(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년04월06일
(11) 등록번호 10-1724240
(24) 등록일자 2017년03월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 15/50 (2006.01) *G06T 15/80* (2011.01)
G06T 17/10 (2006.01) *G06T 7/00* (2017.01)
(52) CPC특허분류
G06T 15/506 (2013.01)
G06T 15/80 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0114205
(22) 출원일자 2016년09월06일
심사청구일자 2016년09월06일
(56) 선행기술조사문헌
US07471291 B2*
US7133041 B2
JP2012143547 A
JP3527796 B2
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
신병석
서울특별시 서초구
이병준
인천광역시 남구 경인남길30번길 94, 503호 (용현동)
(74) 대리인
양성보

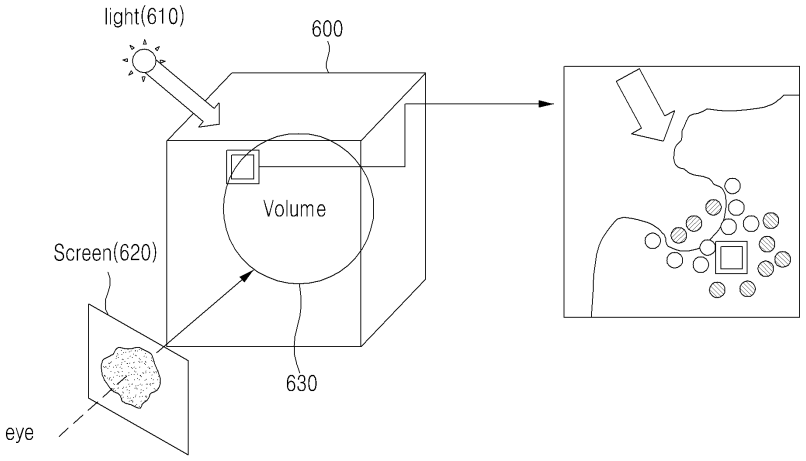
전체 청구항 수 : 총 7 항 심사관 : 조우연

(54) 발명의 명칭 **빛-분포 템플릿을 이용한 볼륨 데이터의 전역조명처리기법**

(57) 요 약

일 실시예에 따른 볼륨 데이터의 전역 조명 처리 방법은, 상기 볼륨 데이터를 구성하는 물질들의 물성에 기반하여 광량을 계산하여 난반사를 통해 발생하는 외부 산란에 따라 흡수되는 광량을 포함하는 광자 정보를 저장하는 빛-분포 템플릿을 생성하는 단계; 및 상기 볼륨 데이터에서 렌더링 대상 복셀들에 대하여 상기 빛-분포 템플릿에 저장된 광자 정보 적용하여 내부 산란을 계산함으로써 특정 복셀의 색상과 음영을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도6



(52) CPC특허분류
G06T 17/10 (2013.01)
G06T 7/529 (2017.01)
G06T 7/586 (2017.01)

공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

볼륨 데이터의 전역 조명 처리 방법에 있어서,

상기 볼륨 데이터를 구성하는 물질들의 물성에 기반하여 광량을 계산하여 난반사를 통해 발생하는 외부 산란에 따라 흡수되는 광량을 포함하는 광자 정보를 저장하는 빛-분포 템플릿을 생성하는 단계; 및

상기 볼륨 데이터에서 렌더링 대상 복셀들에 대하여 상기 빛-분포 템플릿에 저장된 광자 정보를 적용하여 내부 산란을 계산함으로써 특정 복셀의 색상과 음영을 결정하는 단계

를 포함하고,

상기 빛-분포 템플릿을 생성하는 단계는,

혼합물 내부에서 빛의 난반사 성질을 이용하여 상기 빛-분포 템플릿을 생성하고, 상기 빛-분포 템플릿에 각각의 광자에 대한 광량 및 상기 광자의 3차원 좌표 정보를 포함하는 광자 정보를 저장하는 단계

를 포함하고,

상기 빛-분포 템플릿은, 물성에 기초하여 사전에 생성되어 상기 광량을 계산하도록 제공하고,

상기 빛이 각 재질의 내부에서 난반사를 통하여 산란이 발생되고, 최초 광원에서 산란된 빛들이 재산란되어 상기 빛이 소멸할 때까지 재귀적으로 반복되고,

상기 산란이 발생되는 물체가 동일한 물성을 가질 경우, 단위 면적당 기설정된 기준 범위의 유사한 광량을 가지게 되는

볼륨 데이터의 전역 조명 처리 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 빛-분포 템플릿을 생성하는 단계는,

상기 빛-분포 템플릿의 내에 광자들을 거리와 입사각에 기초하여 감소하도록 배열하는

볼륨 데이터의 전역 조명 처리 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 빛-분포 템플릿을 생성하는 단계는,

상기 빛-분포 템플릿에서 동일한 지점에 복수의 광자가 존재하는 경우, 내부 산란으로 간주하여 상기 동일한 지점의 복수의 광자를 단일의 광자에 누적시켜 저장하는

볼륨 데이터의 전역 조명 처리 방법.

청구항 5

볼륨 데이터의 전역 조명 처리 방법에 있어서,

상기 볼륨 데이터를 구성하는 물질들의 물성에 기반하여 광량을 계산하여 난반사를 통해 발생하는 외부 산란에

따라 흡수되는 광량을 포함하는 광자 정보를 저장하는 빛-분포 템플릿을 생성하는 단계; 및

상기 볼륨 데이터에서 렌더링 대상 복셀들에 대하여 상기 빛-분포 템플릿에 저장된 광자 정보를 적용하여 내부 산란을 계산함으로써 특정 복셀의 색상과 음영을 결정하는 단계

를 포함하고,

상기 특정 복셀의 색상과 음영을 결정하는 단계는,

빛이 투사됨에 따라 재샘플링 위치에서의 상기 빛-분포 템플릿을 적용하여 샘플링되는 복셀마다 상기 빛-분포 템플릿에 저장된 광자들에 대한 광자 정보에 기반하여 상기 볼륨 데이터의 내부 산란을 표현하고,

