(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0063463
(43) 공개일자 2023년05월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 15/06 (2011.01) *G06T 15/60* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06T 15/06 (2013.01)
G06T 15/60 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0148569
(22) 출원일자 2021년11월02일
심사청구일자 2022년11월14일

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
임인성
서울특별시 양천구 목동서로 70 목동신시가지아파트2단지 224동 1504호
김영욱
서울특별시 은평구 갈현로11가길 2 해드림 하우스 504호
(74) 대리인
이지연

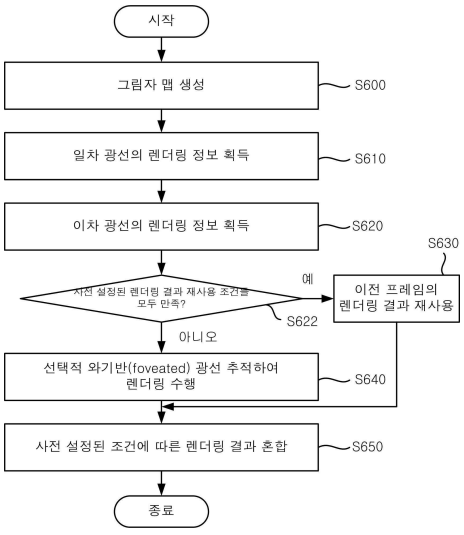
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **선택적 샘플링에 기반을 둔 가상 현실 헤드셋용 광선 추적 방법**

(57) 요 약

본 발명은 선택적 샘플링에 기반을 둔 가상 현실 헤드셋 용 광선 추적 방법에 관한 것이다. 상기 가상 현실 헤드셋 용 광선 추적 방법은, (a) 래스터화 방법과 광선 추적 방법을 혼용하여 획득한 렌더링 정보를 바탕으로 중심와에 대응되는 지점은 높은 밀도로 영상 샘플링을 수행하고, 중심에서 멀어질수록 점진적으로 영상 샘플링을 조절하여 렌더링을 수행하는 단계; (b) 상기 획득한 렌더링 정보를 바탕으로 조건에 따른 이전 렌더링 결과 재 사용 단계; (c) 상기 획득한 렌더링 정보를 바탕으로 조건에 따른 이전 렌더링 결과와 현재 렌더링 결과 혼합 단계; 를 구비한다.

대 표 도 - 도6



(52) CPC특허분류
G06T 2215/12 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711109189
과제번호	2020R1A2C2011709
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견연구자지원사업
연구과제명	이종의 현실 사용자 간의 협업을 지원하는 몰입형 확장 현실 기술 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	서강대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

(a) 현재 프레임의 이미지 영역에 대한 그림자 맵을 생성하는 단계;

(b) 상기 이미지 영역에 대하여 일차 광선의 렌더링 정보를 획득하는 단계;

(c) 상기 획득한 일차 광선의 렌더링 정보를 바탕으로 하여, 이차 광선의 렌더링 정보를 획득하는 단계;

(d) 상기 획득한 렌더링 정보를 바탕으로 하여, 상기 이미지 영역의 각 서브 픽셀들에 대하여 해당 영역의 시각적 편심률(visual eccentricity)에 따라 추가적으로 광선 추적 여부를 결정하고 선택적 와 기반의(foveated) 광선 추적을 하여 렌더링을 수행하는 단계; 및

(e) 현재 프레임에 대한 렌더링 결과와 사전 설정된 조건을 만족하는 이전 프레임의 렌더링 결과를 혼합하는 단계;

를 구비하는 것을 특징으로 하는 가상 현실 헤드셋용 광선 추적 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 이미지 영역은 시각적 편심률(visual eccentricity)을 기준으로 하여, 중앙 픽셀 영역(Central pixel region)과 주변 픽셀 영역(Peripheral pixel region)으로 구분되는 것을 특징으로 하며,

상기 (a) 단계는, 중앙 픽셀 영역은 광선 추적 방법을 사용하여 그림자 맵을 생성하고, 주변 픽셀 영역은 래스터화 방법을 사용하여 그림자 맵을 생성하는 것을 특징으로 하는 가상 현실 헤드셋용 광선 추적 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 (b) 단계는 래스터화 방법을 사용하여 일차 광선의 렌더링 정보를 획득하고,

이차 광선의 렌더링 정보 획득시에 필요한 정보들을 추가적으로 획득하는 것을 특징으로 하는 가상 현실 헤드셋용 광선 추적 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 (b) 단계에서 이차 광선의 렌더링 정보 획득을 위하여 추가적으로 획득하는 정보는 지역 조명 색깔, 세상 공간 위치 정보, 반사 및 굴절 계수, 굴절률인 것을 특징으로 하는 가상 현실 헤드셋용 광선 추적 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 (c) 단계는

광선 추적 방법을 사용하여 이차 광선의 렌더링 정보를 획득하는 것을 특징으로 하는 가상 현실 헤드셋 용 광선 추적 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 가상 현실 헤드셋용 광선 추적 방법은,

(f) 상기 (b) 및 (c) 단계에서 획득된 렌더링 정보들을 바탕으로 하여 사전 설정된 렌더링 결과 재사용 조건들을 모두 만족하는지 여부를 판단하고, 렌더링 결과 재사용 조건을 모두 만족하는 경우, 이전 렌더링 결과를 재사용하는 단계;를 더 구비하고,

만약 상기 (f) 단계에서 이전 렌더링 결과를 재사용하는 경우, 상기 (d) 단계를 수행하지 않는 것을 특징으로 하는 가상 현실 헤드셋용 광선 추적 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 (f) 단계의 렌더링 결과 재사용 조건들은,

바로 직전 프레임의 재사용 맵의 픽셀 좌표(p_{reuse})의 재사용 유무를 나타내는 플래그(f_{reuse})의 값이 사전 설정된 재사용가능최대횟수(n_{reuse}^{max})보다 작은지 여부, 현재 프레임의 픽셀 좌표(p_{cur})에서의 일차 광선이 물체와 교차하는지 여부, p_{reuse} 에서의 일차 광선이 물체와 교차하는지 여부, 현재 프레임 카메라와 바로 직전 프레임 카메라에서 보이는 현재 프레임에서의 눈 좌표계 최초 교차 지점(v_{cur})의 거리가 주어진 임계값보다 작은지 여부, p_{cur} 와 p_{reuse} 에서의 렌더링 정보를 비교하여, 사전 설정된 임계값보다 작은지 여부이며,

상기 렌더링 결과 재사용 조건들을 모두 만족하면, p_{reuse} 의 색상을 재 사용하는 것을 특징으로 하는 가상 현실 헤드셋 용 광선 추적 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 (d) 단계는

이미지 영역의 Central pixel region의 Fovea, Parafovea, Perifovea, Near-periphery 영역별로 서브 픽셀당 최대 광선 생성 수를 각각 설정하는 것을 특징으로 하는 가상 현실 헤드셋 용 광선 추적 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 (e) 단계는

상기 획득한 렌더링 정보를 바탕으로 하여, 현재 프레임에서 보이는 세상 공간에서의 지점과 이전 프레임들로 투영한 위치에서 보이는 세상 공간에서의 지점 간의 거리가 사전 설정된 임계값보다 작은지 여부를 판단하고,

