픽셀로 하고, 렌즈(2) 및 포토센서(3)로 주어지는 M은 100×100로 주어지는 10000개로 하여 구면으로 배치하고, 렌즈 사이각(11)은 1.8도로 하고, 수용각은 60도로 하고, 렌즈(2)에서 물체까지의 직근거리를 5mm, 10mm, 및 15mm로 달리하여 시뮬레이션을 수행하였다. 이때 렌즈에서 물체까지의 직근거리에 따라서 측정행렬을 구하여 모두 상기 측정행렬저장부(20)에 입력하여 각각의 측정행렬이 사용되도록 하였다.

[0058]

도 13은 상기 제 2 실험의 실험결과를 나타내는 도면으로서, 어느 경우에 있어서나 이미지를 정확하게 복구해 낼 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

[0059]

상기 실험에서는 수 천개의 렌즈를 이용하여 실험을 수행하였으나, 수십개를 통해서도 그 효과를 얻을 수 있다. 예를 들어 8개의 이미지 센서를 이용하더라도 그 효과를 얻을 수 있다.

[0060] 본 발명의 다른 실시예를 소개한다. 먼저, 상기 실시예에서는 곡면에 렌즈가 배치되는 것으로 설명이 되어 있으나, 이에 제한되지 아니한다. 예를 들어, 렌즈가 평면에 배치되더라도 본 발명의 실시예는 문제가 없다. 그러나, 넓은 범위, 예를 들어, 180도를 넘어서는 범위의 이미지를 획득하기 위해서는 곡면으로 제공되는 것이 더욱 바람직하게 고려될 수 있는 것은 물론이다.

**산업상 이용가능성**

[0061] 본 발명에 따르면, 겹눈을 이용함으로써 얻을 수 있는 왜곡없는 넓은 시야각, 무한한 심도, 및 빠른 모션 인지의 특징을 이용하면서도 이미지의 해상도를 높일 수 있다. 이에 따라서, 겹눈에 의한 물체의 식별력을 높일 수 있어서, 카메라 형태의 눈을 가진 인간이, 겹눈의 장점을 극대화하여 이미지 정보를 획득할 수 있다.

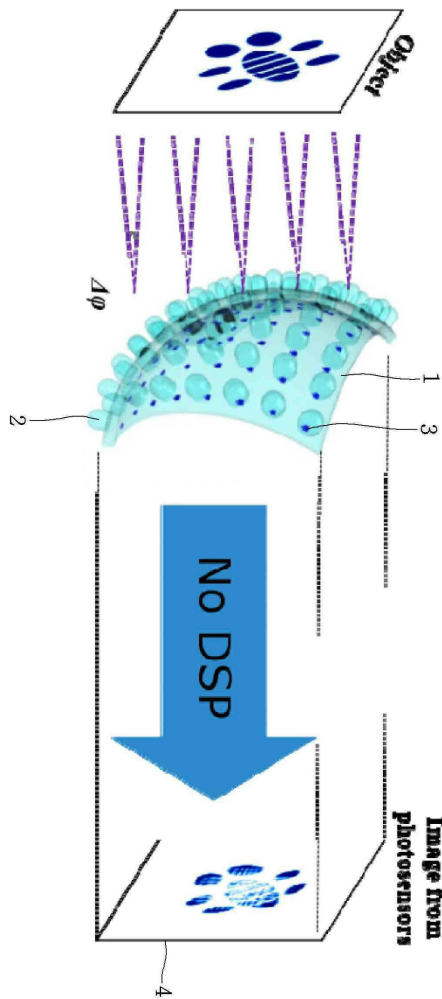
[0062] 이에 따르면, 감시분야, 모션감지분야 등에 널리 활용될 수 있는 사용상의 장점이 크게 기대된다고 할 수 있다.

