



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년03월30일  
(11) 등록번호 10-1607607  
(24) 등록일자 2016년03월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G06T 15/80 (2011.01)  
(52) CPC특허분류  
G06T 15/80 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-0068259  
(22) 출원일자 2015년05월15일  
심사청구일자 2015년05월15일  
(65) 공개번호 10-2015-0132031  
(43) 공개일자 2015년11월25일  
(30) 우선권주장  
14/278,025 2014년05월15일 미국(US)  
14/448,666 2014년07월31일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2013038775 A\*  
US20130120385 A1\*  
US20050180623 A1  
KR1020140003880 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
카오스 소프트웨어 엘티디.  
불가리아 1729 소피아 밀라도스트 1에이 오피스  
203 이티.2 비엘.548  
(72) 발명자  
미테브 피터 오니아노브  
불가리아 소피아 1000 에이피. 22 에프엘. 3 이엔  
티알. 11 비엘. 224 알이एस. 디스트릭트 밀라도  
스트 2  
일리에브 이베일로 카데브  
불가리아 플로우디브 4003 에이피. 46 두나브 스  
트리트 66  
요다노브 이블린 안코프  
불가리아 톰 리전 3646 코바치자 빌리지 드바테젯  
아이 드라이브 스트리트 3  
(74) 대리인  
박장원

전체 청구항 수 : 총 23 항

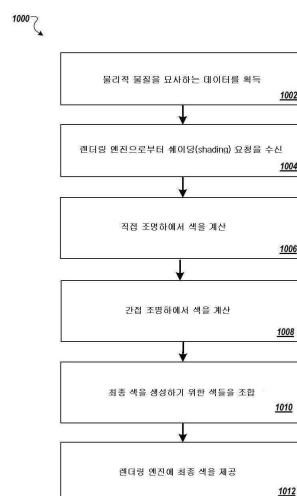
심사관 : 조우연

(54) 발명의 명칭 물질들의 CG 표현들 셰이딩

(57) 요약

물질들의 컴퓨터 그래픽(CG) 표현들을 셰이딩하기 위한 컴퓨터 저장 매체에 인코딩된 컴퓨터 프로그램들을 포함하는 방법들, 시스템들 및 장치. 방법들 중 하나는 물리적 물질을 묘사하는 데이터를 획득하는 단계; 렌더링 엔진으로부터 셰이딩(shading) 요청을 수신하는 단계; 상기 요청은 특정 포인트의 맵핑 포지션, 맵핑 포지션에서 뷰 방향뷰 방향포지션에서 광 방향을 식별하며; 복수의 팔레트화된 이미지를 사용하여 맵핑 포지션에서 직접 조명 색을 계산하는 단계; 물리적 물질을 묘사하는 데이터를 사용하여 맵핑 포지션에서 간접 조명 색을 계산하는 단계; 직접 조명 색과 간접 조명 색을 조합하는 단계에 의하여 맵핑 포지션에서 최종 색을 생성하는 단계; 및 물리적 물질의 CG 표현을 렌더링하는데 사용하기 위한 렌더링 엔진에 최종 색을 제공하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도10



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

물리적 물질을 묘사하는(describing) 데이터를 획득하는 단계, 상기 물리적 물질을 묘사하는 상기 데이터는 상기 물리적 물질의 제1샘플의 복수의 팔레트화된 이미지(palettized image)들을 포함하고, 상기 각각의 팔레트화된 이미지들은 복수의 거울들의 각각의 거울에 의하여 반사된 상기 물리적 물질의 상기 제1샘플의 각각의 반사된 이미지를 포함하며;

상기 물리적 물질의 표현에서 특정 포인트를 셰이드하기 위한 셰이딩(shading) 요청을 수신하는 단계, 상기 요청은 특정 포인트의 맵핑 포지션(mapping position), 맵핑 포지션에서 뷰 방향(view direction) 및 맵핑 포지션에서 광 방향(light direction)을 식별하고;

하나 이상의 컴퓨터들을 사용하여, 상기 복수의 팔레트화된 이미지들을 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 직접 조명 색(direct lighting color)을 계산하는 단계;

하나 이상의 컴퓨터들을 사용하여, 상기 물리적 물질을 묘사하는 상기 데이터를 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 간접 조명 색(indirect lighting color)을 계산하는 단계;

하나 이상의 컴퓨터들을 사용하여, 상기 직접 조명 색과 상기 간접 조명 색을 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 최종 색을 생성하는 단계; 및

렌더링 엔진에 상기 최종 색을 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 거울들의 포지션들(positions)은 반구(hemisphere)를 정의하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

서로 다른 관점(different perspective)으로부터 상기 복수의 거울들 위에 위치한 상기 물질 샘플의 뷰(view)를 각각 반사하는 상기 복수의 거울들의 포지션들에 의하여 정의된 반구의 보로노이 다이어그램(Voronoi diagram)을 생성하는 단계;

복수의 셀들을 포함하는 2차원적 테이블을 생성하는 단계, 상기 각각의 셀들은 각각의 수평적 및 수직적 각도 쌍에 의하여 상기 반구에 맵핑되며; 및

그리고 각각의 상기 셀들에 대하여:

상기 셀에 대응하는 상기 수평적 및 수직적 각도 쌍에서 타원체의 표면 상에 원을 구성하는 단계 및 상기 셀에 대응하는 데이터로서 복수의 (포지션, 가중치) 쌍들을 저장하는 단계를 더 포함하며,

상기 저장하는 단계는:

상기 원 내에 미리 결정된 숫자의 포인트들을 무작위로 위치시키는(randomly locating) 단계,

각각의 상기 포인트들에 대하여, 각각의 상기 포인트들에서 각각의 가장 가까운 거울을 결정하는 단계,

각각의 상기 거울들에 대하여, 상기 포인트에 가장 가까운 거울로서 상기 거울을 가지는 포인트들의 수(count of points)를 결정하는 단계 및

각각의 상기 거울들에 대한 각각의 (포지션, 가중치) 쌍을 결정하는 단계를 포함하며, 상기 포지션은 상기 거울을 식별하고 상기 가중치는 상기 거울을 위한 포인트들의 수를 미리 결정된 숫자로 나눔으로써 결정되는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 복수의 팔레트화된 이미지들을 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 상기 직접 조명 색을 계산하는 단계는:

상기 뷰 방향에 대응하는 2차원적 테이블에서 제1셀을 식별하는 단계;

상기 광 방향에 대응하는 2차원적 테이블에서 제2셀을 식별하는 단계;

상기 제1셀과 상기 제2셀에 저장된 상기 (포지션, 가중치) 쌍들을 사용하여 제1 기여 팔레트화 이미지 (contributing palettized image)와 제2 기여 팔레트화 이미지를 결정하는 단계;

상기 제1 기여 팔레트화 이미지로부터 제1픽셀과 상기 제2 기여 팔레트화 이미지로부터 제2픽셀을 추출하는 단계; 및

상기 추출된 픽셀들 및 상기 제1셀 및 제2셀들에 대한 상기 가중치들을 사용하여 상기 직접 조명 색을 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 각각의 기여 팔레트화 이미지들로부터 픽셀을 추출하는 단계는

상기 맵핑 포지션의 좌표들을 각 기여 팔레트화 이미지에서의 위치(location)로 트랜스레이팅(translating)함으로써 픽셀들을 추출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 6

제4항에 있어서,

상기 추출된 픽셀들 및 상기 가중치들을 사용하여 상기 직접 조명 색을 결정하는 단계는:

상기 제1픽셀의 색과 상기 제2픽셀의 색을 결정하는 단계;

상기 제1 기여 팔레트화 이미지를 선택하기 위해 사용되는 상기 (포지션, 가중치) 쌍들에서 상기 가중치들에 기초하여 상기 제1픽셀의 색에 가중치를 주는 단계;

상기 제2 기여 팔레트화 이미지를 선택하기 위해 사용되는 상기 (포지션, 가중치) 쌍들에서 상기 가중치들에 기초하여 상기 제2픽셀의 색에 가중치를 주는 단계; 및

상기 직접 조명 색을 결정하기 위하여 상기 가중치를 준 색들을 합산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 7

제3항에 있어서,

상기 보로노이 다이어그램을 생성하는 단계는

상기 타원체에서 각 포인트에 대한 가장 가까운 거울을 식별하는 단계를 포함하고, 상기 가장 가까운 거울은 상기 포인트로부터 상기 거울의 중심까지 가장 짧은 거리를 가지는 거울인 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 보로노이 다이어그램을 생성하는 단계는

상기 보로노이 다이어그램에서 동일한 구역(zone)에 동일하게 가장 가까운 거울을 공유하는 각 포인트를 할당하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 9

제3항에 있어서,

상기 표면 상에 상기 원을 구성하는 단계는

상기 보로노이 다이어그램에서 적어도 두 구역들을 커버하는 가능한 원 각각 으로부터 가장 작은 반경을 가지는 원을 선택하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 물리적 물질을 묘사하는 상기 데이터는 제1영역 이미지에서 제1픽셀에 대한  $K \times M$  테이블을 포함하고, 상기 제1영역 이미지는 상기 수신되는 뷰 방향에 대응하며, 상기 제1픽셀은 상기 수신되는 맵핑 포지션에 대응하고, 상기 테이블의 각 셀은 상기 복수의 거울들에 의하여 정의된 타원체의 각각의 조각의 중심의 포지션을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 물리적 물질을 묘사하는 상기 데이터를 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 상기 간접 조명 색을 계산하는 단계는:

상기 맵핑 포지션에서 제1 간접 조명 색을 결정하는 단계; 및

적어도 부분적으로 상기 제1 간접 조명 색에 기초하여 상기 맵핑 포지션에서 상기 간접 조명 색을 계산하는 단계를 포함하며,

상기 제1 간접 조명 색을 결정하는 단계는:

0에서  $K$ 의 범위로부터 선택된 정수가 아닌 제1 임의의 숫자를 생성하는 단계;

0에서  $M$ 의 범위로부터 선택된 정수가 아닌 제2 임의의 숫자를 생성하는 단계;

상기 제1 임의의 숫자 및 상기 제2 임의의 숫자의 경계를 이루는(bound) 셀들을 식별하기 위하여 상기 제1 임의의 숫자와 상기 제2 임의의 숫자를 사용하여 상기 테이블을 색인(indexing)하는 단계;

상기 식별된 셀들에 포함된 포지션들을 식별하는 단계;

최종 포지션을 생성하기 위해 상기 포지션들을 조합하는 단계; 및

상기 제1 간접 조명 색을 결정하기 위하여 상기 최종 포지션에 의하여 정의된 상기 방향들에서 광선(ray)을 추적하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 적어도 부분적으로 상기 제1 간접 조명 색에 기초하여 상기 맵핑 포지션에서 상기 간접 조명 색을 계산하는 단계는

상기 제1 간접 조명 색을 상기 간접 조명 색으로 사용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 13

제11항에 있어서,

상기 적어도 부분적으로 상기 제1 간접 조명 색에 기초하여 상기 맵핑 포지션에서 상기 간접 조명 색을 계산하는 단계는:

하나 이상의 다른 간접 조명 색들을 계산하는 단계; 및

최종 간접 조명 색을 생성하기 위하여 하나 이상의 다른 간접 조명 색들을 상기 제1 간접 조명 색과 조합하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 14

하나 이상의 컴퓨터들 및 하나 이상의 컴퓨터들에 의해 실행될 때 하나 이상의 컴퓨터들로 하여금 동작들을 수행하도록 하는 명령들을 저장하는 하나 이상의 저장 디바이스들을 포함하는 시스템에 있어서:

물리적 물질을 묘사하는 데이터를 획득하는 단계, 상기 물리적 물질을 묘사하는 상기 데이터는 상기 물리적 물질의 제1샘플의 복수의 팔레트화된 이미지들을 포함하고, 상기 각각의 팔레트화된 이미지들은 복수의 거울들의 각각의 거울에 의하여 반사된 상기 물리적 물질의 상기 제1 샘플의 각각의 반사된 이미지를 포함하며;

상기 물리적 물질의 표현에서 특정 포인트를 셰이드하기 위한 셰이딩 요청을 수신하는 단계, 상기 요청은 특정 포인트의 맵핑 포지션, 맵핑 포지션에서 뷰 방향 및 맵핑 포지션에서 광 방향을 식별하고;

상기 복수의 팔레트화된 이미지들을 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 직접 조명 색을 계산하는 단계;

상기 물리적 물질을 묘사하는 상기 데이터를 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 간접 조명 색을 계산하는 단계;

상기 직접 조명 색과 상기 간접 조명 색을 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 최종 색을 생성하는 단계; 및

렌더링 엔진에 상기 최종 색을 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

#### 청구항 15

제14항에 있어서,

상기 동작들은

다른 관점으로부터 상기 복수의 거울들 위에 위치한 상기 물질 샘플의 뷰를 각각 반사하는 상기 복수의 거울들의 포지션들에 의하여 정의된 반구의 보로노이 다이어그램을 생성하는 단계;

복수의 셀들을 포함하는 2차원적 테이블을 생성하는 단계, 상기 각각의 셀들은 각각의 수평적 및 수직적 각도 쌍에 의하여 상기 반구에 맵핑되며;

그리고 각각의 상기 셀들에 대하여:

상기 셀에 대응하는 상기 수평적 및 수직적 각도 쌍에서 타원체의 표면 상에 원을 구성하는 단계 및

상기 셀에 대응하는 데이터로서 복수의 (포지션, 가중치) 쌍들을 저장하는 단계를 더 포함하며,

상기 저장하는 단계는:

원 내에 미리 결정된 숫자의 포인트들을 무작위로 위치시키는(randomly locating) 단계,

각각의 상기 포인트들에 대하여, 각각의 상기 포인트들에서 각각의 가장 가까운 거울을 결정하는 단계,

각각의 상기 거울들에 대하여, 상기 포인트에 가장 가까운 거울로서 거울을 가지는 포인트들의 수를 결정하는 단계 및

각각의 상기 거울들에 대한 각각의 (포지션, 가중치) 쌍을 결정하는 단계를 포함하며, 상기 포지션은 상기 거울을 식별하고 상기 가중치는 상기 거울을 위한 포인트들의 수를 미리 결정된 숫자로 나눔으로써 결정되는 것을 특징으로 하는 시스템.

#### 청구항 16

제15항에 있어서,

상기 복수의 팔레트화된 이미지들을 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 상기 직접 조명 색을 계산하는 단계는:

상기 뷰 방향에 대응하는 2차원적 테이블에서 제1셀을 식별하는 단계;

상기 광 방향에 대응하는 2차원적 테이블에서 제2셀을 식별하는 단계;

상기 제1셀과 상기 제2셀에 저장된 상기 (포지션, 가중치) 쌍들을 사용하여 제1 기여 팔레트화 이미지와 제2 기여 팔레트화 이미지를 결정하는 단계;

상기 제1 기여 팔레트화 이미지로부터 제1픽셀과 상기 제2 기여 팔레트화 이미지로부터 제2픽셀을 추출하는 단

계; 및

상기 추출된 픽셀들 및 상기 제1셀 및 제2셀들에 대한 상기 가중치들을 사용하여 상기 직접 조명 색을 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

#### 청구항 17

제16항에 있어서,

상기 추출된 픽셀들 및 상기 가중치들을 사용하여 상기 직접 조명 색을 결정하는 단계는:

상기 제1픽셀의 색과 상기 제2픽셀의 색을 결정하는 단계;

상기 제1 기여 팔레트화 이미지를 선택하기 위해 사용되는 상기 (포지션, 가중치) 쌍들에서 상기 가중치들에 기초하여 상기 제1픽셀의 색에 가중치를 주는 단계;

상기 제2 기여 팔레트화 이미지를 선택하기 위해 사용되는 상기 (포지션, 가중치) 쌍들에서 상기 가중치들에 기초하여 상기 제2픽셀의 색에 가중치를 주는 단계; 및

상기 직접 조명 색을 결정하기 위하여 상기 가중치를 준 색들을 합산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

#### 청구항 18

제14항에 있어서,

상기 물리적 물질을 묘사하는 상기 데이터는 제1영역 이미지에서 제1픽셀에 대한  $K \times M$  테이블을 포함하고, 상기 제1영역 이미지는 상기 수신되는 뷰 방향에 대응하며, 상기 제1픽셀은 상기 수신되는 맵핑 포지션에 대응하고, 상기 테이블의 각 셀은 상기 복수의 거울들에 의하여 정의된 타원체의 각각의 조각의 중심의 포지션을 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

#### 청구항 19

제18항에 있어서,

상기 물리적 물질을 묘사하는 상기 데이터를 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 상기 간접 조명 색을 계산하는 단계는:

상기 맵핑 포지션에서 제1 간접 조명 색을 결정하는 단계; 및

적어도 부분적으로 상기 제1 간접 조명 색에 기초하여 상기 맵핑 포지션에서 상기 간접 조명 색을 계산하는 단계를 포함하며,

상기 제1 간접 조명 색을 결정하는 단계는:

0에서  $K$ 의 범위로부터 선택된 정수가 아닌 제1 임의의 숫자를 생성하는 단계;

0에서  $M$ 의 범위로부터 선택된 정수가 아닌 제2 임의의 숫자를 생성하는 단계;

상기 제1 임의의 숫자 및 상기 제2 임의의 숫자의 경계를 이루는(bound) 셀들을 식별하기 위하여 상기 제1 임의의 숫자와 상기 제2 임의의 숫자를 사용하여 상기 테이블을 색인(indexing)하는 단계;

상기 식별된 셀들에 포함된 포지션들을 식별하는 단계;

최종 포지션을 생성하기 위해 상기 포지션들을 조합하는 단계; 및

상기 제1 간접 조명 색을 결정하기 위하여 상기 최종 포지션에 의하여 정의된 상기 방향들에서 광선(ray)을 추적하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

#### 청구항 20

하나 이상의 컴퓨터들에 의해 실행될 때 하나 이상의 컴퓨터들이 동작들을 수행하도록 하는 명령들을 저장하는 컴퓨터로 판독가능한 매체에 있어서:

물리적 물질을 묘사하는 데이터를 획득하는 단계, 상기 물리적 물질을 묘사하는 상기 데이터는 상기 물리적 물

질의 제1샘플의 복수의 팔레트화된 이미지들을 포함하고, 상기 각각의 팔레트화된 이미지들은 복수의 거울들의 각각의 거울에 의하여 반사된 상기 물리적 물질의 상기 제1샘플의 각각의 반사된 이미지를 포함하며;

상기 물리적 물질의 표현에서 특정 포인트를 셰이드하기 위한 셰이딩 요청을 수신하는 단계, 상기 요청은 특정 포인트의 맵핑 포지션, 맵핑 포지션에서 뷰 방향 및 맵핑 포지션에서 광 방향을 식별하고;

상기 복수의 팔레트화된 이미지들을 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 직접 조명 색을 계산하는 단계;

상기 물리적 물질을 묘사하는 상기 데이터를 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 간접 조명 색을 계산하는 단계;

상기 직접 조명 색과 상기 간접 조명 색을 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 최종 색을 생성하는 단계; 및

렌더링 엔진에 상기 최종 색을 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터로 판독가능한 매체.