만약 지점 간의 거리가 사전 설정된 임계값보다 작은 i번째 전의 프레임의 색상과 현재 프레임의 색상을 혼합하는 것을 특징으로 하는 가상 현실 헤드셋 용 광선 추적 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 가상현실(virtual reality, VR) 기술에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는 가상 현실 용 디스플레이 장비인 VR 헤드셋에 특화된 광선 추적 기반의 와 기반의 렌더링 방법(이하 'foveated rendering'이라 함)의 성능 향상에 관한 것이다. 특히, 본 방법은 시선 추적(eye tracking) 기능을 갖는 VR 헤드셋의 디스플레이 상에서 시선의 지점을 중심으로 하여 추적하는 광선의 밀도를 점진적으로 감소시키는 와(fovea) 기반의 샘플링(이하, 'foveated sampling'이라 함)방법의 성능을 향상시켜 화질 저하를 억제하면서 렌더링 속도를 향상시킬 수 있는 광선 추적 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 3D 렌더링은 모델링된 가상의 입체 오브젝트 정보에 기초하여, 특정 시점에서의 영상을 생성하여 제공하는 영상처리 기법이다. 3D 렌더링 방법으로는, 폴리곤 기반의 래스터화(Rasterization) 방법, 렌더링하고자 하는 시점으로부터의 광선 진행 경로를 역추적하는 광선 추적법 등이 있다.

[0003] 광선 추적법(ray tracing)은 실시간 3D 렌더링 방법의 하나로 보편적으로 사용되어온 래스터화(rasterization) 방법보다 더 사실적인 3D 렌더링 효과를 생성할 수 있는 효과적인 기법이다. 다만, 광선 추적법은 광선 추적 과정의 계산량이 상당하여 실시간 응용에 대한 적용이 쉽지 않았으나, 최근 그래픽스 프로세서(Graphics Processing Unit, GPU)의 성능 향상으로 인하여 3D 게임과 가상 현실 등 여러 실시간 응용에 점차적으로 적용되고 있는 상황이다. 구체적으로, VR 헤드셋을 대상으로 하는 실시간 렌더링의 경우, 사용자가 헤드셋 착용시 메

스꺼움을 방지하기 위하여 80~90 ftp(frames per second)이상의 렌더링 속도를 내주어야 한다. 따라서, 래스터화 방법보다 계산 복잡도가 높은 광선 추적법을 사용하여 가상환경에서의 실재감을 증가시키는 렌더링 결과를 고속으로 생성하기 위해서는 시간적으로 최적화된 영상 합성 방법을 적용해주어야 한다.

[0004] 그러한 목적의 렌더링 방법이 바로 foveated rendering 방법이다. 이 방법은 (1) 인간의 눈의 시력, 즉 사물을 정밀하게 볼 수 있는 능력이 망막에 분포한 원뿔 세포(cone cell)의 밀도와 밀접한 관련이 있고, (2) 망막의 중심에 해당하는 중심와(fovea) 영역이 가장 높고 중심에서 방사형으로 멀어질수록, 전술한 원뿔 세포의 밀도가 감소한다는 사실에 기인하여, 그에 대응하는 방식으로 렌더링 영상의 샘플링 밀도를 감소시키는 방식을 취한다. 즉, 생성하려는 2D 렌더링 영상에서 시선이 집중되는 중심와에 대응되는 지점을 중심으로 높은 밀도로 영상 샘플링을 수행하고, 중심에서 멀어질수록 인간의 인지 능력이 떨어지므로 점진적으로 영상 샘플링을 낮춰, 마치 전체 영상을 높은 밀도로 생성한 듯한 효과를 내면서 비용을 감소시켜 렌더링 프레임 생성 속도를 향상시키는 방식을 취한다.

[0005] 한편, 래스터화 기반의 방법과는 달리, 광선 추적법은 상대적으로 샘플링 밀도를 조절하는 것이 더 용이하여, 자연스럽게 foveated rendering 방법의 아이디어를 채용한 VR 헤드셋 용 foveated ray tracing 방법이 제시되어 왔다. 다만, 광선 샘플링 수를 줄이려는 노력에도 불구하고 아직도 보편적인 GPU 상에서 충분한 정도의 속도를 달성하는 광선 추적 기반의 렌더링 방법이 개발되지 못한 상태이다. 특히 광선추적법은 매우 사실적인 렌더링 영상을 생성하여 가상현실에서의 실재감을 증가시키는데 매우 효과적이나, VR 헤드셋의 디스플레이 상에서는 사소한 렌더링 앨리어스(alias)도 상당히 눈에 거슬리기 때문에, VR 용 광선 추적법은 고속의 렌더링 속도로 중요할 뿐만 아니라 기본적으로 픽셀당 충분한 개수의 광선을 추적하여 앨리어스를 최소화해주어야 하는데, 이는 결과적으로 렌더링 계산량을 더 증가시키는 문제를 야기한다. 따라서 VR 헤드셋 용 foveated ray tracing 방법을 개발하기 위해서는 비용을 최소화해주는 효과적인 렌더링 기법의 적용이 필수적이다.

[0006] 픽셀 당 광선 샘플링의 개수를 증가시키면서 성능 저하를 최소화하는 적응적 수퍼 샘플링(adaptive supersampling) 기법은 오래전부터 널리 연구되어온 주제이다. 앨리어싱(Aliasing)은 렌더링하고자 하는 장면(Scene)과 이를 디스플레이하는 장치간의 정밀도 또는 해상도의 차이로 인하여 발생되는 계단 현상이다. 그리고, 영상 처리 방법을 이용하여 앨리어싱을 줄이는 것을 '안티 앨리어싱(Anti-Aliasing)'이라고 한다. 이러한 안티 앨리어싱 방법에는 한 픽셀에 해당하는 영역을 여러 번 샘플링하여 칼라값을 계산함으로써 해결하기도 하는데, 이를 '수퍼 샘플링(Super sampling)'이라고도 한다. 이러한 수퍼 샘플링은 연산을 위해 높은 사양의 하드웨어를 요구하므로, 모든 픽셀에 대해 수행하지 않고 안티 앨리어싱 처리가 필요한 픽셀만 선택적으로 수퍼 샘플림을 수행하는 적응적 수퍼 샘플링(Adaptive Super Sampling) 방법이 요구된다.

[0007] 한국등록특허 제 10-1615656호는 연산량을 줄이면서도 안티 앨리어싱 능력을 최대화시킬 수 있는 수퍼 샘플링 방법을 개시하고 있다. 전술한 특허는 주어진 픽셀의 중앙 지점에 대한 광선 추적 과정에서 2차원 영상 공간(image space)에서 3차원 장면에 해당하는 물체 공간(object space) 상에서 획득한 렌더링 정보를 바탕을 해당 픽셀의 어느 지점을 추가적으로 샘플링 할 지를 효과적으로 결정해주는 선택적 광선 추적 (selective ray tracing) 기법을 제시하였다. 이하, 도 1을 참조하여, 종래의 방식에 따른 선택적 광선 추적 방법을 구체적으로 설명한다.