**부호의 설명**

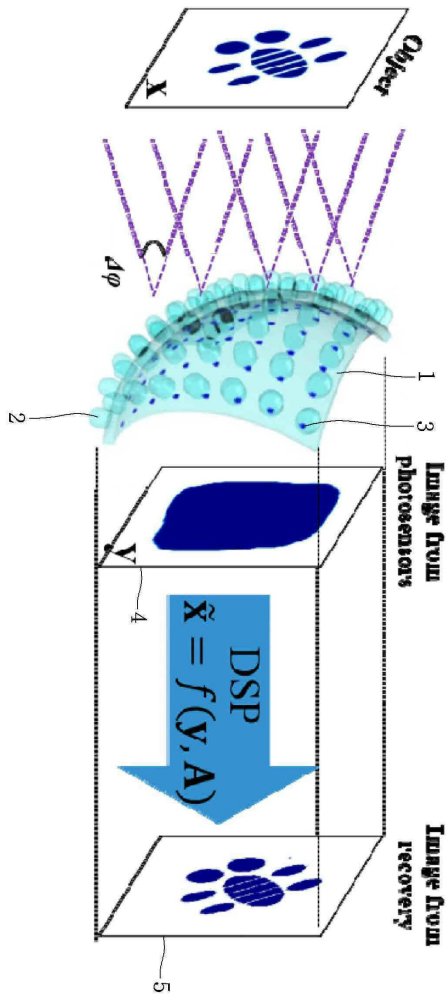
- [0063] 10: 겹눈
- 20: 측정행렬저장부
- 30: 이미지 복구부