상기 샘플링되는 복셀은, 상기 빛-분포 템플릿에 저장된 광자들로부터 내부 산란의 영향을 받는

볼륨 데이터의 전역 조명 처리 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 특정 복셀의 색상과 음영을 결정하는 단계는,

상기 내부 산란을 계산하기 위하여 상기 광자가 위치하는 지점의 복셀의 색들을 각각의 광자의 광량에 비례하게 색상을 혼합하여 중심 복셀의 색상을 결정하고, 상기 중심 복셀의 색상이 결정됨에 따라 불투명도 전이함수로부터 획득된 재질의 투명도에 따라 상기 빛이 출발한 픽셀의 색상값에 대한 기여도를 계산하는

볼륨 데이터의 전역 조명 처리 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 특정 복셀의 색상과 음영을 결정하는 단계는,

광원의 위치로부터 샘플링되는 복셀의 위치로 진행하는 방향의 벡터를 계산하고, 상기 벡터를 이용하여 해당하는 복셀의 위치의 광원으로부터 방향과 거리를 도출하고, 상기 벡터를 이용함으로써 상기 광원의 방향에 있는 상기 빛-분포 템플릿의 광자들 중 상기 광원과의 거리가 상기 중심 복셀로부터 상기 광원까지의 거리보다 가까운 광자들을 이용하여 음영값을 결정하는

볼륨 데이터의 전역 조명 처리 방법.

청구항 8

볼륨 데이터의 전역 조명 처리 장치에 있어서,

상기 볼륨 데이터를 구성하는 물질들의 물성에 기반하여 광량을 계산하여 난반사를 통해 발생하는 외부 산란에 따라 흡수되는 광량을 포함하는 광자 정보를 저장하는 빛-분포 템플릿을 생성하는 생성부; 및

상기 볼륨 데이터에서 렌더링 대상 복셀들에 대하여 상기 빛-분포 템플릿에 저장된 광자 정보를 적용하여 내부 산란을 계산함으로써 특정 복셀의 색상과 음영을 결정하는 결정부

를 포함하고,

상기 생성부는,

혼합물 내부에서 빛의 난반사 성질을 이용하여 상기 빛-분포 템플릿을 생성하고, 상기 빛-분포 템플릿에 각각의 광자에 대한 광량 및 상기 광자의 3차원 좌표 정보를 포함하는 광자 정보를 저장하는 것

을 포함하고,

상기 빛-분포 템플릿은, 물성에 기초하여 사전에 생성되어 상기 광량을 계산하도록 제공하고,

상기 빛이 각 재질의 내부에서 난반사를 통하여 산란이 발생되고, 최초 광원에서 산란된 빛들이 재산란되어 상기 빛이 소멸할 때까지 재귀적으로 반복되고,

상기 산란이 발생되는 물체가 동일한 물성을 가질 경우, 단위 면적당 기설정된 기준 범위의 유사한 광량을 가지

게 되는

볼륨 데이터의 전역 조명 처리 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 아래의 설명은 렌더링 과정을 수행하는 그래픽 처리 기술에 관한 것으로, 볼륨 데이터의 전역조명처리 기법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 하드웨어의 발전으로 대용량 데이터에 대한 처리가 가능하게 되면서 볼륨 데이터를 이용한 볼륨 렌더링(volume rendering)이 가능하게 되었다. 볼륨 데이터는 대상 물체를 작은 크기의 육면체인 복셀(voxel)의 배열로 저장한 것을 의미한다. 볼륨 렌더링에서는 대상의 표면뿐만 아니라, 대상의 내부까지 자유롭게 표현 할 수 있다. 또한 물성을 반영하여 반투명한 물체를 표현하기에도 유용하다. 따라서 볼륨 렌더링은 의학 및 공학 분야에서 자주 사용되며 이를 통해 X-ray, 초음파, CT, MRI등을 통해 얻는 데이터를 렌더링할 수 있다.

[0003] 의료영상분야에서는 영상의 품질이 매우 중요하다. 사실적인 결과를 보여주기 위해서는 물리학 원리에 근거한 조명 처리를 통하여 볼륨 렌더링을 해야한다. 조명 처리를 통한 음영표현(shading)은 렌더링된 볼륨의 굴곡과 깊이감을 더욱 증가시키고, 입체감을 잘 표현해준다. 일반적으로 조명 모델(illumination model)은 전역 조명(global illumination)과 지역 조명(local illumination)으로 구분된다. 실시간 볼륨 렌더링에서는 일반적으로 지역 조명을 통해 음영 표현을 한다. 지역 조명은 렌더링이 진행 중인 각 복셀과 조명과의 위치 관계만을 고려해 픽셀 값을 계산하기 때문에 연산량이 적어 속도가 빠르다. 하지만 주변 환경이나 대상 물체의 물성을 고려하지 않기 때문에 영상을 사실적으로 표현하기 힘들다. 특히, 날카로운 그림자(hard shadow)가 대부분 생기기 때문에 음영의 경계가 급변하는 것처럼 표현된다.

[0004] 더욱 높은 품질의 영상을 만들기 위해서 전역 조명처리 기술들이 필요하게 되었다. 전역 조명에서는 연산과 자원 소모량이 크게 증가한다. 따라서 복잡한 연산을 근사시켜서 단순한 연산으로 바꾸고, 자원의 소모를 줄이는 등의 가속화 기법에 관한 연구들이 진행되고 있다.

[0005] 빛의 산란은 무수히 많은 경로를 따라 일어나기 때문에 광선 추적법을 통해서 빛의 이동경로를 정확하게 추적하기 어렵다. 광선 추적을 통해 산란을 계산하기 위해서는 굴절과 반사가 일어나는 지점에서 새로운 반사 광선을 생성하여 다시 계산을 시작해야 한다. 처음 사용되는 광선이 많을수록 기하급수적으로 증가하며, 그에 따른 연산도 기하급수적으로 증가하게 된다. 따라서 매우 많은 연산을 필요로 하게 된다. 이를 개선하고자 미리 전처리를 통해 광자들의 위치를 광자맵(photon map)의 형태로 저장하는 방식이 제안되었다. 광자맵이란 볼륨 데이터내의 빛의 이동 경로를 계산하여 광자들을 저장한 3차원 텍스쳐이다. 렌더링 단계에서는 시점으로부터 진행되는 광선의 경로를 따라 광 자들과의 거리를 계산한다. 광선이 도달한 지점(hit-point)으로부터 거리가 일정 범위 내에 있는 광자들을 선택한다. 선택된 광자들의 광량에 비례해 색상 및 빛의 세기를 조합 및 누적하여 최종 광도를 결정한다. 광자맵을 이용하면 볼륨 렌더링할 때, 비교적 빠른 속도로 전역 조명 표현이 가능하지만, 전처리 과정에 많은 시간이 소요되고, 렌더링 하려는 데이터가 클수록 그에 따른 광자맵의 크기도 커지기 때문에, 볼륨 데이터만큼의 자원을 소모하게 된다.