[0008] 도 1은 종래의 방식에 따른 선택적 광선 추적 방법을 도시한 흐름도이다. 도 1을 참조하면, 먼저 현재 픽셀 내의 복수 개의 서브 픽셀(subpixel) 중, 안티 앨리어싱 처리를 수행할 서브 픽셀이 선택된다(단계 100). 상기 단계에서 안티 앨리어싱 처리를 수행할 서브 픽셀을 선택하는 과정은, 도 4를 참조하여 후술한다.

[0009] 다음, 상기 선택된 서브 픽셀에 대해 수퍼 샘플링이 수행된다(단계 110). 선택된 서브 픽셀마다 복수 회의 추가적인 광선 추적을 수행하여, 추가적인 칼라 값이 계산된다. 다음, 상기 추가적인 칼라 값들에 가중치를 주고, 이들의 선형 합을 구하여 최종 칼라 값을 계산한다(단계 120). 상기 단계에서 최종 칼라 값을 계산하는 과정은, 도 5를 참조하여 후술한다.

[0010] 도 2은 종래의 방식에 따른 선택적 광선 추적 방법에 있어서, 안티 앨리어싱 처리를 위한 서브 픽셀 선택 과정(도 1의 단계 100)을 구체적으로 도시한 흐름도이다. 도 2를 참조하면, 안티 앨리어싱 처리를 위한 서브 픽셀을 선택하기 위하여, 먼저 전체 픽셀의 중앙 지점에 대해, 각 1회의 광선 추적(1-Ray Sampling)을 수행하고(단계 200), 이에 따라 각 픽셀의 초기 칼라 값이 계산된다. 상기 초기 칼라 값은 안티 앨리어싱 처리가 수행되지 않은 값이다. 다음, 각 픽셀들의 영상 공간 정보와 물체 공간 정보를 포함한 렌더링 정보를 획득한다(단계 210). 도 3은 전술한 단계 210에서 획득한 렌더링 정보를 도시한 것으로, 렌더링 정보는 픽셀의 중앙 지점에 대한 2차원 영상 공간(image space)에서의 색상(Color Reference)과 3차원 장면에 해당하는 물체 공간(object space)

상에서 획득한 렌더링 정보(Object ID, Surface normal, Shadow count, Texture existence)를 포함한다.

[0011] 다음, 복수 개의 서브 픽셀들 중, 안티 앨리어싱 처리를 수행할 서브 픽셀이 렌더링 정보의 차이와 칼라 디퍼런스(color difference)에 따라 선택된다(단계 220). 이하, 도 4를 참조하여 단계 220의 선택적 광선 추적 방법의 서브 픽셀 선택 과정을 설명한다. 도 4은 종래의 방식에 따른 선택적 광선 추적 방법에 있어서, 서브 픽셀의 색상 선택 과정을 설명하기 위하여 예시적으로 도시한 모식도이다. 도 4를 참조하면, 4개의 서브 픽셀 중 좌상단의 서브 픽셀을 상기 픽셀의 좌측 픽셀, 윗쪽 픽셀, 및 좌상 픽셀의 렌더링 정보들을 비교하는 예시를 나타낸다. 이와 같이 현재 칼라 값 계산의 대상이 되는 픽셀은 4분할하여 서브 픽셀로 나뉘어지며, 수퍼 샘플링의 수행 여부는 4개의 서브 픽셀 별로 결정하게 된다. 그리고,

[0012] 선택적 광선 추적 방법에서는 임계값(τ_{sel})값을 사용하여 도 4의 각 서브 픽셀에 대한 주변 4 픽셀의 칼라값을 사용하여 해당 서브 픽셀에 대하여 추가적으로 광선을 추적할 지를 결정한다. 따라서, 각 서브 픽셀 영역의 현재 픽셀과 주변 3개의 픽셀들의 렌더링 정보를 비교하여, 이 중에서 하나라도 다른 렌더링 정보를 갖으며 초기 칼라 contrast rgb값이 임계값 ($\tau_{sel} \cdot 1.36$, $\tau_{sel} \cdot 1.02$, $\tau_{sel} \cdot 2.04$) 이상인 경우에, 현재 서브 픽셀에 대하여 단계 110에서 4개의 추가 광선을 사용하여 수퍼 샘플링을 수행한다.

[0013] 예를 들어, 오브젝트 아이디의 임계값(τ_{poid})을 0에 가까운 작은 값으로 둘 수 있다. 이 경우는, 픽셀과 이웃 픽셀들 사이의 초기 칼라 값 차이가 아무리 작더라도, 오브젝트 아이디가 다르면 경계 픽셀로 결정될 수 있다.

이상과 같이, 임계값(τ_{sel})은 도 3과 같이 렌더링 정보에 따라 다르게 설정될 수 있으며, 각 픽셀과 그 이웃 픽셀의 칼라 값 차이(Color difference)에 따라 일정한 임계값이 적응적으로(adaptively) 설정될 수도 있다.

[0014] 도 5은 종래의 방식에 따른 선택적 광선 추적 방법에 있어서, 최종 픽셀 색상 결정 방법을 설명하기 위하여 예시적으로 도시한 모식도이다. 도 5를 참조하면, 수퍼 샘플링을 수행한 서브 픽셀은 추가 광선당 1/16 만큼의 가중치를 주어서 누적하고, 수퍼 샘플링을 수행하지 않은 픽셀은 초기 1-샘플링 광선을 통하여 얻은 색에 1/4의 가중치를 주고 누적한다.

[0015] 한편, 본 발명은 화질 저하를 억제하면서도 비용을 최소화하여 렌더링 속도를 향상시키는 선택적 샘플링에 기반을 둔 가상 현실 헤드셋 용 광선 추적 방법을 제안하고자 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0016] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제 10-2152217호

(특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-1615656호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0017] 본 발명은 선택적 광선 샘플링 기법과 와 기반의 광선 추적(foveated ray tracing) 방법을 효과적으로 결합하여 한 프레임 당 허용된 시간 안에 렌더링 화질을 최대한 높여주는 선택적 와 기반의 광선 추적 (selective foveated ray tracing) 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0018] 본 발명은 화질 저하를 억제하면서도 비용을 최소화하여 렌더링 속도를 향상시키는 선택적 샘플링에 기반을 둔 가상 현실 헤드셋 용 광선 추적 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0019] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 제1 특징에 따른 선택적 샘플링에 기반을 둔 가상 현실 헤드셋 용 광선 추적 방법은, (a) 래스터화 방법과 광선 추적 방법을 혼용하여 획득한 렌더링 정보를 바탕으로 중심와에 대응되는 지점은 높은 밀도로 영상 샘플링을 수행하고, 중심에서 멀어질수록 점진적으로 영상 샘플링을 조절하여 렌더링을 수행하는 단계; (b) 상기 획득한 렌더링 정보를 바탕으로 조건에 따른 이전 렌더링 결과 재 사용 단계;

(c) 상기 획득한 렌더링 정보를 바탕으로 조건에 따른 이전 렌더링 결과와 현재 렌더링 결과 혼합 단계; 를 구비한다.