**도면**

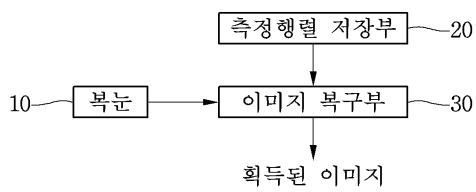
**도면1**



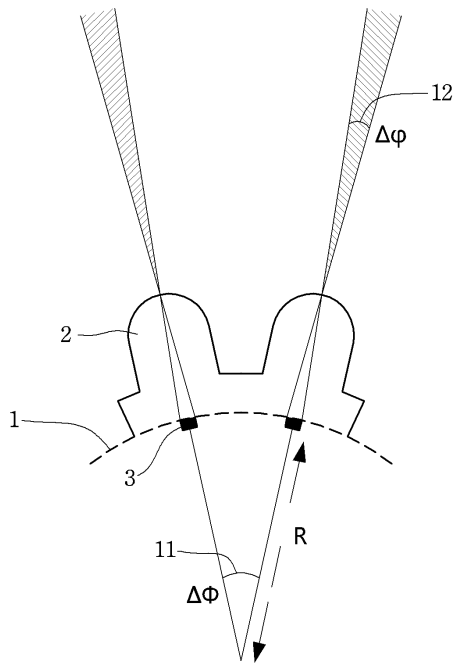
도면2



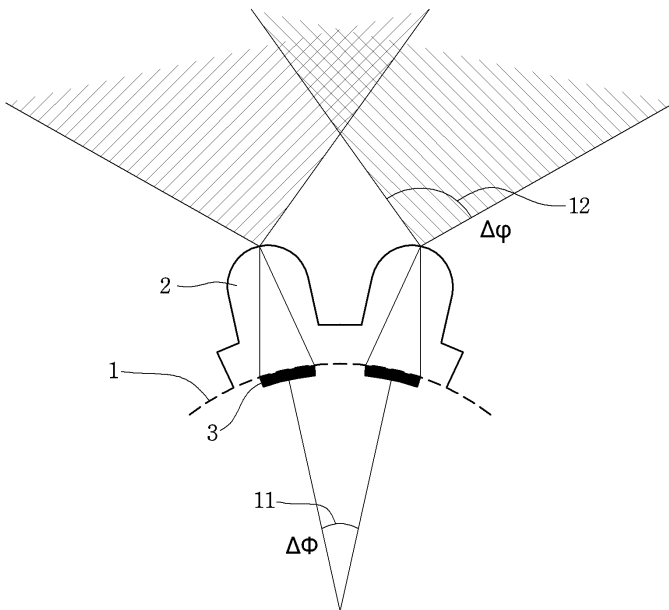
도면3



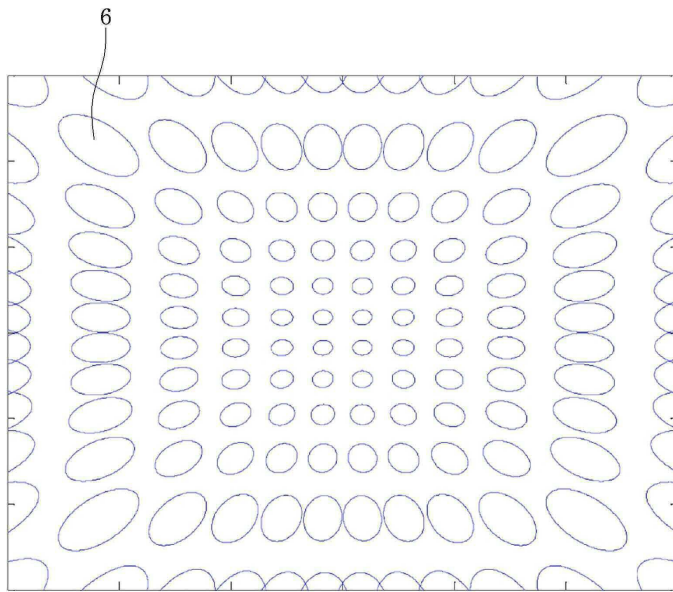
도면4



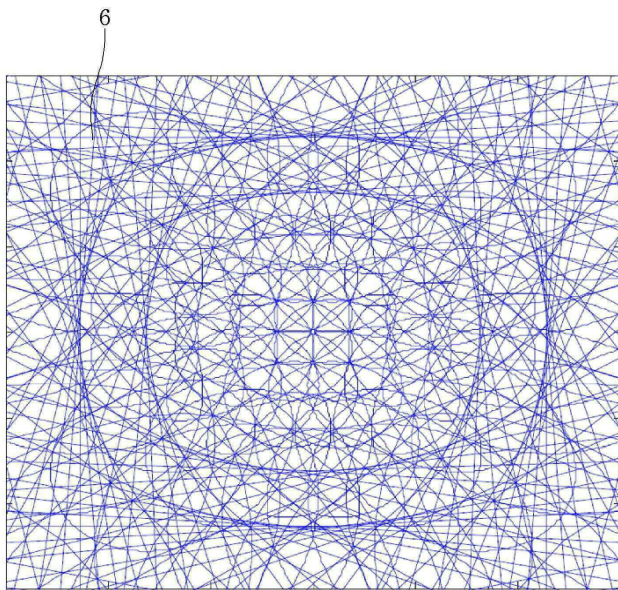
도면5