[0006] 광선 투사법에서는 투영되는 화면(120)의 각 픽셀에서 볼륨 데이터(110)를 향해 가상의 광선을 발사한다. 도 1을 참고하면, 발사된 광선은 육면체 내부에서 3차원 볼륨 데이터(110)를 통과해 진행하면서, 해당 볼륨 데이터의 물리적 성질에 따라 광선이 지나간 지점들의 색상 혼합(color blending)을 통해 해당 픽셀의 색상을 결정한다. 색상을 결정할 때 주로 이용하는 물성으로 각 복셀의 밀도 값이 있다. 전이함수(transfer function)를 이용하여 밀도 값에 대응되는 색상이나 투명도(transparency)를 결정한다.

[0007] 산란광을 사실적으로 표현하기 위해서는 물체의 재질에 따른 반사율과 굴절율을 고려해야 한다. 간접 조명(indirect illumitanion)의 경우 어떠한 조명으로부터 영향을 받는지 계산하기가 어렵기 때문에 이를 완벽하게 계산할 수는 없다. 특히, 인체와 같이 다양한 물질로 구성된 혼합물은 뼈와 근육 사이뿐만 아니라 세포와 세포

사이에서도 빛의 산란이 일어나게 된다. 일반적으로 반투명한 물체 내부에서 빛의 산란은 도 2와 같은 양상을 보인다.

[0008] 혼합물질에서 빛의 산란은 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 물질이 발광체로, 주변의 빛의 세기에 변화를 주는 경우이고, 둘째는 물체에 빛이 흡수(absorption)되는 경우이다. 마지막으로는 흡수되지 않은 빛이 산란되어 주변으로 퍼지는 경우이다. 이때, 각 위치에서 빛이 산란되어 퍼지는 경우 외부 산란(out-scattering)이라 하고, 주변에서 외부 산란된 빛이 합쳐지는 것을 내부 산란(in-scattering)이라 한다. 혼합물 내부에서는 계속 산란이 일어나므로 하나의 빛에 대해서 수많은 굴절광과 반사광이 생기게 된다. 각 광자들은 혼합물 내부에서 외부 산란된 빛들에 대해서 생성된다. 생성된 광자들은 다른 외부 산란된 빛을 통해 내부 산란이 일어나게 되고, 이 광자들을 통해 총 광량을 결정하게 된다. 다만, 서로 다른 물성을 가진 두 물질에 대해서 물질간의 경계에서는 빛의 굴절과 반사가 다른 형태로 일어나게 된다. 이 경우 물질간의 관계를 이용하여 빛의 산란을 다시 계산해야 한다.

[0009] 빛의 산란은 기본적으로 재질에 따라 다르게 일어나지만, 충분한 양의 빛이 존재한다고 할 경우, 혼합물의 내부에서 일어나는 산란은 산란 이론(scattering theory)에 따라 표현할 수 있는데 여기서 빛의 이동 범위는 평균자유행로를 이용해 결정한다. 이때 광자들은 범위 방정식(range equation)을 통해 광량과 분포 정도가 결정되며, 같은 재질에서는 인자들이 동일하기 때문에 산란패턴도 비슷하다.

[0010] 환경 폐색(ambient occlusion)은 기존의 단순한 음영처리 방법이 아닌 높은 품질의 부드러운 음영을 만들어 내기 위한 전역 조명 기법이다. 여기서는 음영을 표현하기 위해서 주변의 정보를 이용한다. 특정 위치에서 음영을 결정 할 때, 주위에 투명하지 않은 물체가 존재할 경우, 그 정도에 따라서 환경광(ambient light)을 차단하고 있다고 판단한다. 따라서 해당 위치에서 다른 물체 혹은 그 물체의 다른 부위가 존재한다면 이 부분은 더 어둡게 처리하고, 물체가 없어서 빛을 막는 부분이 적을수록 더 밝게 처리되는 것이다. 환경 폐색은 표면의 각 렌더링 지점에서 법선 벡터를 중심으로 한 반구의 모든 방향으로 광선을 발사한 후 각 광선 방향의 차폐물을 검사한다. 차폐물이 검출되면 검출된 광선의 수에 비례해서 음영을 낮춰 표현한다.