## 청구항 21

물리적 물질을 묘사하는(describing) 데이터를 획득하는 단계, 상기 물리적 물질을 묘사하는 상기 데이터는 상기 물리적 물질의 제1샘플의 복수의 팔레트화된 이미지(palettized image)들을 포함하고, 상기 각각의 팔레트화된 이미지들은 복수의 거울들의 각각의 거울에 의하여 반사된 상기 물리적 물질의 상기 제1샘플의 각각의 반사된 이미지를 포함하며;

렌더링 엔진으로부터 상기 물리적 물질의 컴퓨터 그래픽(CG) 표현에서 특정 포인트를 셰이드하기 위한 셰이딩(shading) 요청을 수신하는 단계, 상기 요청은 특정 포인트의 맵핑 포지션(mapping position), 맵핑 포지션에서 뷰 방향(view direction) 및 맵핑 포지션에서 빛의 방향(light direction)을 식별하고;

상기 복수의 팔레트화된 이미지들을 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 직접 조명 색(direct lighting color)을 계산하는 단계;

상기 물리적 물질을 묘사하는 상기 데이터를 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 간접 조명 색(indirect lighting color)을 계산하는 단계;

상기 직접 조명 색과 상기 간접 조명 색을 조합하는 단계에 의하여 상기 맵핑 포지션에서 최종 색을 생성하는 단계; 및

물리적 물질의 CG 표현을 렌더링하는데 사용하기 위해 상기 렌더링 엔진에 상기 최종 색을 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

## 청구항 22

하나 이상의 컴퓨터들 및 하나 이상의 컴퓨터들에 의해 실행될 때 하나 이상의 컴퓨터들로 하여금 동작들을 수행하도록 하는 명령들을 저장하는 하나 이상의 저장 디바이스들을 포함하는 시스템에 있어서:

물리적 물질을 묘사하는 데이터를 획득하는 단계, 상기 물리적 물질을 묘사하는 상기 데이터는 상기 물리적 물질의 제1샘플의 복수의 팔레트화된 이미지들을 포함하고, 상기 각각의 팔레트화된 이미지들은 복수의 거울들의 각각의 거울에 의하여 반사된 상기 물리적 물질의 상기 제1 샘플의 각각의 반사된 이미지를 포함하며;

렌더링 엔진으로부터 상기 물리적 물질의 컴퓨터 그래픽(CG) 표현에서 특정 포인트를 셰이드하기 위한 셰이딩 요청을 수신하는 단계, 상기 요청은 특정 포인트의 맵핑 포지션, 맵핑 포지션에서 뷰 방향 및 맵핑 포지션에서 광 방향을 식별하고;

상기 복수의 팔레트화된 이미지들을 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 직접 조명 색을 계산하는 단계;

상기 물리적 물질을 묘사하는 상기 데이터를 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 간접 조명 색을 계산하는 단계;

상기 직접 조명 색과 상기 간접 조명 색을 조합함으로써 상기 맵핑 포지션에서 최종 색을 생성하는 단계; 및

상기 물리적 물질의 CG 표현을 렌더링하는데 사용하기 위해 상기 렌더링 엔진에 상기 최종 색을 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 시스템.

## 청구항 23

하나 이상의 컴퓨터들에 의해 실행될 때 하나 이상의 컴퓨터들이 동작들을 수행하도록 하는 명령들을 저장하는

컴퓨터로 판독가능한 매체에 있어서:

물리적 물질을 묘사하는 데이터를 획득하는 단계, 상기 물리적 물질을 묘사하는 상기 데이터는 상기 물리적 물질의 제1샘플의 복수의 팔레트화된 이미지들을 포함하고, 상기 각각의 팔레트화된 이미지들은 복수의 거울들의 각각의 거울에 의하여 반사된 상기 물리적 물질의 상기 제1샘플의 각각의 반사된 이미지를 포함하며;

렌더링 엔진으로부터 상기 물리적 물질의 컴퓨터 그래픽 (CG) 표현에서 특정 포인트를 셰이드하기 위한 셰이딩 요청을 수신하는 단계, 상기 요청은 특정 포인트의 맵핑 포지션, 맵핑 포지션에서 뷰 방향 및 맵핑 포지션에서 광 방향을 식별하고;

상기 복수의 팔레트화된 이미지들을 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 직접 조명 색을 계산하는 단계;

물리적 물질을 묘사하는 데이터를 사용하여 맵핑 포지션에서 간접 조명 색을 계산하는 단계;

상기 직접 조명 색과 상기 간접 조명 색을 조합함으로써 상기 맵핑 포지션에서 최종 색을 생성하는 단계; 및

상기 물리적 물질의 CG 표현을 렌더링하는데 사용하기 위해 상기 렌더링 엔진에 상기 최종 색을 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터로 판독가능한 매체.

## 발명의 설명

### 배 경 기 술

[0001] 본 명세서는 물질들의 컴퓨터 그래픽(CG) 표현들을 셰이딩하는 것과 관련된다. 물질의 CG 표현을 렌더링하는 프로세스 동안에, 하나 이상의 셰이딩 기법들이 렌더링된 장면에서 원하는 조명에 기초하여, 예를 들면 물질의 표면들의 색과 밝기를 결정하기 위하여 사용된다.

### 발명의 내용

[0002] 일반적으로, 본 명세서에 기재된 출원 발명의 한 혁신적 양태는 발광용 렌즈(lens for emitting light)를 가지는 광원(light source); 복수의 제1 평면 거울들(planar mirrors), 상기 광원은 상기 복수의 제1 평면 거울들의 각 평면 거울을 직접적으로 비추도록 움직일 수 있고; 상기 복수의 제1 거울들과 상기 광원 사이에 물질 샘플을 서스펜드(suspend) 하도록 구성된 샘플 지지대(sample support), 상기 샘플 지지대는 상기 제1 거울들 각각이 서로 다른 관점(different perspective)으로부터 상기 물질 샘플의 각각의 뷰(view)를 반사하도록 위치되고; 광원에 근접하고, 광원이 각각의 평면 거울들을 직접적으로 비추도록 위치되는 동안에 물질 샘플을 반사하는 제1 거울들의 각각의 이미지를 캡처(capture)하도록 구성되는 카메라를 포함하는 장치에서 구현된다.

[0003] 이들 및 다른 실시예들은 각각 선택에 따라서는 하나 이상의 다음의 구성들을 포함할 수 있다. 방출된 광은 시준된 광일 수 있다. 제1 평면 거울을 직접적으로 비추는 것은 제1 평면 거울을 교차하도록 제2 거울에 의하여 반사되는 광원의 렌즈들로부터 광을 방출하는 것을 포함한다. 카메라는 물질 샘플의 컴퓨터 그래픽 표현을 셰이딩하기 위한 데이터 구조들을 발생하는데 사용하기 위한 이미지들을 시스템에 제공하도록 더 구성된다. 제1 평면 거울들은 제1 평면 거울들의 각각의 표면들이 타원체를 정의하도록 배열된다. 물질 샘플의 중심은 타원체의 중심을 통과하고 타원체의 반축(semi-axis)을 따라 타원체의 단면(cross section)을 절취함으로써 형성된 타원의 제1 초점(focal point)에 위치된다. 카메라는 타원의 제2 초점에 위치된다. 광원은 회전하는 디스크에 마운트(mount)된다.

[0004] 일반적으로, 본 명세서에 기재된 본 발명의 다른 혁신적 양태는 복수의 제1 이미지들을 획득하는 단계, 상기 각 제1 이미지는 복수의 영역들(regions)을 포함하고, 상기 각 영역은 복수의 거울들의 각각의 거울에 대응하며, 상기 대응하는 거울에 의하여 반사된 물질의 제1 샘플의 반사된 이미지를 포함하고, 상기 복수의 거울들은 타원체를 정의하며; 각 제1 이미지에 대하여: 상기 제1 이미지로부터 상기 영역에 대응하는 반사된 이미지를 추출함으로써 제1 이미지에서 각 영역을 위한 각각의 영역 이미지 - 상기 각 영역 이미지는 각각의 복수의 영역 이미지 픽셀들을 포함한다 - 를 생성하고, 각각의 영역 이미지들을 팔레트화하는 단계; 및 물질의 CG 표현을 셰이딩하는데 사용하기 위하여 각 팔레트화된 이미지를 컴퓨터 그래픽(CG) 렌더링 엔진에 제공하는 단계들을 포함하는 방법들에서 구현된다.

[0005] 본 양태의 다른 실시예들은 대응하는 컴퓨터 시스템들, 장치 및 각각 상기 방법들의 단계들을 수행하도록 구성된 하나 이상의 컴퓨터 저장 디바이스들에 기록된 컴퓨터 프로그램들을 포함한다.



- [0006] 하나 이상의 컴퓨터들의 시스템은 시스템으로 하여금 단계들(actions)을 수행하도록 동작하는 시스템에 설치된 소프트웨어, 펌웨어, 하드웨어 또는 이들의 조합에 의하여, 특정 동작들 또는 단계들을 수행하도록 구성된다. 하나 이상의 컴퓨터 프로그램들은 데이터 프로세싱 장치에 의하여 실행될 때 장치로 하여금 단계들을 수행하도록 하는 명령들을 포함하는 것에 의하여, 특정 동작들 또는 단계들을 수행하도록 구성된다.
- [0007] 이들 및 다른 실시예들은 각각 선택에 따라서는 하나 이상의 다음의 구성들을 포함할 수 있다. 상기 방법은 상기 복수의 제1 이미지들을 보정하는데 사용하기 위하여 형상 보정 데이터 및 색 보정 데이터를 획득하는 단계를 더 포함한다. 상기 제1 이미지에서 각 영역에 대한 각각의 영역 이미지를 생성하는 단계는: 상기 형상 보정 데이터를 사용하여 상기 제1 이미지로부터 상기 영역에 대응하는 반사된 이미지를 추출하는 단계; 및 상기 영역 이미지를 생성하기 위하여 상기 색 보정 데이터를 사용하여 상기 반사된 이미지의 색을 조절하는 단계를 포함한다. 상기 방법은 각 영역 이미지 픽셀에 대하여: 상기 복수의 거울들에 의하여 정의된 타원체를 섹터들의 제1 숫자로 나누는 단계, 상기 광선(ray)은 각각의 상기 섹터들에서 랜딩(landing)의 동등한 확률을 가지는 상기 물질에 의하여 반사되며, 각각의 상기 섹터들을 조각들의 제2 숫자로 나누는 단계, 상기 광선은 각각의 상기 조각들에서 랜딩의 동등한 확률을 가지는 상기 물질에 의하여 반사되며, 그리고 복수의 셀들을 가지는 테이블을 생성하는 단계, 상기 테이블에서 각각의 상기 셀들은 상기 타원체의 각각의 조각의 중심을 식별하는 데이터를 저장하는 것을 더 포함한다. 상기 방법은 상기 물질의 CG 표현에서 간접 조명의 효과를 결정하는데 사용하기 위하여 렌더링 엔진에 각 영역 이미지 픽셀에 대한 테이블들을 제공하는 단계를 더 포함한다. 상기 복수의 거울들에 의하여 정의된 상기 타원체를 섹터들의 제1 숫자로 나누는 단계는 반복적으로 상기 타원체의 표면의 구획(subdivision)의 지역 확률들(local probabilities)을 누적하는 것을 포함한다. 각 구획의 지역 확률은 상기 구획의 지역 밝기를 상기 타원체의 표면의 평균 밝기에 의하여 나눈 것이다. 각각의 섹터들을 조각들의 제2 숫자로 나누는 단계는 반복적으로 상기 섹터의 구획들의 지역 확률들을 누적하는 것을 포함한다. 상기 방법은 복수의 제2 이미지들을 획득하는 단계, 상기 각 제2 이미지는 제2의 직접적 이미지, 상기 대응하는 거울에 의하여 반사된 상기 물질의 더 큰 샘플이고, 상기 각 제2 이미지는 각각의 복수의 제2 이미지 픽셀들을 포함하며; 각 제2 이미지 픽셀에 대하여 각각의 가장 유사한 영역 이미지 픽셀을 결정하는 단계; 및 상기 제2 이미지 픽셀에 대하여 상기 대응하는 가장 유사한 영역 이미지 픽셀과 함께 각 제2 이미지 픽셀에 관련하는 맵핑을 저장하는 단계를 더 포함한다. 각 제2 이미지는 각각의 각도에서 찍힐 수 있고, 상기 각각의 각도들은 상기 물질의 제1 샘플을 반사하는 각각의 복수의 거울들 중 하나에서의 각도에 대응한다. 각 제2 이미지 픽셀에 대하여 각각의 가장 유사한 영역 이미지 픽셀을 결정하는 단계는: 각 영역 이미지 픽셀 및 각 제2 이미지 픽셀에 대한 각각의 시그니처(signature)를 결정하는 단계; 및 상기 시그니처들에 기초하여 가장 유사한 영역 이미지 픽셀들을 선택하는 단계를 포함한다. 각 영역 이미지 픽셀 및 각 제2 이미지 픽셀에 대한 각각의 시그니처를 결정하는 단계는: 상기 픽셀의 높이 및 상기 픽셀의 미리 결정된 숫자의 이웃들(neighbors)의 높이들을 연산하는 단계; 및 상기 높이들에 기초하여 픽셀에 대한 시그니처를 연산하는 단계를 포함한다. 각 영역 이미지 픽셀 및 각 제2 이미지 픽셀에 대한 각각의 시그니처를 결정하는 단계는 색 매칭(color matching)에 기초하여 상기 픽셀에 대한 상기 시그니처를 연산하는 단계를 포함한다. 상기 시그니처들에 기초하여 가장 유사한 영역 이미지 픽셀들을 선택하는 단계는 상기 제2 이미지 픽셀로부터 가장 유사한 영역 이미지 픽셀로서 제2 이미지 픽셀에 대한 시그니처로부터 가장 짧은 거리를 가지는 시그니처를 가지는 영역 이미지 픽셀을 선택하는 단계를 포함한다.
- [0008] 본 명세서에 기재된 본 발명의 특정 실시예들은 하나 이상의 다음의 이점들을 현실화하기 위하여 구현된다. 물질의 CG 표현은 상기 물리적 물질들의 큰 샘플의 다수의 고해상도 이미지들을 획득함 없이도 효과적으로 셰이딩될 수 있다. 복잡하고 다양한 질감들을 가지는 물질들의 표현들이 효과적으로 셰이딩될 수 있다. 물질들의 표현들은 보다 적은 데이터와 보다 짧은 시간을 사용하여 효과적으로 셰이딩될 수 있다.
- [0009] 일반적으로, 본 명세서에 기재된 본 발명의 다른 혁신적 양태는 물리적 물질을 묘사하는(describing) 데이터를 획득하는 단계, 상기 물리적 물질을 묘사하는 상기 데이터는 상기 물리적 물질의 제1샘플의 복수의 팔레트화된 이미지(palettized image)들을 포함하고, 상기 각각의 팔레트화된 이미지들은 복수의 거울들의 각각의 거울에 의하여 반사된 상기 물리적 물질의 상기 제1샘플의 각각의 반사된 이미지를 포함하며; 렌더링 엔진으로부터 상기 물리적 물질의 컴퓨터 그래픽 (CG) 표현에서 특정 포인트를 셰이드하기 위한 셰이딩(shading) 요청을 수신하는 단계, 상기 요청은 특정 포인트의 맵핑 포지션(mapping position), 맵핑 포지션에서 뷰 방향(view direction) 및 맵핑 포지션에서 빛의 방향(light direction)을 식별하고; 상기 복수의 팔레트화된 이미지들을 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 직접 조명 색(direct lighting color)을 계산하는 단계; 상기 물리적 물질을 묘사하는 상기 데이터를 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 간접 조명 색(indirect lighting color)을 계산하는 단계; 상기 직접 조명 색과 상기 간접 조명 색을 조합하는 단계에 의하여 상기 맵핑 포지션에서 최종 색을 생성

하는 단계; 및 물리적 물질의 CG 표현을 렌더링하는데 사용하기 위해 상기 렌더링 엔진에 상기 최종 색을 제공 하는 단계를 포함하는 방법으로 구현된다.