[0020] 본 발명의 제2 특징에 따른 선택적 샘플링에 기반을 둔 가상 현실 헤드셋 용 광선 추적 방법은, (a) 현재 프레임의 이미지 영역에 대한 그림자 맵을 생성하는 단계; (b) 상기 이미지 영역에 대하여 일차 광선의 렌더링 정보를 획득하는 단계; (c) 상기 이미지 영역에 대하여 이차 광선의 렌더링 정보를 획득하는 단계; (d) 상기 이미지 영역의 각 서브 픽셀들에 대하여 시각적 편심률(visual eccentricity)에 따라 추가적으로 광선 추적 여부를 결정하여 와 기반의 선택적 광선 추적을 하는 단계; 및 (e) 상기 획득한 렌더링 정보를 바탕으로 하여, 현재 프레임에 대한 렌더링 결과와 사전 설정된 조건을 만족하는 이전 프레임의 렌더링 결과를 혼합하는 단계;를 구비한다.

[0021] 전술한 제2 특징에 따른 가상 현실 헤드셋용 광선 추적 방법에 있어서, 상기 이미지 영역은 시각적 편심률(visual eccentricity)을 기준으로 하여, 중앙 픽셀 영역(Central pixel region)과 주변 픽셀 영역(Peripheral pixel region)으로 구분되는 것을 특징으로 하며, 상기 (a) 단계는, 중앙 픽셀 영역은 광선 추적 방법을 사용하여 그림자 맵을 생성하고, 주변 픽셀 영역은 래스터화 방법을 사용하여 그림자 맵을 생성하는 것이 바람직하다.

[0022] 전술한 제2 특징에 따른 가상 현실 헤드셋용 광선 추적 방법에 있어서, 상기 (b) 단계는 래스터화 방법을 사용하여 일차 광선의 렌더링 정보를 획득하고, 이차 광선의 렌더링 정보 획득시에 필요한 정보들을 추가적으로 획득하는 것이 바람직하다.

[0023] 전술한 제2 특징에 따른 가상 현실 헤드셋용 광선 추적 방법에 있어서, 상기 (b) 단계에서 이차 광선의 렌더링 정보 획득을 위하여 추가적으로 획득하는 정보는 지역 조명 색깔, 세상 공간 위치 정보, 반사 및 굴절 계수, 굴절률인 것이 바람직하다.

[0024] 전술한 제2 특징에 따른 가상 현실 헤드셋용 광선 추적 방법에 있어서, 상기 (c) 단계는 광선 추적 방법을 사용하여 이차 광선의 렌더링 정보를 획득하는 것이 바람직하다.

[0025] 전술한 제2 특징에 따른 가상 현실 헤드셋용 광선 추적 방법은, (f) 상기 (b) 및 (c) 단계에서 획득된 렌더링 정보들을 바탕으로 하여 사전 설정된 렌더링 결과 재사용 조건들을 모두 만족하는지 여부를 판단하고, 렌더링 결과 재사용 조건을 모두 만족하는 경우, 이전 렌더링 결과를 재사용하는 단계;를 더 구비하고, 만약 상기 (f) 단계에서 이전 렌더링 결과를 재사용하는 경우, 상기 (d) 단계를 수행하지 않는 것이 바람직하다.

[0026] 전술한 제2 특징에 따른 가상 현실 헤드셋용 광선 추적 방법에 있어서, 상기 (f) 단계의 렌더링 결과 재사용 조건들은, 바로 직전 프레임의 재사용 맵의 픽셀 좌표(p_{reuse})의 재사용 유무를 나타내는 플래그(f_{reuse})의 값이 사전 설정된 재사용가능최대횟수(n_{reuse}^{max})보다 작은지 여부, 현재 프레임의 픽셀 좌표(p_{cur})에서의 일차 광선이 물체와 교차하는지 여부, p_{reuse} 에서의 일차 광선이 물체와 교차하는지 여부, 현재 프레임 카메라와 바로 직전 프레임 카메라에서 보이는 현재 프레임에서의 눈 좌표계 최초 교차 지점(v_{cur})의 거리가 주어진 임계값보다 작은지 여부, p_{cur} 와 p_{reuse} 에서의 렌더링 정보를 비교하여, 사전 설정된 임계값보다 작은지 여부이며, 상기 렌더링 결과 재사용 조건들을 모두 만족하면, p_{reuse} 의 색상을 재 사용하는 것이 바람직하다.

[0027] 전술한 제2 특징에 따른 가상 현실 헤드셋용 광선 추적 방법에 있어서, 상기 (d) 단계는 이미지 영역의 Central pixel region의 Fovea, Parafovea, Perifovea, Near-periphery 영역별로 서브 픽셀당 최대 광선 생성 수를 각각 설정하는 것이 바람직하다.

[0028] 전술한 제2 특징에 따른 가상 현실 헤드셋용 광선 추적 방법에 있어서, 상기 (e) 단계는 상기 획득한 렌더링 정보를 바탕으로 하여, 현재 프레임에서 보이는 세상 공간에서의 지점과 이전 프레임들로 투영한 위치에서 보이는 세상 공간에서의 지점 간의 거리가 사전 설정된 임계값보다 작은지 여부를 판단하고, 만약 지점 간의 거리가 사전 설정된 임계값보다 작은 i번째 전의 프레임의 색상과 현재 프레임의 색상을 혼합하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

[0029] 상기한 본 발명에 따른 선택적 샘플링에 기반을 둔 가상 현실 헤드셋 용 광선 추적 방법은, 래스터화 방법보다 더 사실적인 3D 렌더링 효과를 생성할 수 있는 광선 추적법을 효과적으로 활용함으로써, 최소한의 비용으로 가

상 환경에서의 실재감을 증가시켜주는 고품질 렌더링 결과를 생성할 수 있다.

[0030] 또한, 본 발명에 따른 선택적 샘플링에 기반을 둔 가상 현실 헤드셋 용 광선 추적 방법은, 사용자가 가상 현실 헤드셋 착용 시 메스꺼움을 방지하기 위한 80~90 fps 이상의 렌더링 속도를 제공할 수 있게 하는 효과를 야기한다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 종래의 방식에 따른 선택적 광선 추적 방법을 도시한 흐름도이다.

도 2은 종래의 방식에 따른 선택적 광선 추적 방법에 있어서, 안티 앨리어싱 처리를 위한 서브 픽셀 선택 과정을 구체적으로 도시한 흐름도이다.

도 3은 종래의 방식에 따른 선택적 광선 추적을 위하여 필요한 렌더링 정보들을 도시한 도표이다.

도 4은 종래의 방식에 따른 선택적 광선 추적 방법에 있어서, 서브 픽셀 색상 선택 과정을 설명하기 위하여 예시적으로 도시한 모식도이다.

도 5은 종래의 방식에 따른 선택적 광선 추적 방법에 있어서, 최종 픽셀 색상 결정 방법을 설명하기 위하여 예시적으로 도시한 모식도이다.

도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 선택적 샘플링에 기반을 둔 가상 현실 헤드셋 용 광선 추적 방법을 도시한 흐름도이다.

도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 선택적 샘플링에 기반을 둔 가상 현실 헤드셋 용 광선 추적 방법에 있어서, 시각적 편심률(visual eccentricity)를 기준으로 나뉘어진 이미지 영역을 도시한 모식도이다.

도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 선택적 샘플링에 기반을 둔 가상 현실 헤드셋 용 광선 추적 방법에 있어서, 렌더링 결과 재 사용을 위한 조건을 도시한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 선택적 샘플링에 기반을 둔 가상 현실 헤드셋 용 광선 추적 방법을 구체적으로 설명한다.