[0011] 볼륨 데이터에서는 명시적으로 표면이 정의되는 것이 아니라 전이함수를 이용하여 간접적으로 물체의 경계를 정하므로 모든 복셀마다 주변 복셀들의 물성과 위치 정보를 파악해야 한다. 특정 복셀의 음영을 결정하기 위해 해당 복셀 주위에 투명하지 않은(non-transparent) 복셀들이 얼마나 있는지 확인한다. 이렇게 계산된 음영값에 주변 복셀들의 색을 반영하여 해당 복셀의 최종 색상을 결정한다. 주변 복셀들을 확인하기 위해서 해당 복셀로부터 반구 내의 모든 입체각에 따라 차폐물 검사를 위한 광선을 투사하는데 이렇게 하면 물체의 투명도나 광원의 위치가 변경될 때마다 복잡한 계산을 다시 해야 하는 문제가 발생한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 볼륨 데이터를 이루는 물질들의 물성을 토대로, 광량을 계산하여 반사광, 굴절광과 그에 따라서 흡수되는 광량을 저장한 3차원 빛-분포 템플릿(light-distribution template)을 생성하고, 생성된 빛-분포 템플릿을 이용하여 빛의 산란 효과를 표현하고 음영을 결정하여 전역 조명 효과를 표현하는 방법을 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 일 실시예에 따르면, 볼륨 데이터의 전역 조명 처리 방법은, 상기 볼륨 데이터를 구성하는 물질들의 물성에 기반하여 광량을 계산하여 난반사를 통해 발생하는 외부 산란에 따라 흡수되는 광량을 포함하는 광자 정보를 저장하는 빛-분포 템플릿을 생성하는 단계; 및 상기 볼륨 데이터에서 렌더링 대상 복셀들에 대하여 상기 빛-분포 템플릿에 저장된 광자 정보를 적용하여 내부 산란을 계산함으로써 특정 복셀의 색상과 음영을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 상기 빛-분포 템플릿을 생성하는 단계는, 혼합물 내부에서 빛의 난반사 성질을 이용하여 상기 빛-분포 템플릿을 생성하고, 상기 빛-분포 템플릿에 각각의 광자에 대한 광량 및 상기 광자의 3차원 좌표 정보를 포함하는 광자 정보를 저장하는 단계를 포함하고, 상기 빛-분포 템플릿은, 물성에 기초하여 사전에 생성되어 상기 광량을 계산하도록 제공하고, 상기 빛이 각 재질의 내부에서 난반사를 통하여 산란이 발생되고, 최초 광원에서 산란된 빛들이 재산란되어 상기 빛이 소멸할 때까지 재귀적으로 반복되고, 상기 산란이 발생되는 물체가 동일한 물성을 가

질 경우, 단위 면적당 기설정된 기준 범위의 유사한 광량을 가지게 될 수 있다.

[0015] 상기 빛-분포 템플릿을 생성하는 단계는, 상기 빛-분포 템플릿의 내에 광자들을 거리와 입사각에 기초하여 감소하도록 배열할 수 있다.

[0016] 상기 빛-분포 템플릿을 생성하는 단계는, 상기 빛-분포 템플릿에서 동일한 지점에 복수의 광자가 존재하는 경우, 내부 산란으로 간주하여 상기 동일한 지점의 복수의 광자를 단일의 광자에 누적시켜 저장할 수 있다.

[0017] 상기 특정 복셀의 색상과 음영을 결정하는 단계는, 빛이 투사됨에 따라 재샘플링 위치에서의 상기 빛-분포 템플릿을 적용하여 샘플링되는 복셀마다 상기 빛-분포 템플릿에 저장된 광자들에 대한 광자 정보에 기반하여 상기 볼륨 데이터의 내부 산란을 표현하고, 상기 샘플링되는 복셀은, 상기 빛-분포 템플릿에 저장된 광자들로부터 내부 산란의 영향을 받을 수 있다.

[0018] 상기 특정 복셀의 색상과 음영을 결정하는 단계는, 상기 내부 산란을 계산하기 위하여 상기 광자가 위치하는 지점의 복셀의 색들을 각각의 광자의 광량에 비례하게 색상을 혼합하여 중심 복셀의 색상을 결정하고, 상기 중심 복셀의 색상이 결정됨에 따라 불투명도 전이함수로부터 획득된 재질의 투명도에 따라 상기 빛이 출발한 픽셀의 색상값에 대한 기여도를 계산할 수 있다.

[0019] 상기 특정 복셀의 색상과 음영을 결정하는 단계는, 광원의 위치로부터 샘플링되는 복셀의 위치로 진행하는 방향의 벡터를 계산하고, 상기 벡터를 이용하여 해당하는 복셀의 위치의 광원으로부터 방향과 거리를 도출하고, 상기 벡터를 이용함으로써 상기 광원의 방향에 있는 상기 빛-분포 템플릿의 광자들 중 상기 광원과의 거리가 상기 중심 복셀로부터 상기 광원까지의 거리보다 가까운 광자들을 이용하여 음영값을 결정할 수 있다.

[0020] 일 실시예에 따르면, 볼륨 데이터의 전역 조명 처리 장치는, 상기 볼륨 데이터를 구성하는 물질들의 물성에 기반하여 광량을 계산하여 난반사를 통해 발생하는 외부 산란에 따라 흡수되는 광량을 포함하는 광자 정보를 저장하는 빛-분포 템플릿을 생성하는 생성부; 및 상기 볼륨 데이터에서 렌더링 대상 복셀들에 대하여 상기 빛-분포 템플릿에 저장된 광자 정보를 적용하여 내부 산란을 계산함으로써 특정 복셀의 색상과 음영을 결정하는 결정부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0021] 본 발명은 볼륨 데이터를 구성하는 물질들의 물성에 기반하여 광량을 계산하여 난반사를 통해 발생하는 외부 산란에 따라 흡수되는 광량을 포함하는 광자 정보를 저장하는 3D 빛-분포 템플릿을 생성하고, 상기 3D 빛-분포 템플릿에 저장된 광자 정보를 적용하여 내부 산란을 계산함으로써 특정 복셀의 색상과 음영을 결정할 수 있다. 또한, 3D 빛-분포 템플릿을 사용함으로써 연산량을 줄일 수 있고, 렌더링 성능을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도1은 3차원 볼륨 데이터의 광선 투사 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 혼합물 내부에서 발생하는 빛의 산란에 대하여 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 일 실시예에 따른 3D 빛-분포 템플릿을 생성하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 일 실시예에 있어서, 광원의 위치에 따른 3D 빛-분포 템플릿 내부에 존재하는 광자가 선택되는 방법을 설명하기 위한 도면이다

도 5는 일 실시예에 있어서, 3D 빛-분포 템플릿의 광자들을 이용한 빛의 세기를 계산하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 일 실시예에 있어서, 3D 빛-분포 템플릿의 광자들을 이용한 환경 폐색을 표현한 것을 나타낸 것이다.

도 7은 일 실시예에 따른 전역 조명 처리 장치의 구성을 설명하기 위한 블록도이다.