[0010] 본 양태의 다른 실시예들은 대응하는 컴퓨터 시스템들, 장치 및 하나 이상의 컴퓨터 저장 디바이스들에 기록된 컴퓨터 프로그램들을 포함하고, 각각은 상기 방법들을 수행하도록 구성된다.

[0011] 하나 이상의 컴퓨터들의 시스템은 시스템으로 하여금 단계들을 수행하도록 동작하는 시스템에 설치된 소프트웨어, 펌웨어, 하드웨어 또는 이들의 조합에 의하여, 특정 동작들 또는 단계들을 수행하도록 구성된다. 하나 이상의 컴퓨터 프로그램들은 데이터 프로세싱 장치에 의하여 실행될 때 장치로 하여금 단계들을 수행하도록 하는 명령들을 포함하는 것에 의하여, 특정 동작들 또는 단계들을 수행하도록 구성된다.

[0012] 이들 및 다른 실시예들은 각각 선택에 따라서는 하나 이상의 다음의 구성들을 포함할 수 있다. 상기 복수의 거울들의 포지션들은 반구(hemisphere)를 정의할 수 있다. 상기 방법은 서로 다른 관점(different perspective)으로부터 상기 복수의 거울들 위에 위치한 상기 물질 샘플의 뷰(view)를 각각 반사하는 상기 복수의 거울들의 포지션들에 의하여 정의된 반구의 보로노이 다이어그램(Voronoi diagram)을 생성하는 단계; 복수의 셀들을 포함하는 2차원적 테이블을 생성하는 단계, 상기 각각의 셀들은 각각의 수평적 및 수직적 각도 쌍에 의하여 상기 반구에 맵핑되며; 그리고 각각의 상기 셀들에 대하여: 상기 셀에 대응하는 상기 수평적 및 수직적 각도 쌍에서 타원체의 표면 상에 원을 구성하는 단계 및 상기 원 내에 미리 결정된 숫자의 포인트들을 무작위로 위치시키는 (randomly locating) 단계, 각각의 상기 포인트들에 대하여, 각각의 상기 포인트들에서 각각의 가장 가까운 거울을 결정하는 단계, 각각의 상기 거울들에 대하여, 상기 포인트에 가장 가까운 거울로서 상기 거울을 가지는 포인트들의 수(count of points)를 결정하는 단계 및 각각의 상기 거울들에 대한 각각의 (포지션, 가중치) 쌍을 결정하는 단계를 포함하며, 상기 포지션은 상기 거울을 식별하고 상기 가중치는 상기 거울을 위한 포인트들의 수를 미리 결정된 숫자로 나눔으로써 결정되는 것을 포함하는 상기 셀에 대응하는 데이터로서 복수의 (포지션, 가중치) 쌍들을 저장하는 단계를 더 포함한다.

[0013] 상기 복수의 팔레트화된 이미지들을 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 상기 직접 조명 색을 계산하는 단계는: 상기 뷰 방향에 대응하는 2차원적 테이블에서 제1셀을 식별하는 단계; 상기 광 방향에 대응하는 2차원적 테이블에서 제2셀을 식별하는 단계; 상기 제1셀과 상기 제2셀에 저장된 상기 (포지션, 가중치) 쌍들을 사용하여 제1 기여 팔레트화 이미지(contributing palettized image)와 제2 기여 팔레트화 이미지를 결정하는 단계; 상기 제1 기여 팔레트화 이미지로부터 제1픽셀과 상기 제2 기여 팔레트화 이미지로부터 제2픽셀을 추출하는 단계; 및 상기 추출된 픽셀들 및 상기 제1셀 및 제2셀들에 대한 상기 가중치들을 사용하여 상기 직접 조명 색을 결정하는 단계를 포함한다. 상기 각각의 기여 팔레트화 이미지들로부터 픽셀을 추출하는 단계는 상기 맵핑 포지션의 좌표들을 각 기여 팔레트화 이미지에서의 위치(location)로 트랜스레이팅(translating)함으로써 픽셀들을 추출하는 단계를 포함한다. 상기 추출된 픽셀들 및 상기 가중치들을 사용하여 상기 직접 조명 색을 결정하는 단계는: 상기 제1픽셀의 색과 상기 제2픽셀의 색을 결정하는 단계; 상기 제1 기여 팔레트화 이미지를 선택하기 위해 사용되는 상기 (포지션, 가중치) 쌍들에서 상기 가중치들에 기초하여 상기 제1픽셀의 색에 가중치를 주는 단계; 상기 제2 기여 팔레트화 이미지를 선택하기 위해 사용되는 상기 (포지션, 가중치) 쌍들에서 상기 가중치들에 기초하여 상기 제2픽셀의 색에 가중치를 주는 단계; 및 상기 직접 조명 색을 결정하기 위하여 상기 가중치를 준 색들을 합산하는 단계를 포함한다. 상기 보로노이 다이어그램을 생성하는 단계는 상기 타원체에서 각 포인트에 대한 가장 가까운 거울을 식별하는 단계를 포함하고, 상기 가장 가까운 거울은 상기 포인트로부터 상기 거울의 중심까지 가장 짧은 거리를 가지는 거울이다. 상기 보로노이 다이어그램을 생성하는 단계는 상기 보로노이 다이어그램에서 동일한 구역(zone)에 동일하게 가장 가까운 거울을 공유하는 각 포인트를 할당하는 단계를 더 포함한다. 상기 표면 상에 상기 원을 구성하는 단계는 상기 보로노이 다이어그램에서 적어도 두 구역들을 커버하는 가능한 원 각각으로부터 가장 작은 반경을 가지는 원을 선택하는 단계를 포함한다. 상기 물리적 물질을 묘사하는 상기 데이터는 제1영역 이미지에서 제1픽셀에 대한  $K \times M$  테이블을 포함하고, 상기 제1영역 이미지는 상기 수신되는 뷰 방향에 대응하며, 상기 제1픽셀은 상기 수신되는 맵핑 포지션에 대응하고, 상기 테이블의 각 셀은 상기 복수의 거울들에 의하여 정의된 타원체의 각각의 조각의 중심의 포지션을 포함한다.

[0014] 상기 물리적 물질을 묘사하는 상기 데이터를 사용하여 상기 맵핑 포지션에서 상기 간접 조명 색을 계산하는 단계는: 0에서 K의 범위로부터 선택된 정수가 아닌 제1 임의의 숫자를 생성하는 단계; 0에서 M의 범위로부터 선택된 정수가 아닌 제2 임의의 숫자를 생성하는 단계; 상기 제1 임의의 숫자 및 상기 제2 임의의 숫자의 경계를 이루는(bound) 셀들을 식별하기 위하여 상기 제1 임의의 숫자와 상기 제2 임의의 숫자를 사용하여 상기 테이블을 색인(indexing)하는 단계; 상기 식별된 셀들에 포함된 포지션들을 식별하는 단계; 최종 포지션을 생성하기 위해 상기 포지션들을 조합하는 단계; 및 상기 제1 간접 조명 색을 결정하기 위하여 상기 최종 포지션에 의하여 정의

된 상기 방향들에서 광선(ray)을 추적하는 단계를 포함하는 상기 맵핑 포지션에서 제1 간접 조명 색을 결정하는 단계; 및 적어도 부분적으로 상기 제1 간접 조명 색에 기초하여 상기 맵핑 포지션에서 상기 간접 조명 색을 계산하는 단계를 포함한다. 적어도 부분적으로 상기 제1 간접 조명 색에 기초하여 상기 맵핑 포지션에서 상기 간접 조명 색을 계산하는 단계는 상기 제1 간접 조명 색을 상기 간접 조명 색으로 사용하는 단계를 포함한다. 적어도 부분적으로 상기 제1 간접 조명 색에 기초하여 상기 맵핑 포지션에서 상기 간접 조명 색을 계산하는 단계는: 하나 이상의 다른 간접 조명 색들을 계산하는 단계; 및 최종 간접 조명 색을 생성하기 위하여 하나 이상의 다른 간접 조명 색들을 상기 제1 간접 조명 색과 조합하는 단계를 포함한다.

[0015]

본 명세서의 본 발명의 하나 이상의 실시예들의 상세한 사항은 첨부하는 도면과 후술하는 설명에 기재된다. 본 발명의 다른 구성들, 양태들 및 이점들은 설명들, 도면들 및 청구항들로부터 분명해질 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0016]

도 1은 물리적 물질의 컴퓨터 그래픽(CG) 표현을 셰이딩하기 위한 예시적 시스템의 하이-레벨(high-level) 도시이다.

도 2a는 예시적 물질 샘플 스캐너의 다이어그램이다.

도 2b는 물질 샘플 스캐너 내의 컴포넌트들의 예시적 구성을 도시한다.

도 3은 광원-카메라 조립품의 바닥면의 다이어그램이다.

도 4는 위에서 본 거울 조립품의 모습을 보여준다.

도 5는 물질 샘플 스캐너에 의하여 생성된 예시적 거울 이미지이다.

도 6은 물질의 CG 표현을 위한 직접 조명을 결정하는데 사용하기 위한 팔레트화된 이미지들을 생성하기 위한 예시적 기법의 흐름도이다.

도 7은 물질의 CG 표현을 위한 간접 조명을 결정하는데 사용하기 위한 데이터 구조들을 생성하기 위한 예시적 기법의 흐름도이다.

도 8은 물질 샘플 스캐너에 의하여 생산된 형상과 이미지들의 색을 보정하기 위한 예시적 기법의 흐름도이다.

도 9는 직접 이미지들의 픽셀들과 거울 이미지들의 픽셀들 사이에 맵핑을 생성하기 위한 예시적 기법의 흐름도이다.

도 10은 주어진 맵핑 포지션에서 최종 색을 계산하기 위한 예시적 기법의 흐름도이다.

도 11a는 주어진 맵핑 포지션에서 직접 조명의 효과들을 결정하기 위한 예시적 기법의 흐름도이다.

도 11b는 예시적 보로노이 다이어그램(Voronoi diagram)을 보여준다.

도 12는 주어진 맵핑 포지션에서 간접 조명의 효과들을 결정하기 위한 예시적 기술의 흐름도이다.

상기 다양한 도면들에서 동일한 참조 번호들 및 명칭들은 동일한 구성요소들을 표시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017]

도 1은 물질의 물리적 샘플을 사용하여 물리적 물질 예를 들면, 나무, 섬유, 가죽 또는 금속의 컴퓨터 그래픽(CG) 표현을 셰이딩하기 위한 예시적 시스템(100)의 하이-레벨(high-level) 도시이다.

[0018]

시스템(100)은 렌더링 엔진(106)을 포함한다. 렌더링 엔진(106)은 예를 들면, 통상적 기법들을 사용하는 이미지들 또는 애니메이션들(animations)을 렌더링한다. 일반적으로, 렌더링 엔진(106)은 예를 들면, 모델들 또는 다른 렌더링 기준(criteria)에 기초하여, 준비된 장면(prepared scene)으로부터 이미지들 또는 애니메이션들을 생성한다. 렌더링 프로세스의 부분으로서 및 물리적 물질들의 CG 표현들에서 렌더링된 장면의 원하는 조명 조건들의 효과들을 밝히기 위하여, 즉, 물리적 물질의 이미지를 3차원 모델로 정확하게 도시하기 위하여, 렌더링 엔진(106)은 셰이딩 모듈(108)로부터 CG 표현들을 위한 셰이딩 정보를 획득해야만 한다. 셰이딩 모듈(108)은 예를 들면, 렌더링 엔진(106)을 위한 플러그인(plugin) 소프트웨어 컴포넌트이다.

[0019]

셰이딩 모듈(108)은 셰이딩될 물질, 셰이딩될 맵핑 포지션(mapping position) 즉, 이미지의 3차원 모델의 UV 맵핑 내의 포지션, 상기 맵핑 포지션에 대한 뷰 방향(view direction) 및 상기 맵핑 포지션에서 광 방향(light

direction)을 식별하는 렌더링 엔진(106)으로부터 셰이딩 정보에 대한 요청을 수신한다. 맵핑 포지션은 예를 들면, UV 좌표들(UV coordinates)로 표현된다. 요청에 응답하여, 셰이딩 모듈(108)은 물질 빌더 시스템(material builder system)(104)으로부터 획득된 데이터를 사용하여 맵핑 포지션에서 최종 색을 결정하고 렌더링을 위하여 최종 색을 렌더링 엔진(106)에 제공한다. 맵핑 포지션에서 최종 색을 결정하기 위하여, 셰이딩 모듈(108)은 상기 포지션에서 직접 및 간접 조명의 효과들을 결정한다. 직접 조명은 다른 표현들로부터의 반사 없이 광원으로 부터 제공되는 조명이다. 간접 조명은 다른 표면들로부터 광의 반사에 의하여 제공되는 조명으로 즉, 장면에서 오브젝트(object)를 둘러싼 표면에서 직접 광원으로부터 제공되는 광의 반사이다. 주어진 맵핑 포지션에서 최종 색을 결정하는 단계는 도 10을 참조하여 더 상세히 후술한다.

[0020] 물질 빌더 시스템(104)은 하나 이상의 지리적 장소들에서의 하나 이상의 데이터 프로세싱 장치에서 실행되는(예를 들면, 퍼스널 컴퓨터들, 서버들, 태블릿 컴퓨터들, 스마트폰들 등) 컴퓨터 프로그램 명령들로서 구현된다. 물질 빌더 시스템(104)은 물질의 CG 표현들의 셰이딩에서, 물질 샘플 스캐너(material sample scanner)(102)에 의하여 생성된 물리적 물질의 샘플의 이미지들을 수신하고, 셰이딩 모듈들 예를 들면, 셰이딩 모듈(shading module)(108)에 의하여 사용되기 위한 데이터 구조들을 생성한다. 직접 조명 하에서의 물질의 CG 표현 셰이딩에서 직접 조명의 효과들을 결정하는데 사용하기 위한 데이터를 생성하는 단계는 도 6을 참조하여 후술된다. 물질의 CG 표현의 셰이딩에서 간접 조명의 효과들을 결정하는데 사용하기 위한 데이터를 생성하는 단계는 도 7을 참조하여 후술된다.

[0021] 물질 샘플 스캐너(102)는 주어진 물질의 물리적 샘플의 이미지들을 생성하고 그들을 물질 빌더 시스템(104)에 제공하는 장치이다. 물질 샘플 스캐너(102)에 의하여 생성된 각 이미지는 다양한 뷰(view) 및 조명 방향들에서의 다수의 샘플의 이미지들을 포함한다. 물질 샘플 스캐너의 예시는 도 2를 참조하여 후술된다.

[0022] 도 2a는 예시적 물질 샘플 스캐너(200)의 다이어그램이다. 물질 샘플 스캐너(200)는 물질(250)의 샘플의 이미지들을 생성하는 장치이다. 도시로서, 물질은 섬유의 조각, 나무, 가죽, 털, 카펫, 금속, 유리, 플라스틱, 이들의 조합 또는 다른 물질들일 수 있다. 샘플(250)의 규모(dimensions)는 예를 들면, 가로 1인치 세로 1인치이다. 다른 샘플 사이즈들도 가능하다. 일반적으로, 샘플(250)은 렌더링하는 동안에 셰이딩될 물질의 작은 부분일 것이다.

[0023] 스캐너(200)는 광원-카메라 조립품(light source-camera assembly)(240)을 포함한다. 광원-카메라 조립품(240)은 광원(202) 및 카메라(208)를 포함한다. 광원(202)은 거울 조립품(215)으로 향하는 광을 반사하는 거울(210)로 유도된(directed) 광을 방출하는 렌즈들을 포함한다.

[0024] 거울 조립품(215)은 평면 거울들(planar mirrors)(204)의 세트를 포함한다. 거울들(204)은 그들이 타원체를 정의하도록 배열된다. 즉, 거울들(204)은 거울들의 각각의 표면들이 타원체의 외면(outer surface)의 부분(portion)에 가까워지도록 위치된다. 일반적으로, 거울들의 반사되는 표면들의 규모는 샘플(250)의 규모보다 크다. 예를 들면, 샘플의 규모가 가로 1인치 세로 1인치라면, 각 거울은 가로 2인치 세로 2인치일 수 있다.