[0033] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 광선 추적 방법은, 전술한 종래의 선택적 광선 추적 방법과 와 기반 샘플링 추적 방법을 결합함으로써, 계산량을 감소시켜 렌더링 속도를 향상시킬 수 있도록 구성된 것을 특징으로 한다.

[0034] 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 선택적 샘플링에 기반을 둔 가상 현실 헤드셋 용 광선 추적 방법을 순차적으로 도시한 흐름도이다.

[0035] 도 6을 참조하면, 본 발명에 따른 가상 현실 헤드셋용 광선 추적 방법은, 그림자 맵 생성 단계(단계 600), 일차 광선의 렌더링 정보 획득 단계(단계 610), 이차 광선의 렌더링 정보 획득 단계(단계 620), 렌더딩 결과 재사용 단계(단계 630), 선택적 와 기반 광선 추적 단계(단계 640) 및 렌더링 결과 혼합 단계(단계 650)를 구비한다. 이하, 전술한 각 단계들에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0036] 도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 선택적 샘플링에 기반을 둔 가상 현실 헤드셋 용 광선 추적 방법에 있어서, 이미지 영역을 시각적 편심률(visual eccentricity)을 기준으로 나뉘어 도시한 그래프이다. 도 7을 참조하면, 이미지 영역은 시각적 편심률에 따라 크게 중앙 픽셀 영역(Central pixel region)과 주변 픽셀 영역(Peripheral pixel region)으로 구분되며, 중앙 픽셀 영역은 다시 Fovea, Parafovea, Perifovea, Near-periphery로 구분된다. 여기서, 중앙 픽셀 영역의 시각적 편심률은 0도~30도, fovea 영역의 시각적 편심률은 0도~3.3도, Parafovea의 시각적 편심률은 3.3도~5.5도, Perifovea의 시각적 편심률은 5.5도~12.1도, Near-periphery의 시각적 편심률은 12.1도~30.0도로 설정될 수 있다. 다만, 각 영역을 정의하는 시각적 편심률의 범위는 요구되는 시스템의 성능에 따라 달리 정해질 수 있다.

[0037] 먼저, 렌더링할 프레임에 대하여 그림자 맵을 생성한다(단계 600). 특히, 본 발명에 따른 그림자 맵 생성 단계는 광선 추적의 비용을 줄이기 위하여, 중앙 픽셀 영역은 광선 추적 방법을 사용하여 그림자 맵을 생성하고, 주변 픽셀 영역은 래스터화 방법을 사용하여 그림자 맵을 생성하는 것이 바람직하다. 다만, 중앙 픽셀 영역뿐만 아니라 주변 픽셀 영역에 대하여도 광선 추적 방법을 사용하여 그림자 맵을 생성할 수도 있다.

[0038] 다음, 일차 광선의 렌더링 정보를 획득한다(단계 610). 본 발명에 따른 일차 광선의 렌더링 정보 획득 단계는 광선 추적의 비용을 줄이기 위하여 래스터화 방법을 사용하며, 래스터화 방법을 사용하는 일차 광선의 렌더링 정보 획득시에 광선 추적 방법을 사용하는 이차 광선의 렌더링 정보 획득을 위하여 지역 조명 색깔(local illumination), 세상 공간 위치(world space position), 반사 및 굴절 계수(reflection and transmission coefficients), 굴절률(refractive index)을 추가적으로 획득한다.

[0039] 다음, 전술한 일차 광선의 렌더링 정보 획득 단계에서 획득한 정보를 바탕으로 GPGPU(General-Purpose computing on Graphics Processing Units)를 활용한 광선 추적 방법을 사용하여 이차 광선의 렌더링 정보를 획득한다(단계 620).

[0040] 다음, 상기 획득한 렌더링 정보를 바탕으로 사전 설정된 렌더링 결과 재사용 조건을 만족하는지 여부를 판단하고(단계 622), 상기 렌더링 결과 재사용 조건들을 모두 만족하는 경우, 이전 렌더링 결과를 재사용한다(단계 630). 단계 630에서 사전 설정된 렌더링 결과 재사용 조건들 중 한 개라도 만족하지 않으면 렌더링 결과 재사용을 하지 않고 단계 640을 진행하게 되며, 렌더링 결과 재사용 조건들을 모두 만족하면 단계 640을 진행하지 않고 렌더링 결과를 재사용한다.

[0041] 이하, 도 8을 참조하여, 전술한 렌더링 결과 재사용 단계(단계 630)에서의 렌더링 결과 재사용 조건들에 대하여 보다 구체적으로 설명한다. 도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 선택적 샘플링에 기반을 둔 가상 현실 헤드셋 용 광선 추적 방법에 있어서, 렌더링 결과 재사용을 결정하기 위한 렌더링 결과 재사용 조건들을 나열한 흐름도이다.

[0042] 도 8에 있어서, p_{reuse} 은 바로 직전 프레임 재 사용 맵의 픽셀 좌표, f_{reuse} 는 p_{reuse} 에서의 재사용 유무를 나타내는 플래그, n_{reuse}^{max} 은 재 사용 가능 최대 횟수를 나타낸다. p_{cur} 은 현재 프레임의 픽셀 좌표를 나타내며, v_{cur} 은 현재 프레임에서의 눈 좌표계 최초 교차 지점을 나타낸다.

[0043] 도 8을 참조하면, 먼저, 바로 직전 프레임의 재 사용 맵의 p_{reuse} 의 f_{reuse} 의 값이 n_{reuse}^{max} 보다 작아야 한다(단계 800). 다음, p_{cur} 에서의 일차 광선이 물체와 교차하여야 한다(단계 810). 다음, p_{reuse} 에서의 일차 광선이 물체와 교차하여야 한다(단계 820). 다음, 현재 프레임 카메라와 바로 직전 프레임 카메라에서 보이는 v_{cur} 의 거리가 주어진 임계값보다 작아야 한다(단계 830). 다음, p_{cur} 와 p_{reuse} 에서의 렌더링 정보를 비교한다(단계 840). 단계 840의 렌더링 정보 비교는 안티 앨리어싱 처리를 수행할 서브 픽셀을 선택하는 단계(도 1의 단계 100)과 유사하게 비교하며 다만, 도 3의 렌더링 정보를 현재 프레임 픽셀과 이전 프레임으로 투영한 픽셀의 렌더링 정보를 비교하며, 임계값으로는 $\tau_{sel}^{*} = \tau_{reuse} \cdot \tau_{sel}$ 사용한다. 여기서 τ_{reuse} 는 얼마나 재 사용할지를 나타낸다.

[0044] 이러한 렌더링 결과의 재사용 단계는 매 프레임에 대해, 본 발명에 따른 선택적 와 기반 광선 추적(Selective foveated ray tracing)을 할 때, 현재 프레임의 각 픽셀에 대하여 광선 추적을 하기 전에 바로 직전의 프레임에서 생성한 칼라값을 사용할 수 있는지를 확인하고, 가능하면 바로 직전 프레임에서 생성한 칼라값을 사용함으로써, 계산 시간을 감소시키도록 한 것이다. 즉, 현재 프레임의 픽셀을 통해서 보이는 세상 공간에서의 지점을 직전 프레임 영상 평면으로 투영하여 그 픽셀 지점에서의 정보를 파악하여 그 픽셀의 색깔을 사용할 수 있다면, 이를 현재 프레임의 이 픽셀의 색깔로 사용하는 것이다. 이때, 최종적으로 현재 프레임 픽셀과 대응되는 이전 프레임 픽셀의 색깔을 비교하는데, 이때, 임계값으로 $\tau_{sel}^{*} = \tau_{reuse} \cdot \tau_{sel}$ 사용하게 된다.