도 8은 일 실시예에 따른 전역 조명 처리 장치의 볼륨 데이터의 전역 조명 처리 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

[0024] 아래의 실시예에서는 외부 산란을 계산하여 빛-분포 템플릿을 생성한 후, 렌더링 대상 복셀들에 빛-분포 템플릿의 광자들을 적용하여 내부 산란을 계산하는 방식으로 특정 복셀의 색상과 음영을 결정하는 방법을 설명하기로 한다.

[0025] 도 3은 일 실시예에 따른 3D 빛-분포 템플릿을 생성하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0026] 빛-분포 템플릿(300)은 혼합물 내부에서 빛의 난반사 성질을 이용하여 생성될 수 있다. 빛은 각 재질의 내부에서 난반사를 통해 산란이 발생되고, 최초 광원에서 산란된 빛들이 재산란되어 빛이 소멸할 때까지 재귀적으로 반복되고, 산란이 발생하는 물체가 동일한 물성을 가질 경우, 단위 면적당 기 설정된 기준 범위의 유사한 광량을 가지게 될 수 있다. 이와 같이, 빛-분포 템플릿(300)을 물성에 기반하여 생성할 경우, 광량을 쉽게 계산할 수 있다.

[0027] 빛-분포 템플릿은 산란을 통하여 각각의 광자들에 대한 광자 정보를 생성하게 되며, 빛-분포 템플릿에 각각의 광자마다의 광량(빛 에너지) 정보 및 광자의 3차원 좌표 정보가 저장될 수 있다.

[0028] 빛의 세기는 광원으로부터의 거리와 입사각에 반비례하므로 빛-분포 템플릿 내의 광자들은 거리와 입사각에 기초하여 감소하도록 배열될 수 있다. 이때, 빛의 이동 거리를 x, 빛의 광도를 I라고 했을 때, 거리에 따른 광량의 감쇄는 수학식 1과 같이 표현할 수 있다.

[0029] 수학식 1:

[0030]
$$\frac{dI}{dx} = -a \times I$$

[0031] 여기서, a는 물질의 불투명도, 특정 빛-분포 템플릿의 최초 광도를 I_0이라고 하면, 상기 특정 빛-분포 템플릿에 분포하는 빛의 총량은 I_0와 같다. 빛-분포 템플릿에 존재하는 모든 광자들을 포함하는 영역을 s라고 할 때, 빛-분포 템플릿의 범위 방정식은 수학식 2와 같다.

[0032] 수학식 2:

[0033]
$$I_0 = \int_0^s abs(I, x, \lambda, a, \theta)dx + \int_0^s refr(I, x, a, \theta')dx + \int_0^s refl(I, x, a, \theta'')dx$$

$$I = I_0 \times e^{(-\frac{dx}{\lambda})}$$

[0034] 입사각에 따른 빛의 세기를 결정하기 위하여 범위 방정식은 램버트 코사인 법칙(lambert뭩 cosine law)에 따라 수학식 3과 같이 정리될 수 있다.

[0035] 수학식 3:

[0036] $$I = I_0 \times e^{(-\frac{\Delta x}{\lambda})} \times \cos\theta$$

[0037] 여기서, θ는 빛이 입사된 각도, Δx는 빛이 이동한 거리, λ는 빛이 물질 속에서 이동할 수 있는 평균자유행로(mean free path) 이다. 평균자유행로는 하나의 광자가 연속적인 충돌을 하며 이동하는 평균 거리를 의미할 수 있다. 이때, 빛의 분포를 결정하기 위한 모델에서 빛의 이동 거리를 결정해야 한다. 빛의 이동 거리와 빛의 세기를 결정하기 위하여 모든 광자들은 맥스웰 분포(Maxwell-boltzmann distribution)를 따른다고 가정함으로써 평균자유행로를 수학식 4를 통하여 도출할 수 있다.

[0038] 수학식 4:

[0039] $$\lambda = \sqrt{2} \times n \times \sigma$$

[0040] 이때, n은 산란원의 밀도, σ는 산란될 때의 유효 면적을 의미한다. 빛-분포 템플릿 내에서 빛의 산란이 발생하는 거리는 λ를 따른다. 여기서 각 위치에서 흡수되는 광자량 abs는 수학식 5와 같다.

[0041] 수학식 5:

[0042] $$abs = I \times a$$

[0043] 흡수된 빛은 굴절되어 λ만큼 이동하게 된다. 이때, 빛의 이동 경로는 혼합물 내부에 있으므로, 임계각도 이내에서 임의의 방향으로 이동하게 된다. 그에 따른 굴절된 광량 $refr$ 및 반사된 광량 $refl$은 수학식 6과 같이 표현될 수 있다.

[0044] 수학식 6:

[0045] $$refr = (1-a) \times I \times \cos\theta'$$
$$refl = (1-a) \times I \times (1-\cos\theta')$$

[0046] 여기서, θ는 λ만큼 이동한 임의의 위치에 대한 각도를 나타낸다. 이와 같이 생성된 빛-분포 템플릿에서 동일한 지점에 복수의 광자가 존재하는 경우, 내부 산란으로 간주하여 동일한 지점에 존재하는 복수의 광자를 단일의 광자에 누적시킴으로써 저장할 수 있다.

[0047] 이때, 빛-분포 템플릿(300)의 크기는 재질의 투과율에 의해 결정되며, 전체 볼륨 데이터에 비해서 생성되는 빛-분포 템플릿의 크기는 매우 작다. 이렇게 생성된 빛-분포 템플릿은 같은 재질을 가지는 부분이라면 어느 곳이든 제한없이 사용이 가능하므로 볼륨 데이터가 커지더라도 템플릿의 크기에는 변화가 없다.

[0048] 볼륨 렌더링을 위하여 일반적으로 가장 많이 사용되는 광선 투사법이 이용될 수 있다. 하지만, 볼륨 렌더링의 예로서, 광선 투사법을 기재한 것뿐, 이에 한정되는 것은 아니하다. 관찰자의 시점으로부터 가상의 빛(광선)이 투사될 수 있으며, 재샘플링 위치에서 사전에 제작된 빛-분포 템플릿을 적용할 수 있다. 이때, 샘플링되는 복셀마다 빛-분포 템플릿의 광자들의 광자 정보에 기반하여 볼륨 데이터 내부에서의 산란을 표현할 수 있다. 이때, 샘플링되는 복셀은 빛-분포 템플릿의 광자들로부터 내부 산란의 영향을 받는다. 내부 산란을 계산하기 위하여 광자가 위치하고 있는 지점의 복셀의 색들을 각각의 광자의 광량에 비례하도록 색상을 혼합하여 중심 복셀의 색상을 결정할 수 있다.