[0025] 광원(202)은 각각의 거울들(204)을 직접적으로 비추도록 움직일 수 있다. 즉, 광원(202)은 방사상으로 움직일 수 있고 광원(202)의 각도, 거울(210)의 각도 또는 둘 다는, 광원(202)의 방사상 위치 및 광원(202)의 각도들 및 거울(210)의 어떤 조합에서, 각각의 거울들의 반사되는 표면이 광원의 렌즈들에 의해 방출되는 광에 의하여 직접적으로 비추어지도록 그리고 거울(210)에 의하여 반사되도록 하기 위하여 조절될 수 있다. 도 2의 도시된 예시에서, 예를 들면, 광원(202)은 광원(202)에 의하여 방출된 예시적 광선(225)이 거울(210)에 의하여 반사되고 평면 거울들(204) 중 하나의 반사되는 표면에 직접적으로 교차하도록 위치된다. 광원(202)이 각각의 거울들을 비추기 위해 움직일 수 있도록 하기 위하여, 광원(202)는 회전하는 디스크(202)와 광원(202)가 디스크의 반지름을 따라 순회(traverse)하도록 하는 트랙에 마운트(mount)될 수 있다. 광원은 예를 들면, 시준된(collimated) 광원, 즉, 시준된 광선들을 생산하는 광원, 즉 다른 것과 거의 평행한 광선들일 수 있다.

[0026] 또한 거울 조립품(215)은 샘플 지지대(sample support)(106)를 포함한다. 상기 샘플 지지대(206)는 스캐너(200) 내에서 거울들(204)의 세트와 광원(202) 사이에 샘플(250)을 서스펜드(suspend) 하도록 구성된다. 특히, 샘플 지지대(206)는 샘플이 광원(202)로부터 빗나가(facing away) 있고 샘플의 중심은 대략적으로 거울들(204)에 의하여 정의된 타원(299) - 즉, 타원(299)은 타원체의 단면(cross section)을 절취함으로써 형성되고 타원체의 반축(semi-axis)을 따른다 - 의 한 초점(focal point)이도록 하기 위해 샘플이 서스펜드 되도록 구성된다. 본 구성에서 거울들(204)과 물질 샘플(250)의 포지셔닝(positioning)에 의하여, 각각의 거울들(204)은 광원(202)이 거울들(204) 중 임의의 하나를 직접적으로 비출 때, 각각의 각도에서 샘플의 이미지를 반사한다. 일부 구현예들에서, 샘플 지지대(206)는 샘플이 하나 이상의 축들을 따라 회전되는 것을 허용하도록 더 구성된다.



- [0027] 카메라(208)는 광원(202)에 가장 가깝게 위치된다. 예를 들면, 카메라(208)는 대략적으로 샘플의 중심 위에 위치될 수 있다. 특히, 카메라(208)는 대략적으로 타원(299)의 다른 초점에 위치된다. 거울들(204)의 세트와 샘플(250)에 관련되는 카메라(208)의 포지셔닝은 도 2b를 참조하여 후술된다.
- [0028] 일부 구현예들에서, 카메라(208)는 요청, 예를 들면, 물질 빌더 시스템, 예를 들면, 도 1의 물질 빌더 시스템(104)으로부터 수신된 요청에 응답하여 거울들(204)의 이미지를 캡처하도록 구성된다. 특히, 카메라(208)는 광원(202)이 각각의 거울들을 직접적으로 비추도록 위치된 때 거울들(204)의 각각의 이미지를 캡처할 수 있다. 예를 들면, 만약 40개 포지션들과 40개 거울들이 있으면, 카메라(208)는 40개 이미지들을 캡처하도록 구성될 수 있고, 각각의 이미지들은 거울들 중 각각 하나를 직접적으로 비추도록 위치된 광원과 함께 샘플의 40개의 반사된 이미지들을 포함한다. 샘플(250)의 반사된 이미지는 거울(204)이 샘플 지지대(206)에 의하여 지지된 샘플(250)의 이미지를 반사하는 동안에 거울들(204) 중 하나의 이미지이다. 한편 40개의 거울들과 함께 스캐너(200)는 예시로서 사용되었고, 임의의 숫자의 거울들 및, 결과적으로, 이미지들도 가능하다.
- [0029] 일단 거울들의 이미지들이 캡처되면, 이미지들은 프로세싱을 위하여 물질 빌더 시스템에 제공될 수 있다. 일부 구현예들에서, 물질 빌더 시스템에 의하여 처리되기에 앞서, 이미지들은 특정 포맷, 예를 들면, OpenEXR 포맷으로 변환된다. 다른 구현예들에서, 물질 빌더 시스템은 카메라(204)에 의하여 캡처된 포맷으로 이미지들을 처리한다.
- [0030] 도 2b는 도 2a의 물질 샘플 스캐너(200) 내의 컴포넌트들의 예시적 구성을 도시한다. 타원(299)은 도 2a의 거울들(204)의 세트에 의하여 정의되는 것을 도시한다. 물질 샘플(250)은 타원(299)의 제1 초점 즉, 거울들(204)의 세트에 가장 가까운 초점에 위치된다. 카메라(208)는 타원(299)의 다른 초점에 위치된다. 예시로서, 타원(299)의 장축(major axis)(299a) 즉, 샘플(250)과 카메라(208)를 잇는 축은 약 120센티미터의 길이이고, 단축(minor axis)(299b)는 약 66센티미터의 길이이다. 본 예시에서, 물질(250)과 카메라(208) 사이의 거리는 약 50센티미터이다. 그러나 다른 규모들도 가능하다.
- [0031] 도 3은 도 2a의 광원-카메라 조립품(240)의 바닥면의 도면이다. 광원-카메라 조립품(240)은 거울들의 세트, 예를 들면, 도 2a의 거울들(204)의 세트를 향하는 거울(210)에 반사되는 광선들을 방출하기 위해 위치된 광원(202)을 포함한다. 광원(202)은 광원(202)이 방사상으로 움직일 수 있도록 하기 위하여 회전하는 디스크(220)에 마운트된다. 상술한 바와 같이, 광원(202), 거울들(210)의 각도 또는 둘 다는 조절가능하다. 광원-카메라 조립품(240)은 구멍(aperture)(275)을 포함한다. 카메라, 예를 들면, 도 2a의 카메라(208)는 구멍을 넘어서 위치될 수 있다.
- [0032] 도 4는 도 2a의 거울 조립품(215)을 위에서 본 도면을 보여준다. 거울 조립품(215)은 평면 거울들(204)의 세트를 포함한다. 상술한 바와 같이, 평면 거울들(204)의 세트에서 거울들은 거울들에 반사되는 표면들이 타원체의 외면의 부분(portion)에 가까워지도록 위치된다. 또한 거울 조립품(215)은 샘플 지지대(206)를 포함한다. 샘플 지지대(206)는 지지대들(support arms)(292)을 사용하여 평면 거울들(204)의 세트 위에 샘플이 서스펜드(suspend)하도록 구성된다. 위에서 본 도면에서 보이지 않지만, 샘플은 샘플 지지대(206)의 바닥면 위에 서스펜드된다. 지지대들(292)은 거울 조립품(215) 위에 위치된 카메라로부터 찍힌 이미지들에서 평면 거울들(204)의 세트의 어떠한 거울들의 뷰도 방해하지 않도록 위치된다.
- [0033] 도 5는 물질 샘플 스캐너 예를 들면, 도 2a의 물질 샘플 스캐너(200)에 의하여 생성된 예시적 거울 이미지(500)이다. 거울 이미지(500)는 평면 거울들의 세트 예를 들면, 도 2a의 거울들(204)의 세트에서 각각의 거울의 반사를 포함하는 이미지(500)의 범위(area)에 대응하는 각각의 영역들(regions)과 함께 영역들의 세트 예를 들면, 영역(502), 및 샘플 지지대(504)의 상면(top side)의 이미지를 포함한다. 각 영역은 쉐이딩될 물질의 샘플의 각각의 반사된 이미지를 포함한다. 거울 이미지(500)는 광원 예를 들면, 도 2a의 광원(202)이 거울들의 세트에서 거울들 중 하나를 직접적으로 비추고 샘플은 샘플 지지대에 의하여 서스펜드되는 동안에 생성된 이미지이다. 예를 들면, 거울 이미지(500)가 찍혔을 때, 광원은 거울 이미지(500)에서 영역(502)에 대응하는 거울을 직접적으로 비추어왔다. 이 경우, 영역(502)은 광원에 의하여 직접적으로 비춰지는 동안에 대응하는 거울에 의하여 반사되므로 샘플의 반사된 이미지를 포함할 것이다.
- [0034] 도 6은 물질의 CG 표현을 위한 직접 조명의 효과들을 결정하는데 사용하기 위하여 팔레트화된 이미지를 생성하기 위한 예시적 기법(600)의 흐름도이다. 편의상, 기법(600)은 하나 이상의 장소들에 위치된 하나 이상의 데이터 프로세싱 장치의 시스템에 의하여 수행되는 것으로 기술된다. 예를 들면, 물질 빌더 시스템 예를 들면, 도 1의 물질 빌더 시스템(104)은 적절하게 프로그래밍되고, 기법(600)을 수행할 수 있다.

- [0035] 시스템은 색 및 선택에 따라서는, 물질 샘플 스캐너 예를 들면, 도 1의 물질 샘플 스캐너(102)에 의하여 생산된 이미지들의 형상(geometry)을 보정한다(calibrate)(602). 형상 및 색을 보정하기 위한 예시적 기법은 도 8을 참조하여 후술될 것이다. 보정 프로세스의 결과로서, 시스템은 물질 샘플 스캐너에 의하여 생산된 이미지들에서 반사된 이미지들에 적용되게 하기 위하여 색 변형(transformation)을 식별하는 색 보정 데이터, 그리고 선택에 따라서는, 물질 샘플 스캐너에 의하여 생산된 이미지들에서 반사된 이미지들의 위치들(locations)을 식별하는 형상 보정 데이터를 생성한다.
- [0036] 시스템은 물질 샘플 스캐너에 의하여 생성된 거울 이미지들의 세트를 획득한다(604). 각 거울 이미지 예를 들면, 도 5의 거울 이미지(500)는 거울들의 세트 예를 들면, 도 2a의 거울들(204)의 세트에서 각각의 거울에 대응하는 각각의 영역들과 함께 영역들의 세트를 포함한다. 각 영역 예를 들면, 도 5의 영역(502)은 셰이딩되기 위한 물질의 샘플의 각각의 반사된 이미지를 포함한다. 일반적으로, 거울 이미지들의 세트는 거울들의 세트에서 광원이 직접적으로 다른 거울들을 비추는 동안에 찍힌 이미지들을 포함하는 거울 이미지들의 세트와 함께 거울들의 세트에서 거울들의 수와 동일한 수의 거울 이미지들을 포함할 것이다.
- [0037] 각 거울 이미지에 대하여, 시스템은 색 보정 데이터, 그리고 선택에 따라서는, 형상 보정 데이터를 사용하여 거울 이미지에서 각 영역에 대한 각각의 영역 이미지를 생성한다(606). 시스템은 각 영역으로부터 반사된 이미지를 추출함으로써 영역 이미지들을 생성한다. 특히, 시스템은 형상 보정 데이터에서 식별된 위치들을 사용하여 또는 만약 형상 보정이 수행되지 않았다면, 거울 이미지로부터 직접적으로 영역들의 위치들을 식별함으로써 거울 이미지에서 각각의 영역들의 내용을 추출한다.
- [0038] 영역 이미지들을 생성하는 단계의 일부로서, 시스템은 거울들의 위치들(locations)을 사용하여 반구(hemisphere)를 정의하는 데이터를 생성한다. 즉, 시스템은 물질 샘플 또는 광원과 관련하여 각 거울의 중심의 각각의 각도를 결정하기 위하여 거울들의 위치들을 식별하는 데이터를 사용한다. 그 후 시스템은 상기 각도들을 미리 결정된 반지름 예를 들면, 반지름 1을 가지는 반구를 정의하기 위해 사용한다.
- [0039] 선택에 따라서는, 시스템은 각 영역을 사각형 형태로 변환한다. 그 후 시스템은 영역 이미지들을 생성하기 위하여 색 보정 데이터에 기초하여 각 영역에서 각 픽셀의 색을 조절한다.
- [0040] 시스템은 영역 이미지들을 팔레트화하고(608) 팔레트화된 이미지들을 저장한다(610). 일반적으로, 이미지를 팔레트화하는 단계는 이미지에 사용된 색들을 미리 결정된 색들의 숫자로 감소시킨다. 특히, 시스템은 각 픽셀의 색을 팔레트 테이블에 색을 포인트하는(point) 색 색인으로 교체한다. 팔레트 테이블은 사진에 사용된 색들의 리스트를 포함한다. 시스템은 예를 들면, 통상적 팔레트화 기법들을 사용하여 영역 이미지들을 팔레트화할 수 있다. 시스템은 (광, 카메라) 쌍에 의하여 저장된 이미지를 색인하며, 각 팔레트화된 이미지의 “광” 값은 팔레트화된 이미지가 찍히는 동안에 직접적으로 비춰졌던 거울을 식별하고, 각 이미지의 “카메라” 값은 팔레트화된 이미지가 찍히는 동안 카메라가 위치되었던 거울을 식별한다. 시스템은 각 거울마다 1부터 거울의 총 수(total number)까지 범위로 하는 각각의 정수를 할당하는 것에 의하여 거울들을 위한 식별자들을 생성한다.
- [0041] 저장된 팔레트화된 이미지들은 물질의 CG 표현을 위한 직접 조명을 결정하는데 사용하기 위하여 셰이딩 모듈 예를 들면, 도 1의 셰이딩 모듈(108)에 제공된다. 시스템은 팔레트화된 이미지들을 대응하는 각 이미지에 대한 (광, 카메라) 쌍과 관련하여 제공한다.
- [0042] 도 7은 물질의 CG 표현을 위한 간접 조명의 효과들을 결정하는 단계에 사용하기 위한 데이터 구조들을 생성하기 위한 예시적 기법(700)의 흐름도이다. 편의상, 기법(700)은 하나 이상의 위치들에 배치된 하나 이상의 데이터 프로세싱 장치의 시스템에 의하여 수행되는 것으로 기술된다. 예를 들면, 적절하게 프로그래밍된 물질 빌더 시스템 예를 들어, 도 1의 물질 빌더 시스템(104)은 기법(700)을 수행할 수 있다.
- [0043] 일부 구현예들에서, 기법(700)은 물질 샘플 스캐너로부터 획득된 거울 이미지들로부터 생성된 각 영역 이미지에서 각 픽셀에 대하여 수행된다.
- [0044] 시스템은 거울들의 세트에 의해 정의된 반구를 섹터들(sectors)의 제1숫자로 나눈다(702). 특히, 시스템은 광선이 각각의 섹터들에서 랜딩(landing)의 동등한 확률을 가지는 물질에 의해 반사되도록 반구를 나눈다. 시스템은 지역 확률들(local probabilities)에 기초하여 이들 동등한 확률 섹터를 구성하고, 각 지역 확률은 전체 반구의 평균 밝기에 의하여 나누어진 지역 밝기이다. 이미지의 임의의 주어진 구획(subdivision)의 밝기도 예를 들면, 구획에서 빨강(R), 초록(G) 및 파랑(B) 색들의 평균 값, 즉  $(R+G+B)/3$ 으로 측정될 수 있다.
- [0045] 반구를 섹터들로 나누기 위하여, 시스템은 반복적으로 반구 표면의 구획들(subdivisions)을 누적한다

(accumulate). 즉, 시스템은 반구 표면의 작은 구획들을 예를 들면, 각 구획이 전체 반구 표면의 1/10000이 되도록 선택한다. 예를 들면, 시스템은 미리 결정된 단계 사이즈 예를 들면, 1도를 사용하여 반구 표면을 각 축을 따라 순회함으로써 구획들을 선택한다.