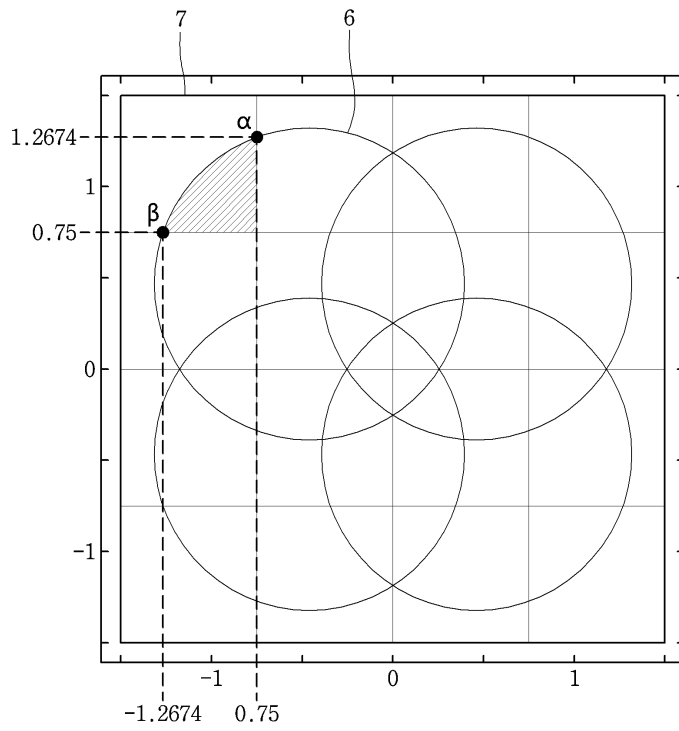
도면6



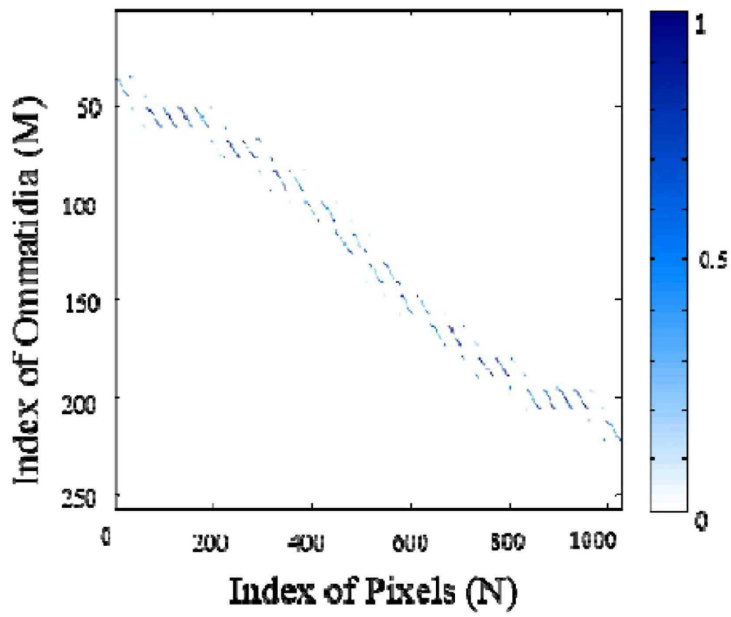
도면7



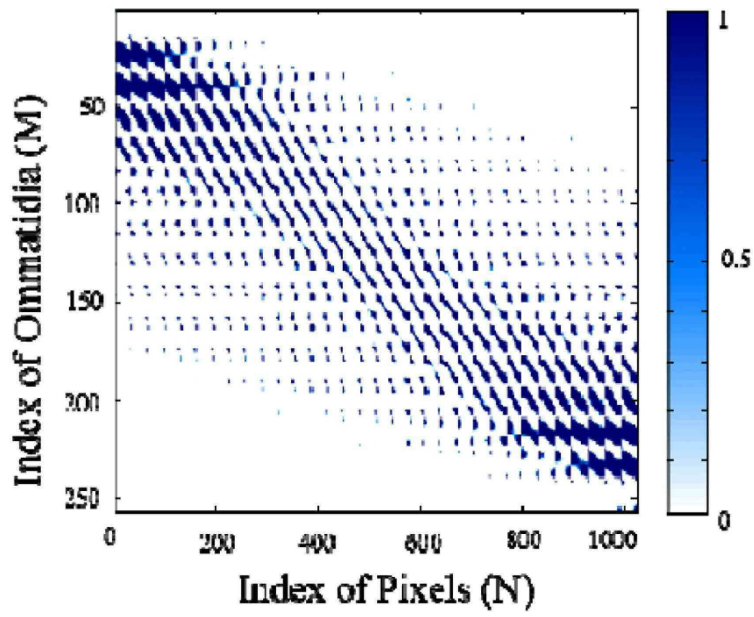
도면8



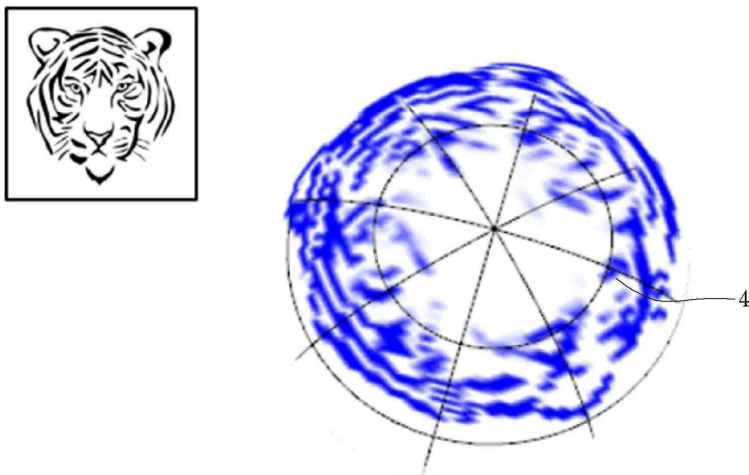
도면9



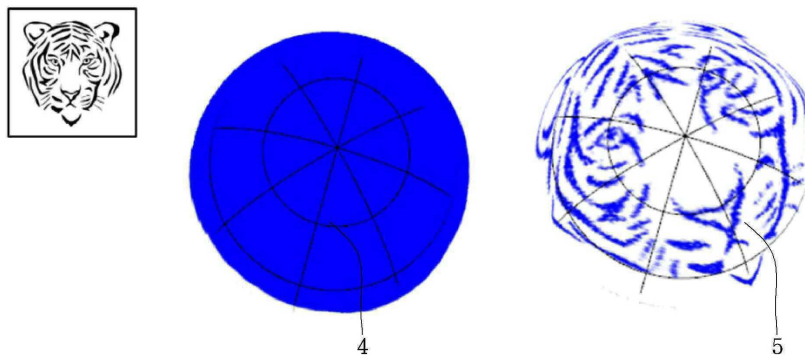
도면10



도면11



도면12





도면13