[0049] 색상이 결정됨에 따라 불투명도 전이함수(opacity transfer function)로부터 획득된 재질의 투명도에 기초하여 빛이 출발한 픽셀의 색상값에 대한 기여도를 계산할 수 있다. 빛이 진행됨에 따라 손실되는 빛의 양만큼 실제

물체의 내부로 투과되어 들어오는 빛의 양도 감소되므로 볼륨 데이터의 내부로 렌더링이 진행될수록 빛의 산란에 대한 영향도 줄어든다. 특정한 밀도값 d에 대한 전이함수 값이 T(d)일 때, 빛이 지나는 경로상 특정 복셀 p에서 빛의 세기 R은 수학식 7과 같이 계산될 수 있다.

[0050] 수학식 7:

[0051] $$R_p = (1 - T(d))^p$$

[0052] 빛-분포 템플릿 내부의 인자들을 $t_0, t_1, \ldots, t_i$이라고 할 때, 빛의 산란에 의해 혼합된 빛의 세기 B는 수학식 8과 같이 표현될 수 있다.

[0053] 수학식 8:

[0054] $$B = \sum_i^{photon} R_p \times I_p \times (1 - \cos\theta') \times t_i$$

[0055] 수학식 8은 각 빛-분포 템플릿 내부의 인자들의 광량에 비례하여 기 설정된 범위 내에 존재하는 색상들의 혼합을 통하여 산란된 빛을 최종적으로 계산한 것을 나타낸다.

[0056] 음영값은 내부 산란을 통해 결정되므로 물체 내부로 들어올 수 있는 빛에 따라 밝기가 달라질 수 있다. 이에 따라 광원의 영향에 따라 빛의 산란에 대한 음영을 표현한다. 광원의 위치로부터 샘플링되는 복셀의 위치로 진행하는 방향의 벡터를 계산할 수 있다. 상기 벡터를 이용하여 해당하는 복셀의 위치 p의 광원으로부터의 방향과 거리를 획득할 수 있다. 상기 벡터를 이용함으로써 광원의 방향에 존재하는 빛-분포 템플릿의 광자 중 광원과의 거리가 중심 복셀로부터 광원까지의 거리보다 가까운 광자들, 다시 말해서, 상대적으로 광원에 가까운 광자들을 이용하여 상기 가까운 광자들의 위치와 관련된 음영값을 결정할 수 있다.

[0057] 광원을 가리는 물체가 없다고 가정할 때, 광원 방향에서 볼륨 데이터의 외부의 빈 공간에 있는 광자들이 많을수록 해당 지점의 밝기가 증가한다. 도 4를 참고하면, 빛-분포 템플릿이 적용되는 중심 복셀(420) p로부터 광원(410)이 존재하는 방향에 존재하는 광자들(430, 440) t_i 중 광원과 중심 복셀(410)과의 거리보다 가까운 광자들(440)이 선택될 수 있다. 상기 가까운 광자들(440)은 선택된 광자들(selected t_i)(440)을 의미할 수 있다. 이때, 차폐물이 없기 때문에 광원이 있는 방향에 존재하는 선택된 광자들(440)의 위치에서는 선택된 모든 광자들의 광량의 합만큼 밝아질 수 있다.

[0058] 도 5를 참고하면, 3D 빛-분포 템플릿의 광자들을 이용한 빛의 세기를 계산하는 방법을 설명하기 위한 도면으로, 볼륨 데이터 내부에 존재하는 광자들(도 5에서 작은 원으로 표시됨)로부터 내부 산란이 발생하였을 때, 해당하는 광자들의 색상을 수집할 수 있다.

[0059] 환경 폐색을 통해 음영을 획득하기 위하여 주변의 복셀들에 대한 정보가 필요하다. 이에 따라 본 발명은 빛-분포 템플릿을 이용할 경우, 주변의 복셀들을 검색하는 횟수만큼 연산량이 증가한다는 기존의 환경 폐색 방법의 문제점을 해결할 수 있다.

[0060] 빛-분포 템플릿을 이용하여 산란광을 표현할 때, 각 광자들과 광원과의 관계를 도출할 수 있다. 이때, 도 5와 같이, 광원의 영향을 받는 광자들을 이용하여 특정 복셀의 위치 p에서의 밝기를 결정하게 되고, 광자들의 위치에 불투명한 물체가 없다면, 선택된 광자들의 총 광량만큼 밝아진다. 반대로, 광자들의 위치에 불투명한 물체가 존재할 경우, 해당하는 광자들의 광량만큼 어두워지므로 이를 이용하여 음영을 표현할 수 있다.

[0061] 도 6을 참고하면, 빛-분포 템플릿(600)의 광자들을 이용한 환경 폐색을 표현한 것을 나타낸 것이다. 예를 들면, 볼륨 데이터(630)에서의 특정 복셀이 가리키는 위치의 최종 색상을 계산할 수 있다. 광원 방향에 있는 광자들 중 불투명한 부분에 있지 않은 광자들( ), 불투명한 부분에 있는 광자들( ), 광원 방향에 존재

하지 않는 광자들( )이 표시되어 있다. 이에 따라 불투명한 부분에 있지 않은 광자들의 광량만큼 밝게하고, 불투명한 부분에 있는 광자들의 광량만큼 어둡게 함으로써 음영값을 계산할 수 있다.