- [0046] 시스템은 합산된 확률들의 합이 1/K가 될 때까지 각 연속적인 구획의 확률을 합산하며, K는 섹터들의 원하는 제 1숫자이다. 그 후 시스템은 제1섹터를 합에 포함된 구획들의 집합(aggregate of the subdivisions)으로 정의하고 각 섹터들이 정의될 때까지 프로세스를 계속한다.
- [0047] 시스템은 각각의 섹터들을 조각들의 제2숫자로 나눈다(704). 특히, 시스템은 광선이 각각의 조각들에서 랜딩의 동등한 확률을 가지는 물질에 의해 반사되도록 각 섹터를 나눈다. 시스템은 예를 들면, 상기 반구를 나누기 위해 상기에 기술된 동일한 기법을 사용하여 각 섹터를 조각들의 제2숫자로 나눈다.
- [0048] 시스템은 각각의 조각들의 중심을 식별하는 데이터를 저장하는 데이터 구조를 생성한다(706). 예를 들면, 만약 각각 M 조각들로 나누어진 K 섹터들이 있으면, 시스템은 각각의 조각들의 중심의 포지션에 있는 테이블의 각 엔트리(entry) 데이터와 함께 K x M 테이블을 생성한다.
- [0049] 일단 기법(700)이 각 영역 이미지에서 각 픽셀에 대하여 수행되었으면, 시스템은 물질의 CG 표현을 위한 간접 조명을 결정하는데 사용하기 위하여 데이터 구조를 셰이딩 모듈 예를 들면, 도 1의 셰이딩 모듈(108)에 제공한다.
- [0050] 각각의 픽셀들과 팔레트화된 영역 이미지들에 대해 반구의 각각의 조각들의 중심을 식별하는 데이터에 더하여, 또한 시스템은 물질의 물리적 샘플의 규모들을 식별하는 셰이딩 모듈 정보에, 각 거울 이미지에서 영역들의 숫자, 거울 이미지에서 각각의 영역들의 위치들 및 거울들에 의하여 정의된 반구를 식별하는 데이터를 제공한다.
- [0051] 도 8은 물질 샘플 스캐너(예를 들면, 물질 스캐너(102))에 의하여 생산된 형상과 이미지들의 색을 보정하기 위한 예시적 기법(800)의 흐름도이다. 편의상, 기법(800)은 하나 이상의 위치들에 배치된 하나 이상의 데이터 프로세싱 장치의 시스템에 의하여 수행되는 것으로 기술된다. 예를 들면, 적절하게 프로그래밍된 물질 빌더 시스템 예를 들어, 도 1의 물질 빌더 시스템(104)은 기법(800)을 수행할 수 있다.
- [0052] 시스템은 특정한, 미리 결정된 패턴을 가지는 샘플 물질을 사용하여 물질 샘플 스캐너(예를 들면, 물질 스캐너(102))에 의하여 생성된 거울 이미지를 획득한다(802). 예를 들면, 패턴은 체커보드(checkerboard) 패턴일 수 있다. 다른 패턴들도 가능하다.
- [0053] 시스템은 거울 이미지에서 각각의 영역들의 최초 위치들을 식별한다(804). 예를 들면, 시스템은 예를 들면, 엣지 검출 기법들(edge detection techniques)을 사용하여, 거울 이미지에서 각 영역의 각 엣지를 식별하고 식별된 두 엣지들의 각 교차점을 결정하기 위해 거울 이미지를 분석할 수 있다. 교차점의 각 포인트는 영역의 코너(corner)로 식별될 수 있고, 영역들의 위치는 식별된 엣지들과 코너들에 의하여 정의될 수 있다.
- [0054] 일부 구현예들에서, 시스템은 물질의 미리 결정된 패턴에 기초하여 최초 위치들을 조절한다(806). 특히, 각 영역에 대하여, 시스템은 낮은 주파수 푸리에 분석(low-frequency Fourier analysis)을 수행하고, 푸리에 분석들의 결과에 기초하여 최초 위치들을 조절한다. 시스템은 주어진 거울 이미지에서 가장 큰 4개 영역들의 평균 페이즈(phase) 및 주파수를 결정하고, 그들 영역의 페이즈를 가장 큰 4개 영역들에 대한 평균 페이즈 및 주파수로 동등하게 하기 위해 각 최초 코너의 위치들을 조절한다. 시스템은 조절된 위치 데이터를 물질 샘플 스캐너에 의하여 생산된 이미지들에서 반사된 이미지들의 위치들을 식별하는 형상 보정 데이터로 저장한다. 일부 구현예에서, 시스템은 형상 보정 데이터를 생성하지 않지만, 대신에 시스템에 의하여 예를 들면, 상기 기술된 바와 같이 엣지들과 교차점들을 식별함으로써 처리된 각 거울 이미지에서 영역들의 최초 위치들을 식별한다.
- [0055] 시스템은 퓨어 디퓨즈(pure diffuse) 양방향 반사도 분포 함수(bidirectional reflectance distribution function, BRDF)를 가지는 백색 물질(white material)의 물질 샘플 스캐너에 의하여 생성된 거울 이미지를 획득한다(808).
- [0056] 시스템은 거울 이미지들로부터 단위 구(unit sphere) BRDF를 결정하고(810), 반사된 이미지들의 색에 적용될 색 변형을 식별하는 색 보정 데이터로서의 데이터를 저장한다. 즉, 시스템은 색 보정 데이터를 물질 샘플 스캐너에 의하여 찍힌 이미지들의 색을 그것이 셰이딩 모듈에 의하여 사용되기 전에 노멀라이즈(normalize)하기 위해 사용한다.
- [0057] 상기 설명은 물리적 물질의 CG 표현 셰이딩에서 셰이딩 모듈에 의하여 사용되기 위한 데이터를 생성하는 단계를 기술하고 있지만, 상기 데이터는 물질의 작은 샘플의 거울 이미지들에 기초하여 생성된다. 일부 환경들에서는,

물질의 큰 샘플의 소위 직접 이미지들을 획득하고, 큰 샘플의 직접 이미지들 중 하나에서 각 픽셀에 대하여, 임의의 거울 이미지들 중에서 상기 픽셀에 가장 유사한 픽셀을 식별하는 셰이딩 모듈에 맵핑을 제공하는 것이 유익하다. 예를 들면, 물리적 샘플이 반복되지 않거나 반복되지만 물질의 작은 샘플에서는 전체적으로 캡처될 수 없는 패턴을 포함할 때, 셰이딩 모듈은 거울 이미지들에서 가장 유사한 픽셀들에 큰 샘플의 픽셀들을 맵핑하기 위해 제공된 맵핑을 사용해야만 한다. 일반적으로, 큰 샘플의 표면 영역(surface area)은 거울 이미지들을 생성하기 위해 사용된 작은 샘플의 표면 영역의 약 10배이다. 맵핑을 생성하는 단계는 도 9를 참조하여 후술된다.

[0058] 도 9는 직접 이미지들 내의 픽셀들과 거울 이미지들 내의 픽셀들 사이에 맵핑을 생성하기 위한 예시적 기법(900)의 흐름도이다. 편의상, 기법(900)은 하나 이상의 위치들에 배치된 하나 이상의 데이터 프로세싱 장치의 시스템에 의해 수행되는 것으로 기술된다. 예를 들면, 적절히 프로그래밍된 물질 빌더 시스템 예를 들면, 도 1의 물질 빌더 시스템(104)은 기법(900)을 수행할 수 있다.

[0059] 시스템은 물질 샘플 스캐너 예를 들면, 도 1의 물질 샘플 스캐너(102)로부터 물리적 물질의 작은 샘플의 거울 이미지들의 세트를 획득한다(902).

[0060] 시스템은 물리적 물질의 큰 샘플의 직접 이미지들의 세트를 획득한다(904). 일반적으로, 각 직접 이미지는 작은 샘플 이미지를 반사하는 물질 샘플 스캐너에서 거울들 중 하나에서의 각도에 대응하는 각도에서 찍힌다. 예를 들면, 직접 이미지들의 세트는 거울 이미지들 예를 들면, 도 5의 영역들(506, 508, 510 및 512)에 대응하는 거울들에서 샘플에 가장 가깝게 보이는 거울들(204)의 세트에서 4개 거울들 중 하나의 각각의 각도에 대응하는 각각의 각도에서 각각 캡처되는 4개의 이미지들을 포함한다.

[0061] 시스템은 각각의 직접 이미지들에서 각 픽셀을 위한 시그니처(signature)를 결정한다(906). 각 시그니처는 픽셀을 표현하는 값들의 세트이다. 예를 들면, 시그니처들은  $n$ -차원적 벡터들이고,  $n$ 은 미리 결정된 정수이다. 시스템은 임의의 다양한 방법들로 픽셀을 위한 시그니처를 연산한다.

[0062] 일부 구현예들에서, 시스템은 픽셀의 높이와 이미지에서 미리 결정된 숫자 예를 들면, 8개의 이웃 픽셀의 높이를 연산함으로써 픽셀을 위한 시그니처를 연산한다. 그 후 시그니처는 적어도 부분적으로 높이들에 기초하여 연산된다. 예를 들면, 시그니처는 높이 값들의 벡터일 수 있다. 일반적으로, 물리적인 물질의 표면이 평평하지(flat) 않기 때문에, 주어진 픽셀의 높이의 값은 픽셀이 표현하는 포인트에서 수직적 방향으로 물리적 물질의 표면의 변화의 값이다.

[0063] 시스템은 픽셀과 물질의 높이맵(height map)으로부터 이웃하는 픽셀들에 대한 높이들을 연산한다. 높이맵을 생성하기 위하여, 시스템은 물질의 4개 이미지들로부터 노멀 필드(normal field)를 생성한다. 즉, 시스템은 각 포인트에 대한 높이를 생성하기 위해 각 4개 이미지들 중 3개를 포함하는 선형 방정식의 두 연립방정식(two systems of linear equations)을 푼다. 선형연립방정식은 포인트에서 측정된 밝기가 포인트에서 표면 수선(surface normal)과 포인트에서 광 방향 사이의 내적(dot product)에 비례한다고 가정함으로써 생성된다. 시스템은 포인트에서 높이를 생성하기 위해, 예를 들면, 제1방정식(system)의 솔루션(solution)의 컴포넌트들의 일부와 제2방정식(system)의 솔루션의 노멀(normal)의 다른 컴포넌트들을 사용하여 두 방정식들(systems)의 솔루션들을 조합한다.

[0064] 노멀 필드로부터, 시스템은 반복적으로 높이맵을 결정한다. 특히, 최초 반복은 모든 픽셀들에 대해 높이 0을 가정한다. 각 픽셀에 대하여, 시스템은 노멀에 기초하여 이웃 픽셀들에 대해 예상되는 차이를 계산하고, 그것을 노멀 필드에서 차이와 비교한다. 시스템은 반복을 위한 최종 높이를 생성하기 위해 현재 높이에서 오류(error)를 뺀다. 일단 높이맵이 반복들 사이에서 상대적 지속 상태로 수렴되면, 수렴 높이맵은 시그니처를 위한 픽셀들의 높이를 결정하기 위해 최종 높이맵으로 사용된다.

[0065] 다른 구현예들에서, 시스템은 색 매칭(color matching)에 기초하여 픽셀에 대한 시그니처를 생성한다. 픽셀에 대한 색이 매칭된 시그니처를 생성하기 위하여, 시스템은 각각의 4개 이미지들에서 관심 픽셀을 둘러싸는 픽셀들을 식별한다. 예를 들면, 각 이미지에 대하여, 시스템은 그리드(grid)의 중심에 있는 관심 픽셀과 함께 픽셀들의  $3 \times 3$  그리드를 생성한다. 그 후 시스템은 각각의 그리드들에서 각각의 픽셀들에 대한 RGB 값에 기초하여 픽셀에 대한 시그니처를 생성한다. 예를 들면, 시그니처는 모든 RGB 값들의 정렬된 리스트일 수 있다.

[0066] 그 후 시스템은 각각의 직접 이미지들에서 각 픽셀에 대한 임의의 영역 이미지들로부터 가장 유사한 픽셀을 결정한다(908). 일반적으로, 임의의 주어진 직접 이미지 픽셀에 대해 가장 유사한 영역 이미지 픽셀은, 그것과 직접 이미지 픽셀을 위한 시그니처 사이에 가장 짧은 거리를 갖는 시그니처를 가지는 거울 이미지 픽셀이다. 특히, 시그니처가  $n$ -차원 벡터들에 의해 표현될 때, 시그니처 A와 시그니처 B 사이에 거리  $d$ 는 다음을 만족한다



다.

[0067]

$$d = (A_1 - B_1)^2 + (A_2 - B_2)^2 + \dots + (A_n - B_n)^2.$$

[0068]

시스템은 거울 이미지들 중 하나의 픽셀에 가장 유사한 픽셀과 함께 직접 이미지들에서 각 픽셀에 관련한 맵핑을 저장한다(910). 예를 들면, 시스템은 픽셀의 좌표가 속한 거울 이미지에서 가장 유사한 픽셀들의 좌표들과 함께 직접 이미지 내의 픽셀의 좌표들에 관한 데이터를 저장한다.

[0069]

도 10은 주어진 맵핑 포지션에서 최종 색을 계산하기 위한 예시적 기법(1000)의 흐름도이다. 편의상, 기법(1000)은 하나 이상의 위치들에 배치된 하나 이상의 데이터 프로세싱 장치의 시스템에 의하여 수행되는 것으로 기술된다. 예를 들면, 셰이딩 모듈 예를 들면, 도 1의 셰이딩 모듈(108)은 적절하게 프로그래밍되고, 기법(1000)을 수행할 수 있다.

[0070]

시스템은 물질 빌더 시스템 예를 들면, 도 1의 물질 빌더 시스템(104)으로부터 물리적 물질을 묘사하는 데이터를 획득한다(단계 1002). 상기 데이터는 물리적 물질의 CG 표현상 특정 포인트들에서 직접 및 간접 조명의 효과들을 계산하는데 사용하기 위한 데이터를 포함한다. 시스템은 다양한 시간들에서, 예를 들면, 물리적 물질의 CG 표현을 셰이딩하기 위한 요청을 수신함에 응답하여 또는 요청을 수신하기 이전에, 데이터를 획득한다. 물리적 물질에 따라, 상기 데이터는 물리적 물질의 작은 샘플의 임의의 거울 이미지들에서 가장 유사한 픽셀을 식별하는 데이터와 함께 물리적 물질의 큰 샘플의 직접 이미지들의 각각의 세트에서 각 픽셀의 좌표들에 관한 데이터를 포함한다.

[0071]

시스템은 렌더링 엔진 예를 들면, 도 1의 렌더링 엔진(106)으로부터 셰이딩 요청을 수신한다(단계 1004). 셰이딩 요청은 셰이딩될 물질, 셰이딩될 맵핑 포지션 예를 들면, 이미지의 3차원 모델의 UV 맵핑에서 포지션, 맵핑 포지션에 대한 뷰 방향 및 맵핑 포지션에서 광 방향을 식별한다.

[0072]

만약 데이터가 물리적 물질의 작은 샘플의 임의의 거울 이미지들에서 가장 유사한 픽셀을 식별하는 데이터와 함께 물리적 물질의 큰 샘플의 직접 이미지들의 각각의 세트에서 각 픽셀의 좌표들에 관한 데이터가 포함된 시스템에 의하여 획득되면, 시스템은 데이터를 사용하여 요청에서 식별된 맵핑 포지션을 작은 샘플의 거울 이미지들에서의 포인트로 변환한다. 그 후 시스템은 그 포지션을 최종 색을 계산하는데 사용한다.

[0073]

시스템은 물리적 물질을 묘사하는 데이터를 사용하여, 요청에서 식별된 맵핑 포지션에서 직접 조명 하에서의 색을 계산한다(단계 1006). 직접 조명 하에서 색을 계산하기 위한 예시적 기법은 도 11을 참조하여 후술된다.

[0074]

시스템은 물리적 물질을 묘사하는 데이터를 사용하여, 요청에서 식별된 맵핑 포지션에서 간접 조명 하에서의 색을 계산한다(단계 1008). 간접 조명 하에서 색을 계산하기 위한 예시적 기법은 도 12를 참조하여 후술된다.

[0075]

시스템은 맵핑 포지션에서 최종 색을 생성하기 위해 색들을 조합한다(단계 1010). 예를 들면, 시스템은 최종 색을 생성하기 위해 직접 조명 하에서의 색과 간접 조명 하에서의 색을 합산한다.

[0076]

시스템은 물리적 물질의 CG 표현을 렌더링하는데 사용하기 위해 렌더링 엔진에 최종 색을 제공한다(단계 1012).

[0077]

도 11a는 주어진 맵핑 포지션에서 직접 조명의 효과들을 결정하기 위한 예시적 기법(1100)의 흐름도이다. 편의상, 기법(1100)은 하나 이상의 위치들에 배치된 하나 이상의 데이터 프로세싱 장치의 시스템에 의하여 수행되는 것으로 기술된다. 예를 들면, 셰이딩 모듈 예를 들면, 도 1의 셰이딩 모듈(108)은 적절하게 프로그래밍되고, 기법(1100)을 수행할 수 있다.

[0078]

시스템은 물질 샘플 스캐너에서 거울들의 각도들에 의하여 정의된 표면 상에 보로노이 다이어그램(Voronoi diagram)을 구성한다(1102). 즉, 표면에서 각 포인트에 대하여, 시스템은 가장 가까운 거울을 식별하고, 포인트로부터 거울까지 거리는 포인트로부터 거울의 중심까지의 거리에 의하여 정의된다. 동일한 가장 가까운 거울을 공유하는 모든 포인트들은 집합적으로 보로노이 다이어그램에서 구역을 형성한다. 표면은 예를 들면, 타원체의 부분은 도 2a 및 2b를 참조하여 기술된 바와 같이 거울들의 포지션들에 의하여 정의된다. 대안적으로, 표면은 거울들의 각도들에 의하여 정의된 반구일 수 있다.