[0045] 도 8의 모든 단계를 만족한다면 단계 640을 수행하지 않고 p_{reuse} 의 색상을 재 사용하고 f_{reuse} 은 1 증가한다. 만약, 도 8의 모든 단계 중 하나라도 만족하지 않는다면 f_{reuse} 은 0으로 설정하고 단계 640을 수행한다.

[0046] 다음, 상기 획득한 렌더링 정보를 바탕으로 해당 픽셀의 어느 지점을 추가적으로 샘플링 할지를 효과적으로 결정해 주는 선택적 foveated 광선 추적을 수행한다(단계 640). 단계 640에서는 선택적 광선 샘플링 방법과 와 광선 추적(foveated ray tracing) 방법을 효과적으로 결합하여 수정된 임계값을

$(\tau_{new} \cdot 1.36, \tau_{new} \cdot 1.02, \tau_{new} \cdot 2.04)$, (여기서, $\tau_{new} = \tau_{fov}(e) \cdot \tau_{sel}$ 임) 을 사용한다. 종래의 선택적 광선 샘플링에서의 임계값은 τ_{sel} 이며, 와 광선 추적 방법에서의 임계값은 시각적 편심률(e)의 함수로서 $\tau_{fov(e)}$ 이며, 본 발명에서는 선택적 광선 샘플링 방법에서의 임계값과 와 광선 추적 방법에서의 임계값을 결합하여 수정된 임계값 τ_{new} 을 사용한다. 이로 인해, 본 발명에서는 해당 서브 픽셀에 대하여 추가적으로 광선 샘플링할지를 결정하는 인자가 시각적 편심률(e)에 따라 결정된다. $\tau_{fov(e)}$ 는 사용자가 시각적 편심률이 작을수록(즉, 해당 서브픽셀이 응시점에 가까워질수록) 그 값이 작아지도록 정의된다. 이로 인해, 시각적 편심률이 작을수록 결과적으로 τ_{sel}의 역할을 하던 τ_{new}값이 더 작아져 확률적으로 해당 서브픽셀이 문제가 발생하여(즉 (τ_{new}· 1.36, τ_{new}· 1.02, τ_{new} · 2.04)를 사용한 색상 비교 테스트를 통과하지 못함) 광선을 더 추적하고 따라서 화질이 좋아지게 된다.

[0047]

[0048] 상기 기술한 $\tau_{fov(e)}$ 은 $(\tau_0, \tau_f, \tau_f, \tau_{np})$ 의 파라미터가 주어졌을 때, 2개의 Bezier curves $C_1(t) = (x_1(t), y_1(t))$ 와 $C_2(t) = (x_2(t), y_2(t))$ 를 통하여 유도된다. 이때, $C_1(t)$ 에 대하여 $C_1(0) = (0, \tau_0), C_1(1) = (e_f, \tau_f), \frac{y_1(0)}{x_1(0)} = 0, \frac{y_1(1)}{x_1(1)} = \tau_f$ 을 만족하며, $C_2(t)$ 에 대하여 $C_2(0) = (e_f, \tau_f), C_2(1) = (e_{np}, \tau_{np}), \frac{y_2(0)}{x_2(0)} = \tau_f, \frac{y_2(1)}{x_2(1)} = 0$ 을 만족한다. 이를 통하여 τ_{fov}은 $y_1(x_1^{-1}(e)) \; for \; e \in [0, e_f] \; or \; y_2(x_2^{-1}(e) \; for \; e \in (e_f, e_{np}]$ 유도 가능하다.

[0049] 선택적 광선 샘플링은 모든 서브 픽셀에 대하여 전술한 바와 같이 도 4와 같은 동일한 4개의 광선을 추적하며, 한 개의 픽셀이 4개의 서브 픽셀로 분할이 되므로 최대 16개의 광선 추적 효과를 가지게 된다. 하지만, 본 발명에 따른 선택적 foveated 광선 추적 방법에서는 도 7의 Central pixel region의 Fovea, Parafovea, Perifovea, Near-periphery 영역에서의 서브 픽셀당 최대 광선 생성 수를 $(n_{sd}^f, n_{sd}^p, n_{sd}^m, n_{sd}^{np})$ 와 같이 정의하였다. 예를 들어 $(n_{sd}^f, n_{sd}^p, n_{sd}^m, n_{sd}^{np})$ 를 (9, 4, 2, 1) 로 설정하면, 각 영역의 서브 픽셀에 대하여 각각 9개, 4개, 2개, 1개의 광선을 추적하게 되고, 그 결과 Central pixel region의 영역별 서브 픽셀당 최대 광선 생성 수는 (36, 16, 8, 4) 이므로 각 영역의 픽셀에 대해 최대 36개, 16개, 8개, 4개의 광선을 추적하는 효과가 생성된다. 그 결과, 응시점을 중심으로 중앙에 가까울수록 더 많은 광선 샘플링을 함으로써 당연히 중앙에 가까울수록 화질이 우수하게 된다.

[0050] 다음, 상기 획득한 렌더링 정보를 바탕으로 하여, 현재 프레임에서 보이는 세상 공간에서의 지점과 i 번째 전의 프레임으로 투영한 위치에서 보이는 세상 공간에서의 지점간의 거리가 사용자가 설정한 임계값보다 작아 충분히 가까운지 여부를 판단하고, 충분히 가깝다면 수학식 1과 같이 현재 프레임과 i 번째 전의 프레임의 색상을 혼합함으로써, 이전 렌더링 결과와 혼합하게 된다. 여기서, i는 최대 n_{tpi} 이다(단계 650).

수학식 1

[0051] $$C_t^t(p) = \frac{\sum_{i=0}^{n_{tpi}} \alpha \cdot (1-\alpha)^i \cdot C(\pi_{t-i}(p))}{\sum_{i=0}^{n_{tpi}} \alpha \cdot (1-\alpha)^i}$$

[0052] 수학식 1의 $C_t^*(p)$ 은 t 프레임에서의 픽셀 p에 대한 색상, α은 혼합 비율, $C(\pi_{t-i}(p))$ 은 t-i에서 프레임에서의 픽셀 p의 역투영한 색상이다.