[0062] 기 설정된 갯수 이하의 빛-분포 템플릿으로 렌더링을 하게 될 경우, 빛-분포 템플릿에 저장된 광자들의 패턴이 일정하기 나타나기 때문에 최종 영상에 줄무늬가 나타날 수 있는 문제점을 해결하기 위하여 각 재질별로 복수 개의 빛-분포 템플릿을 생성한 후, 생성된 빛-분포 템플릿을 불규칙적으로 조합하여 사용할 수 있다. 한 픽셀에서의 산란을 결정하기 위하여 k 개의 빛-분포 템플릿을 조합한다고 가정하자. 전체 생성된 빛-분포 템플릿의 개수를 h 라고 했을 때, 조합함으로써 ${}_hC_k$ 만큼의 빛의 산란을 표현할 수 있다. 또한, 조합을 할 때, 각 빛-분포 템플릿 간의 가중치를 임의로 부여함으로써 적은 수의 빛-분포 템플릿만 사용하여 문제를 해결할 수 있다.

[0063] 도 7은 일 실시예에 따른 전역 조명 처리 장치의 구성을 설명하기 위한 블록도이고, 도 8은 일 실시예에 따른 전역 조명 처리 장치의 볼륨 데이터의 전역 조명 처리 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0064] 전역 조명 처리 장치는 프로세서(700), 생성부(710) 및 결정부(720)를 포함할 수 있다. 이러한 프로세서(700) 및 프로세서(700)의 구성요소들은 도 8의 정보 제공 방법이 포함하는 단계들(810 내지 820)을 수행할 수 있다.

[0065] 프로세서(700) 및 프로세서(700)의 구성요소들은 메모리가 포함하는 운영체제의 코드와 적어도 하나의 프로그램의 코드에 따른 명령(instruction)을 실행하도록 구현될 수 있다. 여기서, 프로세서의 구성요소들은 전역 조명 처리 장치에 저장된 프로그램 코드가 제공하는 제어 명령에 따라 프로세서(700)에 의해 수행되는 서로 다른 기능들(different functions)의 표현들일 수 있다.

[0066] 단계(810)에서 생성부(710)는 볼륨 데이터를 구성하는 물질들의 물성에 기반하여 광량을 계산하여 난반사를 통해 발생하는 외부 산란에 따라 흡수되는 광량을 포함하는 광자 정보를 저장하는 빛-분포 템플릿을 생성할 수 있다. 생성부(710)는 혼합물 내부에서 빛의 난반사 성질을 이용하여 빛-분포 템플릿을 생성하고, 빛-분포 템플릿에 각각의 광자에 대한 광량 및 광자의 3차원 좌표 정보를 포함하는 광자 정보를 저장할 수 있다. 생성부(710)는 빛-분포 템플릿의 내에 광자들을 거리와 입사각에 기초하여 감소하도록 배열할 수 있다. 생성부(710)는 빛-분포 템플릿에서 동일한 지점에 복수의 광자가 존재하는 경우, 내부 산란으로 간주하여 동일한 지점의 복수의 광자를 단일의 광자에 누적시켜 저장할 수 있다.

[0067] 단계(820)에서 결정부(720)는 볼륨 데이터에서 렌더링 대상 복셀들에 대하여 빛-분포 템플릿에 저장된 광자 정보를 적용하여 내부 산란을 계산함으로써 특정 복셀의 색상과 음영을 결정할 수 있다. 결정부(720)는 빛이 투사됨에 따라 재샘플링 위치에서의 빛-분포 템플릿을 적용하여 샘플링되는 복셀마다 빛-분포 템플릿에 저장된 광자들에 대한 광자 정보에 기반하여 볼륨 데이터의 내부 산란을 표현할 수 있다. 결정부(720)는 내부 산란을 계산하기 위하여 광자가 위치하는 지점의 복셀의 색들을 각각의 광자의 광량에 비례하게 색상을 혼합하여 중심 복셀의 색상을 결정하고, 중심 복셀의 색상이 결정됨에 따라 불투명도 전이함수로부터 획득된 재질의 투명도에 따라 빛이 출발한 픽셀의 색상값에 대한 기여도를 계산할 수 있다. 결정부(720)는 광원의 위치로부터 샘플링되는 복셀의 위치로 진행하는 방향의 벡터를 계산하고, 벡터를 이용하여 해당하는 복셀의 위치의 광원으로부터 방향과 거리를 도출하고, 벡터를 이용함으로써 광원의 방향에 있는 빛-분포 템플릿의 광자들 중 광원과의 거리가 중심 복셀로부터 광원까지의 거리보다 가까운 광자들을 이용하여 음영값을 결정할 수 있다.

[0068] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서

(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0069] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

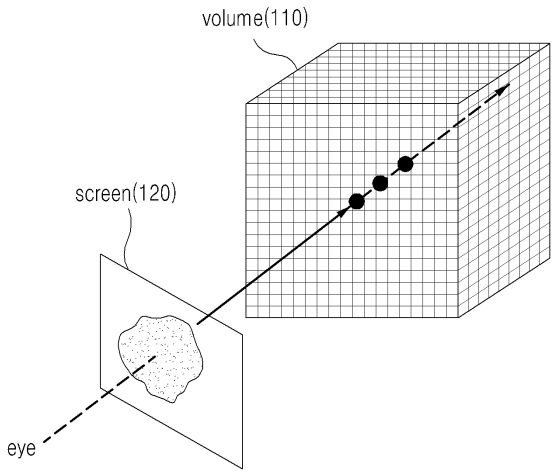
[0070] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

[0071] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

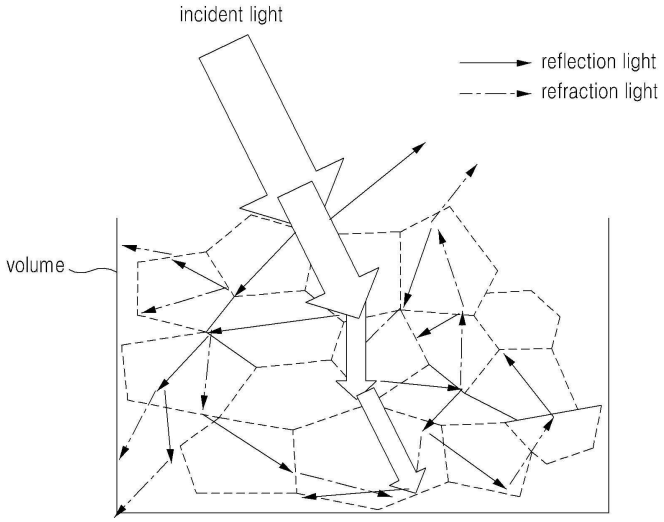
[0072] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