[0079]

도 11b는 예시적 보로노이 다이어그램(1150)을 보여준다. 예시적 보로노이 다이어그램(1150)은 물질 샘플 스캐너에서 거울들의 각도들에 의하여 정의된 반구 상에 구성된다. 다이어그램(1150)은 다수의 구역들(zones) 예를 들면, 구역(1152) 및 구역(1154)을 포함하며, 각각은 거울들의 세트에서 동일한 가장 가까운 거울을 공유하는 모든 포인트들을 포함한다.

- [0080] 도 11a의 설명으로 돌아가면, 시스템은 수평적 및 수직적 각도에 의하여 표면에 맵핑된 테이블을 생성한다(1104). 즉, 테이블의 각 셀은 각각의 각을 이루는 폭과 높이를 가지는 각각의 표면의 영역을 표현한다. 예를 들면, 만약 테이블이 1025 X 256 테이블이면, 테이블의 각 셀은 .35도 폭 및 .35도 높이를 가지는 각각의 영역을 표현한다.
- [0081] 테이블의 각 셀에 대하여, 시스템은 표면 상의 셀에 의하여 표현된 영역의 중심에서 중심에 있는 원을 구성하고(1106) 보로노이 다이어그램의 구역들과 함께 원의 교차점들을 식별한다. 시스템은 각 원이 임의의 방향에 대해서도 보로노이 다이어그램에서 적어도 두 영역들을 커버하는 즉, 임의적 방향에서 원의 중심을 통과하는 임의의 그려진 선도 그것이 원을 벗어나기 전에 반드시 보로노이 다이어그램의 두 개 이상의 영역들을 가로지르는, 가능한 작은 반경을 가지도록 구성한다.
- [0082] 시스템은 테이블의 각 셀들에 데이터를 저장한다(1108). 특히, 각 셀에서, 시스템은 하나 이상의 (포지션, 가중치) 쌍들을 저장한다. 주어진 셀에 대한 (포지션, 가중치) 쌍들을 식별하기 위해, 시스템은 무작위로 셀에 대한 원 내에 임의 포인트들의 미리 결정된 숫자 N을 배치한다. 예를 들면, N은 200, 500, 1000 또는 2500일 수 있다. 각 포인트에 대하여, 시스템은 가장 가까운 거울을 결정하고, 얼마나 많은 포인트들이 각각의 거울마다 포인트에 대해 가장 가까운 거울로서의 거울을 가지는지 결정한다. 그 후 시스템은 각 거울에 대한 각각의 (포지션, 가중치) 쌍을 저장하고, 포지션 값은 거울을 식별하며 가중치는 가장 가까운 거울로서 거울들을 가지는 포인트들의 숫자를 임의의 포인트들 N의 총 수(total number)로 나눔으로써 연산된다. 그 후 시스템은 테이블에서 대응하는 셀에 각각의 (포지션, 가중치) 쌍들을 저장한다.
- [0083] 시스템은 셰이딩될 물질, 셰이딩될 맵핑 포지션 즉, 이미지의 3차원 모델의 UV 맵핑에서 포지션, 맵핑 포지션에 대한 뷰 방향 및 맵핑 포지션에서 광 방향을 식별하는 데이터를 수신한다(1110).
- [0084] 시스템은 시스템이 테이블의 셀들에 맵핑하기 위해 뷰 방향 및 광 방향들을 수정한다(1112). 예를 들면, 만약 방향들이 시스템에  $[-1, 1]$ 의 범위를 가지는  $(x, y, z)$ 로 제공되면, 시스템은  $x$ 와  $y$  좌표를 다음과 같이 수정한다. 시스템은 좌표의 범위를  $[0, 2]$ 로 변경하기 위해 각각의  $x$ 와  $y$  좌표들에 1을 더하고, 그 후 범위를  $[0, 1]$ 로 변경하기 위해 각각의  $x$ 와  $y$  좌표들을 2로 나눈다. 그 후 시스템은  $x$ 와  $y$ 에 테이블 폭 즉, 범위를  $[0, \text{폭}]$ 으로 변경하기 위해 테이블에서 컬럼들(columns)의 숫자를 곱한다.
- [0085] 시스템은 뷰 방향과 광 방향을 사용하여 테이블에서 셀들을 식별한다(1114). 즉, 시스템은 뷰 방향을 사용하여 제1셀과 광 방향을 사용하여 제2셀을 식별한다. 시스템은  $x$  좌표를 셀에 대한 컬럼(column) 색인으로서,  $y$  좌표를 셀에 대한 로우(row) 색인으로서 사용함으로써 좌표들의 세트로부터 셀을 식별한다.
- [0086] 시스템은 테이블에 식별된 셀들에 저장된 콘텐츠를 사용하여 기여 팔레트화 이미지(contributing palettized image)와 기여하는 이미지에 대한 각각의 가중치를 식별한다(1116). 즉, 각각의 식별된 셀들은 하나 이상의 (포지션, 가중치) 쌍들을 저장한다. 시스템은 각 가능한 (포지션1, 포지션2) 쌍을 연산하며, 포지션1은 뷰 방향을 사용하여 식별된 셀들에서 저장된 포지션들 중 하나이고, 포지션2는 광 방향에 의해 식별된 셀에서 저장된 포지션들 중 하나이다. 각 (포지션1, 포지션2) 쌍에 대하여, 시스템은 가중치를 포지션1과 짝 지워진 가중치에 포지션2와 짝 지워진 가중치를 곱하는 것에 의하여 연산한다. 그 후 시스템은 각 (포지션1, 포지션2) 쌍을 (포지션1, 포지션2) 쌍과 매치되는 값들을 가지는 (광, 카메라) 쌍에 의해 식별된 팔레트화된 이미지에 맵핑하고, (포지션1, 포지션2) 쌍에 대한 가중치를 팔레트화된 이미지에 대한 가중치로 사용한다.
- [0087] 시스템은 각 기여 팔레트화 이미지로부터 픽셀을 선택한다(1118). 시스템은 렌더링 엔진으로부터 수신된 UV 좌표들을 사용하여 즉, 수신된 UV 좌표들을 이미지 위치로 트랜스레이팅(translating)하고 각 기여하는 이미지 내의 위치에서 픽셀을 선택함으로써 각 이미지로부터 픽셀들을 선택한다.
- [0088] 시스템은 각 기여하는 이미지에 대한 가중치들에 기초하여 맵핑 포지션에서 직접 조명 하에서의 색을 결정한다(1120). 즉, 시스템은 각 픽셀의 색에 대응하는 이미지에 대한 가중치를 곱하고 그 후 포지션에서 직접 조명 하에서의 색을 결정하기 위해 가중치를 준 색들을 합산한다.
- [0089] 도 12는 주어진 맵핑 포지션에서 간접 조명의 효과들을 결정하기 위한 예시적 기법의 흐름도이다. 편의상, 기법(1200)은 하나 이상의 위치들에 배치된 하나 이상의 데이터 프로세싱 장치의 시스템에 의하여 수행되는 것으로 기술된다. 예를 들면, 셰이딩 모듈 예를 들면, 도 1의 셰이딩 모듈(108)은 적절하게 프로그래밍되고, 기법(1200)을 수행할 수 있다.
- [0090] 시스템은 물질 샘플 스캐너로부터 획득된 반구의 각각의 조각들의 중심을 식별하는 데이터에 액세스한다(1202).

즉, 시스템은 UV 맵핑 내 포지션과 상기 요청에서 특정된 광 방향에 의하여 식별된 픽셀과 영역 이미지에 대응하는  $K \times M$  테이블에 액세스한다. 다시 말해서, 시스템은 요청에서 특정된 광 방향에 대응하는 영역 이미지를 식별하고, UV 맵핑 내 포지션에 대응하는 식별된 이미지에서 픽셀을 식별하며, 그리고 식별된 픽셀에 대응하는  $K \times M$  테이블에 액세스한다.

[0091] 시스템은 두 개의 무작위의 숫자들을 생성한다(1204). 무작위의 숫자들은 정수가 아닌 숫자들이며, 제1숫자는 0부터  $K$ 까지의 범위로부터 선택되며 제2숫자는 0부터  $M$ 까지의 범위로부터 선택된다.

[0092] 시스템은 숫자들의 쌍의 경계를 이루는(bound) 4개의 테이블 셀들을 식별하기 위해 두 개의 임의의 숫자들을 사용하여 테이블을 색인한다(1206). 예를 들면, 만약 제1숫자가 2.4이고 제2숫자가 3.6이면, 숫자들의 쌍의 경계를 이루는 4개 셀들은 색인들 [2, 3], [2, 4], [3, 3] 및 [3, 4]을 가지는 셀들일 것이다.

[0093] 시스템은 숫자들의 쌍의 경계를 이루는 테이블 셀들에 저장된 포지션들을 식별한다(1208).

[0094] 시스템은 최종 포지션을 생성하기 위해 이중선형 보간법(bilinear interpolation)을 사용하여 포지션들을 혼합하고(mix)(1210), 그 후 광선에 대한 색을 결정하기 위해 최종 포지션에 의하여 정의된 방향에서 맵핑 포지션으로부터 광선을 추적한다(1212). 광선에 대한 색을 결정하기 위하여, 시스템은 요청을 광선의 방향을 식별하는 렌더링 엔진에 전송하고, 렌더링 엔진은 그 방향에서 광선을 추적하는 단계로부터 결과하는 색을 반환한다.

[0095] 일부 구현예들에서, 시스템은 다수의 색들을 생성하기 위해 (1204)부터 (1212)까지 단계들을 여러 번 반복한다. 그 후 시스템은 맵핑 포지션에서 최종 색을 결정하기 위해 각 광선이 광을 발함으로써(casting) 생성된 색들의 평균을 취한다.

[0096] 본 명세서에 기술된 본 발명의 실시예들 및 동작들은 본 명세서에 개시된 구조들과 그들의 구조적 균등물들 또는 그것들의 하나 이상의 조합들을 포함하는 디지털 전자 회로에서, 또는 컴퓨터 소프트웨어, 펌웨어 또는 하드웨어에서 구현될 수 있다. 본 명세서에 기술된 본 발명의 실시예들은 하나 이상의 컴퓨터 프로그램들 즉, 컴퓨터 프로그램 명령들의 하나 이상의 모듈들, 데이터 프로세싱 장치에 의한 실행을 위한 또는 동작을 제어하기 위한 인코딩된 컴퓨터 저장 매체로서 구현될 수 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 프로그램 명령들은 데이터 프로세싱 장치에 의한 실행을 위한 적절한 수신 장치로의 전송을 위한 정보를 인코딩하기 위해 생성되는 인공적으로 생성된 전파된 신호 예를 들면, 기계 생성 전기적, 광학적 또는 전자기적 신호에 인코딩될 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능한 저장 디바이스, 컴퓨터 판독가능한 저장 기관, 랜덤 또는 시리얼 액세스 메모리 어레이 또는 디바이스, 또는 그것의 하나 이상의 조합이거나, 이에 포함될 수 있다. 게다가, 컴퓨터 저장 매체가 전파된 신호가 아니지만, 컴퓨터 저장 매체는 인공적으로 생성된 전파된 신호에 인코딩된 컴퓨터 프로그램 명령들의 소스 또는 목적지일 수 있다. 또한 컴퓨터 저장 매체는 하나 이상의 분리된 물리적 컴포넌트 또는 미디어이거나, 이에 포함될 수 있다.

[0097] 본 명세서에 기술된 동작들은 하나 이상의 컴퓨터 판독가능한 저장 디바이스들에 저장되거나 다른 소스들로부터 수신된 데이터가 데이터 프로세싱 장치에 의하여 수행되는 동작들로서 구현될 수 있다. 용어 “데이터 프로세싱 장치”는 예시로 전송할 프로그램가능한 프로세서, 컴퓨터, 시스템 온 칩, 또는 조합들을 포함하는 데이터 처리를 위한 모든 종류의 장치, 디바이스들 및 기계들을 망라한다. 또한 장치는 하드웨어에 더하여, 논의되고 있는 컴퓨터 프로그램을 위한 실행 환경을 만드는 코드 예를 들면, 프로세서 펌웨어, 프로토콜 스택, 데이터베이스 관리 시스템, 운영체제, 크로스 플랫폼 런타임 환경, 가상 머신 또는 이들의 하나 이상의 조합을 구성하는 코드를 포함한다. 장치 및 실행 환경은 다양한 다른 컴퓨팅 모델 기반구조들(infrastructures) 예를 들면, 웹 서비스, 분산 컴퓨팅 및 그리드 컴퓨팅 기반구조들에서 구현될 수 있다.

[0098] 컴퓨터 프로그램(프로그램, 소프트웨어, 소프트웨어 어플리케이션, 스크립트 또는 코드로도 또한 알려진)은 컴파일된 또는 해석된 언어들, 선언적인 또는 절차적인 언어들을 포함하는 어떠한 형태의 프로그래밍 언어로도 작성될 수 있고, 독립형 프로그램으로 또는 모듈, 컴포넌트 서브루틴, 객체, 또는 다른 컴퓨팅 환경에서 사용되기 위한 적절한 유닛을 포함하는 어떠한 형태로도 배치될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 반드시 아니지만, 파일 시스템의 파일에 대응한다. 프로그램은 다른 프로그램들 또는 데이터를 보유하는 파일 예를 들면, 마크업 언어 문서에 저장된 하나 이상의 스크립트들의 부분에, 논의 되는 프로그램 전용 단일의 파일 또는 다수의 조직화된 예를 들면, 하나 이상의 모듈들, 서브 프로그램들, 또는 코드의 부분들에 저장된 파일들에 저장될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 한 장소에 또는 다수의 장소들에 분산되고 통신 네트워크에 의하여 서로 연결되어 위치된 컴퓨터 또는 다수의 컴퓨터들에서 실행되기 위해 배치될 수 있다.

[0099] 본 명세서에 기술된 프로세스들 및 논리 흐름은 입력 데이터에 작동하는 단계와 출력을 생성하는 단계에 의하여

동작들을 수행하기 위한 하나 이상의 컴퓨터 프로그램들을 실행하는 하나 이상의 프로그래밍 가능한 프로세서들에 의하여 수행될 수 있다. 예시로, 컴퓨터 프로그램의 실행을 위해 적절한 프로세서들은 범용 및 전용 마이크로프로세서들 둘다, 그리고 임의의 종류의 디지털 컴퓨터의 하나 이상의 프로세서들을 포함한다. 일반적으로, 프로세서는 명령들 및 데이터를 리드-온리 메모리 또는 랜덤 액세스 메모리 또는 둘 다로부터 수신할 수 있다. 컴퓨터의 필수적 구성요소들은 명령들에 따라서 동작들을 수행하기 위한 프로세서와, 명령들 및 데이터를 저장하기 위한 하나 이상의 메모리 디바이스들이다. 일반적으로, 또한, 컴퓨터는 데이터를 저장하기 위한, 또는 데이터를 수신하기 위해 또는 데이터를 전송하기 위해, 또는 둘다를 위해 동작적으로 관련되는 하나 이상의 대용량 저장 디바이스들도 포함한다. 그러나, 컴퓨터는 그러한 디바이스들을 가지는 것을 필요로 하지 않는다. 게다가, 컴퓨터는 다른 디바이스 예를 들어, 몇 개만 예를 들자면, 모바일 전화기, 스마트폰, 모바일 오디오 또는 비디오 플레이어, 게임 콘솔, 지구위치확인시스템(GPS) 수신기 및 웨어러블 컴퓨터 디바이스에 내장될 수 있다. 컴퓨터 프로그램 명령들 및 데이터를 저장하기 위해 적절한 디바이스들은 예시로 반도체 메모리 디바이스들, 자기 디스크들 및 그와 유사한 것을 포함하는 모든 형태들의 비휘발성 메모리, 미디어 및 메모리 디바이스들을 포함한다. 프로세서 및 메모리는 특수 목적 논리 회로에 의하여 보충되거나, 그에 통합될 수 있다.

[0100] 사용자와 상호작용을 제공하기 위해, 본 명세서에 기술된 본 발명의 실시예들은 사용자에게 정보를 디스플레이하기 위한 디스플레이 디바이스, 키보드 및 포인팅 디바이스, 그에 의하여 사용자가 컴퓨터에 입력을 제공할 수 있는, 예를 들면, 마우스 또는 트랙볼을 가지는 컴퓨터에서 구현될 수 있다. 다른 종류의 디바이스들 또한 사용자와 상호작용을 제공하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들면, 사용자에게 제공된 피드백은 임의의 형태의 감각적 피드백 예를 들면, 시각적 피드백, 청각적 피드백 또는 촉각적 피드백일 수 있고, 사용자로부터의 입력은 음성, 음성 또는 촉각적 입력 및 출력을 포함하는 임의의 형태로 수신될 수 있다.