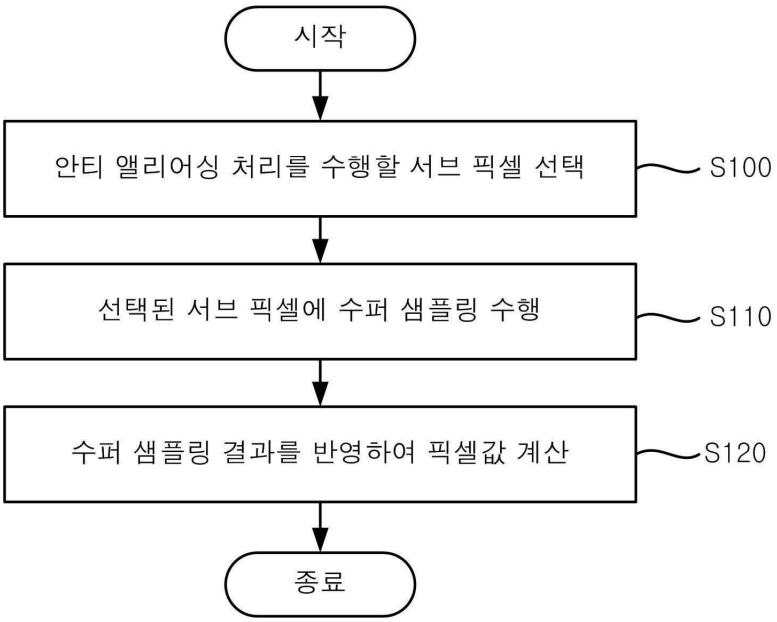
[0053] 전술한 혼합 비율을 나타내는 α는 eccentricity에 따라 다르게 설정되어야 하며, eccentricity 가 작을수록 α 는 크고, eccentricity 가 클수록 α 는 작아진다. 이는, 시선의 중심에 가까울수록 현재 프레임의 색상을 사용하고, 시선의 중심에서 멀어질수록 이전 프레임의 색상 혼합 비율이 커지는 것을 의미한다.

[0054] 단계 650은 현재 프레임에 대한 광선추적이 모두 끝난 후, temporal anti-aliasing을 하기 위하여 직전 몇 프레임과 적절히 색깔을 혼합하기 위한 것이다. 즉, 현재 프레임의 각 픽셀을 통해 보이는 세상 공간에서의 3D 지점에 이전 몇 프레임의 영상 평면으로 투영하였을 때의 대응되는 각 픽셀을 통해서 보이는 세상 공간에서의 각 지점과 거리가 매우 가깝다면 이는 두 픽셀의 색깔도 유사하다고 가정하여 수학식 1에 따라 혼합을 하게 된다. 이는, 시간적으로 현재 프레임에 가까울수록 가중치가 크게 되는 것을 의미한다.

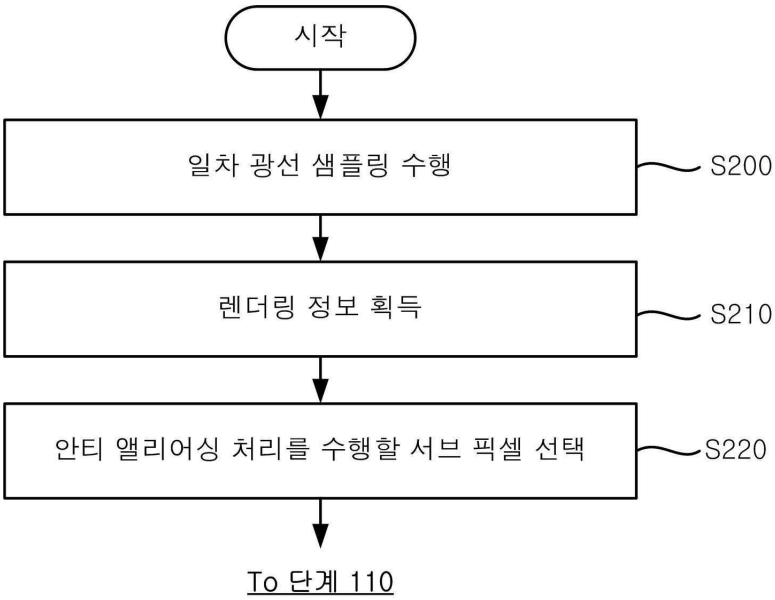
[0055] 이상에서 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예를 중심으로 설명하였으나, 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 그리고, 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부된 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

도면1



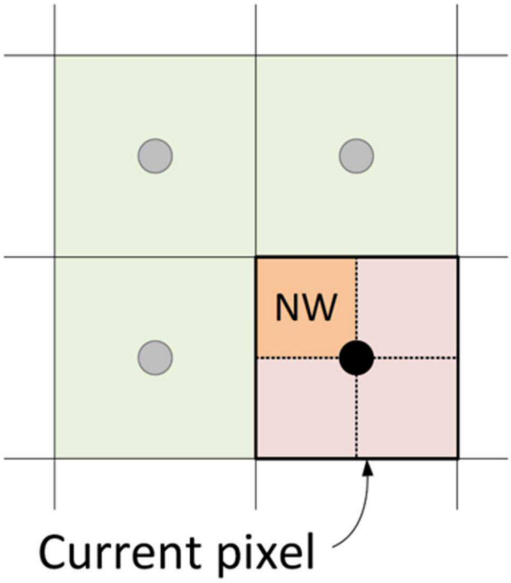
도면2



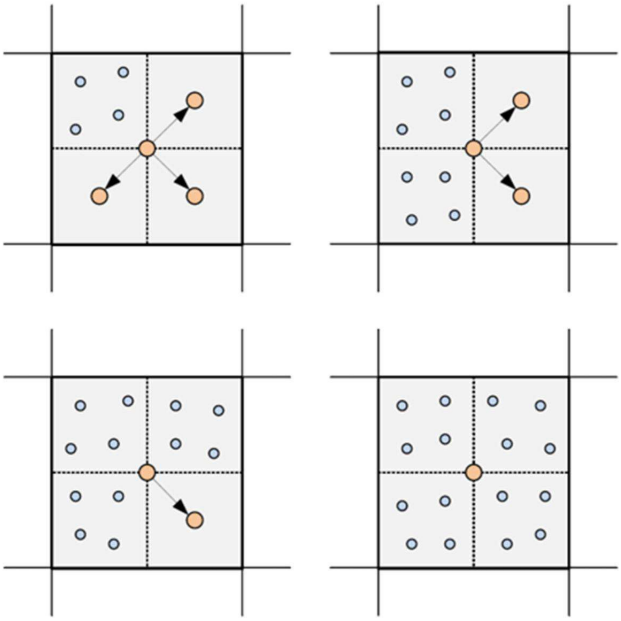
도면3

	Sampling location	Attribute	Threshold
Image space	Pixel center	Color reference	τ_{col}
Object space	Primary ray hit point	Object ID	τ_{poid}
		Surface normal	τ_{psn}
		Shadow count	τ_{psc}
		Texture existence	τ_{pte}
	Secondary ray hit point	Object ID	τ_{soid}
		Surface normal	τ_{ssn}
		Shadow count	τ_{ssc}
		Texture existence	τ_{ste}