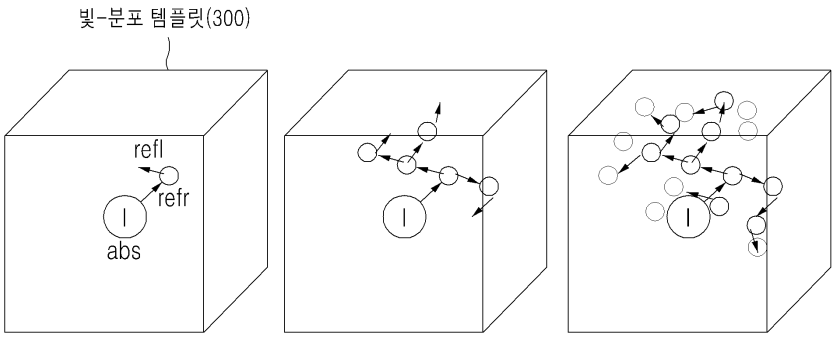
도면1



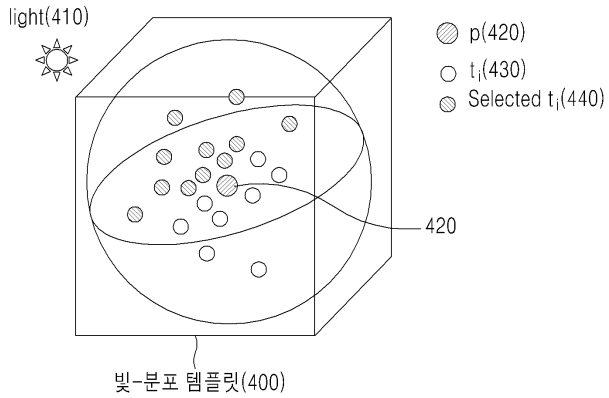
도면2


incident light
reflection light
refraction light
volume

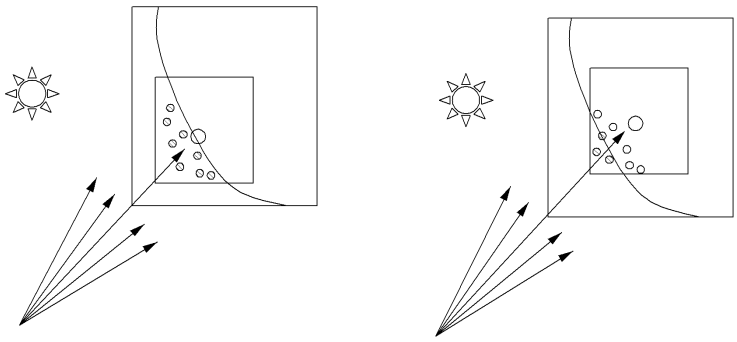
도면3


빛-분포 템플릿(300)
refl
refr
abs

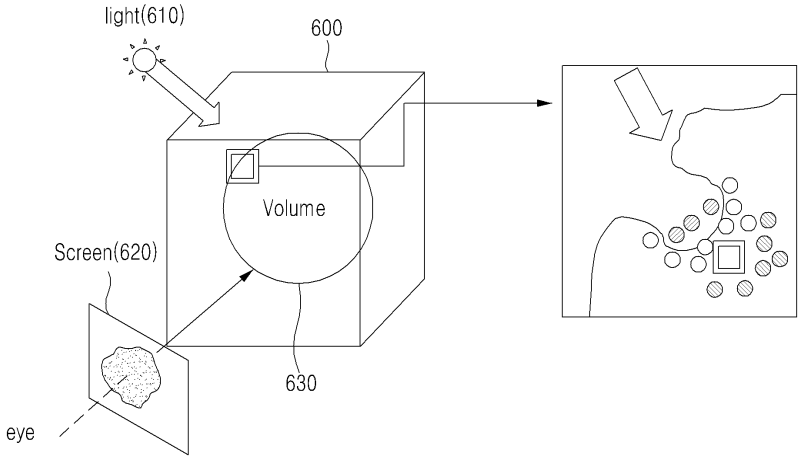
도면4


light(410)
p(420)
t_i(430)
Selected t_i(440)
420
빛-분포 템플릿(400)

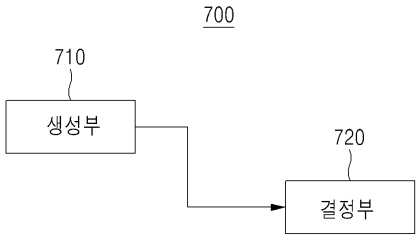
도면5



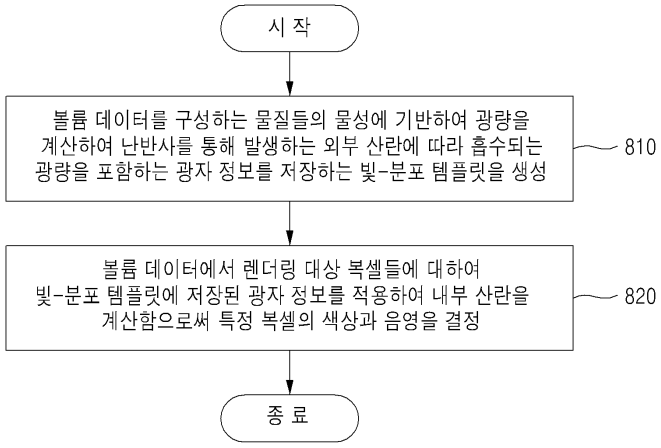
도면6



도면7



도면8


시 작
볼륨 데이터를 구성하는 물질들의 물성에 기반하여 광량을 계산하여 난반사를 통해 발생하는 외부 산란에 따라 흡수되는 광량을 포함하는 광자 정보를 저장하는 빛-분포 템플릿을 생성
810
볼륨 데이터에서 렌더링 대상 복셀들에 대하여 빛-분포 템플릿에 저장된 광자 정보를 적용하여 내부 산란을 계산함으로써 특정 복셀의 색상과 음영을 결정
820
종 료