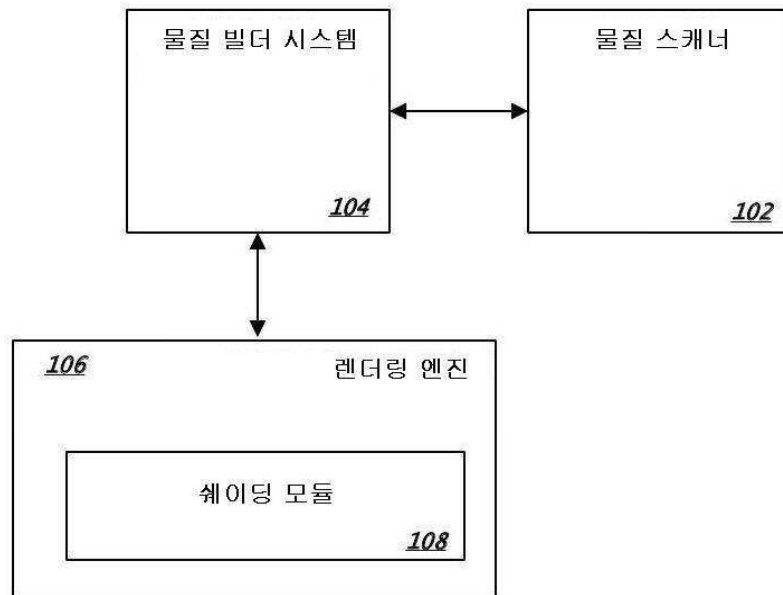
[0101] 본 명세서가 많은 구체적인 구현 세부사항들을 포함하고 있지만, 이들은 어떠한 발명들의 범위 또는 특허청구범위에 기재되는 것에 대한 제한들로 이해되어서는 아니되고, 오히려 특정 발명들의 특정 실시예들에 대한 구체적인 구성들의 기재들로 이해되어야 한다. 또한 본 명세서에서 별개의 실시예들의 맥락으로 기술된 특정 구성들은 단일의 실시예의 조합으로 구현될 수 있다. 반대로, 또한 단일의 실시예의 맥락으로 기술된 다양한 구성들은 개별적으로 복수의 실시예들로 또는 기타 적절한 서버-컴비네이션으로 구현될 수 있다. 게다가, 비록 상기 특정 조합들로 동작하는 것으로 기술된 구성들 및 심지어 최초에 청구된 것, 청구된 조합으로부터의 하나 이상의 구성들은 어떤 경우에는 상기 조합으로부터 삭제될 수 있고, 청구된 조합은 서버컴비네이션 또는 서버컴비네이션의 변형을 지시할 수 있다.

[0102] 유사하게, 동작들은 특정 순서로 도면에 도시되었지만, 이는 그러한 동작들이 도시된 특정 순서 또는 순차적 순서로 수행되거나, 또는 모든 도시된 동작들이 원하는 결과를 달성하기 위해 수행되는 것을 요구한다고 이해되어서는 아니된다. 어떤 환경들에서는, 멀티태스킹 및 병렬 프로세싱이 유리할 수 있다. 게다가, 실시예들에서 상기 기술된 다양한 시스템 컴포넌트들의 분리는 모든 실시예들에서 그러한 분리를 요구하는 것으로 이해되어서는 아니되며, 기술된 프로그램 컴포넌트들과 시스템들은 일반적으로 단일의 소프트웨어 제품으로 같이 통합될 수 있거나, 복수의 소프트웨어 제품들로 패키징될 수 있다고 이해되어야 한다.

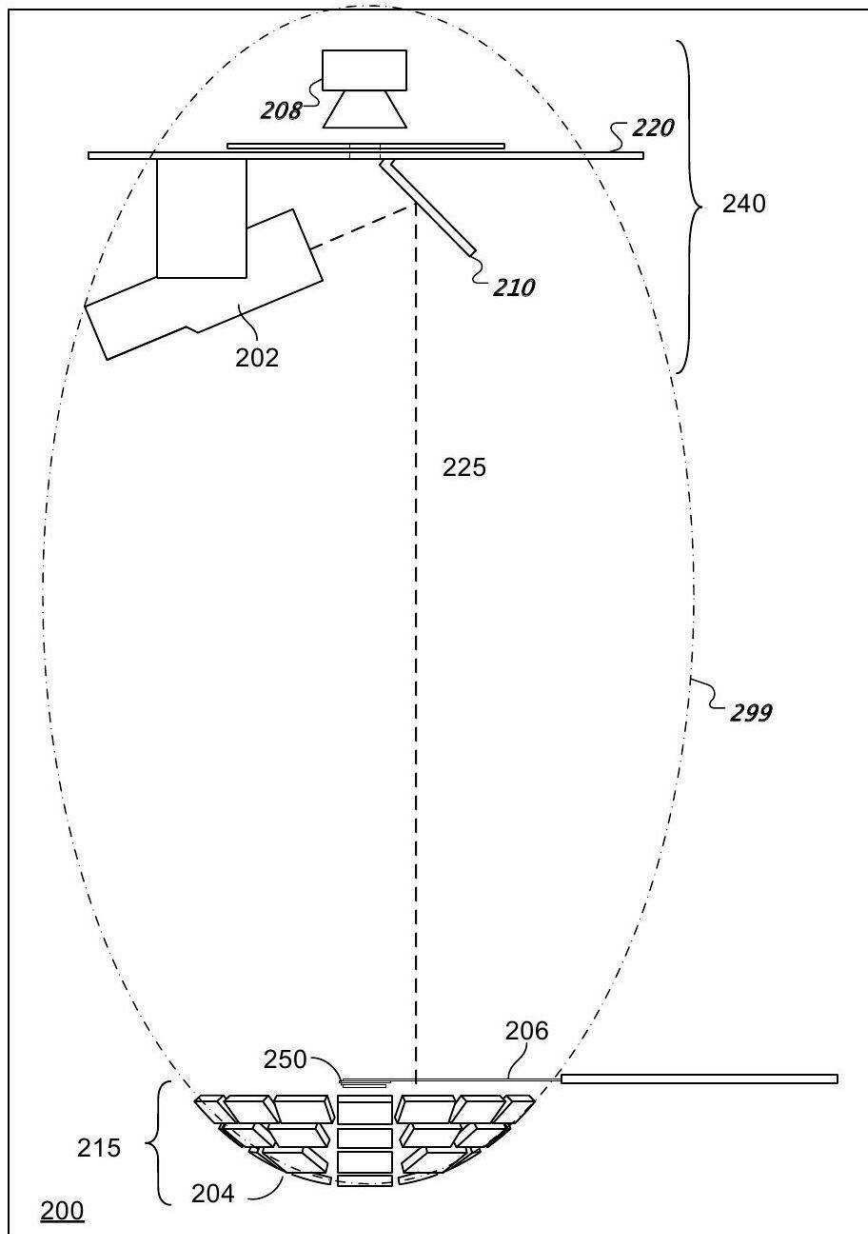
[0103] 이와 같이, 본 발명의 특정 실시예들이 기술되었다. 다른 실시예들은 다음의 청구항들의 범위 내에 있다. 일부 경우들에서, 청구항들에서 인용된 동작들은 다른 순서로 수행될 수 있고, 여전히 원하는 결과들을 달성할 수 있다. 추가적으로, 도면들과 함께 도시된 프로세스들은 원하는 결과들을 달성하기 위해 도시된 특정 순서를 필수적으로 요구하지 않는다. 어떤 구현예들에서, 멀티태스킹 및 병렬 프로세싱은 유리할 수 있다.