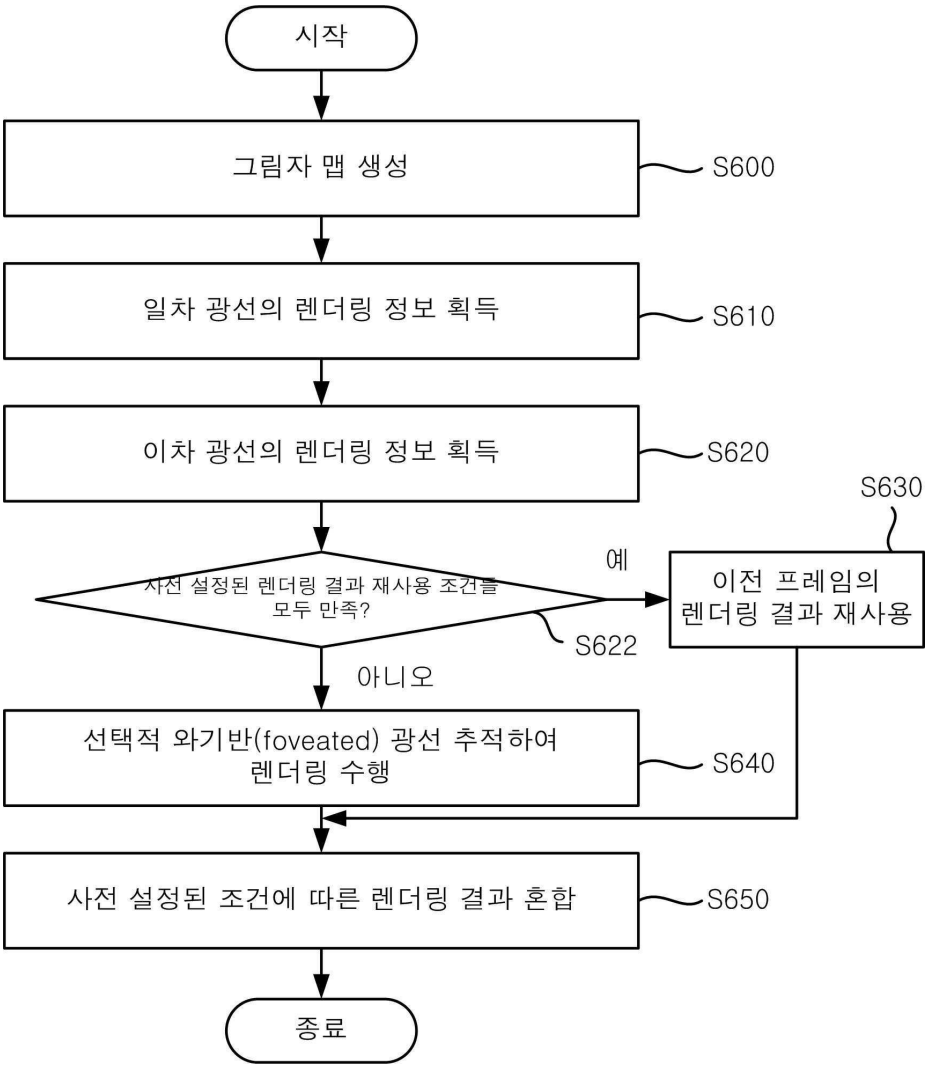
도면4



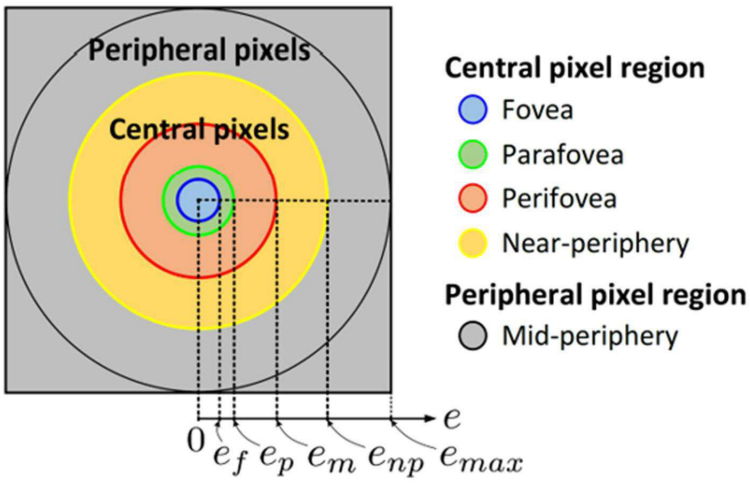
도면5



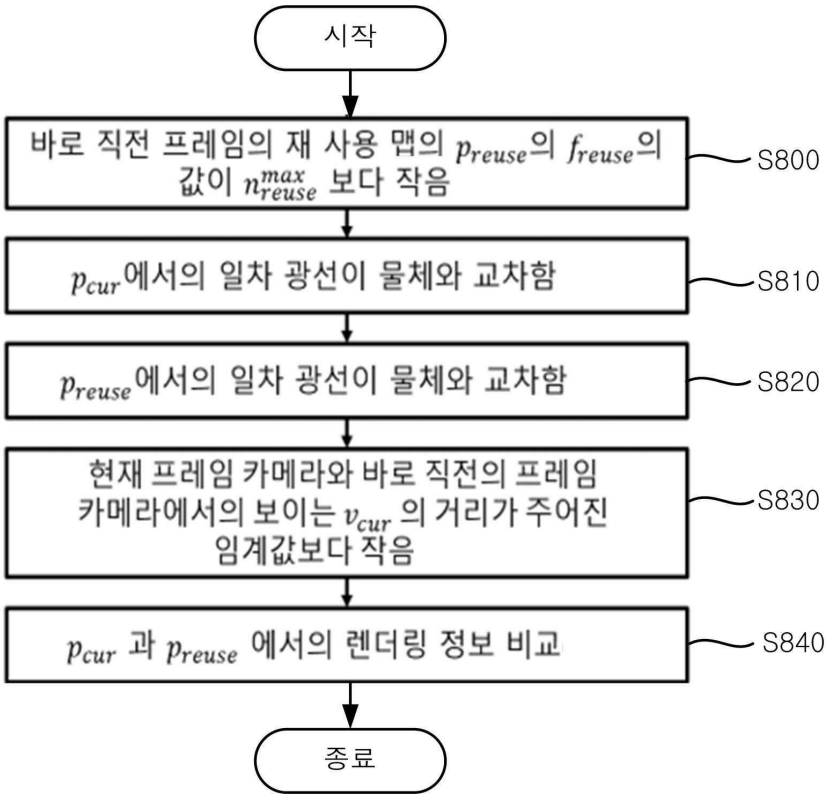
도면6


시작
그림자 맵 생성
S600
일차 광선의 렌더링 정보 획득
S610
이차 광선의 렌더링 정보 획득
S620
S630
사전 설정된 렌더링 결과 재사용 조건을 모두 만족?
예
S622
이전 프레임의 렌더링 결과 재사용
아니오
선택적 와기반(foveated) 광선 추적하여 렌더링 수행
S640
사전 설정된 조건에 따른 렌더링 결과 혼합
S650
종료

도면7


Peripheral pixels
Central pixels
Central pixel region
Fovea
Parafovea
Perifovea
Near-periphery
Peripheral pixel region
Mid-periphery
e
0
e_f
e_p
e_m
e_{np}
e_{max}

도면8


시작
바로 직전 프레임의 재 사용 맵의 p_{reuse}의 f_{reuse}의 값이 n_{reuse}^{max} 보다 작음
S800
p_{cur}에서의 일차 광선이 물체와 교차함
S810
p_{reuse}에서의 일차 광선이 물체와 교차함
S820
현재 프레임 카메라와 바로 직전의 프레임 카메라에서의 보이는 v_{cur} 의 거리가 주어진 임계값보다 작음
S830
p_{cur} 과 p_{reuse} 에서의 렌더링 정보 비교
S840
종료