도면

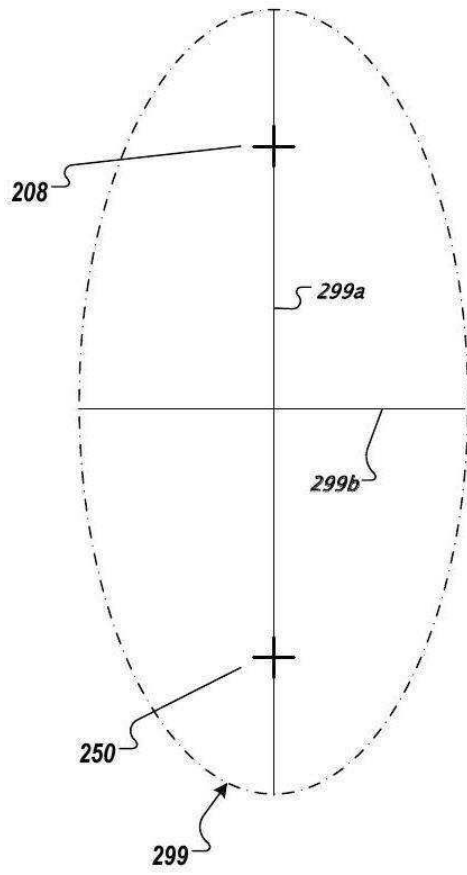
도면1



도면2a

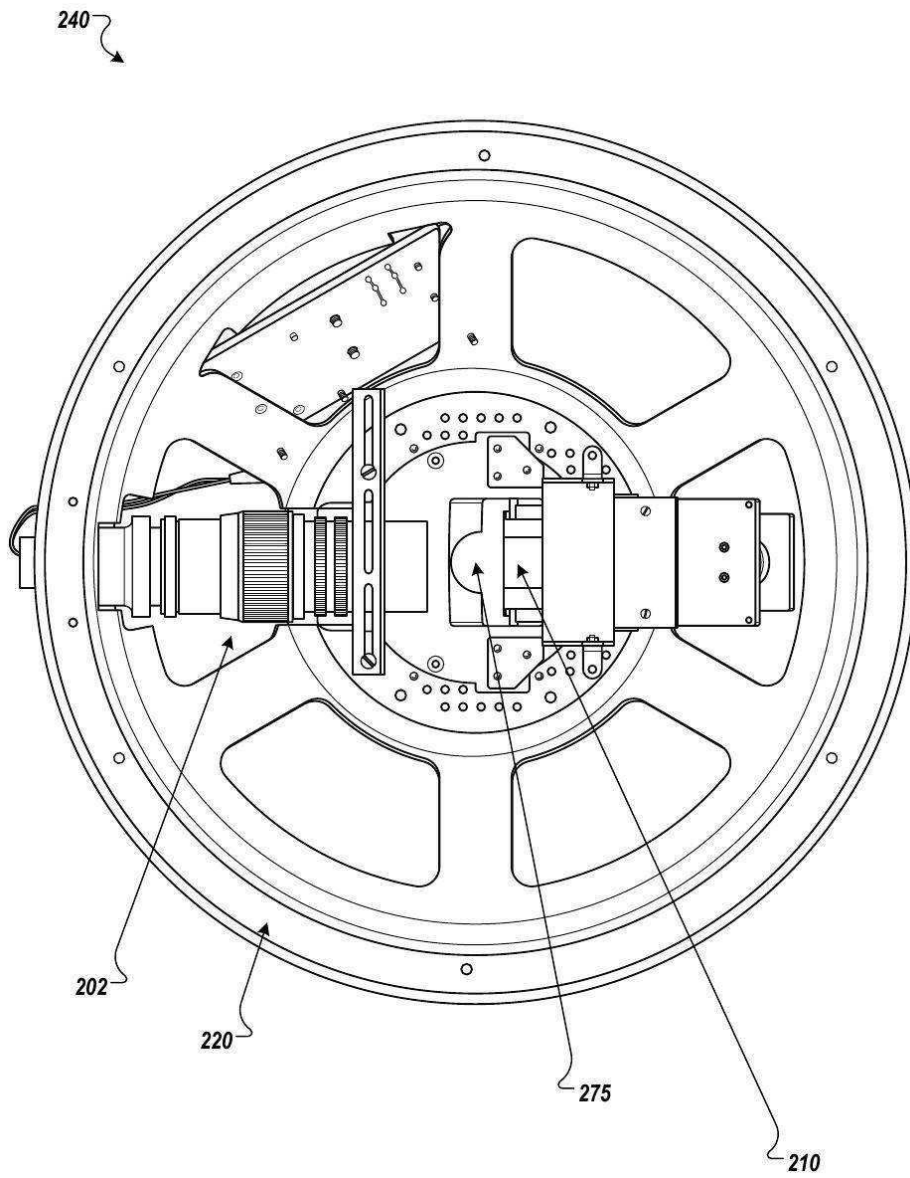


도면2b



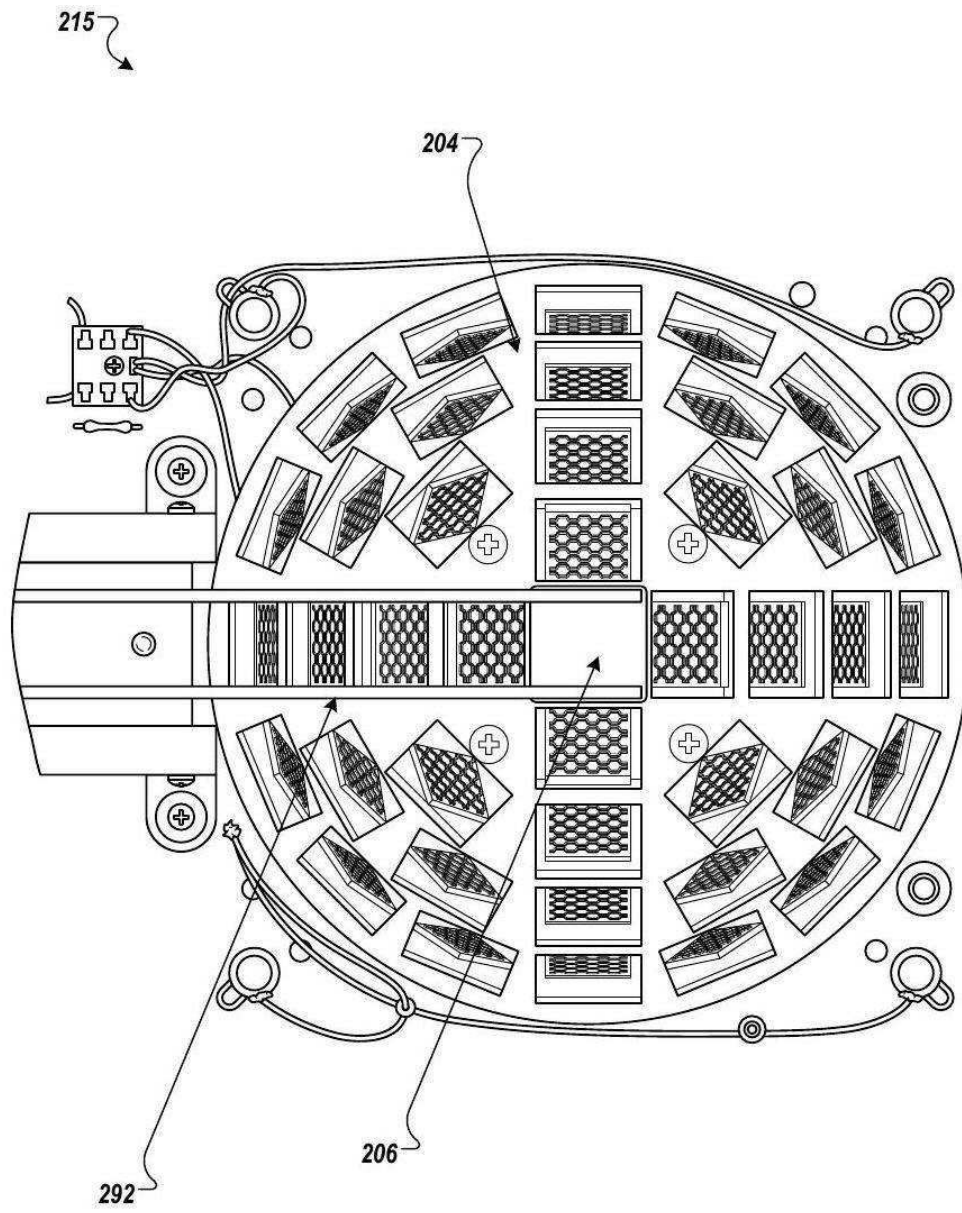


도면3

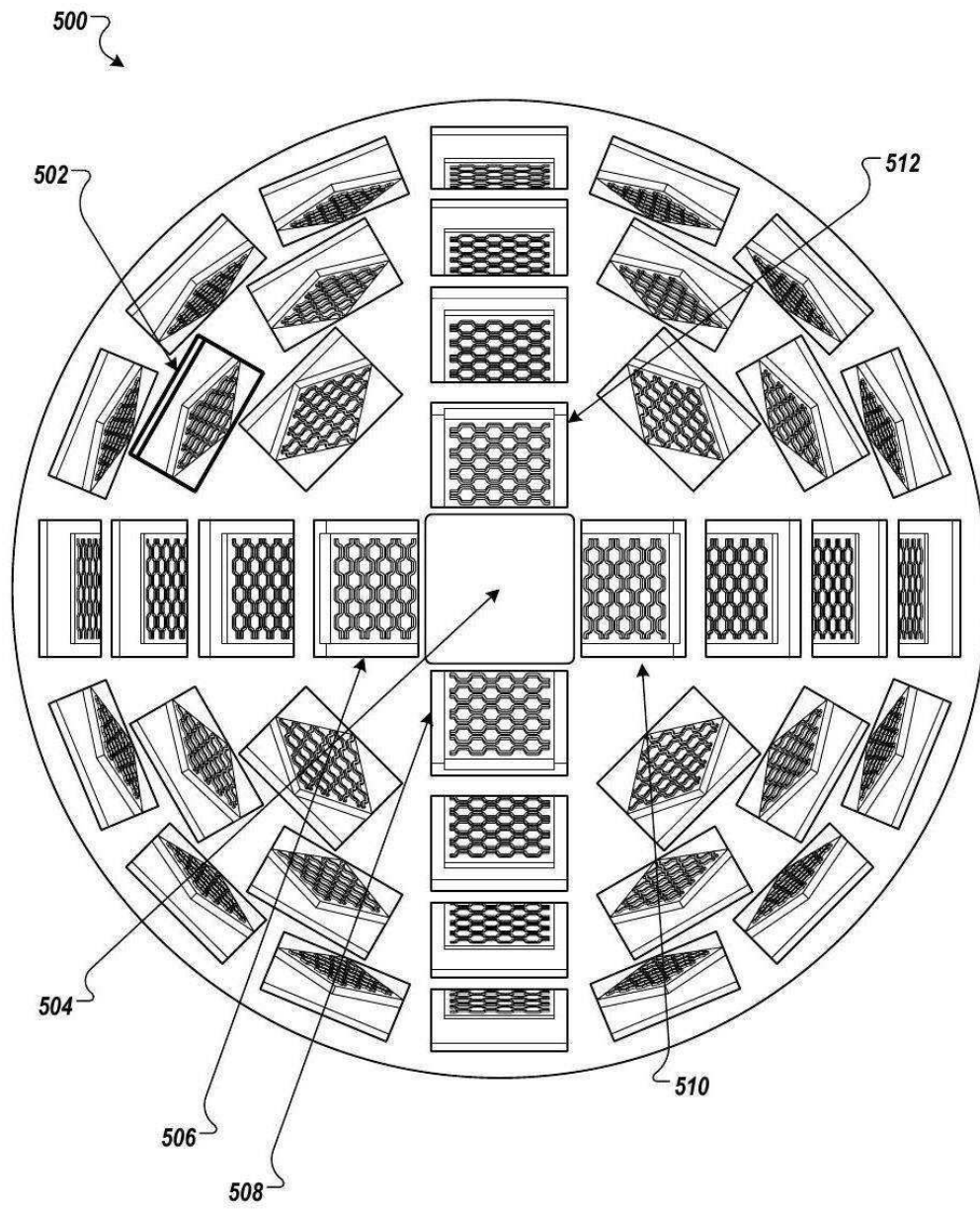




도면4

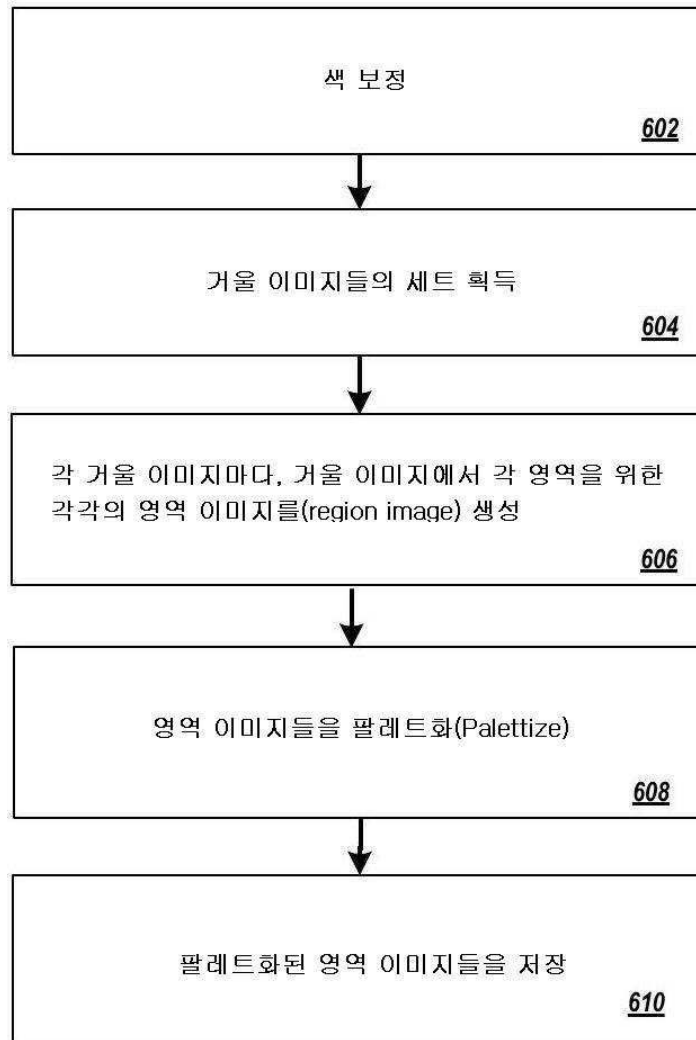


도면5



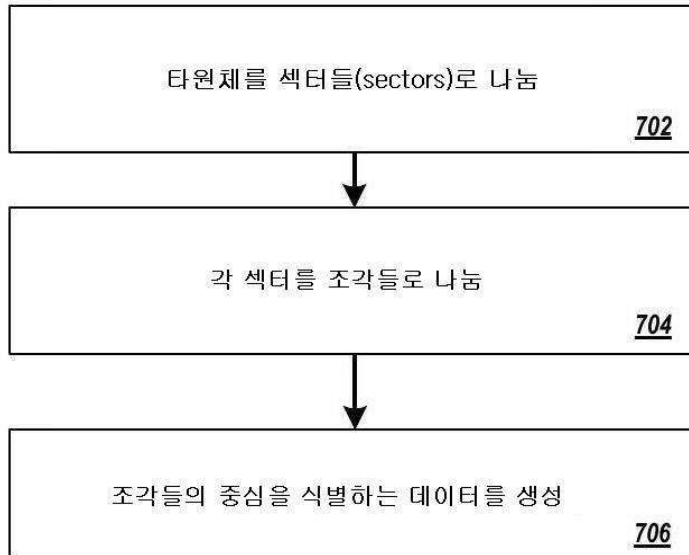
도면6

600 ↘



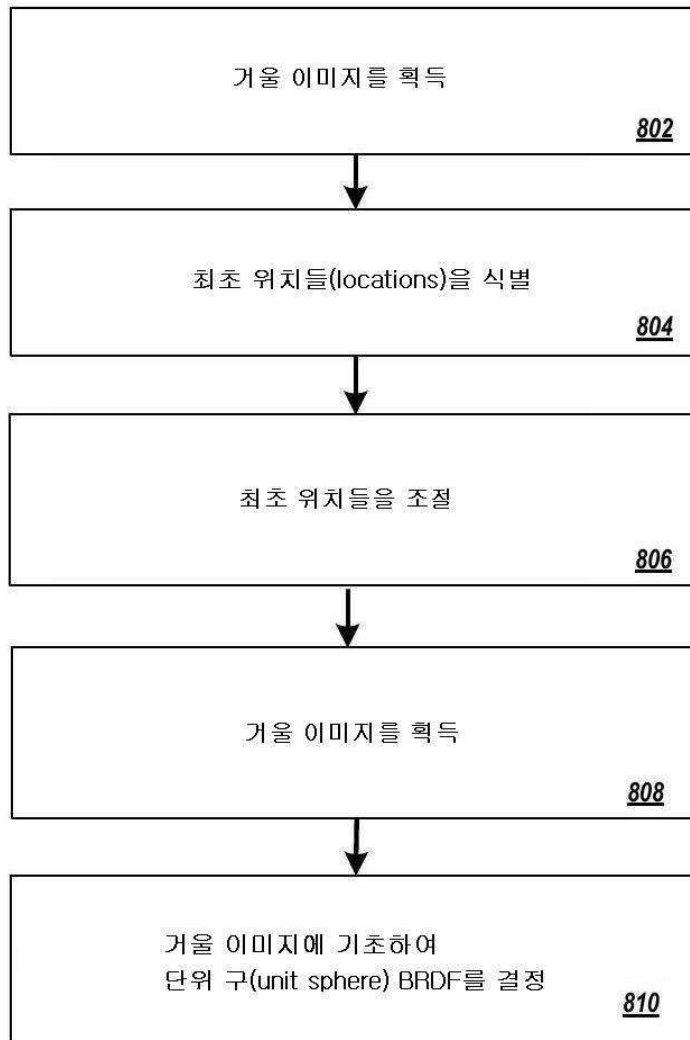
도면7

700



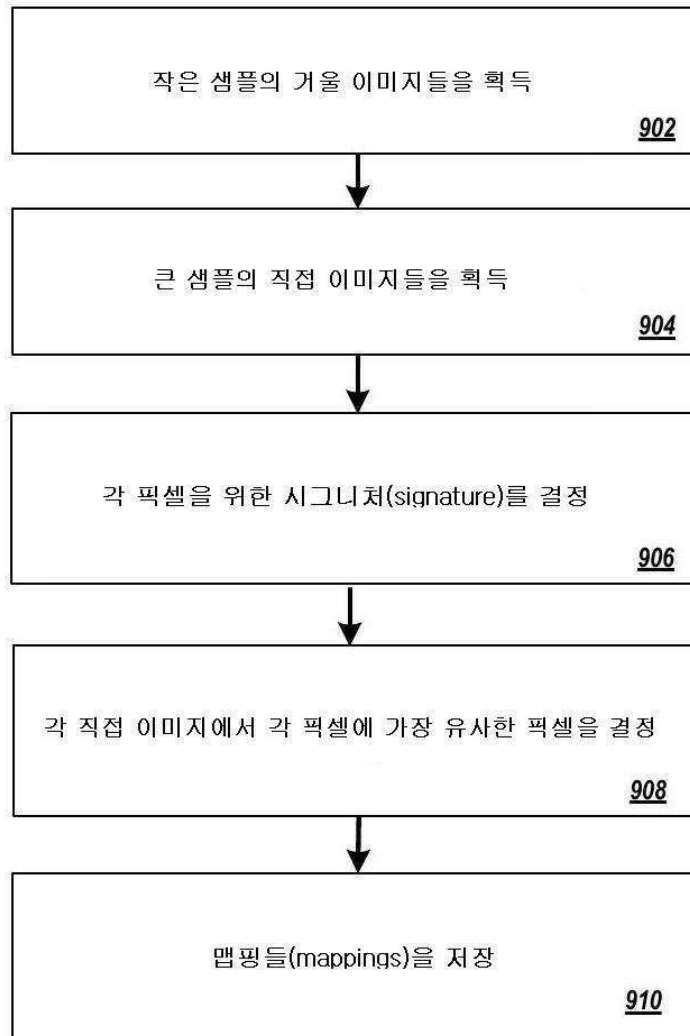
도면8

800 ↘

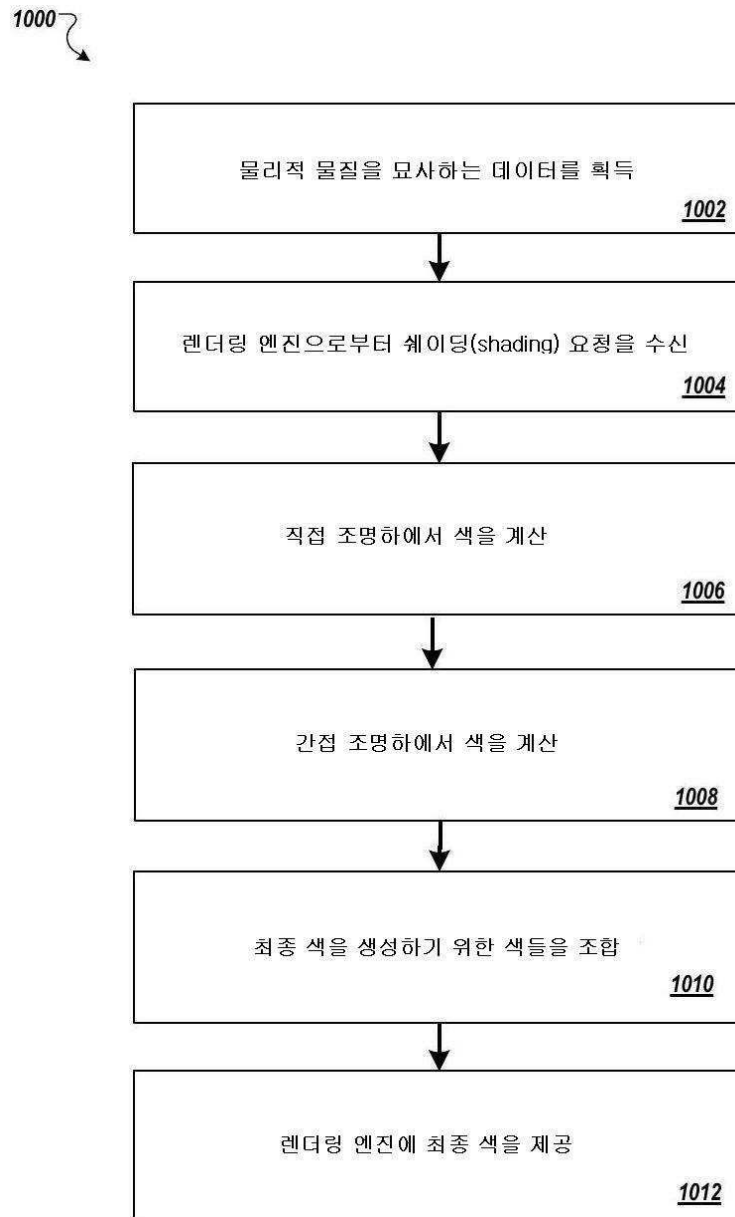


도면9

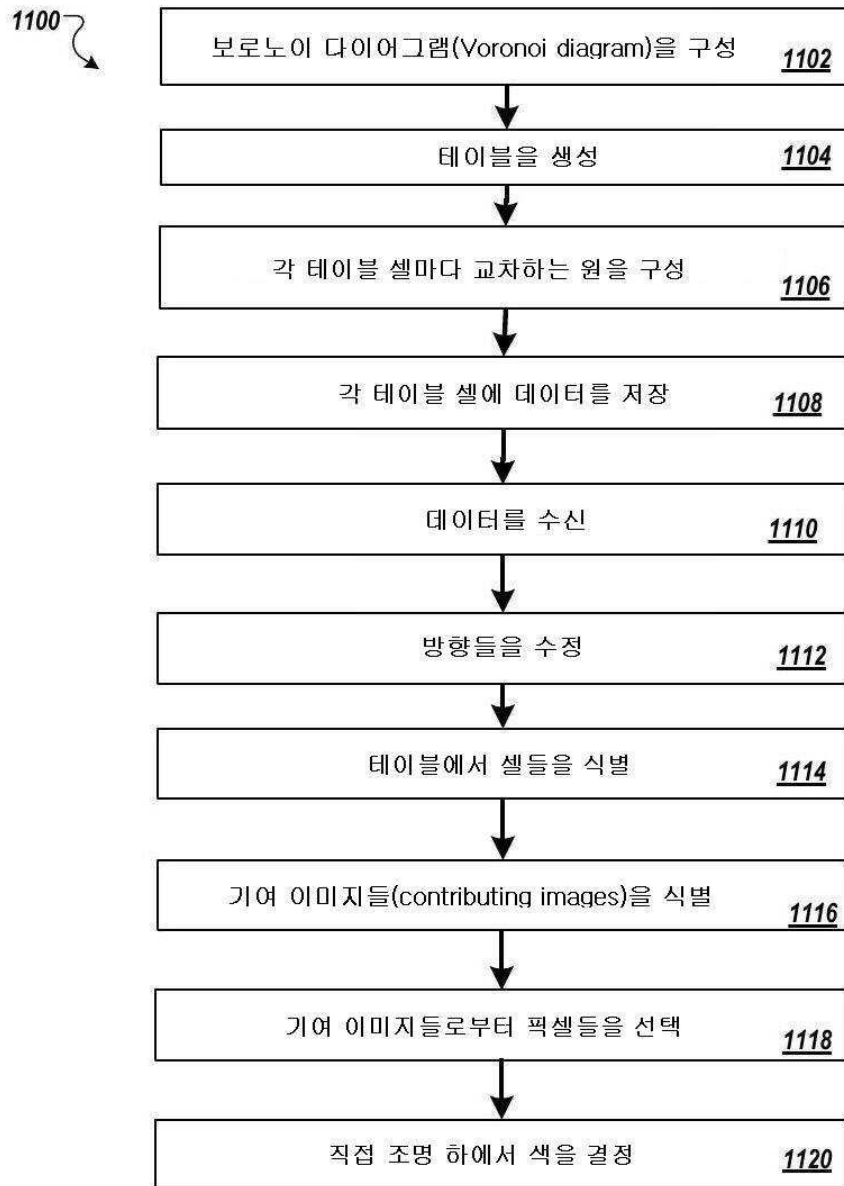
900



도면10



도면11a





도면11b



도면12

1200

